

TNO-rapport
00 PRO 945 JDE

Inrichting Assemblageprocessen en - Werkplekken

TNO Industrie TNO Arbeid

TNO Industrie

De Wielen 6
Postbus 6235
5600 HE Eindhoven

Telefoon 040 265 03 10
Fax 040 265 03 07

TNO Arbeid

Polarisavenue 151
Postbus 718
2130 AS Hoofddorp

Telefoon 023 554 93 93
Fax 023 554 93 94

Datum
mei 2000

Auteur(s)

de heer Ir. G.H. Tuinzaad (TNO Industrie)
mevrouw Ir. J.W. van Rhijn (TNO Arbeid)
de heer Ir. J. van Deursen (TNO Industrie)
de heer Dr. M.P. de Looze (TNO Arbeid)

Opdrachtgever
Stichting Collectief Onderzoek Metaal
Postbus 38
5600 AA Eindhoven

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar
gemaakt door middel van druk, foto-
kopie, microfilm of op welke andere
wijze dan ook, zonder voorafgaande
toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
Algemene Voorwaarden voor onder-
zoeksopdrachten aan TNO, dan wel
de betreffende terzake tussen de
partijen gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het
TNO-rapport aan direct belang-
hebbenden is toegestaan.

Projectnummer
007.30039

Aantal pagina's
52

Onderzoekperiode
Januari 1999 - april 2000

Aantal bijlagen
4

© 2000 TNO



Nederlandse Organisatie voor toegepast-
natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

Op opdrachten aan TNO zijn van toepassing de Algemene
Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO,
zoals gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank en de
Kamer van Koophandel te 's Gravenhage.

Voorwoord

Assemblage, een ogenschijnlijk eenvoudig proces. Dat is enigszins waar, wanneer je het puur technisch inhoudelijk benadert. Maar wanneer je het van de procesmatige kant en de inzet van de mens bekijkt, blijkt het toch een complexe materie. Dit is gebleken uit het feit dat veel assemblagebedrijven problemen ondervinden bij het inrichten van hun assemblageproces. Hoe realiseer je een vlotte doorstroming, hoe zorg je voor een minimaal gebruik van vloeroppervlak, hoe splits je de assemblage op in logische taken en wat moet je doen om de taken ergonomisch verantwoord te maken? Dit zijn allemaal vraagstukken, en waarschijnlijk zijn er meer, die aan de orde komen en beantwoord moeten worden om het assemblageproces optimaal in te kunnen richten.

De SCOM – Stichting Collectief Onderzoek Metaal - heeft deze problematiek vanuit de leden onderkend en heeft om deze redenen het project “*Inrichting Assemblageprocessen en –Werkplekken*” gestart. Het doel van het project is te komen tot een methode van aanpak waarmee assemblagebedrijven een hulpmiddel in handen hebben voor het verbeteren van de inrichting van hun assemblageproces, gericht op een soepele doorstroming van orders en ergonomisch verantwoorde werkplekken. Voor dit project is de expertise van TNO Industrie en TNO Arbeid ingezet. Deze disciplines van TNO hebben ruime ervaring met het opzetten en verbeteren van assemblageprocessen.

In een drietal bedrijven zijn pilotprojecten gestart om de aanpak op te zetten en te toetsen. De klankbordgroep, waarin een aantal lidbedrijven vertegenwoordigd zijn, heeft het project tijdens een aantal bijeenkomsten van de zijlijn gevolgd en heeft bijgedragen aan de evaluatie van de tussentijdse resultaten. Deze bijeenkomsten, veelal bij de leden van de klankbordgroep, boden ook de interessante mogelijkheid eens bij een ander in de keuken te kijken.

In dit rapport is uitvoerig beschreven hoe het project is verlopen en wat de resultaten hiervan zijn. Ik wil hierbij de SCOM, TNO Industrie, TNO Arbeid en de leden van de klankbordgroep bedanken voor dit leerzame project en spreek de hoop uit dat de ontwikkelde aanpak in de toekomst veel gebruikt zal worden door assemblagebedrijven om hun assemblageproces zo slim en efficiënt mogelijk in te richten.

Eric Borren
Moba te Barneveld
Voorzitter van de klankbordgroep

Inhoudsopgave

Voorwoord.....	1
Samenvatting.....	3
1 Aanleiding, doelgroep en doelstelling.....	4
Aanleiding.....	4
Doelgroep.....	4
Doelstelling.....	4
2 Aanpak van het onderzoek.....	5
Fasering.....	5
Uitvoering.....	5
Expertise Assemblage Engineering.....	5
Expertise Ergonomische Innovatie.....	6
Aanvullende effectstudie.....	6
3 Resultaten: stappenplan en instrumenten.....	8
3.1 Stappenplan.....	8
3.2 Instrumenten.....	9
Ad. I1 - Montage Afloop Schema (MAS).....	10
Ad. I2 - Aandachtspunten voor verbetering rangschikking tussen werkplekken en op werkplekken	13
1. Checklist rangschikking werkplekken in de lay-out.....	13
2. Checklist inrichting werkplek.....	15
Ad. I3 - Grenswaarden ergonomie.....	21
Ad. 1 - Tillen en dragen.....	22
Ad. 2 - Trekken en duwen.....	24
Ad.3 - Ongunstige werkhouding.....	26
Ad. 4 - Repeterende handelingen.....	28
Ad. I4 - Aandachtspunten bij de afweging van verschillende assemblageconcepten.....	31
Ad. I5 - Transportsystemen bij lijnconcepten.....	39
Ad. I6 - Ergomix voor bepaling werkhoogte, positie van onderdelen en gereedschap.....	41
4 Conclusies en aanbevelingen.....	43
Bijlage A – Overzicht klankbordbedrijven.....	45
Samenstelling klankbordgroep.....	45
Beschrijving klankbordbedrijven.....	45
Bijlage B – Resultaat pilotprojecten.....	49
B1 – Assemblage van jaloeziekasten bij Ahrend.....	49
B2 – Assemblage van magneetkleppen bij Asco Joucomatic.....	49
B3 – Assemblage van eiersorteermachines bij Moba.....	49
Bijlage C – Aanvullende effectstudie.....	50
Bijlage D – Literatuur.....	51

Samenvatting

Dit rapport omvat de resultaten van het project “Inrichting van Assemblageprocessen en –Werkplekken”, uitgevoerd in opdracht van de SCOM, Stichting Collectief Onderzoek Metaal, in de periode januari 1999 - april 2000. Het project is uitgevoerd door een team van assemblage engineers van TNO Industrie in samenwerking met ergonomen van TNO Arbeid. Het project is gericht op assemblage georiënteerde bedrijven die producten vervaardigen in aantallen van enkele honderden tot tienduizenden per jaar en waar het assemblageproces overwegend handmatig plaatsvindt.

Verbetering van de inrichting van het assemblageproces is gewenst wegens:

- Toenemende productvariëteit.
- Toenemende behoefte aan verhoging productiviteit.
- Focus op activiteiten die direct waarde toevoegen aan het product.
- De noodzaak om de assemblagetaak beter toe te snijden op de taakuitvoering door het personeel.
- Toenemende noodzaak tot het behouden van gezond en gemotiveerd personeel.

Hiertoe is een integrale aanpak ontwikkeld, gericht op verhoging van de efficiëntie, verkorting van doorlooptijd en verbetering van de inzet van het personeel met reductie van fysieke belasting en risico's van uitval.

Het project heeft geresulteerd in een stappenplan met aanvullende instrumenten. Deze instrumenten zijn gericht op implementatie en hebben betrekking op het visualiseren en analyseren van de huidige situatie en het definiëren van de verbeterde opzet.

Het stappenplan omvat de volgende activiteiten:

- Samenstellen van een multidisciplinaire werkgroep in het bedrijf. Vaststellen van doelstellingen en uitgangspunten.
- Analyse van het huidige proces en knelpunten in doorstroming en ergonomie:
 - Analyse processtructuur met behulp van instrument MAS (montage afloopschema).
 - Inventariseren knelpunten met behulp van checklist en observaties.
- Definiëren van de verbeterde opzet van het proces:
 - Afweging alternatieve assemblageconcepten.
 - Opzet verbeterde processtructuur en rangschikking werkplekken in lay-out.
 - Inrichting van werkplekken (onderdelenlocaties en hulpmiddelen).
- Implementeren en testen van de verbeterde opzet.
- Evaluatie van effecten en resultaten en aanpak.

Het stappenplan is getoetst bij drie leden van de SCOM in verschillende productsegmenten. Het betreft de assemblage van jaloeziekasten bij Ahrend te Sint Oedenrode, de assemblage van magneetafsluiters bij Asco Joucomatic te Scherpenzeel en de assemblage van eiersorteermachines bij Moba te Barneveld. Het project is gedurende de looptijd begeleid door een klankbordgroep, samengesteld uit circa 10 vertegenwoordigers van de SCOM-bedrijven. Met deze klankbordgroep is de voortgang van het project periodiek besproken en is het stappenplan plus de begeleidende instrumenten op toepasbaarheid geverifieerd.

Essentieel bij de aanpak blijkt de actieve betrokkenheid van het personeel. Daarmee wordt draagvlak verkregen voor het doorvoeren van verbeteringen. Met behulp van het ontwikkelde stappenplan plus de instrumenten worden bedrijven in staat gesteld om knelpunten in hun eigen proces te inventariseren en vervolgens verbeteringen te implementeren. In de praktijk is gebleken dat het daarbij zinvol is om externe deskundigen te betrekken.

De werkelijke (kwantitatieve) effecten op doorstroming en ergonomie zullen in de loop van 2000 ‘hard’ gemaakt worden ná doorvoering van de verbeteringen in de bedrijven.

1 Aanleiding, doelgroep en doelstelling

Aanleiding

Assemblage georiënteerde bedrijven ervaren vanuit de markt een steeds grotere vraag naar variëteit in eindproducten, die met een steeds kortere doorlooptijd geleverd moeten worden. Ook staat er steeds meer druk op de kostprijs bij gelijke of zelfs betere kwaliteit. Daarnaast worden de bedrijven door de regelgeving van de overheid steeds meer verantwoordelijk gesteld voor goede arbeidsomstandigheden op de werkplek. De samenhang tussen de belangen van zowel de bedrijfsvoering van assemblageprocessen als van de werknemers is tot op heden onvoldoende onderkend.

Uit onderzoek onder 116 leidinggevenden in de Nederlandse maakindustrie blijkt, dat het bevorderen van een stimulerende werkomgeving één van de belangrijkste aandachtspunten voor de komende jaren is. Het functioneren van de mens wordt een steeds belangrijker factor bij de innovatie van productieprocessen. Dit wordt bevestigd in internationale R&D-programma's. In het EC - 5th RTD Framework Programm, second working document, april 97, wordt onder andere het belang benadrukt van 'improving human potential in manufacturing innovation'. De behoefte aan verbetering van de inrichting van assemblageprocessen en werkplekken werd enerzijds duidelijk gesignaleerd in de assemblage georiënteerde projecten van TNO bij bedrijven, maar bleek ook uit een peiling onder de SCOM-leden in 1998. TNO heeft hierop ingespeeld door het initiëren van een driejarig onderzoekprogramma naar 'de keuze en opzet van efficiënte, mensgerichte assemblageprocessen en –werkplekken', waarbij door de industrie wordt deelgenomen door middel van cofinanciering. Het innoveren van productie en assemblage moet in de toekomst worden gezien in samenhang met de werkomstandigheden. Door middel van een integrale aanpak moet worden gestreefd naar zowel verhoging van efficiëntie en doorlooptijdverkorting als naar verbetering van de inzet van het personeel met reductie van fysieke belasting en risico's van uitval.

Doelgroep

Het project is gericht op kleine en middelgrote bedrijven in Nederland die eindproducten vervaardigen in vele varianten en in aantallen van enkele honderden tot tienduizenden per jaar. Het gaat bijvoorbeeld om producenten van machines en apparaten voor de voedingsmiddelen-, transportmiddelen-, verpakkings-, grafische en klimaatbeheersingsapparatenindustrie.

Het assemblageproces in deze bedrijven is in verband met de aantallen overwegend handmatig, waardoor werkplekken en mensen een essentiële schakel vormen bij het slim realiseren van het eindproduct.

Doelstelling

Doel van het project is het opstellen van een systematische aanpak voor het verbeteren van de lay-out en inrichting van assemblagewerkplekken, gericht op verkorting van de doorlooptijd en efficiënter uitvoeren van de assemblagetaak. Het project zal resulteren in een stappenplan en richtlijnen voor het verbeteren van de inrichting van assemblagewerkplekken. In het project zal de systematische aanpak worden toegepast en geëvalueerd in drie pilotprojecten.

2 Aanpak van het onderzoek

Fasering

Het project is opgedeeld in de volgende fasen:

- Fase 1 Samenstellen van SCOM-klankbordgroep (zie bijlage A). Uitwerking projectplan en initiatie van drie pilotprojecten binnen de klankbordgroep.
- Fase 2 Verkenning van knelpunten met betrekking tot de inrichting van assemblagewerkplekken bij de bedrijven uit de klankbordgroep.
- Fase 3 Onderzoek naar methoden voor de verbetering van de inrichting van assemblagewerkplekken en de daarmee te bereiken effecten. De resultaten van het onderzoek worden omgezet in richtlijnen voor het verbeteren van de fysieke lay-out van het assemblageproces.
- Fase 4 Analyse van knelpunten bij de pilotbedrijven. Opstellen van oplossingsrichtingen om deze knelpunten te verhelpen. Testen van deeloplossingen en doorvoeren van aanpassingen en kwantificeren van de te bereiken effecten. Dit zal plaatsvinden met actieve betrokkenheid van medewerkers in het assemblageproces van de pilotbedrijven.
- Fase 5 Opstellen van een stappenplan en richtlijnen waarmee bedrijven zelf aan de slag kunnen gaan voor het verbeteren van assemblageprocessen en –werkplekken.
- Fase 6 Kernpuntenrapportage en presentatie van de resultaten voor de SCOM-leden.

Uitvoering

Het onderzoek is uitgevoerd in de periode van januari 1999 tot en met april 2000. Om ervoor te zorgen dat de resultaten van het onderzoek aansluiten op de behoefte van de opdrachtgever is een klankbordgroep ingesteld. De meeste bedrijven van deze klankbordgroep zijn door TNO bezocht om de knelpunten in kaart te brengen en geschikte bedrijven voor de pilotprojecten uit te zoeken. Gedurende het project is de klankbordgroep om de circa twee maanden bijeen geweest en is de voortgang van het onderzoek en de pilots besproken.

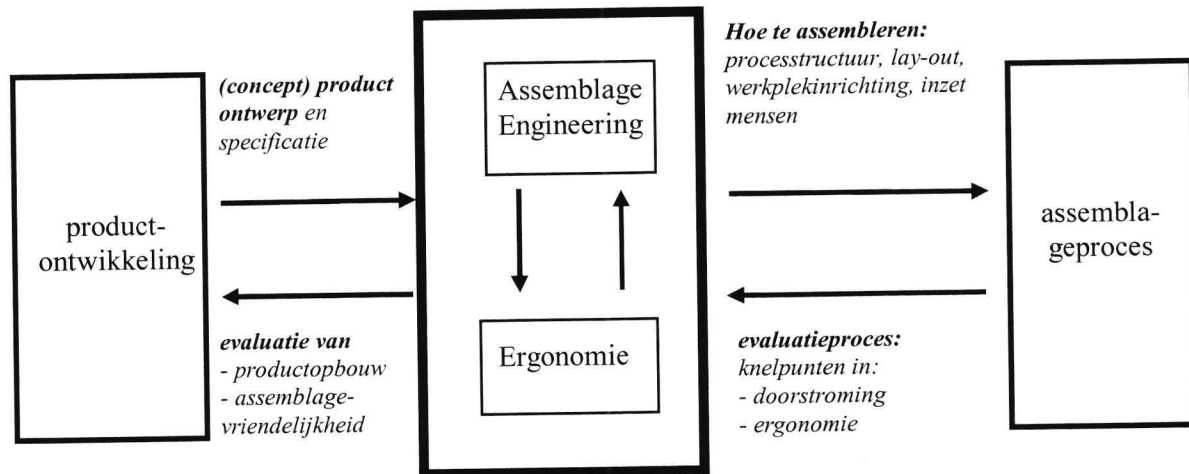
Voor de pilotprojecten zijn projectplannen opgesteld en is per pilotproject een werkgroep opgericht bestaande uit medewerkers van het bedrijf en een TNO-team met een assemblage engineer en een ergonomoom. Bij aanvang van het onderzoek zijn in eerste instantie twee pilotprojecten gedefinieerd bij de bedrijven Ahrend te Sint Oedenrode (assemblage van jaloeziekasten) en Asco te Scherpenzeel (assemblage van magneetafsluiters). In het najaar van 1999 kon het onderzoek worden aangevuld met een derde pilotproject bij Moba te Barneveld (assemblage van eiersorteermachines). Daarmee kon de aanpak breder worden getoetst in drie verschillende product- en productiesituaties.

De resultaten van het onderzoek zijn opgenomen in hoofdstuk 3. Het betreft een stappenplan en aanvullende instrumenten bij de uitvoering van het stappenplan. De bevindingen uit de pilotprojecten zijn gerapporteerd in bijlage B1 tot en met B3.

Expertise Assemblage Engineering

Het team Assemblage Engineering van TNO Industrie houdt zich onder meer bezig met de innovatie van de voorbereiding en realisatie van het assemblageproces, gericht op verkorting van de orderdoorlooptijd, reductie van de (faal)kosten en verbetering van de kwaliteit van het product en het proces (zie figuur 1). In het voortraject betreft dit methodes om in een vroeg stadium de consequenties van het assemblageproces te evalueren en het productontwerp te verbeteren met het oog op modulariteit en assemblagevriendelijkheid. Later in het orderrealisatieproces hebben de activiteiten betrekking op de voorbereiding en fysieke realisatie van het assemblageproces.

Rondom de door TNO ontwikkelde werkmethode MAS is bovendien een aantal aanvullende werkmethode ontwikkeld voor het verbeteren van de orderdoorlooptijd, het verbeteren van de productopbouw, het analyseren en wegwerken van verstoringen en het opzetten van assemblage werkinstructies.



Figuur 1: Positionering van TNO Industrie en TNO Arbeid in het werkgebied assemblage engineering en ergonomie

Expertise Ergonomische Innovatie

TNO Arbeid, team Ergonomische Innovatie heeft de afgelopen jaren expertise ontwikkeld op het gebied van het verbeteren van de arbeidsomstandigheden op werkplekken wat betreft fysieke belasting en ergonomie. Doel is het verbeteren van de inrichting van werkplekken zodat medewerkers gezond en efficiënt hun assemblagetaken kunnen (blijven) uitvoeren. Vanuit dit kennisgebied zijn normen en ook werkmethode en instrumenten ontwikkeld, om werkzaamheden en werkplekken op ergonomische aspecten te beoordelen en te verbeteren. Succesvolle instrumenten in dit traject zijn onder andere de tiladviseur en de RSI-adviseur; softwarepakketten voor het beoordelen van oplossingen bij tilsituaties en repeterend (assemblage)werk. De verbeteringen die met deze methodes kunnen worden bereikt, hebben betrekking op de ergonomie van de (assemblage)werkplekken. De ergonomische expertise wordt samen met de expertise assemblage engineering ingezet om de fysieke inrichting van de werkplekken te verbeteren (zie figuur 1).

Aanvullende effectstudie

Bij ZorgOnderzoek Nederland (ZON) bestaat sinds enige tijd het programma Klachten Bewegingsapparaat (PKB). Dit programma is geïnitieerd en gefinancierd door de Ministeries van VWS en SZW en kent de volgende hoofddoelstelling:

‘Het bevorderen van tijdige invoering van preventieve interventies, waarmee de omvang en ernst van de problematiek van klachten aan het bewegingsapparaat kunnen worden verminderd. Het accent van het programma ligt op het stimuleren van de toepassing en effectief gebleken of kansrijke praktische instrumenten en op de evaluatie van hun effecten, zodat kennis beschikbaar komt over de voorwaarden voor doeltreffende interventies en de mogelijke opbrengst daarvan.’

De ZON financiert een aanvullende effectstudie bij de projecten bij Ahrend en Asco Joucomatic om de kwantitatieve effecten van de aanpak op doorlooptijd en fysieke en mentale belasting van de werknemers te bepalen. Dankzij de ZON-financiering is het mogelijk geworden de effectiviteit van de aanpak op een groot aantal parameters (gerelateerd aan doorlooptijd en ergonomie) nauwkeurig en in kwantitatieve zin vast te stellen.

Het vastleggen van de uitgangssituatie is gedaan in het voorjaar 1999. Minimaal een maand na het doorvoeren van de in dit rapport besproken verbeteringen bij Asco en Ahrend, zal bij beide bedrijven de nameting worden uitgevoerd. Eind 2000 volgt hiervan de eindrapportage. (Zie bijlage C voor details van de gevolgde aanpak van deze aanvullende effectenstudie)

3 Resultaten: stappenplan en instrumenten

In dit hoofdstuk worden de concrete resultaten van het onderzoek behandeld. In de eerste plaats het stappenplan om een bestaand assemblageproces te verbeteren, in de tweede plaats de instrumenten die bij het stappenplan als ondersteuning gebruikt kunnen worden.

Paragraaf 3.1 behandelt het stappenplan, in paragraaf 3.2 komen de ondersteunende instrumenten aan de orde.

3.1 Stappenplan

Stap 1: Samenstellen werkgroep

- Samenstellen uit medewerkers van assemblage, werkvoorbereiding, materiaalvoorziening, productontwerp en productieleiding.
- Afbakenen productgroep en te beschouwen proces.
- Vaststellen doelstellingen en planning.

Stap 2: Analyse van het huidige proces en knelpunten in doorstroming en ergonomie

- Opstellen van schematische weergave van lay-out van huidige assemblagewerkplekken en materiaalstromen naar en tussen werkplekken.
- Opstellen van montage afloopschema (MAS) per product(variant) van de te beschouwen productfamilie. Toevoegen tijdschattingen voor de deelactiviteiten in het MAS, soort benodigde speciale voorzieningen en werklocatie in het product (bijvoorbeeld onder, boven, voor, achter).
- Verkennen van verstoringen in de assemblage, observatie van het proces met behulp van video / foto en gesprekken met medewerkers in het assemblageproces.
- Beoordelen van observaties aan de hand van richtlijnen / grenswaarden.
- Opstellen van inzetbaarheidsmatrix personeel (welke personen, welke vaardigheden).

Stap 3: Definiëren van het verbeterde opzet van het assemblageproces

Het betreft het vaststellen van het aantal, soort en de rangschikking van de benodigde werkplekken, rekening houdend met het beoogde productievolume en de benodigde processtructuren (MAS-sen) voor de productvarianten.

- Afwegen assemblageconcepten 'standplaats' versus 'flow over een lijn' en mogelijk verschillende uitvoeringsvormen voor flow.
 - Medewerkers op vaste zone of medewerkers gaan mee met het product in wording (shoppen).
 - Alternatieve mogelijkheden voor transport van het eindproduct in de flow.
- Vaststellen aantal zones / werkplekken aan de hand van beoogde productievolume en MAS-sen.
- Uitwerken van de inrichting van de assemblagezones / -werkplekken met betrekking tot:
 - Soort en aantal benodigde onderdelen en wijze van aanleveren.
 - Soort benodigde (speciale) hulpmiddelen voor assemblage, testen, handling en verzendgereedmaken.
 - Benodigde ruimte voor de verschillende assemblagezones / -werkplekken.
- Vaststellen op welke wijze de beoogde opzet past in de beschikbare ruimte / lay-out.
- Uitwerken van de werkorganisatie.

Stap 4: Implementeren en testen van de verbeterde opzet

- Detailleren van de specificatie van de verbeterde opzet.
- Beproeven van kritische deeloplossingen.
- Realiseren van de verbeterde opzet en meten van effecten.

3.2 Instrumenten

In deze paragraaf worden de ondersteunende instrumenten behandeld. Dit zijn:

I1 - Montage afloopschema (MAS).

I2 - Aandachtspunten voor verbetering rangschikking tussen werkplekken en op werkplekken.

I3 - Grenswaarden ergonomie.

I4 - Aandachtspunten bij de afweging van verschillende assemblageconcepten.

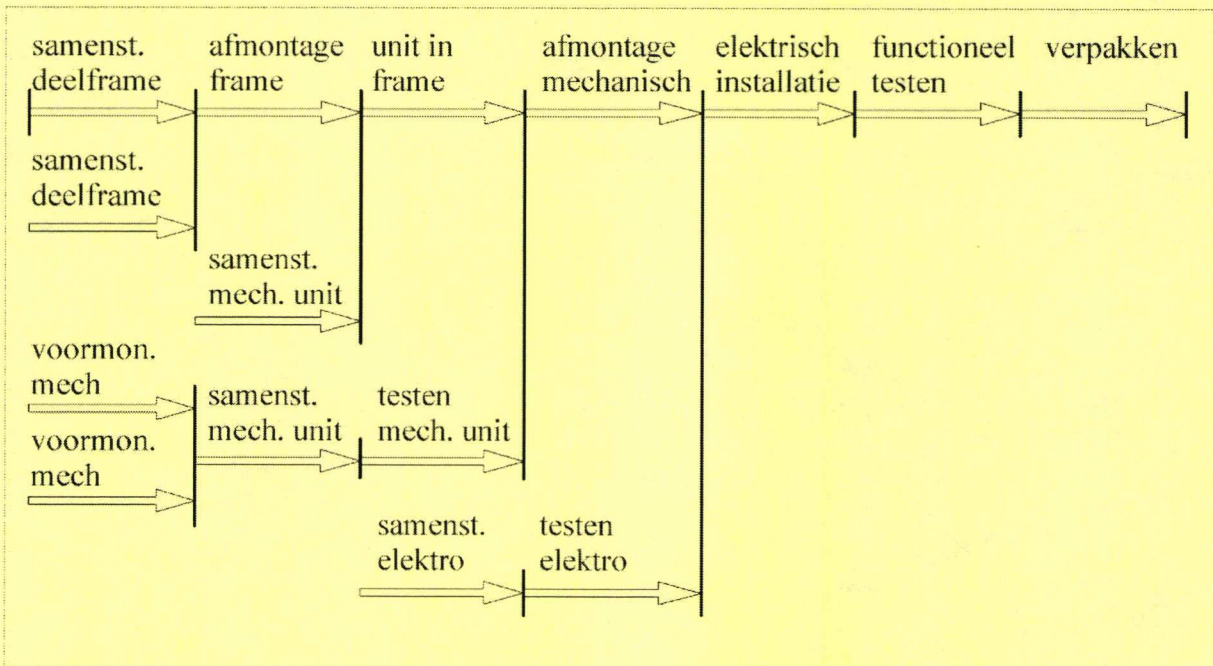
I5 - Aandachtspunten bij afweging alternatieve mogelijkheden transport bij flow concept.

I6 - Ergomix voor bepaling werkhoogte, positie van onderdelen en gereedschap.

Ad. I1 - Montage Afloop Schema (MAS)

Een montage afloopschema (MAS) is een grafische weergave van het traject voormontage, tussentijds testen, samenbouwen, proefdraaien, afname tot en met het verzendklaar maken van het eindproduct. Aangevuld met tijd(schattingen) voor de deelactiviteiten verschaft het MAS inzicht in:

- de totale tijd en (arbeids)kosten per product;
- mogelijke parallelisatie van voormontage en tussentijdse testactiviteiten;
- kortst mogelijke verblijftijd (doorlooptijd) van het product in het eindassemblagetraject.



Figuur 1: principe-opzet van een MAS.

De werkmethode MAS is door TNO Industrie ontwikkeld met als doel het assemblageproces transparant te maken. Een MAS dient als basis voor:

- Het analyseren en verbeteren van het assemblageproces voor een product(familie) waarvan het ontwerp reeds vaststaat.
- Het analyseren en verbeteren van een product(familie) reeds tijdens het productontwerp met het oog op modulariteit van het product en assemblagevriendelijkheid.

Het opzetten van een MAS vindt plaats in gemeenschappelijk overleg tussen assemblagepersoneel, productievoorbereiding en productengineering. Daarmee ontstaat gezamenlijk inzicht in het bouwproces en kunnen effecten van voorstellen voor proces- en/of productverbeteringen worden gevisualiseerd en worden beoordeeld op (doorloop)tijd.

Het toepassen van het MAS kan het vertekpunt zijn voor een aantal verbetertrajecten:

- Verkorten van de orderdoorlooptijd. In geval van complexe eindproducten met relatief lange doorlooptijd in assemblage wordt het MAS naar het voortraject uitgebreid met de routing voor onderdelenfabricage, levering uitgangsmateriaal en koopdelen. Daarmee ontstaat een beter zicht op bestel- en levermomenten overeenkomstig de behoefte in het assemblageproces.
- Analyseren en wegwerken van verstoringen. Door het inzichtelijk maken van het assemblageproces zijn we in staat om aan de hand van een checklist per processtap de in de montage geconstateerde verstoringen meetbaar te maken, oorzaken vast te stellen en vervolgens gericht maatregelen te treffen om de belangrijkste knelpunten te voorkomen. De checklist heeft betrekking op aandachtspunten voor de onderdelen, informatie, werkplekinrichting, personeel en ontwerp.

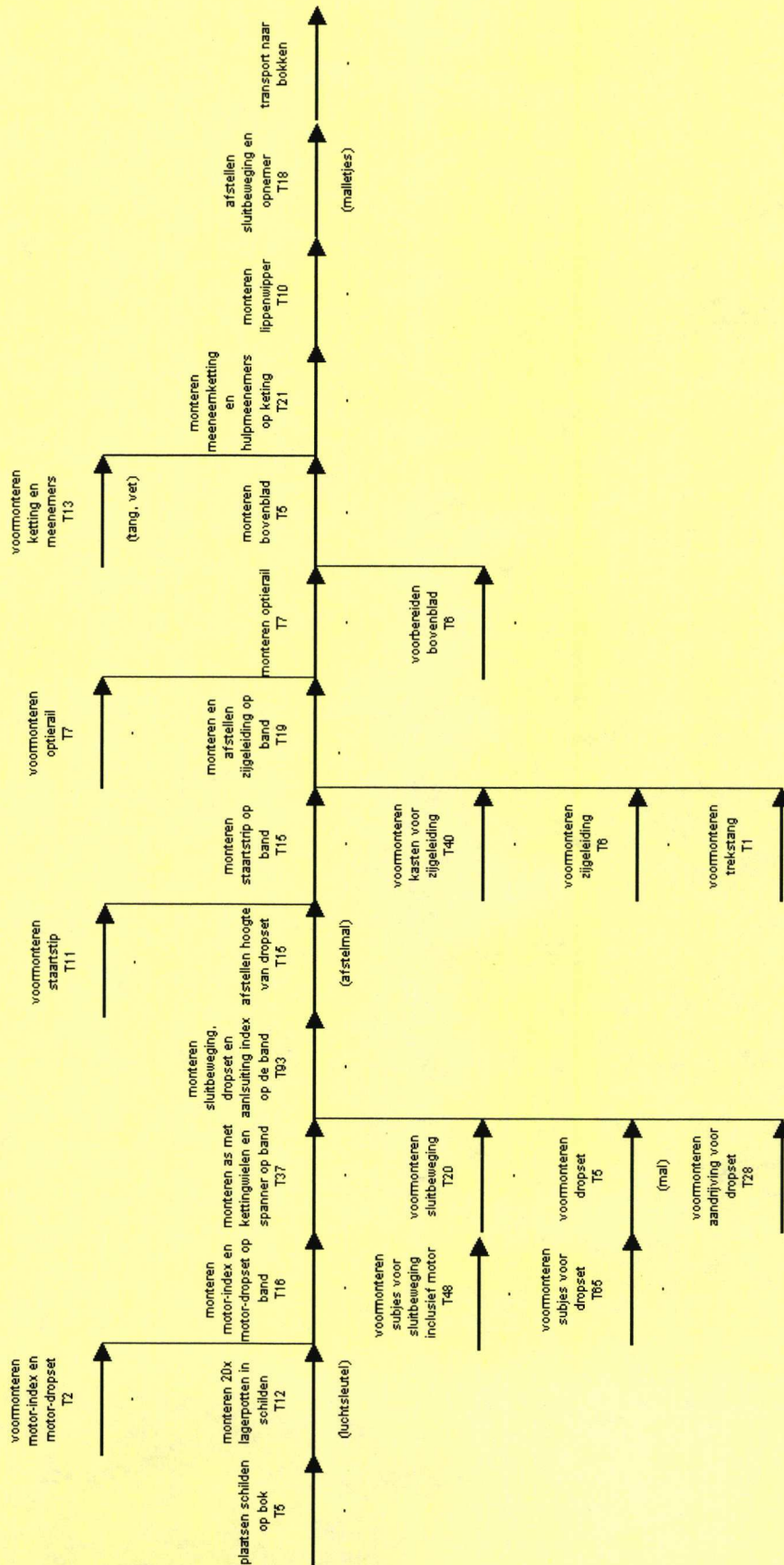
- Toetsen van het productontwerp op assemblage gerichte productopbouw. De door TNO ontwikkelde ASSPRO-checklist (ASSEMBlagegerichte PROductstructurering) in combinatie met MAS is opgezet om het productontwerp te evalueren op modulariteit en assemblagevriendelijkheid. De checklist omvat aandachtspunten zoals parallelisatie, afzonderlijk monteerbare en testbare samenstellingen, reductie van aantal en verscheidenheid van onderdelen, toegankelijkheid en eenvoud in positioneren.
- Stroomlijnen inrichting assemblageproces- en werkplekken. In geval van seriematige productie wordt het MAS gebruikt als basis voor het analyseren en verbeteren van de inrichting van het proces. Uitgaande van productieaantallen, de processtappen en de benodigde tijd worden de werkplekken vastgesteld (soort, aantal en onderlinge rangschikking). Vervolgens wordt nader ingezoomd op de inrichting van de werkplek zelf met het oog op efficiëntie en ergonomie.
- Opzetten van assemblage werkinstructies en testinstructies. In geval van complexe werkzaamheden wordt het MAS benut als kapstok voor het per stap vastleggen van gegevens over kritische montage-, afstel- en testhandelingen en het gebruik van speciale montagehulpmiddelen. Het vastleggen van dergelijke gegevens draagt bij tot een kwaliteitsverbetering van het product en het proces. Bovendien zorgen werkinstructies voor een eenvoudiger en eenduidiger informatie-overdracht naar het personeel.

