

## MASTER

### Layout planning bij Colt International Productie BV ontwikkeling van een layout plan voor de productieafdeling

van Wagenberg, Marco C.H.

*Award date:*  
1998

[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

**Layout Planning bij**  
**COLT International Productie BV**  
Ontwikkeling van een layout plan voor de productieafdeling.

*Auteur*

Ing. M.C.H. van Wagenberg  
419084

*Opdrachtgever*

Colt International Productie BV  
Korte Oyen 4  
Cuijk

*Bedrijfsbegeleider*

M.P.M. Thissen

*Begeleiding Technische Universiteit Eindhoven*

Drs. E.G. Negenman  
Ir. T.G.N. Gubbels

*Derde beoordeelaar Technische Universiteit Eindhoven*

Dr. ir. H.H. van Mal

Technische Universiteit Eindhoven  
Faculteit Technologie Management  
Opleiding Technische Bedrijfskunde

Cuijk, februari 1998



## **Abstract**

This report describes the layout study carried out at Colt International Productie BV, manufacturer of industrial ventilators. The 'Systematic Layout Planning' method, developed by R. Muther, is used by determining the layout plan. The study resulted in a layout plan which leads to cost reduction and contributes to the organisation form within Colt International Productie BV.

## Voorwoord

Na afronding van de studie Technische Bedrijfskunde aan de Hogeschool Midden-Brabant besloot ik me nog niet op de arbeidsmarkt te storten, maar om een vervolgstudie te doen. De keuze viel daarbij op de (verkorte) opleiding Technische Bedrijfskunde aan de Technische Universiteit Eindhoven. Na ruim anderhalf jaar lang vakken gevolgd te hebben, vaak in de meest onlogische volgorde, was daar dan de tijd gekomen om met het afstudeeravontuur te starten. De afstudeeropdracht is uitgevoerd bij Colt International Productie BV te Cuijk. De opdracht had betrekking op de ontwikkeling van een nieuwe ruimtelijke indeling voor de productieafdeling. Bij de uitvoering van de opdracht ben ik op meer problemen gestuit, dan ik bij de aanvang van het onderzoek had verwacht. Met veel vallen en opstaan ben ik er uiteindelijk toch in geslaagd het afstudeerproject af te ronden. Het voorliggende rapport is daarvan getuige. Dit rapport kent een tweeledig doel, enerzijds het overdragen van de verzamelde informatie en gevonden conclusies en aanbevelingen aan Colt International Productie BV, anderzijds dient het rapport de beoordelingscommissie van de Technische Universiteit Eindhoven inzicht te geven in de verrichte werkzaamheden en de achtergronden achter de werkzaamheden.

Op deze plaats wil ik iedereen bedanken die aan de afronding van de afstudeeropdracht heeft bijgedragen. Speciale dank gaat daarbij uit naar de bedrijfsbegeleider dhr. Thissen, de afdeling constructie waarvan ik deel heb mogen uitmaken en de begeleiders vanuit de Technische Universiteit Eindhoven dhr. Negenman en dhr. Gubbels. Daarnaast wil ik ook mijn ouders, familie, vrienden en medestudenten bedanken voor de mogelijkheden die ze hebben geboden om van gedachten te wisselen met betrekking tot de uitvoering van een afstudeeropdracht. Tenslotte wil ik op deze plaats mijn oom en tante bedanken, die mij gedurende de uitvoering van de afstudeeropdracht onderdak hebben verleend.

Marco van Wagenberg.

## Inhoudsopgave

<b>Abstract</b> .....	<b>I</b>
<b>Voorwoord</b> .....	<b>II</b>
<b>Inhoudsopgave</b> .....	<b>III</b>
<b>Samenvatting</b> .....	<b>V</b>
<b>Summary</b> .....	<b>X</b>
<b>1. Inleiding</b> .....	<b>1</b>
1.1 Layout .....	1
1.2 Opbouw van het verslag.....	2
<b>2. Bedrijfsbeschrijving Colt International Productie BV</b> .....	<b>3</b>
2.1 Geschiedenis .....	3
2.2 Producten .....	4
2.3 Organisatie Colt International Productie BV .....	5
2.4 Inrichting van de fabrieksvloer .....	6
<b>3. Probleemanalyse</b> .....	<b>8</b>
3.1 Aanleiding.....	8
3.2 Probleemformulering .....	13
3.3 Opdrachtformulering.....	15
3.4 Eisen en randvoorwaarden .....	15
3.5 Onderzoeksmethode.....	16
<b>4. Methodologie</b> .....	<b>17</b>
4.1 Systematische Layout Planning .....	17
4.2 Locatie .....	18
4.3 Algemene totaal layout .....	19
4.4 Detail layout.....	21
4.5 Installatie van de layout .....	21
<b>5. Locatie</b> .....	<b>22</b>
<b>6. Algemene totaal layout</b> .....	<b>23</b>
6.1 P-Q analyse .....	23
6.2 Materiaalstromen .....	26
6.3 Relaties tussen activiteiten.....	29
6.4 Activiteiten relatiediagram.....	30
6.5 Benodigde en beschikbare ruimte .....	30
6.6 Ruimte relatiediagram.....	31
6.7 Alternatieve layout plannen .....	32
6.8 Evaluatie en selectie algemene totaal layout .....	33



<b>7. Detail layout</b> .....	<b>36</b>
7.1 Bepaling van de detail layout.....	36
7.2 Evaluatie en selectie layout plan.....	38
<b>8. Conclusies en aanbevelingen</b> .....	<b>41</b>
8.1 Conclusies.....	41
8.2 Aanbevelingen .....	43
<b>Literatuurlijst</b> .....	<b>46</b>

## Bijlagen

<b>Bijlage I</b>	<b>Relatie tussen werkklimaat en arbeidsprestaties</b> .....	<b>47</b>
<b>Bijlage II</b>	<b>Productbeschrijving</b> .....	<b>48</b>
<b>Bijlage III</b>	<b>Gebouwencomplex Colt International Holding BV</b> .....	<b>52</b>
<b>Bijlage IV</b>	<b>Huidige inrichting van de fabrieksvloer</b> .....	<b>53</b>
<b>Bijlage V</b>	<b>Fabricageschema ECO</b> .....	<b>55</b>
<b>Bijlage VI</b>	<b>Historische productstatistieken</b> .....	<b>57</b>
<b>Bijlage VII</b>	<b>Processchema ECO</b> .....	<b>59</b>
<b>Bijlage VIII</b>	<b>Van-naar matrices</b> .....	<b>64</b>
<b>Bijlage IX</b>	<b>Volledig relatiediagram</b> .....	<b>67</b>
<b>Bijlage X</b>	<b>Verdeling van plaatbewerkerij in cellen</b> .....	<b>68</b>
<b>Bijlage XI</b>	<b>Ruimtebepaling PC-cel</b> .....	<b>69</b>
<b>Bijlage XII</b>	<b>Algemene totaal layout plannen</b> .....	<b>70</b>
<b>Bijlage XIII</b>	<b>Afstanden tussen deelgebieden</b> .....	<b>74</b>
<b>Bijlage XIV</b>	<b>Activiteiten relatiediagrammen detail layout</b> .....	<b>83</b>
<b>Bijlage XV</b>	<b>Machinegegevens</b> .....	<b>86</b>
<b>Bijlage XVI</b>	<b>Detail layout plannen</b> .....	<b>90</b>
<b>Bijlage XVII</b>	<b>Transportafstanden ten gevolgen van ECO</b> .....	<b>95</b>
<b>Bijlage XVIII</b>	<b>Afstanden in de huidige situatie</b> .....	<b>102</b>
<b>Bijlage XIX</b>	<b>Besparingen ten gevolge van de ECO</b> .....	<b>106</b>

## Samenvatting

### Colt International Productie BV

Colt International Productie BV maakt deel uit van Colt International Holding BV, een zelfstandige Nederlandse werkmaatschappij binnen de Engelse Colt Group of Companies. Colt International Holding BV biedt een pakket aan dat advisering, ontwikkeling, productie en onderhoud van industriële ventilatoren omvat. Colt International Productie BV (Colt) neemt de productie van de ventilatoren voor haar rekening. Binnen Colt is recentelijk een cellenstructuur geïntroduceerd.

### Probleemstelling

Een aantal concurrenten van Colt is in staat gebleken hun prijzen te verlagen. Doordat Colt niet voldoende in staat is zich op andere punten te onderscheiden, is ook Colt genoodzaakt haar prijzen te verlagen. Om deze verlaging te bewerkstelligen is Colt genoodzaakt haar kosten te reduceren. De aandacht wordt hier op de arbeidskosten geconcentreerd. Omdat binnen Colt recent de directe werkzaamheden zijn geanalyseerd, wordt de aandacht gericht op de indirecte werkzaamheden. De indirecte werkzaamheden, zoals het verzamelen en transporteren van onderdelen, hebben een grote invloed op de benodigde productietijd en dus op de arbeidskosten. Indirecte werkzaamheden zijn sterk verbonden aan de layout, organisatie en besturing van een fabrieksvloer. De organisatie en de besturing hebben bij de overschakeling naar de cellenstructuur recentelijk veel aandacht gekregen. Ondanks kleine veranderingen, is de layout van de fabrieksvloer nooit aan een gedegen onderzoek onderworpen. Uit een analyse van de huidige situatie blijkt dat een aantal lange transporten tussen werkplekken verkort kunnen worden door de layout aan te passen. Uit het bovenstaande is de volgende opdrachtschrijving gedestilleerd:

*Het in kaart brengen en structureren van de huidige layout en van daaruit een nieuw layout plan ontwikkelen voor de productieafdeling van Colt International Productie BV.*

De belangrijkste eisen vanuit Colt waren dat het layout plan gesitueerd is op de huidige locatie en dat het plan is gebaseerd op de huidige technologieën. Daarnaast moet de layout-studie een praktisch uitvoerbaar plan opleveren dat gebaseerd is op een goed onderbouwde theoretische studie. Ook moet de layout bijdrage aan het functioneren van de cellenstructuur.

Omdat Colt heeft besloten de implementatie van het layout plan aan derden uit te besteden, wordt de implementatie van het layout plan buiten beschouwing gelaten.

### Systematische Layout Planning

In de literatuur met betrekking tot layout planning wordt vaak verwezen naar 'Systematische Layout Planning' (SLP), een methode ontwikkeld door R. Muther. De voordelen van deze methode zijn de duidelijke fasering en universele bruikbaarheid. Een ander sterk punt van SLP, en de reden waarom SLP is toegepast, is het feit dat de aandacht niet alleen op de transportafstanden wordt gericht. Naast de relaties gebaseerd op de transporten tussen de deelgebieden worden ook andere relaties onderkend. De relaties tussen deelgebieden vormen de basis bij de ontwikkeling van alternatieve layout plannen. Bij de bepaling van de alternatieven moet rekening gehouden worden met de benodigde en beschikbare ruimten, modificerende overwegingen en praktische beperkingen.



Systematische Layout Planning is in vier fasen te verdelen. De fasen zijn achtereenvolgens: bepaling van de locatie, ontwikkeling van de algemene totaal layout, ontwikkeling van de detail layout en de installatie van de layout. De vierde fase wordt in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten.

## **Locatie**

SLP vangt aan met de bepaling van de locatie waar de layout gesitueerd zal worden. Colt eist dat het layout plan betrekking heeft op de huidige locatie. De locatie stond dus al bij aanvang van de layout-studie vast.

## **Algemene totaal layout**

De tweede fase van SLP omvat de verdeling in afdelingen. Voor de ontwikkeling van een optimale layout is het noodzakelijk over informatie te beschikken omtrent de producten en de kwantiteiten. Deze informatie wordt verkregen met de product-quantiteit (P-Q) analyse. Colt verwacht de komende jaren een afzet die vergelijkbaar is met de huidige afzet. Het layout plan is daarom gebaseerd op het huidige productenpakket en de huidige volumes.

De P-Q analyse wordt gevolgd door een analyse van de materiaalstromen. Deze analyse resulteert tot inzicht in de routing van de producten. Het geeft tevens inzicht in de in- en uitgaande materiaalstromen van de verschillende activiteiten. Met behulp van de P-Q analyse worden de materiaalstromen gekwantificeerd in een zogenaamde van-naar matrix. Een van-naar matrix geeft de transport-frequenties tussen activiteiten aan. Het kwantificeren van de materiaalstromen geeft inzicht in de relatie tussen twee activiteiten. Het is aanbevelenswaardig activiteiten met een hoge onderlinge transport-frequentie in elkaars nabijheid te positioneren.

De materiaalstroom is niet het enige fundament waarop layout planning rust. Het layout plan dient ook de ondersteunende activiteiten te bevatten. De ondersteunende activiteiten hebben geen duidelijke relatie met de materiaalstromen. Om alle relaties tussen de primaire en secundaire activiteiten te bepalen is een relatie-analyse uitgevoerd. Deze analyse heeft geresulteerd in het zogenaamde relatiediagram. Het diagram geeft de relaties tussen de activiteiten, de reden van de relatie en het belang van de relatie.

Wanneer de relaties tussen de verschillende activiteiten zijn bepaald, worden deze grafisch uitgebeeld met behulp van een activiteiten relatiediagram. Het uitgangspunt is dat de activiteiten met een sterke onderlinge relatie dicht bij elkaar worden gepositioneerd. De volgende stap is het introduceren van de ruimte-aspecten. Eerst wordt de benodigde ruimten bepaald, deze worden in een later stadium afgewogen tegen de beschikbare ruimte. Colt verwacht een productievolume dat vergelijkbaar is aan het huidige volume. De toewijzing van ruimte aan activiteiten is daarom gebaseerd op de benodigde ruimte in de huidige situatie.

Door het opnemen van de ruimte-aspecten in het activiteiten relatiediagram ontstaat het ruimte relatiediagram. Dit diagram wordt zodanig gemodificeerd dat het op de ter beschikking staande locatie geïmplementeerd kan worden. Bij de ontwikkeling van de alternatieven moeten een aantal praktische beperkingen in acht genomen worden. Voor sommige activiteiten is het belangrijk dat al rekening gehouden wordt met de detail layout. Een andere beperking is de benodigde ruimte voor gangpaden. De gangpaden moeten een ongestoorde aan- en afvoer van de materialen mogelijk maken.



Bovenstaande overwegingen hebben geleid tot vier alternatieve layout plannen. De alternatieven zijn beoordeeld op de volgende criteria:

- minimale transportafstanden;
- nuttig gebruik van de ruimte en eventuele uitbreidingsmogelijkheden;
- bijdrage aan de cellenstructuur;
- mogelijkheden tot uitwisseling van mensen en middelen tussen de productiecellen.

Omdat de verschillen tussen de alternatieven gering zijn, worden detail layout plannen voor alle alternatieven ontwikkeld.

### **Detail layout plan**

Detail layout planning heeft betrekking op het lokaliseren van iedere afzonderlijke machine. In vergelijking met de bepaling van de algemene totaal layout worden, op een gedetailleerder niveau dezelfde, procedures toegepast.

Detail layout planning voor de verschillende afdelingen is, behalve voor de plaatbewerkerijen, eenvoudig. De layout planning heeft betrekking op afdelingen met slechts één werkplek, identieke werkplekken of afdelingen met een inzichtelijke materiaalstroom en geen ondersteunende activiteiten. Layout planning van deze afdelingen kan getypeerd worden als een logische verdeling van de werkplekken over de beschikbare ruimte. Bij de bepaling van de detail layout van de plaatbewerkerijen worden dezelfde procedures toegepast als bij de bepaling van de algemene totaal layout.

Door het geringe aantal vrijheidsgraden bij de bepaling van de detail layout plannen, is voor ieder algemene totaal layout plan slechts één detail layout plan uitgewerkt. De vier beoordelingscriteria uit de voorafgaande fase worden opnieuw gebruikt om de alternatieven onderling te vergelijken en te beoordelen. De onderlinge vergelijking en beoordeling van de alternatieven heeft geleid tot een voorstel voor de layout van de fabrieksvloer van Colt International Productie BV.

### **Conclusies en aanbevelingen**

Om te kunnen constateren of het voor Colt aanbevelenswaardig is het voorgestelde layout plan te implementeren, wordt het plan vergeleken met de huidige situatie. Dit geschiedt op basis van de eerder gedefinieerde criteria.

#### *Transportafstanden*

De vergelijking van de transportafstanden geschiedt op twee niveaus: de afstanden tussen de afdelingen en de totale transportafstand die afgelegd wordt bij de productie van een ECO. De ECO is het type ventilator dat binnen Colt het grootste productievolume vertegenwoordigt. De afstanden tussen de deelgebieden (afdelingen) wordt op drie punten bepaald: de minimale afstand, de afstand van middelpunt tot middelpunt (centre to centre) en de maximale afstand. In de relatie-analyse is het belang van 'ligging in elkaars nabijheid' voor de deelgebieden bepaald. Om het belang van ligging in elkaars nabijheid mee te nemen in de beoordeling, worden de afstanden tussen de deelgebieden vermenigvuldigd met een factor. De wegingsfactor is gerelateerd aan het belang van de relatie tussen de deelgebieden. Tabel A geeft de (gewogen) afstanden in de huidige situatie en in het voorgestelde layout plan.



Tabel A: Gewogen afstanden tussen afdelingen en de transportafstand van een ECO.

Layout	Globale totaal layout			Detail layout
	Minimaal	Centre to centre	Maximaal	Transportafstand ECO
Huidig	5.160,9	9.553,7	13.648,9	2.820,7
Voorstel	4.142,2	7.998,1	12.682,5	1.473,3

Tabel A geeft aan dat het voorgestelde layout plan significant beter scoort dan de huidige layout. Ruw geschat levert de besparing in de transportafstanden ten gevolge van de productie van de ECO een besparing op van f 35.000,- per jaar. Deze waarde is bepaald door de reductie in de transportafstanden, het productievolume, de transportsnelheid en de loonkosten met elkaar te vermenigvuldigen.

#### *Nuttig gebruik van de ruimte en de uitbreidingsmogelijkheden*

Omdat in het voorgestelde layout één afdeling meer is opgenomen, is de benuttingsgraad in de huidige situatie lager dan in het layout plan. Aan de andere kant zijn door die lagere benutting de uitbreidingsmogelijkheden groter.

#### *Bijdrage aan de cellenstructuur*

In de huidige situatie bevinden de deelgebieden zich in hun functionele omgeving. In het voorgestelde layout plan zijn de tot één cel behorende deelgebieden in elkaars nabijheid gepositioneerd. De huidige situatie draagt, in tegenstelling tot het layout plan, dus niet bij aan het functioneren van de cellenstructuur.

#### *Mogelijkheden tot uitwisseling van mensen en middelen*

In de huidige situatie en in het voorgestelde layout plan bevinden de machines, waarvoor de mogelijkheden tot uitwisseling van belang zijn, zich dicht bij elkaar. Zowel in de huidige situatie als in het layout plan zijn de mogelijkheden tot uitwisseling van mensen en middelen tussen de cellen groot.

Het voorgestelde layout plan scoort significant beter dan de huidige situatie. Deze hogere score zal leiden tot een kosten reductie. De hoogte van deze reductie kan, om twee redenen, op dit moment nog niet exact bepaald worden. Ten eerste is niet te bepalen hoe groot de verlaging in transportafstanden voor de overige producten bedraagt. Ten tweede zijn de kostenbesparingen ten gevolgen van een beter functionerende cellenstructuur niet te bepalen. De reductie van de transportafstanden ten gevolge de productie van de ECO geeft aan dat tenminste f 35.000,- per jaar bespaard kan worden. Het is daarom aanbevelenswaardig voor Colt om het geselecteerde layout plan te implementeren, mits de kosten ten behoeve van installatie beperkt blijven.

Andere aanbevelingen voor Colt zijn:

- bouw betrouwbare historische data op, zodat inzicht wordt verkregen in de ontwikkelingen op de markt;
- maak de voordelen van de cellenstructuur duidelijk aan de werknemers, installeren van een nieuwe layout alléén is niet voldoende om de mogelijkheden van de cellenstructuur optimaal te benutten;



- schakel over van week-planning naar dag-planning, zodat de doorlooptijden verkort kunnen worden;
- maak een duidelijk implementatie plan, de planning van de orders moet hier zodanig op afgestemd worden dat het productieproces ongestoord kan verlopen;
- onderwerp de layout van tijd tot tijd aan een kritische analyse om te controleren of deze nog steeds voldoet, dit omdat de layout een belangrijke invloed heeft op de prestaties die behaald kunnen worden en vanwege de snelle ontwikkelingen op de markt.

## Summary

### **Colt International Productie BV**

Colt International Productie BV is a part of Colt International Holding BV, an independent Dutch company within the English Colt Group of Companies. The Colt International Holding offers a total package of advising, developing, producing and maintaining industrial ventilators. Colt International Productie BV (Colt) takes the production of the ventilators for her account. Recently Colt switched over to a cellular production system.

### **Problem statement**

Recently some competitors of Colt were able to reduce their prizes. Because Colt does not excel on other providing factors in the ventilator market, Colt was obliged to follow the price decreasing. To realise the reduction of the prizes, Colt has to decrease costs. The attention will be focused on labour costs. Recently the direct activities within Colt are analysed, so the attention will be addressed to the indirect activities. The indirect activities, like fetching and transporting materials to the work area, have an important influence on the required production time and consequently on the labour costs. Indirect activities are strongly related to the layout, organisation and regulation of the production floor. The organisation and regulation aspects received a lot of attention during the recent switch to cellular manufacturing. Despite little changes, the layout of the production floor is never examined properly. When the current layout of the factory is analysed it occurs that a lot of long transports between work areas can be reduced by changing the layout.

From the above the following project description is distinguished:

*Map out and structure the current layout. And develop a new layout plan for the production department of Colt International Productie BV.*

Colt demanded that the new layout plan was situated on the current location, based on the current state of technology. The result of the layout-study has to be a practicable plan based on a well founded theoretical study. The layout plan must support the cellular production system. The implementation of the new layout is not considered, because Colt has decided to outsource the implementation to a specialised company.

### **Systematic Layout Planning**

In the literature concerning layout planning is often referred to 'Systematic Layout Planning' (SLP), developed by R. Muther (1979). The advantages of this method are the clear division in phases and the universal usefulness. Another strength of the SLP, and the reason why this method is used, is the fact that the attention is not focused on transportation-distance alone. The relationship between activities form the base of developing alternative layout plans. Required versus available space, modifying considerations and practical limitations are taken into account by developing alternatives.

Systematic Layout Planning can be divided in four phases. The phases are successively: determining the location, developing the general layout, developing the detailed layout and the installation of the layout. The fourth phase is not included in this project.



## Location

SLP starts with the determination of the location where the layout will be situated. One of Colt's demands was that the layout plan has to be situated on the current location. The location was already determined at the beginning of the layout-study.

## General layout

The second phase of the SLP deals with the division in departments. For the development of an optimal layout plan it is necessary to have insight in the products and volumes. This insight is gained by a product-quantity (P-Q) analysis. Because Colt expects for the future a sale that is comparable with the current sale. Therefore the determination of the layout plan is based on the current production packet and volume.

The P-Q analysis is followed by an analysis of the flow of materials. This analysis results in an overview of the routing of the products. It also reveals the in- and outgoing flow of materials of each activity. With the help of the P-Q analysis the flow of materials is quantified in a so-called from-to matrix. A from-to matrix gives the transportation frequency between two departments. Quantifying the flow of materials gives insight in the relationship between two departments. For departments with a high mutual transportation frequency it is recommendable to position those department in each others neighbourhood.

The flow of material only, is not a proper base for designing a layout plan. The layout plan must include the supporting activities as well. The supporting activities have not a distinct relation with the flow of material. To determine all the possible relationships between the primary and the supporting activities a relationship analysis has been carried out. It resulted in a relationship-diagram. This diagram shows all the possible relationships between the activities, the reason of a relationship and the importance of a relationship.

When all relationships between the activities are known, the activities can be mapped out with regard to the importance of the relationships between the activities. The graphic overview of the activities is called a activity relationship-diagram. Starting-point is that activities with a high mutual relation are positioned close to each other. The following step is introducing the space-aspects. First the required space will be determined, in later stadium it will be checked or the required space is available. Colt expects a production volume that is comparable with the current situation. Assigning space to activities can be based on the required space for the activities in the current situation.

By integrating the required space in the activity relationship-diagram a space relationship-diagram can be constructed. This diagram forms the starting-point for developing alternative layout plans. The space relationship-diagram has to be modified so it can be situated within the available location. During the development of the alternatives some practical limitations have to be taken into account. For some activities it is important to keep already in mind the detail layout. Another limitation is the required space for hallways between the different activities. The hallways must able an undisrupted flow of in- and outgoing materials.

The above considerations have led to four alternative plans. The alternatives are judged on the following criteria:

- minimal transportation-distance;
- useful custom of the available space and opportunities to extend;
- contribution to the cellular production system;



- ability to exchange people and means between the production cells.

The differences in the layout plans are too minimal to select a alternative as the best solution. So it is decided to develop detail layout plans for all the alternatives.

### **Detail layout plan**

Detail layout planning is concerned with determining the location of each separate machine. In comparison with the determination of the general layout the same principles are used, but on a more detailed level.

Detail layout planning for the different departments is except for the sheet metal work departments, easy. Detail planning concerns departments which only contain one work area, identical work areas or departments with a clear material flow and no supporting activities. Layout planning of these departments can be described as a logical division of work areas over the available space.

The determination of the detail layout plan for the sheet metal work departments is done according the procedures that are used in the previous phase.

Because of the minimal degrees of freedom to determine a detail layout within a department, it is decided to develop only one alternative detail layout for each developed general layout plan.

The four criteria used in the previous phase are applied again to compare and judge the alternative layout plans. The mutual comparison and judgement leads to a proposal of a layout plan for the production floor of Colt International Productie BV.

### **Conclusions and recommendations**

To decide it is recommendable for Colt to implement the proposed layout plan, the plan is compared with the current situation. The comparison is again based on the former defined criteria.

#### *Transportation-distance*

The comparison of the transportation-distance has take place on two levels: the distance between the departments, and the total distance caused by the production of one ECO. The ECO is the ventilator that represents the highest production volume within Colt. The distance between the departments is divided in three categories: the minimal distance, the distance from centrepoint to centrepoint and the maximal distance. In the relationship analysis is determined the importance of activities to be situated in each others neighbourhood. To take in account the defined relationships between the departments, the distances are multiplied with a factor according the importance of the relation. Table B shows the (weighted) distances in the current situation and the proposed layout plan.

*Table B: Weighted distances between departments and the transport-distance of one ECO.*

Layout	General layout			Detail layout
	Minimum	Centre to centre	Maximum	Transport-distance ECO
Current	5.160,9	9.553,7	13.648,9	2.820,7
Proposal	4.142,2	7.998,1	12.682,5	1.473,3



Table B shows that the layout plan scores significant better than the current layout. Roughly guessed the reduction of transport gains a saving of f 35.000,- a year. The saving is determined by multiplying the reduction in transportation-distance, the production volume, the transportation speed and the labour costs.

*Useful custom of the available space and opportunities to extend*

In the proposed layout plan one extra department is included so the utilisation-degree in the current situation is lower than in the layout plan. On the other side, through the lower utilisation the opportunities to extend are higher.

*Contribution to the cellular production system*

In the current situation the departments are situated in their functional surrounding. In the proposed layout plan the departments of one production cell are situated in each others neighbourhood. The current situation, in contradiction with the layout plan, does not contribute to the cellular production system.

*Ability to exchange people and means between the production cells.*

In the current and the proposed layout the machines for whom the exchange is important are placed near by each other. In the current situation as well as in the layout plan the ability to exchange people and means between the production cells is high.

The proposed layout plan scores significant better than the current situation. This higher score will result in cost reduction. For two reasons, the height of the reduction can not be determined exactly. First, it can not be stated how high the reduction in transportation-distance of all the products will be. Second, it is not possible to determine the cost reduction initiated by a better functioning cellular production system. But the reduction in transport-distance caused by the production of the ECO indicates that at least f35.000,- can be saved. When the installation costs are limited it is recommendable for Colt International Productie BV to implement the proposed layout plan.

Other recommendations for Colt are:

- build up reliable historical data, so insight can be gained in the developments in the market;
- make the advantages of cellular production systems clear to the employees, changing the layout alone is not enough to fully reach the advantages of the cellular production system;
- switch over from week-planning to day-planning, so the throughput time can be shorted;
- make a clear implementation plan, the order planning must be adjusted to the implementation planning so the production process will not be disrupted;
- submit the layout from time to time to a critical analysis to check or the layout is still suitable, because of the important influence the layout has an on the performance and the quick changing market.



## 1. Inleiding

Binnen Colt International Productie BV, een onderneming die zich bezig houdt met de productie van industriële ventilatoren, zijn de laatste jaren een aantal projecten opgestart die ingrijpende veranderingen teweeggebracht hebben. Deze projecten hebben onder meer betrekking gehad op de organisatievorm en de gehanteerde productiewijze. Colt is recentelijk overgeschakeld naar een organisatie op basis van de principes van groepentechnologie. Daarnaast wordt sinds 1996 geproduceerd volgens de Just-In-Time filosofie. Ondanks de goede resultaten van de projecten heerste binnen Colt onvrede met betrekking tot de productieomgeving. De ruimtelijke indeling (layout) van de fabrieksvloer was één van de aspecten die de directie van Colt niet tot tevredenheid stemde. De huidige layout impliceert transportafstanden tussen de verschillende bewerkingsplekken, die langer zijn dan noodzakelijk. Door een andere layout kunnen deze transportafstanden verkort worden, wat kostenbesparend werkt. De layout draagt op dit moment ook niet bij aan het functioneren van de nieuwe organisatievorm.

Het voorliggende rapport handelt over het onderzoek en de ontwikkeling van een nieuw layout plan voor de fabrieksvloer van Colt International Productie BV. Alvorens wordt overgegaan tot de beschrijving van het onderzoek, wordt beschreven wat een layout eigenlijk is en wordt de opbouw van het rapport uiteengezet.

### 1.1 Layout

Een layout is te zien als een ruimtelijke groepering en ordening van mensen en middelen in een begrensde ruimte. In een layout worden vele relaties tussen mensen en technische middelen voor lange tijd vastgelegd (Botter, 1993). Middels de layout worden de stromen van mensen, middelen en materialen langs de verschillende bewerkingsplekken vastgelegd. Wanneer de verschillende bewerkingsplekken niet optimaal gerangschikt zijn, betekent dit verlies van productietijd. De mensen, middelen en materialen zijn bij de verplaatsing tussen de bewerkingsplekken meer tijd kwijt dan noodzakelijk is. Dit gaat ten koste van de beschikbare tijd voor productie en resulteert in hogere (arbeids)kosten dan noodzakelijk.

Gezien de invloed die een layout op de productiviteit en de kosten heeft, is het van belang dat de invoering van een (nieuwe) layout door een grondige studie, van de mogelijkheden en beperkingen van die layout, voorafgegaan wordt. Deze studies kunnen als layout-studie of layout planning getypeerd worden. Een layout-studie kan betrekking hebben op:

- het ontwerpen van nieuwe ruimtelijke indelingen (bijvoorbeeld voor nieuwe en gewijzigde producten en technologieën en bij capaciteitsuitbreiding);
- het wijzigen van de ruimtelijke indeling waardoor afstemmings- en transportproblemen in slechte werksituaties of bij efficiency-problemen verbeterd kunnen worden (Botter, 1993).

Op grond van vooral technische, economische, wettelijke en sociale factoren tracht men via layout-studies te komen tot een effectieve, en liefst eenvoudig beheersbare, stroom van mensen, middelen en materialen langs de verschillende werkplekken (Botter, 1993). De strategie van een onderneming is het belangrijkste uitgangspunt bij de bepaling van een layout. Product- en marktkeuzes bepalen de soorten producten, de herhalingsfrequenties van processen en de keuze van de transportmiddelen. Deze factoren zijn bepalend voor de layout. Naast de product- en marktkeuzes spelen onder meer de organisatie- en besturingswijze, de



wettelijke bepalingen en persoonlijke eisen en voorkeuren van het management een rol bij de bepaling van een layout.

De layout binnen een onderneming heeft een belangrijke invloed op de competitieve factoren zoals doorlooptijd, flexibiliteit, productiviteit en kwaliteit (Van Mal, 1994). Naast een belangrijke invloed op de goederenstroom heeft de layout ook invloed op de communicatie mogelijkheden tussen de verschillende bedrijfsfuncties of organisatorische eenheden. In de layout worden immers ook de contacten tussen de verschillende afdelingen en werkplekken vastgelegd.

## **1.2 Opbouw van het verslag**

Na de algemene inleiding wordt in hoofdstuk 2 Colt International Productie BV beschreven; Colt is de onderneming waarbinnen de layout-studie is uitgevoerd. Hierbij komen de historische ontwikkelingen, het productenpakket, de organisatie en de huidige situatie op de fabrieksvloer aan bod.

Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 de probleemanalyse uiteengezet. De probleemanalyse bestaat uit de aanleiding tot het project, de probleemformulering, de opdrachtformulering met daarbij de eisen en randvoorwaarden en tenslotte de gehanteerde onderzoeksmethode.

In hoofdstuk 4 wordt een algemene beschrijving gegeven van de gehanteerde methode bij de layout-studie binnen Colt. De gehanteerde methode is 'Systematische Layout Planning', een methode ontwikkeld door R. Muther. In de hoofdstukken 5 tot en met 7 wordt de toepassing van Systematische Layout Planning binnen Colt International Productie BV beschreven.

Hoofdstuk 5 heeft betrekking op de eerste fase van Systematische Layout Planning, de bepaling van de locatie waarop het layout plan betrekking zal hebben. De verdeling van de ter beschikking staande locatie in afdelingen is onderwerp van hoofdstuk 6. Hoe vervolgens de (detail) layout van de onderscheiden afdelingen is bepaald, wordt beschreven in hoofdstuk 7,

In hoofdstuk 8 zijn tenslotte de conclusies en aanbevelingen weergegeven die aan het onderzoek verbonden kunnen worden.



## **2. Bedrijfsbeschrijving Colt International Productie BV**

### **2.1 Geschiedenis**

Colt International Productie BV maakt deel uit van de Colt International Holding BV, een zelfstandig opererende Nederlandse werkmaatschappij binnen de Engelse Colt Group of Companies. De Colt International Holding biedt een pakket aan dat advisering, ontwikkeling, productie en onderhoud van klimaatbeheersing-installaties voor de industriële markt omvat.

De Colt Group werd in 1931 in Engeland opgericht. Colt bleek al snel een succes en in 1961 werd in Den Haag ook een Nederlandse vestiging opgericht. Net als in Engeland was het succes van de Nederlandse vestiging gebaseerd op de verkoop van een in die tijd uniek concept. Colt biedt klimaatbeheersing-installaties aan waardoor de (industriële) afnemer beter in staat is het klimaat binnen de werkruimte te beheersen en te beïnvloeden. Bij werkklimaat kan niet alleen aan de temperatuur gedacht worden, maar ook aan zaken als luchtvochtigheid, lawaai, stof en de aanwezigheid van dampen en andere gassen. Het werkklimaat heeft een grote invloed op de menselijke prestaties en dus op de productiviteit van een onderneming. Een prettig werkklimaat heeft een positieve invloed op de menselijke prestaties. Ter illustratie is in bijlage I een folder opgenomen waarin onder andere de relatie tussen werkklimaat en arbeidsprestatie uiteengezet wordt. Naast de invloeden op de arbeidsprestaties vormen wettelijke bepalingen vaak een drijfveer voor ondernemingen om klimaatbeheersing-installaties aan te schaffen. Het betreft wettelijke de bepalingen in het kader van arbeidsomstandigheden (ARBO-wet) en de bepalingen met betrekking tot brandschadepreventie en regulering van branden. Klimaatbeheersing-installaties kunnen ook ingezet worden voor brandventilatie. Dit houdt zowel het afvoeren van rook, hitte en verbrandingsgassen in als het toevoeren van lucht om een gecontroleerde brand te bewerkstelligen.

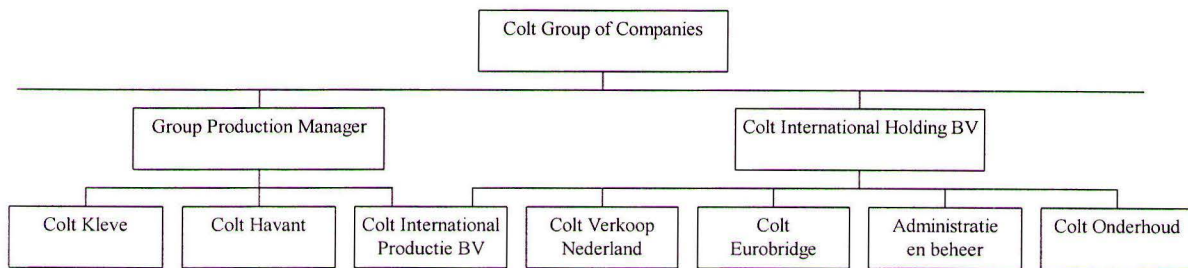
Door de successen op de Nederlandse markt en door de sterke groei in Engeland werd de Nederlandse vestiging aangemoedigd om eigen productiefaciliteiten te ontwikkelen. Door de sterke groei waren de eerste twee productiebedrijven al snel te klein en werd in 1966 de huidige vestiging in Cuijk betrokken.

Op dit moment bestaat de totale Colt Group of Companies uit 47 vestigingen, verdeelt over 23 landen met in totaal ongeveer 1400 werknemers. De verschillende vestigingen zijn hoofdzakelijk verkoopkantoren. De drie productiebedrijven zijn gesitueerd in Engeland, Duitsland en Nederland. Tot voor kort waren de productiebedrijven gekoppeld aan de verkooporganisatie van de verschillende landen. Na de aanstelling van een 'Group Production Manager' zijn de drie productiebedrijven recentelijk losgekoppeld van de verkooporganisaties en staan nu onder leiding van de Group Production Manager. Deze bestuurt de drie productiebedrijven vanuit het hoofdkantoor in Havant (Eng.). De productiebedrijven zijn nu zelf verantwoordelijk voor de (financiële) resultaten. De verkooporganisaties en de productiebedrijven onderhouden nu een klant-leverancier relatie.

Colt International Productie BV maakt nog wel deel uit van Colt International Holding BV. Deze holding bestaat naast het productiebedrijf en een beheersmaatschappij uit nog 4 andere werkmaatschappijen. De holding biedt werk aan 160 medewerkers, waarvan 60 werknemers actief zijn binnen Colt International Productie BV. De omzet van de holding bedraagt jaarlijks ongeveer f 30 miljoen, waarvan de productieafdeling ongeveer f 10 miljoen voor haar rekening neemt.



In figuur 1 wordt schematische het verband tussen de Group Production Manager, Colt International Holding BV en Colt International Productie BV weergegeven.



*Figuur 1: Relatie tussen productiebedrijven en Colt International Holding BV*

In het verdere rapport zal de aandacht in hoofdzaak beperkt worden tot Colt International Productie BV, wat wordt afgekort tot Colt.

## 2.2 Producten

De Colt Group of Companies houdt zich wereldwijd bezig met het ontwerp, productie, installatie en onderhoud van klimaattechnische installaties. Hieronder kunnen de volgende zaken verstaan worden: natuurlijke en mechanische ventilatie, brandschadepreventie, verwarming, warmteterugwinning, airconditioning, luchtbevochtiging, daglichtvoorziening en geluidsbeheersing voor industriële en semi-industriële toepassingen.

Binnen de Colt Group produceert niet elk productiebedrijf het totale productenpakket. Zo beperkt Colt International Productie BV zich hoofdzakelijk tot natuurlijke ventilatie. Het onderscheid tussen natuurlijke en mechanische ventilatie ligt in het al dan niet toepassen van mechanische ventilatoren. Bij natuurlijke ventilatie berusten de principes van de ventilatie op de natuurlijke verplaatsing van luchtstromen. Alleen wanneer deze principes niet opgaan of wanneer de afvoer van schadelijke gassen niet mogelijk is met natuurlijke ventilatie, wordt mechanische ventilatie toegepast. Bij mechanische ventilatie worden de luchtstromen met behulp van motoren opgewekt.

Natuurlijke ventilatoren worden om twee redenen in industriële gebouwen geplaatst. De eerste functie van een ventilator is de lucht in een gebouw te verversen. De ventilator opent wanneer de temperatuur in het gebouw een bepaalde waarde overschrijdt en voorziet zo het gebouw van verse en koele lucht. De tweede functie van een ventilator is het verdrijven van rook, bijvoorbeeld bij brand. Binnen de natuurlijke ventilatoren zijn een groot aantal verschillende typen en uitvoeringen te onderscheiden. Deze typen zijn in twee hoofdgroepen te verdelen die onderling sterke overeenkomsten vertonen. De ene groep is vooral gericht op brandschadepreventie en de andere op beïnvloeding van het klimaat. Binnen Colt wordt sterk onderscheid gemaakt tussen beide groepen. In bijlage II wordt een korte beschrijving gegeven van een aantal producten die binnen Colt geproduceerd worden. De beschreven producten zijn: ECO, FCO, WCO, SmokeMaster, MF en de Vulcan. De ECO neemt verreweg het grootste deel van



het totale productievolume voor haar rekening. Voor een nadere beschouwing van de jaarlijks geproduceerde aantallen zie paragraaf 6.1.

In het algemeen kan de ventilatormarkt als volgt getypeerd worden: leveren van kwalitatief hoogwaardige producten tegen lage prijzen. Kwalitatief hoogwaardige producten omdat de ventilator in geval van brand betrouwbaar moet functioneren. Daarnaast moet een ventilator betrouwbaar zijn omdat reparaties aan bestaande installaties zeer kostbaar zijn en vaak ook moeilijk uit zijn te voeren. Een ventilator wordt over het algemeen op het dak of eventueel in de gevel van een gebouw gemonteerd.

De prijzen staan onder druk omdat veel afnemers (brand)ventilatie nog steeds zien als een noodzakelijk kwaad, dat in een aantal wettelijke bepalingen voorgeschreven wordt. Op de ventilatormarkt kan een producent zoals Colt zich met behulp van de volgende instrumenten onderscheiden van haar concurrenten:

- leveren van totale systemen, dus inclusief toe- en afvoerkanalen en opstanden;
- leveren volgens klantspecificaties;
- leveren met korte levertijden;
- leveren tegen lage prijzen.

Om haar marktaandeel te kunnen behouden, dient Colt International Productie BV zich op bovenstaande punten te concentreren. Daar de prijzen op dit moment erg onder druk staan, is het voor Colt noodzaak dat de kosten in de hand gehouden kunnen worden of nog beter gereduceerd kunnen worden.

### **2.3 Organisatie Colt International Productie BV**

Het door Colt International Productie BV gevoerde productenpakket vertoont onderling sterke overeenkomsten. Binnen Colt is daarom voor een cel-gerichte productiewijze gekozen. Met een cellenstructuur kan worden bereikt dat de goederenstroom wordt vereenvoudigd, de planningsinspanning wordt verminderd en de communicatielijnen worden verkort door structurering van het berichtenverkeer (Van Mal, 1994). Met bovenstaande middelen is Colt in staat om haar doorlooptijden verder te verkorten.

Daar het totale productenpakket van Colt in twee hoofdgroepen te verdelen is, worden twee productiecellen ingericht. Een productiecel voor de productie van de ventilatoren die brand-schadepreventie als hoofdfunctie hebben. Dit is de zogenaamde AFV-cel (Automatic Fire Ventilation). In de andere cel, de ESD-cel (Environmental System Design) worden de overige ventilatoren geproduceerd. De productiecellen verzorgen naast de productie ook de werkvoorbereiding en de inkoop van de project-specifieke onderdelen, zoals motoren en andere bedieningsonderdelen.

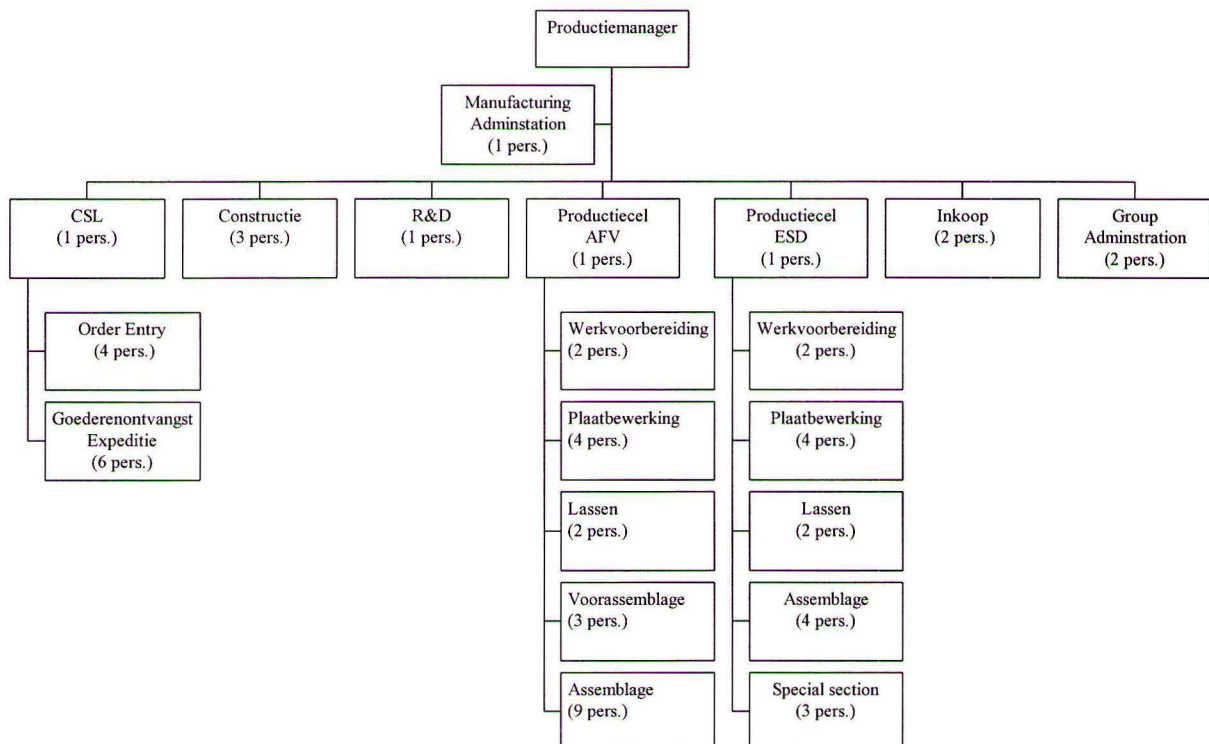
De celstructuur is niet beperkt gebleven tot de productieafdeling, ook de andere functies zijn in cellen geclusterd. Binnen Colt worden naast de productiecellen de volgende cellen onderscheiden:

- CSL (customer service and logistics), verzorgt de orderacceptatie, de overdracht naar de productiecellen en ziet tenslotte toe op de uitlevering van de producten, daarnaast vormt CSL het aanspreekpunt voor de klanten en is zij verantwoordelijk voor goederenontvangst en expeditie;
- Constructie, beheer en ontwikkeling van de productieprocessen, daarnaast kan constructie als een ondersteunend orgaan voor de andere cellen gezien worden;



- R&D, ontwikkeling van nieuwe of verbetering van bestaande producten;
- Inkoop, onderhoudt de contacten met de leveranciers en verzorgt de lange termijn afspraken, waarbinnen de productiecellen onderdelen en materialen kunnen afroepen;
- Group Administration, deze cel is belast met de prijsbepaling en administratieve taken die direct gerelateerd zijn aan de productieafdeling.

In figuur 2 is een organigram van Colt International Productie BV gegeven, met daarbij het aantal medewerkers, inclusief celleiders, welke in vaste dienst zijn. In de zomermaanden wordt om de productiepiek en de vakantiedrukke op te vangen veelvuldig gebruik gemaakt van uitzendkrachten.



