

Ergonomie in uitvoering
hét argument voor rendement

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

ISN-nr.
plaats
datum

29.964

53-87

26 SEP. 1996

ERGONOMIE IN UITVOERING

hét argument voor rendement

AMSTERDAM, SEPTEMBER 1996

NEDERLANDS INSTITUUT VOOR ARBEIDSOMSTANDIGHEDEN NIA

NEDERLANDSE VERENIGING VOOR ERGONOMIE

Uitgave van het Nederlands Instituut voor Arbeidsomstandigheden NIA
September 1996
ISBN 90-6365-121-X
Trefw.: ergonomie

Redactie: R.N. Pikaar, Nederlandse Vereniging voor Ergonomie
Foto's omslag: Jan Zeeman, Groningen / TNO-Centrum voor Arbeid,
Leiden / Publish, Amsterdam
Grafisch ontwerp: Erica Kelderman, Interlinie, Feerwerd (Gr.)
Ontwerp omslag: Publish, Amsterdam

Te bestellen bij:
NIA
Klantenservice
Postbus 75665
1070 AR Amsterdam
tel: (020) 54 98 404
fax: (020) 64 43 102

Copyright NIA, 1996
Behoudens de in of krachtens de Auteurswet 1912 gestelde uitzonderingen
mag niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd en/of openbaar
gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere
wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever, het
Nederlands Instituut voor Arbeidsomstandigheden NIA.

VOORWOORD

Wat 'Ergonomie in uitvoering' vandaag de dag betekent leest u in dit boek. Wat het betekende om uitvoering aan dit boek te geven, en daaraan nauw verbonden, het congres met de gelijkkluidende naam te organiseren, moet u tussen de artikelen door lezen. Een klein hoekje van die bladzijde wil ik wel alvast omslaan:

Veel collega-ergonomen hebben aan de oproep van het bestuur van de Nederlandse Vereniging voor Ergonomie om het eerste in een serie tweejaarlijkse congressen te organiseren gehoor gegeven en dragen, op het ogenblik dat ik dit schrijf nog steeds, hun steentje bij. En die bijdragen waren, zoals de ergonomie zelf, zeer divers: discussies over de keuze van het onderwerp, in samenhang met een naam die nog jaren meekan, over het programma en de inhoud, over de publiciteit en de financiën, over alles en nog wat, én over ergonomie.

Veel collega's, ook uit andere vakgebieden dan de ergonomie, hebben zich ingespannen om een inhoudelijke bijdrage aan het congres, en dus aan dit boek, te leveren. Voor velen van hen is het de eerste keer dat zij een bijdrage aan een congres leveren maar aan de kwaliteit ervan kunt u hun debuut niet aflezen.

Veel organisaties en bedrijven vonden het de moeite waard om een financiële of materiële bijdrage te leveren aan congres en boek. U vindt hun namen terug in dit boek, maar de grootte van die vermelding staat in geen enkele verhouding tot de omvang van hun sponsoring.

Veel deelnemers, last but not least, vonden het programma aantrekkelijk genoeg om naar Garderen af te reizen en het congres bij te wonen.

Veel argumenten voor de Nederlandse Vereniging voor Ergonomie en voor mij als voorzitter van het organisatiecomité om te zeggen: dank u.

Maar tegelijkertijd ook veel argumenten die wel moeten leiden tot rendement. De evaluatie is positief als over twee jaar blijkt dat de volgende aflevering van 'Ergonomie in uitvoering' met evenveel enthousiasme en inzet op de schop genomen wordt.

Franz G.J. Witt
voorzitter congrescommissie

Hoofdsponsors:

Philips, uw partner in verlichting
ErgoS Engineering

Sponsors van het congresboek:

Nederlands Instituut voor Arbeidsomstandigheden
Noord Nederlands Ergonomen Collectief

Sponsors:

Ahrend
Aris & Monas B.V., Purmerend
Van Bavel Oosterhout B.V.
De Widt & Starink, Amsterdam
Intechno ingenieursburo, Veenendaal
Kinnarps Nederland B.V., Zutphen
KLM arbo services, Schiphol
Samsom Bedrijfsinformatie bv
SE Arbo, Utrecht
Projektburo Tieman, Enschede
Tulip Computers

Inhoudsopgave

Voorwoord	V
Lijst van sponsors	VI
Inhoudsopgave	VIII
Auteursindex	X
Ten geleide	XI

Deel 1- Erkenning, effecten en rendement

R.N. Pikaar, Ergonomie: Erkenning en rendement	1- 3
E.N. Corlett, The profession of ergonomics	1- 8
P. Vink en G. v. Rhijn, Twintig maal ergonomisch beter	1- 14
T.M.J. Lenior, Ergonomie en projectrendement	1- 23
N. de Groot, Ergonomie ná uitvoering	1- 35
J.W. Bouman, De arbowet is er om geïnterpreteerd te worden	1- 42

Deel 2- Producten

J.F.M Molenbroek, Trends in de productergonomie	2- 51
B. Green en A. Marinissen, Gebruikers betrekken bij het ontwerpen van producten	2- 59
R. de Grande, W. Bohets en D.T. Delaruelle, Ergonomie van de cabine van de vorkheftruck	2- 69
L.P.A. Steenbekkers, Antropometrische gegevens van kinderen tussen 2 en 13 jaar	2- 77

Deel 3- Ergonomie in het openbaar vervoer

D.P. Rookmaaker, Ergonomie in het openbaarvervoer	3- 89
M.P. Göbel, Datacommunicatie-apparatuur voor treinpersoneel	3- 94
R.v.d. Weide, Handwissels trekken zware wissel op handkracht	3-101
J.R.Vorderegger, Van technisch geörienteerde wijzerplaat naar één Europees ergonomisch aanpak	3-105
H.F.L. Frieling, NS-kaartautomaat	3-109
J. Klok en J. van Wijk, De Reiswijzer	3-114
E.J.M. Maessen, Data entry in een trillende omgeving	3-122
J.H.M. Peeters, Treincabineklimaat: rekenen met "CLIMACAB"	3-130

Deel 4- Projecten uit de praktijk (fysiek georiënteerd)

R.N. Pikaar, Projecten in de dagelijkse praktijk	4-135
C.M.A.G. de Rooij, Mogen wij een nieuwe tekentafel?	4-138
M.J. van Wijk, Beladingshulpmiddel voor B737-vliegtuigruimen	4-145
M.C. Miedema en P. Vink, Fluitend opperen	4-154
A. Korbijn, Verbeteringen van de arbeidsomstandigheden door toepassen van techniek	4-163
W. Barendsen en W. Schoenmaker, Participatieve ergonomie binnen de spoorwegbouw	4-169

Deel 5- Praktische ervaringen met methoden en technieken

E.H.J. Gerrits en M. Jongeneel, Het meten van mentale inspanning in de praktijk	5-179
V. Hermans, Onderzoek naar fysieke klachten in de werkomgeving	5-186
J.H. van Dieën en M. van den Top, Werkmethode evalueren	5-196
W.Bohets, Evaluatie van biomechanische modellen	5-204
L.E.R. van der Stelt, Meten en interpreteren van fysieke belasting en de belastbaarheid in arbeidssituaties	5-212
H. Desiron, Ergonomische benadering van arbeidsongeschiktheid	5-219

Auteursindex

Barendsen, W.	4-169
Bohets, W.	2- 69/5-204
Bouman, J.W.	1- 42
Corlett, E.N.	1- 8
Delaruelle, D.T.	2- 69
Dellema, N.J.	4-142
Desiron , H.	5-219
Dieën, J. H. van	5-196
Frieling, H.F.L.	3-109
Gerrits, E.H.J.	5-179
Göbel, M.P.	3- 94
Grande, R. de	2- 69
Green, W.S.	2- 59
Grinten, M.P. van der	4-142
Groot, N. de	1- 35
Hautekiet, M.	5-182
Hermans, V.	5-186
Houtkamp, J.J.	2- 77
Jongeneel, M.	5-179
Klok, J.	3-114
Korbijn, A.	4-163
Lenior, T.M.J.	1- 23
Maessen, E.J.M.	3-122
Marinissen, A.H.	2- 59
Miedema, M.	4-154
Molenbroek, J.F.M.	2- 51
Peters, J.W.H.	3-130
Pikaar, R.N.	1- 3/4-135
Rhijn, G. van	1- 14
Rooij, C.M.A.G. de	4-138
Rookmaaker, D.P.	3- 89
Schoenmaker, W.	4-169
Souren, P.C.H.	4-142
Spaepen, A.	5-182
Steenbekkers, L.P.A.	2- 77
Stelt, L.E.R. van der	5-212
Top, M. van der	5-196
Vink, P.	1- 14/4-154
Vorderegger, J.R.	3-105
Weide, R. van der	3-101
Wijk, J. van	3-114
Wijk, M.J. van	4-145

ERGONOMIE IN UITVOERING

werken aan erkenning

Ergonomie congres

R.N. Pikaar

Ergonomie in Uitvoering geeft een beeld van de inhoud van het op 20 en 21 september 1996 voor de eerste keer georganiseerde tweejaarlijkse congres van de Nederlandse Vereniging voor Ergonomie (NVvE). Het doel van het NVvE-congres is het onder de aandacht brengen van de breedheid van het vakgebied ergonomie en het bevorderen van de communicatie tussen iedereen die in zijn of haar werkring in aanraking komt met de ergonomie. Vanuit steeds meer werkvelden - variërend van revalidatie en arbozorg tot produktontwerp, fabrieksontwerp en projectmanagement - wordt een beroep gedaan op de kennis en ervaring van ergonomen of verwante vakgebieden. Het is bijvoorbeeld onmiskenbaar dat de cognitieve psychologie een bijdrage kan leveren aan het ontwikkelen van informatie-systemen, of dat de bewegingswetenschapper een bijdrage kan leveren aan het oplossen van fysiek belastende werkzaamheden.

In de ergonomie, en dus ook in dit congresboek, ligt een accent op het toepassen of toepasbaar maken van kennis over de mens in zijn werk- en leefomgeving. Praktische ervaringen met het uitvoeren van ergonomieprojecten, zowel positief als negatief, kunnen bijdragen aan de verdere ontwikkeling van de ergonomie. Daartoe moeten deze ervaringen vastgelegd en uitgewisseld worden: de bestaansgrond voor het congres Ergonomie in Uitvoering, dit congresboek en andere uitgaven van de NVvE, zoals het Tijdschrift voor Ergonomie.

Een (toegepast) wetenschappelijke benadering

Ter voorbereiding op een congres is het gebruikelijk dat een doelgroep wordt uitgenodigd om voorstellen te formuleren voor presentaties en deze voor te leggen aan een programmacommissie. Eind 1995 werden de leden van de NVvE en de BES (Belgian Ergonomic Society) en beoefenaren van verwante vakgebieden zoals veiligheidskundigen, arbeidshygiënist, bedrijfsfysiotherapeuten, arbeids- en organisatiekundigen, daartoe uitgenodigd. Er kwamen ruim vijftig reacties.

Een bijdrage diende voldoende inhoudelijke kwaliteit en originaliteit te hebben en moest uiteraard aansluiten bij de congresdoelstellingen. Na goedkeuring van een voorstel kon men zich aan het schrijven van de volledige bijdrage zetten. Ook de volledige bijdragen werden door de programmacommissie bekeken en veelal van commentaar voorzien. Mits op tijd in het bezit van de programmacommissie, zijn de uiteindelijke bijdragen te vinden in dit congresboek.

Terzijde moet opgemerkt worden dat bovenstaande aanpak voor een deel van de doelgroep een tot nu toe ongebruikelijk voorbereiding was op een ergonomisch getint congres of conferentie. Wellicht was het ontbreken van deze aanpak altijd al een reden voor Nederlandse onderzoekers om alleen op internationale congressen de resultaten van hun onderzoek te presenteren, c.q. om alleen buiten de grenzen van de Benelux te publiceren. Waarschijnlijk heeft de onbekendheid met de gang van zaken er ook toe geleid dat enkele auteurs zich moesten terugtrekken wegens tijdgebrek. De programmacommissie heeft enkele bijdragen moeten afwijzen, voornamelijk omdat ze niet goed pasten in de beoogde inhoud van het congres.

De NVvE acht het voor de verdere ontwikkeling van de ergonomie in het Nederlands taalgebied van groot belang dat iedere twee jaar een Congres Ergonomie in Uitvoering op de geschetste wijze wordt georganiseerd.

Congresthema

Het centrale thema van Ergonomie in Uitvoering is het toepassen van de ergonomie. Daarbij is een actueel algemeen aandachtsgebied: wat zijn de argumenten om iets aan ergonomie te doen; wat levert het op; kortom, wat is het rendement? Deze algemene thematiek komt aan de orde in de bijdragen aan Deel 1: Erkenning, effecten en rendement. De bijdragen van Corlett, Vink en Lenior werden op uitnodiging geschreven. De samentrekking van project en ergonomie levert hier het nieuwe begrip projectergonomie op, waaronder we het toepassen van ergonomie in relatief groot-schalige projecten verstaan. Associaties zijn een projectmatige benadering, een integrale aanpak, organisatie (van bijvoorbeeld gebruikersinbreng) en budgettering.

Tijdens de voorbereidingen op het congres werden in aansluiting op de projectergonomie nog twee thema's gehanteerd:

- Productergonomie; de ergonomie van gebruiksvoorwerpen, maar ook van mens-computer interactie, ontwerphulpmiddelen en producten voor mensen met beperkingen.
- Arbozorg of meer in het bijzonder de vraag: hoe gaan bedrijfsfysiotherapeut, arbeidshygiënist, veiligheidskundige, bedrijfsarts en organisatiekundige om met de ergonomie en de praktijk van risico-analyse en werkplekergonomie.

In dit boek is de driedeling project-, produkt- en arbo-ergonomie niet meer precies terug te vinden, omdat vrij veel artikelen in tenminste twee van de drie categorieën bleken te vallen. Wel ligt er in de Delen 2 & 3 een accent op de Productergonomie, waarbij producten velerlei vormen kunnen aannemen: van trein- en vorkheftruck-cabine tot een kaartjesautomaat of informatiezuil.

De Delen 4 & 5 zijn beide gericht op praktijkprojecten, waarbij de accenten liggen op fysieke belasting, respectievelijk praktische ervaringen met

verschillende meetmethoden en analysetechnieken.

Een verhoudingsgewijze klein aantal bijdragen aan dit boek over praktijkprojecten is gerelateerd aan (uitvoerders in) de Arbozorg. Opvallend is dat het aantal mondelinge presentaties hierover tijdens het congres aanmerkelijk hoger was.

Leeswijzer en dankwoord

Om snel een indruk te krijgen van de inhoud van *Ergonomie in Uitvoering* kan de lezer beginnen met de inleidingen bij Deel 1 (blz. 1- 3), de Delen 2 & 3 (blz. 2- 51) en de Delen 4 & 5 (blz. 4-135). Hierin wordt een overzicht gegeven van de bijdragen in de betreffende delen en de relaties die daarin gevonden kunnen worden. Tevens is getracht om aan te geven in welke richting de ergonomie zich momenteel ontwikkelt.

Twee artikelen zijn in het Engels geschreven, omdat dit de moedertaal van de betreffende auteurs is. Er is getracht om alle artikelen ongeveer dezelfde opbouw te geven. Graag ontvangen wij uw reacties op dit eerste Congresboek. Wij kunnen er over twee jaar ons voordeel mee doen.

De auteurs van de artikelen in dit boek bedank ik bij deze voor de inspanningen die zij daartoe hebben moeten leveren binnen de gestelde begrenzungen in de tijd. De leden van de programmacommissie komt eveneens dank toe voor het zorgvuldig beoordelen en van suggesties voorzien van de stapel met aangeboden stukken.

Ik ben ervan overtuigd dat het geheel van congres en congresboek een bijdrage zal leveren aan het bewijs voor de stelling: *Ergonomie, hét argument voor rendement*. Op het 1998-Congres *Ergonomie in Uitvoering* kunnen we nagaan of er voortgang is geboekt in het onder de aandacht brengen van de ergonomie.

Enschede, 28 juni 1996

Ruud Pikaar,
voorzitter programmacommissie/redacteur.

DEEL 1

ERKENNING, EFFECTEN EN RENDEMENT

R.N. Pikaar, Ergonomie: erkenning en rendement	1- 3
E.N. Corlett., The profession of ergonomics	1- 8
P. Vink en G. v. Rhijn, Twintig maal ergonomisch beter	1- 14
T.M.J. Lenior-, Ergonomie en projectrendement	1- 23
N. de Groot, Ergonomie ná uitvoering	1- 35
J.W. Bouman, De arbowet is er om geïnterpreteerd te worden	1- 42

ERGONOMIE: ERKENNING EN RENDEMENT

R.N. Pikaar

Ontwikkeling

De ergonomie is ruim vijftig jaar in ontwikkeling. De 'klassieke' ergonomie van werkplekinrichting met bedienings- en informatiemiddelen heeft zich in Nederland in de eerste decennia een plaats kunnen verwerven bij bedrijven zoals Philips, Hoogovens, NS, DSM, KLM en Douwe Egberts. Die bedrijven hadden één of meer ergonomen in dienst van hun bedrijfsgezondheidsdienst of van een ontwerpafdeling. Een brede bekendheid in de maatschappij genoot de ergonomie evenwel niet. En binnen een aantal van de genoemde bedrijven is de ergonomische deskundigheid ook weer verdwenen. Het integraal ontwerpen van techniek, functies en werkorganisatie kreeg, afgezien van de experimenten met de socio-techniek (van Eijnatten, 1993), relatief weinig aandacht en werd meestal niet tot de ergonomie gerekend. In de ergonomie werd wel veel aandacht aan de omgevingsfactoren gegeven, hetgeen zich ontwikkeld heeft tot de zelfstandige discipline arbeidshygiëne. Een aardige indruk van de oorspronkelijke opvattingen over het vakgebied kan men verkrijgen door het inzien van het Vademecum Ergonomie (Kellerman e.a., 1963, eerste druk).

De laatste dertig jaar ontwikkelde de ergonomie zich in de breedte: de ergonoom let nu op alle menselijke factoren die een rol kunnen spelen in het ontwerp van produktiesystemen. Een bevestiging van deze ontwikkeling, die al langer in wetenschappelijke publikaties was te vinden, vinden we de laatste tien jaar ook in studies van het Directoraat Generaal van de Arbeid over functie-inhoud (Pot, 1989) en ergonomisch ontwerpen (Mossink, 1992). Tegenwoordig omschrijven velen ergonomie kortweg als mensgericht ontwerpen en nemen een aantal ingenieurbureaus er intensief kennis van (Ergos, 1995). Dat is ook logisch, want de ergonomie is primair een vakgebied van ontwerpers, ondersteund door specialisten uit allerlei onderliggende wetenschappelijke disciplines. Een opvallende ontwikkeling is ook het ontstaan van zelfstandig gevestigde ontwerp- en adviesbureaus op het gebied van de ergonomie. Naast bedrijven waar een bedrijfs-ergonoom in dienst is, bedienen zij een groeiend aantal industriële en semi-overheidsbedrijven.

Bekendheid

Een vraag is of de betekenis van het woord ergonomie algemeen bekend is en of men een juist beeld heeft van het vakgebied. De bekendheid is in Nederland snel toegenomen na de introductie van de Arbowet, zo'n vijftien jaar geleden. De regelgeving op het gebied van beeldschermwerk heeft vervolgens de rest gedaan. Of werknemers, managers, publicisten en

niet te vergeten politici dezelfde brede betekenis geven aan ergonomie als de ergonomen doen, valt te betwijfelen. In de twee volgende alinea's wordt dit geïllustreerd.

De wetgever stelt minimum-eisen aan werksituaties. Het woord minimum wordt nog wel eens over het hoofd gezien. Daarbij komt nog dat van de wettelijke eisen mag worden afgeweken als kan worden aangetoond dat op een andere manier de doelstellingen van de wet tenminste zo goed bereikt worden. Dat vereist natuurlijk wel inzicht in de ergonomie. Bouman (1996) gaat in zijn bijdrage 'De Arbowet is er om geïnterpreteerd te worden' op deze discussie in. Hij benadrukt dat het niet gaat om het bereiken van een compromis tussen opdrachtgever en (wettelijke) eisen, maar om consensus: het met elkaar eens zijn over een ontwerp en daaruit in harmonie het maximaal mogelijke te halen.

Is het geen tijd voor een evaluatie van de juistheid van de door de politiek geselecteerde verplichte deskundigheden voor Arbodiensten? Ergonomie behoort niet tot de verplichte deskundigheden en relatief weinig ergonomen zijn er werkzaam. In de praktijk houden Arbodiensten zich wel met typisch ergonomische problematiek bezig, zonder dit voldoende te onderkennen, dan wel - en dat is erger - over voldoende deskundigheid te beschikken.

Een betrekkelijk willekeurig voorbeeld (zie ook Vink en van Rhijn, 1996): als een magazijnmedewerker rugklachten heeft kan men een tiltraining adviseren. Of men kan de aanschaf van tilhulpmiddelen adviseren, of de aard van het werk veranderen, of de wijze van uitleveren en afvoeren aanpassen, of.... . Te vaak zien we in de praktijk dat men op één van deze alternatieven koerst, zonder een gedegen analyse uit te voeren, en mede daardoor zich onbewust te zijn van andere mogelijkheden. Er zijn nog geen duidelijke aanwijzingen dat er veel is veranderd sinds de studie Welzijnsdeskundigheid en de Arbo-wet (Meerman en Middendorp, 1990), waarin naar voren kwam dat voornamelijk niet-ergonomisch deskundigen zich met typisch ergonomische problematiek bezig houden en dat bedrijven zich daarvan niet bewust zijn. Eerder lijkt het tegendeel het geval: er zijn mensen die denken dat het volgen van de achtdaagse-cursus van de NVvE voldoende is om ergonoom te worden. Gelukkig leert men tijdens deze cursus dat dát niet het geval is.

Erkenning

De vraag doet zich meer dan ooit voor, wat onder ergonomie verstaan dient te worden, en welke deskundigheid een ergonoom zou moeten bezitten. Op deze vragen gaat Corlett in, voorzitter van het Europese centrum voor registratie van ergonomen (CREE). In Nederland staan ruim dertig professioneel werkende ergonomen ingeschreven als Register ergonoom (R.e.) en daarmee tevens als Europees ergonoom (Eur.erg.). De eisen voor registratie zijn helder en het is van belang dat de werkelijk des-

kundigen zich daarmee kunnen onderscheiden van anderen. De R.e. heeft een relevante HBO of academische opleiding en voldoende kennis van alle deelgebieden van de ergonomie alsmede van het systeemergonomisch ontwerpen. Bovendien is hij of zij tenminste drie jaar (minimaal halftijds) in de praktijk als ergonomoos werkzaam. De R.e. wordt in staat geacht om diverse wetenschappelijke disciplines te overzien en waar nodig in te schakelen. Corlett (1996) formuleert de essentie als volgt in 'The Profession of Ergonomics': ergonomie betekent samenwerken, niemand in dit vakgebied kan alles alleen.

Gezien het gestelde onder het kopje 'bekendheid' over ondeskundigen die zich met ergonomie bezighouden, is het zorgelijk te noemen dat minder dan de helft van de mensen die voor registratie in aanmerking zouden komen daartoe is overgegaan. Betreft het een typisch Nederlandse korte termijn afweging van kosten en baten? Elke ergonomoos heeft er belang bij dat zijn klantenkring een juist beeld van het vakgebied heeft en dat dit beeld algemeen aanvaard is.

Twintig maal beter

De bijdrage van Vink en van Rhijn (1996) illustreert dat vanuit steeds meer werkvelden, variërend van revalidatie en arbozorg tot produktontwerp, fabrieksontwerp en projectmanagement, een beroep wordt gedaan op de kennis en ervaring van ergonomen of verwante vakgebieden. Twintig voorbeelden van ergonomie projecten uit diverse sectoren laten de effecten van interventies in bestaande werksituaties zien. Deze effecten zijn divers en de gunstige gevolgen voor verzuim en produktiviteit zijn veelal evident. Hieraan kan de gedetailleerde studie van Dekker (1995) worden toegevoegd, waarin de vraag gesteld wordt of de ogenschijnlijk gunstige effecten van een rugklachten-management-programma ook werkelijk aan dit programma kunnen worden toegewezen. Dat bleek maar in beperkte mate aantoonbaar te zijn.

Dit leidt vervolgens tot de vraag of de door Vink en van Rhijn gerapporteerde effecten volledig zijn toe te schrijven aan de ergonomische interventies of dat er ook andere factoren een rol hebben gespeeld? Het is opvallend dat de betreffende bedrijven zelf de inefficiëntie van hun produktie-organisatie niet in de gaten hadden. Men kan ook stellen dat de energie nu wordt gestoken in het oplossen van problemen die bij een goed ergonomisch ontwerp niet zouden zijn ontstaan (Korbijn, 1996). Anderzijds illustreren de voorbeelden dat de brede en systematisch analyserende benadering van de ergonomie altijd wel vruchten afwerpt.

Projectrendement

Het aantal voltijdse ergonomen kan volgens de Groot (1991) geschat worden op circa 60. Wellicht is dit aantal de laatste vijf jaar nog iets toegenomen.

men. Als we de jaarlijkse omzet per persoon grofweg op 150.000 gulden stellen, dan ligt de ergonomie-omzet in Nederland boven de 10 miljoen gulden. Daarnaast is er een groep van 200 à 300 mensen die zich gedurende een deel van hun werktijd met ergonomie bezighouden.

Een ander aardig getal is, dat als men in grootschalige industriële ontwerpprojecten de ergonomie op een volwaardige wijze inschakelt, dit circa één promille van totale investering vergt. Hoewel dit maar schattingen zijn kan/moet de vraag worden gesteld of een investering van één promille voor de opdrachtgever de moeite waard is. Lenior (1996) wijst hierbij op de tendens om de baten van ergonomische interventies te verantwoorden in termen van een verminderd ziekteverzuim en kleinere afbreukrisico's in de herontworpen (gecorrigeerde) situatie. Van groot belang is zeker ook het voorkomen van inefficiënte produktiesystemen door het vroegtijdig systematisch inbrengen van menselijke factoren in een ontwerp; de inbreng van de ergonoom als breed georiënteerde materiedeskundige. Een nieuwe insteek van Lenior betreft het benutten van de specifieke vakmatige bekwaamheid van de ergonoom, namelijk als intermediair; in dit geval een soort tolk bij het opstellen van specificaties tussen ontwerpers en gebruikers, en tussen ontwerpers onderling. Als zodanig levert de projectergonomie een direct voordeel (rendement) op in termen van minder tijdrovend overleg, analyses, eenduidige documenten, e.d.

Blijft het probleem dat er tal van projecten zijn waarin ergonomen geen aandeel hebben. Lenior veronderstelt dat de oorzaak hiervan gelegen is in onbekendheid met het feitelijk nut. En het is waar, daarover is helaas niet veel meer gepubliceerd dan in het boek 'Enhancing industrial performance' (Kragt, 1992) is te vinden. Vanuit de verkeerde perceptie dat ergonomie gemakkelijk is (het zijn 'open deuren', de regeltjes staan in de wet), laat men de technisch ontwerpers hiermee zelf aan de slag gaan. Het resultaat kan tegenvallen, zoals reeds eerder in deze inleiding werd gesignaleerd.

Terugkijken

Het voorgaande geeft aanleiding tot de conclusie dat het systematisch vaststellen van het rendement van het ergonomisch handelen een noodzakelijke voorwaarde is om de ergonomie zich verder succesvol te kunnen laten ontwikkelen en ervoor te zorgen dat het vakgebied serieuzer wordt genomen dan tot nu toe het geval lijkt te zijn. De Groot (1996) opent zijn bijdrage 'Ergonomie ná uitvoering' dan ook met de les uit zijn ergonomie-opleiding dat 'misschien wel de belangrijkste ontwerpfase, de evaluatie is'. Grondig evalueren is niet populair: projectmanagers, technisch ontwerpers, uitvoerders en ergonomen vertrekken weer na een project, met de constatering dat een en ander redelijk op tijd en binnen het budget is gelukt. Publikaties over de evaluatie van ergonomische ontwerpprojecten zijn schaars. Voor de schaarste kunnen drie redenen zijn: er zijn weinig

van dergelijke projecten, of men evalueert niet, of men evalueert wel, maar kan geen tijd vinden om de resultaten wereldkundig te maken.

Ir. Ruud N. Pikaar
ErgoS Engineering
Enschede

Literatuur

Dekker, G.F.

1995 Rugklachten-management-programma bij de Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V., NAM, Assen.

Ergos, E.

1995 Mens-gericht ontwerpen, ErgoS Engineering, Enschede.

Eijnatten, F.M. van

1993 The paradigm that changed the workplace, Van Gorcum, Assen.

Groot, N. de

1991 Succesfactoren in de werkplekergonomie, Universiteit Twente, Enschede.

Kellermann, F.T., e. a.

1963 Vademecum Ergonomie (eerste druk), Kluwer, Deventer.

Meerman, M.G.M. en Middendorp, J.

1990 Welzijnsdeskundigheid en de Arbo-wet (S95), DGA, Den Haag.

Mossink, J.C.M., Ellens, E. en Eveleens, W.

1992 Ontwerpen van arbeidssituaties; SdU Den Haag.

Pot, F.D., e.a.

1989 Functieverbetering en organisatie van de arbeid; DGA, Den Haag.

De onderstaande artikelen zijn allen te vinden in: Pikaar, R.N. (red.), Ergonomie in Uitvoering, Nederlandse Vereniging voor Ergonomie / Nederlands Instituut voor Arbeidsomstandigheden, Amsterdam.

Bouwman, J.W.

1996 De arbowet is er om geïnterpreteerd te worden.

Corlett, N.

1996 The profession of Ergonomics

Groot, N. de

1996 Ergonomie ná uitvoering: de evaluatie-fase als zorgenkindje van het ergonomisch ontwerpen.

Korbijn, A.

1996 Verbetering van arbeidsomstandigheden door inzet van techniek.

Lenior, T.M.J.

1996 Ergonomie en projectrendement.

Vink, P. en Rhijn, G. van

1996 Twintig maal ergonomisch beter.

THE PROFESSION OF ERGONOMICS

E.N. Corlett

Although ergonomics is at least fifty years old as a practical art, it is still in a vigorous growing phase. Even in its beginnings it was a coöperative endeavour, at that time between specialists in various of the human sciences and engineers. Today it is still a cooperative endeavour in the sense that no one person can embrace all the knowledge necessary to practice ergonomics in all areas of human work and equipment design.

At a recent meeting run for the UK Ergonomics Society by the Royal Mail ergonomics group, the subject was to explore the future directions of ergonomics practice. You will see that your concerns are of importance to a wider audience than the Dutch! The users of ergonomics complained that the products from courses were not able to solve industrial problems, to deal with clients and to work with designers and other clients. In their defence John Wilson, Professor of Occupational Ergonomics at Nottingham pointed out that there was a lot to teach about ergonomics, which was growing all the time in a climate where universities were being pressed to do more for less. It was also pointed out that the skills which the users were asking for were ones which were best taught in the work environment, they were not suitable for classroom teaching. The employers had to accept some responsibility for the competence of their employees.

These complaints are not new, engineering schools have had similar comments for many years. But they should not be ignored just because they are long standing.

It is the norm now for academies to expect students to have a period out of the school for practical work in the field, which is monitored and rewarded. When this is done within the course it can be highly motivating for the subsequent period of study. Even more beneficial for both students and employers is cooperation between employers and schools to link practical and academic work; not just training places but closer links where the practitioners work in the school and vice versa.

It will also have come to your notice that text books these days are less just a compilation of theory than focussed on the applications in defined areas. The theory is not downgraded but related to practical applications and the methods to achieve the practical applications are described. All students specialise in a few areas of the subject at the end of their courses, but good courses have given them a grounding in the basic theories of the whole subject in the earlier stages. So things do change, but we must not be disappointed that they do not change fast enough to give each of us what we want.

Both the education system and the world of work are complex systems,

with considerable inertia. It is a cliché, but nevertheless true for the most part, to say that universities, dedicated to finding and applying new knowledge, are among the most conservative of bodies in their operation. Industry too is slow to realise changes and developments. In a survey which I did for a UK government agency I spoke to senior manufacturing executives in British industry about what they thought they required in new graduates so that the new people could understand and run their manufacturing operations. Scarcely any one of them was up to date on modern manufacturing education, most of them wanted people with the same academic qualifications as they themselves had obtained. They were quite unaware that the equivalent qualification today, just as in their own time, had little in it to enable a student to understand the technology, the organisation or the operation of a manufacturing plant.

Modern manufacturing engineers, just as modern ergonomists, have had to sell their expertise against a prejudice based on a lack of knowledge of what the discipline can offer, as well as no understanding of how to exploit it for the betterment of the organisation. To achieve this in practice is the art of the profession, the application of knowledge to practice is an art which is achieved by practice. Books can help, and some instruction is also helpful, but knowing is not the same as doing, and the ability to do arises from the practice of doing.

Application requires some tools and understanding which differ from those needed for design, although it is necessary to understand design's contribution. Rijnsdorp, in a paper given to the University of Twente in 1993 called 'All disciplines are equal, but...', demonstrated this in the field of control systems design; it is widely recognised in the field of manufacturing engineering, although this recognition is not common across all engineering disciplines. It is very clear in ergonomics; the MSc in Industrial Ergonomics at Birmingham, set up in 1964, emphasised industrial applications, created methods appropriate for this emphasis and gave every student industrial practice in a mixed discipline team. Unfortunately it cannot be said that this model is yet universal in the UK.

It was mentioned earlier that a comprehensive expertise in ergonomics is beyond any one practitioner, or theorist for that matter. And the subject is getting larger. Like most recent technologies it grows at an ever faster rate. It is not surprising then that professional organisations all over the world are stressing the need for continuous education, life-long learning. It is not a new thing, professionals have always tried to keep up with their subject, but with attempts to formalise it there is an anxiety that it could be yet one more burden which we have to bear in our working lives. Professional organisations, aware of this, try to provide focussed and easily achieved opportunities to keep up to date. In ergonomics this is happening slowly,

and needs to expand. Many of us work in conjunction with modern technologies which create new problems as they become more widely applied. If we are to provide the answers which our clients require then we must be ahead of the situation, able to identify the problems before they appear in the field.

What then can be said about the future of ergonomics? To attempt to guess the future is a hazardous business, and reference to such attempts show them to have been, mostly, wildly wrong. But it is always a temptation to try, and we must all have some idea of where things are going if we are to give ourselves some guidance for our decisions.

Our main interest here is in the future for practice, but there is another future, that for new developments, which will affect what we practice. But let us leave that till later.

We shall surely see an increase in the areas where ergonomics is called on to help to improve human performance. The interface between technology and people is vast and our investigation of it still small. Public transport, health care, education, social services of all types from home care to social support systems, working at home instead of in offices, communication systems. These are some of the areas which are experiencing major changes. The changes are the concern of other disciplines as well as ergonomics and at the moment our involvement in many of them is relatively small. But if they are to be both efficient and satisfying to the users then we need to be more involved.

Ergonomic practice should become more involved at earlier stages in the creation of artifacts. Whether companies will continue to employ ergonomists themselves, or to engage them under contract, is yet to be seen, but there is already evidence that employers are becoming aware of the serious limitations of employment under short contracts. Product and company knowledge, loyalty to the job, experience of the past on which better performance is developed, lack of motivation to develop themselves where no long term job prospect is likely, these are some factors which are missing from those employed under short term contracts. Experienced consultants are aware of the importance of working with knowledgeable company personnel and cannot be so effective in a company which is so slimmed down that experienced internal support is non-existent.

Although we would hope that ergonomics is more widely utilised in improving the performance of such systems as those listed above, improvements which will require some inclusion of the effects of organisational and cultural differences and their consequences on people's performance in these systems, we may well find a wider field open to us. Ergonomists are already used in conjunction with home help organisations to assist in the

adjustment of people's accommodation. But this need not be restricted to those with some disability; why should not anyone who wishes for an improvement of their home environment call on ergonomic expertise? Many of us give advice to unions, but there are other groups working to better the world who could find our knowledge of value. The whole area where the general public interfaces with technology on a casual basis is mostly unexplored.

Technology itself is changing rapidly. One of the new areas, which has changed from a game show to a technology with enormous potential is virtual reality. In the fields of education and training its potential seems vast and has scarcely been tapped yet. For development and design it has outstanding opportunities to complement or replace modelling, for safety and safety training it would seem an invaluable partner. Clearly its potential is as yet little understood, and will expand rapidly over the next few years. But the behaviour in a virtual reality field is also scarcely known, except that we know enough about the effects of isolation and of adaptation to wonder about the problems of immersion in a virtual reality world. What opportunities exist for maladaptation, for errors or for confusion between situations where VR and the real world have to be intermingled?

VR is but one of the new developments which may give us problems in the future. Cognitive ergonomics is bound to be of importance as the world of information takes an increasing part in our lives. The stresses arising from work, and from life outside work, are becoming more recognised as well as more prominent. As the world gets more crowded, as the mix of society alters and patterns of life change, the demands made on individuals are increasing and we shall have to look at organisational ergonomics (macro-ergonomics) for part of our answers. Matching the environment to human needs will embrace a wider spectrum than formerly of the needs people have to live a satisfactory life. We will not be alone in doing this, many other human science specialities will be part of the endeavour, but this just emphasises that one of the increasing features of our work will be that we will be working in cooperation with others.

Perhaps one other area for our contribution, again in cooperation with others, is the design of systems to encourage ecological behaviour. How do we design a kitchen to minimise the usage of electricity? What arrangements will make waste recycling more likely amongst individuals? Changing behaviours which are detrimental to our future must have aspects of the relevant interfaces which can encourage the required behaviour. As a last item I think it should be pointed out that participatory ergonomics will be of increasing importance. This will not be just ergonomists participating with others, but people doing ergonomics for themselves, and one activity for ergonomists will be to prepare methods and procedures to help people to do this reliably and easily. Health and safety legislation has pushed the development of the ideas here, and will continue to do so. It

is up to us to extend the possibilities here to be available to people in all walks of life.

But if all these opportunities are to be grasped there have to be ergonomists about who are competent, and in Europe we have chosen to achieve this by registration. Our procedure differs from that in the USA as we are a heterogeneous group of countries, with many national professional societies. Ours is based on cooperation between these societies, working as partners to an agreed common standard, which we will change, by agreement, as the world and its needs change. The USA gives an examination, common across all the States of the Union.

Within the EU and the European Economic Space, registration of European Ergonomists is carried out by the Centre for the Registration of European Ergonomists, CREE. This is a body legally registered in the Netherlands. Its Council comprises a representative from each EU country's ergonomics body engaged in professional registration in that country. All these bodies must be either members of the IEA, the International Ergonomics Association, or recognised by the IEA member in the country concerned. CREE is operated according to EN45013, the European standard for bodies concerned with the certification of personnel. Its requirements for a practitioner's knowledge, training and experience were proposed by a committee of the EU ergonomics societies and discussed at open sessions during professional meetings. A key concept is that the education and training for a professional ergonomist must give an understanding of the technical, organisational and social interfaces which are relevant to people at work. Whilst every ergonomist will have some specialities, the effects of the practitioner's activities on people's work experiences must be viewed in a holistic manner and likely adverse effects recognised. The practitioner must be open to the necessity of coöperation, with the workpeople concerned or with others who have different professional skills.

Preliminary assessment for suitability for registration is done by the member societies, thus using the local knowledge of educational structures and work practices to aid the judgements. From their recommendations, arrived at by using the criteria published by CREE, the Council of CREE decides whether or not to admit the applicant to the Register. In the event of uncertainty, discussion with the member society will take place until a decision is reached. CREE publishes a register of all those entitled to use the EurErg title. It is a Register of Professional Ergonomists and an indication of competence to practice the application of ergonomics, setting a common standard across all countries of the EU. It is not an academic distinction, indeed most academics would not fit within the CREE requirements, a point which is now recognised but which caused some heartache in the early stages!

You will gather that I am quite optimistic about the future of ergonomics.

I am also optimistic about the subject being able to adjust to the changes which are needed to keep it in shape to deal with the problems of the future. But we will all have to work at it, not least to see that the new people entering the field have good training, and that they get a good introduction to practice. As professionals we recognise that we have a responsibility to the future and provided we act on that recognition we will not let the future down.

Prof. dr. E.N. Corlett
Honorary Scientific Advisor
Institute for Occupational Ergonomics
University of Nottingham

TWINTIG MAAL ERGONOMISCH BETER

Kenmerken van 20 succesvolle projecten in bedrijven en instellingen in Nederland

P. Vink
&
G.v. Rhijn

Samenvatting

In deze studie zijn kenmerken van 20 cases beschreven, die leiden tot (financiële) verbeteringen voor het bedrijf en tot gezondere medewerkers. Kenmerkend van deze 20 cases is een integrale aanpak binnen het bedrijf, niet alleen gericht op training van de individuele werknemers, maar ook op (her)ontwerp van werkplek, werkproces en organisatie. Vergeleken met een individuele training gericht op gezond gedrag zijn de effecten van deze ontwerp oplossingen grootschaliger (op bedrijfsniveau) en gericht op lange termijn. Bevorderende factoren in de aanpak waren: werknemers zo direct mogelijk laten participeren, stapsgewijs werken, een team installeren, dat de stappen bewaakt en uittesten van de verbetering. Belemmerende factoren zijn: lang wachten op het invoeren en de spanning die verandering met zich mee brengt.

Inleiding

Om met een voorbeeld te beginnen: Een ergonoom adviseert en traint medewerkers om de optimale beeldschermwerkplek in te stellen. Wanneer een maand na deze training de helft van alle adviezen opgevolgd wordt is dat een mooi resultaat en een waardevolle bijdrage tot betere werksituaties. Toch kan dit 20x beter, zoals blijkt uit 20 projecten, die de laatste 5 jaren 'stilletjes' zijn uitgevoerd op diverse plaatsen in Nederland. Resultaten van deze projecten zijn op het gebied van ergonomie grootschaliger en kostenreductie. Kostenreductie ontstaat daarbij bijvoorbeeld door een efficiënter bedrijfsproces, waarin de medewerkers zich met het primaire bedrijfsproces bezig houden. Kostenreductie kan ook veroorzaakt worden door afname in fouten of door vermindering in verzuim. De werkplek is daarbij niet alleen beter ingericht, maar ook het hele werkproces, waarbij de taak veel afwisselender is geworden met meer verantwoordelijkheden.

Het woord 'stilletjes' vergt enige toelichting. In Nederland voltrekken zich nogal wat verbeterprojecten, waarin ergonomie centraal staat. Het documenteren van dit soort projecten is van eminent belang om werkgevers te kunnen overtuigen, maar ook om ergonomen en arbo-deskundigen eens gemaakte missers te laten voorkomen en van de successen te leren. Ondanks de forse aandacht in de pers voor aanpak WAO, ziekteverzuim, betere produktie, minder werkstress en lichamelijke belasting is het aantal goed gedocumenteerde praktijkvoorbeelden schaars. Inmiddels zijn echter een aantal publikaties verschenen met Nederlandse praktijkvoorbeelden (Vink & Dul, 1994; Vink, 1995; Kompier e.a., 1996), waaruit blijkt dat er veel ergonomie wordt toegepast in het Nederlandse bedrijfsleven. Bedrijven en adviseurs zijn hierbij tevreden met de resultaten, maar eva-

luatie en publikatie zijn niet primair van belang en ontbreken dan ook. Dit artikel beschrijft kort enkele 'cases' en een overzicht van 20 cases, waaruit succesvolle onderdelen en minder succesvolle onderdelen gedestilleerd worden. De hoofdvraag in dit artikel is: Waardoor worden verbeteringsprojecten gekenmerkt die een groot effect op de produktiviteit van het bedrijf hebben in combinatie met gezonde medewerkers en welke belemmerende factoren treffen we aan?

Werkwijze in de 20 projecten

De 20 projecten zijn door de bedrijven en instellingen zelf uitgevoerd. Soms bracht het bedrijf zelf de ergonomische expertise in en soms was er sprake van externe ondersteuning. In beide gevallen leidde het management de projecten en speelden de medewerkers een rol bij het opsporen van knelpunten, bedenken van oplossingen en testen en kiezen van de verbeteringen. De ergonomen hadden een sturende en enthousiasmerende rol, zowel gericht op de inhoud als op het proces. Zij waren meer 'change-agents' dan 'onderzoekers'.

Dit zijn kenmerken van de 'participatieve ergonomie', een aanpak die inmiddels zijn succes heeft bewezen (Noro & Imada, 1991; Vink e.a., 1995). Zonder dat de naam 'participatieve ergonomie' aan deze projecten is verbonden, gebruikte het management dus wel de kenmerken ervan, waardoor de kans op succes werd verhoogd.

De 20 cases

Hieronder worden 6 van de 20 cases beschreven. De overige 14 cases zijn vergelijkbaar. In tabel 2 wordt verwezen naar de bron voor de andere 14 cases. Per case is aangegeven, waar het meeste aandacht aan is gegeven in de projecten (gericht op organisatie, werkplek of mensen zelf) en wat de effecten zijn op produktiviteit en gezondheid (zie ook tabel 2).

- aanpak workflow en ergonomie (bron: Kompier e.a., 1996)
Op een afdeling op het Ministerie LNV is bij 45 kantoormedewerkers de route die een salarismutatie door het kantoor volgt verbeterd. De binnenkomst van het werk wordt eerder en beter gepland, het werk wordt beter verdeeld en het aantal werkhandelingen is gereduceerd. Daarnaast is nieuw instelbaar meubilair aangeschaft en zijn de werknemers getraind in werkplekinstelling en plannen van het werk (voor de inhoud zie tabel 1).
Een externe ergonoom begeleidde zowel het proces als de inhoud. Het effect is minder neklachten, minder verzuim en een flexibelere werkwijze.

Tabel 1

Percentage mensen van het LNV-project dat de aanbeveling heeft toegepast en percentage personen dat denkt dat de verbetering een gunstig effect heeft gehad op rug- of nekklachten van de 18 personen die nek- en/of rugklachten hadden.

	toegepast	effect
aanpassing van stoelhoogte	73	67
aanpassing van tafelbladhoogte	83	67
aanpassing beeldschermpositie	69	50
aanpassing van toetsenbordpositie	34	11
toevoeging van documenthouder	14	17
toevoeging van schuin opzetwerkblad	31	11
verandering van werkafspraken	48	28
toevoeging van telefoondagen	24	11
op een nieuwe wijze plannen	59	28
meer afwisselend werk	48	28
bezoeken van andere afdelingen	24	0

- aanpak assemblagewerkplek (bron: Schlüter, 1996)

Bij Bravilor/Bonamat is voor ongeveer f 1.000.000,- geïnvesteerd in ergonomische en organisatorische maatregelen bij de assemblage van koffiezetapparaten voor bedrijven. In de vier jaar dat deze maatregelen zijn ingevoerd is de produktiviteit met 15% toegenomen en het verzuim van 15% naar 8% gedaald. De meeste aanpassingen zijn door het management geïnstalleerd. Alleen voor de optimale werkplekinstelling is extern ergonomische ondersteuning gevraagd (zie fig. 1).



Figuur 1

Meting bij Bravilor/Bonamat, waarmee de werkplek optimaal is ingesteld.

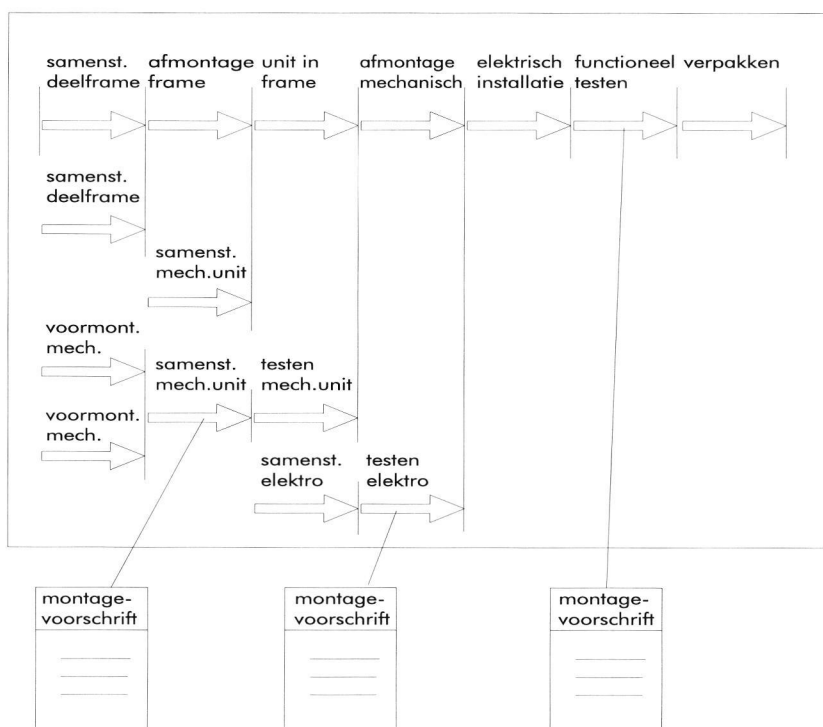
- aanpak organisatie (bron: Peeters, 1995)

Bij het textielbedrijf Widemex, dat o.a. strijkplankovertrekken en theemutsen maakt, werkt men nu in ordergestuurde taakgroepen (niet meer als specialisten, die na elkaar kleine bewerkingen uitvoeren), zodat flexibeler,

efficiënter en met minder voorraden gewerkt wordt. Externe adviseurs ondersteunden dit proces inhoudelijk. De produktiviteit steeg met 11% en bovendien -en dit vindt het bedrijf één van de belangrijkste resultaten- waren de omsteltijden van 6,5 uur tot 2 uur gereduceerd. De tevredenheid van de werknemers steeg en kwamen zelf met meer innovatieve ideeën.

- doorlooptijdverkorting in het montageproces (bron: Versteeg & Schaap, 1996)

Bij Fontijne, een bedrijf dat velgmachines voor de autoindustrie maakt, zet men de machines nu zo in elkaar dat zo weinig mogelijk bewerkingen aan het produkt hoeven plaats te vinden. Dit komt door meer overleg tussen de engineering afdeling en de montage afdeling aan de hand van een systeem (MAS, zie fig. 2) geïntroduceerd door externe deskundigen. Door het vroegtijdig opstellen van een dergelijk schema, kan bij het ontwerpen van de verschillende onderdelen al rekening worden gehouden met de uiteindelijke montage en kunnen montage problemen voorkomen worden. Het effect is ongeveer 10% produktieverbetering en het personeel heeft aan het eind van het bouwen van de machine minder overwerk.



Figuur 2

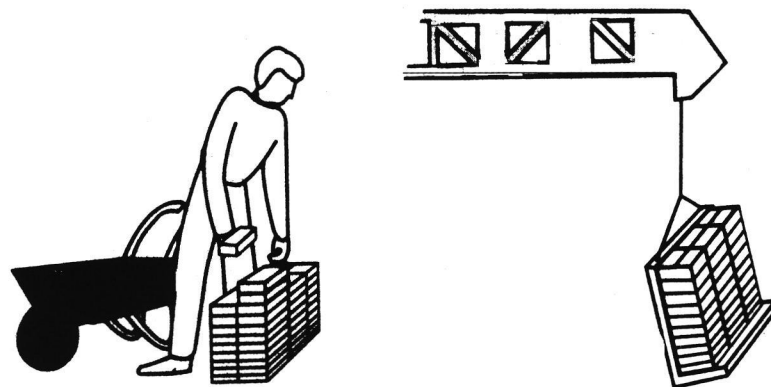
Het montage afloop schema (MAS) dat gehanteerd is om de verbeteringen op te sporen

- robotisering (bron: Vink, 1995)

Bij Brouwers stalinrichtingen, een bedrijf dat stalen scheidingen maakt voor stallen, is een flexibel inzetbare robot geïnstalleerd, die het vervelende handmatige lassen vervangt. Een extern adviseur heeft samen met de medewerkers naar een oplossing gezocht en een maand de robot laten uittesten. Ook hier steeg de produktie 10% en de tevredenheid onder medewerkers.

- mechanisering van zwaar werk (bron: Vink & Dul, 1994 en Miedema & Vink, 1996)

Bij bouwbedrijf Van Berkum bv is voor de opperlieden het handmatige transport van stenen gemechaniseerd (zie fig. 3) en krijgt de metselaar het materiaal verhoogd aangeleverd. Diverse externe deskundigen hebben in dit project een rol gespeeld, waaronder ergonomen. Het resultaat was een kostenreductie en afname van rugbelasting van metselaars en opperlieden. Opperen van 8000 stenen kost in de oude situatie rond f800,- en in de nieuwe f400,-. Daarnaast is de rugbelasting acceptabel geworden (volgens NIOSH-1991 richtlijn) voor de opperman en de biomechanische rugbelasting van de metselaar 30% gereduceerd.



Figuur 3

Fig. 3 Transport met een kraan (rechts) elimineert handmatig zwaar opperwerk

- minder zware belasting bij steigerbouwen (bron: Van der Molen en Urlings, 1996)

Bij Hoogovens werken 50 steigerbouwers van het bedrijf SSH. Samen met de steigerbouwers zijn oplossingen bedacht voor het horizontale transport van het steigermaterieel (vanaf de vrachtwagen naar de plek waar de steiger gebouwd moet worden en voor het verticale transport langs de steiger. Daarnaast is er een los- en stapelplan geïntroduceerd waarbij alle onderdelen reeds in de juiste volgorde en op een gunstige plek worden aangeleverd. De rug- en schouderbelasting zijn hierdoor afgenomen. Verder kan er efficiënter gewerkt worden, doordat het eerste uur niet gebruikt wordt voor sorteren.

Resultaten

Uit tabel 2 blijkt dat geen enkele studie alleen gericht is op het aanpassen van de mens. Er wordt wel eens verondersteld dat het goedkoper zou zijn om alleen de mens te trainen. Bekend zijn de tiltrainingen, waarbij een betere tiltechniek tot afname in klachten zou leiden. Dit is ongetwijfeld waar. Dat blijkt ook uit diverse studies (Delleman e.a., 1995). Klachtafname is echter voor een bedrijf van betrekkelijk belang. De studies in tabel 2 tonen aan dat het loont om meer aan te pakken dan alleen houdings- en bewegingsgedrag, dus ook de werkplek en de organisatie.

Tabel 2

Kenmerken van de 20 projecten en effecten.

Bedrijf	Verbetering van	Effect op	
		productiviteit	gezondheid
	O=organisatie W=werkplek M=mens		
Ministerie LNV*	O + W + M	flexibiliteit	verzuim: 7 -6%
Bravilor**	O + W	+15%	verzuim: 15-> 8%
Widemex**	O	+11%	motivatie
Fontijne**	O	+10%	motivatie
Brouwers**	O + W	flexibiliteit	minder klachten
Van Berkum*	O + W	+100%	minder klachten
SSH**	O + M	+12.5%	minder klachten
Bloemenveiling Naaldwijk**	O + W	minder fouten	minder stress
Stork**	W	onderhoud	minder klachten
Roba**	W	kosten	minder klachten
RIAGG**	W	geen effect	minder klachten
PWN**	W + M	onderhoud	minder klachten
Gevangenis De Schie*	O + M	meer aanwezig	minder klachten
Kon. Theodorus Niemeijer*	O + W + M	+7%	verzuim: 10%->5%
NAM*	W + M	minder fouten	verzuim
Waterlandziekenhuis*	O + W + M	kosten	verzuim
Verzorgingstehuizen*	O + M	kosten	verzuim
KPN*	O + M	kosten	verzuim: 7.5%->5%
Thuiszorg*	O + M	kosten	verzuim: 15%->11%
Glaszetters***	O + W + M	kosten	minder lichamelijke belasting

* bron: Kompier e.a., 1996

** bron: Vink, 1995

*** bron: Arbouw, 1996

19 van de 20 studies (zie tabel 2) tonen aan dat naast de gezondheidseffecten ook andere belangrijke effecten zijn te behalen die direct van groter belang zijn voor het bedrijf. Dergelijke effecten zijn niet alleen een efficiënter werkproces met minder kosten of een produktiviteitsverhoging, maar ook een afname in fouten. Dat speelt bijvoorbeeld bij de Bloemenveiling Naaldwijk, waar een fout in prijs of soort bloemen duizenden guldens kan kosten. Voor de gevangenis De Schie is meer aanwezigheid van de bewaarders een belangrijk voordeel voor het bedrijf.

Het blijkt dus dat een verbetering, die zowel gezond is voor het bedrijf als gezond voor de medewerkers, goed mogelijk is. In het algemeen blijkt ook, alhoewel dit niet goed te kwantificeren is, dat hoe meer aandacht aan de verschillende factoren geschonken wordt, hoe groter het effect. Aandacht voor de werkplek en de mens en de organisatie loont zich, omdat de effecten dan ook het grootst zijn.

Belemmerende en bevorderende factoren

Toch zijn ook in deze studies belemmerende factoren geconstateerd (zie tabel 3).

Tabel 3

Aantal studies waarin belemmerende en bevorderende factoren in teruggevonden worden.

Belemmerende factoren	aantal studies
lang wachten op betere werkplekonderdelen	8
verandering brengt spanning met zich mee	7
betrokkenheid middenkader te beperkt	5
geen draaiboek	3
Bevorderende factoren	aantal studies
participatie van betrokkenen	16
stapsgewijze aanpak	13
projectteam	12
eerst uitproberen maatregelen	9
objectieve effectmetingen in proef	8
stuurgroep	3
streefcijfers	3
ruim investeringsbudget	3
bedrijf in moeilijkheden	3

Het meest gesignaleerde probleem is het wachten op de verbeteringen. Soms duurde het lang omdat produkten besteld moesten worden, soms omdat produkten gemaakt moesten worden en soms omdat niet goed besloten kon worden welke produkten aangeschaft moesten worden. Dit leidde in een aantal gevallen tot onrust. Medewerkers melden bijvoorbeeld: 'zie je wel beloven ze van alles, maar er komt niks'. Een andere veelgenoemde belemmerende factor is dat de verandering spanning met zich meebrengt.

Dit blijkt volgens de literatuur met name te spelen als de noodzaak voor verandering niet wordt ervaren (Imada, 1994). Bij dit soort veranderingsprocessen is het dus van belang de betrokkenen te informeren over de noodzaak. Bij 3 cases werd de noodzaak wel gevoeld: 'het bedrijf bevond zich in moeilijkheden'. Tevens is in een aantal cases de rol van het middenkader te beperkt geweest, waardoor extra energie gestoken moest worden in het motiveren. In sommige gevallen is zelfs aangegeven dat het aantal verbeteringen groter was geweest wanneer zij meer betrokken waren geweest (De Schie en SSH).

Onder de bevorderende factoren (zie tabel 3) blijkt participatie het meest voor te komen. Participatie deed zich in verschillende vormen voor. Soms

worden alle medewerkers betrokken (LNV, SSH), soms een afvaardiging. Soms worden medewerkers alleen geïnformeerd en soms bedenken zij de oplossingen en voeren ze zelf in. In de literatuur wordt gesproken over directe en indirecte participatie (Gold e.a., 1993). Het ligt voor de hand en dit is ook aangetoond dat zo direct mogelijke participatie het beste is voor het eindresultaat.

Veel projecten werken ook stapsgewijs. Ook dit is niet verwonderlijk: een draaiboek of stappenplan geeft immers houvast voor alle betrokkenen. Meestal zorgt een bepaald team (projectteam) dat deze stappen doorlopen worden. Nieuw is dit ook niet. Er zijn legio voorbeelden van projecten en handboeken die een stappenplan hanteren (bijv. Kompier en Marcelissen, 1990). Een andere vorm van houvast bieden streefcijfers. Bijvoorbeeld KPN (Kompier e.a. 1996) hanteerde een streefverzuimcijfer berekend op basis van vergelijking met andere bedrijven.

Bijna de helft van de studies test de verbetering eerst uit en doet zelfs metingen naar de effecten in de test. Bijvoorbeeld bij Van Berkum (metse-laars en oppermannen) zijn eerst in een proefproject de verbeteringen uitgetest. Daarin bleken de oudere werknemers meer moeite te hebben met de nieuwe werkwijze dan de jongere. Dat was een belangrijke constatering, zodat zij bij de volgende projecten extra aandacht kregen. Toch is een test niet altijd mogelijk. Bij het ergonomisch optimaliseren van nieuwbouwplannen (PWN) kan bijvoorbeeld het toekomstig onderhoud nog niet getest worden, maar moet dit vanaf tekeningen worden ingeschat. Delen kunnen natuurlijk wel getest worden.

Conclusie

Naarmate het herontwerp een groter deel van het werkproces (werkplek en organisatie) beslaat, zijn de financiële voordelen en de voordelen in termen van gezondheid ook groter. Ergonomen hebben daarom de taak te zoeken naar grootschalige (her)ontwerpen en zich niet te snel op het oplossen van alleen de acute problemen te richten en bijvoorbeeld alleen een training van de mensen te geven. Bij het uitvoeren van de projecten wordt het resultaat beter door werknemers zo direct mogelijk te laten participeren, stapsgewijs te werken en een team te installeren, dat de stappen bewaakt. Uittesten van de verbetering is ook van belang om missers te voorkomen.

P. Vink & G. van Rhijn
Nederlandse Vereniging voor Ergonomie/TNO Centrum voor Arbeid
P.O. Box 2215
2301 CE Leiden

Arbouw

1996 Stapsgewijs beter glaszetten, in voorbereiding, Arbouw, Amsterdam, 1996

Delleman, N.J., Heerikhuize, T.J. van en Hildebrandt, V.H.

1995 Effecten van behandeling volgens oefentherapie Cesar: vooronderzoek. Leiden, TNO-PG

Imada, A.S.

1994 Overcoming cultural barriers within organizations. In: ODAM-IV, G.E. Bradley & H.W. Hendrick, Elseviers Science, Amsterdam, 625-630

Kompier, M.A.J., Grundemann, R.W.M., Vink, P. en Smulders, P.G.W.

1996 Aan de slag: tien praktijkvoorbeelden van succesvol verzuimmanagement, Samsom, Alphen a/d Rijn.

Kompier, M.A.J. en Marcelissen, F.H.G.

1990 Handboek werkstress, NIA, Amsterdam

Miedema, M. en Vink, P.

1996 Metselen met de rug rechteop: ergonomische verbeteringen in de bouw. TvErgonomie 21(2): 38-44

Molen, H.F van der en Urlings, I.J.M.

1996 gezond en efficiënt steigerbouwen, in: 'aan de slag' M.A.J. Kompier e.a., Samsom, Alphen, pp 91-104

Noro, K. en Imada, A.S.

1991 Participatory ergonomics, Taylor & Francis, London

Peeters, M.

1995 Groepswerk in sociotechnisch perspectief, praktijkervaringen uit de confectieindustrie, proefschrift, Eburon, Delft

Versteeg, E.M. en Schaap M.J.L.

1996 Systematische aanpak werkvoorbereiding montage in: Documentatie arbeidsomstandighedencongres 20-3-1996, NIA-TNO, Amsterdam

Schlüter, F.O.

1996 Ergonomische verbeteringen bij Bravilor Bonamat' in: Documentatie arbeidsomstandighedencongres 20-3-1996, NIA-TNO, Amsterdam

Vink, P.

1995 Naar een gezonde productie, TNO, Delft

Vink, P. en Dul, J.

1994 Lichamelijke belasting: wetgeving en oplossingen, Kerckebosch, Zeist

Vink, P., Peeters, M., Kompier, M.A.J., Grundemann, R.W.M., Smulders, P.G.W. en Dul, J.

1995 A participatory ergonomics approach to reduce mental and physical work load, Int J of Industrial Ergonomics 15: 389-396"

ERGONOMIE EN PROJECTRENDEMENT

T.M.J. Lenior

Samenvatting

Ergonomie in (her)ontwerpprojecten kan invloed hebben op het resultaat van een project en op het verloop van het project. Als men in de literatuur spreekt over het rendement van een ergonomie-inbreng dan blijkt het meestal te gaan over het verminderen van ziekteverzuim en afbreukrisico's, alsmede om de voordelen van het beperken van bedienfouten. In dit artikel wordt ingegaan op een derde argument, namelijk de invloed van een ergonomie-inbreng op het verloop van een ontwerp-project. Naast een overzicht van de literatuur worden ervaringen uit de ontwerp-praktijk weergegeven. Ter afsluiting volgen een aantal conclusies in de vorm van een meer kwalitatieve benadering van projectrendement.

Inleiding

In de produkt-ergonomie is de toegevoegde waarde van de ergonomie op het resultaat meestal wel aanwijsbaar. Het gebruiksgemak van ergonomisch verantwoord ontworpen produkten laat zich, als het goed is, vertalen in een betere verkoopbaarheid van het eindprodukt. In advertenties worden de alom steun gevende autostoel, het overzichtelijke dashboard, de eenvoudig te bedienen videorecorder, enz. gepresenteerd als 'ergonomisch ontworpen'. De vraag is in hoeverre het commerciële effect de juiste graadmeter is. Neem bijvoorbeeld het beperkte assortiment gereedschappen dat voor de linkshandige mens is ontworpen. Een kettingzaag voor linkshandigen zou waarschijnlijk wel ongelukken kunnen voorkomen; ondanks een matige verkoopbaarheid (kleine markt) is er dan wel degelijk sprake van rendement.

Deze bijdrage handelt over produktie-ergonomie in industriële ontwerp-projecten. In een niet zo ver verleden werd de ergonomie-inbreng in hoofdzaak gezien als een sociale daad, een manier om goed voor werknemers te zorgen. Door ergonomen werd weliswaar betoogd dat de ergonomie ook een efficiency-verhogende waarde heeft, maar als daar al over werd gepubliceerd dan was de conclusie toch meestal dat de toegevoegde waarde moeilijk aantoonbaar is. In recente literatuur zien we een toenevende tendens om de opbrengsten van de ergonomische interventie te verantwoorden. Afhankelijk van de soort werkplek worden er twee hoofdargumenten gehanteerd: (1) minder ziekteverzuim en afbreukrisico omdat de ergonomie (fysiek) ongezonde werksituaties voorkomt, en (2) minder kans op bedienfouten en daarmee samenhangend produktieverlies. Het effect van de ergonomische inbreng op het projectverloop wordt wel genoemd, maar niet als een derde argument in het 'kosten-baten-perspectief'. Het gaat hierbij om de voordelen die ontstaan doordat de ergonoom naast analyserend en ontwerpend, vanuit een vaktechnische achtergrond ook sturend en bemiddelend tussen de andere deelnemers in het project

kan zijn. Deze niet te onderschatten post aan de debetzijde van de projectbalans, zal in deze bijdrage wat nader ingevuld worden.

De kosten/baten-vraag in de literatuur

Een van de eersten die de rendementsvraag in het licht van de verkoopbaarheid van het vakgebied plaatste was Gallaway (1984, 1985). Hij stelde: 'Ergonomists are overlooking the need to apply good ergonomic principles to their own product. Seldom you will see a justification of the value of the design solution, or the benefits and return on investment (dollars, time, benefits) for their technical activities'. Hij verwonderde zich daarover omdat ergonomen zowel op basis van hun kennis van de psychologie, markt- en produktanalyse, enz., als vanwege hun vaardigheid om gebruikersbehoeften vast te stellen, juist bij uitstek geschikt zouden zijn als verkoper van het eigen produkt. Zijn belangrijkste conclusie is dat ergonomen hun diensten moeten en kunnen verkopen, waarbij met name het uitdrukken van technische gegevens in termen van baten, belangrijk is.

Het artikel van Corlett (1988) 'Cost-benefit Analysis of Ergonomic and Work Design Changes' is nog steeds het meest complete artikel over baten van het ergonomisch verantwoord ontwerpen. In de historische schets 'economics and working conditions', is o.a. het volgende te vinden:

- Williams ontwikkelde een praktische methode voor het vaststellen van de relatie tussen ergonomische ontwerpspecificaties en de waarschijnlijkheid dat gebruikers fouten maken, vertaald in kosten voor het bedrijf.
- Spilling e.a. voerden een longitudinaal onderzoek uit in een Noorse elektrotechnische industrie. Over een periode van 15 jaar werd het effect onderzocht van ergonomische verbeteringen aan werkplekken en apparatuur op ziekteverzuim ten gevolge van blessures aan het spier-skeletstelsel, alsmede de invloed op het personeelsverloop. De geconstateerde reductie in het personeelsverloop wordt door de auteurs voor 50% toegeschreven aan de ergonomische maatregelen. De effecten konden in geld uitgedrukt worden.
- Een grootschalig vragenlijst-onderzoek van de Universiteit van Michigan (Macy en Mirvis), bracht parameters voor het meten van de kwaliteit van de arbeid aan het licht: verzuim, verloop, te laat komen, absentie, fouten, ongelukken, grieven, leersnelheid, produktiviteit, diefstal/sabotage, inefficiency, samenwerking en onderhoud. Deze parameters konden worden vertaald in financiële kosten voor het bedrijf. Een probleem dat, aldus Corlett, niet wordt opgelost is de validatie van de samenhang tussen deze parameters en de verbeteringen in de kwaliteit van het werk.
- Evenzo uitgebreide studies naar de winst van verbeteringen in de kwaliteit van het werk, zijn uitgevoerd door de universiteit van Birming-

ham. Corlett is een van de grondleggers van dit onderzoek. Ook hier worden directe besparingen aangetoond in termen van de hierboven genoemde kwaliteitsparameters zoals verzuim en verloop. De onderzoekers benadrukken tevens de positieve effecten (opbrengsten) van de attitudewijzigingen die ten gevolge van de verbeterde werkomstandigheden.