In de praktijk is gebleken dat bij de introductie van MAS en daarmee samenhangende verbetertrajecten begeleiding van een externe deskundige van TNO gewenst is. De uiteindelijke bedoeling is dat het instrument MAS in het bedrijf wordt ingebed en bij voorkeur reeds bij het ontwikkelen van het product wordt meegenomen; eerst op grof niveau in de conceptfase en daarna nader uitgewerkt bij de detaillering. Daarmee wordt een verkorting van de time-to-market gerealiseerd met een soepeler overdracht vanuit de ontwerpfase naar productie. De vroegtijdige evaluatie van het beoogde assemblageproces verhoogt bovendien de betrokkenheid, de communicatie en de motivatie bij het personeel.

Aandachtspunten bij het opstellen van het MAS

- Eerst het activiteitennetwerk opstellen en daarna per stap tijdschattingen toevoegen.
- Bij het opstellen van een MAS is het belangrijk onderscheid te maken naar activiteiten die na elkaar moeten plaatsvinden en activiteiten die onafhankelijk van elkaar, dus gelijktijdig, kunnen plaatsvinden.
- Deelprocessen in het MAS kernachtig benoemen volgens 'samenstellen motorunit', 'testen motorunit', 'inbouwen motorunit in frame', 'testen machine met product', etc.
- Bij het opstellen van het MAS steeds afvragen in hoeverre het zinvol is om een voor te monteren samenstelling eerst te testen voordat deze wordt ingebouwd in een hogere samenstelling of eindproduct. Daarmee kan tijdrovend testen van het eindproduct worden voorkomen.
- Tijdschattingen per deelproces toevoegen volgens $T=10$ (bijvoorbeeld uren of minuten) in geval uitvoering door 1 persoon en $T=10$ en $D=5$ in geval uitvoering door 2 personen (T = werkinhoud, D = doorlooptijd).
- Bij grote systemen, machines of installaties is het zinvol om eerst het bouwproces van het gehele product op grof niveau, in kaart te brengen en daarna de afzonderlijke bouwgroepen verder te detailleren.
- Bij voorkeur het MAS opstellen in de logische materiaalstroom van deelmontages tot en met het eindproduct in wording.
- Aan het MAS kunnen naast de tijd (werkinhoud) per deelproces aspecten worden toegevoegd zoals:
 - Speciale handling stappen (bijvoorbeeld omdraaien product).
 - Identificatie van werkplekken (bijvoorbeeld op werkbank of op teststation).
 - Gebruik van speciaalgereedschap of voorziening (bijvoorbeeld op heftafel, of kantelmal).
 - Werklocatie (bijvoorbeeld onderin, bovenin, aan voorzijde of achterzijde van product).
 - Gewichten van zware onderdelen of bouwgroepen.
- Eerst het MAS opstellen voor het basisproduct; daarna het basis-MAS benutten om per hoofdvariant de belangrijkste afwijkingen in bouwvolgorde en/of procestijden aan te geven.

MOBA - Barneveld
Montage Afloopschema (MAS)
OMNIA-bouwgroep: Band
 T= Tijd in minuten per stuk (band)



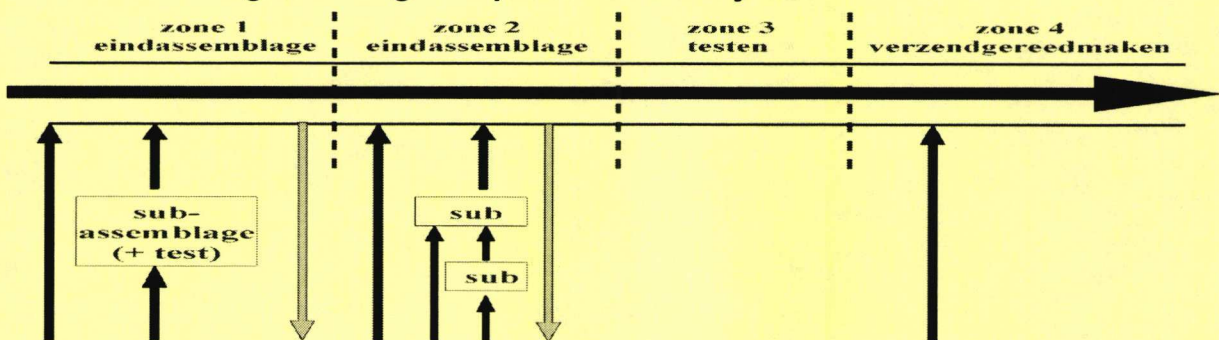
Figuur 2: voorbeeld MAS voor een bouwgroep van een machine (bron MOBA).

Ad. I2 - Aandachtspunten voor verbetering rangschikking tussen werkplekken en op werkplekken

Dit instrument bestaat uit twee checklisten; één voor de onderlinge rangschikking van werkplekken in de lay-out en één voor het inrichten van een werkplek. De grenswaarden voor het beoordelen van de ergonomische omstandigheden staan in I3 – Grenswaarden Ergonomie.

Per aandachtspunt wordt een beoordeling gemaakt van de huidige situatie en deze wordt beoordeeld als rood, oranje of groen. Rood wordt gebruikt voor een groot knelpunt, oranje voor een knelpunt en groen voor goede situatie. Per aandachtspunt is tevens aangegeven wat de effecten zijn van een 'groene situatie'.

1. Checklist rangschikking werkplekken in de lay-out



Voorzieningen voor transport en handling, inclusief hijsen tussen opeenvolgende werkplekken

Aandachtspunt	Score			Eindeffecten
	Rood	Oranje	Groen	
Beschikbaarheid (voldoende aantallen, dicht in de buurt)				<ul style="list-style-type: none"> Minder wachten Minder fysieke belasting
Kwaliteit van de voorziening in de zin van: <ul style="list-style-type: none"> Werking Tillen tijdens gebruik Duwen en trekken 				<ul style="list-style-type: none"> Minder wachten/oponhoud Minder fysieke belasting Eerder geneigd hulpmiddel daadwerkelijk te gebruiken
Ontkoppeling van voorzieningen voor transport naar de werkplek en voorzieningen voor handling tijdens assemblage op de werkplek				<ul style="list-style-type: none"> Minder wachten Efficiëntere taakuitvoering omdat lokale handlingvoorziening beter kan worden toegesneden op de assemblage-taak (fitness for purpose)

Rangschikking werkplekken				
Aandachtspunt	Score			Eindeffecten
	Rood	Oranje	Groen	
Werkplekken zijn gerangschikt overeenkomstig bouwvolgorde				<ul style="list-style-type: none"> • Soepeler doorstroming orders • Minder handling • Minder ruimte beslag
Korte afstanden tussen opeenvolgende werkplekken				<ul style="list-style-type: none"> • Minder handling • Minder fysieke belasting
Doorlooptijd voor alle producten in opeenvolgende werkplekken binnen dezelfde assemblagelijijn is ongeveer even groot				<ul style="list-style-type: none"> • Gelijkmatiger doorstroming • Minder wachten • Efficiëntere inzet personeel
Werkplekken/zones in eindassemblage zijn voldoende groot (lang) om onderdelen/subs goed te kunnen aanleveren				<ul style="list-style-type: none"> • Sneller monteren in eindassemblage (minder loopwerk) • Door minder loopwerk, minder fysieke belasting • Minder zoeken/vergissingen • Directer aan te leveren
Voor kritische voormontages zijn er werkplekken voor tussentijds testen				<ul style="list-style-type: none"> • Minder tijdrovende eindtesten • Snellere terugkoppeling bij fouten • Vergroot kwaliteitsbesef in assemblage • Minder oponthoud bij eindtesten
Aanvoerpaden, onderdeellocaties en werkruimte zijn van elkaar gescheiden				<ul style="list-style-type: none"> • Minder tussentijdse handling • Overzichtelijker • Minder belemmering werkgebied/minder wachten • Veiliger werkgebied

2. Checklist inrichting werkplek



Onderdeeltoevoerlocaties op de werkplek				
Aandachtspunt	Score			Eindeffecten
	Rood	Oranje	Groen	
Onderdelen hebben eigen plek / locatie <ul style="list-style-type: none"> • Vaste plek (permanent) voor gemeenschappelijk gebruik voor verschillende productvarianten • Vaste plek voor ordergerichte aanvoer van bepaalde onderdelen 				<ul style="list-style-type: none"> • Minder zoeken door monteur • Minder zoeken door magazijn-medewerker • Minder kans op fouten (door onderdeel op verkeerde locatie) • Sneller inwerken
Onderdeellocaties zijn gerangschikt volgens bouwproces				<ul style="list-style-type: none"> • Minder loopwerk • Sneller inwerken • Efficiëntere assemblage
Onderdelen zijn opgeslagen op juiste hoogte in verband met fysieke belasting				<ul style="list-style-type: none"> • Minder bukken, reiken, trekken (fysieke belasting) • Efficiënter werken
Onderdelen zijn bereikbaar voor hulpmiddelen voor transport				<ul style="list-style-type: none"> • Snellere / efficiëntere aanvoer • Minder fysieke belasting • Minder kans op fouten • Sneller inwerken
Hoeveelheid per onderdeel is toegesneden op verbruik (vnoornamelijk voor grote onderdelen)				<ul style="list-style-type: none"> • Minder ruimtebeslag op werkplek door voorraden • Betere bereikbaarheid onderdelen (dichterbij) • Iets frequenter transport naar werkplek, maar hanteerbaarder hoeveelheden • Minder snel geneigd om batches te maken
Onderdelen staan dicht in de buurt van werkplek				<ul style="list-style-type: none"> • Efficiënter werken (minder lopen) • Minder fysieke belasting (bij grote onderdelen)

Voorzieningen voor positioneren (mallen – productdragers)				
Aandachtspunt	Score			Eindeffecten
	Rood	Oranje	Groen	
Beschikbaarheid (voldoende aantallen, dicht in de buurt)				<ul style="list-style-type: none"> • Minder wachten • Minder zoeken • Minder lopen • Minder omstellen • Minder tillen/sjouwen
Kwaliteit van de voorziening in de zin van: <ul style="list-style-type: none"> • Werking / bruikbaarheid • Werkhouding tijdens gebruik • Repeterend werk 				<ul style="list-style-type: none"> • Minder verstoringen • Minder fysieke belasting • Sneller inwerken • Minder statische/eenzijdige belasting • Daadwerkelijk gebruik hulpmiddelen

Voorzieningen voor transport en handling, inclusief hijsen				
Aandachtspunt	Score			Eindeffecten
	Rood	Oranje	Groen	
Beschikbaarheid (voldoende aantallen, dicht in de buurt)				<ul style="list-style-type: none"> • Minder wachttijd • Minder zoeken • Minder lopen • Minder fysieke belasting • Minder kans op 'even met de hand tillen'
Kwaliteit van de voorziening in de zin van: <ul style="list-style-type: none"> • Werking / bruikbaarheid • Tillen tijdens gebruik • Duwen en trekken 				<ul style="list-style-type: none"> • Minder verstoringen • Minder fysieke belasting • Hogere veiligheid • Juiste / snelle / prettige werking, nodigt uit tot gebruik

Voorzieningen en gereedschap voor bevestigen van onderdelen				
Aandachtspunt	Score			Eindeffecten
	Rood	Oranje	Groen	
Beschikbaarheid (voldoende aantallen, dicht in de buurt)				<ul style="list-style-type: none"> • Minder lopen • Minder wachten • Minder zoeken
Kwaliteit van de voorziening in de zin van: <ul style="list-style-type: none"> • Werking / bruikbaarheid • Gewicht • Omvang – grip • Reactiekrachten • Trillingen • Geluid • Stand pols – arm 				<ul style="list-style-type: none"> • Minder fysieke belasting • Minder verstoringen; kwaliteit product hoger • Minder vermoeidheid • Minder kans op fysieke klachten aan pols, arm, schouder, gehoor • Hogere nauwkeurigheid • Hogere hanteerbaarheid • Juiste / snelle / prettige werking nodigt uit tot gebruik
Direct voor handen, binnen hand bereik, geordend				<ul style="list-style-type: none"> • Minder zoeken • Minder kans op misgrijpen

Voorzieningen voor juiste werkhouding				
Aandachtspunt	Score			Eindeffecten
	Rood	Oranje	Groen	
Zit- of stahulpmiddelen met voldoende instelmogelijkheden				<ul style="list-style-type: none"> • Reductie fysieke belasting (minder lang staan) • Afwisseling mogelijk tussen zitten en staan
Voldoende ondersteuning lichaam				<ul style="list-style-type: none"> • Reductie fysieke belasting
Werkhoogte: <ul style="list-style-type: none"> • instelbaar op persoonlijke afmetingen en voorkeuren • instelbaar afhankelijk van werkhoogte in het product 				<ul style="list-style-type: none"> • Minder voorovergebogen werken • Minder 'op tenen staan' • Minder werken met geheven armen
Reikdiepte				<ul style="list-style-type: none"> • Minder 'optrekken schouders' • Minder belasting schouders en rug

Voorzieningen voor testen en afstellen				
Aandachtspunt	Score			Eindeffecten
	Rood	Oranje	Groen	
Beschikbaarheid (voldoende aantallen, dicht in de buurt)				<ul style="list-style-type: none"> • Minder loopwerk • Minder verstoringen • Minder slepen / sjouwen
Kwaliteit van de voorziening in de zin van: <ul style="list-style-type: none"> • Werking • Werkhouding 				<ul style="list-style-type: none"> • Minder kans op fouten • Minder kans op statische / eenzijdige belasting • Sneller inwerken
Repeterend werk				<ul style="list-style-type: none"> • Minder schouder-, arm-, nekbelasting
Veiligheid				<ul style="list-style-type: none"> • Minder kans op ongevallen

Aard van het werk				
Aandachtspunt	Score			Eindeffecten
	Rood	Oranje	groen	
Werkomgeving <ul style="list-style-type: none"> • Klimaat • Geluid • Licht • Uitstoot schadelijke stoffen 				<ul style="list-style-type: none"> • Minder kans op vermoeidheid en ziek worden • Minder kans op gehoorbeschadiging • Verbeterde communicatie • Beter zicht, minder kans op fouten • Minder kans op uitval door schadelijke stoffen
Taakinhoud <ul style="list-style-type: none"> • Regeltaken • Organiserende taken • Uitvoerende taken 				<ul style="list-style-type: none"> • Minder monotone taken • Betere motivatie • Betere / bredere inzetbaarheid • Kwaliteit werk omhoog • Langere inwerktijd
Tempodruk				Bij tempodruk <ul style="list-style-type: none"> • Meer stress • Meer kans op fouten • Minder welzijn
Kort cyclische belasting				<ul style="list-style-type: none"> • Monotoon werk, met kans op fouten en weinig 'creativiteit' • Kans op fysieke klachten door eenzijdige belasting
Fysieke belasting binnen toelaatbare grenzen				<ul style="list-style-type: none"> • Minder klachten • Minder ziekteverzuim • Minder vermoeidheid • Hogere motivatie • Hogere productiviteit
Communicatie				Bij goede communicatie <ul style="list-style-type: none"> • Hogere efficiëntie • Minder kans op fouten • Betere motivatie • Beter welzijn

Werkinstructies op de werkplek				
Aandachtspunt	Score			Eindeffecten
	Rood	Oranje	Groen	
Beschikbaarheid <ul style="list-style-type: none"> • Op juiste plek • Op tijd 				<ul style="list-style-type: none"> • Minder zoeken • Minder kans op vergissingen • Sneller uitvoeren assemblage-taak • Direct goed
Kwaliteit in de zin van: <ul style="list-style-type: none"> • Toegesneden op (beperkt tot) uit te voeren taak • Toegesneden op gebruiker 				<ul style="list-style-type: none"> • Minder kans op vergissingen • Sneller inwerken • Eenduidige kwaliteit • Sneller / efficiënter werken

Werkruimte op de werkplek				
Aandachtspunt	Score			Eindeffecten
	Rood	Oranje	Groen	
Voorzieningen <ul style="list-style-type: none"> • Zitsteun • Stasteun • Voetensteun • Ligkarretje (zoals in garages) 				<ul style="list-style-type: none"> • Minder vermoeidheid • Betere werkhouding en dus hogere kwaliteit werk, betere bereikbaarheid en minder klachten • Beter zicht
Voldoende beenruimte				<ul style="list-style-type: none"> • Betere werkhouding • Beter zicht op werk (aanschuiven naar werk)
Voldoende loopruimte				<ul style="list-style-type: none"> • Minder struikelgevaar • Betere bereikbaarheid onderdelen
Vrije transportruimte binnen werkplek				<ul style="list-style-type: none"> • Hogere veiligheid • Efficiënter transport door minder / sneller manoeuvreren • Meer gebruik hulpmiddelen

Afvoerlocaties van werkplek				
Aandachtspunt	Score			Eindeffecten
	Rood	Oranje	Groen	
Samenstellingen hebben eigen afvoerplek of afvoerlocatie				<ul style="list-style-type: none"> • Eenduidige werkwijze • Minder zoeken door eindassy / volgend station • Minder kans op fouten • Sneller inwerken
Afvoerlocaties zijn gerangschikt volgens behoefte afnemer / volgende proces				<ul style="list-style-type: none"> • Snellere eindmontage • Minder loopwerk • Sneller inwerken
Samenstellingen zijn opgeslagen op juiste hoogte in verband met tillen				<ul style="list-style-type: none"> • Minder bukken en reiken • Snellere assemblage
Samenstellingen zijn bereikbaar voor hulpmiddelen voor transport				<ul style="list-style-type: none"> • Minder fysieke belasting (trekken, duwen, tillen) • Snellere / efficiëntere assemblage
Hoeveelheid per samenstelling is toegesneden op verbruik (voornamelijk voor grote onderdelen)				<ul style="list-style-type: none"> • Minder loopwerk • Minder ruimtebeslag • Snellere assemblage
Samenstellingen staan dicht in de buurt van volgende gebruiker				<ul style="list-style-type: none"> • Minder loopwerk • Minder fysieke belasting

Afvoer restmateriaal				
Aandachtspunt	Score			Eindeffecten
	Rood	Oranje	Groen	
Afvalstromen hebben eigen plek / locatie				<ul style="list-style-type: none"> • Minder belemmering toegankelijkheid onderdeellocaties
Plekken zijn bereikbaar voor hulpmiddelen voor transport (geldt voornamelijk voor groot / zwaar afval)				<ul style="list-style-type: none"> • Hogere veiligheid • Minder verstoringen primaire proces • Minder fysieke belasting
Toegesneden op verbruik (geldt voornamelijk voor grote / volumineuze afvalstromen)				<ul style="list-style-type: none"> • Minder snel verstoringen door opeenhoping materiaal • Minder ruimtebeslag

Ad. 13 - Grenswaarden ergonomie

Wat is ergonomie?

Ergonomie richt zich op het ontwerpen van arbeidssituaties. Ergonomie streeft naar het zodanig ontwerpen van producten (machines), productieomgevingen en arbeidstaken dat de mens veilig, gezond en efficiënt zijn werk kan uitvoeren. Een van de aandachtspunten van de ergonomie is de fysieke of lichamelijke belasting. Andere aandachtspunten zijn mentale belasting en omgevingsfactoren zoals klimaat, licht en geluid.

In deze paragraaf worden uitsluitend richtlijnen geformuleerd voor fysieke belasting.

Wat is fysieke belasting?

In de assemblage-industrie wordt veel fysiek belastend werk verricht. Bijvoorbeeld het tillen van zware onderdelen, het dragen van gereedschappen en bakken met onderdelen en het duwen en trekken van karren e.d. Maar ook langdurig in één houding werken tijdens montage komt veel voor, evenals heel frequent dezelfde bewegingen maken. Samengevat bestaan de volgende vormen van fysieke belasting:

- Tillen, dragen
- Duwen, trekken
- Ongunstige werkhouding
- Repeterende bewegingen

Deze verschillende vormen van fysieke belasting brengen gezondheidsrisico's met zich mee zoals klachten en blessures van botten, spieren, banden en gewrichten. Op grond van beschikbare wetenschappelijke studies kan met behulp van zogenaamde gezondheidkundige grenswaarden (richtlijnen) worden aangegeven wanneer er sprake is van een verhoogd risico. Bij de richtlijnen wordt gebruik gemaakt van drie beoordelingsgebieden:

Groen gebied:	er is geen verhoogd risico op gezondheidsschade
Geel gebied:	er is een verhoogd risico op gezondheidsschade
Rood gebied:	er is een sterk verhoogd risico op gezondheidsschade. Het is noodzakelijk direct maatregelen te nemen.

In deze paragraaf zijn alleen de grenswaarden van het rode gebied weergegeven: wanneer er dus sprake is van een sterk verhoogd risico op gezondheidsschade.

Opbouw van deze richtlijnen:

De richtlijnen zijn opgebouwd rondom de soorten fysieke belasting:

1. Tillen, dragen
2. Duwen, trekken
3. Ongunstige werkhouding
4. Repeterende bewegingen.

Per soort fysieke belasting volgt eerst een korte introductie en toelichting. Vervolgens worden de richtlijnen met toelichtende figuren verder uitgelegd. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen een eerste scan (de "vuistregels") en tweede (deskundige) scan. De bedoeling van de eerste scan is om de belangrijkste "rode" situaties in de praktijk te kunnen herkennen. Deze eerste scan is echter niet afdoende: door een ongunstige combinatie van factoren kan een rode situatie ontstaan en dus kans op gezondheidsschade. Een tweede (nadere) analyse door deskundigen is altijd nodig. Deze tweede scan komt in dit document daarom slechts zijdelings aan de orde.

Ad. 1 - Tillen en dragen

Wat is tillen?

Er is sprake van tillen als een last handmatig wordt opgepakt, verplaatst en neergezet.

Wat is dragen?

Er is sprake van dragen als een last handmatig wordt vastgehouden tijdens het verplaatsen, bijvoorbeeld lopen.

Voorbeelden uit de praktijk:

- Tillen van onderdelen hoog uit stelling
- Tillen van onderdelen laag van pallet of uit een gitterbox
- Plaatsen van onderdelen op een mal of bok
- Dragen van onderdelen uit voormontage naar de lijn
- Tillen van kant en klare product van de rollenbaan, kar etc.

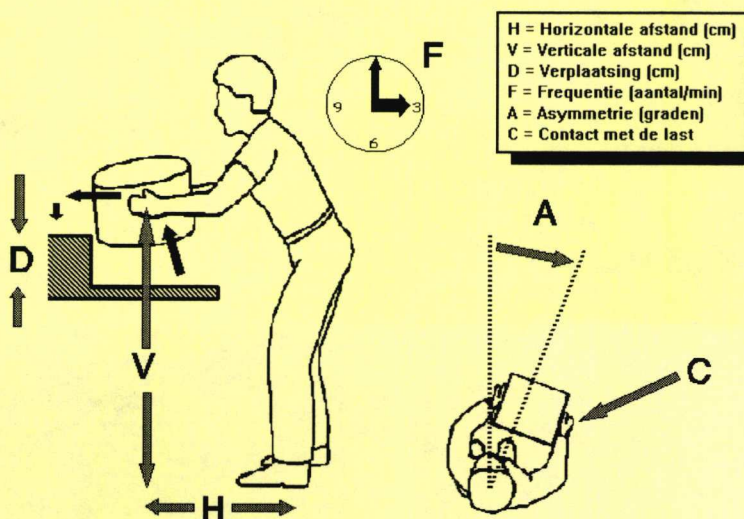
Risicogebieden

Bij tillen en dragen vormen rug en schouders risicogebieden voor overbelasting en klachten.

Eerste scan: wat is rood bij tweehandig tillen?

Als één van de volgende factoren wordt overschreden wordt de tilsituatie **rood** (zie figuur 1)

- Meer dan 25 kg tillen in stand
- Meer dan 10 kg zittend, gehurkt of geknield tillen
- Meer dan 17 kg eenhandig tillen
- Een horizontale afstand groter dan 63 cm
- Hoger dan 175 cm vanaf de vloer tillen
- Lager dan de vloer tillen
- Meer dan 135° gedraaid tillen
- Vaker dan 15 maal per minuut tillen.



Figuur 1: het maximale tilgewicht is per tilsituatie verschillend en is afhankelijk van een groot aantal factoren.

Waarschuwing:

Ook wanneer geen enkele factor wordt overschreden, kan sprake zijn van een rode tilsituatie! Dit kan het geval zijn door een ongunstige combinatie van bovenstaande factoren dan wel door de aanwezigheid van andere risicofactoren, zoals:

- eenhandig tillen
- geen goede handvatten
- volumineuze last
- gladde vloer
- vloer met obstakels
- ongunstige omgevingsfactoren (klimaat).

In dergelijke gevallen is een nadere analyse door een deskundige vereist (zie tweede scan).

Eerste scan: Wat is rood bij dragen?

- gewicht bij tweehandig dragen >25 kg
- gewicht bij eenhandig en niet frequent dragen >10 kg.

Samenvattend: vuistregels bij tweehandig tillen en dragen:

- niet meer dan 23 kg tillen
- niet meer dan 25 kg dragen
- niet onder kniehoogte tillen
- niet boven schouderhoogte tillen
- niet ver van het lichaam (niet met gestrekte armen) tillen.

N.B.

Dit zijn vuistregels. Ook wanneer bijvoorbeeld minder dan 23 kg wordt getild, dan nog kunnen bepaalde tilsituaties rood zijn en dus grote kans op gezondheidsschade opleveren. Raadplegen van een deskundige voor een nadere (tweede) analyse verdient de voorkeur.

Tweede scan

Door een ongunstige combinatie van de genoemde factoren kan een rode tilsituatie ontstaan en dus kans op gezondheidsschade. Wanneer minder dan 23 kg wordt getild, dan nog kunnen bepaalde tilsituaties rood zijn omdat er frequent wordt getild en/of ver van het lichaam. Een nadere analyse is dan vereist: de NIOSH-methode met behulp van de NIOSH-formule (1991):

$$RWL = LC \times Hf \times Vf \times Df \times Ff \times Af \times Cf$$

RWL: Recommended Weight Limit

LC= Gewichtsconstante = 23 kg

Hf = factor van horizontale afstand

Vf = factor voor verticale afstand

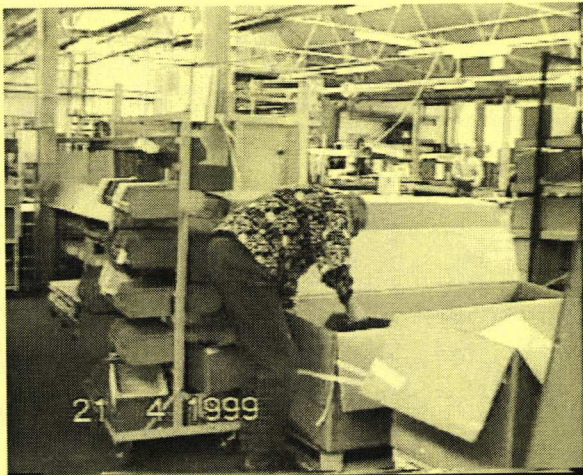
Df= factor voor verplaatsing

Af= factor voor draaiing (asymmetrie)

Ff= factor voor frequentie en taak- en rustduur

Cf= factor voor handcontact met de last (goed-gewoon-slecht).

In de optimale situatie zijn alle factoren 1 en mag er maximaal 23 kg getild worden. Wanneer men ver van het lichaam tilt (zie figuur 2) en/of laag (zie figuur 3) bij de grond of in een gedraaide romphouding, dan worden de genoemde factoren kleiner dan 1 en het aanbevolen tilgewicht kleiner dan 23 kg. Dit is ook het geval als men bijvoorbeeld boven schouderhoogte tilt (zie figuur 4). Per tilsituatie kan het maximale tilgewicht worden berekend met behulp van bovenstaande formule. Met het softwarepakket "tiladviseur" (TNO Arbeid) is deze berekening eenvoudig uit te voeren.



Figuur 2: ver van het lichaam tillen



Figuur 3: laag bij de grond tillen



Figuur 4: boven schouderhoogte tillen

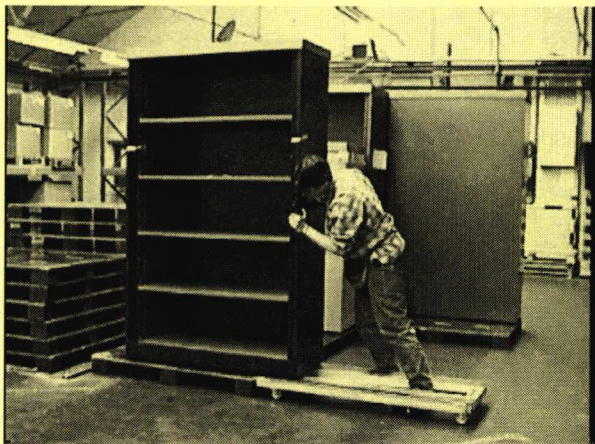
Ad. 2 - Trekken en duwen

Wat is trekken / duwen?

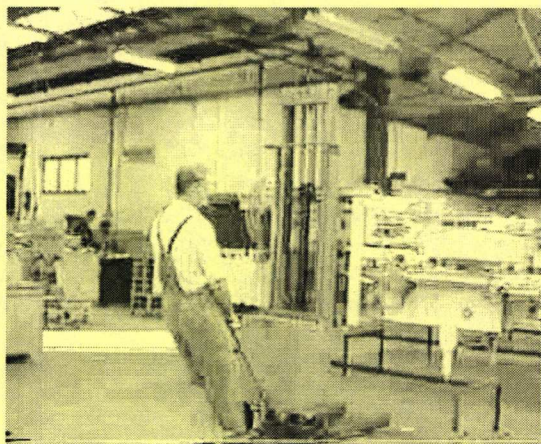
Er is sprake van duwen of trekken als een last handmatig in beweging wordt gezet en verplaatst over langere afstand, zonder dat de last gedragen wordt.

Voorbeelden:

- Duwen van karren die onderdelen / voormontages aanvoeren
- Duwen van het product op een pallet (figuur 5)
- Duwen / trekken van palletwagen voor verplaatsen van machines (figuur 6).



Figuur 5: duwen



Figuur 6: trekken

Risicogebieden

Bij duwen en trekken vormen rug en schouders risicogebieden voor overbelasting en klachten.

Eerste scan tweehandig duwen / trekken: Wat is rood?

- duwend in gang zetten met inzet van het lichaamsgewicht >300N
- duwend in gang houden met inzet van het lichaamsgewicht >200N
- trekkend in gang zetten met inzet van het lichaamsgewicht >200N
- trekkend in gang houden met inzet van het lichaamsgewicht >200N
- niet frequent op de plek duwen en trekken met de armen >170N

Voor het uitvoeren van deze eerste scan wordt een duw- en trekmeter gebruikt.

Risicofactoren bij duwen en trekken

- hoge rol/schuifweerstand van de last (vloer)
- grote verplaatsingsafstand van een last (zie tabel 1)
- hoge frequentie van duwen / trekken (zie tabel 1)
- een lage wrijvingsweerstand van de voeten met de ondergrond
- een hoge loopsnelheid
- een ongunstige locatie van het handvat (te hoog of te laag of niet recht voor het lichaam)
- een ongunstige (niet vrij te kiezen) lichaamshouding
- een asymmetrische krachtoefening (eenhandig, koerswijzigingen)
- slecht zicht op de ondergrond, obstakels etc.

N.B.

Ook wanneer de genoemde waarden in de eerste scan niet worden overschreden, dan nog kan een ongunstige combinatie van de factoren frequentie en afstand een rode situatie opleveren en dus kans op gezondheidsschade. Een nadere analyse door een deskundige is dan vereist (zie tweede scan).

Tweede scan duwen en trekken

Bijgaand de tabel waarin de risicofactoren frequentie en afstand zijn meegenomen.

In de tabel worden grenswaarden voor in gang zetten weergegeven en tussen haken () grenswaarden voor in gang houden.

Tabel 1: Grenswaarden voor trek- en duwkrachten (N) bij verschillende frequenties en afstanden. Grenswaarden voor in gang zetten en tussen haken () grenswaarden voor in gang houden.

F=frequentie A=afstand	Frequentie 5x/min.	Frequentie 12x/uur	Frequentie 1x/8 uur
Afstand 2 meter	180 (100)	D 240 (160) T 200 (160)	D 300 (200) T 200 (200)
Afstand 15 meter		200 (120)	200 (140)
Afstand 30 meter		180 (100)	200 (120)

D=duwen T=trekken
A=afstand F=frequentie

Ad.3 - Ongunstige werkhouding

Wat is statische belasting door ongunstige werkhouding?

Bij het werken in een ongunstige werkhouding kan zich in bepaalde lichaamsregio's statische belasting voordoen. Er is sprake van statische belasting als één of meer lichaamsdelen duidelijk zichtbaar in één stand worden gehouden.

Voorbeelden van ongunstige werkhouding

- voorovergebogen houding tijdens montagewerk onder in een machine of apparaat
- montagewerk boven het hoofd: geheven armen
- langdurig staand werk tijdens (voor)montage.

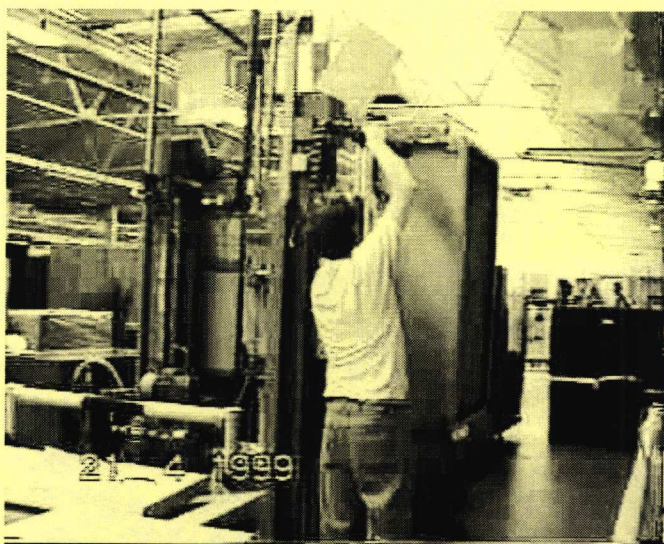
Risicogebieden

Bij ongunstige werkhouding vormen meerdere regio's risicogebieden voor overbelasting en klachten: enkels, benen, rug, schouder, elleboog, pols.

Eerste scan werkhouding: wat is rood?

Schouder:

- bovenarm >60° geheven (figuur 7)
- bovenarm tussen 20-60° geheven gedurende opgeteld 4 uur op een dag
- werken met opgetrokken schouders.



