

MASTER

Het ontwerpen van een assemblagesysteem voor jachten van de DS 45 serie

van Oostenbrugge, M.

Award date:
2001

[Link to publication](#)

Disclaimer

This document contains a student thesis (bachelor's or master's), as authored by a student at Eindhoven University of Technology. Student theses are made available in the TU/e repository upon obtaining the required degree. The grade received is not published on the document as presented in the repository. The required complexity or quality of research of student theses may vary by program, and the required minimum study period may vary in duration.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain

Het ontwerpen van een assemblage-
systeem voor jachten van de DS 45 serie

M. van Oostenbrugge

SE 420281


VERTROUWELIJK

Afstudeerverslag

Afstudeerhoogleraar: prof.ir. D.C. Boshuisen

Begeleiders: P.J.J. Renders
G.J.E. Houben

TECHNISCHE UNIVERSITEIT EINDHOVEN
FACULTEIT WERKTUIGBOUWKUNDE
SECTIE SYSTEMS ENGINEERING

Eindhoven, oktober 2001

EINDSTUDIE-OPDRACHT

TECHNISCHE UNIVERSITEIT EINDHOVEN
Faculteit Werktuigbouwkunde
Sectie Systems Engineering

september 2000

Student M. van Oostenbrugge
Hoogleraar Prof.ir. D.C. Boshuisen
Begeleiders P.J.J. Renders
G.J.E. Houben (Linssen Yachts B.V.)
Start september 2000
Einde augustus 2001

Titel Het ontwerpen van een assemblagesysteem voor jachten van de DS 45 serie

Onderwerp

Linssen Yachts B.V. te Maasbracht, één van de oudste jachtbouwers in Nederland, heeft een nieuw jacht, de DS 45, op de markt geïntroduceerd. Dit jacht beschikt over een polyester romp. De polyester romp wordt als casco toegeleverd en vanuit dit gegeven start het assemblageproces. Na het bouwen van prototypen zijn een aantal problemen geconstateerd die variëren van een assemblagesysteem dat niet voldoet aan de thans heersende inzichten, een hoge werklast in manuren en een als lang ervaren doorlooptijd.

Een oplossing voor de geconstateerde probleemstelling wordt gezocht in de opzet van een nieuw assemblagesysteem voor de DS 45. Voor het ontwerpen van dit assemblagesysteem heeft Linssen Yachts B.V. contact opgenomen met de sectie Systems Engineering.

Opdracht

Inventariseer en analyseer aan de hand van informatie uit het verleden van de jachtbouw en de bouwperiode van de prototypen, gegevens omtrent processen en middelen die van belang zijn voor het ontwerpen van een nieuw assemblagesysteem.

Ontwerp een assemblagesysteem voor de DS 45 dat op een efficiënte wijze gestalte geeft aan toekomstige verwachtingen.

Ontwikkel een model van het assemblageproces voor de DS 45 (modelbeschrijving in het formalisme χ). Onderzoek aan de hand van dit model en middels simulatie een strategie ten aanzien van het aanleveren van middelen, onderdelen en halffabrikaten aan het assemblagesysteem en geef inzicht in de verwachte resultaten met betrekking tot de prestaties van het toekomstige systeem. Trefwoorden voor het uitdrukken van de prestaties zijn hierbij doorzet, doorlooptijd, WIP en efficiency.

Geef in een verslag het resultaat van het verrichte onderzoek weer.

Prof.ir. D.C. Boshuisen

P.J.J. Renders

G.J.E. Houben

Systems
Engineering



Faculteit Werktuigbouwkunde

Voorwoord

Dit onderzoek is verricht aan de Technische Universiteit Eindhoven, faculteit Werktuigbouwkunde, Sectie Systems engineering in samenwerking met de in Maasbracht gevestigde jachtwerf Linssen Yachts B.V. Bij dit bedrijf ontstond de vraag naar een assemblagesysteem voor hun recent ontwikkelde polyester jacht 'DS 45'. De sectie systems engineering houdt zich bezig met het ontwikkelen en toepassen van methoden, technieken en gereedschappen voor het ontwerpen van industriële systemen. Het ontwerpen van een assemblagesysteem, als subsysteem van het industriële systeem, valt derhalve binnen het aandachtsgebied van de sectie, in het bijzonder van de groep Design and Performance.

Hier voor u ligt het resultaat van een jaar hard werken, waarin hoogtepunten werden afgewisseld met dieptepunten. Voor het tot stand gebrachte resultaat wil ik een aantal personen specifiek bedanken. Ten eerste wil ik Prof. ir. D.C. Boshuisen en Prof. dr. ir. Rooda bedanken voor hun supervisie en hun advies. Daarnaast wil ik Ed Houben en Peter Renders bedanken voor hun begeleiding. Ook wil ik de managers Chris Sniekers, Bert Lamerigts en Sjef Konings bedanken voor alle door hun verkregen informatie. Een laatste bron van gegevens werd verkregen door de werknemers, waarbij ik met name Eric Wolters, Roy Jacobs, Tony Hodzelmans, Robert Beelen en Rosario Macaluso wil bedanken. Als laatste wil ik familie en vrienden bedanken voor hun ondersteuning gedurende het gehele afstudeerproject.

Samenvatting

In dit onderzoek staat het ontwerpen van een assemblagesysteem voor het jachttype de DS 45 centraal. Dit polyester jachttype is ontwikkeld door het in Maasbracht gevestigde bedrijf Linssen Yachts B.V. De jachtwerf hield zich voorheen alleen bezig met de ontwikkeling van stalen jachten. Mede door het feit dat met dit polyestertype een nieuw gebied wordt betreden in de jachtenbranche door het bedrijf en door de hoge afzetverwachting van de DS 45 is de hulp van de TU Eindhoven ingeschakeld voor het ontwerpen van een assemblagesysteem voor dit jacht.

Via de levenscyclus van het assemblagesysteem en met behulp van de in de literatuur beschreven methoden ten aanzien van de ontwikkeling van een structuur voor een assemblagesysteem zijn een aantal mogelijke layouts ontwikkeld. Het in dit onderzoek relevante deel van de levenscyclus bestaat uit de oriëntatiefase en de specificatiefase. In de oriëntatiefase zijn gegevens verzameld die nodig zijn om een assemblagesysteem te kunnen ontwerpen. In de specificatiefase zijn met behulp van de informatie uit de oriëntatiefase de mogelijke layouts voor het assemblagesysteem gegenereerd. Deze zijn vervolgens beoordeeld middels een waarde-analyse. In overleg met het management van Linssen Yacht B.V. zijn een tweetal layouts geselecteerd, waarvoor een model is ontwikkeld. Deze modellen zijn vervolgens beschreven in het formalisme χ . Het ene model bestaat uit een zesplaatslijn en wordt ook wel het flow-model genoemd. Het andere model bestaat uit een zestal vaste werkplekken (fixed-model). Voor deze modellen is het effect van de variabiliteit in de processen op de doorlooptijd bekeken.

Middels een simulatieplan zijn simulaties verricht, waarin voor beide modellen, naast het effect van de variabiliteit op de doorlooptijd, de grootte van het benodigde werkteam is bepaald. De variabiliteit in de processen bleek in het laag variabele gebied te liggen en had derhalve weinig invloed op de doorlooptijd van het product. Daarnaast bleek uit de simulatieresultaten dat voor beide modellen een optimaal werkteam bestaat uit drie monteurs, drie electromonteurs en zeven timmermannen. Een verklaring voor het minieme verschil in resultaat van de beide onderzocht modellen moet worden gezocht in de meegenomen aannamen tijdens het modelleren en het ontbreken van gegevens omtrent zoektijden, verschil in werksnelheid van werknemers, etc.

Tijdens de analyse van de simulatieresultaten werden afwijkende punten van het verwachte patroon gevonden. Om de oorzaak van deze punten te achterhalen is een casus

'de vijfplaatslijn' opgesteld. Hierin wordt een vereenvoudigd model met vijf werkplekken nader beschouwd. Uit de simulatieresultaten van de opgestelde casus kan worden geconstateerd dat de afwijkende punten een gevolg zijn van een bepaalde aanname, namelijk dat pas op een werkplek gestart kan worden indien het hele team compleet is. Hierdoor bestaat de mogelijkheid dat in bepaalde situaties werknemers niet aan het werk zijn, wat leidt tot het inefficiënt inzetten van de teams.

Summary

The goal of this research is to develop an assembly system for the DS 45 yacht. This yacht is designed by Linssen Yachts B.V., a shipyard that's situated in Maasbracht. Until now this shipyard only focused on the development of steel yachts. The DS 45 is the first polyester type designed by Linssen Yachts B.V. and therefore a new area in the yacht industry is entered. Along with a high sales prospect for the DS 45, the need for a separately constructed assembly system arised. Therefore the help of the Technological University of Eindhoven has been called.

Via the life cycle of the assembly system and the current methods for developing a structure for an assembly system, a number of possible layouts have been designed. In this research only the orientation phase and specification phase of the life cycle are important. In the orientation phase the necessary data is collected in order to develop a suitable assembly system. With these data a number of possible assembly systems are designed in the specification phase. These designed systems are judged by a so called value-analysis. In accordance with the management of Linssen Yachts B.V. two extreme systems are chosen for modelling purposes. On one hand a 'six place-line' is chosen, which is also called the 'flow-model'. On the other hand a fixed-place system is chosen, indicated by the name 'fixed-model'. These models are specified in the formalism χ in order to investigate the influence of variability on the cycle time.

By means of a simulation plan simulations have been performed in a constructed way not only to determine the influence of variability on the cycle time, but also to determine the required team-members needed for the future assembly system. The variability in the processes appeared to be of a low-variable kind and has therefore little influence on the cycle time of the DS 45. The simulation results lead to the conclusion that for both models the optimal team-composition consists of three mechanics, three electro mechanics and seven carpenters. An explanation for this little difference in simulation results between both models lies in the assumptions made for modelling purposes and in the fact that little was known about the time needed to search for parts and components, the difference in working-speed, etcetera.

During the analysis of the simulation results remarkable points were observed. In order to find a reason for the occurrence of these results a case "five place-line" is constructed. A simplified model consisting of five workplaces is taken into closer consideration. From

the results, as presented in this research, can be concluded that the remarkable points are caused by the assumption that a team has to be complete in order to be able to start at a workplace. As a result of this assumption the possibility exists that in some situations not all workers are at work. Therefore employees are not for 100% active.

Inhoudsopgave

Voorwoord	i
Samenvatting	ii
Summary	iv
Symbolen en Afkortingen	viii
0.1 Symbolen	viii
0.2 Afkortingen	viii
Definities	x
1 Inleiding	1
2 Linssen Yachts B.V.	3
2.1 De organisatie	3
3 Het industriële systeem	5
3.1 Het industriële systeem	5
3.2 Levenscyclus van het industriële systeem	7
4 Oriëntatiefase	9
4.1 Productstelsel	9
4.2 Productiesysteem	11

5	Specificatiefase	15
5.1	Bepaling productiestructuren	15
5.2	Methoden voor het genereren van de structuur van een assemblagesysteem	17
5.3	Ontwerpen van een layout voor het assemblagesysteem	17
6	Modellering van de geselecteerde ontwerpen	22
6.1	Aannamen in het model	22
6.2	Het flow-model (alternatief 6.1)	24
6.3	Het fixed-model (alternatief 1)	26
6.4	Modelparameters	27
7	Simulatieresultaten	28
7.1	Kwantificeren van de variabiliteit	29
7.2	Simulatieresultaten	31
7.3	Casus "Vijfplaatslijn"	35
8	Nabeschouwing	39
9	Conclusies en aanbevelingen	41
9.1	Conclusies	41
9.2	Aanbevelingen	42
	Bibliografie	44
	BIJLAGEN	

Symbolen en Afkortingen

0.1 Symbolen

Verdelingen zonder data:

t_{min}	minimale duur procestijd	[uren]
t_{nor}	meest aannemelijke duur procestijd	[uren]
t_{max}	maximale duur procestijd	[uren]
α_1	vormvariabele	[-]
α_2	vormvariabele	[-]
μ	gemiddelde	[uren]
σ	standaarddeviatie	[uren]
c	variatiecoëfficiënt	[-]

Simulatieresultaten:

w	onderhanden werk (WIP)	[#]
δ	doorzet	[#/uren]
φ	doorlooptijd	[uren]
δ_{max}	maximale doorzet	[#/uren]
φ_{min}	minimale doorlooptijd	[uren]
w^*	kritische onderhanden werk	[#]

0.2 Afkortingen

Algemeen:

C.P.M.	Critical Path Method
P.E.R.T.	Performance Evaluation and Review Technique
L.A.B.	Laboratoire d'Automatique de Besancon d'assemblage
D.F.A.	Design for Assembly
tem-team	Werkteam bestaande uit één timmerman, één electromonteur en één monteur
tt-team	Werkteam bestaande uit twee timmermannen
cun-verdeling	cumulatieve uniforme verdeling

Afdelingen:

LY	Linssen Yachts B.V.
Fre	Freeshal
Cas	Cascohal
Hav	Haven
SP	Special Products
Con	Conserveringshal
WW	Watersportwinkel
KWF	Kantoor Kokstraat
WF	Wood-Finish afdeling
EC1	Engineering-Client afdeling 1
EC2	Engineering-Client afdeling 2
SR	Showroom

Levenscyclus:

O	Oriëntatiefase
S	Specificatiefase
R	Realisatiefase
U	Utilisatiefase
E	Eliminatiefase

Bewerkingsplaatsen:

EX	Exterieur
SH	Stuurhut
VK	Voorkajuit
MK	Machinekamer
KU	Kuip

Processen en systemen flow-model

G	Generator
W_1	Systeem werkplek 1
W_2	Systeem werkplek 2
W_3	Systeem werkplek 3
W_4	Systeem werkplek 4
W_5	Systeem werkplek 5
W_6	Systeem werkplek 6
E	Exit
C	Controller

Processen en systemen fixed-model

G	Generator
W	Systeem van een werkplek
E	Exit
C	Controller

Definities

Kritieke pad	Het minimale pad in tijdseenheden van te volbrengen processen dat moet worden afgelegd
Doorlooptijd	De (gemiddelde) aanwezige tijd van een product in het assemblagesysteem
Doorzet	Het (gemiddelde) aantal geproduceerde producten per tijdseenheid
Kritieke punt onderhanden werk	Het niveau van onderhanden werk zonder variabiliteit waar de maximale doorzet wordt behaald met een minimale doorlooptijd
Assemblagesysteem	Een arbitrair gekozen en onderling gerelateerde verzameling van samenbrengingen uit elders vervaardigde onderdelen, wat leidt tot het ontstaan van het product
Norm-procestijd	De procestijd van een assemblage-onderdeel bepaald door een gemiddelde werknemer waarbij geen sprake is van oponthoud
Variabiliteit	Mate van niet-uniformiteit van een klasse van eenheden

Hoofdstuk 1

Inleiding

Linssen Yachts B.V., gesitueerd te Maasbracht, is één van de oudste jachtenbouwers in Nederland. In hun vijftig jarig bestaan hebben zij een vooraanstaande positie bemachtigd in de stalen jachtenbranche. Het nieuwste ontwikkelde product, de DS 45, is echter een polyester jacht. Hiermee wordt een poging gedaan om een nog voor dit bedrijf onbekend gebied in deze branche te betreden. Door een marktonderzoek is gebleken dat in de termen van Linssen Yachts B.V. een grote afzet voor dit product mogelijk is. Als gevolg van deze verwachting in samenhang met het betreden van een nieuw gebied is de vraag naar een individueel assemblagesysteem voor de DS 45 ontstaan. Deze vraag is het fundament van dit onderzoek en is vastgelegd in de volledige opdrachtsomschrijving: Inventariseer en analyseer aan de hand van informatie uit het verleden van de jachtbouw en de bouwperiode van de prototypen, gegevens omtrent processen en middelen die van belang zijn voor het ontwerpen van een nieuw assemblagesysteem. Ontwerp een assemblagesysteem voor de DS 45 dat op een efficiënte wijze gestalte geeft aan toekomstige verwachtingen. Ontwikkel een model van het assemblageproces voor de DS 45 (modelbeschrijving in het formalisme χ). Onderzoek aan de hand van dit model en middels simulatie een strategie ten aanzien van het aanleveren van middelen, onderdelen en halffabrikaten aan het assemblagesysteem en geef inzicht in de verwachte resultaten met betrekking tot de prestaties van het toekomstige systeem. Trefwoorden voor het uitdrukken van de prestaties zijn hierbij doorzet, doorlooptijd, WIP en efficiency.

