

prof.dr. M.P. de Looze

Just in Time

*De invloed van de tijdsaspecten
van het werk op prestatie en gezondheid*

*Rede uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van
bijzonder hoogleraar Ergonomie van productie en
productiemiddelen vanwege de Stichting Het Vrije Universiteitsfonds
bij de faculteit der Bewegingswetenschappen van
de Vrije Universiteit Amsterdam op 13 oktober 2005.
De leerstoel is tot stand gekomen op initiatief en met steun van de
Stichting Lorentz - van Iterson Fonds TNO.*



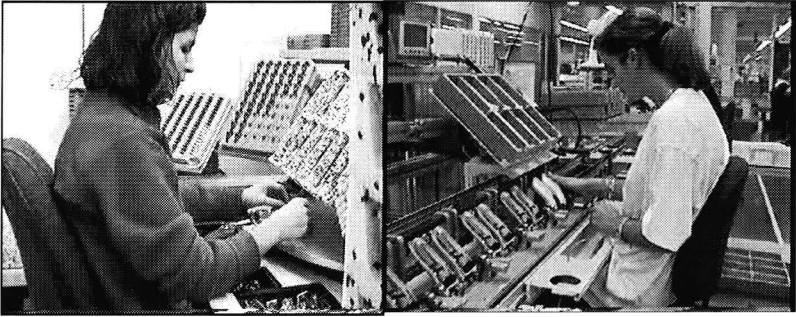
Mijnheer de rector, dames en heren,

Just-in-Time staat voor een wijze van produceren, waarbij producten precies op tijd voor aflevering bij de klant vervaardigd worden. Dus niet te laat, maar ook niet te vroeg. Verschillende stappen in het productieproces zijn daarvoor nauwkeurig in de tijd op elkaar afgestemd. Hierdoor kunnen kosten worden bespaard die verband houden met het aanhouden van voorraden en met leegloop, die ontstaat als werknemers of machines op elkaar moeten wachten. Een mogelijk nadeel van Just-in-Time productie is dat kleine verstoringen gemakkelijk tot stagnaties leiden. Het begrip Just-in-Time wordt voor het eerst genoemd in de 50-er jaren van de vorige eeuw. Eerste toepassing vond plaats in de Toyota-fabrieken in Japan (zie Cheng en Podolsky 1993).

Echter, over dit productiemodel wil ik het niet zozeer hebben. Wel over de factor 'tijd' of beter gezegd: de tijdsaspecten van het werk en de invloed daarvan op prestatie en gezondheid. Daarbij zal ik voorbeelden aanhalen uit de productie-industrie.

Laag-intensieve arbeid

Figuur 1 toont enige voorbeelden. De links afgebeelde vrouw werkt bij Philips DAP, de vestiging in Drachten waar men scheerapparaten maakt. Haar werk is het monteren van zogenaamde trimmers. Eerst legt ze hiervoor de onderdelen voor zes trimmers in een mal. Dan, door het indrukken van een pedaal, verdwijnt deze mal in een machine waar de trimmermontage plaatsvindt. Tegelijkertijd verschijnt een andere mal met zes trimmers, die het montageproces net hebben ondergaan. Deze trimmers plaatst ze op kappen, die vervolgens op een 'bret' worden gelegd. Ze doet dit de gehele dag. Het werk wordt slechts onderbroken door pauzes: halverwege de dag een pauze van een half uur en 's ochtends en 's middags twee kortere pauzes. Elke dag krijgt ze targets mee, uitgedrukt in het aantal producten dat gemaakt moet worden. Over de dagen heen rouleert ze met collega's. Dit betekent dat ze de ene dag op de ene werkplek zit en de volgende dag op een andere. Op de verschillende werkplekken worden verschillende taken uitgevoerd. Kijken we naar lichaams-houding, beweging en belasting van nek, rug en schouders, dan komen de verschillende werkplekken wel sterk met elkaar overeen.



Figuur 1 Laag-intensieve arbeid in de productie van scheerapparaten op een 'stand-alone' werkplek (a) en in een productielijn (b).

Wat kunnen we zeggen over die houding, beweging en belasting? Allereerst, dat de globale lichaamshouding erg statisch is: de vrouw zit immers de hele dag. Wat betreft standen van lichaamssegmenten: extreme standen komen niet voor. We zien geen sterk gedraaide of gebogen romp. We zien geen overmatig gestrekte polsen. De armen worden niet extreem hoog geheven (hoewel daar nog wel wat te verbeteren valt) en ook de buiging van de nek is niet extreem. We kunnen stellen dat Philips de werkplek goed ontworpen heeft. Dan, wat de bewegingen betreft, deze worden vooral gemaakt door de armen en handen. Opvallend daarbij is dat met de linker- en rechterhand gelijktijdig hetzelfde werk wordt gedaan. (U begrijpt de productiviteitsgedachte hierachter: twee kunnen meer dan een!) De bewegingen volgen steeds hetzelfde patroon, waarbij de frequentie van bewegingen redelijk hoog is. Wat de fysieke belasting betreft: de hoeveelheid kracht die moet worden uitgeoefend is laag. De te tillen onderdelen zijn niet zwaar en er is geen sprake van het leveren van veel kracht zoals bij duwen of trekken. Omdat de vrouw nauwelijks kracht levert en geen lastige houding aanneemt, zijn de reactiekrachten die op haar lichaam inwerken ook laag.

De besproken medewerkster werkt op een 'stand-alone werkplek'. Rechts in figuur 1 ziet u een medewerkster in een lijn, waar meer mensen aan hetzelfde scheerapparaat werken. Deze medewerkster ontvangt van haar voorganger een drager met vier producten. Vervolgens soldeert ze de voeding en plaatst ze het huis van het scheerapparaat. Daarna gaat het product verder over de lijn. Let op het houdings-, bewegings- en belastingspatroon. Weer zien we een hoge frequentie van herhaalde bewegingen met lage kracht.

Dit is het type werk, waar ik in deze rede over wil spreken: laag-intensieve arbeid. Hieronder versta ik arbeid, waarbij

- de uitgeoefende krachten laag zijn (vandaar ‘laag-intensief’);
 - een statische houding wordt ingenomen (zittend of staand);
 - extreme standen van lichaamsdelen niet optreden en
 - de frequentie van herhaalde arm- en handbewegingen hoog is.
- Bovendien kenmerkt laag-intensieve arbeid zich vaak door een lange duur zonder onderbrekingen. Die duur kan ook lang zijn. Men wordt immers niet snel moe, omdat er nauwelijks kracht vereist is.

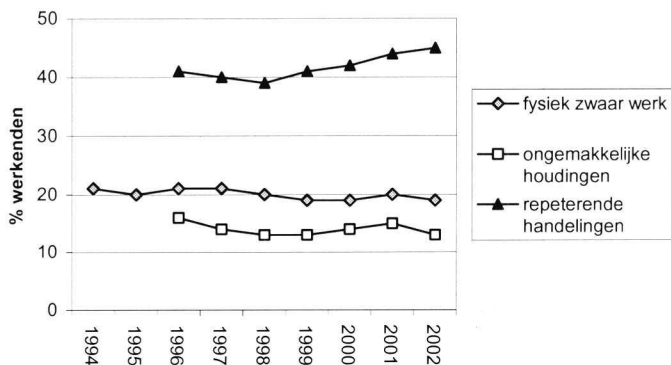
Laag-intensieve arbeid beperkt zich niet tot de assemblage. We zien het ook in andere sectoren, bijvoorbeeld bij kantoorwerk, bij verpakkingswerk en bij de huisvuilbelader die vanuit zijn cabine minicontainers oppakt, leegt en terugzet (figuur 2).