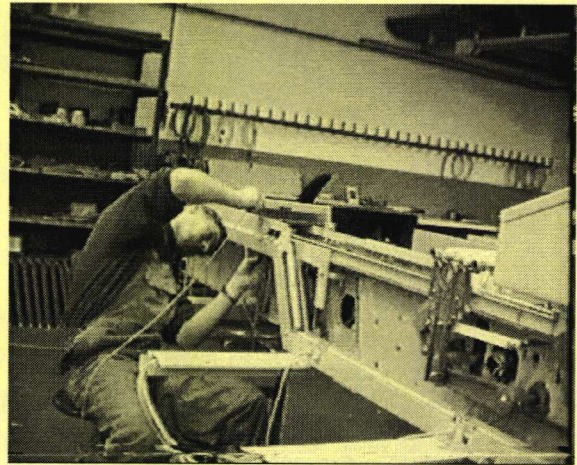
Figuur 7: houding met geheven armen

Lage rug

- romp $>60^\circ$ voorovergebogen
- romp tussen $20-60^\circ$ voorovergebogen gedurende opgeteld 4 uur op een dag (figuur 8)
- romp gedraaid (figuur 9)
- romp $<0^\circ$ gebogen: dat wil zeggen achterover gebogen.



Figuur 8: voorovergebogen werkhouding



Figuur 9: werkhouding met gedraaide romp en geheven arm

Nek

- nek $>25^\circ$ gebogen
- gedraaide nek of zijwaarts gebogen
- nek $<0^\circ$ gebogen: dat wil zeggen achterover gebogen.

Benen en rug

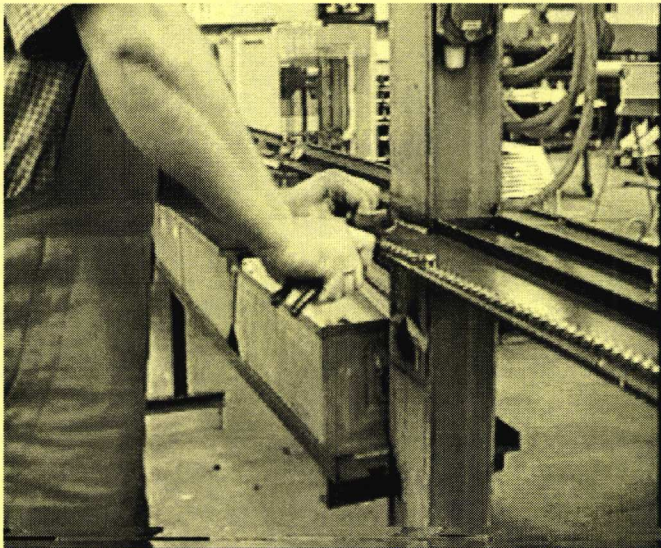
- langdurig staan: 1 uur achtereen of opgeteld 4 uur op een dag



Figuur 10: langdurig plaatsgebonden staan tijdens montagewerkzaamheden

Overig

- extreme gewrichtsstanden bij bijvoorbeeld pols (zie figuur 11) of knieën tijdens gekniel of gehurkt werken



Figuur 11: extreme polsstanden tijdens assemblage. Het frequent leveren van kracht in een ongunstige polsstand kan klachten opleveren

Samenvattend: vuistregels

- Werkhoogte heeft invloed op stand van romp, armen en nek. De optimale werkhoogte is afhankelijk van het soort werk (precisie of kracht), van de lichaamslengte van de medewerker en van hoogte van het product.
- Voorkomen van geheven armen: werk binnen reikwijdte van onderarm lengte.
- Aandachtspunt: verschillende lichaamslengten van medewerkers.
- Voorkomen van polsbuiging: juiste gereedschap (pistoolgreep of andere greep, figuur 11).
- Voorkomen van trillend gereedschap.
- Indien mogelijk gezien de aard van de werkzaamheden afwisselend staand en zittend werken.

N.B.

Ook wanneer de genoemde waarden in de eerste scan niet worden overschreden, dan nog kan een ongunstige combinatie van de factoren houding, frequentie en krachtoefening een rode situatie opleveren en dus kans op gezondheidsschade. Een nadere analyse en juiste beoordeling door een deskundige zijn dan vereist.

Voorbeelden hiervan zijn:

- Ongunstige polsstand in combinatie met het hanteren van zwaar gereedschap.
- Voorovergebogen montagewerk in combinatie met uitoefenen van kracht en slecht zicht.

Ad. 4 - Repeterende handelingen

Wat is repeterend werk?

Er is sprake van repeterend werk als relatief kortdurende bewegingen of krachten voortdurend met een frequentie van meer dan twee maal per minuut moeten worden herhaald.

Voorbeelden

- repeterend vastschroeven: bevestigen
- frequent grijpen van onderdelen
- bij werkzaamheden die vaak dezelfde soort bewegingen vragen.

Risicogebieden

Bij repeterende handelingen vormen meerdere regio's risicogebieden voor overbelasting en klachten: rug, schouder, elleboog, pols. Kans op Repetitive Strain Injuries: RSI.

Eerste scan: wat is rood?

Schouder

- frequent bovenarm $>60^\circ$ geheven (figuur 12)



Figuur 12: frequente armheffing

Lage rug

- frequent rompbuiging: romp $>20^\circ$ gebogen
- frequente gedraaide romp of zijwaartse buiging
- frequent romp $<0^\circ$ achterover gebogen.

Nek

- frequent nek $<0^\circ$ (hoofd ten opzichte van de romp) gebogen: overstrekking
- frequent nek $>25^\circ$ (hoofd ten opzichte van de romp) gebogen.

Overig

- extreme gewrichtstanden van bijvoorbeeld de pols.

N.B.

Zie voor de verschillende houdingen ook de figuren 7 tot en met 11.

Risicofactoren

- werkdruk
- opgelegd werktempo
- temperatuur: koude en tocht
- trillingen en geluid
- onvoldoende afwisseling van werkzaamheden
- ongunstige werkhouding
- krachtoefening
- geen ondersteuning van de armen

N.B.

Ook wanneer de genoemde waarden in de eerste scan niet worden overschreden, dan nog kan een ongunstige combinatie van bijvoorbeeld de factoren houding, frequentie van bewegingen en krachttuioefening een rode situatie opleveren en dus kans op gezondheidsschade. Een nadere analyse en beoordeling door een deskundige zijn dan vereist.

Ad. 14 - Aandachtspunten bij de afweging van verschillende assemblageconcepten

Inleiding

Voor assemblagesystemen zijn twee hoofdconcepten te onderscheiden: standplaats en lijn. Deze hoofdconcepten kunnen in de praktijk op verschillende manieren uitgewerkt worden (uitvoeringsvormen):

- 1 Standplaats
 - 1.1 Machinebouw
 - 1.2 Werkbank
 - 1.3 Batch van producten

- 2 Lijn
 - 2.1 Lijn zonder roulatie
 - 2.2 Lijn met roulatie
 - 2.3 Shoppen

In deze paragraaf worden de verschillende concepten en uitvoeringsvormen daarvan beschreven.

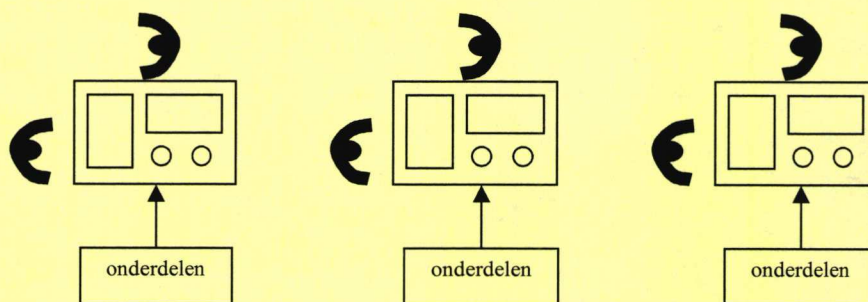
1. Standplaatsconcept

Het algemene kenmerk van het standplaatsconcept is, dat een product op één werkplek, zonder tussentijds transport wordt afgebouwd. In het algemeen zijn dan meerdere standplaatsen nodig om het gewenste productievolume te kunnen maken.

Van dit concept zijn drie verschillende uitvoeringsvormen te onderscheiden:

- 1.1 Machinebouw
- 1.2 Werkbank
- 1.3 Batch van producten

1.1 Standplaats machinebouw



In de productie worden plekken ingericht voor het assembleren van een complete machine. Op deze plekken is beperkte ruimte voor aanvoer van onderdelen en voormontages. Al naar gelang de behoefte worden onderdelen aangevoerd naar de standplaatsen. Voormontages worden zoveel mogelijk op aparte werkplekken gemaakt en direct aangevoerd naar standplaatsen, maar ook via centrale opslag. In verband met het vereiste productievolume wordt vaak aan meerdere producten tegelijk gewerkt op een aantal 'identieke' standplaatsen en door meerdere mensen aan één machine.

Dit concept is toepasbaar als:

- het product tijdens assemblage niet te verplaatsen is; bijvoorbeeld door grootte, gewicht of onvoldoende stabiliteit of het ontbreken van benodigde hulpmiddelen;
- het aantal benodigde standplaatsen op basis van productievolume en werkinhoud niet al te groot is. Bij een groot aantal standplaatsen betekent dit hoge investering voor ruimte, gereedschappen, voorzieningen en onderdelentoevoer;
- gedurende het hele assemblageproces dezelfde medewerker of hetzelfde team nodig is;
- er veel verschillende producten worden gemaakt die sterk van elkaar verschillen;
- er voor de assemblage voldoende ruimte nodig is en er geen dure, plaatsgebonden hulpmiddelen nodig zijn tijdens assemblage.

Voordelen:

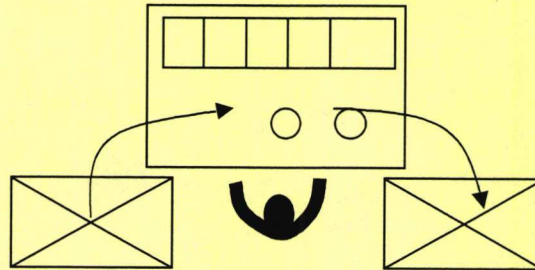
- + Medewerkers werken onafhankelijk van elkaar op eigen 'standplaats':
 - Verschillen in werktempo van medewerkers zijn daardoor niet zo'n probleem.
 - Geen balanceringsproblemen met verdelen van werkinhoud over meerdere plekken.
 - Inwerken nieuwe medewerkers verstoort productiviteit van anderen minder.
 - Medewerker of team van medewerkers maakt geheel product.
- + Grootst mogelijk flexibiliteit door universele werkplekken.
- + Geen tijd nodig voor tussentijds transport.
- + Geen hulpmiddelen nodig voor tussentijds transport.
- + Geen fysieke belasting voor tussentijds transport.
- + Monteurs hebben de mogelijkheden om eigen werk te organiseren.
- + Ruimere taakhoud door compleet product assembleren.
- + Productievolume aan te passen door inzet van meer of minder monteurs en standplaatsen; vereist niet veel voorbereidingstijd.
- + In geval van (tijdelijke) verstoringen kan toch voor andere producten op naburige standplaatsen worden doorgewerkt.

Nadelen:

- Omdat alles overal kan (moet kunnen) gebeuren is het moeilijk om slimme plekken in te richten om productiviteit en ergonomie te verbeteren. Daardoor mogelijk wat lagere productiviteit en hogere fysieke belasting.
- Gevaar van langere doorlooptijd door zelf assembleren van voormontages en vervolgens inbouwen.
- Loop- en zoekwerk voor onderdelen omdat er geen vaste locaties zijn.
- Door ontbreken van vaste locaties grotere kans op verstoringen (geen overzicht).
- Bouwproces veelal in hoofden van monteurs.
- Kan nadeel zijn voor constante kwaliteit, omdat monteurs op verschillende plekken de mogelijkheden hebben om verschillende werkwijzen te ontwikkelen.
- Inwerken nieuwe medewerkers kost (veel) tijd (maar verstoort niet productie van anderen, zoals in een lijn).
- Moeilijker aan te sturen omdat alle onderdelen naar alle werkplekken aangevoerd moeten kunnen worden.
- Minder benutting efficiëntie op deelhandelingen.
- Onduidelijk wat goede plaats is voor voormontages; voormontageplekken moeten immers aan alle standplaatsen toeleveren en daardoor waarschijnlijk grotere transportafstanden.
- Bij gebruik van dure, speciale gereedschappen volgende overwegingen:
 - Alle (speciale) gereedschappen op alle plekken beschikbaar hebben kost veel geld. Bovendien worden ze dan ook nog eens minder intensief gebruikt.
 - Alle (speciale) gereedschappen gedurende het assemblageproces, op het juiste moment naar standplaats brengen vereist planning en kost tijd; in praktijk zullen monteurs het gereedschap gaan zoeken als ze het nodig hebben.

- Voortgang en verstoringen van de assemblage worden slecht zichtbaar. Bij onvoldoende aandacht kan het leiden tot ‘bouwen met op dat moment beschikbare onderdelen’ en ‘gebruiken van onderdelen die eigenlijk voor andere machines waren bestemd’. Een goed systeem om de voortgang te volgen is een randvoorwaarde.
- Gevolgen van een onvoldoende doordacht productontwerp vallen niet zo op tijdens productie; dit kan leiden tot onvoldoende aandacht van ontwerpers voor een assemblagegericht ontwerp.

1.2 Standplaats werkbank



In de productie wordt rondom een werkbank een werkplek ingericht met alle benodigde onderdelen, hulpmiddelen en gereedschappen voor het assembleren van het product. Afhankelijk van de grootte van het product en de beschikbare ruimte kan één product of een batch van een aantal producten worden geassembleerd.

In verband met het vereiste productievolume worden vaak een aantal ‘identieke’ werkbanken ingericht.

Dit concept is toepasbaar als:

- de werkinhoud (aantal assemblage uren) van het product klein is
- het product zelf klein is
- de onderdelen voor een redelijk aantal producten op een werkplek goed bereikbaar kunnen worden opgeslagen
- het product uit weinig onderdelen bestaat en het gehele product snel op een daar toe ingerichte werkplek is te monteren.

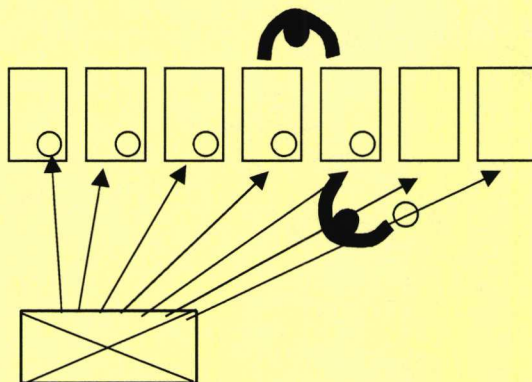
Voordelen:

- + medewerkers maken een compleet product
- + mogelijk om slimme werkplekken in te richten om productiviteit en ergonomie te verbeteren
- + door het bouwen van een kleine batch is het mogelijk ‘efficiëntie op deelhandelingen’ te benutten

Nadelen en randvoorwaarden:

- in verband met ergonomie is een goed ontwerp van de werkplek noodzakelijk
- aanvoer van onderdelen en afvoer van het product is veelal niet verantwoordelijkheid van assemblagepersoneel. In verband met afwisseling in het werk en de fysieke belasting is het soms wel aan te raden.

1.3 Standplaats - batch van producten



In de productie worden een aantal producten neergezet met in de buurt daarvan alle benodigde onderdelen en voormontages. Voormontages worden zoveel mogelijk van tevoren op aparte werkplekken gemaakt en samen met de onderdelen aangevoerd. Assembleren van de producten bestaat uit afwisselend uitsorteren van onderdelen vanuit de opslag over de producten en vervolgens monteren van die onderdelen. In verband met het vereiste productievolume wordt vaak aan meerdere batches van producten tegelijk gewerkt door een aantal teams van medewerkers.

Dit concept is toepasbaar als:

- het productievolume redelijk groot is, maar nog geen flow concept mogelijk maakt
- er veel verschillende producten worden gemaakt die sterk van elkaar verschillen.

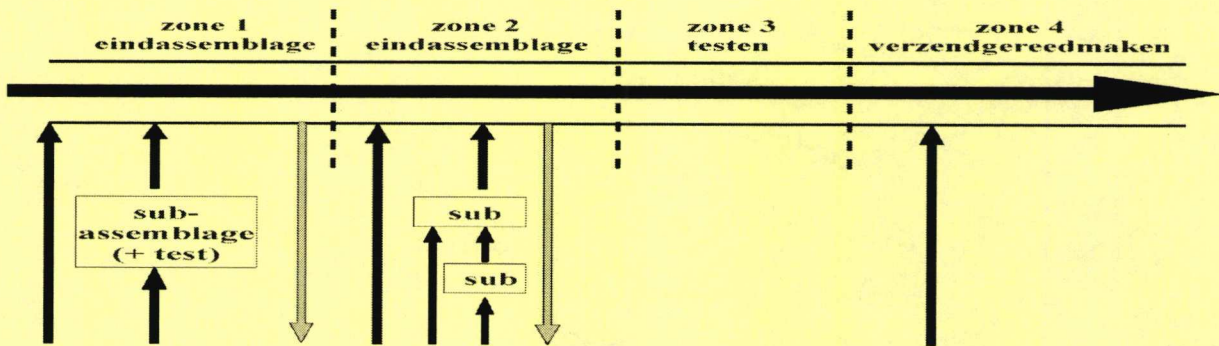
Voordelen:

- + In geval van beperkt aantal verstoringen kan aan andere producten in de batch worden doorgevoerd.
- + Door batchgewijs assembleren is het mogelijk 'efficiëntie op deelhandelingen' te benutten.
- + Product hoeft gedurende assemblage niet verplaatst te worden.
- + Geen hulpmiddelen nodig voor transport van het product.

Nadelen:

- Onoverzichtelijke opslag van onderdelen op centrale toevoerlocatie.
- Veel loopwerk om onderdelen naar werkplek / product te brengen (geldt ook voor bevestigingsmateriaal, gereedschap, e.d.), indien batch te groot.
- Bij toenemende aantallen in de batch worden loopafstanden te groot.
- Medewerkers kunnen elkaar in de weg lopen.
- (Onnodig) groot aantal producten op de vloer, indien batch te groot.
- Lange verblijftijd van de producten in relatie tot de assemblagetijd van het product.
- Golf van producten naar expeditie.
- Gereedschap zoeken (heeft geen vaste plek, omdat batch veel ruimte inneemt; heeft ook veel met discipline en inrichting van de werkplek te maken).
- Kwaliteitsproblemen pas op het eind ontdekt, en er is grote kans dat de storing dan in de hele batch zit.
- Bij meerdere series / varianten op de vloer is er kans op vergissingen.
- Geen duidelijke afbakening van verantwoordelijkheden in assemblage tussen twee medewerkers die aan één batch werken.
- Vaak geen mogelijkheden om goede werkplek in te richten.
- Onderdelenuitgifte per batch.
- Veel onderdelen op de vloer.

2. Lijnconcepten



Dit concept is toepasbaar als:

- het gewenste productievolume redelijk groot is (enkele honderden stuks per jaar);
- de variaties in gewenste productievolume beperkt is;
- variatie in productmix beperkt is;
- het product transporteerbaar is.

Er zijn een drietal lijnconcepten te onderscheiden:

- 2.2 Medewerkers werken in een eigen zone en maken slechts een deel van het product (lijn zonder roulatie).
- 2.3 Medewerkers rouleren over de zones van lijn, maar maken telkens maar deel van het product (lijn met roulatie).
- 2.4 Medewerkers gaan met product mee door de hele lijn en maken dus een compleet product (shoppen).

Algemeen kenmerk van de lijnconcepten is dat de assemblagehandelingen verdeeld worden over een aantal zones. Het aantal zones is afhankelijk van de werkinhoud en het vereiste productievolume. De zones van de lijn zijn ingericht voor de daar uit te voeren werkzaamheden (hulpmiddelen, onderdelen etc). Voormontages worden zoveel mogelijk op speciale plekken gemaakt die direct aanleveren aan de desbetreffende zones in de lijn.

Algemene voordelen lijnconcepten

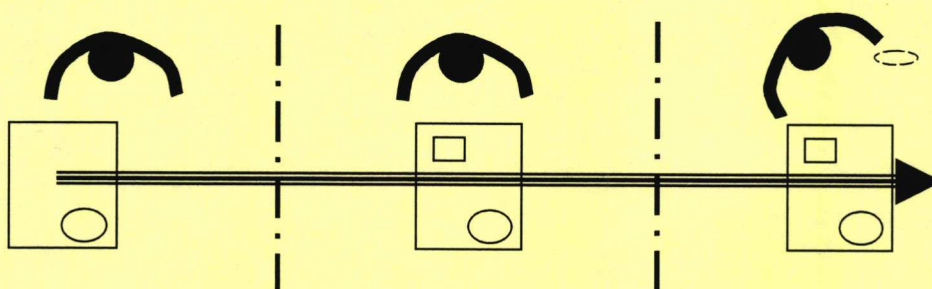
- + Werkplek af te stemmen op benodigde assemblagetaken, wat betreft assemblageproces (gereedschappen, onderdelen, hulpmiddelen, e.d.) en ergonomie (werkhoogte, hulpmiddelen, e.d.).
- + Per werkplek eenduidige, overzichtelijke onderdeellocaties, waardoor efficiëntere aanvoer van onderdelen en minder kans op verstoringen (manco's).
- + Orderdoorlooptijd wordt korter door beperken van loopwerk; onderdelen direct toegeleverd aan de verschillende zones.
- + Werkinstructies beter op te splitsen naar deeltaken (overzichtelijker).
- + Op elke werkplek slechts beperkte hoeveelheid gereedschap en hulpmiddelen nodig.
- + Voortgang van productie prima te monitoren; verstoringen worden snel zichtbaar.

Nadelen en randvoorwaarden

- Door opdelen van de werkzaamheden ontstaat de noodzaak van balanceren van opeenvolgende stations in een lijn.
- Kan eerder leiden tot tempodruk.
- Kan eentonig werk opleveren als er te weinig roulatie is; hangt ook af van:
 - het niveau van de medewerkers
 - werkinhoud product
 - complexiteit product.

- Bij knelpunt staat de lijn stil, mogelijkheid om producten uit de lijn te halen kan nodig zijn om producten vervolgens op een aparte plek te herstellen en af te bouwen.
- Er is altijd een bottle neck-station (station met de grootste werkinhoud en/of minder ervaren medewerker), dat het productietempo van de lijn bepaalt.
- Product moet te verplaatsen zijn (wat verplaatsbaar is, hangt af van grootte, gewicht, stabiliteit maar ook van productieaantallen).
- Vaak voorziening nodig voor transport van producten. Transport voegt in principe geen waarde toe aan het product; vanuit dat oogpunt zou men moeten streven naar 'standplaatsen' of in ieder geval een zo kort mogelijke lijn.
- Balancerings- en afstemmingsverliezen. Deze nemen toe naarmate de werkinhoud per station afneemt en het aantal stations in de lijn toeneemt.
- Als er een lange lijn nodig zou zijn, dan valt te overwegen een aantal parallelle 'lijnen' te maken in plaats van één hele lange. De keuze wordt beïnvloed door:
 - Vereiste hulpmiddelen
 - Benodigde ruimte
 - Omvang productfamilie (aantal varianten op de lijn)
 - Aanvoer van onderdelen naar twee lijnen (dubbele onderdeellocaties).
- Verschillende producten kunnen alleen op dezelfde lijn als ze goed op elkaar lijken wat betreft:
 - Bouwvolgorde
 - Onderdelen
 - Werkinhoud
 - Hulpmiddelen
 - Benodigde vaardigheden medewerkers.
- Wijzigen van het productievolume kan een hele ingreep zijn, omdat de werkinhoud (assemblagetijd) van het product opnieuw verdeeld moeten worden en eventueel de zones opnieuw ingericht moeten worden. Uiteraard is dit alleen een nadeel als het kunnen variëren van productievolume een vereiste is.
- Verstoringen gaan snel gepaard met productieverlies. Door vast tempo van de lijn is dat niet eenvoudig in te halen. Gevolgen van verstoringen zijn te beperken met bufferlocaties tussen de zones.

2.1 Lijn zonder roulatie



In de lijn werken alle medewerkers altijd op een vaste zone.

Voordelen:

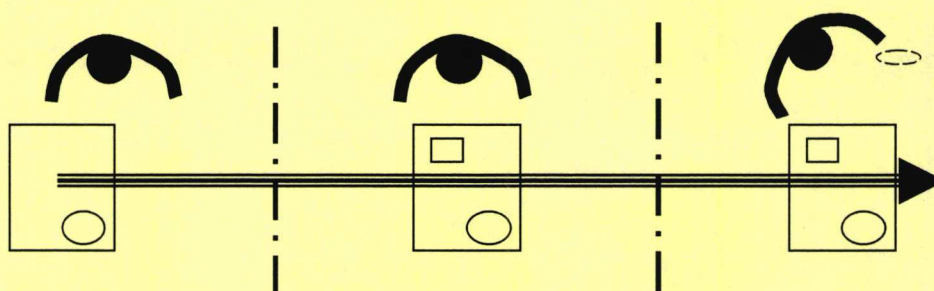
- + Werkverdeling over werkplekken kan afgestemd worden op vaardigheden van de medewerkers.
- + Nieuwe medewerkers zijn snel in te werken (door opdelen van de taken).
- + Medewerkers zijn snel te vervangen (afhankelijk van de arbeidsmarkt, eventueel op korte termijn door uitzendkrachten).
- + Bij een eenvoudig product kan gebruik worden gemaakt van uitzendkrachten en/of laag geschoold personeel.

- + Werkplek kan voor elke persoon optimaal ingericht worden wat betreft ergonomie, zonder noodzaak van allerlei verstelbare hulpmiddelen (persoonsgebonden; bijvoorbeeld lengte, linkshandig).
- + Tussentijdse collegiale controle van het product door collega's waardoor snellere signalering van verstoringen en minder tijd nodig voor eindcontrole.
- + Kleine wijzigingen in het product of het assemblageproces zijn snel operationeel (slechts de medewerker(s) die het direct aangaat(n) hoeft het te leren).
- + Benutten van efficiëntie op deelhandelingen.

Nadelen en randvoorwaarden:

- Door mensen vast in één zone te laten werken, wordt een systeem ontworpen met één vast productietempo.
- Nieuwe mensen zullen/kunnen output van anderen nadelig beïnvloeden.
- Gevaar voor eenzijdig en volgens vast patroon herhalende fysieke belasting gedurende een periode.
- Ondanks opdelen van de werkinhoud moeten er aantrekkelijke stukken overblijven (met voldoende werkinhoud en afwisseling, één en ander afgestemd op het niveau van de medewerkers).
- Goed opletten op ergonomische aspecten van repeterend werk.
- Er moet voldoende aanbod zijn van personeel van het gewenste niveau; in tijden van economische groei, is er misschien wel veel aantrekkelijker werk te vinden.
- Kwetsbaar wat betreft (tijdelijke) uitval van medewerkers; iedereen kent immers slechts een deel van het assemblageproces.
- Beperkte mogelijkheid tot ontwikkeling voor medewerkers.

2.2 Lijn met roulatie



	Week 3	Week 4	Week 5
Zone 1	John	Kees	Bert
Zone 2	Bert	John	Kees
Zone 3	Kees	Bert	John

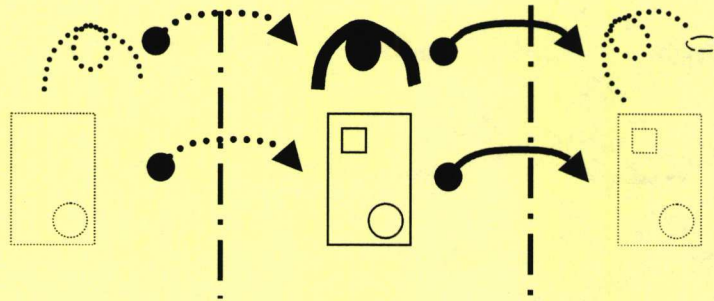
In de lijn werken mensen langere tijd in één zone. Volgens een bepaald schema werken ze echter telkens in een andere zone.

Voordelen:

- + Is aantrekkelijker voor mensen die meer in hun mars hebben dan 'monteren in één station'.
- + Minder kwetsbaar wat betreft (tijdelijke) uitval van medewerkers; iedereen kent immers meerdere delen van het assemblageproces.
- + Iets ruimere mogelijkheid tot ontwikkeling voor medewerkers.

Nadelen en randvoorwaarden:

- Door mensen vast in één zone te laten werken, wordt een systeem ontworpen met één vast productietempo.
- Nieuwe mensen zullen/kunnen output van anderen nadelig beïnvloeden.
- Gevaar voor eenzijdig en volgens vast patroon herhalende fysieke belasting, gedurende een periode.
- Wijzingen in het product of het assemblageproces zijn minder snel operationeel (omdat iedereen in alle zones werkt, krijgen ze met alle wijzingen te maken).

2.3 Shoppen

Medewerkers gaan met het product mee door de hele lijn en maken op die manier hun eigen product van het begin tot het eind, inclusief functioneel testen. Hierop zijn varianten denkbaar, waarbij bijvoorbeeld de medewerkers alleen over de assemblagezones shoppen en het testen door specialisten wordt gedaan.

Voordelen:

- + Personeel wordt breder inzetbaar; iedereen kent alle deelprocessen. Minder kwetsbaar ten aanzien van (tijdelijke) uitval medewerkers.
- + Bij medewerkers sneller en beter inzicht in gehele assemblageproces (dan bij rouleren).
- + De fysieke belasting is minder 'eenzijdig en volgens vast patroon repeterend', omdat medewerkers een compleet product maken.
- + Flexibiliteit in productievolume door variatie van het aantal personen in de lijn, mits de lijn opgezet is voor het maximum productievolume.
 - Medewerkers moeten dan wel in ongeveer hetzelfde tempo kunnen werken.
 - Door aflopende werkinhoud per station, is te voorkomen dat medewerkers elkaar (moeten) gaan inhalen.
- + Minder balanceringsverliezen.
- + Flexibiliteit in productmix.

Nadelen en randvoorwaarden:

- Alleen toepasbaar indien iedereen in een redelijk gelijk tempo het gehele product kan maken.
- Kleine wijzingen in het product of het assemblageproces zijn minder snel operationeel (omdat iedereen alle producten in zijn geheel assembleert, moet iedereen altijd alle wijzigingen van alle producten kennen).

Ad. 15 - Transportsystemen bij lijnconcepten

Voor het transport van de producten door een lijnconcept zijn drie verschillende transportconcepten te onderscheiden, afhankelijk van de mate waarin extra hulpmiddelen worden gebruikt. Hieronder worden kenmerken van deze drie systemen beschreven.

1. Product is zonder hulpmiddelen te verplaatsen

Deze vorm is alleen mogelijk als:

- Het product een gering gewicht en kleine afmetingen heeft (zie normen tillen/dragen);
- Het product zelf wielen heeft (zie normen trekken/duwen); de wielen moeten dan wel in eerste zone gemonteerd kunnen worden.

Voordelen en nadelen/randvoorwaarden:

- + Route ligt niet vast in hardware, indien nodig is de route eenvoudig aan te passen.
- + Geen (dure) productdrager nodig.
- + Geen retourstroom van productdragers.
- Alleen handig over korte afstanden.
- Als het product wielen heeft dan is een vlakke vloer nodig.

2. Product met verrijdbare productdrager verplaatsen

Voordelen en nadelen/randvoorwaarden:

- + Route ligt niet vast in 'hardware', indien nodig is de route eenvoudig aan te passen.
- Retourstroom van karren / wagentjes moet goed georganiseerd worden.
- Kar kan belemmerend werken tijdens assemblage wat betreft:
 - Toegankelijkheid
 - Stabiliteit (product op drager, tijdens assemblage en tijdens transport)
 - Stand / oriëntatie van het product
 - Zittend werk.
- Vereist vlakke vloer, zeker bij niet aangedreven karren.

Uitvoeringsvormen:

- Aangedreven
- Niet aangedreven (zie normen trekken / duwen in I3 Richtlijnen ergonomie).

3. Product over transportbaan verplaatsen

Onder transportbaan vallen allerlei systemen waarbij de route in het systeem wordt vastgelegd, zoals bijvoorbeeld bij een hangbaan, rollenbaan, rails en kettingtransporteur

Voordelen en nadelen/randvoorwaarden:

- + Niet per se een productdrager nodig (voor rollenbaan bijvoorbeeld niet als product een vlakke onderzijde heeft, voor hangbaan wel).
- + Door vastleggen van route in 'hardware' is retourstroom eenvoudiger te realiseren dan bij 'karren'.
- + Voor transport niet per se medewerker nodig (vrijgeven voor transport kan voldoende zijn).
- Transportbaan kan belemmerend werken tijdens assemblage (zie uitvoeringsvormen).
- Route ligt vast in 'hardware', indien nodig niet eenvoudig aan te passen.
- Via transportsysteem is tempo op te leggen (door automatisch transport na de assemblagecyclus of vaste snelheid tijdens assemblage).

Uitvoeringsvormen:

- Hangbaan.
 - + Is minder obstakel (voor personen) dan rollenbaan.
 - + Laat meer montagerichtingen toe dan rollenbaan.
 - Heeft altijd productdrager nodig, daarom altijd rondgaand (cirkelvormig, gesloten lus) systeem.
 - Beperkt mogelijkheden om werkhoogte aan te passen aan persoonlijke behoefte of werkzaamheden (vereist hoog / laag voorziening aan de productdrager).

- Rollenbaan:
 - + Heeft niet perse een productdrager nodig als het product een vlakke onderzijde heeft (en dus geen retourstroom).
 - + Voor transport niet per se medewerker nodig (bij aangedreven rollenbaan is vrijgeven voor transport voldoende).
 - Is een obstakel dat de ruimte verdeelt in 'voor' en 'achter' de rollenbaan.
 - Beperkt aantal makkelijke montagerichtingen; alleen voor- en achterkant zijn goed bereikbaar.
 - Beperkte mogelijkheden om werkhoogte aan te passen aan persoonlijke behoefte en werkzaamheden (tenzij product naar hoog / laag voorziening naast de lijn wordt gebracht).
 - Verschillende, noodzakelijke werkhoogtes lastig te realiseren, zeker als ze niet verzameld in bepaalde zones van het assemblageproces zitten.