In hoofdstuk 2 staat het bedrijf Linssen Yachts B.V. centraal, waarin kort wordt toegelicht hoe het bedrijf zich in de jaren heeft ontwikkeld. Daarnaast wordt de momentele organisatie binnen Linssen Yachts B.V. besproken, uit welke afdelingen het bedrijf bestaat en wat hun functie is.

Elk bedrijf bestaat uit een industrieel systeem, zo ook Linssen Yachts B.V. Het assemblagesysteem is een onderdeel van het industrieel systeem. In hoofdstuk 3 wordt het industriële systeem besproken en wordt aangegeven hoe het assemblagesysteem hiervan kan worden afgeleid. Daarnaast wordt de levenscyclus beschreven die elk industrieel systeem en zijn subsystemen ondergaan, waarin specifiek de situatie voor de DS 45 be-

handeld wordt. De van belang zijnde fasen van de levenscyclus van het assemblagesysteem voor dit onderzoek zijn de oriëntatiefase en de specificatiefase die respectievelijk in hoofdstuk 4 en hoofdstuk 5 worden beschreven.

Tijdens de oriëntatiefase, beschreven in hoofdstuk 4, worden de gegevens achterhaald die nodig zijn om tot de specificatiefase over te kunnen gaan. Als eerste wordt in deze fase een omschrijving van het productsysteem gegeven. Het doorlopen ontwerpproces voorafgaand aan de specificatiefase wordt onderverdeeld in de functiebepalende fase, de procesbepalende fase en de middelenbepalende fase.

Met de gegevens verzameld in de oriëntatiefase kan in een aantal stappen een layout voor het assemblagesysteem van de DS 45 worden ontworpen. Dit wordt in hoofdstuk 5 besproken. Als eerste worden de productiestructuren bepaald aan de hand van enkele in de literatuur gevonden methoden. Vervolgens zijn ter ondersteuning van het ontwerpen van een layout voor een assemblagesysteem enkele methoden op dit gebied behandeld, waarna gestart wordt met het layoutontwerp. Elke ontwikkelde layout wordt beoordeeld middels een waarde-analyse. Op basis van deze analyse en in overleg met Linssen Yachts B.V. zijn twee layouts geselecteerd.

In hoofdstuk 6 wordt voor beide layouts een model ontwikkeld. Met dit model wordt ten eerste de gevoeligheid van variabiliteit op de doorlooptijd bepaald. Ten tweede wordt met deze meegenomen variabiliteit het benodigde werkteam bepaald.

Hoofdstuk 7 behandelt de simulatieresultaten. Om gestructureerd simulaties te runnen is een simulatieplan opgesteld. Vervolgens vindt de verificatie van de werking van beide modellen plaats. Voordat de simulatieresultaten worden besproken wordt eerst achterhaald in welke mate er sprake is van variabiliteit in de processen. In de simulatieresultaten zijn een aantal afwijkingen in de simulatieresultaten gevonden. Ten aanzien van deze afwijkingen is een casus 'de vijfplaatslijn' ontwikkeld, waarmee de optredende afwijkingen zijn verklaard.

In hoofdstuk 8 vindt een nabeschuiving plaats van het onderzoek, gevolgd door conclusies en aanbevelingen geformuleerd in het laatste hoofdstuk 9.

Hoofdstuk 2

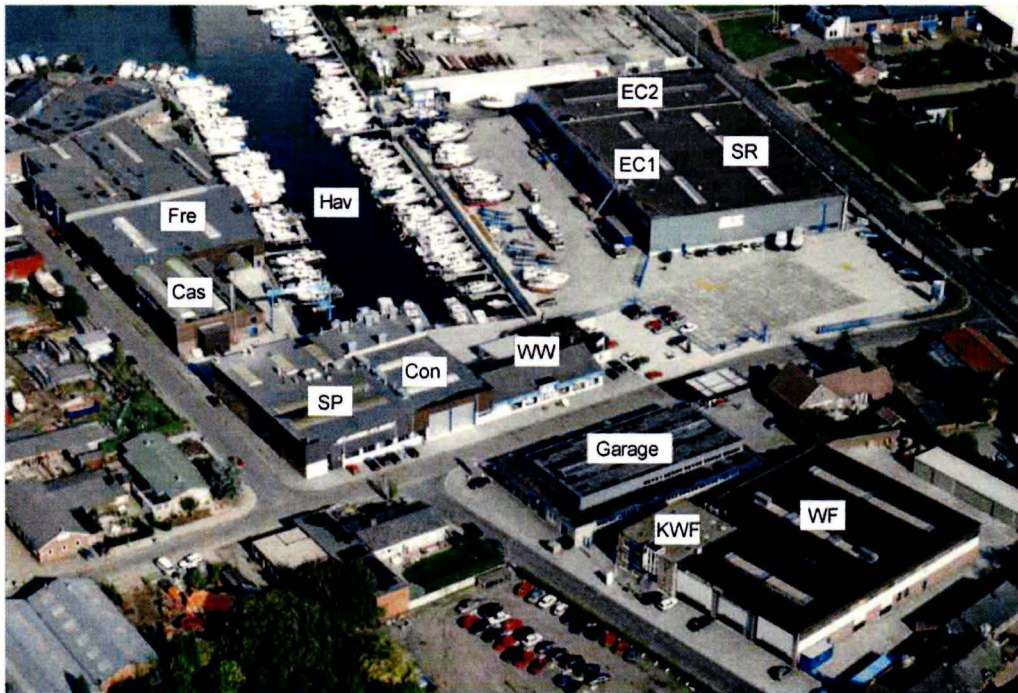
Linssen Yachts B.V.

Linssen Yachts B.V. (LY) is één van de oudste jachtenbouwers van Nederland. De onderneming werd in 1949 in Maasbracht, langs de Limburgse Maas, opgericht door Jac. Linssen. Aanvankelijk hield het bedrijf zich alleen bezig met het fabriceren van stuurwiel. De groeiende werfactiviteiten leidden tot de ontwikkeling van een metaalafdeling, alwaar is gestart met het produceren van kleine stalen roeiboten, werkboden en vletten. Deze werden geheel ontwikkeld naar eigen ontwerp van Linssen Sr. De logische stap naar de ontwikkeling van stalen luxe jachten werd in 1975 een feit. In dat jaar introduceerde Jos Linssen, die in 1968 het bedrijf had overgenomen, vier nieuwe vletten. Hiermee werd de basis gelegd voor de daaropvolgende Sturdy-series. In de tachtiger jaren werd naast de Sturdy-serie een tweede serie, de SL-serie, ontwikkeld.

In de loop der jaren heeft LY door het ontwikkelen van de aangehaalde series een vooraanstaande marktpositie bemachtigd in de stalen jachtenbranche. In 2000 is de werf echter een nieuwe weg ingeslagen met het product DS 45. De DS 45 is het eerste polyester jacht dat door de werf wordt produceerd en is tevens het snelst varende jacht ooit gemaakt door LY [<http://www.linssenyachts.com>].

2.1 De organisatie

In het 50-jarig traject dat LY heeft afgelegd hebben er verscheidene uitbreidingen plaatsgevonden. In bijlage A wordt de ontwikkeling die LY heeft ondergaan nader toegelicht. Op de huidige locatie is een duidelijk onderscheid te maken tussen een aantal afdelingen. Deze afdelingen zijn de EC-afdeling (EC1, EC2: Engineering-Client), de WF-afdeling (Wood-Finish), de conserveringsafdeling (Con), de cascoafdeling (Cas), de freesafdeling (Fre) en de special products-afdeling (SP) (zie figuur 2.1). Om de productiehoeveelheid van iets meer dan 50 jachten per jaar te bereiken is een goede organisatie een vereiste. De organisatie zoals deze momenteel bij LY bestaat kan worden afgeleid uit het organigram dat staat afgebeeld in bijlage A.



Figuur 2.1: Linssen Yachts B.V.

Gepaard gaande aan de ontwikkeling van de verscheidene producten ontwikkelde zich middels de aangehaalde afdelingen het huidige productiesysteem. In eerste instantie vond de productie van het jacht op één werkplek plaats door gebrek aan enige transportmogelijkheid. Er was sprake van één productie-afdeling. Zodra de transportmogelijkheid daar was werd de productie van een jacht opgesplitst in een aantal fasen, waardoor de ontwikkeling van de huidige afdelingen tot stand zijn gekomen. Op dit moment wordt voor elk soort stalen jacht eerst begonnen met het produceren van het casco in de casco-hal. Het casco wordt verder verplaatst naar de EC-hal, waar de machinekamer wordt ingebouwd. De volgende fase, het inbouwen van het interieur, wordt voltooid bij de WF-afdeling. Ter afronding wordt het jacht teruggeplaatst in de EC-hal, zodat het jacht in bedrijf kan worden gesteld. De DS 45 wordt op het moment van aanvang van dit onderzoek op identieke wijze gebouwd als de andere door LY gevoerde series. Uitzondering hierbij is dat het casco wordt toegeleverd en niet zelf wordt geproduceerd.

Hoofdstuk 3

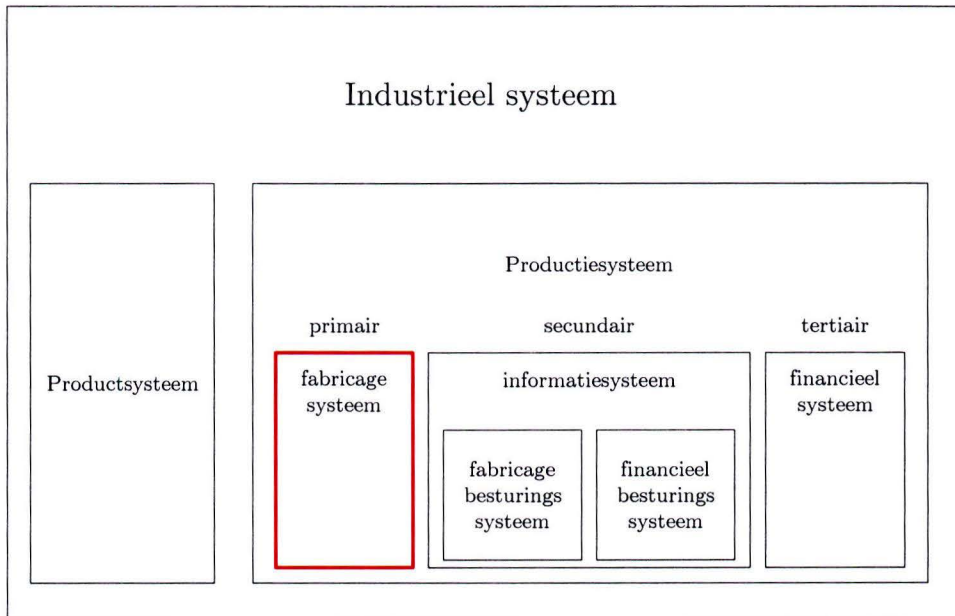
Het industriële systeem

Dit onderzoek heeft betrekking op het ontwikkelen van een assemblagesysteem. Het assemblagesysteem maakt deel uit van het industrieel systeem. Wat onder een industrieel systeem wordt verstaan en hoe hieruit het assemblagesysteem kan worden afgeleid zal in dit hoofdstuk worden toegelicht. Daarnaast zal de levenscyclus van een dergelijk industrieel systeem besproken worden.

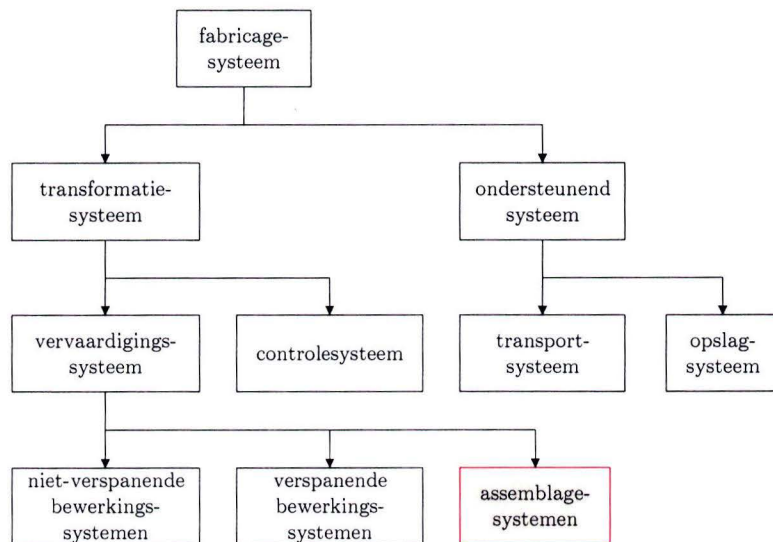
3.1 Het industriële systeem

Het industriële systeem kan worden omschreven als een verzameling van producten en een productiesysteem. Er is sprake van een compositie bestaande uit het productsysteem en het productiesysteem. Het productiesysteem kan worden onderverdeeld in een drietal subsystemen, namelijk het fabricagesysteem, het informatiesysteem en het financiële systeem. Het industriële systeem kan in een orthogonaal vlak worden weergegeven [BRR99] (zie figuur 3.1).

Het fabricagesysteem, ook wel het primaire systeem genoemd, houdt de materiaalstroom in stand. Het informatiesysteem (secundair systeem) draagt zorg voor de informatiestroom en het financieel systeem (tertiaire systeem) beheerst de geldstroom. Het fabricagesysteem kan omschreven worden als een verzameling van middelen, mensen en machines met als doel het in stand houden van een materiaalstroom. Dit primaire systeem bestaat uit een veelheid van processen die goederen transformeren via bewerken, vervormen, veranderen van aard, verplaatsen, opslaan en behandelen tot producten. Het assemblagesysteem maakt deel uit van een fabricagesysteem (zie figuur 3.2). Het secundaire en tertiaire systeem valt buiten de kaders van dit onderzoek.



Figuur 3.1: Het industriële systeem



Figuur 3.2: Het assemblagesysteem als onderdeel van het fabricagesysteem

Assembleren

Een assemblagesysteem is een subsysteem van het fabricagesysteem, maar wat houdt een assemblagesysteem in?