Figuur 2 Een ander voorbeeld van laag-intensieve arbeid: het beladen van minicontainers met behulp van joystick

Is er sprake van een trend: steeds meer laag-intensieve, repeterende arbeid die het fysiek zware werk doet verdwijnen? Of heb ik gewoon wat handige voorbeelden op een rijtje gezet om te kunnen vertellen wat ik wil vertellen? Dat laatste: sowieso! En wat die trend betreft, in figuur 3 staan de cijfers. U ziet daar dat fysiek zwaar werk in Nederland zeker niet verdwenen is. Ongeveer 20% van de werkende bevolking verricht regelmatig zwaar werk en dat percentage is in de periode van 1996 tot 2002 redelijk constant geweest. Van alle werkenden werkt ook nog zo'n 14 tot 15% regelmatig in ongunstige houdingen. Het percentage werkenden dat regelmatig werkt met repeterende handelingen is hoger. Dat steeg de afgelopen jaren van 40 naar 45% (Andries e.a. 2004). Hoewel dit repeterende werk met

enige krachtoefening gepaard kan gaan (bijvoorbeeld in slachterijen), zal het meestal toch om laag-intensieve arbeid gaan (denk alleen al aan het kantoorwerk in Nederland).



Figuur 3 De ontwikkeling van het percentage bevestigende antwoorden (ja, regelmatig) van werkende personen (18 tot 65 jaar) op vragen over zwaar werk, ongunstige houdingen en repeterende handelingen (Andries e.a. 2004)

Laag-intensieve arbeid en gezondheid

Hoewel de gepresenteerde situaties van laag-intensieve arbeid in verschillende opzichten geoptimaliseerd lijken, is laag-intensieve arbeid niet zonder gezondheidsrisico. Wat dat aangaat, kan de term 'laag-intensief' verkeerde gedachten oproepen. In tabel 1 ziet u de meest beruchte beroepen voor wat betreft het optreden van klachten aan nek, schouders, armen en handen (ofwel RSI). U ziet dat RSI niet alleen voorkomt in beroepsgroepen, waar veel spierkracht wordt uitgeoefend, zoals bijvoorbeeld bij laders en lossers en metselaars. Ook beroepsgroepen als secretaresses, systeem-analysten en treinbestuurders, waarbij de krachtleverantie niet hoog is, zijn in de lijst vertegenwoordigd.

Tabel 1 Beroepen met de hoogste RSI-prevalenties (gedefinieerd als 'regelmatig of langdurig een of meer werkgerelateerde klachten aan nek, schouder, arm/elleboog en/of pols/hand in afgelopen 12 mnd.'). Bron: TNO Arbeidssituatie Survey; resultaten van steekproeven in 2000, 2002 en 2004 zijn opgeteld (zie Smulders e.a. 2001; Heinrich en Blatter 2005)

Beroep/functie	%RSI	N
loodgieters, fitters, lassers, plaat- en constructiewerkers,	38	215
laders, lossers, inpakkers, grondwerk- en kraanmachinist.	36	149
adm. beroepen, namelijk: secretaresses, typisten,	36	380
metselaars, timmerlieden, en andere bouwvakkers	34	440
statistici, wiskundigen, systeem-analysten, ICT-functies	33	258
transportberoepen: buschauffeurs, treinbestuurders	33	86
overige ambachtelijke en industriële beroepen	32	591
boekhouders, kassiers, e.d.	32	329
overige commerciële beroepen	31	388
ambachtelijke en industriële beroepen	31	99
kleermakers, kostuumnaaisters, stoffeerdere, confectiem.	31	58
huisbewaarders, schoonmaakpersoneel	31	216
drukkers en verwante functies	31	120

Zijn er ook factoren in het werk, waarvan vaststaat dat ze de kans op het ontstaan van klachten in de verschillende beroepen doen stijgen? Jazeker. In een systematische review van epidemiologisch studies, kwam men tot de conclusie dat het voorkomen in het werk van zowel repeterende bewegingen als krachtoefening een toename van het risico op RSI-klachten tot gevolg heeft (NRC/Institute of Medicine 2001). Wanneer repeterend bewegen in combinatie met hoge kracht voorkomt op het werk dan is dat extra risico het hoogst (tabel 2). Maar let op: ook door repeterende bewegingen in het werk zonder oefening van kracht neemt het risico toe en wel met een factor 2,3 tot 8,8 (schattingen van de verschillende studies lopen uiteen). Op zijn minst dus een verdubbeling van het risico op het ontstaan van RSI bij laag-intensieve arbeid!

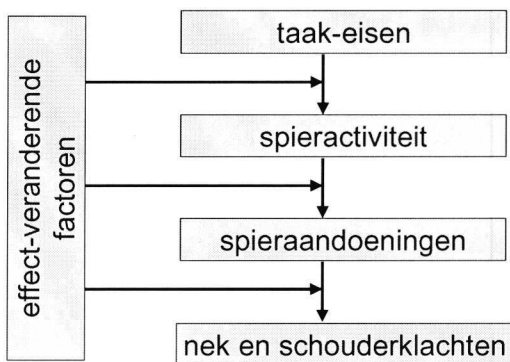
Wat verder uit dit en ander onderzoek naar voren komt, is dat psychologische stress niet de primaire oorzaak lijkt, maar wel bijdraagt aan een verdere verhoging van het risico op RSI, zo werd twee jaar geleden op deze zelfde plek geconcludeerd door Paulien Bongers (Bongers 2003).

Tabel 2 Extra risico op RSI door krachtuitoefening en repeterende bewegingen. N is aantal studies dat de relatie heeft onderzocht. (Bongers 2005; bron: National Research Council and Institute of Medicine 2001)

	N	Extra risico (range)
repeterende bewegingen (hoog vs. laag)	8	2,3-8,8
krachtuitoefening (hoog vs. laag/geen)	3	1,8-9,0
repeterende bewegingen en krachtuitoef.	2	15,5-29,1

Laten we ons verder focussen op nek- en schouderklachten. Deze komen veel voor bij laag-intensieve arbeid (Walker-Bone 2003) en het zijn vooral spieraandoeningen die eraan ten grondslag liggen (Kuorinka en Forcier 1995).

Een voor de hand liggende vraag is: hoe kunnen spieren die nauwelijks kracht leveren, aangedaan raken? In de literatuur wordt een aantal hypothesen opgeworpen. Bart Visser (2004) geeft in zijn proefschrift een overzicht van die hypothesen. Hij gaat daarbij uit van een eenvoudig en daarom handig denkmodel (figuur 4). Dit model spreekt over taakeisen die spieractiviteit behoeven. Die spieractiviteit zou op termijn tot spieraandoeningen leiden, uiteindelijk resulterend in pijn. De vraag is hoe?



Figuur 4. Denkmodel: het ontstaan van nek en schouderklachten ten gevolge van laag-intensieve arbeid (naar Visser 2004)

Een van de hypotheses gaat over de opeenhoping van Ca^{2+} -ionen in spiervezels, die optreedt bij langdurig voortdurende belasting en die schadelijk is voor de eiwitten waaruit de spier is opgebouwd (Gissel 2000).