Deze attitudewijzigingen komen ook terug in Corlett's behandeling van de vraag wat een kosten-baten analyse is. Voor het management is het vooral de vraag of de te investeren bedragen met een zekere waarschijnlijkheid zullen renderen. Corlett constateert dat een strikt financiële benadering onvolledig is, met name bij grotere projecten; en dat deze ook niet adequaat is voor elk ergonomieproject. Aan de hand van een voorbeeld van een assemblagelijijn geeft hij aan dat de bereidwilligheid van mensen om iets te doen afhangt van hun eigen idee over wat er van ze gevraagd wordt, wie zij zijn, hun opvattingen over het bedrijf en andere overtuigingen en ervaringen. Een goede kosten-baten analyse moet daarom ook de kosten van het beïnvloeden van deze attitudes omvatten. Uit de toegepaste psychologie is echter bekend dat het beïnvloeden van attitudes zeer moeilijk is. Corlett sluit het artikel af met de constatering dat een kosten-baten analyse alleen goed mogelijk is met een gecombineerde inzet van deskundigen, zoals economen, accountants en ergonomen. Daarnaast accentueert hij het belang van de betrokkenheid van gebruikers en noemt daarbij met name de groep van het lagere management (zie paragraaf 3).

De kosten/baten-vraag in ergonomisch Nederland

Recentelijk is door de wetgeving op het gebied van ziekteverzuim een nieuwe trend gezet. Vanwege de toenemende aansprakelijkheden van werkgevers kan het door goed ergonomisch ontwerp voorkomen van ziekte-gevallen direct in financiële baten voor het bedrijf worden vertaald. De ziektewet ligt in het verlengde van de arbeidsomstandighedenwet, welke indertijd een impuls heeft gegeven aan de ergonomie in Nederland. Deze wet is o.a. aanleiding geweest voor een studie van Haan en Terra (1990) onder de sprekende titel 'Baten de kosten'?. Daarin wordt een systematisch overzicht gegeven van de bedrijfseconomische factoren die van invloed zijn op arbeidsplaatsverbetering. De studie mondt uit in een methode (in de vorm van een checklist) om deze effecten te meten. Voorzover arbodiensten zich met ergonomie bezighouden, richten zij zich vooral op de fysieke gezondheid van de werknemers, waarbij het woord preventie hoog in het vaandel staat. De praktijk is dat in bestaande situaties de risico-factoren worden gemeten, waarna aanbevelingen voor werkplekverbetering worden gedaan. Bezien vanuit ontwerp-perspectief echter, ligt het accent daarmee toch vooral op het correctieve vlak. Echte preventie in de zin van deelname aan ontwerpprojecten voor nieuwbouw wordt door arbodiensten nauwelijks gedaan.

Op dat gebied zijn een aantal instituten, afdelingen van grote bedrijven en gespecialiseerde bureaus actief. Een indruk van de wijze waarop met de kosten-baten vraag wordt omgegaan is te verkrijgen uit de Nederlandse bijdragen aan de Conferentie Marketing Ergonomics (1989, Noordwijk). We treffen daarin voorbeeldprojecten aan van o.a. Algera (1990) en Bosman (1990); alsmede suggesties voor het verkopen van het vakgebied door Koningsveld (1990) en Regensburg, van Veen (1990).

Ervaringen uit de ontwerppraktijk

Wanneer wij het voorafgaande beschouwen in het licht van de ervaringen in ons ontwerpbureau, kunnen een aantal kanttekeningen gemaakt worden.

Niveaus van Mens-Middel-Interactie

Corlett (1988) constateerde dat de rendementsvraag in financiële zin vooral gesteld wordt bij grote overheidsprojecten en vervolgens dat 'the great majority of problems where ergonomists are involved are not to do with highly automated systems, but are associated with worksystems which are influenced by people at many levels'. Hij ziet hierin een reden waarom bij het werk van ergonomen in mindere mate de rendementsvraag wordt gesteld.

Wij ervaren eerder het tegendeel. Zowel in grootschalige automatiseringsprojecten, als in kleine herontwerpprojecten (bijvoorbeeld werkplekaanpassingen), neemt de vraag naar het rendement van de ergonomische interventies een even belangrijke plaats in. Bovendien is de tegenstelling tussen hooggeautomatiseerde en andere systemen voor wat betreft het niveau van functioneren van de mens, ons inziens niet aanwezig. Naast een gecomputeriseerde procesbesturing, moeten er in een fabriek toch ook nog gewoon handafsluiters open en dicht gedraaid worden. Het projectmanagement waarvoor wij werken stelt dan ook ergonomische vragen op meerdere niveaus (Lenior, Verhoeven, 1990): Sluit de te ontwerpen functionaliteit wel aan bij de cognitieve vermogens van de operator?, Hoeveel operators zijn er nodig?, maar evenzeer: Hoe is de reikafstand tot de bedieningsmiddelen? Deze diversiteit is één van de charmes van de uitoefening van het vak en de financiële verantwoording hoort daar vanzelfsprekend bij.

Attitudeverandering

De opmerking van Corlett dat attitudes zich slecht laten wijzigen, is op zichzelf juist. Maar goed ergonomenwerk moet niet gericht zijn op het ombuigen van negatieve attitudes. In lijn met de aloude theorie van Herzberg (1966) werken we aan het voorkomen van negatieve attitudes door een aangenaam werkklimaat, een goede verlichting, de beperking van lawaai, enz. Daarenboven kan de attitude positief worden beïnvloed door het ontwerp van functies met voldoende variatie, verantwoordelijkheid, enz. Wanneer dit alles wordt ingebed in een systematische ontwerpaanpak

kan ook op voorhand, ten dele in kwalitatieve en ten dele in kwantitatieve termen, worden aangetoond dat van een aldus ontworpen werksituatie zowel een positieve attitude als directe financiële voordelen te verkrijgen zijn (zie de voorbeelden in Kragt, 1992).

Validatie van de relatie tussen de kosten van 'Work-design' en de baten

Corlett (1988) concludeert dat het mogelijk is om aan te tonen dat de baten van ergonomische interventies hoger liggen dan de kosten. Hij verwijst daartoe naar de Michigan- en Birmingham-studies, maar stelt ook dat de verdere ontwikkeling en validatie van dat werk uiterst moeilijk is. De vereisten hiervoor zijn hoog, namelijk de voortdurende bereidwilligheid van bedrijf en voldoende onderzoeksfondsen om een continu observeren van een veranderingsproces mogelijk te maken. De vraag is echter of dergelijk onderzoek wel zo nodig is. Bij tilwerkzaamheden met getordeerde rug kunnen rugklachten wellicht niet één op één aan het werk worden toegeschreven, maar uitgebreide validatiestudies met betrekking tot de schadelijke effecten zijn niet echt nodig. Hetzelfde geldt voor Repetitive Strain Injuries in werksituaties met kort-cyclische arbeid. Ook de positieve effecten van functieverrijking zijn bijvoorbeeld al lang in de studies van Van Assen en Den Hertog (1980) aannemelijk gemaakt. Als wij in onze eigen ontwerppraktijk de problemen die uit de analyse van de bestaande situatie naar voren kwamen, later vergelijken met de evaluatieresultaten van het nieuwe ontwerp, dan is er weinig twijfel over de positieve effecten (zie ook De Groot, 1996). Meer in het algemeen kan gesteld worden dat er in de ergonomische literatuur zoveel overtuigende case-studies zijn gepubliceerd (zie Kragt, 1992), dat verdergaande bewijsvoering in de zin van uitgebreide validatiestudies voor het bepalen van de waarde van ergonomische bijdragen in feite niet veel toevoegt. Ergonomen zijn nogal eens geneigd om veel kritiek te hebben op het werk van technisch ontwerpers. De reactie van de ontwerpers is, niet onterecht: 'We hebben nog wel meer aan ons hoofd.' Het zou beter werken als we in concreto laten zien hoe het anders kan.

De betekenis van een ergonomoom in het projectverloop

Gezien de zichtbaarheid van de ergonomische baten zou men verwachten dat het weinig moeite kost om projectleiders en andere managers te overtuigen van de positieve effecten van de ergonomie-inbreng. Als ontwerpende ergonomen hebben wij inderdaad die ervaring, maar de redenering dat dat komt omdat de projectleiding al van die positieve effecten overtuigd moet zijn alvorens men externe ergonomen in het project haalt gaat niet helemaal op. Er zijn in iedere projectgroep wel mensen die sceptisch staan tegenover het nut van onze inbreng; een scepsis die na verloop van tijd vrijwel altijd verdwijnt.

De vraag is waarom er zoveel projecten zijn waar geen ergonomoom bij

betrokken is. Kennelijk ligt er bij de ingang van een project een drempel waar de ergonoom eerst over heen moet zien te komen. Als dat eenmaal gebeurd is blijkt het vak zichzelf te bewijzen. Ons inziens is die drempel hoog omdat er door de beslissende personen eenvoudig weg niet aan gedacht wordt om ergonomen in het project te betrekken. Tegenwoordig is het onwaarschijnlijk dat men nog nooit van ergonomie gehoord heeft. De oorzaak zal daarom gelegen zijn in onbekendheid met het feitelijk nut dat ergonomen in projecten kunnen hebben. De eerste vraag naar ergonomie richt zich vaak op tastbare problemen, zoals werkplekinrichting en beeldschermernonomie, bijvoorbeeld omdat men in een voorafgaand project geconfronteerd werd met onbevredigende eindresultaten. Tot dat moment verwachtte de projectleiding dit soort problemen wel te kunnen laten aanpakken door de technisch ontwerpers zelf, al dan niet met raadpleging van de gebruikers. Pas wanneer gebleken is dat zij dit niet aankunnen komt de ergonoom in beeld. Het is daarom belangrijk dat ergonomen laten zien wat ze beter kunnen dan 'gewone' technici. Daarbij mag niet alleen gedacht worden aan de ergonomisch betere resultaten van het project. Ook de verschillende rollen die ergonomen kunnen spelen moeten dan beter over het voetlicht worden gebracht. De basisrol is die van materiedeskundige met betrekking tot de menskundige aspecten: met name de fysieke en mentale belasting alsmede een gedegen kennis van de organisatie. Voor projectergonomen geldt dat daarnaast een zekere bekendheid op technisch gebied noodzakelijk is. De ergonoom heeft echter ook een vakmatige bekwaamheid om bij te dragen aan een goed verloop van het project. Op enkele van deze rollen willen we in het onderstaande nader ingaan.

Intermediair tussen ontwerper en gebruiker

Als een ergonoom met gebruikers praat, gaat het veelal over de concrete werkplek of de interactie met het productieproces. Dit sluit aan bij de opdracht van een projectmanager: het werk moet bepaalde functionele specificaties opleveren. Het creëren van voldoeninggevend personele functies komt in die specificaties niet concreet aan de orde. Toch is het inherent aan de rol van de ergonoom dat hij de kwaliteit van de personele functies vooropstelt en deze vertaalt in technische specificaties.

Een opdrachtgever zal de projectmanager ook niet afrekenen op de kwaliteit van de functies, tenzij het achteraf zeer moeilijk blijkt om met het systeem te werken. Komt dat voor dan zegt men vanuit het projectteam al snel dat de gebruikersorganisatie niet goed heeft gespecificeerd en vervolgens worden er (tegen meerprijs) aanpassingen gedaan. De situatie zou echter correcter worden weergegeven als men stelde: de ontwerper heeft de gebruikerswensen naar verkeerde technische specificaties vertaald. Ergonomen zijn voor dit soort vertaalwerk veel geschikter dan technisch ontwerpers. Ze hebben immers naast een technische ook een sociale component in hun opleiding. Observatie-, interview-, en andere onder-

zoektechnieken behoren tot de vakdeskundigheden. Daarnaast leren ergonomen gebruikerswensen die vanuit de bestaande werksituatie naar voren komen te interpreteren in het licht van de nieuwe werksituatie.

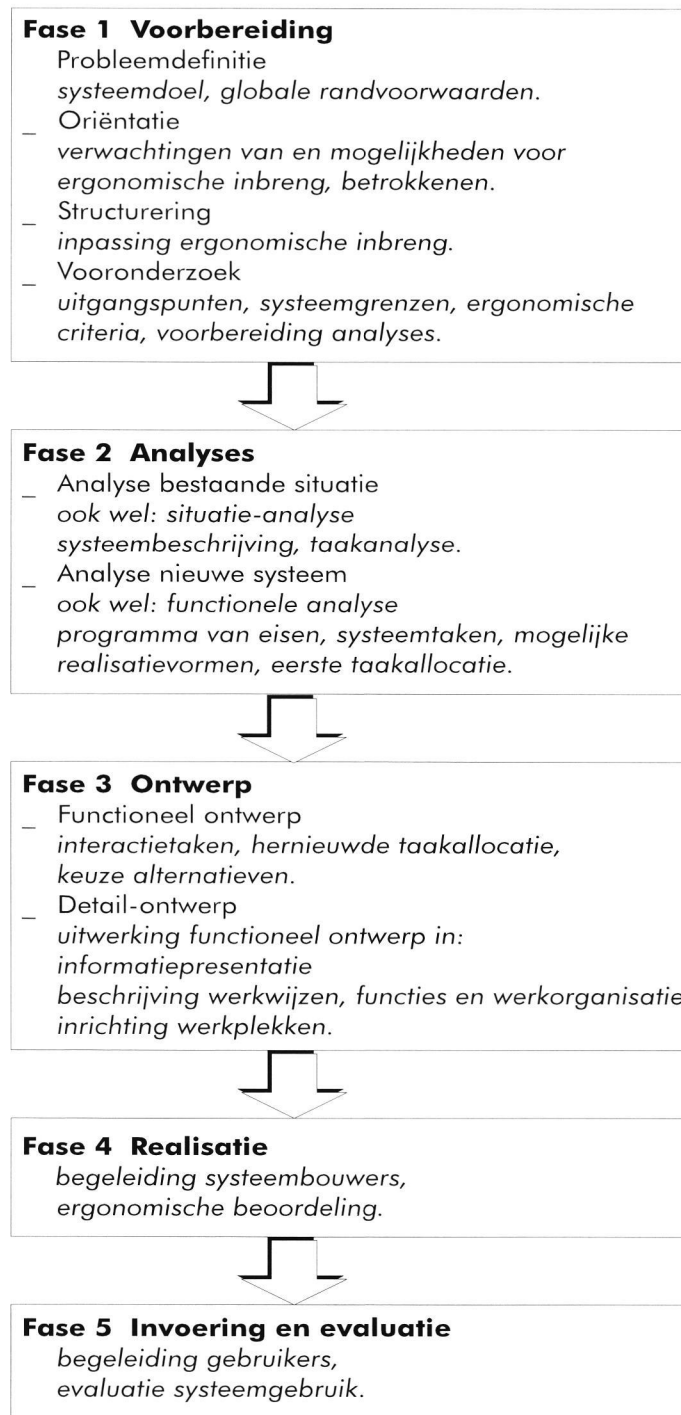
Als technici zelf met gebruikers aan het analyseren gaan, gebeurt dat enigszins zwart-wit gesteld als volgt. De gebruiker geeft aan wat knelpunten zijn in het huidige werk. De technicus gaat na of hij die knelpunten met technische middelen kan oplossen en bouwt een prototype. Vervolgens laat hij dat prototype aan de gebruiker zien die, meestal na enige aanpassing, constateert dat de situatie is verbeterd en zijn probleem dus is opgelost. Hoewel je het na enige decennia ervaring met automatiseringstechnologie niet meer zou verwachten, komen we deze werkwijze in de praktijk nog regelmatig tegen met als resultaat dat nieuwe problemen voor de oude in de plaats gekomen zijn.

Het behoort tot de deskundigheden van de ergonoom om het nieuwe mens-middel-systeem als een geïntegreerd geheel te ontwerpen. De systematiek die daarbij wordt gehanteerd ligt verankerd in een ergonomische projectaanpak. De daarbij gehanteerde analysetechnieken zijn o.a. gericht op het vermijden van genoemde interpretatiefouten. Een beschrijving van de aanpak is o.a. te vinden in Ergos (1995). Een kort overzicht staat in het hierbij afgebeelde diagram (zie volgende bladzijde).

Intermediair tussen ontwerpers

Een groot deel van de inspanningen in ontwerpprojecten bestaat uit analyses. Ontwerpers analyseren naast de bestaande knelpunten o.a. de bestaande en gewenste informatiestromen en gegevensstructuren. Soms worden ook de bestaande werkwijzen geanalyseerd, echter dikwijls nadat het nieuwe systeem ontworpen is. Het doel is dan om de overgang naar de nieuwe werkwijzen te kunnen beschrijven. Ten aanzien van dit punt tekent zich vaak enige frictie af tussen de verschillende technische disciplines. Enkele voorbeelden uit automatiseringsprojecten:

- Ten aanzien van de mens-middel-interactie zien we dat de ontwerpers van de besturingssoftware eisen stellen aan de bouwers van de hardware en andersom. Meestal gebeurt dit in een zodanig laat stadium (soms zelfs pas bij de oplevering), dat beide partijen zich al op de basisconcepten hebben vastgelegd. Er ontstaan dan veel tijd en inspanning vergende discussies over de beste dialoog. Op basis van een verantwoorde ergonomische analyse van de toekomstige werkwijze is de vraag naar de beste dialoog dikwijls heel direct beantwoordbaar.
- Een vergelijkbaar verschijnsel doet zich voor als functioneel ontwerpers, vaak op basis van slecht onderbouwde gebruikerswensen, ontwerpen maken die de technisch ontwerper moeilijk te realiseren vindt. Dan ontstaan er discussies over de noodzaak van een en ander. De technische man heeft daarbij soms de neiging om de gevraagd functionaliteit als franje te kwalificeren. Ook hier kunnen de resultaten van een ergonomische analyse uitsluitend bieden.



Figuur 1

- Soms ontstaat een probleem door de altijd aanwezige tijdsdruk. Het is niet ongebruikelijk dat men er dan voor kiest om weinig overleg te voeren, zo ook in dit voorbeeld. Na de oplevering, binnen de gestelde tijd, blijkt de betreffende programmatuur niet aan de specificaties voor de dialoog te voldoen. Het resultaat werd afgekeurd door de gebruikers en door de ergonoom. Twee middagen rechtstreeks overleg van de programmeur met de laatstgenoemden leverde specificaties op die redelijk snel maakbaar waren. Het programma moest echter wel grotendeels opnieuw worden geschreven. Op deze wijze ontstaan onnodig tijdverlies en frustraties. Opmerkelijk was ook dat de programmeur de ergonoom liet weten dat er tussen de programmeurs onderling veel over dit stuk werk gediscussieerd was (tijdrovend) en dat hij de tweede versie zelf ook aanzienlijk beter vond. Daarnaast zei hij van de genoemde twee middagen veel geleerd te hebben: een niet te onderschatten rendement.

Voorlichtende rol m.b.t. het middenkader

Over gebruikersparticipatie wordt veel gepubliceerd. Weliswaar zijn er tal van valkuilen, maar die zijn in principe bekend evenals de oplossingen daarvoor. Aan het voorlichtende aspect naar de eindgebruikers wordt meestal wel voldoende aandacht gegeven. Onder andere door de gebruikersparticipatie goed te organiseren krijgen de gebruikers een behoorlijke indruk van de te verwachten veranderingen in de werkwijze en voelen ze zich ook betrokken bij gekozen oplossingen (Pikaar en Lenior, 1990).

Heel anders ligt dit bij het middenkader; Corlett (1988) wijst hier in zijn conclusies specifiek op. Door sommige ontwerpers worden ze wel benaderd als vraagbaak over de werkwijze van hun medewerkers, maar dat is in wezen een verkeerd gestelde vraag. Leidinggevenden blijken vaak niet in voldoende detail op hoogte van de feitelijke taakuitvoering; ze hebben immers andere verantwoordelijkheden. In een aantal projecten hebben wij deze benadering tot verkeerde specificaties zien leiden.

In andere gevallen krijgt het middenkader volstrekt onvoldoende aandacht van het ontwerpteam, hoewel dit ook in de hand gewerkt kan worden doordat leidinggevenden minder tijd ter beschikking hebben dan, soms vrijgemaakte, eindgebruikers. Een ontwerpteam wil verder en heeft daardoor de neiging om vergaderingen waarvoor de produktieleiding verhinderd is wel door te laten gaan. Het resultaat is dat het middenkader als groep vaak weinig zicht heeft op het ontwerpteam en de ontwerpen waarmee dat team komt. De medewerkers zijn dan beter op de hoogte en hebben een meer positieve betrokkenheid bij de veranderingen dan de leidinggevende. Dit is een voedingsbodem voor fricties en disfunctioneren in de nieuwe situatie.

Een bijkomend punt is dat leidinggevenden vaak enigszins conservatief reageren. Hun verantwoordelijkheid is het realiseren van een bepaalde

produktie. Men weet wat het huidige systeem daartoe aan mogelijkheden biedt. Of dit in de nieuwe situatie, met veelal hoger gestelde produktiedoelen, ook lukt is voor hen een vraag. Ook dat kan een aanleiding zijn om zich wat terughoudend ten aanzien van het ontwerpteam op te stellen.

Het is opmerkelijk dat er voor deze problemen rond het middenkader weinig of geen aandacht in de ergonomische literatuur bestaat. De consequenties kunnen immers ernstig zijn. Door het nieuwe ontwerp verandert de werkwijze vaak grondig en daarbij is ook een nieuwe manier van leidinggeven nodig. Een voorbeeld dat we in de meeste automatiseringsprojecten tegenkomen betreft de toegankelijkheid van informatie. In de niet-geautomatiseerde situatie krijgen de medewerkers op een afdeling het werk meestal van hun baas. Deze verdeelt het werk en geeft aan wat er mee moet gebeuren. In de nieuwe situatie is alle benodigde informatie voor de medewerkers via hun beeldscherm direct toegankelijk op hun werkplek. Niet alleen is het zo dat de verdeling van het werk dikwijls niet meer door de leidinggevende gebeurt, ook op de werkwijze, de aanpak van de problemen heeft de leidinggevende een minder directe invloed.

Het werk van de leidinggevende verandert dikwijls zeker zo sterk als dat van de uitvoerende. Het geïntegreerd ontwerpen van de technische installatie en de structuur en werkwijze van de lokale organisatie is een essentieel onderdeel van de eerder genoemde ergonomische project-aanpak (Lenior en Rijnsdorp, 1990).

Conclusie: projectergonomie levert rendement

Uit de voorafgaande bespreking komt naar voren dat ergonomen, in tegenstelling tot voor enkele jaren, geneigd zijn om de resultaten van hun werk hard te maken, d.w.z. vooraf in geld uit te drukken. Daar is op zich niets mis mee. Onze materiedeskundigheid moet buiten kijf staan, maar als we dit rendement alleen uitdrukken in: minder verzuim en verloop, minder fouten en ongelukken, hogere produktiviteit, betere onderhoudbaarheid, enz., dan doen we ons vak te kort.

Er zijn voorbeelden te geven van inspanningen die alleen maar geld kosten: bijvoorbeeld niet-effectieve correctieve ergonomie, het inschakelen van ondeskundigen die ergonomenwerk doen, maar ook het te laat inwinnen van ergonomisch advies en/of het negeren van de adviezen.

Onderbelicht is het belang van een ergonomen inbreng in een meer effectief verloop van het project. De ergonomische analyses kunnen discussies tussen technische projectmedewerkers beperken. De gebruikerswensen en eisen kunnen op hun juiste waarde worden ingeschat en verdisconteerd in het ontwerp. De ergonomische ontwerpaanpak, met name de systematische terugkoppeling naar de gebruikersorganisatie heeft altijd een positieve invloed op de attitude van de gebruikers én leidinggevendenden ten aan-

zien van de nieuwe situatie.

Voor een aandachtige lezer vormen niet alleen de ergonomische literatuur, maar ook de publikaties over ernstige industriële ongelukken (zie bijv. Kirwan, 1994) en niet in het minst documentatie over slecht functionerende automatiseringssystemen, een meer dan voldoende bewijslast voor het rendement van de ergonomie. Wij sluiten ons dan ook graag aan bij Gallaway (1985): 'If marketing ergonomics was an obvious task to us and we recognized it as a normal part of our work, there would be a great deal more evidence of ergonomists providing effective leadership on ergonomics issues; on project teams; in staff meetings, conferences, and presentations; and embodied in product and systems designs'.

Kortom we moeten onze eigen opstelling naar opdrachtgevers veranderen. We moeten onszelf minder zien als adviseurs die zich nog moeten bewijzen, maar als ontwerpers met een breed scala aan waardevolle vakdeskundigheden. Naast de materiedeskundigheden zullen we meer accent moet leggen op de intermediairende, of sturende rollen die ergonomen in projecten kunnen vervullen.

De conclusie van deze bijdrage kan duidelijk zijn: 'Projectergonomie levert rendement'.

T.M.J. Lenior
ErgoS Engineering
Postbus 545
7500 AM Enschede

teratuur

Algera, J.A. et.al

1990 Ingredients of ergonomic intervention: how to get ergonomics applied, *Ergonomics* 33 (5), p.557

Assen, A. van en Hertog, J.F. den,

1980 Werkbeleving en werkstructurering, in: C. de Galan, M.R. van Gils en P.J. van Strien, *Humanisering van de arbeid*, Van Gorcum, Assen

Bosman, J. et.al

1990 Buying and selling ergonomics at Netherlands Railways, *Ergonomics*, 33 (5), p.321

Corlett, E.N.

1988 Cost-benefit analysis of ergonomic and work design changes; In: Osborne, *International Reviews of Ergonomics* 2, Taylor & Francis, London

Ergos, E.

1995 Mens-gericht ontwerpen, ErgoS Engineering, Enschede

Gallaway, G.R.

1984 Marketing Human Factors: speaking management's language. Proceedings of the Human Factors Society 28th Annual Meeting. 1, 352

Gallaway, G.R.

1985 Marketing Ergonomics: Influencing developers, managers and customers; In: Brown, I.D. et al, *Ergonomics International* 85

Groot, N. de

1996 Ergonomie ná uitvoering: de evaluatie-fase als zorgenkindje van het ergono-

misch ontwerpen. In: Pikaar, R.N. (red.), Ergonomie in Uitvoering, Nederlandse Vereniging voor Ergonomie / Nederlands Instituut voor Arbeidsomstandigheden, Amsterdam

Haan, J. en de Terra, N.

1990 Baten de kosten?, een bedrijfseconomische waardering van arbeidsplaatsverbetering, NIA, Amsterdam

Herzberg, F.

1966 Work and the nature of man, World Publishing Co, New York

Kirwan, B.

1994 A guide to practical human reliability assessment, Taylor & Francis, London

Koningsveld, E.A.P.

1990 Ergonomics: clutching at straws, or real prospects for better work?, Ergonomics 33 (5), p.309

Kragt, H. (ed)

1992 Enhancing industrial performance: Experiences of integrating the human factor, Taylor & Francis, London

Lenior, T.M.J. en Rijnsdorp, J.E.

1990 Systems design and organizational design and management (ODAM): Introduction and prospects, Ergonomics 33 (4), p. 579

Lenior, T.M.J. en Verhoeven, J.H.M.

1990 Implementation of human factors in the management of large-scale industrial investment projects: a management point of view and ergonomics practice, Ergonomics 33 (5), 643-653

Pikaar, R.N. en Lenior, T.M.J.

1990 Ergonomietraining: een vorm van gebruikersparticipatie, Personeelbeleid 26 (9), p. 401

Regensburg, R.E. en Veen, F. van der

1990 Marketing ergonomics within multi-disciplinary project teams, Ergonomics 33 (5), p.553

ERGONOMIE NA UITVOERING

de evaluatie-fase als zorgenkindje van het ergonomisch ontwerpen

Inleiding

N. de Groot

Een aantal jaren geleden volgde de auteur een serie colleges over de 'systeem-ergonomische ontwerpaanpak': een methodische benadering voor het ontwerpen van produktie-systemen. De docent sloot zijn gloedvolle betoog af met de woorden: 'de laatste en misschien wel belangrijkste ontwerpfase, die helaas meestal wordt overgeslagen in de gebruikelijke ontwerpmethoden, is de evaluatie'. Alle studenten knikten instemmend. De stelling leek hen volkomen vanzelfsprekend.

Daarna heb ik er weinig meer over gehoord. Er verschijnen wel regelmatig artikelen waarin ergonomen een beschrijving geven van het verloop van een bepaald project en de resultaten ervan. In enkele gevallen wordt er een alinea gewijd aan kosten- en batenaspecten van het ontwerp van een produktie-systeem en soms wordt afgesloten met enkele beschouwelijke woorden. Een systematisch uitgevoerde evaluatie is echter - op een enkele uitzondering na (b.v. Hendrick 1990, Kragt 1995) een zeldzaam verschijnsel.

Dit staat in schril contrast met de uitgebreide aandacht die wordt besteed aan bijvoorbeeld systeembeschrijvingen en taakanalyses. Ergonomen zeggen dus wel dat ze evalueren belangrijk vinden maar komen er in de praktijk blijkbaar zelden aan toe. Dat roept een aantal vragen op die we in dit artikel nader zullen bekijken:

- Waarom zou men evalueren en wie heeft er voordeel bij ?
- Wat kan of moet men zoal evalueren ?
- Hoe moet het ?
- Wanneer moet het ?
- Waarom doen we het zo weinig ?

Voor de volledigheid wordt opgemerkt dat in deze bijdrage het begrip evaluatie de betekenis heeft van een kritische beschouwing achteraf, met als doel het een volgende keer beter te doen. Dit komt overeen met de gangbare betekenis in het Nederlandse taalgebied. In het Engels heeft de term veelal de betekenis van 'afweging' of 'vergelijking tussen alternatieven' (denk bijvoorbeeld aan mock-up evaluation). Misschien is dat een van de redenen waarom men de term wel zo nu en dan in de Engelstalige literatuur aantreft, doch zelden in de hier gebruikte betekenis.

De eerste vraag 'waarom zou men evalueren' is betrekkelijk eenvoudig te beantwoorden: In elk project worden nieuwe vindingen gedaan en in elk project worden fouten gemaakt. Ook wordt er geanalyseerd, informatie

verzameld en worden alternatieven tegen elkaar afgewogen. Kortom, elk project levert nieuwe kennis en ervaring op die bruikbaar is in volgende projecten.

De voordelen zullen evenwel niet voor alle betrokkenen gelijk zijn. Zo kan het bijvoorbeeld voor een projectmanager interessant zijn om na te gaan hoe efficiënt de inbreng van een ergonom in het project is geweest. Voor de gebruiker is het verband tussen de geleverde inspanning en het uiteindelijk resultaat minder van belang. De gebruiker heeft vooral te maken met de 'ergonomische kwaliteit' van het eindresultaat, zonder dat het verschil maakt of dit met 10 of 100 uur werk van ergonomen tot stand is gekomen.

Kennelijk zijn er voor de verschillende betrokkenen in het project verschillende evaluatie-belangen aan te geven. We zullen deze vraag wat nader bekijken aan de hand van de verschillende actoren die men doorgaans in projecten aantreft en de belangen die zij hebben :

- 1 Opdrachtgever van het project
- 2 Projectmanagement
- 3 Gebruikers
- 4 Ontwerpers & technisch adviseurs
- 5 Ergonomen

Deze indeling kan per project verschillen. Zo kan de opdrachtgever ook projectmanager zijn en zullen de ergonomen veelal deel uitmaken van de groep ontwerpers en adviseurs.

Redenerend vanuit de belangen van deze verschillende betrokkenen kunnen we tenminste drie verschillende evaluatie-onderwerpen aangeven: de ergonomische kwaliteit van het eindresultaat , de ergonomie inbreng in het project, en de toegepaste onderzoeks- en ontwerpmethoden.

Ergonomische kwaliteit van het eindresultaat

Nadat het project is afgerond kijken de betrokkenen terug op het eindresultaat en kunnen zichzelf de vraag stellen: 'is dit eindresultaat in ergonomisch opzicht in orde ?' of 'wat is de ergonomische kwaliteit ervan ?'.

Het antwoord hierop is vooral van belang voor de gebruikers, de opdrachtgever en het projectmanagement. De opdrachtgever wil immers graag weten of hij een goed product heeft gekocht: gebouwd naar de laatste inzichten op het gebied van de bouwkunde, techniek etcetera, en dus ook op het gebied van de ergonomie. De projectmanager kan zich op dezelfde manier afvragen of hij een goed produkt heeft gerealiseerd. De gebruikers tenslotte hebben er belang bij te weten of het eindresultaat goed is afgestemd op henzelf.

Hoewel het voor de ergonomen in het project wel interessant is om te weten wat de ergonomische kwaliteit van het eindresultaat is, kan men meestal niet spreken van een direct belang. Doorgaans is de ergonom

een adviseur wiens betrokkenheid bij het project ophoudt na het moment van oplevering. Van een meer of minder geslaagd ergonomisch ontwerp heeft hij dus plezier noch last.

In indirecte zin is er voor de ergonoom wel enig belang: een in ergonomisch opzicht geslaagd ontwerp is natuurlijk een fraai visitekaartje.

Overigens is het voor deze evaluatievraag geen voorwaarde dat er bij het project een ergonoom betrokken is geweest. Wanneer het project uitsluitend door 'zuiver technisch ontwerpers' is uitgevoerd kan men nog steeds de ergonomische kwaliteit van het eindresultaat beoordelen.

Hoe doet men dat, zo'n beoordeling van de ergonomische kwaliteit? In de afgelopen jaren heeft ErgoS Engineering enige ervaring opgedaan met het beoordelen van de ergonomische kwaliteit van nieuwbouwprojecten in de procesindustrie. Deze beoordeling gebeurt met behulp van de situatie-analyse die onderdeel is van de systeem-ergonomische ontwerpaanpak (ErgoS 1995). De ervaring leert dat deze methode, die oorspronkelijk is bedoeld voor het verzamelen van ontwerpgegevens, ook geschikt is voor een evaluatie (zie ook Mossink e.a. 1992).

Het gaat namelijk om het beantwoorden van het volgende soort vragen:

- Zijn in de nieuwe situatie de systeemtaken op een optimale manier verdeeld over mensen en middelen?
- Is het totaal aan menstaken op een goede manier verdeeld over het gekozen aantal functieplaatsen?
- Is het technisch deelsysteem zodanig uitgevoerd dat de werknemers in staat zijn de aan hen toebedeelde taken zo goed mogelijk te kunnen uitvoeren?

Wij hebben de indruk dat deze aanpak een beter beeld oplevert dan men verkrijgt door het gebruik van checklist-achtige methoden zoals bijvoorbeeld worden toegepast bij risico-inventarisaties en -evaluaties. Hoe compleet deze lijsten ook zijn, het accent ligt vrijwel altijd op de omstandigheden waarin mensen geacht worden te werken terwijl de verdeling van het werk over mensen en machines zelden in onderlinge samenhang beoordeeld wordt. Meestal beoordeelt men of de situatie aan (wettelijke) minimum-eisen voldoet. Bij nieuwbouw-projecten ligt het meer voor de hand om uit te gaan van een optimale situatie.

Een situatie-analyse heeft nooit een beoordelingscijfer als resultaat. Impliciet wordt de geanalyseerde situatie vergeleken met een fictieve optimale situatie, waarbij de beoordeling alleen betrekking heeft op de onderdelen waarbij niet aan dit beeld voldaan wordt. Het resultaat is derhalve een korte rapportage waarin geen onnodige aandacht wordt besteed aan aspecten die minder relevant zijn of zonder meer in orde bevonden.

De hier genoemde 'fictieve optimale situatie' is een beeld dat zelden expliciet wordt uitgewerkt. Het betreft een soort inschatting van hetgeen technisch/financieel haalbaar is en wordt gebaseerd op ervaringen met vergelijkbare projecten, kennis van ergonomie, richtlijnen, normen, onder-

zoeksgegevens etcetera.

Aan het evalueren op basis van een situatie-analyse kleven ook nadelen. Zo is het denkbaar dat mogelijke probleempunten die in de analysefase over het hoofd zijn gezien, ook tijdens de evaluatie niet aan het licht komen. Dit kan men proberen te ondervangen door de evaluatie te laten uitvoeren door twee ergonomen: één die bij het project betrokken is geweest en dus goed met de materie bekend is en één ergonoom die juist niet aan het project heeft meegewerkt en niet gehinderd wordt door eventuele 'projectblindheid'.

Ergonomie-inbreng in het project

Nadat het resultaat van het project op het aspect 'ergonomische kwaliteit' is beoordeeld, kan een volgende evaluatievraag zijn hoe efficiënt de inbreng van de ergonoom, dan wel de aandacht voor ergonomie van niet-ergonomen in het project is geweest. Anders gezegd: staat de ergonomische kwaliteit van het eindresultaat in een goede verhouding tot de geleverde inspanning.

Naast een efficiënte inbreng is ook een effectieve inbreng van belang. efficiënt geschreven rapporten en doordachte adviezen zijn weinig effectief als ze niet door het projectteam ter harte worden genomen.

Het belang van deze evaluatievraag is waarschijnlijk het grootst voor de projectmanager: is de manier waarop ik de ergonomie (of de ergonoom) in het project heb betrokken doelmatig gebleken, had ik met minder 'ergonoom-tijd' kunnen volstaan of had ik er juist meer gebruik van moeten maken?

Immers, het projectmanagement bepaalt uiteindelijk ook welke rol -en daarmee samenhangend welke invloed een ergonomisch deskundige in het project krijgt: zoals adviseur-op-afroep, lid van projectteam, medeontwerper of arbo-controleur. Men kan dus evalueren of de ergonoom in het project op de meest geschikte positie heeft gezeten.

Het antwoord op deze evaluatievraag kan ook van belang zijn voor de betrokken ergonomen, vooral als dit externe adviseurs betreft. Juist voor hen is het belangrijk om potentiële opdrachtgevers een helder beeld te geven van wat er van een mogelijke inbreng verwacht mag worden.

Inmiddels verschijnen regelmatig publikaties over kosten-baten analyses. Toch valt op dat deze analyses meestal betrekking hebben op de efficiency van het gerealiseerde produktiesysteem en niet van de ergonomie-bijdrage zelf: de vraag of het mogelijk was geweest om dezelfde baten tegen minder ontwerp- en advieskosten te realiseren. Voor zover ons bekend zijn hier ook geen standaardmethodes voor. Een mogelijkheid is wellicht om aan de hand van vergaderverslagen, planningen, rapporten, notities en afspraken de beslissings-trajecten te analyseren en deze gegevens te vergelijken met urenoverzichten. Dit is echter een aanzienlijke hoeveelheid werk en dat komt de efficiency uiteindelijk weer niet ten goede.

Gebleken is dat een open dialoog met het projectmanagement over het projectverloop ook al een behoorlijk inzicht oplevert. Zo kan men op relatief eenvoudige wijze tot overeenstemming komen over de vraag of de gevolgde strategie goed is geweest en hoe het eventueel een volgende keer beter kan. De keren dat een dergelijke nabespreking binnen ons bedrijf werd uitgevoerd heeft dit steeds waardevolle informatie opgeleverd. Zo bleek bijvoorbeeld uit dit soort gesprekken wat opdrachtgevers verwachten ten aanzien van tekenwerk. In tegenstelling tot wat wij soms dachten vinden opdrachtgevers het helemaal geen probleem wanneer principe-tekeningen in de vorm van eenvoudige handmatige schetsen worden aan-geleverd: voor fraaie computer-tekeningen hoeft een opdrachtgever niet naar een ergonoom toe. Wanneer het echter gaat om zichtlijnenstudies (bijvoorbeeld vanuit een kraancabine, zie ErgoS 1995, p. 90 en verder) dan zijn realistische 3D CAD tekeningen juist wel heel overtuigend en wordt verwacht dat de ergonomisch adviseur daar juist relatief veel tijd aan besteedt.

Onderzoeks- en ontwerpmethoden

Voor de ergonomen resteert nog de vraag wat de intrinsieke kwaliteit van hun werk is. Anders gezegd: welke informatie kan het project opleveren over het gebruik van de 'ergonomische gereedschapskist', het geheel aan hulpmiddelen, onderzoeks-, ontwerp- en rekenmethodes die de ergonoom ten dienste staat.

Deze vraag kan worden onderverdeeld in twee deelvragen:

- Zijn in het project voor het gegeven doel de juiste instrumenten gebruikt? Was het bijvoorbeeld in een bepaald geval verstandig om een situatie-analyse voornamelijk uit te voeren met behulp van interviews of was een observatie achteraf beter geweest?
- Functioneren de gebruikte instrumenten goed? De ergonomie beschikt zowel over 'meetinstrumenten' (zoals een houdingsbeoordelingsmethode) als over 'ontwerpgereedschap' (denk aan de diverse ergonomische ontwerpaanpakken, bijvoorbeeld ErgoS 1995, Mossink 1992, Rouse 1991). Een deel van de toegepaste methoden zijn goed omschreven en gevalideerd, maar met name de ontwerp methodieken worden nogal eens aangepast op de specifieke kenmerken van het project. Men kan dus zowel de methode evalueren als de aanpassingen.

Soms zal een deel van deze evaluatievragen al aan de orde komen bij de vorige onderdelen. Het al dan niet gebruiken van de juiste instrumenten heeft immers ook consequenties voor de kwaliteit van het eindresultaat. En bij het evalueren van hoe efficiënt de aanpak is geweest zal men zich ook moeten afvragen of eenvoudiger methoden niet tot hetzelfde resultaat hadden geleid.

Vermoedelijk levert deze evaluatievraag de meeste informatie op bij een vergelijking tussen projecten onderling. Zo kan bekeken worden wat de bruikbaarheid is geweest van bepaalde onderzoeks- en ontwerpmethoden in verschillende projecten. Deze informatie kan richtinggevend zijn bij de keuze in methoden in volgende projecten.

Voorbeeld: voor de analyse van regelkamers gebruikten wij twee specifieke onderzoeksmethodes, namelijk (1) het interviewen van de operators tijdens het werk en (2) een observatie van de gang van zaken met behulp van een multimoment-opnamemethode (Pikaar 1984). Nu bleek na evaluatie van een aantal projecten dat de aanpak goed functioneert maar dat de volgorde in analysemethoden cruciaal is. Operators blijken doorgaans zo welwillend om over hun werk te praten dat als men begint met observeren de waarnemingen behoorlijk verstoord kunnen worden doordat de betrokkenen geregeld 'een praatje komen maken'. Wanneer men eerst de interviews doet heeft de operator al de gelegenheid gehad zijn kennis en ervaring over te dragen, is gewend geraakt aan de aanwezigheid van de onderzoeker en heeft tijdens de daarop volgende observaties minder de neiging om af te wijken van de normale manier van werken.

Evaluatie als zorgenkindje

Na deze bespreking van de mogelijkheden en voordelen van een project-evaluatie blijft nog de vraag over 'waarom evalueren ergonomen zo weinig?'.
,

Het is niet zo eenvoudig om hier een duidelijk antwoord op te vinden. Toch biedt het voorgaande wel enkele aanknopingspunten. Wanneer men goed kijkt naar de 'wat-kan-ik-evalueren' vraag valt op dat het directe belang dat ergonomen hebben bij een evaluatie beperkt is. De wetenschap of een project wel of niet goed is verlopen brengt de ergonoom niet dichterbij een vervolgoopdracht. Daarvoor is een onzekere tussenstap nodig, namelijk er voor zorgen dat de opdrachtgever of projectmanager overtuigd raakt van de voordelen die ergonomie-inbreng heeft opgeleverd.

Een systematisch uitgevoerde evaluatie biedt goede mogelijkheden. Toch betekent dit dat de ergonoom eerst een betrekkelijk grote inspanning moet leveren en de evaluatie-resultaten vervolgens moet aanbieden aan iemand van wie het maar zeer de vraag is of deze binnenkort weer aan een project begint.

Het zal dan ook niet meevallen om een opdrachtgever er bij het aannemen van de opdracht al van te overtuigen dat het een goed idee is om aan het einde van het project een evaluatie uit te laten voeren. Ook achteraf is het vaak niet gemakkelijk om een opdrachtgever het nut van een evaluatie te tonen. Het zwaartepunt in het werk van ergonomen ligt doorgaans in de ontwerpfase van het project. Tijdens de realisatiefase zijn ze veelal niet meer in het project betrokken. Het is dan ook geen uitzondering dat een geschikt moment voor een evaluatie zich pas voordoet een jaar of langer

na de actieve betrokkenheid van de ergonomen in het project. Vaak zullen de projectmanagers dan al vertrokken zijn en ook de afstand tot de opdrachtgever kan intussen te groot zijn geworden.

Wanneer we vervolgens de 'hoe-kan-ik-evalueren' vraag beschouwen kunnen we vaststellen dat de evaluatiefase momenteel nog slechts een mager uitgewerkt onderdeel van de systeem-ergonomische ontwerpaanpak is. Hopelijk is de aanzet die dit artikel daartoe biedt inspirerend genoeg om hier in de toekomst meer publikaties over tegemoet te kunnen zien.

Niels de Groot
ErgoS Engineering
Postbus 545
7500 AM Enschede

Literatuur

- ErgoS**
1995 Mensgericht ontwerpen, ErgoS Engineering Enschede,
H. Kragt
1995 Enhancing industrial performance, Taylor & Francis London,
H. W. Hendrick
1990 Factors affecting the adequacy of ergonomic efforts on largescalesystem development programs', *Ergonomics*, no. 5, p.639-642
J.C.M. Mossink, E. Ellens en W. Eveleens
1992 Ontwerpen van arbeidssituaties, Sdu Den Haag, p. 54
W.B. Rouse
1991 Design for succes: A human-centered approach to designing successful products and systems, Wiley interscience New york
R.N. Pikaar
1984 Taakanalyse in de praktijk van een ontwerpproces', *Tijdschrift voor Ergonomie*, no. 3, p. 2-8

DE ARBOWET IS ER OM GEÏNTERPRETEERD TE WORDEN

J.W. Bouman

Samenvatting

Vanuit de positie van architect wordt je voortdurend geconfronteerd met de twee uiterste aspecten van wetgeving: enerzijds de doelstellingen tot verbetering van de kwaliteit van onze leefomstandigheden, en anderzijds de waarneming van de burger dat de gehanteerde regels en bepalingen in de praktijk eerder belemmerend werken. Aan de hand van een aantal verschillende benaderingen en voorbeelden, met als insteek het bouwbesluit en de arbowet, wordt de relativiteit van deze schijnbare tegenstelling aangetoond. Wanneer van de kant van zowel de participanten aan een huisvestingsproject als van de wetgeving enige inschikkelijkheid wordt getoond, kan in vrijwel alle gevallen tot uitstekende oplossingen worden gekomen.

Inleiding

In dit land met zijn beperkte afmetingen, lijkt iedereen die zich serieus met ergonomie en arbo bezighoudt, elkaar te kennen. Ook letterlijk gezien is onze leefruimte niets te groot; we delen met veel mensen een beperkt oppervlak en beperkte voorzieningen. Daarom maken we, om anderen en onszelf de minste overlast te berokkenen, veelvuldig afspraken.

De laatste tijd begint het er echter op te lijken dat we wel erg veel afspraken nodig hebben. Wetten, normen en aanvullende bepalingen volgen elkaar in hoog tempo op. Ook de vakgebieden huisvesting en werkplekinrichting ontkomen niet aan deze ontwikkelingen.

Het bouwbesluit, de arbowetgeving; we worden er vrijwel dagelijks mee geconfronteerd. Een adviseur moet, om zijn klanten goed van dienst te kunnen zijn, de ontwikkelingen continu blijven volgen. De doorsnee dagelijkse gebruiker echter is het spoor vaak al enige tijd bijster. Is onze regelgeving niet te ver doorgeschoten. Is er nog wel enige ruimte om zelf te bepalen wat goed voor je is?

Als architecten- en adviesbureau worden wij regelmatig met deze sceptische opstelling geconfronteerd. Vooral op het gebied van de arbowet blijkt er sprake te zijn van een gat tussen de goede bedoelingen van de regelgeving, en de manier waarop dit door de gebruiker wordt gewaardeerd. Toch hoeft dit in de praktijk geen onoverkomelijk probleem te zijn. Uit ervaring weten wij dat ook in ogenschijnlijk lastige situaties goede oplossingen mogelijk zijn. Onze stelling luidt dat het interpreteren van de wetgeving op de juiste manier en op het juiste moment daarbij een cruciale rol speelt.

Beleving versus bedoeling

De geschatte afstand tussen de wetgeving en de acceptatie ervan door de gebruiker kan het beste worden geïllustreerd aan de hand van praktijksi-

tuaties. Alvorens daartoe over te gaan is het echter van belang de doelstelling van de wetgeving nog eens in beeld te brengen.

Zoals al gesteld is de wetgeving in het algemeen bedoeld om het samenleven in een complexe maatschappij mogelijk te maken en zelfs te vergemakkelijken. Zowel het bouwbesluit als de arbowet dragen daartoe bij door te streven naar het verhogen van het lichamelijke en geestelijke welzijn van de mens. Waar het bouwbesluit allerlei technische en praktische randvoorwaarden stelt aan de gebouwde omgeving, concentreert de arbowet zich primair op de mens in zijn of haar werkomgeving, met als doel het terugdringen en minimaliseren van ziekteverzuim en fysiek en psychisch letsel.

Tot zover zijn er geen problemen, het lijdt geen twijfel dat een ieder deze doelstellingen van harte kan onderschrijven. Verbetering van het welzijn is immers in ieders belang, zowel in materiële als in immateriële zin, en op collectief als op individueel niveau.

Toch levert het implementeren en instandhouden van dit gedachtengoed in de dagelijkse praktijk continu discussies op. Blijkbaar is het niet voor iedereen, of in alle omstandigheden, even goed mogelijk of gemakkelijk om te leven met extern vastgestelde, harde uitgangspunten. Al te vaak worden de feitelijke arbobepalingen als starre wetmatigheden en lastige voorschriften gezien. De goede bedoeling wordt dan ervaren als bedreiging voor het dagelijkse functioneren.

Een greep uit de dagelijkse praktijk

Acceptatie van de doelstelling en de beginselen van de arbowet, zowel op management niveau als door de medewerkers, moet worden gezien als een algemeen uitgangspunt bij het creëren van de optimale arbeidsomstandigheden. Zo is het een primaire voorwaarde voor de discussie over de wijze waarop in de praktijk met de vele bepalingen moet worden omgegaan.

Bij deze discussies komen in de praktijk echter vaak tal van praktische bezwaren aan de orde. Hoewel veel van deze bezwaren vaak sterk persoonlijk van aard blijken te zijn, neemt dit niet weg dat er een probleem ligt dat moet worden opgelost.

Voor het bepalen van de juiste oplossingsrichting is het van het grootste belang om allereerst te ontdekken met wat voor soort bezwaar we eigenlijk te maken hebben. Ter illustratie is de volgende grove onderverdeling gemaakt, met de kanttekening dat in de praktijk natuurlijk vaak sprake is van combinaties van bezwaren.

Beïnvloeding van werkzaamheden, procedures en het primaire proces

Om te beginnen worden arbo-voorwaarden logischerwijs geprojecteerd op de actuele, voor iedereen bekende werkzaamheden, procedures en

processen. Het is dan heel goed denkbaar dat die activiteiten hinder kunnen ondervinden van randvoorwaarden. Het maakt daarbij niet uit of die voorwaarden nu van procedurele of fysieke aard zijn. Probleem is dat de bekende werkzaamheid ineens, en wel door externe oorzaken, moet worden veranderd. In de praktijk geeft dit op zijn minst de nodige overlast, hetgeen nog wordt versterkt als naast dagelijkse werkzaamheden zelfs hele bedrijfsprocessen moeten worden aangepast.

Vaak worden in kantooromgevingen zaken als printers en faxen in de directe nabijheid van werkplekken aangetroffen, soms zelfs op het bureaublad in een kamerkantoor. Vanuit de optiek van de arbeidsomstandigheden is de aanwezigheid van dit soort apparatuur niet wenselijk in verband met de productie van schadelijke stoffen en het soms permanent aanwezige geluid. Ook niet te onderschatten aspect is de warmteproductie; verwarmings- of ventilatiesystemen zijn hierop niet altijd berekend.

Alle redenen dus om storende apparatuur zoveel mogelijk uit de buurt van de medewerker te houden. Argumentatie hiertegen kan echter zijn dat iedereen ter plaatse, en wel onmiddellijk, uitdraaien moet kunnen maken om snel op vragen te kunnen reageren. Als compromis wordt dan een kap, eventueel voorzien van een filtering, over de printer geaccepteerd. Als in de praktijk die kap vervolgens een erg onhandig ding blijkt te zijn, wordt hij voor het gemak maar permanent opengezet...

In een geval als dit kan een alternatief worden voorgesteld in de vorm van een halfopen opstelling van apparatuur in een gemeenschappelijke ruimte, zoals een simpele nis in een gang. Extra ventilatievoorzieningen zijn vaak niet nodig, en de werkzaamheden blijken niet structureel te worden gestoord. De extra (natuurlijk niet al te lange) wandeling vanaf de werkplek heeft in allerlei opzichten juist een positieve uitwerking.

Een hernieuwde en kritische blik op de invulling van de werkzaamheden kan op veel problemen een rationeel antwoord geven. Dit vergt echter de nodige inzet en creativiteit, hetgeen bij goed lopende processen vanzelfsprekend als weinig aantrekkelijk wordt gezien. Het zal echter duidelijk zijn dat bij aanpassing van de huisvesting van enige omvang dit soort beschouwingen een absolute 'must' zijn.

Bouwkundige en ruimtelijke beperkingen

Een ander aspect dat in Arbovraagstukken vaak als belemmering wordt ervaren is van materiële aard. Al snel ontstaat de angst dat oplossingen van arbo-knelpunten leiden tot het aanschaffen van een nieuwe werkplekinrichting of zelfs tot grootschalige verbouwingen. Dit hoeft lang niet altijd nodig te zijn; soms zijn veel simpeler, maar zeker zo doeltreffende oplossingen mogelijk.

Werkplekken die voorheen goed bruikbaar waren, geven sinds de intrede van het beeldschermwerk ineens problemen. Vrijwel altijd is de opstelling ten opzichte van het daglicht de boosdoener.

Natuurlijk ligt de toepassing van goede helderheidsweringen voor de hand. Het uitzicht wordt er dan echter meestal niet beter op, en de licht-toetreding tot dieper in het gebouw kan worden verstoord. Soms betekent dit dat juist de specifieke kwaliteiten van de ruimte geweld wordt aangedaan.

Verandering van de opstelling van de werkplek is een aantrekkelijker variant. De afmetingen van werkplek en ruimte kunnen de keuzevrijheid echter sterk beperken. Resterende mogelijkheden zijn dan ofwel aanpassing van de bouwkundige ruimte, ofwel de aanschaf van nieuw meubilair. Beide varianten zijn nogal ingrijpend.

In veel gevallen is de oplossing dichterbij dan men denkt. Omdat de meeste kantoorinrichtingen bestaan uit modulaire systemen, kan worden gekeken of componenten kunnen worden uitgewisseld met die van andere werkplekken. Een totale inventarisatie van de te verrichten taken gecombineerd met alle aanwezige inrichtingscomponenten kan een zodanige herschikking opleveren, dat elke werkplek aan de eisen en wensen voldoet.

Voor de huisvestingsadviseur, of, meer specifiek, de architect, ligt hierin een veranderende taak. Tot op heden werd in probleemsituaties al snel uitgegaan van een nieuwe huisvesting. Nu is de opgave met minimale middelen zo goed mogelijk aan de wensen en eisen te voldoen. Dat als onderdeel van deze functionele aspecten ook de esthetische kant voldoende ruimte moet krijgen is vanzelfsprekend. Het kunnen stellen van de juiste prioriteiten is daarbij een teken van kwaliteit en creativiteit.

Financiële gevolgen

Als logisch gevolg van zowel functionele als fysieke beperkingen, worden ook de mogelijke financiële consequenties ervan als bedreiging gezien. Immers, zowel het aanpassen van processen als van fysieke omstandigheden brengen flinke kosten met zich mee.

Aan de hand van een paar praktijkschetsen is al aangetoond dat een probleem lang niet altijd de oplossing vraagt die vooraf wordt verwacht. Waar een vraag met relatief simpele ingrepen kan worden beantwoord, zullen ook de financiële gevolgen kunnen meevallen.

Verder zou bij investeringen nog eens goed moeten worden overwogen welk doel zij uiteindelijk dienen. Als het om niets anders gaat dan te voldoen aan een opgelegde verplichting, wordt elke investering al gauw te groot. Bekijken we de vereiste maatregel echter tegen de achtergrond van zijn bedoeling, dan kunnen we tot andere conclusies komen. Aanpassingen in processen en materiële zaken kunnen direct leiden tot verbetering van de efficiëntie. Indirect kunnen zij bovendien de satisfactie

verhogen, en daardoor de produktiviteit. Zo krijgt een verplichte investering ineens een heel andere betekenis.

Emotionele aspecten

Een lastiger verhaal wordt het als veranderingen leiden tot weerstand op emotionele gronden. Bij veranderingen in werkprocessen kan onrust optreden. Aanpassingen in de huisvesting kunnen reacties opleveren op het gebied van de persoonlijke smaak: niet iedereen vindt elke vernieuwing even mooi om te zien. Hoewel voor dit soort problemen geen rationele argumenten zijn aan te dragen, kan met behulp van een goed door-dachte communicatie een verantwoorde en voor iedereen acceptabele oplossing worden bereikt. Uitgangspunt daarbij is dat een zo breed mogelijke kennis van de toekomstige oplossing de gebruiker in staat stelt zelf zijn twijfels erover af te wegen tegen het nut ervan. Dit communicatiemodel vergt van de gebruikers voldoende inlevingsvermogen in toekomstige situaties. Van de adviseur mag worden verwacht dat hij van deze situaties een zo begrijpelijk mogelijk beeld weet te creëren. Bovenal moeten beide partijen echter in staat zijn goed te kunnen weergeven waar de feitelijke vragen liggen, en te kunnen luisteren naar de reacties van anderen. Binnen een landelijke organisatie verhuizen verschillende units van één centraal punt naar plekken die voor de klant beter bereikbaar zijn. Tegelijk met de fysieke herhuisvesting verandert er ook het nodige aan de organisatie zelf.

In eerste instantie worden door de regionale directie de kaders bepaald waarbinnen alles wordt ontwikkeld: de omvang van de units, de personele invulling en de locaties. Op de werkvloer is niet iedereen even gelukkig met de gang van zaken, hetgeen zich uit in een kritische opstelling als de fysieke vormgeving per unit aan de orde komt.

De strategie van de directie om de adviseur direct met de gebruikers te laten communiceren betekent een keerpunt in het proces. Gebruikers kunnen direct hun verhaal kwijt, en er wordt merkbaar naar ze geluisterd. Daartegenover kan de adviseur, als onafhankelijk buitenstaander, de belangen van de directie objectief ten gehore brengen. Er ontstaat een ontspannen dialoog waarbij iedereen het gevoel heeft binnen de vastgestelde kaders een substantiële bijdrage te kunnen leveren.

In deze sfeer blijken ook 'onheilstijdingen' vanuit het bouwbesluit en de arbowet bespreekbaar te zijn. Waar een gebruiker een administratieve werkplek wil, laten de gebrekkige daglichttoetreding en het uitzicht dit onder de gestelde condities niet toe. Na de nodige uitleg accepteert de gebruiker dit en verklaart hij zich bereid een aantal randvoorwaarden te laten vallen. Gezamenlijk wordt een voor iedereen aanvaardbare bouw-kundige oplossing ontwikkeld

Compromis of consensus?

Terug naar de kern van het betoog: de stelling dat de arbowet er is om te worden geïnterpreteerd. Ongeacht of er bezwaren zijn aan te voeren, de arbo-normen zijn er natuurlijk in de eerste plaats om gerespecteerd te worden. De argumenten die daarvoor pleiten zijn duidelijk.

Eerder is een aantal van de mogelijke praktische bezwaren geschetst. Tevens is aangegeven dat in principe voor al deze praktische bezwaren oplossingen zijn te bedenken, met inachtneming van de regels. In veel gevallen kan zelfs met simpeler oplossingen worden volstaan dan werd verwacht. Toch kan soms de vraag worden gesteld of werkelijk aan alle eisen en voorwaarden, in alle omstandigheden moet worden voldaan.

In de praktijk doen zich situaties voor waarin dit alleen met grote concessies kan worden bereikt. In eenzelfde situatie kan soms, met geringere aanpassingen, een resultaat worden bereikt dat misschien formeel niet geheel voldoet, maar dat in de praktijk meer dan voldoende waarborgen biedt.

Bij werkplekken met dubbelfuncties, zoals een receptiebalie gecombineerd met de telefonistenfunctie of een administratieve taak, kan elk van de functies apart eisen stellen. Deze eisen hoeven echter niet altijd verenigbaar te zijn. De formeel juiste oplossing is dan de functies toch strikt te scheiden, en ze elk hun eigen goed geoutilleerde werkplek te geven. Dit kan echter leiden tot ofwel extra personele lasten ofwel een dubbel ruimtebeslag en de daarbij behorende extra investeringen. Bij een minder formele benadering worden de eisen op zich zo veel mogelijk gerespecteerd, daar waar zij echter strijdig zijn wordt gezocht naar een acceptabele middenweg.

De vraag is nu: hoever kan hiermee worden gegaan?

Onze eigen praktijkervaringen geven aanleiding tot de gedachte dat wel van formele normen kan worden afgeweken, mits dit met inachtneming van strikte voorwaarden gebeurt. Vanzelfsprekend mogen bepaalde ondergrenzen niet worden gepasseerd. Verder moeten de voors en tegens zeer zorgvuldig worden vastgesteld en afgewogen. Het moet duidelijk zijn dat er geen formeel juiste alternatieven bestaan waarbij geen geweldige concessies hoeven te worden gedaan.

Laatste, en wellicht meest cruciale, voorwaarde is dat sprake is van een consensus, en niet van een compromis. In het laatste geval kan sprake zijn van een onderhandeling waarbij de werkelijke kwaliteit op een tweede plan komt. Alleen het consensusmodel veronderstelt instemming door alle partijen, met alle aspecten en op alle voorwaarden.

Vraagstukken op het gebied van huisvesting en werkplekinrichting moeten adequaat kunnen worden beantwoord. Zij mogen echter nooit aflei-

den van de kern van de zaak: de gebruiker en de taken die door hem of haar worden verricht. Een goede werkomgeving is niet alleen een hulpmiddel, maar ook een stimulans voor een beter functioneren: van een optimale werkomgeving mag een hoog rendement verwacht worden. Wetgeving kan bij het totstandbrengen van de werkomgeving een uitstekend toetsingsinstrument zijn, en een kwaliteitsbewaking voor onverwachte uitwassen. Het mag echter nooit een belemmering worden. Interpretatie van randvoorwaarden is daarom aanvaardbaar als dit per saldo leidt tot de meest bruikbare oplossing. Daarbij mag alleen bij geen van de voorwaarden een absolute onderdrempel worden gepasseerd.

Ir. Jan Willem Bouman, architect BNA
Projectburo Tieman B.V., adviesbureau voor huisvestingzaken
Postbus 3091
7500 DB Enschede

DEEL 2

PRODUCTEN

J.F.M Molenbroek, Trends in de productergonomie	2- 51
B. Green en A. Marinissen, Gebruikers betrekken bij het ontwerpen van producten	2- 59
R. de Grande, W. Bohets en D.T. Delaruelle, Ergonomie van de cabine van de vorkheftruck	2- 69
L.P.A. Steenbekkers, Antropometrische gegevens van kinderen tussen 2 en 13 jaar	2- 77

TRENDS IN PRODUCTERGONOMIE

Algemeen

.F.M. Molenbroek

Productergonomie wordt in dit kader beschouwd als dat deel van de ergonomie dat zich speciaal bezighoudt met de interactie tussen mens en product. Producten waar hierbij aan gedacht wordt zijn consumentengoederen en (semi)professionele apparatuur.

Productergonomie heeft raakvlakken met de Arbo en met de Medische Technologie, met de Informatie Technologie en met Milieugerichte Product Ontwikkeling.

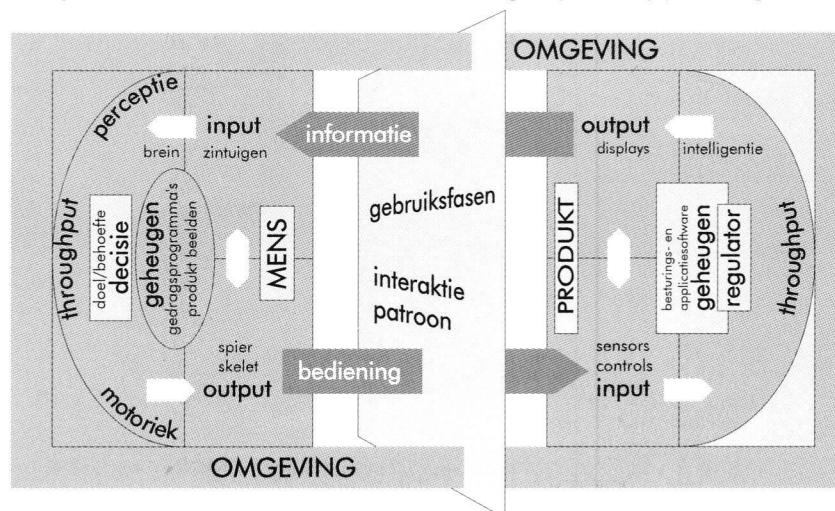
Productergonomie blijkt essentieel bij innovatie-processen en met name bij nieuwe:

- technische mogelijkheden (smart cards);
- gebruikssituaties (dubbeldekker);
- gebruikersgroepen (ouderen).

MPI-Model

Het MPI-model staat voor het Mens-Product-Interactie model. Dit is het model dat onze vakgroep hanteert (Dirken, 1995) om meer inzicht in de productergonomie te krijgen (figuur 1):

- het is allereerst een denkhulp bij de indeling van de mensfactoren en de productaspecten.
- het geeft inzicht in gebruiksfase.
- het kan gebruikt worden voor het bestuderen van de wisselende voorstelbaarheid van interactie en handelingsvrijheid bij productgebruik.

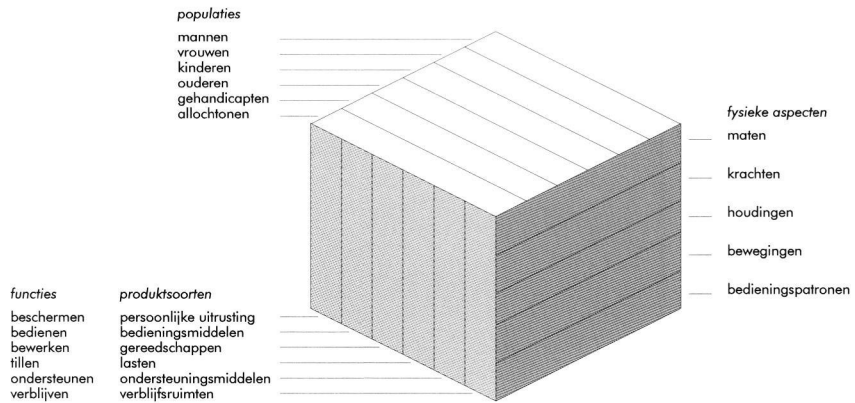


Figuur 1

Het MPI-model

- het is nuttig bij het streven naar de vier ergonomische gebruikskwaliteiten: nut, efficiëntie, comfort en veiligheid.

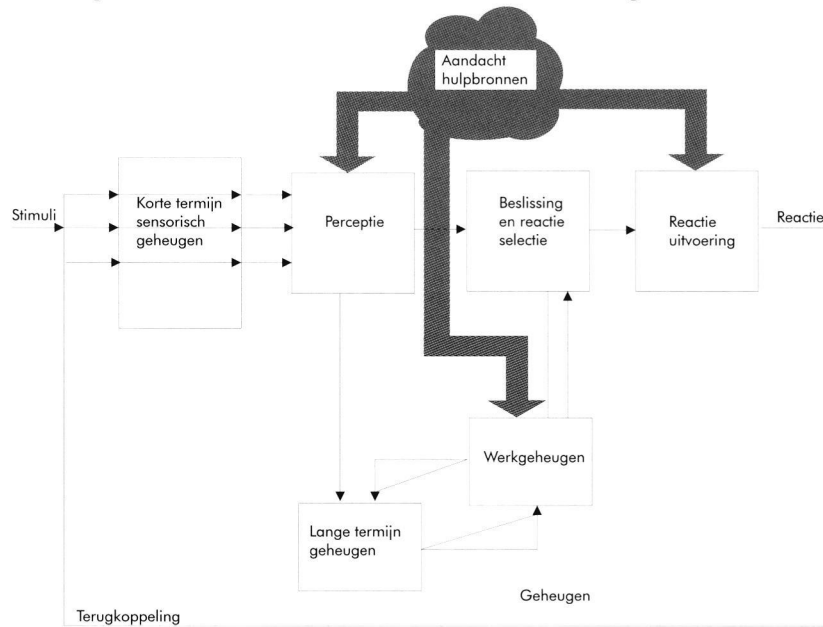
Vanuit het MPI-model wordt de productergonomie gebruikelijk ingedeeld naar fysieke, sensorische en cognitieve aspecten en wordt er tevens aandacht geschonken aan input, output en throughput.



Figuur 2

Kubusmodel

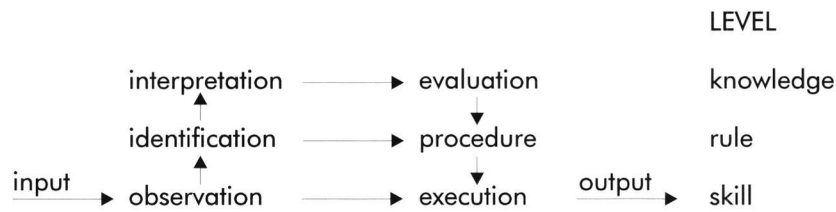
De fysieke ergonomie (antropometrie + biomechanica) heeft veel baat bij het gebruik van ons eigen kubusmodel (figuur 2); de informationele ergonomie gebruikt ondermeer het model van Wickens (figuur 3) en de



Figuur 3

Menselijke informatieverwerking volgens Wickens

cognitieve ergonomie ondermeer het model van Rasmussen (figuur 4). Bovenstaande modellen worden uitgebreid besproken in het dictaat Ontwerpergonomie (den Buurman e.a., 1996).