Om een definitie van een assemblagesysteem op te kunnen stellen is eerst gekeken naar de definities van "assembleren" en "systeem".

Van Dale geeft een volgende definitie voor assembleren:

Samenvoegen, uit elders vervaardigde onderdelen in elkaar zetten.

Een systeem kan omschreven worden als:

Een arbitrair gekozen verzameling elementen die onderling relaties hebben, eventueel ook relaties met elementen buiten dat systeem.

In [Taa94] wordt een volgende definitie voor een assemblagesysteem gegeven:

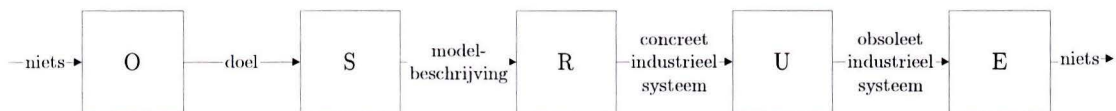
Het geheel van assemblagecomponenten dat de vijf assemblagehoofd functies, namelijk aanvoeren, hanteren, samenvoegen, controleren, afstellen en eventueel speciale functies, kan vervullen en wat als doel heeft het assembleren van onderdelen tot een geheel.

In dit onderzoek wordt een volgende omschrijving van een assemblagesysteem gehanteert:

Een arbitrair gekozen en onderling gerelateerde verzameling van samenvoegingen uit elders vervaardigde onderdelen, wat leidt tot het ontstaan van het product.

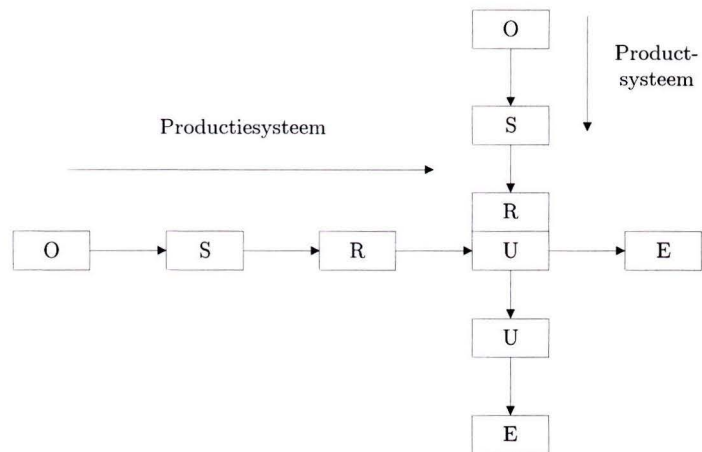
3.2 Levenscyclus van het industriële systeem

Elk industrieel systeem bestaat uit een levenscyclus opgebouwd uit een aantal levensfasen, waarin in het meest ideale geval wordt begonnen met niets en wordt geëindigd met niets. Deze levensfasen in een levenscyclus zijn de oriëntatiefase (O), de specificatiefase (S), de realisatiefase (R), de utilisatiefase (U) en de eliminatiefase (E). De cyclus staat schematisch afgebeeld in figuur 3.3.



Figuur 3.3: De levenscyclus van het industriële systeem

Tussen de levenscyclus van het productsysteem en de levenscyclus van het productiesysteem bestaat een verband dat afhankelijk is van de invoeringsfase van het product in het productiesysteem. Deze invoeringsfasen zijn de prototype-fase, pilot-fase en de volume-fase. Voor de DS 45 is het doel de volume-fase te bereiken. Deze staat afgebeeld in figuur 3.4. Het productsysteem, de DS 45 in dit geval, bevindt zich volledig in de realisatiefase, wat betekent dat er geen wijzigingen meer in het product plaatsvinden. Het productiesysteem bevindt zich in de utilisatiefase en wordt derhalve zonder wijzigingen volledig gebruikt voor de productie van de DS 45. In bijlage B worden de levensfasen van het industriële systeem, het productsysteem en het productiesysteem, alsook de synchronisatie tussen het productsysteem en productiesysteem nader toegelicht.



Figuur 3.4: Volume-fase productieproces DS 45

In dit onderzoek zijn bij het ontwerpen van het assemblagesysteem, als subsysteem van het productiesysteem, alleen de oriëntatiefase en de specificatiefase van belang. In hoofdstuk 4 wordt de oriëntatiefase van het ontwerp van het assemblagesysteem belicht. Hoofdstuk 5 behandelt de specificatiefase van het ontwerp.

Hoofdstuk 4

Oriëntatiefase

4.1 Productsysteem

Tot voor kort produceerde de jachtwerf alleen stalen jachten met een grote variëteit in keuze. De productie bestond uit een drietal series, de Dutch Sturdy, de Grand Sturdy en de SL-serie. Voor elke serie is voor verscheidene lengten een model ontwikkeld, waarbij de wens van de klant een grote rol speelt. In wezen is door de grote invloed van de klant elk product uniek. Na een zorgvuldige marktstudie, afgerond in 1997, is LY met de ontwikkeling van de DS 45 begonnen (zie figuur 4.1). Sinds 2000 heeft LY dit jacht aan zijn collectie toegevoegd.

De DS 45 is het eerste polyester jacht dat door de werf is ontwikkeld. Het product heeft een tijdloos klassieke vormgeving dat toch voorzien is van het modernste comfort. Mede door de eigenschappen als zeewaardigheid, het wooncomfort, het lage geluidsniveau en de hydraulische variotop wordt een belangrijke doelgroep aangesproken, namelijk de oud-zeiler en de ervaren motorbootschipper. Deze doelgroep is al wat ouder en hecht grote waarde aan het comfort.

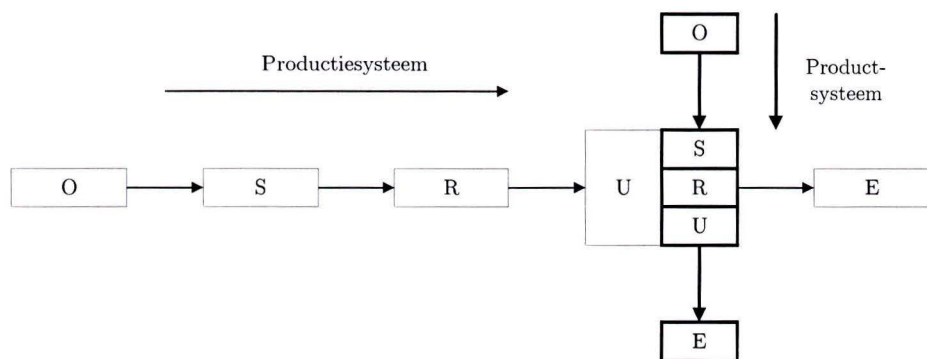
De potentiële snelheid van het jacht wordt slechts als passieve veiligheidsfactor ervaren. Het is voor een bezitter van de DS 45 een waar fenomeen het jacht met een snelheid van 30+ knopen door het water te zien klieven. Echter bij de doelgroep zal deze potentiële snelheid niet op de eerste plaats in het eisenpakket staan.

Met de DS 45 bevindt LY zich op een geheel nieuw gebied van de jachtenbranche. Er is thans geen product op de wereldmarkt verkrijgbaar dat zich naadloos aansluit met de zojuist beschreven doelgroep. Om aan de toekomstige afzetverwachting van minimaal twaalf eenheden per jaar te kunnen voldoen wil men de DS 45 meer standaardiseren dan de stalen jachten, zodat er minder beïnvloeding van de klant op het product mogelijk is. Met andere woorden het klantorderontkoppelpunt (KOO) zal worden verlegd [BHS96]. Hierbij zijn vier categoriën te onderscheiden in relatie tot het productieproces, namelijk Make To Stock (MTS), Assemble To Order (ATO), Make To Order (MTO) en Engineer

4.2 Productiesysteem

4.2.1 De invoeringsfase van de DS 45

Momenteel kan de invoeringsfase van de DS 45 in het productiesysteem omschreven worden als de prototype-fase (zie figuur 4.3). Ondanks de grote veranderingen die de DS 45 nog ondergaat worden de huidige exemplaren toch verkocht aan de klant. Het op dit moment bestaande productiesysteem wordt gebruikt om de DS 45 te ontwikkelen. Het is een lastige taak om in deze invoeringsfase van het product tot een specificatie van het uiteindelijk productiesysteem, dan wel het assemblagesysteem, te komen.



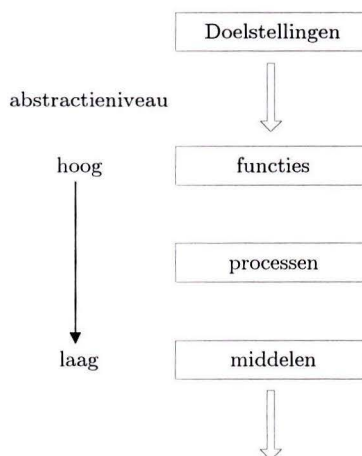
Figuur 4.3: Prototype-fase productieproces DS 45

Na de definiëring van de doelstelling van het assemblagesysteem kan het ontwerpproces van het assemblagesysteem onderverdeeld worden in een drietal fasen. De fasen worden doorlopen als functie van het abstractieniveau. Na het definiëren van de doelstelling volgt de hoogst mogelijke vorm van abstractie, namelijk de functiebepalende fase. Daarna volgen de procesbepalende fase en de fase waarin de middelen worden bepaald (zie figuur 4.4).

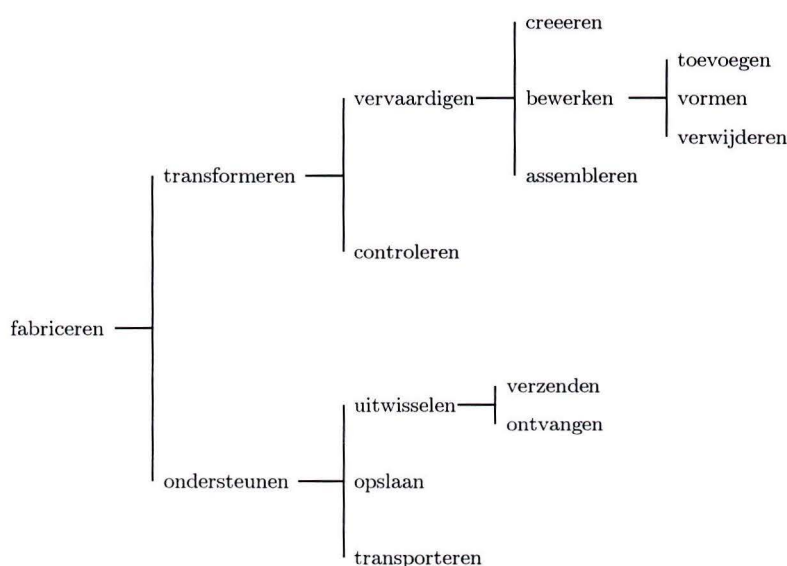
Functiebepalende fase

In de functiebepalende fase staat de vraag: "Wat gaat er gebeuren?" centraal. Met functies worden essentiële activiteiten binnen het beschouwde verantwoordelijkheidsgebied bedoeld. Het overzicht van functies voor het totale fabricagesysteem staat afgebeeld in figuur 4.5. Voor dit onderzoek naar het assemblagesysteem van de DS 45 is de hoofdfunctie het "assembleren".

Bij het assembleren zijn tal van assemblagehandelingen te onderscheiden. Globaal kunnen de assemblagehandelingen in zes categorieën worden onderverdeeld, te weten aanvoeren, hanteren, samenvoegen, controlleren, afstellen en speciale processen. Deze cat-



Figuur 4.4: Abstractie in ontwerpfasen

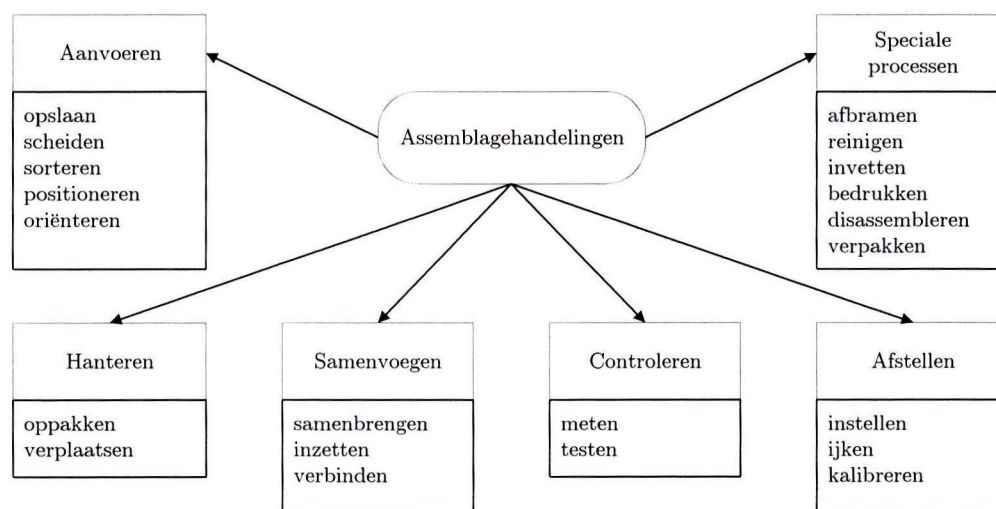


Figuur 4.5: Functies van het fabricagesysteem

egoriën kunnen verder worden opgesplitst in zogeheten 'functies', welke in figuur 4.6 geraadpleegd kunnen worden.

Procesbepalende fase

Na het definiëren van de functies volgt de procesbepalende fase. Hierin wordt antwoord gegeven op de vraag: "Hoe wordt het gedaan?". Alle processen ten aanzien van het



Figuur 4.6: Functies van een assemblagesysteem

assembleren van de DS 45 kunnen het best gescheiden worden in drie soorten processen: timmerman-processen, monteur-processen en electromonteur-processen. Daarnaast zijn er processen uitgevoerd door de special-products afdeling (SP) en processen uitgevoerd door externe bedrijven. Voor een overzicht van de processen en de volgorde waarin deze processen worden doorlopen wordt verwezen naar de bijlagen C en E.

Middelenbepalende fase

De middelenbepalende fase wordt op dit moment erbij betrokken. In de middelenbepalende fase wordt antwoord gegeven op de vraag: "Waarmee gaat het gebeuren?". De DS 45 wordt vrijwel volledig handmatig geassembleerd. Voor zware onderdelen wordt gebruik gemaakt van een kraan, zodat deze gemakkelijk in het jacht kunnen worden geplaatst. De prefab-werkzaamheden zijn bij deze analyse buiten beschouwing gelaten daar deze niet van belang zijn voor de doorlooptijd. Voor het achterhalen van de totale werkinhoud zijn deze voor LY wel bepaald, maar voor het ontwerp van het assemblagesysteem zijn deze verder niet relevant.

In bijlage C staan alle processen gerangschikt op een geadviseerde fase (plek). Alle processen in deze bijlage zijn hierbij voorzien van een afkorting. De geadviseerde fasen lopen van 0 tot en met 3. In fase 0 vinden processen plaats die geen invloed hebben op het uiteindelijke assemblagesysteem. Tijdens de eerste fase, ook wel de MK-fase genoemd, staat het inbouwen van de machinekamer centraal. De tweede fase, de WF-fase, wordt gekenmerkt door de inbouw van het interieur. In de derde fase, de IBS-fase wordt het jacht in bedrijf gesteld.