Andere auteurs wijzen op beperkingen in de doorbloeding door intra-musculaire druk tijdens spieractiviteit (Carayon e.a. 1999). Jarenlang nam men aan dat laag-intensieve arbeid niet tot obstructie van de bloedvoorziening zou leiden omdat de intra-musculaire druk laag, d.w.z. onder de bloeddruk blijft. Later onderzoek toont aan dat bij lage spieractiviteit toch obstructie optreedt, lokaal in de spier, daar waar een beperkt aantal spiervezels actief is (Jensen e.a. 1995).

Een derde hypothese wijst op mogelijke spierbeschadigingen ten gevolge van afschuifkrachten in de spier. Deze 'zijwaartse' krachten ontstaan tussen actieve delen van de spier en delen met spiervezels die niet geactiveerd hoeven te worden, zoals dat het geval is bij laag-intensieve arbeid (Maas e.a. 2004).

Andere, in de literatuur genoemde hypothesen laat ik nu voor wat ze zijn, maar de Assepoester-hypothese (Hägg 1991) wil ik er nog wel uitlichten (omdat die zo'n mooie naam heeft natuurlijk!). De kern van de Assepoester-hypothese betreft een fysiologisch principe omtrent de volgorde waarin spiervezels geactiveerd worden. Dit principe luidt dat, als er weinig spierkracht nodig is, het altijd de zogenaamde type I spiervezels zijn, behorend tot kleine motorische eenheden, die als eerste geactiveerd worden. Andere spiervezels worden daarbovenop pas geactiveerd als er een hoger krachtniveau gevraagd wordt, niet eerder. Voor laag-intensieve arbeid, waarbij de kracht nooit hoger wordt, betekent dit dat het altijd dezelfde kleine motorische eenheden zijn die, van 's ochtends vroeg tot 's avonds laat het werk moeten opknappen (net als Assepoester).

De verklaring voor het ontstaan van spieraandoeningen bij laag-intensieve arbeid zal hem niet in een van de hypothesen zitten maar eerder in een combinatie van de verschillende hypothesen aldus Visser en Van Dieën (in press). Dezelfde auteurs bespreken ook de hypothesen omtrent de laatste stap in de etiologie: het ontstaan van nek- en schouderpijn als gevolg van de spieraandoeningen. Ikzelf laat het nu even bij deze bespiegelingen. We hebben gezien en deels verklaard dat laag-intensieve arbeid tot gezondheidsklachten kan leiden.

Nu iets over de preventie: hoe voorkomen we nu dat bij laag-intensieve arbeid klachten ontstaan? Het antwoord op die vraag wordt in feite ingegeven door de etiologie. De kern:

Bij laag-intensieve arbeid ligt de preventieve aanpak van nek- en schouderklachten primair in het ingrijpen in het tijds patroon van belasting en niet primair in een verdere verlaging van de intensiteit van belasting.

Immers, de intensiteit van de belasting is al laag. Je kunt je daarom afvragen of het nog zin heeft om het activatieniveau van spieren nog verder te verlagen. Zeker met de Assepoesterhypothese voor ogen, die stelt, dat hoe laag die belasting ook wordt, er altijd een specifieke groep spiervezels is die overbelast kan raken.

Wat die vezels eerder kan helpen is het beperken van de duur van de activiteit of het aanbieden van meer herstelmogelijkheden. Dat laatste kunnen we doen door het aanbieden van extra pauzes. Ook kunnen we het werktempo iets verlagen, waardoor medewerkers de kans krijgen om zelf korte momenten van herstel in het werk in te bouwen.

Een andere optie is taakroulatie, waarmee we de monotone, eenzijdige belasting kunnen doorbreken en lichaamsstructuren kunnen laten herstellen. Voorwaarde hierbij is dat tijdens de verschillende taken waarover gerouleerd wordt verschillende spieren worden belast en niet steeds dezelfde. Dit kan nog wel eens een probleem vormen in bedrijven waar al het werk qua belasting toch sterk op elkaar lijkt. Positieve effecten worden in Zweeds onderzoek gemeld van taakroulatie, waarbij assemblagewerk wordt afgewisseld met het tillen van zware dozen. Fysiek zwaar werk dus als middel om het ontstaan van ongemak in de nek en schouders tegen te gaan (Matthiassen e.a. 1998)

Met het noemen van tempo, duur, pauze en taakvariatie ben ik beland bij de tijdsaspecten van het werk. Tijdsaspecten, die vanuit gezondheidsperspectief geredeneerd relevant zijn, maar die ook raken aan de arbeidsprestatie die geleverd moet worden. Over beide zaken zal ik achtereenvolgens nog wat zeggen.

Tijdsaspecten en gezondheid

Eerst nog wat meer over gezondheid. Welke resultaten van wetenschappelijk onderzoek onderstrepen het belang van deze tijdsaspecten en geven aan dat ingrijpen in tijdsaspecten zin heeft? Laten we die resultaten eens op een rijtje zetten voor een van de aspecten van tijd, namelijk werk-rustverdeling of pauzeschema's.

Ten eerste, bestudeerden Bergqvist e.a. (1995) bij 350 computergebruikers het optreden van nek- en schouderklachten en daarbij een groot aantal organisatorische en ergonomische factoren op het werk. Het bleek dat computergebruikers die op de een of andere wijze beperkt waren in het nemen van regelmatige pauzes, 2 tot 3 keer meer last hadden van nek- en schouderklachten in vergelijking tot computergebruikers die daarin niet beperkt werden.

Daarbij is er een groeiend aantal studies dat aangeeft dat het discomfort of het lokaal ervaren ongemak in de nek en schouders (dat zich normaliter ontwikkelt over de werkdag) beperkt blijft, als er vaker gepauzeerd wordt dan gebruikelijk (Henning e.a. 1997, Thé e.a. 1999, Galinsky e.a. 2000, Dababneh e.a. 2001, Looze e.a. 2004). In deze studies gaat het om enkele extra pauzes in de orde van 5 tot 15 minuten. Opvallend is dat ook micropauzes (in de orde van 30 seconden om de 20 minuten) kunnen leiden tot minder lokaal ervaren ongemak (McLean e.a. 2001).

Een waarschuwing gaat nog uit van een opvallende prospectieve studie, waarbij inpaksters een jaar lang gevolgd werden (Veiersted 1993). In deze studie werd het activatieniveau van schouderpijnen gemeten, tijdens het inpakwerk en ook tijdens opgelegde pauzes. Binnen een jaar tijd ontwikkelde zich bij 13 van de 21 inpaksters nek- en schouderklachten. Het verschil tussen de vrouwen die wel of geen klachten kregen, zat hem niet in de spieractivatie tijdens het werk, maar wel in de spieractivatie tijdens de pauze. De nek- en schouderklachten ontstonden met name bij de vrouwen met de hogere spieractiviteit in de pauzes. Het is dus van belang dat spieren in de pauze goed tot rust komen. Dat dit ook gebeurt met het opleggen van pauzes is echter geen wet van Meden en Perzen.

Als tijdig en frequent pauzeren zinnig is, dan is de volgende vraag: hoe lang en hoe vaak? Hier is het erg lastig om op grond van de literatuur tot een richtlijn te komen. Terwijl Balci en Aghazadeh (2003) aangeven dat meer frequente pauzes van 5 minuten te

prefereren zijn boven minder frequente pauzes van 10 minuten, geven Thé e.a. (1999) juist aan dat pauzes langer moeten duren dan 5 minuten. Een derde studie concludeert dat pauzes in de middag langer moeten zijn dan in de ochtend (Boucsein en Thum 1997). Deze studies betreffen diverse soorten arbeid, wat van invloed kan zijn op de bevindingen.