*Figuur 2: Organigram Colt International Productie BV 1997 (exclusief uitzendkrachten)*

## 2.4 Inrichting van de fabrieksvloer

Na de organisatorische beschrijving van Colt International Productie BV zal de aandacht nu gevestigd worden op de ruimtelijke en fysieke aspecten van Colt.

Om een indruk te geven hoe de verschillende kantoorruimten van Colt International Holding BV en de fabrieksvloer ten opzichte van elkaar zijn gesitueerd, is in bijlage III een overzichtstekening opgenomen van het gehele complex. Omdat in dit rapport de inrichting van de fabrieksvloer centraal staat, worden de kantoorruimten hier verder buiten beschouwing gelaten. De aandacht wordt beperkt tot de productieafdeling van Colt International Productie BV. In bijlage IV is een tekening van de huidige situatie op de fabrieksvloer opgenomen. Op de fabrieksvloer worden de verschillende cellen door middel van kleuren, pictogrammen en zogenaamde overheadsigns van elkaar gescheiden. Binnen de productieafdeling van Colt heeft



de scheiding in cellen organisatorisch wel plaatsgevonden, fysiek gezien is er echter niets veranderd. De verschillende deelgebieden bevinden zich nog in hun functionele omgeving. Ook binnen de productieafdeling zal de cellenstructuur duidelijk tot uiting moeten komen om een eenvoudige goederenstroom, verlaging van de planningsinspanningen en korte communicatielijnen mogelijk te maken. Door de cellen duidelijk van elkaar te onderscheiden, tracht Colt de teamgeest binnen de cellen te versterken. Om dezelfde reden zijn twee kantoorunits op de werkvloer geplaatst. Deze units bieden onderdak aan de celleider en de werkvoorbereiders. Door het onderbrengen van deze personen op de werkvloer wordt de afstand tussen celleider, werkvoorbereiders en productiepersoneel verder verkleind, wat ten goede moet komen aan de eenheid en teamgeest binnen de cellen.

Binnen de twee cellen zijn de activiteiten weer in een aantal afdelingen of deelgebieden te onderscheiden. Het betreft gebieden waar overeenkomstige bewerkingen uitgevoerd worden. De volgende afdelingen zijn te onderscheiden:

- Plaatbewerkerij (knippen, ponsen, persen en zetten van aluminium onderdelen);
- Tops, bottoms & sides (ponsen, persen en zetten van de onderdelen top, bottom en side);
- Lassen AFV-cel;
- Lassen ESD-cel;
- Puntlassen;
- Zagen;
- Voorassemblage;
- Assemblage AFV-cel;
- Assemblage ESD-cel.

Binnen de afdeling plaatbewerking is fysiek gezien nog geen onderscheid gemaakt tussen de twee cellen. Voor de afdelingen tops, bottoms & sides en voorassemblage geldt dat zij hoofdzakelijk voor de AFV-cel produceren en dus bij de AFV-cel zijn ondergebracht. De afdelingen zagen en puntlassen omvatten ieder slechts één machine zodat een verdeling in cellen niet mogelijk is.

Naast de reeds genoemde afdelingen biedt de fabrieksvloer van Colt ruimte aan een aantal ondersteunende diensten als goederenontvangst en expeditie en aan een onderhoudsafdeling. Deze onderhoudsafdeling dient niet verward te worden met één van de zusterondernemingen, Colt Onderhoud. Colt Onderhoud is verantwoordelijk voor het onderhoud en reparaties aan geleverde ventilatoren. De onderhoudsafdeling binnen Colt International Productie BV is verantwoordelijk voor het onderhoud en reparaties aan het ter beschikking staande machinepark. Het machinepark binnen Colt omvat vooral universele machines welke uit het oogpunt van bediening weinig specifieke kennis vereisen. Ook binnen de assemblageafdelingen, waar naast handgereedschappen geen machines ingezet worden, is een specifieke opleiding niet direct noodzakelijk.

Uit bijlage IV blijkt dat op de fabrieksvloer een aantal ruimten is gereserveerd voor voorraden. Het betreft hier in hoofdzaak plaatmateriaal en voor assemblage benodigde onderdelen. Gereede producten worden tot levering op de binnenplaats opgesteld. Het verkoopmagazijn is niet in gebruik en beheer van Colt International Productie BV maar van de verkooporganisatie van Colt International Holding BV.



### 3. Probleemanalyse

#### 3.1 Aanleiding

In paragraaf 2.2 is reeds aangegeven dat een aanbieder van industriële ventilatoren zich op de volgende punten van zijn concurrenten kan onderscheiden:

- leveren van totale ventilatiesystemen;
- leveren volgens klantspecificaties;
- leveren tegen korte levertijden;
- leveren tegen lage prijzen.

Een aantal concurrenten van Colt is de laatste jaren in staat gebleken hun prijzen te verlagen. Doordat Colt zich op de overige gebieden niet voldoende van haar concurrenten kan onderscheiden, is ook Colt genoodzaakt haar prijzen te verlagen. Om deze daling te bewerkstelligen, is het noodzakelijk dat Colt haar kosten weet te reduceren. Kosten zijn te onderscheiden in directe en indirecte kosten. Binnen Colt bestaan de directe kosten in hoofdzaak uit bewerkingskosten (zoals machine- en loonkosten) en materiaalkosten. De voorraadkosten, (interne) transportkosten, overheadkosten en de kosten met betrekking tot de voorbereiding van orders behoren tot de indirecte kosten.

Om de kosten te reduceren zijn binnen Colt de afgelopen twee jaren een aantal projecten gestart. Het betreft de volgende projecten:

- productie en levering volgens de Just-In-Time principes;
- opzetten van een kanban-systeem voor het bulkmateriaal;
- invoering van een cellenstructuur;
- een methode-tijd-studie;
- onderbrengen van de standaard producten in een productconfigurator;

#### *Just-In-Time*

De vraag naar industriële ventilatoren kent een seizoenspatroon waarbij de piek in de zomermaanden ligt. Deze piek heeft een onevenwichtige verdeling van de werklast tot gevolg. In de winterperiode heerst een betrekkelijk lage werkdruk, terwijl in de zomermaanden de druk (te) hoog is. De hoge werkdruk in de zomermaanden heeft vooral betrekking op het personeel dat belast is met de assemblage van de ventilatoren. Om de werkdruk evenwichtig te verdelen werd voorheen de lage werkdruk in de winterperiode aangewend om ventilatoren of onderdelen te produceren waarvoor pas in de zomerperiode vraag bestond. De werkdruk in de winterperiode werd hierdoor verhoogd, hier stond dan een verlaging van de druk in de zomerperiode tegenover. Deze wijze van produceren kent twee nadelen:

- produceren van incurante ventilatoren of onderdelen;
- creëren van hoge (tussen)voorraden.

In januari 1996 is Colt overgestapt op productie en levering volgens de Just-In-Time (JIT) principes. In het nieuwe JIT-systeem wordt de piek in de vraag niet opgevangen door voorraadproductie maar door (tijdelijk) inhuren van personeel en overwerken in de drukke periode. In de wintermaanden kan met het personeel in vaste dienst volstaan worden. De tijdelijke krachten worden vooral ingezet in de assemblageafdelingen waar de werklast het hoogst is. In de overige afdelingen is de werklast minder hoog en zijn de machinecapaciteiten toereikend, óók in de



zomerperiode. Het opvangen van het seizoenspatroon in de vraag naar industriële ventilatoren wordt binnen Colt opgevangen door het inhuren van tijdelijk personeel en door overwerken.

Het productie- en leveringssysteem zoals dat bij Colt gehanteerd wordt betreft geen zuiver JIT-systeem, waar de orders juist gereed zijn voordat zij uitgeleverd worden. Binnen Colt wordt gestreefd naar het gereedkomen van een order in de *week* voordat deze uitgeleverd moet worden. In vergelijking met het oude productie systeem heeft het nieuwe systeem een aantal voordelen opgeleverd. De voordelen van productie en levering volgens de JIT-principes zijn:

- verkorting van de doorlooptijd, zodat sneller op de wensen vanuit de markt gereageerd kan worden, de doorlooptijd bedraagt nu twee weken;
- reducering van de voorraad van een gemiddelde voorraadhoogte ter waarde van  $f$  4 miljoen naar een voorraadhoogte ter waarde van  $f$  2 miljoen per maand;
- verkorting van de levertijden, voor standaard producten bedraagt de levertijd 3 weken.

Door het intensieve overleg tussen de celleiders van de productieafdeling enerzijds en CSL, die uit naam van de klant opereert anderzijds, is Colt goed in staat om aan de afgegeven leverdata te voldoen. In de periode van een jaar (vanaf week 47 in 1996 tot en met week 46 in 1997) werden van de 1.839 orders slechts 51 orders (2,8%) niet op tijd uitgeleverd. Om deze prestaties te kunnen realiseren zijn de werknemers genoodzaakt veel over te werken en worden in de drukke periode extra mensen ingehuurd. De te late leveringen werden in een aantal gevallen veroorzaakt door het ontbreken van benodigde onderdelen, de meeste werden echter veroorzaakt door capaciteitsproblemen (tekort aan personeel). Hierbij dient opgemerkt te worden dat indien twee weken waarin ernstige capaciteitsproblemen optraden niet meegeteld worden, slechts 26 orders (1,4%) te laat geleverd zijn.

Over het algemeen kan gesteld worden dat Colt aan de overeengekomen leverdata voldoet. De JIT-filosofie streeft echter na orders gereed te hebben juist voor het overeengekomen leveringstijdstip. Om het JIT productie- en leveringssysteem binnen Colt te beoordelen moet ook bekend zijn hoeveel orders te vroeg (dus voor de leverdatum) gereed waren. Hierover wordt echter geen bruikbare informatie bijgehouden. Per kalenderweek wordt bijgehouden hoeveel gereede orders aan het einde van de week niet uitgeleverd zijn. Van deze orders worden echter niet de redenen bijgehouden waarom deze te vroeg gereed waren. Het is dus niet bekend of Colt de orders te vroeg geproduceerd heeft, of dat de afnemer de orders niet op de afgesproken datum afgeroepen heeft. Van de orders die gedurende de week (op tijd) uitgeleverd zijn, wordt niet geregistreerd hoeveel zij te vroeg gereed waren. Een order die op maandag gereed is maar pas op vrijdag uitgeleverd hoeft te worden, wordt niet geregistreerd als een order die te vroeg gereed is. Uit de gegevens die op dit moment met betrekking tot leveringen bijgehouden wordt, kan geconcludeerd worden dat het aantal levertijd-overschrijdingen binnen Colt gering is. Of daadwerkelijk Just-In-Time geproduceerd wordt, kan met de ter beschikking staande gegevens niet vastgesteld worden.

### *Kanban-systeem*

In navolging van de productie en levering volgens de JIT-principes, is in augustus 1997 een kanban-systeem opgezet voor het bulkmateriaal. Het betreft hier vooral bevestigingsmaterialen zoals popnagels, bouten en moeren. De kanban-voorraden bevinden zich onder de werkbanken, zodat de assembleurs de benodigde materialen voor het grijpen hebben. Elke week wordt, door de leverancier, de voorraad gecontroleerd en wordt indien nodig de voorraad aangevuld. Het kanban-systeem leidt tot een verlaging van de voorraadkosten omdat de



leverancier een groot deel van de voorraadkosten voor zijn rekening neemt. Ten tijde van de vervaardiging van het rapport zijn nog geen concrete resultaten van het kanban-systeem bekend.

### *Cellenstructuur*

Binnen Colt International Productie BV heeft zich in 1997 ook organisatorisch een grote wijziging voorgedaan door de overschakeling naar een cellenstructuur, welke sinds juni operationeel is. Deze wijziging werd opnieuw ingegeven uit het oogpunt van kosten reductie.

Binnen de celstructuur worden de werkzaamheden die onderling sterke overeenkomsten vertonen ondergebracht in een cel. Dit geldt niet alleen voor de productieve taken maar ook voor alle voorbereidende taken. Binnen Colt hebben de grootste wijzigingen zich echter voorgedaan op de werkvloer. Deze is nu gescheiden in twee productiecellen die ieder een eigen werkvoorbereiding kennen. De werkvoorbereiding is ondergebracht in twee kantoorunits op de fabrieksvloer, dit om direct contact tussen werkvoorbereiding en productiemedewerkers mogelijk te maken. De verschillende bewerkingsplekken zijn op dit moment echter nog niet gerangschikt volgens de cellenstructuur, maar bevinden zich nog in hun functionele omgeving.

Door het invoeren van de cellenstructuur wil Colt de communicatielijnen tussen de medewerkers verkorten. Daarnaast wordt de specialisatiegraad binnen de cellen vergroot, waardoor meer routinematige gewerkt kan worden. Door het vergroten van het routinematige werk wordt de kans op fouten kleiner en kunnen de werkzaamheden naar alle waarschijnlijkheid sneller uitgevoerd worden.

In de literatuur (zie bijvoorbeeld Van Mal, 1994) wordt de cellenstructuur vaak getypeerd als groepentechnologie. Een formele definitie van groepentechnologie luidt: een ordeningsprincipe waarbij de verantwoordelijkheid voor het maken van families van producten wordt neergelegd bij groepen van mensen die de beschikking hebben over verschillende soorten van technologische kennis en over diverse technische middelen die noodzakelijk zijn om een hele familie van producten te vervaardigen.

Het doel is om te komen tot :

- een betere kwaliteit door vermindering van fouten in de berichtenstroom ten aanzien van de specificaties van het product, de proceskeuze en specificaties van productiemiddelen;
- een verkorting van de doorlooptijd door vermindering van de wachttijden en transport-tijden;
- een verlaging van de kosten door in de afweging van capaciteitskosten tegen communicatie- en voorraadkosten een zodanige balans te vinden dat de totaalkosten afnemen.

Deze doelen worden bereikt door een gerichtere communicatie, waardoor meer overzicht en een betere bestuurbaarheid van de goederenstroom ontstaat (Van Mal, 1994).

### *Methode-tijd-studie*

Eind 1996 werd het Engelse bedrijf PE-consultancy door Colt ingehuurd om de bewerkings-tijden vast te stellen. Het betreft hier de bewerkingstijden van alle noodzakelijke bewerkingen voor de vervaardiging van de verschillende producten. Bij de bepaling van de bewerkingstijden is uitgegaan van de direct productieve handeling. Dit omvat de handelingen vanaf het pakken van het materiaal of onderdeel, de bewerking (plaatbewerking, zagen, lassen of assemblage) en het wegleggen van het materiaal of onderdeel. Hierbij wordt er van uitgegaan dat het



materiaal of het onderdeel zich op grijpafstand van de werkplek bevind, zodat geen transport hoeft plaats te vinden.

Bewerkingstijden vormen de basis voor het opstellen van de planning. Op basis van de benodigde bewerkingstijden worden de orders gepland. De bewerkingstijden worden ook gebruikt bij de bepaling van de prijzen. Ter dekking van de kosten (exclusief materiaalkosten) wordt jaarlijks een uurtarief bepaald. De kosten worden vervolgens met behulp van de bewerkingstijden en het uurtarief aan de verschillende producten toegewezen; materiaalkosten worden per product doorberekend. Samengevat kan de kostprijs van een ventilator in de volgende formule uitgedrukt worden:

$$\text{Kostprijs} = \text{bewerkingstijd} * \text{uurtarief} + \text{materiaalkosten}$$

De bewerkingstijden werden voorheen, op basis van ervaring met voorgaande projecten, door de werkvoorbereiding bepaald. Over het algemeen werd daarbij een ruime marge aangehouden. Daar de prijzen onder druk kwamen te staan, was het noodzakelijk om de kosten nauwkeuriger en scherper vast te stellen. Om dit te kunnen realiseren was het noodzakelijk dat de basis van de prijsbepaling, de bewerkingstijden, nauwkeurig vastgelegd werd. Doordat de bewerkingstijden nauwkeuriger vastgesteld zijn, kunnen de orders nauwkeuriger en betrouwbaarder gepland worden.

Om de bewerkingstijden te bepalen heeft PE-consultancy binnen de productieafdeling van Colt een methode-tijd-studie uitgevoerd. In de methode-tijd-studie worden de gehanteerde werkmethoden aan een kritische analyse onderworpen met het doel ze te verbeteren en uiteindelijk te komen tot een meer efficiënte en eenvoudiger werkmethode onder optimale omstandigheden.

De methode-tijd-studie heeft naast de bewerkingstijden in een aantal aanbevelingen geresulteerd. De twee belangrijkste aanbevelingen hebben betrekking op de werkmethoden bij (voor)assemblage en op de layout van de fabrieksvloer. Door een aantal wijzigingen in de werkmethoden van (voor)assemblage door te voeren blijkt het mogelijk de benodigde bewerkingstijden te verlagen. Door de relatief kleine omvang van de wijzigingen zijn deze direct ingevoerd. Een andere aanbeveling van PE-consultancy luidde: kritisch analyseren van de layout van de fabrieksvloer. Deze aanbeveling is gebaseerd op de waarnemingen van PE-consultancy gedurende de methode-tijd-studie. PE-consultancy constateerde dat het transporteren van goederen tussen bewerkingsplekken, door de grote afstanden tussen de opeenvolgende bewerkingsplekken, veel tijd in beslag neemt. PE-consultancy is van mening dat deze transportafstanden verkort kunnen worden door het wijzigen van de layout.

### *Productconfigurator*

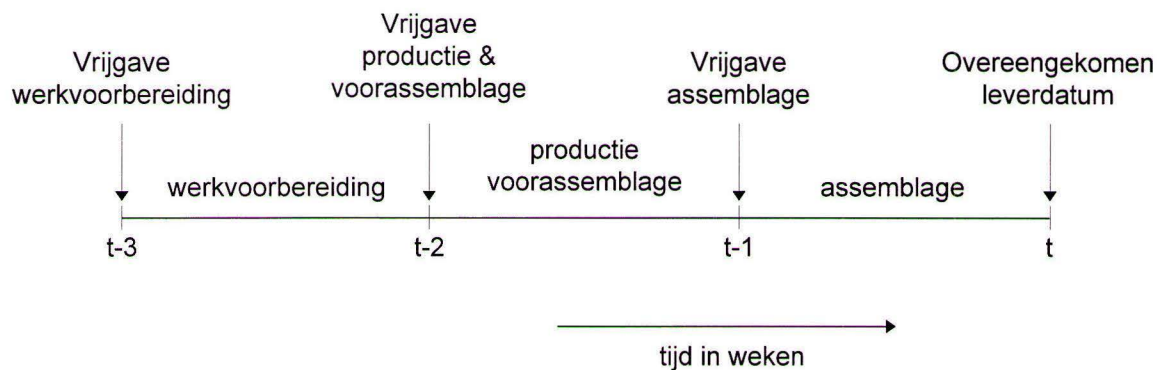
De door PE-consultancy vastgestelde bewerkingstijden vormen, samen met de gegevens met betrekking tot de routing en stuklijsten, de basis voor de productconfigurator (PCF). De PCF, een software-applicatie binnen het bestaande besturingssysteem, wordt opgezet om de werkvoorbereiding van een aantal taken te ontlasten. De voorbereidingstijd van een order wordt hierdoor verkort. In de PCF zijn alle mogelijke combinaties van bewerkingen opgenomen. Wanneer een klant een bestelling plaatst, kan het standaard gedeelte direct door de PCF gegenereerd worden en hoeft niet de gehele order voorbereid te worden.

De PCF wordt niet alleen bij de werkvoorbereiding gebruikt, maar ook bij het maken van de planning en de vaststelling van de prijzen van de verschillende producten. Hierbij wordt



gebruik gemaakt met de in de PCF opgenomen normtijden. De normtijden zijn gebaseerd op de methode-tijd-studie. De normtijden zijn opgebouwd uit de pure bewerkingstijden en een aantal toeslagen. Het betreft de zogenaamde ‘rusttoeslagen’ (onder andere persoonlijke verzorging en invloeden van de werkomstandigheden) en een toeslag voor indirecte werkzaamheden zoals het lezen van werktekeningen en het uitvoeren van klein onderhoud.

Het plannen van de orders verloopt als volgt: CSL ontvangt een order en bepaalt in overleg met de klant en de celleiders van de productieafdeling een leverdatum. De celleiders gaan daarbij uit van de bezetting van de mensen, machines en middelen. Voor de bepaling van de bezetting worden de normtijden gebruikt. Daar binnen Colt een JIT-filosofie wordt nagestreefd, wordt getracht de order juist vóór de geplande leverdatum gereed te hebben. Bij de planning wordt uitgegaan van de afgegeven leverdatum en vervolgens worden de voorafgaande bewerkingen ‘achterwaarts’ gepland. Daarbij wordt in principe van het traject uit figuur 3 uitgegaan. Onder productie worden hier de plaatbewerkings-, las- en zaagactiviteiten verstaan.



*Figuur 3: Achterwaartse orderplanning*

Bovenstaand traject geldt voor standaard producten (met eventueel een kleine wijziging). Voor de speciale producten geldt een levertijd van 6 weken, waarin een aan de standaard producten vergelijkbaar traject wordt doorlopen. Bij de planning van speciale uitvoeringen worden voor de benodigde werkzaamheden, in plaats van één, twee weken gerekend. Of het om een standaard product of special gaat, wordt door de celleiders van de productieafdeling bepaald.

Ondanks de resultaten van de productie en levering volgens de JIT-filosofie en de overige genoemde projecten gaat Colt nog steeds verder in haar streven de kosten te reduceren. Na de aandacht vooral op de voorraad- en overheadkosten gevestigd te hebben, zal de aandacht meer gericht worden op de arbeidskosten. Dit ook naar aanleiding van de problemen die voorgaande projecten geopenbaard of veroorzaakt hebben.



### 3.2 Probleemformulering

De bewerkingstijden vormen de basis voor de planning, waarbij in acht wordt genomen dat een volledige bezetting van mensen en machines niet mogelijk is. De aanwezige capaciteit is toereikend, zodat de machinecapaciteit geen belemmeringen veroorzaakt in de voortgang van het productieproces. Dit wordt geconcludeerd uit de bezetting van de machines. Binnen Colt wordt niet van iedere afzonderlijke machine de bezettingsgraad bijgehouden, maar de personele bezetting van de machines geeft wel een indicatie voor de bezettingsgraad. Binnen Colt zijn geen machines aanwezig die volledig zelfstandig kunnen werken. Daarom wordt aangenomen dat wanneer een machine niet is bemand, de machine niet productief bezig is. Geen enkele machine wordt gedurende een week continue bemand; geen enkele machine is dus voor 100% bezet. Problemen met betrekking tot bezettingsgraad moeten niet direct gezocht worden in de bezettingsgraden van de afzonderlijke machines, maar in de mens-machine combinatie. Zo dragen de operators in de plaatwerkerijen (8 medewerkers) zorg voor 16 machines. Doordat voor de bediening van de machines geen specialistische kennis vereist is, kan het aantal operatoren eenvoudig aangevuld worden, zodat ook de mens-machine combinatie geen problemen oplevert voor de voortgang van het productieproces. De aanvulling van het aantal operators kan zowel geschieden door personeel uit de eigen productieomgeving in te zetten als door het tijdelijk inhuren van personeel.

Omdat het machinepark geen belemmeringen voor de voortgang van het productieproces oplevert, is Colt's output afhankelijk van het aanwezige personeel. Belangrijk daarbij is de effectiviteit van het personeel. De effectiviteit van de productiemedewerkers geeft de mate van productiviteit. Effectiviteit kan in de volgende formule uitgedrukt worden:

$$\eta = \frac{\text{Chargeable hours}}{\text{Attended hours}}$$

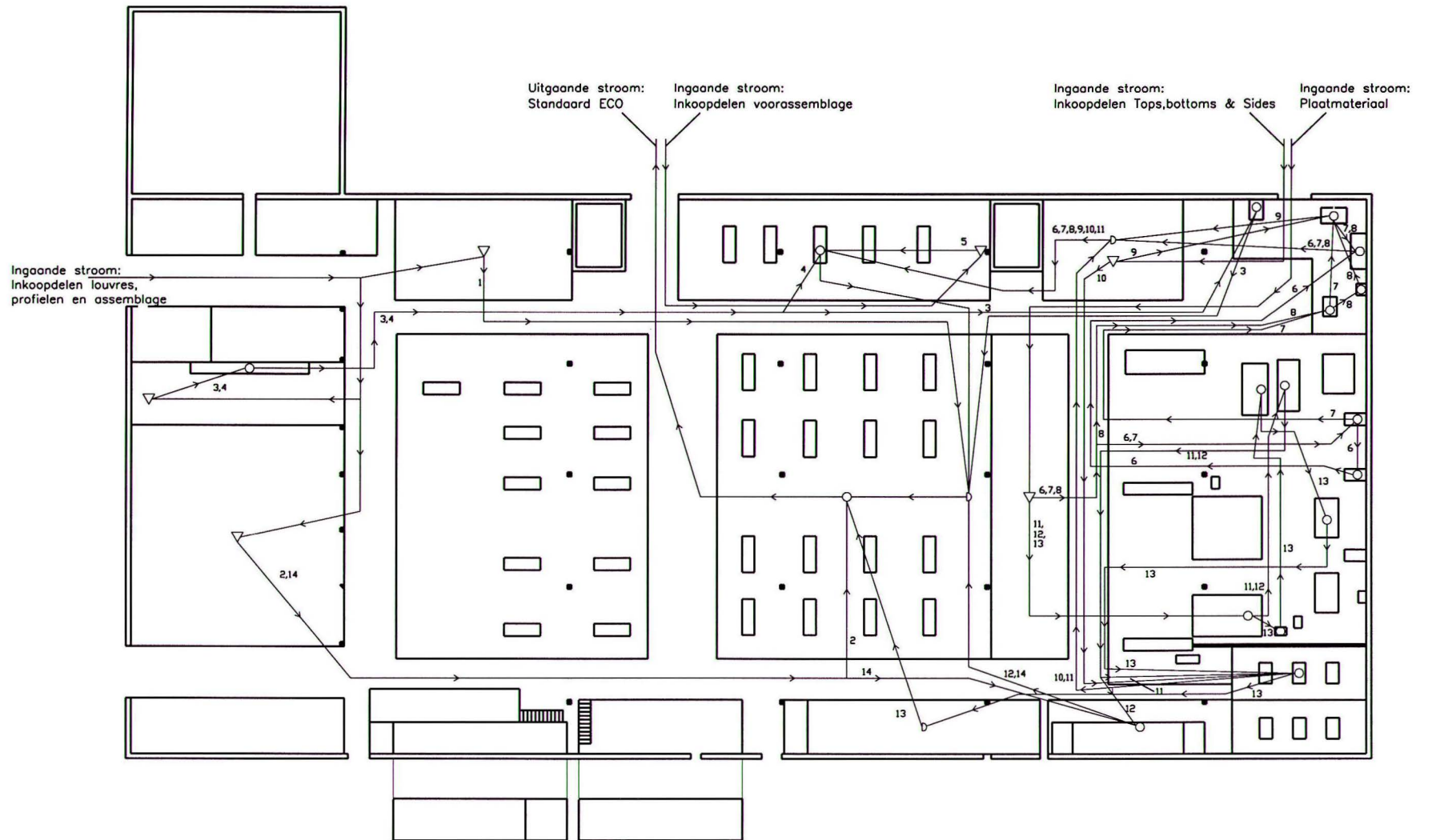
**Chargeable hours:** De benodigde productie uren, de uren die aan de klant worden doorberekend; deze worden aan de hand van de normtijden bepaald.

**Attended hours:** De beschikbaar aanwezige capaciteit, de uren die beschikbaar zijn voor productie (dus exclusief afwezigheid en ziekte).

Uit de definitie van chargeable hours komt tot uiting dat deze naast de materiaalkosten bepalend is voor de prijs van een ventilator. Het tarief van een chargeable hour wordt in het begin van het jaar bepaald door de gebudgetteerde kosten te delen door het verwachte aantal chargeable hours. Het verwachte aantal chargeable hours wordt bepaald aan de hand van het aantal uren in de afgelopen jaren en de verwachtingen voor het nieuwe jaar.

Op dit moment bedraagt de effectiviteit van de productiemedewerkers rond de 85%. Wanneer dit percentage omhoog gebracht wordt, resulteert dit direct in een besparing van de kosten. Wanneer de effectiviteit van de productiemedewerkers stijgt, betekent dit dat het voor productie benodigde aantal uren werk daalt (waarbij de output gelijk blijft). Een daling van het aantal benodigde uren leidt tot een daling van de loonkosten.

Figuur 4: Goederenstroom van de ECO in de huidige situatie



- Legenda: ○ Bewerking  
 ◇ Wachten op volgende bewerking, tijdelijke opslag  
 ▽ Voorraad  
 — Goederenstroom (nummering komt overeen met bijlage V)  
 > Stroomrichting



Gezien het feit dat PE-consultancy recentelijk de werkmethoden geanalyseerd heeft en ook de bewerkingstijden vastgelegd heeft, wordt aangenomen dat de besparingen niet direct in de productieve handelingen gezocht moeten worden. De besparingen worden gezocht in de indirecte werkzaamheden, zoals het verzamelen (eventueel zoeken en transporteren) en klaarleggen van de benodigde onderdelen en materialen. Dit zijn werkzaamheden die sterk verbonden zijn aan de inrichting van een fabriek. Waarbij de inrichting kan worden onderscheiden in: technologie, layout, organisatie en besturing (Gubbels, 1997).

Omdat de layout de verschillende bewerkingsplekken vastlegt, bepaalt de layout ook de transporten die tussen de verschillende bewerkingsplekken plaats vinden. De organisatie en besturing van een fabriek bepalen in hoge mate de wijze waarop materialen en onderdelen verzameld en klaargelegd worden. De technologieën die gehanteerd worden op de werkvloer hebben minder invloed op de indirecte werkzaamheden maar zijn meer van belang voor de directe productieve handelingen.

De recente overgang naar de cellenstructuur is ook van invloed op de inrichting van de fabrieksvloer. Althans in ieder geval op de layout en de organisatie. Volgens de literatuur (zie bijvoorbeeld Van Mal, 1994) beïnvloedt groepentechnologie ook technologie en besturing. Door de specialisatie en intensieve samenwerking binnen de cellen ontwikkelen medewerkers specifieke kennis (en technologieën) en worden taken beter op elkaar afgestemd. Of dit zich binnen Colt ook zo zal ontwikkelen is op dit moment niet bekend. Om de ontwikkelingen mogelijk te maken, is het noodzakelijk dat de organisatie en de layout binnen en rond de cellen zo optimaal mogelijk is. Op dit moment is, ruimtelijk gezien, de cellenstructuur niet of nauwelijks terug te vinden in de productieafdeling. Om korte communicatielijnen en uitwisselbaarheid van personeel mogelijk te maken is het zaak de verschillende werkplekken binnen een cel ruimtelijk gezien bij elkaar onder te brengen.

Van de vier aspecten van de inrichting van een fabriek hebben drie aspecten recentelijk veel aandacht gekregen. In de methode-tijd-studie is aandacht besteed aan de technologie; de organisatie en besturing van de fabriek zijn bij de recente overschakeling naar de cellenstructuur aan bod gekomen. De layout daarentegen heeft de laatste jaren wel een aantal wijzigingen ondergaan, deze zijn echter nooit door een gedegen onderzoek voorafgegaan. Terwijl de layout toch een belangrijke invloed heeft op de prestaties van de werkvloer (zie paragraaf 1.1). Zo worden onder andere de transportafstanden, die de verschillende producten en onderdelen afleggen, door de layout bepaalt. Wanneer de transporten, die de verschillende onderdelen van een eenvoudige standaard ECO ondergaan in kaart gebracht worden, is te constateren dat de onderdelen lange transportafstanden afleggen. Zie hiervoor figuur 4 waarin het fabricageschema van een ECO (zie bijlage V) op de ruimtelijke indeling van de fabrieksvloer wordt geprojecteerd. Figuur 4 toont bijvoorbeeld aan dat stroom 3 tussen twee bewerkingen bijna de gehele lengte van de fabriek (120 m.) aflegt. Daarnaast wijzen de lange transportafstanden van en naar de lasafdeling (rechtsonder) op een onlogische situering van deze lasafdeling.



### **3.3 Opdrachtformulering**

Door het herindelen van de ruimte kunnen transportafstanden verkleind worden. Hierdoor wordt ook de tijd, die gemoeid gaat met het transporteren van onderdelen en materialen, verkleind. Dit houdt een effectiviteitsverbetering in. Middels de layout worden ook de plaatsen vastgelegd waar zich bepaalde materialen of onderdelen dienen te bevinden. Waarvoor iedereen weet waar materialen en onderdelen zich bevinden. Zo worden de tijden die verloren gaan aan het zoeken naar materialen en onderdelen gereduceerd; wat opnieuw een verbetering van de effectiviteit tot gevolg heeft.

Omdat in de vorige paragraaf al werd geconstateerd dat de layout van de fabrieksvloer naast effectiviteitsverhoging een positieve impuls kan betekenen voor het functioneren van de celstructuur, zal de aandacht bij het verlagen van de kosten binnen Colt geconcentreerd worden op de layout.

Uit het bovenstaande is de volgende opdrachtomschrijving gedestilleerd:

*Het in kaart brengen en structureren van de huidige layout en van daaruit een nieuw layout plan ontwikkelen voor de productieafdeling van Colt International Productie BV.*

### **3.4 Eisen en randvoorwaarden**

De belangrijkste eis van Colt met betrekking tot de layout-studie is dat het layout plan binnen de bestaande ruimte wordt gesitueerd. Daarnaast moet het eindresultaat een praktisch uitvoer plan zijn wat gebaseerd is op een goed onderbouwde theoretisch studie. Ook de celstructuur moet duidelijk in het layout plan tot uiting komen.

Het onderzoek naar een nieuwe opzet van de layout gaat uit van de huidige situatie op de fabrieksvloer. Het ontwerp van de nieuwe layout is gebaseerd op de huidige technologie binnen Colt, er wordt geen specifiek onderzoek gedaan naar wat eventueel een betere technologie zou zijn. Naast technologie en layout behoren ook de organisatie en de besturing van de fabrieksvloer tot de inrichting van de fabrieksvloer, deze zullen echter slechts zijdelings aan bod komen. De aandacht wordt in hoofdzaak beperkt tot de ruimtelijke indeling van de productieafdeling van Colt, omdat de overige aspecten recentelijk onderzocht zijn.

De installatie of implementatie van de layout zal buiten beschouwing gelaten worden. Om de normale werkzaamheden zo min mogelijk te verstoren heeft Colt besloten de implementatie aan derden uit te besteden. Ook is de tijd die voor de opdracht beschikbaar is niet toereikend voor het opstellen van een implementatieplan.

De inrichting van het verkoopmagazijn, dat onder beheer van Colt Verkoop valt, wordt bij de ontwikkeling van het layout plan voor de fabrieksvloer van Colt International Productie BV buiten beschouwing gelaten.



### 3.5 Onderzoeksmethode

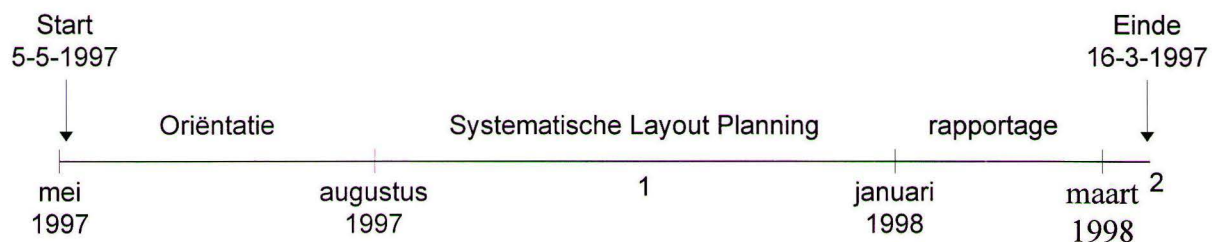
De afstudeeropdracht bij Colt International Productie BV is voorafgegaan door een literatuuronderzoek naar layout-studies, waar een eerste oriëntatie op het gebied van layout en layout-studies heeft plaatsgevonden.

De opdracht binnen Colt is gestart met een kennismaking met de mensen en de verschillende processen. Vervolgens zijn deze (productie)processen in kaart gebracht en is de huidige situatie op de fabrieksvloer vastgelegd. Ten tijde van de oriëntatiefase ben ik betrokken geweest bij de implementatie van een nieuwe ruimtelijke indeling van het productiekantoor van Colt. Dit om ervaring op te doen met layout planning en met de reacties die veranderingen in de werkomgeving op kunnen wekken.

Vanuit de oriëntatiefase is gestart met het ontwikkelen van een nieuwe inrichting van de fabrieksvloer. Voor de bepaling van een goed doordachte layout wordt in de literatuur (zie bijvoorbeeld Botter, 1993, Francis e.a., 1974, Van Mal, 1994 en Sule, 1994) verwezen naar 'Systematische Layout Planning', een methode ontwikkeld door R. Muther (1979). Als voordelen van deze methode worden de duidelijke fasering en universele bruikbaarheid genoemd. De methode bestaat uit een basisstructuur, een patroon van procedures en een aantal afspraken voor het identificeren, waarderen en zichtbaar maken van de elementen waarmee tijdens de ontwikkeling van een layout rekening gehouden moet worden. Zie hoofdstuk 4 voor een nadere beschouwing van de stappen die bij Systematische Layout Planning achtereenvolgens doorlopen worden. Bij de layout planning van de fabrieksvloer van Colt zijn regelmatig de direct betrokkenen ingeschakeld als vraagbaak of klankbord.

De afrondingsfase van het onderzoek bij Colt stond in het teken van de rapportage. De rapportage kent twee doeleinden: enerzijds het overdragen van de verzamelde informatie en gevonden conclusies en aanbevelingen aan Colt International Productie BV, anderzijds dient de rapportage de beoordelingscommissie van de Technische Universiteit Eindhoven inzicht te geven in de verrichte werkzaamheden en de achtergronden achter deze werkzaamheden.

In figuur 5 wordt schematisch het onderzoek bij Colt International Productie BV weergegeven. In deze figuur zijn ook de tussen- en eindvoordracht opgenomen.



- 1 Tussentijdse voordracht 22-10-1997
- 2 Eindvoordracht 16-3-1998

*Figuur 5: Tijdsplan afstudeeropdracht bij Colt International Productie BV*



## 4. Methodologie

### 4.1 Systematische Layout Planning

De methodologie die bij de uitvoering van de afstudeeropdracht bij Colt Productie is toegepast, is de Systematische Layout Planning (SLP) van R. Muther (1979 en 1984). Dit is een methode die weliswaar al 30 jaar geleden ontwikkeld is, maar waarvan de basisprincipes nog steeds gelden. Dit omdat SLP zich, in tegenstelling tot bijvoorbeeld Volgorde-Analyse (Buffa, 1977), niet beperkt tot de materiaalstromen maar ook secundaire factoren bij de layout-studie betreft. Hierbij kan gedacht worden aan zaken als onderhoudsafdelingen, gereedschapsmagazijnen, toiletten, kantines en opslagplaatsen. Daarnaast kan het zijn dat bepaalde werkingsgroepen gezamenlijk gebruik maken van faciliteiten als gas, persluchtafzuiging, en een stofvrije omgeving. Deze factoren komen bij een analyse van de materiaalstromen niet of nauwelijks aan bod. Daar draait het in hoofdzaak om het minimaliseren van de transportafstanden van de materiaalstromen. Bij hulpactiviteiten en de ander bovengenoemde secundaire factoren spelen de transportafstanden een ondergeschikte rol. Bij SLP staan daarom niet alleen de transportafstanden centraal, maar neemt ook de gewenste nabijheid van ligging van twee of meer activiteiten een prominente plaats in. Aan iedere gewenste of ongewenste nabijheid van ligging van twee activiteiten wordt een waarde toegekend. Bij de bepaling van het belang van de relaties tussen de primaire activiteiten kunnen de transportafstanden wel van doorslaggevende betekenis zijn.

Met behulp van de relaties tussen de verschillende activiteiten worden vervolgens een aantal alternatieve layout plannen ontwikkeld. Hierbij komen zaken aan de orde als de benodigde versus de beschikbare ruimten en de modifierende overwegingen en praktische beperkingen ten aanzien van de beschikbare ruimten. Uit de alternatieve layout plannen wordt tenslotte één alternatief geselecteerd.

De Systematische Layout Planning methode valt uiteen in een viertal fasen. Deze fasen zijn achtereenvolgens:

- I. Locatie, bepaling van de locatie van het in te delen gebied of de in te delen ruimte;
- II. Algemene totaal layout, vaststelling van de algemene indeling van de (totale) ruimte;
- III. Gedetailleerd layout plan, hier draait het om de plaatsing van elke specifieke machine of apparatuur;
- IV. Installatie, na het gereedkomen van het gedetailleerde layout plan dienen nog een aantal zaken uitgewerkt te worden zoals het detailleren van de installatietekeningen en het maken van plannen voor de daadwerkelijke inrichting van de locatie.

Om het beste resultaat te verkrijgen dienen de verschillende fasen elkaar niet alleen op te volgen maar ook deels te overlappen. In veel gevallen is het zelfs noodzakelijk dat de verschillende fasen door elkaar lopen. Zo kunnen de inzichten die in een bepaalde fase verkregen worden, invloed hebben op de in een vorige fase bepaalde ruimten of indelingen. In het algemeen kan gesteld worden dat naarmate de layout-studie vordert, de benodigde hoeveelheid detail informatie zal toenemen. In de locatie fase kan met ruwe schattingen en overwegingen van algemene aard volstaan worden, terwijl in de vierde fase de tekeningen ten behoeve van de installatie zeer nauwkeurig dienen te zijn.

De verschillende fasen van Systematische Layout Planning worden in de navolgende paragrafen nader beschouwd.



## 4.2 Locatie

De problematiek rondom de locatie van een in te delen gebouw, afdeling of gebied is van uiteenlopend karakter. Zo kan de keuze van een locatie betrekking hebben op de plaatsbepaling van een nieuwe vestiging. Het is echter ook mogelijk dat de keuze mogelijkheden met betrekking tot de locatie tot het afdelingsniveau beperkt blijven. Meestal ontstaat het locatie probleem niet het niveau van de fabriekslayout. Nog vaker is het locatie probleem beperkt tot de bepaling waar een uitbreidende afdeling, binnen een bepaald gebouw, gehuisvest moet worden, of te trachten ruimte in een ander gebouw te verkrijgen. Het probleem van de locatie van het in te delen gebied is dus over het algemeen binnen de grenzen van een bestaande onderneming gesitueerd.

Elk locatie probleem, dus zowel de problemen met betrekking tot de indeling van een bestaande ruimte of die met betrekking tot de inrichting van een nieuwe vestiging, komt in wezen neer op de volgende drie aspecten:

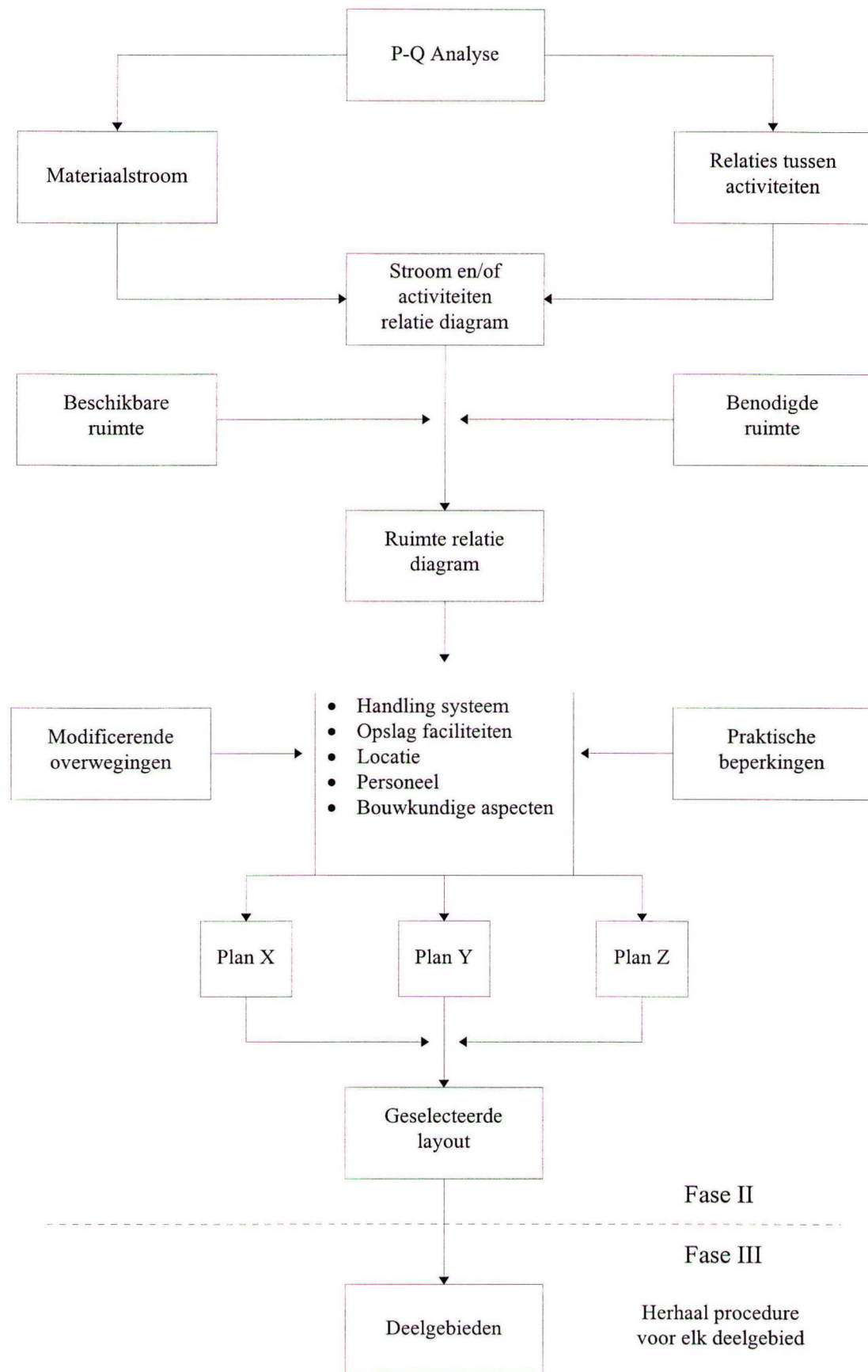
- het vaststellen van de specificaties ten aanzien van de locatie;
- het bepalen van de beschikbare locaties;
- het bepalen van de meest geschikt locatie.

Het grootste verschil tussen locatie problemen met betrekking tot bestaande en nieuwe locaties, schuilt in het tweede aspect. Bij de bepaling van een nieuwe locatie zal de zoektocht naar de beschikbare ruimten veel omvangrijker zijn dan wanneer het een locatie binnen het bestaande gebouw betreft. Dit laatste is natuurlijk het gevolg van de beperkte mogelijkheden die binnen bestaande ruimten gelden. De beperkte mogelijkheden kunnen echter grote gevolgen hebben. Een herindeling van een bepaalde ruimte kan namelijk een kettingreactie op gang brengen. Het locatie probleem binnen een bestaande omgeving heeft vaak verschuivingen van gebieden tot gevolg, wat weer gevolgen kan hebben voor de indeling van andere gebieden, die oorspronkelijk niet bij de layout-studie betrokken waren.