In bijlage D zijn dezelfde processen nogmaals vermeld, maar dan voorzien van een norm-

procestijd [Bot93]. Onder deze norm-procestijd wordt verstaan een norm als procesgang waarbij geen sprake is van oponthoud in de toelevering van subproducten door het bedrijf of door toeleveranciers en geen oponthoud tijdens het uitvoeren van het proces zelf. Tevens is in deze tweede lijst een volgorde aangegeven waarin, naar de mening van het management, bepaalde processen zouden kunnen gebeuren. De norm-procestijden zijn tot stand gekomen na gesprekken met de uitvoerders van de processen en het management.

Na deze procesanalyse worden de aan de processen gekoppelde randvoorwaarden ten aanzien van de procesvolgorde en -ruimte toegekend. Ter visualisatie van de koppeling tussen de processen en de randvoorwaarden is gebruik gemaakt van CPM [SH93] en PERT [MGK69]. Bijlage E geeft een toelichting op de indeling van de bewerkingsplaatsen op het jacht en het tijdens de inventarisatie opgestelde processchema. De invloed van de randvoorwaarden op de procesvolgorde worden middels pijlen en scheidingslijnen (onderbroken lijn) tussen processen zichtbaar gemaakt. Daarnaast geldt tevens de randvoorwaarde dat de geadviseerde fasen (MK-fase, WF-fase en IBS-fase) van elkaar gescheiden dienen te blijven en dus niet in elkaar mogen overlopen. Ook dient rekening te worden gehouden met de werkruimte in het jacht. In het jacht kan slechts met twee personen tegelijkertijd worden gewerkt. Een volgende eis aan het assemblagesysteem is dat het een productiecapaciteit van twaalf eenheden per jaar moet kunnen produceren. Een wens van het management hierbij is dat het productie-aantal zo flexibel mogelijk kan worden gevarieerd.

Met behulp van de verzamelde data kan vervolgens de doorlooptijd van de DS 45 worden bepaald. De doorlooptijd is bepaald op basis van een 40-urige werkweek, waarbij is toegestaan een proces te onderbreken aan het eind van een dag. Wordt in eerste instantie de beperking van de werkruimte niet meegenomen dan wordt het zogenaamde kritieke pad (CPM) gevolgd. Het kritieke pad wordt weergegeven in bijlage F. Het volgen hiervan leidt tot een doorlooptijd van iets meer dan tien weken voor de DS 45. Wordt gestreefd naar een zo constant mogelijke bezetting van het personeel, wat het inzetten van een vast team mogelijk maakt, dan wordt een doorlooptijd vastgesteld van zestien weken (zie bijlage F).

Hoofdstuk 5

Specificatiefase

De specificatiefase kan opgesplitst worden in twee delen. Het eerste deel bepaalt de mogelijke productiestructuren voor de DS 45. Vervolgens worden enkele methoden beschreven voor het genereren van een structuur voor het assemblagesysteem. Met behulp van deze resultaten en de uit de oriëntatiefase verzamelde gegevens worden verscheidene layouts voor het uiteindelijke assemblagesysteem ontworpen. De ontworpen layouts worden door middel van een waarde-analyse geëvalueerd. Hieruit zijn in goed overleg met het management twee layouts geselecteerd. In het tweede deel van de specificatiefase wordt voor beide layouts een model ontwikkeld en beschreven in het formalisme χ [Roo00]. Met de modellen wordt gepoogd de gevoeligheid van de variabiliteit op de totale doorlooptijd te achterhalen.

5.1 Bepaling productiestructuren

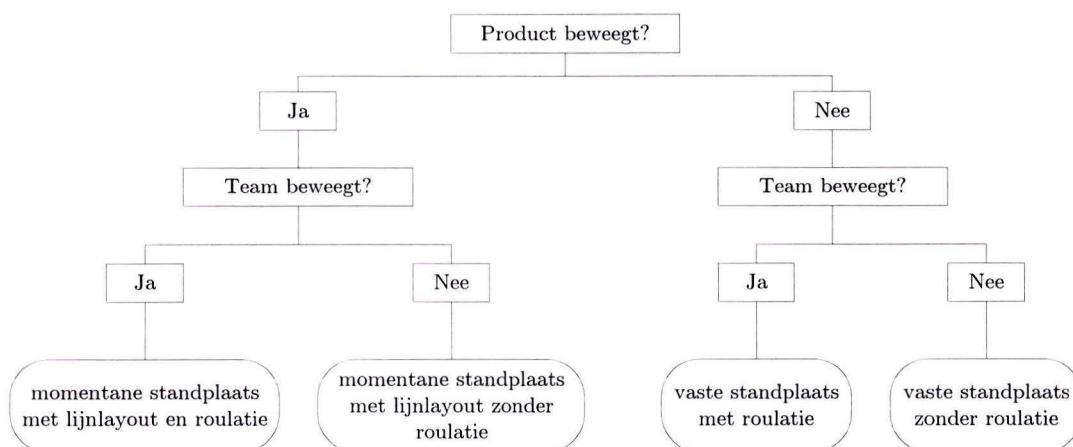
Een productiestructuur geeft weer op welke wijze de fabricage is gestructureerd, waaruit valt af te leiden met welke middelen dit is gebeurd en hoe de routing van de goederenstroom daarbij verloopt. De productiestructuur kan bepaald worden door gebruik te maken van productiestructuurtypologieën. Een veelgebruikte typologie gaat uit van de productiekenmerken seriegrootte, productieflexibiliteit en automatiseringsgraad. Hierbij zijn massafabricage, seriefabricage met een indeling naar groot-serie en klein-seriefabricage en enkelstuksfabricage de mogelijke productiestructuren.

Een tweede methode heeft betrekking op de logistieke kenmerken van een productieafdeling. De twee belangrijke factoren bij deze methode zijn de complexiteit van de capaciteit en variëteit in de bewerkingsvolgorde en de complexiteit van de materiaalproblematiek. Een derde methode kijkt naar de productkenmerken. De drie methoden worden in bijlage G nader toegelicht. Na analyse van deze methoden blijkt dat de productiestructuur voor de productie van de DS 45 het best kan worden omschreven als een productiestructuur die berust op een job-shop, een fixed-point of een projectmatige aanpak.

Met behulp van deze analyse ten aanzien van de productiestructuur kunnen een aantal assemblageconcepten voor de DS 45 worden opgesteld. Daarbij wordt uitgegaan van het gegeven 'beweegt het product' al of niet en 'beweegt het team' al dan niet. Het laatste gegeven slaat op het al dan niet toepassen van roulatie. Met roulatie wordt aangegeven dat de werknemers met het product mee shoppen door het bedrijf (geheel of gedeeltelijk). Hierdoor wordt een werknemer gekoppeld aan het product en niet aan een werkplek. Figuur 5.1 geeft de daaruit voortkomende assemblageconcepten. Deze concepten zijn:

1. Vaste standplaats zonder roulatie
2. Vaste standplaats met roulatie
3. Momentane standplaats in een lijnopstelling zonder roulatie
4. Momentane standplaats in een lijnopstelling met roulatie

Elk concept heeft zijn voor- en nadelen. Voor een uitgebreide behandeling van deze voor- en nadelen kan bijlage I worden geraadpleegd. In figuur 5.1 is niet weergegeven een momenteel bij LY toegepast concept voor stalen jachten 'momentane standplaats in een jobshop-opstelling zonder roulatie'. Dit concept heeft betrekking op het hele fabricagesysteem. Wordt alleen gefocust op een assemblagesysteem, zoals voor de DS 45 het geval is, dan is dit concept al dan niet met roulatie niet toepasbaar.



Figuur 5.1: Mogelijke assemblageconcepten

5.2 Methoden voor het genereren van de structuur van een assemblagesysteem

Voor het ontwerpen van een structuur voor een assemblagesysteem zijn vele verschillende methoden ontwikkeld, waarbij een scheiding kan worden gemaakt tussen methoden met een top-down benadering en methoden met een bottom-up benadering genoemd. Een top-down benadering streeft naar een economisch optimale oplossing, waar een bottom-up benadering naar een technisch optimale oplossing streeft. In bijlage H worden deze twee benaderingen verder toegelicht.

Voor LY en zijn DS 45 zijn beide benaderingen toepasbaar. Bij een top-down benadering vindt een markt- en bedrijfsanalyse tegelijkertijd met de product-analyse plaats, terwijl bij een bottom-up analyse de markt- en bedrijfsanalyse na de keuze van een structuur en assemblagehulpmiddelenvarianten begint. Omdat een markt- en bedrijfsanalyse reeds heeft plaatsgevonden voor de DS 45 ligt een top-down benadering meer voor de hand. Toch kunnen ook voor dit onderzoek een aantal bottom-up benaderingen leiden tot een goede structuur van het assemblagesysteem. Zes relevante methoden zijn:

1. Methodologie van Pherson (Top-down) [Phe87]
2. De L.A.B. methodologie (Bottom-up) [MH93], [PL93]
3. Methodologie van Rampersad (Top-down) [Ram93]
4. De ASSYST-methodologie (Bottom-up) [AG88]
5. De ASSEMBLY-methodologie (Top-down) [Bru87b],[Bru87a]
6. Capp of assembly systems (Top-down) [War87]

De weg om tot structurering van het assemblagesysteem te komen volgens deze methoden is echter niet geheel gevolgd daar een structurering middels de al beschreven wijze in de oriëntatiefase en de specificatiefase tot het gewenste resultaat met betrekking tot de doelstelling heeft geleid. De bovenstaande methoden zijn hier en daar wel ter ondersteuning gebruikt.

5.3 Ontwerpen van een layout voor het assemblagesysteem

De basis voor het ontwikkelen van een layout wordt bepaald door een aantal factoren, te weten de eisen die worden gesteld aan het assemblagesysteem voor de DS 45 en de bijbehorende randvoorwaarden zoals procesvolgorde en procesruimte. Daarnaast speelt de doorlooptijd een belangrijke rol. Op basis van de relevante randvoorwaarden zoals

procesvolgorde en procesruimte is tijdens de oriëntatiefase een doorlooptijd van zestien weken vastgesteld. Hierbij is rekening gehouden met de totale scheiding tussen processen van de MK-fase, de WF-fase en de IBS-fase. De belangrijkste eis voor het te ontwerpen assemblagesysteem is het produceren van twaalf eenheden per jaar.

Met deze factoren als basis en de mogelijke productiestructuren in het achterhoofd kunnen een aantal opstellingen bedacht worden. In eerste instantie is geen rekening gehouden met de reeds aanwezige hal (EC2-hal) voor het assemblagesysteem van de DS 45. Als gevolg hiervan wordt nog niet van een layout gesproken. In bijlage J worden alle ontwikkelde alternatieve opstellingen weergegeven en besproken. Eén van de prestatie-indicatoren om de prestatie van een opstelling te visualiseren is het aantal te produceren eenheden per jaar. Om tot een afschatting te komen van deze productiehoeveelheid dient het aantal effectieve werkweken vast te worden gesteld. Een berekening, gegeven in bijlage K, leidt tot een aantal effectieve werkweken van zevenendertig per jaar. In tabel 5.1 worden schematisch de overige prestaties van elk alternatief gegeven, wat een eerste indruk geeft van elk te beschouwen alternatief. De gebruikte nummering komt overeen met de opgestelde nummering in bijlage J.

Alternatief	2.1	3.1	4.1	4.2	5.1	6.1	6.2	7.1
Aantal timmermannen	10	9	14	12	9	13	12	12
Aantal electromonteurs	4	3	6	4	3	5	4	6
Aantal monteurs	4	3	6	4	3	5	4	6
Aantal assemblagelijnen	2	3	2	2	1	1	1	6
Aantal jachten per jaar (37 weken)	12.4	13.9	18.5	18.5	12.3	18.5	18.5	13.9
Aantal benodigde werkplekken per lijn	3	2	4	4	6	8	8	1
Resterende uren timmermannen	120	0	160	0	120	80	0	320
Resterende uren electromonteurs	0	0	160	0	40	80	0	320
Resterende uren monteurs	0	0	160	0	40	80	0	320

Tabel 5.1: Overzicht alternatieven

5.3.1 Layoutontwerp in de EC2-hal

De bestaande EC2-hal (zie figuur 2.1) is volledig beschikbaar gesteld voor het assemblagesysteem van de DS 45. De hal biedt plaats voor een zestal werkplekken, zodat een aantal alternatieve opstellingen niet in de EC2-hal kunnen worden ingedeeld. De achtplaatslijn valt daardoor buiten beschouwing. Weliswaar voldoet de vierplaatslijn niet aan de gevraagde productiehoeveelheid, toch zal deze als alternatief meegenomen worden.

In de EC2-hal zijn al machines in gebruik voor de werkzaamheden die daar momenteel verricht worden. Dit zijn voornamelijk after-sales werkzaamheden. De machines lenen zich perfect voor de WF-fase van de DS 45. Met de lokatie van deze machines kan bij het layoutontwerp rekening worden gehouden door de afstand tussen deze machines en de relevante werkplekken te minimaliseren. Er kan echter ook gekozen worden voor een meer logistieke indeling, waardoor het overzicht in de hal beter gehandhaafd blijft.

Bij het ontwerpen van een layout voor het assemblagesysteem van de DS 45 speelt de indeling van bordessen rondom de werkplekken ook een grote rol. Het doel van deze bordessen is tweeledig. Ten eerste dienen ze als opslagruimte voor toelevering van producten en halffabrikaten, zodat deze van tevoren kunnen worden opgesteld en eenvoudig kunnen worden ingebouwd. Ten tweede dient het bordes in de MK-fase als werkhoogte voor de werkzaamheden rondom het jacht [TRDK00],[TLRD00]. Deze hoogte is zo bepaald dat de werkzaamheden in ergonomisch opzicht zo optimaal mogelijk kunnen plaatsvinden. In bijlage L zijn voor zover mogelijk alle alternatieve opstellingen tot een layout omgevormd. Hierbij is indien mogelijk gekozen voor het toepassen van teamroulatie, zodat de bezetting van de teams in het assemblagesysteem maximaal is. Bij de nummering is ervoor gekozen een nieuwe indeling ten opzichte van de nummering bij de opstellingen te kiezen. De ontworpen layouts in bijlage L staan weergegeven op het toenemend aantal werkplekken per lijn.