Algemeen kunnen we stellen dat wat voor pauzes geldt, ook geldt voor andere tijdaspecten van laag-intensieve arbeid, namelijk:

Tijdsaspecten doen er toe!

Zo staat vast dat een hoge mate van monotonie van handelingen, een hoog werktempo en een gebrek aan pauzemogelijkheden tot meer lichamelijke ongemakken, vermoeidheid en klachten leiden.

Dit blijkt uit epidemiologisch en experimenteel onderzoek (o.a. Johansson en Nonås 1994, Mathiassen en Winkel 1996, Ohlsson e.a. 1989, Bergqvist e.a. 1995). En daarbij:

Er is onvoldoende zicht op de kwantitatieve relaties tussen tijdsaspecten van het werk enerzijds en anderzijds lokale ongemakken vermoeidheid en pijnklachten. Richtlijnen ontbreken.

Tijdsaspecten en prestatie

Tijdsaspecten raken zoals gezegd ook aan de prestatie. Hierbij kunt u naast kwaliteit denken aan productiviteit.

Voor een aspect als werktempo is dat duidelijk. Het is niet meer dan logisch, dat met het stijgen van het tempo de productieoutput zal toenemen, en tegelijkertijd dat dit bij handmatige arbeid begrensd is door het menselijk kunnen.

Voor een ander tijdsaspect, de werkduur, geldt hetzelfde: een langere duur betekent meer output, maar ook dat is begrensd.

Werkduur is overigens actueel geworden met het voornemen van het kabinet om de Arbeidstijdenwet te vereenvoudigen en regels ten aanzien van de lengte van werkdagen te versoepelen. Effecten van verlengde werkdagen bestudeerden we zelf bij Cordis in Roden, producent van onder andere katheters. Dit bedrijf wilde verlengde werkdagen toepassen als middel om tijdens piekperioden aan een verhoogde marktvaart te voldoen. Maar men besloot eerst een proef

te doen. Vier weken achtereen werkten 12 medewerkers op een afdeling 9,5 in plaats van 8 uur per dag. Het beoogde effect werd gevonden: een toename in netto werktijd (16,4%) ging gepaard met een evenredige toename van de gemiddelde output (15,7%). In de 4de week was er nog geen afname in output te zien. Keken we naar de lichamelijke en geestelijke vermoeidheid en het ervaren ongemak in nek en schouders, dan verschilde de eerste week met verlengde dagen niet ten opzichte van weken met normale werkdagen. Maar in de 4de week van verlengde dagen, waren scores op deze variabelen sterk toegenomen.

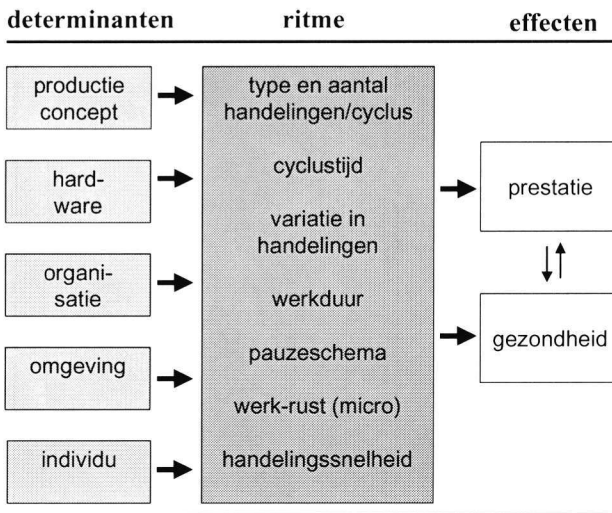
Conclusie: werkdagverlenging kan effectief zijn als maatregel om tijdelijk de output te verhogen en zo de volumeflexibiliteit te vergroten. De nadelige effecten op de medewerker dwingen tot terughoudendheid. Vooral ook, omdat er andere maatregelen zijn om de productievolumes tijdelijk te verhogen. Zo'n voorbeeld is het zogenaamd roulerend pauzeren, waarbij in koppels wordt gepauzeerd en niet meer met de gehele bemensing van de lijn tegelijkertijd. Doordat productielijnen tijdens de pauzes dan niet meer stil vallen, kan de extra output gerealiseerd worden zonder negatieve effecten op de medewerkers (als er maar voldoende gepauzeerd wordt), zo stelden we eerder vast bij Philips in Drachten (Looze e.a. 2004).

Over pauzes en prestatie gesproken. Het is de realiteit dat over meer pauzes door de productieleiding doorgaans niet gejuicht wordt. Dat is misschien jammer: in de meeste studies naar effecten van extra pauzes op de productiviteit, wordt geen enkel nadelig effect gevonden (ondanks de afgenomen werktijd) (o.a. Dababneh e.a. 2001). In enkele studies wordt zelfs een hogere output bij meer pauzetijd gevonden (Thompson 1990). Kennelijk is het zo dat extra pauzes ervoor kunnen zorgen, dat men langer fit blijft over de dag en dat men daardoor harder gaat werken in de tijd dat men werkt of dat men minder fouten maakt. Het verlies aan werkelijke werktijd wordt dan gecompenseerd (of zelfs meer dan dat).

Het optimale tijds patroon

Verschillende tijdsaspecten die met name in de productie-industrie relevant zijn, zijn weergegeven in figuur 5. Tezamen vormen zij het tijds patroon van het werk, in de productie ook wel 'ritme' genoemd.

Figuur 5 laat daarbij de besproken mogelijke effecten zien van het tijds patroon op prestatie en gezondheid. Daarnaast zijn de determinanten van het ritme in de productie-industrie getoond. Wat ik wil aangeven is dat het tijds patroon van het werk geen gegeven is, maar dat daar behoorlijk in te sturen valt. Zo bepalen targets die voorgeschreven worden voor een belangrijk deel het werktempo. Door de mate waarin de totale arbeidsinhoud van een product verdeeld wordt over verschillende mensen, bepaalt het bedrijf het aantal handelingen per cyclus en komt de cyclustijd vast te staan. De manier waarop de werkplek is ingericht is mede bepalend voor het type bewegingen en dat beïnvloedt weer de handelingssnelheid. Verder komt het ritme tot stand door de opgelegde pauzeschema's en eventuele schema's voor taakroulatie. De mate waarin de werknemer nog wat kan sturen in zijn 'ritme' is afhankelijk van het productie-concept dat gehanteerd wordt. Maar vaststaat dat het bedrijf een grote invloed heeft.



Figuur 5 Tijdsaspecten van het werk, determinanten en effecten in de productie-industrie

Gegeven de invloed van het bedrijf en de voorstelbare effecten op mens en prestatie is het niet verrassend dat engineers en productie-managers veel vragen hebben over de tijdsaspecten van het werk. Bijvoorbeeld: wat is een acceptabel werktempo, wat is een optimale cyclustijd vanuit het oogpunt van mens en productie, welk pauze-schema is optimaal vanuit het oogpunt van mens en productie, hoe moet taakroulatie in de tijd georganiseerd worden en wat zijn de effecten op mens en productie als ik de werkdag verleng? Het is een probleem om op al deze vragen onderbouwde antwoorden te geven of anders gezegd:

Het is de uitdaging om voor specifieke arbeidssituaties het optimale ritme of tijdspatroon te bepalen, optimaal vanuit het oogpunt van de gezondheid en de prestatie.

Een aantal opmerkingen hierbij.