Figuur 4 Het cognitieve ergonomiemodel

Hulpmiddelen

Voor de drie sectoren in de productergonomie zijn talrijke hulpmiddelen ontwikkeld, waarvan er vele in de dictaten van onze vakgroep worden besproken (zie literatuur aan het eind van deze bijdrage). Voor de fysieke ergonomie zijn deze traditioneel het verst ontwikkeld, zoals tabellen, tekensjablonen, computermanikins en testen met proefpersonen (Lombaers e.a., 1985).

Deze hulpmiddelen hebben hun eigen plek in het ontwerpproces weten te veroveren, waar ze het meest effectief en efficiënt zijn.

Tabellen zijn prima bruikbaar voor het opstellen van een programma van eisen, maar hebben als nadeel dat er nogal wat voorkennis nodig is op het gebied van anatomie en statistiek. Bovendien blijkt dat er nog grote leemten zijn in de ergonomische kennis over onze gebruikers, niet alleen in termen van cognitieve en sensorische, maar ook op het gebied van de fysieke eigenschappen. Van diverse populaties in de samenleving dient nog erg veel onderzocht en verzameld te worden. Zelfs de basale antropometrie van de volwassen Nederlander is niet adequaat beschikbaar (Molenbroek, 1994). Daarom moeten we nog steeds van een schatting gebruik maken, hetgeen de DINED-tabel is. De nieuwe DINED zal in 1997 bijgewerkt weer op papier verschijnen. Daarnaast zal er een elektronische versie komen (AIS =Antropometrisch Informatie Systeem), waardoor de vereiste voorkennis op het gebied van de statistiek en anatomie geringer is en het gemak veel groter. Dit informatie systeem zal zich in het ontwerpproces nog steeds richten op de informatiefase.

Computermanikins zijn daarentegen zeer geschikt om in een volgende fase concept-ontwerpen te beoordelen om zodoende dure mock-ups en wijzigingen daaraan te voorkomen. Aangezien steeds meer tools voor het hele gebied van de ergonomie uit software bestaan zal dit de komende jaren een sterk groeigebied zijn.

2D-manikins worden vervangen door eenvoudige 3D-computer-manikins zoals ADAPS of door complexe computer-ondersteunende-ontwerpsystemen zoals JACK of MDHMS van McDonald Douglas.

Maar ook blijkt dat bepaalde processen binnen het ontwerpen en beoordelen van producten niet te programmeren zijn. Daarom worden ze uitbesteed door ontwerpers aan kleine specialistische bureaus. Hierbij moet worden gedacht aan het verrichten van onderzoek naar gebruikersgedrag in verband met de interactie met producten. Dit is voor veel ontwerpers te complex en wellicht vinden ze het ook niet leuk of willen ze er niet voor verantwoordelijk zijn. Momenteel zijn er verscheidene kleine adviesbureaus die zich hierop hebben toegelegd.

Een andere verwachting is dat er ondanks de snelle opmars van de informatie technologie en daardoor de grotere nadruk op de informationele ergonomie en het User Interface Ontwerpen, er toch steeds 'lijven blijven' die ergens moeten verblijven, ondersteund moeten worden, gereedschappen moeten hanteren, knoppen en computers moeten bedienen of lasten moeten dragen. Hierdoor verwacht ik ook een toename van moderne technologie in het verzamelen van basale ergonomische gegevens. Een prachtig voorbeeld heeft onlangs in Japan plaats gevonden, waar men 50.000 mensen tussen 0 en 75 jaar heeft doorgemeten, zowel via conventionele antropometrische apparatuur, als wel via 3D-laser scanners. Belangstellenden kunnen op Internet een blik op de resultaten werpen op het adres <http://www.hql.jp>. Doordat dit in een enorm samenwerkingsverband tot stand kwam tussen overheid en industrie (NITI), is de productontwikkeling op basis van deze data al meteen in volle gang gezet. Ook de tutorials op dit gebied zullen steeds meer op Internet verschijnen. Zie bijvoorbeeld over antropometrie de site <http://www.odc.com/anthro>.

Nog een andere verwachting die in dit kader best genoemd mag worden is dat Milieugerichte Product Ontwikkeling met ergonomische inbreng een milieu-maatregel succesvol kan introduceren.

De congres-bijdragen

Nu over naar meer concrete zaken, de inhoud van hoofdstuk 2 en 3 van dit congresboek.

De drie bijdragen van hoofdstuk 2 geven op drie essentiële plekken in dit veld een bijdrage.

De eerste bijdrage van Marinissen en Green geeft een goed inzicht in het type ergonomische onderzoek, dat steeds frequenter onderwerp van een publicatie is. Per definitie wordt hierbij de gebruiker in zijn interactie met het product bestudeerd. Gebruikersonderzoek richt daarentegen alleen de schijnwerpers op de gebruiker.

Bij het bestuderen van gebruiksonderzoeken zijn inmiddels ook de volgende begrippen ontstaan: gebruiksgoederen, gebruiksactiviteiten, gebruikswenken, gebruikersgedrag, gebruikersgroepen en gebruiksproblemen. Modelvorming begint te komen, waarbij geconstateerd wordt dat het gebruikersgedrag nog vaak onvoorspelbaar is en gegevens zijn nog minder beschikbaar dan bij de traditionele meer fysieke ergonomie. Zie hiervoor ook Kanis en Vermeeren (1996).

De tweede bijdrage van de Grande, Bohets en Delaruelle geeft een leerzame ergonomische casus, waarbij een goed geordende checklist is ontwikkeld op basis van literatuur en ervaring. Die checklist wordt gebruikt voor het beoordelen van 47 bestaande vorkheftrucks.

De derde bijdrage van Steenbekkers en Houtkamp gaat over het aanvullen van antropometrische data over kinderen. Voor het ontwerpen en beoordelen van producten moesten we in Nederland tot voor kort nog steeds gebruikmaken van buitenlandse data, behalve in het geval van de lichaamslengte en lichaamsgewicht die regelmatig (in 1955, 1965 en 1980) nationaal gemeten wordt via de consultatiebureaus (Roede en van Wieringen, 1985). Het KIMA-project (Steenbekkers, 1993) heeft ervoor gezorgd dat data van een landelijke steekproef van 2400 kinderen in de leeftijd van 0-13 jaar rond 1990 op talrijke lichaamsmaten en andere fysieke en psycho-motorische variabelen gemeten zijn.

Openbaar Vervoer

De 8 bijdragen in hoofdstuk 3 gaan over het openbaar vervoer en speciaal over de Nederlandse Spoorwegen (zie ook <http://www.ns.nl>), een bedrijf in onze samenleving, waar het publiek nou eenmaal veel over weet te vertellen uit eigen ervaring. Weinig hoor je dan over ongevallen, maar des te meer over ongemakken en over het verschil met de auto.

Bij SE-ARBO/Ergonomie kan men zich inmiddels baseren op een lange lijst van advies-projecten (momenteel 125 per jaar), die zowel Arbo als consument als onderwerp hebben en zowel product als productie betreffen in binnen en buitenland.

Göbel (3.2) verslaat het ergonomisch onderzoek onder gebruikers (NS-personeel) van twee toekomstige communicatiemiddelen. Opvallende uitkomst hierbij is dat de acceptatie van het product wordt vergroot door het betrokken geweest zijn bij het onderzoek.

Van der Weide (3.3) onderzoekt hoe de handbediende wissel bij de NS, waarbij soms 640 N nodig is, goedkoop en adequaat herontworpen kan worden.

Vorderegger (3.4) is blijkbaar nogal actief in de Europese regelgeving en geeft aan langs welke weg één Europese ATB (automatische trein beïnvloedingssysteem) te realiseren is. Aan het einde van zijn betoog is het ontwerp gereed, maar het moet nog wel getest worden. Ik weet uit eigen ervaring met schoolmeubilair en antropometrie, dat dit type werk helaas erg

tijdrovend is, doch ontzettend nuttig.

Frieling (3.5) test een NS-kaartautomaat op gebruiksvriendelijkheid met maar liefst 275 gebruikers. Na aanpassingen op basis hiervan is nog maar 7% niet helemaal tevreden.

Klok en van Wijk (3.6), werkzaam bij KPN-research (zie <http://www.kpn.nl>), zijn voorstanders van (user centered engineering) het genereren van veel prototypes bij het ontwerpen van userinterfaces; pas als deze uitgebreid met toekomstige gebruikers getest zijn dienen de specificaties geformuleerd te worden.

Maessen (3.7) onderzoekt door middel van simulatie hoe het invoeren van data op een trillend voertuig verbeterd kan worden. Als resultaat blijkt ondermeer dat de aanraaktoetsen groter dan 400 mm² dienen te zijn.

Tot slot heeft Peters (3.8) een interessant rekenblad ontwikkeld om klimaatgegevens van treincabines te voorspellen.

Samengevat

Als we van de besproken elf bijdragen de gebruikte methoden en resultaten in een tabel plaatsen zien we het volgende:

Tabel 1

§	methode	resultaat
2.1	argumenten nut gebruiksonderzoek	pleidooi voor gebruiksonderzoek
2.2	checklist	+ en - van bestaande vorkheftrucks
	DINED-tabel	ontwerpaanbevelingen
2.3	antropometrisch veldonderzoek	tabellen met data in boekvorm
3.2	simulatietest	ontwerpaanbevelingen
	analyse taken en hulpmiddelen	communicatieapparatuur NS personeel
3.3	NIOSH/DINED/3DSSPP-model	herontwerp NS-handwissel
3.4	Europees normalisatiewerk ATB	ontwerp ECTS
3.5	test met prototypen	herontwerp NS-kaartautomaat
3.6	ontwerpen met gebruikers	userinterface reiswijzer-infozuil
3.7	simulatie triltafel	herontwerp aanraaktoetsen
3.8	spreadsheet met klimaatdata	voorspellend treincabine-klimaat-model

Voorzichtig geformuleerde trends in productergonomie

- 1 Ontwerpers gaan steeds meer gebruiksonderzoek toepassen.
- 2 Ondernemingen gaan meer eigen bruikbaarheidslaboratoria oprichten.
- 3 Kleine adviesbureaus worden steeds vaker ingeschakeld om met gebruikers prototypes of bestaande producten te testen.
- 4 Kennis over en vaardigheid met ergonomisch onderzoek in het algemeen zal meer gevraagd worden.
- 5 Behoeftte aan basale ergonomische gegevens wordt verstevigd en de moderne technologie zal helpen deze data te verzamelen en deze geschikt te maken voor productontwikkeling.
- 6 De snelle ontwikkeling in de multi-media maken dat er veel werk voor ergonomisch geschoolden te vinden is en dat er meer elektro-

- nische tools voor ergonomen/ontwerpers en beoordelaars komen.
- 7 Eco-design zal meer met ergo-design van doen krijgen.
 - 8 Ergonomie wordt vanaf de basisschool gegeven.

Nadere informatie over uitgaven van de vakgroep Productergonomie of van de Faculteit Industrieel Ontwerpen vanuit TUDelft is te verkrijgen bij de auteur.

INTERNET en WEB-SITES

- Een voorbeeld van een compleet congresboek op Internet is te vinden op <http://www.cchs.su.edu.au/Academic/BIO/biomech/abc.html>
- Een voorbeeld van een interactief congres is te zien op <http://www.curtin.edu.au/conference/cyberg>.
- Veel ergonomische kennis is te vinden indien men begint bij ERGOWEB op het adres <http://ergoweb.mech.utah.edu> of bij de (V.S.) Human Factors and Ergonomics Society op <http://www.hfes.vt.edu/HFES> of bij de International Ergonomic Association op <http://www.spd.louisville.edu/~ergonomics/iea.html> of bij de Engelse Ergonomic Society op <http://www-hcs.derby.ac.uk/ergonomics>. Mocht een adres even niet werken dan is het advies het later nog eens te proberen of het adres te controleren via andere kanalen want netwerken zijn weleens down.
- De volgende discussielijsten zijn aan te bevelen voor geïnteresseerden in ergonomie en ontwerpen; biomch-l@nic.surfnet.nl, ldforum@yorku.ca, HUMFAC-L.ergonomics@mailbase.ac.uk
- In Nederland hebben we nog geen ergonomie-discussielijst. Vanwege het groeiende aantal internet-aansluitingen bij bedrijven en instellingen en het gemak van de onderlinge communicatie zou het de NVvE verrijken.

Dr. ir. Johan F.M. Molenbroek
 Universitair Hoofddocent Vakgroep Product en Systeemergonomie
 Waarnemend Hoofd Sectie Fysieke Ergonomie
 Faculteit Industrieel Ontwerpen
 Technische Universiteit Delft
 Jaffalaan 9
 2628 BX Delft
 tel nr: 015 278 3086
 fax nr: 015 278 7179/7316
 e-mail: j.f.m.molenbroek@io.tudelft.nl
<http://www.io.tudelft.nl/research/ergonomics/molenb.htm>

Literatuur

- Buurman, R. den, e.a.**
 1996 Ontwerperergonomie Diktaat ide230 Faculteit Industrieel Ontwerpen TU Delft.
- Dirken, J.M.**
 1995 Inleiding tot de algemene en product-ergonomie Diktaat ide130 Faculteit Industrieel Ontwerpen TU Delft.
- Kanis, H. en Vermeeren, A.P.O.S.**
 1996 Teaching user involved design in the Delft curriculum. Contemporary Ergonomics, Taylor&Francis, London.

- Lombaers, J.H.M., Molenbroek, J.F.M. en Osinga, D.S.C.**
 1985 Antropometrische modellen.
 Overzicht en vergelijking van modellen van mens en werkplek. Reeks
 Industrieel Ontwerpen, Bijzondere Onderwerpen, deel 10. Faculteit van
 het Industrieel Ontwerpen, TUDelft.
- Molenbroek, J.F.M.**
 1994 Op Maat Gemaakt. Menselijke maten voor het ontwerpen en beoordelen
 van gebruiksgoederen. Delfse Universitaire Pers.
- Steenbekkers, L.P.A.**
 1993 Child Development, design implications and accident prevention
 Delft University Press.
- Roede, M.J. en Wieringen, J.C. van**
 1985 Growth Diagrams 1980.
 Netherlands third nation-wide survey (supplement). T. voor Soc.
 Gezondheidszorg 63 (1985) 12, 1-34.
- De onderstaande artikelen zijn alle te vinden in: Pikaar, R.N. (red.), Ergonomie in
 Uitvoering, Nederlandse Vereniging voor Ergonomie / Nederlands Instituut voor
 Arbeidsomstandigheden, NIA Amsterdam.
- Green, B. en Marinissen, A.**
 1996 User involvement in the design of products.
- Grande, R. de, Bohets, W. en Delaruelle, D.T.**
 1996 Ergonomie van de cabine van de vorkheftruck.
- Steenbekkers, L.P.A.**
 1996 Antropometrische gegevens van kinderen tussen 2 en 13 jaar.
- Rookmaaker, D.P.**
 1996 Ergonomie in het openbaar vervoer.
- Göbel, M.P.**
 1996 Datacommunicatie-apparatuur voor treinpersoneel.
- Weide, R. v.d.**
 1996 Handwissels trekken zware wissel op handkracht.
- Vorderegger, J.R.**
 1996 Van technisch geïoriënteerde wijzerplaten naar één Europees ergonomi-
 sche aanpak.
- Frieling, H.F.L.**
 1996 NS-kaartautomaat.
- Klok, J. en Wijk, J. van**
 1996 De reisiwijzer - ontwerp van een informatiezuil.
- Maessen, E.J.M.**
 1996 Data entry in een trillende omgeving.
- Peeters, J.H.M.**
 1996 Treincabineklimaat: rekenen met "CLIMACAB".

GEBRUIKERS BETREKKEN BIJ HET ONTWERPEN VAN PRODUCTEN

W.S. Green
&
A.H. Marinissen

Het ontwerpen van producten met de gebruiker als uitgangspunt krijgt steeds meer belangstelling, in elk geval op theoretisch niveau. In dit artikel wordt de aandacht gericht op de vragen in hoeverre de academische acceptatie van de ergonomie als discipline is vertaald naar de ontwerp-praktijk en wat de aard is van de relatie tussen ergonomisch onderzoek en ontwerp-praktijk.

Door hun toenemende complexiteit stellen veel producten de gebruiker voor problemen. Enerzijds bieden producten, door moderne technologieën, steeds meer mogelijkheden, maar anderzijds wordt het voor gebruikers moeilijker om te begrijpen hoe ze te gebruiken. Er ontstaat een toenemende behoefte aan kennis over de toepassing van 'use cues' (gebruiks-wenken) in het ontwerpen. Ergonomie in het ontwerpen is lange tijd gericht geweest op de fysieke eigenschappen van gebruikers. In de latere aandacht voor de psychologische aspecten bleken deze moeilijker te definiëren voor het omgaan met producten dan de fysieke en ook moeilijker toepasbaar te maken. De enige manier om zicht te krijgen op de feitelijke gebruiksactiviteiten is via het product zelf. De fysieke ergonomie heeft veel bijgedragen aan het realiseren van comfort in het algemeen, maar gedetailleerde kennis over het gebruik schiet nog te kort.

Gebruiksonderzoek wordt met succes toegepast bij het ontwerpen van computer user interfaces, maar bij het ontwerpen van alledaagse gebruiks-goederen is het nog vrij onbekend.

Tot nog toe bleken gebruikers, in de westerse beschaving, de meeste producten te kunnen laten functioneren door gebruik te maken van hun gezonde verstand. Toepassing van microelectronica maakt producten echter dermate 'ondoorzichtig' dat er gebruiksproblemen gaan ontstaan. Het vermogen van mensen om problemen zelf op te lossen staat op gespannen voet met de strikte voorwaarden voor wetenschappelijk onderzoek en juist dát zet aan tot onderzoek in de toegepaste ergonomie. Maar door de noodzakelijke focussering in het onderzoek wordt de zinvolle relatie met het ontwerpen veelal te niet gedaan. Geen wonder dat de belangstelling voor dergelijk onderzoek in het productontwerpen gering is. Ontwerpers vertrouwen vaak op hun eigen gevoel en maken daardoor dan wel fouten waardoor producten niet optimaal zijn, maar de meeste gebruikers vinden er wel wat op. Terugmelding naar de ontwerper vindt dan niet plaats.

Het vooraf vragen naar de mening van toekomstige gebruikers is weinig succesvol gebleken. Beter gaat dit als het product operationeel is, maar wijzigingen zijn dan problematisch!

Verschillende onderzoeken geven echter aan dat er wel degelijk mogelijk-

heden bestaan om tijdens het ontwerpproces gebruiksonderzoek met succes uit te voeren. Hierbij moet wel gewezen worden op het risico dat het oplossen van het ene probleem weer een volgend kan introduceren. Gezien de afmetingen en omvang van de meeste gebruiksgoederen brengen moderne technieken zoals rapid prototyping en zelfs virtual reality de mogelijkheden van gebruiksonderzoek tijdens het ontwerpen binnen handbereik.

In ontwerperskringen wordt allengs het belang van gebruiksonderzoek erkend. Door de nadruk op ergonomie in de Faculteit van het Industrieel Ontwerpen aan de TU Delft blijkt dit de aangewezen plaats te zijn voor verdergaand onderzoek. Ontwerpers hier kampen met het probleem van beperkte fondsen voor gebruiksonderzoek met voorgaande producten en wat er al beschikbaar is uit consumententesten vindt men te beperkt. Ontwerpers dienen daarom hun eigen technieken te ontwikkelen, maar het struikelblok vormt dan uiteraard het genereren van het model. De mogelijkheden om dit met succes te kunnen doen zijn sterk afhankelijk van het te ontwerpen product. Voor een kinderfietsje is het bijvoorbeeld eenvoudiger dan voor een motor-kettingzaag. Bovendien moet voor het onderzoek niet alleen gekozen worden voor een product, maar ook voor een bepaalde gebruikssituatie. Men kan zich afvragen in hoeverre dit algemene geldigheid heeft voor andere producten en omstandigheden. Het zou echter mogelijk kunnen zijn dat uit specifieke studies algemene regels zijn te genereren die leiden tot een methodologie die bruikbaar is voor ontwerpers en in Delft loopt dergelijk onderzoek.

Het voorgaande leidt tot de volgende conclusies:

- Het menselijk gedrag is minder voorspelbaar en wijkt meer af van hun eigen gedrag dan ontwerpers aannemen.
- De traditionele ergonomie is van belang, maar heeft zijn grenzen. Ze verschaft geen inzicht in de wijze waarop een bepaalde gebruiker met een product zal omgaan.
- Het ontbreekt aan een betrouwbaar terugkoppelingsmechanisme van gebruiker naar ontwerper om tijdig het ontwerpproces te beïnvloeden.

Onderzoek naar productgebruik levert waardevolle informatie aan ontwerpers. De meeste ontwerpers zijn niet in de gelegenheid om gebruiksonderzoek te doen aan voorgaande producten en ondernemers willen hier niet in investeren. Modelmaken is een belangrijk deel van het ontwerpproces voor het verkrijgen van inzicht in toekomstig gebruik. De waarde van modelmaken hangt af van de te bereiken vormovereenkomst, maar er zijn voor ontwerpers nog geen technieken beschikbaar om vormovereenkomst te evalueren.

Onderzoek naar modelvormingsprocessen en -technieken kan algemene informatie geven over de waarde van modeldetailing of over methoden van effectief modelmaken. Dit soort onderzoek wordt geïnitieerd bij de Sectie Ergonomische Ontwerptechniek in Delft.

USER INVOLVEMENT IN THE DESIGN OF PRODUCTS

Introduction

As long ago as 1971, Reg Talbot of the University of Manchester Institute of Technology, said 'For a discipline with the laudable aims of promoting peoples comfort, safety and efficiency, ergonomics is taking a long time to catch on'. In the twenty five years since then we have seen some very significant progress, and there is now a much more general acceptance of the need for human centred design, at least at a theoretical level. Whether the progress may be deemed acceptable, and whether the academic acceptance of ergonomics as a discipline has been translated into design practise, and what is the nature of the relationship between ergonomics research and design practise, are the topics of this paper.

Design and Product Use

When man first started using products, there was an intimate relationship between the designer, the maker and the user. They were frequently the same person, and even when they were not, the links were such that refined 'tuning' of the product to the person was not a problem. The industrial revolution changed that for ever, and separated the user from the manufacturer/designer. The information technology revolution has added a further dimension to the gap, by reducing the evident mechanical links between action and effect in many products. It may be argued that the rate of change in the fundamental design of product operation is in excess of that which humans may achieve in their behavioural patterns, and thus there is as current mismatch between human expectations and the designed affordances of products. Donald Norman (Norman 1987) has dealt with the notions of designer and user models in some detail, and we are moving to an increased understanding of the needs of humans in terms of 'use cues' and other aids to the effective and safe operation of products. How well are we translating this knowledge into the design of products, and how important is it anyway?

Strengths and limitations of 'traditional ergonomics'

In any academic faculty dealing with the 'real' world, there is a pressing need to balance the demands of research and of practical application. In a Faculty of Industrial Design Engineering this need is not only more evident than most, but also more troublesome, because of the divergence of what might be called the 'target' group. Domestic products in particular are used by everybody. This means that not only is the designer faced with

an enormous range of physical characteristics, abilities and dexterities, but an equally large - perhaps even larger - range of attitudes, mind sets and proclivities.

The relationship between ergonomics and design has traditionally centred on the characteristics of users, with the physical (and thus readily quantifiable) characteristics being dealt with early and relatively thoroughly. This is perfectly understandable. The relationship was first recognised in a machine centred world, and the hand which used the lever was an obvious starting point for study. The psychological characteristics have proven to be a good deal less easy to come to grips with, if only because the quantities to be measured demand much more refined equipment, and the psycho-physical characteristics of users, in the product use act, are proving to be very difficult indeed, because there is as yet no equipment which can do the job except for the product itself. This is the crucial distinction. The traditional ergonomics approach only needs a person to measure. The user, or use centred approach needs a product as well, because as soon as you say 'user', then the next question is, 'of what?' and it is a short step to 'how'? It is at this point that the standard ergonomic data on human characteristics becomes of little value in circumstances of high resolution. That is, human characteristics data may serve well to provide a framework of physical dimensions for a product, and also a broad spectrum of appropriate perceptual feedback, but the evident breadth of the subsequent cognitive processing, which leads to motor actions and manipulations of a detailed nature, means that they are not useful for predicting detailed product usage. In other words, we have been served well by the data which allows us to make a chair within the broad range of human dimensions, but the data is useless for predicting in detail how any individual person will sit on it. It is possible to contend that we have become quite good at getting products within the broad range of being usable by humans, about which we know quite a lot, and that the failures occur indeed at the detailed use level, about which we know little.

Human adaptability and usability testing

Usability testing has become a prominent feature of computer interface design, and there is considerable information extant on the techniques and methodologies of usability testing in this area. In the field of domestic or industrial products which rely on the combination of perception, cognition, manipulation and/or the use of force for effective operation there is much less information of a formal nature. Heimrich Kanis has produced evidence (Kanis 1990, 1993) of the unpredictability of user actions when faced with some manipulative problems. However, there exists an extensive body of what might be termed 'common sense' that amalgum of experience, intuition and subconscious reasoning which guides our use of

many of our products. The fact that western developed nations may be termed 'product dependent', related to the fact that we have little formal information on user-product interaction, means that this 'common sense' has served us rather well. Human adaptability has allowed even products with ridiculous mechanical user interfaces to be operated, if not well, then with at least some effect and with some safety. This adaptability has come under great threat in recent times from electronic interfaces for which there is a generation of users with no sum of corporate experience, and it is a courageous person who will say that this is a transition phase only. It is a reasonable supposition that the rate of change will continue to be such that there will always be a generation in this position. Nonetheless, dependence on human adaptability is deeply embedded in our product culture.

The ability of humans to 'get by' in many situations creates inevitable tensions when juxtaposed to the rigorous requirements of scientific research, and it is this tension which drives some of the research in the discipline of applied ergonomics. This statement requires some amplification. Reductionism is at the root of much scientific research. In order to explore a topic thoroughly and to produce reliable / reproducible results, it is often necessary to restrict the scope of the topic : to get rid of many variables, and to focus on one or two controllable aspects. When faced with the enormous variability already mentioned in human-product interaction, it is extremely difficult to define a research topic without running the risk of either reducing the variability to the point where the topic bears no relationship to the way things actually happen, or embarking on a research track which can never show tangible results.

Research and design practise

This general observation serves as a metaphor for the relationship between design research and praxis. The design of a product is always a messy business, involving as it does so many pressures from so many different points. Occasionally a single aim may prevail, such as to make the thing beautiful (whatever that means) above all else, but mostly the product is beset by compromise, in the midst of which a small research truth will almost inevitably be completely submerged. There is some evidence to suggest that the position of ergonomics research in the design compendium is particularly vulnerable. A survey of IDE graduates (de Wilde, 1992) employed in industrial design engineering indicated that, of the information gathered in the course of their studies, ergonomics was thought to have poor 'cost-effectiveness'. That is, the time spent on the subject was considered great, and the value in a commercial design situation considered low.

It is not difficult to propose reasons for this which lie in the idea expressed above. So called 'common sense' appears to work well enough, often

enough, for it to be a convenient panacea for designers busy with other demands. It is indeed true, that the benefits of some ergonomics research require considerable imagination to be regarded as necessary tools of industrial design. The introspective examination of great detail may be necessary for the proper quantitative assessment of a property, but it very often means little to a working designer. One is reminded of the old story of Rolls Royce motor cars, who never quoted the power output of their engines. When asked, they simply said 'Enough'! This seems to be analogous to the attitude of many designers, who assume, instinctively, that for example the pinch grip strength of any human being will be enough to operate the rotary control of a hi fi system, or whatever. Whether they make the correct assessment or not may be difficult to determine for a number of reasons, including the fact that a minor inconvenience will be quickly coped with, and many people look to themselves for inadequacies, rather than the product. Thus design inadequacies are submerged, and feedback to the designer is limited. This point is reinforced by Kanis (1996) and Weegels (1996).

User involvement in design

It may be useful to consider the ways in which information gets back from consumer user to the designer. As Norman has already observed (Norman 1987) the only contact between designer and user is the product, and that is the carrier for the so-called designer model. This tends to be a one-way track. A person who buys a product is inevitably confronted by the designer model. The user model has no such vehicle travelling in the reverse direction. When a user has problems with a product, what actually happens? There is evidence to suggest that they continue to apply reasoning derived from previous experience, even when it clearly doesn't work (Gelderblom 1996) and eventually either succeed by trial and error, or consult another person or an instruction manual. Then what? They have learned the lesson, they now know how to perform that particular function, and pass on to the future. The problem remains in wait for the next person who is not initiated into that particular ritual. How does the designer know that he/she got it wrong? Of course, they don't. Eventually, it is possible that the inadequacies will filter back via consumer group tests, customer complaints, diminishing sales or similar remote mechanisms, but by that time a whole new range of problems may have been created and in any event, there are already, presumable, thousands of examples of the product in the marketplace. Clearly, some idea of the needs and habits of users is necessary before and during the act of designing. Incidentally, it is tempting to assume that the situation existing in the broad product domain is the same as in HCI. It is not. There are very significant differences both in demands on users, in feedback routes and in potential for modelling.

The history of user involvement in design in a direct sense is not particularly encouraging. Some notable attempts have been made to involve potential clients from a marketing standpoint, with mixed success. The Ford Edsel remains one of the All Time Big Mistakes, only partially balanced by Ford's efforts in England with the Capri. There seems to be a good deal of uncertainty involved in assessing what is primarily the aesthetic judgements of clients, and that is without even attempting to find out how they will react to using the product. Users may also make what designers or manufacturers consider unreasonable demands, in terms of usability, or quality, or facility, with regard to price, when consulted on product specification before the fact.

Much better, then, to have an operational product available for assessment by users, but then there comes the difficulty of modification. It is almost inconceivable that a manufacturer would alter, say, expensive injection moulding tools in response to what may be seen as inconclusive feedback on product use problems, especially if the product is selling well.

Different possibilities of usability assessment

The possibilities of usability assessment during the design process has been explored previously (Marinissen 1993), and experience in Australia (Green and Barnett 1995) has suggested that a good and obvious strategy (since very few products are new) is to subject generation X to usability tests as a prelude to the design of generation X+1. The danger of this strategy is, as Kanis points out (Kanis 1996) that in solving one set of problems, other and unforeseen problems may be created. However, this does not invalidate the process and should not be seen as sufficient reason not to proceed with it, given the appropriate motivation. An example of generation X+1 being derived from usability tests on generation X is the tool trailer detailed by Green and Barnett (1995). This is an example of direct contact with a small user group whose considerable experience with a poor design in a work situation was translated into a modified design by an industrial design engineer. The trailer was completely revised and initial reactions from the user group have been very positive, although formal evaluation and testing of the new design has not yet been completed. Green and Barnett (1995) make the point that testing of this nature is only likely to be valid if undertaken with the prime purpose of ergonomic assessment of user operations. Other motivations e.g. marketing or production efficiency etc, are likely to blur the issues. It should be noted that the work of Green and Barnett in Australia concerned heavy plant and equipment. This is particularly unsuited to laboratory trials, and the process described is thus more valuable with such equipment. Moreover, such equipment does not lend itself to modelling. The sheer scale of the products makes it very difficult to model them except in a very crude way,

and the testing of such models rather problematic. This scale problem generally does not apply to domestic products. Modern techniques of rapid prototyping and even virtual reality may change the nature of the fidelity gap, but there is still a long trickle down path between the laboratory, or leading edge manufacturer, and the bulk of products generated by ordinary companies.

The need for user trialling

There is a good deal of consensus between researchers in the area, that user trialling is a valuable way of exposing problems in the design of products. It is, for example, acknowledged as being an essential addition to the normal designerly process of using self references plus, perhaps, some general human characteristics data. Thus in the best of all possible worlds, the process of generating a new design would, in addition to the (expert) design process, involve user trials with it's predecessor, careful incorporation of the results of these trials into the new design, and user trials with the new (real) product, continuing as an iterative process untill all problems had been eliminated for both expert and non expert users! Clearly, this is impossible within any commercial constraints, so the next step is to decide what is possible. A recent project conducted by a Delft based design bureau involved a two stage user trial incorporated in the design process. The first stage involved formal evaluation of competitive products on the market by the targeted user group. The results of this were translated into preliminary designs which were modelled by using existing electronic components in a mock-up structure, thus reproducing the electronic functions but not the precise aesthetic form. These design were further trialled with a new consumer group and the results fedforward into a final design concept. This is in the process of being modelled and will itself be subject to user trials before production begins. The process has resulted in some surprising results which would have been difficult to predict in the normal design process, and points to the effectiveness of proper incorporation of user trials. Unfortunately, commercial confidentiality prevents a more detailed exposition of the process.

There is a growing body of designers who readily accept the need for user trials. (In spite of the rather gloomy results of the survey mentioned previously, this may be better developed in the Netherlands than generally because of the emphasis on ergonomics and the experience of user trialling within the IDE course at TUDelft (see Kanis 1996). The problem that these designers have is endemic. There is usually no funding available for user trials on previous products, and such information as may be available via e.g. consumer tests may not provide much useful insight into future design parameters. Thus they must formulate their own feedback mechanisms using the possibilities suggested by Marinissen (1993). An almost

inevitable step in the process is the construction of a model or models and it is at this point that the reasonably clear progression begins to falter. The product in question may be, in modelling terms, anything from easy to impossible, and it is not always clear which. Nor is it always clear how important the modelling process might be, but there is a sort of Murphy's Law which says that the more important the feedback from a good model, the more difficult such a model will be to produce. For example, it is relatively easy to produce a model of, say, a child's metal scooter which exactly replicates the eventual production version. It may also be likely that in such a case, complete isomorphism is not of critical importance to the user operations. It is, however, very difficult indeed to produce a high fidelity model of a hammer drill, or a chain saw, and in such a case the importance of isomorphism is likely to be high. C'est la vie!

In 1988 Chapanis asked 'how similar is similar enough?' The inevitable question follows, for what? and thus on to a study of a particular product for use in a particular circumstance for a given population of users. Clearly, the problem of specificity looms large, and it is possible to contend that the information gained is only useful in those most particular circumstances. But is that so? Possibly, but perhaps the situation is analogous to another circumstance where specificity applies - that of physical training. Every sports person knows that the way to get good at something is to do it. In other words, be specific. You don't get to be an Olympic cyclist by walking, even though both activities use legs! However, it is also recognised that any specific training has generalised results, which are useful to carry over. Using the legs to do anything at all tends to improve the organism in a general sense, and maybe there are, similarly, some general rules, applicable to all modelling processes, which may be drawn from very particular studies. It may be possible to generate a methodology which is useful for designers of all, or most products, and studies to determine the value of model features which may be generalisable are under way at TUDelft.

Conclusions

- Human behaviour is less predictable, and more divergent from their own, than most designers assume.
- Traditional ergonomic data has been, and is, extremely valuable for setting a general framework of usability for humans, but has its limitations.
- It is not very useful for predicting in detail how a given person will use or operate a product.
- There is no reliable feedback mechanism from user to designer in time to influence the design process.
- Studies of how people use products provide valuable information of use to designers.
- Most designers are not able to perform user tests on pre-existing products: most manufacturers will not invest in it either.

- Modelling thus becomes a very important part of the design process.
- The value of modelling depends on its isomorphism.
- There are as yet no techniques available for designers to evaluate isomorphism.
- Studies of modelling processes and techniques may provide general information on the value of model features, or on the methodologies of effective product modelling.
- Such studies are being initiated in Applied Ergonomics at TUDelft.

W.S.Green and A.H. Marinissen
Faculty of Industrial Design Engineering, TUDelft.

Literatuur

- Chapanis,**
1988 Gelderblom, G.J. and Christiaans, H.H.C.M. 1991 Menta Models and Operating Consumer Products. Designing for Everyone: Proceedings of the 11th Congress of the IEA. Taylor and Francis, London
- Green, W.S. and Barnett, C.S.**
1995 The Ergonomics of Heavy Plant and Equipment, Report to the Department for Industrial Affairs, Government of South Australia
- Kanis, H.**
1990 Why User Trials? Proceedings of the IOCU Comparative Testing Seminar. The Hague
- Kanis, H.**
1993 Operation of Controls on Consumer Products by Physically Impaired Users. Human Factors 35(2)
- Kanis, H. and Vermeeren APOS**
1996 Teaching User Involved Design in the Delft Curriculum Contemporary Ergonomics Taylor na Francis London.
- Marinissen, A.H.**
1993 Information on Product Use in the Design Process. Proceedings of the 29th Annual Conference of the Ergonomics Society of Australia
- Talbot, R.**
1971 The Integration of Ergonomics Information in Design.Proceedings of the conference Design and Evaluation of Consumer Products, London
- Weegels, M**
1996 Accidents with Consumer Products. Doctoral dissertation TUDelft.
- Wilde, J.H.de**
1992 The profession of Industrial Design Engineering in the Netherlands:some facts and figures. Proceedings of the first International Symposium on Engineering Education. Halmstad University. Sweden

ERGONOMIE VAN DE CABINE VAN DE VORKHEFTRUCK

W. Bohets
&
R. de Grande
&
D.T. Delaruelle

Samenvatting

Deze studie richt zich op de ergonomische aspecten van de gesloten en open bestuurderscabine van de vorkheftruck. Voor verschillende aspecten van de bestuurderscabine en de bedieningsmiddelen werd in de literatuur nagegaan aan welke ergonomische voorwaarden voldaan dient te worden. Deze gegevens, aangevuld met een praktijkobservatie en rekening houdend met de wens tot compactheid, dienden als basis voor een ergonomisch advies. Voor de praktische toepassing van deze studie werd een checklist opgesteld. Tenslotte werden 47 vorkheftrucks van verschillende types, door middel van deze checklist geanalyseerd.

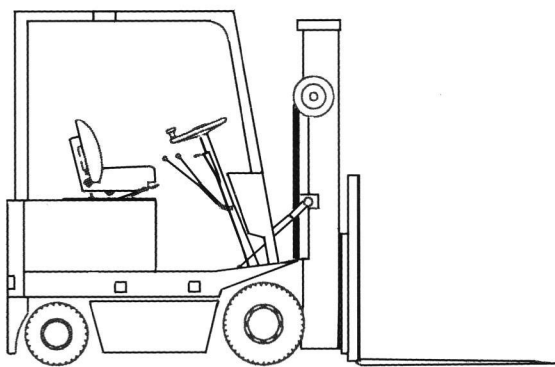
Het eindoordeel uit het praktijkonderzoek is dat er heel wat ergonomische verbeteringen kunnen worden aangebracht.

Inleiding

De heftruck is een arbeidssysteem, een gereedschap om lasten die de mens op grond van zijn lichamelijke mogelijkheden en beperkingen niet kan dragen of verplaatsen, te manipuleren. Bovendien is dit transportmiddel vaak een permanente werkplek voor de bestuurder. Het besturen van een vorkheftruck is niet zonder risico. De vele ongevallen met heftrucks met ernstige lichamelijke en materiële schade hebben het noodzakelijk gemaakt aandacht te schenken aan de werkomstandigheden van de bestuurder. Ook overbelastingsletsels zoals rugklachten zijn een stimulans tot het bestuderen van het gebruikskomfort van de bestuurder. Deze studie richt zich op de ergonomische eisen van de bestuurderscabine. Praktisch worden de onderzoeksresultaten vertaald in een checklist.

Methode

Deze studie richt zich op het type vorkheftruck met tegengewicht.



Figuur 1

De vorkheftruck met tegengewicht

Checklist

Dit type wordt het meest gebruikt. Bij deze ergonomische studie wordt aandacht besteed aan de vereisten van de cabine om zowel grote als kleine bestuurders veilig, comfortabel en efficiënt te laten werken. De lichaamsafmetingen of antropometrische kenmerken zijn hiervoor de basisgegevens. Op basis van een literatuuronderzoek en praktijkobservatie wordt gepoogd de ergonomische vereisten vast te stellen. Hierbij wordt eveneens rekening gehouden met de wettelijke vereisten die gesteld worden. In de antropometrische referentietabel, die in deze studie gebruikt wordt voor het berekenen van de maten van de vorkheftruck, wordt gekozen voor de 1ste en de 95ste percentielwaarden van mannen in de DINED tabellen (Molenbroek en Dirken, 1986). De redenen voor het overnemen van de 95ste percentielwaarden zijn enerzijds dat dit recente gegevens zijn van een Europese populatie en anderzijds dat voor de 95ste percentielen de grootste waarden gevonden worden. Het gebruik van deze tabel zal voor de grote bestuurders de nodige ruimte garanderen, omdat de Nederlanders, althans wat de lichaamsmaten betreft, tot de grootsten van Europa behoren. Bovendien wordt hiermee voor een groot deel van de populatie de seculaire trend in de berekening opgenomen. Om tegemoet te komen aan de lichaamsafmetingen van de kleine bestuurders is het gebruik van de 5de percentielwaarden van de DINED tabel minder geschikt. Vandaar dat voor de maten van de kleine bestuurder gekozen wordt voor het 1ste percentiel. Deze maten liggen bovendien dicht bij de 5de percentielwaarden van de ISO 3411 norm. Voor het bepalen van ergonomische criteria wordt in een aantal gevallen uitgegaan van de 50ste percentielwaarden van de DINED tabel. Tenslotte ontbreekt in de DINED tabel een aantal belangrijke parameters. Deze parameters moeten dus berekend of overgenomen worden uit andere tabellen. Op deze wijze wordt de referentietabel samengesteld.

De ergonomische voorwaarden waaraan de bestuurderscabine moet voldoen, omvatten verschillende aspecten:

- de cabinematen,
- de op- en afstap,
- het zicht vanuit de cabine,
- het zitten,
- de bediening van stuur, de hendels en de pedalen,
- het instrumentenpaneel.

Voor de vorkheftruckbestuurder moet de cabine van de heftruck voldoende ruimte bieden voor de bewegingen van hoofd, armen en benen bij de besturing. Een belangrijke veiligheidsnorm is bovendien dat bij het uitvoeren van deze handelingen alle lichaamssegmenten binnen de buitenste omtrek van het toestel moeten blijven. Bovendien dient de cabine zo ontworpen te zijn dat de bestuurder vlot kan in- en uitstappen en dat

zowel de grote als de kleine bestuurder de pedalen en hendels gemakkelijk kunnen bedienen.

De maten die de cabineruimte bepalen zijn hoogte-, lengte- en breedtematen, de beenruimte en de afmetingen van de voetplaat.

De enige goede op- en afstap mogelijkheid voor een vorkheftruck is een trede. Een buiten het koetswerk uitstekende trede is omwille van veiligheidsredenen niet toelaatbaar en een in de constructie uitgespaarde voetopening is een slechte oplossing.

Het zicht bij het voor- en achteruitrijden met een vorkheftruck en bij het verplaatsen van lasten, is een belangrijk veiligheidsaspect. Een absolute vereiste is het kunnen zien van de punten van de onbelaste vorken in rijstand, zonder compensatoire acties van romp of hoofd door de bestuurder. Vanuit ergonomisch standpunt is er een bijkomende aanbeveling voor het zicht. De punten van de vorken moeten zich namelijk bevinden in een vlak begrensd door de horizontale vanuit de oogpositie en een hoek van 40 graden.

De bestuurdersstoel is een belangrijk element in het creëren van een veilige en comfortabele werkplek. De maten van de steunvlakken van de stoel moet de bestuurder toelaten zijn zithouding te kunnen veranderen. De eis van vele auteurs om een lendesteun te voorzien in de rugleuning is een essentieel element. De keuze van de bekleding van de stoel is afhankelijk van de werkomgeving en mag de vochtregulatie niet verstoren. De rugbelasting tijdens het zitten wordt verminderd door een instelbare hoek van de rugleuning met de zitting tussen 100 en 110 graden en een instelbare hoek van de zitting met de horizontale tussen 5 en 10 graden. Een verticaal instelbare armsteun aan de rechter zijde van de stoel die de bediening van de hendels niet hindert, is aan te raden. De bestuurdersstoel zal als laatste schakel in de trillingsketen van de heftruck naar de mens de trillingen dienen te verminderen tot een aanvaardbaar niveau. Saint-Eve en Donati (1993) bevestigen dat een afgeveerde stoel als trillingsdempend middel slechts efficiënt kan zijn indien hij is afgestemd op de karakteristieken van het voertuig waarin hij is geplaatst. Studies naar de trillingsfrequenties, die optreden bij vorkheftrucks, tonen aan dat deze meestal tussen 2 en 6 Hz gesitueerd zijn (Danière e.a., 1992). De eigenfrequentie van de stoel dient kleiner te zijn dan 2 Hz om enerzijds resonantie te vermijden en anderzijds een trillingsdempend effect te hebben. De plaatsing van de stoel in de cabineruimte dient eveneens bekeken te worden. Een horizontale en een verticale instelbaarheid van de stoel zijn nodig om zowel grote als kleine bestuurders toe te laten veilig en comfortabel te kunnen werken.

Het stuur dient aan een aantal kwaliteiten te voldoen. De opstelling van

het stuur, de afmetingen en de benodigde fysieke kracht, zullen bepalend zijn voor het comfort van de bediening. De opstelling van het stuur wordt bepaald door de voor het besturen relevante antropometrische waarden (zie uitgewerkt voorbeeld). Tevens dient rekening gehouden te worden met een minimale hinder bij het op- en afstappen van de vorkheftruck. De stuurhendels moeten zoveel mogelijk beperkt worden. Ze mogen niet uitsteken buiten het stuur en dienen bediend te kunnen worden door de vingers, terwijl de handen het stuur omvatten. Tenslotte dient het aantal stuur-omwentelingen zo beperkt mogelijk te zijn.

Door middel van de hendels is er interactie mogelijk tussen de bestuurder en de vorkheftruck. Deze interactie moet efficiënt, veilig en comfortabel verlopen. Zowel de opstelling, de vorm, de bedieningskracht en het traject van de hendels zal hiertoe bijdragen. De hendels worden in een zone gelokaliseerd die gemakkelijk met de arm bereikt kan worden terwijl het bovenlichaam in een normale zitpositie blijft. Om vergissingen te vermijden is standaardisatie in de bediening van de hendels aan te bevelen. De bewegingsrichting van een hendel moet corresponderen met de uit te voeren actie en de hendels dienen automatisch terug te keren naar de neutrale stand.

In een heftruck zijn meestal slechts twee pedalen aanwezig: het gas- en het rempedaal. De pedalen moeten zodanig opgesteld zijn dat de interactie tussen bestuurder en het voertuig zo comfortabel mogelijk gebeurt. De ruimte rond de pedalen moet vrij zijn van obstakels, zoals kabels en aansluitingen, opdat de bediening veilig en onbelemmerd kan geschieden. De functionele indeling van de pedalen dient overeen te komen met die van een personenwagen. De plaatsing, de afmetingen, het traject en de bekleding van de pedalen en de pedaaldruk zijn belangrijke aandachtspunten. Elektrisch aangedreven heftrucks dienen voorzien te zijn van een mechanisch bediende stroomonderbreker, de dodemansschakelaar, die in werking treedt zodra de bestuurder het voertuig verlaat. De uitvoering als pedaal heeft de voorkeur.

De belangrijkste functie van het instrumentenpaneel is het geven van vitale informatie aan de bestuurder. De wijze waarop de informatieoverdracht plaatsvindt, dient te voldoen aan de karakteristieken van de menselijke perceptie. De bedieningsmiddelen op het instrumentenpaneel zijn beperkt en bij de opstelling en de uitvoering van het instrumentenpaneel wordt rekening gehouden met literatuurgegevens.

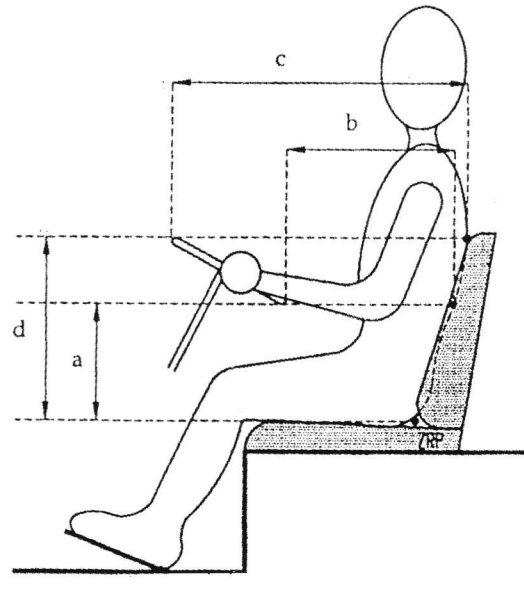
Een uitgewerkt voorbeeld: De opstelling van het stuur

Na het checken van de literatuur en de redenering die leidt tot de voorwaarden waaraan de opstelling van het stuur moet voldoen, wordt van de

volgende criteria uitgegaan:

- De horizontale afstand van het dichtste en het verste punt van het stuur tot de stoel, wordt bepaald door respectievelijk de voorarmlengte en de reikdiepte.
- De verticale afstand van het bovenste en het onderste punt van het stuur tot de stoel, wordt bepaald door respectievelijk de schouderhoogte en de som van de dijbeendikte en de ruimte nodig om het rempedaal te bedienen. Voor de bediening van de pedalen wordt 3 cm voorzien.

In figuur 2 wordt de stuuropstelling weergegeven en tabel 1 geeft de afmetingen van de grote en kleine bestuurder, die voor de sturopstelling van belang zijn.



Figuur 2

De opstelling van het stuur

- a: dijbeendikte + ruimte voor de bediening van de pedalen
b: voorarmlengte
c: reikdiepte
d: schouderhoogte

Tabel 1

De afmetingen (cm) voor de opstelling van het stuur

	kleine bestuurder	grote bestuurder
a	$\geq 11+3$	$\geq 16+3$
b	≥ 33	≥ 41
c	≤ 66	≤ 81
d	≤ 55	≤ 71

Verder wordt er rekening mee gehouden dat de opstelling en de noodzakelijke versteltrajecten van het stuur gerelateerd zijn aan de horizontale en verticale versteltrajecten van de stoel. Uitgaande van de waarden in tabel 1, kan dan verder bepaald worden waar het stuur geplaatst moet worden en welke instelmogelijkheden er noodzakelijk zijn.

De andere ergonomische aspecten van de bestuurderscabine worden op een vergelijkbare wijze behandeld en leiden tot een globaal eisenpakket.

Checklist

Voor mensen werkzaam in het veld, is het belangrijk dat de resultaten uit deze studie praktisch vertaald worden. Om hieraan te voldoen is een checklist opgesteld waarmee de belangrijkste aspecten van de bestuurderscabine ergonomisch worden geëvalueerd. De inhoudelijke analyse moet de validiteit of de praktische relevantie van de checklist waarborgen. Er wordt geopteerd voor het gebruik van een ja-neen beoordeling. De formulering van de vragen is zo opgevat dat een ja- antwoord betekent dat het bedoelde aspect ergonomisch in orde is. Ten behoeve van de gebruiker wordt er tenslotte voor gezorgd dat de losbladige, geïllustreerde checklist op zich reeds voldoende informatie biedt om correct gebruikt te worden.

De checklist bestaat uit 36 parameters, gegroepeerd in 5 rubrieken.

De eerste rubriek, de bestuurderscabine, bestaat uit 8 parameters aangaande toegankelijkheid en vrije bewegingsruimte. Een tweede rubriek omschrijft de ergonomische aspecten van de bestuurdersstoel en zijn insteltrajecten. De volgende 10 parameters, in rubriek 3, hebben betrekking tot het stuurwiel en zijn instelmogelijkheden ten overstaan van de stoel. Rubriek 4 omvat 4 parameters in verband met de opstelling van de hendels ten overstaan van de bestuurdersstoel. De laatste rubriek tenslotte behandelt de opstelling van de pedalen.

Voor een globaal en snel overzicht van de resultaten of voor het vergelijken van meerdere analyses, kunnen de resultaten op een synthesepagina genoteerd worden.

De checklist kan voor verschillende doeleinden worden gebruikt. Bestaande voorkeuren kunnen ermee beoordeeld worden of bij de aanschaf van heftrucks kan de checklist een eerste schifting in het aanbod brengen. Het gebruik van de checklist zal aan de hand van een voorbeeld, worden toegelicht op de voorstelling tijdens het congres.

Resultaten praktijkstudies

Bij zevenenveertig vorkheftrucks (types met een capaciteit tussen 1,8 tot 3 ton, van het merk Still, Jungheinrich, T.C.M., Yale, Clarck, Lansing en Fenwick met een leeftijd van één tot 14 jaar) zijn aan de hand van de

checklist de belangrijkste aspecten van de cabine-ergonomie gemeten. Deze steekproef onthulde een aantal opvallende ergonomische tekorten.

In het algemeen blijkt de zithouding van de bestuurder niet te beantwoorden aan een aantal ergonomische vereisten. Een bolle, lage lendesteun is slechts aanwezig bij 34% vorkheftrucks. Wat de instelmogelijkheden van de stoel betreft, is er slechts bij 4% een verticale instelmogelijkheid, in tegenstelling tot de horizontale instelmogelijkheid, die bij 89% aanwezig is. Bij 6% vorkheftrucks wordt een geïnclineerde of inclineerbare stoelzitting t.o.v. de horizontale aangetroffen. Verder biedt geen enkele geanalyseerde vorkheftruck voldoende zithoogte voor de grote bestuurder. Amper 18% van de vorkheftrucks scoort positief in verband met de vering van de stoel. Een belangrijke reden voor dit resultaat is het slecht functioneren van de instelling van het veersysteem.

De opstelling en de eventuele insteltrajecten van de bedieningsmiddelen en de stoel zijn onvoldoende op elkaar afgestemd. De scores in verband met de opstelling van het stuur en de pedalen ten opzichte van de stoel tonen aan dat dit probleemgebieden zijn voor kleine en grote bestuurders. Wat de opstelling van de hendels betreft, voldoet 28% van de vorkheftrucks niet aan de gevraagde waarden voor de kleine bestuurder en 64% niet aan de waarden voor de grote bestuurder.

Een opvallend tekort tenslotte, vastgesteld bij meer dan 90% van de geanalyseerde vorkheftrucks, is de opstaptrede. Deze dient als een volwaardige trede in het koetswerk uitgevoerd te worden en mag niet te hoog zijn.

Conclusie

De technische ontwikkeling van de vorkheftruck heeft niet stil gestaan. Een belangrijk aspect voor het creëren van een veilige en comfortabele werkplek is het aanpassen van de cabineruimte en het opstellen van de bedieningsmiddelen in functie van de antropometrische maten van zowel grote als kleine bestuurders.

Indien hiermee rekening gehouden wordt, zal dit niet alleen leiden tot het voorkomen van letsels maar ook tot het vergroten van het comfort en de productiviteit van de bestuurder.

Het toepassen van de checklist op een steekproef van 47 vorkheftrucks onthulde een aantal opvallende ergonomische tekorten.

De conclusie uit het praktijkonderzoek is dat er heel wat ergonomische verbeteringen kunnen aangebracht worden.

De hoop lijkt dus gerechtvaardigd dat door de verhoogde aandacht voor ergonomische aspecten de kwaliteit van de werkplek van zowel de kleine als de grote bestuurder verbeterd wordt. Deze studie en de praktische vertaling in een checklist kan hiervoor hopelijk een bijdrage leveren.

W. Bohets
Du Pont de Nemours,
Mechelen, België

R. De Grande
Interbedrijfsgeneeskundige Dienst IDEWE
Leuven, België

D.T. Delaruelle
Renault Industrie Belgique S.A.
Vilvoorde, België

Literatuur

Bohets, W. en Delaruelle, D.T.

1996 Ergonomie van de vorkheftruck: Checklist voor de bestuurderscabine, Brussel, NOVA, Nationaal Onderzoeksinstituut Voor Arbeidsomstandigheden (ter perse)

Danière P., Boulanger P., Donati P. en Galmiche J.P.

1992 Environnement acoustique et vibratoire aux postes de conduite des chariots élévateurs, INRS Cahier de notes documentaires nr 148, 345-358

ISO (International Organisation for Standardization)

1982 SO 3411: Engines de terrassement - Dimensions ergonomiques des conducteurs et espace enveloppe minimal, Suisse: s.n.

Molenbroek J.F.M. en Dirken J.M.

1986 Nederlandse lichaamsmaten voor ontwerpen: DINED (3^e versie), Delft: Faculteit voor industrieel ontwerpen, Technische Universiteit

Saint-Eve P. en Donati P.

1993 Prévention des risques dorso-lombaires liés à la conduite de chariots élévateurs. DMT

ANTROPOMETRISCHE GEGEVENS VAN NEDERLANDSE KINDEREN TUSSEN 2 EN 13 JAAR

.P.A. Steenbekkers
&
J.J.Houtkamp

Samenvatting

Bij het ontwerpen van producten is het noodzakelijk inzicht in en gegevens over (variatie in) capaciteiten en kenmerken van de toekomstige gebruikers te hebben. Omdat over Nederlandse kinderen nauwelijks gegevens bekend waren, is aan de TUDelft een onderzoek uitgevoerd, waarin fysieke en motorische kenmerken van kinderen zijn gemeten. De resultaten van dit onderzoek kunnen worden gebruikt als een basis bij het ontwikkelen van concepten en modellen van producten. De resultaten van het onderdeel 'lichaamsmaten' zijn vooral van belang bij het ontwerpen van producten die ter ondersteuning van het lichaam dienen, zoals bijvoorbeeld fietsen, schoolmeubilair, en voor (delen van) producten waartussen lichaamsdelen beklemd kunnen raken (bv. scharnierende delen). Over dit antropometrisch deel van het onderzoek wordt in dit artikel gerapporteerd.

Trefwoorden: antropometrie, kinderen

Het KI(nder)MA(ten)-onderzoek

In een landelijk onderzoek is een groot aantal fysieke en sensomotorische gegevens verzameld van 2245 kinderen, zowel autochtoon als allochtoon, tussen 2 en 13 jaar (Steenbekkers, 1993). Een deel van dit onderzoek betrof de meting van 40 lichaamsmaten, in statische of functionele houding (zie figuur 1). Over dit onderdeel van het onderzoek gaat dit artikel.

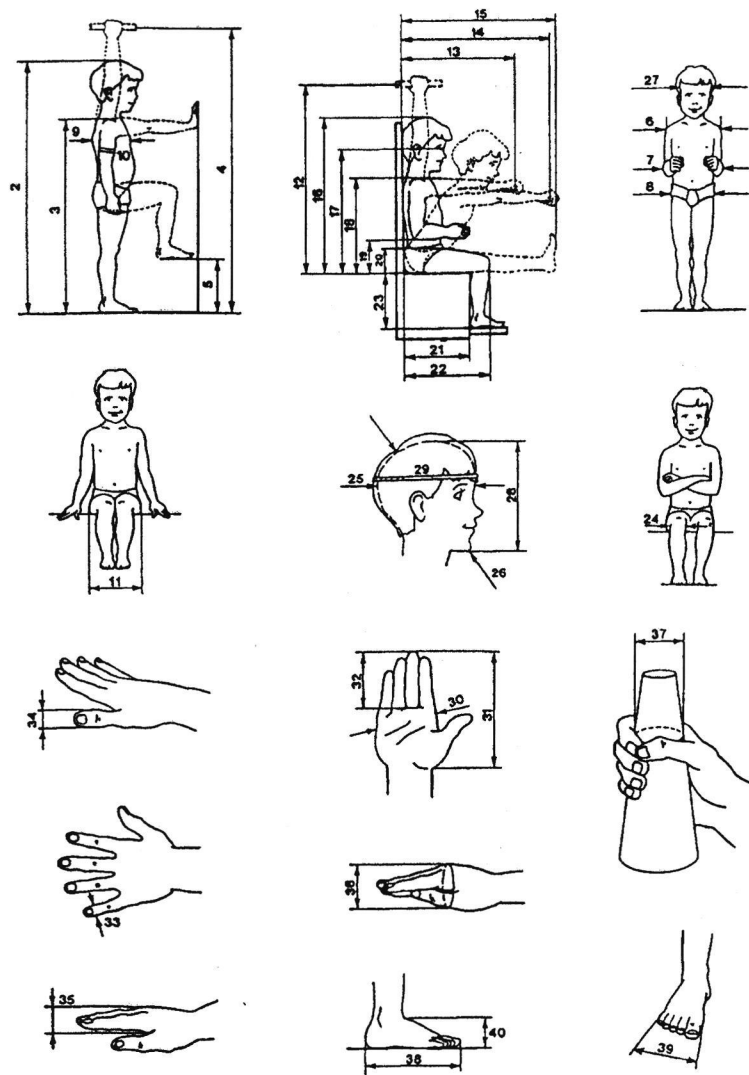
De keuze van de te meten lichaamsmaten is op een aantal principes gebaseerd:

- De gegevens moeten bruikbaar zijn voor ontwerpers van producten voor kinderen. Daartoe is voor een aantal producten, die speciaal voor gebruik door kinderen worden gemaakt en/of waarmee kinderen in contact komen, nagegaan welke lichaamsmaten bekend zouden moeten zijn om de bijbehorende productmaten te kunnen bepalen.
- De gegevens moeten een beschrijving geven van de proportionering van het lichaam. Daartoe moesten in ieder geval de verschillende lichaamssegmenten bij de te meten maten opgenomen worden.
- Op basis van de gemeten maten moeten andere maten berekend kunnen worden.

Methode

In elke provincie is een gemeente gekozen die qua inwoneraantal en samenstelling van de beroepsbevolking representatief was voor de betreffende regio. In elke gemeente zijn een of meer basisscholen benaderd met het verzoek mee te werken aan het onderzoek. Daarnaast is in

één gemeente per regio een consultatiebureau benaderd. Kinderen vanaf 4 jaar zijn op basisscholen gemeten. Jongere kinderen kwamen met hun ouders speciaal voor dit onderzoek naar het consultatiebureau. De metingen werden verricht door getrainde meetteams.



Figuur 1

Gemeten lichaamsmaten in het KIMA-onderzoek

De metingen zijn zo veel mogelijk gedaan volgens bestaande meetvoorschriften, zodat de resultaten van de metingen vergelijkbaar zijn (Snyder e.a., 1977; DIN 33402, 1981; Anthropometric Source Book, 1978). Indien geen meetvoorschrift voorhanden was, of wanneer dit niet bruikbaar was voor de doelgroep, is een nieuw meetvoorschrift opgesteld.

Om de kans op administratieve fouten te verkleinen is een transportabel, semi-automatisch meetsysteem ontwikkeld, waarbij de gegevens van de hoogte-, diepte- en breedtematen automatisch ingevoerd werden in een personal computer. De ingevoerde data werden gecontroleerd op extreme waarden (buiten het gebied $\bar{x} \pm 4.sd$). De nauwkeurigheid van het meet-systeem bleek over het totale meetbereik plus of min 1 mm. Dit systeem maakte een efficiënte werkwijze mogelijk tijdens het uitvoeren van de metingen.

Resultaten

Beschrijvende statistieken

De resultaten van de metingen zijn per maat en per geslacht en leeftijdsgroep van een jaar geanalyseerd en gepresenteerd in de vorm van puntenwolken en tabellen (Steenbekkers, 1993). In voorkomende gevallen is het gewenst de gegevens ook voor grotere leeftijdsgroepen te groeperen, als een product gebruikt moeten kunnen worden door kinderen van verschillende leeftijden. Hier zijn de gegevens gegroepeerd en beschreven voor drie leeftijdsgroepen. De resultaten hiervan voor jongens en meisjes samen, zijn weergegeven in tabel 1.

Voor een aantal maten blijken de gemiddelde waarden voor jongens en meisjes te verschillen, maar voor het merendeel van de metingen is het verschil niet statistisch significant of niet constant aanwezig bij alle leeftijdsgroepen. Uitzonderingen hierop vormen de hoofd-maten: jongens blijken op alle leeftijden gemiddeld genomen een groter hoofd te hebben dan meisjes. Hetzelfde geldt voor de 'skeletmaten' kniebreedte en duimbreedte.

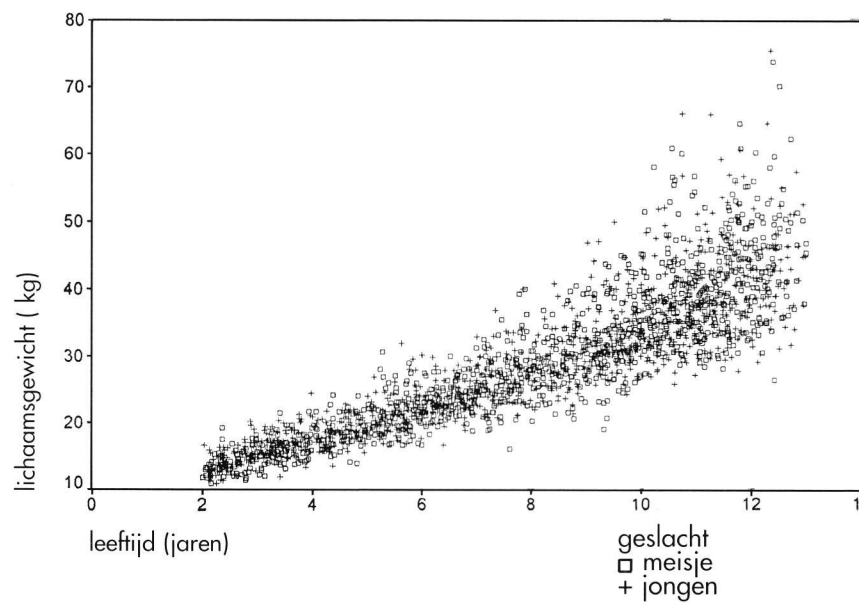
Variatie binnen leeftijdsgroepen

Uit de gegevens van dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat de verschillen tussen kinderen van dezelfde leeftijd toenemen naarmate de kinderen ouder worden. In figuur 2 zijn de gegevens voor lichaamsgewicht naar leeftijd uitgezet. De puntenwolk 'waaert uit': de variatie binnen een leeftijdsgroep wordt groter.

Overlap tussen leeftijdsgroepen

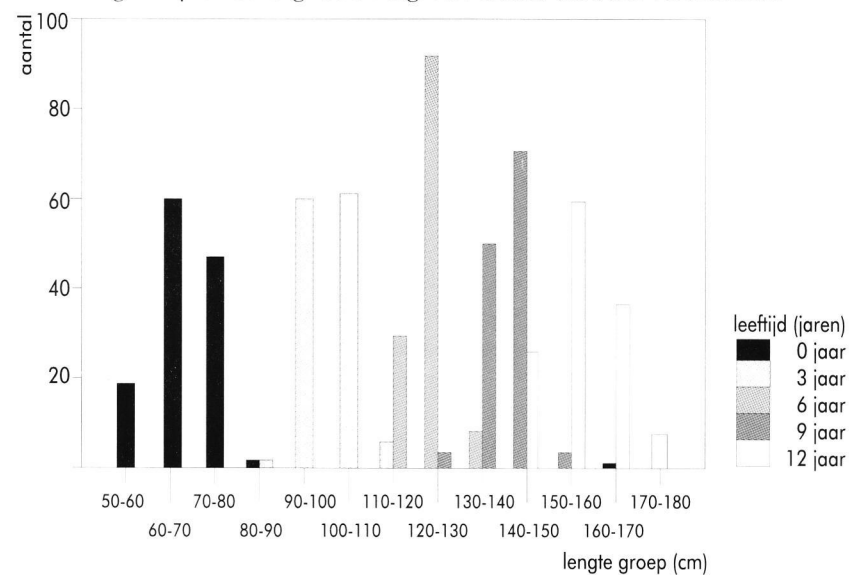
De toenemende variatie binnen leeftijdsgroepen impliceert een groter wordende overlap tussen leeftijdsgroepen. In deze steekproef bleek bijvoorbeeld het kleinste 12-jarige kind kleiner te zijn dan het grootste 6-jarige kind.

Dit wordt gepresenteerd in figuur 3, waar de kinderen zijn ingedeeld in lengtegroepen van 10 cm. (Voor de overzichtelijkheid van de figuur, zijn hiervoor alleen de gegevens van kinderen van 0, 3, 6, 9 en 12 jaar uit het bestand geselecteerd).



Figuur 2 Lichaamsgewicht van kinderen tussen 2 en 13 jaar

Wanneer het aantal kinderen per lengtegroep naar leeftijd wordt uitgesplitst, blijken in de lengtegroep van 130 tot 140 cm zowel kinderen van 6 als van 12 jaar aanwezig. Het moge duidelijk zijn dat deze kinderen op andere terreinen van ontwikkeling en qua vaardigheden erg van elkaar kunnen verschillen.

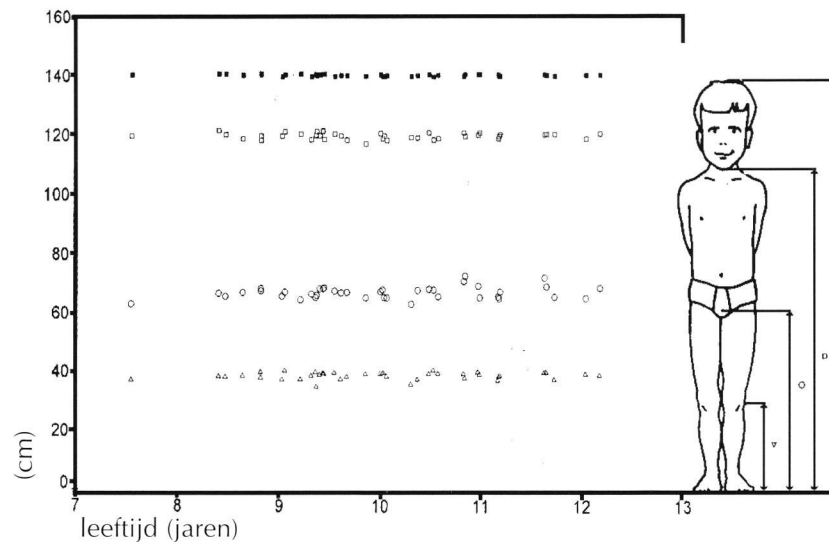


Figuur 3 Aantal kinderen per lichaamslengtegroep naar leeftijd

Proportionering

Uit de gegevens blijkt ook dat kinderen met dezelfde lichaamslengte wat proportionering betreft van elkaar kunnen verschillen. Om dit te illustreren zijn uit het databestand alle kinderen geselecteerd met een lichaamslengte tussen 140,0 en 141,0 cm.