5.3.2 Waarde-analyse

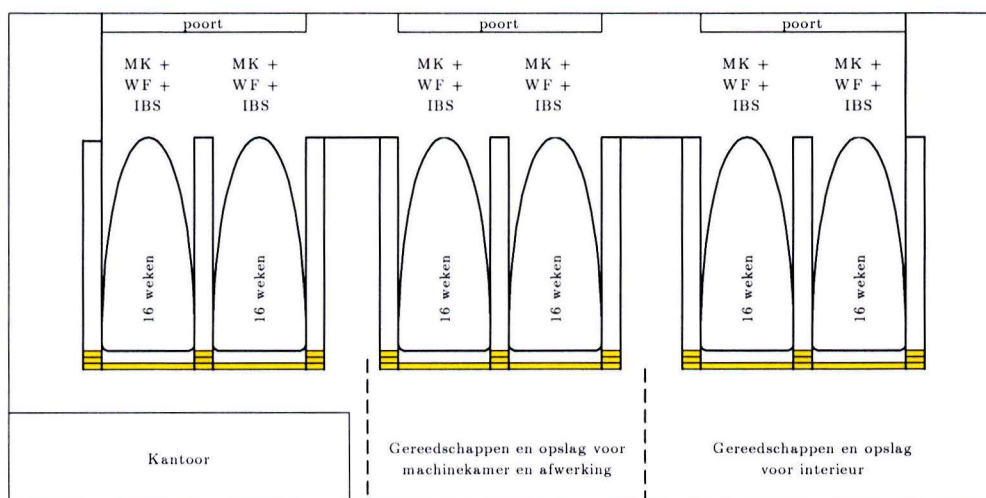
De uiteindelijk ontworpen layouts kunnen worden geëvalueerd aan de hand van bepaalde kwalitatieve criteria. Lijsten van criteria zijn onder ander opgesteld door Muther [Mut79]. De evaluatie kan op een aantal manier plaatsvinden, namelijk d.m.v. het afwegen van voor- en nadelen, door een factor-analyse of door een waarde-analyse. De meest grove methode van evalueren is het afwegen van de voor- en nadelen. De criteria worden hierbij niet gekwantificeerd. Een factoranalyse kwantificeert de criteria middels een cijfer, wat ten gunste gaat van de nauwkeurigheid. Een waarde-analyse hecht zelfs een weegfactor aan de te beschouwen criteria, waardoor het ene criterium zwaarder kan worden meegewogen als het andere criterium.

Voor de zeven mogelijke layouts in de EC2-hal is de meest nauwkeurige methode toegepast, namelijk de waarde-analyse. Deze analyse met zijn bijbehorende criteria staan in tabel 5.2 weergegeven. De weegfactoren kunnen een waarde hebben variërend van één tot en met vijf. Het cijfer van een criterium ligt voor iedere layout tussen de één en de vier.

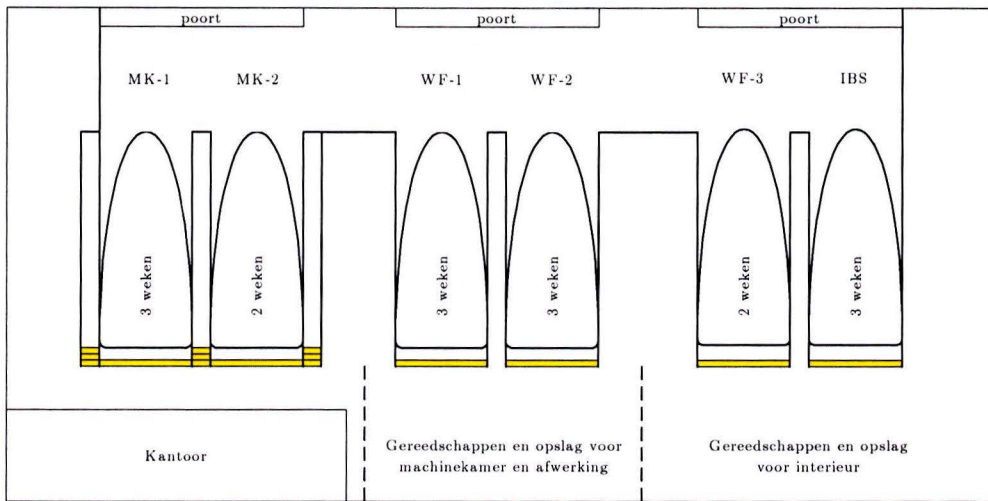
Uit de waarde-analyse komen twee zesplaatslijnen, alternatief 6.1 en alternatief 6.2, duidelijk als beste layout naar voren. Daarnaast komt de tweeplaatslijn, alternatief 2, op een goede derde plaats. Een waarde-analyse blijft echter een subjectieve analyse. Daarom is in overleg met het management besloten om naast de zesplaatslijn ook de vaste standplaats (alternatief 1) te selecteren uit de mogelijke layouts, zodat de twee uitersten beschouwd worden. In figuur 5.2 en figuur 5.3 staan respectievelijk het ontwerp van de layout van de vaste standplaats en de zesplaatslijn afgebeeld. Voor deze modellen is een model ontwikkeld en beschreven in het formalisme χ .

Layout	1	2	3.1	3.2	4	6.1	6.2	
Variabele (1-4)								Weegfactor (1-5)
Productflexibiliteit	4	4	2	2	1	1	1	4
Volumeflexibiliteit	4	4	3	3	2	1	1	4
Overzichtelijkheid	1	1	3	1	4	4	2	2
Vrijheid andere Werkzaamheden	1	1	1	1	3	1	1	3
Productiehoeveelheid	3	3	2	2	1	4	4	5
Opslag subonderdelen	1	2	3	3	3	4	4	4
Afstand machines ligplaats	2	2	3	4	3	3	4	3
Toevoer subproducten	1	1	2	2	3	4	4	2
Bordesindeling	2	2	4	4	3	4	4	3
Invoeren in huidig productiesysteem	4	4	4	4	3	3	3	2
Benodigde mensen	1	4	3	3	4	3	3	2
Efficiënt inzetten teams	1	4	2	2	4	4	4	4
Score	72	106	98	97	100	112	111	

Tabel 5.2: Waarde-analyse lay-outs



Figuur 5.2: Layout voor de vaste standplaats



Figuur 5.3: Layout voor de zesplaatslijn

Hoofdstuk 6

Modellering van de geselecteerde ontwerpen

Het voornaamste doel van beide in het formalisme χ geschreven modellen is in hoofdstuk 5 al beschreven als het achterhalen van de gevoeligheid van de variabiliteit op de doorlooptijd. Elk proces is bij de bepaling van de doorlooptijd voorzien van een procestijd, een norm-procestijd. Deze norm-procestijden zijn in de praktijk aan verscheidene factoren van variabiliteit onderhevig. Elke werknemer heeft namelijk een verschillend werktempo, de te gebruiken machines kunnen uitvallen, toeleveranciers kunnen te laat leveren, er kunnen zoektijden naar onderdelen worden geconstateerd, etc. Aan de twee modellen, het flow-model (alternatief zesplaatslijn) en het fixed-model (alternatief vaste standplaats) zal een Gantt-chart worden gekoppeld. Deze vervuld twee functies, namelijk:

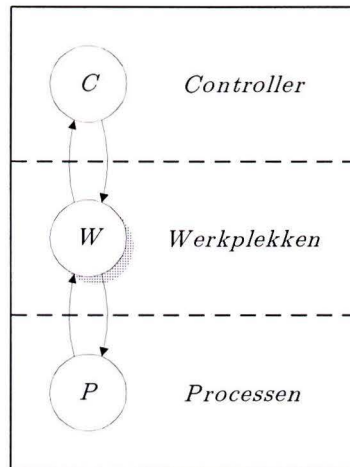
1. Verificatie van de modellen
2. Overzicht van alle processen per werkplek, waardoor planning beter mogelijk is

De basis voor het model bestaat uit een drietal lagen, onderverdeeld zoals in figuur 6.1 geschetst is. De eerste laag, de controller, stuurt het totale systeem aan en legt de nodige informatie vast. De tweede laag omvat alle informatie ten aanzien van de werkplekken en op de derde laag worden alle processen gedefinieerd en aan elkaar gekoppeld.

Bij elk model worden zekere aannamen gedaan, zo ook bij het in dit onderzoek opgestelde flow-model en fixed-model. In beide modellen zijn dezelfde aannamen van toepassing, welke in de paragraaf 6.1 worden behandeld.

6.1 Aannamen in het model

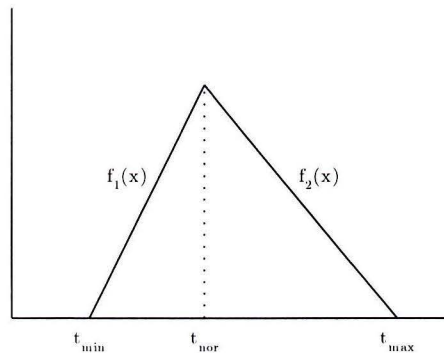
In dit onderzoek worden de volgende aannamen verricht:



Figuur 6.1: Modelleerniveau's

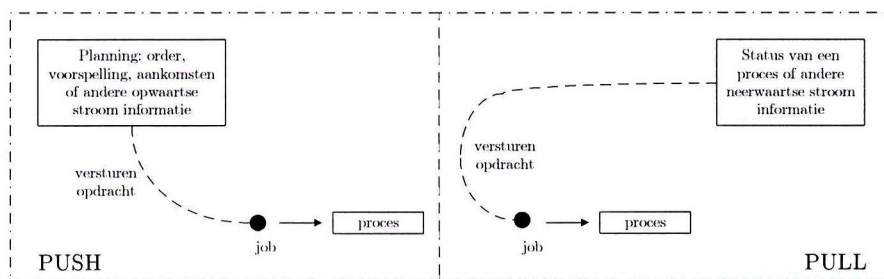
- Per werkplek wordt met verschillende teams gewerkt. De werkzaamheden per team en per persoon worden vastgelegd in het model door middel van een procesvolgorde. Van deze volgorde kan niet worden afgeweken. In de praktijk zal de volgorde flexibel zijn. Mocht een bepaald product of halffabrikaat nog niet kunnen worden ingebouwd, dan zou eerst een ander proces plaats kunnen vinden.
- De processen per werkplek of per fase kunnen alleen gestart worden indien het team compleet is. Is op een werkplek een nieuw product aanwezig, maar het team is niet compleet, dan kunnen de aanwezigen van het team nog ingezet worden op een andere werkplek.
- Er zijn vele verschillende factoren die uiteindelijk tot een bepaalde variabiliteit leiden. In de twee modellen is voor elk proces de totale variabiliteit beschreven door middel van een driehoeksverdeling [LK00]. De driehoeksverdeling (zie figuur 6.2) is één van de mogelijke verdelingen die toepasbaar is bij het ontbreken van data over de procestijden. In bijlage M worden de mogelijke verdelingen verder nader toegelicht. Het DS 45 product is een geheel nieuw project voor LY, waardoor slechts schattingen kunnen worden gemaakt van de procestijden. Deze schattingen zijn derhalve gebaseerd op ervaring. In zo'n situatie kan zeer goed gebruik gemaakt worden van een driehoeksverdeling, waarbij een minimum procestijd (t_{min}), een meest aannemelijke procestijd (de norm-procestijd; t_{nor}) en een maximum procestijd (t_{max}) moeten worden afgeschat.
- Ten aanzien van de driehoeksverdeling is een splitsing gemaakt tussen processen uitgevoerd door een monteur of electromonteur (EC-afdeling) en processen uitgevoerd door een timmerman (WF-afdeling). Voor elk proces van de EC-afdeling is de minimale procestijd vastgesteld op 90% van de norm-procestijd. De maximale procestijd wordt bepaald door 140% te nemen van de norm-procestijd. Voor

de WF-afdeling zijn deze respectievelijk 90% en 110%. In welke mate hier sprake is van variabiliteit wordt in hoofdstuk 7 besproken.



Figuur 6.2: De driehoeksverdeling

- De productieplanning in beide modellen wordt geregeld door een pull-productiesysteem [HS96]. Dit gebeurt door middel van een WIP-controller (work in process). Een nieuwe taak wordt pas op de werkvloer toegelaten als er een signaal is gegenereerd door een verandering in de lijn. De tegenhanger van het pull-productiesysteem is het push-productiesysteem, waarbij de aansturing plaatsvindt door een extern planschema (zie figuur 6.3).

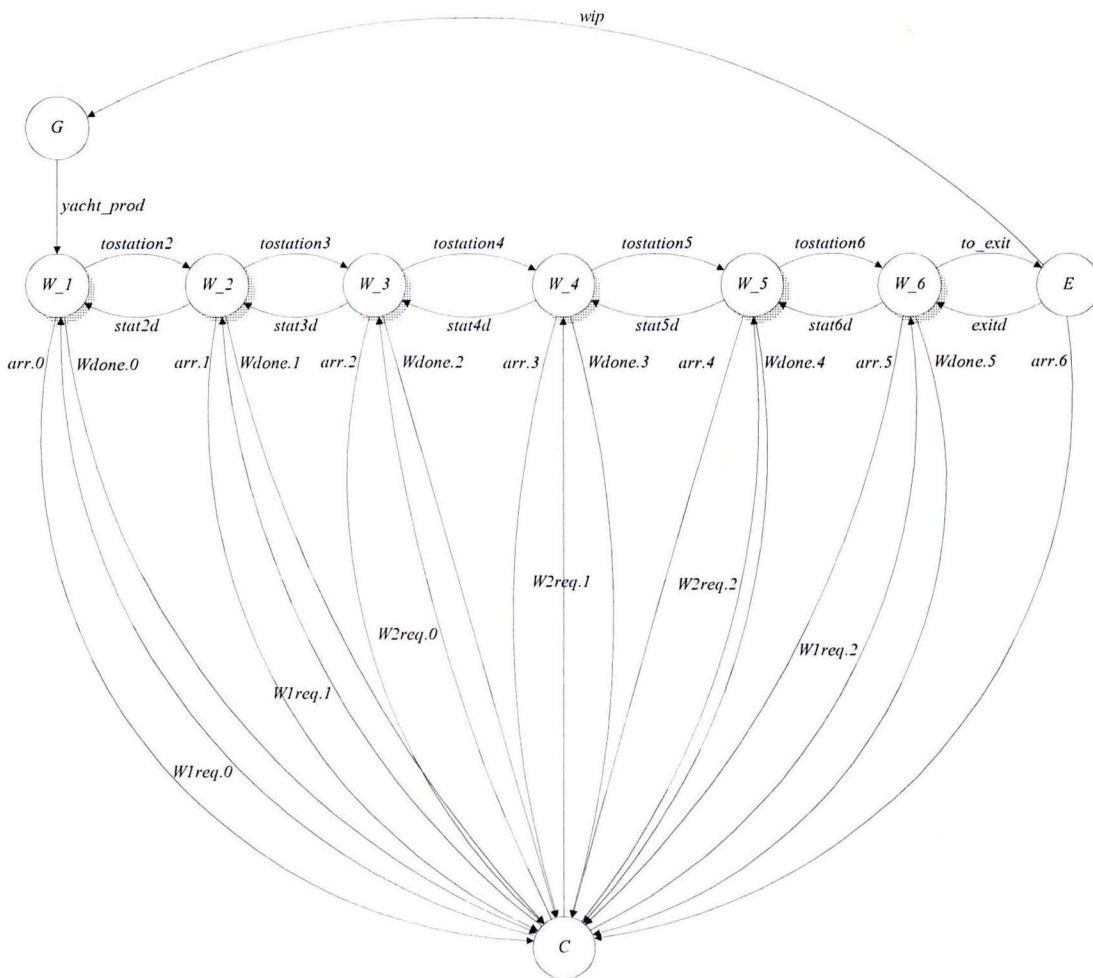


Figuur 6.3: Push- en Pull-productiesysteem

6.2 Het flow-model (alternatief 6.1)

Het flow-model, de zesplaatslijn, bestaat uit een zestal werkplekken. Alle door het jacht te ondergane processen zijn verdeeld over deze zes werkplekken, waarbij rekening is gehouden met de verschillende fasen. De eerste twee werkplekken worden gekenmerkt

door de MK-processen. De WF-processen vinden op de derde, vierde en vijfde werkplek plaats en de IBS-processen worden op de laatste werkplek verricht. Het model van het flow-model staat in figuur 6.4 weergegeven. Op elke werkplek vindt een bepaald aantal processen plaats in een vastgelegde volgorde. Voor het individuele model van elke werkplek kan bijlage N worden geraadpleegd.