Ten eerste, de besproken voorbeelden lieten zien dat prestatie en gezondheid samenhangen met tijdsaspecten van laag-intensieve arbeid. De aard van die samenhang is per tijdsaspect verschillend. Daardoor is het bij sommige tijdsaspecten, bijvoorbeeld bij tempo en duur vooral een zoeken naar het maximaal acceptabele; bij het opstellen van een pauzeschema meer een zoeken naar een optimum.

Ten tweede, wat het bij het optimaliseren van tempo, duur en pauzes, etcetera, lastig maakt is de onderlinge afhankelijkheid. Bijvoorbeeld: een hoger tempo is minder lang vol te houden; dus daar hoort een kortere werkduur bij of men zal frequenter moeten pauzeren dan bij een laag tempo. Het gaat dus niet om het achter-eenvolgens instellen van de afzonderlijke tijdsaspecten, maar veeleer om het 'ontwerpen' van het gehele tijdspatroon.

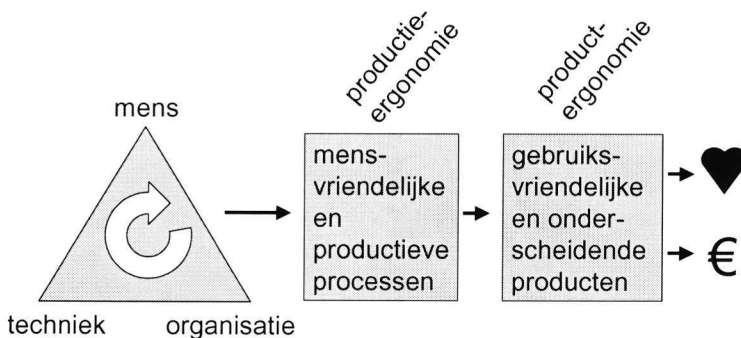
Ten derde gaat het in het geval van handmatige arbeid (waar we het hier over hebben) vooral om menselijke capaciteit. De capaciteit om prestatie te leveren en de capaciteit om de laag-intensieve repeterende belasting te kunnen weerstaan. Om een optimaal tijdspatroon te kunnen bepalen, is er behoefte aan kennis omtrent de beïnvloeding van de menselijke capaciteit door het tijdspatroon van belasting. Voor ik hier verder op door ga, wil ik eerst wat zeggen over mijn vakgebied: de ergonomie.

Productie-ergonomie

De vragen die ik wil beantwoorden zijn:

- wat is ergonomie?
- wat is de toegevoegde waarde voor de productie-industrie?
- wat zijn de gevaren van ergonomie?

Om met de eerste vraag te beginnen: ergonomie gaat over het afstemmen van het werk op de mens, waarbij gelet wordt op gezondheid, veiligheid en de prestatie die geleverd moet worden. Dul (2003) maakt de essentie goed duidelijk (figuur 6). Hij stelt dat in de ergonomie het optimaliseren van de relaties tussen mens, techniek en organisatie centraal staat. Primaire accenten moeten daarbij niet liggen bij de techniek, niet bij de organisatie en niet bij de mens, maar het moet gaan om een systeembenadering. De ergonomie streeft sociale en economische doelen na. Het vakgebied is op te delen in product- en productie-ergonomie. Het is duidelijk dat het hier over productie-ergonomie gaat met het doel mensvriendelijke en productieve processen te realiseren. Om het tot slot verwarrend te maken: ook het ontwerp van producten kan helpen dit doel te realiseren.



Figuur 6 Ergonomie is het optimaliseren van de relatie tussen mens, techniek en organisatie (naar Dul 2003)

Wat kunnen ergonomen in de productie betekenen? En wat komen ze er allemaal tegen? Niet alleen de problematiek van laag-

intensieve arbeid. Op veel plekken zien we ook nog steeds: het tillen van zware lasten, ongunstige houdingen, risicovol duwen en trekken en extreme polsstanden. De oorzaken van deze knelpunten liggen op verschillende niveaus: ongeschikt gereedschap, de aard van het product, het ontbreken van goede hulpmiddelen, of het zit hem in de aard van de verpakking van toegeleverde onderdelen.

Het komt ook voor dat het productieconcept een efficiënt en gezond proces in de weg staat. Voorbeelden van concepten zijn het parallel produceren, waarbij verschillende werknemers hun eigen producten maken, en (als tegenhanger) seriële productie, waarbij verschillende personen na elkaar verschillende bewerkingen aan hetzelfde product uitvoeren. Het shopmodel is een concept, waarbij een werknemer zich met zijn product verplaatst door een reeks werkstations. Ook andere concepten komen voor en ook allerlei combinaties. Aan elk concept kleven voor- en nadelen voor wat betreft de mens en zijn gezondheid en de efficiency van het proces. Wat het optimale concept is, hangt af van veel factoren zoals het producttype, de productmix, productieaantallen, de flexibiliteitbehoefte, beschikbare mensen en machines, etcetera.

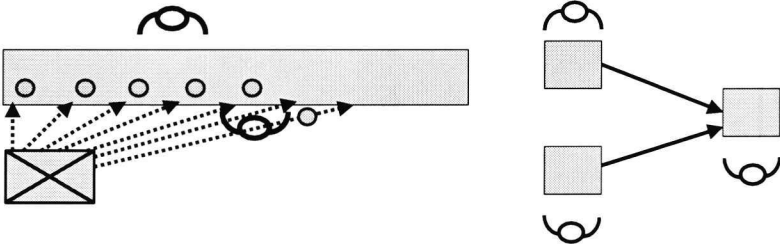
Wanneer knelpunten worden aangepakt is het raadzaam bij het productieconcept te beginnen (anders gaat de inspanning misschien zitten in verbetering van werkplekken die feitelijk overbodig zijn).

Een voorbeeld van zo'n aanpak is de integrale, participatieve aanpak, ontwikkeld door mijn TNO collega's Bert Tuinzaad en Gu van Rhijn (Tuinzaad e.a. 2000). De aanpak is participatief omdat nauw wordt samengewerkt met medewerkers van het bedrijf: werknemers, leidinggevenden, engineers van lijnen en werkplekken, productontwerpers, logistiek en werkvoorbereiding). Voordelen van participatieve ergonomie zijn uitvoerig beschreven (Vink e.a., 1995). De aanpak is integraal omdat het assemblageproces wordt bekeken vanuit verschillende disciplines, namelijk de ergonomie en de assemblage-engineering. Daarbij wordt ook het te maken product op zijn assemblagevriendelijkheid beoordeeld. Op diverse niveaus kan deze aanpak tot verbetering leiden: het concept, de lay-out van de lijn en de fabriek, de organisatie en taakverdeling, de werkplekken, de hulpmiddelen en het product (Tuinzaad e.a. 2000, Looze e.a. 2003).

Deze aanpak werd gevolgd bij Faber Electronics (Rhijn e.a. 2005). Dit bedrijf produceert noodverlichting en zag na de cafébrand in

Volendam de marktvaart fors stijgen. Hoe dit te realiseren? Wij keken onder andere naar het eindassemblageproces en dat verliep in de kern als volgt: eerst werd door twee man de behuizing uitgelegd op een lange tafel: 60 stuks in totaal. Vervolgens werd onderdeel A in een aantal van 60 uitgelegd. Vervolgens liepen dezelfde twee langs de tafel om de onderdelen A op de behuizing te monteren. Na onderdeel A volgde onderdeel B, enzovoort tot en met het laatste onderdeel (figuur 7).