Bij de bepaling van een locatie dienen nog een aantal zaken in ogenschouw genomen te worden. Voordat een bepaalde locatie gekozen wordt, moet bekend zijn wat voor soort layout in of op deze locatie gerealiseerd kan worden. Het heeft immers geen zin een bepaalde locatie te selecteren als daar de gewenste layout niet gerealiseerd kan worden. Vooral wanneer de locatie maar beperkt flexibel is, zoals bij locaties in bestaande gebouwen, is het noodzakelijk op de hoogte te zijn van de mogelijkheden met betrekking tot de layout. Hier komt dus opnieuw de overlapping tussen de verschillende fasen tot uiting, Tenslotte dient erop gewezen te worden dat wat voor een afdeling een locatie probleem is, op hetzelfde moment een probleem is met betrekking tot de herindeling van de totaal layout voor de desbetreffende onderneming, gebouw of verdieping.

Wanneer de keuze van de locatie een voldongen feit is, wordt het vraagstuk van de layout beperkt tot de inrichting van het productiesysteem met de nadruk op een vlotte doorstroom van de grondstoffen, inkoopdelen, halffabrikaten en eindproducten langs de verschillende opslagplaatsen en werkplekken (Van Mal, 1994).





Figuur 6: Systematische Layout Planning patroon

### 4.3 Algemene totaal layout

De fase II en III vormen samen het hart van SLP, waarin het Systematische Layout Planning patroon centraal. Dit patroon wordt zowel bij de bepaling van de algemene totaal layout als bij de vaststelling van de gedetailleerde layout plannen voor elk afzonderlijk gebied doorlopen. Met dien verstande dat bij de bepaling van de gedetailleerde layout de onderzoeksmethoden ook gedetailleerder zijn. Bij de bepaling van de algemene totaal layout wordt een algemene indeling van de totale ruimte vastgesteld. In fase III wordt deze indeling nader gespecificeerd tot het niveau van de afzonderlijke machines en activiteiten.

Aan de hand van figuur 6 zal het SLP patroon toegelicht worden en zullen de stappen, die achtereenvolgens doorlopen worden, kort toegelicht worden.

#### *Stap 1: P-Q analyse*

Voor de bepaling van een optimale layout is het noodzakelijk over informatie te beschikken omtrent de verschillende producten en hun kwantiteiten. Wanneer een fabriek of een afdeling ingedeeld wordt, is het immers noodzakelijk te weten waarvoor deze ruimte ingericht dient te worden. Daarnaast dient bekend te zijn welke aantallen binnen de fabriek of afdeling verwerkt moeten kunnen worden. Bij productgegevens (P) kan gedacht worden aan zaken als assortiment, typen en soorten bewerkingen, verpakkingen, afmetingen en gewichten. Bij kwantiteit (Q) draait het om de hoeveelheden die per periode geproduceerd en verplaatst worden.

Eerst dienen de productgegevens geanalyseerd te worden. Dit houdt in dat de producten of artikelen gegroepeerd worden op basis van hun aard, eigenschappen of toestanden. Vervolgens worden de productgegevens geanalyseerd in relatie tot hun kwantiteiten. Beide soorten gegevens dienen onderzocht te worden tegen de achtergrond van trends uit het verleden en projecties in de toekomst.

De P-Q analyse geeft een eerste inzicht in de fundamentele vorm van de layout, bijvoorbeeld lijnopstelling, functionele opstelling of een cellenstructuur. Zo kunnen grote hoeveelheden van een beperkt aantal producten of onderdelen wijzen op een lijnopstelling, terwijl lage hoeveelheden van een groot aantal verschillende producten een indicatie voor een functionele layout kan zijn.

#### *Stap 2: Materiaalstroom*

Na de P-Q analyse dient de materiaalstroom geanalyseerd te worden. De routing van de verschillende productgroepen vormt hierbij het uitgangspunt. De routing van een product geeft aan welke bewerkingen het product ondergaat en de volgorde waarin deze bewerkingen uitgevoerd worden.

De analyse van de materiaalstroom resulteert in een overzicht van de activiteiten, die moeten worden uitgevoerd om tot een eindproduct te komen. Hierbij worden ook de in- en uitgaande materiaalstromen betrokken.

#### *Stap 3: Relaties tussen activiteiten*

De materiaalstroom is niet het enige fundament waarop layout planning rust. De onderlinge relaties tussen de verschillende activiteiten hebben een belangrijke invloed op de layout. Het draait hier niet alleen om de primaire (productie) activiteiten maar ook om de ondersteunende activiteiten. Het belang van een relatie tussen twee of meer activiteiten heeft een grote invloed



op de ruimtelijke situering van die activiteiten. Het is dus bij layout planning noodzakelijk inzicht te hebben in de relaties tussen de verschillende activiteiten. Aan elke gewenste of juist ongewenste nabijheid van ligging van twee activiteiten wordt een waarde toegekend.

*Stap 4: Stroom en/of activiteiten relatie diagram*

In deze fase worden de stappen 2 en 3 gecombineerd in een stroom en/of activiteiten relatie-diagram. Hierin worden de diverse activiteiten, afdelingen en gebieden, op basis van het belang van hun onderlinge relatie, geografisch ten opzichte van elkaar gesitueerd, zonder acht te slaan op de daarvoor benodigde ruimte. De activiteiten, afdelingen of gebieden worden dus zodanig geplaatst dat de activiteiten, afdelingen of gebieden met onderlinge relaties dicht bij elkaar liggen.

*Stap 5: Benodigde ruimte*

Voor de verschillende activiteiten en/of werkplekken moeten de benodigde ruimten bepaald worden. Bij de bepaling van de benodigde ruimte moet natuurlijk ook het toekomstperspectief in ogenschouw worden genomen.

*Stap 6: Beschikbare ruimte*

Wanneer de benodigde ruimten bekend zijn, worden deze vergeleken met de ter beschikking staande ruimten. Dit zal over het algemeen leiden tot het zoeken van compromissen tussen de benodigde en beschikbare ruimten.

*Stap 7: Ruimte relatie diagram*

Door in het stroom en/of activiteiten relatie diagram (stap 4) het ruimte aspect op te nemen ontstaat het ruimte relatie diagram. Dit vormt de eerste ruwe layout. Deze moet nog aan de bestaande voorzieningen en andere beperkingen worden aangepast.

*Stap 8: Modificerende overwegingen en praktische beperkingen*

Het ruimte relatie diagram vormt dus de eerste ruwe layout, die tot stand is gekomen door recht toe recht aan procedures en die gebaseerd is op aannames en feiten. Het is echter onwaarschijnlijk dat deze layout direct ingevoerd kan worden. Dit kan bijvoorbeeld veroorzaakt worden door bouwtechnische beperkingen, handling systemen en andere praktische beperkingen. Het ruimte relatie diagram dient dus aangepast te worden aan hetgeen technisch en praktisch mogelijk is op de geselecteerde locatie. Hiertoe zijn meestal een aantal alternatieve oplossingen te ontwikkelen.

*Stap 9: Geselecteerde layout*

De ontwikkelde alternatieven worden vervolgens beoordeeld en onderling vergeleken, wat tot de selectie van één van deze alternatieven moet leiden. Deze layout vormt nu de basis voor een layout-studie op een lager niveau. Hierbij wordt dan opnieuw het SLP patroon, hetzij op een lager aggregatie niveau, doorlopen. Dit vormt overigens de volgende fase van SLP, de bepaling van de detail layout.

Bij het doorlopen van het SLP-patroon geldt hetzelfde als voor de 4 hoofdfasen. De in een bepaalde stap verkregen inzichten en resultaten kunnen de resultaten van een voorafgaande stap beïnvloeden; dit betekent dat het mogelijk is dat na het doorlopen van een bepaalde stap een aantal stappen teruggenomen moet worden in plaats van een stap voorruit.

#### **4.4 Detail layout**

Bij de gedetailleerde layout planning draait het om het lokaliseren van elke afzonderlijke machine of activiteit. Hierbij wordt voor ieder afzonderlijk gebied hetzelfde SLP patroon doorlopen als in fase II. Het grote verschil met fase II is dat dieper op de details ingegaan wordt. Dit is mogelijk omdat in fase II de randvoorwaarden vastgelegd zijn en een beeld is ontstaan van de ter beschikking staande ruimten en de mogelijkheden en beperkingen ten aanzien van deze ruimten.

#### **4.5 Installatie van de layout**

De vierde fase van de Systematische Layout Planning basisstructuur wordt gevormd door de installatie van de ontwikkelde layout. De fysieke activiteiten, de verplaatsing en/of inrichting van de werkplekken, vormen slechts een onderdeel van de ‘installatie-fase’. De voorbereiding van de fysieke activiteiten vormt de belangrijkste activiteit in de installatie fase.

De voorbereiding van de fysieke taken omvat de volgende zaken:

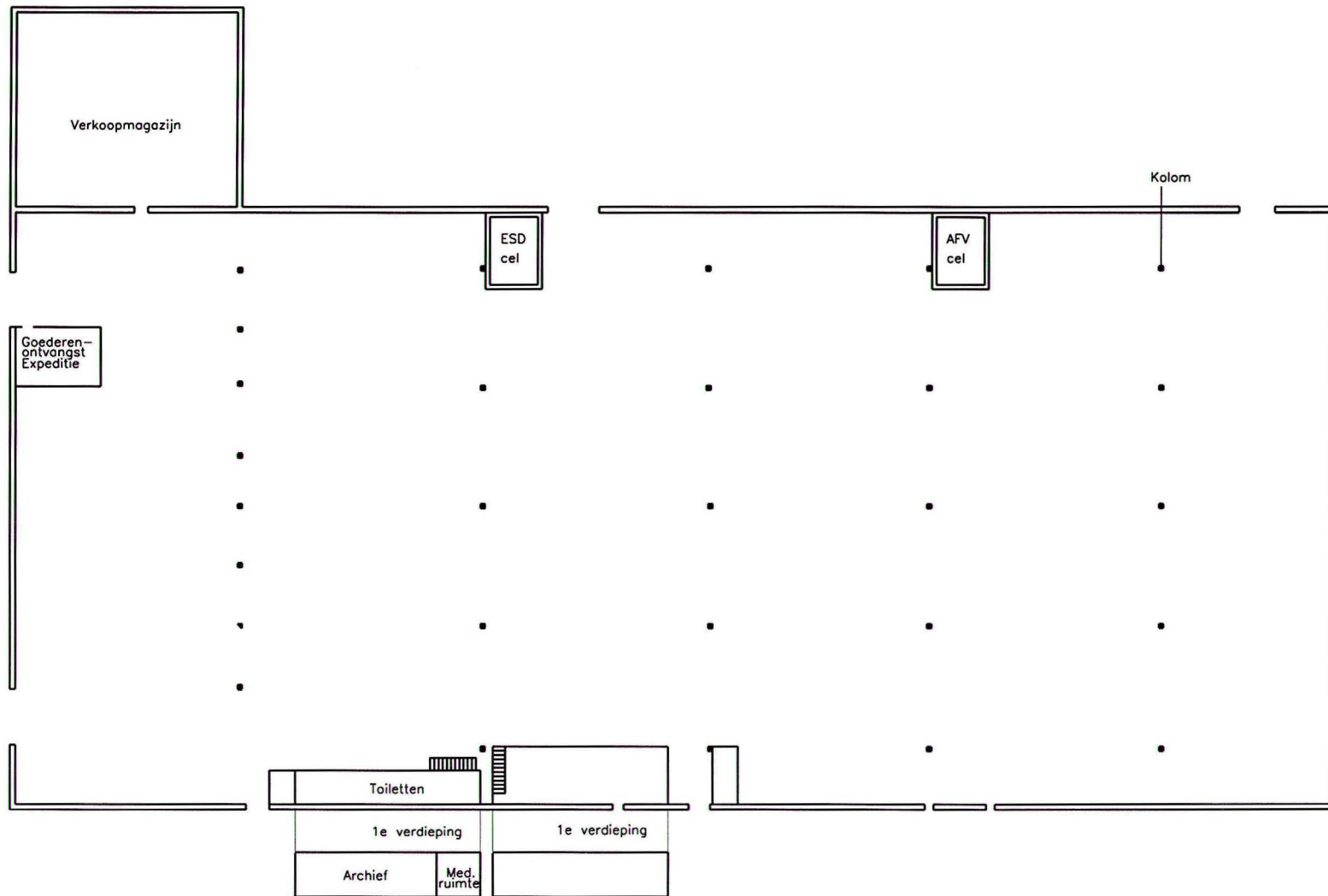
- het zeker stellen van de uiteindelijke goedkeuring en het verkrijgen van benodigde gelden;
- het opstellen van plannen en tekeningen ten behoeve van de installatie;
- de opstelling van hulpdiensten en energie-voorzieningen;
- het opstellen van de tijdschema’s voor de verplaatsingen en het op de hoogte brengen van de betrokken partijen.

Naast bovengenoemde activiteiten omvat de installatie fase ook activiteiten met betrekking tot de nazorg, welke volgt op de fysieke verplaatsing. Deze activiteiten hebben betrekking op de afstemming tussen fabricage-personeel enerzijds en de apparatuur, het proefdraaien en de vrijgave anderzijds. Tenslotte behoort ook het schoonmaken van de oude en nieuwe ruimten tot de nazorg activiteiten.

In de volgende hoofdstukken wordt beschreven hoe Systematische Layout Planning binnen Colt International Productie BV is toegepast. In deze uiteenzetting worden drie hoofd fasen (de installatie van de layout wordt buiten beschouwing gelaten) en de verschillende stappen binnen deze fasen in dezelfde volgorde beschreven als in dit hoofdstuk.



Figuur 7: Ter beschikking staande ruimte



Schaal 1 : 588

## 5. Locatie

Systematische Layout Planning vangt aan met de bepaling van de locatie. Bij Colt betekent dit: de bepaling van de plaats waar de fabrieksvloer gesitueerd zal worden. Bij aanvang van de opdracht gold echter als eis dat het layout plan betrekking dient te hebben op de huidige beschikbare ruimte voor de fabrieksvloer. De locatie van de in te delen ruimte staat dus al vanaf de aanvang van de layout-studie vast. In bijlage III is de locatie van de fabrieksvloer gesitueerd ten opzichte van de overige gebouwen van de Colt International Holding BV. Daarnaast wordt in bijlage IV de indeling van de fabrieksvloer gegeven, zoals deze bij aanvang van de opdracht gold. Zie paragraaf 2.4 voor een nadere beschrijving van de uitgangssituatie.

De locatie waarop het layout plan betrekking heeft beslaat een oppervlakte van 6.000 m<sup>2</sup>. In de ter beschikking staande ruimte is op een drietal plaatsen een kantoor gesitueerd. Het betreft hier de kantoorruimten van de twee productiecellen en het kantoor ‘Goederenontvangst en Expeditie’. Deze kantoorruimten zullen op de huidige posities gehandhaafd blijven. Het kantoor van Goederenontvangst en Expeditie wordt op de huidige plaats gehandhaafd omdat het zich bevindt bij de ingang waar de meeste goederen aangeleverd worden. Daarnaast bevindt het kantoor zich in de buurt van de laadput waar gereede ventilatoren op transport gezet worden.

Om de afstand tussen productiepersoneel en werkvoorbereiding zo klein mogelijk te maken, zouden de kantoorruimten van de productiecellen zich centraal op de werkvloer moeten bevinden. Uit humanitaire overwegingen zijn de kantoren tegen de zijwand van de fabriek geplaatst, zodat het kantoor van daglicht wordt voorzien en de mogelijkheid bestaat ramen te openen.

Het aan de fabrieksvloer grenzende verkoopmagazijn wordt buiten beschouwing gelaten bij de layout-studie en blijft op de bestaande locatie gehandhaafd.

In figuur 7 is de locatie weergegeven, waarbinnen het layout plan voor de fabrieksvloer van Colt International Productie BV gesitueerd zal worden.



## 6. Algemene totaal layout

De tweede fase van Systematische Layout Planning bestaat uit de bepaling van de algemene totaal layout. De totale beschikbare ruimte wordt in afdelingen of deelgebieden verdeeld. In deze gebieden worden in een later stadium de afzonderlijke machines en werkplekken gepositioneerd.

Voordat met de bepaling van de algemene totaal layout aangevangen kan worden, dient bekend te zijn welke deelgebieden in de totale beschikbare ruimte ondergebracht moeten worden. Op basis van de huidige situatie worden de volgende deelgebieden onderscheiden:

- Plaatbewerking AFV-cel;
- Plaatbewerking ESD-cel;
- Tops, bottoms & sides;
- Lassen AFV-cel;
- Lassen ESD-cel;
- Puntlassen;
- Zagen;
- Voorassemblage;
- Assemblage AFV-cel;
- Assemblage ESD-cel;
- Voorraadposities;
- Onderhoud.

Naast deze bestaande deelgebieden moet in het layout plan ruimte gecreëerd worden voor een nieuwe afdeling. Het betreft hier de zogenaamde PC-cel. In deze nieuwe afdeling zal de productie van polycarbonaat kleppen plaatsvinden. Deze kleppen worden nu in het Engelse productiebedrijf geproduceerd.

Bij de bepaling van de algemene totaal layout zal het Systematische layout Planning patroon van figuur 6 toegepast worden.

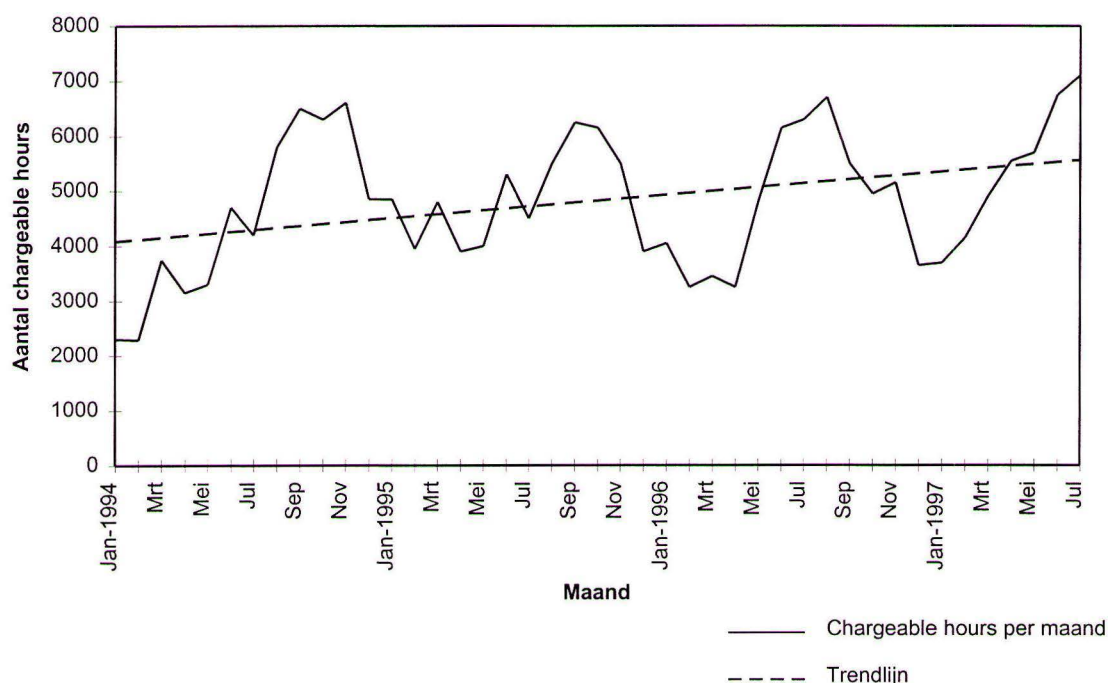
### 6.1 P-Q analyse

De product-kwantiteit analyse neemt een belangrijke plaats in bij de bepaling van een layout plan. In deze stap wordt bepaald welke producten, in welke hoeveelheden binnen de in te delen ruimte geproduceerd moeten worden.

Bij de bepaling van het nieuwe layout plan is uitgegaan van het huidige productenpakket. In bijlage II wordt een aantal producten (de ECO, FCO, WCO, Smokemaster, MF en Vulcan) kort beschreven. Het pakket wordt in 1998 uitgebreid met een product dat nu nog in het Duitse productiebedrijf vervaardigd wordt. Dit product wordt echter niet rechtstreeks overgenomen, maar het product en haar productieproces zal eerst aan een grondig analyse onderworpen worden. Naar alle waarschijnlijkheid zal het productieproces ten opzichte van de Duitse methode ernstige wijzigingen ondergaan. Gezien het feit dat deze productiewijze nog niet bekend is, wordt dit product bij de bepaling van het layout plan verder buiten beschouwing gelaten.

Om het uiteenlopende productenpakket dat binnen Colt gevoerd wordt onderling met elkaar te kunnen vergelijken worden de producten vertaald in chargeable hours. Deze uren worden ook gebruikt om de drie productiebedrijven onderling te vergelijken en te trachten de werklust gelijkmatig over de drie bedrijven te verdelen. Binnen Colt wordt niet het aantal verkochte

ventilatoren, maar de gerealiseerde chargeable hours als maatgevend beschouwd. Om de ontwikkelingen in het aantal chargeable hours weer te geven, is in figuur 8 het aantal chargeable hours per maand weergegeven. Uit deze figuur blijkt dat de productie piek in de zomermaanden ligt. Deze piek wordt opgevangen met behulp van tijdelijke krachten en overwerk. Gezien de geleidelijke groei van de laatste jaren gaat Colt er van uit de komende jaren hetzelfde aantal chargeable hours te kunnen realiseren of eventueel dit aantal uit te breiden. In 1996 bedroeg het totale aantal chargeable hours 57.200, in 1997 het aantal chargeable hours 63.800 uur. Colt verwacht de komende jaren het totale aantal chargeable hours geleidelijk uit te kunnen bouwen naar 70.000 uur per jaar. Colt wil deze stijging realiseren door het zelf gaan produceren van onderdelen die op dit moment uitbesteed worden (zoals bijvoorbeeld de polycabonaat kleppen). Colt verwacht dat het aantal afgezette ventilatoren vergelijkbaar zal zijn met de afzet in 1997.



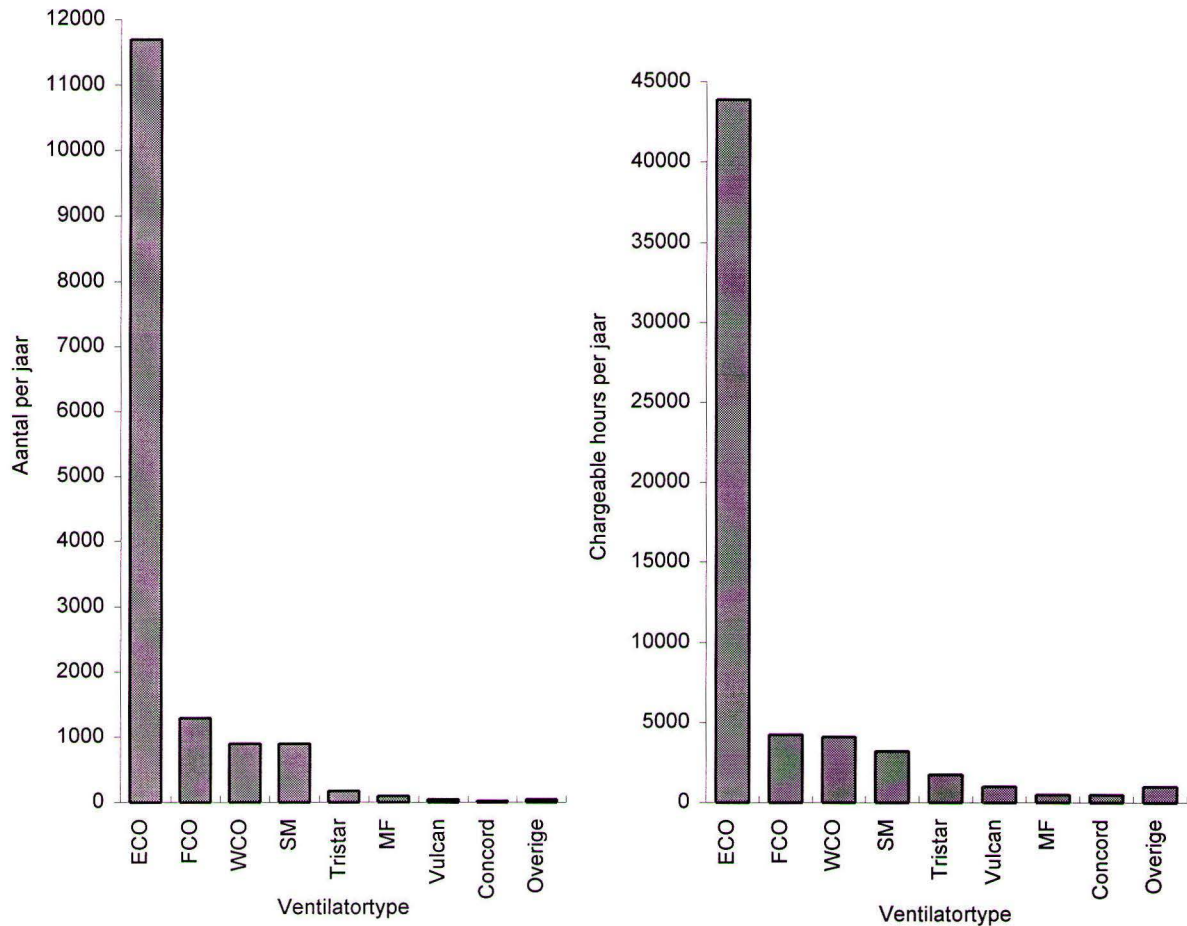
Figuur 8: Het aantal chargeable hours per maand

Binnen Colt International Productie BV worden geen gedegen productstatistieken bijgehouden. De jaarlijkse verkoop en productie van de verschillende ventilatoren worden niet of niet consequent geregistreerd. Dit wordt mede veroorzaakt doordat de gegevens direct vertaald worden in chargeable hours. De productstatistieken zijn slechts van een drietal producten betrouwbaar. Dit zijn de ECO, de FCO en de WCO. Van de andere producten, die allen in de ESD-cel ondergebracht zijn, worden geen betrouwbare statistieken bijgehouden. Dit heeft een drietal hoofdoorzaken: de vertaling van producten in chargeable hours, de complexe en unieke projectmatige oplossingen en tenslotte enkele tekortkomingen in het gehanteerde computersysteem (deze kunnen inmiddels redelijk opgevangen worden).

Aan de hand van de beschikbare statistieken en uit schattingen van de celleiders zijn de jaarlijks aantallen geproduceerde ventilatoren bepaald. Deze zijn uitgezet in figuur 9. Een aantal typen ventilator wordt zeer onregelmatig geproduceerd, vaak slechts eens in de 2 à 3 jaar. Deze ventilatoren zijn in het overzicht samengenomen in de post 'overige ventilatoren'.



Omdat binnen Colt hoofdzakelijk in uren gerekend wordt, zijn de ventilatoren ook uitgedrukt in chargeable hours per jaar. De chargeable hours en de materiaalkosten bepalen de kostprijs van een ventilator (zie paragraaf 3.1). Het aantal chargeable hours geeft dus een indicatie van de bijdrage die een type ventilator levert in de omzet.



*Figuur 9: Gemiddeld aantal geproduceerde ventilatoren per jaar (1994-1997)*

Uit figuur 9 is op te maken dat de ECO binnen het productenpakket van Colt een vooraanstaande positie inneemt. Wanneer in het vervolg bepaalde zaken met betrekking tot een ventilator nadere uitleg of illustratie behoeven zal dit aan de hand van de ECO geschieden. Er wordt echter zo veel mogelijk getracht, rekening te houden met het totale productenpakket dat binnen Colt gevoerd wordt.

De verschillende typen ventilatoren die binnen Colt geproduceerd worden, zijn in een zeer groot aantal uitvoeringen leverbaar. Bij de analyse van de materiaalstromen, zie paragraaf 6.2, blijkt dat bepaalde uitvoeringen wijzigingen in de materiaalstromen impliceren. Aan de hand van de processchema's zijn de verschillende uitvoeringen binnen de AFV-cel in de P-Q analyse verwerkt. Gezien de beperkte statistieken, die van de producten uit de ESD-cel geregistreerd worden, is de P-Q analyse van deze producten tot het type-niveau beperkt gebleven. Omdat deze producten minder vaak geproduceerd worden als de producten uit de AFV-cel zullen de effecten, die bepaalde uitvoeringen op de materiaalstroom hebben, gering zijn.

Tabel 1: Verwachte afzet in stuks per jaar

Type	Uitvoering	Verwachting
ECO		11.700
	23 en 25 breedte series	585
	Din-uitvoering	1.755
	Din-uitvoering 6/11/13/16	234
	Side channel lengte	1.170
	A2-klik louvres	5.265
	PC-louvres	3.978
	N1-AZ flens	234
	Vogelgaas	351
	Vogelgaas > 13	321
FCO		1.300
	Base FR	260
	Base FF**	325
	Side channel lengte	130
	A2-klik louvres	585
	PC-louvres	442
	Din-bediening	195
	JOFO-bediening	26
	Vogelgaas	39
	Vogelgaas > 13	36
WCO		900
	Side channel lengte	36
	A2-klik louvres	270
	PC-louvres	180
	Motor bediening top	63
	Pneumatische bed. damper	765
	Motor bediening damper	63
	Vogelgaas	18
	Vogelgaas > 13	17
Smoke Master		900
Tristar		175
MF		100
Vulcan		50
Concord		25
Overige		50



In tabel 1 zijn de verschillende typen ventilatoren en uitvoeringen gegeven met daarbij de verwachte aantallen per jaar. Als basis voor de cijfers met betrekking tot de uitvoeringen hebben de productiestatistieken van de afgelopen 4 jaar gediend. Colt heeft immers de verwachting dat de gerealiseerde afzet gehandhaafd kan worden. In bijlage VI zijn de historische gegevens opgenomen met betrekking tot de typen en uitvoeringen die bij de P-Q analyse onderscheiden worden.

In de AFV-cel worden de ECO, de FCO en de WCO geproduceerd; de overige producten worden in de ESD-cel geproduceerd. Uit figuur 9 blijkt dat de AFV-cel het overgrote deel van de totale productie volume voor haar rekening neemt. Daarnaast zijn van de producten uit deze cel ook meer betrouwbare gegevens beschikbaar. De producten uit de AFV-cel zullen dan ook als uitgangspunt dienen bij de bepaling van de layout van de fabrieksvloer van Colt. Van de gevonden relaties tussen de deelgebieden binnen de AFV-cel wordt aangenomen dat deze ook voor de ESD-cel gelden. Deze aanname wordt gerechtvaardigd door de overeenkomsten in de bewerkingsvolgorden van de producten die binnen Colt geproduceerd worden. Hier moet gerealiseerd worden dat het om een vergelijkbare volgorde gaat en niet om gelijke bewerkingen. Door de vergelijkbare bewerkingsvolgorden gelden ook vergelijkbare materiaalstromen tussen de werkplekken. De vergelijking tussen de materiaalstromen gaat alleen op voor de verhoudingen in de materiaalstromen; in absolute zin zijn de materiaalstromen niet te vergelijken en overtreft de AFV-cel de stromen binnen de ESD-cel. De materiaalstromen gelden als basis voor de vaststelling van de relaties tussen de verschillende werkplekken. Bij de vertaling van de gevonden relaties binnen de AFV-cel naar de ESD-cel worden de relaties met het deelgebied 'Tops, bottoms & sides' buiten beschouwing gelaten, omdat dit deelgebied binnen de ESD-cel niet onderkend wordt.

In paragraaf 4.3 is aangegeven dat de P-Q analyse een eerste inzicht geeft in de fundamentele vorm van de layout. Uit de P-Q analyse kan opgemaakt worden dat voor Colt binnen de twee productiecellen een lijnopstelling (of een afgeleide daarvan) de beste oplossing is. Binnen de AFV-cel worden een beperkt aantal verschillende producten in grote hoeveelheden geproduceerd waardoor het aanbevelenswaardig is een lijnopstelling te introduceren. Binnen de ESD-cel zijn de overeenkomsten tussen de verschillende producten een stuk lager en liggen ook de geproduceerde aantallen een stuk lager, de bewerkingsvolgorden van de verschillende producten vertonen echter wel grote overeenkomsten. Op basis van de stromen tussen de verschillende bewerkingsplekken is ook hier een lijnopstelling gerechtvaardigd.

## 6.2 Materiaalstromen

De analyse van de materiaalstroom brengt met zich mee het bepalen van de meest effectieve volgorde voor het verplaatsen van de materialen door de noodzakelijke stappen van het productieproces en de intensiteit van deze verplaatsingen (Muther, 1979). De basis voor de analyse van de materiaalstroom ligt in het productieproces. Om inzicht te verkrijgen in de productieprocessen van de belangrijkste producten zijn de processchema's in kaart gebracht. In een processchema wordt schematisch beschreven welke bewerkingen een product achtereenvolgens ondergaat. De volgende symbolen worden hierbij gebruikt:



- ⊙ Bewerking: het veranderen van vorm en/of materiaaleigenschappen van werkstukken.
- ⇒ Transport: de verplaatsing van objecten tussen twee activiteiten (bewerking of opslag).
- ▽ Langdurige opslag: opslag (in magazijn) van materialen, halffabrikaat of eindproducten.
- Overslag: goederen vanuit opslag via een transportmiddel naar een werkplek verplaatsen.
- Inspectie: keuring of controle van producten.
- D Tijdelijke opslag: niet te vermijden opslag in verband met afstemmingsproblemen.

In bijlage VII is ter illustratie het processchema van de ECO weergegeven. In het processchema worden niet alle afzonderlijke bewerkingen weergegeven, maar worden de bewerkingen per werkplek weergegeven. Zo ondergaat het product ten tijde van de assemblage, op één werkplek, een groot aantal bewerkingen, deze bewerkingen worden geclusterd tot één bewerking: assemblage. De bewerkingen kunnen geclusterd worden omdat tussen de bewerkingen geen transporten plaatsvinden zodat ze dus verder geen invloed hebben op de materiaalstromen. Om het processchema overzichtelijk te houden zijn niet alle afzonderlijke inkoopdelen in het processchema opgenomen. Deze stromen zijn gegroepeerd tot stromen inkoopdelen die van de voorraadposities naar assemblage stromen.

Bij de bepaling van de algemene totaal layout draait het om de ruimtelijke situering van deelgebieden of afdelingen in de totale beschikbare ruimte. Voor de bepaling van de materiaalstromen tussen de verschillende deelgebieden kunnen de processchema's vereenvoudigd worden door de bewerkingen die binnen een deelgebied plaatsvinden te clusteren. Met behulp van deze vereenvoudigde processchema's zijn de materiaalstromen tussen de verschillende deelgebieden te bepalen.

De materiaalstromen worden met behulp van de gegevens uit de P-Q analyse gekwantificeerd in een van-naar matrix. In de van-naar matrix wordt het aantal onderdelen dat tussen de deelgebieden wordt getransporteerd, weergegeven. Omdat binnen Colt de onderdelen niet afzonderlijk, maar per order worden getransporteerd, ligt het werkelijke aantal transporten tussen de deelgebieden lager dan in de van-naar matrix. Een (klant)order bestaat in het algemeen uit meerdere producten. Er is geen onderzoek gedaan naar de gemiddelde ordergrootte, deze wordt echter geschat op 10 stuks per order.

In figuur 10 is het aantal onderdelen die jaarlijks tussen de deelgebieden van de AFV-cel getransporteerd worden, weergegeven. In bijlage VIII wordt aangegeven hoe de van-naar matrix tot stand is gekomen. Met behulp van een van-naar matrix kan het belang van 'ligging in elkaars nabijheid' van de deelgebieden bepaald worden. Wanneer tussen deelgebieden veel onderdelen worden getransporteerd, is het aanbevelenswaardig om de deelgebieden in elkaars nabijheid te positioneren. Deze inzichten worden vervolgens gebruikt bij de opstelling van het relatiediagram. De relaties die met behulp van de van-naar matrix gelegd worden, gelden ook voor de ESD-cel met uitzondering van de relaties met betrekking tot het deelgebied Tops, bottoms & sides (TBS).



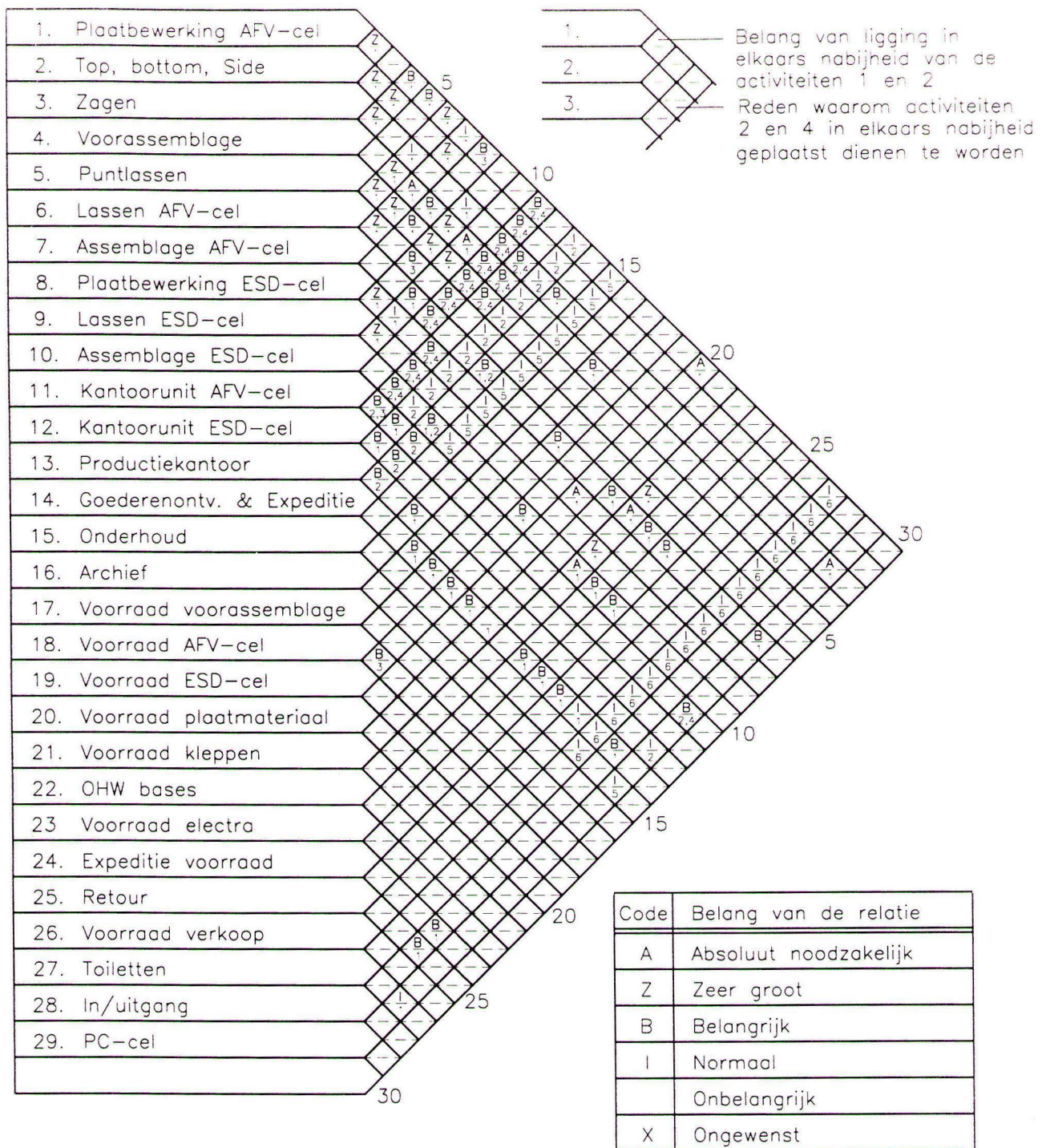
Van	Naar	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Voorraad		139.399	37.945	0	7.875	13.900	X	X	199.119
2	Plaatbewerking			26.000	14.5600	25.814	58.399	16.803	30.226	308.384
3	Zagen				1.800	0	1.800	8.327	18	11.945
4	TBS					0	0	46.800	1.800	48.600
5	Puntlassen						2.314	1.800	7.875	11.989
6	Lassen							12.663	17.083	29.746
7	Voorassemblage								88.070	89.825
8	Assemblage									0
		0	139.399	63.945	147.400	33.689	76.413	88.148	14.072	694.066

Figuur 10: Aantal onderdelen die jaarlijks tussen de deelgebieden van de AFV-cel getransporteerd worden

Bij de van-naar matrix van de AFV-cel dienen de volgende opmerkingen geplaatst te worden:

1. Voor de bepaling van de relaties tussen deelgebieden maakt de richting van de verplaatsing geen verschil; er wordt geen onderscheid gemaakt tussen de verplaatsing 'van 1 naar 3' en 'van 3 naar 1'.
2. In de matrix worden de transporten per afzonderlijk product geregistreerd, in werkelijkheid vinden de transporten echter per (klant)order plaats. Transport geschiedt per order, dus overall gelden dezelfde batches; voor de verhoudingen in het aantal transporten tussen de deelgebieden maakt het transporteren in batches niets uit. Voor de bepaling van het belang van ligging in elkaars nabijheid kunnen de gegevens uit de matrix gebruikt worden zonder dat dit een vertekening van de werkelijkheid betekent.
3. Vanwege de diversiteit in en de omvang van de stroom voorraaddelen naar assemblage en voorassemblage worden deze niet in de matrix opgenomen. Voor het transport van voorraad naar de overige bewerkingen geldt dat het om transporten per bewerking draait terwijl dit in werkelijkheid per order geschiedt (bijvoorbeeld plaatmateriaal voor het knippen van de base top, base bottom, base sides, en profielen wordt niet voor iedere knipbewerking apart aangeleverd, maar wordt in één keer voor de hele order aangeleverd). Het gaat dan om grote transporten (grote massa's) zodat het uit oogpunt van belang van ligging in elkaars nabijheid geen nadelige gevolgen heeft om de transporten per bewerking te registreren.
4. In de punten 2 en 3 komt tot uiting dat in de matrix de transporten per individueel product opgenomen zijn en niet per order zoals de producten in werkelijkheid getransporteerd worden. dit heeft een tweetal redenen:
  - de historische gegevens per order zijn niet eenvoudig te middelen over de afgelopen jaren, een order kan uit meerdere typen of uitvoeringen bestaan en dus zouden alle orders uitgesplitst moeten worden naar typen en uitvoeringen;
  - in het besturingssysteem van Colt worden de productstatistieken per type en uitvoering bijgehouden; niet per order.





Code	Reden
1.	Materiaalstroom/bewerkingsvolgorde
2.	Mate van informatief of persoonlijk contact
3.	Gezamenlijk gebruik van apparatuur, faciliteiten of inzet van personeel
4.	Toezicht
5.	Beheer van apparatuur of faciliteiten
6.	Persoonlijke verzorging

Figuur 11: Relatiediagram fabrieksvloer Colt International Productie BV



### 6.3 Relaties tussen activiteiten

Met behulp van de relaties tussen de verschillende activiteiten kan aangegeven worden welke activiteiten aanbeveling verdienen om dicht bij elkaar geplaatst te worden. Een activiteit staat voor het gebied waarbinnen bepaalde handelingen of bewerkingen verricht zullen worden. Bij de bepaling van de relaties moeten niet alleen de productie activiteiten (de primaire activiteiten) maar ook de ondersteunende (secundaire) activiteiten betrokken worden. De secundaire activiteiten zijn activiteiten die niet direct verband houden met de productie, deze activiteiten zijn echter wel noodzakelijk om de productie activiteiten optimaal te laten functioneren. Binnen Colt worden de volgende ondersteunende activiteiten onderscheiden:

- productiekantoor;
- archief;
- kantoorruimte AFV-cel ;
- kantoorruimte ESD-cel;
- goederenontvangst en expeditie;
- onderhoud;
- toiletten;
- voorraadposities.

De relaties tussen de primaire productie activiteiten kunnen gelegd worden met behulp van de materiaalstromen. De relaties tussen de primaire en de secundaire activiteiten en tussen de secundaire activiteiten onderling kunnen niet of nauwelijks met behulp van deze stromen worden aangegeven. Een relatie tussen twee primaire activiteiten kan ook niet altijd gelegd worden op basis van de materiaalstromen. Vergelijkbare activiteiten binnen de twee productiecellen kunnen aanbeveling verdienen dicht bij elkaar gepositioneerd te worden op basis van gezamenlijk gebruik van faciliteiten of apparatuur. Naast de materiaalstromen gelden dus nog andere redenen waarom activiteiten in elkaars nabijheid gesitueerd moeten worden. Relaties tussen activiteiten kunnen op basis van de volgende redenen worden gelegd:

1. Materiaalstroom of bewerkingsvolgorde.
2. Informatief of persoonlijk contact.
3. Gezamenlijk gebruik van apparatuur of faciliteiten of gedeelde inzet van personeel.
4. Toezicht.
5. Beheer van apparatuur of faciliteiten.
6. Persoonlijke verzorging.

De relaties tussen de activiteiten kunnen met behulp van een relatiediagram op een overzichtelijke wijze in kaart gebracht worden. In figuur 11 is het relatiediagram van de fabrieksvloer van Colt opgenomen. In dit diagram wordt het belang en de reden van iedere mogelijke relatie aangegeven. Het belang van een relatie wordt aangegeven met de mate waarin het noodzakelijk is dat twee activiteiten in elkaars nabijheid geplaatst worden. De mate van belang van een relatie wordt in de volgende gradaties uitgedrukt:

- absoluut noodzakelijk (het is absoluut noodzakelijk de activiteiten bij elkaar te situeren);
- zeer groot;
- belangrijk;
- normaal;
- onbelangrijk;
- ongewenst (het is niet gewenst de activiteiten in elkaars nabijheid te situeren).





Het relatiediagram van figuur 11 is een afleiding van het relatiediagram dat in bijlage IX is opgenomen. In het uitgebreide relatiediagram zijn activiteiten opgenomen die om praktische redenen niet van elkaar gescheiden kunnen worden. In het hiernaast weergegeven relatiediagram zijn de activiteiten die niet gescheiden kunnen worden als één activiteit opgenomen.

## **6.4 Activiteiten relatiediagram**

Nu de relaties tussen de verschillende activiteiten zijn bepaald, kunnen deze grafisch uitgebeeld worden. Middels het activiteiten relatiediagram en/of de grafische weergave van de materiaalstromen wordt een inzicht verkregen in de wijze waarop de verschillende activiteiten ten opzichte van elkaar gepositioneerd moeten worden. Gezien het feit dat de materiaalstromen in de relaties tussen de (primaire) activiteiten is verwerkt, kan hier volstaan worden met het activiteiten relatiediagram. In het activiteiten relatiediagram wordt nog geen rekening gehouden met de ruimte-aspecten. De ruimte-aspecten worden in de volgende fase bij de layout planning betrokken, zie hiervoor paragraaf 6.5.

De grafische weergave van de activiteiten is gebaseerd op het belang van de relaties tussen de verschillende activiteiten. Het uitgangspunt is dat de activiteiten met een sterke onderlinge relatie dicht bij elkaar worden geplaatst. Om dit te kunnen realiseren, worden eerst de activiteiten waarvoor het ‘absoluut noodzakelijk’ is dat deze zich in elkaars nabijheid bevinden, grafisch uitgezet. Vervolgens worden hieraan, in afnemend belang van de relatie, de overige activiteiten toegevoegd.

In figuur 12 is het activiteiten relatiediagram van de fabrieksvloer van Colt gegeven. In de figuur worden de verschillende soorten activiteiten onderscheiden door middel van symbolen. De vermelde getallen in de symbolen corresponderen met het relatiediagram van figuur 11.