Figuur 6.4: Model werkplekken flow-model

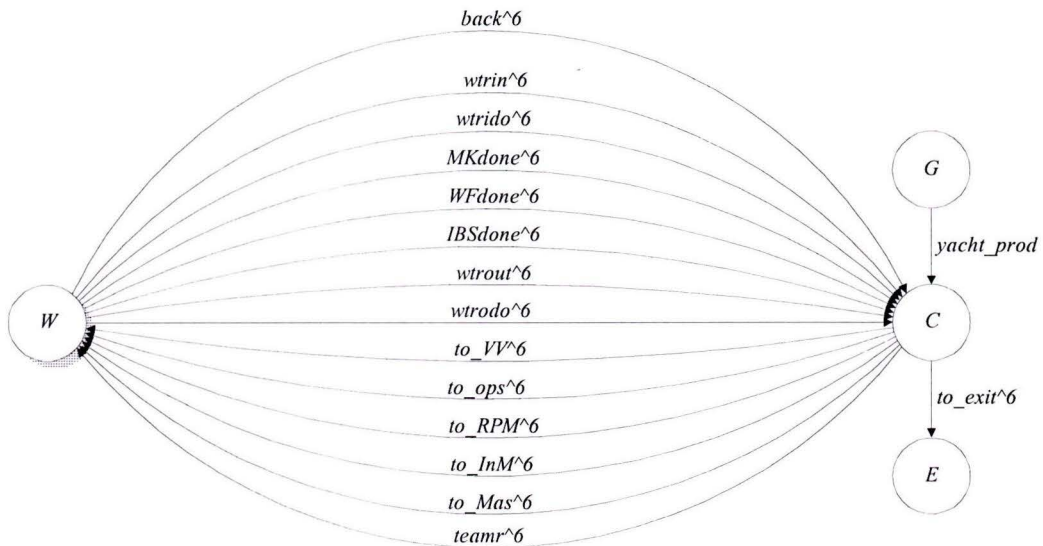
6.2.1 Werking

Eerst wordt het niveau van het onderhanden werk (WIP) bepaald door afspraken over de hoeveelheid aan jachten die er op de productievloer aanwezig mogen zijn. Voordat een jacht op de eerste werkplek (W_1) wordt geplaatst, wordt gekeken of het transport plaats kan vinden. Vervolgens wordt een team samengesteld voor de werkplek, in dit geval een

tem-team, voordat aan het assembleren kan worden begonnen. De processen worden in een vastliggende volgorde volbracht. Elk lid van het tem-team is pas beschikbaar voor een ander team nadat processen van een voorgaande cyclus op de desbetreffende werkplek voltooid zijn. Zodra het hele team klaar is met hun processen wordt wederom afgestemd of het transport beschikbaar is. Zo ja, dan wordt het jacht verplaatst naar de volgende werkplek (W_2). Na zes werkplekken verlaat het jacht de productievloer. Voor een uitgebreide toelichting van de werking wordt naar bijlage O verwezen. Hierin worden de gebruikte processen behandeld, het volledige model gegeven en de beschrijving van het model in het formalisme χ .

6.3 Het fixed-model (alternatief 1)

Voor het fixed-model, de vaste standplaats, worden alle processen op één werkplek voltooid. Bij het opgeven van de procesvolgorde wordt net als bij het flow-model gelet op de verschillende fasen. Eerst worden alle MK-processen volbracht door een tem-team, gevolgd door de WF-processen met een tt-team en als laatste de IBS-processen door wederom een tem-team. Het model van de vaste standplaats staat weergegeven in figuur 6.5. Het model van het systeem W (een werkplek) staat toegelicht in bijlage P.



Figuur 6.5: Model werkplekken fixed-model

6.3.1 Werking

De werking van het fixed-model komt gedeeltelijk overeen met dat van het flow-model, echter de werkplekken in de hal werken geheel zelfstandig. Aan de hand van het WIP wordt bepaald wanneer een werkplek een nieuw casco mag ontvangen. Pas als er transport mogelijk is wordt het casco daadwerkelijk naar de werkplek verplaatst. De eerste productie-fase (MK-fase) kan pas worden gestart als een tem-team beschikbaar is. Wanneer alle drie de werknemers hun taken voltooid hebben kan overgegaan worden tot de WF-fase, waarin gewacht wordt tot een tt-team beschikbaar is. Op dezelfde wijze wordt de IBS-fase door een tem-team voltooid, waarna het jacht van de werkplek kan worden gehaald. In bijlage Q wordt de volledige werking toegelicht aan de hand van de toegepaste processen. Daarnaast wordt het volledige model weergegeven en de beschrijving van het model in het formalisme χ .

6.4 Modelparameters

Met het oog op het simuleren van de modellen worden een aantal parameters ingevoerd in beide modellen. Deze parameters zijn de doorlooptijd (φ) en de doorzet (δ). Wanneer een nieuw casco op de productievloer wordt toegelaten op basis van het WIP-level wordt de tijd van toelating vastgesteld, zodat bij het verlaten van het jacht van de productievloer de doorlooptijd kan worden bepaald. De doorzet wordt indirect bijgehouden door het aantal geproduceerde jachten. Wordt dit aantal namelijk gedeeld door het totale tijdsbestek waarin deze werden geproduceerd dan resulteert de doorzet. Voor een toelichting van de modelparameters wordt verwezen naar bijlage T.1.

Hoofdstuk 7

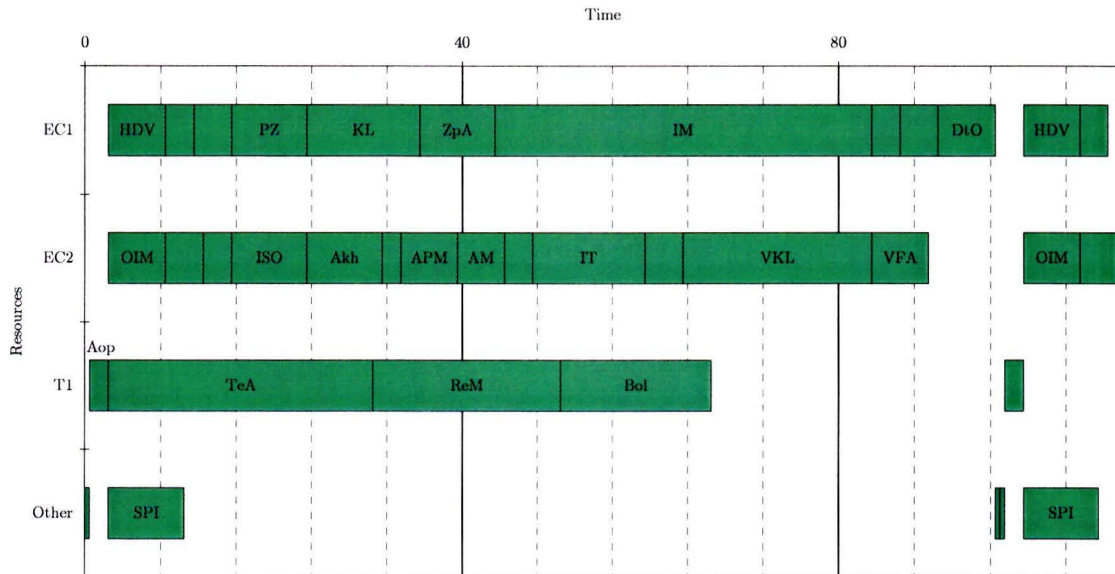
Simulatieresultaten

Het doel van de ontwikkelde modellen is om middels simulatie een aantal specifieke uitspraken te kunnen doen over de verwachte prestaties van het gemodelleerde assemblagesysteem voor de DS 45. Met de simulaties wordt dus gepoogd bepaalde eigenschappen van het toekomstige reële assemblagesysteem te achterhalen, zodat een beoordeling aangaande deze eigenschappen kan worden gemaakt. Ten aanzien van deze simulaties is een simulatieplan opgesteld. Een simulatieplan zorgt ervoor dat in overzichtelijke stappen tot de gewenste informatie wordt gekomen. In tabel 7.1 staat het in dit onderzoek toegepaste simulatieplan beschreven. Een toelichting op het simulatieplan wordt gegeven in bijlage R.

Voordat met dit simulatieplan van start kan worden gegaan, dient eerst de correctheid van de werking van beide modellen te worden geverifieerd. De verificatie is verricht middels een Gantt-chart die aan beide modellen gekoppeld is. In figuur 7.2 staat voor het flow-model de verificatie van werkplek één weergegeven middels de Gantt-chart. *EC1* staat voor alle werkzaamheden uitgevoerd door de monteur, *EC2* voor alle electromonteurprocessen en *T1* voor de timmermanprocessen. Bij *Other* vindt alleen het transport plaats en het monteren van de spiegel. De procestijden zijn hier deterministisch van aard en worden dus bepaald door de norm-procestijd.

Op werkplek één wordt op tijdstip 0 transport aangevraagd en gekregen. Het proces *Aop* (*T1*) vindt vervolgens plaats voordat elk teamlid van het tem-team aan zijn processenreeks kan beginnen. Als laatste is de monteur (*EC1*, proces *DtO*) klaar met zijn reeks. Het jacht wordt naar de tweede werkplek geplaatst en vervolgens wordt een nieuwe jacht naar de eerste werkplek getransporteerd. Voor de totale verificatie van beide modellen wordt verwezen naar bijlage S.

Om de prestaties van beide modellen resulterend uit de simulatieresultaten te kwantificeren en weer te geven is gebruik gemaakt van de wet van Little [HS96]. Hierin wordt een bijzondere relatie vastgelegd tussen de doorlooptijd (φ), de doorzet (δ) en het onderhanden werk (*WIP*). Voor verdere uitleg over de wet van Little wordt ver-



Figuur 7.2: Verificatie werkplek 1

Voor EC-processen werd de onder- en bovengrens van de driehoeksverdeling bepaald door respectievelijk 90% en 140% van de norm-procestijd te nemen. Voor WF-processen zijn deze waarden 90% en 110%. Een redelijke maatstaf om de grootte van variabiliteit weer te geven wordt gevormd door de standaarddeviatie te delen door het gemiddelde. Deze maatstaf wordt de variatiecoëfficiënt genoemd. Vaak wordt de gekwadrateerde versie gebruikt en heet dan ook de gekwadrateerd variatiecoëfficiënt. Deze laatste is gedefinieerd als [MR94]:

$$c^2 = \frac{\mu^2}{\sigma^2} \tag{7.1}$$

waarin μ het gemiddelde en σ de standaarddeviatie is. Deze twee variabelen kunnen vervolgens voor de driehoeksverdeling berekend worden door:

$$\mu = \frac{a + b + c}{3} \tag{7.2}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{a^2 + b^2 + c^2 - ab - ac - bc}{18}} \tag{7.3}$$

Hierin is a de minimale procestijd, b de meest aannemelijke procestijd en c de maximale procestijd. Met deze formules en de gegeven onder- en bovengrenzen voor de EC-processen en WF-processen kan voor beide gevallen de variabiliteit worden gekwantificeert (zie tabel 7.1).

	EC-processen	WF-processen
σ	$\sqrt{\frac{0.03 \times a^2}{18}}$	$\sqrt{\frac{0.21 \times a^2}{18}}$
μ	a	$1.1 \times a$
c	0.0408	0.098

Tabel 7.1: Bepaling variatiecoëfficiënt

De mate van variabiliteit is op te splitsen in drie categoriën. Alle variabelen met een variatiecoëfficiënt lager dan 0.75 wordt laag variabel genoemd. Het gebied met een variatiecoëfficiënt tussen 0.75 en 1.33 wordt omschreven als middelmatige variabiliteit. Alles boven 1.33 is hoog variabel. In dit geval is er dus duidelijk sprake van een lage variabiliteit.

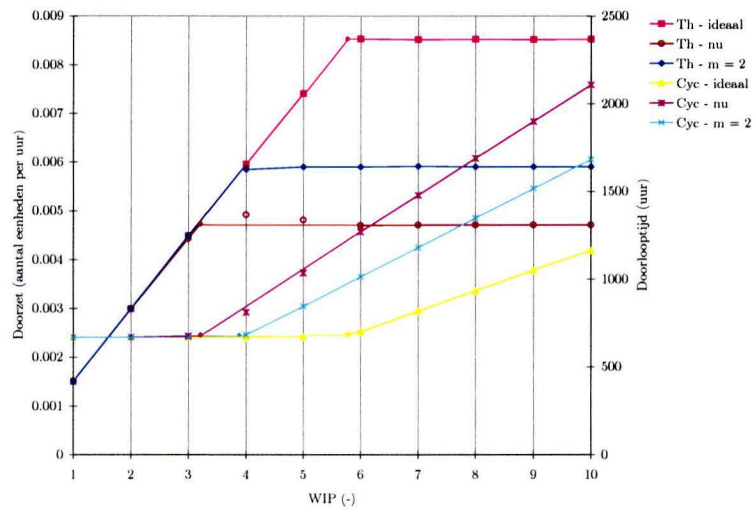
7.2 Simulatieresultaten

Conform het simulatieplan zijn alle simulaties op gestructureerde wijze uitgevoerd. In dezelfde volgorde zullen in deze paragraaf de resultaten worden besproken. De deterministische simulatie is in het voorgaande al besproken ter verificatie van de werking van beide modellen. De daaropvolgende simulatiereeksen hebben betrekking op het bepalen van het benodigde aantal monteurs, electromonteurs en timmermannen. De bepaling hiervan staat toegelicht in bijlage U. De simulatiereeks leidt tot een teamstelling van drie monteurs, drie electromonteurs en zeven timmermannen voor beide modellen. Momenteel bestaat het beschikbare personeel slechts uit twee monteurs, twee electromonteurs en vier timmermannen. Voor elk onderdeel wordt per model de resultaten overzichtelijk weergegeven en voorzien van een korte toelichting.

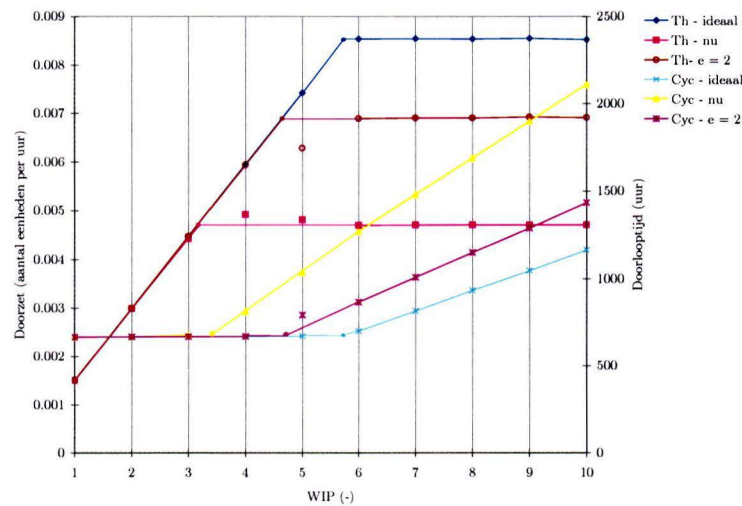
Flow-model

In figuur 7.3 worden de doorzet en doorlooptijd voor drie situaties weergegeven. Ten eerste is de ideale situatie voor het flow-model weergegeven, wat betekent dat drie monteurs aan het werk zijn (zie bijlage U). Ten tweede staat het resultaat van de simulatie met het huidige team weergegeven en ten derde de simulatie met uitsluitend de beperking op de monteurs, namelijk twee monteurs. Hierbij zijn dus geen beperkingen op de overige werknemers. Uit figuur 7.3 blijkt dat in het huidige team het aantal monteurs niet de beperkende factor is. Ook blijkt nogmaals dat het aantal van twee monteurs niet voldoende is om de maximale doorzet te halen. Een derde monteur is een noodzaak.