Dit 'batchgewijs produceren' komt in veel bedrijven voor en kan goed werken als het gaat om orders met een beperkte omvang. Gaat de ordergrootte omhoog dan is het tijd het concept te heroverwegen. Want wat we dan zien is: veel lopen, veel zoeken naar onderdelen en meer 'handling' zonder toevoegende waarde.



Figuur 7 Het 'oude' batchgewijs produceren (links) en de nieuwe flow-productie (rechts) in de eindassemblage van noodverlichting

Om die reden werd ook bij Faber een nieuw concept met nieuwe taken en werkplekken geïntroduceerd. Dit nieuwe concept bestond uit twee parallelle werkstations, waar twee man de eerste reeks bewerkingen uitvoerden, en een derde station (in serie met de twee andere) waar een derde persoon de resterende bewerkingen uitvoerde en het eindproduct inpakte.

De belangrijkste effecten van de verandering waren: een winst in doorlooptijd van 46%, een winst in productiviteit (in aantal producten per persoon per dag) van 44% en tevredenheid over de nieuwe situatie bij de medewerkers (Rhijn e.a. 2005).

Een effect waar ik meer over wil zeggen is de toename van het percentage van de totale tijd dat men werkelijk aan het monteren is. Dit 'percentage direct' steeg van 74% naar 92%. Anders gezegd: eerst was men ongeveer nog een kwart van de tijd bezig met andere zaken dan assembleren en in de nieuwe situatie nog maar 8%.

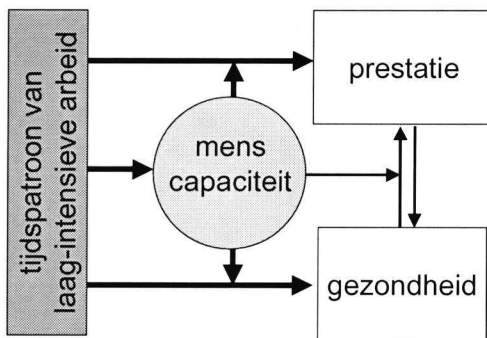
Vanuit productiviteitsoogpunt niets mis mee. Maar wat betekent dit voor de medewerkers? Vooral dat het assemblagewerk veel minder afgewisseld wordt met andere activiteiten als lopen en uitleggen e.d. Het werk wordt dus monotoner en er zijn minder mogelijkheden voor herstel voor bijvoorbeeld de spieren in de nek en schouders. Wij probeerden dat te ondervangen door nog enige variatie in te bouwen in het werk onder andere door voorraadbakjes op de werkplek zo klein te maken, dat men gedwongen werd om ongeveer elke 20 minuten op te staan om voorraden aan te vullen. Zo trachtten we de resterende mogelijkheden tot herstel te spreiden over dag. De case roept nog wel vragen op als: wat is gezondheidkundig acceptabel? Kunnen we nog stijgen bijvoorbeeld naar een percentage-direct van 96, of zaten we met 92% al tegen de grens? Richtlijnen ontbreken.

Dit 'gevaar van ergonomie' zien we ook in een ander voorbeeld en daarmee keren we terug bij Philips. Daar onderzochten we het 'maximaal acceptabele werktempo'. Hiervoor volgden we een beproefde methode in de ergonomie: de psycho-fysische benadering. Aan de hand van een protocol varieerden we systematisch het tempo en bevroegen de werknemer steeds naar zijn ervaringen. Na 50 minuten leidde dit tot een tempo waarvan de medewerker aangaf dat dit acceptabel was voor een 8-urige werkdag (Grinten e.a. 2003). We waren daarbij geïnteresseerd in het effect van werkplekinrichting op het maximaal acceptabele tempo. Wat bleek was dat een werkplek waarbij de armen minder geheven hoefde te worden om onderdelen te pakken, leidde tot een 10% hoger tempo. Hier schuilt dus het gevaar: de afname in gezondheidsrisico die men denkt te bereiken met een betere werkplek kan teniet gedaan worden door een toename in werktempo. Dit is iets om terdege rekening mee te houden. In onze specifieke case bepaalden we daarom ook het ervaren ongemak in nek en schouders. Wat we vonden was dat dit ongemak bij de verlaagde pakhoogte significant lager was. Hier een win-win situatie: een hoger tempo gepaard gaand met minder ongemak. Maar dit hoeft zeker niet in alle gevallen van werkplekverbetering op te gaan. Mijn dubbele boodschap daarom:

Met ergonomie valt in de productie flinke winst te behalen in termen van productiviteit en doorlooptijd en tegelijkertijd in termen van reductie of eliminatie van ongunstige houdingen en piekbelastingen. Door ergonomie kan daarbij het risico op het ontstaan van klachten toch weer toenemen indien er geen aandacht is voor tijdsaspecten.

De leerstoel

Het laatste deel van deze rede wijd ik aan de inhoud van mijn leeropdracht. De aanleiding hiervoor is ingegeven door de uitdaging om voor specifieke gevallen van laag-intensieve arbeid het optimale tijds patroon te bepalen vanuit prestatie- en gezondheids perspectief. De capaciteit van de mens staat daarbij centraal, met name zijn capaciteit om prestaties te leveren en zijn capaciteit om laag-intensieve, repeterende belasting te weerstaan. Die capaciteit is geen statisch gegeven, maar verandert over de werkdag of over de week en wordt bij laag-intensieve arbeid beïnvloed door het tijds patroon van het werk (figuur 8). Hoe verandert de menselijke capaciteit over de dag of over de week (of langer) op het moment dat we veranderingen aanbrengen in het tijds patroon van het werk? Beantwoording van deze vraagstelling is van belang voor het formuleren van gezondheidkundige richtlijnen. Bovendien kan het ons helpen productieprocessen in de tijd optimaal in te richten.



Figuur 8 Samenhang tussen het tijds patroon van laag-intensieve arbeid en prestatie en gezondheid. De menselijke capaciteit neemt daarbij een centrale positie in (zie tekst)

In het kader van de leeropdracht wil ik aan de hand van experimenteel onderzoek aan de beantwoording van de genoemde vraagstelling werken. Met dit type onderzoek is het mogelijk de kwantitatieve effecten van de tijds aspecten van het werk (en combinaties) systematisch na te gaan. Belangrijk is de keuze van de afhankelijke

(effect-) variabelen. Binnen mijn leeropdracht zijn dat allereerst variabelen die een maat zijn voor prestatie of prestatievermogen. Prestatiematen zijn productiviteit of kwaliteit. Het prestatievermogen is te meten aan de hand van gestandaardiseerde motorische taken. Wat de gezondheidsvariabelen betreft: het optreden van klachten kan in experimenteel onderzoek om praktische en ethische redenen nooit de te bestuderen effectmaat zijn. Wel kunnen we belastingsverschijnselen bestuderen, waarvoor het aannemelijk is dat zij een risico-indicator voor gezondheidsklachten zijn. Naast de mate van lokale doorbloeding kunnen we denken aan spiervermoeidheid. Spiervermoeidheid, afleidbaar uit het EMG-signaal, kunnen we meten voorafgaand, tijdens en na arbeid. Daarmee is het een maat, waarmee de cumulatieve effecten over een dag op de fysiologische staat van de spier zijn na te gaan. Door verschillende auteurs wordt ook aangegeven dat spiervermoeidheid een voorloper zou zijn voor het ontstaan van nek- en schouderklachten (Rempel 1992). Hägg (1991) de bedenker van de Assepoesterhypothese, heeft studies beschreven die een relatie laten zien tussen het optreden van spiervermoeidheid en het ontstaan van schade aan spiervezels.