Om de figuur overzichtelijk te houden, zijn niet alle relaties in het diagram aangegeven. De relaties tussen de productieactiviteiten en de onderhoudsdienst zijn niet weergegeven. Tussen deze activiteiten geldt steeds een ‘normale’ relatie zodat het weglaten van deze relaties een geringe invloed heeft op het totaal beeld. Ook de relaties tussen de productieactiviteiten en de kantoorruimten productiekantoor, AFV-unit en ESD-unit zijn niet opgenomen in het activiteiten relatiediagram. De kantoorruimten zullen op hun huidige positie gehandhaafd blijven en het is niet mogelijk alle productieactiviteiten zodanig rondom de kantoorunits te plaatsen dat de relaties tot hun recht zouden komen. Hetzelfde geldt voor de relaties tussen de sanitaire voorzieningen en de overige activiteiten.

## **6.5 Benodigde en beschikbare ruimte**

Nu de activiteiten op basis van hun onderlinge relaties ruimtelijk geordend zijn, wordt het ruimte-aspect van de verschillende activiteiten bij de layout planning betrokken. Daarbij worden eerst de benodigde ruimten bepaald. In een later stadium worden de benodigde ruimten afgezet tegen de beschikbare ruimten.

Tabel 2: Benodigde ruimte voor de deelgebieden

Activiteit	Benodigde ruimte (m <sup>2</sup> )
1 Plaatbewerking AFV-cel	450
2 Tops, bottoms & sides	110
3 Zagen	110
4 Voorassemblage	250
5 Puntlassen	90
6 Lassen AFV-cel	67.5
7 Assemblage AFV-cel	832
8 Plaatbewerking ESD-cel	300
9 Lassen ESD-cel	67.5
10 Assemblage ESD-cel	800
11 Kantoorunit AFV-cel	35
12 Kantoorunit ESD-cel	35
13 Productiekantoor	-
14 Goederenontvangst & Expeditie	40
15 Onderhoud	120
16 Archief (1e verdieping)	(53)
17 Voorraad voorassemblage	50
18 Voorraad AFV-cel	245
19 Voorraad ESD-cel	120
20 Voorraad plaatmateriaal	288
21 Voorraad kleppen	402
22 OHW bases	115
23 Voorraad electra (1e verdieping)	(66)
24 Expeditie voorraad	130
25 Retour	98
26 Voorraad verkoop	-
27 Toiletten	51
28 In/uitgang	-
29 PC-cel	200
Totale toegewezen ruimte	5006
Totale ruimte	6000
Niet gedefinieerde ruimte	994



### *Benodigde ruimte*

Colt voorziet voor de komende jaren een aan de huidige situatie vergelijkbare productie-omvang. Bij de bepaling van de benodigde ruimte wordt daarom uitgegaan van de ruimten die de activiteiten in de huidige situatie beslaan. Deze ruimten zijn royaal opgezet zodat binnen de bestaande ruimten nog mogelijkheden voor eventuele uitbreidingen bestaan.

Gebruikmakend van de huidige ruimte-indeling kunnen niet alle benodigde ruimten direct bepaald worden. In de huidige situatie wordt geen onderscheid gemaakt tussen plaatbewerking bestemd voor de AFV-cel en voor de ESD-cel. Ook is in de huidige situatie geen ruimte gereserveerd voor de nieuwe PC-cel. Wanneer de totale ruimte die op dit moment door plaatbewerking in beslag wordt genomen nader beschouwd wordt, blijkt dat 60% van deze ruimte ter beschikking staat van de AFV-cel en de overige 40% van de ESD-cel. Zie bijlage X voor de verdeling van de afdeling plaatbewerking in cellen.

Hoewel in de huidige situatie geen ruimte is gereserveerd voor de PC-cel kan bij de bepaling van de benodigde ruimte voor deze cel wel gebruik gemaakt worden van de gegevens uit de bestaande situatie. De las- en assemblagewerkplekken in de PC-cel zijn vergelijkbaar met de andere las- en assemblagewerkplekken. Zie bijlage XI voor de bepaling van de benodigde ruimte voor de PC-cel. In de benodigde ruimte voor de PC-cel is ook een voorraad kleppen opgenomen; in de huidige situatie waren deze kleppen ondergebracht bij de activiteit 'voorraad kleppen'. De benodigde ruimte voor deze activiteit behoeft in een nieuwe situatie minder ruimte.

In tabel 2 zijn de benodigde ruimten voor de activiteiten opgenomen. In deze tabel zijn de benodigde ruimten voor het verkoopmagazijn en het productiekantoor niet opgenomen daar deze niet binnen de in te delen locatie vallen.

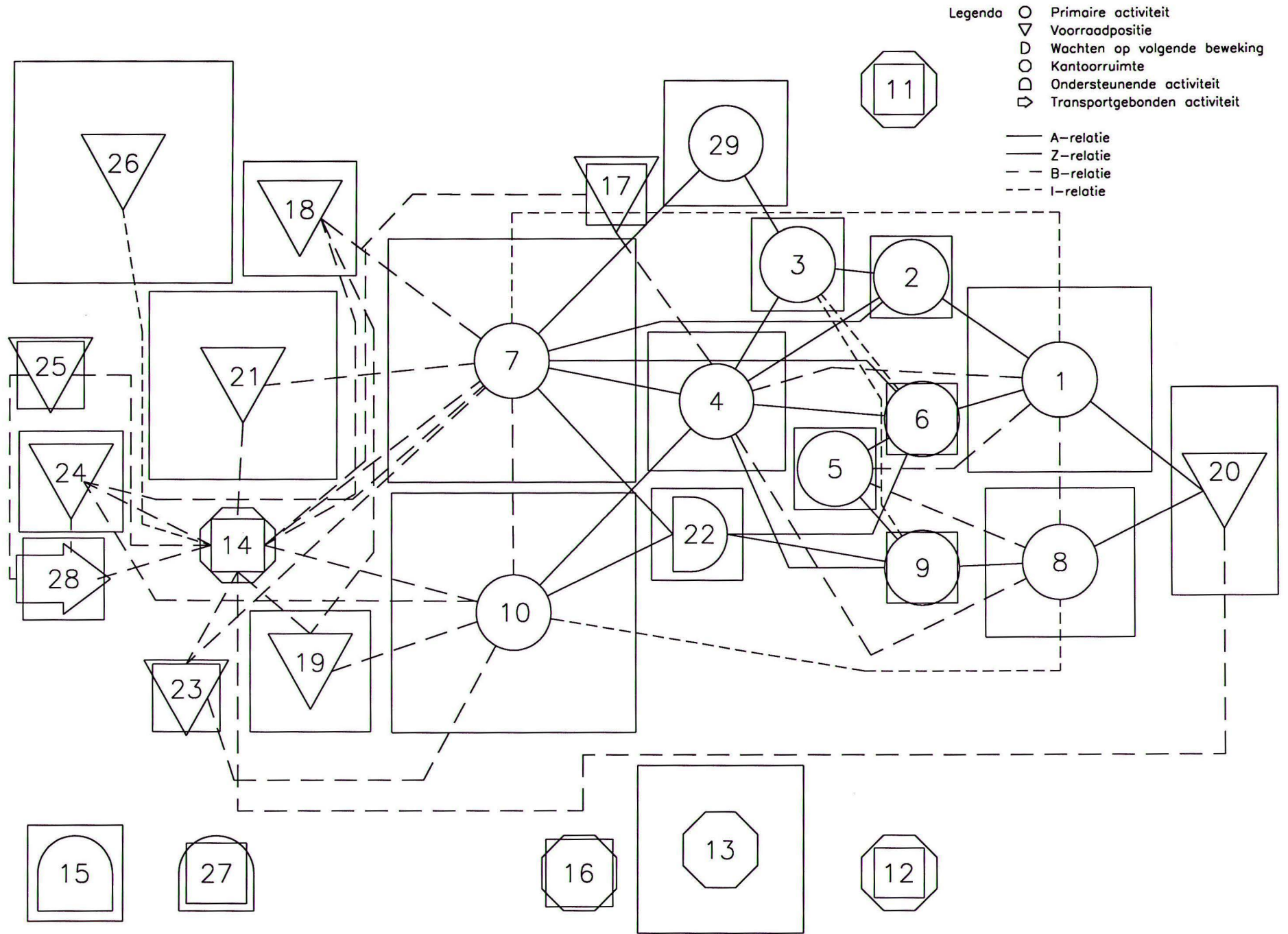
### *Beschikbare ruimte*

De voor het nieuwe layout plan ter beschikking staande ruimte bedraagt 6000 m<sup>2</sup>. Uit tabel 2 blijkt dat de totale benodigde ruimte voor de verschillende activiteiten 5006 m<sup>2</sup> bedraagt. Bij deze ruimte zijn echter niet de benodigde gangpaden opgenomen. Ook is geen rekening gehouden met ruimte die verloren gaat door verschillen in afmetingen tussen de activiteiten. Voor de gangpaden en verloren ruimte is dus 994 m<sup>2</sup> beschikbaar. In de huidige situatie was meer ruimte beschikbaar wat geresulteerd heeft in een aantal brede gangpaden. Door het opnemen van de PC-cel in het nieuwe layout plan is 165 m<sup>2</sup> minder beschikbaar voor gangpaden en verloren ruimte. In de huidige situatie bedroeg het aantal strekkende meter gangpad 350 m. Voor de nieuwe situatie zou dit bij hetzelfde aantal strekkende meter gangpad een ver-smalling van 0,5 m. betekenen. Gezien de brede gangpaden in de huidige situatie mag dit geen belemmering vormen voor het layout plan. Het layout plan kan dus binnen de beschikbare ruimte uitgevoerd worden.

## **6.6 Ruimte relatiediagram**

Een ruimte relatiediagram van Colt wordt verkregen door in het activiteiten relatiediagram van figuur 12 de benodigde ruimten op te nemen. In een ruimte relatiediagram wordt nog geen rekening gehouden met de specifieke eisen met betrekking tot afmetingen en specificaties van de ruimten. Deze aspecten komen bij de ontwikkeling van de alternatieve layout plannen aan

Figuur 13: Ruimte relatiediagram fabrieksvloer Colt International Productie BV





bod. In figuur 13 is het het ruimte relatiediagram van de fabrieksvloer van Colt weergegeven. De getallen, die bij de verschillende activiteiten zijn opgenomen corresponderen, met de activiteiten in het relatiediagram van figuur 11. Het ruimte relatiediagram geldt vervolgens als het uitgangspunt bij de ontwikkeling van alternatieve layout plannen.

## 6.7 Alternatieve layout plannen

Het ruimte relatiediagram vormt de basis voor de ontwikkeling van alternatieve layout plannen. Het ruimte relatiediagram wordt hiertoe zodanig aangepast dat het binnen de beschikbare locatie gesitueerd kan worden.

Bij de bepaling van alternatieve layout plannen wordt er van uit gegaan dat de verschillende deelgebieden elke willekeurige vorm kunnen aannemen. Voor een aantal deelgebieden gaat deze stelling echter niet op. Bij de bepaling van de algemene totaal layout moet al in zekere mate rekening gehouden worden met de invulling op het detail niveau. De ruimten voor de activiteiten puntlassen, zagen en lassen laten op het detail niveau weinig ruimte open voor alternatieven met betrekking tot de invulling van de ruimte. Voor de overige activiteiten gelden deze beperkingen in mindere mate omdat deze activiteiten op het detail niveau over meer mogelijkheden beschikken om de ter beschikking staande ruimte in te delen.

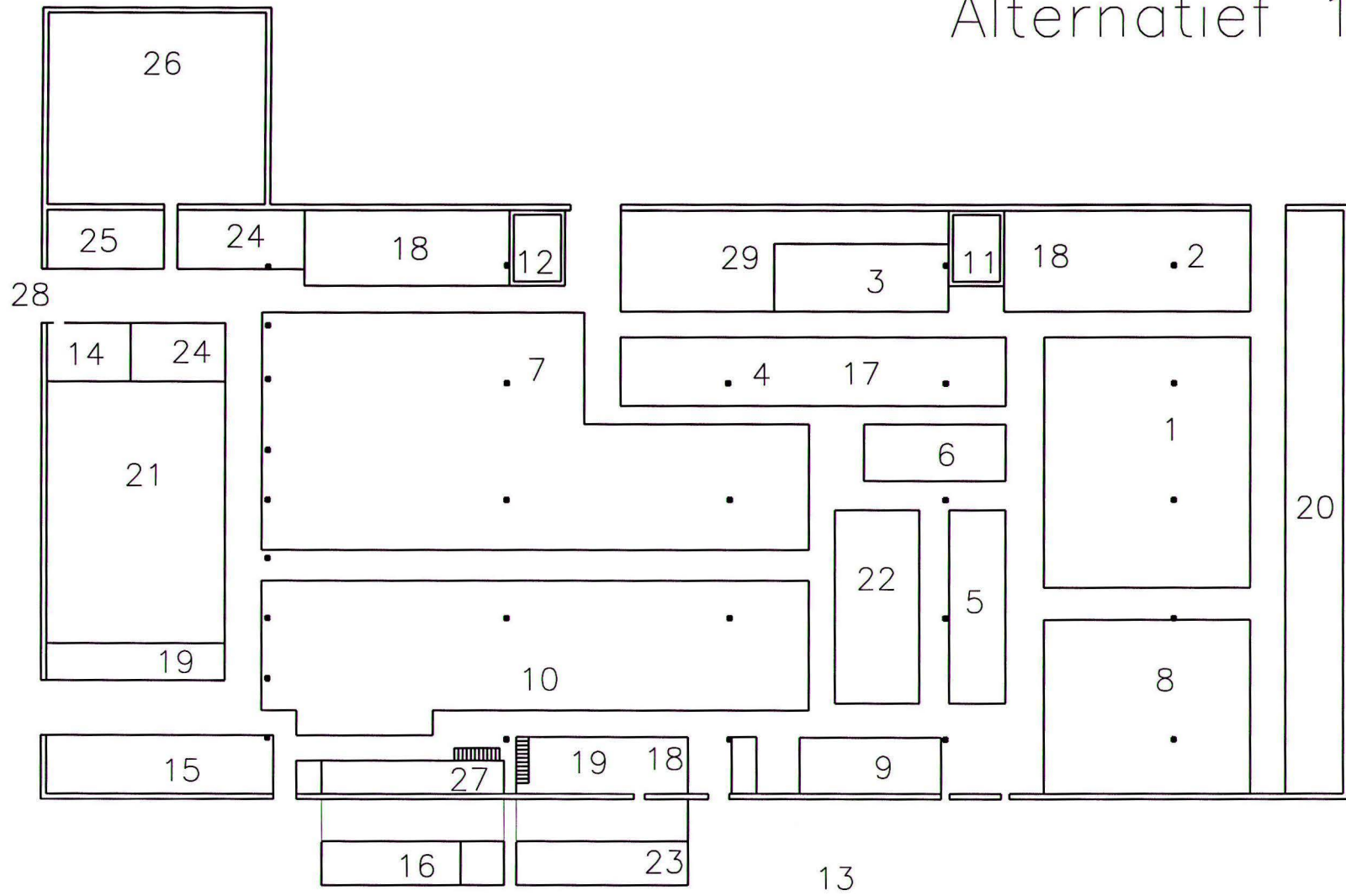
Naast de beperkingen met betrekking tot de vormen die de verschillende deelgebieden aan kunnen nemen, moet bij de ontwikkeling van de layout plannen rekening worden gehouden met de distributie van de benodigde materialen, onderdelen en de half- en eindproducten. De distributieactiviteiten worden handmatig of met behulp van een vorkheftruck uitgevoerd. Het nieuwe layout plan moet een ongestoorde aan- en afvoer van de benodigde onderdelen en materialen mogelijk maken. De gangpaden dienen daartoe minimaal twee meter breed te zijn in verband met de breedte van een vorkheftruck en de voor transport gebruikte karren.

Voor de bepaling van de globale layout plannen gelden verder geen beperkingen. De benodigde voorzieningen voor de verschillende deelgebieden, zoals electra en persluchtvoorzieningen, zijn op de gehele locatie beschikbaar of zijn zonder noemenswaardige problemen aan te brengen. Voor de fundering, die voor een aantal machines noodzakelijk is, geldt deze algemene beschikbaarheid niet. In de huidige situatie zijn de fundamenten beperkt tot de locatie van de machines. De machines bevinden zich in de deelgebieden: plaatbewerking (zowel voor de AFV- als de ESD-cel) en Tops, Bottoms & Sides. Indien de bestaande fundamente in de layout plannen geïntegreerd moeten worden, zal dit leiden tot layout plannen die niet of nauwelijks van de huidige situatie zullen verschillen. De layout plannen zullen dan nooit in optimale oplossingen resulteren. De implementatie van een nieuwe layout betekent aldus dat in een drietal deelgebieden extra fundamente gestort moeten worden om de zware machines te kunnen plaatsen. Daar de fundamente, zonder noemenswaardige kostenverschillen, over de gehele locatie aangebracht kunnen worden, gelden met betrekking tot de fundatie geen extra beperkingen voor deze deelgebieden.

Bij de bepaling van de alternatieven is besloten om de onderhoudsafdeling op de huidige locatie te handhaven. Tussen de onderhoudsafdeling en diverse (primaire) activiteiten zijn relaties gelegd. Op de fabrieksvloer van Colt is echter geen gebied aan te geven dat ten opzichte van de andere gebieden extra storingsgevoelig is, zodat er geen duidelijk patroon in de verplaatsingen

# Alternatief 1

Figuur 14: Globale totaal layout (alternatief 1)



Schaal 1 : 588



tussen de onderhoudsafdeling en de overige activiteiten aan te geven is. De onderhoudsafdeling zodanig te positioneren dat aan alle relaties voldaan kan worden, bleek niet mogelijk. Uit kostenoverweging is vervolgens besloten om de onderhoudsafdeling op de huidige locatie te handhaven. Met de verplaatsing van de onderhoudsafdeling zijn geen vermeldenswaardige kostenvoordelen te realiseren, terwijl hier wel kosten voor de verplaatsing tegenover zouden staan. Het handhaven van de onderhoudsafdeling doet overigens geen afbreuk aan de relaties tussen de overige activiteiten

Bovenstaande overwegingen hebben geleid tot vier alternatieve layout plannen. Ter illustratie is in figuur 14 één van de alternatieven opgenomen; de overige layout plannen zijn opgenomen in bijlage XII. Het layout plan van figuur 14 is willekeurig geselecteerd uit de vier ontwikkelde layout plannen.

## 6.8 Evaluatie en selectie algemene totaal layout

De vier ontwikkelde (totaal) layout plannen worden nu onderling met elkaar vergeleken om het beste alternatief te selecteren. Dit alternatief zal dan tot in detail uitgewerkt worden. Alvorens de alternatieven onderling te kunnen vergelijken, dienen de beoordelingscriteria gedefinieerd te worden.

Volgens de literatuur (zie bijvoorbeeld Botter, 1993) dienen goed doordachte layouts aan de volgende eisen te voldoen:

- nuttig gebruik van de beschikbare ruimte op korte en lange termijn;
- minimale transportkosten en goede bereikbaarheid;
- hoge doorstroomsnelheid van goederen en/of mensen;
- effectieve onderlinge communicatiemogelijkheden en mogelijkheden om leiding te geven;
- effectieve inzetbaarheid van de werknemers;
- goede werkomstandigheden en veiligheid van de betrokkenen;
- eenvoudige aanpasbaarheid aan zich wijzigende omstandigheden.

Voor de situatie bij Colt kunnen deze algemene criteria in de volgende punten vertaald worden:

- minimale transportafstanden;
- nuttig gebruik van de bestaande ruimte en eventuele uitbreidingsmogelijkheden;
- bijdrage aan de cellenstructuur;
- mogelijkheden tot de uitwisseling van mensen en middelen tussen de productiecellen.

Daar de transportafstanden een vooraanstaande plaats innemen bij de layout-studie en omdat deze goed te kwantificeren zijn, ligt de nadruk bij de beoordeling van de alternatieven op de transportafstanden tussen de verschillende activiteiten of deelgebieden. De beoordeling op de overige criteria zal hoofdzakelijk kwalitatief geschieden.

### *Transportafstanden*

Bij de beoordeling van de afstanden tussen de deelgebieden wordt niet alleen uitgegaan van de materiaalstromen. Alle relaties, die van enige mate van belang zijn, worden bij de onderlinge vergelijking en beoordeling van de alternatieven betrokken. Dit houdt in dat alle in het relatiedia-



gram gedefinieerde relaties, behalve de 0-relaties, bij de vergelijking en beoordeling van de alternatieven betrokken worden. Van iedere relatie is de afstand tussen betrokken deelgebieden bepaald. De afstanden tussen de gebieden die beide een vooraf bepaalde bestemming hebben, i.e. de kantoorruimten, worden buiten beschouwing gelaten daar zij voor alle alternatieven gelijk zijn. De afstanden tussen de deelgebieden zijn op een drietal plaatsen bepaald:

- de minimale afstand;
- centre to centre, de afstand tussen de middelpunten van de deelgebieden;
- en de maximale afstanden tussen de deelgebieden.

In de relatie analyse is het belang van ligging in elkaars nabijheid voor de deelgebieden bepaald. Om het belang van ligging in elkaars nabijheid mee te nemen in de beoordeling, worden de afstanden tussen de deelgebieden vermenigvuldigd met een factor. Deze factor is gerelateerd aan het belang van de relatie tussen de deelgebieden. De wegingsfactoren zijn voor de A-, Z-, B- en I-relaties respectievelijk 4, 3, 2 en 1.

In tabel 3 zijn van de vier alternatieven de cumulatieve afstanden tussen de deelgebieden opgenomen. Het betreft hier de gewogen afstanden die aan de hand van de absolute afstanden en de wegingsfactoren bepaald zijn. In bijlage XIII zijn de afstanden per deelgebied te vinden.

*Tabel 3: Totale, gewogen afstanden tussen deelgebieden in meters*

Alternatief	Minimale afstand	Centre to centre	Maximale afstand
1	4.009,0	7.991,3	12.907,5
2	4.118,0	8.136,5	13.316,7
3	4.070,5	8.785,4	13.280,9
4	4.142,2	7.998,1	12.682,5

Uit tabel 3 blijkt dat de alternatieven op de minimale en gemiddelde afstanden elkaar weinig ontlopen, de maximale afstanden tussen de deelgebieden werpen alternatief 4 als beste op.

#### *Nuttig gebruik en uitbreidingsmogelijkheden van de ruimte*

Bij de bepaling van de benodigde ruimten voor de deelgebieden is al enigszins rekening gehouden met eventuele uitbreidingsmogelijkheden. Gezien de ter beschikking staande locatie zijn deze mogelijkheden voor alle alternatieven beperkt.

Het nuttig gebruik van de ruimte is te bepalen aan de hand van de verloren ruimte die ontstaat bij de indeling van de ruimte. Deze ruimte ontstaat doordat de verschillende deelgebieden niet elke willekeurige vorm kunnen aannemen. De benodigde gangpaden voor de aan- en afvoer van materialen en onderdelen behoren dus niet tot de verloren ruimte. Voor de ontwikkelde alternatieven is de verloren ruimte vergelijkbaar.

Op het gebied van het nuttig gebruik en de uitbreidingsmogelijkheden van de ruimte ontlopen de alternatieven elkaar hoegenaamd niets en werpt geen van de layout plannen zich als beste op.

#### *Bijdrage aan cellenstructuur*

In tegenstelling tot de huidige situatie is in de vier gevonden alternatieven de cellenstructuur ook fysiek in de plaatbewerkerij aangebracht. Daarnaast komt de cellenstructuur over de gehele



ruimte beter tot uiting. De tot één cel behorende deelgebieden zijn in volgorde van de materiaalstromen en dichter bij elkaar gepositioneerd. Het bovenstaande geldt in vergelijkbare mate voor alle alternatieven.

#### *Mogelijkheden tot uitwisseling van mensen en middelen*

Hoewel dit indruist tegen de principes van de groepentechnologie worden binnen Colt International Productie BV de medewerkers uit de ene cel, als de werkdruk in de eigen cel dit toelaat, ingezet in de andere cel. In hoofdzaak geschiedt dit om de werkdruk in de andere cel te verlagen en om de geplande orders gereed te krijgen. Naast de uitwisseling van mensen tussen de cellen wordt de relatie tussen de cellen versterkt door een aantal machines en werkplekken die maar beperkt beschikbaar zijn. Zo beschikt de ESD-cel bijvoorbeeld over een knipschaar die lengtes tot 4 m. kan verwerken, terwijl de AFV-cel op haar knipschaar slechts lengtes tot 3 m. kan verwerken. Wanneer de AFV-cel onderdelen moet knippen die de 3 m. grens overschrijden zijn zij aangewezen op de knipschaar uit de ESD-cel. Om de samenwerking tussen de beide cellen niet te belemmeren moet de nieuwe layout bijdragen aan de uitwisselbaarheid van mensen en middelen tussen de cellen. Deze voorwaarde is echter al meegenomen bij de opstelling van het relatiediagram en is dus bij de ontwikkeling van de alternatieven al meegenomen.

De mogelijkheden tot uitwisseling van mensen en middelen komt in alle alternatieven tot uiting. In de alternatieven 2 en 3 zijn door de opstelling van het plaatmateriaal de uitwisselmogelijkheden tussen deelgebieden AFV- en ESD-plaatbewerking beperkt. In de alternatieven 1 en 4 worden de uitwisselingsmogelijkheden van de lasafdelingen door de opstelling van het deelgebied puntlassen beperkt.

De uitwisseling tussen de lasafdelingen betreft alleen personeel daar de beide lasafdelingen over dezelfde parallelle werkplekken beschikken. De uitwisseling tussen de lasafdelingen vindt minder frequent plaats dan de uitwisseling tussen de plaatbewerkerijen. Uit het voorgaande wordt geconcludeerd dat de mogelijkheden tot uitwisseling van mensen en middelen tussen de plaatbewerkerijen van groter belang is dan de mogelijkheden tussen de lasafdelingen.

Daar de uitwisseling van mensen en middelen tussen de plaatbewerkerijen van groter belang is dan de uitwisseling tussen de lasafdelingen verdienen, op basis van de mogelijkheden tot uitwisseling van mensen en middelen de alternatieven 1 en 4 de voorkeur boven de alternatieven 2 en 3.

De onderlinge vergelijking en beoordeling van de alternatieven wijst uit dat het vierde alternatief een lichte voorkeur geniet boven de overige alternatieven. Dit alternatief zou dus als uitgangspunt bij de bepaling van de detail-layout moeten gelden.

Omdat de alternatieven elkaar weinig ontlopen, en er slechts een beperkt aantal deelgebieden op detail-niveau uitgewerkt hoeft te worden, zullen alle alternatieven tot op detail niveau uitgewerkt worden.

Figuur 15: Aantal onderdelen dat getransporteerd wordt tussen bewerkingen binnen de AFV-cel

Van	Naar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
1	Voorraad		77565	46800	408	37465	480	0	0	0	0	0	0	0	13900	0	0	0	0	7875	13900	X	X	198393
2	Knippen plaat		0	0	0	0	0	62034	0	0	0	0	0	1800	24574	0	0	0	0	0	1800	0	0	90208
3	Knippen stroken			0	0	0	0	0	35100	11700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46800
4	Knippen gaas				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	408	0	0	0	0	408
5	Zagen Aluminium					0	0	0	0	1800	0	26000	0	0	0	0	0	0	0	0	1800	7847	18	37465
6	Zagen staal licht						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	480	0	480
7	Uithappen **							49400	0	0	0	0	0	12337	0	0	0	0	0	234	63	0	0	62034
8	Ponsen steek 266								11700	23400	0	0	0	49400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84500
9	Ponsen t/b									0	11700	0	0	0	0	11700	0	0	0	0	0	0	0	23400
10	Ponsen Afw.										0	0	0	0	11700	0	0	0	0	0	0	0	1800	13500
11	Ponsen side											0	0	0	0	0	23400	0	0	0	0	0	0	23400
12	Ponsen LCC												0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26000	26000
13	Ponsen bin. klep													1800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1800
14	Zetten														0	0	0	0	25580	56128	16803	3500	102011	
15	Dubbelzetten															23400	0	0	0	0	0	0	0	23400
16	Zetten T/B																0	0	0	0	23400	0	23400	
17	Zetten Side																	0	0	0	23400	0	23400	
18	Walsen gaas																		0	408	0	0	408	
19	Puntlassen																				2314	1800	7875	11989
20	Lassen TIG																					12663	17083	29746
21	Voorassemblage																						88070	88070
22	Assemblage																							0
		0	77565	46800	408	37465	480	62034	84500	23400	25200	11700	26000	1800	1E+05	23400	23400	23400	408	33689	76413	86393	1E+05	910812



## 7. Detail layout

Bij de gedetailleerde layout planning gaat het om het lokaliseren van elke machine afzonderlijk en elk afzonderlijk deel van de apparatuur. In vergelijking met de bepaling van de globale layout worden, op een gedetailleerder niveau, dezelfde procedures toegepast. Een belangrijker verschil is dat bij de bepaling van de detail layout strengere beperkingen gelden ten aanzien van de beschikbare ruimten. Deze beperkingen worden bij de ontwikkeling van de algemene totaal layout opgelegd.

Bij de bepaling van de detail layout wordt de aandacht in eerste instantie opnieuw gericht op de inrichting van de deelgebieden die behoren tot de AFV-cel. Dit is te rechtvaardigen door het grote productievolume van de AFV-cel ten opzichte van de ESD-cel. De gevonden relaties voor de AFV-cel zullen vervolgens op de deelgebieden van de ESD-cel geprojecteerd worden. Door de overeenkomsten in de bewerkingsvolgorden binnen de cellen gelden voor beide cellen dezelfde relaties tussen overeenkomstige bewerkingsplekken.

Voor de onderhoudsafdeling gelden bij de bepaling van de detail layout dezelfde overwegingen als bij de bepaling van de globale totaal layout. Omdat geen duidelijke stromen en relaties binnen deze afdeling aan te geven zijn, blijft de huidige indeling van de onderhoudsafdeling gehandhaafd.

### 7.1 Bepaling van de detail layout

Bij de bepaling van de detail layout zijn de gedachten en inzichten van belang van diegene die direct verantwoordelijk zijn voor de activiteiten binnen het deelgebied. Dit omdat zij over de kennis beschikken omtrent de specificaties waaraan de werkplekken moeten voldoen. Deze mensen beschikken over deze kennis omdat zij dagelijks actief zijn binnen de werkplekken. Daarnaast is het van belang de mensen bij de layout planning te betrekken en inspraak te geven in het layout plan. Dit om acceptatie van het layout plan te verkrijgen.

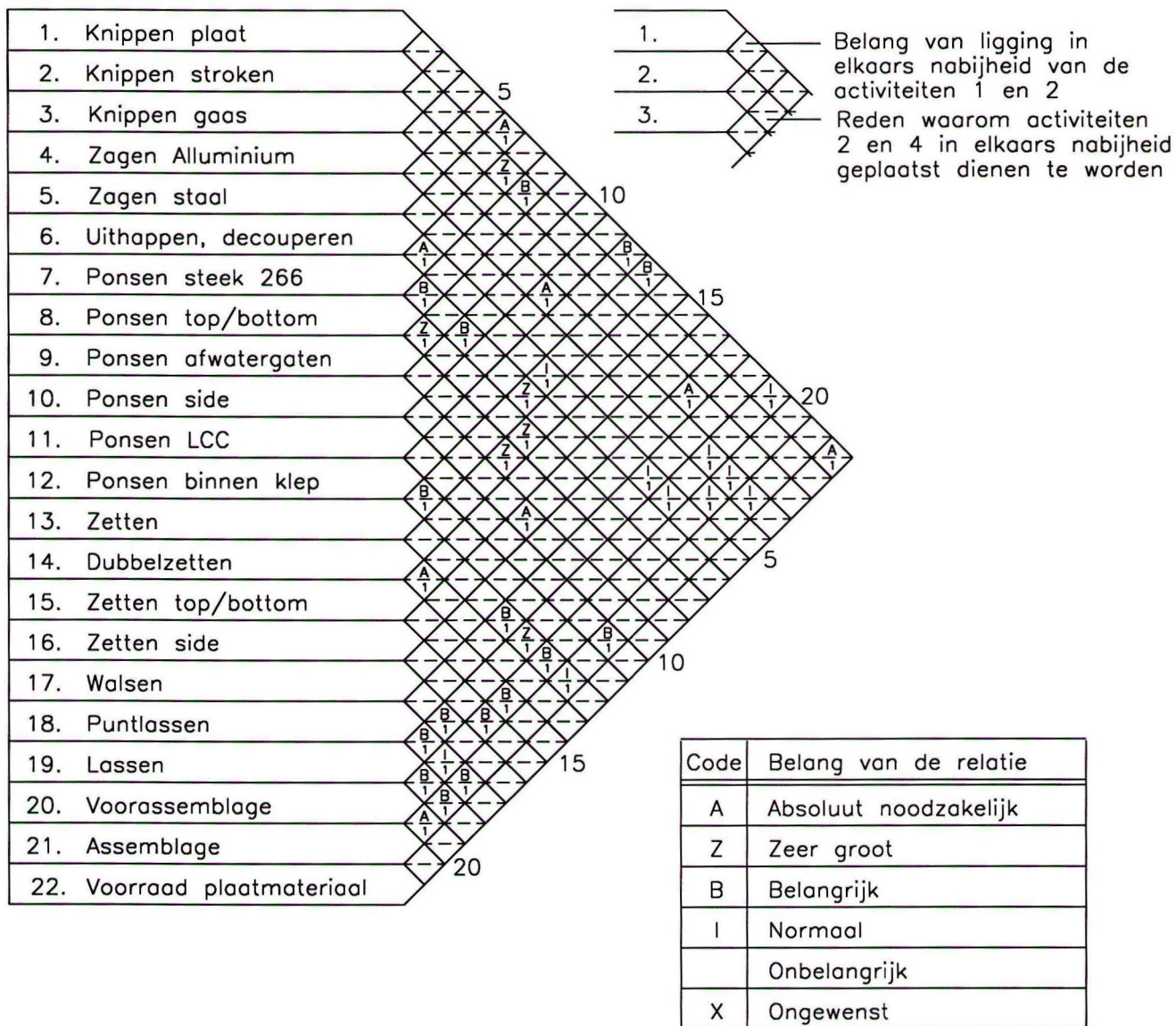
Bij de bepaling van de detail layout van de fabrieksvloer van zijn de medewerkers betrokken die verantwoordelijk zijn voor productieve taken als plaatbewerking, lassen en assemblage.

#### *Detail layout plaatbewerkerijen*

Bij bepaling van de globale layout zijn de benodigde analyses al tot op detail niveau uitgevoerd. De resultaten van deze analyses kunnen, eventueel in aangepaste vorm, dus opnieuw gebruikt worden bij de bepaling van de detail layout.

De P-Q analyse en de analyse van de materiaalstromen zijn al tot op bewerkingsniveau uitgevoerd. Uit de resultaten van de P-Q analyse en de analyse van de materiaalstromen op bewerkingsniveau, is voor de AFV-cel een van-naar matrix samen te stellen, zie figuur 15. In bijlage VIII wordt uiteengezet hoe deze matrix is opgesteld. Omdat op een machine verschillende bewerkingen uitgevoerd worden, bewerkingen op verschillende machines uitgevoerd worden en omdat de analyse van de materiaalstromen zich op stromen tussen bewerkingen heeft gericht, zijn in de matrix niet de machines maar de bewerkingen opgenomen. Deze bewerkingen worden bij de opstelling van het activiteiten relatiediagram aan de machines toegewezen. Het activiteiten relatiediagram kan daarom niet direct uit het relatiediagram opgesteld worden, maar zal een vertaalslag moeten ondergaan.





Code	Reden
1.	Materiaalstroom/bewerkingsvolgorde
2.	Mate van informatief of persoonlijk contact
3.	Gezamenlijk gebruik van apparatuur, faciliteiten of inzet van personeel
4.	Toezicht
5.	Beheer van apparatuur of faciliteiten
6.	Persoonlijke verzorging

Figuur 16: Relatiediagram AFV-cel



Binnen de AFV-cel zijn naast de primaire activiteiten geen ondersteunende activiteiten te onderkennen, zodat de relaties tussen de activiteiten (de bewerkingen) binnen de AFV-cel direct gelegd kunnen worden met de gegevens uit de van-naar matrix. Het opgestelde relatiediagram is te vinden in figuur 16.

Aan de hand van figuur 16 kunnen de onderscheiden activiteiten ruimtelijk weergegeven worden, waarbij het belang van de onderlinge relatie bepalend is. De activiteiten uit het relatiediagram betreffen bewerkingen terwijl de ruimtelijke indeling betrekking heeft op de machines of ruimten waar de bewerkingen uitgevoerd worden. Om de ruimtelijke situering van de machines en werkplekken te bepalen zijn eerst de bewerkingen uit het relatiediagram ten opzichte van elkaar gepositioneerd. Vervolgens zijn de bewerkingen vertaald naar de machines waarop de bewerkingen uitgevoerd worden. Het resulterende activiteiten relatiediagram is te vinden in figuur 17. Het activiteiten relatiediagram van de ESD-cel is opgesteld aan de hand van de relaties tussen de vergelijkbare werkplekken in de AFV-cel. De benaming van de activiteiten correspondeert met de benaming van de machines en werkplekken in de huidige situatie. De activiteiten relatiediagrammen die tot het diagram van figuur 17 geresulteerd hebben, zijn opgenomen in bijlage XIV.

Na de bepaling en de grafische weergave van de relaties tussen de verschillende bewerkingsplekken, worden de benodigde ruimten voor de werkplekken bepaald. Daar bij de bepaling van de deelgebieden al rekening gehouden is met de benodigde ruimte op het detail niveau, behoeven de benodigde ruimten voor de werkplekken niet meer getoetst te worden aan de beschikbare ruimte.

De benodigde ruimte voor de diverse werkplekken zijn in overleg met betrokken werknemers vastgesteld. Naast de ruimte voor machine of werktafel bestaat de bewerkingsplek uit ruimte voor bediening, producthandling en onderhoud. Bij de bepaling van de werkruimte zijn ook de voorzieningen vastgesteld, waarmee de werkplek uitgerust moet worden. De voorzieningen kunnen betrekking hebben op de benodigde fundatie of extra voorzieningen met betrekking tot electra of perslucht. Bovenstaande gegevens zijn opgetekend op registratieformulieren waarvan in bijlage XV een voorbeeld is opgenomen. In deze bijlage is ook een samenvatting van alle registratieformulieren opgenomen.

Bij de bepaling van de detail layout is in tegenstelling tot de bepaling van de globale layout de formering van een ruimte relatiediagram achterwege gebleven. Binnen de eerder bepaalde deelgebieden zijn de vrijheidsgraden door het geringe aantal werkplekken, door de identieke werkplekken en door de ter beschikking staande ruimte zo klein dat het opstellen van het ruimte relatiediagram geen meerwaarde betekent. Na de bepaling van de benodigde ruimte is direct aangevangen met het ontwikkelen van alternatieven voor de indeling van de afdelingen.

#### *Detail layout PC-cel*

Binnen de PC-cel vinden slechts twee soorten bewerking plaats: lassen en assembleren. De materiaalstroom binnen de PC-cel is dan ook zeer eenvoudig. De materialen stromen vanuit de zaagafdeling de PC-cel binnen, vervolgens wordt een frame gelast waarna de kleppen geassembleerd worden. Gezien de eenvoudige materiaalstroom binnen de PC-cel is het onnodig een detail layout plan te bepalen aan de hand van het SLP patroon. De optimale opstelling van de werkplekken kan direct uit de materiaalstromen opgemaakt worden.





### *Detail layout overige deelgebieden*

Na de bepaling van het detail layout plan voor de plaatbewerkerijen en de PC-cel dienen detail layout plannen voor de volgende deelgebieden bepaald te worden:

- de gebieden voor de lasactiviteiten;
- de gebieden voor (voor)assemblage;
- de ruimte waar puntlassen geschiedt;
- en de ruimte waar de zaagactiviteiten uitgevoerd worden.

De bovenstaande deelgebieden hebben als gezamenlijk kenmerk dat binnen het deelgebied geen verplaatsingen tussen werkplekken plaatsvinden. Voor de laatste twee activiteiten geldt dat binnen het deelgebied slechts één machine geplaatst wordt, waardoor een verplaatsingen tussen werkplekken niet mogelijk is. De overige deelgebieden bestaan wel uit meerdere werkplekken, het betreft echter parallelle werkplekken die naast elkaar in plaats van achter elkaar opereren. Tussen deze werkplekken vindt geen transport plaats. Daar binnen de deelgebieden geen materiaalstromen onderscheiden worden, komt de inrichting van de deelgebieden neer op een logische en evenwichtige verdeling van de werkplekken over de ter beschikking staande ruimte.

### *Alternatieve layout plannen*

Aan de hand van de inzichten uit de vorige paragrafen kunnen alternatieve indelingen van de deelgebieden gecreëerd worden. Bij de bepaling van de alternatieven dient rekening gehouden te worden met de kolommen en de aan- en afvoerwegen van de werkplekken.

Bij de ontwikkeling van alternatieven bleek dat de gedefinieerde deelgebieden weinig mogelijkheden tot alternatieve indelingen toe laten. Althans indelingen waarin de gedefinieerde relaties goed tot hun recht komen. Voor ieder alternatief voor de globale totaal layout is daarom op het detail niveau slechts één alternatief ontwikkeld. De alternatieve layout plannen zijn opgenomen in bijlage XVI.

## **7.2 Evaluatie en selectie layout plan**

Bij de vergelijking en beoordeling van de detail layout plannen worden dezelfde criteria toegepast als bij de beoordeling van de algemene totaal layout plannen. De criteria zijn opgenomen in paragraaf 6.8. Bij de uiteindelijke selectie van een layout plan wordt ook de beoordeling van de globale layout plannen meegenomen.

### *Transportafstanden*

Bij de bepaling van de detail layout zijn geen nieuwe secundaire activiteiten aan het licht gekomen, voor de beoordeling van de positionering van de (primaire) activiteiten wordt daarom uitgegaan van de materiaalstromen.

Nu de machines een eigen positie in de ruimte hebben verworven, kan nagegaan worden bij welk alternatief de transportafstanden tussen de bewerkingsplekken het laagst zijn. Omdat het te ver gaat de transportafstanden van iedere ventilator in iedere mogelijke uitvoering te bepalen, wordt als uitgangspunt de standaard uitvoering van een ECO genomen. In bijlage XVII zijn in de diverse alternatieven de materiaalstromen tussen de machines en voorraadposities weer-



gegeven. Wanneer een bewerking op één van de parallelle werkplekken plaats zal vinden, wordt de afstand tussen de bewerkingen vanuit het middelpunt van het totale deelgebied genomen.

Per alternatief zijn vervolgens de transportafstanden die de *werknemers* moeten afleggen bepaald. In tabel 4 zijn de totale transportafstanden opgenomen die de werknemers afleggen ten gevolge van de productie van één standaard ECO. In bijlage XVII is aangegeven hoe deze totale transportafstand is opgebouwd.

*Tabel 4: Totale transportafstanden bij de productie van een ECO*

Alternatief	Totale transportafstand (in m.)
1	1.564,7
2	1.751,9
3	1.603,9
4	1.473,3

*Nuttig gebruik en uitbreidingsmogelijkheden van de ruimte*

Bij de bepaling van de alternatieve oplossingen is met betrekking tot de ruimte van de diverse activiteiten steeds van dezelfde gegevens uitgegaan. Het nuttig gebruik van de ruimte in de verschillende alternatieven is vergelijkbaar. Hetzelfde geldt voor de uitbreidingsmogelijkheden binnen de ontwikkelde alternatieven; de mogelijkheden zijn in alle alternatieven beperkt.

*Bijdrage aan cellenstructuur*

Daar bij de bepaling van de globale totaal layout de cellenstructuur al zoveel mogelijk in de layout is opgenomen, biedt de detail layout weinig mogelijkheden om een extra bijdrage aan de cellenstructuur te leveren. De detail layout heeft steeds betrekking op de ruimtelijke indeling binnen de gedefinieerde deelgebieden.

*Mogelijkheden tot uitwisseling van mensen en middelen*

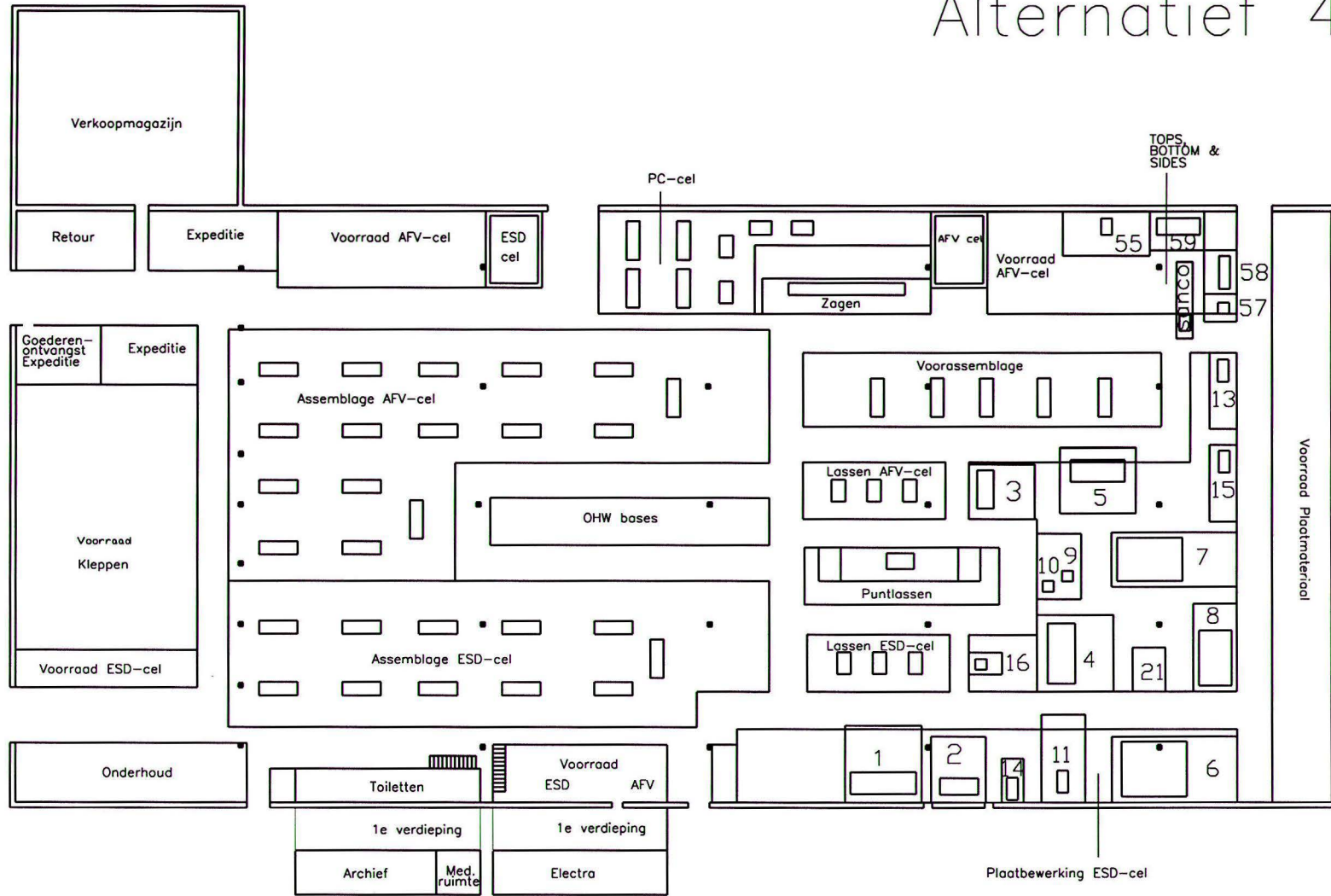
De mogelijkheden tot uitwisseling van mensen en middelen is, zoals in paragraaf 6.8 is geconstateerd, dienen het grootst te zijn tussen de twee plaatbewerkerijen. Hierdoor gaat op voorhand de voorkeur uit naar het eerste en het vierde alternatief. Op het detail niveau geldt dat de uitwisseling van mensen en middelen tussen de cellen geconcentreerd is op de knipmachines en op de wals. Waarbij geldt dat de AFV-cel gebruik maakt van de knipschaar van de ESD-cel (machine 6) en de ESD-cel voor de uitvoeringen met vogelgaas gebruik maakt van machines uit de AFV-cel (machines 8 en 21). Wanneer de detail layouts van de alternatieven 1 en 4 nader beschouwd worden, blijkt dat beide alternatieven de uitwisselingsmogelijkheden niet bemmeren. In beide alternatieven zijn de afstanden tussen bovengenoemde machines en de eigen productiecel gering.