- Kettingbaan (steekt niet boven de vloer uit, maar heeft sleuf in de vloer voor ketting):
 - + Is minder obstakel dan hang- en rollenbaan.
 - + Geeft niet veel beperkingen van montagerichtingen; alleen onderzijde is niet goed bereikbaar.
 - + Voor transport niet per se medewerker nodig (vrijgeven voor transport kan voldoende zijn).
 - Heeft productdrager nodig als product zelf geen wielen heeft of voorziening om product aan ketting te koppelen. Daarom altijd rondgaand (cirkelvormig, gesloten lus) systeem.
 - Beperkte mogelijkheden om werkhoogte aan te passen aan persoonlijke behoefte en werkzaamheden.
 - Verschillende, noodzakelijke werkhoogtes lastig te realiseren, zeker als ze niet verzameld in bepaalde zones van het proces zitten.
 - Vereist bouwkundige maatregelen in de vloer.

Ad. I6 - Ergomix voor bepaling werkhoogte, positie van onderdelen en gereedschap

Ergomix: een interactief instrument voor het inrichten van productiewerkplekken

De ergomix toetst al in de ontwerpfase een nieuwe werkplekinrichting aan de eisen van het productiewerk. Afstemming op de werkzaamheden, werkhouding en bewegingen is optimaal en de ontwerptijd wordt aanzienlijk verkort. De ergomix kan ingezet worden bij zowel het verbeteren van een productie lay-out met een bestaand productontwerp, als ook tijdens de ontwikkeling van een nieuw product.

Werking

De Ergomix maakt gebruik van een camera die opnamen maakt van een productiemedewerker die zijn normale werkzaamheden uitvoert in een gesimuleerde werkomgeving. De beelden van de camera worden met een (digitale) werkplektekening (zij- of bovenaanzicht) tot een “levende schets” gemixt waarin de medewerker in de nieuwe werkplek de taken uitvoert. Deze simulatie met de ergomix wordt uitgevoerd in het ergolaboratorium van TNO Arbeid.

De ergomix maakt op die manier snel zichtbaar of er genoeg ruimte is, wat de optimale werkhoogte is en waar alle onderdelen en gereedschappen geplaatst moeten worden. Aanpassingen in de werkplekinrichting zijn direct door te voeren en opnieuw toetsbaar aan ergonomische grenswaarden. Bovendien kan met computersimulatie op eenvoudige wijze duidelijk worden gemaakt of de toekomstige werkplek geschikt is voor verschillende lichaamslengten. Het beeld van de persoon hoeft slechts vergroot of verkleind te worden ten opzichte van de tekening. Hierdoor wordt de ontwerptijd aanzienlijk verkort.

Toepassing

Werkplekken waarvoor de ergomix kan worden ingezet zijn:

- Assemblagewerkplekken: zowel stand alone-werkplekken als ook zones in een eindlijn.
- Werkplekken voor onderdelenfabricage: machinegebonden werkplekken.
- Laswerkplekken.
- Inpakwerkplekken.

De ergomix is ook geschikt voor andere toepassingen waar mensen een essentiële rol vervullen, zoals cabines, balies, kassameubelen etc. In onderstaande afbeeldingen wordt de wijze van aanleveren van onderdelen geëvalueerd.



Figuur 13: bestaande situatie



Figuur 14: verbeterde situatie

Communicatie en betrokkenheid

Gebleken is dat de ergomix bovendien zeer geschikt is als communicatiemiddel tussen engineers, productiemedewerkers en productiemanagement. De medewerkers brengen hun kennis en ervaring in en geven de optimale plaats aan voor onderdelen, gereedschappen in “hun eigen” werkplek. De be-

trokkenheid van de medewerkers bij de werkplekinrichting wordt aanzienlijk verhoogd. Engineers kunnen hun ideeën en wensen makkelijk toepassen in de simulatie en tegelijkertijd ergonomisch toetsen. Productiemanagers kunnen met eigen ogen het resultaat van mogelijke verbeteringen zien. De simulatie kan in zijn geheel worden vastgelegd op video, zodat ook communicatie en evaluatie achteraf mogelijk zijn. Ervaren ergonomen begeleiden de simulatie.

Voorbeeldprojecten

- Ontwerp van paternostercel voor assemblage van magneetkleppen (vaststellen werkhoogte, zicht, reikdiepte etc.).
- Inrichting van stations van assemblagelijnen van schuifdaken (locaties van onderdelen, gereedschappen, werkruimte).
- Ontwerp van verrijdbare drager voor assemblage van kantoormeubilair.
- Onderdelenaanvoer (plaats, positie, wijze van verpakken) voor assemblage kantoormeubilair.
- Inrichting werkplekken voor champignonplukken.
- Aanpassing van de polijstwerkplek in metaalverwerkingsbedrijf.
- Aanpassing sorteerband in een chocoladefabriek.
- Verbetering inpakwerkplek in een broodfabriek.
- Ontwerp van diverse bestuurderscabines en balies.

4 Conclusies en aanbevelingen

- Het SCOM-project “Inrichting assemblageprocessen en –werkplekken” heeft een stappenplan opgeleverd voor het verbeteren van de fysieke inrichting van het assemblageproces, met aanvullende instrumenten. Deze instrumenten hebben betrekking op het visualiseren en analyseren van de huidige situatie en het definiëren van een verbeterde opzet. De aanpak is getoetst in pilotprojecten voor drie verschillende product- en productiesegmenten; de assemblage van jaloeziekasten bij Ahrend, de assemblage van magneetkleppen bij Asco Joucomatic en de assemblage van eiersorteermachines bij Moba.
De verwachting is dat de gedefinieerde verbeterde opzet bij de pilotbedrijven zal resulteren in een verhoging van de productiviteit van 15 – 20% en een reductie van fysieke belasting tot een aanvaardbaar niveau. Essentieel bij de aanpak is de betrokkenheid van verschillende disciplines van het bedrijf. Daarmee wordt draagvlak verkregen bij het implementeren van veranderingen.
- De uitvoering van het project is begeleid door een klankbordgroep, samengesteld uit circa 10 leden van de SCOM. Door de klankbordgroep is de aanpak van het project in zijn algemeenheid als positief ervaren. Echter wegens de grote verschillen in soort product en soort assemblageproces tussen de verschillende lidbedrijven konden sommige leden te weinig elementen herkennen. De pilotbedrijven waren zeer nauw en gedetailleerd bij het project betrokken. Daar tegenover staat het feit dat de niet-pilotbedrijven er verder vanaf stonden. Hierdoor ontstond tijdens de bijeenkomsten van de klankbordgroep weinig interactie. Met name de pilotbedrijven hebben de samenwerking met TNO als zeer prettig ervaren. De bijeenkomsten en rondleidingen bij de verschillende bedrijven zijn door alle bedrijven in de klankbordgroep als leerzaam ervaren.
- De pilotbedrijven hebben, inhoudelijk gezien, een positieve ervaring met het project, mede doordat deze bedrijven het direct hebben mogen proeven en toepassen. De niet-pilotbedrijven hebben inhoudelijk niet zo’n sterke mening. Zij zien het positief maar hebben nog te weinig inzicht en de ervaring met het toepassen van de resultaten van het project.
- Naast het verbeteren van het huidige assemblageproces kan de aanpak en kennis bovendien worden benut bij het definiëren van de opzet van het assemblageproces reeds tijdens het ontwikkelen van het product. Dit is ook gebleken bij de pilotprojecten. Daarmee kan de time-to-market verder worden verkort en kan tijdrovend achteraf aanpassen worden gereduceerd. In zo’n scenario zou de afweging van assemblageconcepten reeds moeten plaatsvinden bij de afweging van verschillende concepten voor de productopbouw. Parallel aan de detaillering van het product moet vervolgens de detaillering plaatsvinden van de fysieke inrichting van het assemblageproces.
- Bij bedrijven waarbij het assemblageproces overwegend handmatig gebeurt en waar mensen en werkplekken doorslaggevend zijn, wordt het slimmer inrichten van het assemblageproces steeds actueler. Bij bedrijven is een groeiend bewustzijn dat het personeel een cruciale factor vormt in het primaire proces.
- Assemblage Engineering en Ergonomie vormen beiden een schakel tussen productontwikkeling en het feitelijke assemblageproces. Voor een integrale verbetering van proces en werkplekken zijn beide expertisegebieden en ook tegelijkertijd in een verbetertraject van belang. Alleen dan is het mogelijk om processen en werkplekken succesvol op te zetten, gericht op zowel reductie van orderdoorlooptijd, reductie van faalkosten, reductie van fysieke belasting en optimale inzet van medewerkers. Het meenemen van slechts één van beide expertises in een opzet van bijvoorbeeld een nieuwe lay-out kan leiden tot suboptimalisaties en tot hoge investeringen voor aanpassingen achteraf. Ergonomie dient in samenhang met de structuur van het (primaire) proces te worden gezien.

- Het Montage Afloopschema (MAS) is een succesvol instrument gebleken om de structuur van het proces inzichtelijk te maken en te analyseren. Het dient als basis voor het:
 - Visualiseren, analyseren, calculeren en beheersbaar maken van het primaire proces.
 - Analyseren van mogelijkheden en te bereiken effecten van doorlooptijdverkorting.
 - Analyseren van mogelijkheden voor modulaire, assemblagegerichte productopbouw.
 - Analyseren en verbeteren van de stuklijststructuur voor soepele werkuitgifte naar de assemblage.
 - Definiëren van de opzet van het assemblageproces en de ordening en inrichting van werkplekken.
 - Kapstok voor het nader uitwerken voor werkinstructies voor kritische montagehandelingen en controlepunten.
- Het besef van mogelijke risico's van fysieke belasting blijkt soms bij aanvang van de projecten nog gering. Na afloop van het project blijkt het bewustzijn bij zowel engineers als assemblagepersoneel te zijn gegroeid. Het toelichten en bespreken van videobeelden van het eigen assemblageproces is hierbij van grote waarde gebleken. Het bedenken en introduceren van "eenvoudige" (ergonomische) oplossingen met het personeel in de praktijk hebben vaak al direct een positief effect op motivatie en ervaren fysieke belasting.
- Het vroegtijdig en snel simuleren van een verbeterde werkplek met behulp van de Ergomix is succesvol gebleken. Het gebruik van deze tool verhoogt het inzicht in werkplekinrichting en bevordert interactie en bewustzijn onder engineers en assemblagepersoneel.
- Het betrekken van het personeel en de verschillende disciplines (productontwikkeling, assemblage, werkvoorbereiding, logistiek) in een werkgroep zijn essentieel voor het bevorderen van het draagvlak voor verbeteringen. Er wordt optimaal gebruik gemaakt van bestaande kennis onder de verschillende disciplines. De interactie tussen disciplines voor dit project maar ook voor volgende projecten wordt bevorderd.
- Bij aanvang is commitment vanuit het management voor de gevolgde projectaanpak, de te volgen planning en voor implementatie van verbeteringen noodzakelijk. Door het starten van een verbeterproject worden verwachtingen bij het personeel gewekt. Wanneer na afloop van het project de implementatie van de verbeterde opzet niet of niet direct volgt, kan de door het project opgewekte motivatie van het personeel juist omslaan in scepsis en demotivatie. Dit kan uiteindelijk leiden tot een verhoogde weerstand tegen veranderingen bij volgende projecten.
- Het systematisch afwegen van alternatieve assemblageconcepten, alternatieve vormen van transport, etc. met voor- en nadelen zorgt voor een volledige en beargumenteerd keuzeprocess. Hierdoor komen alle essentiële informatie en mogelijke alternatieve oplossingen boven tafel en wordt voorkomen dat te snel wordt ingezoomd op vooringenomen oplossingsrichtingen.
- Het systematisch meetbaar maken, analyseren van ernst en oorzaken en vervolgens wegwerken van verstoringen is een randvoorwaarde voor waarborging van doorstroming in een procesflow.
- Slimmer produceren vraagt om slimmere productopbouw (modulair, standaardisatie en mogelijkheid voor handling). Een doorstroomvriendelijk en mensgericht assemblageproces begint al bij een doordacht productontwerp. Door het betrekken van productontwikkeling in de pilots Ahrend en Moba is er een spin-off ontstaan naar verbeterd ontwerp.
- De meerwaarde van deze aanpak is via een reeks projecten gebleken. Om nu de effectiviteit op orderdoorlooptijd en ergonomie van deze aanpak statistisch te bepalen zijn bij Ahrend en Asco voormetingen uitgevoerd en zullen na implementatie van de opzet nametingen worden uitgevoerd. Deze effectmetingen worden gefinancierd door Zorg Onderzoek Nederland. Resultaten van deze metingen zullen aan de pilots en de overige SCOM-leden worden teruggekoppeld.

Bijlage A

Overzicht klankbordbedrijven

Bijlage A – Overzicht klankbordbedrijven

Samenstelling klankbordgroep

Ahrend Productiebedrijf Sint Oedenrode, Sint Oedenrode, de heer A. van der Heijden
 Balance & Result Organsiatie-adviseurs, Enschede, de heer J. Kip
 Asco Joucomatic, Scherpenzeel (Gld), de heer R. Wouterse
 Bredel Hose Pumps, Delden (Ov), de heer B. Grotenboer
 Elten Systems, Oldenzaal, de heer W.A. van Dijk
 Gispin International, Culemborg, de heer M. Donker
 Moba, Barneveld, de heer E. Borren (voorzitter klankbordgroep)
 Neopost/Hadewe, Drachten, de heer D.J. de Ruiter
 Revab, Silvolde, de heer W.H. Potappel
 Schelde Machinefabriek, Vlissingen, de heer J. van Eenennaam
 Sollas, Oldenzaal, de heer J.A.M. Tijhuis
 Systemate Numafa, Numansdorp, de heer A. van Lieshout
 Urenco, Almelo, de heer H.R. Munneke
 SCOM, Eindhoven, de heer H. de Kruijk
 Stichting ZON, de heer H. Miedema

Beschrijving klankbordbedrijven

Ahrend Productiebedrijf Sint Oedenrode, Sint Oedenrode

Ahrend ontwikkelt en produceert kantoormeubilair, zoals bureaus, onderkasten en jaloeziekasten. Daarbij heeft Ahrend te maken met een steeds minder duidelijke grens tussen standaard en speciale producten. Het productieproces bij Ahrend omvat plaatwerk, puntlassen, poedercoaten en assembleren. De productie is grotendeels klantorder gestuurd met een doorlooptijd van 7 dagen, waarvan 2 dagen voor inspectie / controle. In verband met de beperking van de locatie in Sint Oedenrode (aan drie zijden grenzend aan woningen en aan de vierde aan de Dommel) is er continu aandacht voor logistiek met als ideaal het gebruiken van de vrachtindeling van de vrachtwagens voor aansturing van de productie.

Bij Ahrend is in de assemblage van jaloeziekasten een pilot voor het SCOM-project uitgevoerd.

Balance & Result, Enschede

Balance & Result is een toonaangevend, onafhankelijk organisatieadviesbureau in Oost-Nederland. Reeds tien jaren levert Balance & Result met een resultaatgerichte aanpak een belangrijke bijdrage aan de optimalisatie van het functioneren van organisaties.

Balance & Result werkt samen met haar cliënten aan het ontwikkelen en implementeren van duurzame organisatieverbeteringen. Het uiteindelijke doel is altijd het verbeteren van de bedrijfsresultaten, waartoe ook de waardering van de klanten, de werknemers en de maatschappij behoren. De activiteiten van Balance & Result zijn met name gericht op:

- Het vernieuwen en inspireren van organisaties door het bereiken van consensus over de te volgen strategische koers.
- Het verbeteren en vormgeven van de bedrijfsprocessen vanuit een integrale benadering met als doel verbetering van de prestatie van de organisatie.
- Het creëren van een werkomgeving waarin medewerkers zich zowel vakinhoudelijk en als mens optimaal kunnen ontwikkelen.

Asco Joucomatic, Scherpenzeel (Gld)

Asco Joucomatic ontwikkelt en produceert een breed assortiment magneetkleppen voor verschillende toepassingen. Naast een aantal typen die in grote series gemaakt worden zijn er ook typen die slechts in kleine aantallen en veel varianten gemaakt worden. In Polen worden de meer standaardkleppen gemaakt. In de vestiging in Scherpenzeel (Gld) richt men zich op de ‘speciale’ kleppen met een hoge toegevoegde waarde.

De hoofdcomponenten worden door Asco zelf gemaakt, overige onderdelen worden ingekocht. In assemblage zijn assemblagecellen en -werkplekken ingericht voor de verschillende productgroepen. De werkplekken in eindassemblage variëren van werkbanken, semi-automatische werkplekken, tot zogenaamde paternoster-werkplekken.

Bij Asco Joucomatic is in de paternoster-werkplekken een pilot voor het SCOM-project uitgevoerd.

Bredel Hose Pumps, Delden (Ov)

Bredel produceert ruim 4000 slangenpompen per jaar, verdeeld over drie productgroepen: klein, 300-500mm en 700-1300mm diameter. Daarnaast worden nog 30.000 slangen per jaar bewerkt (het belangrijkste slijtagedeel van een slangenpomp).

Slechts 10-15% van de pompen wordt compleet samengebouwd geleverd, de rest gaat als pakket van pomp, aandrijving en steunen in een krat naar de afnemer. Kernactiviteiten zijn ontwerp, bewerken van slangen, nabewerken van gietstukken en assemblage.

Elten Systems, Oldenzaal

Elten Systems richt zich op een drietal eigen producten in de volgende segmenten:

- Voor de kaasproductie- en veredelingsbedrijven ontwikkelt Elten Systems systemen om het plastificeren, keren van de kaas en schoonmaken van de plank waarop de kaas wordt afgerijpt volledig te automatiseren. De opslag tijdens het afrijpen vindt plaats in geconditioneerde ruimten waar de kazen in rekken of in stellingen op veelal houten planken staan opgesteld. De machines hiervoor worden volgens de specificaties van de opdrachtgever geleverd.
- Voor het interne transport en de opslag van kratten zowel per stuk als in gestapelde uitvoering heeft Elten Systems oplossingen. Deze markt richt zich vooral in zuivel- en drankindustrie en de distributiecentra. Ook het beladen en ontladen en het transporteren van roll in-containers maakt een belangrijk deel uit van het productenpakket.
- De productgroep productiemachines voor de mineraal gebonden bouwplaten is circa vijfendertig jaar geleden gestart met de ontwikkeling van de installaties voor de houtwol cement bouwplaten-industrie. Een honderdtal van deze installaties zijn er geleverd. Thans richt deze markt zich voornamelijk op de ontwikkelingslanden waar behoefte is aan low-cost woningen.

Omdat Elten Systems internationaal levert en de te verwerken producten sterk variëren is het van groot belang de machines op de juiste manier te assembleren en uit te testen in de fabriek, voordat het installeren bij de opdrachtgever aanvangt. De belangstelling als deelnemer aan deze werkgroep richtte zich voornamelijk op betere methoden in de assemblage- en testfase.

Gispen International, Culemborg

Gispen richt zich primair op het ontwikkelen en realiseren van functionele en aangename werkomgevingen in kantoorinrichtingen voor grote en kleine bedrijven en instellingen in uiteenlopende branches.

Gispen International BV maakt deel van de Scandinavisk Group en heeft haar hoofdkantoor in Culemborg. Hier is ook de productie van stalen meubelcomponenten ondergebracht. Door toepassing van de nieuwste geavanceerde machines in de productie is Gispen in staat om naast het standaard meubelas-

sortiment speciale klantwensen te vervullen. De afdeling metaalbewerking beschikt bijvoorbeeld over een volledig geautomatiseerd pons-knipcentrum en een vol-automatische kantbank. In de lakkerij wordt sinds een aantal jaren watergedragen verf gebruikt en gepoederlakt, hetgeen een minimale belasting voor het milieu betekent. De restlak wordt door een ultrafiltratiesysteem teruggewonnen en hergebruikt.

Met regionale vestigingen wil Gispen zo dicht mogelijk bij haar klanten zijn, omdat een goede bereikbaarheid, korte communicatielijnen, een persoonlijk aanspreekpunt en een snelle service voor ondernemers van belang zijn. Gispen maakt kantoorinrichting persoonlijk. Voor organisaties die voor de uitdaging staan hun werkomgeving in te richten of aan te passen, wil Gispen een inspirerende partner-in-business zijn, om samen tot een optimale en onderscheidende kantoorinrichting te komen.

Moba, Barneveld

Moba is gespecialiseerd in de ontwikkeling, productie, verkoop en service van geavanceerde eiersorteerinstallaties en machines voor de eier- en pluimvee-industrie. De installaties zijn voorzien van technologische innovaties op het gebied van servo-aandrijvingen en inspectietechnieken voor de detectie van o.a. vuil en scheuren. Daarmee is een sorteercapaciteit mogelijk van ruim 100.000 eieren per uur. Per jaar worden enkele honderden installaties geleverd. In de onderneming zijn circa 250 mensen werkzaam, waarvan circa 120 in de productie.

Kernactiviteiten in de productie zijn spuitgieten van kunststofonderdelen, gereedschapfabricage, verspanen, plaatwerk, laswerk en assemblage (mechanisch en besturingstechniek) en testen.

Bij Moba is een pilot voor het SCOM-project uitgevoerd rondom de assemblage van inpaklijnen.

Neopost/Hadewe, Drachten

Neopost Hadewe produceert enveloppen vulmachines en -openers. R&D, onderdelenfabricage en assemblage en verkoop worden door Hadewe uitgevoerd. Totaal worden circa 15.000 apparaten gemaakt, waarvan 80% vulmachines en 20% openers. De vulmachines bestaan uit een aantal modules zoals de inserter, feeder, vouwinstallatie, verzamelstations. Per module kan gekozen worden uit een groot aantal varianten.

Neopost verkoopt modules aan de dealers die de complete machines verkopen en installeren. In de toekomst wil Hadewe sneller (binnen twee weken) leveren en direct aan de klant. Hadewe ontwikkelt op dit moment een nieuwe assemblagelijijn voor een nieuwe machine.

Revab, Silvolde

Revab is een holding met twee dealerbedrijven en een productiebedrijf. In totaal werken er ongeveer 100 mensen, waarvan ongeveer 45 in het productiebedrijf. Revab richt zich op het topsegment in de rolstoelenmarkt en dan alleen handmatig aangedreven rolstoelen (geen elektrische). In het productiepakket zijn productgroepen te onderkennen, zowel met veel als met weinig productvarianten.

Kernactiviteiten van Revab zijn ontwerp, prototypebouw en assemblage; de onderdelenfabricage is (bijna) volledig uitbesteed. Revab heeft als doelen in de productie: aanzienlijke verhoging van de output, goedkoper, zero defect, zero inventory en korte doorlooptijd.

Schelde Machinefabriek, Vlissingen

Schelde Machinefabriek heeft geen eigen producten, maar maakt als toeleverancier zeer gevarieerde producten aan de hand van de aangeleverde tekeningen. Het gaat veelal om grote producten of machines. Een deel van de onderdelen wordt door Schelde Machinefabriek gemaakt. Schelde Machinefabriek heeft meestal geen invloed op het productontwerp, alleen bij kleine series kunnen wel eens kleine wijzigingen doorgevoerd worden.

Assemblage vindt plaats op standplaatsen, in verband met de afmetingen van de producten. Onderdelen worden meestal aangevoerd op pallets. Hoofdaandachtspunt is levertijd.

Sollas, Oldenzaal

Sollas heeft een productievestiging in Oldenzaal (70 mensen) en een vestiging in Wormer (30 mensen) met ontwikkelingsafdeling en verkoop. Sollas ontwerpt en produceert diverse verpakkingsmachines voor bijvoorbeeld parfum, levensmiddelen en CD's. Een deel van de onderdelen wordt in eigen huis geproduceerd. Spuiten en vernikkelen van onderdelen wordt uitbesteed. Eindassemblage en functioneel testen vindt plaats in Oldenzaal maar de afname door klant vindt meestal in Wormer plaats.

Het productiepakket bestaat uit zes productfamilies met een jaarproductie van 10 tot 80 stuks. De werkinhoud van de machines varieert van 30 uur tot 400 uur, waarvan 25 tot 40% elektro. De kernactiviteiten zijn ontwerp, productie van kritische onderdelen en assemblage.

Systemate Numafa, Numansdorp

Systemate Numafa ontwikkelt en produceert machines voor de voedingsmiddelenindustrie, onder andere pluimveeverwerkende machines, transportsystemen, industriële wasmachines, vriesinstallaties en sterilisatieapparatuur. De belangrijkste onderdelen worden door Systemate Numafa zelf gemaakt. De assemblage is opgedeeld in zes productgerichte afdelingen van ongeveer 15 mensen.

Over het algemeen wordt door 1 medewerker (of in kleine groepjes) gewerkt aan een product van begin tot eind. Deze medewerker (of team) is zelf verantwoordelijk voor het eindproduct. Door de grote productrange is het werk bij de assemblage redelijk afwisselend.

Urenco, Almelo

Urenco is gespecialiseerd in de ontwikkeling en productie van ultracentrifugeapparatuur. Per jaar worden circa 10.000 centrifugesystemen geleverd. Daarnaast worden in licentie systemen gebouwd voor lucht- en ruimtevaart, bijvoorbeeld airconditioning en energiegeneratoren in enkelstuks tot enkele honderden per jaar. De productie omvat circa 200 medewerkers in onderdelenfabricage en assemblage. Het assemblageproces van de centrifugesystemen vindt plaats in een flow proces, voor een deel met geautomatiseerde hulpmiddelen. Voor de organisatie van het assemblageproces zijn zelfsturende teams ingericht die verantwoordelijk zijn voor zowel het proces, de werkvoorbereiding als de documentatie.

Bijlage B – Resultaat pilotprojecten

B1 – Assemblage van jaloeziekasten bij Ahrend

B2 – Assemblage van magneetkleppen bij Asco Joucomatic

B3 – Assemblage van eiersorteermachines bij Moba

Bijlage B1

Resultaten pilotproject Assemblage van jaloeziekasten bij Ahrend

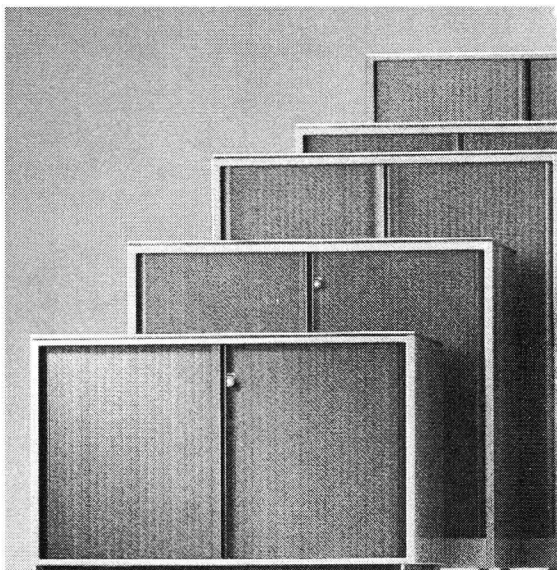
Bijlage B1 Pilotproject Ahrend Sint Oedenrode

1. Introductie Ahrend, Sint Oedenrode	3
2. Aanleiding, oorspronkelijke situatie en probleemstelling	3
3. Doelstelling	6
4. Aanpak van het pilotproject	6
5. Resultaten	7
6. Conclusies en aanbevelingen	17

1. *Introductie Ahrend, Sint Oedenrode*

Ahrend, Sint Oedenrode ontwikkelt en produceert kantoormeubilair zoals bureaus, onderkasten en jaloeziekasten. In de vestiging Ahrend Zwanenburg worden ondermeer kantoorstoelen geproduceerd. In de productievestiging Sint Oedenrode zijn circa 500 mensen werkzaam, waarvan 350 in de productie. Ahrend werkt in de assemblage met een kleine groep vast personeel aangevuld met een groot aantal flexibele krachten en uitzendkrachten. Het productieproces omvat plaatwerk, lassen, lakken en assembleren.

Bij Ahrend is in de assemblage van jaloeziekasten een pilotproject uitgevoerd. De productie van jaloeziekasten bestaat uit de stappen: plaatwerken, zetten, lassen, lakken, assembleren. De jaloeziekasten worden in diverse afmetingen en interieurs (combinatie van legborden en hangborden) geleverd. Een groot deel van de onderdelen is afhankelijk van één of meer afmetingen van de kast (bijvoorbeeld legborden afhankelijk van breedte, jaloeziematten van hoogte en breedte, bodemplaat van breedte en diepte), zie figuur 1.



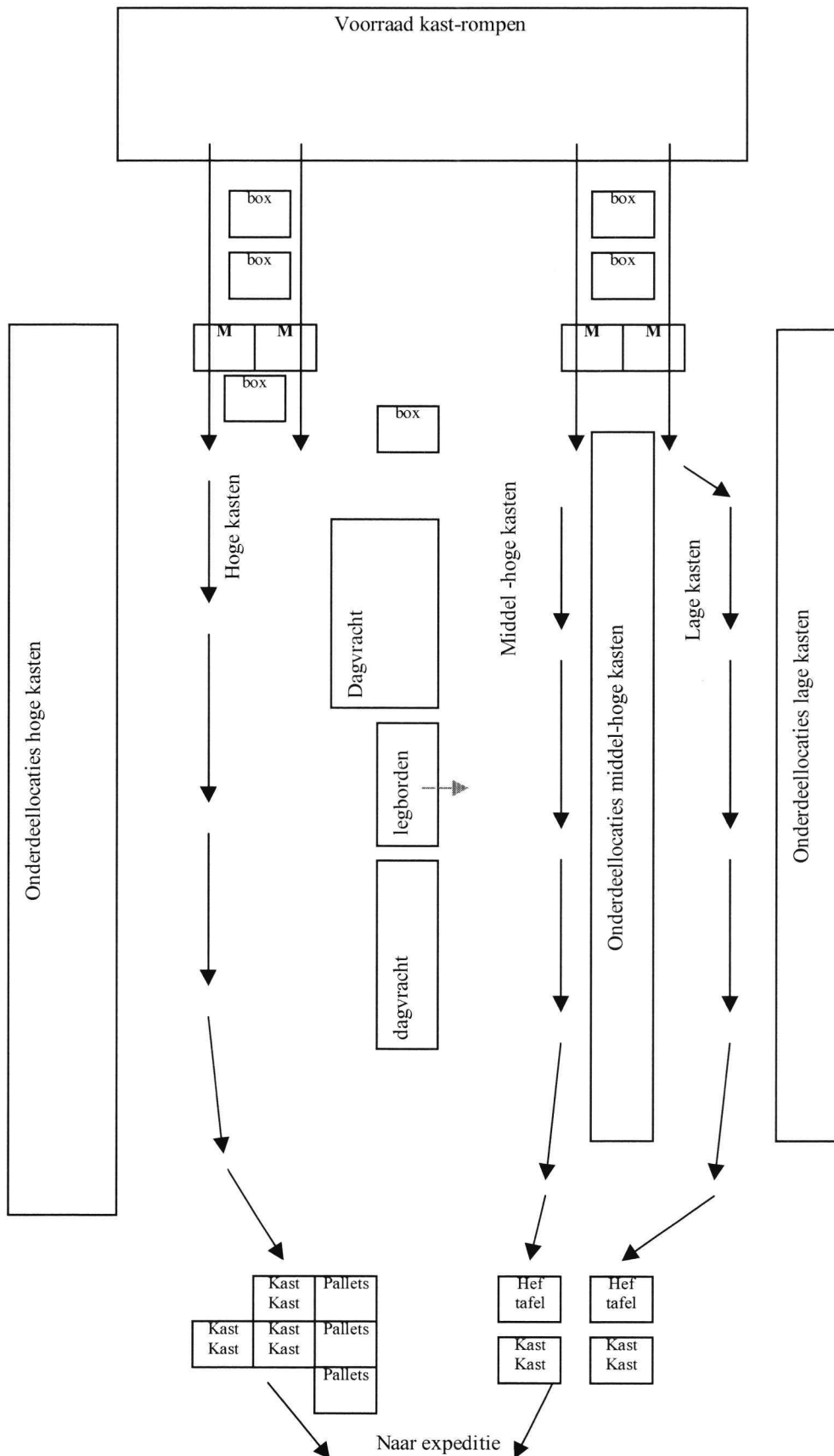
Figuur 1: jaloeziekasten

2. *Aanleiding, oorspronkelijke situatie en probleemstelling*

De productie is grotendeels klantorder gestuurd met een doorlooptijd van zeven dagen, waarvan twee dagen voor inspectie/controler. Daarbij heeft Ahrend te maken met een vervagende grens tussen ‘standaard’ en ‘special’, een gemiddelde ordergrootte van drie werkplekken en veel wijzigingen van de order na de orderintake. In verband met de beperking van de locatie in Sint Oedenrode (aan drie zijden grenzend aan woningen en aan de vierde aan de Dommel) is er continu aandacht voor logistiek met als ideaal het gebruiken van de vrachtindeling van de vrachtwagens voor aansturing van de productie.

In de huidige situatie is het assemblageproces ruwweg in twee stappen opgedeeld (zie figuur 1). Eerst wordt de romp van de kast op een manipulator afgemonteerd. In verband met de capaciteit zijn vier manipulators nodig. Vervolgens wordt de kast afgebouwd, afhankelijk van de hoogte (hoog, midden of laag), in één van de drie assemblagelijnen. Deze lijnen zijn opgedeeld in een viertal zones waarbij medewerkers vast in een zone staan en kasten aan elkaar doorgeven. Door de grote variatie in interieurs ontstaat vooral in het tweede gedeelte van de assemblage, een grote variatie in benodigde assemblagetijd en dus een slechte balancerings. Het assemblagewerk zit verspreid in de hele kast

(zowel hoog als laag) en tijdens de assemblage komen geregeld ongunstige werkhoudingen voor. Door het groot aantal onderdelen en het ontbreken van eenduidige locaties wordt frequent gezocht, getild en gelopen met zware onderdelen.



Figuur 2: schematische weergave van de oorspronkelijke lay-out

Met de huidige drie assemblagelijnen worden 280 kasten per dag geassembleerd. Ahrend wil in een alternatieve opzet bereiken dat de huidige output flexibel per ploeg kan worden verhoogd naar 400 kasten per ploeg. In het kader van het SCOM-project is in overleg met TNO een project gedefinieerd voor een herinrichting van het assemblageproces van jaloeziekasten gericht op ondermeer:

- volumeflexibiliteit: eenvoudige opschaling tot niveau van 400 kasten per ploeg
- mixflexibiliteit: flexibele mix van alle jaloeziekasten
- lagere kostprijs per jaloeziekast
- vermindering fysieke belasting en verbetering arbeidssituatie.