In het kader van mijn leeropdracht staat een serie experimenten in de planning. Afwisselend zullen deze uitgevoerd worden in de praktijk en in het laboratorium.

Een eerste experiment werd de afgelopen zomer uitgevoerd door Merle Blok en Nicolien de Langen. De specifieke vragen daarbij:

1. Hoe ontwikkelt spiervermoeidheid in de nek en schouderregio zich over de dag bij laag intensieve arbeid? In geen enkele studie tot nog toe wordt het verloop van spiervermoeidheid over de dag gemeten bij realistische vormen van laag-intensieve arbeid (<10%MVC). Dit heeft ook te maken met de volgende vraag.
2. Hoe kunnen we spiervermoeidheid bij laag-intensieve arbeid objectief meten? Het aantal succesvolle pogingen om spiervermoeidheid in de nek- en schouderregio bij realistische vormen van laag-intensieve arbeid vast te stellen is beperkt. Recente technologische vernieuwingen op het gebied van EMG-registratie en verwerking bieden nieuwe kansen (Staudenmann e.a. 2005).
3. Hoe verhouden objectieve maten van spiervermoeidheid zich tot subjectieve oordelen? Hierbij wil ik wijzen op een recente studie van Dennerlein e.a. (2003) Hij liet personen langdurig een geïsoleerde beweging uitvoeren (repeterende ulnair deviatie van

de pols), waarbij proefpersonen geen lokaal ongemak ervoeren. Wel kon hij in een onderarmspier spierversmoedigheid objectief aantonen. Een interessante vraag is: treedt dit ook op bij meer realistische arbeidsvormen en ook in een regio die vanuit gezondheidkundig oogpunt relevant is (nek en schouders)?

De plannen beogen meer inzicht op te leveren in de kwantitatieve effecten van tijdsaspecten op het prestatievermogen en op waarschijnlijke voorlopers van nek- en schouderklachten. Wat dit laatste betreft, is toetsing van de effecten op het niveau van klachten essentieel. Daarvoor is samenwerking met epidemiologen geboden. Wat dat betreft zijn de nauwe banden die er zijn met het onderzoekcentrum Body@Work, een samenwerkingsverband van TNO en de Vrije Universiteit waarbinnen beide typen onderzoek plaatsvinden, veelbelovend.

Slot

Laag-intensieve arbeid is overal. Ook lijkt het erop dat van alle handmatige arbeid die we in Nederland behouden, een steeds groter deel een laag-intensief karakter krijgt. In de productie zien we verdere mechanisering, 'Lean Manufacturing' dat hoogtij viert, en de trend om parallelle werkplekken in te ruilen voor seriële lijnen met sterk opgesplitste taken. De term 'Fordistic revival' is al gebruikt (Björkmann 1996). Handmatige taken die resteren na mechanisering worden laag-intensiever en kort-cyclischer (uitpakken en inleggen onderdelen, uitnemen producten, resterende montagetaken) en afwisseling met andersoortig werk wordt tot een minimum beperkt (dat is althans het doel van 'Lean Manufacturing').

Ook zien we verplaatsing van productie naar lage-lonen landen (hoewel ook veel bedrijven hun productie in Nederland houden vanwege de nadelen van verplaatsing). Zichtbaar is een relatieve afname in meerdere opzichten van de industrie ten gunste van de dienstverlening (SEO, 2004). Dit leidt tot meer laag-intensief computerwerk op kantoor. Ook elders vindt men meer laag-intensieve arbeid (o.a. door mechanisering), bijvoorbeeld in distributie en transport. Kortom: veel laag-intensieve arbeid en dus is er veel aandacht nodig voor de factor tijd. Dat is wat ik heb proberen duidelijk te maken.

Dankwoord

Aan het einde van dit verhaal spreek ik nog een aantal dankwoorden uit. Allereerst dank ik het College van Bestuur van de Vrije Universiteit, het Bestuur van het Lorentz - van Itersonfonds TNO en het Bestuur van de faculteit der Bewegingswetenschappen voor het instellen van deze bijzondere leerstoel en mijn benoeming.

Van de VU-mensen wil ik persoonlijk bedanken de hoogleraren Peter Hollander en Jaap van Dieën.

Van Peter Hollander hoorde ik in 1980 voor het eerst over het bestaan van type I spiervezels en zoals u heeft gehoord: ik ben ze niet vergeten. Dank voor de lessen in de inspanningsfysiologie en de hulp bij het instellen van deze leerstoel.

Jaap van Dieën ken ik vanaf 1989. We waren toen collega-AiO's. Inmiddels heb jij een wereldwijd geprezen onderzoeksgroep opgebouwd. Van Australië tot Canada staan onderzoekers in de rij om bij jou 'op sabattical te gaan'. Maar helaas voor hen: ik ben het die deel gaat uitmaken van jouw onderzoeksgroep. Ik ben daar trots op.

Ook zie ik op de VU mijn oud-collega Idsart Kingma terug. We hebben de afgelopen maanden een vliegende start gemaakt. Die start was goed en smaakt naar meer.

Van TNO wil ik de hoogleraren Frank Pot en Peter Vink bedanken.

Frank Pot dank ik voor zijn inzet om deze leerstoel van de grond te krijgen. Vanaf de eerste keer dat we erover spraken, heb ik een enorme steun in de rug ervaren. Erg nuttig en voor mij inspirerend.

Echt een enorme bron van inspiratie voor mij, vanaf mijn overstap van de VU naar TNO 7 jaar geleden, is Peter Vink geweest. In al die jaren heb ik veel van je geleerd. Jij was het ook die in een van onze eerste gesprekken het idee van een leerstoel opperde. Peter, dank voor alles.

Dan wil ik mijn TNO collega Gu van Rhijn heel graag noemen. Zonder haar was deze rede niet tot stand gekomen. Gu is de motor achter praktisch alle projecten die we in de industrie uitvoeren en altijd boordevol nieuwe ideeën: strategisch, inhoudelijk en praktisch. Gu, het is geweldig om met je samen te werken.

Ons zogenaamde ritmegroepje bij TNO wil ik hier niet ongenoemd laten. Gezamenlijk deden we al het onderzoek in de

productie naar tijdspatronen. Met succes en plezier. Maarten van der Grinten, Tim Bosch, Noortje Schoenmaker en weer Gu, bedankt.

Ik wil ook de bedrijven met hun mensen bedanken die het ons mogelijk maakten het onderzoek te doen waarover ik vertelde. Wat deze bedrijven met mijn visie gemeen hebben, is het besef dat aandacht voor medewerkers onlosmakelijk verbonden is met de prestaties die het bedrijf kan leveren, op korte en op lange termijn.

Tot slot, ik ben heel gelukkig dat ik op de voorste rij mijn vrouw en mijn kinderen en mijn ouders mag zien zitten. Mijn ouders dank ik voor hun steun aan mijzelf en mijn gezin. Daniël en Lennart, jullie bedank ik vooral voor de broodnodige afleiding (in de vorm van vogels kijken, balletje trappen, Kolonisten van Catan, enz.). Mijn laatste dank geldt Linda; zonder jou was dit niet gelukt.

Ik heb gezegd.