Van deze kinderen is de proportionering in figuur 4 weergegeven. Waar lichaamslengte door een lijn van punten aangegeven wordt, blijken de meetwaarden voor hoofd-, romp- en bovenbeen- en onderbeenlengte van deze kinderen door een band van punten weergegeven te worden. Verder blijkt ook uit deze figuur dat kinderen van een gelijke lichaamslengte zeer in leeftijd kunnen verschillen.



Figuur 4

Proportionering van kinderen van ongeveer gelijke lichaamslengte (140-141 cm.).

Correlaties

Bij de keuze van de te meten lichaamsmaten is er vanuit gegaan dat maten opgeteld zouden moeten kunnen worden, om tot schattingen voor niet gemeten maten te komen. Om de standaard deviatie van een dergelijke nieuw berekende maat te bepalen, is het echter noodzakelijk te weten wat de correlatie tussen de samenstellende maten is.

Voor het optellen of aftrekken van maten die in dezelfde richting liggen is de formule:

$$\bar{x}_3 = \bar{x}_1 \pm \bar{x}_2$$

Voor het bepalen van de standaard deviatie is de formule:

$$s_3^2 = s_1^2 + s_2^2 \pm 2.r.s_1.s_2$$

Voor volwassenen zijn schattingen gemaakt voor correlaties tussen verschillende typen van maten, die weergegeven worden in tabel 2 (Molenbroek en Dirken, 1986).

Tabel 2 Geschatte waarden voor correlatie coëfficiënten tussen verschillende typen van variabelen voor volwassenen.

	lengte	breedte	diepte	omvang
lengtematen	0.65			
breedtematen	0.30	0.65		
dieptematen	0.20	0.40	0.20	
omvangsmaten	0.20	0.50	0.50	0.40

Op basis van het gegevensbestand van het hier beschreven onderzoek was het mogelijk correlaties te berekenen tussen alle gemeten maten. Bij wijze van benadering zijn gemiddelde waarden van deze correlaties berekend, die gebruikt kunnen worden om schattingen te maken van niet gemeten maten bij kinderen. Deze zijn weergegeven in tabel 3. In deze tabel ontbreken de omvangsmaten omdat in dit onderzoek slechts twee omvangsmaten gemeten zijn (hoofdomvang en bovenarmomvang).

Tabel 3 Correlatie coëfficiënten tussen verschillende typen van lichaamsmaten voor kinderen tussen 2 en 13 jaar.

	lengte	breedte	diepte
lengtematen	0.68		
breedtematen	0.43	0.60	
dieptematen	0.36	0.52	0.57

Vooraf de verschillen in correlatie coëfficiënten voor volwassenen en kinderen betreffende de breedte- en dieptematen zijn opvallend. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat kinderen nog niet volgroeid zijn en in zowel de lengte- als de breedterichting blijven doorgroeien, terwijl bij volwassenen de lengtegroei gestopt is en een aantal van hen vooral in de breedte- en diepterichting zal doorgroeien. Dit betekent dat de verschillen tussen volwassenen met eenzelfde lichaamslengte wat betreft breedte- en dieptematen groter worden, en daarmee de correlaties tussen de maten lager.

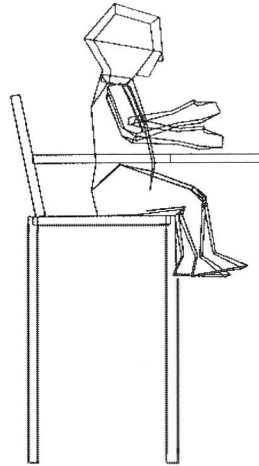
Een toepassingsvoorbeeld: ADAPS-modellen

De gegevens uit dit onderzoek zijn onder andere gebruikt om kind-modellen te maken in het ADAPS (Anthropometric Design Assessment Program System)-computerprogramma. In dit programma zijn mensmodellen opgenomen, die gebruikt worden om een 3D-werkplek of product in de ontwerpfase te beoordelen op de antropometrische geschiktheid voor de gebruiker.

Zowel voor peuters als basisschoolkinderen zijn dergelijke modellen gemaakt (Ruiter, 1995). In figuur 5 wordt een voorbeeld gegeven van een ADAPS-kindmodel.

Discussie

De resultaten van het onderzoek vormen een antropometrische basis voor het ontwerpen van producten voor kinderen. De cijfers zijn vooral te gebruiken in een vroeg stadium van het ontwerpproces, om een indruk te krijgen van de antropometrische verschillen tussen toekomstige gebruikers van het te (her-)ontwerpen product. De ADAPS-modellen kunnen in een volgend stadium gebruikt worden om het ontwerp bijvoorbeeld te toetsen op bereikbaarheid door de gebruiker.



Figuur 5 ADAPS-kindmodel

De gepresenteerde resultaten in dit artikel laten zien dat het niet voldoende is tijdens het ontwerpen van producten slechts uit te gaan van de cijfers in tabellen, maar dat ook een kritische beschouwing en interpretatie van gegevens noodzakelijk is, om juiste ontwerpbeslissingen te kunnen nemen.

L.P.A. Steenbekkers en J.J. Houtkamp
Faculteit van het Industrieel Ontwerpen,
Vakgroep Produkt- en systeemergonomie
Technische Universiteit Delft
Jaffalaan 9
2628 BX Delft

	kinderen 2 t/m 5 jaar (n=700)				kinderen 6 t/m 8 jaar (n=850)				kinderen 9 t/m 12 jaar (n=965)			
	sd	p3	$\bar{x}$	p97	sd	p3	$\bar{x}$	p97	sd	p3	$\bar{x}$	p97
STAAND												
1. Lichaamsgewicht (kg)	3,4	12,1	17,7	25,1	4,2	20,0	26,4	36,0	7,7	26,8	38,0	55,1
2. Lichaamslengte (cm)	9,7	87,7	104,9	122,8	6,9	116,3	128,4	141,2	8,7	132,6	148,0	165,3
3. Schouderhoogte staand (cm)	8,1	67,4	81,2	96,0	6,4	90,4	101,6	113,5	7,9	105,4	119,4	135,7
4. Reikhoogte staand (cm)	12,9	99,0	121,2	144,6	9,2	135,0	152,2	169,9	11,2	157,9	178,0	200,4
5. Opstap hoogte (cm)	8,2	26,6	40,3	56,0	8,2	38,7	53,5	70,8	7,9	47,1	62,3	76,8
6. Schouderbreedte (cm)	2,0	22,2	26,1	29,8	1,9	27,4	30,4	33,8	2,3	30,5	34,5	39,1
7. Ellebogenbreedte (cm)	2,1	23,9	27,8	31,9	2,3	26,4	30,5	34,8	3,2	28,8	33,9	41,1
8. Heupbreedte staand (cm)	1,6	16,8	19,5	22,4	1,6	20,0	22,7	25,7	2,3	22,4	26,2	31,0
9. Borstdiepte (cm)	1,1	11,9	13,7	15,9	1,1	13,6	15,5	17,8	1,8	14,8	17,5	21,7
10. Bovenarmomvang (cm)	1,3	15,0	17,2	19,8	1,6	16,2	18,8	22,4	2,2	17,5	21,1	26,0

2- 84

ZITTEND												
11. Heupbreedte zittend (cm)	1,9	17,4	20,7	24,5	1,9	20,7	24,1	27,9	2,8	23,4	27,8	34,0
12. Reikhoogte zittend (cm)	7,4	63,6	76,5	89,7	5,6	83,7	93,6	104,0	6,9	95,0	107,4	121,4
13. Armlengte (cm)	4,6	35,7	43,7	52,2	3,6	45,8	52,1	59,6	4,9	51,3	60,1	70,5
14. Reikdiepte zittend (cm)	7,8	60,0	75,1	90,1	7,4	75,5	90,1	103,4	8,0	88,6	104,2	118,8
15. Bil-voetlengte (cm)	6,9	47,3	59,0	71,7	5,5	64,5	75,3	85,9	6,8	77,7	89,6	103,2
16. Zithoogte (cm)	4,1	52,0	59,1	66,3	3,3	63,2	68,8	74,8	4,1	69,0	76,6	85,0
17. Ooghoogte (cm)	3,9	42,2	48,7	56,3	3,3	51,8	57,6	63,6	4,2	58,0	65,4	74,1
18. Schouderhoogte (cm)	2,7	30,9	35,8	41,3	2,7	37,5	42,2	47,3	3,4	42,0	48,1	55,1
19. Ellebooghoogte (cm)	1,8	12,3	15,1	19,0	1,9	14,2	17,3	21,0	2,3	15,0	19,2	23,5
20. Dijkbeendikte (cm)	0,9	6,7	8,1	9,8	1,0	7,8	9,5	11,4	1,3	8,9	11,1	14,1
21. Bil-knieholte diepte (cm)	3,3	22,2	28,0	34,6	2,7	30,8	35,7	41,1	3,2	36,5	42,4	48,4
22. Bil-knie diepte (cm)	3,8	27,7	34,4	41,3	3,0	37,9	43,6	49,2	3,7	44,9	51,6	59,1
23. Knieholtehoogte (cm)	3,5	20,5	26,6	32,8	2,5	30,4	34,7	39,5	3,0	35,6	41,1	47,2
24. Kniebreedte (cm)	0,5	5,7	6,7	7,6	0,5	6,7	7,5	8,5	0,6	7,2	8,3	9,5

	kinderen 2 t/m 5 jaar (n=700)				kinderen 6 t/m 8 jaar (n=850)				kinderen 9 t/m 12 jaar (n=965)			
	sd	p3	$\bar{x}$	p97	sd	p3	$\bar{x}$	p97	sd	p3	$\bar{x}$	p97
HOOFDMATEN												
25. Hoofdlengte (cm)	0,8	16,41	17,9	19,3	0,7	17,3	18,6	19,8	0,7	17,6	18,9	20,2
26. Kin-kruin lengte (cm)	0,9	9,6	21,3	22,9	0,7	21,3	22,5	23,8	0,8	22,0	23,5	25,1
27. Hoofdbreedte (cm)	0,5	12,6	13,5	14,6	0,5	13,1	14,1	15,2	0,6	13,4	14,4	15,5
28. Hoofdhoogte (cm)	1,4	15,8	18,5	20,9	1,1	17,8	20,0	22,1	1,1	18,8	20,9	23,0
29. Hoofdomvang (cm)	1,6	47,9	51,1	54,0	1,4	50,2	52,7	55,3	1,6	51,4	54,0	57,1
HANDMATEN												
30. Handbreedte (cm)	0,4	4,7	5,5	6,2	0,4	5,7	6,4	7,1	0,5	6,2	7,1	8,0
31. Handlengte (cm)	1,1	9,6	11,5	13,5	0,8	12,3	13,8	15,4	1,0	14,0	15,8	17,9
32. Middelvinger lengte (cm)	0,5	4,1	5,0	5,9	0,4	5,2	5,9	6,7	0,5	5,9	6,8	7,7
33. Pinkbreedte (cm)	0,1	0,8	0,9	1,1	0,1	0,9	1,0	1,2	0,1	0,9	1,1	1,3
34. Duimbreedte (cm)	0,1	1,1	1,4	1,6	0,1	1,3	1,5	1,7	0,1	1,4	1,7	2,0
35. Handdikte (cm)	0,2	1,3	1,7	2,1	0,2	1,6	2,0	2,3	0,2	1,8	2,2	2,6
36. Handdiameter (cm)	0,4	4,2	4,8	5,5	0,4	4,8	5,4	6,2	0,4	5,2	6,0	6,8
37. Grip omvang (cm)	0,8	6,1	7,5	9,0	0,9	7,6	9,1	10,6	1,1	8,8	10,7	12,9
VOETMATEN												
38. Voetlengte (cm)	1,5	13,5	16,5	19,2	1,2	17,7	19,9	22,2	1,4	20,0	22,7	25,6
39. Voetbreedte (cm)	0,6	5,4	6,5	7,7	0,5	6,7	7,6	8,7	0,6	7,3	8,4	9,6
40. Wreefhoogte (cm)	0,7	4,9	6,0	7,4	0,7	5,8	7,2	8,7	0,9	6,5	8,1	9,8

Tabel 1 Antropometrische gegevens van Nederlandse kinderen tussen 2 en 13 jaar.

Anthropometric Source Book

1978 Volume 2, NASA Reference Publication 1024, National Technical Information Centre (NTIS), Springfield Virginia, USA.

DIN 33402

1981 Körpermasse des Menschen, Berlin.

Molenbroek, J.F.M. en Dirken, J.M.

1986 DINED-tabel, 3e herziene versie, Technische Universiteit Delft.

Ruiter, I.A.

1995 Development of computer man-models for Dutch children. In: Robertson, S.A. (Ed.) Contemporary Ergonomics 1995, Taylor and Francis, London, blz.328-333.

Snyder, R.G., Schneider, L.W., Owings, C.L., Reynolds, H.M., Golomb, D.H., Schork, M.A.

1977 Anthropometry of infants, children and youth to age 18 for product safety design, Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale.

Steenbekkers, L.P.A.

1993 Child development, design implications and accident prevention, Series in Physical Ergonomics, Volume 1, Delft University Press, Delft.

DEEL 3

ERGONOMIE IN HET OPENBAAR VERVOER

D.P. Rookmaaker, Ergonomie in het openbaarvervoer	3- 89
M.P. Göbel, Datacommunicatie-apparatuur voor treinpersoneel	3- 94
R.v.d. Weide, Handwissels trekken zware wissel op handkracht	3-101
J.R.Vorderegger, Van technisch geörienteerde wijzerplaat naar één Europees ergonomisch aanpak	3-105
H.F.L. Frieling, NS-kaartautomaat	3-109
J. Klok en J. van Wijk, De Reiswijzer	3-114
E.J.M. Maessen, Data entry in een trillende omgeving	3-122
J.H.M. Peeters, Treincabineklimaat: rekenen met "CLIMACAB"	3-130

ERGONOMIE IN HET OPENBAAR VERVOER

Het Verleden.

D.P. Rookmaaker

Al meer dan dertig jaar heeft binnen de Nederlandse Spoorwegen aandacht bestaan voor ergonomie. Aanvankelijk begonnen met een Ergonomische Werkgroep, bestaande uit leden die zich incidenteel met ergonomie bezighielden, werd in 1965 de eerste full-time ergonoom aangesteld.

In de jaren daarna hebben hoopvolle groei-ontwikkelingen zich afgewisseld met vaak matig doordachte bezuinigingen en krimp in personeels - aantallen. Hoewel de organisatorische plaatsing (binnen Personeelszaken) vrijwel onveranderd bleef, heeft de groep in de loop van de tijd een diversiteit aan naamgevingen gekend.

Ondanks al deze, vaak wat verwarrende, ontwikkelingen zijn door de jaren heen de karakteristieke kenmerken van de ergonomie bij NS niet essentieel gewijzigd. Die kenmerken kunnen in feite als volgt omschreven worden :

- Het adviseren op vrijwel het gehele gebied van de toegepaste ergonomie. Basisresearch heeft in feite nooit grote aandacht gekregen tenzij direct gericht op de applicatie; een en ander vanuit de overtuiging dat ergonomie bij een dergelijk bedrijf alleen dan bestaansrecht heeft als het rechtstreeks bijdraagt aan het realiseren van de bedrijfsdoelstellingen.
- De samenstelling van de ergonomische adviesgroep is altijd multidisciplinair van aard geweest, met in de loop van de tijd disciplines als: industrieel ontwerpen, arbeidskunde, bedrijfsgeneeskunde, arbeids-hygiëne, psychologische functieleer, bewegingswetenschappen, cognitieve en arbeid- en organisatie (A&O)-psychologie.
- De ergonomische advieswerkzaamheden zijn altijd gericht geweest zowel op de werknemer, het personeel als op de gebruiker, de reiziger, de consument.
- Doordat steeds nadrukkelijk gestreefd is naar een vroegtijdige, op preventie gerichte inbreng van de ergonomie, hebben de contacten zich vaak binnen de sfeer van de engineering, de nieuwbouw afgespeeld. Mede daardoor heeft de ergonomie zich steeds meer ontwerpgericht geprofileerd. (Desondanks zijn binnen het bedrijf veel voorbeelden te geven waarbij deze vroegtijdige, ontwerpgerichte inbreng niet gelukt is; helaas soms met "ergonomische" resultaten!).
- Uitdrukkelijk is altijd gewezen op de verantwoordelijkheden en taken van de betrokken actoren in het samenwerkingsveld: de ergonomisch adviseur heeft als verantwoordelijkheid de kwaliteit van het advies; de opdrachtgever (veelal het management) heeft de verantwoorde-

lijkheid (en bevoegdheden) over de implementatie van het ergonomisch advies.

Jarenlang heeft de ergonomische adviesgroep in het totaal enige honderden adviezen gegeven binnen alle geledingen van NS; ook incidenteel daarbuiten met name bij de zogenoemde dochters (bijv. busbedrijven en computerbedrijf). Adviezen golden als onderdeel van de sociale overhead, als kwaliteitsbijdrage bij nieuwe produkten of ter bevordering van de doelmatigheid van allerlei (produkten) processen. Kosten werden niet doorberekend, terwijl inzicht in de doorwerking van de gegeven adviezen vrijwel ontbrak. Ergonomie werd in het algemeen gewaardeerd als nuttig en zinvol, echter zonder verdere verplichtingen.

Het Heden; SE Arbo.

De stroomversnelling, begonnen in de negentiger jaren, ten aanzien van rendementseisen, kostentoerekening, verzelfstandiging, kernactiviteiten, enzovoorts, hebben ook de ergonomische adviesgroep ingrijpend geraakt.

Sterk beïnvloed door de Arbowet is binnen NS de oorspronkelijke afdeling Arbeidsomstandigheden omgevormd tot Arbodienst; aanvankelijk binnen de NS-organisatie, per 1 juni 1995 echter als aparte juridische eenheid conform die wettelijke eisen voor een Arbodienst.

Deze, inmiddels gecertificeerde, juridische eenheid - SE Arbo (Service Eenheid Arbo; totaal ca. 220 personeelsleden) - bestaat thans uit 4 + 2 businessunits naast enkele stafafdelingen.

De 4 businessunits (BU) functioneren in feite als regionale arbodiensten met het volledige arbopakket eerstelijnszorg; 1 BU richt zich volledig op human resource management/HRM; 1 BU tenslotte is de ergonomische adviesgroep (SE Arbo/Ergonomie).

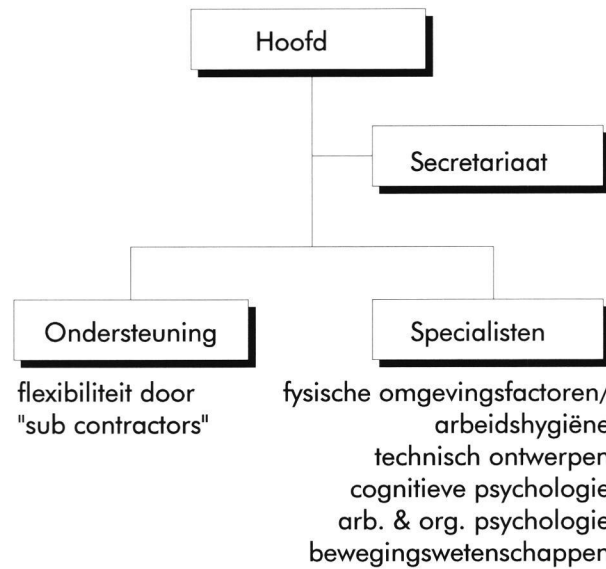
De 6 BU's hebben in principe ieder de taakstelling financieel zelfstandig te functioneren. Het geheel van werkzaamheden vindt onder contractregime plaats via hetzij langlopende verrichtingencontracten, hetzij korter lopende projectcontracten. SE Arbo/Ergonomie werkt vrijwel uitsluitend met projectcontracten. Of SE Arbo in de (nabije) toekomst nog gaat veranderen, is momenteel niet duidelijk. Geheel onwaarschijnlijk is dat niet.

SE Arbo/Ergonomie.

SE Arbo/Ergonomie bestaat momenteel uit een vaste bezetting van 12 personen/11 full time equivalent/fte (zie fig.1 voor organigram) met een capaciteitsflexibilisering via een aantal min of meer vaste onderaannemers.

Als doelstelling is geformuleerd:

- 1.functioneren als hoogwaardig adviesbureau
- 2.projectmatig werken op het gebied van de toegepaste ergonomie
- 3.een preventiegerichte, ontwerpmatige benadering



Figuur 1 Organigram SE Arbo/Ergonomie

Enkele karakteristieken van de groep:

- qua samenstelling multi-disciplinair (industrieel ontwerpen, bewegingswetenschappen, psychologie, arbeidshygiëne / fysische omgevingsfactoren)
- als werkveld zowel productie ergonomisch alsook produkt ergonomisch
- niet alleen "arbo", maar ook consumenten/gebruikers gericht
- ook internationaal opererend

SE Arbo/Ergonomie werkt in principe louter projectmatig op contractbasis, waarbij onder projecten alle "directe" werkzaamheden gerekend worden die meer dan 2 uur tijd kosten (minder dan 2 uur wordt als help-desk beschouwd). Projecten vertonen diensgevolge een uitermate grote verscheidenheid qua duur en omvang. Gewerkt wordt in principe volgens een vastgelegde projectprocedure waarin essentiële stappen staan aangegeven (incl. de evaluatie !).

Voor registratie en administratie wordt gewerkt met Exakt software.

De projectleider - per project benoemd - is in sterke mate verantwoordelijk voor opzet, planning en uitvoering van het project, alsmede - indien nodig - ook voor de samenstelling (qua samenstelling en omvang) van het

projectteam. In de evaluatiefase worden deze facetten naderhand besproken.

De produktie van SE Arbo/Ergonomie, gerekend naar projecten, ligt qua aantallen in de grootte-orde van 125 op jaarbasis. Tabel 1 vermeldt percentages, gesplitst naar eerder aangeduide categorieën (gemiddeld over 1994 en 1995). Het streven is er op gericht het aandeel "internationaal" te laten stijgen.

Tabel 1

Soort projecten (gem. 1994 / 1995)	%
Arbo gericht	
* analytisch karakter	40
* ontwerp karakter	46
Consument gericht	
*analytisch / ontwerp karakter	14
Totaal	100
 Nationaal/Internationaal karakter (gem. 1994/1995)	 %
Nationaal	84
Internationaal	16
Totaal	100

Als illustratie van het voorgaande volgt hier een vrij willekeurige opsomming van enkele meer recente projecten :

- de ontwikkeling (functionaliteit, vormgeving, positionering) van de plaatskaarten automaat, alsmede de vervolgstappen daarbij (anti-mee leesvoorziening, chipkaartaanpassingen). Belangrijke ontwerp accenten lagen vooral in het cognitief-ergonomische vlak.
- het ontwerp, realisering en evaluatie van de stationsloketten (Loket-Balie Systeem) zowel voor de reiziger (interface) alsook voor het personeel (werkplekindeling, ontwerp dialoog-structuur, hulpmiddelen, fysische aspecten). Dit project omvatte in zekere zin vrijwel alle ergonomische aspecten die bij een ontwerp van een werkplek zowel qua aanpak als qua onderdelen een rol spelen.
- het ontwikkelen van diverse werkplekken en -processen in de materieel-technische onderhoudssfeer; dit omvatte ondermeer de vormgeving van de outillage, de gereedschappen en hulpmiddelen.
- het ontwikkelen van het functioneel Programma van Eisen voor apparatuur in de Europese wegebouw. Het betreft hier de ergonomie voor zover die een rol speelt bij het z.g. machinale afwerkproces in de wegebouw voor het personeel op de diverse machines alsook daar omheen.
- het ontwerpen van een nieuwe overweg configuratie voor de baanvakken waar treinen met hogere (160 km/uur) snelheden rijden, ter

- vervanging van de huidige automatische halve overwegbomen/AHOB-installatie en gebaseerd op een grondige ongevalsanalyse.
- het ontwikkelen van het ergonomische PvE alsmede de begeleiding bij de realisatie van diverse soorten reisinformatie systemen (van spoorboekje tot multimodale reisplanner) te gebruiken door diverse categorieën consumenten/reizigers onder uiteenlopende omstandigheden.

Prof.ir. D.P. Rookmaaker
SE Arbo / Ergonomie
Postbus 2286
3500 GG Utrecht
Tel. 030-2399455
Fax 030-2399456
E-mail seaergo@knoware.nl

DATACOMMUNICATIE APPARATUUR VOOR TREIN-PERSONEEL

Samenvatting

Doel van het ergonomisch onderzoek naar toekomstige communicatie-middelen voor treinpersoneel is:

- evaluatie van de beoogde datacommunicatie software van de Combifoon
- vergelijking van de bruikbaarheid van Combifoon en Railpocket voor datacommunicatie

Het onderzoek betreft in beide gevallen een inschatting van de toekomstige situatie, en vond plaats aan de hand van twee geheel verschillende ergonomische methoden:

- een gebruikerstest met een simulatietestprogramma, en
- een analyse van de taken en hulpmiddelen van treinpersoneel.

Het onderzoek heeft met name de volgende aanbevelingen opgeleverd:

- aanpassingen in de specificaties voor de software van de Combifoon
- aandachtspunten voor de toekomstige werkwijze en opleiding bij implementatie van datacommunicatiefuncties
- indicatie van de algehele bruikbaarheid van de Railpocket voor trein personeel
- geschiktheid van Combifoon en Railpocket voor datacommunicatie voor treinpersoneel

M.P.Göbel

Trefwoorden: product ergonomie, methoden en technieken, mobiele communicatie, software.



Inleiding

Door SE Arbo/Ergonomie is onderzoek verricht naar nieuwe communicatie apparatuur voor treinpersoneel (conducteurs, machinisten). Deze apparatuur is bestemd voor communicatie van treinpersoneel onderling, en tus-

sen treinpersoneel en de vaste wal, met name de verkeersleiding. Het onderzoek betreft de bruikbaarheid van twee apparaten: de Combifoon en de Railpocket. Bij een goede bruikbaarheid bieden de apparaten zodanige ondersteuning aan de gebruikers dat een optimale kwaliteit van de taakuitvoering bereikt kan worden.

De Combifoon is een draagbare telefoon die naast spraakfuncties ook datacommunicatiefuncties heeft. De Railpocket is een kleine, draagbare pc waaraan een modem gekoppeld kan worden ten behoeve van elektronische datacommunicatie. In beide gevallen wordt bij de datacommunicatiefuncties gebruik gemaakt van een klein beeldscherm voor het tonen van binnengekomen berichten, en verloopt het invoeren en versturen van elektronische berichten via een toetsenbord. Het toetsenbord van de Railpocket is aanzienlijk uitgebreider dan dat van de Combifoon.

Het ergonomisch onderzoek bestaat uit twee onderdelen:

- Software van de Combifoon
Dit onderzoek betreft de software voor datacommunicatiefuncties van de Combifoon.
- Functionaliteit van Railpocket en Combifoon

Onderwerp van onderzoek is de geschiktheid van de Railpocket voor gebruik door treinpersoneel, en de gewenste functionaliteit van Railpocket en Combifoon.

Een Combifoon met spraakcommunicatiefuncties was tijdens het ergonomisch onderzoek beschikbaar. De datacommunicatiefuncties van de Combifoon waren in de vorm van ontwerpspecificaties vrijwel gereed. Het onderzoek, bestaande uit een gebruikerstest met een simulatietestprogramma, vond plaats vlak voordat de definitieve specificaties voor de datacommunicatiefuncties naar de fabrikant zouden gaan.

De Railpocket was voor het ergonomisch onderzoek niet beschikbaar. Wel was informatie beschikbaar over de haalbare functionaliteit van de Railpocket.

De resultaten van het ergonomisch onderzoek waren beschikbaar voordat een definitief besluit over implementatie van data communicatie functies in Combifoon en Railpocket genomen was.

Beide onderdelen van het onderzoek worden hier beschreven (qua aanpak, resultaten en conclusies). Vervolgens is er in de discussie aandacht voor de gekozen methoden voor beide onderdelen van het onderzoek

Software van de Combifoon

Vraagstelling

De evaluatie van de software voor datacommunicatiefuncties van de Combifoon is voornamelijk gericht op de kwaliteit van dialoog en infor-

matiepresentatie. Daarnaast is aandacht besteed aan werkwijze en functionaliteit.

Aanpak

Het ergonomisch onderzoek omvat de volgende stappen:

- Inventarisatie van reeds ontwikkelde Combifoon specificaties en beoogde werkwijze, uitgaande van de meest recente documentatie.
- Ergonomische analyse van Combifoon software dialoog structuur, met name voor de datacommunicatiefuncties.
- Specificatie en ontwikkeling van een Combifoon simulatietestprogramma voor datacommunicatie, in samenwerking met derden. Afname van testen met treinpersoneel met behulp van een simulatietestprogramma.
- Het testprogramma geeft een serie specifieke bedienopdrachten, die via een aanraakscherm op de Combifoon simulatie door een conducteur/machinist worden uitgevoerd.
- Specificatie van knelpunten in het ontwerp en mogelijke oplossingen.

Resultaten

De belangrijkste knelpunten die uit deze evaluatie naar voren kwamen hebben betrekking op:

Dialoog

- het aantal benodigde handelingen voor veelgebruikte functies
- inconsistentie in het effect van bepaalde bedienhandelingen
- vergissingen van gebruiker met onomkeerbare gevolgen

Informatiepresentatie

- overzichtelijkheid van beschikbare informatie
- gebrekkige terugkoppeling na bepaalde bedienhandelingen
- volgorde van items in menu-lijst
- waarneembaarheid van auditieve signalen
- woordgebruik bij meldingen

Werkwijze

- onduidelijkheden in de afspraken rondom de werkwijze
- kans op vergeetfouten bij drukte

Functionaliteit

- ontbrekende functionaliteit
- overbodige functionaliteit
- negatief oordeel van treinpersoneel over nieuwe functionaliteit

Conclusies

De evaluatie van de Combifoon heeft aanbevelingen opgeleverd met betrekking tot dialoog, informatiepresentatie, werkwijze en functionaliteit. De aanbevelingen zijn gericht op het opheffen van bovengenoemde knelpunten, en zijn onderverdeeld in drie categorieën:

- 1 Hoge prioriteit

Dit zijn noodzakelijke aanpassingen die nodig zijn om een redelijke kwaliteit van de taakuitvoering (veilig, snel, effectief kunnen werken) te kunnen bereiken.

2. Middelhoge prioriteit

Deze aanpassingen zijn van belang om de taakuitvoering en het gebruiksgemak te kunnen optimaliseren.

3. Lage prioriteit

Deze aanpassingen zijn wenselijk vanwege gebruiksgemak maar niet noodzakelijk voor een goede kwaliteit van de taakuitvoering.

Discussie

Dit onderzoek toont aan dat simulatie een zeer bruikbare methode is om bij het ontwerp van interfaces een inschatting te maken van de kwaliteit van dialoog en informatie presentatie.

Voordelen van een simulatie zijn:

Gedetailleerd onderzoeken van een interface is mogelijk voordat het systeem operationeel is.

Bij dit gedetailleerd onderzoeken zijn drie aspecten te onderscheiden.

- Volledig maken van de ontwerpspecificaties
Bij het bouwen van de simulator komen ontbrekende ontwerpspecificaties aan het licht. In dit stadium van de productontwikkeling kunnen nog weloverwogen ontwerpspecificaties gemaakt worden, en wordt voorkomen dat ongewenste ontwerpbeslissingen door de fabrikant genomen gaan worden.
- Onderzoeken van verschillende ontwerp mogelijkheden. Het is mogelijk om de kwaliteit van verschillende ontwerpkeuzes met kwantitatieve gegevens over de taakuitvoering te onderbouwen. Dit kan van belang zijn voor het maken van ergonomisch verantwoorde ontwerpkeuzes en het overtuigen van de opdrachtgever van de juistheid van bepaalde ontwerpkeuzes.
- Evaluatie van de ontwerpspecificaties. Een simulator is een dynamische mock-up van de werkelijkheid. Hiermee is een hoge validiteit van de onderzoeksresultaten haalbaar. Een simulatie geeft inzicht in de te verwachten knelpunten in de dialoog en de informatiepresentatie. Gebruikers kunnen intensief bij de ontwikkeling betrokken worden.
- Een simulatie stelt de gebruikers in staat om gedetailleerd en zinvol commentaar te leveren op het ontwerp.
- Betrokkenheid van gebruikers bij de ontwikkeling is bevorderlijk voor acceptatie van het eindproduct door de gebruikers.

Functionaliteit van Railpocket en Combifoon

Vraagstelling

De Railpocket kan gebruikt worden voor raadpleging en registratie van informatie, en voor datacommunicatie. Railpocket en Combifoon beschik-

ken over overlappende en specifieke functies. Vraagstelling is in hoeverre de Railpocket vanuit ergonomisch oogpunt geschikt is voor gebruik door het treinpersoneel, en of datacommunicatie het beste via de Railpocket en/of via de Combifoon kan plaatsvinden.

Aanpak

Deze ergonomische evaluatie bestaat uit drie onderdelen:

- Beschrijving van taken en hulpmiddelen voor rijdend personeel.

Op basis van beschikbare beschrijvingen van conducteurs- en machinistentaak en interviews met treinpersoneel, zijn taken en bijbehorende hulpmiddelen van treinpersoneel in de huidige situatie beschreven.

Er is een globale inschatting gemaakt van te verwachten wijzigingen in taken en hulpmiddelen bij invoering van de Railpocket (peildatum 1997). Tevens is onderzocht welke mogelijkheden de Railpocket precies biedt om de taken van conducteurs en machinisten te ondersteunen.

- Ergonomisch evaluatie van de Railpocket.

De geschiktheid van de Railpocket als hulpmiddel voor treinpersoneel is onderzocht aan de hand van de taken van het treinpersoneel die de Railpocket kan ondersteunen. Taken van de conducteur zijn bijvoorbeeld: doorgeven van treinsamenstelling en bijzonderheden van de trein (defecten), in- en uit dienst melden en verstrekken van individuele reisinformatie aan reizigers. Er is gekeken naar werkwijze, functionaliteit, informatiepresentatie, bediening en omgevingsaspecten. De (geplande) software van de Railpocket was tijdens deze evaluatie niet beschikbaar. Aan de dialoog van de software is daarom geen aandacht besteed.

- Vergelijking van Railpocket en Combifoon.

Aan de hand van de taakbeschrijving en interviews met treinpersoneel zijn voor elk van de datacommunicatiefuncties de ergonomische voor- en nadelen van Railpocket en Combifoon geïnventariseerd.

Resultaten

Het onderzoek heeft de volgende resultaten opgeleverd:

- Beschrijving van taken en hulpmiddelen van treinpersoneel
- Beoordeling van de geschiktheid van de Railpocket voor treinpersoneel ten aanzien van functionaliteit, informatiepresentatie, bediening
- Opsomming van voor- en nadelen van Railpocket en Combifoon voor gebruik door conducteurs en machinisten
- Algemene aandachtspunten bij implementatie.

Conclusies

De conclusies van het onderzoek zijn ingedeeld in de geschiktheid van de Railpocket voor de conducteur, voor de machinist en algemene aandachtspunten.

Geschiktheid van Railpocket voor de conducteur

Voor registratie functies en het raadplegen van gegevens biedt de Railpocket geen duidelijke ergonomische voordelen boven de huidige papieren. Indien ervoor gekozen wordt om de Railpocket te gebruiken, dan zal nog onderzocht moeten worden of de software voldoet aan ergonomische eisen. Doublures tussen huidige papieren naslagwerken of invulformulieren en de functies van de Railpocket moeten vermeden worden. Voor al te uitgebreide invoer van gegevens is de Railpocket niet geschikt.

In de huidige situatie beschikt de conducteur niet over datacommunicatiefuncties. Datacommunicatiefuncties kunnen de taken van de conducteur uitstekend ondersteunen. De Railpocket is alleen geschikt voor bepaalde datacommunicatiefuncties (in/uit dienst melden, ontvangen/verzenden van niet-urgente berichten).

Gezien de werkwijze, informatiepresentatie en bediening, en de werkomgeving van de conducteur is de Railpocket minder geschikt als hulpmiddel voor datacommunicatiefuncties die snel toegankelijk moeten zijn (op/af trein melden, trein klaarmelden, ontvangen/bevestigen van urgente berichten). Voor deze datacommunicatiefuncties gaat de voorkeur uit naar een hulpmiddel dat beter hanteerbaar is, zoals de Combifoon.

Geschiktheid van Railpocket voor de machinist

De Railpocket is geschikt voor de machinist als hulpmiddel voor:

- Raadplegen en registreren van gegevens

De machinist maakt slechts incidenteel gebruik van de huidige papieren als naslagwerk en voor de registratie van gegevens. De Railpocket kan deze papieren goed vervangen. Er zijn hierbij echter geen duidelijke ergonomische voordelen van de Railpocket boven de huidige papieren.

- Niet-urgente datacommunicatie

Datacommunicatiefuncties kunnen de taken van de machinist goed ondersteunen. De keuze van het juiste hulpmiddel is echter essentieel. De Railpocket is geschikt als hulpmiddel voor niet-urgente datacommunicatie waarbij de bereikbaarheid van de machinist ook buiten de trein van belang is, bijvoorbeeld het informeren van de machinist over een dienstwijziging.

In verband met het takenpakket en de werkomgeving van de machinist is de Railpocket ongeschikt als hulpmiddel voor overige datacommunicatie, bijvoorbeeld urgente berichten tijdens het rijden.

Ongeschiktheid blijkt bijvoorbeeld uit het volgende:

- De rij-taak van de machinist vereist visuele aandacht. Bediening van de Railpocket tijdens het rijden interfereert met de rij-taak.
- Het display van de Railpocket is niet goed afleesbaar als het ('s nachts) donker is in de machinisten-cabine.

Algemene aandachtspunten

Aandachtspunt bij de introductie van de Railpocket met datacommunicatiefuncties is de opleiding/instructie over de werkwijze bij het gebruik van datacommunicatiefuncties.

Overige aandachtspunten zijn de gevoeligheid van de Railpocket voor lage temperaturen, de relatieve kwetsbaarheid van de Railpocket in de gebruiksomgeving van het rijdend personeel, en de hoorbaarheid van de auditieve signalen.

Discussie

Op basis van een analyse van taken en hulpmiddelen van het treinpersoneel kan de bruikbaarheid van communicatie apparatuur voor specifieke toepassingen beoordeeld worden. Het onderzoek levert kennis over de benodigde functionaliteit van de nieuwe apparatuur en de eisen die vanwege de gebruiksomgeving aan de apparatuur gesteld moeten worden.

Op basis van de resultaten van het onderzoek kunnen beter overwogen beslissingen genomen worden bij de keuze van nieuwe communicatie apparatuur voor gebruik door treinpersoneel.

M.P Göbel
SE Arbo/Ergonomie
Postbus 2286
3500 GG Utrecht

HANDWISSELS TREKKEN ZWARE WISSEL OP HANDKRACHT

R.v.d. Weide

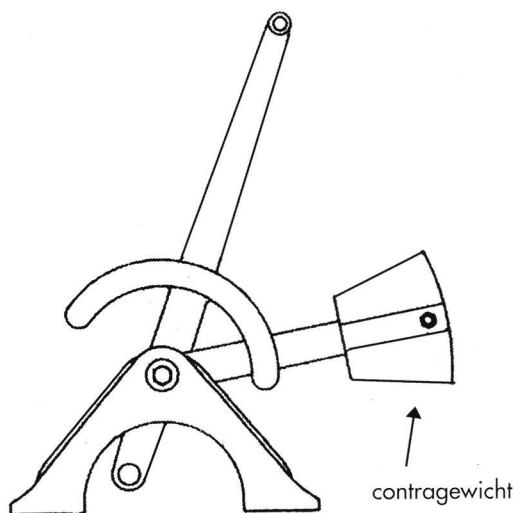
Samenvatting

Uit onderzoek is gebleken dat de bediening van handwissels bij de Nederlandse Spoorwegen een overbelastende activiteit is. Om ergonomische en economische redenen is gekozen voor het laten ontwikkelen van gemakkelijk te bedienen en goedkope mechanismen. In deze bijdrage wordt de rol van SE Arbo / Ergonomie bij de ontwikkeling van ergonomisch verantwoorde alternatieven voor de bediening van handwissels beschreven. Het betreft niet zozeer een rol als ontwerper, als wel een als deskundige ondersteuning voor de opdrachtgever.

Trefwoorden: fysieke belasting, bedieningsmechanisme, deskundige dienst, programma van eisen

Aanleiding

Op rangeeremplacementen en bij werkplaatsen van de Nederlandse Spoorwegen liggen vele handbediende wissels. In totaal zijn het er circa 4000. Deze bestaan in twee varianten: een enkele en een 'engelse'. Bij het engelse wissel worden twee wissels tegelijk bediend door één omstelinrichting. Het werkingsprincipe van de omstelinrichting bestaat hoofdzakelijk uit het handmatig 'omgooien' van een contragewicht, waarbij dit contragewicht vrijwel een halve boog in het verticale vlak doorloopt (zie figuur 11).



Figuur 1

Onderzoek van SE Arbo / Ergonomie in 1993 heeft aangetoond dat het omleggen van een handwissel overbelastend is: de benodigde (til)kracht wordt berekend op 640 Newton. Eind 1993 heeft de Dienst Exploitatie van

NS, het huidige NS Reizigers, in het rayon Zwolle van de Arbeidsinspectie een eis tot naleving ontvangen betreffende het handmatig bedienen van wissels. Hierin wordt gesteld dat alle handwissels in het rayon Zwolle van een mechanisme moeten worden voorzien dat qua bedieningskracht onder de NIOSH-norm blijft. Voorhanden zijnde oplossingen in de vorm van elektrische of elektrohydraulische omstelinrichtingen zijn echter duur. Hoewel een gefaseerde invoering is toegestaan om de lasten te spreiden, zou dit op landelijke basis miljoenen (extra) gaan kosten. Om deze reden heeft NS er voor gekozen om ergonomisch verantwoorde 'handmatig' bediende alternatieven te laten ontwikkelen.

Het probleem is simpel: ontwerp een mechanisme dat een bepaalde kracht levert die nodig is om de wisseltongen te verplaatsen (omstelkracht) en met een bepaalde kracht de wisseltong tegen de aanslagspoorstaaf drukt (aandrukkracht), waarvoor geldt dat de benodigde menskracht binnen bepaalde grenzen blijft. Als randvoorwaarden gelden regels op het gebied van spoorwegveiligheid en de ergonomie en veiligheid van gebruik (bediening en onderhoud). De spoorwegveiligheid blijkt overigens behoorlijke beperkingen met zich mee te brengen, waar hier niet verder op zal worden ingegaan.

Aanpak

Wat is nu de rol van de ergonoom in dit project? Aangezien de beheerder van de infrastructuur - Railinfrabeheer - geen bouwer of ontwerper is wordt het ontwerpen van alternatieven uitbesteed. Dit gebeurt zowel binnen als buiten NS. Uiteraard dient hiervoor een Programma van Eisen (PvE) opgesteld te worden, waarin o.a. eisen op het gebied van de ergonomie zijn opgenomen. In de afgelopen tijd hebben we te maken gekregen met een verandering in het beleid van I-SZW. De aangekondigde P-bladen, Tillen, en 'Fysieke belasting', die als basis voor het PvE hadden kunnen dienen, zullen niet verschijnen. Het ziet er naar uit dat er op 'korte' termijn beleidsregels komen die I-SZW hanteert, en die dan mogelijk conflicteren met het PvE, hetgeen zeer ongewenst is voor de ontwikkeling van een apparaat dat 18-30 jaar mee moet. In ieder geval dienen - veel meer dan voorheen - sociale partners onderling afspraken te maken, waarbij ze zich kunnen laten ondersteunen door een deskundige dienst. SE Arbo / Ergonomie heeft zich in dezen als deskundige dienst voor ondersteuning van het gehele project opgesteld.

Producten

De bij de gekozen rol als deskundige dienst behorende activiteiten zijn onder meer:

- 1 het (her)schrijven van het Programma van Eisen op het gebied van ergonomie;

- 2 het desgevraagd toetsen van prototypes aan de hand van het Programma van Eisen en het eventueel geven van aanbevelingen ter optimalisering;
- 3 advisering bij het ombouwprogramma: welk alternatief waar toe te passen; alle engelse wissels worden bijvoorbeeld elektrohydraulisch uitgevoerd wegens de grote weerstand die bij deze wissels overwonnen moet worden;
- 3 advisering van Railinfrabeheer in de veranderende arbowetgeving;
- 4 begeleiding/advisering van Railinfrabeheer in de contacten met I-SZW.

De twee eerstgenoemde punten worden hieronder nader uitgelegd.

Ad 1. Ten aanzien van het PvE betekenen onze activiteiten bijvoorbeeld dat als uitgangspunt wordt gehanteerd dat het wissel door 85% van de beroepsbevolking (mannen en vrouwen) bediend moet kunnen worden. Dit is analoog aan de door NIOSH gehanteerde uitgangspunten bij tilsituaties. Voor de benodigde kracht betekent dit dat vrijwel alle mannen (> 95%) en de meeste vrouwen (75%) deze kracht zonder gevaar voor veiligheid en gezondheid moeten kunnen leveren.

Voor enkele 'standaard' bewegingen is deze vage eis in concrete richtlijnen uitgewerkt. Hiertoe is eerst de maximale bedienfrequentie in het veld vastgesteld: deze komt neer op 1 wissel per 5 minuten gedurende een hele werkdag. Vervolgens is een acceptabele lichaamshouding gedefinieerd: bediening tussen vuist- en schouderhoogte (op basis van de DINED-tabel), een symmetrische romphouding (< 20° flexie, lateraalflexie of rotatie) en krachtlevering in het sagittale vlak met 2 handen. Tevens zijn er richtlijnen voor de uitvoering van handvatten gegeven (Jaarboek Ergonomie 1994). Bediening op basis van tillen dient op deze wijze onder de maximale NIOSH-limiet van 230 N te blijven (onderschreiding van de NIOSH-limiet was reeds in de eis tot naleving door de Arbeidsinspectie aangegeven). Voor duwen en trekken is uitgegaan van de data van Mital e.a. (1993). Eventuele correctie voor oplossingen die uitgaan van pompbewegingen kan eenvoudig uit deze methoden worden afgeleid (de frequentie wordt verhoogd).

Verder zijn in het ergonomische PvE nog eisen opgenomen over bedieningsruimte, ondergrond, bedieningsgemak en bedieningsveiligheid. Deze eisen gelden ook voor het onderhoud van de wisselbediening.

Aangezien het onmogelijk is om alle mogelijke bedieningsvarianten in een PvE uit te werken, en om de ontwerper geen keurslijf aan te binden, wordt nadrukkelijk gesteld dat indien een leverancier op voldoende wijze kan aantonen aan de algemene eis van ergonomische bediening te voldoen dit eveneens acceptabel is. Dit kan hij bijvoorbeeld (laten) doen door een biomechanische analyse uit te voeren.

Het ergonomische PvE is voorgelegd aan de inspecteur van I-SZW en aan een beleidsmedewerker ergonomie van het Ministerie van SZW. Hoewel

SZW uit principe vooraf geen goedkeuring verleent, blijkt dat de door ons gehanteerde waarden binnen de (voorgenomen) beleidsregels van I-SZW vallen. Bij toetsing achteraf zijn er (voorlopig) geen problemen te verwachten.

Ad 2. Toetsing van alternatieven betekent dat onder (gesimuleerde) 'worst case' omstandigheden (P95 van de in het veld gemeten omstelkrachten, dus een grote weerstand van de wisseltongen) met enkele rangeerders van verschillende lengte en geslacht het gebruik van de omstelinrichting wordt getest. De werkhouding wordt door middel van video geanalyseerd en de benodigde menskracht gemeten. Indien daar aanleiding toe bestaat wordt met behulp van een biomechanisch model (zoals 3DSSPP van de University of Michigan) bepaald of er daadwerkelijk geen knelpunten zijn te verwachten voor het gespecificeerde deel van de beroepsbevolking. Ook bedieningsgemak en -veiligheid maken deel uit van deze toetsing. Op basis van de toetsing worden aanbevelingen gedaan om het ontwerp eventueel alsnog geschikt te maken of een in principe voldoende ontwerp te optimaliseren.

Conclusie

Nadrukkelijk hebben we in dit geval niet gekozen voor het zelf (mede) ontwerpen van een bedieningsmechanisme, hoewel dit een mogelijkheid was geweest. Een neutrale advisering t.b.v. de opdrachtgever Railinfrabeheer alsook beoordeling en advisering omtrent alternatieven is dan niet meer gegarandeerd. Aangezien de opdrachtgever en klant van SE Arbo op goede ondersteuning mag rekenen, is voor bovenbeschreven rol van adviseur en toetser gekozen. Een en ander moet leiden tot de vrijgave (goedkeuring) van één of meer ergonomisch verantwoorde alternatieven voor de handbediende wisselsteller.

Gebleken is dat de werkwijze van het zelfstandig vaststellen van grenswaarden in het Programma van Eisen in een tijd van in ontwikkeling zijnde (en dus op korte termijn mogelijk conflicterende) beleidsregels van I-SZW een voor alle partijen ingewikkelde en onwenselijke situatie vormt.

drs. R. van der Weide
SE Arbo / Ergonomie
Postbus 2286
3500 GG Utrecht
tel. 030-2399442
fax 030-2399456

VAN NATIONALE WIJZERPLATEN NAAR EEN EUROPESE INTERFACE VOOR DE MACHINIST

I.R. Vorderegger

Samenvatting

Door de ontwikkelingen binnen Europa inzake doorgaande, grensoverschrijdende treinen, is de noodzaak een Europees treinbeheersingssysteem (European Train Control System/ETCS) te ontwikkelen, steeds duidelijker geworden. Onderdeel van dit systeem wordt gevormd door de interface machinist - technisch systeem. In deze bijdrage wordt het ontwerpproces van de ETCS/MMI qua ergonomie in de diverse stappen beschreven.

Trefwoorden: voertuig/treinbeheersing, treinverkeersveiligheid, presentatie van kwantitatieve variabelen, interface ontwerp

Aanleiding tot het project

Bij de ontwikkeling van grensoverschrijdende hogesnelheidstreinen (TGV's) werd de Europese spoorwegmaatschappijen duidelijk dat er meer eenheid moest komen in de diverse automatische treinbeïnvloedingssystemen, zoals in Nederland het ATB systeem. Een treinbeïnvloedingssysteem bewaakt de aan de trein door het seinstelsel opgelegde snelheden. Als een trein bijv. te hard rijdt, wordt de machinist gewaarschuwd, volgt er geen passende reactie (bijv. remmen) dan wordt de snelheid van de trein door het treinbeïnvloedingssysteem automatisch verminderd tot de dan toegestane snelheid. De TGV die van Parijs naar Amsterdam rijdt heeft bijvoorbeeld 5 nationale ATB's aan boord. Plaatsing van alle nationale systemen van alle landen die een TGV passeert is constructie-technisch, economisch en ergonomisch gezien vrijwel onmogelijk.

In 1991 begon het European Railway Research Institute (ERRI) daarom een studie naar de ontwikkeling van een Europese ATB (European Train Control System/ETCS). Opmerkelijk daarbij was dat ongeveer het eerste subproject dat van start ging het ETCS-MMi project was. Een goed voorbeeld van vroegtijdig inschakelen van ergonomie! De SE Arbo/Ergonomie van de Nederlandse Spoorwegen vormde het ontwerpteam voor dit project.

Inventarisatie bij Europese experts

De eerste stap was een inventarisatie van de huidige problemen en de ideeën voor de toekomst met betrekking tot treinbeveiliging, veiligheid, snelheidsbeheersing en daarmee samenhangende systemen. Daartoe werden een groot aantal deskundigen van de Europese Spoorwegmaatschappijen geïnterviewd. Tevens werd daarbij besproken hoe het een en ander aan de machinist gepresenteerd zou kunnen worden. Daartoe waren drie verschillende basis presentaties uitgewerkt voor het weergeven van de

belangrijkste gegevens en hun relaties (huidige snelheid, toegestane snelheid, doelsnelheid, rem- en waarschuwingscurven):

- een klassieke presentatie met een ronde meter en wijzers
- een diagram met de verschillende snelheden in de vorm van curven en histogrammen
- een presentatie in een centraal perspectief.

Terugkoppeling van experts

De filosofieën die men in de diverse landen hanteerde tijdens rijden en remmen en de problemen die men noemde tijdens de inventarisatie werden expliciet gemaakt en vertaald in presentaties en een onderzoeksopzet. De tweede stap werd gevormd door een workshop met spoorwegexperts waarin deze ergonomische "vertaling" besproken werden.

Experimentele testen

Tijdens de derde stap testten 100 Europese machinisten uit 9 landen gedurende een ruim 4 uur durende sessie de basis-presentaties onder uiteenlopende omstandigheden in een simulator. Hun rijgedrag (remcurven, rijtijd, waarschuwingen en ingrepen), hun opinies en opmerkingen en uiteraard hun reactietijden en performance werden vastgelegd.

- De belangrijkste conclusie was dat een diagram een goed totaal overzicht gaf en bruikbaar was bij het plannen en anticiperen van gebeurtenissen. Het nadeel van een diagram bleek echter te zijn dat de cruciale informatie die bij het remmen nodig is (nl. het verschil tussen huidige snelheid en toegestane snelheid) zeer moeilijk te zien is. Hoe kleiner dit verschil is hoe belangrijker is een goede waarneming van dit verschil. De machinist zit namelijk dicht bij een ingreep. Maar in een diagram is het verschil moeilijker te zien naarmate het verschil kleiner is.
- Voor de perspectivische presentatie gold het omgekeerde. Hoe dichter de machinist bij de ingreep was hoe duidelijker dit voor hem te zien was. Daar stond echter tegenover dat niet duidelijk was wat de oorzaak van enige verandering in het verschil was. Nam het verschil bijvoorbeeld toe omdat de machinist meer remde, de helling steiler werd of de toegestane snelheid toenam?
- Een klassieke meter met wijzers vormde een soort compromis. De zichtbaarheid van het verschil tussen feitelijke snelheid en toegestane snelheid was minder dan bij de perspectivische presentatie maar duidelijk was wel waardoor het verschil veroorzaakt werd.

Het voorgestelde taak georiënteerde ontwerp

De onderzoeksresultaten leidden tot een voorgesteld ontwerp van het

ETCS/MMI display. Dit voorstel was niet een van de drie basis ontwerpen maar een combinatie. De kwaliteit van de basis presentatie bleek afhankelijk van de taak die de machinisten moesten uitvoeren. Daarbij werden de volgende rijtaken onderscheiden.

Snelheidbewaking/remmen

Voor de snelheidbewakingstaak zijn primair nodig de treinsnelheid, de toegestane snelheid, de doelsnelheid en hun relaties. Deze moeten zeer duidelijk waarneembaar zijn (handelingen op basis van vaardigheden). Daarom is gekozen voor een presentatie in een ronde meter. Wanneer de machinist voldoende tijd en ruimte heeft kan hij het remmen en tractie geven verfijnen (handelingen op basis van kennis). Daarvoor krijgt hij rem-details; met name wordt het verschil tussen treinsnelheid en toegestane snelheid getoond in een perspectivische presentatie. Verder worden voorspellingen over de snelheid bij het doel gegeven.

Snelheidbewaking/snelheid-handhaving

Naast het veranderen van de snelheid moet de machinist zijn trein ook op een door hem gekozen snelheid kunnen houden. Ter ondersteuning van deze taak en in verband met de lage resolutie van een ronde schaal die tot 500 km/h loopt, wordt de treinsnelheid tevens digitaal getoond.

Planning

De gebeurtenissen die de machinist kan verwachten en het erbijhorende snelheidsprofiel worden getoond in een diagram met op de x-as de snelheid en op de y-as de afstand tot de gebeurtenis (een sein, een overweg, een snelheids-verandering, etc.). Daarbij gaat het niet om onmiddellijke acties en primaire informatie (op vaardigheden gebaseerd) maar om het anticiperen en het kiezen van deze acties (op kennis gebaseerd).

Daarnaast werden afzonderlijke ontwerpen gemaakt voor de taken:

- supervisie van diverse subsystemen
- invoer van trein en machinisten gegevens
- expert beoordeling.

De gekozen presentatie werd wederom besproken in een bijeenkomst met Europese spoorwegdeskundigen en werd in grote lijnen aanvaard. Opmerkelijk was het vrijwel unanieme enthousiasme over de gekozen presentatie.

De volgende stappen

Een volgende tijdrovende stap was de concrete uitwerking. Door de kennis die de ergonomen inmiddels verworven hadden spelen zij daar nu een cruciale rol bij. Datzelfde geldt voor implementatie. De ontwikkelde kleuren

afdrukken en computersimulaties die dienden voor ergonomisch onderzoek blijken uitstekend bruikbaar bij voorlichting aan potentiële gebruikers.

De spoorwegmaatschappijen zijn vaak nog gewend snelheidsbeheersingsinformatie te geven via lampjes. Veel maatschappijen gebruiken daarvoor mechanische ronde meters met enkelvoudige wijzers. ETCS gaat een stap verder en gaat uit van een presentatie in meerdere lagen met behulp van een aanraakscherm (dat overigens door de technici met een zekere scepsis ontvangen is).

Daardoor is het mogelijk een MMI te maken met o.a. de volgende kenmerken:

- taak-gebaseerd
- aandacht bewaking door de machinist
- basis standaard, toepasbaar in heel Europa
- binnen de standaard voldoende ruimte voor het oplossen van eigen specifieke problemen en interpretaties
- een voor de machinist min of meer geruisloze overgang van het huidige nationale systeem naar de toekomstige Europese standaard

Beproeving

Het voorgestelde ontwerp van de MMI zal, ondanks de zeer zorgvuldige ontwerpaanpak, nog wijzigingen vereisen bij dagelijks gebruik. Mede daarom zal de MMI-presentatie nog uitvoerig beproefd worden op een aantal testbaanvakken, verspreid over heel Europa, in een diversiteit aan treinmaterieel.

Pas daarna zal het ETCS systeem (inclusief MMI) binnen heel Europa ingevoerd kunnen worden.

Ir. J.R.Vorderegger
SE Arbo/Ergonomie
Postbus 2286
3500 GG Utrecht
Telefoon 030 - 2399451

Noot van de redactie: bij dit artikel horen twee, helaas niet reproduceerbare, figuren. Nadere informatie bij de auteur.

NS-KAARTAUTOMAAT

H.F.L. Frieling

Samenvatting

Optimale gebruiksvriendelijkheid werd bij de ontwikkeling van de NS-kaartautomaat van vitaal belang geacht. Belangrijke ergonomische aandachtsgebieden bij het ontwerp waren dialoog en bediening, plaatsing van hardware, informatiepresentatie op frontplaat en omgevingsaspecten. Belangrijke kenmerken van het ontwerp zijn de sturing van de dialoog aan de hand van knipperende pijlen en drukknoppen, de bewuste keuze uit alternatieven door de gebruiker. Na enkele aanpassingen op basis van een gebruikerstest blijkt dat de NS-kaartautomaat in de praktijk door 93% van de gebruikers als goed wordt beoordeeld.

Trefwoorden: kaartautomaat, mens-machine dialoog

Inleiding

Eind 1992 is een nieuwe generatie kaartautomaten geplaatst op NS-stations. De nieuwe kaartautomaat onderscheidt zich van de voorgaande door een groter afgifte-assortiment en een groter aantal af te geven bestemmingen. Bij de ontwerpfase is SE Arbo/Ergonomie ingeschakeld om de mens-machine dialoog en de frontplaat-layout uit te werken. Hierna wordt ingegaan op de uitgangspunten/kenmerken van het ontwerp en ergonomische inbreng bij de ontwikkeling. Besloten wordt met praktijkervaring van reizigers en enkele recente en toekomstige aanvullingen op de kaartautomaat.

Ontwerp en ergonomische inbreng

Uitgangspunten en kenmerken

Belangrijke ergonomische uitgangspunten bij het ontwerp zijn een eenvoudige dialoogstructuur, eenvoudige bediening en geschiktheid voor een zo groot mogelijke gebruikersgroep. Belangrijke kenmerken van het ontwerp zijn de sturing van de dialoog aan de hand van knipperende pijlen en drukknoppen, de bewuste keuze uit alternatieven door de gebruiker waarbij informatie wordt aangeboden waar de gebruiker deze verwacht.

Ergonomische inbreng

Bij het ontwerpen van de kaartautomaat (figuur 1) is een viertal ergonomische werkvelden aan te geven. Achtereenvolgens komen de volgende aspecten aan de orde:

1 Dialoog en bedienaspecten

- dialoog afhandeling
- keuze van de te gebruiken codes
- gebruik van de display

- 2 Hardware
 - plaatsbepaling van elementen
- 3 Informatiepresentatie
 - grafische lay-out van de frontplaat
 - informatiepresentaties op de frontplaat
- 4 Omgevingsaspecten
 - plaatsbepaling in het station
 - verlichting frontplaat



Figuur 1

NS-kaartautomaat

Dialoog en bedienaspecten

Bij het kopen van een kaartje worden de volgende vier stappen onderscheiden: keuze bestemming, keuze produkt, betaalhandeling en ontvangst kaartje (en eventueel wisselgeld).

Allereerst wordt ingegaan op de gehele dialoog om vervolgens elke stap afzonderlijk te beschrijven.

De bedieningsvolgorde wordt door knipperende pijlen gepresenteerd. Bij de eerste stap knippert zowel de pijl bij de bestemmingenlijst als bij het numerieke toetsenbord. Door middel van het display wordt feedback gegeven over welke bestemming of kaartsoort de ingetikte code betrekking heeft.

Na deze stap wordt de reiziger door knipperende drukknoppen 2e en 1e klas opmerkzaam gemaakt op de volgende verlangde keuze. Vervolgens wordt ook aandacht gevraagd voor de betaalhandeling met knipperende pijlen naar de muntgleuf en de elektronisch betalingsunit.

In het oorspronkelijk ontwerp lag deze volgorde vast; wel was het mogelijk eerder gemaakte keuzes te veranderen en de dialoog opnieuw starten met de correctietoets.

Bij de keuze van de bestemming is bij NS voor 't eerst gekozen voor een numerieke keuze en wel in de vorm van een vier-cijferige codering op basis van de postcode. Een vier-cijferige code heeft de voorkeur boven een drie-cijferige code omdat de kans dat fouten door het systeem worden afgevangen groter is en er meer mogelijkheden zijn om codes met psychologisch relevante eigenschappen samen te stellen (b.v. 4444, 5544, 4200, 1234).

Daarbij bleek dat de stelling dat reizigers bekend zijn met de postcode van de bestemming in de praktijk te kloppen. Door veelvuldig gebruik is bijvoorbeeld voor reizigers naar Amsterdam bekend dat postcodes daar rond de 1000 liggen. Het onthouden van betekenisvolle informatie is veel gemakkelijker dan van informatie zonder betekenis.

Bij de keuze van het produkt is gekozen voor een meerknopsbediening waarbij de reiziger voor elke variabele van de kaartsoort een beslissing moet nemen en deze uitvoert door het indrukken van een knop. Voordeel is dat bij iedere keuze aandacht nodig is waardoor de kans op fouten afneemt. Nadeel is dat de benodigde tijd voor het afgeven toeneemt, hetgeen alleen voor frequente gebruikers storend zou kunnen zijn. Bij onervaren automaat-gebruikers is echter de keuze minder gevoelig dan bijvoorbeeld met het meest gekochte treinkaartje als default-instelling.

De keuzemogelijkheid wordt aangeboden door de drukknoppen te laten knipperen. Feedback van de gemaakte keuze wordt gegeven door middel van het continu gaan branden van de drukknop.

Vanwege de grote foutgevoeligheid bij het invoeren van papiergeld is afgezien van een biljettenacceptor en, naast muntgeld, gekozen voor het elektronisch betalen. Het advies om het PIN-pad pas toegankelijk te maken bij de betaalhandeling (b.v. door een doorzichtige voorzetplaat te verschuiven) is helaas niet overgenomen zodat bepaalde gebruikersfouten niet worden afgevangen (b.v. als eerste stap het pasje invoeren of verwar-ring tussen kaartautomaat-toetsenbord en PIN-pad).

In navolging van de geldautomaten wordt het kaartje pas afgegeven als de reiziger het pasje heeft teruggenomen. Het rinkelen van wisselgeld en het gaan branden van de lamp in de afgiftela zijn voldoende opvallend.

Uit een evaluatie van de oude kaartautomaat kwam naar voren dat een bedieningsinstructie vaak niet gelezen wordt. Besloten is daarom ook bij de nieuwe kaartautomaat geen bedieningsinstructie op te nemen met als voordeel dat in totaal minder informatie wordt gepresenteerd op de frontplaat. De bedieningsstappen worden krachtig gepresenteerd en zijn van feedback voorzien.

Hardware

De automaat is gebaseerd op een reeds bestaand ontwerp zodat ten aanzien van hardware wijzigingen beperkingen golden. Bij de plaatsing van de verschillende elementen is als tweetal uitgangspunten gehanteerd dat de bedienbare elementen door de gebruikerspopulatie bediend moeten kunnen worden en informatie daar aan te bieden waar de gebruiker op dat moment kijkt en alleen aan te bieden als deze actueel is.

Informatiepresentatie

In verband met het gebruik door ouderen is rekening gehouden met een verhouding van de letterhoogte en de kijkafstand van 1/200. Voor teksten op de bestemming geldt dat codes direct achter de bestemming zijn geplaatst. Bestemmingen zijn alfabetisch geordend waarbij de beginletter van de eerste bestemming van een groep vergroot wordt weergegeven. De verschillende functionele stappen worden grafisch onderscheiden door het aanbrengen van kaders.

Omgevingsaspecten

Een belangrijk omgevingsaspect betreft de verlichting. Om niet afhankelijk te zijn van de omgeving heeft de kaartautomaat een eigen verlichtingsarmatuur onder een kap. Bij de uitwerking hiervan is egale verlichting nagestreefd die overstraling bovenin voorkomt en voldoende verlichting geeft lager op de frontplaat. Daarnaast zijn aanbevelingen opgesteld voor de plaatsing van de automaat in het station.

Test ontwerp met gebruikers

Het ontwerp is getest in de praktijk door 275 reizigers met behulp van een

prototype-kaartautomaat. Als resultaat kwam daar uit dat het ontworpen concept van de dialoogafhandeling voldeed. Door 90% van de reizigers kon de opdracht zonder hulp en fouten worden volbracht. De bediening werd over het algemeen eenvoudig gevonden.

Naar aanleiding van het onderzoek werden aanpassingen voorgesteld. Ten aanzien van de informatiepresentatie werd voorgesteld bij oplichtende pijlen/drukknoppen de verlangde actie in tekst aan te geven en de leesbaarheid te vergroten door de spatiëring en stokdikte aan te passen

Ten aanzien van de bediening en dialoog werd voorgesteld de produktknoppen hoger te plaatsen vanwege de leesbaarheid voor lange gebruikers en werd voorgesteld een verkeerde start te accepteren.

Praktijkervaringen en aanvullingen

Ervaringen in de praktijk

Uiteindelijk moet de kaartautomaat zich in de dagelijkse praktijk bewijzen. Uit resultaten van consumentenonderzoek in 1994 bleek dat in 93% van de gevallen het bedieningsgemak van de automaten als goed wordt beoordeeld. Als belangrijkste voordelen worden tijdwinst en betaalgemak genoemd. Door slechts 10% van de gevraagde reizigers wordt de wens geuit om met bankbiljetten te kunnen betalen. Verdere aanvullende wensen zijn een uitbreiding van het assortiment (treintaxikaartje en 5-retourkaart) en het kunnen afgeven van kaartjes vanaf meerdere vertrekstations en van meerdere kaartjes tegelijk.

Recente en toekomstige aanvullingen

Recentelijk is door SE Arbo /Ergonomie meegewerkt bij de ontwikkeling van een afschermkap als aanvullende voorziening tegen het meekijken op het PIN-pad. Aandacht zal nog worden besteed aan het betalen met een toekomstige chipkaart waardoor de afhandelingsnelheid bij elektronisch betalen zal verbeteren.

H.F.L. Frieling
SE Arbo/Ergonomie
Postbus 2286
3500 Utrecht

Literatuur

Griffioen, E.

1991 VAR kaartautomaten, Ergonomische rapportage project 1145,
SE Arbo Ergonomie, Utrecht

Timmerman, D., e.a

1994 Evaluatie Kaartjesautomaten B8060-NS, Coördinatie groep Auto-maten,
Nederlandse Spoorwegen, Utrecht

' DE REISWIJZER '

ontwerp van een informatiezuil

J. Klok
&
J. van Wijk

Samenvatting

De 'Reiswijzer' is een informatiezuil die reizigers advies geeft voor reizen met het openbaar vervoer. Bij het ontwerp van de gebruikersinterface van de 'Reiswijzer' heeft de gebruiker steeds centraal gestaan: user centered engineering'. Na een uitgebreide analyse is m.b.v. prototypes onderzocht of gebruikers met de gebruikersinterface overweg konden. Pas na deze testen, toen gebleken was dat het ontwerp inderdaad goed bruikbaar was voor de doelgroep, zijn de interactie-componenten van de zuil (hard- en software) gespecificeerd. Later, bij het gebruiksonderzoek van de zuil, bleek de 'Reiswijzer' aan bijna alle gestelde bruikbaarheidseisen te voldoen; er waren alleen een paar kleine aanpassingen nodig om de eerste gebruiksdrempel nog wat te verlagen. Een duidelijke illustratie van het belang van user centered engineering'.