Ter bepaling van het aantal electromonteurs voor het flow-model is in figuur 7.4 een zelfde overzicht weergegeven. Het aantal electromonteurs vormt geen beperkende fac-



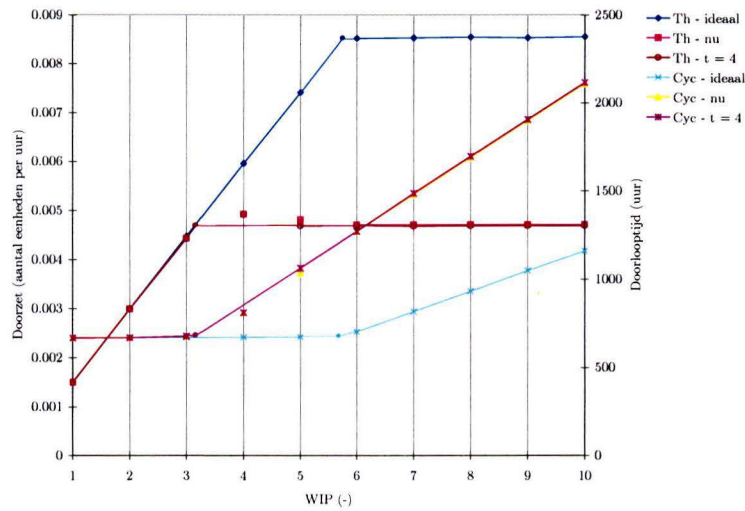
Figuur 7.3: Overzicht monteurs in flow-model



Figuur 7.4: Overzicht electromonteurs in flow-model

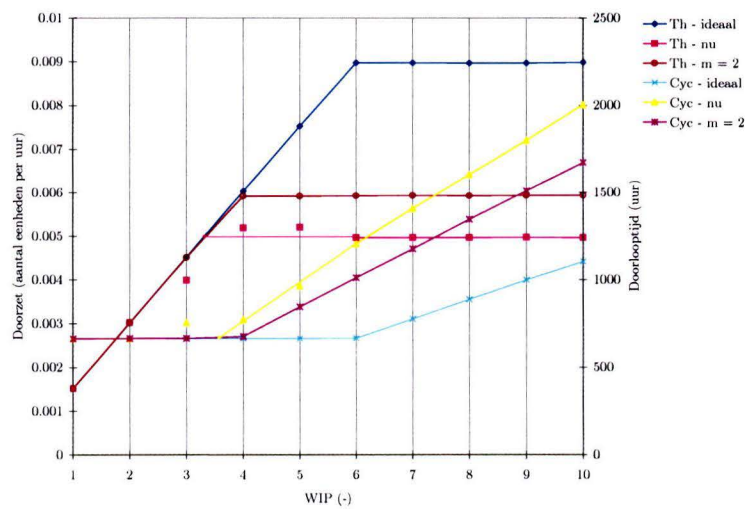
tor in het huidige team van LY. De werkinhoud van de electromonteurs komt redelijk overeen met dat van de monteurs. Dit resulteert in soortgelijke simulatieresultaten, waardoor ook hier een team met drietal electromonteurs optimaal is.

Het overzicht voor het flow-model met betrekking tot het aantal timmermannen is afgebeeld in figuur 7.5. Hieruit blijkt dat in het huidige team het aantal timmermannen de belemmering vormt. Een simulatie met uitsluitend een beperking op het aantal



Figuur 7.5: Overzicht timmermannen in flow-model

timmermannen levert immers nagenoeg hetzelfde resultaat als een simulatie met het huidige team. Wordt het aantal timmermannen aangevuld tot een hoeveelheid van zeven dan kan van een ideale situatie worden gesproken.

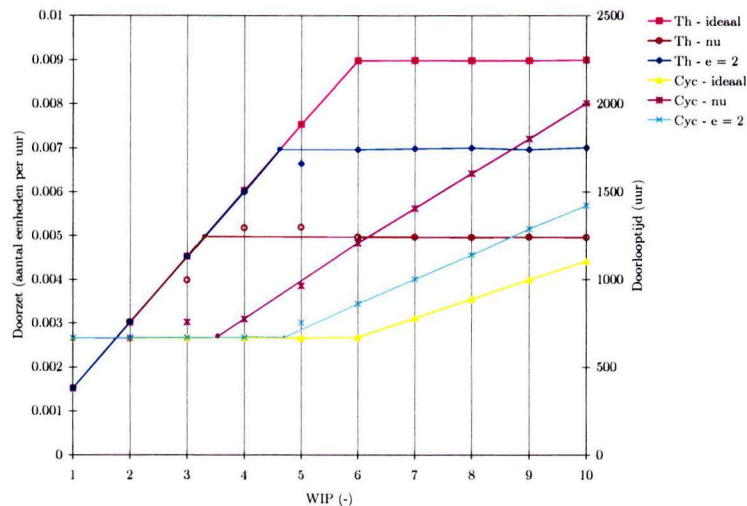


Figuur 7.6: Overzicht monteurs in fixed-model

Fixed-model

Door de gemaakte aannamen in het model en de korte transporttijd tussen de werk-

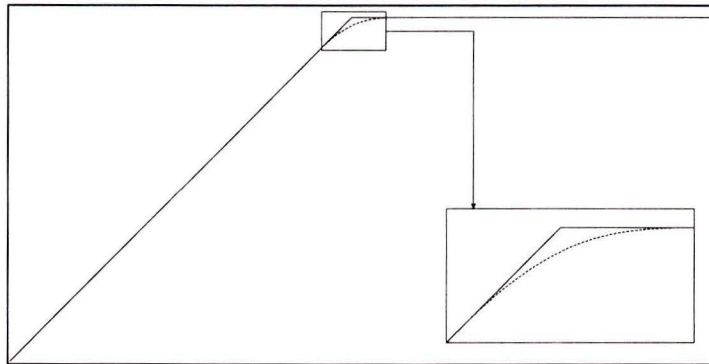
plekken in het flow-model blijkt dat de prestaties van beide modellen weinig van elkaar verschillen. Er zouden meer gegevens over zoektijden, verschil in werksnelheden, etc. bekend moeten zijn en in het model verwerkt moeten worden om een duidelijk verschil in beide modellen te kunnen ontdekken. De voor het fixed-model gevonden resultaten zijn afgebeeld in de figuren 7.3, 7.4 en 7.5. Een optimaal team zou wederom bestaan uit drie monteurs, drie electromonteurs en zeven timmermannen.



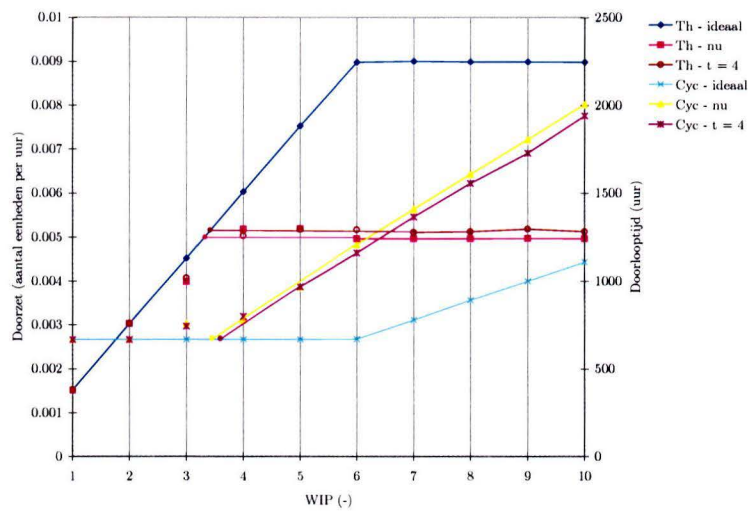
Figuur 7.7: Overzicht electromonteurs in fixed-model

In de gepresenteerde figuren, representanten van de resultaten van de verrichte simulaties, zijn afwijkingen geconstateerd in de verwachting ten aanzien van de krommen. Hoe de gepresenteerde krommen met betrekking tot de optredende afwijkingen precies moeten lopen is moeilijk te achterhalen. Wel kan gesteld worden dat deze, door de lage variabiliteit in de processen, maar een weinig afwijken van de getekende resultaten. Ter illustratie staat een voorbeeld van een te verwachte kromme in figuur 7.8 afgebeeld.

Voor elk resultaat is met formule T.2 gegeven in bijlage T.1 het kritieke punt onderhanden werk berekend, waarmee het buigpunt wordt vastgelegd. Door deze afwijkende punten is het moeilijk in te zien in welke mate de variabiliteit een rol heeft gespeeld. Als gevolg hiervan is voor beide modellen een simulatie met een hogere variabiliteit (verhoging variatiecoëfficiënt met factor twee) in de processen verricht. Echter de beperking van de driehoeksverdeling is dat deze zich, reëel gesproken, alleen in het laag variabele gebied bevindt, waardoor ook deze hogere variabiliteit niet was waar te nemen. Het resultaat van deze simulaties is derhalve achterwege gelaten. Om te trachten de oorzaak te achterhalen van de optredende afwijkingen in de resultaten is een casus, de vijfplaat-slijn, opgesteld. Deze wordt in paragraaf 7.3 besproken.



Figuur 7.8: Verwachte resultaatcurve

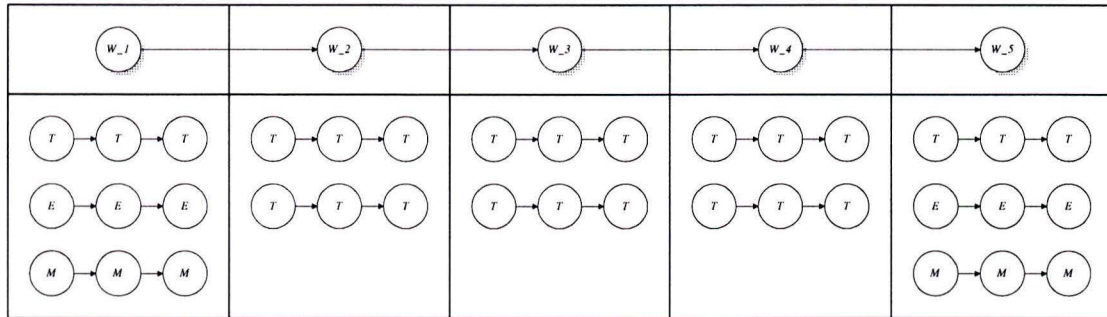


Figuur 7.9: Overzicht timmermannen in fixed-model

7.3 Casus "Vijfplaatslijn"

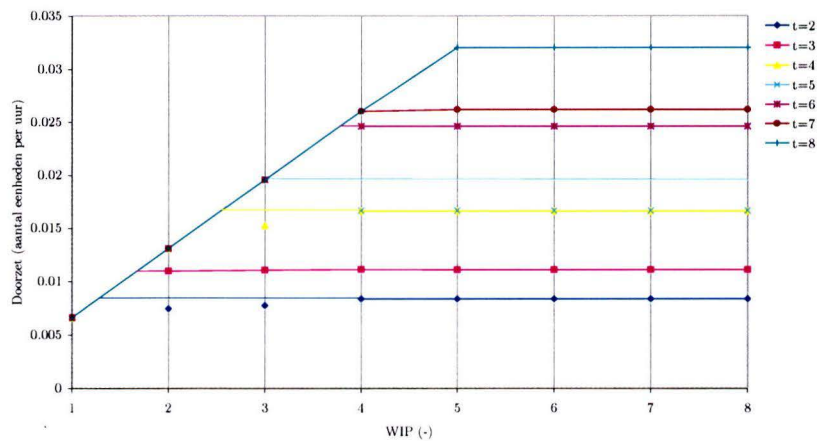
De afwijkende punten in de simulatieresultaten hebben ertoe geleid dat een simpele versie van het huidige model is gemaakt, namelijk een vijfplaatslijn, met op elke werkplek slechts een beperkt aantal te ondergane processen. Op de werkplek 1 en werkplek 5 wordt een tem-team geplaatst. Elk persoon moet een drietal processen van elk tien uren afronden. Op de tweede, derde en vierde werkplek zijn twee timmermannen aan het werk, zodat een duidelijke overeenkomst met het bestaande model valt te ontdekken. Ook zij moeten drie processen van elk tien uren doorlopen (zie figuur 7.10).

De volledige beschrijving van de vijfplaatslijn in het formalisme χ staat in bijlage V



Figuur 7.10: Het model 'vijfplaatslijn'

weergegeven. Met deze beschrijving van het model zijn een aantal deterministische simulaties gedaan, zodat waargenomen kan worden of ook hier hetzelfde verschijnsel optreedt. Zo ja, dan kan makkelijker nagegaan worden wat de oorzaak van de optredende afwijkingen is. Wordt het aantal timmermannen gevarieerd van twee tot en met zeven dan vallen inderdaad soortgelijke afwijkingen in de resultaten te ontdekken. Het resultaat van de simulaties staat afgebeeld in figuur 7.11. De simulatie met twee timmermannen geeft voor oplopende WIP een tweetal afwijkende simulatiepunten. Deze twee afwijkende punten ontstaan bij respectievelijk een WIP van twee en drie. Hoe deze afwijkingen tot stand zijn gekomen kan het beste worden achterhaald door precies na te gaan wat er in deze situaties gebeurt.

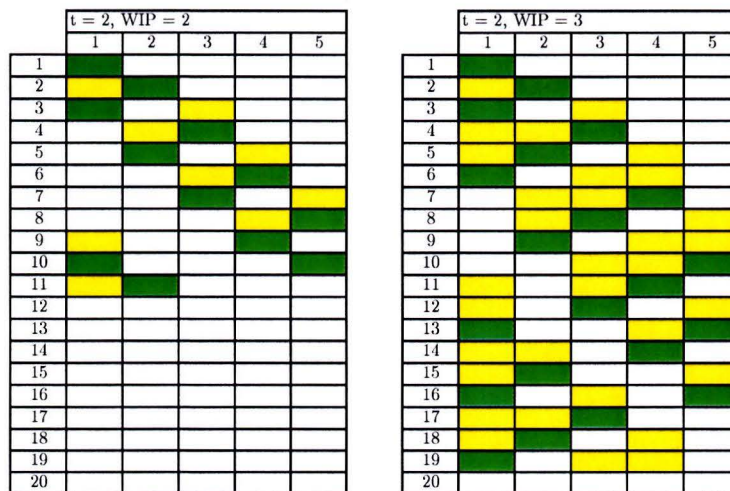


Figuur 7.11: Simulatieresultaat voor variërend aantal timmermannen

Voor beide situaties staat in figuur 7.12 het gevolgde productieschema voor de vijf werkplekken weergegeven. Een groen vak staat voor de daadwerkelijke assemblage op

die werkplek en op een gele werkplek is het jacht aanwezig, maar wacht op een compleet team. In het deterministische geval komen beide situaties terecht in een circulatie. Bij een WIP van twee is de elfde stap gelijk aan de tweede stap. Zo komt ook de zeventiende stap overeen met de vierde stap bij een WIP van drie.