3. Doelstelling

Doel van het pilotproject is het definiëren van een verbeterde opzet van assemblage van jaloeziekasten met een logische ordening van werkplekken, onderdelenlocaties en een optimale werkplekinrichting waarin met hoge productiviteit en ergonomisch verantwoord gewerkt kan worden. In de nieuwe opzet dient rekening te worden gehouden met vaardigheden van vaste en tijdelijke arbeidskrachten.

4. Aanpak van het pilotproject

Het pilotproject is uitgevoerd met een projectgroep van Ahrend onder begeleiding van de heer J. van Deursen van TNO Industrie en mevrouw J.W. van Rhijn van TNO Arbeid. Deze projectgroep is samengesteld uit vertegenwoordigers van assemblage, werkvoorbereiding, logistiek, productievoorbereiding en productontwikkeling. Binnen Ahrend is de heer A. van der Heijden verantwoordelijk voor het project.

Het project is uitgevoerd in de periode van april 1999 tot en met december 1999. Een aantal keren zijn tussenresultaten gepresenteerd aan het assemblagepersoneel. Ook is gedurende de looptijd van het project de voortgang toegelicht tijdens de bijeenkomsten van de SCOM-klankbordgroep. Door middel van ruim 10 werkbijeenkomsten zijn bij Ahrend de hieronder genoemde stappen in het onderzoek doorlopen, waarbij door zowel TNO als Ahrend punten zijn onderzocht, uitgewerkt en voorbereid voor de volgende bijeenkomsten. De stappen waren als volgt:

1. Vaststellen huidige situatie assemblage jaloeziekasten

- introductie werkgroep en projectaanpak
- schematisch vastleggen huidige lay-out van het assemblageproces
- opstellen montage afloopschema (MAS) voor jaloeziekasten en inventariseren hoofdvarianten.

2. Analyse knelpunten in doorstroming en ergonomie in huidige situatie

- observeren en vastleggen werkzaamheden op assemblagewerkplekken door middel van video, foto en gesprekken met het personeel
- terugkoppeling van bevindingen naar de werkgroep en het assemblagepersoneel
- definiëren van oplossingsrichtingen voor oplossen knelpunten.

3. Definitie van de verbeterde opzet van het assemblageproces

- definitie van alternatieve assemblageconcepten met afweging van voor- en nadelen. Keuze van assemblageconcept
- vaststellen van soort en aantal benodigde werkplekken en hun onderlinge rangschikking
- vaststellen van de wijze van tussentijds transport van de kasten: brainstorm van mogelijke oplossingen

- vaststellen per werkplek van soort onderdeellocaties, aantal benodigde onderdelen, daarvoor benodigde ruimte en wijze van aanleveren
- vaststellen op welke wijze de beoogde opzet past in de beoogde ruimte
- experimenteel invoeren van verbetervoorstellen
- bepalen van effecten
- evaluatie van het project.

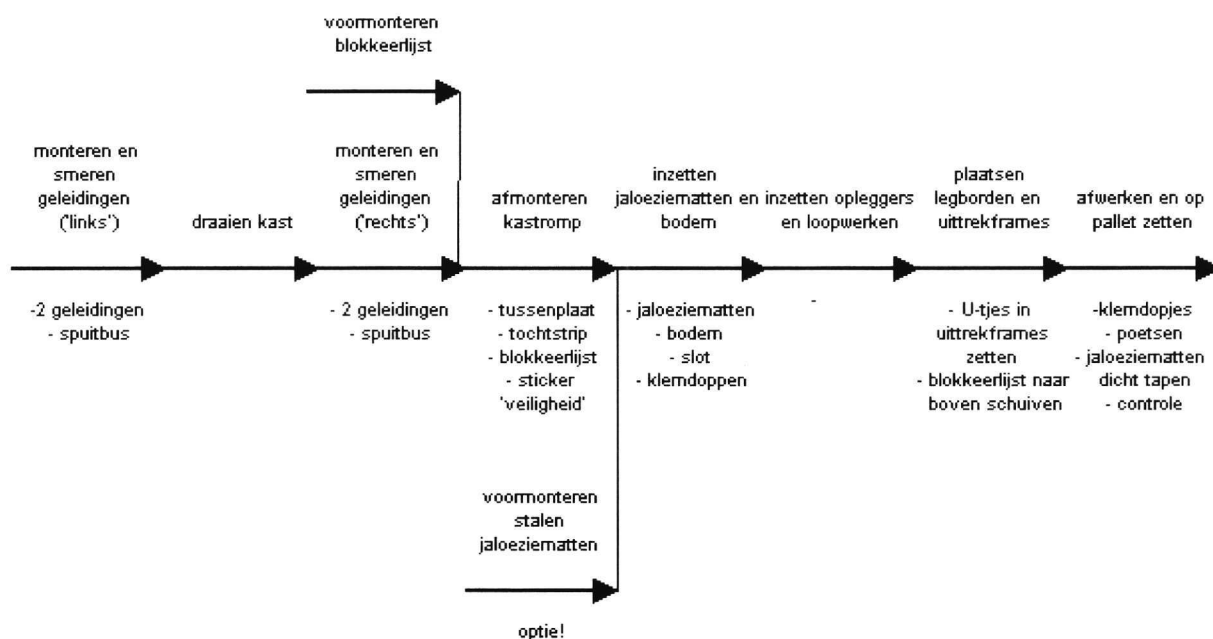
5. Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten samengevat overeenkomstig de stappen in hoofdstuk 4.

5.1. Vaststellen huidige situatie assemblage jaloeziekasten

Figuur 1 is een weergave van de huidige lay-out voor de drie assemblagelijnen van lage, midden en hoge kasten met daarin aangegeven de belangrijkste werkplekken, hulpmiddelen en materiaalstromen. Eerst wordt de romp van de kast op één van de vier manipulatoren gemonteerd. Vervolgens wordt de kast afgebouwd, afhankelijk van de hoogte (hoog, midden of laag), in één van de drie assemblagelijnen. Deze lijnen zijn opgedeeld in een viertal zones waarbij medewerkers vast in een zone staan en kasten aan elkaar doorgeven. De standaard onderdelen worden door middel van een kan-bansysteem aangeleverd. De overige onderdelen worden aan de hand van de planning op een centrale plek aangeleverd (aangeduid met dagvracht in figuur 1). Het transport van de kasten door de lijn gebeurt op karren. De lege karren worden aan het einde van de lijn weer teruggeduwd richting manipulatoren. Er zijn twee voormontageplekken: één voor de subassemblage van stalen jaloeziematten en één voor sluitlijsten.

Figuur 2 visualiseert door middel van het MAS het assemblageproces van een jaloeziekast. Aan de processtappen zijn tijdschattingen toegevoegd. Voor de verschillende hardlopers is een dergelijk MAS gemaakt en zijn tijdschattingen uitgevoerd. Deze verschillen in bewerkingstijden per type per processtap en zijn in tabel 1 weergegeven (als percentage van de tijd van type 5871 op de manipulator).



Figuur 3: algemeen montage afloopschema voor een jaloeziekast

Type / aantal	Manipulator	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Totaal
5871 / 10105	100	66	50	59	85	360
5831 / 2758	125	66	90	90	165	720
5401 / 2564	133	0	50	35	200	545
5909 / 2427	133	0	170	35	200	665
5877 / 2264	100	66	125	175	155	780
5475 / 2246		66	150	215	155	635
5821 / 2092	125	66	70	60	165	670
5411 / 1999	128	66	60	30	200	670
5919 / 1820	128	66	145	30	200	755
5472 / 1513	100	66	105	150	155	735
- / 29.788	-					

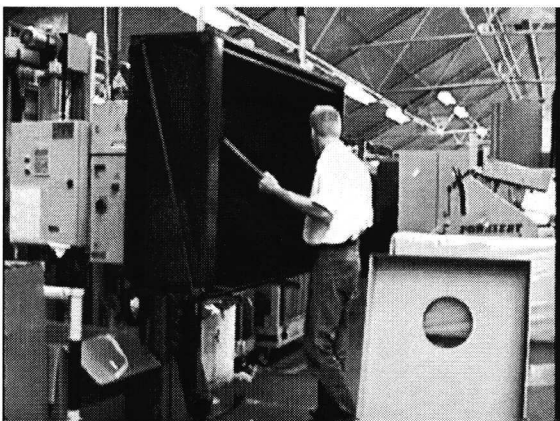
Tabel 1: variatie van werkinhoud van de verschillende type kasten (hardlopers) over de verschillende zones.

Uit tabel 1 blijkt uit de tijden dat er grote verschillen bestaan wat betreft de benodigde tijd in de verschillende zones voor de verschillende kasten. Sommige kasten worden grotendeels op de manipulator gebouwd, zoals de roldeurkasten en hebben geen werkzaamheden in zone 2. In de zones 3 en 4 zijn de tijden evenredig naar het aantal legborden en uittrekframes. De tijd in zone 5 kan variëren al naar gelang de noodzaak om de heftafel in te zetten. Per type kast zijn er ook verschillen in benodigde tijd tussen de zones. Door deze verschillen in tijden is het moeilijk een assemblagelijijn voor een bepaalde output te balanceren.

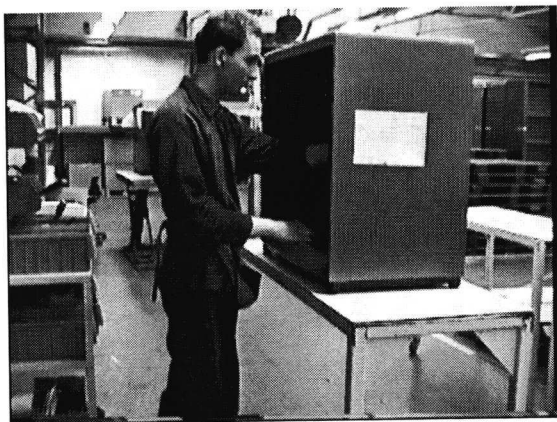
5.2. Analyse knelpunten in doorstroming en ergonomie in huidige situatie

Door middel van video, vragenlijsten, comfortmetingen, en gesprekken met de assemblagemedewerkers is het huidige proces geanalyseerd en zijn knelpunten op het gebied van doorstroming en ergonomie in kaart gebracht en teruggekoppeld aan alle medewerkers.

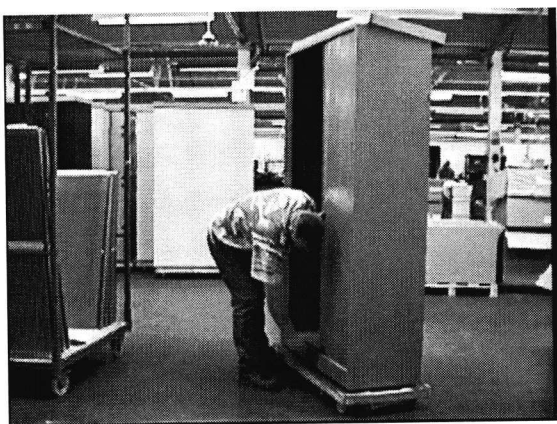
Figuren 4, 5 en 6 geven een overzicht van enkele typerende situaties tijdens het assemblageproces van jaloeziekasten bij Ahrend.



Figuur 4: eerste stap: assemblage van grote kast op manipulator.



Figuur 5: assemblage van kleine kast



Figuur 6: assemblage van jaloeziemat in grote kast

Hieronder volgen de belangrijkste bevindingen:

Productmix

- Door zeer grote variatie in productmix (en dus in werkinhoud per station) is het niet mogelijk de lijn goed te balanceren.
- Door grote variatie in gewenste output (productietempo) is het niet mogelijk de lijn goed te balanceren.
- Door grote variatie in productmix is het niet mogelijk om alle benodigde onderdelen altijd in voldoende hoeveelheid in de zones aanwezig te hebben; alleen een beperkt aantal standaard onderdelen zijn aanwezig langs de lijn; afwijkende onderdelen worden centraal en dus niet waar nodig als dagvracht aangevoerd. Het gevolg is veel lopen, zoeken, sjouwen.

Huidige lay-out

- Door indeling van de assemblage in drie lijnen zijn veel onderdeellocaties niet goed bereikbaar voor aanvoer (in het midden en lijn voor lage kasten). Voor aanvoeren van nieuwe onderdelen moeten de kasten aan de kant worden geschoven.
- De huidige lijnen en zones staan dicht op elkaar. De opzet was dat medewerkers het gehele product maken door langs de onderdelen te shoppen. In de praktijk hadden medewerkers te weinig ruimte waardoor de kasten nu aan elkaar worden doorgegeven. Door werken per batch van vier kasten en door bij te springen waar nodig proberen de medewerkers de stroom in gang te houden.
- De output is op dit moment afhankelijk van de kast met de langste bewerkingstijd. Door de beperkte ruimte kunnen kasten elkaar niet passeren. Kast met kortere bewerkingstijd worden opgehouden.

- Lege productdragers belemmeren / beperken toegankelijkheid onderdeellocaties voor assemblagemedewerkers en belemmeren doorstroming jaloeziekasten. Aanvoeren van productdragers gaat ‘ongecoördineerd’ en tegen de stroom van jaloeziekasten in.
- Door de huidige aanvoermethode zijn onderdelen in dagvracht niet willekeurig toegankelijk. Bovenbladen worden bijvoorbeeld gestapeld aangeleverd, maar meestal niet met het blad dat eerste nodig is bovenop.

Zone 1: manipulator

- Niet alle manipulatoren zijn geschikt voor alle afmetingen rompen (lage kasten alleen op manipulator 4) waardoor voor een korte doorlooptijd van een grote order soms niet voldoende capaciteit ingezet kan worden.
- Voor sommige type kasten moet de sokkel die er nu door Finishing opgezet wordt weer gedemonteerd worden. Dit vereist niet alleen tijd, maar ook ruimte voor opslag van gedemonteerde sokkels en handling.
- De monteur (schroever) aan de manipulator moet de kastromp gaan halen uit buffer; naar mate buffer leger wordt moet hij verder lopen. Het trekken/duwen bij aanvoeren lege (hoge) kasten geeft een aanzienlijke belasting en kost tijd.
- Wanneer de schroever klaar is moet hij ver lopen voor het halen van een lege drager.
- Het frequent (160 x per dag) tillen van de tussenplaten en zijwanden (8 kg hoge kast) geeft een aanzienlijke polsbelasting en een gedraaide rug.
- Er wordt frequent getild met onderdelen (rol van roldeurkast van pallet) en lege lage opgestapelde kasten (18-25 kg).

Zone 2: jaloeziematten en bodemplaten

- Het frequent tillen van de kunststof matten (5 kg hoge kast) laag uit de doos geeft een aanzienlijke belasting, met name door het frequent moeten bukken.
- Het zoeken van de juiste mat uit een stapel (dagvracht) kost veel tijd en onnodig tilwerk.
- Het inzetten (tillen) van de stalen matten (15 kg) wordt als zwaar ervaren en kan niet door iedereen uitgevoerd worden.
- Het frequent bukken bij vastklikken bodemplaat onderin hoge kast geeft een belasting van de onderrug.
- Handling van verpakkingsmateriaal zoals opruimen van emballage (folie, dozen, pallets) door assemblagemedewerkers kost veel tijd en vraagt vaak bukken en tillen.

Zone 3 en 4: montage van geleiders, uittrekframes, legborden etc.

- De fysieke belasting wordt hier veroorzaakt door frequent bukken bij indelen onderin de kast (met name hoge kasten) en door montage van zware (versterkte) hang- en legborden (4 kg) boven schouderhoogte. Extra niet-assemblagehandelingen zijn het hameren van uittrekframes.

Zone 5: afwerking en verzendklaar maken

- Duwen van hoge kasten op pallet is fysiek belastend. Duwkracht bij hoge kasten op nieuwe pallet is circa 285 N. Bij oudere pallets kan dit nog verder oplopen.
- Het stapelen van de lage kasten is zeer belastend: 40- 60 kg. De grenswaarde hierbij bedraagt in deze situatie 14.8 kg.
- Bij het klaarleggen van de pallets worden de pallets (20 kg) van stapel op de grond getild. De grenswaarde in deze situatie is 9 kg.

Voormontage stalen matten

- De voormontageplek van stalen matten ligt in de huidige opzet op grote afstand van de eindlijnen.
- Het tillen in gedraaide houding van (zware) matten (ruim 15 kg) levert fysieke belasting op. Aanbevolen tilgewicht in deze situatie is 6,5 kg.

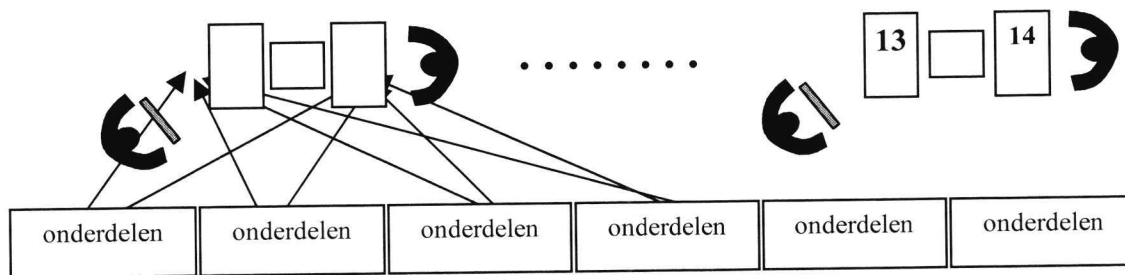
5.3. Definitie van de verbeterde opzet van het assemblageproces

Uitgangspunt

- Output eenvoudig op te schalen naar 400 stuks per ploeg.
- Hoge variatie in productmix: geen strikte beperkingen in aantallen en typen.
- Rekening houden met een personeelsmix van 60% vaste medewerkers en 40% flexibele medewerkers. De flexibele medewerkers kunnen bestaan uit meer en minder ervaren krachten.

Afweging alternatieve concepten

Concept 1: 14 parallelle standplaatsen



figuur 7: 14 parallelle standplaatsen

Kenmerk

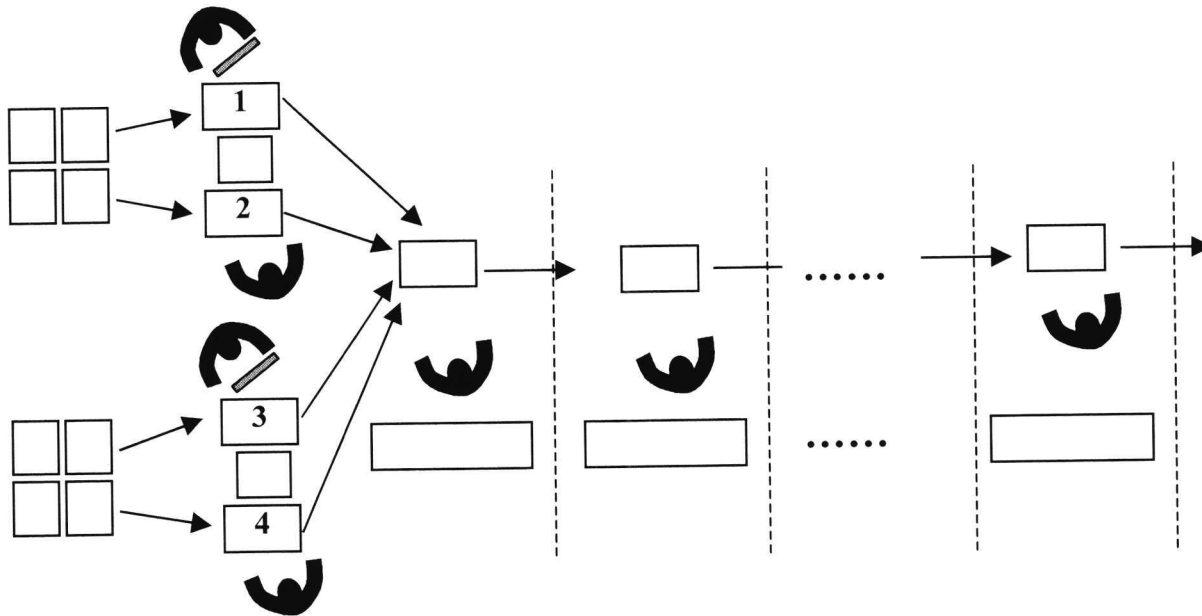
De kast wordt compleet afgebouwd op een werkplek: een manipulator. Het aantal werkplekken is afgestemd op de maximaal vereiste capaciteit. Het aantal mensen is afgestemd op de benodigde capaciteit.

Voordelen

- Minimale handling van kast in opbouw.
- Medewerkers maken een compleet product.
- Geen problemen ten aanzien van balancerings van productvarianten of aantallen. Capaciteit is eenvoudig te regelen door meer of minder inzetten van personeel.

Nadelen

- Op alle plekken zijn alle onderdelen nodig: ruimtebeslag, dubbele onderdeellocaties, meervoudige aanvoer van onderdelen of veel loopwerk (zoals in figuur 6 is weergegeven).
- Op alle plekken zijn alle hulpmiddelen nodig. Groot aantal dure werkplekken waarvan een aantal met een lage bezettingsgraad.
- Relatief lange inwerktijd om alle medewerkers het complete product te kunnen laten maken.

Concept 2: vier parallelle manipulatoren gevolgd door één lijn met aantal vaste zones

Figuur 8: vier parallelle manipulatoren gevolgd door één lijn met aantal vaste zones.

Kenmerken

Het assembleren van de kasten is verdeeld over meerdere stations in een lijn. De lijn start met vier parallel geplaatste manipulatoren. De mensen staan vast op een zone, mogelijk met roulatie. Wanneer een kast al vroegtijdig klaar is kan deze uit de lijn worden gehaald.

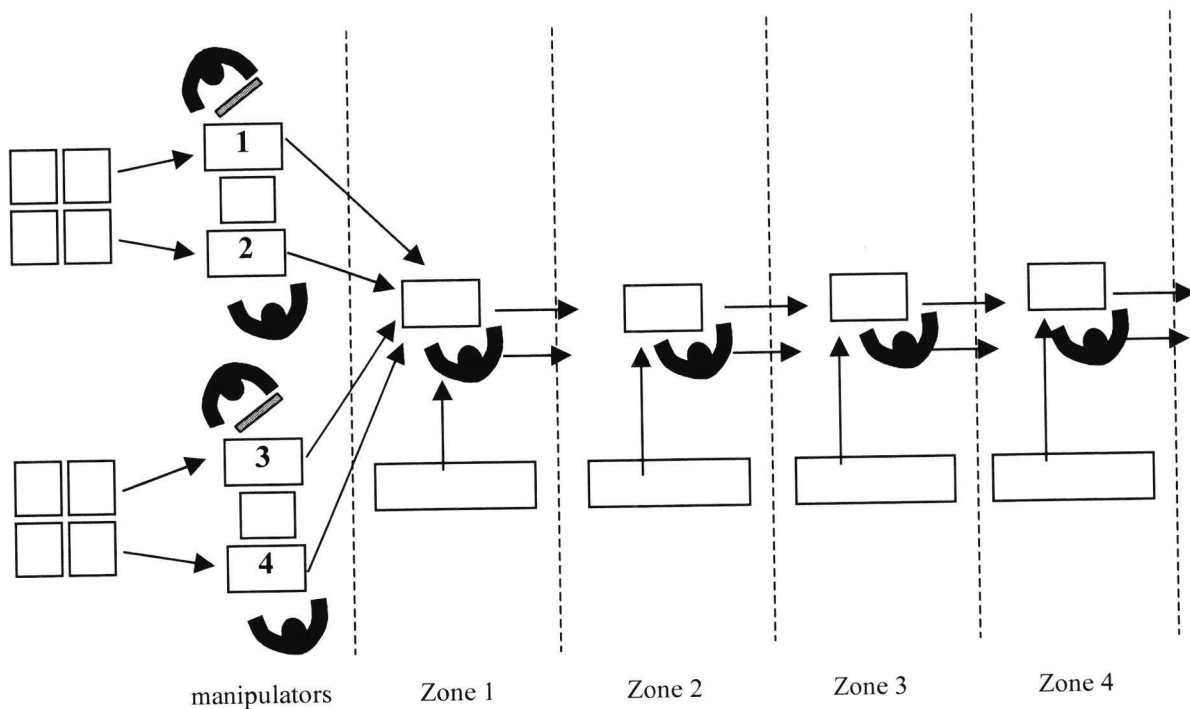
Voordelen

- Eén assemblagelijne met onderdelen in de zone daar waar ze nodig zijn.
- Uitzendkrachten zijn snel in te leren op deeltaken.

Nadelen

- Gezien de gewenste variatie in aantallen en productmix en gezien de grote verschillen in benodigde tijd is deze lijn voor de hardlopers alleen al moeilijk te balanceren. Met specials wordt de balancering nog moeilijker.
- De minst ervaren kracht bepaalt het tempo in de lijn.
- Aanpassen van de capaciteit vraagt een nieuwe balancering tussen de zones.
- Eenzijdige, korte taken, met name voor de ervaren krachten, zeker bij tempo 400 kasten per ploeg.
- Eenzijdige fysieke belasting.

Concept 3: vier parallelle manipulators en shoppen langs vier zones: medewerker maakt geheel product



Figuur 9: vier parallelle manipulators en shoppen langs vier zones

Kenmerken

Assembleren van de kasten is verdeeld over meerdere zones. De lijn start met vier parallel geplaatste manipulators, daarna volgen opeenvolgende zones. De mensen gaan mee met de afbouw van het product. Wanneer een kast al vroegtijdig klaar is kan deze uit de lijn worden gehaald.

Voordelen

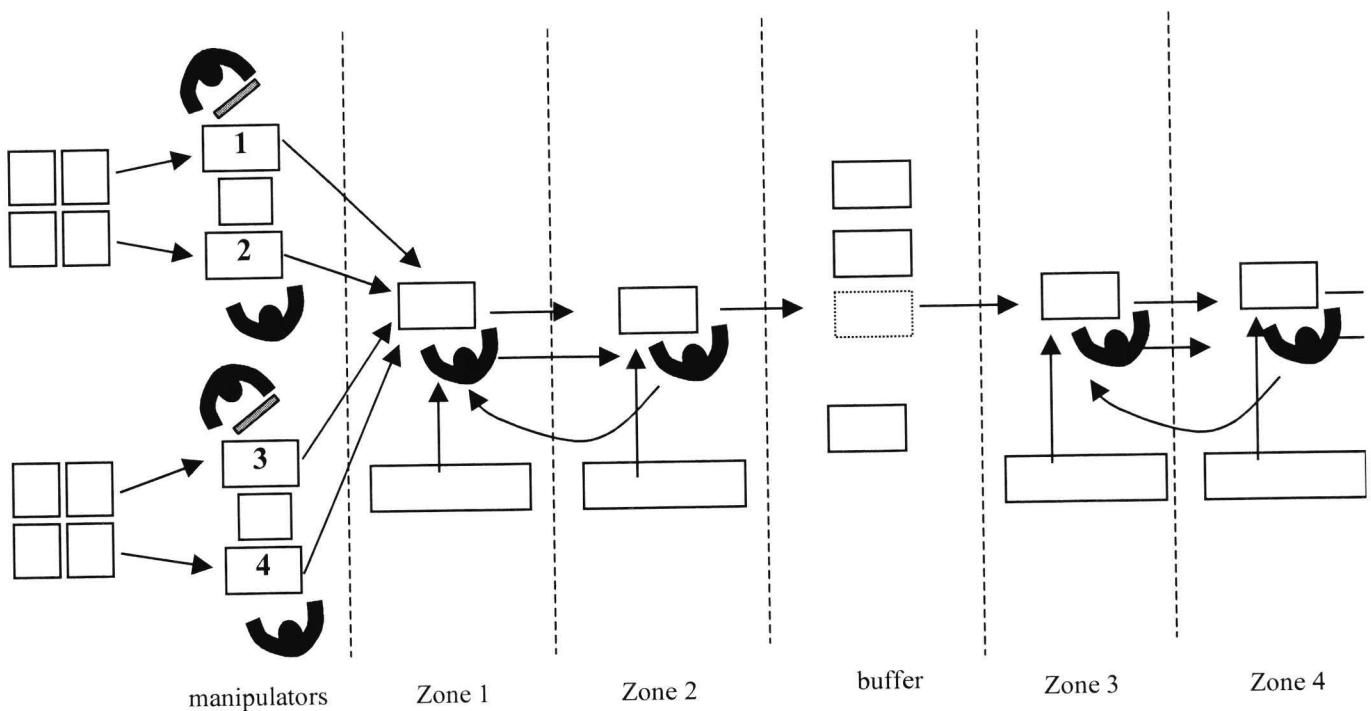
- Eén assemblagelijne met onderdelen in de zone daar waar ze nodig zijn.
- Minder kritisch ten aanzien van balanceren van productvarianten of aantallen dan concept 2. Capaciteit eenvoudiger aan te passen door inzetten van meer of minder mensen.
- Ruimere taken.
- Minder eenzijdige fysieke belasting, meer beweging.
- Minder afstemmingsverliezen tussen zones.
- In shopgedeelte voldoende plaats om met twee personen in één zone te werken, ieder aan eigen kast (met name zone 3 en 4).

Nadelen

- Vraagt inwerktijd voor uitzendkrachten.
- Vraagt ruimte en strikte scheiding voor assemblage en transportruimte. Vraagt extra ruimte en onderdeellocaties wanneer meerdere medewerkers tijdens het shoppen in een zone terecht komen.

Uiteindelijke conceptkeuze

Uit deze conceptafweging volgde uiteindelijk een alternatief concept dat de genoemde voordelen uit de geschetste concepten combineert. Het concept bestaat uit twee shopdelen. Dit concept geeft geen problemen in balanceren van de productmix, biedt ruimere taken voor vaste krachten en tegelijkertijd ook kleinere inleertaken voor uitzendpersoneel. Door de lijn op te splitsen in twee shopdelen worden de loopafstanden beperkt, zie figuur 10.



figuur 10: vier parallelle manipulatoren gevolgd door twee shopgedeeltes

Kenmerken

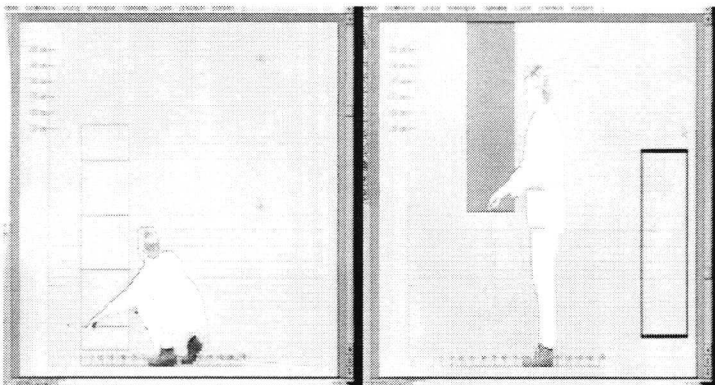
- Universele manipulatoren met vaste medewerkers.
- Na manipulatoren een gebied voor 'shoppen' voor inzetten jaloeziematten, bodemplaat en voorbereiden van de indeling (opleggers en loopwerken).
- Na eerste gebied voor 'shoppen' een tweede gebied voor 'shoppen' waarin de kast voltooid wordt met legborden, uittrekframes en waar eindcontrole plaatsvindt.
- In shopgedeeltes voldoende plaats om met twee personen in één zone te werken, ieder aan eigen kast (met name zone 3 en 4).
- Tussen gebieden voor shoppen is een kleine buffer om afstemmingsverliezen te beperken.
- Zodra kast gereed is, van de productdrager af en op transportsysteem naar expeditie, zonder langs overige zones te gaan. Medewerker gaat met productdrager terug naar buffer tussen de gebieden voor 'shoppen' om volgende kast op te halen.
- Ervaren medewerkers kunnen ingezet worden om productie soepel te laten verlopen. Bijvoorbeeld als de buffer tussen shoppen eerste deel en tweede deel erg vol is, dan kan hij bijvoorbeeld zelf kast gaan afbouwen; als buffer erg leeg is, dan kan een medewerker van tweede deel naar eerste deel om daar bij te springen (bijvoorbeeld tot buffer weer bepaald niveau heeft).

Wijze van transport

Na het kiezen van het concept is de wijze van transport bepaald. Hieronder volgen de belangrijkste criteria. Het transportmiddel zelf moet:

- soepel rijden en makkelijk sturen
- een goede werkhoogte mogelijk maken
- geschikt zijn voor alle afmetingen kasten
- goedkoop zijn
- de kast op een pallet kunnen wegzetten (ook als er twee kasten op een pallet moeten)
- eventueel automatisch terug gebracht kunnen worden
- voldoen aan wettelijke voorschriften (CE)
- kast met open zijde opzij (naar de onderdelen toe) vervoeren.

In de ergomix is het hoogteverstelbereik bepaald voor het transportmiddel uitgaande van de verschillen in kasthoogten en de verschillende assemblagehandelingen per kast: onder of bovenin de kast (zie figuur 11). Hieruit volgden het verstelbereik van het transportmiddel.



Figuur 11: vaststellen verstelbereik in de ergomix (links oude ongewenste situatie, rechts kast op hoogte).