Trefwoorden: user centered engineering, bruikbaarheid, informatieterminals

Inleiding

Het product: 'de Reiswijzer'

De Reiswijzer is een informatiezuil voor openbaar vervoer reizigers onderweg. 'De Reiswijzer' geeft reizigers een compleet reisadvies: hoe reis je op het gewenste tijdstip van adres A naar adres B in Nederland met (alle vormen van) het openbaar vervoer. Het advies verschijnt op het scherm; gebruikers kunnen het ook printen. Betaling vindt plaats via een telefoonkaart. Vanaf maart 1996 wordt 'De Reiswijzer' in een pilot-project op 20 locaties in Nederland beproefd.

Ontwikkeling van 'de Reiswijzer'

De ontwikkeling van 'de Reiswijzer' is het resultaat van een nauwe samenwerking tussen OVR (Openbaar Vervoer Reisinformatie v.o.f.), PTT Telecom en EDS CVI (Centrum voor Informatieverwerking). Aan de realisatie van de zuil werkten verschillende partijen mee: OVR (projectleiding en gegevens), CVI (implementatie van software), Landmark (ontwerp van hardware), KPN DEM (implementatie van hardware). KPN Research is ingeschakeld voor het ontwerpen van de gebruikersinterface, en voor bruikbaarheidsonderzoeken met gebruikers.

Uitgangspunten voor ontwerp

KPN Research stelt bij het ontwerpen van een gebruikersinterface twee begrippen centraal: bruikbaarheid en User Centered Engineering.

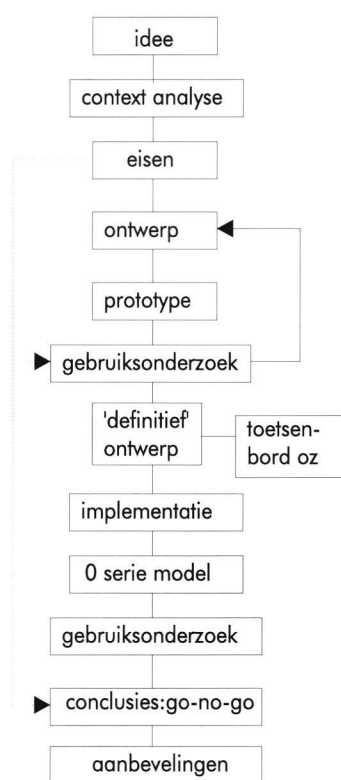
De ISO (International Standardisation Organisation) omschrijft bruikbaarheid (Usability) als volgt:

The extent to which a product can be used to achieve specific goals with

effectiveness, efficiency and satisfaction, in a specified context of use. Niet alleen de prestatie (effectiviteit en efficiëntie) van het produkt vormt een onderdeel van bruikbaarheid. Het gaat ook om de beleving (tevredenheid) van de gebruiker. Daarnaast is de bruikbaarheid van een systeem onlosmakelijk verbonden met de daadwerkelijke gebruikssituatie: het systeem dat gebruikt wordt door de gebruiker, voor de taak en in de omgeving waarvoor het bedoeld is. Een produkt wordt bruikbaar door in alle fasen van het ontwerp uit te gaan van de gebruiker: user centered engineering. Bij user centered engineering vormen ontwerp en ontwikkeling een iteratief proces, waarbij produkt of dienst gaandeweg verbeterd worden.

Ontwerp van de gebruikersinterface

Bij het ontwerp van de gebruikersinterface van 'de Reiswijzer' heeft de gebruiker steeds centraal gestaan (user centered engineering). Het ontwerp heeft de volgende stappen doorlopen

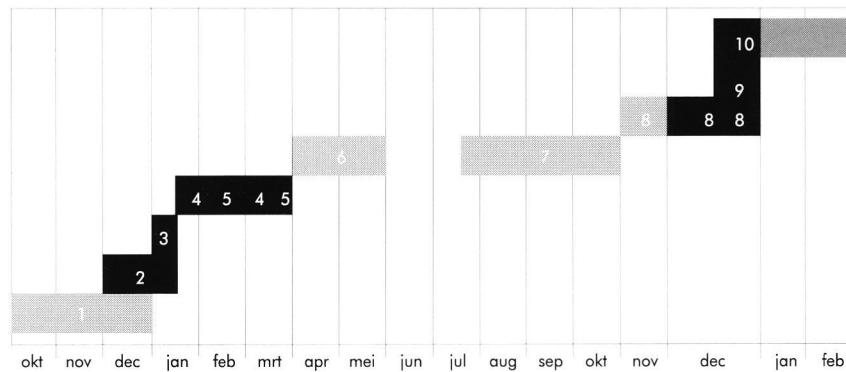


1. Idee: een informatiezuil met reisadviezen voor het openbaar vervoer;
2. Context-analyse: bedoeld voor zelfstandig reizende mensen die de zuil incidenteel zullen raadplegen;
3. Eisen: KISS ("keep it sweet 'n simple"), en bruikbaarheidseisen;
4. Ontwerp en prototypes: twee concepten uitgewerkt tot prototypes:
1. vrije dialoog en softkeys naast het scherm;
2. vraag & antwoord dialoog;
5. Gebruiksonderzoek: gebruikers konden het best overweg met de vraag & antwoord dialoog;
6. Definitief ontwerp: uitwerking van de definitieve gebruikersinterface; met als speciaalonderwerp het Toetsenbordonderzoek (welke lay-out -ABCD of QWERTY- is het meest geschikt?);
7. Implementatie: oplossing van een aantal bruikbaarheids-issues;
8. Gebruiksonderzoek van de 0-serie: met 22 proefpersonen van 40 - 70 jaar, om te achterhalen of 'de Reiswijzer' aan de bruikbaarheidseisen voldoet;
9. Conclusies: 'de Reiswijzer' voldoet goed, maar de eerste gebruiksdrempel is nog iets te hoog;
10. Aanbevelingen: aanpassingen om de eerste drempel te verlagen.

Figuur 1

Ontwerptraject

De volgende figuur geeft weer wanneer onze activiteiten plaatsvonden t.o.v. de totale doorlooptijd van het project, en of deze activiteiten bepalend waren voor deze doorlooptijd ('kritieke pad'). Het kritieke pad is hier zwart aangegeven, de rest van het traject in grijs.



Tabel 1

Doorloop van het project

We zullen de verschillende stappen nu kort beschrijven. Vervolgens besteden we speciaal aandacht aan stap 8 en 9: hoe we getest hebben of 'de Reiswijzer' voldeed aan de bruikbaarheidseisen die waren opgesteld, en wat de resultaten hiervan waren.

1.Idee

Het eerste idee van 'de Reiswijzer', was een informatiezuil die een reisadvies zou geven van deur naar deur, met alle vormen van het openbaar vervoer. De gebruiker betaalt met een telefoonkaart, en krijgt een reisadvies op scherm en op papier. Iedereen zou er gebruik van kunnen maken, en het gebruiksgemak van de zuil zou dat van de praatpaal (ANWB) en de geldautomaat moeten evenaren.

2.Context-analyse

Bij de context analyse is gekeken naar de gebruikers, hun taak en de omgeving waarin ze die taak moeten uitvoeren.

Gebruikers...

Gebruikers zijn tussen 12 en 80 jaar oud, maar voor de gebruikersinterface ligt de focus op 40 - 70 jaar (vanuit het principe: als ouderen ermee overweg kunnen, dan kunnen jongeren er zeker mee overweg). Gebruikers kunnen zelfstandig reizen¹, beschikken over basiskennis van het openbaar vervoer, kunnen lezen en schrijven (Nederlands of Engels), en hebben enige geografische kennis.

Taak...

Een gebruiker zal de zuil niet erg frequent gebruiken, en er geen ervaring mee hebben. De gebruiker kan kiezen voor een alternatief: bellen met 06-9292, informatie vragen aan het loket, omstanders, etc.

¹Voor gebruikers met een lichamelijke handicap die niet zelfstandig kunnen reizen, hebben de NS en de overige OV-bedrijven aangepaste vervoerprogramma's

Ook is bepaald welke stappen voorkomen bij het uitvoeren van de taak (o.a. door de vragen te analyseren waarmee mensen 06-9292 bellen).

Omgeving...

De zuil kan zowel binnen als buiten staan, en gebruikers bevinden zich in een staande positie. Een gebruiker zal snel afgeleid zijn: mensen bewegen om de gebruiker heen, staan te wachten, er is lawaai, de gebruiker heeft kinderen en/of bagage bij zich...

3.Eisen

De context-analyse vormde aanleiding het eerste idee van de zuil aan te passen, met als motto: KISS! (Keep It Sweet 'n Simple). Daarom is besloten een aantal 'extra's' (bijv. prijsinformatie en een via-advies) voorlopig nog niet aan te bieden. Verder heeft de context-analyse geresulteerd in een aantal bruikbaarheidseisen. Daarover straks meer.

4.Ontwerp en prototypes

Uiteindelijk zijn twee concepten uitgewerkt tot prototypes. Het eerste ontwerp was gebaseerd op een geldautomaat, met vier knoppen aan beide zijden van het scherm; de gebruiker bepaalde zelf de volgorde van invullen en kreeg tijdens het invullen ondersteuning via lijstjes.

Het tweede ontwerp was een vraag & antwoord dialoog: één vraag per scherm, en wanneer het systeem het antwoord niet herkende vroeg het de gebruiker (achteraf) of hij/zij misschien bedoelde.

5.Gebruiksonderzoek van de prototypes

Bij testen met gebruikers bleek het eerste concept te moeilijk te zijn: gebruikers hadden teveel moeite met het verkrijgen van een reisadvies. Bij het tweede concept ging dit een stuk beter, zowel bij mensen zonder als met computerervaring. Gebruikers maakten minder fouten en waren sneller klaar met hun taak.

6.Definitief ontwerp van de gebruikersinterface

Het 'vraag- & antwoordconcept' is uitgewerkt tot een definitief ontwerp, in de vorm van flow charts en schermbeschrijvingen. Daarnaast moest nog bepaald worden welk toetsenbord gebruikt zou worden: ABCD of QWERTY. Voor mensen zonder computerervaring ging onze voorkeur uit naar ABCD. Maar tegelijkertijd wilden we mensen mét toetsenbord-ervaring niet teveel benadelen. Uit een vergelijkend onderzoekje bleek dat het ABCD-toetsenbord mensen met type-ervaring twee keer zoveel tijd kostte en dat ze zich bovendien zichtbaar ergerden. Genoeg redenen om toch voor QWERTY te kiezen.

7.Implementatie

Tijdens de implementatie van de gebruikersinterface bleken een aantal zaken toch anders te zijn dan bij het ontwerp was aangenomen. Het was daarom nodig het ontwerp op een aantal punten aan te passen. Doordat we goed contact onderhielden met de programmeurs, waren deze veranderingen gemakkelijk door te voeren.

8.Gebruiksonderzoek van de 0-serie

In een uitgebreid gebruiksonderzoek met 22 proefpersonen hebben we onderzocht of 'de Reiswijzer' voldeed aan de bruikbaarheidseisen die van

tevooren waren opgesteld, en welke aanpassingen nog nodig zouden zijn om de bruikbaarheid van 'de Reiswijzer' te optimaliseren. Het onderzoek vond plaats in het bruikbaarheidslaboratorium van KPN Research.

9.Conclusies

'De Reiswijzer' bleek aan de meeste bruikbaarheidseisen te voldoen; hierover straks meer. De gebruikersinterface bleek goed te voldoen wanneer mensen er eenmaal een keer mee gewerkt hadden.

10.Aanbevelingen

Om ook de eerste drempel te verlagen waren nog een aantal simpel te implementeren aanpassingen nodig. We verwachten dat de 'Reiswijzer' nu ook bij de eerste kennismaking gemakkelijk te gebruiken zal zijn.

Gebruiksonderzoek van de 0-serie

Voor het gebruiksonderzoek hebben we 22 proefpersonen met de 'Reiswijzer' laten werken. Deze proefpersonen waren gelijk verdeeld over:

- de leeftijdscategoriën 40 - 55 jaar en 56 - 70 jaar;
- hoger en lager opgeleid;
- met en zonder computerervaring;
- mannen en vrouwen.

Het gebruiksonderzoek begon met een vragenlijst. Daarna namen we de proefpersoon mee naar het bruikbaarheidslab waar zich de zuil bevond.

De proefpersoon moest vervolgens een aantal taken uitvoeren:

- een oefenscenario (scenario 0), waarbij de proefleider nog aanwezig was om de proefpersoon op haar gemak te stellen;
- maximaal vijf scenario's, oplopend in moeilijkheid: de proefpersoon kon hierbij de proefleider bereiken via een telefonische helpdesk'.

Observatie vond plaats via videocamera's, een one-way-mirror en een tweede beeldscherm van 'de Reiswijzer'.

Iedere proefpersoon voerde in ieder geval het oefenscenario en de vergelijkbare scenario's 1 en 5 uit. Na de scenario's volgde de eindevaluatie: vragenlijsten en een 'teach-back protocol', waarin de proefpersonen in eigen bewoordingen vertelden wat je met 'de Reiswijzer' kan.

Bruikbaarheidscriteria

In het ontwerp-traject waren een aantal bruikbaarheidseisen opgesteld waaraan 'de Reiswijzer' zou moeten voldoen voordat ze op straat geplaatst zou worden. In het gebruiksonderzoek hebben we getest of 'de Reiswijzer' aan deze criteria voldeed. De criteria en de onderzoeksresultaten:

Tabel 2	zelfstandig gebruik	gebruiksduur	fouten
scenario 0	55%	4:01 (100%)	3.4 fout (100%)
scenario 1	91%	1:49 (37%)	1.0 fout (29%)
scenario 5	91%	1.19 (30%)	0.7 fout (21%)

Zelfstandig gebruik

Criterium

80% van de gebruikers is in staat 'de Reiswijzer' zonder hulp te gebruiken.

Resultaten

Tabel 2, 2e kolom geeft de percentages gebruikers die zelfstandig het goede reisadvies verkregen bleken te hebben. Over alle goed uitgevoerde opdrachten heen, bleek 86% zelfstandig tot het juiste reisadvies gekomen te zijn.

Conclusie

De proefpersonen kunnen 'de Reiswijzer' zelfstandig gebruiken.

Begrip van concepten

Criteria

- 70% van de gebruikers begrijpt het concept. Dat wil zeggen dat men de link van de reisplanner met de werkelijkheid kan omschrijven.
- 80% van de gebruikers uit de doelgroep begrijpt het concept van de papieren uitdraai. Dat wil zeggen dat men een link kan leggen tussen het advies op papier en een daadwerkelijke reis.

Resultaten

Dit criterium bleek moeilijk via harde metingen te testen. Het teach-back protocol dat hiertoe in de eindevaluatie was opgenomen, bleek maar ten dele bruikbaar: veel proefpersonen bleken de basisconcepten van de Reiswijzer (het gaat om een advies met het openbaar vervoer, en je moet zelf een aantal dingen invullen...) zo helder te vinden dat zij in hun omschrijving niet verder wilden gaan dan: 'gewoon goed lezen wat op het scherm staat, dan kom je er vanzelf.'

In de gesprekken met de proefpersonen zijn de observators geen proefpersonen tegengekomen die de concepten van de Reiswijzer en de papieren uitdraai niet bleken te begrijpen. Uit deze observaties en de resultaten van de teach-back protocollen concluderen we dat de concepten van de Reiswijzer en de papieren uitdraai helder zijn.

Conclusie

De proefpersonen begrijpen de concepten van 'de Reiswijzer' voldoende.

Gebruiksduur

Criterium

De gemiddelde gebruiksdur van personen uit de doelgroep tot het verkrijgen van een enkelvoudig OV-advies op het scherm is 2,5 minuut.

Resultaten

Onder enkelvoudig reisadvies is het meest eenvoudige advies verstaan dat de zuil kan leveren: een advies vanaf hier en nu. Het gaat hierbij om de scenario's 0, 1 en 5. Tabel 2, 3e kolom geeft de tijdsduur die gebruikers hiervoor gemiddeld nodig hadden. Voor scenario 2 en 5 blijven de gebruikers hiermee onder de gestelde tijd.

Conclusie

Bij het eerste gebruik van 'de Reiswijzer' zijn gebruikers nog te lang bezig; bij volgende adviezen blijft de gemiddelde gebruiksduur ruim onder het gestelde criterium.

Tevredenheid over de 'Reiswijzer'

Criterium

De gemiddelde tevredenheid van de gebruikers over het uitvoeren van handelingen bedraagt minimaal een score van 3 op een schaal van 1 tot en met 5.

Resultaten

De proefpersonen vulden 'smiles' in over hun tevredenheid over 'de Reiswijzer'. Deze smiles zijn vertaald naar getallen (5 smiles, 1 t/m 5)

De gemiddelde waardering van de proefpersonen over 'de Reiswijzer' bedroeg:

- voor 'de Reiswijzer' algemeen: 3,7
- voor het reisadvies op scherm: 3,4
- voor het reisadvies op papier: 4,4
- voor het uiterlijk van 'de Reiswijzer': 4,1
- voor de naam 'Reiswijzer': 4,3

Conclusie

De proefpersonen zijn voldoende tevreden over 'de Reiswijzer'.

Zelf-leerzame gebruikersinterface

Criterium

Bij 70% van de reizigers moet de bedieningssnelheid minimaal toenemen met 25%, terwijl het daarbij optredende aantal bedieningsfouten moet afnemen met tenminste 50%.

Resultaten

De tijdsduur die de proefpersonen gemiddeld nodig hadden voor de afronding van de opdrachten, staat vermeld in tabel 2, kolom 3. De benodigde tijdsduur is dus tussen scenario 0 en scenario 5 afgenomen met 70%. Het gemiddelde aantal fouten dat de proefpersonen maakten bij de scenario's, staat in kolom 4 van tabel 2. Het aantal fouten nam dus af met 79%.

Conclusie

'De Reiswijzer' is voldoende zelfleerzaam.

Conclusie

Tijdens het ontwerp van 'de Reiswijzer' heeft bruikbaarheid steeds centraal gestaan. Na een grondige analyse is via prototypes al vroeg vormgegeven aan het ontwerp. De gebruiksonderzoeken met deze prototypes leverden erg veel informatie op: echte gebruikers met je ontwerp zien werken is duidelijk de beste manier om erachter te komen of het ontwerp voldoet. Het is belangrijk gebruiksonderzoek zo vroeg mogelijk uit te voeren:

dan is er nog voldoende ruimte om het ontwerp bij te stellen. Dit betekent dat -in tegenstelling tot de meeste ontwerp-trajecten- met de specificatie van interactie-componenten (bijv. keuze van het interactiemiddel, en het aantal en de plaats van toetsen), moet worden gewacht tot duidelijk is dat het ontwerp bruikbaar is voor de doelgroep. Bij 'de Reiswijzer' heeft deze aanpak geleid tot uitwerking van een tweede concept, wat -naar onze mening- de bruikbaarheid van het systeem erg verbeterd heeft.

Uit het gebruiksonderzoek van de 0-serie bleek dat 'de Reiswijzer' voldeed aan de meeste bruikbaarheidseisen die van tevoren waren gesteld. Er bleken een paar aanpassingen nodig om ook de eerste gebruiksdrempel te verlagen². Dat het hierbij om kleine, gemakkelijk te implementeren aanpassingen gaat, tekent in onze ogen de zorgvuldigheid van de eerste ontwerp-fasen. We verwachten dat 'de Reiswijzer' een informatiezuil zal blijken waarmee het publiek gemakkelijk zelf een reisadvies zal kunnen opvragen.

Jente Klok
KPN Research
Postbus 15.000
9700 CD Groningen
tel (050) 582 10 07
fax (050) 312 24 15
J.Klok@research.kpn.com

Jacoliene van Wijk
KPN Research
Postbus 15.000
9700 CD Groningen
tel (050) 582 14 18
fax (050) 312 24 15
J.vanWijk@research.kpn.com

2De belangrijkste drempel ontstond door een opeenstapeling van twee problemen. Proefpersonen die een advies wilden naar een adres in de plaats van de zuil, beantwoordden de eerste vraag ("Naar welke plaats wilt u reizen?") vaak met het invullen van het adres. Wanneer ze dit vervolgens wilden verbeteren, bleek de ingevulde waarde nog op het scherm te staan. Proefpersonen hadden moeite om dit weg te halen en bleven hierdoor vaak "hangen" in de eerste opdracht. Dit probleem is opgelost door een extra vraag te stellen ("Waar ligt uw bestemming? 1. In <plaats van de zuil>, 2. Elders) en door bij verbetering de ingevulde waarde automatisch te verwijderen.

DATA ENTRY IN EEN TRILLENDE OMGEVING

E.J.M. Maessen

Samenvatting

De invloed van trillingen op data entry is onderzocht voor toetsgrootte, de gebruikte hardware, de toetsafstand, de grootte van het aanraakveld en de variatie in de plaats waar een toets wordt aangeraakt. Om trillingen zoals die voorkomen in een rijdende trein te benaderen, is gebruik gemaakt van een triltafel. De belangrijkste conclusies zijn, dat voor data entry in een rijdende trein een aanraakscherm het beste te gebruiken is, dat de toetsgrootte minimaal 400mm² dient te zijn en dat aanraakvelden aan elkaar moeten aansluiten.

Trefwoorden: data entry, hardware technieken, aanraakscherm, triltafel, trillingen

Vraagstelling

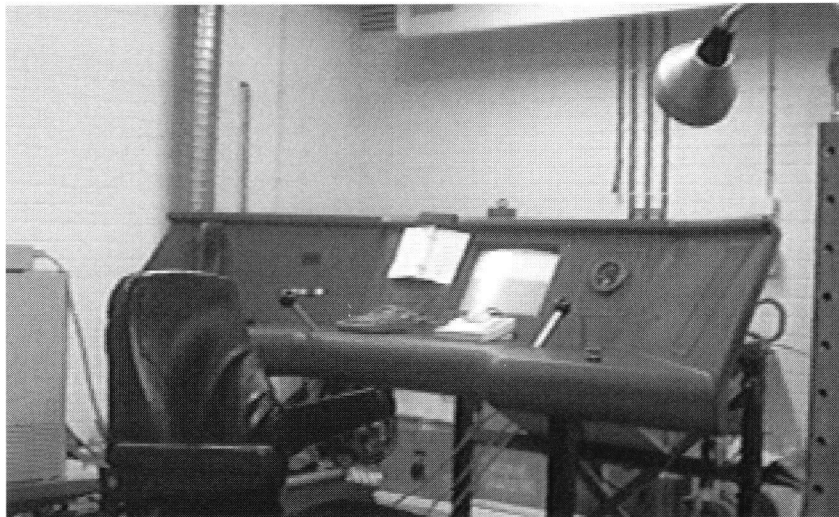
Trillingen kunnen de motorische activiteit tijdens het invoeren van data beïnvloeden. Om te kijken hoe groot die invloed precies is, is in Helmond in samenwerking met Nedcar een test uitgevoerd. Op een triltafel, zijn de trilfrequenties van een NS loc 6400 geïmplementeerd welke in de praktijk gemeten zijn bij een snelheid van 121,5 km/h met als beperking, dat alleen de trillingen in het horizontale x-vlak werden geïmplementeerd.

Deze gesimuleerde trillingen zullen een negatiever effect hebben op de prestatie dan de prestatie in de werkelijke situatie, omdat:

- Er tijdens de experimenten geen relatie bestond tussen treinbeweging en wat de machinist buiten zag gebeuren, waardoor hij niet goed op de trillingen kon anticiperen. In de praktijk zijn de treinbewegingen vanwege de zogenaamde wegbekendheid wel te voorzien.
- In een werkelijke situatie de machinist zelf het moment van data invoer kan kiezen. Hij kan wachten tot een bepaald punt is gepasseerd. Het effect van trillingen is onderzocht voor toetsgrootte, de gebruikte hardware, de toetsafstand, de grootte van het aanraakveld en de variatie in de plaats waar een toets wordt aangeraakt.

Methodiek

De experimentele opstelling (Figuur 1) bestond uit een mock-up van een stuurtafel en een originele machinistenstoel. Beide waren op de triltafel bevestigd. Verder was een aanraakscherm ingebouwd in de stuurtafel. Links van het aanraakscherm bevond zich een boekje met briefjes waarvan de gegevens moesten worden ingevuld. Op de stuurtafel stonden een hard toetsenbord en een trackerball. De rem- en tractiehandels werden bij de experimenten buiten beschouwing gelaten. Er werden acht verschillende numerieke toetsenbordjes getest. Op het harde toetsenbordje na, bevonden deze zich aan de rechterkant van het scherm (Figuur 2). Ze waren op de volgende manier samengesteld:



Figuur 1 De experimentele opstelling

Tien cijfertoetsen in de telefoonlayout
 Een wisknop om een hele regel te wissen
 Een returnknop om de volgende regel te bereiken
 Een decimale punt knop

De '+', '-' en de '*' knoppen werden in de experimenten niet gebruikt. Het zou kunnen, dat ze de data entry negatief beïnvloeden, wat de verschillen tussen de variabelen duidelijker naar voren kan brengen. Links van het toetsenbordje bevonden zich zes invulvelden met labels.

Om vast te stellen welke toetsgrootte het meest geschikt is voor data entry in een trillende omgeving, werden vier verschillende toetsgroottes met elkaar vergeleken: 168mm², 240mm², 324mm² en 400mm². De toetsafstand was telkens 5mm.

Treinnummer		1	2	3	*
Treinlengte		4	5	6	-
Machinist functie		7	8	9	+
Telefoonnummer		del	0	.	ent
Doel eindpositie					
Nieuwe tijd					

Figuur 2 Experimenteel ontwerp van de geteste toetsenbordjes op het aanraakscherm

Om vast te stellen welke hardware techniek het beste is voor data entry in een trillende omgeving, werden drie technieken met elkaar vergeleken waarbij de toetsgrootte steeds 168mm² was:

- a. Een directe aanwijstechniek waarbij door middel van een aanraak-scherm data kunnen worden ingevoerd door drukknoppen op het scherm rechtstreeks te bedienen.
- b. Een directe aanwijstechniek waarbij door middel van een trackerball-data kunnen worden ingevoerd door drukknoppen op het scherm met een cursor aan te wijzen.
- c. Een hard toetsenbord, geplaatst op de stuurtafel.

Voor de toetsafstand werden twee varianten vergeleken: het toetsenbordje met een toetsgrootte van 240mm² en een toetsafstand van 5mm en hetzelfde toetsenbordje met een toetsafstand van 11mm.

Voor de grootte van de aanraakvelden werden twee varianten vergeleken: het toetsenbordje met een aanraakveld gelijk aan de toetsgrootte (240mm²) en een toetsafstand van 5mm en hetzelfde toetsenbordje waarbij de aanraakvelden op elkaar aansloten maar waarbij de visuele toetsgrootte eveneens 240mm² was en de visuele toetsafstand ook 5mm.

De variatie in de plaats waar een toets wordt aangeraakt kon bepaald worden doordat de coördinaten van alle toetsindrukken gelogd werden.

Om de verschillende variabelen te kunnen vergelijken, werden door de computer de volgende gegevens automatisch gelogd: de invoertijd per toetsaanslag, het aantal toetsaanslagen, de ingevoerde numerieke gegevens, het aantal fouten dat gemaakt werd en de coördinaten van elke toetsaanslag.

De toetsenbordjes werden onderling vergeleken op de gemiddelde invoertijd per toetsindruk en op het percentage misdrukken. Een misdruk ontstond wanneer in plaats van op de knop zelf, naast de knop werd gedrukt. Fouten in de reeksen ingevoerde cijfers werden nauwelijks gemaakt, omdat die tijdig werden gezien en gecorrigeerd.

Of de gevonden verschillen in invoertijden en percentages misdrukken tussen de verschillende toetsenbordjes significant waren werd bepaald door middel van een variantieanalyse. De specifieke test, gebruikt om de significanties te bepalen was de Tukey HSD (honest significant difference) test (Statistics, William L. Hays, p 418-421). Twee p-waarden werden gebruikt: $p < 0,01$ het gevonden verschil is significant, en $p < 0,001$; het gevonden verschil is zeer significant.

Experimenten

Er werden acht machinisten getest; vier Nederlandse en vier Belgische (vlaams). Ze kregen de opdracht op het scherm: bijv. Voer de gegevens van briefje 1 in'. Als de opdracht begrepen was en men het juiste briefje had gevonden in het houdertje aan de linkerkant van het scherm, drukte men op de gele knop op het harde toetsenbord op de stuurtafel. Een briefje bestond uit 6 reeksen willekeurige 6-cijferige getallen. Als een briefje was ingevuld drukte de machinist weer op de gele knop en verscheen er een nieuwe opdracht op het scherm waarna gegevens met een andere variant van de toetsenbordjes diende te worden ingevuld.

Elke variant werd twee keer in de trillende situatie en twee keer in stilstand getest. Stilstand hield in, dat de trilfrequentie waarmee de triltafel werd aangestuurd, werd uitgezet. De verschillende condities waren willekeurig verdeeld over de proefpersonen, zodat er geen volgorde effecten konden optreden. In totaal konden er per toetsenbordje maximaal 9216 cijfers worden ingevoerd. Na afloop vulden alle machinisten een vragenlijst in.

Resultaten

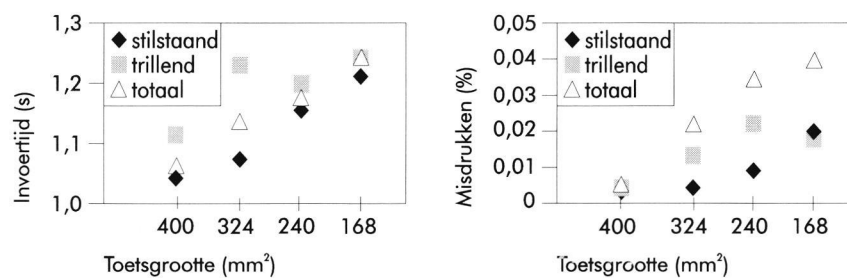
a. De invloed van trillen op toetsgrootte

Er is geen verschil in invoertijd tussen de in de trilsituatie geteste toetsgroottes (Figuur 3).

Er is ook geen verschil in invoertijd binnen de geteste toetsgroottes, gemeten tijdens stilstand in vergelijking met deze gemeten in de trilsituatie.

Het percentage misdrukken in de trilsituatie is bij een toetsgrootte van 240mm^2 5,6 keer hoger dan bij een toetsgrootte van 400mm^2 (Figuur 4). Dit verschil is zeer significant ($p < 0,001$)

Het verschil in het percentage misdrukken bij trillen in vergelijking met stilstand is het grootst bij een toetsgrootte van 324mm^2 ; 3,5 keer zoveel misdrukken in de trilsituatie. Het verschil is significant ($p < 0,05$).



Figuur 3 en 4

De invloed van trillen op de invoertijd en het percentage misdrukken bij verschillende toetsgroottes

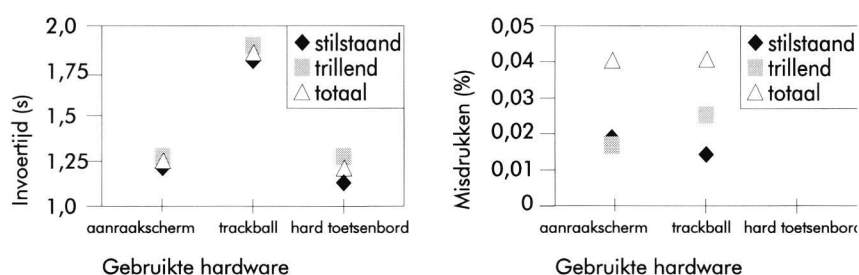
b. De invloed van trillen op de gebruikte hardware

Het verschil in invoertijd per toetsindruk in de trilsituatie tussen de trackerball enerzijds en het aanraakscherm en het harde toetsenbord anderzijds is aanzienlijk; 50% meer invoertijd per toetsindruk (Figuur 5). Het verschil is zeer significant ($p < 0,001$).

Er is geen verschil in invoertijd binnen de geteste hardware, gemeten tijdens stilstand in vergelijking met deze gemeten in de trilsituatie.

Het percentage misdrukken is niet gemeten bij het harde toetsenbord omdat de coördinaten hierbij niet gelogd konden worden. (Figuur 6). Het percentage misdrukken in de trilsituatie is bij een trackerball 37% hoger dan bij een aanraakscherm (significant; $p < 0,01$).

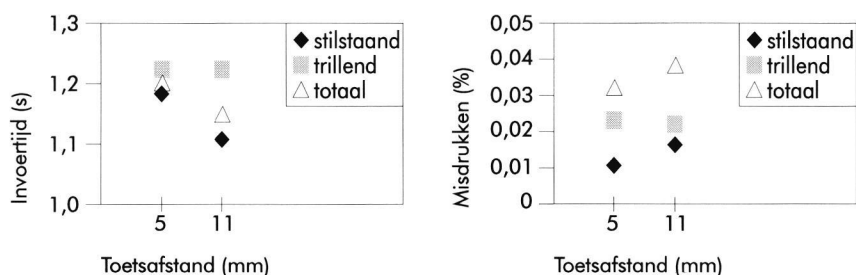
Het verschil in het percentage misdrukken bij trillen in vergelijking met stilstand is het grootst bij een trackerball; 72% meer misdrukken in de trilsituatie (significant; $p < 0,01$).



Figuur 5 en 6

De invloed van trillen op de invoertijd en het percentage misdrukken bij verschillende hardware

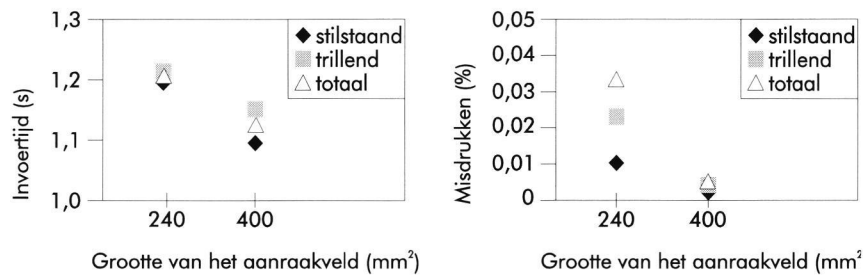
c. De invloed van trillen op de toetsafstand. Er is geen verschil in invoertijd in de trilsituatie tussen de geteste toetsafstanden van 5mm en 11mm (Figuur 7). Er is geen verschil in invoertijd binnen de geteste toetsafstanden, gemeten tijdens stilstand in vergelijking met deze gemeten in de trilsituatie. Er is geen verschil in het percentage misdrukken in de trilsituatie tussen de geteste toetsafstanden. Er is geen verschil in het percentage misdrukken binnen de geteste toetsafstanden, gemeten tijdens stilstand in vergelijking met dat percentage gemeten in de trilsituatie.



Figuur 7 en 8

De invloed van trillen op de invoertijd en het percentage misdrukken bij verschillende toetsafstanden

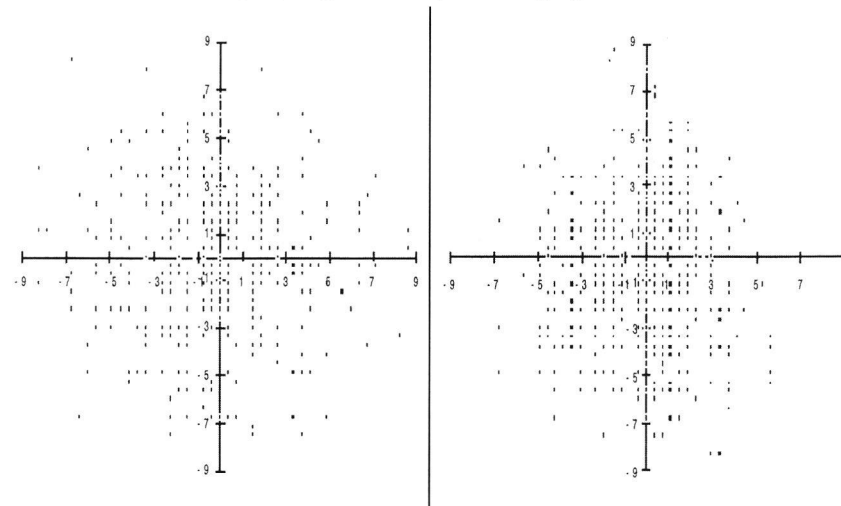
d. De invloed van trillen op de grootte van het aanraakveld
 Er is geen verschil in invoertijd in de trilsituatie tussen de geteste aanraakveldgroottes van 240mm² en 400mm² (Figuur 9).
 Er is ook geen verschil in invoertijd binnen de geteste aanraakveldgroottes, gemeten tijdens stilstand in vergelijking met deze gemeten in de trilsituatie.



Figuur 9 en 10

De invloed van trillen op de invoertijd en het percentage misdrukken bij verschillende aanraakvelden

Het percentage misdrukken in de trilsituatie is bij een aanraakveld van 240mm² 9,3 keer hoger dan bij een toetsgrootte van 400mm² (Figuur 10). Het verschil is zeer significant ($p < 0,001$). Er is geen verschil in het percentage misdrukken binnen de geteste aanraakveldgroottes, gemeten tijdens stilstand in vergelijking met dat percentage gemeten in de trilsituatie



Figuur 10

De positie van targets en aanrakingen bij trillen en stilstand (324 mm² knoppen)

e. De invloed van trillen op de variatie in de plaats waar een toets wordt aangeraakt. Onder invloed van trillen in het de richting van de horizontale x-as, neemt de spreiding in die richting toe.

Conclusie en discussie

Toetsgrootte

Wanneer de invoertijd wordt voorspeld aan de hand van de toetsgrootte (gekeken bij de totale invoer) is de relatie als volgt: als de toetsgrootte verdubbelt, neemt de invoertijd af met 26%.

Er zullen meer misdrukken zijn bij kleinere toetsen, maar deze worden door de machinist ontdekt en verbeterd. Hij maakt dus niet meer fouten, maar heeft wel meer invoertijd nodig.

Wanneer er snel en veel (numerieke data) moeten worden ingevoerd bij stilstand voldoet een toetsgrootte van 324mm². Invoer met deze toetsgrootte is tijdens trillen echter significant slechter dan tijdens stilstand. Dus tijdens rijden wordt een toetsgrootte van 400mm² aangeraden.

Hardware

De experimenten maakten duidelijk, dat het moeilijk is om de vraag te beantwoorden wat de beste hardware techniek is, een hard toetsenbord of een aanraakscherm. De volgende overwegingen zijn hierbij van belang:

Kleine details in de gebruikte hardware kunnen grote invloed hebben op prestatie. In dat geval zijn de gevonden verschillen niet het resultaat van de verschillen in technologie maar van de verschillen in details van die technieken.

Een aanraakscherm geeft meer vrijheid in ontwerp waardoor het mogelijk wordt ontwerp problemen op te lossen en het aan te passen aan specifieke eisen:

Het is bijvoorbeeld mogelijk geen open ruimtes tussen de toetsen onderling te hebben, wat een positief effect heeft op de prestatie (zie ook conclusie mbt aanraakveld). Een hard toetsenbord heeft altijd tussenruimtes nodig om te vermijden dat twee knoppen tegelijk worden ingedrukt.

Bij een aanraakscherm is het gemakkelijker feedback te geven dan bij een hard toetsenbord.

Uit de experimenten en uit de vragenlijst komt naar voren, dat het moeilijker is om naar buiten te kijken wanneer gegevens worden ingevoerd met behulp van een hard toetsenbord geplaatst op de desk. Het is daarom af te raden zo'n toetsenbord te gebruiken tijdens het rijden.

Het oordeel van de machinisten mbt een aanraakscherm en een hard toetsenbord is beduidend positiever, dan hun oordeel mbt een trackerball.

Bij het evalueren van data entry technieken wordt veelal gekeken naar invoertijd en de gemaakte fouten. In het algemeen geldt dat een korte invoertijd tot veel fouten leidt en een lange invoertijd tot weinig fouten. De reden hiervoor is, dat wanneer gedurende de data entry het kijken naar een target meer tijd vereist, de kans op het zien van een fout toeneemt.

Aangezien data entry met een aanraakscherm erg snel gaat, neemt de kans op fouten toe. Wanneer nu om veiligheidsredenen het aantal fouten minimaal moet zijn, is het met een aanraakscherm mogelijk, door de hierboven genoemde ontwerpvrijheid, de kijken naar de target tijd¹ te vergroten door bijvoorbeeld een bevestiging te vragen dmv een knop dicht bij de data die moeten worden ingevoerd.

Toetsafstand

Er kunnen aan de hand van de gebruikte toetsafstanden geen conclusies worden getrokken mbt de beste toetsafstand. De grootte van het aanraakveld is een veel belangrijkere factor.

Aanraakveld

Een aanraakveld van 400 mm², zonder tussenruimtes tussen de verschillende aanraakvelden, voldoet voor data entry. Smallere aanraakvelden worden afgeraden. Door de aanraakvelden bij elkaar aan te laten sluiten neemt de (onzichtbare) toetsgrootte toe.

Variatie in de plaats van aanraking

Bij een horizontale trilling, blijkt de spreiding van data entry meer in het horizontale vlak te liggen dan bij stilstand. In een rijdende trein komen ook verticale trillingen voor. Deze situatie zou eerst onderzocht moeten worden om conclusies te trekken met betrekking tot de vorm van de toetsen.

E.J.M. Maessen
SE Arbo / Ergonomie
Postbus 2286
3500 GG Utrecht
Tel 030 - 2399443 /3523155
Fax 030 - 2357639

Literatuur

Göbel, M., Maessen E.J.M, Verhoef, L.W.M.
(1996) Driver input for ETCS (intern rapport)

TREINCABINEKLIMAAT: REKENEN MET "CLIMACAB"

J.W.H. Peters

Samenvatting

Treincabines kunnen in zomerse situaties zeer warm worden. Als hulpmiddelen voor de keuze van verbeteringsopties is het rekenmodel "CLIMACAB" ontwikkeld voor technische ontwerpers. Ook is een voorstel voor een bedrijfsnorm opgesteld voor de verantwoordelijke werkgever én eigenaar. Technische kenmerken van de treincabine en buitenklimaat worden via een warmtebalans omgerekend naar binnentemperaturen en indicatoren voor thermisch (dis)comfort.

Trefwoorden: klimaat, temperatuur, comfort, norm, rekenmodel, transportmiddel, bestuurder, werkplek

Probleemstelling

In 1990 werd gevraagd om ergonomisch advies ter verbetering van het thermisch klimaat in treincabines, de werkplek van machinisten van de Nederlandse Spoorwegen (NS). De vraag had vrijwel uitsluitend betrekking op de zomersituatie; er waren veel klachten over warmte.

Aanpak

Gestart werd met een oriënterend vooronderzoek:

- theoretische kennis verzamelen uit de gebouwenwereld en automobilwereld;
- een zomer metingen verrichten in de rijdende praktijk in treincabines;
- enkele vragenlijst-onderzoeken.

Na evaluatie van de verzamelde gegevens werd besloten een thermisch rekenmodel voor de treincabine te ontwikkelen. Dit model moest helderheid verschaffen over de effecten (resultaten) van verschillende verbeteringsmogelijkheden:

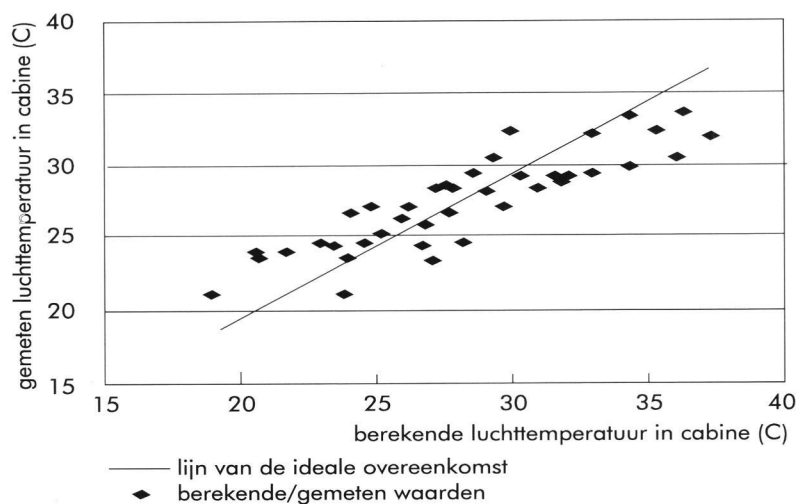
- koeling (airco) toepassen;
- ventilatie met buitenlucht verhogen;
- instraling van zonlicht beperken.

Het rekenmodel, ondertussen "CLIMACAB" gedoopt, is in 1992 gebouwd in een spreadsheet (Lotus, Excel) en draait op een standaard personal computer.

Resultaten

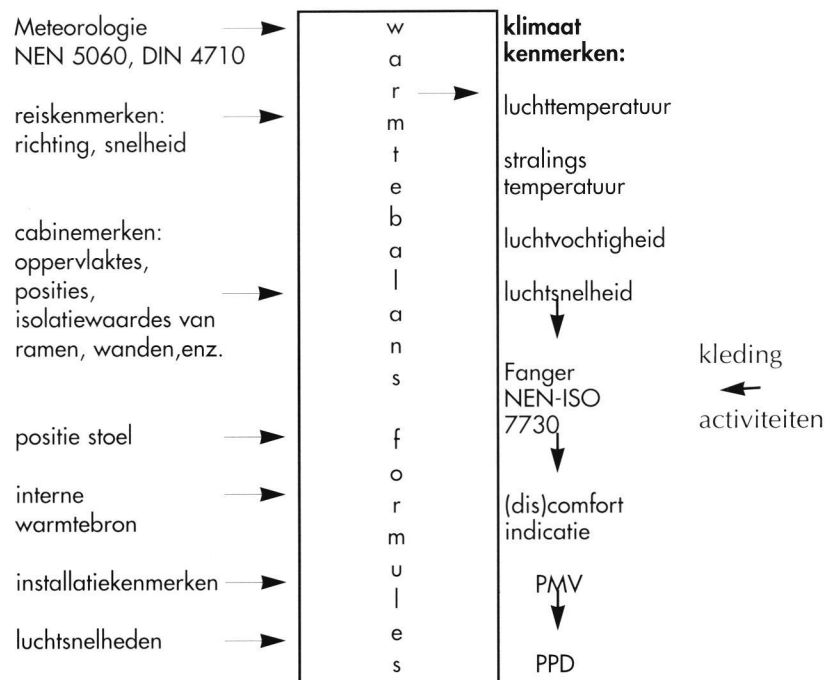
De werking van het model is getoetst door rekenresultaten te vergelijken met oude en nieuwe meetgegevens, zie figuur 1.

De structuur en onderdelen van "CLIMACAB" zijn weergegeven in figuur 2. Technische kenmerken van de cabine en meteorologische omstandigheden worden via warmtebalansformules omgerekend naar binnentemperaturen en indices voor thermisch (dis)comfort.



Figuur 1 Toetsing cabineklimaat-rekenmodel, ICM metingen zomer 1990 en 1991

In totaal zijn er in het rekenmodel 340 posities (invoergegevens) beschikbaar om de treincabine-situatie te typeren. In kale vorm beslaat het rekenblad een elektronische ruimte van 285 kilobytes; opgepompt met circa 150 meteorologische situaties beslaat het model een ruimte van 2,2 megabyte. De uitvoerresultaten worden verzameld en beslaan twee beeldschermen.



Figuur 2 Structuur rekenmodel "CLIMACAB"

In 1991 zijn alle cabines van het InterCityMaterieel ('koplopers') voorzien van folie op zijruiten en een extra ventilator als tijdelijke noodoplossing. Om diverse redenen bleek de bereikte verbetering niet voldoende geacht te worden. In het najaar van 1994 is door NS een grootschalig programma gestart ter verbetering van het zomerklimaat in treincabines. Hierbij wordt "CLIMACAB" door de treinontwerpafdeling (NS Materieel Engineering) als nieuw middel ingezet om alternatieven tegen elkaar af te wegen. In 1995 zijn prototypes beproefd van een koelsysteem (airco) in het InterCitymaterieel; de resultaten hiervan zijn hoopgevend en voldoende om klasse B (zie hierna) te bereiken. Door NS Reizigers, de organisatie waartoe machinisten behoren en eigenaar van het treinmaterieel, is in 1996 een bedrijfsnorm voor het cabinezomerklimaat vastgesteld. Deze norm is gebaseerd op een indeling van het zomerklimaat in 5 categorieën. Deze klassenindeling is toepasbaar op de tekentafel en in de praktijk, zie tabel 1. Voor nieuw materieel is klasse B het ontwerpdoel. Bij deze klassenindeling is rekening gehouden met wettelijke, normalisatie- en praktijkgrenzen/richtlijnen.

Tabel 1

Indeling in klassen van het cabinezomerklimaat

Klimaat- klasse	Temperatuurverschil (binnen minus buiten)	Verwacht percentage ontevredenen		Typering klimaat installaties
		volgens CLIMACAB	bij enquêtes	
A	$\leq -4,0^{\circ}\text{C}$	$\leq 10\%$	$\leq 20\%$	zeer grote koelinstallatie
B	$-4,0$ tot $+1,0^{\circ}\text{C}$	10 tot 15%	20 tot 30%	grote koelinstallatie
C	$1,0$ tot $3,5^{\circ}\text{C}$	15 tot 25%	30 tot 50%	kleine koelinstallatie
D	$3,5$ tot $7,0^{\circ}\text{C}$	25 tot 55%	50 tot 100%	redelijke ventilatie
E	$\geq 7,0^{\circ}\text{C}$	$\geq 55\%$	100%	geen of kleine ventilatie

Conclusie

Aldus zijn zowel de verantwoordelijke werkgever van de gebruikers (machinisten) én de technische ontwerpers van treinmaterieel voorzien van hulpmiddelen om ergonomische verbeteringen te bewerkstelligen van het zomerklimaat op de rijdende treinwerkplek van NS-machinisten.

Ir J.H.W. Peters R.A.H.
ergonoom/register arbeidshygiënist
SE Arbo/Ergonomie sbt 257
Postbos2286
3500 GG Utrecht
Telefoon: 030-2399444

DEEL 4

PROJECTEN UIT DE PRAKTIJK (FYSIEK GEORIËNTEERD)

R.N. Pikaar, Projecten in de dagelijkse praktijk	4-135
C.M.A.G. de Rooij, Mogen wij een nieuwe tekentafel?	4-138
M.J. van Wijk, Beladingshulpmiddel voor B737-vliegtuigruimen	4-145
M.C. Miedema en P. Vink, Fluitend opperen	4-154
A. Korbijn, Verbeteringen van de arbeidsomstandigheden door toepassen van techniek	4-163
W. Barendsen en W. Schoenmaker, Particiteve ergonomie binnen de spoorwegbouw	4-169

PROJECTEN IN DE DAGELIJKSE PRAKTIJK

Inleiding bij een inleiding

R.N. Pikaar

De Delen 4 & 5 van het congresboek Ergonomie in uitvoering zijn beide gericht op praktijkervaringen. In Deel 4 staan de ervaringen met concrete ergonomieprojecten centraal, waarbij het vooral om fysiek belastende taken gaat. Bij elk project wordt verslag gedaan van de aanpak en de daarbij gehanteerde instrumenten. In Deel 5 liggen de accenten omgekeerd: in deze artikelen gaat het om de ervaringen met het toepassen van verschillende meetmethoden en analysetechnieken, waarbij de auteurs tal van praktijkprojecten aanhalen om één en ander te illustreren.

Projecten uit de praktijk

In het eerste artikel van Deel 4 beschrijft de Rooy (1996) een door de Arbodienst Midden-Brabant uitgevoerd project naar de visuele inspectie van fotografisch papier onder de welluidende titel 'Mogen wij een nieuwe inspectietafel?' Terecht wordt er op gewezen dat bij een dergelijke vraag, de vraagstelling zelf eerst zorgvuldig bekeken moet worden. Zijn er al bepaalde verwachtingen, bijvoorbeeld van de oplossing van een vermoedelijk probleem? Ten behoeve van het project werd een team samengesteld bestaande uit vier inspectiemedewerkers en de bedrijfsarts, een aardige vorm van gebruikersparticipatie.

Gebruikersparticipatie speelt ook in de bijdrage van Barendsen en Schoenmaker (1996) een belangrijke rol. Het startpunt is hier een werktechniektraining voor spoorleggers. Tijdens de trainingen is er gelegenheid om de aard van de werkzaamheden te bespreken en suggesties te geven voor hulpmiddelen en organisatorische veranderingen. Vervolgens konden enkele voorstellen worden uitgetoetst (met name het verlengen van de handgrepen van handgereedschappen) en zullen de wijzigingen in de toekomst ingevoerd kunnen worden.

Het in de praktijk uitproberen van mogelijke oplossingen voor een knelpunt of van een nieuw ontworpen werksituatie kan bij uitstek worden gedaan met behulp van een model op ware grootte. Van Wijk e.a. (1996) illustreren dit voor het beladen van vliegtuigruimen, waarin bagage handmatig moet worden verwerkt bij een vrije werkhoogte van nog geen 1.20 meter. Na een grondig onderzoek van de werkzaamheden in de praktijk werd een beladingshulpmiddel ontwikkeld en door vliegtuigbeladers in een nagebouwd vliegtuigruim vergeleken met de bestaande situatie. 'Gebruik waar mogelijk mock-up evaluaties', moet als een belangrijke aanbeveling worden gezien.

De bouw is nogal traditioneel ingesteld, waar het het veranderen van

werkwijzen en het inzetten van hulpmiddelen betreft. Hoewel de tijd van de vijftig kilo zakken cement wel ongeveer voorbij is, zijn er nog veel fysiek belastende werkzaamheden te vinden en zijn verzuim- en WAO-intredepercentages (te) hoog. Miedema en Vink beschrijven in dit boek hoe het opperen anders kan: mechanisch én tegelijkertijd goedkoper. Ook de metselaar kreeg de aandacht: zie het artikel van beide auteurs in het Tijdschrift voor Ergonomie (1996). De studie van de Stichting Toekomstbeeld der Techniek (Korbijn, 1996) heeft een algemener kader dan de bouw, maar betreft dezelfde materie: verbetering van arbeidsomstandigheden door een afgewogen inzet van techniek.

Praktische ervaringen met meetmethoden en -technieken

Het meten van mentale inspanning (in de praktijk) is altijd moeilijk, maar Gerrits en Jongeneel (1996) pakken deze materie in hun bijdrage over microscoopwerk in een vergelijkend onderzoek aan. De problematiek van visuele inspectie neemt overigens in het congresboek een naar verhouding grote plaats in (zie ook van Dieën, de Rooy). Klaarblijkelijk is er op dit onderwerp nog veel ergonomisch werk te verzetten.

In het onderzoek van Hermans e.a. (1996) naar de fysieke belasting op een assemblagewerkplek voor koffers komen verschillende onderzoekstechnieken aan bod. Het betreft zowel subjectieve metingen (vragenlijst) als objectieve metingen aan werkplek en werkhoudingen (EMG, video). De stap volgend op het interpreteren van de meetresultaten, een werkplekverbetering, zal in de nabije toekomst nog gezet moeten worden.

De bijdrage van van Dieën en van den Top (1996) sluit aan bij die van Hermans e.a. (1996). Aan de hand van twee praktijkprojecten, een inspectietaak (keurmeester in een slachterij) en het oogsten van radijs, worden subjectieve en objectieve meetmethoden met elkaar vergeleken. Deze onderzoekers betrekken hun bespreking op het verschil tussen veldonderzoek en laboratoriumonderzoek. Beide situaties hebben zo hun voor en nadelen. Men zal van geval tot geval een afweging moeten maken, waarbij de acceptatie van bijvoorbeeld nieuwe werkmethoden van doorslaggevende betekenis kan zijn.

Vanuit de praktijk van de bedrijfsfysiotherapie bezien zet van der Stelt (1996) een twaalfstal meetinstrumenten globaal op een rij en voorziet deze van praktische opmerkingen en een waarde-oordeel. Bohets (1996) gaat dieper in op de praktische waarde van twee biomechanische modellen.

De laatste bijdrage betreft een door Desiron (1996) gepresenteerd model voor de reïntegratie van arbeidsongeschikten in een productie-omgeving. De conclusie is dat ook hierbij de ergonomie een belangrijke rol kan spelen.

Ir. Ruud N. Pikaar, R.e.
ErgoS Engineering, Enschede

Miedema, M. en Vink, P.

1996 Metselen met de rug rechtop: ergonomische verbeteringen in de bouw;
Tijdschrift voor Ergonomie 21-2, 38-44.

De onderstaande artikelen zijn allen te vinden in: Pikaar, R.N. (red.), Ergonomie in
Uitvoering, Nederlandse Vereniging voor Ergonomie / Nederlands Instituut voor
Arbeidsomstandigheden, Amsterdam.

Barendsen, W. en Schoenmaker, W.

1996 Participatieve ergonomie binnen de spoorwegbouw.

Bohets, W.

1996 Evaluatie van biomechanische modellen.

Desiron, H.

1996 Ergonomische benadering van arbeidsongeschiktheid.

Dieën, J.H. van, en Top, M. van den

1996 Werkmethoden evalueren: veld- of laboratoriumonderzoek?

Gerrits, E.H.J. en Jongeneel, M.

1996 Het meten van mentale inspanning in de praktijk.

Hermans, V., Spaepen, A. en Hautekiet, M.

1996 Onderzoek naar de fysieke belasting op een assemblage werkplek.

Korbijn, A.

1996 Verbetering van arbeidsomstandigheden door inzet van techniek.

Miedema, M.C. en Vink, P.

1996 Fluitend opperen.

Rooy, C.M.A.G. de

1996 Mogen wij een nieuwe inspectietafel?

Stelt, L.E.R. van der

1996 Meten en interpreteren van fysieke belasting en belastbaarheid in arbeids
situaties; praktijk instrumenten vergeleken.

Wijk, M.J. van, Delleman, N.J., Grinten, M.P. van der, en Souren, P.C.H.

1996 Beladingshulpmiddel voor B737-vliegtuigruimen.

MOGEN WIJ EEN NIEUWE INSPECTIETAFEL?

C.M.A.G. de Rooij

Samenvatting

In deze bijdrage wordt een casus beschreven waarin de Arbo-dienst gevraagd wordt een advies uit te brengen over ergonomische aspecten van een inspectiewerkplek. Beschreven wordt hoe de methodiek van de 'participatieve ergonomie' hierbij door de arbo-deskundige wordt gebruikt. De methodiek van de 'participatieve ergonomie' blijkt goed bruikbaar voor Arbo-diensten bij advisering over arbeidsomstandigheden.

Inleiding

Mogen wij een nieuwe inspectietafel? Op deze wijze werd de hulp van de Arbo-dienst ingeroepen door het hoofd van de inspectie-afdeling van een aangesloten bedrijf. Vragen van deze of gelijke strekking vormen vaak het beginpunt van een adviseringstraject voor Arbo-diensten. Het expliciete verzoek om een nieuwe inspectietafel wijst erop dat men reeds een oplossing heeft voor een ervaren knelpunt in de werksituatie. Het is echter nog onduidelijk of de keuze voor deze oplossing ook de beste keuze is.

Een tweede element in de vraag betreft het gebruik van het woord 'mogen'. Dit vraagt enerzijds om een deskundige beoordeling van een arbeidssituatie. Het vraagt anderzijds mogelijk naar een stellingname. Het kan zijn dat men de steun van de arbo-deskundige verwacht om iets gedaan te krijgen. Hoe deskundig het geformuleerde advies vervolgens ook zal zijn, de arbo-functionaris moet hier rekening houden met teleurstelling en met weerstanden, wanneer de verwachtingen niet uit komen.

In een gesprek met het hoofd van de betreffende inspectie-afdeling werd duidelijk dat zijn gedachten uit gingen naar een grote, in hoogte verstelbare en kantelbare inspectietafel. Hij wilde nu alleen nog een advies over het bereik van de instelbaarheid van deze tafel.

Om bij een technisch correct advies, tegelijk een goede acceptatie te bereiken, werd besloten volgens de methodiek van de 'participatieve ergonomie' te werk te gaan. Aan de directie van het betreffende bedrijf werd geadviseerd met behulp van deze methodiek eerst samen met de medewerkers de knelpunten in de arbeidssituatie nader in kaart te brengen, om vervolgens samen met de medewerkers oplossingsrichtingen te formuleren. Hierna zou dan een definitieve keuze kunnen worden gemaakt voor een bepaalde oplossingsrichting. Na enige toelichting ging het management akkoord met de voorgestelde aanpak.

Beschrijving van het inspectiewerk

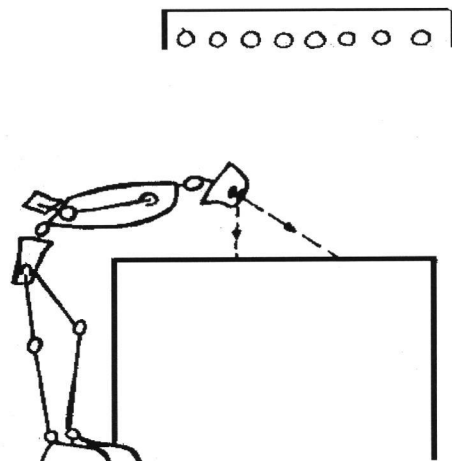
Het inspectiewerk is een onderdeel van de produktie van fotografisch papier en film. Het produkt bestaat uit een drager (papier of cellulose) waarop een fotogevoelige coating is aangebracht. Naast een machinale

controle, vindt tijdens productie een visuele beoordeling plaats van het oppervlak van de coating. Het doel is hierbij defecten snel te signaleren en te analyseren, opdat nog tijdens productie corrigerende maatregelen genomen kunnen worden, om verliezen van materialen en grondstoffen te beperken.

Het inspecteren gebeurt in ploegdienst met drie ploegen van elk drie medewerkers. Het werk van een inspector omvat inspectiewerk (65% van de tijd), het verrichten van fysische testen (10% van de tijd) en administratieve taken (25% van de tijd). Een kwart van de inspectietijd wordt besteed aan z.g. 'extra-gedetailleerde inspectie'. Dit onderdeel wordt als meest belastend ervaren. Het project richt zich op deze activiteit.

De extra-gedetailleerde inspecties worden verricht in een aparte ruimte, aan een aparte inspectietafel, die 221 centimeter lang is, 161 centimeter breed en 85 centimeter hoog is. De tafel is horizontaal en niet instelbaar. Het extra-gedetailleerde inspectiewerk wordt gedurende een tot enkele uren achtereen verricht, door een medewerker.

Het inspecteren van een monster (2-3 meter lang en 1,6 meter breed) gebeurt vanaf de zijkant. Bij de inspectie wordt gezocht naar oppervlakdefecten met een grootte vanaf 50 μm .



Figuur 1

Oude situatie, extra gedetailleerde inspectie aan de grote inspectietafel

Vanwege de geringe omvang van de defecten is de afstand oog-object steeds bij het nabijheidspunt (20-30 centimeter). Vanwege de oog-objectafstand en vanwege het voortdurend zoeken naar bruikbare lichtreflecties op het oppervlak, staan de inspectors tijdens hun werk sterk voorover gebogen en maken ze voortdurend kleine bewegingen in het cervicale en lumbale deel van de wervelkolom.

De inspectietafel wordt van boven verlicht door TL-lampen, gloeilampen van 100 en 300 Watt en door twee hoge druk jodide-lampen. Het tafelblad, een witte glasplaat, kan ook van onder worden verlicht door TL-lampen. De keuze voor een type verlichting is afhankelijk van het materiaal

en van het soort defect dat wordt gezocht. De verlichtingssterkte op het tafelblad varieert hierbij van 5000 lux tot 10.000 lux.

Wat is 'participatieve ergonomie'?

Bij 'participatieve ergonomie'-projecten komen betrokkenen uit het bedrijf, samen met arbo-deskundigen, stapsgewijs tot innovaties, die het goed functioneren van de mens machine interactie bevorderen. In de 'participatieve ergonomie' methodiek wordt dus niet los van het bedrijf een verbetering bedacht door arbo-deskundigen, maar in samenspraak met degenen die het werk uitvoeren. De kennis van alle lagen in de organisatie wordt benut om tot een innovatie te komen. Bij het analyseren van knelpunten en het vinden van oplossingen worden ideeën van alle lagen gebruikt. Ook bij het evalueren van de verbeteringen spelen degenen die ermee werken, een hoofdrol. Zij kennen namelijk het werk het beste en voelen het beste of zij met de vernieuwingen de beste prestaties kunnen leveren. Een aantal internationaal toonaangevende deskundigen op het gebied van de 'participatieve ergonomie' hebben tips opgesteld (Vink e.a., 1992) die de kans op succes (daadwerkelijke invoering van de verbeteringen) vergroten bij het uitvoeren van projecten. Deze tips zijn weergegeven in tabel 1.

Tabel 1

Succesfactoren bij het invoeren van veranderingen in de arbeidssituatie:

- stel in een zo vroeg mogelijk stadium een uitgewerkt doel op voor het project
- overweeg welke partijen betrokken moeten worden bij het project
- laat alle werknemers meedenken over oorzaken van problemen, oplossingen en invoer van verbeteringen
- gebruik als arbo-deskundige zoveel mogelijk de taal van het bedrijf
- geef werknemers en werkgevers zoveel mogelijk dezelfde informatie
- gebruik zoveel mogelijk regulier werkoverleg
- gebruik een checklist met concrete verbeteringen om het nadenken over verbeteringen te stimuleren

(Bron: Vink e.a. 1992)

De bovengenoemde principes zijn door TNO-PG toegepast in een stappenplan (zie tabel 2). Dit stappenplan geeft structuur aan het project en biedt daarnaast de mogelijkheid om de betrokkenen in het bedrijf te laten weten waarom bepaalde verbeteringen de voorkeur genieten.

Tabel 2

Het verloop van het project wordt beschreven volgens:
Stappenplan participatieve ergonomie
Stap 0 De organisatorische voorbereiding
Stap 1 De analyse van de arbeidssituatie
Stap 2 De selectie van maatregelen
Stap 3 De implementatie
Stap 4 De evaluatie
(Bron: Vink e.a. 1994)

Het project

De organisatorische voorbereiding

In een voorbespreking met de directie werden de doelstelling, de werkwijze, de tijdsplanning en de randvoorwaarden van het project vastgesteld. Een projectteam van vijf personen werd geformeerd; vier direct betrokken inspectiemedewerkers en de bedrijfsarts. Voorafgaande aan de eerste bijeenkomst van het projectteam, werd schriftelijk het doel en het plan van aanpak van het project meegedeeld en werd de methode van de 'participatieve ergonomie' nader toegelicht. Tevens werd de teamleden gevraagd om individueel alvast de knelpunten in hun werk te inventariseren. Een teamlid interviewde de overige medewerkers van de inspectieafdeling.

De analyse van de arbeidssituatie

Tijdens de eerste bijeenkomst van het projectteam werd door een van de medewerkers een korte inleiding gegeven over de doelstelling, de werkwijze en de arbeidsomstandigheden bij de 'extra-gedetailleerde inspectie'. Vervolgens werden de verzamelde knelpunten in de arbeidssituatie geïnterviewd. Deze inventarisatie werd door middel van brainstorming verder gecompleteerd. Hierna werden de bevindingen geanalyseerd onder leiding van de arbo-deskundige.

Het belangrijkste knelpunt bij het inspectiewerk aan de grote inspectietafel betrof de statische belasting van de lage rug. Daarnaast konden de volgende knelpunten worden onderscheiden:

- het langdurig staan vond men belastend;
- huidcontact met vers gecoat papier en film geeft uitdroging van de huid en soms huidirritatie;
- de lampen geven veel stralingswarmte, de luchttemperatuur loopt tijdens het werk op tot 30-35° C;
- het handmatig tillen van de monsters uit de lijn (23 kilogram) vormt een forse tilbelasting;
- het werk is inspannend voor de ogen, door het zoeken naar kleine oneffenheden, het maximaal accommoderen en het wisselen van het licht op het oog;
- er is een spanningsveld tussen tijdsdruk en verantwoordelijkheid; hierdoor worden alle ongemakken versterkt.

De selectie van maatregelen

Voor de tweede bijeenkomst van het projectteam werd een samenvatting gemaakt van de bevindingen van de eerste bijeenkomst. Dit werd gebruikt om alle betrokkenen te informeren over de voortgang van het project. Het vormde tevens een opstap naar het vervolg.

In de tweede bijeenkomst werden zoveel mogelijk oplossingsrichtingen geformuleerd voor het belangrijkste knelpunten. Aan het eind van de bij-

eenkomst werden alle oplossingen gerangschikt volgens de arbeidshygiënische strategie. Hiermee kon de effectiviteit van de maatregel voor het ervaren knelpunt gemakkelijker worden beoordeeld. De arbeidshygiënische strategie bleek tevens een bruikbare kapstok bij het zoeken naar nieuwe oplossingsrichtingen (zie tabel 3).

De resultaten van de tweede bijeenkomst werden eveneens vastgelegd en naar de betrokkenen verstuurd.