De onderlinge vergelijking en beoordeling van de alternatieven wijst opnieuw uit dat het vierde alternatief een voorkeur geniet boven de andere alternatieven. Doorslaggevend hierbij zijn de transportafstanden ten gevolge van de productie van een ECO. Van de overige alternatieven



# Alternatief 4

Figuur 18: Geselecteerde layout plan voor Colt International Productie BV



Schaal 1 : 588

scoort alternatief 1 bij de transportafstanden en de uitwisselingsmogelijkheden beduidend beter dan de alternatieven 3 en 2.

Alternatief 4 geldt van de ontwikkelde alternatieven als beste layout plan voor de fabrieksvloer van Colt. Dit alternatief wordt daarom als voorstel ingediend voor de nieuwe layout voor de fabrieksvloer van Colt International Productie BV. Figuur 18 geeft het geselecteerde layout plan, in de figuur zijn niet alleen de deelgebieden en werkplekken maar ook de afzonderlijke machines weergegeven.



## 8. Conclusies en aanbevelingen

### 8.1 Conclusies

Om te kunnen concluderen of het aanbevelenswaardig is om het layout plan te implementeren, wordt het plan vergeleken met de huidige situatie. De vergelijking zal geschieden op basis van de eerder gedefinieerde beoordelingscriteria.

#### *Transportafstanden*

De vergelijking van de transport afstanden zal op twee niveaus geschieden: de afstanden tussen de deelgebieden en de transportafstanden ten gevolge van de productie van een ECO. De afstanden tussen de deelgebieden worden op dezelfde plaatsen bepaald als bij de beoordeling van de globale layout plannen. Dit zijn de minimale en de maximale afstand tussen de deelgebieden en de afstand tussen de middelpunten van de deelgebieden (centre to centre). Bij de afstanden tussen de deelgebieden dient opgemerkt te worden dat in het ontwikkelde layout plan twee deelgebieden meer zijn ondergebracht dan in de huidige situatie. In de huidige situatie is slechts een deelgebied plaatbewerking opgenomen en is ook de PC-cel niet opgenomen. Bij de bepaling van de afstanden tussen de deelgebieden zijn bij de huidige situatie de relaties met de PC-cel buiten beschouwing gelaten. Voor de bepaling van de afstanden tussen de plaatbewerking en de overige deelgebieden wordt, voor beide deelgebieden, uitgegaan van het totale gebied voor plaatbewerking. In tabel 5 zijn de afstanden tussen de deelgebieden en de machines in de huidige situatie en in het voorgestelde layout plan weergegeven. De afstanden in de huidige situatie zijn gebaseerd op bijlage XVIII. De afstanden in het layout plan zijn al eerder bepaald (zie hiervoor de paragrafen 6.8 en 7.2)

*Tabel 5: Gewogen afstand tussen deelgebieden en de transportafstand ten gevolge van de ECO*

Layout	Globale totaal layout			Detail layout
	Minimale afstand	Centre to centre	Maximale afstand	Transportafstand ECO
Huidig	5.160,9	9.553,7	13.648,9	2.820,7
Voorstel	4.142,2	7.998,1	12.682,5	1.473,3

Uit tabel 5 blijkt dat het voorgestelde layout plan met betrekking tot de (transport)afstanden beïnvloedend betere resultaten boekt dan de huidige inrichting van de fabrieksvloer. Bij de bepaling van de transportafstanden is uitgegaan van de productie van één ECO. In werkelijkheid geschieden de transporten niet per product maar per order. Het transporteren van de 'base' geschiedt wel per product. Daarnaast geldt niet voor ieder transport hetzelfde transportmiddel. Over het algemeen geldt dat het transport binnen afdelingen en het transporteren van kleine onderdelen handmatig gebeurt. Het transport tussen afdelingen wordt met behulp van heftrucks verzorgd.

Om een indicatie te geven van de besparingen ten gevolge van de ECO, is een aantal waarden aangenomen. De aangenomen waarden zijn achtereenvolgens:

Gemiddelde ordergrootte:	10 stuks
Handmatig transport per order:	1.008,3 m. (huidige situatie) en 550,3 m. (layout plan)
Transport van een Base:	163,4 m. (huidige situatie) en 127,7 m. (layout plan)



Transport per heftruck:	1.648,9 m. (huidige situatie) en 795,3 m. (layout plan)
Transportsnelheid (handmatig):	1 km/uur
Transportsnelheid heftruck:	5 km/uur
Loonkosten per uur:	f 31,50 per uur

Wanneer van bovenstaande gegevens uitgegaan wordt, bedraagt de besparing ten gevolgen van de reducering van de transportafstanden ruim f 35.000,- per jaar. De berekening van de besparingen en de basis voor de aannames staan vermeld in bijlage XIX.

#### *Nuttig gebruik van de ruimte en uitbreidingsmogelijkheden*

De ruimte benutting in de huidige situatie is lager dan de benuttingsgraad in het voorstel. Dit wordt veroorzaakt door de PC-cel die niet in de huidige situatie is opgenomen. De lagere benuttingsgraad in de huidige situatie komt tot uiting in de brede gangpaden. De smallere gangpaden in het layout plan leveren geen problemen op voor een ongestoorde aan- en afvoer van materialen en onderdelen. Door de lagere benuttingsgraad zijn de uitbreidingsmogelijkheden in de huidige situatie groter.

#### *Bijdrage aan de cellenstructuur*

In de huidige situatie wordt organisatorisch gezien de cellenstructuur wel onderkend, fysiek is de cellenstructuur echter niet of nauwelijks herkenbaar. De verschillende deelgebieden en machines bevinden zich nog in hun functionele omgeving. In het layout plan wordt wel duidelijk onderscheid gemaakt tussen de productiecellen. De huidige situatie draagt, in tegenstelling tot het layout plan, niet bij aan het functioneren van de cellenstructuur

#### *Mogelijkheden tot uitwisseling van mensen en middelen*

Daar de verschillende machines en werkplekken zich nog in hun functionele omgeving bevinden zijn de mogelijkheden met betrekking tot de uitwisseling van mensen en middelen in de huidige situatie groot. Gezien de positionering van de (knip)machines in het layout plan, zijn de uitwisselingsmogelijkheden in de huidige situatie niet significant beter dan in het layout plan.

Bij de vergelijking tussen de huidige situatie en het voorgestelde layout plan scoort het layout plan beduidend beter dan de huidige indeling van de ruimte. De hogere score zal uiteindelijk leiden tot een verlaging van de kosten. Door de verlaging van de afstanden tussen de deelgebieden en werkplekken wordt ook de tijd, die het kost om de afstand af te leggen, verkort. De tijd die hierbij gewonnen wordt, kan besteed worden aan de andere werkzaamheden zodat uiteindelijk het aantal uren, dat per jaar overgewerkt wordt, verminderd wordt. Door de implementatie van het layout plan zullen de loonkosten dalen. De hogere ruimte benutting leidt tot een verlaging van de ruimte kosten per deelgebied. De totale kosten, die betrekking hebben op de gehele ruimte (zoals licht en electra), worden over een groter aantal vierkante meters verdeeld, zodat de kosten per vierkante meter lager worden. Een goed functionerende cellenstructuur draagt bij tot een betere kwaliteit, een verkorting van de doorlooptijd en een verlaging van de kosten (Van Mal, 1994). Het functioneren van de cellenstructuur wordt door het layout plan bevorderd, doordat de deelgebieden uit hun functionele omgeving gehaald worden.



Hoe hoog de kostenbesparing, die door het voorgestelde layout plan gerealiseerd wordt, uiteindelijk zal bedragen is op dit moment niet vast te stellen. Hiervoor zijn twee redenen te geven. Ten eerste is niet te bepalen hoeveel de totale transporttijden van de overige producten jaarlijks zullen afnemen. Ten tweede zijn de kostenbesparingen ten gevolge van het beter functioneren van de cellenstructuur niet te bepalen.

Aan de hand van de besparingen in de kosten van de ECO kan toch aangegeven worden dat de besparingen minimaal f 35.000,- per jaar bedragen. Op basis van deze minimale besparing is het voor Colt aanbevelenswaardig het layout plan te implementeren, mits de kosten van implementatie binnen de perken blijven.

## 8.2 Aanbevelingen

Bij de bepaling van het layout plan voor de fabrieksvloer van Colt International Productie BV zijn een aantal zaken aan het licht gekomen welke aanbeveling verdienen nader onderzocht te worden. Het betreft hier zaken die nauw verwant zijn aan de layout of die bij de bepaling van de layout betrokken waren. Naast de aanbeveling het layout plan te implementeren kunnen naar aanleiding van de layout-studie de volgende aanbevelingen gedaan worden:

- opbouwen van betrouwbare historische data;
- kenbaar maken van de voordelen van cellenstructuur aan de medewerkers;
- overschakelen van week-planning naar dag-planning;
- opzetten van een duidelijk implementatie plan;
- de layout van tijd tot tijd aan een kritische analyse onderwerpen.

### *Opbouwen van betrouwbare historische data*

Bij de P-Q analyse is geconstateerd dat binnen Colt geen gedegen productstatistieken bijgehouden worden. Binnen Colt is niet precies bekend hoeveel producten jaarlijks geproduceerd worden. Daarom bestaat er ook geen duidelijk inzicht in de verkooptrends van de verschillende typen en uitvoeringen. Door de productstatistieken eenduidig en consequent bij te houden, kunnen de verkooptrends bepaald worden. Deze trends kunnen vervolgens gebruikt worden om prognoses op te stellen met betrekking tot de toekomstige productieomvang. Deze prognoses moeten dan echter niet zoals in de huidige situatie in uren maar in aantallen ventilatoren uitgedrukt worden. Aan de hand van de verkoopprognoses kunnen de marketingstrategie en de prijzen bepaald worden, waardoor Colt meer inzicht heeft in het koopgedrag van de eindafnemers en zich hierop kan instellen

### *Voordelen van cellenstructuur kenbaar maken aan de medewerkers*

Wanneer het nieuwe layout plan geïmplementeerd wordt verdient het aanbeveling extra aandacht te besteden aan de organisatie binnen en rond de productiecellen. Op dit moment wordt binnen de productiecellen nog regelmatig vanuit een functionele denkwijze geopereerd, ook zijn de functionele communicatielijnen sterker dan de communicatielijnen tussen de verschillende deelgebieden van de productiecellen. Deze denkpatronen en communicatielijnen kunnen niet doorbroken worden door een wijziging van de layout alléén. De betrokken werknemers moeten zich van de voordelen, die de cellenstructuur kan opleveren, bewust zijn.



#### *Overschakelen van week-planning naar dag-planning*

Ten aanzien van de planning en besturing van de orders verdient het aanbeveling de mogelijkheden van dagplanning te onderzoeken. Op dit moment wordt de fabrieksvloer op basis van weekplanning bestuurd. Hieraan kleven een aantal nadelen. Het besturingssysteem kent alleen weken van 5 werkdagen en er wordt geen rekening gehouden met feestdagen waarop niet gewerkt wordt. Een ander nadeel van de weekplanning is dat de doorlooptijd van een order door deze wijze van plannen wordt verlengd. De doorlooptijd van een order, inclusief werkvoorbereiding, bedraagt 3 weken. Door het loslaten van de weekplanning kan deze doorlooptijd verlaagd worden.

#### *Opzetten van een duidelijk implementatie plan*

De vierde fase van Systematische Layout Planning staat in het teken van de installatie van het layout plan. De installatie-fase omvat naast de fysieke inrichting van de ruimte ook de voorbereiding van de fysieke activiteiten. De voorbereiding bestaat uit: het maken van tekeningen ten behoeve van de installatie, de indeling van hulpdiensten en realiseren van de energie-voorzieningen en opstelling van tijdschema's voor de fysieke verplaatsing van machines en werkruimten. Vooral het laatste aspect verdient veel aandacht. Het installeren van de layout dient de normale werkzaamheden zo min mogelijk te verstoren. Dit betekent dat de planning van orders en de planning van de installatie op elkaar afgestemd moeten worden. Dit levert vooral problemen op bij de verplaatsing van de machines. Omdat de assemblageafdelingen hoofdzakelijk uit werktafels bestaat, zal de verplaatsing hiervan naar alle waarschijnlijkheid weinig problemen opleveren. Vanwege het gewicht en het feit dat de tafels los op de vloer staan, zijn ze eenvoudig en snel te verplaatsen. De benodigde voorzieningen, perslucht en electra, kunnen vooraf aangelegd worden, zonder belemmering van het productieproces.

De verplaatsing van machines neemt aanzienlijk meer tijd in beslag (storten van een fundering, het verplaatsen van zware machines en het opnieuw instellen van de machines). Bij de orderplanning moet er rekening mee gehouden worden dat bepaalde machines een periode niet beschikbaar zijn voor productie. Door zodanig te plannen dat de machines in de bewuste periode niet ingepland hoeven worden of door tijdelijk werk uit te besteden, kunnen de periodes, dat machines niet beschikbaar zijn, overbrugd worden. Om dit te bewerkstelligen is het noodzakelijk dat de werkzaamheden met betrekking tot de installatie zorgvuldig gepland worden, zodat de orderplanning hierop kan inspelen.

Om de rust op de werkvloer te bewaren, is het van belang de planning van de installatie van de layout ook kenbaar te maken aan het personeel. Zodat ook het personeel weet wat hen te wachten staat en niet onnodig voor verassingen komt te staan.

Colt kan zelf een installatie-plan opstellen; het is echter aan te bevelen het plan op te laten stellen door de derde partij die de (fysieke) installatie zal verzorgen. Omdat de assemblageafdeling eenvoudig is te verplaatsen, is het aan te raden om te overwegen of de verplaatsing van deze afdelingen niet zelf uitgevoerd kan worden.

#### *Kritische analyse van de layout*

De ruimtelijke indeling van een fabrieksvloer heeft een belangrijke invloed op de prestaties die behaald kunnen worden (zie paragraaf 1.1). Het is daarom belangrijk regelmatig na te gaan of de voorwaarden die bij de bepaling van de layout gebruikt zijn nog steeds gelden. Wanneer dit niet het geval is, is het aanbevelenswaardig de layout aan een kritische analyse te onderwerpen om te



kunnen constateren of de layout nog steeds voldoet. Gezien de snelle veranderingen op de markt, is het aan te bevelen de layout eens in de drie tot vijf jaar aan een kritische analyse te onderwerpen. Naast deze periodieke analyse geeft Botter (1993) een aantal oorzaken en redenen die aanleiding geven tot het bezien of herzien van de layout. De meest voorkomende oorzaken zijn:

- verandering in de vormgeving van het product;
- op de markt brengen van een nieuw product;
- verschuivingen in het productieassortiment;
- vervanging van verouderde productiemiddelen;
- ongevallen;
- opgetreden wijzigingen in inkoop- en verkoopmarkten;
- streven naar kostprijsverlaging.

## Literatuurlijst

Botter, C.H., *Productiemanagement*, 4<sup>e</sup> druk, Logistieke reeks, Kluwer Bedrijfs-wetenschappen, Deventer, 1993.

Buffa, E.S., *Modern Production Management: Managing the Operations Function*, 5<sup>e</sup> druk, The Wiley/Hamilton series in management and administration, Wiley/Hamilton, Los Angeles, 1977.

Drunen, R.R.M.T. van, *Systematische Layout Planning: toepassing van de SLP-methode voor het verplaatsen van een productie-eenheid binnen LIPS*, afstudeerverslag, Technische Universiteit Eindhoven, Faculteit Technische Bedrijfskunde, Eindhoven, 1994.

Gubbels, T.G.N., *P-Praktijk, ontwerp van een productiesysteem*, Syllabus 1P114, Technische Universiteit Eindhoven, Faculteit Technologie Management, opleiding Technische Bedrijfskunde, Eindhoven 1997.

Francis, R.L., L.F McGinnis Jr. and J.A. White, *Facility Layout and Location: an Analytical Approach*, Prentice-Hall, New Jersey, 1974.

Mal, H.H. van, *Groepentechnologie en classificatie*, Syllabus 1F171, Technische Universiteit Eindhoven, Faculteit Technische Bedrijfskunde, Eindhoven, 1994.

Mal, H.H. van, *Lay-out*, ReprintBdk/496, Technische Universiteit Eindhoven, Faculteit Technische Bedrijfskunde, Eindhoven, 1994.

Muther, R., *Systematische Layout Planning (SLP)*, geautoriseerde vertaling, EVO Algemene Verladers- en Eigen Vervoer Organisatie, Den Haag, 1979.

Muther, R. and J.D. Wheeler, *Simplified Systematic Layout Planning*, 11<sup>e</sup> druk, Management and Industrial Research Publications, Kansas City, 1984.

Palmen, G., *Voorstel tot algemene totaal lay-out voor productiehal INHOPRO B.V. (Interfinish)*, afstudeerverslag, Technische Universiteit Eindhoven, Faculteit Technische Bedrijfskunde, Eindhoven, 1987.

Sule, D.R., *Manufacturing Facilities: location, planning, and design*, 2<sup>e</sup> druk, PWS Publishing Company, Boston, 1994.

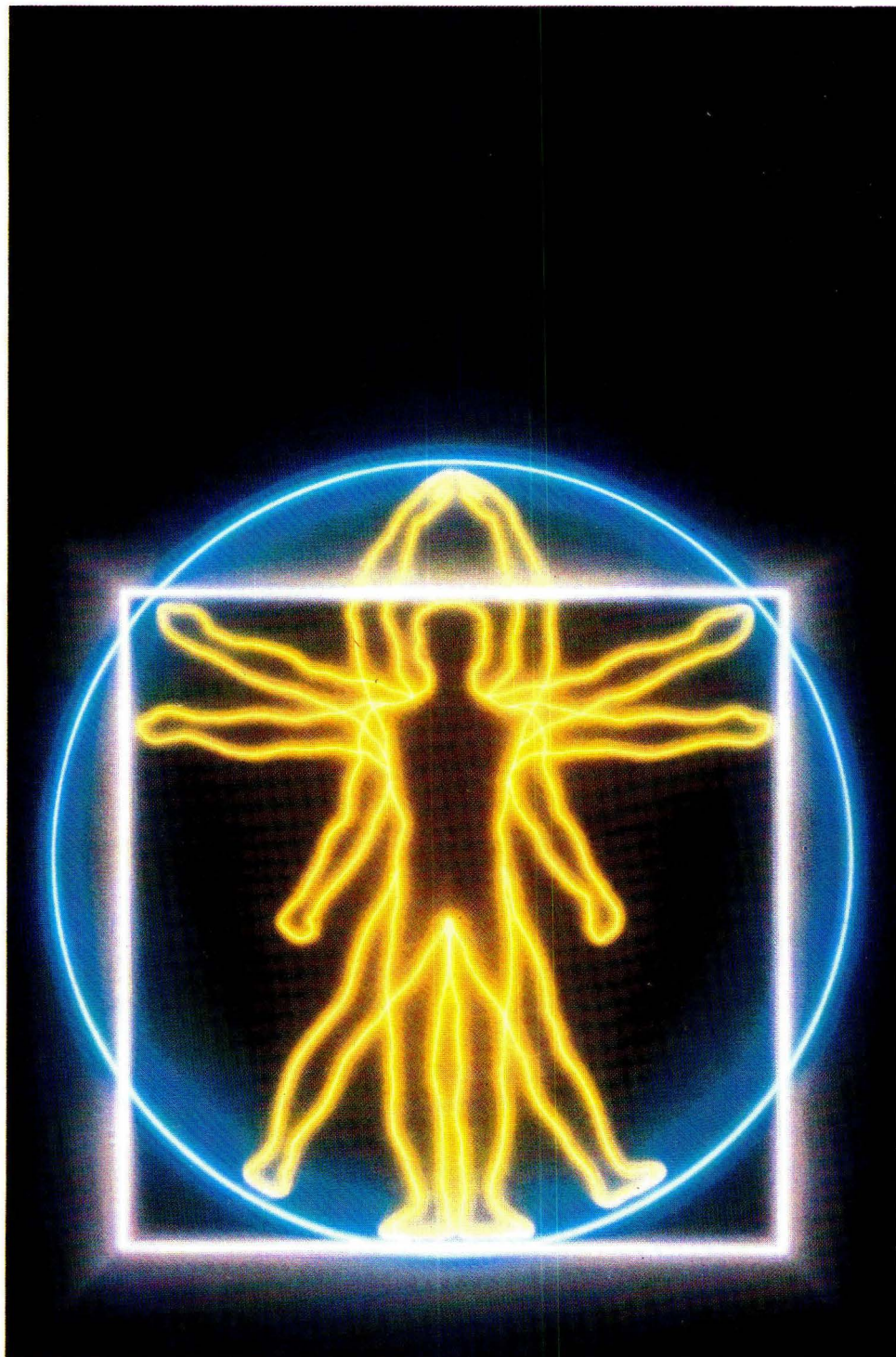


## **Bijlage I      Relatie tussen werkklimaat en arbeidsprestaties**

In deze bijlage is een folder van Colt International Productie BV opgenomen. In deze folder wordt onder andere de invloed van het werkklimaat op het prestatievermogen van mensen weergegeven. In deze folder draagt Colt ook een aantal mogelijke oplossingen aan voor de beïnvloeding en beheersing van het werkklimaat.

# COLT

## De invloed van het werkklimaat



Het werkklimaat is een van de belangrijkste factoren wanneer we praten over prestatie en produktiviteit van werkende mensen.



Het juiste werkklimaat - het belangrijkste bestanddeel in de werkomstandigheden van de mens.

Ramen worden toegepast om licht in een gebouw te krijgen en zijn dus niet zo geplaatst dat bij het openen ervan effectieve ventilatie ontstaat. Bovendien is het nuttig effect van de ventilatie door vensters maar een paar meter voelbaar. Dat betekent dat er middenin de ruimte - waar meestal de produktiemachines staan - niets van frisse lucht te merken is.

Dit maakt duidelijk dat het openzetten van ramen geen alternatief kan zijn voor een goed ventilatiesysteem. Het veroorzaakt meestal alleen maar turbulentie en tocht. Een effect dat zowel voor de produktie als de werknemers ongunstig is.



Kan dat raam niet dicht - het tocht! Een onderwerp uit een reclamecampagne waarin duidelijk wordt gemaakt dat het openen van ramen een weinig effectieve manier is om hitte en afgewerkte lucht kwijt te raken.



De mens wordt de zwakste schakel in het productieproces wanneer de klimatologische omstandigheden niet optimaal zijn. Dat is bewezen in theoretische en praktische onderzoeken van bedrijfsartsen en -fysiologen.



De moeilijkheid bij het oplossen van ventilatieproblemen is dat men te maken heeft met een onzichtbaar medium, lucht. Of men daarbij deskundig of onbekwaam te werk gaat, wordt vaak pas later duidelijk: wanneer het ondanks de ventilatie tocht op plaatsen waar het niet hoort of wanneer het toch nog warm is op

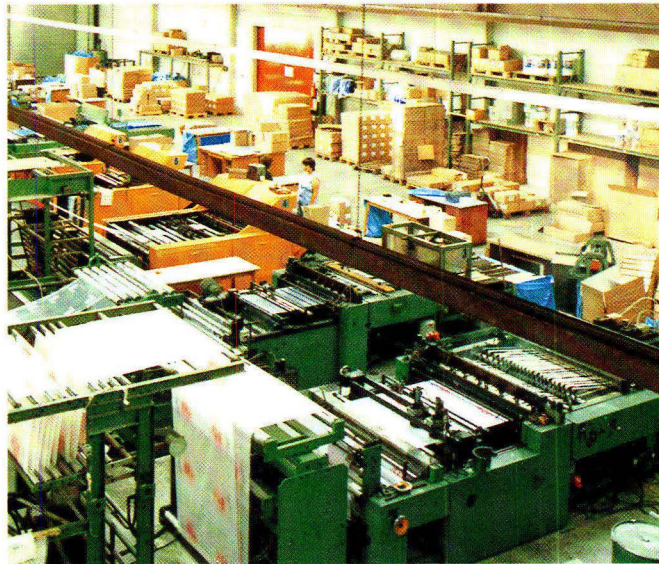
plaatsen waar efficiënt gewerkt moet worden; wanneer medewerkers meer uitval produceren tengevolge van zuurstofgebrek of wanneer extra pauzes de normale werktijd aanzienlijk verkorten.



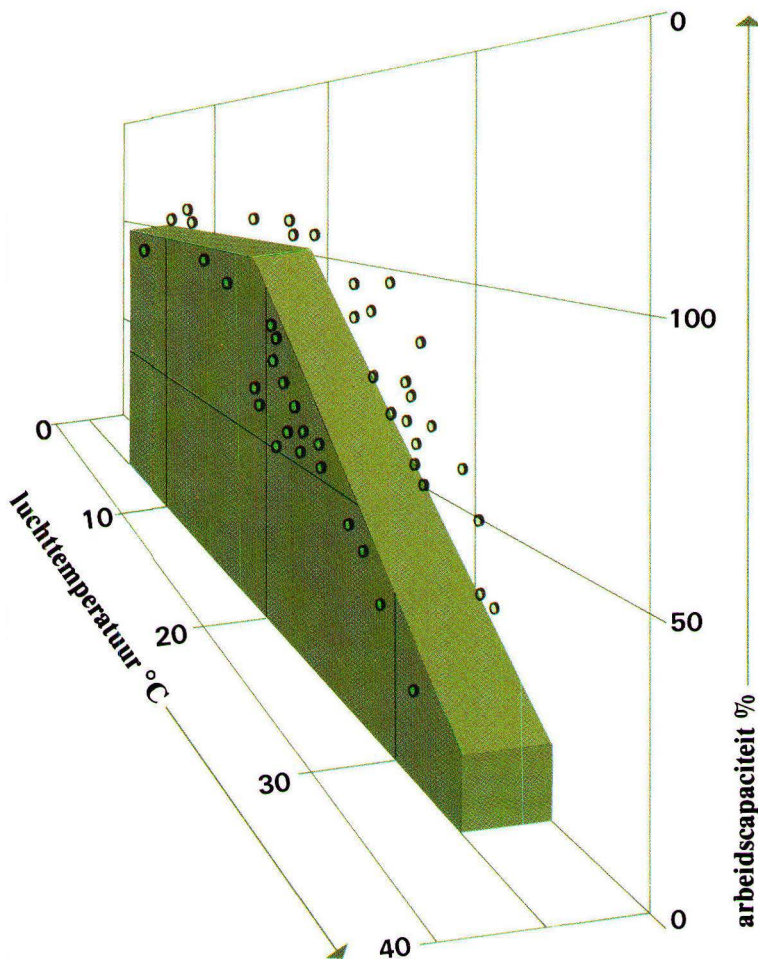
**Productiviteit - een kwestie van luchtcondities.**

Uit dit inzicht volgt een aantal vaststaande feiten:

1. Geen enkel bedrijf kan zonder ventilatie. Om optimaal te kunnen werken heeft de mens een bepaalde hoeveelheid zuurstof en verse lucht nodig, evenals een uitgebalanceerde omgevingstemperatuur.
2. Ventilatie-installaties moeten professioneel ontworpen zijn, zodat een merkbaar positief effect gewaarborgd is.



In fabriekshallen met een groot oppervlak kunnen de in het midden gelegen arbeidsplaatsen alleen van verse of warme lucht voorzien worden wanneer een probleemgerichte installatie aanwezig is. Bij productieprocessen met een grote warmte-afgifte is de thermische stijging van de warme lucht meestal voldoende voor de toepassing van natuurlijke ventilatie.

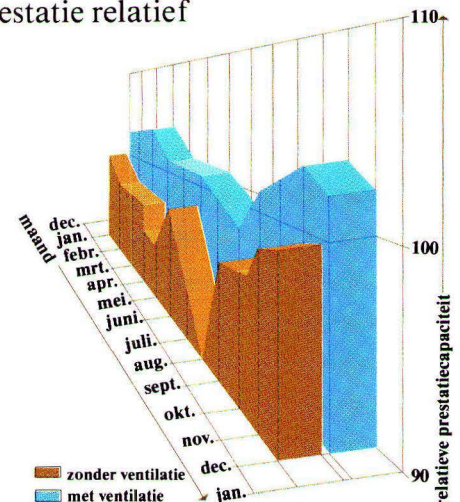


Het teruglopen van de productiviteit bij verhoogde temperaturen (Gegevens Prof. Hasse).

Optimale ventilatie verhoogt de productiviteit. Een waarheid als een koe, waarvan veel ondernemers zich pas na een negatieve ervaring bewust worden. Omdat ze vaststellen dat met stijgende temperaturen de prestatie van de werknemers drastisch terugloopt.

Onderzoeken van bedrijfsartsen hebben uitgewezen dat met elke 1°C boven de 20°C de productiviteit ongeveer 4% daalt. Dan worden kleine pauzes alsmaar langer en veelvuldiger en wordt de bereidheid tot presteren kleiner.

Een omstandigheid die gezien de huidige personeelskosten niet acceptabel is. Wanneer de klimatologische verhoudingen daarentegen uitgebalanceerd zijn, blijft de prestatie relatief stabiel.

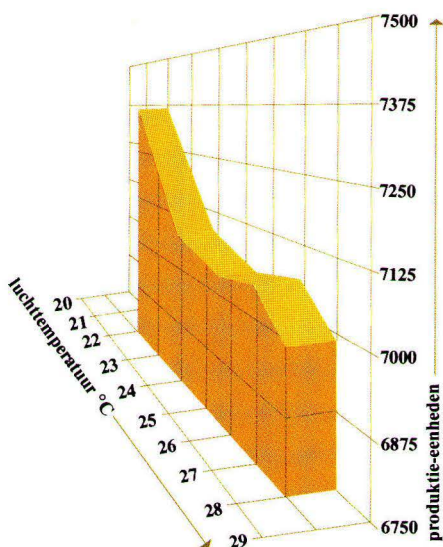


Seizoenschommelingen van de productiviteit, met en zonder ventilatie.

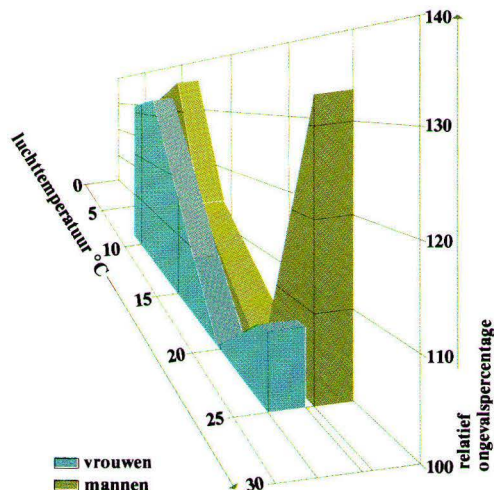


Toename van de kwaliteit en daling van het aantal ongelukken - het resultaat van goede ventilatie- en temperatuurverhoudingen.

Stof, hitte, lawaai, schadelijke gassen en dampen en een gebrek aan verse lucht beïnvloeden niet alleen de menselijke gezondheid, maar schaden zelfs de rentabiliteit van een onderneming. Te hoge of te lage temperaturen, te droge of te vochtige lucht en tocht bewerkstelligen een vermindering van de kwaliteit van het produkt en leiden bij gevoelige machines tot storingen en een hogere produktie-uitval. In de textielindustrie leidt dit tot draadbreek; in de kunststofverwerkende industrie tot het vastlopen van folie; in de glasindustrie tot het springen van ampullen; in de papierindustrie tot statische oplading; in de elektrotechniek tot stofophoping; in levensmiddelenbedrijven tot hygiëneproblemen door sporen en schimmels die hele charges waardeloos maken. Hoge luchtvochtigheid heeft natuurlijk ook vroegtijdige roest en slijtage van de installaties, schade aan de constructie van gebouwen en een overmatige onderhoudsbehoefte van het machinepark tot gevolg.



Verband tussen produktiviteit en luchttemperatuur (gegevens Prof. Weston).



Het ontbreken van ventilatie verhoogt het aantal ongevallen.

Temperatuur en luchtvochtigheid beïnvloeden de menselijke arbeid op velerlei wijzen. De temperatuur op de arbeidsplaats heeft invloed op de efficiëntie en de veiligheid van de werknemer. Wat in langdurige observatie, zowel in laboratoria als in de praktijk vastgesteld werd, laat zich als volgt samenvatten: wanneer de temperatuur de toegestane grenzen overschrijdt, dan heeft dit onherroepelijk invloed op het welzijn en het reactievermogen. Met als gevolg een stijging van het aantal bedrijfsongevallen die door een deskundig ventilatieconcept voorkomen, of tenminste gereduceerd had kunnen worden.

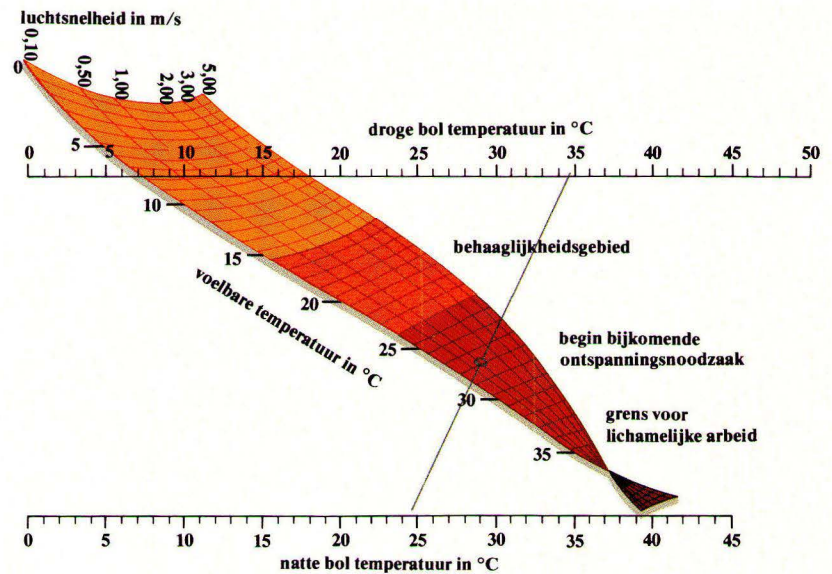


Aantal ongevallen in een fabriek in relatie tot de omgevingstemperatuur (gegevens Prof. Vernon).



Individuele  
probleemoplossingen  
van Colt - synthese  
tussen technische  
know-how en  
praktijkervaring.

Welk ventilatieconcept is  
economisch? Om te beginnen:  
bij het ontwerpen van een  
ventilatiesysteem speelt de  
invloed van de  
omgevingstemperatuur,  
luchtbeweging en  
luchtvochtigheid een



ventilatie. In de praktijk blijkt  
dit de regel waarmee de beste  
resultaten verkregen worden.

Met natuurlijke ventilatie van  
Colt bereikt men, afhankelijk  
van de effectieve  
warmtebelasting en de  
heersende relatieve vochtigheid,  
altijd evenwichtige  
temperatuursverhoudingen.  
Door de oplopende  
temperatuur wordt de  
thermische stijging van de  
warme lucht versneld en neemt  
de ventilatie door het hele  
gebouw gelijkmatig en  
zelfregelend toe.

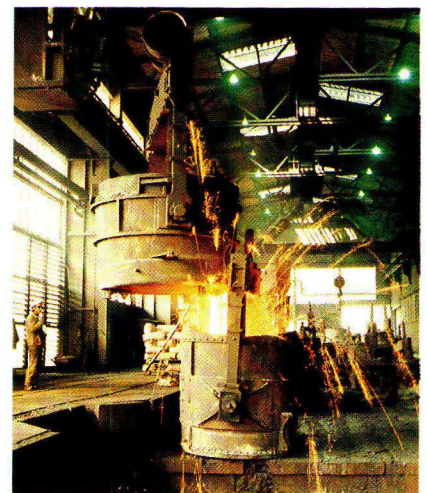
Gelijktijdig bereikt verse  
buitenlucht het werkniveau  
waardoor de individueel  
gewenste luchtcirculatie bereikt  
is. Het principe van natuurlijke  
ventilatie is in alle bedrijven  
met warmteproblemen  
toepasbaar.

Van voedings- en  
genotmiddelenindustrie tot  
textielverwerkende bedrijven en  
de zware industrie.

Zo zijn er voorbeelden van  
bedrijven waar de kosten voor  
exploitatie van het aanwezige  
mechanisch ventilatiesysteem  
80.000,- per jaar bedroegen.  
Colt raadde aan een energie-

Subjectieve  
temperatuurwaarne-  
ming van het menselijk  
lichaam, bij  
verschillende  
luchtsnelheden en  
luchtvochtigheid (=  
voelbare  
temperatuur).

Energievrije,  
natuurlijke ventilatie  
van Colt in een  
gieterij.



onafhankelijk, natuurlijk  
ventilatiesysteem te installeren.  
Resultaat: uitstekende  
luchtcondities, besparing op de  
energiekosten en een extra bron  
van daglicht.

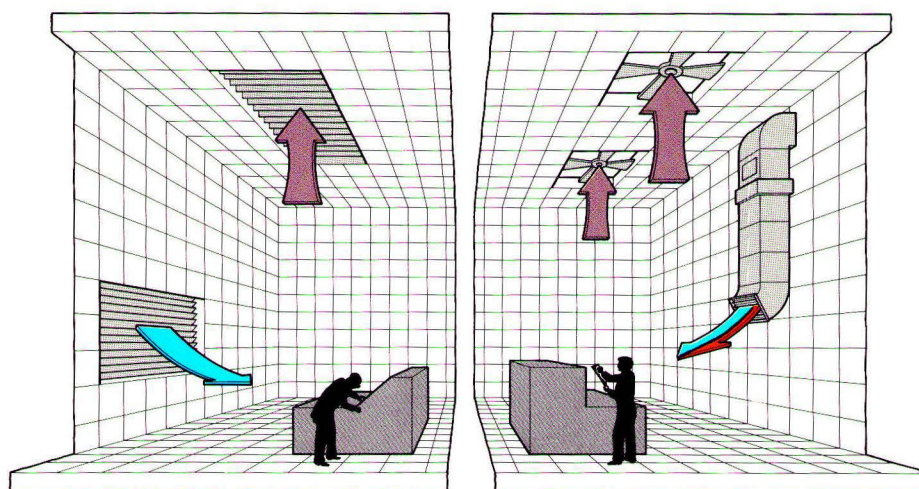


belangrijke rol. Zo kan  
bijvoorbeeld alleen al door  
gerichte luchtcirculatie bij een  
bepaalde luchtvochtigheid een  
versterkt koeffect bereikt  
worden, dat als aangenaam  
gevoeld wordt.

Waar mogelijk natuurlijke,  
waar nodig mechanische



**Flexibiliteit in het Colt systeem - een garantie voor bijkomende voordelen en rendement.**



**Het Colt motto luidt daarom ook: ventileren én verwarmen met één systeem.**

Natuurlijke en mechanische ventilatie van Colt. De bijkomende voordelen van een Colt natuurlijk ventilatiesysteem maken een scala aan toepassingen mogelijk:

- kosteloze werking
- zekerheid in geval van brand
- extra daglichtvoorziening
- vasthouden van warmte in de winter

Factoren als deze spelen bij de rentabiliteit c.q. afschrijving van natuurlijke ventilatiesystemen een grote rol. Daaraan zouden architect en opdrachtgever moeten denken bij de aanschaf van een ventilatiesysteem.

Waar de afvoer van schadelijke stoffen van het produktieproces met een natuurlijk werkende ventilator niet mogelijk is en waar het ontbreken van voldoende warmte natuurlijke ventilatie uitsluit, moeten krachtige, mechanische ventilatoren de schadelijke stoffen onder het dak of - uitgerust met een kanaalstuk - direct bij de bron afzuigen. Ook hier wordt, door juiste plaatsing en luchtbehandeling van decentrale, mechanische Colt systemen, met veelal geringe kosten een uitstekend resultaat bereikt.

Buiten hun primaire functie van mechanische ventilatie voldoen Colt mechanische ventilatiesystemen nog beter door de ingebouwde extra mogelijkheden:

- energievriendelijke luchtverwarming
- daling van de stookkosten door geïntegreerde recirculatie
- warmteterugwinning door kringloopsysteem op platenwisselaar

Wanneer een dergelijke installatie gestuurd wordt door het Colt CCS 80 systeem, worden ventilatie-effect en energieverbruik voor de gebruiker zo optimaal mogelijk.

Een voorbeeld van gerichte toepassing van Colt ventilatie met geïntegreerde luchtverwarming is te vinden in een glasverwerkende industrie.

De door de Colt adviseur uitgewerkte oplossing: de boven de ampullencaroussels aangebrachte, energievrije, Colt natuurlijke ventilatoren voeren de produktiewarmte af en zorgen voor daglicht op de werkplek. Voor gerichte toevoer van verse lucht zorgen mechanische luchttoevoereenheden uit de Coltair serie. Geïntegreerde recirculatie maakt het mogelijk



in de winter de koude buitenlucht te vermengen met warme binnenlucht waarmee een energiezuinige verwarming gecreëerd is. De Colt installatie in het bedoelde bedrijf bewerkstelligt een temperatuur in de zomermaanden die gemiddeld 7-9°C lager is dan vroeger. Een uitstekend resultaat, dat werknemers én werkgever ondanks het hitte-intensieve arbeidsproces verlicht laat ademen.



**De Colt probleemanalyse ter plaatse - een service voor elk bedrijf en elke branche.**

**Het gecombineerde ventilatie- en verwarmingssysteem Coltair zorgt bij dit glasverwerkingsbedrijf voor een tochtvrije ventilatie en verwarming op de werkplek en waar mogelijk, voor warmteterugwinning.**

Omdat elk bedrijf individuele problemen heeft, zijn standaard oplossingen niet effectief. De juiste benadering is de kosteloze analyse van Colt: rekening houdend met gebouw en produktietechnische gegevens, werkt de Colt technisch adviseur een individuele oplossing uit. Deze voldoet aan de hoogste eisen met betrekking tot energieverbruik en veiligheid. Colt ventilatie-installaties - waar nodig in combinatie met energievriendelijke verwarmingssystemen - dragen er toe bij dat het

prestatievermogen en de bereidheid tot presteren van de werknemer groter wordt. Door luchttechnisch optimale werkomstandigheden te scheppen, zorgen ze voor reducering van het aantal bedrijfsongevallen en productie-uitval. Doordat natuurlijke ventilatie ook voor rook- en warmte-afvoer kan worden gebruikt, wordt het werken veiliger, door het binnenvallen van daglicht ergonomischer. Hierdoor is een Colt installatie een investering die zichzelf terugbetaalt. Voortdurende research en ontwikkeling in ventilatie en verwarming en een landelijk netwerk van vakkundige, technische adviseurs waarborgen de hoogst mogelijke kwaliteit en bedrijfszekerheid van de Colt installatie.



Een Colt advies en analyse staan ter beschikking van elk bedrijf in elke branche. Ook voor u.



**Colt: probleemanalyse ter plaatse.**

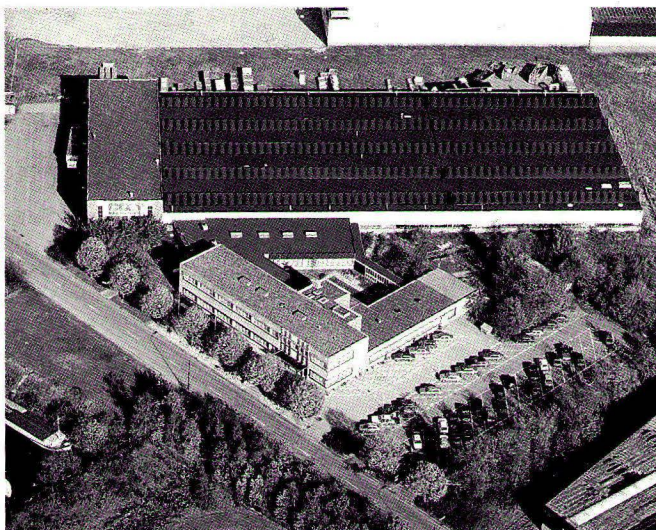
Colt beweegt zich op het gebied van de natuurlijke en mechanische ventilatie, brandschadepreventie, verwarming, warmteterugwinning, airconditioning, luchtbevochtiging, daglichtvoorziening en geluidbeheersing voor industriële en semi-industriële toepassingen.

**Kosteloos een volledig inzicht in de materie dankzij de Colt filosofie.**

Colt analyseert aan de hand van een onderzoek ter plekke - bij nieuwbouw aan de hand van de ontwerpeisen en beschikbare gegevens - de actuele situatie. Op basis daarvan wordt een ontwerp gemaakt en een advies uitgebracht, dat vergezeld gaat van een kostenbegroting voor de noodzakelijke apparatuur. Deze gehele procedure geschiedt voor rekening en risico van Colt.

**Colt is buiten Nederland vertegenwoordigd in 22 landen over de hele wereld.**

Wanneer een project tot uitvoering komt, wordt de geadviseerde apparatuur in eigen bedrijf geproduceerd. Ook installatie en onderhoud van de apparatuur worden veelal in eigen beheer uitgevoerd.



Wijzigingen voorbehouden  
© Copyright Colt International  
Holdings A.G. Schweiz 1994

# COLT

Colt International BV  
Postbus 29  
5430 AA Cuijk  
Telefoon 08850 - 99 999  
Fax 08850 - 99 850

## Bijlage II Productbeschrijving

Colt International Productie BV produceert in hoofdzaak natuurlijke ventilatoren. Deze zijn in een aantal typen te onderscheiden. In het onderstaande worden een aantal van die typen nader beschreven. Het betreft hier de typen die het meest geproduceerd worden, waarbij de ECO het grootste volume voor haar rekening neemt. De beschrijving zal steeds betrekking hebben op een standaard uitvoering. Speciale uitvoering zijn ook leverbaar, omdat het om klantspecifieke producten gaat worden deze buiten beschouwing gelaten.

### ECO

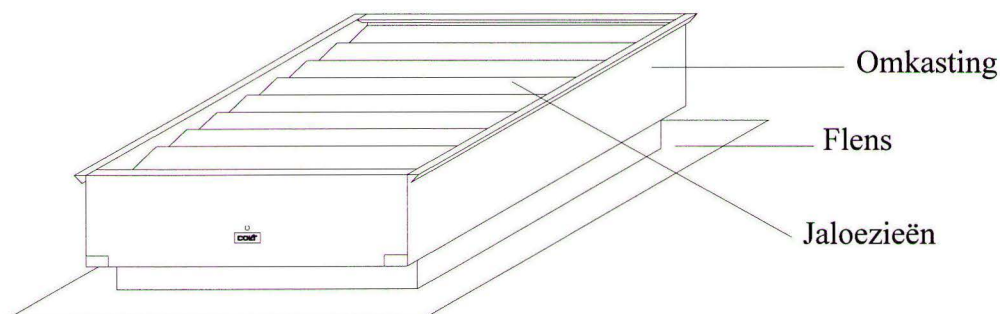
De ECO (European Clear Opening) is een natuurlijke jaloezieventilator, welke speciaal ontwikkeld werd voor brandventilatie doeleinden. Een jaloezieventilator is uitgerust met kleppen, de jaloezieën, die handmatig, elektrisch of pneumatisch geopend en gesloten kunnen worden zodat ventilatie openingen ontstaan. De ECO is zowel geschikt voor het afvoeren van rook, hitte en verbrandingsgassen, als voor het toevoeren van lucht die nodig is om een gecontroleerde brand te bewerkstelligen. Daarnaast kan de ECO ook gebruikt worden voor:

- dagelijkse ventilatie
- extra daglichtvoorziening

De ECO is in een groot aantal uitvoeringen leverbaar. Hierbij kan gedacht worden aan verschillen in lengte en breedte maten, soorten bedieningen en montageflensen. Iedere ECO bestaat uit 3 onderdelen:

- omkasting met flens;
- jaloezieën;
- bedieningsmechanisme.