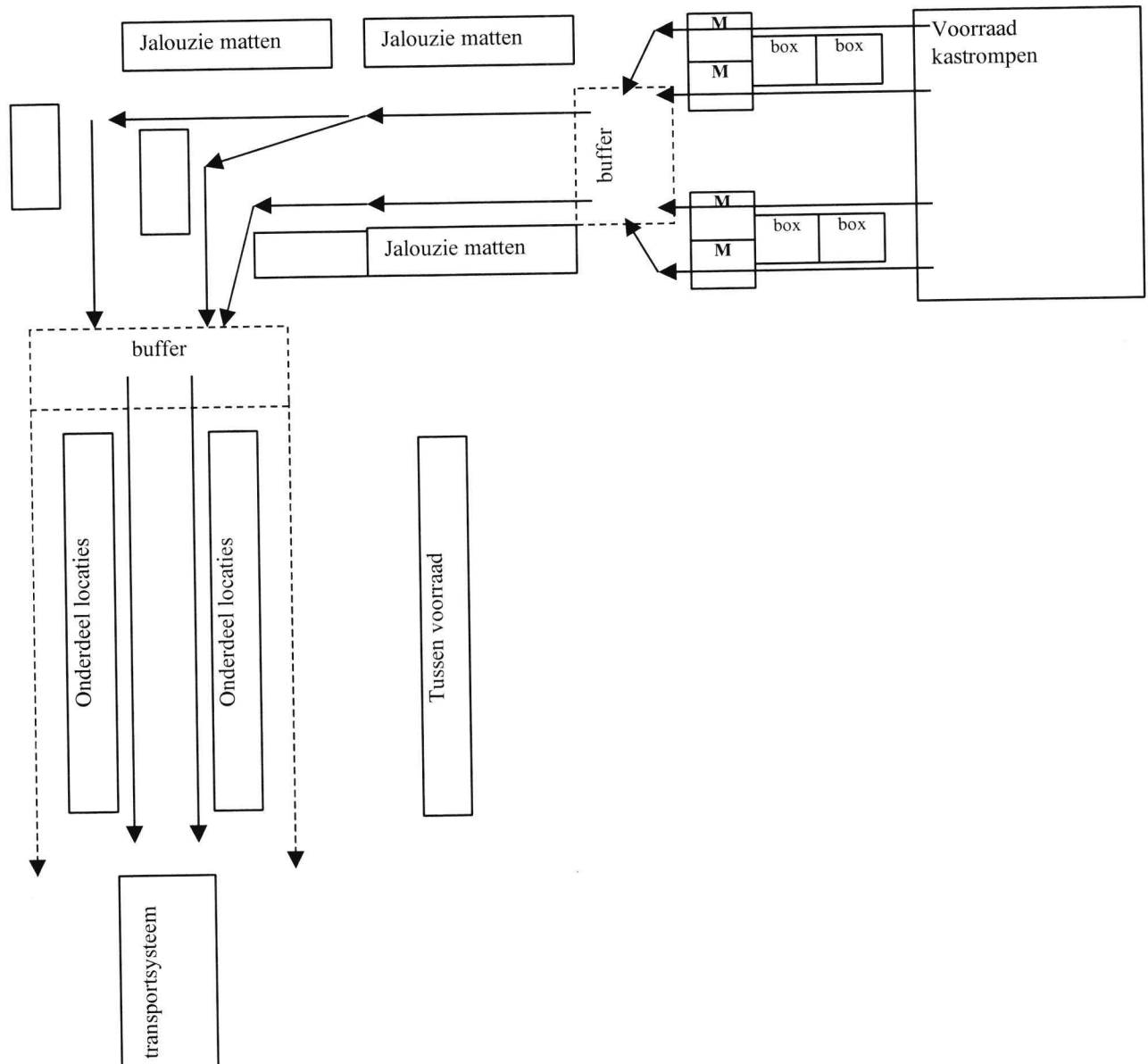
Vervolgens zijn in een brainstormsessie een aantal alternatieve mogelijkheden uitgewerkt. Hieruit kwamen diverse oplossingsrichtingen voor verrijdbare en in hoogte verstelbare dragers. Uiteindelijk is in de praktijk een test gedaan met een mobiele hefkar. Uit deze test kwamen de volgende bevindingen voor de drager:

- Aan het begin van de flow worden na de manipulator alle kasten met de bovenkant door middel van de drager op een hoogte van 1.80 meter gebracht.
- Tijdens het assemblagetraject kan men de kast tijdens het rijden trapsgewijs laten zakken, afhankelijk van de benodigde assemblagehandelingen. De bediening dient eenvoudig te zijn.
- Uitzondering is de hoogste kast van 1.95 m. Voor de montage van uittrekframes en hanglegborden boven in de kast is een uitklapbaar plateau nodig.

Van belang is de automatische retourstroom van de dragers buiten de assemblagelijijn om.

Verbeterde opzet

In de nieuwe opzet is de assemblage vlak na de finishing geplaatst. Er is gekozen voor één flow voor alle soorten kasten waarlangs de voor die dag benodigde onderdelen zijn geplaatst. De onderdelen die met een heftruck aangeleverd moeten worden liggen langs de transportpaden.



Figuur 12: schematische weergave van de verbeterde opzet

Manipulator

De vier manipulators krijgen de kastrompen gedeeltelijk automatisch via een accumulator aangevoerd vanuit de tussenopslag. De vier manipulators zijn universeel inzetbaar voor alle afmetingen kasten. Werkzaamheden op de manipulator die de balancerings verstoringen zijn naar de volgende zone (zone 2) verplaatst. Daarnaast zijn enkele voorstellen ingediend om de werkzaamheden te vereenvoudigen, bijvoorbeeld klikken in plaats van schroeven van geleidingen (uiteindelijk niet goedgekeurd in verband met kwaliteit). Na de werkzaamheden op de manipulator wordt de kast op de drager geplaatst en in een bufferzone op werkhogte gebracht. Het nieuwe kastontwerp is zodanig dat de werkzaamheden op de manipulator in zijn geheel achterwege kunnen blijven: deze kast gaat rechtstreeks naar de bufferzone. De kasten worden door medewerkers uit zone 2 opgehaald.

Zone 2

In zone 2 start het eerste shopgedeelte. In zone 2 is het aantal onderdellocaties gereduceerd door het terugdringen van het aantal varianten jaloeziematten. De meest gebruikte jaloeziematten zullen in de toekomst niet in dozen aangeleverd worden maar in speciaal daarvoor ontworpen emballage. De grote matten worden in de zone verticaal aangeleverd en de kleinere matten op hoogte. Dit voorkomt het

frequent bukken en tillen van (zware) matten en het verwerken en sjouwen van lege verpakkingsdozen. De voormontage van stalen jaloeziematten is dichtbij de betreffende zone geplaatst. In de toekomst is het wellicht mogelijk om over te gaan op lichtere aluminium matten.

Zone 3

De medewerkers lopen met de kast vanuit zone 2 naar zone 3. In zone 3 zijn diverse onderdeellocaties voor opleggers en loopwerken waardoor men met meerdere mensen tegelijkertijd in deze zone kan werken. De kast wordt uiteindelijk door de medewerkers in een kleine bufferzone geplaatst.

Zone 4 en 5

In zone 4 start het tweede shopgedeelte: het plaatsen van de interieurdelen. De onderdelen zijn zodanig geplaatst dat meerdere medewerkers tegelijkertijd in deze zone kunnen werken zonder op elkaar te moeten wachten. Het ontwerp van het hanglegbord is verbeterd zodat deze eenvoudig vanaf de voorzijde ingeschoven kan worden. Tevens is het ontwerp van de uittrekframes aangepast zodat niet meer gehamerd hoeft te worden. Uiteindelijk worden de kasten op een pallet geplaatst. De pallets worden automatisch op de gewenste hoogte door een “palletdispensor” aangeleverd zodat de handling van lege pallets wordt verminderd.

Via het transportsysteem worden de kasten naar expeditie gebracht en de drager gaat automatisch retour naar de manipulatoren.

In verband met andere projecten en benodigde voorbereidingen zal Ahrend de nieuwe opzet in de loop van 2000 kunnen implementeren.

6. Conclusies en aanbevelingen

Met de nieuwe opzet wordt een verhoging van arbeidsproductiviteit verwacht. In de huidige opzet wordt met 11 medewerkers een output van 280 kasten per dag gerealiseerd (arbeidsproductiviteit: 25 kasten per medewerker per dag). In de beoogde opzet wordt verwacht dat met 14 medewerkers een output van 400 kasten per dag wordt gerealiseerd (28.5 kasten per medewerker per dag; dat is circa 15% hoger). De verhoging van productiviteit is het effect van:

- Vermindering van loop- en zoekwerk naar onderdelen door eenduidige locatie dichtbij de lijn.
- Vermindering van de benodigde capaciteit van heftrucks door automatische aanvoer van kastrompen naar de manipulator.
- Ergonomische verbeteringen van assemblagehandelingen door wijzigingen in het productontwerp. Enkele wijzigingen konden tijdens het project al gerealiseerd worden.

Daarnaast worden de volgende effecten verwacht:

- Reductie van het aantal (verschillende) onderdelen op de werkvloer.
- Verkorting van de doorlooptijd van kasten die vroegtijdig in het proces gereed zijn: deze worden in de nieuwe opzet direct uit de lijn gehaald en naar expeditie vervoerd.
- De output is niet meer afhankelijk van de kast met de langste bewerkingstijd.
- Reductie van fysieke belasting door het verminderen van de handling van de zware jaloeziematten en pallets en door het optimaliseren van de werkhogte.

De gevolgde integrale aanpak is ervaren als volledig en systematisch. Het consequent afwegen van voor- en nadelen bij de keuze van assemblageconcepten en bij de opzet van de lijn is als positief ervaren. Hierdoor is een duidelijke beargumenteerde keuze gemaakt voor de uiteindelijke opzet, zonder dat mogelijke alternatieven over het hoofd zijn gezien. Naar de organisatie toe is het nu mogelijk om deze keuze beargumenteerd te presenteren.

Het betrekken van de verschillende disciplines in de werkgroep is niet alleen positief maar ook als noodzakelijk ervaren. De uitwisseling van expertise en informatie van productie, engineering, productontwikkeling, logistiek is essentieel voor de realisatie van een dergelijk project.

De gevolgde aanpak wordt nu direct toegepast bij de ontwikkeling van de nieuw kast. Reeds tijdens productontwikkeling worden nu mogelijke ergonomische knelpunten gesignaleerd die nu al aangepakt worden en niet pas tijdens het ontwerp van het proces, zoals voorheen gebeurde. Voordeel hierbij is dat zowel productontwikkeling als procesengineers bekend zijn met de gevolgde aanpak en de knelpunten in het huidige proces. De mensen in de assemblagelijnen waren positief over de gevolgde aanpak.

Doordat de realisatie van de verbeteringen vanwege interne verhuizingen is uitgesteld, bestaat echter de kans dat de motivatie onder het assemblagepersoneel afneemt. Het behouden van een momentum blijft een aandachtspunt.

Bijlage B2

Resultaten pilotproject Assemblage van magneetkleppen bij Asco Joucomatic

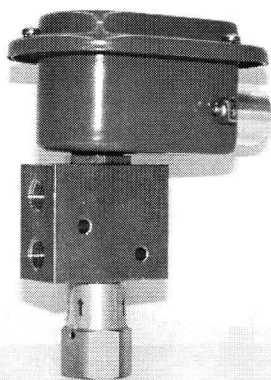
Bijlage B2 Pilotproject Asco Joucomatic

1. Introductie Asco Joucomatic	3
2. Aanleiding, probleemstelling, afbakening.....	4
3. Doelstelling.....	4
4. Aanpak van het pilotproject.....	4
5. Resultaten	5
6. Conclusies en aanbevelingen.....	10

1. *Introductie Asco Joucomatic*

Asco Joucomatic ontwikkelt en produceert een zeer breed pakket magneetkleppen voor het regelen en afsluiten van gas- en vloeistofstromen. Door de verschillende groottes en uitvoeringsvormen is het aantal mogelijke kleppen vrijwel onbeperkt. Naast een aantal kleppen dat in grote aantallen en in weinig varianten gemaakt wordt, heeft Asco Joucomatic ook kleppen die in kleine aantallen en een groot aantal varianten gemaakt worden.

Asco Joucomatic richt zich in Scherpenzeel op producten met een hoge toegevoegde waarde. De vestiging in Polen richt zich juist op de arbeidsintensieve producten die in grote series gemaakt worden.



Figuur 1: voorbeeld van een magneetklep

Naast de ontwikkeling en de assemblage heeft Asco Joucomatic ook de productie van de spoelen in eigen huis. Voor de assemblage wordt gebruik gemaakt van werkbanken, (semi)automatische assemblagemachines en zogenaamde paternostercellen.

Het pilotproject heeft betrekking op het verbeteren van het werk in de paternostercellen (zie figuur 2). De paternostercellen bestaan uit twee paternosters, een teststation en inpaktafel. Deze zijn in een U-vorm gerangschikt. Voor deze elementen loopt een transportbaan voor de montageplaat waarop de kleppen gemonteerd worden. In de paternosters zijn alle benodigde onderdelen voor een productfamilie opgeslagen. Nadat in het computersysteem een order is geselecteerd, is het voldoende om met een druk op de knop aan te geven dat het volgende onderdeel nodig is; de paternoster draait naar de juiste schap en bij de bak met onderdelen gaat een lichtje branden. Op deze manier kunnen de kleppen ondanks de variëteit efficiënt gemonteerd worden.



Figuur 2: werken in paternostercel bij Asco

2. *Aanleiding, probleemstelling, afbakening*

Er zijn een aantal aanleidingen voor het onderzoeken van de mogelijkheden om het werk in de paternostercellen te verbeteren:

- Verwachte groei van de productfamilie 8327.
- Niet volledig benutten van de opslagcapaciteit van de paternosters in de huidige opstelling.
- Dubbele onderdeellocaties voor spoelen (zowel in paternostercel voor productfamilie 8210 als in paternostercel voor productfamilies 8262 en 8320).
- Huidige opstelling sluit medewerkers in paternostercellen af van collega's.

Asco Joucomatic heeft via een stageopdracht voor een student van de Hogeschool in Utrecht alle voor- en nadelen van een aantal alternatieven voor de huidige werkwijze in de paternostercellen onderzocht. Op aangeven van Asco heeft dit werk mede gediend als vertrekpunt voor het onderhavige pilotproject. Gezien de omvang en de 'impact' van de plannen heeft Asco graag gebruik gemaakt van de mogelijkheid de plannen concreet te maken binnen de kaders van dit pilotproject. Met name de ergonomie heeft binnen dit project een belangrijke rol gekregen. Het transportsysteem moet als "tool" gezien worden voor het aan- en afvoeren van onderdelen die op meerdere werkplekken gebruikt worden.

3. *Doelstelling*

De doelstelling van het project is het systematisch afwegen van de voor- en nadelen van de alternatieven wat betreft doorstroming en ergonomie, zodat een hoge productiviteit gecombineerd wordt met een ergonomisch verantwoorde manier van werken.

4. *Aanpak van het pilotproject*

Het project is uitgevoerd met een projectgroep van Asco Joucomatic onder begeleiding van de heer M. de Looze van TNO Arbeid en de heer J. van Deursen van TNO Industrie. Deze projectgroep is samengesteld uit vertegenwoordigers van assemblage, productievoorbereiding en engineering. Binnen Asco Joucomatic is de heer R. Wouterse verantwoordelijk voor het project.

Het project is uitgevoerd in de periode van april 1999 tot en met december 1999. Een aantal keren zijn tussenresultaten (mondeling) gepresenteerd aan het assemblagepersoneel. Daarnaast is in het bedrijfsblad van Asco door Asco zelf en door TNO aandacht besteed aan het project en de resultaten ervan. Ook is gedurende de looptijd van het project de voortgang toegelicht tijdens de bijeenkomsten van de SCOM-klankbordgroep. Door middel van ruim 10 werkbijeenkomsten zijn bij Asco Joucomatic de hieronder genoemde stappen in het onderzoek doorlopen, waarbij tussendoor zowel door TNO als door Asco Joucomatic specifieke aspecten zijn onderzocht, uitgewerkt en voorbereid voor de volgende bijeenkomsten.

1. Vaststellen huidige situatie assemblage magneetkleppen

- Introductie werkgroep en projectaanpak.
- Schematisch vastleggen huidige lay-out van het assemblageproces.
- Opstellen montage afloopschema (MAS) voor magneetkleppen en inventariseren hoofdvarianten.

2. Analyse knelpunten in doorstroming en ergonomie in huidige situatie

- Observeren en vastleggen werkzaamheden op assemblagewerkplekken door middel van video-opnamen, foto's en gesprekken met het personeel.
- Terugkoppeling van bevindingen naar de werkgroep en het assemblagepersoneel.

3. Evaluatie van de door Asco voorgedragen verbetermogelijkheden

- Vaststellen van voor- en nadelen.
- Vaststellen van de rol van het transportsysteem in de beoogde opzet.
- Formuleren van verbeterd concept.
- Uitwerken van benodigde werkplekken.

4. Invoering van de verbetervoorstellen

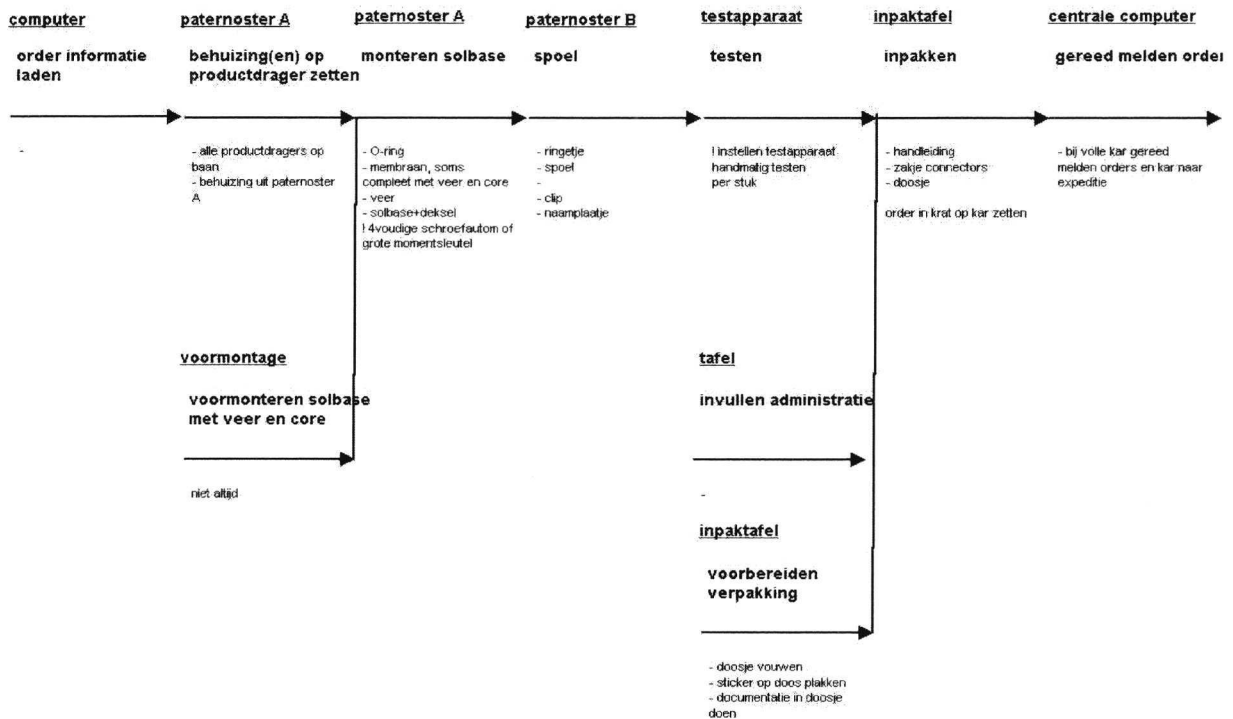
- Bepaling van de effecten.
- Evaluatie.

5. Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de bovenstaande stappen achtereenvolgens samengevat.

5.1. Vaststellen huidige situatie assemblage magneetkleppen

In de eerste werksessie is het project met de direct betrokken medewerkers besproken. De beschikbare lay-out waarin de verschillende werkplekken waren aangegeven is gebruikt om materiaalstromen in te tekenen. Daarna is voor de verschillende productfamilies een MAS opgesteld; daarbij is duidelijk geworden dat voor alledrie de families hetzelfde bouwproces gebruikt wordt en dat dit niet beïnvloed wordt door de te assembleren variant van het eindproduct.



Figuur 3: grove MAS voor alle drie de families

5.2. Analyse huidige situatie met betrekking tot doorstroming en ergonomie

De analyse van de huidige situatie leverde de volgende knelpunten op:

- Onderdelenaanvoer naar paternostercellen via te smalle toegang.
- Afvoer gereed product via dezelfde te smalle toegang.
- Teveel bakken voor de afvoer van gereed product (hoge stapel).
- (Deel van) subs gaan niet rechtstreeks naar eindassemblage, maar via magazijn.
- Onderdelen (ook de zware onderdelen) worden aangevoerd in bakken op pallets, dus laag bij de grond. Daardoor:
 - ver reiken
 - diep bukken
 - moeilijk beet te pakken
 - over te grote afstand verplaatsen
 - te vaak tillen.
- Veel ruimte nodig voor verpakkingsmateriaal.
- Tijdens beladen van paternoster geen assemblage mogelijk,
 - omdat het door assemblagepersoneel zelf gedaan wordt;
 - omdat paternoster niet door twee personen tegelijk gebruikt kan worden.
- Constructie-‘baan’ maakt zittend werk onmogelijk.
- Baan is eigenlijk te breed, waardoor onnodig reiken naar onderdelen, veel naar voren buigen en reiken bij handmatig teststation.
- Door opbouw van paternostercel weinig contact met collega’s.
- Aanvoer van onderdelen voor 327-familie en willekeurig beladen op karren, zonder rekening te houden met gewicht van bakken veroorzaakt:
 - zoeken van onderdelen (niet op logische manier verdeeld over karren)
 - onnodige handling
 - onnodige fysieke belasting (afhankelijk van omvang order).
- Langdurig staand werken
- Bij kleine orders gaat relatief veel tijd met wachten tijdens ‘draaien’ van de paternoster.

- Afstand voor afmelden van orders.
- Afstand tussen assemblage en expeditie.

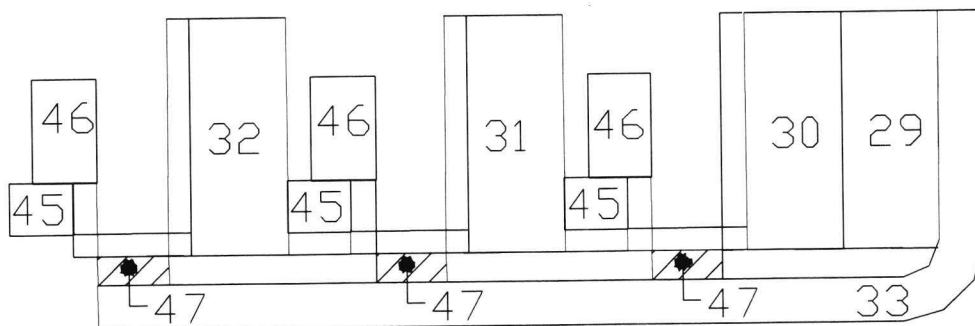
Positief in de huidige situatie zijn de volgende punten:

- Medewerkers maken compleet product, inclusief testen (eventueel repareren) en verzend gereed maken.
- Medewerkers hebben enige invloed op eigen werkorganisatie. Kunnen kiezen om orders compleet af te werken of batches te assembleren en vervolgens te testen (gaat dan wel ten koste van doorstroming).
- Compacte opzet (m²-verbruik).

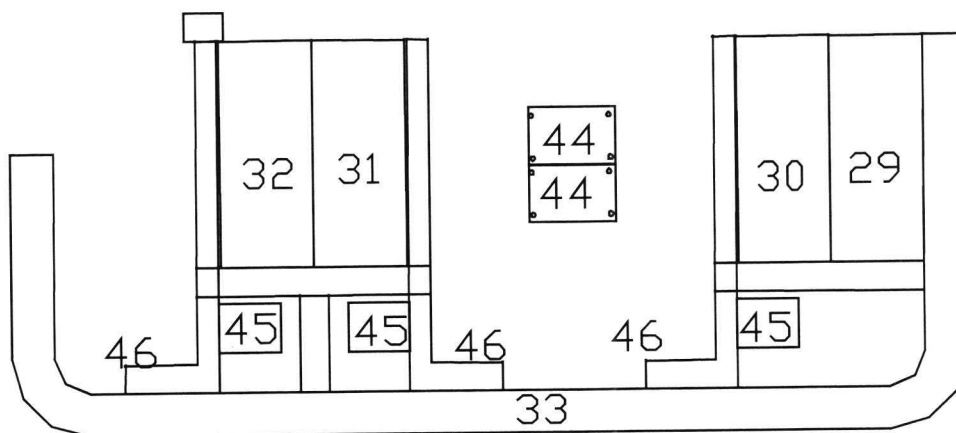
5.3. Evaluatie van de door Asco voorgedragen verbetermogelijkheden

Uit eerder onderzoek van Asco en de voorbesprekingen van het project waren twee concepten naar voren gekomen (zie figuren 2 en 3). Gezien de voordelen van concept 3 ten opzichte van concept 2 is ervoor gekozen die verder uit te werken. Deze voordelen zijn:

- beter contact tussen collega's in 327 en 210-paternoster
- goede toegankelijkheid
- mogelijkheid bezetting van de 327 en 210 aan te passen aan benodigde capaciteit.



Figuur 4: concept 2 uit voorstudie



Figuur 5: concept 3 uit voorstudie

Beide concepten scoren even goed wat betreft:

- inzet van de medewerkers
- taakhoud
- uitbreidbaarheid.

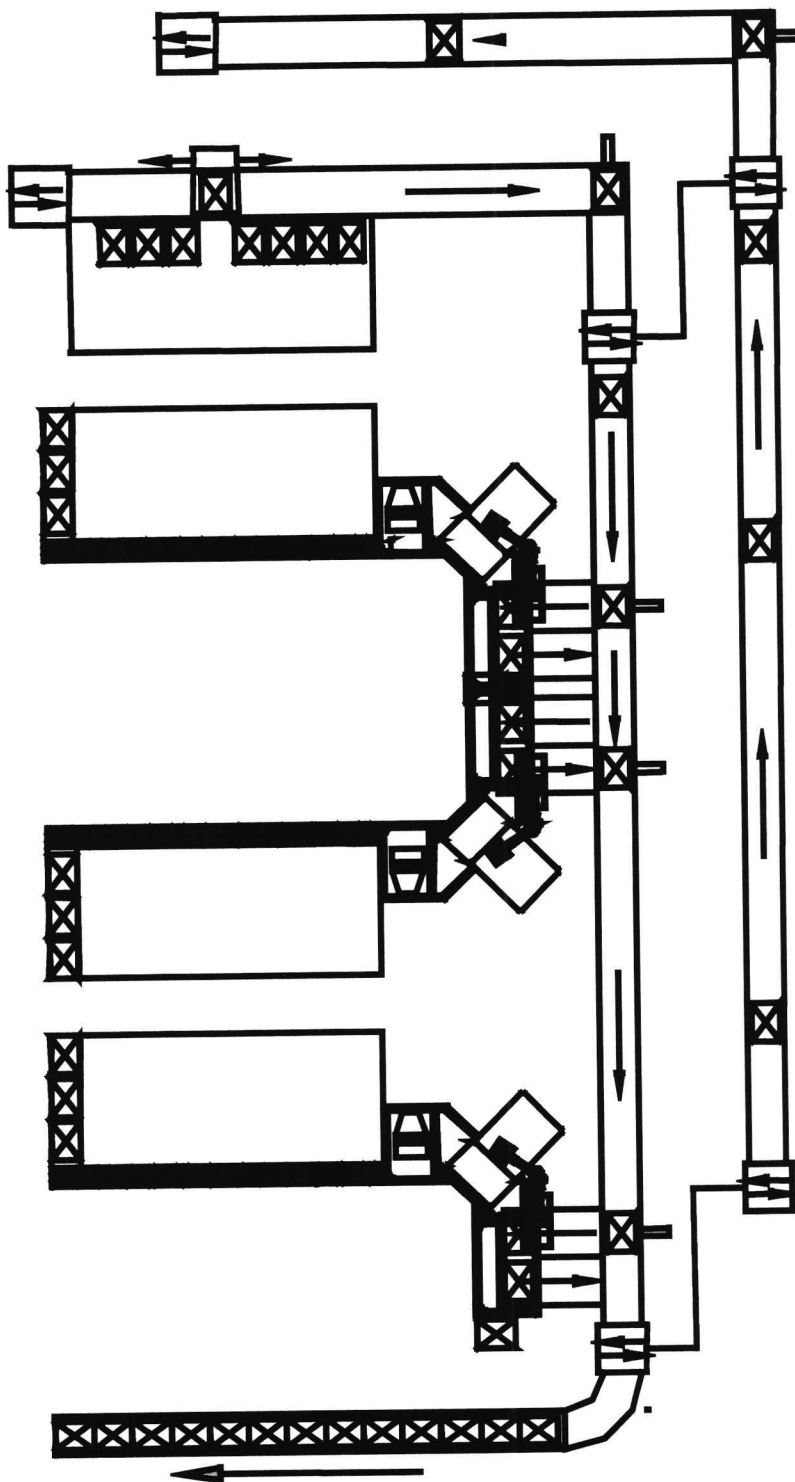
Het concept werkt als volgt:

Bij het selecteren van een order wordt een bak met de benodigde spoelen naar de betreffende paternoster gestuurd. Hierbij is bekend welke spoelen in de centrale paternoster beschikbaar zijn en welke er nodig zijn (type en aantal). Grote berekeningen hebben laten zien dat het transportsysteem voldoende snel is. De centrale paternoster is voorzien van een buffer waarmee die tijdens de bedrijfstijd geladen kan worden zonder het proces in de assemblagepaternosters te verstoren. De bak met spoelen blijft gedurende de assemblage in de cel aanwezig. Om wachttijden te voorkomen zullen van belangrijke typen meerdere bakken beschikbaar zijn. Na montage van de spoel op de behuizing wordt de klep getest en ingepakt. Na het afronden van de order wordt de bak met spoelen weer op de transportband gezet. Ook de gemonteerde kleppen worden in een bak op de transportband gezet en afgevoerd naar expeditie. Zie figuur 6 voor de uiteindelijke opzet van het assemblagesysteem.

De uitvoering van het transportsysteem is gedurende het hele project telkens veranderd. In eerste instantie werden de spoelen exact daar aangeboden waar ze nodig waren. Het benodigde systeem was echter erg complex en duur. Gedurende het project is het systeem vereenvoudigd tot een gesloten systeem, waarbij de bakken met spoelen aan de hand van de barcode op de bak bij de juiste bestemming worden afgeleverd (assemblagecel of centrale opslag). De bakken met eindproduct worden herkend aan het ontbreken van een barcode, waardoor ze aan het eind van de transportbaan 'uit het systeem worden gestoten'.

Het uitwerken van de werkplekken is in twee stappen gebeurd: eerst is een verbeterde opzet gemaakt aan de hand van de knelpunten in de 'oorspronkelijke situatie'. Vervolgens is deze eerste opzet van de nieuwe werkplekken met behulp van het ergomixsysteem (zie bijlage ergomix) verder uitgewerkt. Daarbij is duidelijk geworden dat een in hoogte verstelbare 'assemblagebaan' voor de paternoster een grote verbetering is. Om een goed zicht te hebben op de onderdelen is ook de 'grijphoogte' instelbaar. Omdat de baan doorloopt tot aan de testwerkplek is ook deze in hoogte verstelbaar. Bij de testwerkplek worden de benodigde spoelen aangevoerd vanuit de centrale opslag. De hele montagebaan is zo uitgevoerd dat er staand gewerkt kan worden of zittend op een 'salli-zadel'.

Omdat de spoelen centraal worden opgeslagen wordt de tijd die gemoeid is met het beladen van de assemblagepaternosters verminderd. Om het tillen te verminderen is aan de kopse kant van de paternosters een verstelbaar rek geplaatst waardoor de bakken niet meer getild hoeven worden. Indien nodig kan dit buiten de bedrijfstijd van de paternosters om (aan begin of eind van de dag of tijdens pauzes).



Figuur 6: uiteindelijke opzet van het assemblagesysteem

6. Conclusies en aanbevelingen

Met de nieuwe opzet verwacht Asco Joucomatic dat niet alleen een verbetering van de werkomstandigheden maar ook een verhoging van de productiviteit van 30 tot 40% wordt gerealiseerd. De verhoging van de productiviteit is het effect van:

- Verminderen van loop- en zoekwerk voor de 8327 productfamilie.
- Beladen van de paternosters grotendeels buiten assemblage om (spoelen).
- Effeciënter beladen van onderdelenpaternosters.
- Verbeterde ergonomische omstandigheden.
- Toepassen van automatisch testen in alle drie de productfamilies.

Het monteren op een ergonomische manier aan de baan voor de paternosters en het ergonomisch beladen van de paternosters waren een belangrijk deel van het project; door deze aspecten van meet af aan mee te nemen zijn ze betrekkelijk eenvoudig gerealiseerd.

Door de integrale aanpak zijn medewerkers uit de productie ook bij het project betrokken en dragen zij ook goede ideeën aan. De algehele systematische en procesgerichte werkwijze van TNO in samenwerking met Asco Joucomatic is goed geweest.

Met het ergomixsysteem is het mogelijk een nieuwe opzet van werkplekken realistisch en goed te evalueren. Bij Asco Joucomatic kwamen daarbij een aantal kritische punten aan het licht die verder zijn verbeterd.

Met het Montage Afloop Schema (MAS), video-opnamen, metingen en gesprekken met medewerkers zijn knelpunten snel te achterhalen en eenvoudig aan de medewerkers terug te koppelen.

De resultaten van het project zijn nog niet ingevoerd, maar met de invoering zal in het voorjaar 2000 gestart worden. Naar verwachting zal het nieuwe systeem eind 2000 volledig operationeel zijn. Dan is het ook mogelijk om metingen te verrichten zodat er vergelijkingen gemaakt kunnen worden ten opzichte van de eerste metingen en bepaald kan worden wat er werkelijk bereikt is.

Bijlage B3

Resultaten pilotproject assemblage inpaklijnen van eiersorteermachines bij Moba

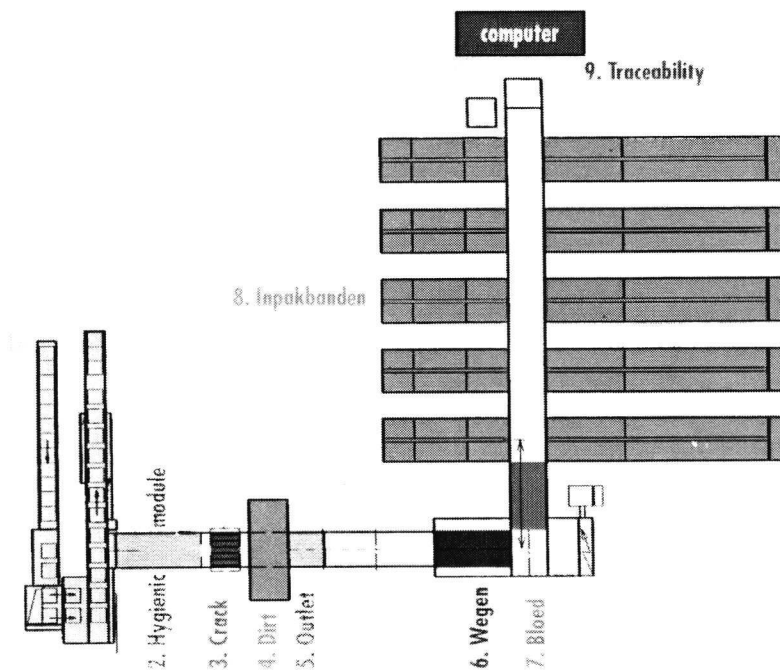
Inhoudsopgave

1	Introductie Moba	3
2	Aanleiding, oorspronkelijke situatie en probleemstelling	4
3	Doelstelling	6
4	Aanpak van het onderzoek	6
5	Resultaten	7
5.1	Vaststellen van de huidige situatie	7
5.2	Analyse van knelpunten in doorstroming en ergonomie	10
5.3	Definitie verbeterde opzet van assemblageproces (flow)	13
5.3.1	Afweging concepten flow en transport	13
5.3.2	Uitwerking lay-out	18
5.3.3	Werkorganisatie	21
6	Conclusies en aanbevelingen	22

1 Introductie Moba

Moba BV, gevestigd te Barneveld is een machinefabriek gespecialiseerd in de ontwikkeling, productie, verkoop en service van geavanceerde eiersortermachines voor de eier- en pluimvee-industrie. In de onderneming zijn circa 250 mensen werkzaam, waarvan circa 120 in de productie. Kernactiviteiten in de productie zijn spuitgieten van kunststofonderdelen, gereedschapfabricage, verspanen, plaatwerk, laswerk en assemblage (mechanisch en besturingstechniek) en testen. Speciale bewerkingsprocessen zoals verzinken en harden worden uitbesteed.