Tabel 3

Arbeidshygiënische strategie:

- Maatregelen aan de bron: vermindering totaal aantal/duur inspecties
- Technische maatregelen: aanpassing aan de grote inspectietafel/geschikt maken van een tweede kleinere inspectietafel voor zittend inspectiewerk
- Organisatorische aanpassingen: extra-gedetailleerde inspecties uit het monster nemen en op kleinere inspectie tafel zittend inspecteren
- Persoonlijke beschermingsmiddelen/hulpmiddelen: afsteunmogelijkheid bieden voor armen, opstapje voor kleinere medewerkers
- Aanpassen van de medewerkers: selectie of gerichte spier-trainings programma's.

De implementatie

Direct na de tweede bijeenkomst en nog voordat de bevindingen officieel werden gerapporteerd kwam een tijdelijk opstapje beschikbaar voor de kleinere inspectie-medewerkers.



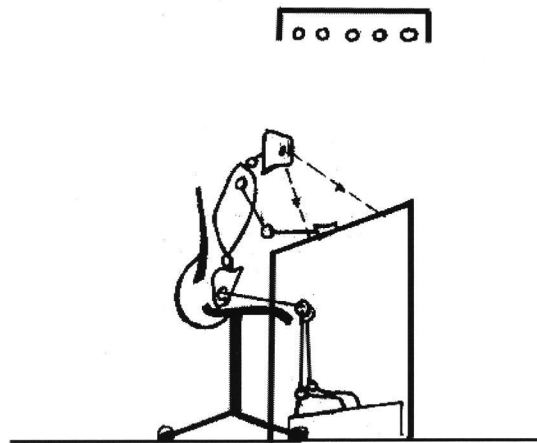
Figuur 2

Gebruik van hulpmiddelen bij het werken aan de oude tafel

Een mouse-pad werd tijdelijk gebruikt om op te steunen tijdens het inspecteren. Een verandering van de instelling van de klimaatbeheersing leidde ertoe dat de luchttemperatuur niet meer tot boven 25° C oploopt.

Korte tijd later werd additionele verlichting aangebracht boven een tweede kleine inspectietafel. De kosten bedroegen vijftienghonderd gulden. Vanaf dat moment kon ongeveer eenderde deel van het extra-gede-

tailleerde inspectiewerk zittend aan deze tafel worden uitgevoerd. Hoewel het aanvankelijk niet voor mogelijk werd gehouden, werden tenslotte de belangrijkste verbeteringen gerealiseerd bij de bron. De totale tijd besteed aan het extra-gedetailleerde inspectiewerk werd in de loop van een jaar in enkele stappen teruggebracht. Door diverse projecten kon de totale tijd besteed aan extra-gedetailleerde inspecties worden gereduceerd van 45 uur per week in december 1994 naar 10 tot 15 uur per week in december 1995.



Figuur 3

Gedeelte van de taak kan zittend gedaan worden

De evaluatie

Het project voor de extra-gedetailleerde inspectiewerkzaamheden heeft veel bruikbare oplossingsrichtingen opgeleverd. De betrokkenheid van de medewerkers en hun enthousiasme hebben ertoe bijgedragen dat een groot aantal veranderingen snel en gemakkelijk konden worden ingevoerd. De belangrijkste bijdrage aan de vermindering van de arbeidsbelasting van de inspectie-medewerkers leverde de reductie van het totale volume aan extra-gedetailleerde inspectie. Dit was een oplossingsrichting die aanvankelijk niet werd overwogen. De belasting van de lage rug bij het inspectiewerk wordt op dit moment niet meer als problematisch ervaren. Aanpassingen aan de grote inspectietafel worden voorlopig niet meer nodig geacht. Op dit moment lopen nog onderzoeken naar definitieve oplossingen voor het opstapje en de armsteun. Tevens lopen onderzoeken naar de tilsituatie van de monsters in het werk en naar mogelijkheden voor periodieke oogtesten.

Tot besluit

De volgende lessen kunnen worden geleerd uit dit project:

- Denk niet te snel in oplossingen. Zonder een zorgvuldige analyse van

een werksituatie worden goede oplossingsmogelijkheden over het hoofd gezien.

- Statische belasting in de arbeid vormt een belangrijk gezondheidskundig probleem. Statische belasting is evenwel in veel arbeidssituaties niet (of nog niet) te kwantificeren. Een kosten-baten analyse voor vermindering van statische belasting in het werk is niet uit te voeren, tenzij met vele aannamen.
- De arbo-deskundige, met zijn/haar specifieke kennis van de mens in relatie tot zijn arbeidssituatie, kan een belangrijke rol spelen bij de bepaling van de probleemstelling bij knelpunten in de arbeidssituatie. Tevens kan de arbo-deskundige een rol spelen bij het vaststellen van randvoorwaarden en het bepalen van oplossingsrichtingen. Dit geldt zowel voor bestaande situaties als voor nieuw te ontwikkelen werkplekken.
- De methode van de 'participatieve ergonomie' blijkt ook bij kleinere projecten goed bruikbaar voor de arbo-deskundige. De methode draagt ertoe bij dat de kennis en ervaring van de eindgebruiker goed worden benut. De acceptatie van de aanbevelingen en de veranderingen wordt door deze methodiek sterk bevorderd.

C.M.A.G. de Rooij, bedrijfsarts
Arbo- en Bedrijfsgezondheidsdienst Midden-Brabant
Postbus 682
5000 AR Tilburg
Telefoon: 013-5791732

Literatuur

Vink, P., Lourijsen, E. Wortel, E. en Dul, J.

1992 Experience in participatory ergonomics: results of a round table session during the 11 th IEA congress. In: Ergonomics 123-7

Vink, P., Urlings, I. en Wortel, E.

1994 Succesvol invoeren van verbeteringen met 'participatieve ergonomie' In: Vink P en J. Dul, Lichamelijke belasting tijdens arbeid, Kerkebosch, Zeist, blz 69-76.

EEN BELADINGSHULPMIDDEL VOOR B737-VLIEGTUIG-RUIMEN

M.J.v. Wijk
&
N.J. Dellema
&
M.P.v.d. Grinten
&
P.C.H. Souren

Samenvatting

Het laden en lossen van narrow-body vliegtuigruimen, zoals van de Boeing 737 is fysiek zwaar werk. Dit uit zich in een hoog arbeidsverzuim bij de afdeling Vliegtuigbelading van de KLM (9-12%). Gemiddeld 65% van de arts-diagnoses van deze afdeling vallen in de categorie klachten aan het bewegingsapparaat. In samenwerking met TNO is een project gestart, met als doel het ontwikkelen van een beladingshulpmiddel voor B737 vliegtuigruimen. Factoren waar tijdens dit project rekening mee moest worden gehouden waren bedrijfseconomische randvoorwaarden, de borging van de projectorganisatie in de afdeling teneinde acceptatie en commitment te garanderen en een sterke praktijkgerichte instelling van vliegtuigbeladers. Om op dit laatste punt in te kunnen spelen is een vliegtuigruim nagebouwd, waarin met enkele mock-ups van het hulpmiddel een praktijksituatie is nagebootst. Geconcludeerd wordt dat het hulpmiddel leidt tot een aanzienlijke reductie van de fysieke belasting van rug, schouders en armen van vliegtuigbeladers, door de vliegtuigbeladers als een aanzienlijke verbetering wordt gezien en de mogelijkheid biedt het laden en lossen gedurende een langere tijd in een hoog tempo uit te voeren. Ingegaan zal worden op de projectorganisatie, het gebruik van een mock-up en een experiment in een nagebouwde praktijksituatie.

Trefwoorden: innovatie, projectmatige aanpak, participatieve ergonomie, gebruik mock-up

Inleiding

De Afdeling Vliegtuigbelading van de KLM verzorgt het laden en lossen van vracht, post en bagage voor vliegtuigen van de KLM en enkele buitenlandse maatschappijen. In tegenstelling tot de grotere vliegtuigtypen, de zogenaamde wide-bodies, waar de belading geheel automatisch verloopt, gebeurt de belading van de narrow-bodies vrijwel geheel handmatig. Voorbeelden van narrow-body vliegtuigen zijn de Boeing 737, de Boeing 757 en de Fokker 100.

Het laden en lossen van narrow-body vliegtuigruimen is fysiek zwaar werk. De ruimte waarin handmatig en in een geknielde werkhouding bagage, vracht en post wordt opgestapeld is ongeveer 1,20 m hoog en varieert qua diepte (in de lengterichting van het vliegtuig) van 2 tot 5 meter.

Onderzoek toonde aan dat van de arts-diagnoses tussen 1993 en 1995, ongeveer 65% het gevolg was van klachten aan het bewegingsapparaat. Tevens bleek dat het arbeidsverzuim erg hoog was op de Afdeling Vliegtuigbelading (variërend tussen de 9-12%). Een inventarisatie van de arbeidsbelasting op de afdeling waar narrow-bodies worden geladen en gelost, gaf aan dat gemiddeld 10 tot 12 ton aan post, vracht, en bagage door de handen van een medewerker gaat in gemiddeld 3 uur netto werktijd per dag.



Figuur 1

Een vliegtuigbelader in actie.

Een vergelijking met een studie naar de werkzaamheden van huisvuilbeladers (Van der Beek, 1994) wees uit dat door vliegtuigbeladers ongeveer dezelfde hoeveelheden werden verplaatst, maar in een veel ongunstiger werkhouding en in een kortere tijd. Geconcludeerd werd dat een structurele oplossing gevonden moest worden voor de belading van narrow-body vliegtuigen.

Project opzet

In samenwerking met TNO Preventie en Gezondheid (TNO-PG) en het TNO Produktcentrum (TNO-PrC) is een project gestart met als doel het ontwikkelen van een mock-up van een beladingshulpmiddel voor B737 vliegtuigruimen. Met dit beladingshulpmiddel dient de fysieke arbeidsbelasting te worden geminimaliseerd. Dit onderzoek is mede mogelijk gemaakt door de Stichting Arbeid en Gezondheid Beroepsvervoer (SAGB) en de TNO Stimuleringsregeling voor collectief bedrijfsgericht technologisch onderzoek.

Omdat er grote verschillen zitten tussen de ruimen van de verschillende soorten narrow-body vliegtuigen is gekozen de doelstelling te beperken tot het meest voorkomende type, de Boeing 737. Ongeveer 65% van alle door KLM afgehandelde narrow-body vluchten bestaat uit een B737's. Als uitgangspunt van minimalisatie werd gekozen voor de gezondheidskundige grenswaarden opgesteld door TNO-PG (Delleman et al., 1994). Als randvoorwaarde vanuit de KLM werd aangegeven dat absoluut geen vermindering van de punctualiteit (lees beladingsnelheid) veroorzaakt mag wor-

den door het gebruik van het te ontwikkelen hulpmiddel en dat er in ieder geval evenveel lading meegenomen moest kunnen worden.

Teneinde het project goed te verankeren in de KLM-organisatie is een werkgroep, een stuurgroep en een referentiegroep in het leven geroepen. In de Initiatiefase is een uitgebreid projectplan samengesteld. Hierin stond aangegeven op welke momenten voortgang moest worden teruggekoppeld naar de referentiegroep en op welk moment beslissingen dienden te worden genomen door de stuurgroep. De werkgroep werd samengesteld uit vier KLM-medewerkers uit de operatie, twee KLM-medewerkers werkzaam op het gebied van materieel, een KLM-projectleider van Central Support, een medewerker van TNO-PG en een medewerker van TNO-PrC.

Definitiefase

De werkgroep heeft in de definitiefase een Programma van Eisen opgesteld. Hierin is ondermeer ingegaan op de mate van reductie van fysieke belasting die door het hulpmiddel diende te worden gerealiseerd. In hoofdlijnen diende een oplossing gevonden te worden in de volgende prioriteitsvolgorde:

- eliminatie van fysieke belasting,
- reductie van fysieke belasting,
 - a. vermindering van het tilgewicht,
 - b. verbetering van de werkhouding,
 - c. vermindering van de handelingsfrequentie,
 - d. vermindering van de werkduur.

Door middel van diverse brainstormtechnieken zijn in het beginstadium zoveel mogelijk ideeën verzameld. Deze ideeën zijn vervolgens geclusterd tot vier oplossingsrichtingen. Van iedere oplossingsrichting is vervolgens de haalbaarheid ingeschat. Dit leidde tot de volgende resultaten:

Tabel 1

Oplossings- richting	Haalbaarheid (termijn, kosten)	Effect op belasting	Gebruiks- percentage	Conclusie
I. container-systeem	zeer moeilijk haalbaar (> 8 jaar, extreem hoge kosten)	1	alléén KLM B737's	Lange- termijn optie
II. inplane-systeem	moeilijk haalbaar (>6 jaar, zeer hoge kosten)	2 (a,b)	alléén KLM B737's	Niet doen
III. extern hulpmiddel	mogelijk haalbaar (>3 jaar, hoge kosten)	2	alle narrow-body vliegtuigen	Beste optie's
IV. persoonlijk hulpmiddel	goed haalbaar (>1 jaar, geen hoge kosten)	-	alle narrow bodies	Niet doen

Op basis van deze resultaten is, na positief advies van de referentiegroep, door de stuurgroep gekozen voor de derde oplossingsrichting .

Ontwerpfase

Nu de oplossingsrichting duidelijk was, diende een oplossing gevonden te worden voor het stapelen en ontstapelen van colli in het ruim. De technische uitwerking van het horizontale transport door het vliegtuigruim naar het platform en vice versa is door de werkgroep bewust op een tweede plaats gezet.

Het meest kritische onderdeel is de "interface" tussen de vliegtuigbelader en de lading. Indien dit onderdeel niet de gewenste vermindering van de fysieke belasting oplevert, of leidt tot een overschrijding van de randvoorwaarden, is uitwerking van de technische aspecten niet meer van belang. De werkgroep heeft in deze fase besloten dat voor de uitwerking van ideeën de medewerking van vliegtuigbeladers noodzakelijk is. Om op een eenvoudige wijze ideeën en principes te kunnen uitproberen is een vliegtuigruim nagebouwd. Aan het eind van de ontwerpfase is de derde oplossingsrichting nader gedetailleerd in ontwerptekeningen.



Figuur 2

Een vliegtuigbelader oefent met de mock-up.

Vorbereidings- en realisatiefase

Naar aanleiding van de ontwerptekeningen is een mock-up van het beladingshulpmiddel gebouwd. Een laboratoriumproef met de mock-up in het nagebouwde vliegtuigruim moest leiden tot inzicht in de vermindering van fysieke arbeidsbelasting en het effect op operationele randvoorwaarden als beladingssnelheid en -volume. Om tot een reële benadering van de praktijk te komen zijn 21 koffers, dozen en postzakken gevuld met zandzakken. De gewichtsverdeling (gemiddeld 15 kg, 5 kg) kwam over-

een met de praktijk. In totaal hebben 12 vliegtuigbeladers geparticipeerd in de proeven (allen man; leeftijd 26 - 41 jaar, gemiddeld 30 jaar; lengte 171 - 196 cm, gemiddeld 181 cm; gewicht 64 - 103 kg, gemiddeld 77 kg; ervaring met beladen 1 - 7 jaar, gemiddeld 5 jaar).

Om een vergelijking te kunnen maken met de huidige situatie zijn tijdens het experiment vier varianten van lossen en laden getest:

- A. handmatig (zonder hulpmiddel), in een diep ruim (400 cm vanaf de deurstijl), met een werktempo van 6 colli per minuut;
- B. handmatig (zonder hulpmiddel), in een ondiep ruim (240 cm vanaf de deurstijl), met een werktempo van 7 colli per minuut;
- C. met het hulpmiddel, met een werktempo van 6,5 colli per minuut;
- D. met het hulpmiddel, met een werktempo van 9,5 colli per minuut.

De werktempo's bij de varianten A en B zijn gekozen in overeenstemming met de praktijk (vastgesteld door metingen in de praktijk en een klein vooronderzoek). Als werktempo bij variant C is gekozen voor het gemiddelde werktempo bij de varianten A en B, om het gebruik van het hulpmiddel bij nagenoeg gelijke werktempo's te kunnen vergelijken. Omdat de verwachting is dat het plaatsen en wegnemen van het hulpmiddel tijd zal kosten, zal om dit te compenseren een hoger tempo van het feitelijke laden en lossen nodig zijn. Teneinde de effecten van een hoger los- en laadtempo te kunnen bestuderen is variant D in het experiment opgenomen. Bij variant D is gewerkt met een tempo dat ongeveer 45% hoger ligt dan het huidige gemiddelde werktempo.

Het werktempo is opgelegd door een computergestuurde pieptoon. Alle proefpersonen hebben met iedere variant gewerkt. Per variant werden de koffers, dozen en postzakken achter elkaar gelost en geladen. Deze handeling komt overeen met de praktijksituatie waarbij een vliegtuig bij binnenkomst zo snel mogelijk wordt gelost en vervolgens weer geladen.

Tijdens het experiment zijn de volgende bepalingen uitgevoerd:

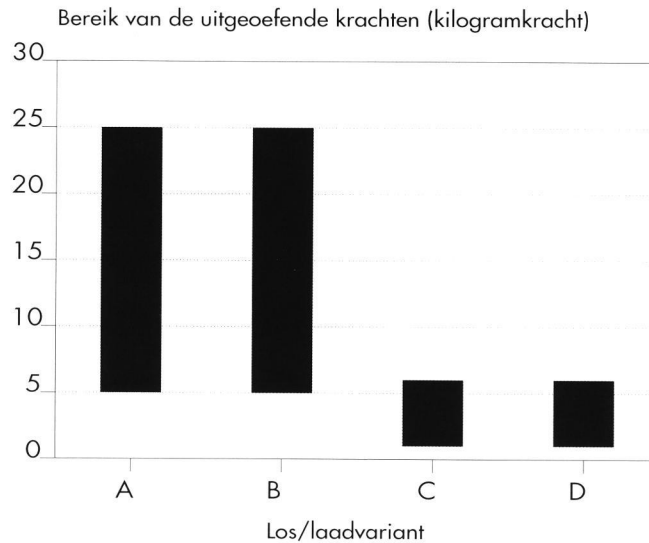
- krachtoefening tijdens tillen, duwen en trekken (door proefleiders bepaald);
- houding en beweging van de romp en bovenarmen (bepaald via video-observatie);
- oordeel van vliegtuigbeladers (ervaren houding van romp / rug, bovenarmen, benen en het totaaloordeel);
- hartfrequentiestijging t.o.v. rust.

Tevens zijn aan de vliegtuigbeladers open vragen gesteld ten aanzien van verbeteringsmogelijkheden van de mock-up. Door de proefleiders zijn aan de hand van video-opnamen gegevens verzameld over de beladingsnelheid en het beladingsvolume.

De proef leverde de volgende resultaten op:

Krachtuitoefening

In de huidige situatie worden colli over de ruimbodem geduwd of getrokken en worden colli getild om op te stapelen. De krachten die hiervoor nodig zijn, komen ruwweg overeen met de gewichten van de colli; hetgeen krachten inhoudt van 5 - 25 kg. Bij het werken met de mock-up zijn nog slechts duw- en trekkrachten over een glad oppervlak waargenomen. Krachten hiervoor nodig lagen tussen de 1,0 en 6,5 kg.



Figuur 3

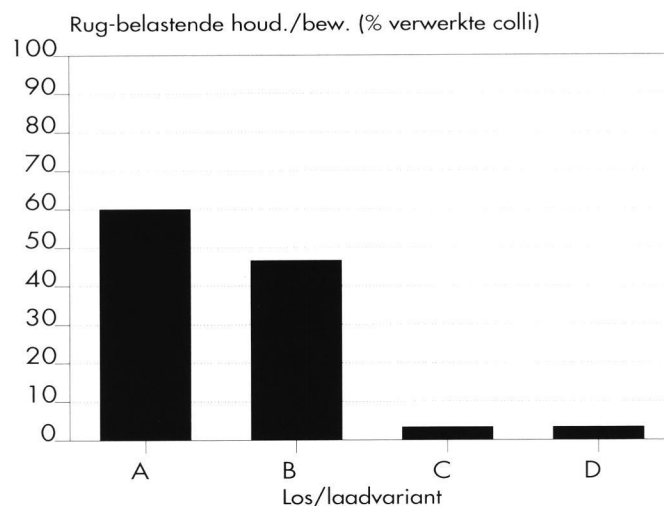
Het bereik van uitgeoefende krachten. Getoonde krachtniveaus per los/laadvariant gelden voor zowel lossen als laden (de krachten voor lossen en laden zijn nagenoeg gelijk)

A = handmatig (zonder hulpmiddel), diep ruim, 6 colli per minuut
B = handmatig (zonder hulpmiddel), ondiep ruim, 7 colli per minuut
C = met hulpmiddel, 6,5 colli per minuut
D = met hulpmiddel, 9,5 colli per minuut

Houding en beweging

Bij het laden en lossen volgens de huidige werkwijze komen veel belastende houdingen en bewegingen van de rug voor (rotaties van de romp om de lengte-as of meer dan 20° voorover gebogen zonder afsteuning). Analyse van de videobeelden toonde aan dat dit bij ongeveer 50-60% van de verwerkte colli voorkomt.

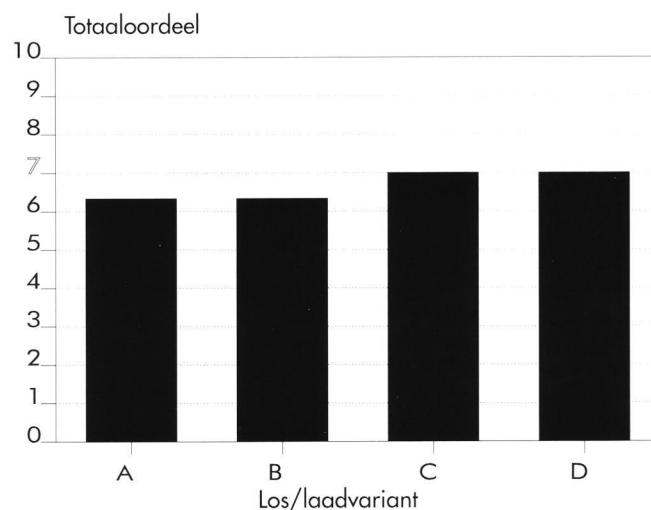
Met behulp van het hulpmiddel zijn deze belastende houdingen en bewegingen teruggebracht tot nagenoeg 0% (zie figuur 4). Het aantal belastende houdingen en bewegingen van de bovenarmen (naar achteren gericht of meer dan 60° geheven) werd teruggebracht van ongeveer 50% van de verwerkte colli naar ongeveer 40% bij het gebruik van het hulpmiddel.



Figuur 4

Rug:belastende houdingen en bewegingen per los/laadvariant; weergegeven is het percentage van de verwerkte colli (aantal/21) waarbij deze belastende houding/beweging is geobserveerd (groepsgemiddelde over lossen en laden)

A = handmatig (zonder hulpmiddel), diep ruim, 6 colli per minuut
 B = handmatig (zonder hulpmiddel), ondiep ruim, 7 colli per minuut
 C = met hulpmiddel, 6,5 colli per minuut
 D = met hulpmiddel, 9,5 colli per minuut



Figuur 5

Totaaloordeel per los/laadvariant (groepsgemiddelden over lossen en laden; schoolcijfer 0-10)

A = handmatig (zonder hulpmiddel), diep ruim, 6 colli per minuut
 B = handmatig (zonder hulpmiddel), ondiep ruim, 7 colli per minuut
 C = met hulpmiddel, 6,5 colli per minuut
 D = met hulpmiddel, 9,5 colli per minuut

Oordeel van vliegtuigbeladers

De vliegtuigbeladers ervaren de houding van de romp / rug en de bovenarmen bij het gebruik van het hulpmiddel gunstiger dan bij het handmatig laden en lossen (zonder hulpmiddel). Als totaaloordeel voor het gebruik van het hulpmiddel geven de vliegtuigbeladers het schoolcijfer 7,3 en voor de huidige situatie zonder hulpmiddel het cijfer 6,3.

Hartfrequentie

Bij alle vier trials vertoonde de hartfrequentie van de vliegtuigbeladers een stijging ten opzichte van het rustniveau variërend tussen de 30 en 40 slagen per minuut. Gezondheidskundige grenswaarden worden niet overschreden.

Beladingssnelheid en -volume

Uit de proef is gebleken dat het beladingshulpmiddel de mogelijkheid biedt om een hoog tempo gedurende een langere tijd uit te voeren. Een eventueel te realiseren tijdsbesparing op de totale afhandeling is afhankelijk van de tijd die nodig zal zijn om het hulpmiddel te plaatsen en te verwijderen. De efficiency van stapelen was mét het hulpmiddel van vergelijkbare aard als zonder het hulpmiddel.

Conclusie en discussie

Door middel van de proeven, uitgevoerd met een nagebouwd vliegtuigruim en een mock-up van een oplossingsrichting, is een goed beeld verkregen van het effect dat het uiteindelijke hulpmiddel zal hebben op de fysieke belasting van de medewerkers én op operationele randvoorwaarden gesteld door het management. Door in een vroeg stadium de interface tussen medewerker en hulpmiddel te scheiden van technische knelpunten, kan worden voorkomen dat technische oplossingen worden uitgewerkt (hoge kosten) voordat duidelijk is of het idee voldoende voordeel oplevert voor de eindgebruiker.

Door op een eenvoudige wijze de omstandigheden waarin het hulpmiddel moet worden gebruikt na te bootsen kan tevens inzicht worden verkregen in operationele variabelen (i.c. beladingssnelheid en -volume) én kan de betrokkenheid van medewerkers uit de praktijk al in een zeer vroeg stadium worden gewaarborgd.

Voor de ontwikkeling van een hulpmiddel ter vermindering van fysieke belasting kunnen een aantal essentiële stappen worden onderscheiden:

- kennis van het proces en de werkwijze, die is opgeslagen in de hoofden van de medewerkers dient in een zo vroeg mogelijk stadium te worden aangesproken;
- de interface tussen mens en toekomstig hulpmiddel dient in het beginstadium centraal te staan en aandacht te krijgen van technisch en

ergonomisch specialisten. Zuiver technische knelpunten kunnen worden geïsoleerd en op een tweede plaats worden gezet totdat duidelijk is of het gewenste resultaat kan worden bereikt voor de mede werker;

- door middel van een nabootsing van de toekomstige werksituatie met behulp van een mock-up, kunnen bovenstaande aandachtspunten worden verenigd in een integrale aanpak.

Het project is afgesloten met het advies een vervolgproject op te starten op basis van de beschreven oplossingsrichting. Essentieel in dit vervolgtraject is, dat dit samen met een fabrikant zal moeten plaatsvinden. Het resultaat van dit vervolgproject dient het ontwikkelen van een prototype te zijn. Ook voor het vervolgtraject is het essentieel dat toekomstige gebruikers een centrale rol blijven spelen bij de ontwikkeling van de ideeën.

M.J. van Wijk (KLM, Central Support Service Management Schiphol)

N.J. Delleman (TNO-Preventie en Gezondheid)

M.P. van der Grinten (TNO-Preventie en Gezondheid)

P.C.H. Souren (TNO-Productcentrum)

Literatuur

Beek, A.J. van der

1994 Assessment of workload in lorry drivers [Academisch proefschrift]. Amsterdam: Universiteit van Amsterdam, Studiecentrum Arbeid en Gezondheid, 167 blz.

Delleman, N.J. et al.

1994 Fysieke belasting. Risico's inventariseren, evalueren en aanpakken. Praktijkreeks Arbo & Milieu nr. 3, TNO Centrum voor Arbeid, Leiden / Samson Bedrijfsinformatie, Alphen a/d Rijn en Zaventem, 49 blz.

FLUITEND OPPEREN

Ergonomische maatregelen leveren geld op

M. Miedema
&
P. Vink

Samenvatting

Traditioneel worden metselstenen en specie handmatig naar de metselaar getransporteerd. Dit traditionele transport blijkt zeer belastend te zijn voor de rug van de opperlieden. Hierdoor zijn het ziekteverzuim en WAO-intrede hoog. Door een goede samenwerking tussen de betreffende branche-verenigingen, fabrikanten en TNO is het mogelijk gebleken de werksituatie ergonomisch te verbeteren. Door het ontwikkelen van deelbare stenenpakketten, tangen voor 100-400 stenen en de opkar kan (gedeeltelijk) mechanisch geopperd worden. Hierdoor zijn de zware taken van de opperman geëlimineerd (het handmatig laden, lossen en kruien). Daarnaast blijkt deze ergonomische werkwijze ook financieel voordelig.

Trefwoorden: opperen, ergonomie, fysieke belasting, verbeteringen, kosten

Inleiding

De taak van de opperman-metselaar bestaat voornamelijk uit het transporteren van metselstenen en specie naar de metselaar. Eén opperman bedient meestal drie metselaars tegelijk, zodat de opperman per dag 2.400-3.000 stenen verplaatst. Traditioneel worden al deze stenen handmatig getransporteerd. Hierbij wordt frequent getild en gebukt. Het verzuimpercentage (18%) bij de ongeveer 7.000 opperlieden was bij aanvang van het project 1,5 keer zo hoog als in de bouw als geheel en de WAO-intrede (6%) was bijna 2 keer zo hoog (Arbouw, 1992). Meer dan de helft van de gezondheidsklachten had te maken met klachten aan rug, nek en schouders. Om de fysieke belasting van de opperman te verlagen en de efficiëntie van het werk te verhogen werken de Nederlandse MetselaarsPatroonsBond (NMPB), het Koninklijk verbond van Nederlandse Baksteenfabrikanten (KNB) en het Nederlands Verbond van Ondernemers in de Bouwnijverheid (NVOB) samen met TNO aan een vernieuwde manier van het transport van stenen en specie.

Dit artikel geeft een verslag van het ontwikkelingstraject naar een verbeterde manier van opperen. Hierbij wordt vooral aandacht besteed aan de ergonomische aspecten en minder aan de technologische aspecten van het project. Het ergonomische gedeelte van het onderzoek bestond uit het bepalen en beoordelen van de fysieke belasting tijdens traditioneel opperen, het zoeken naar verbeteringen, het ontwikkelen van nieuwe hulpmiddelen en vervolgens het bepalen en beoordelen van de fysieke belasting tijdens de vernieuwde werkwijze.

Methode

Om te beoordelen hoe belastend het werk van de opperman is, zijn bij 10 opperlieden metingen verricht op de werkplek. Deze metingen bestonden

uit het observeren van alle voorkomende taken, het maken van video-opnamen ter analyse van houding en beweging, het bepalen van de richting en grootte van de uitgeoefende krachten, het meten van de frequentie waarmee handelingen worden uitgevoerd, het registreren van de werken rustduur, het wegen van de gewichten van de gehanteerde materialen en het meten van de afstanden waarover lasten worden getild, geduwd, getrokken of gedragen. De horizontale en verticale werkafstanden zijn op de werkplek opgemeten of van video geschat. Vervolgens is de werkbelasting beoordeeld aan de hand van richtlijnen voor fysieke belasting in de bouw (Van der Molen e.a., 1994). Voor tillen zijn deze richtlijnen gebaseerd op de NIOSH-richtlijn (Waters e.a., 1993) en het werk van Mital e.a. (1993), voor dragen, duwen en trekken op de richtlijnen van Mital e.a. (1993) en voor repeterend handelen op het werk van Delleman (1994) en Kilbom (1994).

Het onderzoek heeft geresulteerd in twee typen meetresultaten, te weten de meting en beoordeling van de fysieke belasting tijdens de traditionele methode van opperen en de resultaten die zijn bereikt door overleg met de betrokkenen om de werksituatie ergonomisch te verbeteren. In deze ergonomisch verbeterde situatie is de fysieke belasting vervolgens weer beoordeeld.

Resultaten

Traditioneel opperen

In de traditionele situatie worden stenen als gestapelde pakketten of als bulkgoederen op de bouwplaats aangeleverd. Vervolgens worden de stenen met de hand één voor één of met een stenenklem (5-8 stenen tegelijk) van de voorraadstapel opgepakt en op de stenenkruiwagen gestapeld (zie figuur 1).



Figuur 1

Handmatig laden van de stenenkruiwagen met de stenenklem

Daarna worden de stenen verkruid en bij de metselaar weer één voor één met de hand afgeladen. De specie wordt in silo's, zakken of vulbakken aangeleverd. Met een kruiwagen wordt de vloeibare specie naar de metselaar getransporteerd. De twee meest belastende taken voor de opperman zijn het laden en lossen van de stenenkruiwagen en het rijden met een beladen kruiwagen met stenen of specie. Deze taken worden hieronder beschreven en beoordeeld.

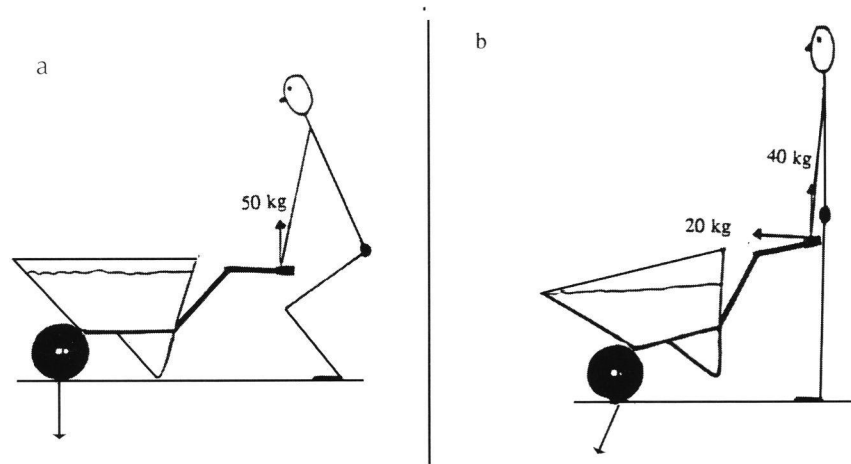
Het laden en lossen van de stenenkruiwagen

Bij het handmatig werken zonder klem worden in iedere hand twee stenen gepakt. Er wordt overwegend gewerkt met waalformaat of maasformaat stenen (respectievelijk per stuk 1,7 en 3,1 kg in droge toestand). Er wordt dus steeds tweehandig een totaalgewicht van 6,8 of 12,4 kg gehanteerd. De stenen worden met een frequentie van 4 keer per minuut geladen of gelost en van 0 tot 100 cm hoogte van de voorraadstapel weggepakt en vervolgens op een 45 tot 95 cm hoge stenenkruiwagen gelegd. Bij het lossen worden de stenen vanaf de kruiwagen (hoogte 45-95 cm) naar de grond verplaatst (0-50 cm; afhankelijk van de vulling van de stenentas). De horizontale werkafstand is gemiddeld 40 cm en de rug wordt ongeveer 30° gedraaid, omdat de opperman tussen de kruiwagen en de stenen staat. Deze taak kan gezien worden als (repeterend) tillen. Volgens de NIOSH-richtlijn is een tilgewicht van maximaal 3 kg acceptabel. Dit komt overeen met 1 steen per tilbeweging (in plaats van 4). Bij gebruik van de stenenklem wordt eenhandig een gewicht van 10 tot 18 kg gehanteerd met een frequentie van 3 keer per minuut. Bij deze manier van opperen wordt frequent getild met één hand. Volgens de NIOSH-richtlijn is in deze situatie een gewicht van maximaal 4,3 kg acceptabel. Dit komt overeen met 2 waalformaat stenen of 1 maasformaat steen per tilbeweging. Geconcludeerd kan worden, dat het huidige handmatige laden en lossen van de stenen (met en zonder stenenklem) de gezondheidskundige richtlijn 2 tot 4 keer overschrijdt.

Het verkruiden van stenen en specie

Een kruiwagen wordt vaak met 80 stenen geladen. Een geladen stenenkruiwagen weegt totaal 130 kg. De opperman maakt gemiddeld 35 ritten per dag met stenen en is hier 4 uur mee bezig. Deze ritten zijn horizontaal over de grond en steiger, maar ook schuin omhoog over loopplanken en met scherpe bochten. Het hanteren van de kruiwagen bestaat eerst uit het optillen van de handvatten en daarna uit het duwen en dragen van de kruiwagen. Uit onderzoek van Miedema (1992) blijkt, dat het optillen van de handvatten van een geladen kruiwagen een tilkracht van 500 N (50 kg) vereist. Het wiel draagt de andere 80 kg. Om daarna de handvatten hoog te houden moet een gewicht van 40 kg gedragen worden. Volgens de NIOSH-richtlijn is in deze situatie een tilgewicht van maximaal 21,6 kg toelaatbaar. Volgens Mital e.a. (1993) is een draaggewicht van 26 kg

acceptabel (zie figuur 2). De werkelijke til- en draaggewichten overschrijden de richtlijn, waardoor een vergrote kans op klachten aan het bewegingsapparaat bestaat. Om daarna de kruitwagen voorwaarts te verplaatsen is een gemiddelde duwkracht nodig van 200 N (20 kg). De vereiste kracht is afhankelijk van het type ondergrond, de hardheid van de band en de mate van vulling van de kruitwagen. Volgens Mital e.a. (1993) is een duwgewicht van 25 kg acceptabel. Deze handeling blijkt dus acceptabel.



Figuur 2

a) Werkelijke gewichten tijdens het optillen en rijden met de kruitwagen
b) De maximaal toelaatbare gewichten zijn voor tillen 21,6 kg, voor dragen 26 kg en voor duwen 25 kg

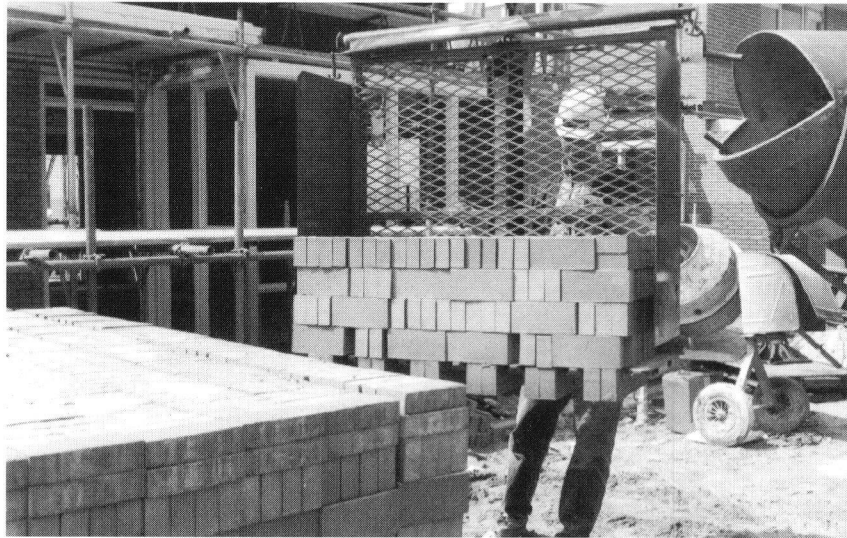
Momenteel wordt de specie vanaf de plaats van aanvoer met een kruitwagen of met een kraan en kubel (soort bak) naar de metselaar getransporteerd. De opperman besteedt 13% van zijn werktijd aan het transport van metselspecie (Arbouw, 1989). In geval van kruien worden 15 kruitwagens met specie per dag verkruide. De kruitwagen wordt geladen met ongeveer 60 liter metselspecie, hetgeen een totaal gewicht heeft van 130 kg. Omdat de vorm van de kruitwagen en het te hanteren gewicht gelijk zijn met het kruien van stenen, geldt dezelfde beoordeling als boven (zie figuur 2). Wanneer de specie nog op de bouwplaats moet worden aangemaakt, moeten zakken van 25 kg speciepoeder worden opgetild en leeggestort in de speciekuip. Bij dit oppakken wordt diep gebukt. De aanbevolen limiet volgens de NIOSH-richtlijn is 8 kg (Van der Grinten, 1994). Deze grens wordt overschreden.

Bovenstaande resultaten tonen aan, dat de opperman zwaar belast wordt. Zowel tijdens het repeterend bewegen bij het laden en lossen van de stenenkruitwagens als tijdens het tillen en dragen van de stenen- en speciekruitwagens worden de richtlijnen overschreden. De beste mogelijkheid om de fysieke belasting te verminderen is eliminatie van de zware taken.

Nieuwe hulpmiddelen

Om de opperman te ontlasten is een nieuwe methode van stenen en specie-transport ontwikkeld, te weten het gemechaniseerd transport. Hiervoor zijn de volgende hulpmiddelen ontworpen:

- 6-voetstang; dit is een tang die aan een verreiker of kraan kan worden bevestigd. De 6-voetstang kan met vorken, die onder het stenenpakket kunnen worden geschoven, 100 tot 400 stenen tegelijk oppakken en bij de metselaar afzetten. Bij de voorraadstapel en de metselaar moet de 6-voetstang handmatig respectievelijk in en uit het stenenpakket worden getrokken. (zie figuur 3)



Figuur 3

Met de optang kan een pakket van 200-400 stenen mechanisch op de steiger worden geplaatst

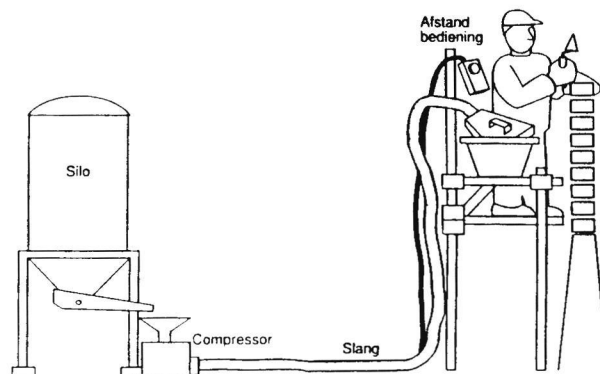
- optang; dit is een 6-voetstang die zelfstandig kan lossen. De optang kan met behulp van een verreiker pakketten van 200-400 stenen ook binnen in de steiger bij de metselaar plaatsen;
- de opkar; dit is een stenenkar, die 50 stenen in één keer elektrisch kan oppakken en afzetten op de juiste hoogte (zie figuur 4). Dit gebeurt door de vorken van het hefplateau tussen de voetstenen te steken en vervolgens door een druk op de knop de stenen omhoog te halen;
- 12-voetspakketten; om het mogelijk te maken om de tangen en de opkar onder de stenenpakketten te kunnen schuiven zijn nieuwe deelbare stenenpakketten op 12 voetstenen ontwikkeld (in plaats van de ondeelbare pakketten op 11 voetstenen). Op deze wijze kunnen veelvouden van 50 stenen tegelijk opgepakt worden tot een maximum van 400;



Figuur 4

Met de opkar kan een pakket van 50 stenen in één keer elektrisch worden opgepakt en afgezet op juiste hoogte

- speciepomp; met de speciepomp kan specie mechanisch worden verblazen (De Kroon, 1995). Bij het verblazen van metselspecie wordt met behulp van een pompinstallatie de specie met perslucht via een slang naar de metselkuip getransporteerd (zie figuur 5). De metselaar kan via een afstandsbediening precies zoveel specie aanvoeren als nodig is.



Figuur 5

Het verblazen van metselspecie

Ergonomisch opperen

Met de nieuw ontwikkelde hulpmiddelen kan volledig mechanisch of gedeeltelijk mechanisch geopperd worden. Bij volledig mechanisch opperen is door inzet van de kraan of verreiker met een 6-voetstang of de

optang zowel het handmatig laden en lossen als het verticale, handmatige transport geëlimineerd. De fysieke belasting van de opperman is hierbij sterk verminderd. De stenen worden over de steiger verdeeld met behulp van de opkar (horizontaal transport). Volledig mechanisch opperen is echter niet altijd mogelijk, omdat de kraan niet op alle plaatsen kan komen. Voor die situaties wordt gebruik gemaakt van gedeeltelijk gemechaniseerd transport, met gebruik van de opkar. Met de opkar is het handmatig laden en lossen geëlimineerd, maar het verkruien blijft echter nog wel bestaan. Het horizontaal transport bestaat uit het rijden met de opkar en bij verticaal transport wordt de opkar op de bouwlift geplaatst. Uit metingen is gebleken (Miedema e.a., 1994), dat geen tilkracht nodig is bij het oppakken van de opkar omdat de opkar altijd verticaal rechtop staat. Er is tijdens het rijden slechts een draagkracht van 5 kg nodig, wanneer de stenen tijdens het kruien boven het wiel worden gepositioneerd. Dit is een acceptabele belasting. Ook de krachtoefeningen bij andere handelingen (zoals duwen en de bocht omgaan) vallen binnen de gezondheidskundige grenswaarden, wanneer efficiënt met de opkar wordt omgegaan. Wanneer zeer scherpe bochten worden genomen, worden de krachten die nodig zijn om de opkar in balans te houden vrij groot, omdat de positie van het stenenpakket vrij hoog boven de wielen ligt. Om de voordelen van de opkar volledig te benutten is enige training noodzakelijk. Volledig of gedeeltelijk mechanisch opperen is een verbetering ten opzichte van traditioneel opperen. Op kleinere bouwplaatsen zijn de benodigde hulpmiddelen echter niet altijd aanwezig. Wanneer toch handmatig moet worden geopperd, kan de werksituatie ook worden verbeterd.

Zo kan de houding verbeterd worden:

- door de stenen op een verhoging bij de metselaar en bij de plaats van aanvoer te zetten wordt het diep bukken geëlimineerd (van zowel de opperman als de metselaar);
- door de kruiwagen naast de voorraadstapel met stenen te zetten (en niet achter de opperman) wordt het draaien in de rug beperkt;
- door dicht bij de stenen en de kruiwagen te gaan staan wordt de reikafstand verminderd.

Wanneer deze drie werkwijzen worden toegepast, vermindert de fysieke belasting en mag volgens de NIOSH-richtlijn maximaal 7 kg worden gehanteerd (Van der Grinten, 1994). Dit komt overeen met 4 waalstenen (2 in elke hand) of 2 maasstenen. Wanneer handmatig moet worden gekruid met de stenenkruiwagen, mag de lading maximaal 54 kg bedragen om een acceptabele werksituatie te verkrijgen (in plaats van 130 kg). Dit komt overeen met 30 waalstenen (in plaats van 80 stuks) en 20 liter specie (in plaats van 60 liter). Het opperen van specie met behulp van een kraan met kubel wordt soms al toegepast. Hierbij is de fysieke belasting van de opperman sterk verminderd. Op kleinere bouwplaatsen is dit soort transport niet altijd mogelijk. Wanneer metselspecie wordt verblazen, is kruien niet meer

nodig. Uit metingen van TNO (Miedema, 1992) is gebleken, dat de fysieke belasting duidelijk vermindert tijdens het verblazen van specie ten opzichte van het verkruien. Dit komt omdat het tillen, duwen en dragen van de kruiwagens niet meer nodig is. Wel moet nog aandacht besteed worden aan een efficiënte positionering van de lange, zware slangen.

Discussie

Mechanisch opperen gaat sneller dan handmatig opperen. In het algemeen leidt mechanisatie tot een reductie van het personeel. In het geval van opperen is geen sprake van personeelsreductie, maar wel van taakverandering. In de nieuwe situatie verandert de taak van de opperman van een fysiek zware taak naar een organisatorische taak met machinebediening. De taak van de opperman bij mechanisch opperen bestaat nu uit het bepalen wanneer de kraan moet komen (na overleg met collega's) en waar deze gepositioneerd moet worden op de bouwplaats om op alle plaatsen te kunnen opperen.

Het ziekteverzuim onder metselaars is momenteel 5,6% en onder oppermannen 7.2% (Arbouw, mondelinge informatie 1996). Deze verlaging van het verzuim ten opzichte van 1992 is voornamelijk terug te voeren op de wetgeving, maar misschien ook gedeeltelijk door de nieuwe werkmethoden. De precieze oorzaak van de verlaging zou nader onderzocht kunnen worden.

Het invoeren van ergonomische maatregelen kan moeilijk zijn bij negatieve financiële consequenties. Daarom is begroot wat de kosten zijn van handmatig opperen en mechanisch opperen. Het handmatig opperen van 6.000 stenen kost 2 mandagen plus de huur van een bouwlift (totaal f 800,-) en het mechanisch opperen van 6.000 stenen kost 2 manuren plus de huur van een kraan (totaal f 385,-) (Berndsen e.a., 1994). Op papier en in de praktijk blijkt, dat mechanisch opperen geld oplevert, niet alleen door de hogere prestatie van de opperlieden maar ook door voordelen als minder afval van stenen en hogere kwaliteit van het metselwerk. Dit uit zich bijvoorbeeld in een minder aantal beschadigde stenen.

Conclusie

Het traditioneel opperen is fysiek zwaar, omdat alle handelingen nog handmatig worden verricht. Bij het laden en lossen van de stenenkruiwagens wordt frequent diep gebukt en gedraaid met de rug. Bij gebruik van de stenenklem worden de gezondheidskundige grenswaarden 3 tot 4 keer overschreden. Daarnaast is het tillen en dragen van een geladen kruiwagen zwaar werk. De beste ergonomische oplossing is het elimineren van de zware taken. Dit is gerealiseerd door de ontwikkeling van het speciale stenenpakket, de opkar, de 6-voetstang, de optang en de speciepomp. Bij gebruik van de kraan of verreiker met de tangen zijn het handmatig laden

en lossen en het handmatige verticale transport geëlimineerd. De tweede oplossing is gedeeltelijk mechanisch transport met gebruik van de opkar. Hierbij is het handmatig laden en lossen niet meer nodig, maar wordt het horizontaal transport nog wel handmatig verricht. De derde oplossing is een verbeterde handmatige werksituatie, waarbij de stenen op hoogte worden gezet en de kruiwagen efficiënt wordt gepositioneerd.

Mathilde Miedema, Peter Vink
TNO Centrum voor Arbeid,
Postbus 2215,
2301 CE LEIDEN,
tel.: 071 - 518 18 35, fax: 071 - 518 19 20

Literatuur

Arbouw

1989 Beroepen in de bouw: de opperman-metselaar: een omschrijving van de arbeid en de arbeidsomstandigheden, Stichting Arbouw, Amsterdam.

Arbouw

1992 Werk en gezondheid in de bouwnijverheid: beroepenoverzicht, Stichting Arbouw, Amsterdam.

Delleman, N.J.

1994 Fysieke belasting, risico's inventariseren, evalueren en oplossen, Samson Bedrijfsinformatie, Alphen aan den Rijn; TNO Centrum voor Arbeid, Leiden. Arbo & Milieu 3.

Berndsen, M.B., Kroon, J.C.A. de, Miedema, M.C.

1994 Bouwnijverheid: knelpunten bij opperen en metselen verbeterd. In: Vink, P. en Dul, J. (red.), Lichamelijke belasting tijdens arbeid: wetgeving en oplossingen, Kerckebosch, Zeist, blz. 145-150.

Grinten, M.P. van der.

1994 Bouwnijverheid: de NIOSH-formule toegepast op opperen. In: Vink, P. en Dul, J. (red.), Lichamelijke belasting tijdens arbeid: wetgeving en oplossingen, Kerckebosch, Zeist, blz. 139-144.

Kilbom, A

1994 Repetitive work of the upper extremity: Part 1, Guidelines for the practitioner. Int.J Ind Ergonomics. No 14:51-57

Kroon, J.C.A. de.

1995 Eindverslag KMO 13.2: Baksteenapplicaties, TNO Bouw, Delft, Publ.nr. 95-con-R1131, Concept.

Miedema, M.C.

1992 Tussentijdse ergonomische beoordeling van het transport van metselspecie, TNO-PG, Leiden, Publ.nr. C030, Concept.

Miedema, M.C., Vink, P. en Kroon, J.C.A. de.

1994 Ergonomische beoordeling van de opkar, TNO Centrum voor Arbeid, Leiden, Publ.nr. 94.034.

Mital, A., Nicholson, A.S. en Ayoub, M.M.

1993 A guide to manual material handling. Taylor & Francis, London.

Molen, H. van der, Duivenbooden, J. van, Vink, P. en Miedema, M.C.

1994 Bouwnijverheid: normen en richtlijnen voor de (steiger)bouw. In: Vink, P. en Dul, J. (red.), Lichamelijke belasting tijdens arbeid: wetgeving en oplossingen, Kerckebosch, Zeist, blz. 128-131.

Waters, T.R., Putz-Anderson, V., Garg, A. en Fine, L.J.

1993 Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. In: Ergonomics 36, blz. 746-776.

VERBETERING VAN ARBEIDSOMSTANDIGHEDEN DOOR INZET VAN TECHNIEK

A. Korbijn

Inleiding

De Stichting Toekomstbeeld der Techniek (STT) is in 1968 opgericht door het Koninklijk Instituut van Ingenieurs (KIVI) met het doel mogelijke technische ontwikkelingen in hun maatschappelijke samenhang te verkennen. Een STT-studie wordt uitgevoerd door 3 á 4 werkgroepen onder leiding van een stuurgroep. Aan een STT-studie nemen gemiddeld 30 tot 40 deskundigen deel afkomstig van verschillende universiteiten, bedrijven en onderzoeksinstituten. Het tastbare resultaat van een studie is een boek waarin de resultaten worden vastgelegd. Het minder tastbare maar zeker niet minder belangrijke resultaat is de uitwisseling van kennis en ervaring tussen de werkgroepleden onderling. De resultaten worden uitgedragen op een symposium en via aandacht in de media.

De onderwerpen van STT-studies kunnen betrekking hebben op veelbelovende technische ontwikkelingen of op de rol die techniek kan spelen bij het oplossen van maatschappelijke vraagstukken. De discussie over de enorme toename van het aantal arbeidsongeschikten was voor STT aanleiding om in 1994 te starten met de studie 'Gezondheid, arbeid en techniek'. In deze studie wordt onderzocht welke rol techniek kan spelen bij het verbeteren van de relatie tussen arbeid en gezondheid. Deze studie zal in september 1996 worden afgesloten. In deze bijdrage zal een overzicht worden gegeven van de inhoud en de resultaten van deze studie.

Afbakening

Of iemand gezondheidsklachten krijgt door zijn werk wordt bepaald door veel verschillende factoren zoals de functie-inhoud, de arbeidsvoorwaarden, de verhouding met collega's en de fysieke omstandigheden waaronder moet worden gewerkt. Het totaal van deze factoren wordt de kwaliteit van de arbeid genoemd. Van deze factoren zijn met name de fysieke omstandigheden en de functie-inhoud door inzet van techniek te beïnvloeden. De arbeidsvoorwaarden en de verhouding met collega's zijn daarom buiten beschouwing gelaten. Om structurele verbetering van de gezondheidssituatie mogelijk te maken is het van belang de oorzaken van gezondheidsklachten weg te nemen. Bij het zoeken naar oplossingen is daarom gestreefd naar zogenaamde brongerichte maatregelen. Gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen is buiten beschouwing gebleven. De studie heeft zich toegespitst op drie bedrijfstakken namelijk de bouw, de glastuinbouw en de vleessector. Voor deze sectoren is gekozen om een aantal redenen. Ten eerste is in deze sectoren sprake van

zware fysieke belasting en komen er relatief veel ongevallen voor. De verwachting is dat juist in dit soort situaties techniek een belangrijke rol kan spelen. Daarnaast komen in deze sectoren veel kleine en middelgrote ondernemingen voor. Deze ondernemingen zijn meestal niet in staat om ieder voor zich oplossingen te ontwikkelen waardoor een sectorgewijze inventarisatie hier waarschijnlijk effectief kan zijn. Ten derde bestaat in deze sectoren een groeiende aandacht voor arbeid en gezondheid waardoor een goed draagvlak aanwezig is voor deze studie. Uit de gemaakte keuze mag niet worden afgeleid dat dit de sectoren zijn met de slechtste arbeidsomstandigheden.

Resultaten van de werkgroepen

In eerste instantie hebben de werkgroepen geïnventariseerd welke risicofactoren een rol spelen en bij welke situaties deze factoren optreden. Zoals door de keuze van de sectoren te verwachten was, blijkt in alle drie de sectoren fysieke belasting de grootste risicofactor te zijn. Daarnaast vormen chemische belasting door gebruik van gewasbeschermingsmiddelen, veiligheidsrisico's door werken met messen en klimatologische omstandigheden risicofactoren. Opvallend is dat het moeilijk bleek te zijn om betrouwbare kwantitatieve gegevens te verzamelen over de gezondheidssituatie in de verschillende sectoren. Voor het begrip gezondheid bestaat geen eenduidige definitie of maat. Daarom wordt meestal gebruik gemaakt van verschillende indicatoren om de gezondheid vast te stellen zoals ziekteverzuimpercentage, arbeidsongeschiktheidpercentage en enquête-gegevens over doktersbezoek, medicijngebruik en de door de mensen zelf ervaren gezondheid. In veel sectoren zijn alleen ziekteverzuimpercentages en arbeidsongeschiktheidspercentages beschikbaar. Hierdoor ontstaat het gevaar dat gezondheidsklachten die niet leiden tot verzuim weinig aandacht krijgen. De cijfers over het ziekteverzuim en de arbeidsongeschiktheid zijn sterk afhankelijk van de manier van registreren. Door de wijzigingen in de wetgeving zijn de cijfers de laatste jaren minder betrouwbaar geworden. De cijfers die beschikbaar zijn, zijn vrijwel altijd op bedrijfsniveau verzameld en zelden naar concrete beroepsgroepen onderverdeeld. Het is daarom bijzonder lastig om conclusies te trekken of maatregelen te nemen op basis van dit soort gegevens. Om in de toekomst een beter gefundeerde aanpak van arbeid en gezondheid mogelijk te maken is een goede landelijke registratie van verzuim en verzuim-oorzaken noodzakelijk.

Tijdens de studie bleek dat voor veel knelpunten al technische oplossingen bestonden. Veel van deze oplossingen genieten echter nauwelijks bekendheid of worden om diverse redenen niet gebruikt. Daarom is er niet voor gekozen om een groot aantal nieuwe mogelijkheden aan te geven maar een beperkt aantal situaties uit te werken en daarvan aan te geven welke factoren bepalen of een verbetering succesvol is. In de tuinbouw

onder glas is gekeken naar het oogsten van groenten, het 'laten zakken' van planten, het sorteren van groenten en het aanbrengen van bestrijdingsmiddelen. Eén van de technische oplossingen die wordt uitgewerkt is een hulpmiddel om de fysieke belasting bij het laten zakken van tomatenplanten te verminderen. Tevens is gekeken naar de mogelijkheden en beperkingen van automatisch oogsten. De conclusie is dat het bij de huidige teeltsystemen en de huidige stand van de techniek weliswaar mogelijk is om met een robot te oogsten maar dat dit bedrijfseconomisch voorlopig nog niet interessant zal zijn. De verwachting is dat dit binnen de termijn waarop in de studie is gekeken (5 à 10 jaar) ook niet zal veranderen. In het verminderen van fysieke belasting door automatisering schuilt het gevaar dat het overblijvende werk erg eenzijdig wordt. Hierdoor zou het positieve effect op de gezondheid door de vermindering van de fysieke belasting teniet kunnen worden gedaan. Het is daarom erg belangrijk om niet alleen te kijken naar de fysieke belasting maar ook naar de invloed van bepaalde maatregelen op de totale kwaliteit van de arbeid.

In de vleessector is de nadruk gelegd op het slachten van varkens. Evenals in de tuinbouw zijn ook in deze sector mogelijkheden om door middel van automatisering de fysieke belasting te verminderen. De verwachting is dat op een termijn van 5 á 10 jaar voor een aantal fysiek belastende functies machines op de markt komen. In bepaalde gedeeltes van de slachtlijn zijn de te bewerken series relatief klein en de handelingen complex. Om deze functies te kunnen automatiseren zijn intelligente machines nodig of aanpassingen in de logistiek waardoor de series groter kunnen worden. De verwachting is dat grootschalige automatisering van dit soort werkzaamheden niet binnen de gestelde termijn is te verwachten. In dit soort situaties moet de oplossing veel meer worden gezocht in organisatorische oplossingen zoals taakroulatie of taakverbreding.

In de bouw wordt al jaren gewerkt aan het verbeteren van arbeidsomstandigheden. De werkgroepleden waren van mening dat te weinig verbeteringen uiteindelijk op de bouwplaats terecht komen. Aan de hand van literatuuronderzoek en een analyse van een aantal innovaties voor het verbeteren van arbeidsomstandigheden is gekeken welke factoren de kans op een succesvolle implementatie vergroten.

De succesfactoren voor implementatie laten zich samenvatten onder de volgende noemers:

- relatieve voordeel

Een verbetering moet voordeel bieden ten opzichte van wat tot op heden werd gehanteerd. Dit kan een scala van voordelen zijn zoals bedrijfseconomische voordelen, verminderde fysieke belasting, verhoging van de productkwaliteit of een verbeterde productiviteit.

Voor het verbeteren van arbeidsomstandigheden is het noodzakelijk dat deze voordelen niet alleen op het gebied van arbeidsomstandigheden liggen maar bijvoorbeeld tevens een productiviteitsverbetering of verbetering van de productkwaliteit opleveren. Innovaties die alleen

verbetering van arbeidsomstandigheden dienen blijken in praktijk nauwelijks te worden gebruikt. Het is van groot belang alle betrokken partijen duidelijk te maken wat de voordelen zijn. Hiervoor zijn goede communicatiekanalen in de branche noodzakelijk.

- verenigbaarheid
Een innovatie moet inpasbaar zijn in de economische en technologische situatie van de betreffende branche. Innovaties die de bestaande situatie sterk doen veranderen hebben een kleinere kans op succesvolle toepassing.
- complexiteit
Hieronder wordt verstaan het gemak waarmee men inzicht kan krijgen in het functioneren en het gebruik van de innovatie. Naarmate de complexiteit toeneemt, neemt de implementatiesnelheid af. Indien een innovatie erg complex is, kan het verstandig zijn de implementatie in verschillende etappes te laten verlopen. Eerst wordt dan een eenvoudige versie van het apparaat of proces geïntroduceerd waarna in een later stadium een versie met meer functionaliteit wordt ingevoerd.
- beproevingsmogelijkheden
Het is van groot belang eerst op beperkte schaal met de innovatie te experimenteren voordat tot introductie wordt overgegaan. Indien een innovatie kinderziektes vertoont op het moment van introductie is het gedoemd te mislukken.
- waarneembaarheid van de resultaten
Innovaties waarvan de resultaten van het gebruik duidelijk zichtbaar zijn (voor derden) hebben een grotere kans op implementatie.

De analyse van een aantal minder succesvol verlopen projecten voor het verbeteren van arbeidsomstandigheden bleek de bovengenoemde criteria te ondersteunen. Na hieruit lering te hebben getrokken, zijn twee concrete voorbeelden uitgewerkt. Ten eerste is de opzet van een nieuw bouwproces beschreven. Bij dit bouwproces staat - in tegenstelling tot de huidige bouwmethoden - het gemechaniseerde transport van materiaal centraal. De verwachting is dat deze bouwmethode vooral in de binnensteden goed tot zijn recht zal komen omdat de methode bij uitstek geschikt is bij kleinere bouwprojecten waar relatief weinig manoeuvreerruimte aanwezig is. Het tweede voorbeeld is een apparaat dat het werk van betonvlechters moet verlichten.

Ondanks het verschil tussen de drie sectoren, zijn er zeker overeenkomsten in de gesignaleerde knelpunten.

- In alle sectoren wordt veel fysieke belasting veroorzaakt door transport van het product of door (vaak overbodige) handelingen aan het product.
- In de betreffende sectoren is al veel gedaan aan het oplossen van deelproblemen. Te weinig is gekeken naar oplossingen die het totale proces omvatten. Bij de overgangen tussen processtappen ontstaan daar-

door vaak ARBO-knelpunten. Bij het oogsten van groenten is bijvoorbeeld niet zozeer de houding tijdens het oogsten belastend maar meer het tillen van de kisten geoogst product.

- Bij veel ondernemers heerst nog de indruk dat voor het verbeteren van arbeidsomstandigheden grote investeringen noodzakelijk zijn. Dat verbeteringen ook geld kunnen opleveren wordt niet altijd onderkend. Investerings in arbeidsomstandigheden komen daardoor vaak op het tweede plan.
- Veel knelpunten zijn terug te leiden op gebrek aan aandacht voor ergonomie tijdens het ontwerp van de productiemiddelen. Bij het sorteren van vruchtengroenten is de werkhoogte bijvoorbeeld nauwelijks instelbaar voor de individuele werknemer.

De laatste constatering is extra schrijnend omdat toepassing van de ergonomische principes vanuit het oogpunt van preventie natuurlijk bijzonder belangrijk is. Veel inspanning wordt nu gestoken in het oplossen van knelpunten die bij een goed ergonomisch ontwerp niet zouden zijn ontstaan. In de toekomst is voor de ergonomen daarom een belangrijke taak weggelegd. Het belang van ergonomie bij het ontwerpen van productiemiddelen en werksituaties wordt nog te weinig erkend. Hiervoor zijn verschillende oorzaken aan te geven. Veel constructeurs zijn van nature meer geïnteresseerd in de werking van machines dan in de gebruikersvriendelijkheid. De constructeur is ook niet degene die straks zelf met zijn tekortkomingen wordt geconfronteerd. Opmerkelijk is dat de constructeurs vaak niet op de hoogte blijken te zijn van het bestaan van ergonomie-normen en- richtlijnen.

Bij veel ontwerpers en opdrachtgevers bestaat een verkeerd beeld van de ergonomie. Veel gehoorde argumenten zijn dat ergonomie alleen te maken heeft met consumentenproducten of dat ergonomie geld kost en niets tastbaars oplevert. Het zijn de ergonomen zelf die hierin verandering kunnen brengen. Zij zullen zich in de toekomst minder moeten gaan richten op het oplossen van knelpunten en meer op het stimuleren van het bewustwordingsproces bij sleutelfiguren in een organisatie. Het principe van de participatieve ergonomie kan daarbij een belangrijke rol spelen.

Om de vooroordelen rond ergonomie weg te nemen is het belangrijk dat de baten van ergonomisch ontwerpen meer dan tot nu toe zichtbaar worden gemaakt. Het is daarbij van belang te kijken naar de baten die tijdens de hele life-cycle van het productiemiddel worden gegenereerd.

Bij het ontwerpen van de Mens Machine Interface (MMI) gaat de aandacht meestal nog uit naar de bediener van de machine. Door de toenemende automatisering in de beschreven sectoren zal het onderhouds- en reinigingspersoneel een steeds belangrijkere rol gaan spelen. Bij het ontwerpen van de MMI moet hiermee rekening worden gehouden.

Evaluatie van de studie

Op de vraag welke rol techniek kan spelen bij het verbeteren van arbeidsomstandigheden bleek geen eenduidig antwoord mogelijk te zijn. Wel is duidelijk geworden dat het effect van louter technische oplossingen op de gezondheid van werkenden gering is. Indien bij het invoeren van verbeteringen slechts naar arbeidsomstandigheden wordt gekeken en niet naar de totale kwaliteit van de arbeid kan het effect te niet worden gedaan. Door de toegenomen aandacht voor arbeidsomstandigheden zijn veel 'evident slechte' werkomstandigheden reeds verdwenen. Een integrale benadering van het verbeteren van de kwaliteit van de arbeid zal daarom in de toekomst steeds belangrijker zal worden. In dit licht was de multidisciplinaire aanpak van de STT-studie een goede opzet. Door technici, ergonomen en medici te confronteren met elkaars problemen is meer wederzijds begrip ontstaan.

ir. A. Korbijn, projectleider
Stichting Toekomstbeeld der Techniek
Postbus 30424
2500 GK DEN HAAG
tel: 070-3919858
fax: 070-3616185

Publikatie

De resultaten van de studie worden vastgelegd in STT-publikatie nr. 58 (ISBN 906155 7445). Deze publikatie zal vanaf september 1996 via de boekhandel verkrijgbaar zijn en gaat ca. f. 55,- kosten.
Voor meer informatie over het project 'Gezondheid, arbeid en techniek' of over de activiteiten van STT kunt u contact met ons opnemen op bovenstaand adres.

PARTICIPATIEVE ERGONOMIE BINNEN DE SPOORWEGBOUW

W. Barendsen
&
W. Schoenmaker

Samenvatting

De lichamelijke belasting van spoorleggers is hoog. Ondanks vergaande mechanisering wordt veel zware lichamelijke arbeid verricht. Dit artikel geeft een beknopte beschrijving van een project bij een spoorwegbouwbedrijf, waarbij participatieve ergonomie geïntegreerd is in praktijkgerichte werktechniektrainingen. Aan de hand van twee voorbeelden wordt beschreven hoe de statische en dynamische belasting van de spoorleggers kunnen verminderen.

Door de problemen bedrijfsbreed te bespreken is een goede basis ontstaan voor verdere implementatie van de geleerde werktechnieken, organisatorische veranderingen en de aangepaste gereedschappen.

Trefwoorden: participatieve ergonomie, spoorwegbouw, spoorleggers handgereedschap

Inleiding

Spoorleggers werken in de nieuwbouw en het onderhoud van spoorbanen voor trein, tram en metro (Arbouw, 1993). Ondanks vergaande mechanisering wordt veel fysiek zware arbeid verricht. Omdat niet voor alle werkzaamheden bronoplossingen te realiseren zijn en fysiek zware taken altijd aanwezig zullen blijven, heeft een spoorwegbouwbedrijf de EGB, bureau voor Ergonomie en Gezond Bewegen, gevraagd alle spoorleggers (300 personen) een werktechniektraining te geven in het kader van de cursus "Ergonomisch Tillen" (van der Molen, 1995). Tegelijkertijd is de EGB gevraagd adviezen te geven over ergonomische aanpassingen aan gereedschappen en kleine machines.

In het plan van aanpak is gestreefd naar een vorm waarbij zoveel mogelijk sprake is van participatieve ergonomie (Vink e.a., 1994 b). Omdat de spoorleggers een tweedaagse werktechniektraining zouden krijgen, bestond er de mogelijkheid hen mee te laten denken over het verbeteren van hun eigen arbeidsomstandigheden.