Wordt de bezetting van de timmermannen in beide gevallen nader beschouwd, dan valt op te merken dat niet bij elke stap de tweede timmerman wordt benut. Hierdoor komt de bezettingsgraad van de timmermannen onder de honderd procent te liggen. De oorzaak van de afwijkingen ligt dus in het model zelf. Er wordt namelijk alleen op een werkplek gestart indien een team compleet is, wat dus leidt tot een variërende bezettingsgraad van de timmermannen. Een duidelijk voorbeeld doet zich ook voor bij een bezetting van vijf timmermannen in figuur 7.12. Bij een WIP van drie wordt nagenoeg een maximale bezettingsgraad bereikt. Voor hogere WIP wordt deze echter niet bereikt, maar blijft wel constant. Een betere beschouwing van deze simulatie leidt tot de conclusie dat bij hogere WIP een circulatie wordt bereikt waarin constant met vier timmermannen wordt gewerkt, waarbij de vijfde timmerman bijna niet wordt ingezet.



Figuur 7.12: Analyse productieschema

Het doel van de casus was om met behulp van de resultaten voorvloeiend uit de eenvoudige vijfplaatslijn de oorzaak te vinden voor de afwijkende simulatieresultaten gevonden in de simulatieresultaten van het flow-model en fixed-model. Deze oorzaak ligt in het niet voor 100% inzetten van de in te zetten timmermannen. Op een aantal werkplekken, waar slechts gestart kan worden indien een team compleet is, wordt met een team van twee timmermannen gewerkt. Hierdoor kan het voorkomen dat in bepaalde niet te voorspellen situaties een timmerman niet wordt ingezet, wat resulteert in deze inefficiëntie. Deze casus is weliswaar een vereenvoudiging van beide modellen, maar is op dezelfde wijze gestructureerd. De oorzaak die leidt tot de afwijkingen in de simulatieresultaten van deze casus kan daarom geëxtrapoleerd worden naar de oorzaak van

de afwijkingen in de simulatieresultaten van het flow-model en het fixed-model. Middels de casus 'de vijfplaatslijn' is dus aangetoond dat de afwijkingen in de simulatieresultaten van het flow-model en het fixed-model toe te wijzen zijn aan de manier van inzetten van het personeel.

Hoofdstuk 8

Nabeschuwing

Het doel van dit onderzoek was om een assemblagesysteem te ontwerpen voor het jachttype DS 45. In dit onderzoek zijn op methodische wijze een aantal mogelijke assemblagesystemen ontworpen. Hierbij is het assemblagesysteem niet tot op detail ontwikkeld. Het aan- en toevoeren van subproducten binnen het assemblagesysteem is buiten beschouwing gelaten. Ook zijn de prefabwerkzaamheden niet in het assemblagesysteem opgenomen, omdat deze op een andere locatie kunnen gebeuren. Er is veel tijd verloren gegaan bij het analyseren van de te ondergane processen van de DS 45. Het product ontwikkelde zich gedurende het jaar nog aanzienlijk, waardoor het moeilijk was een vaste procesinhoud te bepalen. Hierdoor zijn een aantal van de gebruikte gegevens alweer achterhaald. Toch is met deze gegevens gewerkt in verband met de tijdsduur van de opdracht. Wel is de verwachting dat de ontworpen assemblagesystemen toepasbaar zouden kunnen zijn met nieuwe gegevens.

Voor twee ontworpen layouts, namelijk de zesplaatslijn en de vaste standplaats, is een model ontwikkeld en een beschrijving in het formalisme χ gegeven. Hierbij zijn een aantal tekortkomingen geconstateerd. Ten aanzien van de variabiliteit over de processen is een driehoeksverdeling aangenomen over de norm-procestijd van de processen. In deze driehoeksverdeling zijn factoren als zoektijden naar onderdelen en halffabrikaten niet meegenomen. Van deze factoren kon ook geen schatting gemaakt worden, met name omdat het jacht nog verscheidene veranderingen onderging. Ook was het middels simulatie niet mogelijk een strategie ten aanzien van het aanleveren van middelen, onderdelen en halffabrikaten aan het assemblagesysteem te leveren.

Door deze beperkingen is het moeilijk een oordeel te geven over de verschillen in de prestaties van beide modellen. Het fixed-model lijkt een iets beter resultaat te geven dan het flow-model, maar door het onder andere niet juist kunnen kwantificeren van zoektijden naar onderdelen en halffabrikaten mag hieraan weinig waarde worden gehecht. Ook zou in het model de beperking van het slechts met complete teams werken moeten worden weggewerkt. Indien er slechts één monteur beschikbaar is voor een bepaalde werkplek zou deze een deel van de processen moeten kunnen uitvoeren. Ook zou op

een werkplek met twee timmermannen een eerste timmerman al aan het werk moeten kunnen worden gezet. Komt een tweede timmerman beschikbaar dan zouden overige processen verdeeld moeten worden over deze twee timmermannen.

Wel mag worden geconstateerd dat middels het genereren van Gantt-charts beide modellen handig zijn als planningsmiddel bij LY. Ook heeft dit onderzoek laten zien dat, mits een redelijk oordeel over procestijden en verdelingen kan worden gedaan, middels modellering en simuleren veel informatie over het uiteindelijke assemblagesysteem kan worden verkregen.

Hoofdstuk 9

Conclusies en aanbevelingen

9.1 Conclusies

De huidige toegepaste manier van produceren van jachten bij LY is in het algemeen een juiste manier van produceren wanneer het om stuksproductie gaat. Het jacht wordt niet op een vaste plek of in één bepaalde hal geproduceerd, maar naar elke afdeling getransporteerd. Voor de DS 45, het nieuwe en eerste polyester type van LY, is een individueel assemblagesysteem om twee redenen aan te bevelen. Ten eerste bestaat een relatief hoge afzetverwachting voor de DS 45. Ten tweede wordt het klantorderontkoppelpunt verlegd van MTO (Make To Order) naar ATO (Assemble To Order).

Een te ontwikkelen assemblagesysteem met de eis van meer dan twaalf te produceren eenheden per jaar kan in een aantal variaties naar voren komen. Naast deze eis moest er rekening worden gehouden met de aanbevolen procesvolgorde en de afzonderlijke MK-fase, WF-fase en IBS-fase van het te produceren jacht. Op basis van deze gegevens is het gelukt om, samen met een vereiste doorlooptijd voor de DS 45, een aantal opstellingen voor assemblagesystemen te ontwerpen, namelijk de vaste standplaats, een tweeplaatslijn, een drieplaatslijn, een vierplaatslijn, een zesplaatslijn en een achtplaatslijn.

Het te ontwerpen assemblagesysteem met als verdere beperking de al aanwezige ruimte (de EC2-hal) onderscheidt zich in een aantal varianten, layouts genaamd. In dit onderzoek is aangetoond dat in de EC2-hal een zestal vaste standplaatsen, een drietal tweeplaatslijnen, een tweetal drieplaatslijnen, een vierplaatslijn en een zesplaatslijn kunnen worden gevormd. De drieplaatslijn en de zesplaatslijn kunnen worden uitgevoerd met en zonder roulatie van medewerkers.

Voor twee modellen, namelijk de vaste standplaats en de zesplaatslijn, is een model ontwikkeld en een beschrijving geschreven in het formalisme χ , waarbij een driehoeksverdeling over de procestijden is meegenomen. Deze is bepaald in overleg met het management. De prestaties van het flow-model en het fixed-model staan respectievelijk afgebeeld in tabel 9.1 en tabel 9.2. Het lijkt alsof het fixed-model wat

betere prestaties geeft dan het flow-model. Het is echter discutabel of deze waarnemingen correct zijn daar zoektijden in beide modellen niet zijn meegenomen (valt onder de driehoeksverdeling). In de realiteit is de verwachting dat op een vaste standplaats meer zoektijden te constateren zullen zijn.

Flow										
Aantal monteurs	1	2	3	4	5	6	-	-	-	-
Doorzet (per jaar)	4.4	8.7	12.6	12.6	12.6	12.6				
Aantal electromonteurs	1	2	3	4	5	6	-	-	-	-
Doorzet (per jaar)	5.2	10.2	12.6	12.6	12.6	12.6				
Aantal timmermannen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Doorzet (per jaar)	-	3.9	4.8	7.0	9.0	10.3	12.3	12.5	12.6	12.6

Tabel 9.1: Prestaties flow-model

Fixed										
Aantal monteurs	1	2	3	4	5	6	-	-	-	-
Doorzet (per jaar)	4.4	8.8	13.1	13.3	13.3	13.3				
Aantal electromonteurs	1	2	3	4	5	6	-	-	-	-
Doorzet (per jaar)	5.2	10.3	13.3	13.3	13.3	13.3				
Aantal timmermannen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Doorzet (per jaar)	-	4.0	5.1	7.6	9.6	11.6	12.5	13.2	13.3	13.3

Tabel 9.2: Prestaties fixed-model

De invloed van de meegenomen variabiliteit op de doorlooptijd van de DS 45 in het assemblagesysteem is miniem. Bij nadere beschouwing van de mate van variabiliteit blijkt deze laag variabel te zijn. Voor het meenemen van hogere variabiliteit zou een andere verdeling moeten worden toegepast. Er zou derhalve meer bekend moeten zijn over de werkelijke procestijden in het assemblageproces.

9.2 Aanbevelingen

Het verdient aanbeveling om ten aanzien van processen een grondige her-analyse van alle processen te laten plaatvinden. Het product heeft zich nog aanzienlijk ontwikkeld in de loop van dit onderzoek, waardoor huidige gegevens niet meer representatief zijn voor het heden. Hierbij zou ook de link verder moeten worden gelegd naar alle prefabwerkzaamheden en alle toe te voeren onderdelen en halffabrikaten naar het assemblagesysteem.

Ten aanzien van de processen in combinatie met het assemblagesysteem wordt aanbevolen om het hele proces in modulen op te zetten, zodat het enerzijds voor werknemers duidelijk is wat er gedaan moet worden en wanneer het af moet zijn en anderzijds mogelijk is voor de manager om precies te zien in hoeverre het productieschema wordt gehaald. Een tweede voordeel is dat het dan ook duidelijk is wanneer een bepaald subproduct precies aanwezig moet zijn.

Een uiteindelijke uitspraak over het beste toe te passen systeem is met de huidige

gegevens moeilijk te maken. Voor een uitontwikkeld product, waar hier geen sprake van is, en een vaste verkoophoeveelheid zou de voorkeur naar een zesplaatslijn gaan boven enig ander systeem. In combinatie met de eerdere aanbeveling ten aanzien van de modulen kan aan subproducten in een bepaalde module een plaats worden toegewezen op de desbetreffende werkplek, zodat er per module slechts een beperkte opslagplaats nodig is.

Met betrekking tot het modelleren zouden meer gegevens bekend moeten zijn over de procestijden van de DS 45. Daarbij zou onder andere onderzoek gedaan moeten worden in hoeverre zoektijden optreden in bepaalde situaties (kwantificeren) en in welke mate werknemers in verschillend tempo werken. Ook zou het in het formalisme χ beschreven model flexibeler van opzet moeten zijn, zodat een betere benadering van de realiteit wordt gehaald.

Bibliografie

- [AG88] F. Arpino and R. Groppetti, *ASSYST: A consulting system for integration of product and assembly system design*, 9th Int. Conf. on assembly automation (1988).
- [AKL88] M. Myrup Andreassen, S. Kahler, and T. Lund, *Design for assembly*, Springer, Berlijn, 1988.
- [Bem92] J.J.L. Van Bommel, *Een indeling in de processen in-, op- en uitslag*, Stageverslag, Technische Universiteit Eindhoven, 1992.
- [BHS96] J. Browne, J. Harhen, and J. Shivnan, *Production management systems: An integrated perspective*, Addison-Wesley Publishing company, New York, 1996.
- [Bot93] Constant H. Botter, *Produktiemanagement*, Kluwer B.V., 1993.
- [BRR99] D.C. Boshuisen, P.J.J. Renders, and J.E. Rooda, *Technische bedrijfsvoering*, Dictaat, Technische Universiteit Eindhoven, 1999.
- [Bru87a] H. Van Brussel, *Flexibele assemblagesystemen, stappen bij ontwerp, toepassing en programmering*, MB-produktietechniek blz 9 t/m 14 (1987).
- [Bru87b] H. Van Brussel, *Selection and design of assembly workstations*, First european symposium on automated assembly, 1987.
- [BWW90] J.W.M. Bertrand, J.C. Wortmann, and J. Wijngaard, *Productiebeheersing en material management*, Stenford Kroese, Leiden, 1990.
- [HS96] J.W. Hopp and M.L. Spearman, *Factory physics: Foundations of manufacturing management*, McGraw-Hill, 1996.
- [LK00] M.A. Law and D. Kelton, *Simulation modeling and analysis*, McGraw-Hill, 2000.
- [MGK69] H.W. Van Den Meerendonk, G. Gerritse, and W. Th. B. Krone, *Netwerkplanning volgens PERT en SCRAPP*, Philips Technische Bibliotheek, Eindhoven, 1969.

- [MH93] V. Minzu and J-M. Henrioud, *Systematic method for the design of flexible assembly systems*, Robot Assembly (1993).
- [MR94] D.C. Montgomery and G.C. Runger, *Applied statistics and probability for engineer*, Wiley, London, 1994.
- [Mut79] R. Muther, *Systematische layout planning (SLP)*, Algemene Verladereigen Vervoer Organisatie, Leiden, 1979.
- [Oos00] M. Van Oostenbrugge, *Modeling and simulation of the argesim comparisons*, Stageverslag, Technische Universiteit Eindhoven, 2000.
- [Phe87] D. Pherson, *Planning an efficient assembly worksite; putting it all together*, 8th Int. Conf. Assembly Automation blz 31 t/m 41 (1987).
- [PL93] C. Perrard and P. Lutz, *The MARYSAS software: An efficient tool for the rational design of assembly systems*, Int. Conf. on Assembly blz 77 t/m 85 (1993).
- [Ram93] H.K. Rampersad, *Het ontwerpen van robotassemblagecellen, een integrale benadering*, Afstudeerverslag, Technische Universiteit Eindhoven, 1993.
- [Roo00] J.E. Rooda, *Modeling of industrial systems*, Dictaat, Technische Universiteit Eindhoven, 2000.
- [SH93] P.J. Ter Schegget and L.J. Hamelink, *Netwerkplanning volgens PERT*, Afstudeerverslag, Technische Universiteit Eindhoven, 1993.
- [Taa94] A.J. Taal, *Het ontwerpen van de functionele layout van een assemblagesysteem*, Stageverslag, Technische Universiteit Delft, 1994.
- [TLRD00] G.H. Tuinzaad, M.P. De Looze, J.W. Van Rhijn, and J. Van Deursen, *Inrichting assemblageprocessen en werkplekken*, TNO industrie, 2000.
- [TRDK00] G.H. Tuinzaad, J.W. Van Rhijn, J. Van Deursen, and E.A.P. Koningsveld, *Doorstroomvriendelijke en mensgerichte assemblage*, TNO industrie, 2000.
- [War87] H.J. Warnecke, *Computer-aided planning of assembly systems*, 8th Int. conf. assembly automation blz 53 t/m 66 (1987).