In figuur 19 is een ECO schematisch weergegeven waar ook boven genoemde onderdelen aangegeven zijn. De bediening is in deze figuur echter niet zichtbaar omdat dit zich aan de binnenkant van de ventilator bevindt.



*Figuur 19: ECO*



### *Basis en flens*

De omkasting van de ECO is vervaardigd van een hoogwaardige aluminium legering. De zijkanten bestaan uit geprofileerde platen die samen met de basis een hoogte vormen van 310 mm. Deze hoogte is zodanig dat de jaloezieën in geopende stand niet boven de omkasting uitkomen. Dit voorkomt het inslaan van de wind. De bovenkant eindigt in een bevestigingsflens voor montage van vogel- of insektengaas. Aan de onderzijde wordt de basis uitgerust met een flens die naadloos aansluit op de ondergrond waarop de ventilator bevestigd wordt.

De ECO beschikt over een afwateringssysteem, waarbij het water van de jaloezieën naar de zijkanten wordt afgevoerd en door middel van een gootje, naar buiten gebracht wordt

### *Jaloezieën*

Afhankelijk van de toepassing zijn diverse jaloezie-uitvoeringen mogelijk:

- enkelwandig aluminium eventueel met afdichtingsborstel;
- dubbelwandig aluminium met afdichtingsborstel;
- dubbelwandig transparant polycarbonaat met afdichtingsrubbers;
- draadglas met afdichtingsrubbers.

De afdichtingsborstel of -rubbers voorkomen ongewenst lucht- en daarmee warmteverlies.

### *Bedieningsmechanisme*

Daar de ECO een ventilator is die speciaal voor brandventilatie doeleinden wordt toegepast, is het noodzaak dat de jaloezieën zich openen bij brand. Daarom is het bedieningssysteem standaard uitgevoerd met een smeltzekering. Bij het bereiken van een bepaalde temperatuur wordt de smeltzekering verbroken waardoor de jaloezieën door middel van veerkracht geopend worden. Door het openen van de jaloezieën kunnen de bij brand vrijkomende rook, hitte en verbrandingsgassen afgevoerd worden.

Omdat een ECO naast brandventilatie ook voor dagelijkse ventilatie en daglichtvoorziening toegepast kan worden, moeten de jaloezieën ook bedient kunnen worden zonder dat daarvoor een bepaalde temperatuur bereikt hoeft te worden. Voor het open/sluiten van de jaloezieën kan gekozen worden uit diverse bedieningsmogelijkheden:

- een handbedieningssysteem dat aan de binnen- of buitenzijde van de ventilator gemonteerd wordt, waarbij het openen d.m.v. veerkracht geschiedt;
- een kabelbedieningssysteem waarbij het openen d.m.v. veerkracht geschiedt;
- openen en sluiten met behulp van elektrische motoren;
- openen en sluiten met behulp persluchtcilinders.

### *Afmetingen*

De ECO kan in een groot aantal verschillende lengte en breedte maten geleverd worden. De afmetingen zijn bepalend voor de ventilatiemogelijkheden. De lengte afmetingen van de ECO zijn afhankelijk van het aantal jaloezieën waarmee de ventilator wordt uitgerust. De lengte van een ECO ligt tussen 1 en 4 meter, waarbij het aantal jaloezieën tussen 5 en 26 stuks ligt. De breedte van een ECO ligt tussen 0,7 en 2,5 meter.

## **FCO**

De FCO (Facade Clear Open) is in principe een ECO die speciaal geprepareerd is voor montage op en in een gevel. De ventilator wordt niet horizontaal geplaatst zoals in figuur 19 maar rechtopstaand. Voorheen werd de FCO niet als een apart product gezien maar als een speciale uitvoering van de ECO.

## **WCO**

De WCO (Weather Clear Open) is een natuurlijke ventilator die niet alleen aan de bovenzijde uitgerust is met jaloezieën, maar ook de zijkanten zijn uitgerust met een bedienbare klep. Deze klep kan afzonderlijk van de jaloezieën bediend worden. Door de zijkleppen wordt de ventilator 30 tot 40 cm. hoger, de weersinvloeden kunnen met behulp van de zijkleppen beter tegengegaan worden. Voor het overige gelden aan de ECO vergelijkbare condities.

## **SmokeMaster**

De SmokeMaster is een automatisch afrolbaar rookscherf, dat in geval van brand de verspreiding van rookgassen in een ruimte begrenst. Een noodzaak om de werkzaamheid van een automatisch brandventilatiesysteem te garanderen. De SmokeMaster wordt op een brandmeldcentrale aangesloten, wanneer er brand uitbreekt wordt het scherm aangestuurd. De SmokeMaster zorgt ervoor dat er vastgestelde rooksegmenten ontstaan zonder dat rook, hitte en verbrandingsgassen in andere compartimenten kunnen stromen. De SmokeMaster is vervaardigd van glasvezel dat langere tijd bestandig is tegen hoge temperaturen. Het rookscherf zit opgerold in een aluminium omkasting, welke tegen het plafond kan worden gemonteerd. De breedte van een rookscherf kan variëren van 0,5 tot 2,5 meter, de lengte van 1 tot 4 meter. De rookscherfmen kunnen zodanig gekoppeld worden dat iedere gewenste lengte geleverd kan worden

## **MF**

De MF (MultiFunctioneel) is een natuurlijke ventilatie-eenheid, welke speciaal ontwikkeld werd om tegelijkertijd aan meerdere doelen te beantwoorden:

- dagelijkse ventilatie;
- automatische brandventilatie;
- extra daglichtvoorziening.

De MF bestaat uit 4 onderdelen:

- omkasting
- buitenkleppen
- bedieningsstelsel
- flens



Een MF kan standaard slechts in een aantal lengte maten verkregen worden. De lengte maten liggen tussen de 1,5 en 3 meter. De breedte bedraagt 1,3 meter. Het gewicht van een MF ligt in principe tussen de 30 en 40 kg.

### **Vulcan**

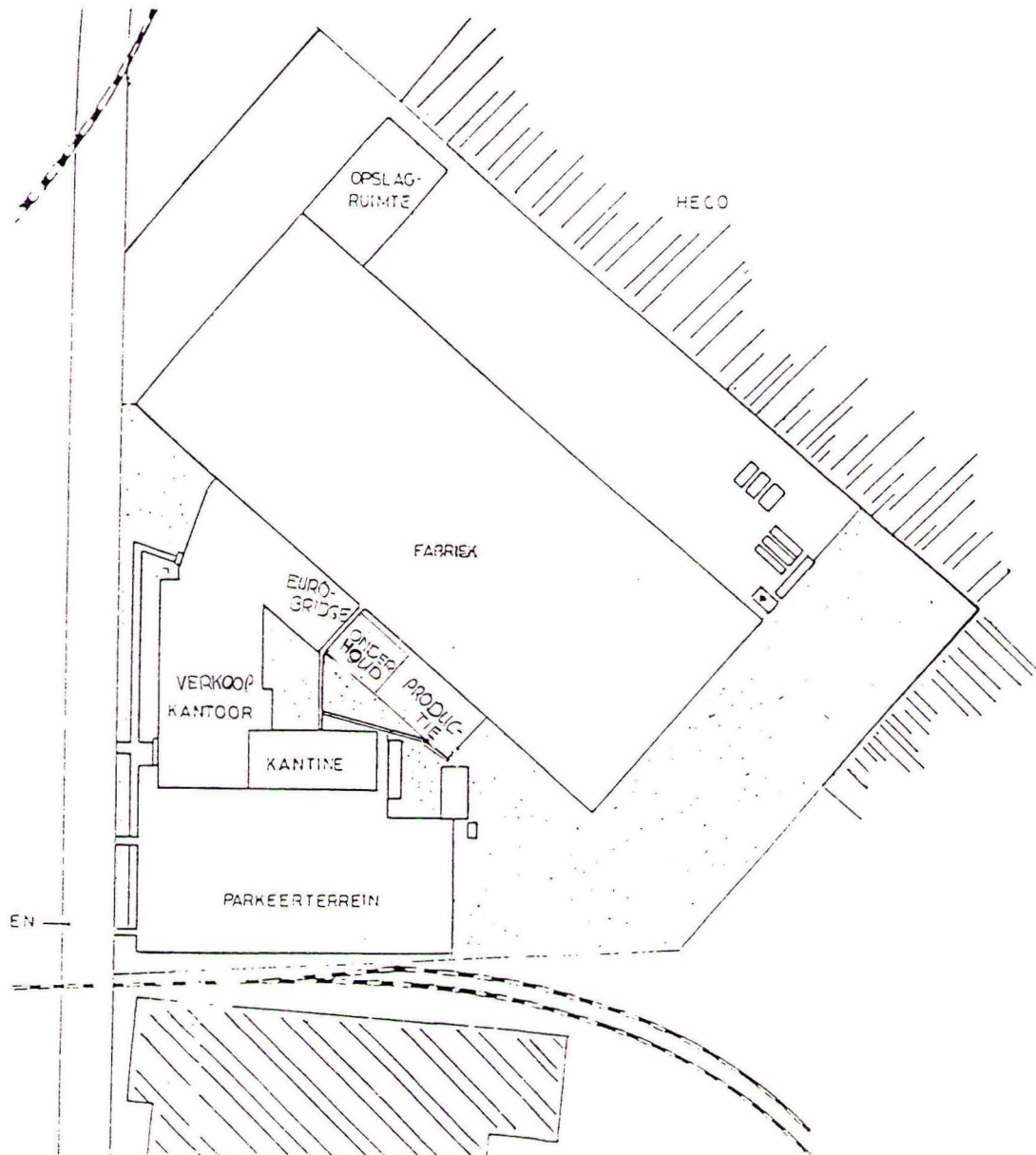
De Vulcan is een natuurlijke luchtafvoereenheid, speciaal ontwikkeld voor permanente, regeninslagvrije ventilatie. De eenheid is hiertoe voorzien van geluidsabsorberende en geluidsreflecterende lamellen en bedienbare jaloezieën. Bovendien kunnen extra geluidscoulisten achter de lamellen geschoven worden waardoor de invoegdemping nog verder verhoogd wordt.

De specifieke vormgeving, schuin oplopend geplaatste lamellen, zorgen voor een hoog regeninslagwerend vermogen terwijl de netto ventilatieopening gunstig blijft. Hierdoor is de Vulcan zeer geschikt voor de toepassing in productiebedrijven met een hoge interne warmtebelasting, welke ook bij regen volledig afgevoerd moet kunnen worden. Zoals bijvoorbeeld het geval is bij vuilverbrandingsinstallaties, in de staalindustrie, de zware industrie centrales, etc. Uit het toepassingsgebied van de Vulcan kan al opgemerkt worden dat het hier om zeer grote ventilatoren gaat, tot zo'n 15 meter lang. Het gewicht van een Vulcan bedraagt ongeveer 80 kg/m.

De Vulcan bestaat uit 4 hoofdonderdelen:

- omkasting inclusief montageflens;
- geluidgedempte lamellen met bedienbare jaloezieën inclusief bedieningsmechanisme;
- regengoot;
- stalen montageframe.

## Bijlage III Gebouwencomplex Colt International Holding BV



Bij het overzicht van het gebouwencomplex van Colt International Holding BV ontbreekt 'Administratie en beheer'. Deze werkmaatschappij bevindt zich op de 1e verdieping, boven het verkoop kantoor.



## **Bijlage IV      Huidige inrichting van de fabrieksvloer**

In deze bijlage is de huidige inrichting van de fabrieksvloer van Colt International Productie BV opgenomen. In de afbeelding van de fabrieksvloer zijn ook de benamingen van de verschillende afdelingen en machines weergegeven. De volgende typen machines worden onderscheiden:

- Guillotine: knipschaar
- BP (Breakpress): afkantbank
- PP (Powerpress): ponsbank, excenterpers
- Notch: hapmachine
- Roll: wals

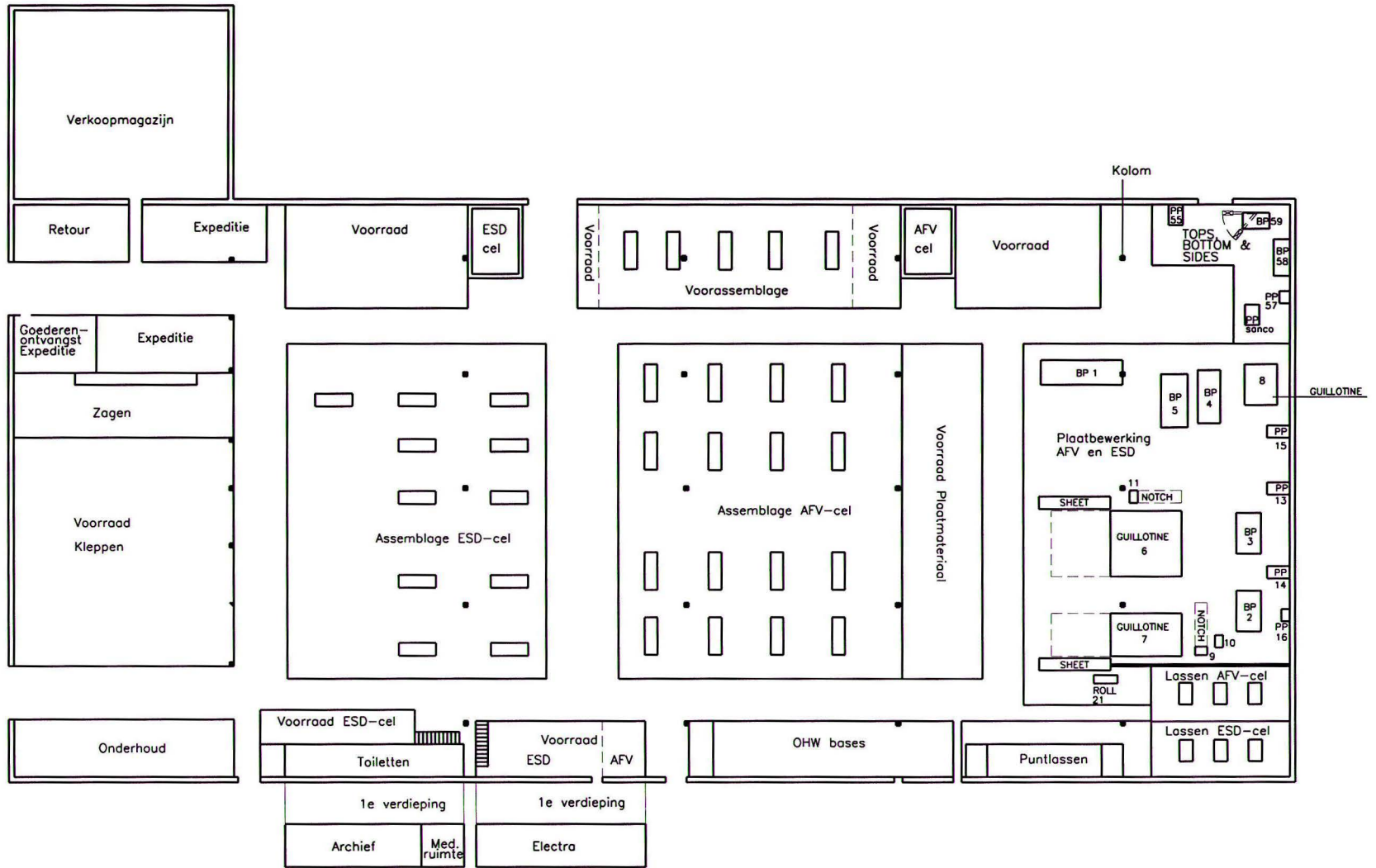
De geïntroduceerde benaming van de machines en de deelgebieden wordt in het verdere verloop van het verslag gehandhaafd. Binnen de plaatbewerkerij is naar aanleiding van de nieuwe organisatievorm fysiek gezien niets veranderd. De machines zijn echter al wel aan de cellen toegewezen. De onderverdeling is als volgt:

### *Plaatbewerkerij AFV*

- Guillotine 7
- Guillotine 8
- Notch 9
- Notch 10
- BP 3
- BP 4
- BP 5
- PP 13
- PP 15
- PP 16
- Roll 21

### *Plaatbewerkerij ESD*

- Guillotine 6
- Notch 11
- BP 1
- BP 2
- PP 14



Schaal 1 : 588

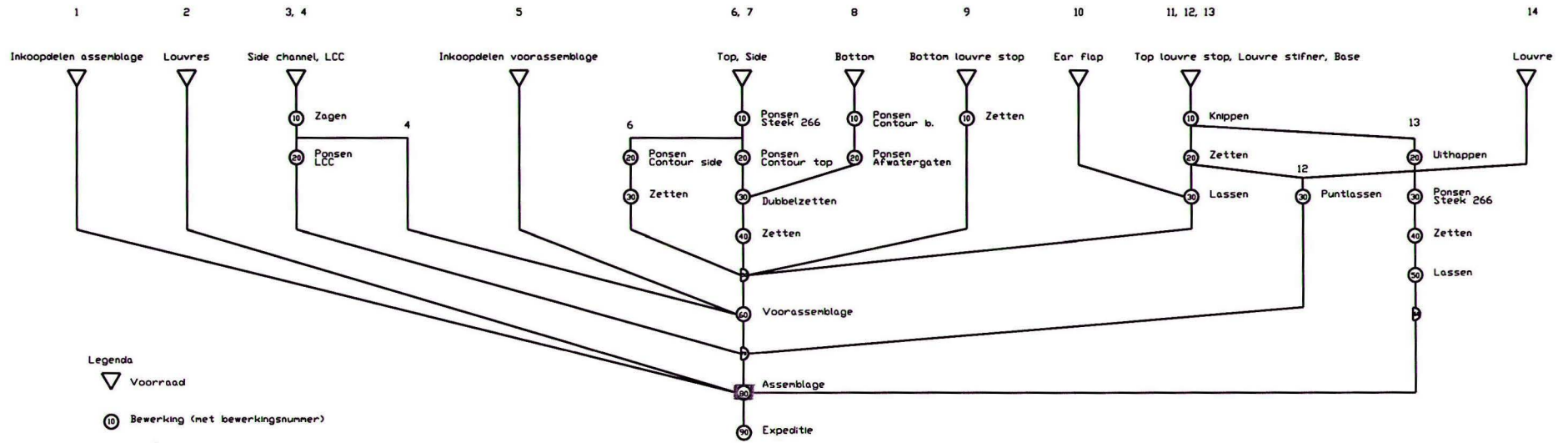


## **Bijlage V Fabricageschema ECO**

Het in deze bijlage opgenomen fabricageschema van de ECO wordt gebruikt om de transportafstanden tussen de bewerkingsplekken aan te geven. Hiertoe worden de onderdelen die de bewerkingsplekken in dezelfde volgorde bezoeken, samen genomen. Zo bestaat bijvoorbeeld de stroom 'Base' (13) uit vier onderdelen die dezelfde machines en werkplekken (voor verschillende bewerkingen) bezoeken. Het transport tussen de werkplekken vindt steeds gezamenlijk plaats. Voor de bepaling van de transportafstand kunnen deze vier afzonderlijke stromen als één stroom gezien worden.

In het fabricageschema worden de volgende stromen onderscheiden:

1. Inkoopdelen assemblage (een groot aantal onderdelen die behalve assemblage binnen Colt geen bewerkingen ondergaan).
2. Louvres.
3. Side channel.
4. Louvre control channel (LCC).
5. Inkoopdelen voorassemblage.
6. Top.
7. Side.
8. Bottom.
9. Bottom louvre stop.
10. Ear flap.
11. Top louvre stop.
12. Louvre stifner.
13. Base.
14. Louvre (één louvre wordt verstevigd met behulp van een 'stifner').





## **Bijlage VI Historische productstatistieken**

Voor de bepaling van de verwachte afzet in de komende jaren zijn de historische gegevens vanaf 1994 gebruikt. De historische gegevens van slechts drie type ventilatoren kunnen gebruikt worden om de toekomstige vraag te voorspellen. Deze voorspelling is gedaan door de gemiddelde vraag over de afgelopen jaren te corrigeren naar de ontwikkelingen in de vraag van de laatste jaren. Om ook de meest recente ontwikkelingen in de afzet mee te nemen is de afzet tot en met half oktober 1997 meegenomen. De afzet in 1997 is gecorrigeerd naar een jaarlijkse vraag om een eerlijke vergelijking met de voorgaande jaren mogelijk te maken. Bij de correctie is aangenomen dat de afzet in het resterende deel van het jaar gelijke tred houdt met de afzet in het eerste gedeelte van het jaar.

Het type FCO werd voorheen (tot 1-9-1997) gezien als een speciale uitvoering van de ECO. De productstatistieken van de FCO zijn daarom geïntegreerd in die van de ECO. Bij de bepaling van de verwachte afzet voor de komende perioden is daarom eerst de afzet van de ECO en FCO cumulatief bepaald. Vervolgens zijn deze cijfers gecorrigeerd naar de afzet van de ECO en FCO afzonderlijk.

### ECO/CO (inclusief FCO)

Jaar	Totaal	Type Din		Din-stang		Breedte 23**/25**		Side channel		Louvre A2-klik		PC/glas		Flens N1-AZ		Vogelgaas		Vogelgaas >13	
1994	10097	481	4,76%	19	0,19%	178	1,76%	522	5,17%	3623	35,88%	3666	36,31%	3	0,03%	202	2,00%	179	1,77%
1995	12449	1981	15,91%	116	0,93%	338	2,72%	1906	15,31%	4706	37,80%	4686	37,64%	293	2,35%	152	1,22%	136	1,09%
1996	12823	1707	13,31%	226	1,76%	766	5,97%	1218	9,50%	5991	46,72%	4262	33,24%	575	4,48%	387	3,02%	350	2,73%
1997	11476	1907	16,62%	288	2,51%	632	5,51%	1155	10,06%	5413	47,17%	3636	31,68%	253	2,20%	385	3,35%	341,72	2,98%
1997	13115	2179,4	16,62%	329,1	2,51%	722,3	5,51%	1320	10,06%	6186,3	47,17%	4155,4	31,68%	289,14	2,20%	440	3,35%	390,54	2,98%
Gemiddeld	12121	1587,1	12,65%	173	1,35%	501	3,99%	1241,5	10,01%	5126,6	41,89%	4192,4	34,72%	290,04	2,27%	295,25	2,40%	263,88	2,14%
Verwachting	13000	1950	15,00%	260	2,00%	650	5,00%	1300	10,00%	5850	45,00%	4420	34,00%	260	2,00%	390	3,00%	357,5	2,75%

### ECO

Verwachting	11700	1755	15,00%	260		650		1170	10,00%	5265	45,00%	3978	34,00%	234	2,00%	351	3,00%	321,75	2,75%
-------------	-------	------	--------	-----	--	-----	--	------	--------	------	--------	------	--------	-----	-------	-----	-------	--------	-------

### FCO

Gecorrigeerd	1300	195	15,00%					130	10,00%	585	45,00%	442	34,00%	234	2,00%	39	3,00%	35,75	2,75%
--------------	------	-----	--------	--	--	--	--	-----	--------	-----	--------	-----	--------	-----	-------	----	-------	-------	-------

Base FR		Base FF	
260	20,00%	325	25,00%

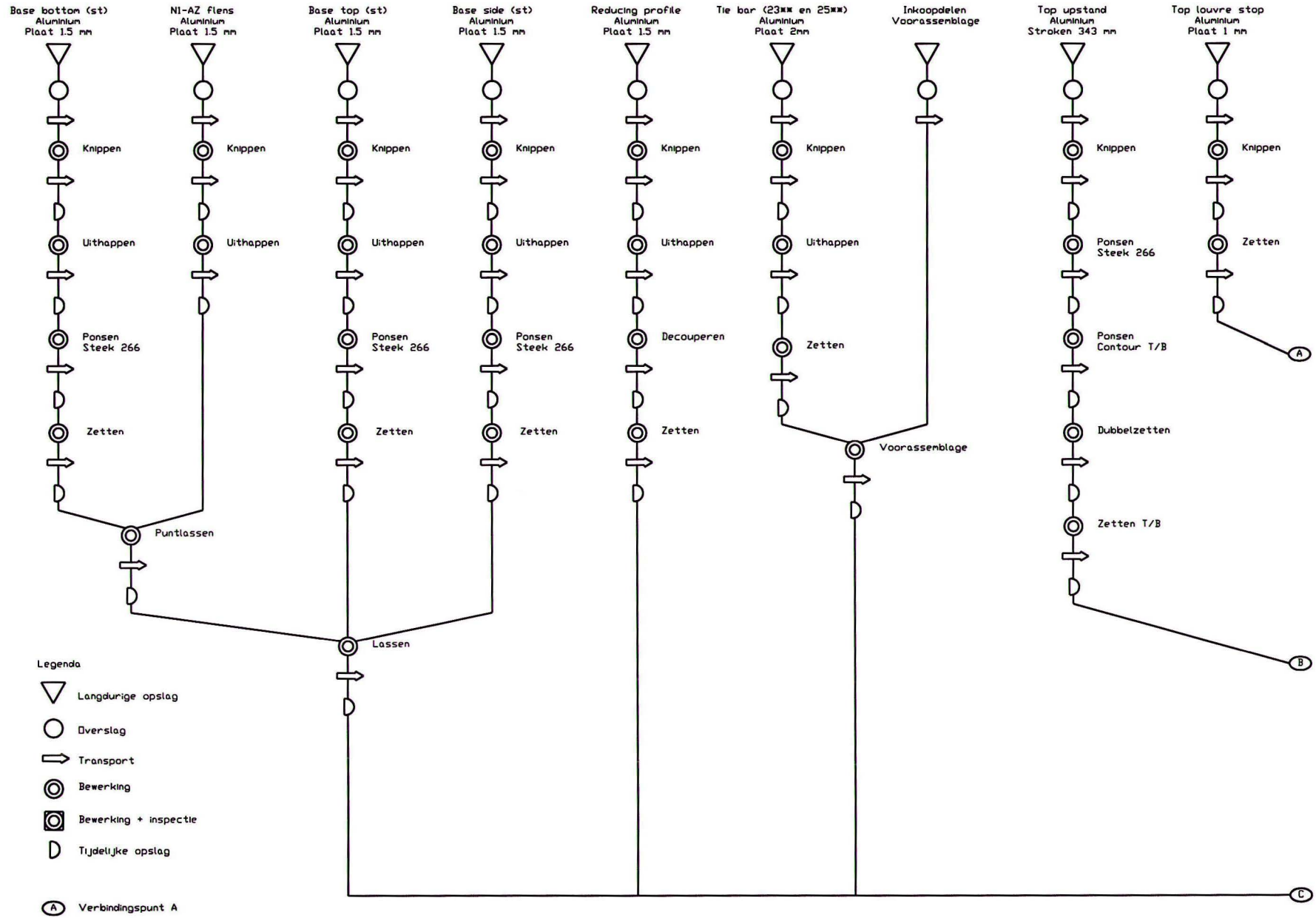
### WCO

Jaar	Totaal	Side channel		Louvre A2-klik		PC/glas		Bediening M-top		PO-damp		M-damp		Vogelgaas		Vogelgaas >13	
1994	672	0	0,00%	109	16,22%	243	36,16%	33	4,91%	573	85,27%	32	4,76%	0	0,00%	0	0,00%
1995	507	9	1,78%	120	23,67%	107	21,10%	15	2,96%	444	87,57%	21	4,14%	24	4,73%	24	4,73%
1996	659	32	4,86%	149	22,61%	105	15,93%	14	2,12%	584	88,62%	23	3,49%	5	0,76%	5	0,76%
1997	928	55	5,93%	471	50,75%	204	21,98%	141	15,19%	772	83,19%	141	15,19%	0	0,00%	0	0,00%
1997	1060,6	62,857	5,93%	538,3	50,75%	233,1	21,98%	161,14	15,19%	882,29	83,19%	161,14	15,19%	0	0,00%	0	0,00%
Gemiddeld	724,64	25,964	3,14%	229	28,31%	172	23,80%	55,786	6,30%	620,82	86,16%	59,286	6,90%	7,25	1,37%	7,25	1,37%
Gecorrigeerd	900	36	4,00%	270	30,00%	180	20,00%	63	7,00%	765	85,00%	63	7,00%	18	2,00%	18	2,00%

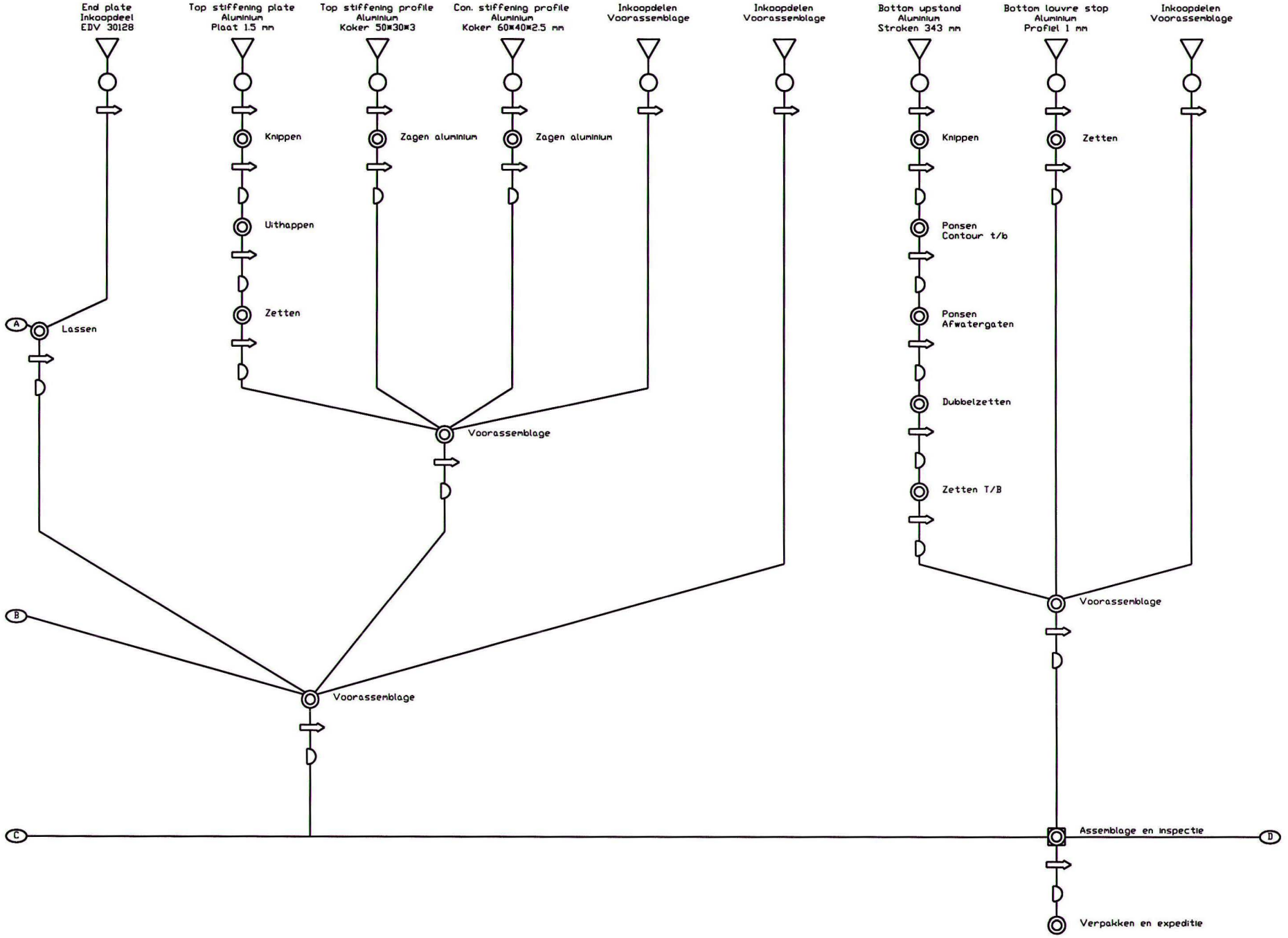


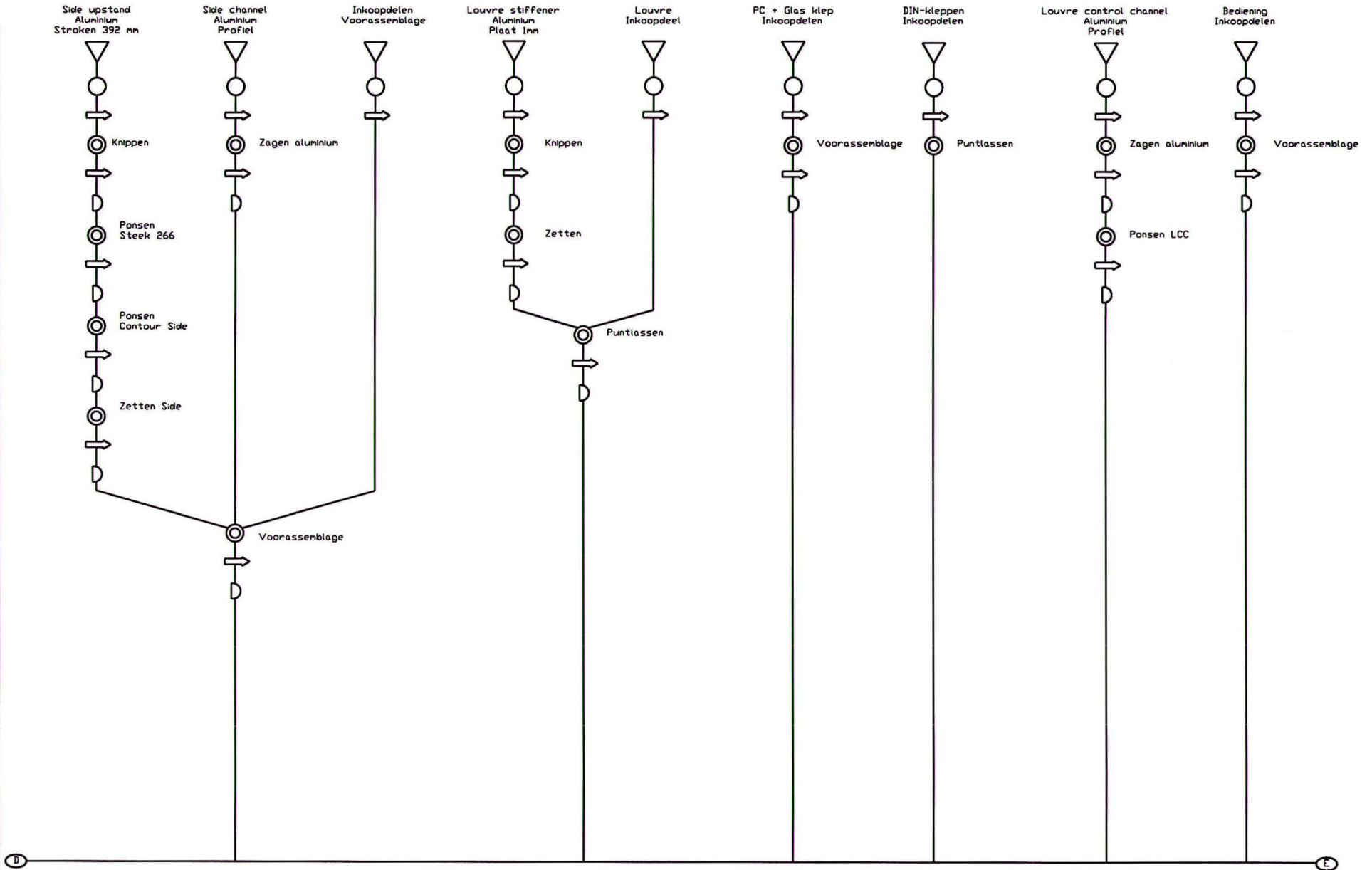
## **Bijlage VII      Processchema ECO**

In deze bijlage is het volledige processchema van de ECO opgenomen. Volledig omdat alle mogelijke processen in het schema zijn opgenomen, ook de processen die alleen van toepassing zijn bij een bepaalde uitvoering. Dit betekent dat niet alle processen uit het schema bij iedere ECO toegepast worden. Het verklaart tevens het verschil in het aantal stromen met het fabricageschema van een standaard ECO. Een ander verschil tussen het fabricageschema van bijlage V en het processchema is dat het fabricageschema in tegenstelling tot het processchema stromen samen neemt die de machines of werkplekken in dezelfde volgorde aandoen. Het fabricageschema wordt gebruikt om transportafstanden te bepalen. Het processchema om het belang van ligging in elkaars nabijheid te bepalen. Hierbij zijn het aantal onderdelen dat tussen twee bewerkingsplekken stroomt van invloed, zodat de stromen niet samengenomen mogen worden.

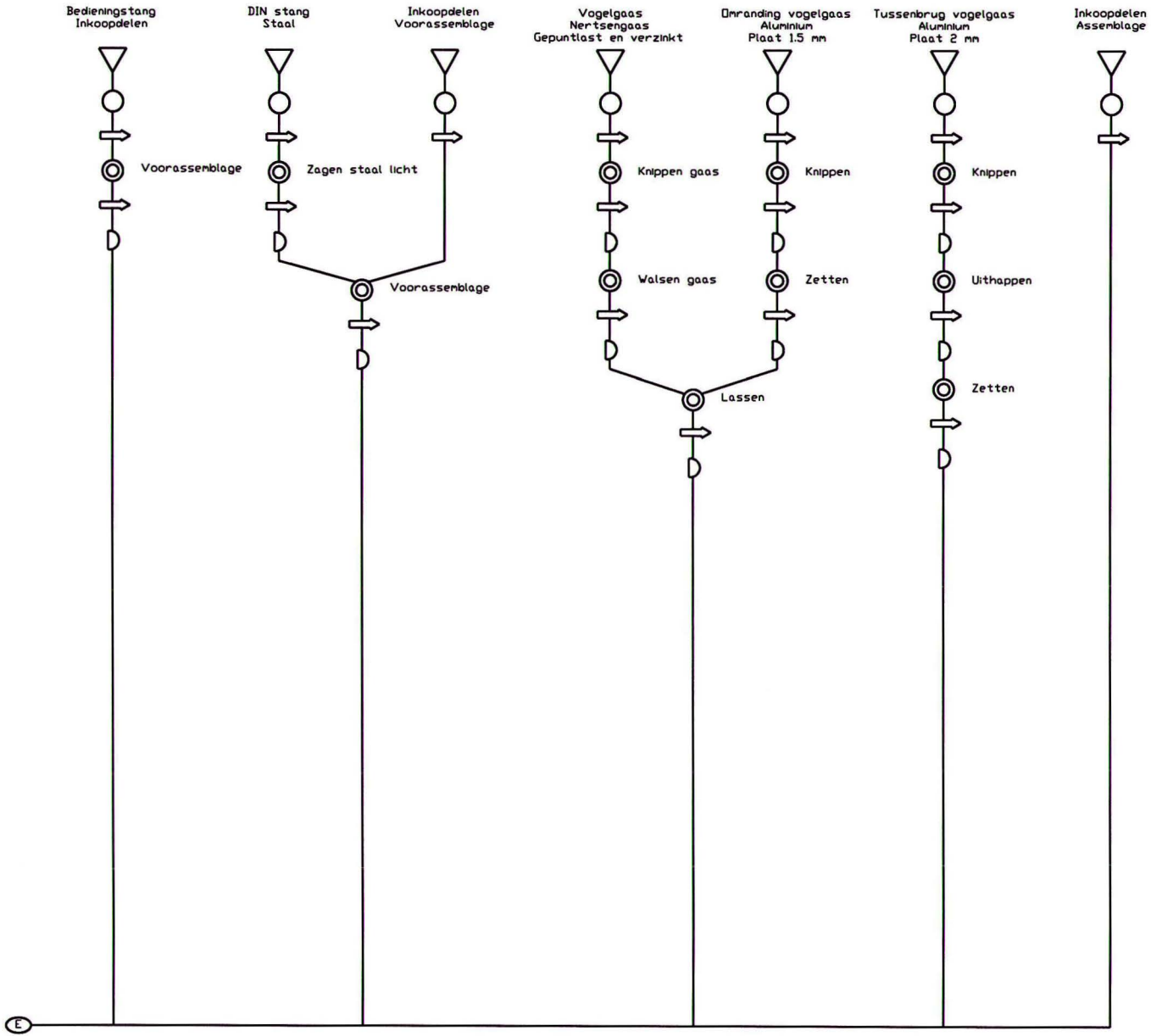












## **Bijlage VIII      Van-naar matrices**

De van-naar matrices zijn samengesteld met behulp van de P-Q analyse en de materiaalstromen. Om ook bij de bepaling van de detail layout gebruik te kunnen maken van de van-naar matrices worden deze tot op bewerkingsniveau uitgewerkt. Voor de bepaling van de transport-frequentie tussen de deelgebieden zijn de verplaatsingen die een overschrijding van een deelgebied impliceren opgeteld.

In eerste instantie zijn de van-naar matrices opgesteld per type ventilator. Later zijn de transport-frequenties tussen overeenkomstige bewerkingen opgeteld om te komen tot een van-naar matrix voor de hele cel. Om de van-naar matrix per type op de stellen zijn matrices opgesteld voor het standaard gedeelte en voor de extra stromen die bepaalde uitvoeringen met zich meebrengen. Door de stromen te vermenigvuldigen met de verwachte afzet wordt een van-naar matrix verkregen met het aantal transporten per type per jaar. Ter illustratie is de bepaling van de van-naar matrix van de ECO in deze bijlage weergegeven. Door bij deze matrix de van-naar matrices van de FCO en de WCO op te tellen wordt de van-naar matrix voor de AFV-cel verkregen. Door alleen de grensoverschrijdende transporten mee te nemen wordt de van-naar matrix van de deelgebieden van de AFV-cel verkregen.



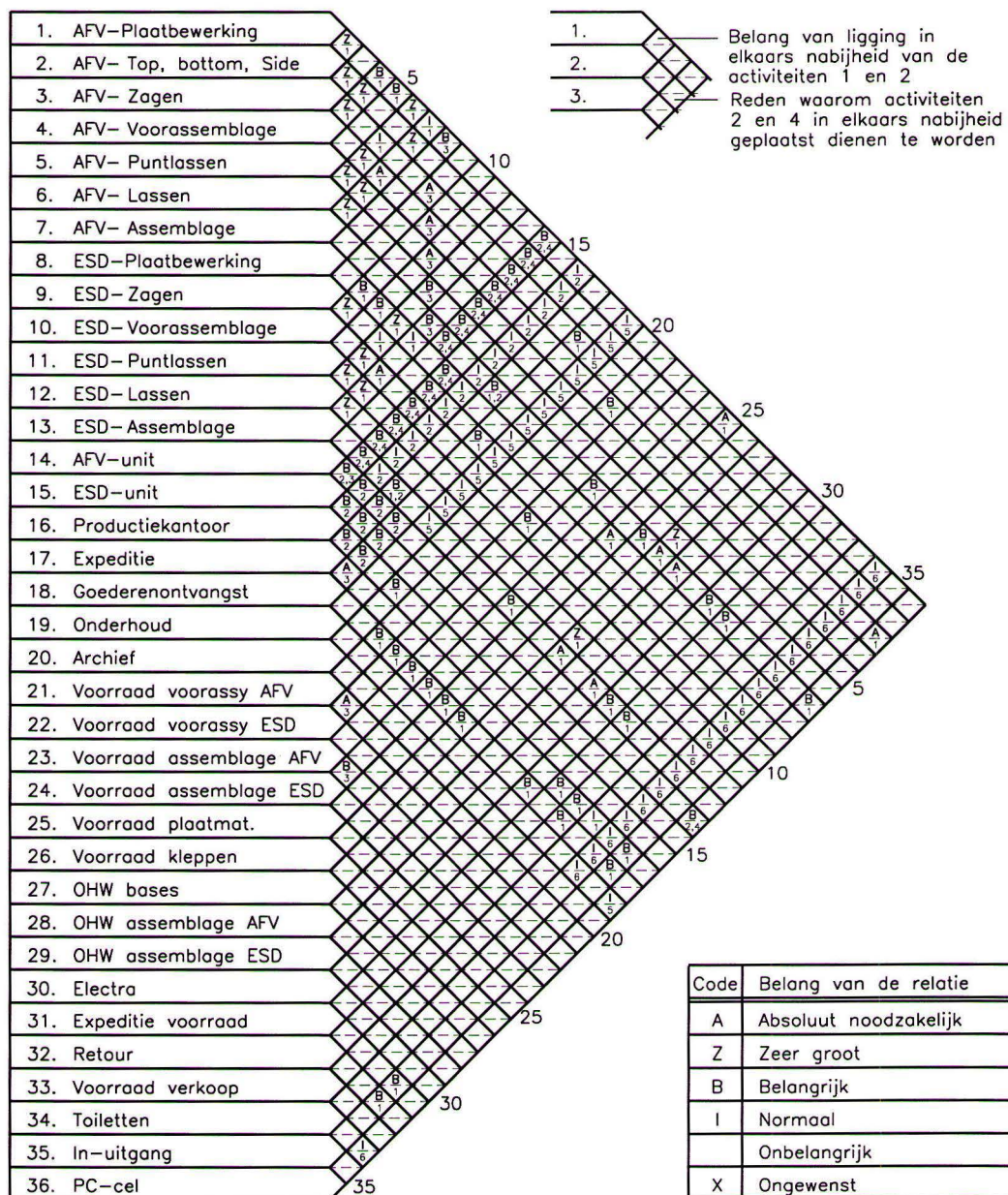
Totale bewerkingen ECO																										
Van	Naar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			
1	Inkoop		55632	46800	351	29250	285	0	0	0	0	0	0	0	11700	0	0	0	0	7020	11700	X	X	162738		
2	Knippen plaat			0	0	0	0	49695	0	0	0	0	0	0	17316	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67011	
3	Knippen stroken				0	0	0	0	35100	11700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46800	
4	Knippen gaas					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	351	0	0	0	0	351	
5	Zagen Aluminium						0	0	0	0	0	0	23400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5850	0	29250	
6	Zagen staal licht							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	285	0	285	
7	Uithappen **								46800	0	0	0	0	0	0	2661	0	0	0	0	234	0	0	0	49695	
8	Ponsen T/B									11700	23400	0	0	0	46800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81900
9	Ponsen Side										0	11700	0	0	0	11700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23400
10	Ponsen LCC											0	0	0	0	11700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11700
11	Ponsen Afwater.												0	0	0	0	23400	0	0	0	0	0	0	0	0	23400
12	Ponsen steek 266													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23400	23400	
13	Ponsen bin. klep														0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	Zetten															0	0	0	0	16965	47151	14040	321	0	78477	
15	Dubbelzetten																23400	0	0	0	0	0	0	0	23400	
16	Zetten T/B																	0	0	0	0	23400	0	0	23400	
17	Zetten Side																		0	0	0	23400	0	0	23400	
18	Walsen gaas																			0	351	0	0	0	351	
19	Puntlassen																				234	0	7020	0	7254	
20	Lassen TIG																					11700	12051	0	23751	
21	Voorassemblage																						75048	0	75048	
22	Assemblage																							0	0	
		0	55632	46800	351	29250	285	49695	81900	23400	23400	11700	23400	0	78477	23400	23400	23400	351	24219	59436	78675	1E+05	775011		







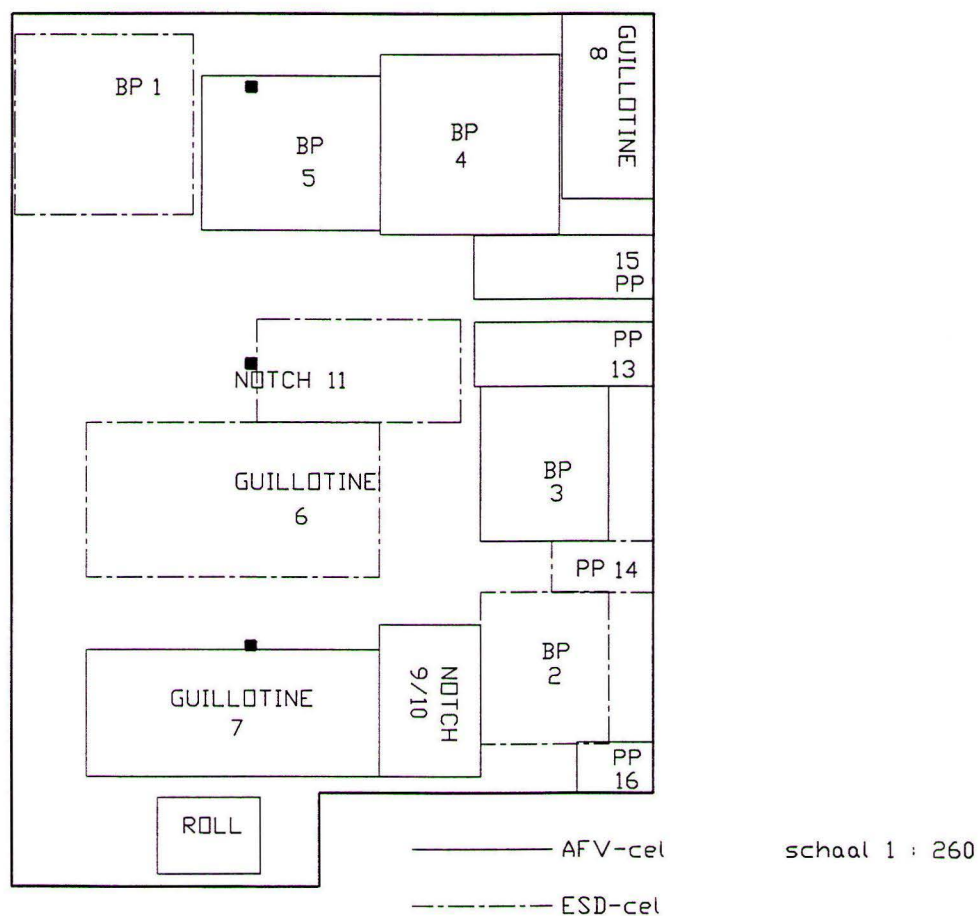
## Bijlage IX Volledig relatiediagram



Code	Reden
1.	Materialstroom/bewerkingsvolgorde
2.	Mate van informatief of persoonlijk contact
3.	Gezamenlijk gebruik van apparatuur, faciliteiten of inzet van personeel
4.	Toezicht
5.	Beheer van apparatuur of faciliteiten
6.	Persoonlijke verzorging

## Bijlage X Verdeling van plaatbewerkerij in cellen

De verdeling van de totale ruimte die de plaatbewerkerij beslaat, vindt plaats aan de hand van de ruimte die de machines in beslag nemen. Bij de verdeling in cellen wordt er vanuit gegaan dat de verdeling van de gangpaden overeenkomstig de verdeling in machineruimten is. Bij de bepaling van de machineruimte wordt niet alleen uitgegaan van de ruimte voor de machine zelf, maar ook van de ruimte die benodigd is voor bediening, producthandling en onderhoud. Wanneer in de plaatbewerkerij de benodigde ruimten voor de machines aangegeven wordt, ontstaat het volgende beeld:



In de huidige situatie nemen de werkplekken bestemd voor de AFV-cel (binnen de plaatbewerkerij) 287,5 m<sup>2</sup> in beslag. De werkplekken van de ESD-cel beslaan 188 m<sup>2</sup>. De verhouding tussen de oppervlakten van de AFV-cel en de ESD-cel bedraagt: 3:2.