In de begeleidingscommissie hadden een directielid, tevens arbocoördinator, een afgevaardigde van de afdeling personeelszaken, een uitvoerder, een lid van de VGW-commissie, een bedrijfsleider en een spoorlegger zitting. Hierdoor ontstond een breed draagvlak binnen het gehele bedrijf voor het project. Voor uiteindelijke implementatie van de voorgestelde aanpassingen aan gereedschappen en machines is vooraf door het bedrijf toegezegd dat financiën beschikbaar zouden worden gesteld.

Opzet

De cursus "Ergonomisch Tillen" bij het spoorwegbouwbedrijf bestond uit

twee bijeenkomsten van 1 dag. De cursusduur van twee dagen is één van de erkenningscriteria van Arbouw. De erkenningscriteria zijn ontwikkeld met als doel kwalitatief goede gezondheidsvoorlichting en instructie te realiseren voor werknemers in de bouwnijverheid en hen te leren op een gezonde wijze om te gaan met hun houdings- en bewegingsapparaat.

Ter voorbereiding op de werktechniektraining is middels interviews met spoorleggers, uitvoerders en de arbocoördinator een lijst van fysiek zware taken vastgesteld. Vervolgens zijn tijdens werkbezoeken de werkzaamheden geobserveerd en op video vastgelegd.

Tijdens de eerste dag zijn naast het oefenen van gezonde werktechnieken de problemen rond fysieke belasting uitgebreid besproken met de spoorleggers. Aan de hand van video-opnamen hebben de spoorleggers hun werk zelf ingedeeld in fysiek zware en lichte taken. Voor de zware taken zijn vervolgens eerst schriftelijk en daarna in groepsdiscussies suggesties gegeven voor zowel het aanpassen van handgereedschappen en machines als voor organisatorische veranderingen.

Tijdens een studiedag voor de uitvoerders, de direct leidinggevenden van de spoorleggers, zijn de voorgestelde aanpassingen besproken en beoordeeld. Vervolgens zijn uit alle voorstellen een aantal haalbare voorstellen geselecteerd door een medewerker van de technische dienst, het hoofd afdeling ontwikkeling, leden van de begeleidingscommissie en twee adviseurs van de EGB. Uit alle voorstellen is tijdens deze bijeenkomst een lijst van haalbare aanpassingen samengesteld. Uiteindelijk heeft de technische dienst de geselecteerde aanpassingen gerealiseerd in een aantal proefmodellen.

Tijdens de tweede cursusdag zijn de aangepaste gereedschappen door de spoorleggers uitgeprobeerd en is gekeken of de werkhouding inderdaad verbeterde. In de eindrapportage van de cursus "Ergonomisch Tillen" zijn voorstellen opgenomen voor implementatie van de aangepaste handgereedschappen en machines. De uiteindelijke implementatie en evaluatie wordt door het spoorwegbouwbedrijf uitgevoerd.

Resultaten

De spoorleggers ervaren het regelmatig en langdurig werken met de romp in een voorovergebogen positie (statische belasting) en het tillen en dragen van zwaar materiaal (dynamische belasting) als fysiek zwaar belastend.

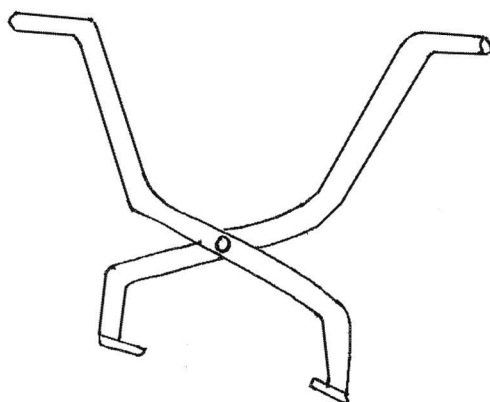
Statische belasting

Het vernieuwen van sporen kan op verschillende manieren plaatsvinden, namelijk mechanisch en met de hand. Bij het mechanisch spoorvernieuwen bestaat de bovenbouwconstructie uit betonnen dwarsliggers met een ballastbed van steenslag. De betonnen dwarsliggers zijn niet zonder grote spoormachines te verwerken.

Handvernieuwing wordt nog toegepast op baanvakken waar houten

dwarsliggers worden aangebracht en het ballastbed bestaat uit grind. Wanneer het werk overdag uitgevoerd wordt kan er alleen met kleine handmachines en handgereedschappen worden gewerkt, omdat het spoor meestal in dienst blijft. Deze handgereedschappen gebruiken de spoorleggers ook bij het onderhoud van sporen en het bouwen van overwegen. Tijdens de werkbezoeken, interviews en gedurende de eerste cursusdagen kwam duidelijk naar voren dat van deze handgereedschappen geen verschillende lengtevarianten bestaan en dat deze gereedschappen niet in hoogte verstelbaar zijn. Hierdoor werken de spoorleggers bij het gebruik van deze handgereedschappen in voorovergebogen positie. De richtlijnen voor romphoudingen opgesteld door de Stichting Arbouw worden daarbij ruim overschreden (Vink, e.a., 1994 a).

De spoorleggers hebben suggesties gegeven voor het verlengen van een aantal handgereedschappen. Tijdens de tweede cursusdag zijn een aantal handgereedschappen in verlengde versie uitgetest, waaronder de dwarsliggerdraagtang, zie figuur 1.



Figuur 1

Dwarsliggerdraagtang, gewicht 3,6 kg, totale lengte 70 cm, verlengde versie 80 cm

De dwarsliggerdraagtang wordt gebruikt om houten dwarsliggers te verplaatsen en is in één lengte aanwezig op het werk. Voor verlenging van de tang werd in eerste instantie gedacht aan een in hoogte verstelbare tang, maar hierdoor zou de constructie verzwakken. De tang in drie verschillende lengtes aanleveren zou problemen opleveren met het transport. Vaak moet een grote afstand overbrugd worden tussen de materiaalcontainer en de werkplek zodat er er niet veel materiaal getransporteerd kan worden. Uiteindelijk heeft de technische dienst de handvatten met 10 centimeter verlengd. Door gebruik te maken van de verlengde versie waren de spoorleggers met een grotere lichaamslengte in staat een goede werktechniek toe te passen en werd de romp minder voorovergebogen. Zelf ervaren zij dit als minder belastend voor het lumbale gedeelte van de rug.

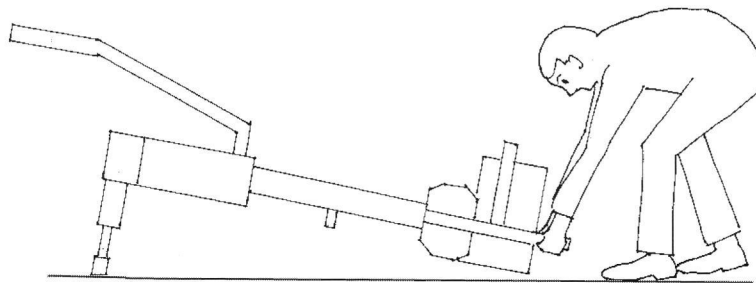
Dynamische belasting

De spoorleggers werken met zwaar materiaal en gereedschap. Omdat de

gereedschappen en machines handmatig getransporteerd worden, wordt er regelmatig meer getild dan 25 kilo. Volgens de richtlijnen van de Stichting Arbeid betekent dit dat maatregelen absoluut noodzakelijk zijn. Gezien de terreinomstandigheden en de beperkingen die eigen zijn aan het spoorwerk kan maar weinig gebruik gemaakt worden van kranen of andere mechanische tilhulpmiddelen en is elimineren van de tilhandelingen niet mogelijk. Lichtere uitvoeringen blijken niet bestand tegen de omstandigheden in het spoorwerk.

Ook tijdens de werktechniektrainingen bleek dat de spoorleggers het tillen van gereedschappen en machines als zeer belastend ervaren. Men ageerde onder andere tegen de klembout(kraagschroef)machine. Deze machine (zie tekening 2) weegt maximaal 170 kilo en wordt gebruikt voor het vastdraaien van klembouten of veren, waarmee de spoorstaaf verankerd is aan de dwarsliggers. Wanneer op een spoor wordt gewerkt waar treinen rijden, moet de machine regelmatig snel in en uit het spoor worden getild. Hierbij tillen en dragen de spoorleggers ieder ongeveer 85 kilo en lopen over onregelmatige ondergrond, namelijk de ballast. Het bleek dat bij het optillen van de machine uit de ballast de handvatten aan motorzijde in of net boven de ballast liggen. Hierdoor moet de spoorlegger zeer diep bukken om het apparaat op te tillen.

Verder zijn de handvatten te kort. Bij het optillen van de grond wordt een spoorlegger gedwongen te tillen met gestrekte knieën, omdat anders de knieën tegen de onderplaat komen.



Figuur 2

Stumec tillen met niet verlengde handvatten

Tijdens de tweede cursusdag is een andere, lichtere machine getest. Doordat de machine minder vermogen had, was de draaisnelheid veel lager dan de draaisnelheid van de oude zwaardere machine. Dit was niet acceptabel in verband met produktieverlies.

Op korte termijn bleek het niet haalbaar het gewicht van de machine aanzienlijk te reduceren. Daarom is tijdens de tweede cursusdag een machine uitgetest waarbij de handvatten aan de motorzijde verlengd en verhoogd waren. De spoorleggers ervaren het tillen en verplaatsen aan de

motorzijde van de aangepaste machine als minder belastend.

De overige klembout(kraagschroef)machines worden aangepast in de werkplaats van de technische dienst, wanneer ze voor reparatie of controle komen. Nadat een aantal aangepaste exemplaren zijn uitgezet zal een tussentijdse evaluatie plaatsvinden.

Discussie

Gedurende het gehele traject hebben de spoorleggers zeer enthousiast meegedacht en oplossingen aangedragen ter verbetering van hun eigen arbeidsomstandigheden. Men werd zich bewust van het feit dat door samenwerking en een goede organisatie hun werk fysiek minder belastend zou kunnen worden. De werkorganisatie, taakroulatie, onderhoud van materiaal en machines, het inzetten van hulpmiddelen, de inhoud van de tool-boxmeeting en het werkoverleg voor aanvang van het werk hebben invloed op de fysieke belasting van de spoorleggers. Het blijkt dat de invulling van bovengenoemde thema's per uitvoerder verschilt. Dit wordt veroorzaakt door de grote mate van vrijheid die de uitvoerder heeft in het organiseren van het werk. Hij voert de bouwwerkzaamheden uit volgens bestek, maar heeft de bevoegdheid te beslissen of er hulpmiddelen worden ingezet, hoe het werk wordt georganiseerd en of er taakroulatie plaatsvindt. Afhankelijk van de aandacht en interesse van de uitvoerder voor arbeidsomstandigheden zal hij dit in meerdere of mindere mate doen. Daarbij komt dat de uitvoerder verantwoordelijk is voor de kosten en de hoeveelheid productie. Wanneer de uitvoerder denkt dat het verbeteren van arbeidsomstandigheden alleen iets kost en niets oplevert investeert hij minder in het verbeteren van de arbeidsomstandigheden.

Tijdens het gehele traject bleek het niet mogelijk de zware lichamelijke taken geheel te elimineren. Wanneer het organisatorisch mogelijk is, zullen de uitvoerders kranen en andere hefvoertuigen inzetten voor het verplaatsen van zware machines in en uit het spoor. Wanneer het spoor in dienst is, zullen toch handmatig lasten verplaatst moeten worden.

De spoorleggers gaven aan dat het werken met de romp in voorovergebogen positie als belastend wordt ervaren. Helaas is het niet mogelijk het spoor op goede werkhoogte te brengen en zullen er altijd taken blijven waarbij de spoorlegger vooroverbuigt. Door handgereedschappen met verlengde handvatten te gebruiken en door een goede werktechniek toe te passen kunnen de spoorleggers het aantal taken reduceren waarbij voorovergebogen moet worden.

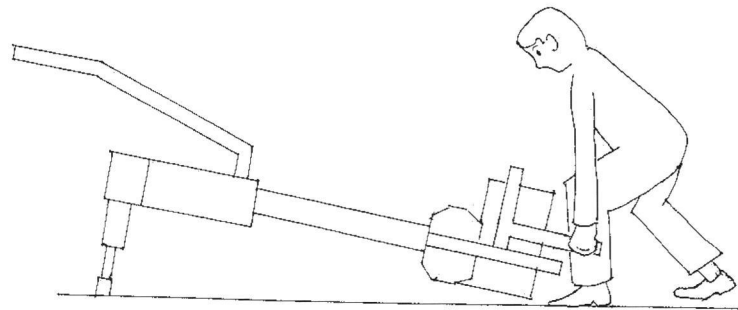
Het gewicht van machines en handgereedschappen blijft te hoog. Door het spoorwegbouwbedrijf zal bij aanschaf van nieuwe machines meer gelet gaan worden op het gewicht. Zo zal een proefmodel van een lichtere kraagschroefmachine aangeschaft worden. Het duurt echter nog een tijd voordat alle machines door lichtere vervangen zijn en tot die tijd werken de spoorleggers met zware machines. Daarom is tijdens de werktechniek-

training de nadruk gelegd op het eigen regelvermogen in arbeidssituaties met een hoge fysieke belasting. Dit betekent frequenter met meer dan twee personen tillen of waar mogelijk een kraan inzetten.

Toch zal de klembout(kraagschroef)machine regelmatig met twee personen getild blijven worden. Reductie van het gewicht blijft de beste oplossing, maar is op korte termijn niet haalbaar. Om toch de fysieke belasting enigszins te reduceren zijn met behulp van de NIOSH-methode (Vink, 1992) en op basis van anthropometrische gegevens voor de P10, P 50 en de P90 van de Nederlandse man berekeningen uitgevoerd om de meest ideale hoogte van de handvatten aan de motorzijde te bepalen. Er is voor een vaste hoogte gekozen in verband met verslapping van de constructie bij instelbare handvatten. Met de veranderde handvatten overschrijdt het gewicht van de machine nog steeds de grens van 23 kilo. Voor het bepalen van de hoogte en de lengte van de handvatten is daarom gekeken naar het dalen van de Lifting Index, zie tabel 1.

Tabel 1	P10	P50	P90
huidige situatie	7,1	7,1	7,2
verlengen 10 cm verhogen 15 cm	4,7	4,7	4,7

Berekeningen van de Lifting Index voor de P10, P50 en de P90 bij het tillen uit de ballast aan de motorzijde van de klembout(kraagschroef)machine, in de huidige situatie en bij verlenging en verhoging van de handvatten.



Figuur 3 Stumec tillen met verlengde handvatten

Door het verlengen van de handvatten staat de spoorlegger tussen de handvatten en wordt hij bij het tillen niet meer belemmerd door de onderplaat (zie fig.3). Hierdoor vermindert de horizontale afstand en deze wordt kleiner dan 25 cm. De factor voor de horizontale afstand (HF) in de NIOSH-formule wordt daarmee 1 en dientengevolge daalt de Lifting Index (zie tabel 1).

Conclusies

De lichamelijke belasting is hoog in de spoorwegbouw. Met name het lang in een voorovergebogen houding werken en het tillen en dragen van zwaar materieel blijken knelpunten te zijn. Participatieve ergonomie was goed bruikbaar voor het zoeken naar verbeteringen en kon gerealiseerd worden door tijdens een werktechniektraining de spoorleggers mee te laten denken over knelpunten en oplossingen. Door de participatieve aanpak op bedrijfsniveau ontstond er een breed draagvlak voor het gehele project.

Verlenging van de handgrepen van handgereedschappen gaf duidelijke verbeteringen in de werkhouding van de spoorleggers. Bij aanschaf van nieuwe machines zal het gewicht een belangrijke beslissingsfactor zijn.

mevrouw drs. W. Barendsen
Groen van Prinstererweg 18
3731 HB De Bilt
faxnr. 030-2210631

mevrouw W. Schoenmaker
Gulden Akker 8
5087 LE Diessen
faxnr. 013-5041672

EGB
Postbus 3
5087 ZG Diessen

Literatuur

Arbouw

1993 Beroepen in de bouw, de spoorlegger

Molen, H.F. van der.

1995 Arbouw certificeert cursussen fysieke belasting. In: Arbeidsomstandigheden Concreet 4, blz. 122-124

Vink, P. Berg, R van den en Dul, J.

1992 Het beoordelen van tillen met de nieuwe NIOSH-methode. In: Tijdschrift voor Ergonomie, blz. 2-9

Vink, P. Miedema, Delleman, M.; Grinten, M. van der; Dul, J. en Molen, H. van der.

1994 a Richtlijnen lichamelijke belasting in de bouwnijverheid. In: Vink, P en Dul, J. Lichamelijke belasting tijdens arbeid, Uitgeverij Kerkebosch BV, Zeist, blz. 157-162

Vink, P. Urlings, I. en Wortel, E.

1994 b Succesvol invoeren van verbeteringen met 'participatieve ergonomie'. In: Vink, P. en Dul, J. Lichamelijke belasting tijdens arbeid, Uitgeverij Kerkebosch BV, Zeist, blz. 69- 76

DEEL 5

PRAKTISCHE ERVARINGEN MET METHODEN EN TECHNIEKEN

E.H.J. Gerrits en M. Jongeneel, Het meten van mentale inspanning in de praktijk	5-179
V. Hermans, Onderzoek naar fysieke klachten in de werkomgeving	5-186
J.H. van Dieën en M. van den Top, Werkmethode evalueren	5-196
W.Bohets, Evaluatie van biomechanische modellen	5-204
L.E.R. van der Stelt, Meten en interpreteren van fysieke belasting en de belastbaarheid in arbeidssituaties	5-212
H. Desiron, Ergonomische benadering van arbeidsongeschiktheid	5-219

HET METEN VAN MENTALE INSPANNING IN DE PRAKTIJK

Onderzoek naar de mentale efficiëntie van microscoopwerkzaamheden

M. Jongeneel
&
E.H.J. Gerrits

Samenvatting

Het doel van het onderzoek zoals hier gepresenteerd was tweeledig. Aan de ene kant is getracht een voorbeeld te geven van hoe mentale belasting in het werkveld, anders dan met vragenlijsten of interviews alleen, kan worden bepaald en aan de andere kant is het een onderzoek naar de mentale efficiëntie van mensen die langdurig met microscopen werken. Bij efficiëntie gaat het om de kosten (inspanning, vermoeidheid) en de baten (mentale fitheid, hogere produktiviteit, minder verzuim) die voor zowel de persoon als het bedrijf of instelling gelden.

In het onderzoek worden de effecten vergeleken op de mentale efficiëntie van een normale werkdag met een experimentele dag waarop een veranderde werk-rust verhouding geldt. Hiertoe zijn gegevens vastgelegd op psychofysiologisch-, subjectief- en taakverrichtingsniveau.

Inleiding

Heden ten dage werken taakuitvoerders vaker met informatie dan met concrete objecten. De aard en de intensiteit van de arbeidsbelasting is daardoor sterk veranderd. Een belangrijke vraag voor de ergonomische en de arbeidskundige praktijk is hoe we mentale belasting meetbaar kunnen krijgen, richtlijnen kunnen opstellen voor de toelaatbaarheid en tenslotte maatregelen kunnen treffen tot verbetering van mentale taken en werkplekken. Het voorliggende onderzoek is een voorbeeld van hoe mentale belasting in het werkveld, anders dan met vragenlijsten en interviews alleen, kan worden bepaald. Tevens is getracht om inzicht te krijgen in het verloop van de mentale belasting bij taakuitvoerders over de dag. Het onderzoek is uitgevoerd bij een laboratorium waar genetisch materiaal geanalyseerd wordt. Het onderzoek was onderdeel van een groter onderzoek waarbij de totale arbeidsomstandigheden op de afdeling zijn beoordeeld. In totaal werken er 30 personen (26 vrouwen en 4 mannen), die analyseerwerkzaamheden met behulp van de microscoop verrichten. Deze personen zijn verdeeld over de volgende werkeenheden: Prenatale- (13), Postnatale- (12) Tumorcytogenetica (5). Van deze personen werkt 75% 32 uur of meer in de week. Vrijwel iedereen heeft een opleiding genoten op HBO-niveau en men doet dit werk gemiddeld 4,7 jaar.

Het grootste deel van de taak wordt in beslag genomen door het, met behulp van de microscoop, analyseren van chromosomen. Doel hierbij is om zowel een kwalitatieve als een kwantitatieve beoordeling te geven van het analysemateriaal. Hulpmiddel hierbij is een "tekentube", die tussen het oculair en het objectief van de microscoop is geplaatst. Hierdoor heeft de medewerker gelijktijdig zicht op het analysemateriaal en het tekenvel dat op tafel ligt. Op deze wijze kan het analysemateriaal als het ware worden overgetrokken. Van het chromosoommateriaal worden foto's genomen,

waarna de chromosomen stuk voor stuk uitgeknipt worden en in volgorde op een kaart worden geplakt. Deze laatste werkzaamheden worden al in beperkte mate met behulp van de computer gedaan. Dit leidt weer tot het probleem dat het aandeel van de visuele belasting in de totale taak toeneemt.

De werkzaamheden hebben een aantal gemeenschappelijke kenmerken: langdurig in eenzelfde houding, langdurig volgehouden aandacht (fouten hebben grote gevolgen), werkplekgebondenheid en er treedt regelmatig piekbelasting op door tijdsdruk.

Achtergronden

Bij het onderzoek naar mentale belasting in het algemeen gaat het er niet om of iemand een bepaalde prestatie kan leveren, maar meer om het feit of iemand een prestatie wil leveren, en zo ja tegen welke prijs (Meijman, 1989, Ouwerkerk et al, 1995). Anders gezegd: de observeerbare prestatie alleen (de kwaliteit of de snelheid van het analyseren) is een slechte maat van geestelijke arbeid en vermoeidheid (mentale belasting) wanneer geen rekening wordt gehouden met demotivationale aspecten in het leveren van die prestatie. Het gaat hier dus om de verhouding tussen het niveau van de prestatie en de benodigde inspanning. Het uitvoeren van (mentale) taken brengt naast opbrengsten altijd kosten met zich mee. De vraag is echter of de kosten niet te hoog zijn in verhouding tot de baten, oftewel de mentale efficiëntie van de taakuitvoering. Daarom is in dit onderzoek gekeken naar de mentale efficiëntie bij het langdurig uitvoeren van werkzaamheden met behulp van de microscoop. Uit literatuurgegevens blijkt dat het visuele en informatieverwerkende systeem bij mensen die microscoopwerkzaamheden verrichten aanzienlijk wordt belast (Helander et al, 1991; Söderberg et al, 1983; Ostberg and Moss, 1984). Deze belasting is mede het gevolg van de hoge mate van onderscheidingsvermogen (perceptuele discriminatie) die noodzakelijk is om de werkzaamheden uit te kunnen voeren. Daarnaast moet er bij dit type werk vaak worden geteld. Uit onderzoek (Westgaard, 1987, Wærsted, 1991) blijkt dat juist de combinatie van beide factoren kan leiden tot een verhoogde basisspierspanning (tonus) in de nek-schouderregio. Hieruit blijkt de relatie tussen mentale aspecten van het werk en fysieke klachten bij microscoopwerkzaamheden.

In het huidige onderzoek is gekeken welke invloed een veranderde werkrust verhouding heeft op de mentale inspanning bij het langdurig en intensief verrichten van microscoopwerkzaamheden. Om inzicht te krijgen in de kosten van de taakuitvoering en de veranderingen hierin door een aangepaste werkrust verhouding, kunnen verschillende indicatoren gebruikt worden (van Ouwerkerk et al, 1995, Kompier, 1991, Meijman 1989). Globaal zijn te onderscheiden; psychofysiologische, subjectieve- en taakverrichtingsmaten.

Indicatoren van mentale inspanning

Psycho-fysiologische indicator

Dit betreft maten waarbij psychische factoren (mentale belasting) zichtbaar gemaakt kunnen worden in fysiologische signalen zoals in dit geval bv. het hartslagsignaal. Tijdens het uitvoeren van mentale taken neemt niet alleen de hartslagfrequentie toe, maar ook wordt deze regelmatig: de hartslagvariabiliteit vermindert. M.a.w. de MIBI (Mean Inter Beat Interval), de intervallen tussen de verschillende hartslagen, worden gelijkmatiger. Omdat er tijdens het werk meerdere processen inwerken op het hart (zoals bloeddruk en ademhaling) is het nodig om de invloed van de verschillende factoren te kunnen onderscheiden. Zo wordt met behulp van een spectraalanalyse (een wiskundige techniek) de hoeveelheid energie in een bepaald frequentiegebied van het hartslagsignaal bepaald.

De volgende componenten kunnen daarin worden onderscheiden:

- Een lage frequentie band, die de invloed van de lichaamstemperatuur op de hartslagregulatie reflecteert.
- Een midden frequentie band, (of 0.10 Hz component) die de invloed van korte termijn bloeddruk-variaties reflecteert.
- Een hoge frequentie band, die de invloed van de ademhaling op het hartslagsignaal reflecteert.

Met name de midden frequentie band, de 0.10 Hz component, is een maat die zeer sterk samenhangt met informatieverwerking en de geïnvesteerde mentale inspanning en is daarom een specifiekere maat dan de hartslagfrequentie alleen. Bij een hoge waarde van deze component (veel energie in het signaal) slaat het hart onregelmatiger, bij een lage waarde (weinig energie in het signaal) slaat het hart regelmatig. De variatie in de midden frequentieband (0.10 Hz component) is gevoelig voor twee zaken. Ten eerste voor de mentale inspanning die geleverd moet worden om de huidige toestand van de persoon in de richting te brengen van de voor een goede taakuitvoering vereiste toestand (hoeveel moeite moet je bijv. doen om je te blijven concentreren) en ten tweede de taakcomplexiteit.

Subjectieve indicator

De Beoordelings Schaal Mentale Inspanning (Zijlstra, 1989) is ontwikkeld om verschillende niveaus van subjectief ervaren inspanning te kunnen meten. In de lijst kan op een schaal, lopend van "totaal geen inspanning" tot "ontzettend inspannend", worden aangegeven hoeveel inspanning het de medewerker heeft gekost om de mentale taak te verrichten.

Taakverrichtingsindicator

In dit onderzoek is gekozen voor de tijd die men nodig heeft om één work-sample, dat onder de microscoop ligt, te analyseren. Deze maat is nodig omdat naast het geleverde mentale inspanningsniveau ook een beoordeling gegeven moet worden over de geleverde prestatie.

Opbouw van het onderzoek

Aan het onderzoek hebben 9 proefpersonen van de afdeling op vrijwillige basis deelgenomen. Bij de betrokkenen zijn de eerder genoemde maten vastgelegd onder twee verschillende condities. De eerste conditie bestond uit een normale werkdag waarop analyse-werkzaamheden met behulp van de microscoop werden verricht. De tweede conditie betrof een experimentele dag met dezelfde werkzaamheden, alleen konden de proefpersonen na ieder gewerkt uur 10 minuten pauzeren. De metingen vonden op beide dagen plaats aan het begin, op de helft (voor de lunch) en aan het einde van de werkdag. De normale- en de experimentele conditie zijn at random aangeboden. Bij de metingen is gebruik gemaakt van work-samples van een gemiddelde moeilijkheidsgraad. Ook deze worksamples zijn at random aangeboden over de verschillende condities.

Procedure van de metingen

Aan het begin van de eerste meetdag krijgt de proefpersonen een korte uitleg over de procedure.

Daarna is het volgende vastgelegd:

- ECG; met behulp van elektroden en een datalogger
- de bloeddruk; voor en na de taak
- videobeeld; elke meetsessie is op band vastgelegd
- BSMI; na iedere meting
- analysetijd (in sec).

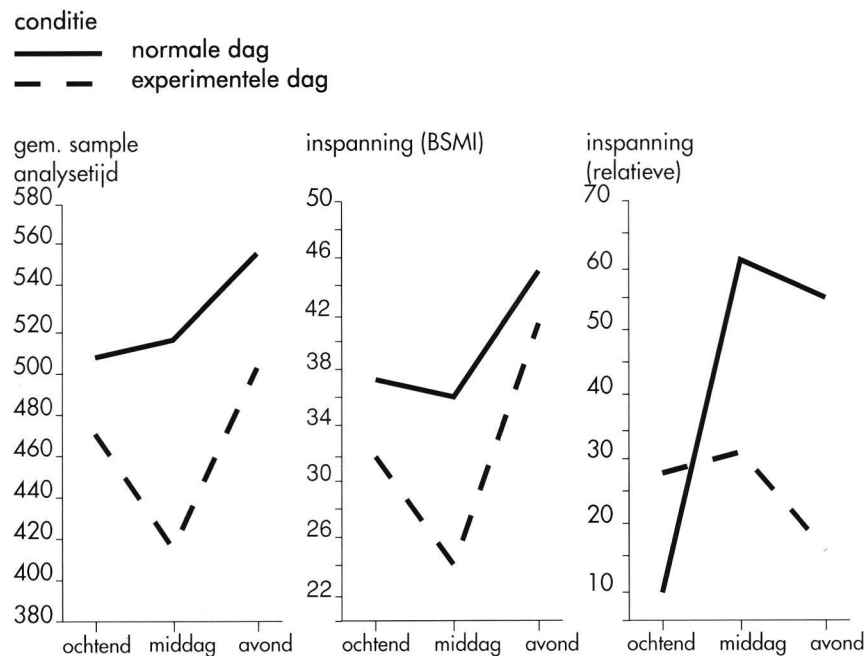
De gegevens zijn direct opgeslagen in de computer en het ECG-data zijn later bewerkt met specifieke hiervoor ontwikkelde software. Daarna is een relatieve inspanningsmaat afgeleid (relatieve 0.10 Hz component) volgens: $1 - (0.10 \text{ Hz waarde taak} / 0.10 \text{ Hz waarde rust}) * 100\%$

Effecten van een normale dag versus een experimentele dag

De effecten van een normale- versus een experimentele dag zijn, zoals eerder aangegeven, op 3 niveaus vastgelegd. Als eerste zal de prestatie, hier gerepresenteerd door de gemiddelde sample-analysetijd, aan de orde komen. Bekijken we de resultaten uit figuur 1 dan valt te zien dat op een normale werkdag de analysetijd tot de middag nagenoeg gelijk blijft, om daarna tot de avond licht te stijgen. Op de experimentele dag daarentegen neemt de analysetijd relatief sterk af tot de middag, om daarna betrekkelijk sterk te stijgen. Gedurende de gehele dag ligt de analysetijd op de experimentele dag beneden het niveau van de normale werkdag. De taakprestatie krijgt betekenis in relatie tot de geleverde inspanning. De geleverde (ervaren) inspanning, op subjectief niveau gemeten, valt af te lezen uit figuur 2. De ervaren inspanning kent nagenoeg hetzelfde verloop over de dag als de gemiddelde analysetijd. Alleen op de normale werkdag vindt

tot de middag een kleine daling plaats van de ervaren inspanning. Bekijken we het verloop over de dag van de prestatie en de ervaren inspanning, dan blijken beide grafieken grote overeenkomsten te vertonen. Met andere woorden een kortere analysetijd correspondeert met een lagere ervaren inspanningsgraad en vice versa.

Bekijken we de resultaten van de inspanning op fysiologisch niveau (zie figuur 3), dan blijkt dat gedurende een normale werkdag de mentale inspanning sterk toeneemt tot de middag en daarna licht daalt tot de avond. Op de experimentele dag valt een lichte stijging van de geleverde inspanning waar te nemen tot de middag en een lichte daling tot aan het einde van de werkdag.



Figuur 1-3

Er is ook met behulp van variantie analyse (MANOVA) gekeken naar de effecten van de conditie (normale- vs. experimentele dag) en het tijdstip van de dag, op de mentale inspanning. De resultaten hiervan staan vermeld in tabel 1.

Tabel 1

Multivariate analyse		
Bron	F	p <
conditie (A)	.33	.58
tijdstip van de dag (B)	4.13	.04
A x B	4.42	.04

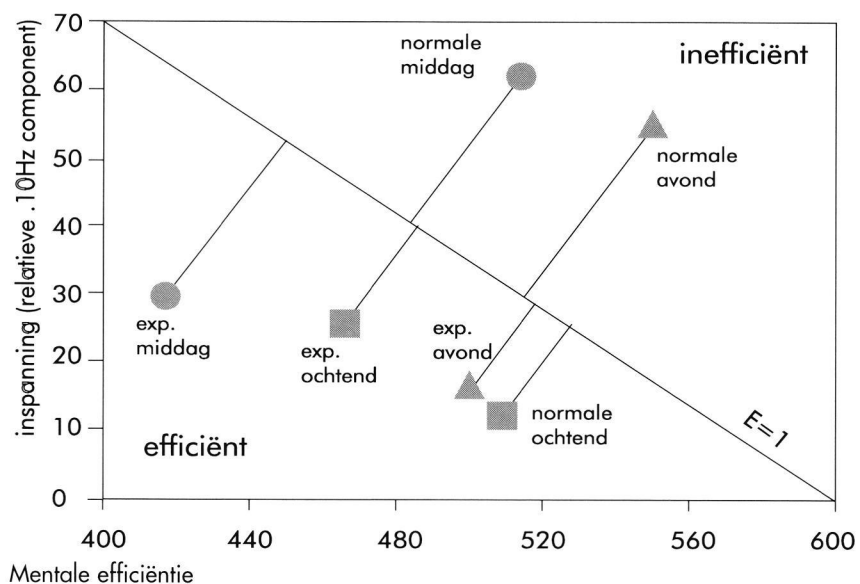
Uit deze resultaten blijkt dat er geen significant hoofdeffect van conditie gevonden wordt en dat de conditie alléén dus niet van invloed is op de mentale inspanning van de medewerkers. Er is wel een significant hoofd-

effect van het tijdstip op de dag. Dat wil zeggen dat het tijdstip op de dag van invloed is op het inspanningsniveau van de proefpersonen. Bekijken we figuur 3 dan blijkt, dat in de middag en op de avond van de normale werkdag fors meer inspanning wordt geleverd dan op de experimentele dag.

Daarnaast is er ook nog een significant interactie-effect tussen conditie en tijdstip op de dag. Dat wil zeggen dat een combinatie van beide factoren ook een effect heeft op het mentale inspanningsniveau. De MANOVA resultaten van de BSMI en de prestatie waren in geen enkel geval significant en zijn daarom hier niet vermeld..

Wil je uitspraken kunnen doen over de mentale efficiëntie op de twee verschillende dagen en over het verloop hiervan over de dag dan moet de prestatie altijd in relatie tot de geleverde inspanning worden bekeken. De resultaten hiervan staan weergegeven in figuur 4.

De diagonale lijn ($E = 1$) is de efficiëntielijn, waarbij de kosten (inspanning) en baten (kortere analysetijd) gelijkelijk zijn verdeeld. In het gebied boven de diagonaal wordt inefficiënter gewerkt dan in het gebied onder de dia-



Figuur 4

gonaal. Des te groter de afstand van de punten tot de diagonaal, wordt er afhankelijk in welk gebied de punten liggen, des te efficiënter/inefficiënter gewerkt.

Het valt op dat de gehele experimentele dag binnen het efficiënte gebied ligt, dit in tegenstelling tot de middag en avond van de normale werkdag. Op de experimentele middag wordt het meest efficiënt gewerkt en op de normale avond het minst efficiënt. Het lichte verval in taakprestatie op de normale dag gaat gepaard met een sterk verhoogde mentale inspanning

van de medewerkers ten opzichte van de ochtend meting. Er moet dus fors geïnvesteerd worden om de taakprestatie niet te veel te laten afnemen. Op de experimentele dag wordt qua inspanning redelijk gelijkmatig gewerkt. Het lijkt er op dat door de veranderde werk-rust verhouding iedere keer herstel optreedt van de voorafgaande inspanning. De conclusie is dan ook dat het werken in de veranderde werk-rust verhouding efficiënter gebeurt.

Drs. M. Jongeneel
Drs. E.H.J. Gerrits
Noord Nederlands Ergonomen Collectief
Postbus 247
9700 AE Groningen

Literatuur

Helander, M.G., Grossmith, E.J. en Prabhu, P.

1991 Planning and implementation of microscope work, *Applied Ergonomics*, 22.1, 36-42

Kompier, M. en Houtman, I.

1991 Mentale belasting. In: *Handboek ergonomie: de stand van de ergonomie in de Arbowet* / P. Voskamp (eindred.). Alphen aan de Rijn: Samson

Meijman, T.F. (red.)

Mentale belasting en werkstress. Assen, Van Gorcum, 1989

Ostberg, O. en Moss, E.

Microscope work - Ergonomic problems and remedies. Proceedings of the 1984 international conference on occupational ergonomics, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, Ohio, U.S.A.

Ouwerkerk, R.J. van, Meijman T.F. en Mulder G.

1995 Arbeidspsychologische taakanalyse: Het onderzoek van cognitieve en emotionele aspecten van arbeidstaken. Utrecht: Lemma

Söderberg, I., Calissendorff, B., Elofsson, S., Knave, B. en Nyman, K.G.

1983 Investigation of visual strain experienced by microscope operators at an electronics plant. *Applied ergonomics* 1983, 14.4, 297-305

Wørsted, M. en Bjørklund, R.A.

1991 Shoulder muscle tension induced by two VDU-based tasks of different complexity. *Ergonomics*, 1991, vol. 34, no. 2, 137-150

Westgaard, R. H. en Bjørklund, R.A.

1987 Generation of muscle tension additional to postural muscle load. *Ergonomics*, volume 30, nr. 6, 911-923

Zijlstra, F.R.H. en Meijman, T.F.

1989 Het meten van mentale inspanning met behulp van een subjectieve methode In: Meijman, T.F.

Mentale belasting en werkstress; een arbeidspsychologische benadering. Assen, Van Gorcum, pp. 42-61

ONDERZOEK NAAR DE FYSIEKE BELASTING OP EEN ASSEMBLAGE-WERKPLEK

V. Hermans
&
A. Spaepen
&
M. Hautekiet

Samenvatting

In een bedrijf waar koffers geproduceerd worden, werd de dienst Veiligheid, Gezondheid en Verfraaiing der Werkplaatsen geconfronteerd met een toenemend aantal fysieke klachten van de arbeiders op de werkplek waar de koffers geassembleerd werden. Om de vraag naar de oorzaak van deze klachten en mogelijke aanpassingen aan de arbeidspost op te lossen, werd een analyse van de arbeidstaak en arbeidspost uitgevoerd, waarin zowel subjectieve registraties opgenomen werden, als meer objectieve technieken. Uit dit onderzoek kwam tot uiting dat ongunstige lichaamshoudingen en onnodige spierbelasting voorkwamen, wat deels verklaard kan worden door de niet-adequate opstelling van materiaal en gereedschap.

Trefwoorden: repetitieve arbeid, elektromyografie, fysieke belasting

Vraagstelling

De relatie tussen karakteristieken van de arbeidstaak en overbelastingsletsels is de laatste 15 jaar tot een interessant discussiepunt uitgegroeid. Immers, door de introductie van nieuwe technologieën in de industrie werd over het algemeen de werklust verlaagd, maar de repetitiviteit van hedendaagse "lichte" arbeidstaken concentreert de belasting naar minder en kleinere spiergroepen (Stock, 1991). Door de combinatie van verschillende typische werkfactoren, zoals snelle repetitieve bewegingen, ongunstige lichaamshoudingen, te weinig relaxatiemogelijkheid waardoor een continue statische spierbelasting gevraagd wordt van nek- en schouder-spieren, zouden deze taken kunnen leiden tot lokale spiervermoeidheid (Hagberg, 1984, Sommerich e.a., 1994). Om de fysieke belasting van een arbeidstaak te bestuderen, kunnen verschillende onderzoeksmethoden gehanteerd worden. Naast de subjectieve indrukken van de werknemers zelf, is het dikwijls noodzakelijk om over objectief cijfermateriaal te beschikken zodat kan aangetoond worden waar de problemen zich concreet situeren en zodat ook de ernst van de situatie kan weergegeven worden. De verschillende onderzoeksstadia die hierbij te pas komen, worden in deze bijdrage concreet weergegeven. De arbeidstaak die wordt uitgevoerd bestaat uit het samenstellen van een nieuw type reiskoffer uit verschillende onderdelen. Alhoewel de arbeidspost een kopie was van een andere werkpost waar geen problemen gemeld werden, bleek deze werkplek reeds na enkele maanden overbelastingsproblemen te veroorzaken. De nieuwe koffer vroeg niet alleen meer manipulaties (meer schroeven indraaien, meer componenten vasthechten, ...), maar woog ook meer dan het vorige type, in het totaal 7 kg. De vraag stelde zich naar de specifieke oorzaak van de overbelastingsproblemen bij deze werkplek en de remediëring via het aanbieden van een alternatieve lay-out.

Methodiek

Om de oorzaken van de fysieke klachten te onderzoeken worden verschillende stappen ondernomen. De onderzoeksstadia alsook de resultaten worden hieronder kort samengevat :

Inventarisatie van de subjectieve lichamelijke klachten via een gestandaardiseerde vragenlijst

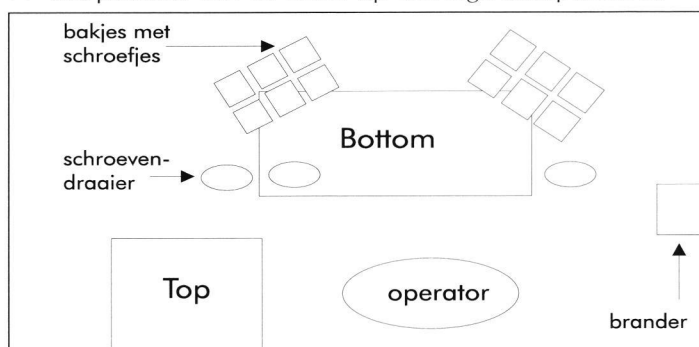
Aan de 18 vrouwelijke operatoren van de kofferlijn in kwestie werd het stappenplan voorgelegd, allen stemden vrijwillig in deel te nemen aan het onderzoek. Uit de vragenlijst bleek dat fysieke klachten bij deze arbeiders zich voornamelijk situeerden ter hoogte van drie lichaamsregio's, namelijk de schouders (14/18 subjecten), de rug (12/18) en de nek (9/18). Van deze 18 personen, werden er 10 ad random geselecteerd om verder deel te nemen aan het onderzoek. Deze arbeidsters werden elk gedurende één volledige werkdag gevolgd.

Beschrijving van de werктаak

Aan de staande werkplek worden door de arbeidsters verschillende deeltaken uitgevoerd, die in het kort als volgt samengevat kunnen worden :

Deeltaak

- 1: het afnemen van de twee grote poly-propyleen schalen, top en bottom, van een lopende band en het plaatsen op de werktafel.
- 2: het bevestigen van 8 onderdelen per deksel met behulp van pneumatische schroevendraaiers.
- 3: het fixeren van top en bottom door twee ijzeren pennen door het scharnierpunt te duwen.
- 4: de bevestiging van het tussenschot, opnieuw gebruik maken van schroevendraaiers
- 5: het handmatig ontbramen van de koffer met behulp van een brander.
- 6: het controleren van de samengestelde koffer, en het kleven van een etiket
- 7: het plaatsen van de koffer op een lage transportband.



Figuur 1

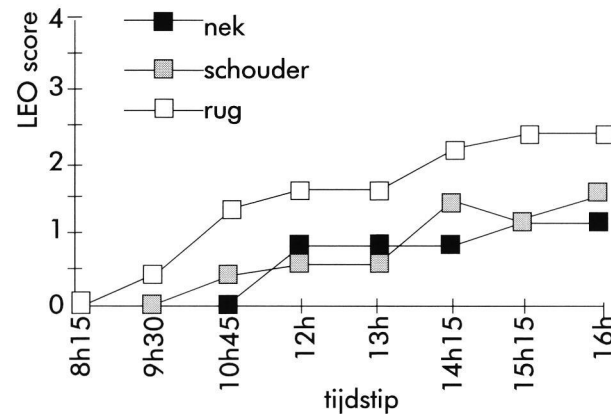
Bovenaanzicht van de assemblage werkpost

De gemiddelde cyclustijd om één koffer af te werken bedraagt 7 min. De werkplek wordt schematisch voorgesteld in figuur 1.

Subjectieve en objectieve metingen

Lokaal ervaren ongemak

De Category-Ratio-10 Scale van Borg (1990) werd gebruikt om het subjectieve vermoeidheidsgevoel na te gaan tijdens de arbeidstaak. Om het uur werd deze schaal aan de persoon voorgelegd waardoor de ontwikkeling van de lokale vermoeidheid kon gevolgd worden vanaf 's morgens tot aan het einde van de werkdag. De schaal en bijhorende figuur waarop het ongemak wordt aangeduid, worden voorgesteld in figuur 2.



Figuur 2 Gemiddelde scores op de Lokaal Ervaren Ongemak (LEO) schaal over de volledige werkdag voor de nek-, schouderregio en de lage rug.

Afmetingen van de werkpost, gecombineerd met antropometrische gegevens

De afmetingen of lay-out van de werkpost en enkele antropometrische afmetingen van de persoon werden opgenomen en genoteerd.

Videoanalyse en elektromyografische registraties

Om de spieractiviteit van m. trapezius, m. deltoideus pars anterior, m. infraspinatus en m. erector spinae te registreren, werd gebruik gemaakt van oppervlakte-elektroden en een telemetrisch EMG-apparaat. Met deze apparatuur is het mogelijk de persoon te volgen zonder het arbeidsproces al te veel te verstoren.

Het opgemeten ruwe EMG-sigitaal wordt gekwantificeerd gebruik makend van amplitude- en/of frequentieparameters. De grootte van het signaal wordt in dit onderzoek voorgesteld door de parameter amplitude EMG

(AEMG). De frequentiemeting daarentegen kijkt eerder naar de snelheid waarmee de verschillende onderliggende spiervezels hun actiepotentialen verderzetten. In dit experiment wordt de mean power frequency (MPF) als frequentieparameter gehanteerd.

Uit talrijke studies in de literatuur is het duidelijk dat beide parameters wijzigen bij het langdurig volhouden van eenzelfde inspanning. Enerzijds blijkt de amplitude toe te nemen, wat frequent verklaard wordt door een toenemende recrutering van nieuwe motorische eenheden wanneer de oorspronkelijke units vermoeid worden (Bigland-Ritchie e.a., 1986). Anderzijds daalt de frequentie wat verklaard wordt door een afname in geleidingssnelheid door opstapeling van metaboliëten (De Luca, 1984). Deze wijzigingen in EMG-parameters worden dikwijls beschouwd als indicatoren van lokale spiervermoeidheid.

De bedoeling van het toepassen van de EMG-methodiek in dit onderzoek is tweevoudig.

Allereerst kan nagegaan worden welke fase in de arbeidscyclus het meest belastend is voor de spieren. Daarom worden de EMG-signalen tijdens de assemblage-taak zelf opgenomen. Vermits het gebruikte meettoestel slechts een beperkte geheugencapaciteit bezit, worden niet de ruwe waarden geregistreerd, maar wel gemiddelden over de volledige werkdag. Door de EMG-metingen gelijktijdig te starten met de video-opnamen, waarbij de camcorder aan de zijkant van de werkplek opgesteld werd, kan nagegaan worden welke spierinspanning voorkomt bij een bepaalde lichaamshouding of deeltaak.

Vervolgens kan ook nagegaan worden of er indicaties van spiervermoeidheid teruggevonden kunnen worden. Hiervoor werd een gestandaardiseerde vermoeidheidstest uitgevoerd in het begin van de werkdag, voor de lunchpauze, na de pauze en op het einde van de werkdag. Deze test bestond telkens uit een 90° anteflexie van de rechterarm met 2 kg in de hand gedurende 1 minuut. Tijdens deze test werd telkens het volledige originele EMG-signaal geregistreerd voor m. trapezius, deltoideus en infraspinatus. Uit die registratie werd enerzijds berekend of de amplitude van het signaal wijzigde tijdens opeenvolgende tests, anderzijds werd bestudeerd of de snelheid waarmee het signaal zich verderzet zich aanpaste. Door de vier vermoeidheidstests met elkaar te vergelijken, wordt nagegaan of er een verandering is in het EMG-gedrag over de volledige werkdag.

Resultaten

Lokaal Ervaren Ongemak

Uit de Borgschaal bleek dat het vermoeidheidsgevoel in de desbetreffende regio's zich reeds ontwikkelde na ongeveer 1 u en vervolgens vrij lineair tot op het einde van de dag toenam. Voor de nek bedroeg de gemid-

delde eindscore 1.2 en voor de schouderregio 1.5, wat beide staat voor een licht vermoeidheidsgevoel, voor de onderrug bedroeg de score 2.5, wat staat voor een matig gevoel. Een lichte terugval in de scores van de twee lichaamsregio's kon opgemerkt worden na de middagpauze.

Lay-out van de werkplek en antropometrische metingen

In tabel 1 worden de gemiddelde waarden en standaarddeviaties (sd) van de uitgevoerde metingen vermeld.

De hoogtes van de bakjes waarin de schroefjes lagen, het handvat van de schroevendraaier en de brander, en het werkblad, werden allen gemeten vanaf de werkvloer. De reikafstand werd gedefinieerd als de horizontale afstand van het middelpunt, de navel, tot het midden van de hand (Koningsveld en Huppes, 1993). De horizontale afstand van de schroevendraaier, de bakjes en de brander werd telkens bekeken ten opzichte van hetzelfde middelpunt. De schouderhoogte werd bepaald als zijnde de verticale afstand tussen het acromion en de grond. De ellebooghoogte werd opgemeten eveneens vanaf de voet tot de laterale epicondylis van de humerus waarbij de onderarm horizontaal gehouden wordt.

Tabel 1

Gemiddelde waarden (gemid.) en standaarddeviaties (sd) van de uitgevoerde hoogtes, reikafstanden en antropometrische metingen.

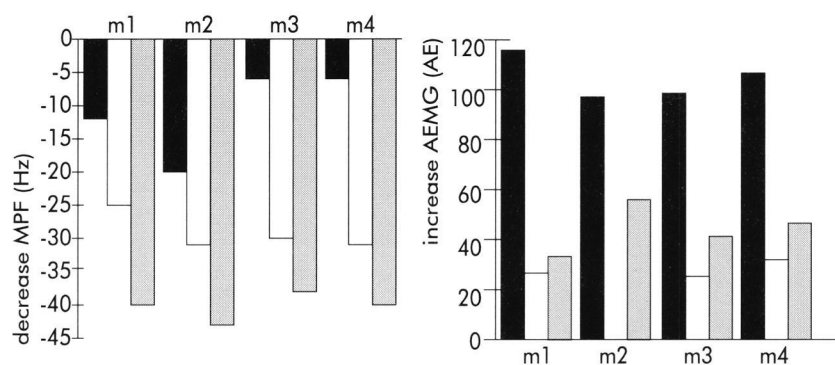
Afmetingen	gemid.	sd
hoogte bakjes	144.4	4.9
hoogte schroevendraaier	152.1	15.1
hoogte brander	156.5	4.7
reikafstand	62.8	2.9
afstand schrdr.-mid.punt	93.4	14.1
afstand bakjes-mid.punt	76.8	5.5
afstand brander-mid.punt	110	0
schouderhoogte	138.5	6.4
ellebooghoogte	106.2	4.9
hoogte werktafel	87.1	4.0

Uit deze tabel blijkt dat de bakjes waarin de verschillende onderdelen voor assemblage liggen, hoger opgesteld zijn dan de gemiddelde schouderhoogte wat bijkomende spierbelasting ter hoogte van de bovenste ledematen veroorzaakt (Sommerich e.a., 1993). Bovendien staan de bakjes op maximale reikafstand of verder en blijkt de werktafel lager gepositioneerd te zijn dan de gemiddelde ellebooghoogte. Deze beide factoren zorgen ervoor dat een licht voorover gebogen houding aangenomen wordt en dus meer belasting voor de onderrug.

EMG-resultaten en videobeelden

Uit de resultaten van de gestandaardiseerde vermoeidheidstest blijkt dat

de MPF-waarde voor alle spieren significant afneemt tijdens de 1 min volhoudtijd, vooral voor m. deltoideus en m. infraspinatus en dit voor de 4 metingen over de arbeidsdag. Indien de verschillende metingen met elkaar vergeleken worden (figuur 4), blijkt dat de meting nét voor de middag, dus na ongeveer 4 uur werken, meer MPF daling vertoont voor trapezius, infraspinatus en deltoideus. Na de lunch, blijkt de MPF daling voor m. trapezius vrij klein te zijn, en ook m. infraspinatus vertoont minder afname ten opzichte van de meting voor de lunchpauze. M. deltoideus blijft echter procentueel dezelfde daling vertonen. Dit patroon blijkt ook aanwezig te zijn bij de meting op het einde van de werkdag. De amplitude-waarde blijkt voor trapezius en deltoideus gedaald te zijn tijdens de eerste meting, wat echter gecompenseerd wordt door een sterke toename voor de infraspinatus. Net na de lunch worden de rollen terug omgekeerd en wordt een lichte stijging naar het einde van de dag toe teruggevonden voor de drie spieren. Een t-toets geeft geen significante verschillen tussen de EMG-waarden van de verschillende metingen per spier.

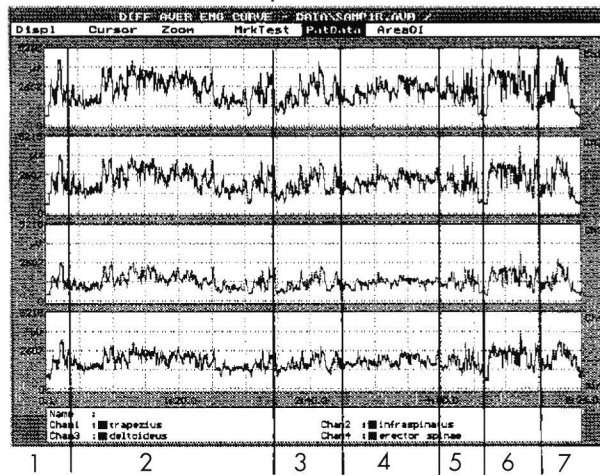


Figuur 4 Daling van de gemiddelde frequentie (in Hz) voor de 4 verschillende uithoudingsproeven, 's ochtends (m1), voor de lunch (m2), na de lunch (m3) en 's avonds (m4).

Figuur 5 Stijging van de amplitudewaarden in arbitraire eenheden (AE) voor de 4 verschillende uithoudingsproeven, 's ochtends (m1), voor de lunch (m2), na de lunch (m3) en 's avonds (m4).

Uit de EMG-metingen tijdens de assemblagetaak zelf, kunnen de volgende resultaten vermeld worden. Zowel voor de nek-schouder-spieren als voor de rugspieren, zijn het afnemen van de bottom en top van de lopende band (deeltaak 1) en het controleren van de afgewerkte koffer (deeltaak 6) en het plaatsen van de samengestelde koffer op de lage lopende band (deeltaak 7) het zwaarst, vermits hogere amplitudewaarden tijdens deze taken voorkomen. Voor nek-schouder-spieren is het werk met de schroevendraaiers vrij belastend (deeltaak 2) alsook het ontbramen van de koffer (deeltaak 5). Uit inspectie van de videobeelden blijkt dat deze laatste taken voorkwamen met een elleboog boven schouderhoogte en een langdurig gebogen nek. Op dat moment wordt een hogere activiteitswaarde gevonden voor

m. trapezius, m. infraspinatus én m. deltoideus. In figuur 5 wordt een voorbeeld gegeven van de spieractiviteit over de volledige arbeidstaak, met aanduiding van de verschillende deeltaken.



Figuur 6

Registratie van de gemiddelde spieractiviteit over een volledige arbeidstaak waarbij de verschillende deeltaken worden weergegeven.

1 = afname schalen, 2 = bevestigen onderdelen, 3 = fixatie top en bottom, 4 = tussenschot bevestigen, 5 = ontbramen, 6 = controle, 7 = wegplaatsen

Bespreking

In deze bespreking worden de resultaten van de subjectieve metingen, de videoanalyse, de EMG-metingen en de lay-out en antropometrische metingen samengenomen om concrete uitspraken over de werkplek te formuleren en mogelijke alternatieven voor de lay-out ervan voor te stellen.

Verhoogde activiteitswaarden van de verschillende spieren blijken in verschillende subtaken van de arbeidstaak voor te komen. Indien op de videobeelden gecontroleerd wordt welke houdingen hierbij voorkomen, dan blijken volgende houdingen de amplitudoverhoging te veroorzaken :

- werken met de nek in een gebogen houding;
- manipulaties met hoge elleboog, zelfs boven schouderhoogte;
- voorovergebogen rug bij het afnemen en wegzetten van de koffer.

Tevens blijken de personen die zich in dergelijke ongunstige lichaams-houdingen bevinden, klachten te rapporteren in de desbetreffende lichaamsregio, wat bleek uit de vooraf afgenomen vragenlijst.

Door dergelijke lichaamshoudingen herhaaldelijk uit te voeren, zonder voldoende recuperatie, wordt een continue statische belasting van de musculatuur gevraagd, wat kan resulteren in spierversmoeidheid (Jørgensen

e.a., 1991). Volgens Smidt e.a. (1989) kan dergelijke herhaaldelijke vermoeidheid van de rugspieren een risicofactor zijn voor de lage rugpijn. Minder spanningen ter hoogte van ligamenten en kapsels zouden kunnen voorkomen worden en er zou minder controle zijn over de te hanteren lasten. De problematiek ter hoogte van de bovenste ledematen wordt toegeschreven aan het continu uitvoeren van statische inspanningen wat spiervermoeidheid doet ontstaan (Stock, 1991, Sommerich e.a., 1994). Alhoewel in dit onderzoek geen significante verschillen teruggevonden worden tussen de vier inspanningstests over de arbeidsdag, blijken toch enkele trends aanwezig te zijn. Het inschakelen van een lunchpauze blijkt een gunstig effect te hebben op de schoudermusculatuur, vermits de gevonden MPF daling lichtjes afgenomen was na de lunch. Ook voor de amplitudowaarden van m. infraspinatus wordt een positief effect teruggevonden vermits de amplitudotoename net voor de lunch duidelijk afgenomen is na de middag, echter niet voor m. trapezius en m. deltoideus. Net na de lunch bleken de spieren dus gedeeltelijk gerecupereerd te zijn, en dit bleef zo tot op het einde van de dag. Een mogelijke reden hiervoor is dat er in de namiddag slechts 3 u en 10 min gewerkt werd terwijl 's ochtends 4 u 20.

Indien de gegevens van de werkpost lay-out en antropometrische gegevens toegevoegd worden aan de EMG-gegevens tijdens het samenstellen van de koffer, dan begrijpt men waarom op sommige momenten in de arbeidscyclus toegenomen activiteitswaarden gevonden worden. Immers, de hoogte waarop zich de bakjes met materiaal bevinden, blijken niet alleen hoger te zijn dan de gemiddelde schouderhoogte van de proefgroep, maar ook op een maximale reikafstand of zelfs verder, waardoor de rug voorovergebogen moet worden.

Volgens Koningsveld en Huppel (1993) zou een dergelijke lay-out van een werkplek onmiddellijke ergonomische interventies vragen, vermits volgens hun maatstaven, namelijk een reikafstand van meer dan 45 cm en een reikhoogte boven de schouder, deze situatie als "slecht" beschouwd wordt. Ook andere auteurs streven naar het dicht bij het lichaam positioneren en werken onder schouderhoogte bij het manipuleren van materialen in assemblagetaken (Graves 1992). Tevens wordt in de literatuur vermeld dat de werkhoogte zich het best bevindt rond de ellebooghoogte (Sanders and McCormick 1993). Dit betekent dat in deze arbeidspost de tafels te laag staan, wat bevestigd wordt door de lichtjes voorover gebogen houding van verschillende subjecten, wat een toenemende spanning vraagt ter hoogte van de rugspieren.

In de verdere fase van dit onderzoeksproject, wat momenteel nog aan de gang is, wordt nagegaan of een aantal wijzigingen in de werkpost kunnen aangebracht worden, die bijdragen tot een vermindering van de fysieke belasting van de arbeidsters.

Ter illustratie worden enkele van deze aanpassingen opgesomd :

- materiaalbakjes rond de top en bottom plaatsen, zodat deze dicht bij het lichaam en op ellebooghoogte gepositioneerd worden;
- schroevendraaiers en brander verlagen zodat deze zich situeren binnen reikwijdte;
- tafel lichtjes afhellend maken zodat romp minder voorover gebogen moet worden;
- het ombouwen van de werkplek naar een zittende arbeidspost, vermits continu staand werk aanzienlijke nadelen vertoont zoals spierpijn in rug én ter hoogte van de nek, belasting van enkel-, knie- en heupgewricht, pijnlijke en gezwollen voeten, ... (Huppes en Poll 1989).

Het is de bedoeling dat deze aanpassingen na enkele maanden zullen geëvalueerd worden om het effect na te gaan op de fysieke belasting.

De auteurs zouden graag de directie en arbeidsters van Samsonite Europe N.V. willen bedanken voor hun bereidwillige medewerking aan het onderzoek.

Hermans Veerle, Spaepen Arthur, Hautekiet Mark
Faculteit Lichamelijke Opvoeding en Kinesitherapie-Katholieke Universiteit Leuven
Laboratorium Ergonomie
Tervuursevest 101
B3001 Leuven, België

Literatuur

Bigland-Ritchie, B., Cafarelli, E. en Völlestad, N.K.

1986 Fatigue of submaximal static contractions. In: Acta physiologica scandinavica 128, blz. 137-148.

Borg, G.

1990 Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. In: Scandinavian Journal of Work Environment and Health 16-1, blz. 55-58.

De Luca, C.J.

1984 Myoelectrical manifestations of localized muscular fatigue in humans. In: CRC Critical Reviews in Biomedical Engineering 11-4, blz. 251-279.

Graves, R.J.

1992 Using ergonomics in engineering design to improve health and safety. In: Safety Science 15, blz. 327-349.

Hagberg, M.

1984 Occupational musculoskeletal stress and disorders of the neck and shoulder: a review of possible pathophysiology. In: International Archives of Occupational Environment and Health 53, blz. 269-278.

Huppes, G. en Poll, K.

1989 Sta-steunen, toepassingen, voordelen, produktinformatie en introductie, Nederlands Instituut voor Arbeidsomstandigheden, Amsterdam.

Jørgensen, K., Jensen, B.R. en Kato, M.

1991 Fatigue development in the lumbar paravertebral muscles of bricklayers during the working day. In: International Journal of Industrial Ergonomics 8, blz. 237-245.

Koningsveld, E.A.P. en Huppes, G.

1993 Repeterende bewegingen : definities, normen, verbeteringen. In: Tijdschrift voor Ergonomie 18-6, blz. 2-8.

Sanders, M.S. en McCormick, E.J.

1993 Human factors in engineering and design, McGraw-Hill, Singapore.

Sommerich, C.M., McGlothlin, J.D. en Marras, W.S.

1993 Occupational risk factors associated with soft tissue disorders of the shoulder : a review of recent investigations in the literature. In: Ergonomics 36-6, blz. 697-717.

Stock, S.R.

1991 Workplace ergonomic factors and the development of musculoskeletal disorders of the neck and upper limbs : a meta-analysis. In: American Journal of Industrial Medicine 19, blz. 87-107.

WERKMETHODEN EVALUEREN: VELD- OF LABORATORIUMONDERZOEK

J.H.v. Dieën
&
M.v.d. Top

Samenvatting

Aan de hand van twee case-studies wordt gedemonstreerd dat het gebruik van subjectieve methoden in veldonderzoek onmisbare informatie oplevert, met name aangaande acceptatie omtrent wijzigingen van werkmethoden. Echter de inschatting van de arbeidsbelasting met behulp van subjectieve methoden lijkt in veldonderzoek vaak niet valide door de vooroordelen die proefpersonen ten aanzien van het onderwerp en de uitkomsten van het onderzoek kunnen hebben. Daarom zijn objectieve methoden al of niet in laboratoriumonderzoek noodzakelijk om de arbeidsbelasting goed te evalueren.

trefwoorden: fysieke belasting, mentale belasting, subjectieve beoordeling

Inleiding

Idealiter wordt in een onderzoek het effect van een nieuwe werkmethode op de arbeidsomstandigheden en de arbeidsbelasting onderzocht voor dat tot invoering wordt overgegaan. Veelal zal een veldonderzoek hiertoe de voorkeur verdienen. Veldonderzoek biedt namelijk als voordeel, dat recht wordt gedaan aan de complexiteit van de werkelijke arbeidssituatie zonder de vereenvoudigingen, die in een laboratoriumonderzoek noodzakelijk zijn. Echter, veldonderzoek levert ook sterke beperkingen van methodische aard op. Veel methoden voor de meting van arbeidsbelasting laten zich bijvoorbeeld slecht toepassen in de praktijk (De Looze e.a., 1995). Daarom wordt bij veldonderzoek veelal gekozen voor eenvoudig in te zetten methoden. Hierbij valt te denken aan observatie-methoden en subjectieve beoordelingen van de arbeidsbelasting door de betrokkene zelf. Bij gebruik van deze methoden kan echter de validiteit van de uitkomsten in het geding komen (Burdorf & Laan, 1991; De Looze e.a., 1994). In deze bijdrage worden de verdiensten en beperkingen van veldonderzoek en van het gebruik van subjectieve beoordelingen van de arbeidsbelasting hierbij besproken aan de hand van twee case-studies.

Case-study 1:

Werk-rustverhoudingen bij de keurtaak in pluimveeslachterijen

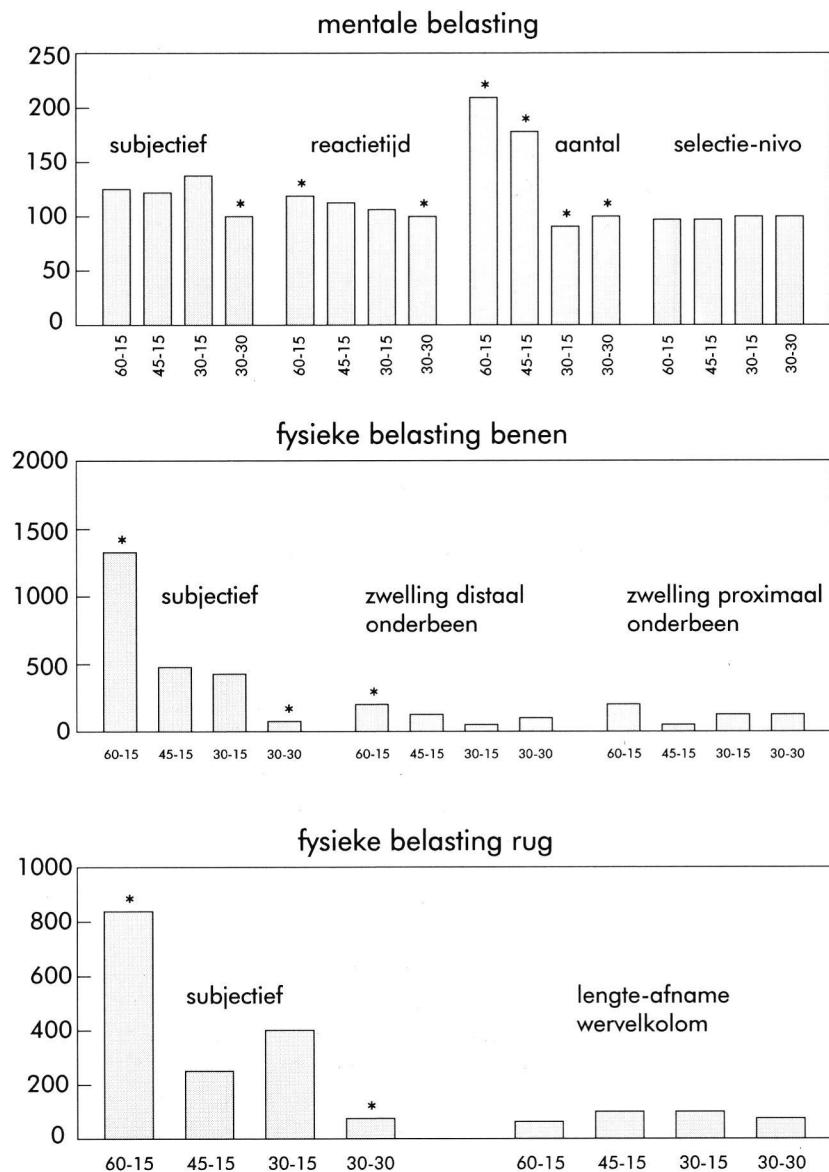
Een belangrijke taak van keurmeesters van de Rijksdienst voor de keuring van Vee en Vlees in pluimveeslachterijen is de keuring aan de slachtlijn. Dit werk wordt op dit moment verricht in een patroon van 30 minuten aan de band afgewisseld met 30 minuten minder inspannend werk. Uit efficiency overwegingen bestond het voornemen de werk-rustverhouding bij deze werkzaamheden te veranderen. Daarom werden de gevolgen van het huidige en drie alternatieve op-a-f patronen (60 minuten, 45 minuten en 30

minuten aan de slachtlijn elk gecombineerd met 15 minuten rust) onderzocht. Twaalf keurmeesters namen deel aan een veldonderzoek uitgevoerd in twee slachterijen. Zij werkten enkele weken volgens elk van de vier op-af patronen en gedurende de twee laatste weken van zo'n periode werden de effectiviteit van de keuring en de mentale en fysieke arbeidsbelasting bepaald. De effectiviteit van de keuring werd onderzocht door het door de proefpersonen behaalde selectieniveau drie maal per dag te laten vaststellen door drie zeer ervaren keurmeesters. Aanvullend werd de mentale belasting onderzocht door middel van vijfmaal daags afnemen van een geheugen/reactietijd-test en met behulp van een subjectieve methode, namelijk door de proefpersonen na vijf over de dag verdeelde shifts de ervaren mentale belasting te laten inschalen met behulp van de BSMI-schaal (Zijlstra & Meijman, 1989). De fysieke belasting werd bepaald door vijf maal op de werkdag metingen te verrichten van de lengte-afname van de wervelkolom (Dieën & Toussaint, 1993) en van de volume toename van de onderbenen (Hebeda e.a., 1993), aangevuld met een subjectieve inschaling van ongemak ervaren in de rug en benen volgens de methode beschreven door Van der Grinten (1990).