Literatuur

- Andries F, Houtman I en Hupkens C, 2004, Kerncijfers arbeid. In: Trends in Arbeid 2004, Houtman ILD, Smulders PGW en Klein Hesselink DJ (eds.), TNO Arbeid, Hoofddorp.
- Balci R en Aghazadeh F, 2003, The effect of work-rest schedules and type of task on the discomfort and performance of VDT users. *Ergonomics* 46, 455-465.
- Bergqvist U, Wolgast E, Nilsson B en Voss M, 1995, Musculoskeletal disorders among visual display terminal workers: individual, ergonomic, and work organizational factors. *Ergonomics* 38, 763-776.
- Björkmann T, 1996, The Rationalisation Movement in perspective and some ergonomic implications. *Applied Ergonomics* 27, 11-117
- Bongers P, 2003, Maak werk van RSI (inaugurele rede), Vrije Universiteit Amsterdam.
- Bousein W en Thum M, 1997, Design of work/rest schedules for computer work based on psychophysiological recovery measures. *International Journal of Industrial Ergonomics* 20, 1, 51-57.
- Carayon P, Smith MJ en Haims MC, 1999, Work organization, job stress and work-related musculoskeletal disorders. *Human Factors* 41, 644-663.
- Cheng TCE en Podolsky S, 1993, Just-in-Time Manufacturing, Chapman and Hall, London.
- Dababneh, AJ, Swanson N en Shell RL, 2001, Impact of added rest breaks on the productivity and well being of workers. *Ergonomics* 44, 164-174.
- Dennerlein JT, Ciriello VM, Kirsty JK en Johnson PW, 2003, Fatigue in the forearm resulting from low-level repetitive ulnar deviation. *AIHA Journal* 64, 799-805.
- Dul J, 2003, De mens is de maat van alle dingen, over mens gericht ontwerpen van producten en processen (inaugurele rede), Erasmus Universiteit Rotterdam.
- Galinsky TL, Swanson NG, Sauter SL, Hurrell JJ en Schleifer LM, 2000, A field study of supplementary rest breaks for data entry operators. *Ergonomics* 43, 622-638.
- Gissel H, 2000, Ca^{2+} accumulation and cell damage in skeletal muscle during low frequency stimulation. *European Journal of Applied Physiology* 83, 175-180
- Grinten MP van der, Looze MP de, Rhijn JW van, Schoenmaker N, 2003, The maximal acceptable work pace in light assembly work, application of the psychophysical method Proceedings of the XVth Triennial Congress of the International Ergonomics Association, Seoul, South Korea.

- Hägg G, 1991, Lack of relation between maximal force capacity and muscle disorders caused by low level static loads. A new explanation model. In: Quinnee Y en Daniellou F (eds.), IEA, volume I, Taylor and Francis, Paris, pp9-11
- Heinrich J en Blatter B, 2005, RSI-klachten in de Nederlandse beroepsbevolking. *Tijdschrift Sociale Gezondheidszorg* 83(1), 16-24.
- Henning RA, Jaques P, Kissel GV, Sullivan AB en Alteras-Webb SM, 1997, Frequent short rest breaks from computer work: effects on productivity and well-being at two field sites. *Ergonomics*, 40(1), 78-91.
- Jensen BP, Jørgensen K, Huijing PA en Sjøgaard G, 1995, Soft tissue architecture and intra-muscular pressure in the shoulder region. *European Journal of Morphology*.
- Johansson JÅ en Nonås K, 1994, Psychosocial and physical working conditions and associated musculoskeletal symptoms among operators in five plants using arc welding in robot stations. *International Journal of Human Factors in Manufacturing* 4, 191-204.
- Kuorinka I en Forcier L, 1995, Work-related musculo-skeletal disorders. Taylor and Francis, London, pp84-90
- Looze MP de, Rhijn JW van, 2004, The incorporation of time aspects in work system design for a more productive and healthy assembly. *Proceedings of the 8th International Conference of Aspects of Advanced Manufacturing: Agility & Hybrid Automation (HAAMAHA)*, Fallon EF, Karwowski W (eds.), pp 140-151
- Looze, MP de, Rhijn JW van, Reijneveld K, Deursen J van en Tuinzaad GH, 2003, A participatory and integrative approach to improve productivity and ergonomics in assembly. *Production Planning and Control* 14, 174-181.
- Maas H, Baan GC en Huijing PA, 2004, Muscle force is determined also by muscle relative position: isolated effects. *Journal of Biomechanics* 37, 99-110.
- Mathiassen SE en Turpin-Legendre E, 1998, Reduction of isometric shoulder elevation fatigue by periods of increased load. Helsinki, Finland: PREMUS-ISEOH.
- Mathiassen SE en Winkel J, 1996, Physiological comparison of three interventions in light assembly work: reduced work pace, increased break allowance and shortened working days. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 68, 94-108.
- McLean L, Tingley M, Scott RN en Richards J, 2001, Computer terminal work and the benefit of microbreaks. *Applied Ergonomics* 32, 225-237.

- Ohlsson K, Attewell R en Skerfving S, 1989, Self-reported symptoms in the neck and upper limbs of female assembly workers. *Scandinavian Journal Work Environment Health* 15, 75-80.
- National Research Council and Institute of Medicine, 2001, *Musculoskeletal Disorders and the Work Place: Low Back and Upper Extremities*. Washington DC: National Academy Press.
- Rempel DM, Harrison RJ en Barnhart S, 1992, Work-related cumulative trauma disorders of the upper extremity. *J. American Med. Ass.* 267, 838-842.
- Rhijn JW van, Looze MP de, Tuinzaad GH, Groenesteijn L, Groot MD de, Vink P, 2005, Changing from batch to flow assembly in the production of emergency lighting devices. *International Journal for Production Research* 43, 3687-3701.
- SEO, 2004, Trends in industrie. SEO-rapport nr. 779. SEO Amsterdam
- Smulders PGW, Andries F, Otten F, 2001, Hoe denken Nederlanders over hun werk? Opzet, kwaliteit en eerste resultaten van de TNO Arbeids-situatie Survey. Rapportnummer 1010000. Hoofddorp: TNO Arbeid,
- Staudenmann D, Kingma I, Stegeman DF en Dieën, JH van (2005) Towards optimal multi-channel EMG electrode configurations in muscle force estimation: a high density EMG study. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 15, 1-11.
- Thé KH, Douwes M, Bongers PM, 1999, Kort en vaak pauzeren ter preventie van RSI. *Tijdschrift voor Bedrijfs- en Verzekeringsgeneeskunde* 7, 116-121.
- Thompson DA, 1990, Effect of exercise breaks on musculoskeletal strain among data-entry workers: a case study. In: *Promoting health and productivity in the computerized office: models of successful ergonomic interventions*. Sauter SL, Dainoff M and Smith M (eds), pp118-127, Taylor and Francis, London.
- Tuinzaad GH, Rhijn JW van, Deursen J van en Koningsveld EAP, 2000, Efficient flow and human centred assembly: the success of an interactive approach. *TNO Industrial Technology/TNO Work and Employment*, Eindhoven/Hoofddorp.
- Veiersted KB, Westgaard RH en Andersen P, 1993, Electromyographic evaluation of muscular work pattern as a predictor of trapezius myalgia. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* 19, 284-290
- Vink P, Peeters M, Gründemann RWM, Smulders PGW, Kompier MAJ en Dul J, 1995, A participatory ergonomics approach to reduce mental and physical workload. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 15, 389-396.
- Visser B en Dieën JH van, in press, Pathophysiology of upper extremity muscle disorders. *Journal of Electromyography and Kinesiology*.

- Visser B, 2004, Upper extremity load in low-intensity tasks (proefschrift), Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Walker-Bone KE, Palmer KT, Reading I en Cooper C, 2003, Soft-tissue Rheumatic disorders of the neck and upper limb: prevalence and risk factors. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*, 33, 185-203.