De verdeling van de totale ruimte in AFV- en ESD-plaatbewerkerij zal volgens dezelfde verhouding geschieden.

Totale ruimte plaatbewerkerij:	750 m <sup>2</sup>
Benodigde ruimte plaatbewerkerij AFV-cel:	450 m <sup>2</sup> (60%)
Benodigde ruimte plaatbewerkerij ESD-cel:	300 m <sup>2</sup> (40%)



## Bijlage XI Ruimtebepaling PC-cel

Binnen de PC-cel worden de volgende activiteiten ondergebracht:

- lassen (4 \* lasunit);
- assemblage (4 \* assemblage tafel);
- kanban voorraad (12-serie, 15-serie, 18-serie en 21-serie);
- assemblage voorraad;
- project voorraad.

De benodigde ruimte voor de verschillende activiteiten bedraagt:

Lassen:	60 m <sup>2</sup> (op basis van huidige situatie)
Kanban voorraad:	30 m <sup>2</sup> *
Assemblage:	70 m <sup>2</sup> (op basis van huidige situatie)
Assemblage voorraad:	10 m <sup>2</sup>
Project voorraad	30 m <sup>2</sup>

**Benodigde ruimte voor PC-cel** **200 m<sup>2</sup>**

Ruimte die de voorraad PC-kleppen op dit moment in beslag neemt bedraagt: 35 m<sup>2</sup>  
 De benodigde ruimte voor voorraad kleppen (activiteit 21) neemt ten opzichte van de huidige situatie 35 m<sup>2</sup> af. De benodigde ruimte voor de aluminium kleppen bedraagt dan 402 m<sup>2</sup>

- \* kanban voorraad per breedte serie ± 1000 stuks:  
 82 kleppen per container ⇒ 12 containers (= 984 stuks),  
 4 containers op elkaar ⇒ 3 stapels per serie,  
 2,5 m<sup>2</sup> per stapel ⇒ 7,5 m<sup>2</sup> per serie,  
 4 series ⇒ 30 m<sup>2</sup>

## **Bijlage XII      Algemene totaal layout plannen**

In de algemene totaal layout plannen worden de verschillende deelgebieden ruimtelijk gesitueerd in de ter beschikking staande locatie. De deelgebieden zijn genummerd overeenkomstig het relatiediagram van figuur 11. Ter verduidelijking is hier nogmaals de verklaring van de getallen opgenomen.

1. Plaatbewerking AFV-cel
2. Tops, bottoms & Sides
3. Zagen
4. Voorassemblage
5. Puntlassen
6. Lassen AFV-cel
7. Assemblage AFV-cel
8. Plaatbewerking ESD-cel
9. Lassen ESD-cel
10. Assemblage ESD-cel
11. Kantoorunit AFV-cel
12. Kantoorunit ESD-cel
13. Productiekantoor
14. Goederenontvangst & Expeditie
15. Onderhoud
16. Archief
17. Voorraad voorassemblage
18. Voorraad AFV-cel
19. Voorraad ESD-cel
20. Voorraad plaatmateriaal
21. Voorraad kleppen
22. Expeditie voorraad
23. Voorraad verkoop
24. Retour
25. Toiletten
26. In/uitgang
27. PC-cel

In deze bijlage zijn de alternatieve layout plannen 2 tot en met 4 opgenomen. Alternatief 1 is in het rapport opgenomen.



# Alternatief 2



Schaal 1 : 588

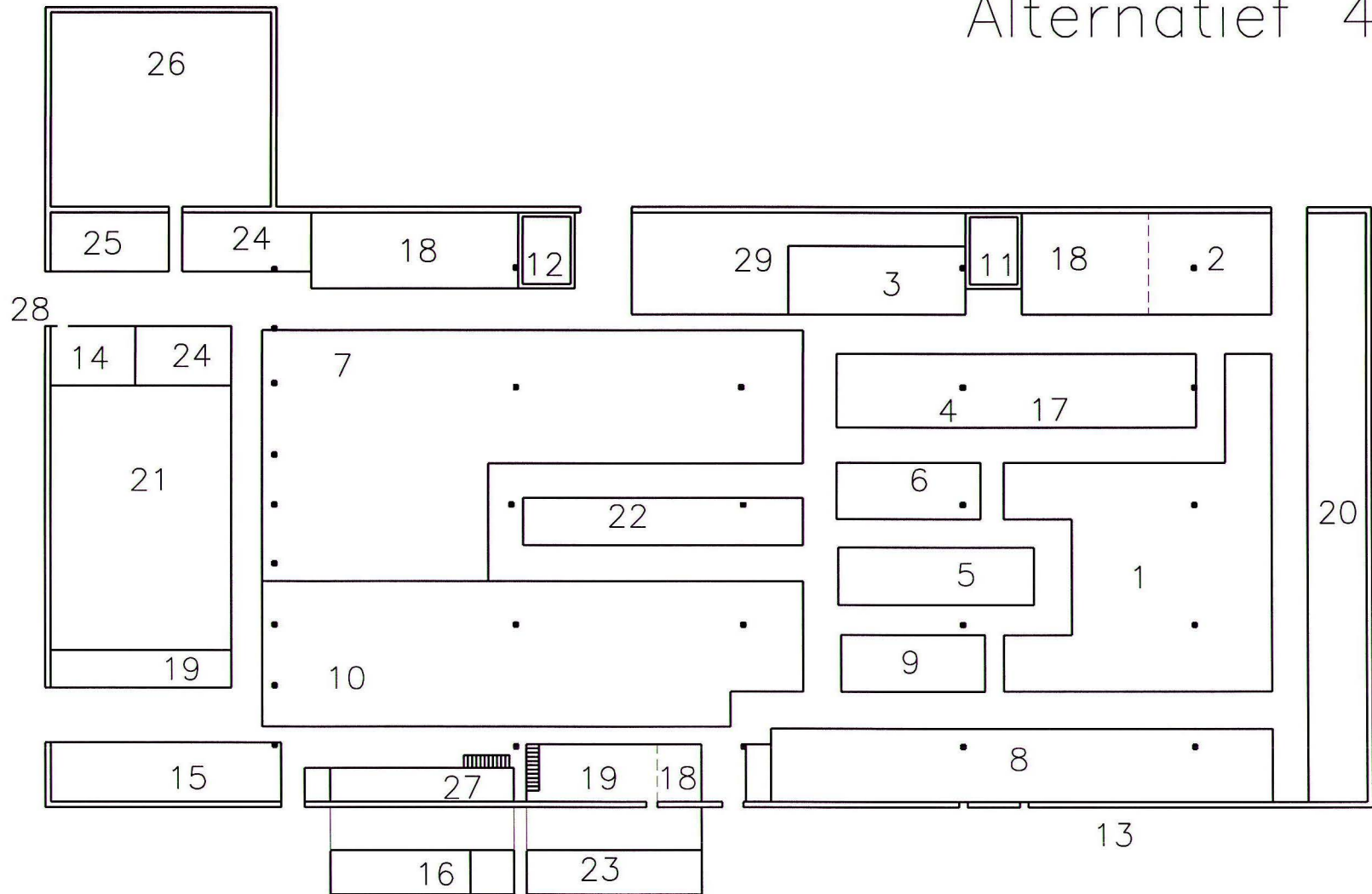
# Alternatief 3



Schaal 1 : 588



# Alternatief 4



73

Schaal 1 : 588

## **Bijlage XIII Afstanden tussen deelgebieden**

Per alternatief layout plan (zie ook bijlage XII) zijn de afstanden bepaald tussen de deelgebieden die een relatie onderhouden. Daarbij zijn de minimale afstanden, de afstanden van middelpunt tot middelpunt (centre to centre) en de maximale afstanden vastgesteld. Om het belang van de relaties mee te wegen in de afstanden, worden wegingsfactoren geïntroduceerd. Deze factoren zijn voor A-, Z-, B- en I-relaties achtereenvolgens 4, 3, 2 en 1. De relatie waarop een afstand betrekking heeft, wordt gegeven door de nummering van de deelgebieden. Deze nummering is overeenkomstig figuur 11.



Alternatief 1

Relatie	Belang	Absolute afstand			Cewogen afstand		
		Min.	C-C	Max.	Min.	Gem.	Max.
1-20	A	3,5	15,9	50,0	14,1	63,5	199,9
8-20	A	3,5	23,8	60,6	14,1	95,3	242,3
4-7	A	1,8	33,5	72,0	7,1	134,1	288,1
4-10	A	16,2	35,9	77,3	64,7	143,5	309,3
7-22	A	2,6	40,0	71,1	10,6	159,9	284,6
10-22	A	2,6	31,8	64,1	10,6	127,0	256,4
3-29	A	0,0	15,3	31,8	0,0	61,2	127,0
1-2	Z	2,6	19,1	39,7	7,9	57,3	119,1
1-6	Z	3,5	19,7	38,8	10,6	59,1	116,4
8-9	Z	9,7	26,5	44,7	29,1	79,4	134,1
2-4	Z	11,8	36,5	61,2	35,3	109,4	183,5
3-4	Z	2,4	12,9	35,3	7,1	38,8	105,8
4-6	Z	1,7	13,5	38,2	5,0	40,6	114,7
4-10	Z	30,6	36,8	51,7	91,7	110,3	155,2
2-7	Z	31,5	69,4	97,0	94,4	208,2	291,1
5-7	Z	12,9	51,5	77,9	38,8	154,4	233,7
6-6	Z	5,3	43,5	71,1	15,9	130,5	213,4
5-10	Z	12,9	41,5	71,7	38,8	124,4	215,2
9-10	Z	2,6	32,9	66,4	7,9	98,8	199,3
6-22	Z	2,9	15,0	30,0	8,8	45,0	90,0
9-22	Z	3,2	14,7	25,6	9,7	44,1	76,7
2-3	Z	16,8	26,8	38,2	50,3	80,3	114,7
5-6	Z	2,9	14,7	29,1	8,8	44,1	87,3
5-9	Z	3,2	17,3	32,3	9,7	52,0	97,0
1-4	B	3,5	32,3	62,9	7,1	64,7	125,8
1-5	B	3,5	20,9	44,1	7,1	41,7	88,2
1-8	B	2,9	22,6	46,5	5,9	45,3	92,9
1-11	B	5,9	25,3	44,1	11,8	50,6	88,2
4-8	B	20,0	43,8	71,7	40,0	87,6	143,5
5-8	B	3,5	18,2	38,2	7,1	36,5	76,4
8-12	B	54,1	70,6	86,4	108,2	141,1	172,9
4-14	B	5,3	19,1	39,4	10,6	38,2	78,8
4-15	B	7,6	28,2	49,4	15,3	56,4	98,8
7-10	B	2,9	17,6	62,9	5,9	35,3	125,8
7-11	B	18,2	51,7	75,3	36,5	103,5	150,5
7-14	B	12,1	37,0	73,5	24,1	74,1	147,0
7-18	B	40,6	112,6	201,7	81,1	225,2	403,4
7-21	B	3,5	31,2	73,5	7,1	62,3	147,0
7-23	B	17,3	36,2	59,4	34,7	72,3	118,8
7-24	B	7,6	57,9	132,9	15,3	115,8	265,8
7-29	B	2,9	31,8	63,2	5,9	63,5	126,4
10-12	B	27,6	36,5	53,2	55,3	72,9	106,4
10-14	B	21,8	49,4	79,4	43,5	98,8	158,8
10-19	B	5,9	49,1	111,7	11,8	98,2	223,4
10-23	B	2,4	12,3	44,1	4,7	24,7	88,2
10-24	B	47,0	89,4	146,4	94,1	178,8	292,8
14-20	B	107,0	115,2	121,7	214,0	230,5	243,4
11-29	B	6,5	21,5	36,5	12,9	42,9	72,9
3-11	B	0,0	7,1	16,5	0,0	14,1	32,9
3-12	B	27,0	31,8	41,7	54,1	63,6	83,5
3-14	B	67,0	75,9	85,3	134,1	151,7	170,5
2-14	B	11,8	20,0	29,1	23,5	40,0	58,2
5-14	B	21,2	33,5	45,9	42,3	67,0	91,7



Alternatief 1  
1

Relatie	Belang	Absolute afstand			Gewogenafstand		
		Min.	C-C	Max.	Min.	C-C	Max.
5-12	B	41,7	52,6	64,1	83,5	105,3	128,2
6-9	B	23,5	29,4	39,1	47,0	58,8	78,2
6-11	B	13,2	19,4	27,3	26,5	38,8	54,7
9-12	B	47,6	57,0	66,4	95,3	114,1	132,9
14-17	B	45,6	67,6	90,3	91,1	135,2	180,5
14-18	B	155,5	188,2	220,8	311,1	376,3	441,6
14-19	B	66,7	87,9	110,0	133,5	175,8	219,9
14-21	B	0,0	15,3	33,5	0,0	30,6	67,0
14-23	B	48,2	60,9	73,5	96,4	121,7	147,0
14-24	B	6,5	25,9	45,9	12,9	51,7	91,7
14-25	B	7,9	25,9	19,4	15,9	51,7	38,8
14-28	B	0,0	10,6	13,2	0,0	21,2	26,5
18-19	B	39,4	7,1	77,6	78,8	14,1	155,2
24-29	B	19,7	54,1	45,3	39,4	108,2	90,6
25-29	B	0,0	7,6	15,3	0,0	15,3	30,6
1-7	I	22,1	60,3	95,3	22,1	60,3	95,3
1-13	I	19,7	42,3	70,0	19,7	42,3	70,0
1-15	I	72,9	94,7	119,4	72,9	94,7	119,4
1-27	I	52,6	74,7	95,8	52,6	74,7	95,8
8-10	I	22,1	57,3	93,5	22,1	57,3	93,5
8-13	I	0,0	26,5	54,1	0,0	26,5	54,1
8-15	I	71,7	91,1	112,9	71,7	91,1	112,9
8-27	I	50,3	63,2	87,6	50,3	63,2	87,6
4-13	I	36,2	44,1	59,7	36,2	44,1	59,7
4-15	I	44,7	75,9	98,5	44,7	75,9	98,5
4-27	I	34,7	53,5	76,1	34,7	53,5	76,1
7-13	I	23,2	50,6	91,1	23,2	50,6	91,1
7-15	I	17,1	39,7	78,5	17,1	39,7	78,5
7-27	I	19,4	35,3	56,4	19,4	35,3	56,4
10-13	I	8,2	32,9	79,7	8,2	32,9	79,7
10-15	I	2,1	36,5	78,8	2,1	36,5	78,8
10-27	I	2,4	17,1	49,4	2,4	17,1	49,4
2-13	I	45,9	60,0	78,8	45,9	60,0	78,8
2-15	I	88,5	105,8	123,8	88,5	105,8	123,8
2-27	I	71,1	87,0	101,7	71,1	87,0	101,7
3-6	I	10,6	17,6	28,8	10,6	17,6	28,8
3-9	I	39,1	52,3	55,3	39,1	52,3	55,3
3-13	I	45,0	53,5	65,0	45,0	53,5	65,0
3-15	I	66,4	82,9	99,1	66,4	82,9	99,1
3-27	I	52,9	65,9	79,4	52,9	65,9	79,4
6-13	I	32,3	35,9	50,0	32,3	35,9	50,0
6-15	I	60,0	77,6	95,3	60,0	77,6	95,3
6-27	I	42,3	57,6	72,0	42,3	57,6	72,0
9-13	I	0,0	7,1	27,9	0,0	7,1	27,9
9-15	I	49,4	66,4	83,5	49,4	66,4	83,5
9-27	I	27,0	43,5	57,9	27,0	43,5	57,9
15-27	I	4,7	22,9	41,7	4,7	22,9	41,7
13-29	I	45,0	55,3	74,1	45,0	55,3	74,1
15-29	I	50,6	70,6	92,3	50,6	70,6	92,3
27-29	I	42,9	56,7	72,9	42,9	56,7	72,9

Totaal	2532,4	4510,6	6950,4	4009,0	7991,3	12907,5
--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------



Alternatief 2

Relatie	Belang	Absolute afstand			Gewogen afstand		
		Min.	C-C	Max.	Min.	C-C	Max.
1-20	A	3,2	15,6	43,8	12,9	62,3	175,2
8-20	A	3,2	15,0	40,0	12,9	60,0	159,9
4-7	A	2,9	30,6	69,4	11,8	122,3	277,5
4-10	A	12,3	34,1	75,3	49,4	136,4	301,1
7-22	A	2,9	27,9	64,7	11,8	111,7	258,7
10-22	A	2,9	20,6	60,6	11,8	82,3	242,3
3-29	A	0,0	15,3	31,8	0,0	61,2	127,0
1-2	Z	2,9	18,8	37,6	8,8	56,4	112,9
1-6	Z	3,5	25,9	46,5	10,6	77,6	139,4
8-9	Z	13,2	21,8	42,3	39,7	65,3	127,0
2-4	Z	19,1	44,7	69,7	57,3	134,1	209,0
3-4	Z	2,9	14,1	35,9	8,8	42,3	107,6
4-6	Z	23,5	18,8	40,0	70,6	56,4	120,0
4-10	Z	18,5	31,8	50,3	55,6	95,3	150,8
2-7	Z	30,6	74,7	105,3	91,7	224,0	315,8
5-7	Z	11,8	51,7	99,7	35,3	155,2	299,0
6-6	Z	3,2	42,9	71,7	9,7	128,8	215,2
5-10	Z	11,8	44,7	79,7	35,3	134,1	239,2
9-10	Z	3,2	35,3	70,0	9,7	105,8	209,9
6-22	Z	3,2	17,6	33,5	9,7	52,9	100,5
9-22	Z	3,5	19,4	35,9	10,6	58,2	107,6
2-3	Z	20,6	33,2	46,5	61,7	99,7	139,4
5-6	Z	3,2	10,0	24,1	9,7	30,0	72,3
5-9	Z	3,2	19,7	30,6	9,7	59,1	91,7
1-4	B	3,2	38,2	68,2	6,5	76,4	136,4
1-5	B	3,2	20,9	44,1	6,5	41,7	88,2
1-8	B	19,7	30,6	53,2	39,4	61,2	106,4
1-11	B	3,8	25,9	43,5	7,6	51,7	87,0
4-8	B	24,1	48,2	78,8	48,2	96,4	157,6
5-8	B	2,9	20,6	42,9	5,9	41,2	85,8
8-12	B	56,4	74,7	87,9	112,9	149,4	175,8
4-14	B	5,9	20,6	40,0	11,8	41,2	80,0
4-15	B	8,2	27,0	46,5	16,5	54,1	92,9
7-10	B	2,9	19,4	69,1	5,9	38,8	138,2
7-11	B	16,8	50,6	75,3	33,5	101,1	150,5
7-14	B	10,9	38,5	79,7	21,8	77,0	159,3
7-18	B	41,7	113,8	210,8	83,5	227,6	421,6
7-21	B	3,5	33,5	81,1	7,1	67,0	162,3
7-23	B	25,3	28,2	73,8	50,6	56,4	147,6
7-24	B	6,5	62,6	142,9	12,9	125,2	285,8
7-29	B	4,7	30,6	62,9	9,4	61,2	125,8
10-12	B	25,3	38,8	57,3	50,6	77,6	114,7
10-14	B	19,1	53,2	86,7	38,2	106,4	173,5
10-19	B	4,7	33,5	104,1	9,4	67,0	208,2
10-23	B	2,4	8,8	46,5	4,7	17,6	92,9
10-24	B	40,6	96,4	158,2	81,1	192,9	316,3
14-20	B	90,8	107,3	124,1	181,7	214,6	248,1
11-29	B	6,5	21,5	36,5	12,9	42,9	72,9
3-11	B	0,0	7,1	16,5	0,0	14,1	32,9
3-12	B	27,0	33,8	41,7	54,1	67,6	83,5
3-14	B	67,0	75,6	85,3	134,1	151,1	170,5
2-14	B	15,9	26,2	36,5	31,8	52,3	72,9
5-14	B	17,3	29,4	42,3	34,7	58,8	84,7



Alternatief 2

Relatie	Belang	Absolute afstand			Gewogen afstand		
		Min.	C-C	Max.	Min.	C-C	Max.
5-12	B	45,3	55,0	65,9	90,6	110,0	131,7
6-9	B	2,9	15,9	29,4	5,9	31,8	58,8
6-11	B	15,3	24,7	5,3	30,6	49,4	10,6
9-12	B	42,3	55,9	66,4	84,7	111,7	132,9
14-17	B	45,3	65,9	86,7	90,6	131,7	173,5
14-18	B	154,4	189,6	226,4	308,7	379,3	452,8
14-19	B	109,4	136,7	157,9	218,7	273,4	315,8
14-21	B	0,0	17,1	35,9	0,0	34,1	71,7
14-23	B	48,2	60,6	73,5	96,4	121,1	147,0
14-24	B	5,6	24,4	44,4	11,2	48,8	88,8
14-25	B	7,9	10,6	19,4	15,9	21,2	38,8
14-28	B	0,0	7,1	13,2	0,0	14,1	26,5
18-19	B	46,5	68,8	92,0	92,9	137,6	184,0
24-29	B	19,7	31,5	44,1	39,4	62,9	88,2
25-29	B	0,0	7,6	15,3	0,0	15,3	30,6
1-7	I	11,8	64,7	102,9	11,8	64,7	102,9
1-13	I	29,7	49,4	77,0	29,7	49,4	77,0
1-15	I	73,5	112,9	127,9	73,5	112,9	127,9
1-27	I	55,9	81,1	104,1	55,9	81,1	104,1
8-10	I	11,8	56,7	103,5	11,8	56,7	103,5
8-13	I	0,0	28,2	59,4	0,0	28,2	59,4
8-15	I	68,2	87,6	120,5	68,2	87,6	120,5
8-27	I	47,0	70,6	94,7	47,0	70,6	94,7
4-13	I	35,6	43,5	63,5	35,6	43,5	63,5
4-15	I	43,5	71,7	94,5	43,5	71,7	94,5
4-27	I	33,5	51,7	73,2	33,5	51,7	73,2
7-13	I	25,6	50,0	90,6	25,6	50,0	90,6
7-15	I	20,0	40,0	83,2	20,0	40,0	83,2
7-27	I	22,1	28,2	61,2	22,1	28,2	61,2
10-13	I	7,9	33,5	80,0	7,9	33,5	80,0
10-15	I	2,1	38,8	78,8	2,1	38,8	78,8
10-27	I	4,4	17,6	54,1	4,4	17,6	54,1
2-13	I	48,5	64,7	83,8	48,5	64,7	83,8
2-15	I	92,6	112,3	131,7	92,6	112,3	131,7
2-27	I	75,9	77,6	108,2	75,9	77,6	108,2
3-6	I	12,3	23,5	36,5	12,3	23,5	36,5
3-9	I	28,2	39,7	51,7	28,2	39,7	51,7
3-13	I	45,0	53,5	65,0	45,0	53,5	65,0
3-15	I	66,4	82,3	99,1	66,4	82,3	99,1
3-27	I	52,9	65,9	79,4	52,9	65,9	79,4
6-13	I	12,6	30,3	46,5	12,6	30,3	46,5
6-15	I	61,2	76,7	91,4	61,2	76,7	91,4
6-27	I	41,7	55,3	68,2	41,7	55,3	68,2
9-13	I	3,5	14,7	32,9	3,5	14,7	32,9
9-15	I	59,7	73,5	87,0	59,7	73,5	87,0
9-27	I	38,2	50,0	62,3	38,2	50,0	62,3
15-27	I	4,7	22,9	41,7	4,7	22,9	41,7
13-29	I	45,0	55,3	74,1	45,0	55,3	74,1
15-29	I	50,6	70,6	92,3	50,6	70,6	92,3
27-29	I	42,9	56,7	72,9	42,9	56,7	72,9

Totaal	2579,5	4622,6	7210,2	4118,0	8136,5	13316,7
--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------



Alternatief 3

Relatie	Belang	Absolute afstand			Gewogen afstand		
		Min.	C-C	Max.	Min.	C-C	Max.
1-20	A	3,2	15,6	43,8	12,9	62,3	175,2
8-20	A	3,2	15,0	40,0	12,9	60,0	159,9
4-7	A	2,9	38,5	69,4	11,8	154,1	277,5
4-10	A	20,6	36,8	75,3	82,3	147,0	301,1
7-22	A	2,9	24,7	59,4	11,8	98,8	237,6
10-22	A	2,9	18,8	55,3	11,8	75,3	221,1
3-29	A	0,0	15,3	31,8	0,0	61,2	127,0
1-2	Z	2,9	18,8	37,6	8,8	56,4	112,9
1-6	Z	3,8	27,9	52,3	11,5	83,8	157,0
8-9	Z	11,8	27,9	50,6	35,3	83,8	151,7
2-4	Z	19,1	44,7	69,7	57,3	134,1	209,0
3-4	Z	2,9	14,1	35,9	8,8	42,3	107,6
4-6	Z	4,7	15,9	38,2	14,1	47,6	114,7
4-10	Z	12,3	21,8	42,3	37,0	65,3	127,0
2-7	Z	35,6	77,6	105,3	106,7	232,8	315,8
5-7	Z	17,3	54,7	99,7	52,0	164,1	299,0
6-6	Z	3,2	43,5	71,4	9,7	130,5	214,3
5-10	Z	3,5	47,6	79,4	10,6	142,9	238,1
9-10	Z	2,9	36,5	70,6	8,8	109,4	211,7
6-22	Z	3,8	21,8	39,4	11,5	65,3	118,2
9-22	Z	2,6	19,7	37,6	7,9	59,1	112,9
2-3	Z	20,6	33,2	46,5	61,7	99,7	139,4
5-6	Z	1,8	12,3	26,5	5,3	37,0	79,4
5-9	Z	1,8	10,6	23,8	5,3	31,8	71,4
1-4	B	3,2	38,2	68,2	6,5	76,4	136,4
1-5	B	3,2	20,9	44,1	6,5	41,7	88,2
1-8	B	19,7	30,6	53,2	39,4	61,2	106,4
1-11	B	3,8	25,9	43,5	7,6	51,7	87,0
4-8	B	24,1	48,2	78,8	48,2	96,4	157,6
5-8	B	2,9	20,6	42,9	5,9	41,2	85,8
8-12	B	56,4	74,7	87,9	112,9	149,4	175,8
4-14	B	5,9	20,6	40,0	11,8	41,2	80,0
4-15	B	8,2	3,5	46,5	16,5	7,1	92,9
7-10	B	2,9	78,8	76,4	5,9	157,6	152,9
7-11	B	19,1	52,9	75,3	38,2	105,8	150,5
7-14	B	11,2	36,2	74,1	22,3	72,3	148,2
7-18	B	45,3	117,3	205,8	90,6	234,6	411,6
7-21	B	3,5	30,9	75,0	7,1	61,7	149,9
7-23	B	20,0	29,4	59,4	40,0	58,8	118,8
7-24	B	6,5	58,2	138,5	12,9	116,4	276,9
7-29	B	4,7	32,9	62,9	9,4	65,9	125,8
10-12	B	25,3	40,0	62,3	50,6	80,0	124,7
10-14	B	19,1	51,7	76,4	38,2	103,5	152,9
10-19	B	4,7	35,0	106,4	9,4	70,0	212,9
10-23	B	2,4	15,3	46,5	4,7	30,6	92,9
10-24	B	40,6	94,7	172,3	81,1	189,3	344,6
14-20	B	90,8	107,3	124,1	181,7	214,6	248,1
11-29	B	6,5	21,5	36,5	12,9	42,9	72,9
3-11	B	0,0	7,1	16,5	0,0	14,1	32,9
3-12	B	27,0	33,8	41,7	54,1	67,6	83,5
3-14	B	67,0	75,6	85,3	134,1	151,1	170,5
2-14	B	15,9	26,2	36,5	31,8	52,3	72,9
5-14	B	17,3	29,4	42,3	34,7	58,8	84,7



Alternatief 3

Relatie	Belang	Absolute afstand			Gewogen afstand		
		Min.	C-C	Max.	Min.	C-C	Max.
5-12	B	45,276	54,978	65,856	90,552	109,96	131,71
6-9	B	2,646	7,644	18,228	5,292	15,288	36,456
6-11	B	17,052	23,52	31,458	34,104	47,04	62,916
9-12	B	37,632	43,806	57,624	75,264	87,612	115,25
14-17	B	45,276	65,856	86,73	90,552	131,71	173,46
14-18	B	157,35	189,63	226,38	314,7	379,26	452,76
14-19	B	109,37	136,71	157,88	218,74	273,42	315,76
14-21	B	0	17,052	35,868	0	34,104	71,736
14-23	B	48,216	60,564	73,5	96,432	121,13	147
14-24	B	5,586	24,02	44,394	11,172	48,04	88,788
14-25	B	7,938	10,584	19,404	15,876	21,168	38,808
14-28	B	0	7,056	13,23	0	14,112	26,46
18-19	B	46,452	68,796	92,022	92,904	137,59	184,04
24-29	B	19,698	314,58	44,1	39,396	629,16	88,2
25-29	B	0	9,996	15,288	0	19,992	30,576
1-7	I	17,346	69,678	102,9	17,346	69,678	102,9
1-13	I	29,694	49,392	77,028	29,694	49,392	77,028
1-15	I	73,5	112,9	127,89	73,5	112,9	127,89
1-27	I	55,86	81,144	104,08	55,86	81,144	104,08
8-10	I	3,528	59,094	103,49	3,528	59,094	103,49
8-13	I	0	28,224	59,388	0	28,224	59,388
8-15	I	68,208	87,612	120,54	68,208	87,612	120,54
8-27	I	47,04	70,56	94,668	47,04	70,56	94,668
4-13	I	35,574	43,512	63,504	35,574	43,512	63,504
4-15	I	43,512	71,736	94,962	43,512	71,736	94,962
4-27	I	33,516	51,744	73,206	33,516	51,744	73,206
7-13	I	25,578	58,212	90,552	25,578	58,212	90,552
7-15	I	19,968	37,632	78,498	19,968	37,632	78,498
7-27	I	19,992	27,636	59,682	19,992	27,636	59,682
10-13	I	7,938	35,868	79,968	7,938	35,868	79,968
10-15	I	2,058	36,456	87,024	2,058	36,456	87,024
10-27	I	4,41	14,7	61,74	4,41	14,7	61,74
2-13	I	48,51	64,68	83,79	48,51	64,68	83,79
2-15	I	92,61	112,31	131,71	92,61	112,31	131,71
2-27	I	75,852	77,616	108,19	75,852	77,616	108,19
3-6	I	14,406	21,756	31,752	14,406	21,756	31,752
3-9	I	22,344	29,4	38,808	22,344	29,4	38,808
3-13	I	44,982	53,508	64,974	44,982	53,508	64,974
3-15	I	66,444	82,908	99,078	66,444	82,908	99,078
3-27	I	52,92	65,856	79,38	52,92	65,856	79,38
6-13	I	25,284	31,752	44,982	25,284	31,752	44,982
6-15	I	54,096	74,97	92,316	54,096	74,97	92,316
6-27	I	38,808	53,508	68,796	38,808	53,508	68,796
9-13	I	17,64	24,108	38,808	17,64	24,108	38,808
9-15	I	54,684	72,618	90,552	54,684	72,618	90,552
9-27	I	35,28	50,568	65,856	35,28	50,568	65,856
15-27	I	4,704	22,932	41,748	4,704	22,932	41,748
13-29	I	44,982	55,272	74,088	44,982	55,272	74,088
15-29	I	50,568	70,56	92,316	50,568	70,56	92,316
27-29	I	42,924	56,742	72,912	42,924	56,742	72,912

Totaal	2561,4	4942,3	7201,8	4070,5	8785,4	13281
--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------



Alternatief 4

Relatie	Belang	Absolute afstand			Relatieve afstand		
		Min.	Gem.	Max.	Min.	Gem.	Max.
1-20	A	3,5	12,3	50,0	14,1	49,4	199,9
8-20	A	3,5	36,5	60,6	14,1	145,8	242,3
4-7	A	3,2	54,1	72,0	12,9	216,4	288,1
4-10	A	14,4	52,3	77,3	57,6	209,3	309,3
7-22	A	2,9	25,3	71,1	11,8	101,1	284,6
10-22	A	4,1	18,8	64,1	16,5	75,3	256,4
3-29	A	0,0	15,3	31,8	0,0	61,2	127,0
1-2	Z	3,5	26,2	39,7	10,6	78,5	119,1
1-6	Z	2,4	27,6	38,8	7,1	82,9	116,4
8-9	Z	2,4	13,5	44,7	7,1	40,6	134,1
2-4	Z	3,5	21,2	61,2	10,6	63,5	183,5
3-4	Z	3,5	14,7	35,3	10,6	44,1	105,8
4-6	Z	3,2	13,5	38,2	9,7	40,6	114,7
4-10	Z	19,1	26,5	51,7	57,3	79,4	155,2
2-7	Z	31,8	73,2	97,0	95,3	219,6	291,1
5-7	Z	8,5	49,7	7,9	25,6	149,1	23,7
6-6	Z	2,9	42,6	71,1	8,8	127,9	213,4
5-10	Z	2,9	40,0	71,7	8,8	120,0	215,2
9-10	Z	2,9	37,6	66,4	8,8	112,9	199,3
6-22	Z	2,9	19,1	30,0	8,8	57,3	90,0
9-22	Z	2,9	25,9	25,6	8,8	77,6	76,7
2-3	Z	16,8	26,8	38,2	50,3	80,3	114,7
5-6	Z	2,6	8,2	29,1	7,9	24,7	87,3
5-9	Z	2,6	8,2	32,3	7,9	24,7	97,0
1-4	B	2,6	22,3	62,9	5,3	44,7	125,8
1-5	B	2,6	24,7	44,1	5,3	49,4	88,2
1-8	B	3,5	25,3	46,5	7,1	50,6	92,9
1-11	B	16,2	28,2	44,1	32,3	56,4	88,2
4-8	B	27,3	34,1	71,7	54,7	68,2	143,5
5-8	B	11,2	13,8	38,2	22,3	27,6	76,4
8-12	B	44,4	63,5	86,4	88,8	127,0	172,9
4-14	B	6,5	12,3	39,4	12,9	24,7	78,8
4-15	B	25,3	44,7	49,4	50,6	89,4	98,8
7-10	B	0,0	22,6	75,3	0,0	45,3	150,5
7-11	B	15,9	54,1	73,5	31,8	108,2	147,0
7-14	B	11,8	30,6	201,7	23,5	61,2	403,4
7-18	B	45,3	117,3	73,5	90,6	234,6	147,0
7-21	B	2,9	27,0	59,4	5,9	54,1	118,8
7-23	B	15,3	38,2	59,4	30,6	76,4	118,8
7-24	B	8,2	48,2	132,9	16,5	96,4	265,8
7-29	B	1,5	32,9	63,2	2,9	65,9	126,4
10-12	B	27,0	35,3	53,2	54,1	70,6	106,4
10-14	B	21,2	44,7	79,4	42,3	89,4	158,8
10-19	B	4,7	48,2	111,7	9,4	96,4	223,4
10-23	B	1,8	16,5	44,1	3,5	32,9	88,2
10-24	B	46,5	81,1	146,4	92,9	162,3	292,8
14-20	B	107,0	115,2	121,7	214,0	230,5	243,4
11-29	B	6,5	21,5	36,5	12,9	42,9	72,9
3-11	B	0,0	7,1	16,5	0,0	14,1	32,9
3-12	B	27,0	31,8	41,7	54,1	63,6	83,5
3-14	B	67,0	75,9	85,3	134,1	151,7	170,5
2-14	B	11,8	20,0	29,1	23,5	40,0	58,2
5-14	B	24,1	30,0	45,9	48,2	60,0	91,7



Alternatief 4

Relatie	Belang	Absolute afstand			Relatieve afstand		
		Min.	Gem.	Max.	Min.	Gem.	Max.
5-12	B	34,1	45,9	58,5	68,2	91,7	117,0
6-9	B	2,4	15,9	24,7	4,7	31,8	49,4
6-11	B	16,5	22,9	31,8	32,9	45,9	63,5
9-12	B	40,6	50,0	60,3	81,1	100,0	120,5
14-17	B	64,1	84,1	105,0	128,2	168,2	209,9
14-18	B	155,5	188,2	220,8	311,1	376,3	441,6
14-19	B	66,7	87,9	110,0	133,5	175,8	219,9
14-21	B	0,0	15,3	33,5	0,0	30,6	67,0
14-23	B	48,2	60,9	73,5	96,4	121,7	147,0
14-24	B	6,5	25,9	45,9	12,9	51,7	91,7
14-25	B	7,9	10,6	19,4	15,9	21,2	38,8
14-28	B	0,0	7,1	13,2	0,0	14,1	26,5
18-19	B	39,4	54,1	77,6	78,8	108,2	155,2
24-29	B	19,7	32,6	45,3	39,4	65,3	90,6
25-29	B	0,0	7,6	15,3	0,0	15,3	30,6
1-7	I	18,2	73,2	97,6	18,2	146,4	97,6
1-13	I	10,6	39,4	68,8	10,6	39,4	68,8
1-15	I	66,4	97,0	118,8	66,4	97,0	118,8
1-27	I	45,3	74,7	95,0	45,3	74,7	95,0
8-10	I	9,4	49,1	94,1	9,4	49,1	94,1
8-13	I	0,0	13,5	50,0	0,0	13,5	50,0
8-15	I	44,7	78,5	111,4	44,7	78,5	111,4
8-27	I	23,5	54,7	86,1	23,5	54,7	86,1
4-13	I	343,7	43,5	64,1	343,7	43,5	64,1
4-15	I	58,5	85,3	112,3	58,5	85,3	112,3
4-27	I	42,9	65,3	88,8	42,9	65,3	88,8
7-13	I	31,2	60,0	89,4	31,2	60,0	89,4
7-15	I	14,7	41,2	81,1	14,7	41,2	81,1
7-27	I	17,1	35,3	60,9	17,1	35,3	60,9
10-13	I	8,2	41,2	78,8	8,2	41,2	78,8
10-15	I	1,5	32,9	71,7	1,5	32,9	71,7
10-27	I	3,8	15,6	47,6	3,8	15,6	47,6
2-13	I	45,9	60,0	78,8	45,9	60,0	78,8
2-15	I	88,5	105,8	123,8	88,5	105,8	123,8
2-27	I	71,1	87,0	101,7	71,1	87,0	101,7
3-6	I	13,5	20,6	30,0	13,5	20,6	30,0
3-9	I	21,2	36,5	45,0	21,2	36,5	45,0
3-13	I	45,0	35,9	65,0	45,0	35,9	65,0
3-15	I	66,4	82,9	99,1	66,4	82,9	99,1
3-27	I	52,9	65,9	79,4	52,9	65,9	79,4
6-13	I	26,2	32,9	44,7	26,2	32,9	44,7
6-15	I	54,7	72,3	90,3	54,7	72,3	90,3
6-27	I	37,0	52,3	67,0	37,0	52,3	67,0
9-13	I	10,6	17,1	32,0	10,6	17,1	32,0
9-15	I	51,5	69,1	86,4	51,5	69,1	86,4
9-27	I	30,6	46,7	61,7	30,6	46,7	61,7
15-27	I	4,7	22,9	41,7	4,7	22,9	41,7
13-29	I	45,0	55,3	74,1	45,0	55,3	74,1
15-29	I	50,6	70,6	92,3	50,6	70,6	92,3
27-29	I	42,9	56,7	72,9	42,9	56,7	72,9

Totaal	2731	4455,9	6876	4142,2	7998,1	12682
--------	------	--------	------	--------	--------	-------



## Bijlage XIV      Activiteiten relatiediagrammen detail layout

Aan de hand van het relatiediagram wordt het activiteiten relatiediagram opgesteld. Het diagram is in eerste instantie opgesteld voor de activiteiten (i.e. bewerkingen) die ook in het relatiediagram worden onderscheiden. Deze activiteiten zijn:

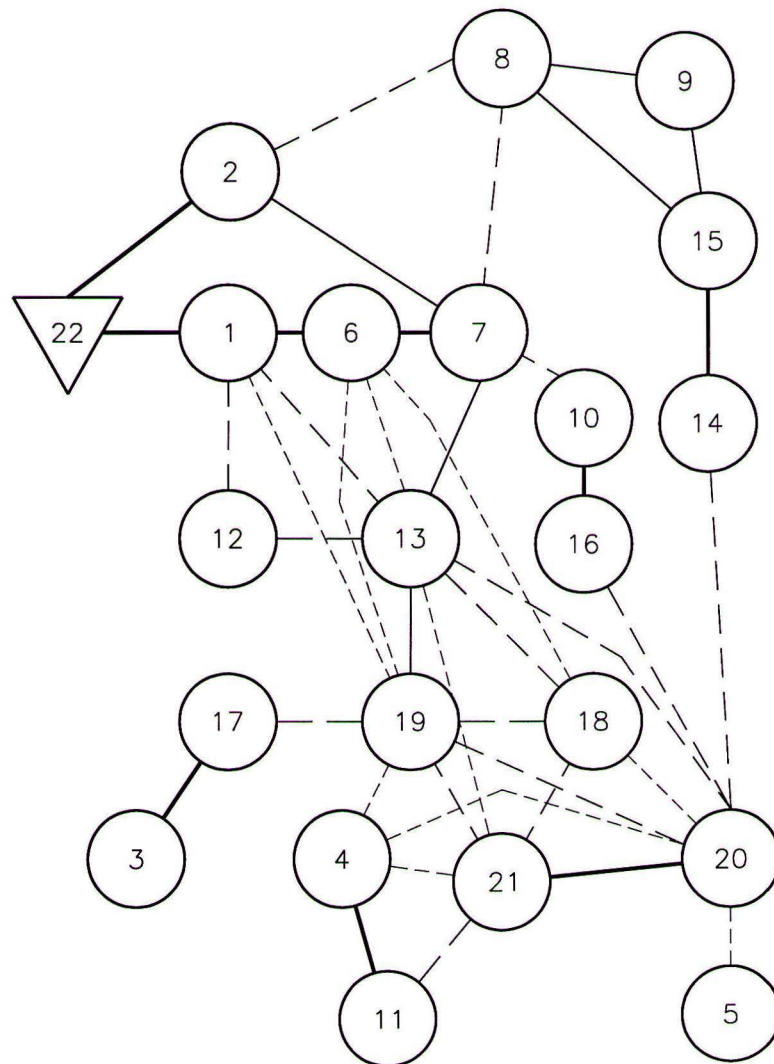
1. Knippen plaat.
2. Knippen stroken.
3. Knippen gaas
4. Zagen aluminium.
5. Zagen staal.
6. Uithappen, decouperen.
7. Ponsen steek 266.
8. Ponsen top/bottom.
9. Ponsen afwatergaten.
10. Ponsen side.
11. Ponsen LCC.
12. Ponsen binneklep.
13. Zetten.
14. Dubbelzetten.
15. Zetten top/bottom.
16. Zetten side.
17. Walsen.
18. Puntlassen.
19. Lassen.
20. Voorassemblage.
21. Assemblage.
22. Voorraad plaatmateriaal.

Een aantal bewerkingen worden op dezelfde werkplekken uitgevoerd. Deze bewerkingen worden in het tweede activiteiten relatiediagram als één activiteit opgenomen. Het betreft de volgende activiteiten :

- activiteiten 1 en 2;
- activiteiten 5 en 6;
- activiteiten 15 en 16.