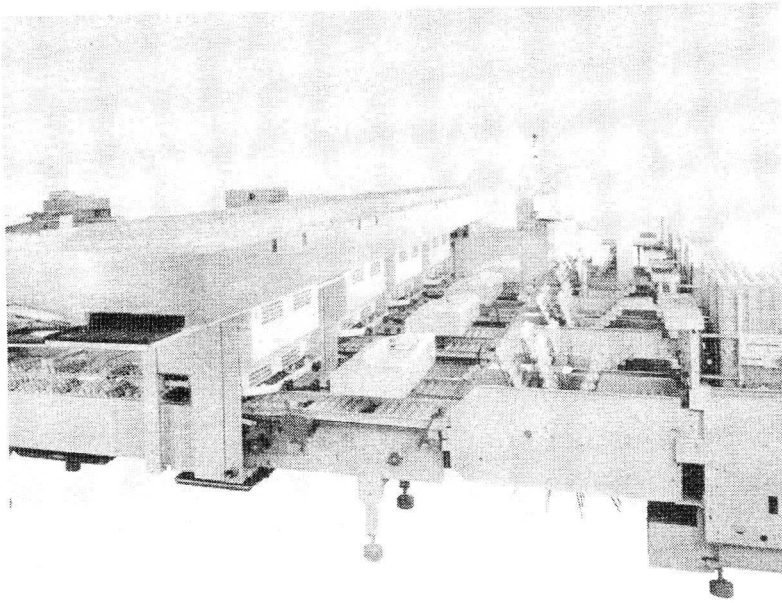
Een totale eiersorteerinstallatie, figuur 1, is opgebouwd uit een loader, hygiënemodule, crackdetector, vuildetector, weegstelsel, bloeddetectie en een aantal inpaklijnen.



Figuur 1: schematische opbouw eiersorteerinstallatie

Elke inpaklijn, figuur 2, bestaat uit twee inpakbanden, een bufferbak en een besturingskast. Het aantal inpaklijnen per installatie kan variëren van vier tot negen (dus per installatie 8 tot 18 banden). Een installatie omvat gemiddeld zeven inpaklijnen.

De totale installatie wordt aangestuurd door een centrale besturingskast.



Figuur 2: foto inpaklijn

De productgroep sorteermachines omvat een familie 'conventionele' machines (type 3500 en 5100) met (elektro)mechanische opbouw met sorteercapaciteit van 15.000 tot 45.000 eieren per uur. De nieuwere generatie (OMNIA) heeft servo-aandrijvingen en levert een capaciteit van 120.000 eieren per uur.

2 Aanleiding, oorspronkelijke situatie en probleemstelling

Binnen de assemblage van de inpaklijnen onderkennen we de conventionele inpaklijnen (dropbanden) en de OMNIA-inpaklijnen (packerlanes).

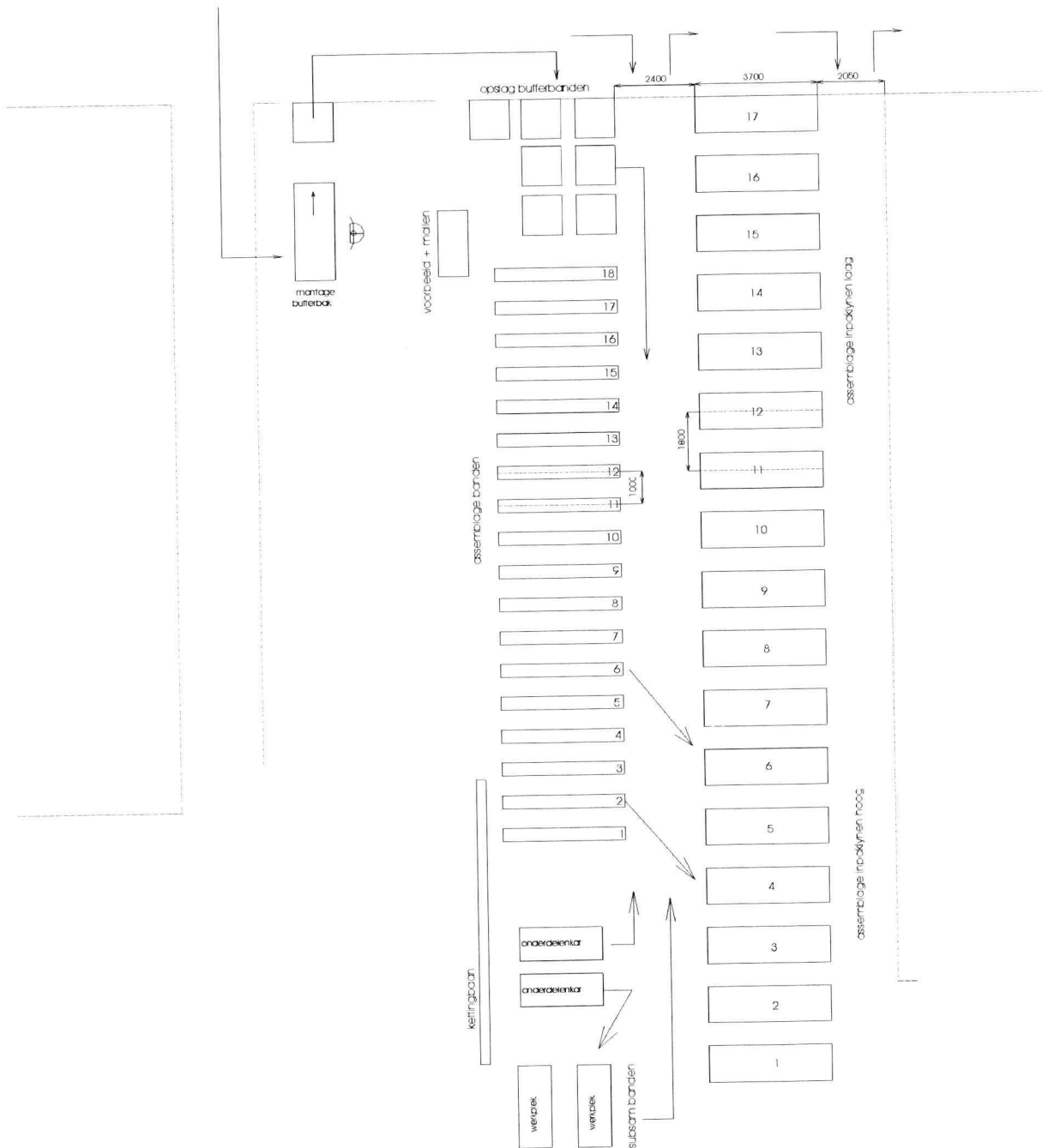
In de huidige situatie, figuur 3, worden de inpaklijnen per order (installatie) batchgewijs gebouwd op standplaats. Dit heeft betrekking op zowel het assembleren van de bouwgroepbanden als op het afbouwen en testen van de inpaklijn. De voormontages voor de banden respectievelijk voor de inpaklijnen worden in huidige situatie eveneens in batches geassembleerd op afzonderlijke werkplekken.

Met de komst van de nieuwe generatie OMNIA wordt tevens een hogere mate van standaardisatie in de inpaklijnen bereikt. Daarmee zal de verhouding qua werkbelasting tussen de conventionele inpaklijnen en de OMNIA-inpaklijnen drastisch wijzigen ten gunste van de OMNIA-inpaklijnen. Het bedrijf verwacht dat de huidige output per jaar van circa 280 banden (dat wil zeggen 140 inpaklijnen) zal moeten worden verhoogd naar 750 banden. Hierbij is rekening gehouden met een verwachte groei in afzet van circa 25%.

In de assemblage zijn onder de medewerkers lichamelijke klachten geconstateerd.

Om een maximaal voordeel van de standaardisatie voor de nieuwe productgeneratie te realiseren is in het kader van het SCOM-project in overleg met TNO een onderzoek gedefinieerd om voor de OMNIA-inpaklijnen tot een herinrichting van het assemblageproces te komen, gericht op:

- Kortere doorlooptijd en efficiëntie verbetering.
- Snellere doorstroming van materiaal.
- Reductie van tussenvoorraden.
- Verbetering van de ergonomie.



Figuur 3: schematisch overzicht van huidige assemblageproces en materiaalstromen

Bij aanvang van het onderzoek zijn de volgende uitgangspunten gesteld:

- Het beoogde proces moet een productievolume aan kunnen van 300 OMNIA-inpaklijnen; dat wil zeggen 750 banden, waarvan 150 banden moeten kunnen worden geleverd aan de naburige assemblage van de conventionele machines.
- Parallel aan het onderzoek met TNO naar de herinrichting van het assemblageproces zal door Moba zelf intern worden gewerkt aan het verbeteren van de beschikbaarheid van onderdelen.
- De nieuwe opzet moet binnen de huidige oppervlakte van de hal plaatsvinden. De beoogde ruimte omvat het huidige deel assemblage-inpaklijnen voor OMNIA plus een deel (circa 50%) van de ruimte voor de conventionele inpaklijnen.

- De ergonomie van de werkplekken moet voldoen aan de huidige wettelijke regels.
- Eentonigheid van de werkzaamheden moet zoveel mogelijk worden voorkomen.
- Uitwisselbaarheid van de mensen tussen de verschillende werkplekken moet gewaarborgd zijn.

3 Doelstelling

Doel van het onderzoek is het analyseren van de mogelijkheid om vanuit het huidige batchgewijze bouwen over te gaan op het bouwen in een flowproces met meer logische ordening van voormontage en afbouwplekken en onderdelenlocaties en een optimale werkplekinrichting.

4 Aanpak

Het project is uitgevoerd met een projectgroep van Moba onder begeleiding van TNO. De projectgroep van Moba is samengesteld uit vertegenwoordigers van assemblage, werkvoorbereiding / logistiek, engineering en productieleiding. Het project is intern bij Moba getrokken door de heer E. Borren, hoofd assemblage / hardware engineering.

Het onderzoek is door TNO begeleid door de heer G.H. Tuinzaad van TNO Industrie en mevrouw J.W. van Rhijn van TNO Arbeid.

Het project is uitgevoerd in de periode september 1999 t/m april 2000.

Door middel van ruim 10 werkbijeenkomsten zijn bij Moba de hieronder genoemde stappen in het onderzoek doorlopen. Tussentijds zijn door zowel TNO als de leden van de projectgroep punten onderzocht, uitgewerkt en voorbereid voor volgende bijeenkomsten. Tevens zijn tussentijdse bevindingen in de projectgroep als voor het assemblagepersoneel gepresenteerd. Tenslotte is gedurende de looptijd van het project de voortgang periodiek toegelicht in de bijeenkomsten van de SCOM-klankbordgroep.

Het onderzoek is uitgevoerd volgens de volgende stappen:

1. Vaststellen huidige situatie assemblage inpaklijnen

- Introductie werkgroep en projectaanpak.
- Schematisch vastleggen huidige lay-out van het assemblageproces.
- Opstellen montage afloopschema (MAS) voor inpaklijn (eindsamenstelling en bouwgroepen).

2. Analyse knelpunten in doorstroming en ergonomie in huidige situatie

- Observering op de assemblagewerkplekken door middel van video en foto en gesprekken met het assemblagepersoneel. Analyse van knelpunten zowel op het gebied van doorstroming als ergonomie.
- Analyse van verstoringen in het huidige proces.
- Terugkoppeling van bevindingen naar de werkgroep en het assemblagepersoneel.
- Definiëren van oplossingsrichtingen voor verbetering knelpunten.

3. Definitie van de verbeterde opzet van het assemblageproces (flow)

- Definitie van alternatieve concepten voor assemblageflow en afweging voor- en nadelen.
- Vaststellen van soort en aantal benodigde werkplekken en hun onderlinge rangschikking.
- Vaststellen van het soort benodigde hulpmiddelen op de werkplekken.
- Vaststellen per werkplek van soort onderdeellocaties, aantal benodigde onderdelen, daartoe benodigde ruimte en wijze van aanleveren.
- Vaststellen op welke wijze de beoogde opzet past in de beoogde ruimte.
- Vaststellen van de benodigde werkorganisatie gericht op flexibele inzet van personeel.

5 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten samengevat overeenkomstig de stappen in hoofdstuk 4.

5.1 Vaststellen huidige situatie assemblage inpaklijnen

Figuur 3 visualiseert de huidige werkplekken en materiaalstromen voor:

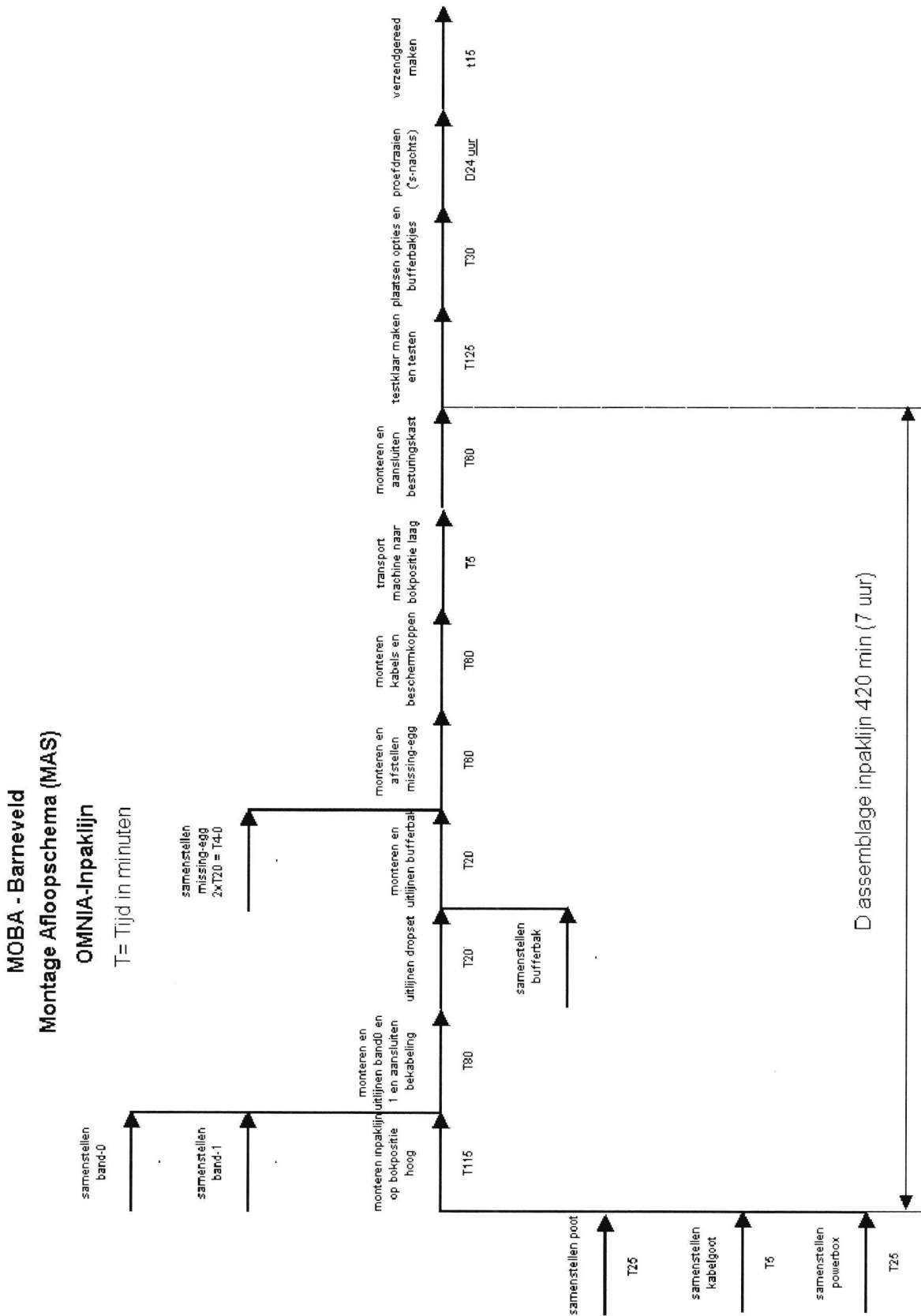
- Voormontage subjes voor de banden op werkbank.
 - Afbouw van de banden op vaste bokken.
 - Voormontage bouwgroep receiver/bufferbak.
 - Voormontage subjes voor inpaklijn op werkbank.
 - Afbouwen inpaklijn op achtereenvolgens bokpositie-hoog en bokpositie-laag (+ testen).
- De onderdelen worden per opdracht door het magazijn uitgeteld en verzameld op een kar uitgegeven voor:

- Subjes en samenstelling bufferbak.
- Subjes en samenstelling banden.
- Subjes en samenstelling inpaklijn.

Onderdelen, voorgemonterde subjes en gereedschappen worden eerst vanuit de centrale toevoerlocatie van de voormontageplek of de onderdelenkar naar de bokposities van de banden en de inpaklijnen gebracht en daarna gemonteerd.

Het transport van bufferbak en banden naar de afbouwpositie van de inpaklijn vindt plaats met handmatig voortbewogen hefkarren. Het verplaatsen van de packerlanes gebeurt eveneens met deze hefkarren.

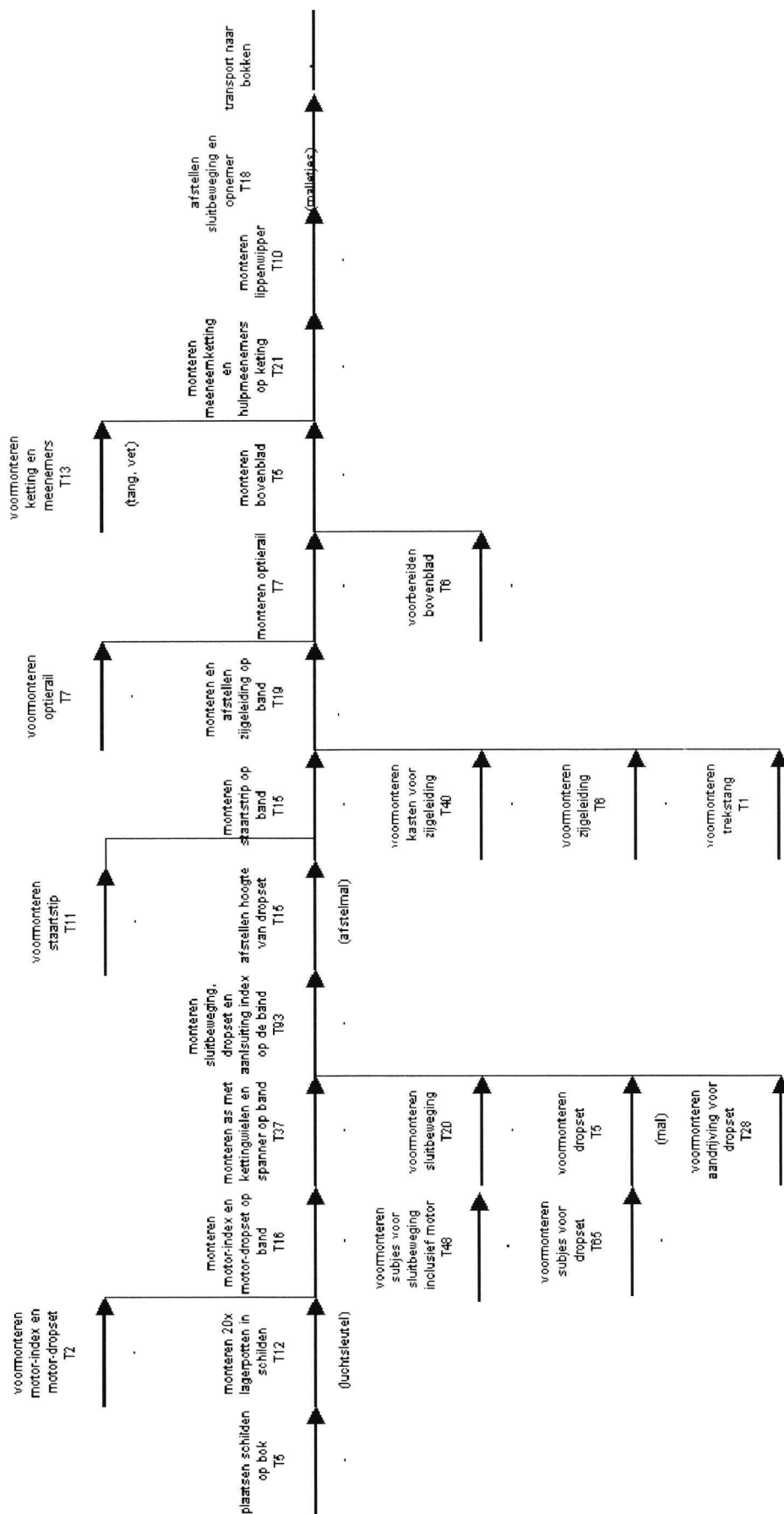
Figuur 4 visualiseert door middel van het MAS het assemblageproces voor de gehele inpaklijn tot en met testen en verzendgereedmaken en meer gedetailleerd voor de bouwgroep band. Aan de processtappen zijn schattingen in minuten toegevoegd van de tijd volgens de huidige werkwijze.



Figuur 4a: MontageAfloopSchema van de inpaklijn

**Moba Barneveld
MontageAfloopschema (MAS)
OMNIA-bouwgroep: Band**

T= Tijd in minuten per stuk (band)



Figuur 4b: MontageAfloopSchema van de bouwgroep band

5.2 Analyse knelpunten in doorstroming en ergonomie in huidige situatie, oplossingsrichtingen

Door middel van video, foto's en gesprekken met de assemblagemedewerkers is het huidige proces geanalyseerd en zijn knelpunten op het gebied van doorstroming en ergonomie in kaart gebracht en in detail gerapporteerd aan Moba.

Figuur 5 geeft een overzicht van enkele typerende foto's van het assemblageproces van de OMNIA's bij Moba.

Hieronder volgen de belangrijkste bevindingen:



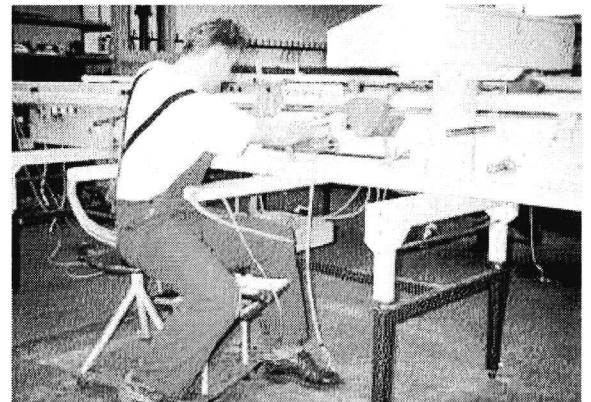
Figuur 5a: batchgewijs bouwen van banden



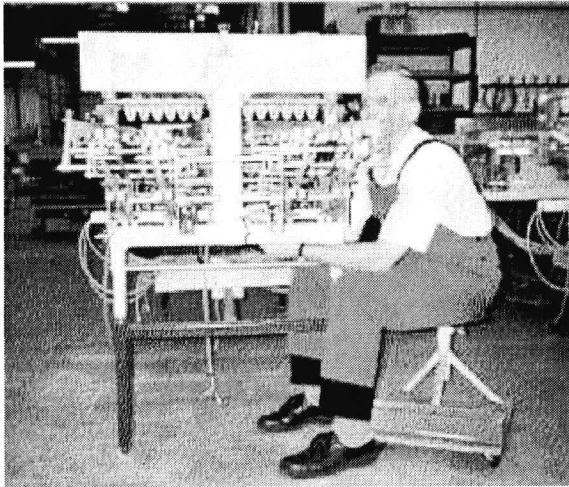
Figuur 5b: assemblage van dropset



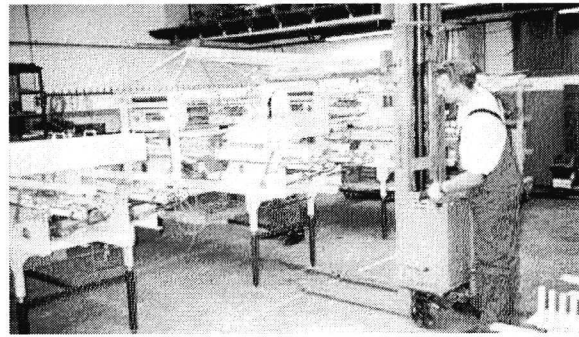
Figuur 5c: assemblage van bufferbak



Figuur 5d: assemblage van inpaklijn



Figuur 5e: assemblage van inpaklijn



Figuur 5f: transport van bufferbak naar inpaklijn met mobiele hefkar

Verstoringen

Verstoringen in beschikbaarheid onderdelen leidt tot veel extra tijd en frequent switchen van werkzaamheden. Met het oog op de reeds bij aanvang vastgestelde noodzaak om parallel aan het project herinrichting assemblageproces te gaan werken aan het verbeteren van de beschikbaarheid van onderdelen is samen met het personeel met behulp van een checklist van TNO een verkenning opgesteld van de in de assemblage optredende verstoringen naar frequentie van optreden en ernst (extra tijd). Hierbij kwamen de volgende belangrijkste knelpunten naar voren:

- Eigen maakdelen niet in de montage beschikbaar.
- Toegeleverd maakdeel of samenstelling niet in de montage beschikbaar.
- Toegeleverd maakdeel of samenstelling niet volgens tekening.
- Beschikbaarheid van hijs- en/of transportmiddel.
- Ontoereikende werking van hijs- en/of transportmiddel.
- Ontoereikende inrichting werkplek.
- Producteisen niet in de assemblage beschikbaar.
- Informatie over werkmethode / werkinstructie niet in de montage beschikbaar.
- Beschikbaarheid van personeel.
- Beschikbaarheid van mee te leveren documenten.
- Ontoereikende kwaliteit van mee te leveren documenten.

Bovendien zijn gedurende een aantal weken de optredende verstoringen gemeten. Vervolgens zijn de belangrijkste oorzaken vastgesteld voor het ontbreken van onderdelen. Het betreft:

- Te laat besteld. Bestelparameters zijn niet juist.
- Leverancier kan de gewenste leverdatum niet realiseren. Nog onvoldoende actie om de leverbetrouwbaarheid te waarborgen.
- Veiligheidsvoorraden zijn in een aantal gevallen te laag.
- Soms onvoldoende inspectie van toegeleverde delen, soms onduidelijke specificaties van toe te leveren delen.

De bevindingen zijn gerapporteerd aan de projectgroep en het management, opdat gericht maatregelen konden worden getroffen om de situatie te verbeteren.

Transport / totale lay-out

- Het transport van bouwgroepen van de ene bouwphase naar de volgende bouwphase vindt plaats over relatief grote afstanden. Dit hangt tevens samen met het huidige batchgewijze bouwen op standplaats. (Zie verder).

- De handling van grotere bouwgroepen zoals banden en bufferbak met behulp van mobiele hefkarren vindt omslachtig plaats qua transportroute en manipulatie.
- Het veelvuldig voortduwen van zowel de karren met onderdelen als de mobiele hefkarren voor transport van banden en bufferbakken leidt tot fysieke overbelasting en soms tot onveilige situaties.

Deze situatie zou kunnen worden verbeterd door het beter onderling rangschikken van werkplekken overeenkomstig de logische materiaalstroom in combinatie met adequate transportvoorzieningen.

Batchgewijs bouwen

- De huidige werkwijze leidt tot extra loopwerk om onderdelen en gereedschap op montagelocatie te brengen.
- Batchgewijs bouwen resulteert in een relatief langere verblijftijd van bouwgroepen en eindproducten in het assemblageproces versus de tijd benodigd voor assemblage per bouwgroep. Het sequentieel bouwen van subjes en vervolgens door dezelfde medewerkers inbouwen van subjes in de bouwgroep leidt tot nog eens langere verblijftijd en opeenhoping van materiaal.
- Het achtereenvolgens dezelfde werkzaamheden repeterend op opeenvolgende standplaatsen uitvoeren betekent langdurige en eenzijdige fysieke belasting (bijvoorbeeld voorovergebogen staand werk).

Deze situatie zou kunnen worden verbeterd door een herinrichting van het proces gericht op een flow over opvolgende processtappen, in combinatie van parallellisatie van voormontage en eindmontage-werkzaamheden.

Werkuitgifte naar assemblagewerkplekken

- In de huidige situatie worden per bouwgroep (banden, bufferbak en inpaklijn) de onderdelen voor zowel de subs als voor bouwgroep bij elkaar op een kar in het magazijn verzameld en aan de assemblage uitgegeven. Bij de assemblagewerkplekken leidt dit tot loop- en zoekwerk en extra handling van de karren.
- De onderdelen hebben op de karren geen eenduidige onderdelenlocatie en ze zijn niet op artikel-code traceerbaar.
- Behalve de standaard bevestigingsartikelen worden alle onderdelen, ook de kleine, per order in het magazijn uitgeteld.
- Het komt regelmatig voor, dat bepaalde onderdelen ten onrechte voor een bouwgroep worden uitgegeven. Dit resulteert in extra uitzoekwerk en handling van kar of onderdelen.

Vastgesteld is de werkuitgifte reeds voor de huidige situatie nader op te splitsen in onderdelen voor de subjes en onderdelen voor het assembleren van de bouwgroepen. Dit houdt tevens in dat de stuklijst overeenkomstig moet worden aangepast.

Voorts kan de werkuitgifte verder worden vereenvoudigd door geordende onderdelentoevoerlocaties per werkplek, opgesplitst naar:

- Ordergerichte toelevering van grotere / duurdere delen en opties.
- Toelevering volgens 2-bin van regelmatig terugkomende kleine / goedkopere delen en bevestigingsartikelen

Werkplekinrichting / ergonomie

Hieronder volgt een overzicht van de belangrijkste ergonomische knelpunten:

Voormontage van bouwgroep bufferbak:

- Tillen van zware bakken (25 kg) met onderdelen vanaf pallet op vloer naar werkpositie bij werkbank.
- Voorovergebogen werk en staan aan montagetafel.
- Zwaar schuiven van bufferbak van tafel op hefkar.
- Duwen van hefkar.

Samenstellen bouwgroep banden op bokken:

- Aanvoer afschermplaten (11 kg) op lage kar (rugbelasting).
- Langdurig staan bij afmontage (been- en rugbelasting).
- Voormontage ketting: repeterend, veel kracht en extreme stand pols: overbelasting pols.

Samenstellen inpaklijnen op bokken:

- Langdurige voorovergebogen, gedraaid en geknieelde werkhoudingen.
- Kans op gehoorschade (92 dBA bij gebruik van handgereedschap).
- Vaak en zwaar duwen (circa 500 N): Hierbij wordt veelvuldig de grenswaarden overschreden:
 - Zware karren met onderdelen.
 - Verplaatsen hefkar met band of bufferbak.
- Tillen van zware onderdelen (afschermplaten).

Deze ergonomische knelpunten worden versterkt door de langere afstanden en rangschikking van werkplekken in de huidige lay-out.

5.3 Definitie van de verbeterde opzet van het assemblageproces

5.3.1 Afweging concepten flow assemblage en transport; keuze concept

Uitgaande van het beoogde productievolume van circa 750 banden (en 300 inpaklijnen) per jaar wordt van het flowproces met één ploeg een gemiddeld productietempo gevraagd van:

- Circa 3,5 banden per dag.
- Circa 2 inpaklijnen per dag.

De eindassemblage (exclusief subs) van een band omvat volgens MAS circa 4,5 uur.

De eindassemblage (exclusief subs) van een inpaklijn omvat volgens MAS circa 7 uur.

De afwegingen voor de opzet van de flowassemblage is gezien voor de drie hoofdprocessen:

- Assemblage van bouwgroep banden.
- Assemblage van inpaklijn.
- Testen + proefdraaien van de inpaklijn.

In verband met consequenties voor bouwkundige voorzieningen en investeringen heeft Moba de mogelijke optie van transport van bouwgroepen met behulp van een bovenloopkraan uitgesloten.

Testen en proefdraaien

Het testen en proefdraaien van de inpaklijn dient plaats te vinden in de buurt van het assemblageproces. Daarmee kunnen eventuele verstoringen sneller worden teruggekoppeld naar het assemblagepersoneel.

Het proces per inpaklijn omvat:

- Testgereedmaken + testen = circa 2 uur doorlooptijd.
- Proefdraaien = maximaal doorlooptijd 24 uur, kan wegens geluidsoverlast niet overdag, moet 's-nachts.

Gedurende het testen en proefdraaien is verplaatsing van de inpaklijn niet gewenst.

Gelet op de verblijftijd betekent dit maximaal 4 parallele werkplekken, waarbij steeds 2 inpaklijnen per dag gereed komen.

Het verplaatsen van de inpaklijnen zal overeenkomstig de huidige werkwijze met behulp van een heftruck moeten plaatsvinden.

Banden, alternatieve assemblageconcepten

Op zowel eerste als tweede deel van het assemblageproces is een voorziening nodig voor hoogtevelling (bereik circa 0,5 m) in combinatie met zit/stahulpmiddelen in verband met:

- Reduceren lang stawerk.
- Verschil in lichaamslengte personeel.

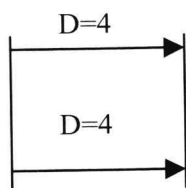
Voor de eerste bouwphase is een mal nodig voor positionering en klemming van de schilden. Voor de tweede bouwphase kan worden volstaan met vlakke oplegging + inklemming.