De belangrijkste resultaten van het onderzoek zijn in figuur 1 samengevat. Hierbij zijn de resultaten uitgedrukt als percentage van de uitkomsten bij het huidige 30-30 patroon. Twee patronen zijn in deze figuur als afwijkend van het gemiddelde te onderscheiden. Enerzijds is dat het 60-15 patroon, dat gezien de subjectieve beoordelingen als significant meer fysiek belastend wordt ervaren dan de andere patronen. Deze bevinding wordt slechts ten dele ondersteund door de objectieve bevindingen, namelijk door de zwelling van het distaal onderbeen. Voor de mentale belasting geldt een vrij sterk verschil tussen het 60-15 patroon en de overige patronen op de objectieve belastingsmaten, maar juist niet voor de subjectief ervaren belasting. Anderzijds wijkt het momenteel gebruikte 30-30 patroon af. Gezien de subjectieve beoordelingen, wordt dit mentaal en fysiek als minder belastend ervaren. Deze bevinding wordt echter niet door de objectieve belastingsmaten ondersteund, slechts de reactietijd bij het 30-30 patroon verschilt marginaal van de overige patronen.

Samenvattend, er bestaat een discrepantie zodanig dat de subjectieve belastingsmaten de nadruk leggen op het verschil tussen het 30-30 patroon en de andere patronen, terwijl de objectieve maten meer verschil maken tussen het 60-15 patroon en de andere patronen.

Voor het verschil tussen de subjectieve en de objectieve belastingsmaten zijn een aantal mogelijke verklaringen te geven. Ten eerste weerspiegelen de gemeten objectieve belastingsmaten slechts een deel van de mogelijk relevante aspecten. Met name spierbelasting en de vermoeidheid als gevolg hiervan, waarover geen informatie werd verzameld, kan mede de subjectieve ervaring bepalen. Uit experimenteel onderzoek blijkt echter geen sterk verband tussen de subjectieve ervaring en de mate van spiervermoeidheid (Oude Vrielink en Van Dieën, 1993).



Figuur 1

Samenvatting van de resultaten van case-study 1. De resultaten zijn uitgedrukt als percentage van de uitkomsten bij de referentie-situatie (30-30). *=significant verschillend van tenminste twee van de overige condities

Het is daarmee niet plausibel dat de correspondentie tussen objectieve en subjectieve belasting groter zou worden door informatie over spiervermoeidheid toe te voegen aan het arsenaal van objectieve belastingsmaten. Een andere mogelijke verklaring is gelegen in het feit dat meer algemene

waarde-oordelen van de proefpersonen in een veldonderzoek als het huidige mee kunnen spelen in het tot stand komen van het oordeel over de belasting. In dit geval kan het accent op het verschil tussen het 30-30 patroon en de overige patronen in de subjectieve beoordeling mogelijk verklaard worden uit het feit dat dit patroon in de huidige werksituatie gebruikelijk is. Een mogelijke verandering van dit patroon naar één van de meer efficiënte patronen werd door de keurmeesters in principe als een achteruitgang ervaren. Het belang van een dergelijk mechanisme is verder te toetsen aan de hand van de tweede case-study.

Case-study 2:

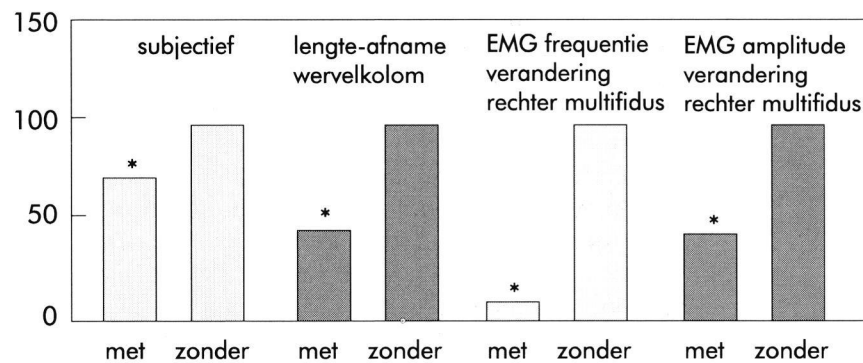
Een hulpmiddel voor de oogst van radijs

De oogst van tuinbouwgewassen zoals radijs, die in de grond worden geteeld, is een fysiek belastende taak voor de rug en knieën, door de geknielde en gebukte houding waarin deze werkzaamheden worden uitgevoerd. Enkele jaren geleden werd aangetoond dat klachten van de lage rug en de knieën in de tuinbouw zeer veel voorkomen (Hildebrandt, 1989). Om deze gezondheidsproblemen te voorkomen is door een tuinder een hulpmiddel ontwikkeld dat tot doel heeft de belasting van de rug en de knieën te verminderen. De effectiviteit van dit hulpmiddel, een stoeltje waarop zittend geoogst kan worden, werd onderzocht in een veldonderzoek. Een aantal bedrijven werd benaderd om het hulpmiddel gedurende enige tijd uit te testen. Het subjectief oordeel van de gebruikers over de belasting bij de gebruikelijke werkmethode en bij gebruik van het hulpmiddel werd vastgesteld op basis van de inschaling van lokaal ervaren ongemak volgens de methode beschreven door Van der Grinten (1990).

Uit de resultaten van dit onderzoek bleek gemiddeld een hoge ervaren belasting van de rug bij gebruik van het stoeltje, terwijl discomfort in de knieën juist minder vaak werd gerapporteerd dan bij gebruik van de traditionele werkmethode. Gaande het onderzoek kwamen echter een aantal problemen aan het licht. De bereidheid van zowel ondernemers als hun werknemers om deel te nemen aan het onderzoek, waarvoor zij gedurende twee dagen enkele uren volgens beide werkmethoden hun normale werkzaamheden moesten uitvoeren, was gering. Ook onder de proefpersonen die wel deelnamen bleek een groot vooroordeel tegen het stoeltje te bestaan. Men was bang dat gebruik ervan zou leiden tot een substantieel productieverlies.

De geconstateerde weerstanden en de niet eenduidige onderzoeksresultaten leidden tot de conclusie dat algemene aanbeveling van het stoeltje niet gerechtvaardigd was. Echter, op basis van de resultaten leek het stoeltje mogelijk aan te bevelen voor gebruik door personen met knieklachten. Dit was aanleiding om een vervolgonderzoek uit te voeren, waarbij de vraag centraal stond of deze aanbeveling juist was, gezien de hoge ervaren belasting in de rug bij gebruik van het stoeltje (zie voor een uitgebreidere beschrijving Van Dieën e.a., 1995). Dit vervolgonderzoek werd uitgevoerd

in het laboratorium met proefpersonen die met geen van beide werkmethoden ervaring hadden. In een nagebootste werksituatie werden naast metingen van de subjectieve ervaren belasting enkele objectieve metingen ten aanzien van rugbelasting uitgevoerd. Vermoeidheid van rugmuscultuur werd onderzocht met behulp van elektromyografie (Van Dieën e.a., 1993) en de belastingseffecten op de wervelkolom werden onderzocht door metingen van de lengte-afname van de wervelkolom (Van Dieën en Toussaint, 1993). De resultaten van het onderzoek zijn in figuur 2 weergegeven. Het in de rug ervaren ongemak nam toe tijdens het drie uur durende experiment. Deze toename was sterker bij het werken zonder het stoeltje. De veranderingen van het elektromyogram van de rugspieren gaven aan dat vermoeidheid ontstond tijdens het werken volgens de gebruikelijke werkmethode, terwijl dit niet het geval was bij het werken met stoeltje. De lengte-afname van de wervelkolom na drie uur werken was minder na het gebruik van het hulpmiddel. Samenvattend, zowel de subjectief ervaren belasting, als de gemeten objectieve variabelen, wezen op een sterk verlaagde belasting van de rug bij gebruik van het stoeltje.



Figuur 2

Samenvatting van de resultaten van case-study 2. De resultaten zijn uitgedrukt als percentage van de uitkomsten bij de referentie-situatie zonder stoeltje. *= significant verschillend van referentie situatie.

Deze resultaten vertoonden dus een discrepantie met die uit het praktijk-onderzoek. Deze keer was er niet alleen een verschil in de uitkomsten tussen de objectieve (laboratoriumonderzoek) en de subjectieve (veldonderzoek) maten voor belasting, maar ook tussen de uitkomsten van de subjectieve maten in het laboratoriumonderzoek enerzijds en het veldonderzoek anderzijds. De verklaring voor dit verschijnsel lijkt een bias van de proefpersonen in het veldonderzoek door het vermeende productieverlies (dat bij metingen overigens marginaal bleek te zijn) en de gewoontevorming die altijd in het voordeel van de traditionele methode werkt. Voor de proefpersonen in het laboratoriumonderzoek golden dergelijke precon-

cepties niet, daar deze geen belang hadden bij de uitkomsten en geen ervaring hadden met de traditionele werkmethode. Bij deze proefpersonen bleken de resultaten van de subjectieve en objectieve methoden dan ook eenduidig.

Discussie

Het doel van deze bijdrage is de beperkingen en verdiensten te illustreren van veldonderzoek naar arbeidsbelasting en in het bijzonder van het gebruik van subjectieve methoden hierbij. De twee case-studies laten zien dat subjectieve methoden toegepast in veldonderzoek soms leiden tot resultaten die niet stroken met meer objectieve beoordelingen.

Een verschil in de uitkomsten van subjectieve en meer objectieve beoordelingsmethoden zou veroorzaakt kunnen worden door een beperkte validiteit van de subjectieve methoden op zich. Echter een groot aantal met name laboratorium-onderzoeken heeft laten zien dat de resultaten van subjectieve beoordelingen wel degelijk gerelateerd kunnen zijn aan de mentale belasting (bijv. Meijman e.a., 1986) of verschillende aspecten van de fysieke belasting (bijv. Borg en Nobel, 1974; Winkel en Jørgensen, 1986; Eklund en Corlett, 1987). De resultaten zijn daarom mogelijk beter te verklaren uit omstandigheden, die extern zijn aan de eigenlijke onderzoeksvraag. De case-studies suggereren dat vooroordelen van de proefpersonen de relatie tussen de objectieve en de subjectieve belastingsmaten verstoren. Onderzoek van Morgan en medewerkers (Morgan, 1973; Morgan, e.a. 1973; 1976) liet inderdaad zien dat vooroordelen van proefpersonen over de te beoordelen belastende situatie een duidelijke invloed hadden op de uitkomsten van subjectieve belastingsmaten. Wanneer van te voren een negatieve suggestie over de te beoordelen situatie werd gegeven, werd de belasting subjectief hoger ingeschaald. In veldonderzoek, waar de proefpersonen direct betrokken zijn bij het onderwerp en de uitkomsten van het onderzoek, zijn dergelijke vooroordelen moeilijk uit te sluiten. Dit betekent dat juist in veldonderzoek, waar de mogelijkheid om objectieve meetmethoden toe te passen vaak beperkt is, de validiteit van subjectieve methoden gering is.

Ons inziens betekenen de hiervoor beschreven problemen in veldonderzoek niet dat laboratoriumonderzoek het veldonderzoek zou kunnen of zelfs zou moeten vervangen. Voor de uiteindelijke implementatie levert veldonderzoek vaak onvervangbare informatie op. Als voorbeeld kan worden genoemd de weerstanden tegen het stoeltje in case-study 2. Bij de advisering moet natuurlijk terdege rekening gehouden worden met dergelijke effecten. Ook blijkt de wijze van uitvoering van het werk in het veld soms te veel af te wijken van in het laboratorium gesimuleerde taken. Het verdient gezien het bovenstaande echter wel aanbeveling om bij veldonderzoek altijd mede gebruik te maken van objectieve belastingsmaten of,

waar dat onmogelijk is, het veldonderzoek aan te vullen met nader onderzoek onder meer gecontroleerde omstandigheden. Gecontroleerd wil dan ook zeggen dat, bij gebruik van subjectieve methoden de proefpersonen onverschillig zouden moeten staan ten opzichte van de uitkomsten van het onderzoek.

Marry van den Top
IMAG-DLO, Postbus 43,
6700 AA Wageningen,
tel.: 0317 - 476460 / 0317 - 476467
fax: 0317 - 425670

Jaap H. van Dieën
Faculteit der Bewegingswetenschappen,
Van der Boeorchorststraat 9,
081 BT Amsterdam
tel.: 020-4448498
fax: 020-4448529

Literatuur

Borg, G.A.V. en Nobel, B.J.

1974 Perceived exertion. In: Wilmore, J.H. (Ed.), Exercise and Sport Sciences Reviews. Academic Press, New York, blz. 133-153.

Burdorf, A. en Laan, J.

1991 Comparison of three methods for the assessment of postural load on the back. In: Scand J Work Environ Health 17, blz. 425-429.

Dieën, J.H. van en Toussaint, H.M.

1993 Spinal shrinkage as a parameter of functional load. In: Spine 18, blz. 1504-1514

Dieën, J.H. van, Oude Vrielink, H.H.E., Housheer, A.F., Lötters, F.B.J. en Toussaint, H.M.

1993 Trunk extensor endurance and its relationship to electromyogram parameters. In: Eur J Appl Physiol 66, blz. 388-396.

Dieën, J.H. van, Jansen, S.M.A. en Housheer, A.F.

1995 Rugbelasting bij geknield en zittend werken op grondniveau. In: T v Ergonomie 20-4, blz. 2-7.

Eklund, J.A.E. en Corlett, E.N.

1987 Evaluation of spinal loads and chair design in seated work tasks. In: Clin Biomech 2, blz. 27-33.

Grinten, M.P. van der

1990 Preventie beroepsgebonden problematiek van het bewegingsapparaat. Inventarisatie en beoordeling van in het veld bruikbare methoden voor het registreren van "elektrische spieractiviteit" (EMG) en "ervaren belasting". Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Voorburg.

- Hebeda, C.L., Boer, E.M. de, Verburgh, C.A., Krijnen, R.M.A., Nieboer, C. en Bezemer, P.D.**
 1993 Lower limb volume measurements: Standardization and reproducibility of an adapted optical leg volume meter. In: *Phlebology* 8, blz. 162-166.
- Hildebrandt, V.H.**
 1989 Preventie van aandoeningen van het bewegingsapparaat in land- en tuin bouw. Gezondheidsproblematiek van het bewegingsapparaat bij mannelijke ondernemers en werknemers in veertien agrarische sectoren. NIPG-TNO, Leiden.
- Looze, M.P. de, Toussaint, H.M., Ensink, J. en Mangnus, C.**
 1994 The validity of visual observation to assess posture in a laboratory-simulated, manual materials handling task. In: *Ergonomics* 37, blz. 1335-1343.
- Looze, M.P. de, Toussaint, H.M., Visser, B. en Kuijer, P.**
 1995 Onderzoek naar fysieke belasting vereist meestal een getrapte aanpak. In: *Maandblad voor Arbeidsomstandigheden* 71, blz. 133-135.
- Meijman, T., Zijlstra, F., Kompier, M., Mulders, H. en Broerse, J.**
 1986 The measurement of perceived effort. In: Osborne, D.J. (Ed.), *Contemporary Ergonomics*. Taylor and Francis, London, blz. 242-247.
- Morgan, W.P.**
 1973 Psychological factors influencing perceived exertion. In: *Med Sci Sports Exerc* 5, blz. 97-103.
- Morgan, W.P., Raven, P.B., Drinkwater, B.L. en Horvath, S.M.**
 1973 Perceptual and metabolic responsivity to standard bicycle ergometry following various hypnotic suggestions. In: *Int J Clin Exp Hypn* 21, blz. 86-101.
- Morgan, W.P., Hirota, K., Weitz, G.A. en Balke, B.**
 1976 Hypnotic perturbation of perceived exertion: ventilatory consequences. In: *Am. J. Clin. Hypn.* 189, blz. 182-190.
- Oude Vrielink, H.H.E. en Dieën, J.H. van**
 1993 Evaluation of fatigue in a heterogeneous muscle group during low-level repetitive activity. In: Nielsen, R. en Jørgensen, K. (Eds.), *Advances in industrial ergonomics and safety V*. Taylor and Francis, London, blz. 7-13.
- Winkel, J. en Jørgensen, K.**
 1986 Evaluation of foot swelling and lower-limb temperatures in relation to leg activity during long-term seated office work. In: *Ergonomics* 29, blz. 313-328.
- Zijlstra, F.R.H. en Meijman, T.F.**
 1989 Het meten van mentale belasting met behulp van een subjectieve methode. In: Meijman, T.F. (Ed.), *Mentale belasting en werkstress, een arbeidspychologische benadering*. Van Gorcum, Assen, blz. 42-6.

EVALUATIE VAN BIOMECHANISCHE MODELLEN

W. Bohets

Samenvatting

Voor het evalueren van de fysieke belasting bij werkhoudingen en bewegingen wordt frequent gebruik gemaakt van biomechanische modellen. Om de validiteit van twee methoden (Static Strength Prediction Program / Backsoft) na te gaan, wordt een vergelijking gemaakt met een extern criterium, een analyse op basis van videobeelden. Uit de resultaten blijkt dat er vrij grote verschillen genoteerd worden. Enerzijds is dit het gevolg van het onnauwkeurig simuleren van de werkelijke beweging door middel van de modellen. Anderzijds worden er ook onnauwkeurigheden vastgesteld in het gebruikte algoritme. Voor praktisch gebruik dienen de resultaten dus voorzichtig geïnterpreteerd te worden.

trefwoorden: biomechanischmodel, bewegingsanalyse, houdingsanalyse, rugbelasting

Probleemstelling

Het manueel behandelen van lasten is een veel voorkomende arbeidsactiviteit. Het bewegingsapparaat, bestaande uit spieren, pezen, ligamenten, beenderen en gewrichten wordt hierdoor zwaar belast. Het gevaar voor overbelasting is reëel en wordt bevestigd door een stijgende incidentie van dit soort letsels. De enige zinvolle maatregelen zijn van preventieve aard. Hiervoor is het noodzakelijk dat meetmethoden ontwikkeld worden waarmee de fysieke belasting objectief bepaald kan worden. Aanvullend dienen ook normen of maximale waarden vastgesteld te worden op basis van statistische analyses van grote groepen proefpersonen. In het onderzoek naar de belasting van het bewegingsapparaat wordt gebruikt gemaakt van een ruim aanbod van meet- en onderzoeksmethoden. Douwes en Dul (1990) hanteren bij het inventariseren van de beschikbare methoden het volgende schema :

Methoden voor het registreren van de uitwendige belasting

Doel: evalueren van houdingen (afstand), bewegingen (afstand + tijd) en krachten (afstand + tijd + massa)

- Observatie door een deskundige, bijv.: OWAS
- Opmeten van foto, film of videomateriaal
- Meetinstrumenten in direct contact met de proefpersoon, bijv.: goniometrie

Methoden voor het registreren van de inwendige belasting

Doel: evalueren van statische of dynamische belasting van het bewegingsapparaat : spieren, pezen, ligamenten, bot en kraakbeen

- Electromyografische registraties
- Biomechanische modellen, bijv.: NIOSH
- Methoden voor het registreren van ervaren belasting en lichamelijk ongemak, bijv.: RPE schaal van Borg

In de praktijk is het biomechanisch model een veel gebruikte meetmethode. Het menselijk lichaam wordt hierbij voorgesteld door een aantal onvervormbare segmenten die ten opzichte van elkaar kunnen bewegen. Deze voorstellingswijze laat toe de natuurkundige wetten van de statica en dynamica toe te passen. De krachten en momenten, die optreden in de gewrichten, kunnen aldus berekend worden. Tot de standaarduitrusting van methoden die een biomechanisch model benutten, behoort meestal een videocamera en een computer voor het verwerken en interpreteren van de gegevens. Het gebruik van deze methoden houdt echter een zeker risico in omwille van het "magisch geloof" in de computer. De waarde of de validiteit van wat op een scherm verschijnt wordt niet alleen bepaald door de invoer van correcte gegevens maar ook door het gebruikte algoritme. Een vergelijking van diverse methoden en het toetsen van de resultaten aan een valide criterium wordt uitgevoerd in een experimenteel onderzoek.

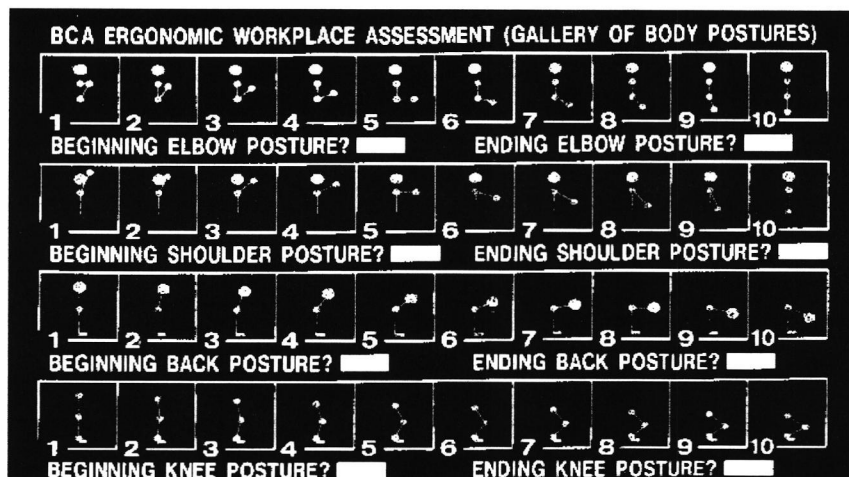
Onderzoek

In een experimenteel onderzoek worden de meetresultaten van twee softwarepakketten vergeleken met een extern validiteitscriterium. De softwarepakketten zijn :

Static Strength Prediction Program (SSPP) (Chaffin & Anderson, 1984).

De lichaamshouding wordt gesimuleerd door het opgeven van de gewrichtshoeken: voet, knie, heup, schouder en elleboog. Backsoft (Gross & Costello, 1988).

Door een keuze uit 10 voorgeprogrammeerde hoeken in de knie, heup, schouder en elleboog wordt de lichaamshouding bepaald (fig 1). Voor het evalueren van een beweging wordt de begin- en eindhouding apart opgegeven. Het bewegingsverloop tussen begin- en eindhouding wordt door het programma gegenereerd.



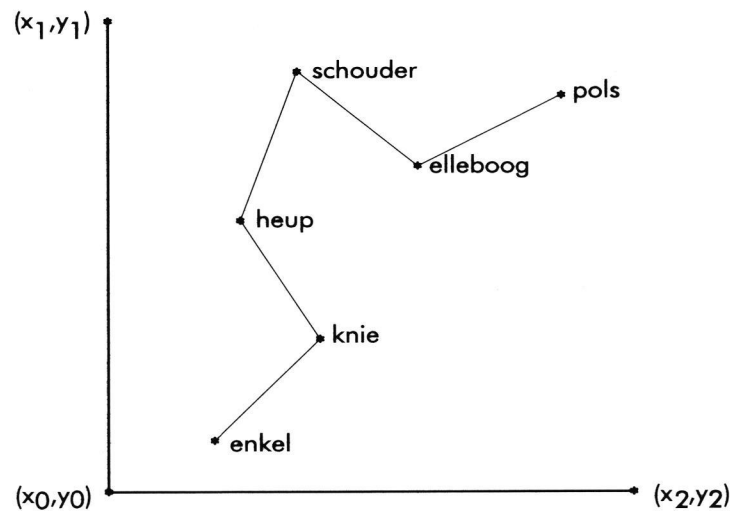
Figuur 1

De hoeken tussen de lichaamssegmenten voor het invoeren van de lichaamshouding bij het Backsoftprogramma

Als extern validiteitscriterium wordt een beeld per beeld analyse op basis van video opnamen gebruikt (Coördinatenmodel). Vermits hierbij 20 beelden per seconde geanalyseerd worden, kunnen de resultaten als een goede weergave van de werkelijkheid beschouwd worden.

Coördinatenmodel

Elk videobeeld wordt afzonderlijk door middel van een personal computer gedigitaliseerd. Dit betekent dat de coördinaten van enkel, knie, heup, schouder, elleboog en pols in een x-y assenstelsel opgemeten worden. Dit gebeurt door het positioneren van de muis op de respectievelijke gewrichtsassen (fig 2). De coördinaten van het lichaamszwaartepunt worden berekend op basis van de segmentaire zwaartepunten (Plagenhoef 1971). In het beeld wordt ook een klok getoond, zodat per beeld de tijdsfactor gekend is.



Figuur 2

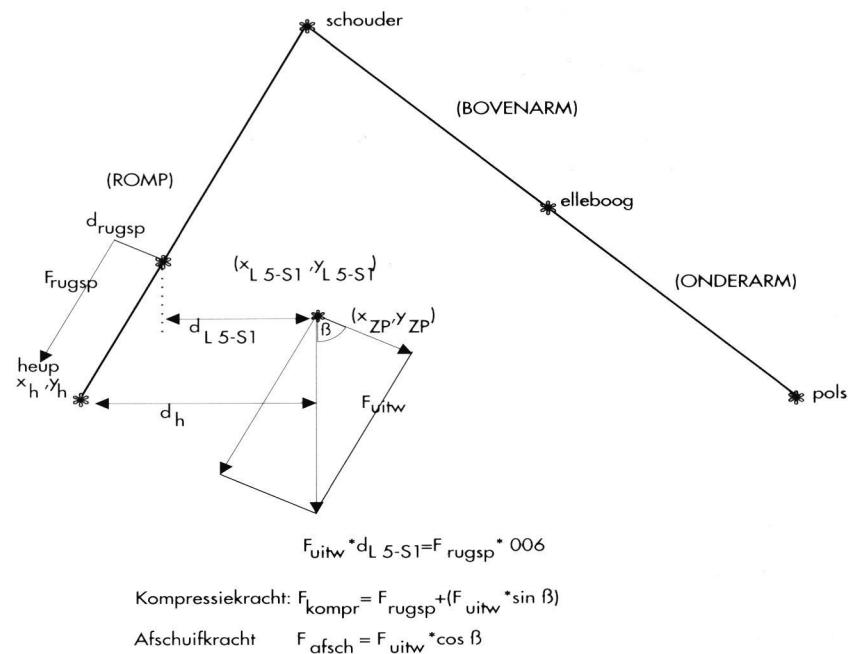
De gewrichtsassen die gedigitaliseerd worden bij het analyseren van een beweging

Voor elk van de methoden dient nog opgegeven te worden :

- de lichaamslengte (m) en de massa (kg) van de proefpersoon
- de massa (kg) van de last die behandeld wordt (het zwaartepunt van de last wordt verondersteld samen te vallen met de coördinaten van de pols)
- de duur (sec) van de beweging.

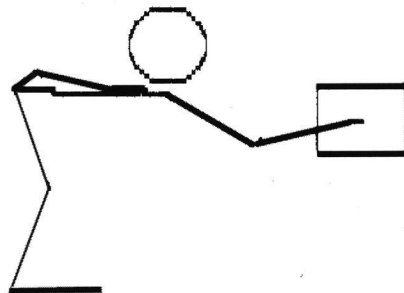
Als onderzoeksobject wordt de belasting ter hoogte van het gewricht tussen de vijfde lumbale wervel en de eerste heiligbeenwervel (L5-S1) geselecteerd. Hierbij wordt het onderscheid gemaakt tussen de compressiekracht en de afschuifkracht in dit gewricht (fig 3).

Deze variabelen worden bepaald voor een lichaamshouding (statische analyse) en tijdens een hefbeweging (dynamische analyse).



Figuur 3 De momenten, momentarmen en de krachten in het heupgewricht en L5-S1 gewricht

Voor beide situaties wordt de werkelijke houding en beweging, zoals weergegeven in het Coördinatenmodel, gesimuleerd door de twee softwarepakketten. De grootte van de compressie- en afschuifkracht ter hoogte van L5-S1 worden berekend volgens de verschillende methoden. Uit de onderlinge vergelijking zal blijken in welke mate de werkelijke houding en beweging (Coördinatenmodel) correct gesimuleerd wordt door de twee softwarepakketten (SSPP - Backsoft). In tabel 1 worden de krachten, berekend volgens de verschillende biomechanische modellen, weergegeven.



Figuur 4 De hefhouding

Resultaten

Houdingsanalyse (statische analyse)

Als houding wordt een sterk rugbelastende houding gekozen die frequent voorkomt bij tilwerkzaamheden in magazijnen (fig 4).

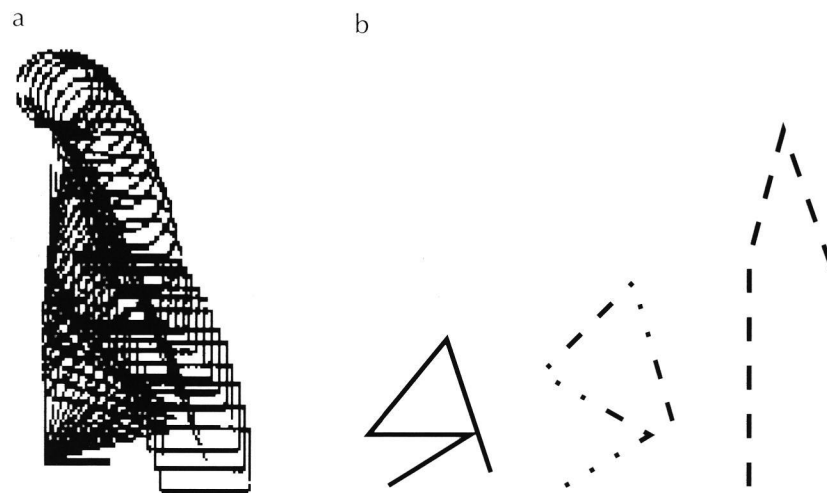
De gegevens van de proefpersonen en de gehanteerde last zijn :

- lichaamsgewicht : 99 kg
- lichaamslengte : 1.88 m
- massa van de last : 20 kg

Tabel 1

Compressie- en afschuifkracht in het gewricht

Methoden	L5-S1 compressiekracht	L5-S1 afschuifkracht
SSPP	6832	679
Backsoft	7632	677
Coördinatenmodel L5-S1	6274	874



Figuur 5

5a. De begin-, tussen- en eindhoudingen van de hefbeweging, gesimuleerd door Backsoftmodel. 5b. De begin-, tussen- en eindhouding van de hefbeweging, opgemeten door het coördinatenmodel

De procentuele verschillen tussen de resultaten zijn aanzienlijk en variëren van 9 tot 20 %. De meest waarschijnlijke verklaring is een verschil in grootte van de momentarm in het L5-S1 gewricht. In het Coördinatenmodel wordt hiervoor 0.06 m gebruikt. Voor de beide andere modellen is deze parameter niet gekend.

Indien echter, zoals in minder recente studies, een waarde kleiner dan 0.06 m gebruikt wordt, kunnen hierdoor de verschillen verklaard worden. Ook voor de afschuifkracht worden er procentueel (23 %) grote verschil-

len vastgesteld. Hiervoor is er geen voor de hand liggende verklaring.

Bewegingsanalyse (dynamische analyse)

Een hefbeweging (duur 2.12 sec) wordt tweedimensioneel geanalyseerd volgens de Backsoftmethode en volgens het Coördinatenmodel (fig 5).

De gegevens van de proefpersonen en de behandelde last zijn :

- lichaamsgewicht : 64 kg
- lichaamslengte : 1.74 m
- massa van de last : 20 kg

De bewegingsparameters die door de beide modellen berekend worden zijn :

- het moment in het gewricht L5-S1
- de compressiekracht in L5-S1
- de afschuifkracht in L5-S1

In tabel 2 worden de gemiddelde waarden van deze parameters vermeld.

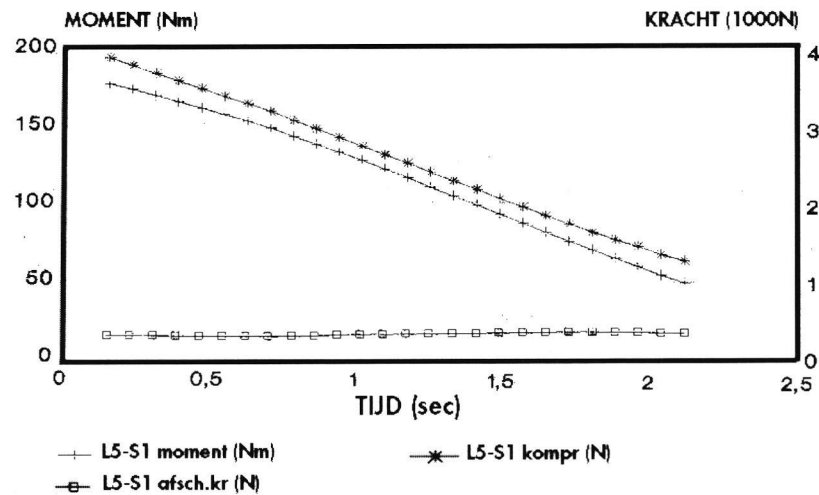
Tabel 2

De gemiddelde waarden van de bewegingsparameters volgens het Backsoft model en het Coördinatenmodel

	Backsoft	Coördinatenmodel
Moment L5-S1 (Nm)	118	113
Compressiekracht L5-S1 (N)	2599	2370
Afschuifkracht L5-S1 (N)	279	314

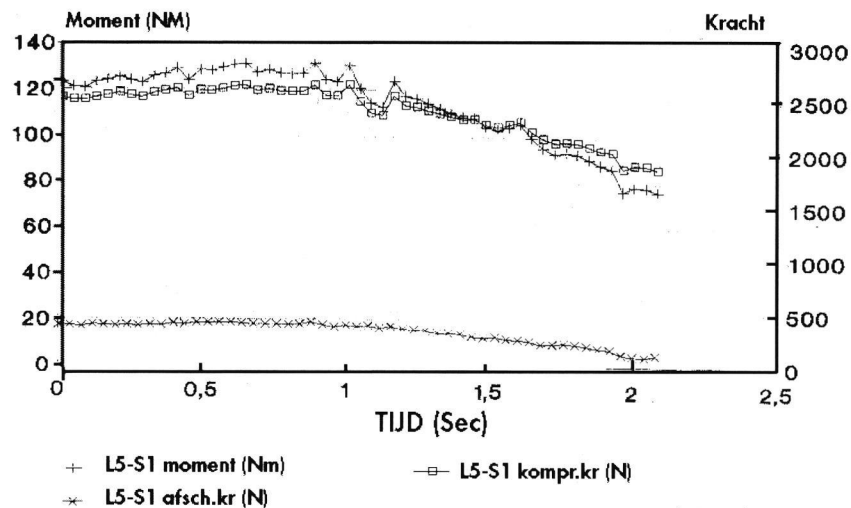
De procentuele verschillen tussen de gemiddelde meetwaarden van beide modellen variëren van 4 tot 11 %. Deze verschillen zijn relatief klein en kunnen aanvaardbaar genoemd worden. Wat het curveverloop van de parameters betreft, zijn er echter grote verschillen (fig 6 en fig 7).

De tijdscurves van het moment in L5-S1 en de kompressie- en afschuifkracht volgens



Figuur 6

het Backsoftmodel



Figuur 7 De tijdscurves van het moment in L5-S1 en de compressie- en afschuifkracht volgens Het coördinatenmodel

De tijdscurves van het moment en de afschuifkracht in L5-S1 vertonen een dalende trend voor beide methoden. Dit is het gevolg van het verkleinen van de horizontale afstand tussen de last en L5-S1. In het Coördinatenmodel is de daling het meest uitgesproken in het tweede gedeelte van de curve. In het Backsoftmodel verloopt de daling lineair. Buiten het curveverloop zijn er grote verschillen in de begin- en eindwaarde van de bewegingsparameters (tabel 3) :

Tabel 3 Begin- en eindwaarden voor de bewegingsparameters

	beginwaarde	eindwaarde
Backsoft	175	50
Coördinatenmodel	125	75

Het curveverloop van de afschuifkracht vertoont voor beide methoden een vlakke, lineaire curve. Toch lijkt het weinig waarschijnlijk dat de afschuifkracht tijdens de hefbeweging toeneemt van 230 N tot 300 N volgens het Backsoftmodel.

Het verloop van de afschuifkracht wordt bepaald door de inclinatie van de romp tijdens de hefbeweging. Naarmate de romp meer opgericht wordt tijdens de hefbeweging zal de afschuifkracht afnemen.

Besluit

De biomechanische modellen, die gebruikt worden in de evaluatie van de belasting van het bewegingsapparaat, dienen kritisch benaderd te worden. De modellen zijn per definitie een vereenvoudiging van de werkelijkheid. Daarom is het noodzakelijk de vraag te stellen in hoeverre er

afgeweken wordt. Uit een experimenteel onderzoek blijkt dat zowel voor het evalueren van lichaamshoudingen als voor bewegingen er grote verschillen gevonden worden tussen de resultaten. In de toekomst zullen deze modellen verder verfijnd worden, zo dat ze bruikbare resultaten opleveren. Een belangrijke stap hierin is de automatische gegevensinvoer via opto-electronische systemen zoals VICON of SELSPOT.

Voorlopig zijn deze systemen nog zeer duur en worden ze nauwelijks op de werkvloer aangewend. Voor de ergonoom in het veld zullen deze methoden echter een onmisbaar hulpmiddel worden in het bepalen van de belasting van het bewegingsapparaat.

Dr. Ph. Willy Bohets. Eur Erg.

Adres : thuis : Slagveldweg 34, 3191 Hever (België)

tel : 32 15 51 55 64

Literatuur

Chaffin, D.B. en Anderson, G.B.J.

1984 Occupational Biomechanics, J. Wile, London.

Douwes, M. en Dul, J.

1990 Preventie beroepsgebonden problematiek van het bewegingsapparaat: inventarisatie en beoordeling van in het veld bruikbare methoden voor het registreren van houdingen en bewegingen, Directoraat-Generaal van de Arbeid, Voorburg.

Gross, C.M. en Costello, K.

1988 Conducting Workplace Assessments: New Ergonomic Techniques for Evaluation Workplace Injuries, Occupational Health and Safety (May), Stevens Publishing, Texas.

Plagenhoef, S.

1971 Patterns of Human Motion: a cinematographic analysis, Englewood Cliffs, New Jersey.

PRAKTIJKINSTRUMENTEN VERGELEKEN

Meten en interpreteren van fysieke belasting en belastbaarheid in arbeidssituaties

L.E.R.v.d. Stelt

Samenvatting

In de voordracht komen twaalf instrumenten aan bod die in het kader van de ontwikkeling van het beroep bedrijfsfysiotherapie bruikbaar zijn gebleken om op praktisch niveau risicofactoren op het gebied van fysieke belasting en belastbaarheid op te sporen. De bruikbaarheid wordt daarbij ook sterk bepaald door de mogelijkheden om de resultaten te interpreteren naar maatregelen voor het verbeteren van de arbeidssituatie en dan met name van de fysieke belasting daarbij.

Het geheel is een systematische compilatie van het gebruik van de know-how van de deskundige, van vakmatige benaderingswijzen, van concrete methoden, van de ervaringen van de werknemers zelf en van het gebruik van technische meet- en analyse-instrumenten. Eén en ander wordt in algemene bewoordingen kort toegelicht. Bovendien wordt in een tabel een informatief waardeoordeel gegeven aan de hand van relevant geachte criteria.

Trefwoorden: fysieke belasting, fysieke meetmethoden, arbeidsanalyse

Fysieke belasting is van meet af aan één van de belangrijkste onderwerpen binnen de ergonomie geweest. Steeds weer is de vraag gesteld welke fysieke belasting wenselijk dan wel aanvaardbaar is. Dit heeft dan natuurlijk ook alles te maken met de belastbaarheid van de betreffende personen.

Zowel fysieke belasting als belastbaarheid zijn grootheden waarbinnen vele verschillende variabelen een rol spelen. Talrijke onderzoeksresultaten hebben de inzichten in deze grootheden de laatste decennia enorm doen toenemen. Er heeft zich daarbij een duidelijke verschuiving voorgedaan van energetisch gerichte meetmethoden naar methoden waarbij houdingen, bewegingen en krachtoefening geregistreerd en beoordeeld worden. Alles wijst er op dat deze ontwikkeling nog lang niet aan zijn einde gekomen is.

In het kader van de ontwikkeling van het beroep bedrijfsfysiotherapeut is er de afgelopen tien jaar naarstig gezocht naar instrumenten die op toepassingsgericht niveau gehanteerd kunnen worden om die belasting en belastbaarheid van werknemers te meten. Een eis daarvoor is dat ze resultaten opleveren, die als uitgangspunt kunnen dienen voor voorstellen ter verbetering van de onderzochte arbeidssituaties. Meestal komt het er dan op neer dat de onderzoeker risicofactoren opspoort en kwantificeert en op basis daarvan maatregelen voorstelt of doorvoert die deze risicofactoren zullen doen verminderen.

In de afgelopen jaren zijn er meerdere overzichten op het gebied van relevante meetmethoden gepubliceerd zoals: Veldboer (1990), Douwes (1990), Meulenbeld (1993) en de normcommissie "Fysieke belasting" (1995).

Voor de bedrijfsfysiotherapie is een selectie gemaakt op basis van de inzichten die opgedaan zijn vanuit zelf uitgevoerde opdrachten, het pro-

ject Twentse Aanpak Bedrijfsfysiotherapie 2000 en de ervaringen met toepassingen door eerder opgeleide bedrijfsfysiotherapeuten (van der Stelt 1996).

Met name die "gereedschappen" zijn geselecteerd waarvan de verwachting bestaat dat de bedrijfsfysiotherapeut, of de onderzoeker naar fysieke belasting en belastbaarheid, ze snel en makkelijk zal kunnen gebruiken bij de aanpak van de gezondheidsproblematiek, dus de fysieke ARBO-zorg, in bedrijven.

Een deel van de gewenste aanpak ligt op het niveau van het hele mens-arbeidssysteem en dus ook op organisatorisch niveau. Hier is echter een beperking gemaakt voor die instrumenten die primair gericht zijn op het fysieke niveau.

"Gereedschappen" is daarbij een brede benaming voor methoden, systemen c.q. instrumenten, waarbij nadrukkelijk ook minder vastomlijnde methoden of zelfs vakmatige benaderingen meegenomen zijn. De bedoeling van het opstellen van een dergelijke combinatie is, dat de onderzoeker bewust gebruik van deze verschillende mogelijkheden zal gaan maken.

Het is daarbij heel goed denkbaar dat de onderzoeker op geheel eigen wijze, zeg maar ambachtelijk, delen van één of enkele instrumenten zal gebruiken of samenvoegen met andere.

De geselecteerde instrumenten, systemen, methoden, categorieën of gereedschappen zijn:

- visie van de deskundige
- (fysiek)-ergonomische richtlijnen
- biomechanische analyse
- NIOSH-methode
- OWAS-methode
- tijdstudie
- werk-rust model
- hartfrequentiemeting
- technische hulpmiddelen:
 - optisch (foto, dia, video, film),
 - handcomputer, zoals TRAC,
 - EMG-apparatuur,
 - elektronische verwerkingssystemen,
 - kracht- en versnellingsmeters
- optische analyse, zoals de ARBAN-methode
- instrumentele belastbaarheidsmeetsystemen
- eigen bevindingen-systemen, zoals de LEO-methode,
 - op individueel- en groepsniveau

De deskundige-visie (bedrijfsfysiotherapeutische- of expert-visie) neemt hierbij een bijzondere plaats in. Alleen met een niet-gestandaardiseerde, persoonlijke en deskundige visie is het mogelijk om aan methodische onderzoeksresultaten een op het bedrijf gerichte interpretatie te geven. Het

onderzoek krijgt daarmee "handen en voeten". Dit betekent dat gezegd kan worden dat de bedrijfsfysiotherapeutische- of deskundige-visie het generale instrument is dat geïntegreerd dient te worden in het geheel van alle andere gebruikte gereedschappen. Daarnaast onderscheidt dit instrument zich ook door de grote snelheid waarmee slagvaardig en in kwalitatieve zin resultaten verkregen kunnen worden. De kwaliteit van dit instrument staat of valt daarbij natuurlijk met de mate van deskundigheid van de onderzoeker.

Vakmatige benaderingen nemen ook een apart plaats in

De (fysiek)-ergonomische richtlijnen is de eerste. Middels allerlei databestanden of check-lists kan een snelle inventarisatie van risico-factoren op het gebied van werkplekinrichting in relatie tot de antropometrie, kracht-uitoefening en repeterend werk gemaakt worden (Mital 1993, Voskamp 1994, Burandt 1978).

De biomechanische analyse is de tweede. Het wordt gebruikt om de doorwerking van de krachtoefening en de versnelling- en zwaartekrachten naar bepaalde kritieke lichaamsregio's te bepalen. Hefboomwerking (moment van krachten) en de mogelijkheden om bepaalde lichaamsstructuren met hun eigenschappen te gebruiken spelen hierbij een belangrijke rol (Snijders 1995).

Enkele van de belangrijkste risicofactoren zijn door de inzichtverhogende werking van de biomechanische analyse vaak snel te beperken. De maatregelen zijn er bovendien beter mee te onderbouwen.

Concrete instrumenten/methoden in het rijtje van de "gereedschappen" zijn:

- De NIOSH-methode voor beoordeling van de tilbelasting en aanpassing van de tiltaak (P. Vink 1992 en 1993). Een uit de USA afkomstige methode die voor een combinatie van tilfactoren een gewogen oordeel geeft over de mate van belasting. De methode is door de nederlandse overheid geaccepteerd als het meest geschikte onderzoeksinstrument voor tilsituaties (Gezondheidsraadcommissie 1995).
- De OWAS-methode voor houdingsregistratie en beoordeling van de fysieke belasting per functie of taak met een indeling in vier categorieën (Louhevaara 1992). Deze zeer populaire multi-moment observatiemethode is vooral goed bruikbaar bij variërende werkzaamheden om de relatie tussen de ingenomen houdingen, de mate van belasting en mogelijke maatregelen aan te geven.
- Tijdstudie voor de meting van specifieke houdingen, houdingsafwisselingen of handelingen op basis waarvan gestuurd kan worden (Tab2-duizend 1990). Ook belastbaarheidsmeting door bepaling van de maximale prestatie van een werknemer in een bepaalde tijdsperiode kan hiertoe gerekend worden. Het instrument is eenvoudig en belangrijk voor kwantitatieve onderbouwing. Het geeft meer duidelijkheid over de

hoogte van de belasting en maatregelen kunnen er concreter mee aan gegeven en geëvalueerd worden.

- Het werk-rust model dat voor puur statische werksituaties op basis van spierinspanning, volhoudtijden en hersteltijden inzicht geeft in de te verwachten fitheid van werknemers (Dul 1990 , Bieleman 1990 en Miedema 1993). Het is een model en denkwijze die een zodanige relatie geeft tussen enige belangrijke grootheden dat zinnige aanbevelingen op een onderbouwde wijze gedaan kunnen worden.
- Hartfrequentiemeting voor het signaleren en beoordelen van energetisch zware taken. Een bekende en met wat apparatuur eenvoudig toe te passen methode. Het levert gegevens op die vaak in combinatie met andere instrumenten inzicht geeft in de fysieke belasting, waarbij ook de persoonsgebonden belastbaarheid meegewogen kan worden.

Technische hulpmiddelen kunnen vaak heel doelmatig ingezet worden. Met name kunnen genoemd worden:

- Optische middelen als foto- en diamateriaal of video- en filmmateriaal. Dergelijke middelen zijn zeer geschikt om situaties vast te leggen en zonder hinder voor het werk gericht en precies met meerdere personen een analyse te doen van een combinatie van factoren. Ook kan het foto- of videomateriaal dienen als uitgangspunt voor het toepassen van ergonomische richtlijnen of biomechanische analyse.
- Handcomputers als hulpmiddel voor registratie. Een voorbeeld hiervan is het TRAC-systeem (Task Recording and Analysis on Computer). Het is een concreet systeem met een verscheidenheid aan mogelijkheden omdat via een waarnemer en een handcomputer geregistreerd wordt en de relevante data direct beschikbaar zijn voor elektronische (computermatige) verwerking.
- EMG-apparatuur voor meting van bepaalde spieractiviteiten. Met name voor de direct onder de huid gelegen spieren. Dergelijke apparatuur is ook te gebruiken als terugkoppelingssysteem om personen te attenderen op hun spiergebruik.
- Elektronische verwerkingssystemen om gedane metingen te bewerken. Deze computersystemen zijn zeker nodig voor analyse van EMG-metingen, maar ook voor b.v. NIOSH, OWAS, werk-rust model en tijdstudie.
- Kracht- en versnellingsmeters voor het meten van uit te oefenen krachten of versnellingen van ledematen of voorwerpen.

Het voorgaande betekent de inschakeling van een tastbaar instrument. Koppeling aan één of meerdere beoordelingsmethoden, dus andere gereedschappen is nog vereist.

De optische analyse, waarmee van b.v. foto- of videomateriaal afgeleid kan worden waar de risicofactoren liggen.

Een dergelijk systeem wordt gehanteerd bij de Zweedse ARBAN-methode (Wangenheim 1986). Door middel van het stilzetten van videobeelden en

de observaties door één of enkele deskundigen volgens een bepaald protocol worden hierbij de werkzaamheden systematisch gescreend en beoordeeld.

Instrumentele belastbaarheidsmeetsystemen is een voor de Nederlandse situatie hele nieuwe categorie. Met behulp van meestal in de V.S. ontwikkelde apparatuur en werkwijzen is het mogelijk om datgene waar mensen fysiek toe in staat zijn, dus hun belastbaarheid, uitgebreid te meten. Krachtuitoefening, snelheden, volhoudtijden van houdingen, bewegingsmogelijkheden en -beperkingen. Het kan allemaal m.b.v. protocollen elektronisch gemeten, geanalyseerd en opgeslagen worden. De volle betekenis van deze mogelijkheden zal pas in de loop van jaren blijken. Ergos, Blankenship, Isernhagen en de PAT (physical agility tester) zijn hier momenteel de bekendste systemen.

Eigen bevindingen-systemen kunnen tenslotte (last but not least) als belangrijke categorie van instrumenten genoemd worden. De eigen bevinding van de werknemer (dus de psychofysiologisch meetmethode) is hierbij de maatgevende factor. Dit gebeurt meestal via specifieke vragenlijsten. De vragenlijsten zijn bij voorkeur op maat samengesteld. Het kan zijn dat de werknemer ze zelf invult of dat een interviewer dit doet.

Eén zo'n standaard specifieke vragenlijstmethode die vaak geschikt zal zijn om te gebruiken is de LEO-methode (van der Grinten 1990 en Veldhorst 1994).

De werknemer wordt daarbij gevraagd om voor de lichaamsregio's die belangrijk geacht worden een score volgens een duidelijke schaalverdeling (volgens de schaalverdeling van Borg) voor het Lokaal Ervaren Ongemak aan te geven. Dit gebeurt met name op belangrijk geachte momenten, b.v. bij het begin en einde van een bepaalde zware fysieke inspanning.

Met grote groepen kan zodoende inzicht verkregen worden in de zwaarte van bepaalde taken of inspanning.

Op individueel niveau kan er ook inzicht verkregen worden in de ervaringen van de betreffende werknemers zodat mede op die basis sturende maatregelen genomen kunnen worden.

Ter completering van het voorgaande en voor een duidelijker mogelijkheid voor een waardeoordeel van de genoemde instrumenten, zijn deze in de tabel op de volgende pagina aan de hand van door mij relevant geachte criteria zo goed mogelijk gescoord.

ir. L.E.R. van der Stelt
Hogeschool Enschede, academie fysiotherapie
Postbus 70.000
7500 KB Enschede
tel. 053-4871526/1
fax. 053-4320373

12. eigen-bevindingen	groepen	0	'	0	0	0	+	0	0	0	0	+	+	+	+	0	0
	individueel	'	'	0	'	'	+	+	+	0	+	+	+	+	0	+	0
11. instrumentele belastbaarheids-		0	'	0	0	+	0	'	'	0	+	0	+	+	+	+	0
	meting																
10. optische analysemethode		+	+	+	0	+	+	0	0	+	0	+	+	+	+	'	+/-
9. technische hulpmiddelen		=	=	=	=	=	+	0	00	+	+	+	+	+	+	0	+/-
8. hartfrequentiemeting		'	0	'	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
7. werk-rustmodel		'	0	'	0	+	0	0	0	+	+	0	+	+	+	0	0
6. tijdstudie		'	+	'	'	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	'	+/-
5. OWAS methode		'	+	'	+	+	+	0	'	'	+	0	0	0	+	0	+
4. NIOSH methode		0	+	0	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+	0	0	+
3. biomechanische analyse		'	+	'	0	0	+	0	+	+	0	'	+	+	0	'	+
2. (fysiek-)ergonomische		+	0	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+	+	+	0	+
	richtlijnen																
1. de deskundigen-visie		+	0	+	+	'	0	'	'	+	+	0	+	+	+	+	+

Tabel: relatie instrumenten met voor praktische toe-
passing relevante criteria

- ++ = zeer gunstig
 + = gunstig
 0 = redelijk
 - = laat te wensen over
 -- = laat veel te wensen over
 n = niet van toepassing
 / = afhankelijk van de wijze van toepassen
 Criteria
- A. interpretatie naar praktisch handelen
 B. duidelijkheid van geldende risicofactoren
 C. veelzijdigheid/aantal van risicofactoren
 D. aanwezigheid en duidelijkheid van normering
 E. zeggingskracht/belang van normering
 F. betrouwbaarheid/standaardisatie
 G. moeite (en kosten) leren
 H. bewerkelijkheid/kosten toepassen
 I. toepasbaarheid bij statisch/eenzijdig werk
 J. toepasbaarheid bij dynamisch/veelzijdig werk
 K. toepasbaarheid bij repeterend werk
 L. toepasbaarheid bij tilwerkzaamheden
 M. toepasbaarheid bij trek- en duw-werkzaamheden
 N. toepasbaarheid bij energetisch zwaar werk
 O. aanwezigheid relatie belasting-belastbaarheid
 P. ongemoeid laten van arbeid van werknemers

- Bieleman, H.J.**
1990 "Werk-rust model voor statische houdingen NIPG/TNO" Notitie TAB 2duizend, Enschede
- Burandt, U.**
1978 Ergonomie für Design und Entwicklung Verlag dr. Otto Schmidt KG, Köln
- Douwes, M. en Dul, J.**
1990 Preventie beroepsgebonden problematiek van het bewegingsapparaat. Inventarisatie en beoordeling van in het veld bruikbare methoden voor het registreren van houdingen en bewegingen
- Dul, J., Douwes, M. en Smitt, P.**
1990 Handleiding Werk-Rust model 1. Beschrijving en toepassing van het WR-programma. 2. Achtergronden van het model. Tussenrapport NIPG-TNO Leiden
- Ergocare**
1996 Vrije Universiteit Amsterdam
- Gezondheidsraadcommissie Risicobeoordeling handmatig tillen**
1995 Risicobeoordeling van handmatig tillen. Den Haag: Gezondheidsraad publ.nr. 1995/02
- Grinten, M.P. van der**
1990 Lokaal Ervaren Ongemak. In: Preventie beroepsgebonden problematiek van het bewegingsapparaat S91-1 Arbeidsinspectie
- Louhevaara, V. en Suurnäkki, T.**
1992 OWAS, a method for the evaluation of postural load during work. Institute of Occupational Health, Helsinki
- Meulenbeld, C. en Lingen, P. van**
1993 Instrumenten op het terrein van Arbeid en Gezondheid een eerste inventarisatie. NIA en NIPG-TNO, april
- Miedema, M.C., Douwes, M. en Dul, J.**
1993 Ergonomische aanbevelingen voor de volhoudtijd van statische staande houdingen. Tijdschrift voor Ergonomie april
- Mital, A., Nicholson A.S. en Ayoub, M.M.**
1993 A guide to manual materials handling. Taylor & Francis
- Normcommissie 302 002 "Fysieke belasting"**
1995 Menselijke fysieke belasting. Kenmerken en meetmethoden Praktijkrichtlijn NPR 2739. Nederlands Normalisatie-instituut, maart
- Snijders, C.J., Nordin, M. en Frankel, V.H.**
1995 Biomechanica van het spier-skeletstelsel. Lemma
- Stelt, L.E.R. van der**
1996 Onderzoeksinstrumenten fysieke belasting voor de specifieke onderzoeks fase. Module 11 Tweede-fase opleiding Bedrijfsfysiotherapie Hogeschool Enschede 4e druk
- Tab2duizend**
1990 Onderzoek naar de fysieke belasting in het girokantoor Amsterdam en het codeercentrum Nijmegen. Supplement fase 3 - intern rapport
- Veldboer, E.J.B., Oostendorp, R.A.B., Spenkelink, G.P.J. en Stelt, L.E.R. van der**
1990 Inventarisatie en beoordeling van methoden ter bepaling van de fysieke belasting. In: Tijdschrift voor Fysiotherapie mei 1990 pag 142-150
- Veldhorst, D.W.F.**
1994 Schouderbelasting en werkpositionering. TvE, februari
- Vink, P., Berg, R. v.d. en Dul, J.**
1992 Het beoordelen van tillen met de nieuwe NIOSH-methode. Tijdschrift voor Ergonomie, oktober
- Vink, P. en Berg, R. van den**
1993 De nieuwe NIOSH-methode deel 2. Tijdschrift voor Ergonomie, augustus
- Voskamp, P.**
1994 Jaarboek Ergonomie 1994. Samsom BedrijfsInformatie
- Wangenheim, M., Samuelson, B. en Wos, H.**
1986 ARBAN-A Force Ergonomic Analysis Method. The Ergonomics of Working Postures Ch. 21 by N. Corlett, J. Wilson en I. Manenica. Taylor & Francis.

ERGONOMISCHE BENADERING VAN ARBEIDSONGESCHIKTHEID

Probleemstelling

H. Desiron

Een medewerker die door ziekte, ongeval, ouderdom, enz., niet meer in staat is om in het bedrijf te functioneren zoals men van hem verwacht en gewend is, stelt de bedrijfsleiding voor specifieke problemen. In de productie zal men moeten zorgen voor een opvang van de verminderde of weggevallen arbeidsprestaties, personeelsbeleid zal moeten instaan voor een adequate en menselijke opvang, de dienst veiligheid zal de 'invaller' moeten instrueren, een inwerkperiode van de nieuweling moet voorzien worden,

Het belangrijkste probleem dat daarbij ontstaat is het feit dat het bedrijf met het onverwachte wegvallen van een medewerker ook het risico loopt om een groot deel deskundigheid, contacten en ervaring te verliezen op momenten dat dit niet in de planning van het bedrijf voorzien is en dus zeer sterk in de bedrijfsvoering kan hinderen.

Het is dan ook van belang dat op dergelijke momenten in het bedrijf nagegaan wordt wat kan gedaan worden om deze 'headhunting by faith' op te vangen en er adequate oplossingen tegenover te stellen.

Bij het oplossen van dergelijke problemen rond het beheren van de menselijke factor in een bedrijf op een menselijke wijze kan men vertrekken vanuit de visie dat een mens moet kunnen functioneren in een bepaalde context met een bepaalde opdracht en bepaalde hulpmiddelen daarvoor ter beschikking heeft. Deze ergonomische benadering zal de bedrijfsleiding de meeste kansen op succes bieden, omdat op deze wijze inderdaad met alle aspecten rekening gehouden zal worden en men met alle partners in het probleem samen tot voorstellen en realisaties kan komen.

Elke persoon, met of zonder handicap, is in staat om volgens zijn eigen mogelijkheden te presteren. Inschakelen van deze mens in een bedrijf zal (zoals dit ook in het ergonomisch concept aangegeven wordt) moeten uitgaan van de mogelijkheden en beperkingen van de mens, om van daaruit een concept op te bouwen waarin de betrokken persoon volwaardig kan functioneren.

Bij problemen rond reïntegratie kan men een dergelijke benadering voor individuen aanwenden, of (via systematische aanpak) voor het ganse bedrijf een procedure opzetten waarbij werknemers van af hun intrede in het bedrijf weten dat voor specifieke problemen ook in specifieke opvang (en dus werkzekerheid in moeilijke momenten) voorzien is. Systemen met 'geschikt werk' 'aangepast werk' en 'vervangarbeid' doen meer en meer hun intrede in bedrijven omdat via deze aanpak bedrijven inderdaad zorg kunnen dragen voor het inschakelen van hun bekwame krachten op die plaatsen waar ze voor het bedrijf nog waardevol ingezet kunnen worden.

Reïntegratie van medewerkers: individuele benadering

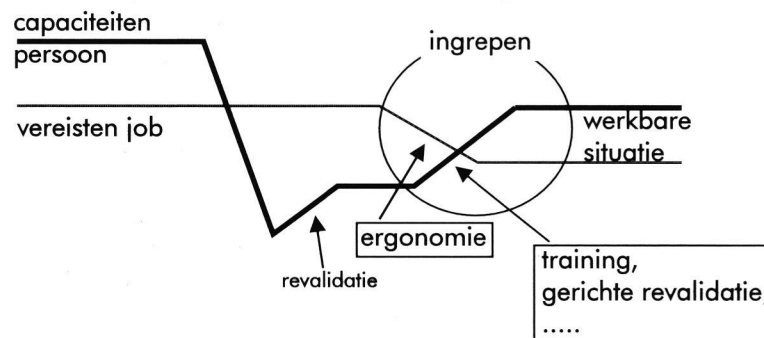
In een goed functionerende organisatie voldoet de medewerker, met andere woorden zijn capaciteiten liggen hoger dan de vereisten van de job. Door ziekte of ongeval vallen, op een of ander vlak, de capaciteiten beneden de vereisten (anders was er geen probleem).

In praktijk begint een reïntegratieactie dus vanuit een analyse van de concrete capaciteiten die de werknemer zonder risico voor zijn gezondheid en veiligheid en met een aanvaardbaar rendement kan inzetten. Hierbij zijn zowel de fysieke elementen als de mentale belastbaarheid en de psychosociale factoren van belang, zonder de emotionele kanten van dergelijk probleem over het hoofd te zien. Deze analyse mondt uit in een positieve formulering van de (rest)capaciteiten. Voorbeelden hiervan zijn: er wordt gezocht naar éénhandig werk, eerder dan naar werk voor iemand, die een hand mist, of naar eenvoudig repetitief werk, eerder dan werk voor iemand die niet meer over al zijn verstandelijke vermogens beschikt. Dit zal het instrument zijn om een geschikte functie op te sporen, indien her tewerkstelling in de oude niet meer haalbaar blijkt.

Volgende vraag is wat is de inhoud van de functie, de taken die de betrokken persoon diende uit te voeren voor het probleem opdook? Voldoet hij nog aan de eisen die zijn oorspronkelijke taak aan hem stelde? Waar zijn er in het bedrijf personen tewerkgesteld met een capaciteitenprofiel dat aansluit bij het huidige profiel van de werknemer? Is een hervatting van het werk in een andere taak verdedigbaar op het vlak van rendement, veiligheid en acceptatie door de andere werknemers.

Ten derde wordt nagegaan in welke omgeving de persoon functioneerde voor het moment dat de probleemstelling aan de orde kwam. In welke mate is deze functioneringsomgeving congruent aan de momenteel bestaande capaciteiten? Welke adaptaties zijn nodig om een congruentie tussen de persoon en de omgeving tot stand te brengen? Zijn deze realiseerbaar?

In een tweede fase zal gestreefd worden naar een werkbare situatie. Dit proces wordt geïllustreerd aan de hand van Figuur 1.



Figuur 1

Het reïntegratieproces

Een werkbare situatie kan weer worden gecreëerd, indien men erin slaagt capaciteiten en vereisten weer in evenwicht te krijgen, hetzij door de vereisten van de job tegemoet te laten komen aan de capaciteiten van de persoon (ergonomische ingrepen), hetzij door de capaciteiten van de persoon te verbeteren (gerichte revalidatie, trainen van specifieke handelingen, e.d.).

Ergonomische ingrepen kunnen zo divers zijn als het aanleveren van een staseun, het verbreden van doorgangen, het verwisselen van handgrepen, of het verplaatsen van de werkpost. Het bijsturen van revalidatie in functie van de handelingen, die de persoon dient uit te voeren richt zich bv. op coördinatie-training, uithouding, statische belasting enz.

Uiteraard is het niet steeds mogelijk de betrokkene te reïntegreren in zijn oude functie. Er kan dan overwogen worden, hetzij het werk te herorganiseren, hetzij met behulp van hoger vermelde positieve formulering van de capaciteiten, een andere, meer geschikte werkpost op te sporen.

Systemen geschikt werk: collectieve benadering

In een aantal bedrijven wordt ook gewerkt aan systematische reïntegratie-procedures, die aan de orde komen zowel om medewerkers na ziekte of ongeval de kans te geven versneld terug in te stappen, hetzij als de medewerker een blijvende graad van ongeschiktheid zal overhouden.

Bedrijfseconomische motieven hiervoor zijn:

- stimulering gezonde mentaliteit
- actieve preventie
- vermindering premies

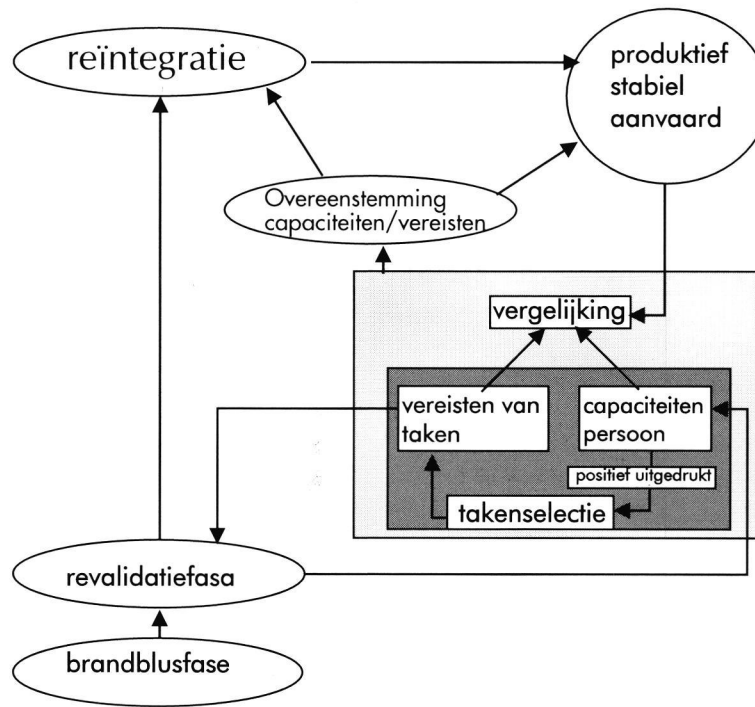
Naast bedrijfseconomische voordelen zijn er ook voordelen voor het betrokken individu :

- behoud van werkgelegenheid voor personen met een functioneringsbeperking zonder dat dit voor het bedrijf rendementsproblemen met zich meebrengt
- behoud van kennis en ervaring in het bedrijf
- vermindering van dagen werkverlet door ziekte of ongeval
- beperking van verlies van inkomsten door ziekte of ongeval voor de persoon zelf
- opvang van de werknemer in moeilijke periodes

Een collectieve benadering, t.t.z. een systeem geschikt werk, waardoor een medewerker versneld herinstapt na ziekte of ongeval, vertrekt vanuit een analoge filosofie als de reïntegratie van individuen. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van Figuur 2.

Na een ongeval is er uiteraard een brandblusfase: men tracht de gevolgen door eerste ingrepen te minimaliseren. Daarna volgt een 'revalidatiefase', waar men tracht de capaciteiten van de persoon zo goed mogelijk te herstellen. Deze twee stappen zijn standaard, dus onafhankelijk of er een systeem geschikt werk in het bedrijf is of niet.

In een systeem geschikt werk, zal nagegaan worden welke de discrepantie tussen capaciteiten van de persoon (positief uitgedrukt) en vereisten van de taak is. Eventueel wordt gebruik gemaakt van een database van beschikbare taken, waarvan vereistenprofielen zijn opgemaakt om een geschikte taak te identificeren. Belangrijk hierbij is oog te hebben voor productiviteit: het gaat niet op om een gratuite bezigheid te vinden, maar een taak die sowieso dient uitgevoerd, met andere woorden een productieve taak. Dit leidt immers tot een stabiele, en door ieder aanvaarde situatie.



Figuur 2

Systemen geschikt werk

Besluit

Aangezien ook mensen zonder functioneringsproblemen hun beperkingen hebben, (reikbereik, vermoeibaarheid, fysiek en mentale belastbaarheid, e.d.) is de stap naar het opnemen van bijkomende beperkingen bij de mens en het inschakelen van deze beperkingen in een bestaande context niet zo moeilijk om te zetten, als men zich de openheid van geest kan toestaan om ook naar de omgeving en de middelen te kijken met de visie van een beginner omdat men op deze wijze niet naar evidenties maar naar opportuniteiten kan kijken en van daaruit naar werkbare oplossingen kan komen.

Het oplossen van de problemen die rijzen bij arbeidsongeschiktheid kan

enkel gebeuren als men het ganse systeem, waarin het probleem ontstaat, in zijn geheel onder de loupe kan nemen.

De systeemvisie die binnen de ergonomie gebruikt wordt en de daarbij geëigende methodische aanpak geven de grootste garantie op het formuleren van een oplossing die voor alle partners in het probleem (werkgever, werknemer, personeelsdienst, arbeidsgeneeskundige dienst, veiligheidsdienst, sociale partners, verzekeraar enz.) aanvaardbaar kan zijn.

H. Desiron, ergonomo-adviseur ACT Desiron bvba,
Vredestraat 51
B 3500 Hasselt, België