Het gewicht van de geassembleerde banden bedraagt circa 75 kg.

Bij het definiëren van alternatieve mogelijkheden voor transport van de banden is vastgesteld de optie met mobiele hefkar niet mee te nemen wegens lastige manoeuvreerbaarheid en veiligheid.

Na de assemblage van de banden is een bufferlocatie nodig in verband met afvoer van banden naar de andere productgroep.

Concept band A: twee parallele, vaste plaatsen, elk met Doorlooptijd $D =$ circa 4 uur.



(N.B.: Concept band A neigt naar transport concept 1, zie verder).

Voordelen:

- Geen handling tussen zones
- Geen afstemmingsverlies tussen zones
- Mogelijkheid om werk voor band-L te scheiden van band-R.

Nadelen / randvoorwaarden:

- Meer loopwerk voor monteur in geval één 'compromis' onderdelenlocatie voor beide werkplekken.
- Meer logistieke handling van onderdelen in geval dubbele onderdelenlocaties op beide werkplekken.
- Locatie voormontagewerkplekken ten opzichte van beide werkplekken.
- Speciale gereedschappen dubbel nodig op beide werkplekken.
- Lay-out consequenties meer in de breedte.

Concept band B: twee sequentiële bouwzones 1 en 2, elk met $D = \text{circa } 2 \text{ uur}$, persoon gaat mee met product.



(N.B.: Concept band B neigt naar transport concept 3, zie verder).

Voordelen:

- Alle onderdelen en voormontagelocaties direct dichtbij de desbetreffende bouwzone.
- Speciale gereedschappen enkelvoudig nodig op de desbetreffende zone.

Nadelen / randvoorwaarden:

- Werkinhoud moet qua tijd opsplitsbaar zijn.
- Transport van product in stabiele situatie van zone 1 naar zone 2.
- Kritischer qua balancering werkinhoud en tempoverschillen tussen medewerkers.
- Lay-out consequenties meer in de lengte.

Banden, alternatieven voor transport, in combinatie met Hoog/Laag voorziening.

Transport concept 1: Band op vaste H/L mal en transport met hijsvoorziening (balancer/easylift).

Voordelen:

- H/L voorziening is stabiel op vaste plek te realiseren, vaste locatie gekoppeld aan vloer.

Nadelen / randvoorwaarden:

- Meerdere hijsvoorzieningen nodig (band zone 1 naar zone 2 en band zone 2 naar buffer).
- Meer tijd nodig voor oppakken, manipuleren en weer neerzetten.
- Ruimtebeslag van hijsvoorziening.
- Voor het transport van buffer naar bokken zou ook weer extra handling voorziening nodig zijn.
- Vaste voorziening met vloerverankering is minder flexibel bij lay-out wijziging.

Transport concept 2: Verrijdbare H/L mal van band zone 1 naar zone 2 (+ retour mal van band zone 2 naar zone 1).

Voordelen:

- Minder handling voor overplaatsing van product.
- Minder plek gebonden.

Nadelen / randvoorwaarden:

- Ruimte reserveren voor retourstroom van verrijdbare H/L mal.
- Extra handling voor retourstroom mal.
- Extra activiteit voor koppelen mal op werkzone mechanisch en infrastructuur (lucht/electra).
- Vereist vlakke vloer; kan leiden tot extra fysieke belasting in geval zware unit.
- Extra hijsvoorziening nodig voor handling van band zone 2 naar buffer.

Transport concept 3: Verrijdbare drager/mal met vaste H/L voorziening op beide zones 1 en 2

Voordelen:

- Stabiele voorziening voor H/L op vaste locaties zone 1 en 2.
- Drager/mal eenvoudiger ten opzichte van transport concept 2.
- Drager kan ook dienst doen ten behoeve van tussenopslag in buffer, (dan wel meer dragers nodig).
- Vermijden van overpakken naar zones / buffer.
- Extra voordeel in handling in geval mogelijkheid om band op drager 'in de bok te rijden'.

Nadelen / randvoorwaarden:

- Retourstroom van dragers.
- Voorziening nodig om drager te koppelen aan H/L voorziening op zone 1 en 2.
- Plaatsgebonden voorziening in vloer voor H/L voorziening op zone 1 en 2.
- Vereist vlakke vloer.

Keuze concept assemblage- en transportbanden

Bij de afweging van de concepten voor de assemblage van de banden is door Moba de voorkeur uitgesproken voor concept A (twee parallelle werkplekken) in combinatie met transportconcept 3 (met behulp van verrijdbare drager).

Bepalend voor de keuze zijn de volgende argumenten:

- Het gewenste productievolume noodzaakt niet tot opsplitsing in bouwfasen.
- De hoeveelheid ruimte voor onderdeelloccaties noodzaakt niet tot opsplitsing in bouwfasen.
- Doorslaggevend in deze situatie zijn de afmetingen van de beschikbare ruimte in combinatie met relatief complexe transporteerbaarheid en grote lengte van het te transporteren product.
- Acceptatie van mogelijk iets meer loopwerk wegens dubbele onderdeelloccaties in de lijn.
- Het transport met verrijdbare drager levert bovendien voordelen in minimale handling en transport van een deel van de banden naar andere assemblagecel.

Eindassemblage inpaklijn, alternatieve assemblageconcepten

Op zowel eerste als tweede deel van het assemblageproces is een H/L voorziening nodig in verband met:

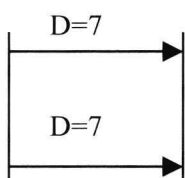
- Afwisselend zittend en staand werk.
- Hoogte verschillen van montage locaties in het product (onderzijde en bovenzijde).
- Verschil in lichaamslengte personeel.

Een lokale hijsvoorziening is nodig voor handling band naar eindassemblage locatie inpaklijn.

Gewicht geassembleerde inpaklijn bedraagt ruim 300 kg.

Uitgangspunt is dat met één persoon aan een inpaklijn kan worden gewerkt, in verband met elkaar in de weg lopen, afstemmingsproblemen en bredere taakinhoud.

Concept inpaklijn A, twee parallelle, vaste plaatsen, elk met D = circa 7 uur.



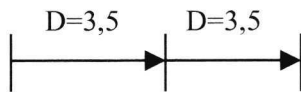
Voordelen:

- Geen handling tussen zones, machine blijft op bouwplaats.
- Geen afstemmingsverlies tussen zones.

Nadelen / randvoorwaarden:

- Meer loopwerk voor monteur in geval één 'compromis' onderdelenlocatie voor beide werkplekken.
- Meer logistieke handling van onderdelen in geval dubbele onderdelenlocaties op beide werkplekken.
- Tevoerlocatie voormontagewerkplek bufferbak ten opzichte van beide werkplekken.
- Speciale gereedschappen dubbel nodig op beide werkplekken.
- Handlingvoorziening voor band naar bok moet twee boklocaties elk aan weerszijden kunnen bereiken.
- Lay-out consequenties meer in de breedte.

Concept inpaklijn B: twee sequentiële bouwzones 1 en 2, elk met $D = \text{circa } 3,5$ uur, persoon gaat mee met product.



Voordelen:

- Alle onderdelen en voormontagelocaties direct dichtbij de desbetreffende bouwzone.
- Speciale gereedschappen enkelvoudig nodig op de desbetreffende zone.

Nadelen / randvoorwaarden:

- Werkinhoud moet qua tijd opsplitsbaar zijn.
- Transport van product in stabiele situatie van zone 1 naar zone 2.
- Kritischer qua balancerings werkinhoud en tempoverschillen tussen medewerkers.
- Lay-out consequenties meer in de lengte.

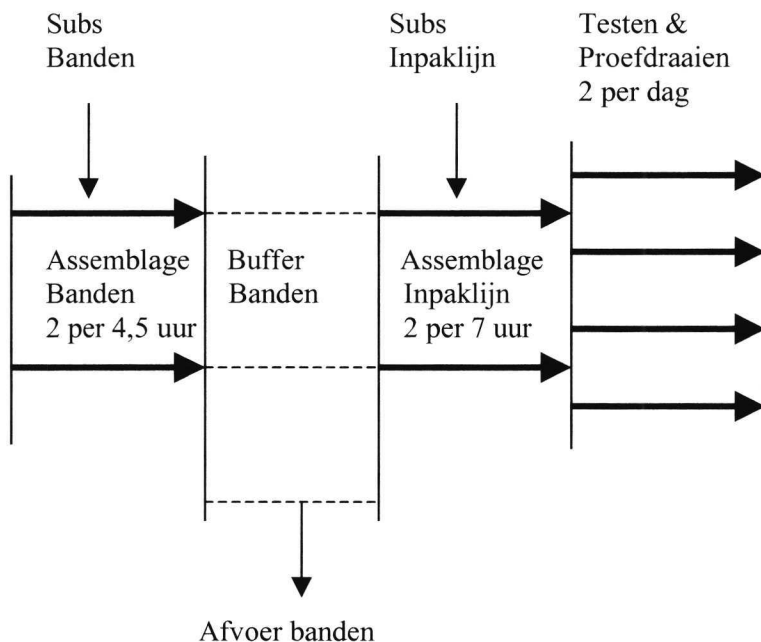
Keuze concept eindassemblage inpaklijn

Moba heeft voorkeur voor assemblage concept A (2 werkplekken parallel) in verband met:

- Groot en zwaar product; liever geen tussentijds transport.
- Relatief meer werkinhoud voor het monteren / afstellen van de inpaklijn ten opzichte van het afzonderlijk inbouwen van aangeleverde onderdelen. Daarmee minder probleem met één toevoerlocatie voor de beide werkplekken.

5.3.2 Uitwerking lay-out

De afwegingen en keuze van assemblageconcepten volgens hoofdstuk 5.3.1 resulteren in de flow-processtructuur, figuur 6.



Figuur 6: processtructuur opzet flowassemblage

Overzicht capaciteitsbeslag

Werkplek	Capaciteit	Aantal personen
Assemblage banden	750 x 4,5 uur	2
Assemblage inpaklijn	300 x 7 uur	2
Testen & Proefdraaien	300 x 2 uur	0,5
Assemblage subs banden	750 x 4 uur	2 (3)
Assemblage subs bufferbak	300 x 4 uur	1
Assemblage bufferbak / receiver	300 x 4 uur	1
Assemblage subs inpaklijn (powerbox en missing egg)	300 x 1 uur	0,5
Assemblage opties + test	Circa 1000 uur	1

Uitwerking lay-out

Figuur 7 geeft voor de assemblagezone bouwgroep banden een indicatie van de wijze van aanleveren van onderdelen en het ruimtebeslag voor de onderdelenlocaties. Toelichting:

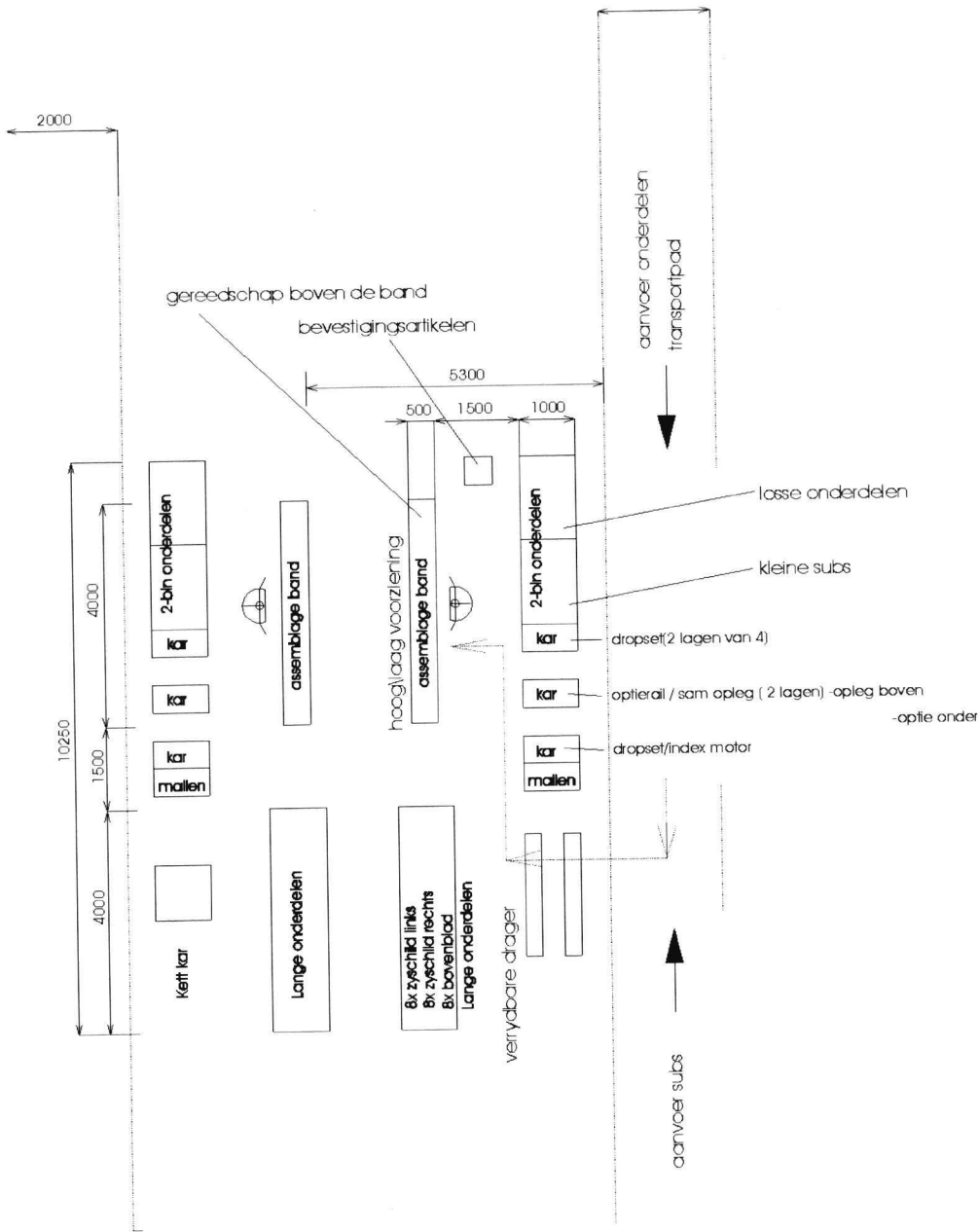
- Assemblage van de band op hoog/laagvoorziening. De hoog/laagvoorziening heeft aan bovenzijde positioneerpunten voor het opnemen van de zijschilden. Zodanige inrichting dat zit/stawerkgebied van monteur niet wordt belemmerd.
- Aan het eind van het assemblageproces wordt de band met behulp van de hoog/laagvoorziening geplaatst op een verrijdbare drager. Ruimte reserveren voor plaatsen lege dragers en toegang van drager bij/onder de band.

- Toevoer van lange zijschilden L en R en bovenbladen met behulp van kar 4 x 1 m in het verlengde van de assemblagewerkplek. Zijschilden onderling gescheiden op horizontale dragers aan beide zijden van de kar; bovenbladen gestapeld bovenzijde kar.
- Grotere subs vanuit voormontage toeleveren met karren 0,5 x 1 m.; bijvoorbeeld dropsets in twee lagen van 4 stuks. Karren van de zijkant toegankelijk.
- Kleinere subs vanuit voormontage toeleveren volgens 2-bin; circa 10 grotere bakken en 4 kleinere bakken in stelling 1,5 x 1 m. met twee niveaus op juiste grijphoogte.
- Losse delen vanuit magazijn toeleveren volgens 2-bin in stelling 1,5 x 1 m met twee niveaus op juiste grijphoogte.
- Kar 0,5 x 0,5 m voor grijpvoorraad bevestigingsartikelen.
- Kar of stellinglocatie voor mallen.
- Bevestigingsgereedschap mogelijk plaatsen direct grijpbaar boven assemblagewerkplek. Lucht/electro van bovenaf.
- Rondom de band vrije werkruimte van 1,5 m. Geen losse leidingen op de vloer.
- Vlakke vloer in verband met transport band met drager, toevoeren karren met onderdelen en zit/stahulp voor personeel.
- Scheiding van transportpaden, onderdeellocaties en werklocatie.

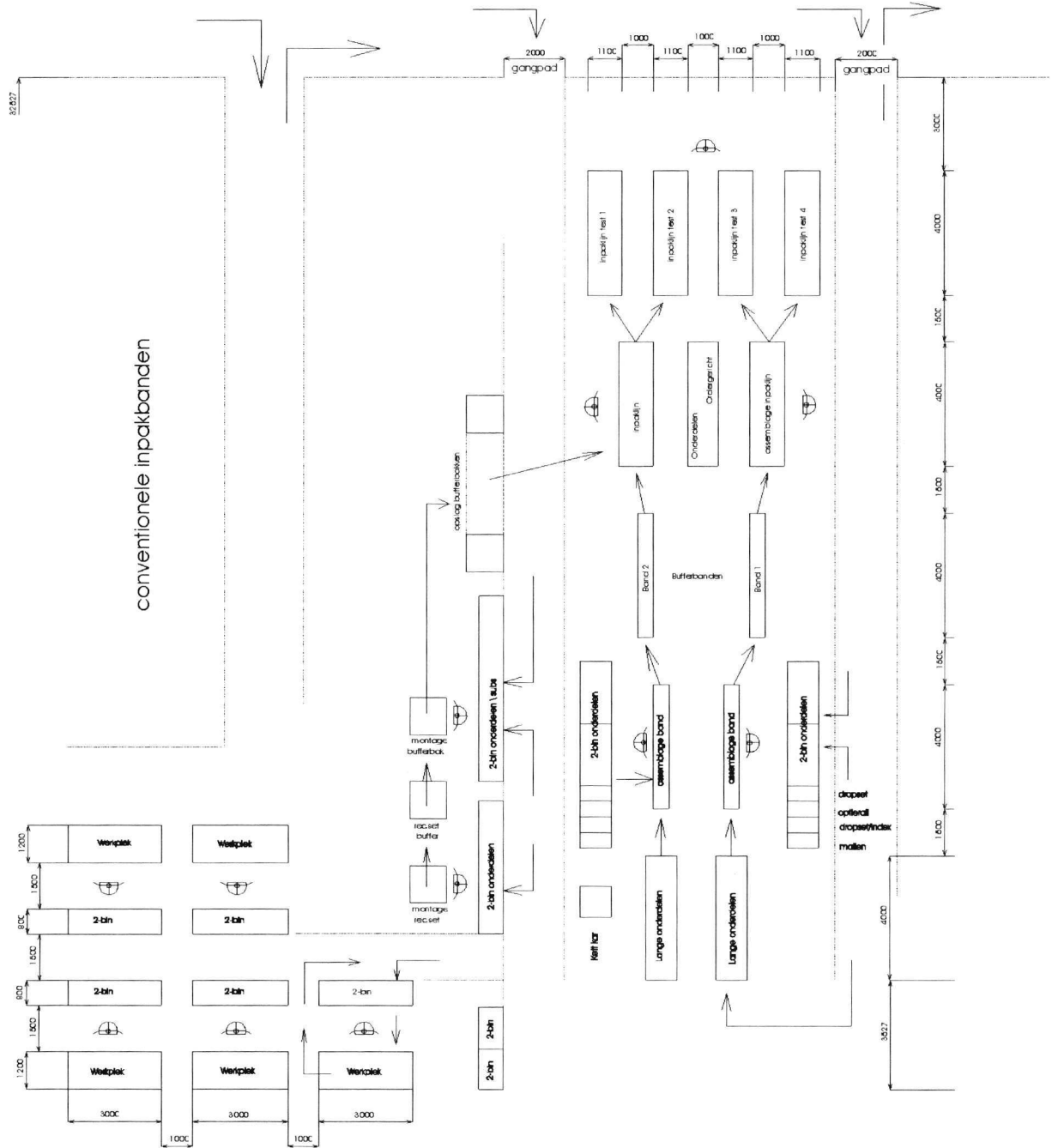
In figuur 8 is de lay-out uitgewerkt voor de beoogde nieuwe opzet flowassemblage.

Toelichting:

- De inpassing van het flowproces in de huidige assemblagehal is in belangrijke mate bepaald door het traject van banden – testen; de lengte van het product, de onderlinge positionering van de bouwfasen, de wijze van transport en de aan/afvoerstromen van materiaal. Als tweede stap zijn aan dit hoofdtraject de locaties voor de subs toegevoegd. Bij voorkeur de werklocaties van de subs oriënteren naar het hoofdproces (de klant).
- Afvoer getest eindproduct vanuit testlocatie met heftruck.
- Transport van eindproduct uit afbouwlocatie naar testwerkplek met heftruck.
- Transport van banden op verrijdbare drager vanuit buffer naar zijkant afbouwplek.
- Transport van bufferbak naar afbouwwerkplekken met mobiele hefkar.
- Voormontage bufferbak en z'n subjes zo direct mogelijk in de buurt van de afbouwlocatie.
- Voormontage subjes voor de banden zo direct mogelijk in de buurt van de assemblagelocatie banden.
- Scheiding van transportpaden, onderdeellocaties en werklocaties.
- Vlakke vloer in verband met transport karren met onderdelen, subs en bouwgroepen.
- Ruimte reserveren voor transport, opslag, toegankelijkheid van de dragers voor de banden en retourstroom van dragers.



Figuur 7: ruimtebeslag onderdelenlocaties assemblage bouwgroep banden



Figuur 8: Schematische nieuwe opzet lay-out inrichting flowassemblage

5.3.3 Werkorganisatie

Binnen de nieuwe opzet van het assemblageproces is het van belang om de medewerkers te laten rouleren tussen de verschillende taken waardoor eentonigheid van het werk wordt voorkomen en het werk interessanter wordt. Hierbij zal rekening moeten worden gehouden met inleerperiodes en de inzetbaarheid van de verschillende medewerkers; immers niet iedereen heeft dezelfde capaciteiten. Nieuwe medewerkers kunnen het proces stap voor stap leren, beginnend bij de subassemblage en zo doorgroeien tot een allround medewerker binnen het gehele proces.

Door het op locatie leggen van de onderdelen in een 2-bin systeem vraagt de nieuwe opzet een eenvoudige logistieke aansturing door het bedrijfsbureau en magazijn, vanuit de behoefte van het assemblageproces. De assemblage vraagt de onderdelen op een vast afgesproken wijze. Enkel de laatste klantspecifieke onderdelen, nodig bij de assemblage van de inpaklijnen voor een klantorder, worden ordergericht geleverd. Hierdoor zullen meer dan 75% van de onderdelen niet meer ordergericht worden geleverd. Het team binnen de nieuwe opzet bepaalt wanneer en door wie de benodigde subs worden geassembleerd, afhankelijk van wanneer een klantorder afgeleverd moet worden. Het karakter van de werkorganisatie zal dus sterk zelfregelend zijn en zal door het toevoegen van de werkvoorbereidingstaak kunnen groeien tot een zelfsturend team.

6. Conclusies en aanbevelingen

Verwachte effecten van de nieuwe opzet:

Met de gedefinieerde opzet voor flowassemblage verwacht Moba dat de volgende effecten kunnen worden bereikt:

- Totaal circa 20% hogere productiviteit, opgebouwd uit:
 - 10% verhoging productiviteit door reductie van circa 50% van het huidige loop- en handlingwerk. Voor de huidige batchgewijze productie wordt geschat dat het loop- en handlingwerk tenminste circa 20% productiecapaciteit vraagt.
 - 10% verhoging productiviteit door slimmere inrichting van werkplekken en onderdelenlocaties voor zowel subs als afbouwlocaties.
- Verwacht wordt dat circa 75% van de onderdelen door middel van 2-bin kunnen worden aangeleverd. Dit resulteert in eenduidiger onderdelenlocaties en eenvoud in werkuitgifte. Bovendien wordt daarmee de materiaalbestelling eenvoudiger, waardoor onderdelentekorten kunnen worden teruggedrongen.
- Reductie van fysieke belasting tot aanvaardbaar niveau wordt verwacht door:
 - Aanzienlijke verbetering van transportvoorziening in combinatie met hoog/laagvoorziening op bouwplaatsen voor de banden en de inpaklijnen.
 - Inzet van zit/stahulp voor bouwplaatsen voor de banden, bufferbak en inpaklijnen.
- Door beter zicht op de samenhang van activiteiten en materiaalstromen verwacht Moba dat de opzet voor verschillende medewerkers meer mogelijkheden zal bieden voor roulatie en taakverruiming. Echter daar zal wel sturing aan gegeven moeten worden.
- In de nieuwe opzet zullen verstoringen directer invloed hebben op de doorstroming in het proces. Als gevolg wordt daarmee directer zichtbaar waar de organisatie aan moet werken om de verstoringen weg te werken en te voorkomen. Een belangrijk aspect daarbij zal zijn om de productievoorbereidingstaken dichter bij het primaire proces op de werkvloer te brengen.

Implementatie van de opzet bij Moba

De implementatie van de nieuwe opzet dient met grote zorgvuldigheid te gebeuren. Als eerste zullen de betrokken medewerkers nader geïnformeerd moeten worden. Dit betekent:

- De voordelen en randvoorwaarden van de nieuwe opzet.
- De rol van iedere medewerker.

Als volgende stap moet een actieplan worden opgesteld en een implementatieteam. In het implementatieteam zullen de disciplines bedrijfsbureau, magazijn, assemblage en (productie)engineering vertegenwoordigd moeten zijn.

Belangrijke aspecten in het actieplan zijn:

- Het doen van testen om beoogde werkwijze uit te proberen.
- Gedetailleerd uitwerken van de werkplekken.
- Opstellen specificaties van de benodigde voorzieningen en hulpmiddelen.
- Engineeren van de voorzieningen en hulpmiddelen.

- Bepalen van 2-bin onderdelen en benodigde voorraad.
- Bepalen bestelmethode van alle onderdelen.
- Opstellen inzetbaarheidsmatrix en inleerprogramma voor de medewerkers.
- Realisatie van de opzet.

Het is aan te bevelen om de nieuwe opzet in z'n geheel ineens in gebruik te nemen om te voorkomen dat tussenversies een verkeerd beeld kunnen geven en daardoor weerstand kunnen oproepen.

Ervaringen ten aanzien van de aanpak.

De gevolgde aanpak, gezien vanuit het primaire proces, heeft Moba als zeer systematisch ervaren. De inbreng van praktische expertise met betrekking tot assemblage engineering en ergonomie van TNO is onontbeerlijk gebleken om een ander denkproces op gang te brengen.

Bij Moba is gebleken dat de aanpak een leerproces is geweest. Voorts is het besef versterkt dat in de toekomst het ontwerp van het proces parallel aan het productontwerp moet gaan plaatsvinden.

De gefaseerde aanpak in werksessies met betrokkenheid van verschillende bedrijfsdisciplines was absolute noodzaak. Bij Moba is gebleken dat dit proces werd belemmerd door historisch gegroeide weerstand uit de productie. Het slagen van de realisatie van de opzet zal daarom extra aandacht vragen van zowel het management als van het productiepersoneel.

Bijlage C

Aanvullende effectstudie

Bijlage C – Aanvullende effectstudie

De stichting ZON (ZorgOnderzoek Nederland) financiert een aanvullende effectstudie bij Ahrend en Asco Joucomatic om de kwantitatieve effecten van de aanpak op doorlooptijd en fysieke en mentale belasting van de werknemers te bepalen.

Om dat doel te bereiken zijn de volgende elementen aan het SCOM-project toegevoegd:

1. Instelling (per bedrijf) van een experimentele en een controlegroep van medewerkers.
Met de instelling van deze groepen wordt het mogelijk het gemeten effect ook statistisch te toetsen.
2. Nauwkeurige bepaling van een groot aantal parameters in de experimentele en controlegroep bij de start van het project (= nulmeting), waaronder:
 - Zelfgerapporteerde fysieke belasting;
 - Percentage van de werktijd, dat statisch belastende werkhoudingen (met name betreffende romp, hoofd en nek, armen en polsen) voorkomen;
 - Percentage van de werktijd dat risicovolle repeterende bewegingen voorkomen.
 - Percentage van de werktijd dat belastende taken (tillen, duwen, trekken en dragen) voorkomen.
 - Lokaal (subjectief) ervaren ongemakken.
 - Mentale werkdruk en arbeidstevredenheid.
 - Productiviteit.
3. Nauwkeurige bepaling van dezelfde parameters als bovenstaand in de experimentele en controlegroep aan het eind van het project.
4. Statistische analyses.
5. Rapportage over de werkelijke effecten in kwantitatieve zin van de gevolgde aanpak bij Ahrend en Asco op doorlooptijd en ‘ergonomie’ naar Zorg Onderzoek Nederland en naar SCOM.

Bijlage D

Literatuur

Bijlage D – Literatuur

1. Ervaringen met het verbeteren van de inrichting van assemblageprocessen en –werkplekken, lezing door G.H. Tuinzaad en J.W. van Rhijn op Manifestatie Productietechnologie Nederland, georganiseerd door Techno Vision & Solution tijdens Technishow, Jaarbeurs te Utrecht, 6 april 2000.
2. Verbetering assemblagelijnen van zonnepanelen bij Alisun, G.H. Tuinzaad en J.W. van Rhijn, TNO Nieuwsbrief voor de Machinebouw, nr. 12, februari 2000.
3. Doorstroomvriendelijke en mensgerichte assemblageprocessen, casebeschrijving drankenautomaat, J.W. van Rhijn en G.H. Tuinzaad, Tijdschrift voor Ergonomie, december 1999.
4. Doorlooptijdverkorting bij de productie van ultraprecisie CNC-draaimachines, casebeschrijving Hembrug, J.Keus, TNO Nieuwsbrief voor de Machinebouw, nr. 10, augustus 1999.
5. Doorstroomvriendelijke en mensgerichte assemblage, casebeschrijving professionele grasmaaiers bij Roberine, J. van Deursen en J.W. van Rhijn, MB Dossier, augustus 1999.
6. Design of efficient assembly flow and human centred workplaces in Dutch assembly companies, J.W. van Rhijn, G.H. Tuinzaad and J. van Deursen, International Conference on TQM and Human Factors, Linköping, Sweden, 15-17 June 1999.
7. Ervaringen met verbeteringen van het assemblageproces, G.H. Tuinzaad, lezing op themamiddag ‘Assemblage – van ongestructureerd naar gestructureerd’, georganiseerd door STODT praktijkcentrum te Almelo op 26 mei 1999.
8. De doorstroomvriendelijke assemblagewerkplek, de kracht zit in de mensgerichte aanpak, A. Beijen, Arbeidsomstandigheden, jaargang 75, mei 1999.
9. Een betere inzet van mensen; ervaringen met het slimmer inrichten van het assemblageproces van grasmaaimachines bij Roberine, presentatie van Th.M. van Sprang op workshop Productie Slimmer Inrichten tijdens TNO Kennismarkt te Utrecht, 28 april 1999.
10. Doorstroomvriendelijke en mensgerichte assemblage, casebeschrijving assemblage van professionele grasmaaimachines van Roberine, TNO Nieuwsbrief voor de Machinebouw, april 1999.
11. Grotere productiviteit door nieuwe assemblagemethode, N. Nieuwenhuizen, Aandrijftechniek nr. 3, maart 1999.
12. Forse besparingen mogelijk door gestructureerder assembleren. TNO doet positieve ervaringen op met het montage-afloopschema, Vraag & Aanbod, 27 november 1998, nummer 48, pagina 25.
13. Optimale inzet van mensen, méér dan arbeidsomstandigheden, TNO magazine Toegepaste Wetenschap, september 1998.
14. Doorstroomvriendelijk en mensgericht assembleren, MB Productietechniek, nr. 6/7 juli 1998.
15. Afstemming engineering - assemblage, instrumenten voor continue verbetering in het bedrijf, lezing door G.H. Tuinzaad op Manifestatie Productie Technologie Nederland - themabijeenkomst Design for Assembly, georganiseerd door Techno Vision & Solution, Jaarbeurs te Utrecht, 24 maart 1998.

16. Snellere doorstroming van orders door nieuwe opzet van assemblageproces, Casebeschrijving De Jong Duke Automatenfabriek, TNO Nieuwsbrief voor de Machinebouw, nummer 5, september 1997.
17. Kostenreductie in de automatenbranche, deel 2. Montage-afloopschema (MAS), praktijkcases: De Jong Duke Automatenfabriek en Fri-Jado Euro Products, G.H. Tuinzaad en N.E. van Hylckama Vlieg, De Constructeur, april 1997.
18. Fontijne zoekt meest ideale montage van machines, Metalelektro Profiel, april 1997.
19. Casebeschrijving Efficiënter Assembleren, Documentatie map Modern Produceren, InnovatieCentra Netwerk Syntens, TNO en Ministerie van Economische Zaken, maart 1997.
20. Slim produceren voor veeleisende en turbulente markten, P. Vink, D. Jacobs, Th. J.J. Mathu e.a., TNO februari 1997.
21. Gezondheidskundige grenswaarden fysieke belasting, Tijdschrift voor Ergonomie, N. Delleman, P. Vink, M. van der Grinten, M. Miedema, J. Dul, H. van der Molen, oktober 1996.
22. Evaluatie van gezondheidskundige grenswaarden voor werkhoudingen en repeterende handelingen, C. Hillebrand, N. Delleman, H. Schröer, Tijdschrift voor Ergonomie, oktober 1996.
23. Naar een gezonde productie, P. Vink e.a., TNO november 1995, ISBN 90-6743-389-6.
24. Ervaringen met montage werkvoorbereiding bij Buhrs Zaandam, SCOM Nieuwsflits nr. 1, februari 1995.
25. Duwen en trekken schiet gezondheidskundig doel vaak voorbij, A. van der Beek et al., Arbeidsomstandigheden 71, nr 9, 1995.
26. Afstemming engineering - assemblage, instrumenten voor een continue verbetering in het bedrijf, publicatie in De Constructeur, G.H. Tuinzaad, nr. 4, april 1995.
27. ASSPRO, checklist voor het evalueren van de produktopbouw, G.H. Tuinzaad, publicatie n.a.v. SCOM-project, MB Produktietechniek, Jrg. 60 nr. 3, maart 1994.
28. ASSPRO – checklist voor ASSEMBlage gerichte PROductopbouw, G.H. Tuinzaad, H.J. Dommerholt en F.H.C. Nieuwenhuys, SCOM rapport, november 1993.
29. Het beoordelen van tillen met de nieuwe NIOSH methode, P. Vink, R. van den Berg, J. Dul, Tijdschrift voor Ergonomie, oktober 1992.