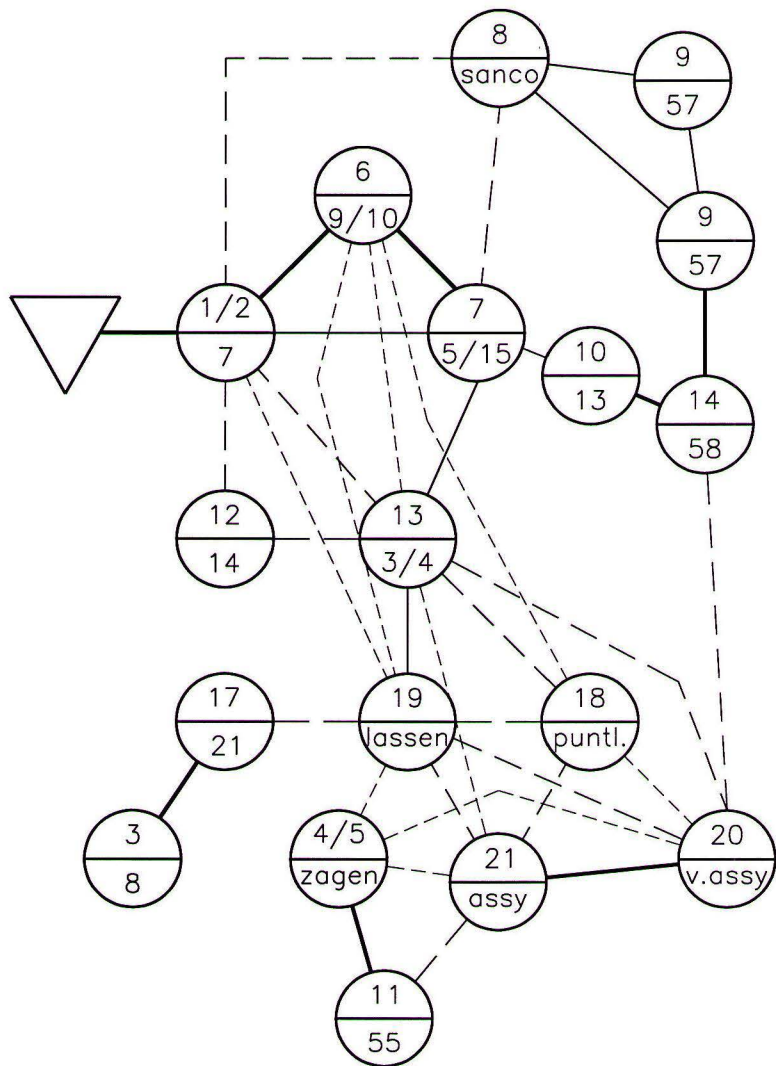
In het activiteiten relatiediagram zijn ook de machines vermeld waarop de bewerkingen uitgevoerd (kunnen) worden. Een aantal bewerkingen kan op meerdere machines uitgevoerd worden. De machine waarop de bewerking uitgevoerd wordt, staat vermeld onder de streep. Bij een bepaalde bewerking kunnen meerdere machines vermeld staan en bij een bepaalde machine kunnen ook meerdere bewerkingen horen. De nummering van de machines is overeenkomstig de huidige situatie.

Door de machines te splitsen is uiteindelijk het definitieve activiteiten relatiediagram verkregen. De onderscheiden relaties voor de AFV-cel zijn ook gebruikt voor de bepaling van het activiteiten relatiediagram van de ESD-cel.

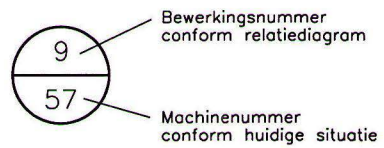


- Legenda
- Primaire activiteit
  - ▽ Voorraadpositie
  - D Wachten op volgende bewerking
  - Kantoormruimte
  - D Ondersteunende activiteit
  - ◁ Transportgebonden activiteit
- 
- A-relatie
  - - B-relatie
  - · - I-relatie





- Legenda
- Primaire activiteit
  - ▽ Voorraadpositie
  - ⋯ Wachten op volgende bewerking
  - ⋯ Kantooruimte
  - ⋯ Ondersteunende activiteit
  - ⋯ Transportgebonden activiteit
  - A-relatie
  - Z-relatie
  - - B-relatie
  - - I-relatie



## **Bijlage XV      Machinegegevens**

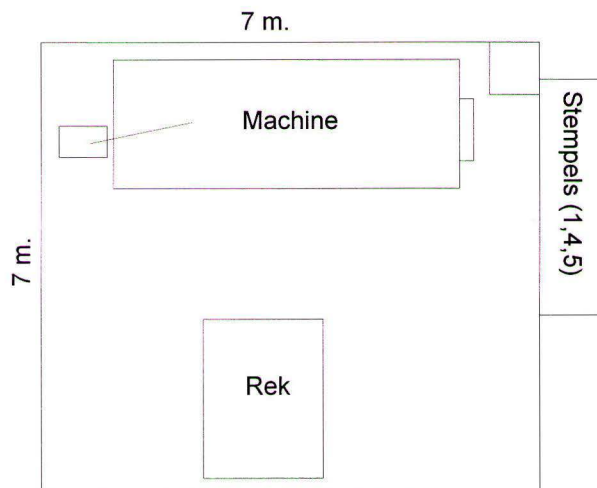
De machinegegevens zijn geïnventariseerd met behulp van machinegegevensbladen, waarvan een ingevuld exemplaar in deze bijlage is opgenomen. Alle machinegegevensbladen zijn vervolgens samengevat op de 'Activiteiten, gebied en kenmerken' bladen. Deze bladen zijn ook in deze bijlage opgenomen. De activiteiten, gebied en kenmerken bladen verwijzen steeds naar de machinegegevensbladen. In deze bijlage is ter illustratie slechts één machinegegevensblad opgenomen, de overige bladen zijn in beheer van Colt International Productie BV.



Machine type:		Hydraulische afkantpers
Machine nr.:		1
Cel:		ESD
Fabrikant en Type:		LVD PPEB 125/40
Leverancier:		LVD Company NV
Benodigde ruimte voor werkplek	Lengte machine:	6 m.
	Breedte machine:	2 m.
	Hoogte machine:	3 m.
	Bediening:	2 m.
	Onderhoud:	1m. bij bedieningskast
	Veiligheid:	Geen extra voorzieningen noodzakelijk
	Opslag/overslag:	Rood rek 2,5 * 1,75 m.
	Handling:	Geen extra voorzieningen noodzakelijk
	Gereedschap:	Rek met stempels en gereedschapskastje
Werkplek		7 * 7 m.
Voorzieningen	Water:	Geen extra voorzieningen noodzakelijk
	Stoom:	Geen extra voorzieningen noodzakelijk
	Perslucht:	Ja
	Fundering:	Ja
	Brandgevaar:	Geen extra voorzieningen noodzakelijk
	Electra:	Ja
Belangrijkste ontvangst:		
Belangrijkste uitgifte:		
Speciale handelingen/instellingen:		

Opmerkingen: Rek met stempels wordt gebruikt door de machines 1, 4 en 5.

Situatie schets:



← Vereiste fysieke kenmerken →

**Activiteiten, gebied en kenmerken**

Fabriek: Colt International Productie BV  
 Door: Marco van Wagenberg  
 Datum: 3-11-1997  
 Blad 1 van 2

Activiteit				Vereiste fysieke kenmerken										Eisen betreffende vorm of configuratie van gebied/ruimte
No.	Naam	Cel	Gebied	Vrije hoogte	Water en afvoer	Stoom	Perslucht	Fundering	Brand of explosie gevaar	Speciale ventilatie	Speciale electriciteit	Overige		
			l * b	m	Relatief belang van de relatie									
1	Break press 1	ESD	7 * 7	3	-	-	Ja	Ja	-	-	380	-	Zie machinegegevens blad 1	
2	Break press 2	ESD	6 * 5	2,5	-	-	Ja	Ja	-	-	380	-	Zie machinegegevens blad 2	
3	Break press 3	AFV	6 * 5	2,5	-	-	Ja	Ja	-	-	380	-	Zie machinegegevens blad 3	
4	Break press 4	AFV	7 * 7	2,5	-	-	Ja	Ja	-	-	380	-	Zie machinegegevens blad 4	
5	Break press 5	AFV	7 * 6	3	-	-	Ja	Ja	-	-	380	-	Zie machinegegevens blad 5	
6	Guillotine 6	ESD	11,5 * 6	2	-	-	Ja	Ja	-	-	380	-	Zie machinegegevens blad 6	
7	Guillotine 7	AFV	11,5 * 5	2	-	-	Ja	Ja	-	-	380	-	Zie machinegegevens blad 7	
8	Guillotine 8	AFV	8 * 4	1,5	-	-	Ja	Ja	-	-	380	-	Zie machinegegevens blad 8	
9	Notch 9/10	AFV	6 * 4	1	-	-	Ja	-	-	-	380	-	Zie machinegegevens blad 9	
10	Notch 11	ESD	8 * 4	1,5	-	-	Ja	Ja	-	-	380	-	Zie machinegegevens blad 10	
11	Power press 13	AFV	7 * 2,5	1	-	-	Ja	Ja	-	-	380	-	Zie machinegegevens blad 11	
12	Power press 14	ESD	4 * 2	1,7	-	-	Ja	Ja	-	-	380	-	Zie machinegegevens blad 12	
13	Power press 15	AFV	7 * 2,5	2	-	-	Ja	Ja	-	-	380	-	Zie machinegegevens blad 13	
14	Power press 16	AFV	3 * 2	1,5	-	-	Ja	-	-	-	380	-	Zie machinegegevens blad 14	
15	Rol 21	AFV	4 * 3	1	-	-	Ja	-	-	-	380	-	Zie machinegegevens blad 15	
16	Spotweld 40		18 * 5	1,7	-	-	Ja	-	-	-	380	-	Zie machinegegevens blad 16	
17	Sanco	AFV	7 * 1,5	2,5	-	-	Ja	-	-	-	380	-	Zie machinegegevens blad 17	
18	Power press 55	AFV	8 * 4	1,5	-	-	Ja	Ja <sup>a</sup>	-	-	380	-	Zie machinegegevens blad 18	
19	Power press 57	AFV	3 * 2,5	1,8	-	-	Ja	-	-	-	380	-	Zie machinegegevens blad 19	
20	Break press 58	AFV	4 * 3	2	-	-	Ja	Ja	-	-	380	-	Zie machinegegevens blad 20	

**Opmerkingen:**

a	In de huidige situatie ligt een metalen grondplaat onder deze machine
b	
c	
d	
e	



## Activiteiten, gebied en kenmerken

← Vereiste fysieke kenmerken →

Fabriek: Colt International Productie BV  
Door: Marco van Wagenberg  
Datum: 3-11-1997  
Blad 1 van 2

Activiteit				Vereiste fysieke kenmerken										Eisen betreffende vorm of configuratie van gebied/ruimte
No.	Naam	Cel	Gebied	Vrije hoogte	Water en afvoer	Stoom	Perslucht	Fundering	Brand of explosie gevaar	Speciale ventilatie	Speciale electriciteit	Overige		
			l * b	m	Relatief belang van de relatie									
21	Break press 59	AFV	5 * 3,5	2,5	-	-	Ja	Ja	-	-	380	-	Zie machinegegevens blad 21	
22	Las tafel		3 * 2		-	-	Ja		-	-	380	-	Zie machinegegevens blad 22	
23	Assemblage tafel		5 * 4		-	-	Ja	-	-	-	-	-	Zie machinegegevens blad 23	
24	Las tafel PC-kleppen		3 * 2		-	-	Ja	-	-	-	380	-	Zie machinegegevens blad 24	
25	Assemblage tafel PC-klep		5 * 4		-	-	Ja	-	-	-	-	-	Zie machinegegevens blad 25	
26	Zagen		20 * 5,5		-	-	Ja	-	-	-	380	-	Zie machinegegevens blad 26	
27					-	-	Ja	-	-	-	-	-	Zie machinegegevens blad 27	
28														
29														
30														
31														
32														
33														
34														
35														
36														
37														
38														
39														
40														

Opmerkingen:

a	
b	
c	
d	
e	

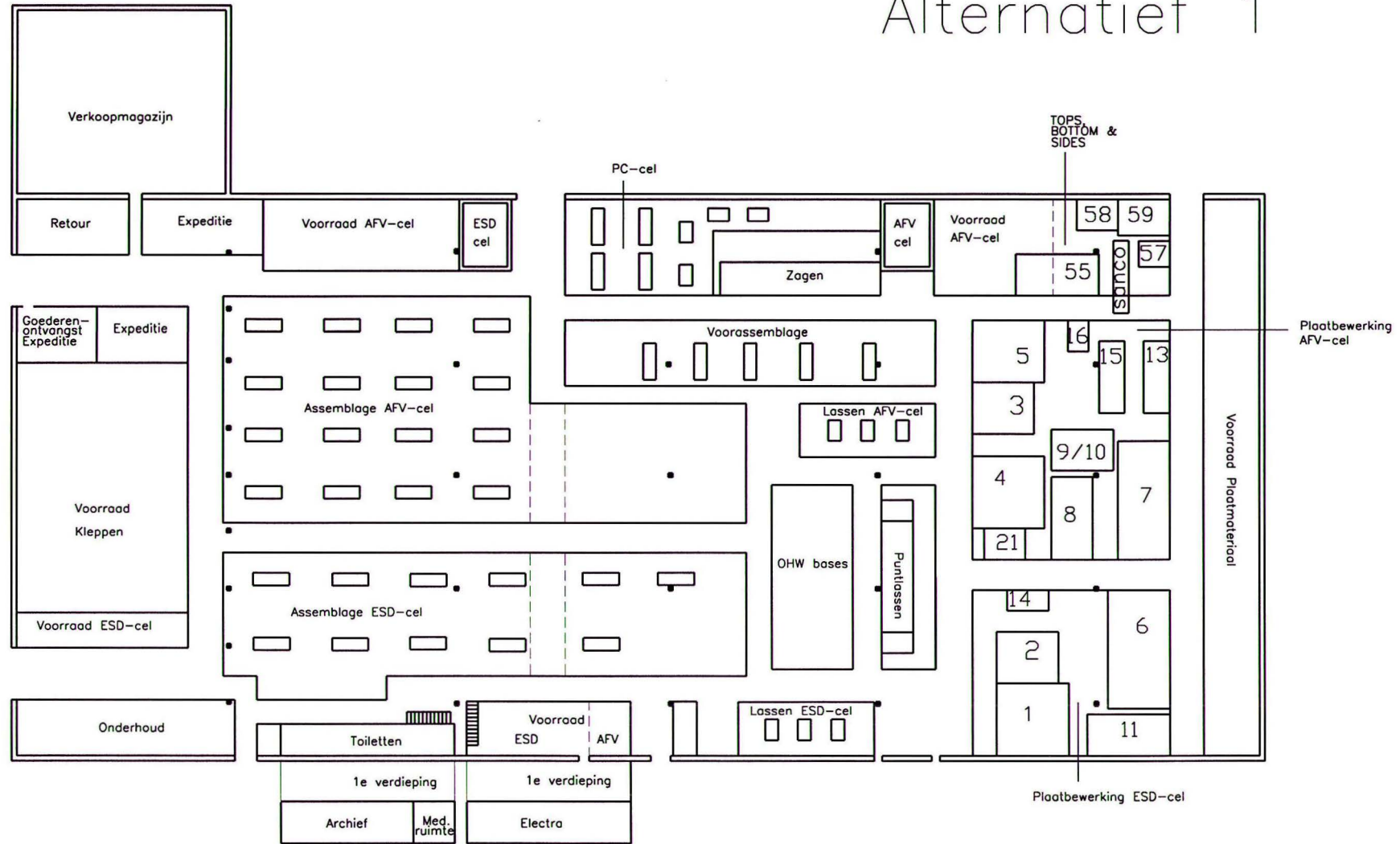
## Bijlage XVI     Detail layout plannen

In de detail layout plannen worden de afzonderlijke machines en werkplekken, binnen de onderscheiden deelgebieden, geplaatst. Voor iedere ontwikkeld algemeen totaal layout plan is op het detail niveau één alternatief ontwikkelt. De nummering van de machines is overeenkomstig de nummering in de huidige situatie. Hieronder zal nogmaals aangegeven worden voor welke machines de gehanteerde nummers staan:

1.     Break press1 BP 1
2.     BP 2
3.     BP 3.
4.     BP 4.
5.     BP 5.
6.     Guillotine 6, knipschaar.
7.     Guillotine 7.
8.     Guillotine 8.
9.     Notch 9, hapmachine.
10.    Notch 10.
11.    Notch 11.
13.    PP 13, power press
14.    PP 14.
15.    PP 15.
16.    PP 16.
21.    Roll 21, wals  
sanco. PP sanco
55.    PP 55.
57.    PP 57.
58.    BP 58.
59.    BP 59.

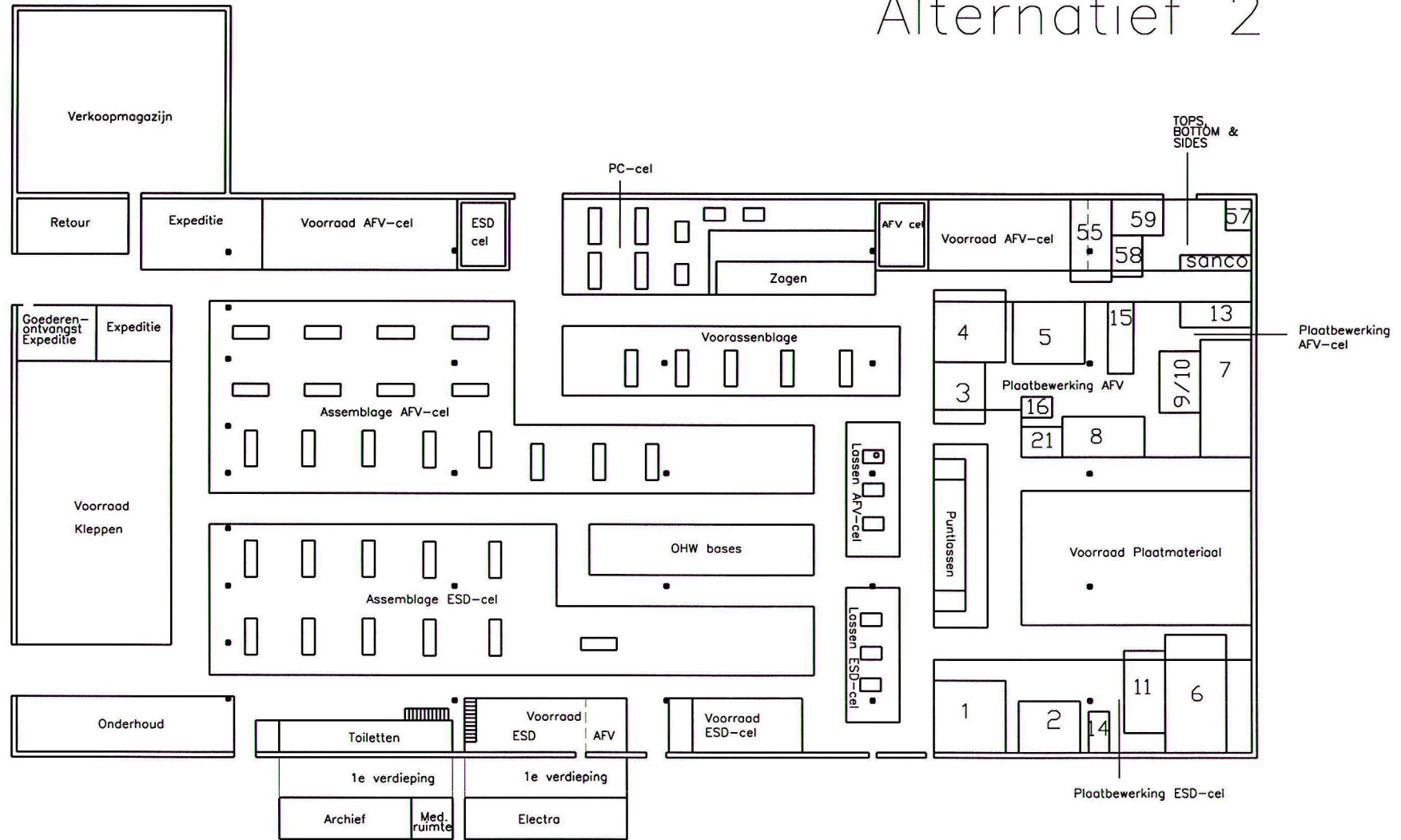


# Alternatief 1



Schaal 1 : 588

# Alternatief 2



Schaal 1 : 588



# Alternatief 3



93

Schaal 1 : 588

# Alternatief 4



Schaal 1 : 588

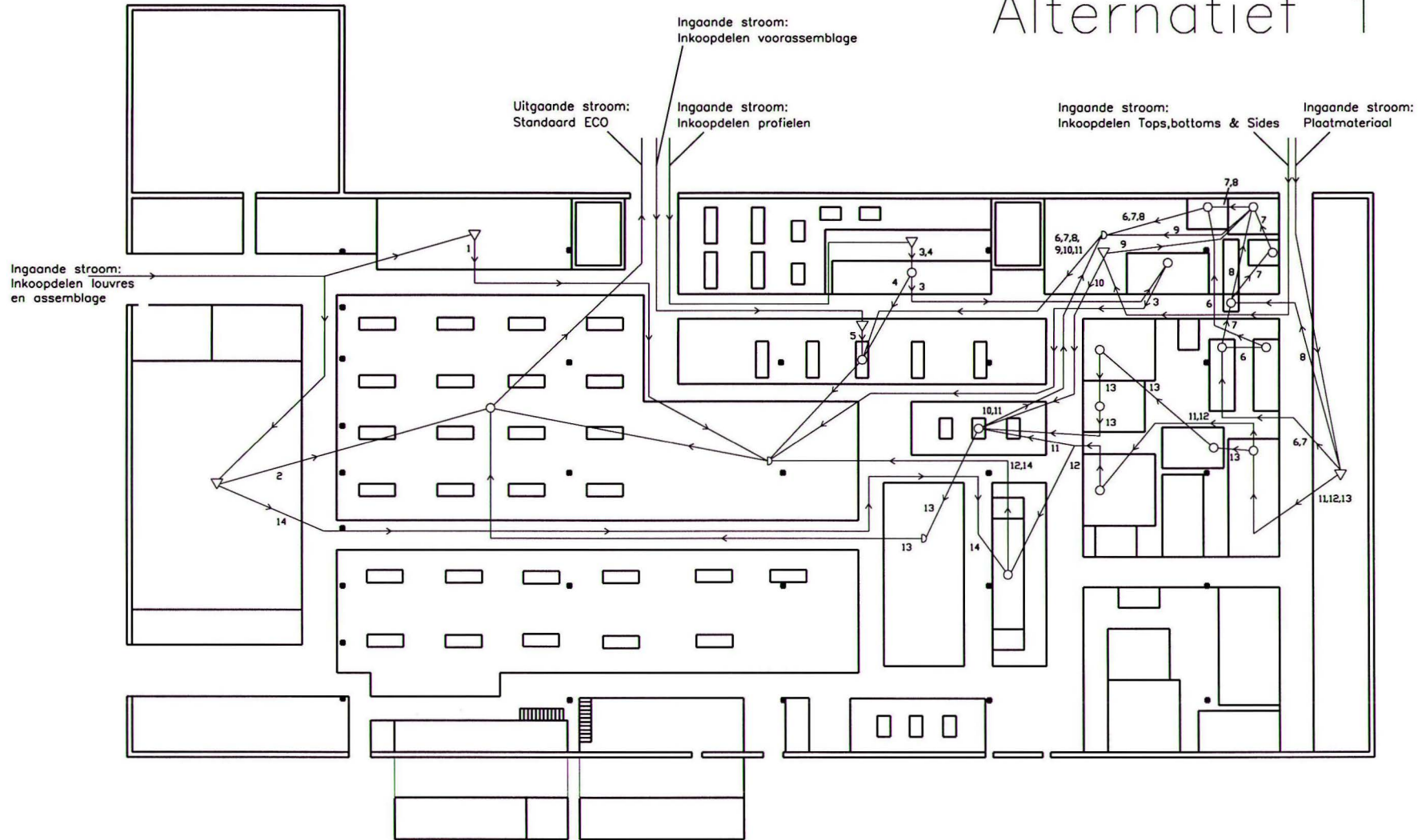


## **Bijlage XVII      Transportafstanden ten gevolgen van ECO**

Voor de bepaling van de transportafstanden wordt het fabricageschema van bijlage V op de ontwikkelde layout plannen geprojecteerd. De layout plannen met daarin de materiaalstromen ten gevolge van de productie van een ECO zijn op de volgende pagina's weergegeven.

Vervolgens zijn de afstanden bepaald die mensen afleggen bij het transporteren van een onderdeel naar een volgende bewerking. Deze transportafstanden zijn in tabelvorm in deze bijlage opgenomen. De verplaatsingen tussen twee bewerkingen zijn genummerd. Deze nummering is overeenkomstig de nummering van het fabricageschema dat in deze bijlage is opgenomen.

# Alternatief 1

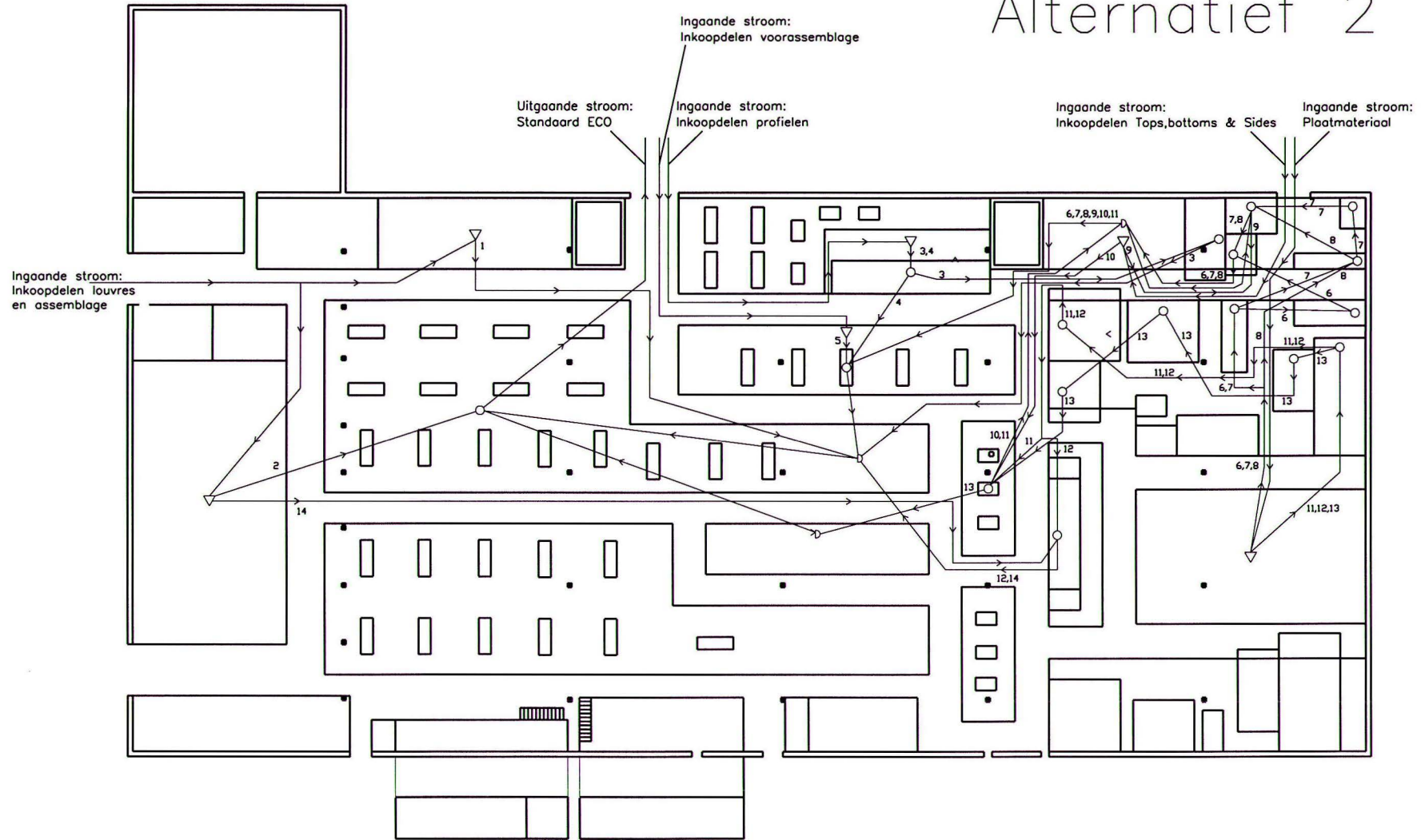


Schaal 1 : 588

- Legenda: ○ Bewerking  
 D Wachten op volgende bewerking, tijdelijke opslag  
 ▽ Voorraad  
 — Goederenstroom (nummering komt overeen met bijlage V)  
 > Stroomrichting

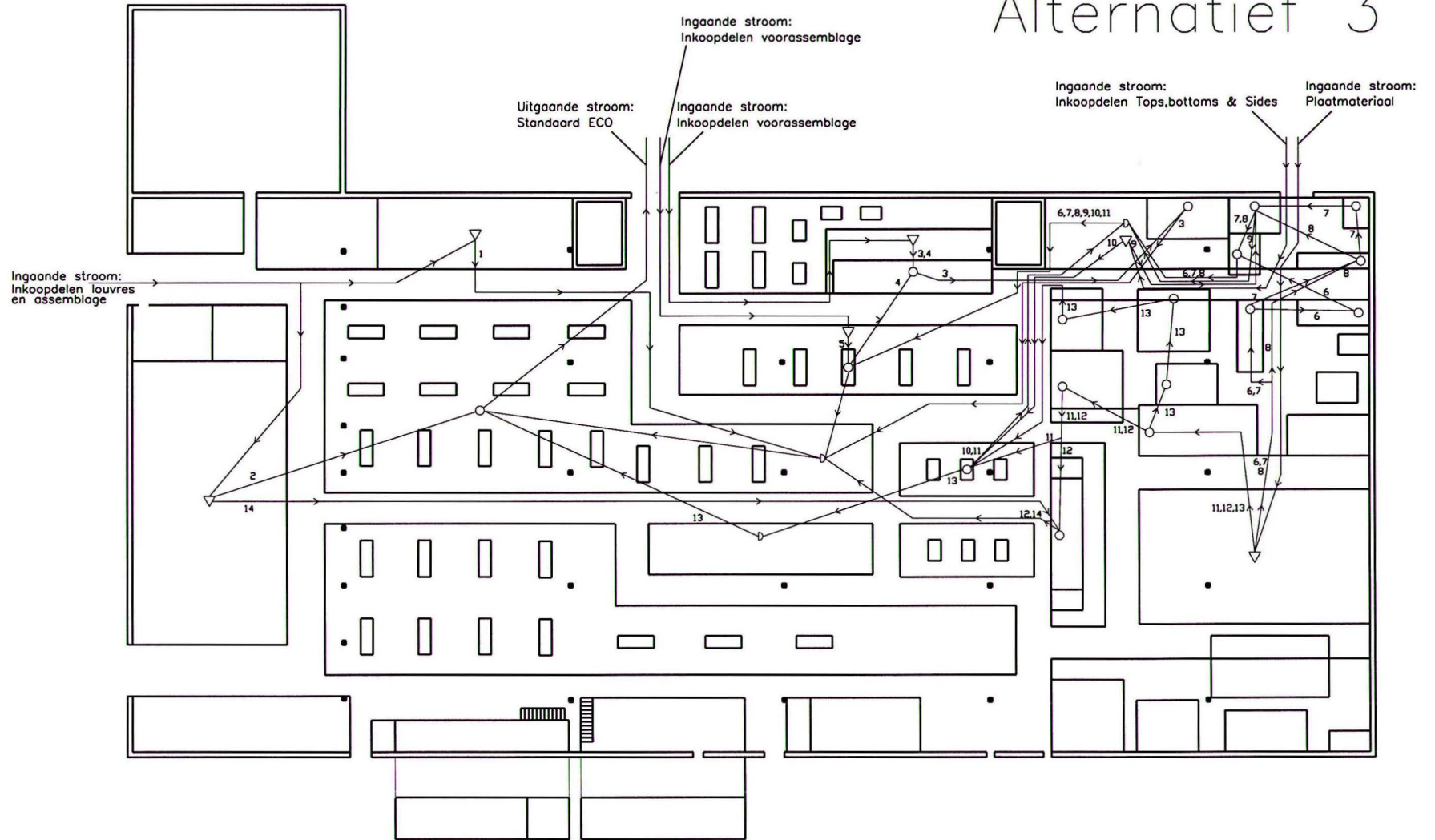


# Alternatief 2



- Legenda: ○ Bewerking  
 □ Wachten op volgende bewerking, tijdelijke opslag  
 ▽ Voorraad  
 — Goederenstroom (nummering komt overeen met bijlage V)  
 > Stroomrichting

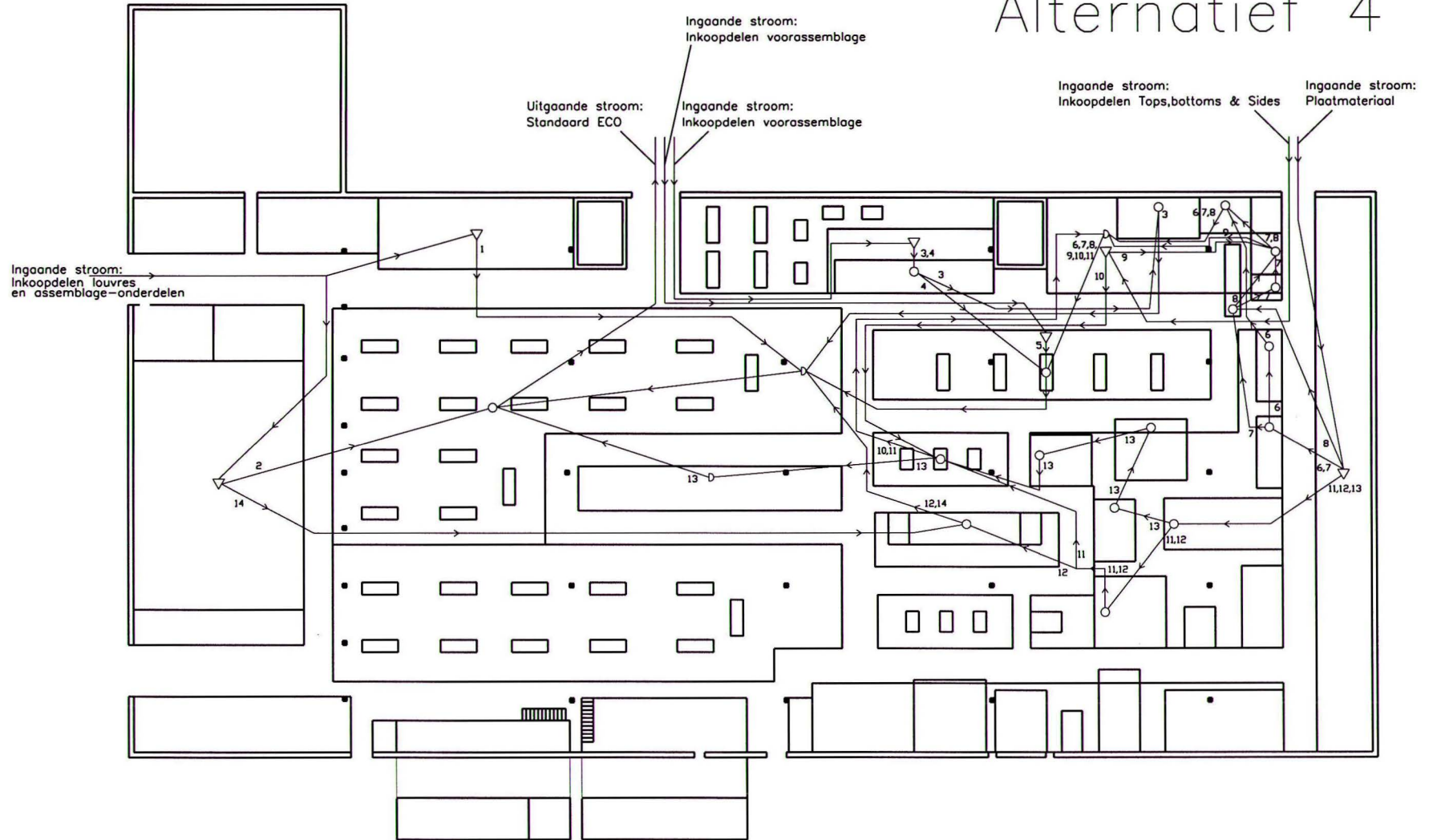
# Alternatief 3



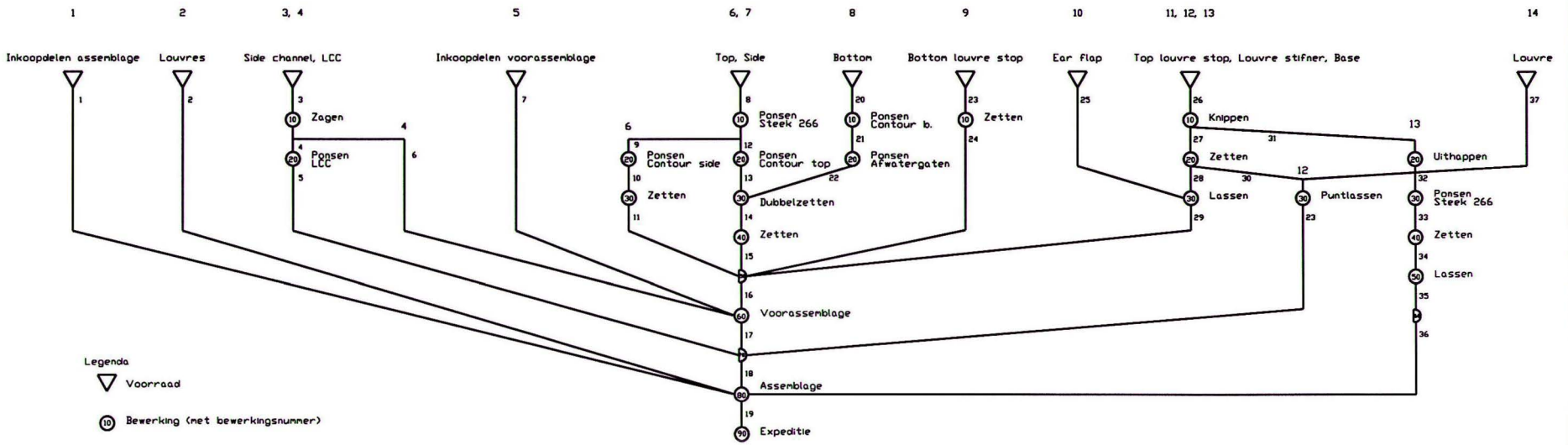
- Legenda:
- Bewerking
  - Wachten op volgende bewerking, tijdelijke opslag
  - ▽ Voorraad
  - Goederenstroom (nummering komt overeen met bijlage V)
  - > Stroomrichting



# Alternatief 4



- Legenda:
- Bewerking
  - D Wachten op volgende bewerking, tijdelijke opslag
  - ▽ Voorraad
  - Goederenstroom (nummering komt overeen met bijlage V)
  - > Stroomrichting





Verplaatsing	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3	Alternatief 4
1	89,2	105,9	98,8	80,9
2	53,4	52,5	52,5	53,4
3	8,3	8,3	8,3	8,3
4	56,3	58,8	57,1	65,1
5	98,0	95,9	101,8	91,7
6	17,5	20,4	20,0	29,2
7	5,0	5,0	5,0	5,0
8	39,6	46,7	46,7	15,0
9	6,7	20,9	23,4	14,2
10	32,5	24,2	24,2	27,5
11	5,8	23,4	21,7	25,0
12	18,3	20,9	20,9	12,5
13	7,1	8,3	8,3	11,7
14	20,0	29,6	28,4	25,0
15	55,9	57,5	57,5	24,2
16	25,0	16,3	17,5	53,4
17	53,4	72,6	65,1	58,4
18	65,5	62,6	66,3	65,9
19	43,4	65,9	65,5	41,7
20	10,8	9,2	9,2	8,3
21	7,5	17,5	17,5	5,0
22	28,8	43,4	42,1	30,0
23	29,2	47,5	44,2	32,5
24	48,4	63,0	62,6	90,9
25	35,0	42,1	40,0	34,2
26	38,8	62,6	17,1	20,0
27	30,4	53,8	27,5	34,6
28	46,3	60,9	62,6	87,2
29	39,6	63,0	26,7	34,6
30	66,3	54,2	48,4	46,3
31	5,8	7,5	8,3	10,0
32	26,7	40,5	15,0	15,0
33	9,2	23,4	20,0	20,0
34	27,5	23,4	52,1	24,6
35	22,5	32,9	40,5	42,5
36	213,5	135,1	115,1	85,1
37	177,2	176,4	166,0	144,3
Totaal	1564,7	1751,9	1603,9	1473,3

## **Bijlage XVIII      Afstanden in de huidige situatie**

De (transport)afstanden in de huidige situatie zijn op dezelfde manier bepaald als de afstanden in de layout plannen (zie bijlage XIII en XVII). Dit betekent de (gewogen) afstanden tussen de deelgebieden en de transportafstanden ten gevolge van de productie van een ECO. Bij de afstanden tussen de deelgebieden kunnen een aantal afstanden niet bepaald worden omdat in de huidige situatie de PC-cel niet opgenomen is. Daarnaast wordt geen duidelijk onderscheid gemaakt tussen plaatbewerking voor de AFV-cel en voor de ESD-cel. Voor de bepaling van de afstanden tussen de plaatbewerkerij en de overige deelgebieden wordt steeds van het gezamenlijk gebruikte gebied uitgegaan. De afstanden tussen de PC-cel en de overige gebieden wordt niet meegenomen bij de bepaling van de afstanden tussen de deelgebieden.

Bij de bepaling van de transportafstanden ten gevolge van de productie van de ECO is gebruik gemaakt van figuur 4.



Huidige  
situatie

Relatie	Belang	Absolute afstand			Relatieve afstand		
		Min.	Gem.	Max.	Min.	Gem.	Max.
1-20	A	4,2	23,1	52,6	16,7	92,4	210,5
8-20	A	4,2	23,1	52,6	16,7	92,4	210,5
4-7	A	3,5	25,7	52,6	14,1	102,7	210,5
4-10	A	4,5	41,7	73,8	18,0	166,9	295,3
7-22	A	4,2	25,0	54,6	16,9	100,1	218,2
10-22	A	17,3	41,7	34,7	69,3	166,9	138,6
3-29	A	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1-2	Z	0,0	27,6	57,1	0,0	82,8	171,4
1-6	Z	0,0	18,6	46,2	0,0	55,8	138,6
8-9	Z	0,0	30,8	46,2	0,0	92,4	138,6
2-4	Z	25,0	52,3	73,2	75,1	156,9	219,5
3-4	Z	61,0	63,5	92,4	182,9	190,6	277,3
4-6	Z	43,6	64,8	87,9	130,9	194,5	263,8
4-10	Z	48,8	69,3	91,1	146,3	208,0	273,4
2-7	Z	32,1	56,8	82,2	96,3	170,4	246,5
5-7	Z	8,3	39,2	68,7	25,0	117,5	206,0
6-6	Z	26,3	50,7	77,0	78,9	152,1	231,1
5-10	Z	41,7	68,7	96,9	125,2	206,0	290,8
9-10	Z	61,0	84,1	109,1	182,9	252,3	327,4
6-22	Z	19,9	39,8	58,7	59,7	119,4	176,2
9-22	Z	19,9	39,5	58,1	59,7	118,4	174,3
2-3	Z	86,7	113,9	130,3	260,0	341,8	390,9
5-6	Z	0,0	17,3	34,7	0,0	52,0	104,0
5-9	Z	0,0	16,4	33,4	0,0	49,1	100,1
1-4	B	12,2	29,8	84,7	24,4	59,7	169,5
1-5	B	1,6	26,0	54,6	3,2	52,0	109,1
1-8	B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1-11	B	9,3	35,9	59,7	18,6	71,9	119,4
4-8	B	12,2	17,3	84,7	24,4	34,7	169,5
5-8	B	1,6	26,0	54,6	3,2	52,0	109,1
8-12	B	51,3	72,5	93,7	102,7	145,1	187,4
4-14	B	0,0	19,3	38,5	0,0	38,5	77,0
4-15	B	5,8	24,7	44,3	11,6	49,4	88,6
7-10	B	7,1	34,0	68,7	14,1	68,0	137,4
7-11	B	7,7	32,4	57,8	15,4	64,8	115,5
7-14	B	52,6	72,5	95,0	105,3	145,1	190,0
7-18	B	27,3	105,0	185,8	54,7	209,9	371,6
7-21	B	38,8	63,5	87,9	77,7	127,1	175,9
7-23	B	4,2	27,6	60,3	8,3	55,2	120,7
7-24	B	50,1	73,8	34,7	100,1	147,6	69,3
7-29	B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10-12	B	6,4	28,6	52,0	12,8	57,1	104,0
10-14	B	19,3	40,4	64,8	38,5	80,9	129,7
10-19	B	7,1	42,9	97,9	14,1	85,8	195,8
10-23	B	4,2	28,2	55,8	8,3	56,5	111,7
10-24	B	18,0	44,6	71,9	35,9	89,2	143,8
14-20	B	79,6	89,9	102,7	159,2	179,7	205,4
11-29	B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3-11	B	65,1	82,8	96,9	130,3	165,6	193,8
3-12	B	26,3	41,1	55,8	52,6	82,2	111,7
3-14	B	0,0	9,0	25,0	0,0	18,0	50,1
2-14	B	19,6	32,7	40,4	39,2	65,5	80,9
5-14	B	44,3	52,3	61,6	88,6	104,6	123,2



Huidige situatie	Relatie	Belang	Absolute afstand			Relatieve afstand		
			Min.	Gem.	Max.	Min.	Gem.	Max.
	5-12	B	63,5	75,7	88,6	127,1	151,5	177,2
	6-9	B	0,0	5,8	17,3	0,0	11,6	34,7
	6-11	B	1,3	53,9	64,2	2,6	107,8	128,4
	9-12	B	0,0	88,6	0,0	0,0	177,2	0,0
	14-17	B	48,5	69,6	90,5	96,9	139,3	181,0
	14-18	B	157,0	189,0	210,1	314,0	378,1	420,2
	14-19	B	83,1	133,9	184,0	166,2	267,8	368,1
	14-21	B	6,4	21,8	41,7	12,8	43,6	83,4
	14-23	B	52,0	65,5	78,9	104,0	130,9	157,9
	14-24	B	6,5	52,1	46,5	12,9	104,2	92,9
	14-25	B	7,1	19,3	30,8	14,1	38,5	61,6
	14-28	B	0,0	7,7	14,1	0,0	15,4	28,2
	18-19	B	37,6	52,9	67,9	75,3	105,8	135,8
	24-29	B	13,5	20,5	27,6	27,0	41,1	55,2
	25-29	B	0,0	9,0	16,0	0,0	18,0	32,1
	1-7	I	13,5	41,7	93,7	13,5	41,7	93,7
	1-13	I	7,7	43,0	80,2	7,7	43,0	80,2
	1-15	I	79,6	107,2	128,4	79,6	107,2	128,4
	1-27	I	56,5	83,4	110,4	56,5	83,4	110,4
	8-10	I	48,1	75,7	105,9	48,1	75,7	105,9
	8-13	I	7,7	43,0	80,2	7,7	43,0	80,2
	8-15	I	79,6	107,2	128,4	79,6	107,2	128,4
	8-27	I	56,5	83,4	110,4	56,5	83,4	110,4
	4-13	I	47,5	61,0	79,6	47,5	61,0	79,6
	4-15	I	53,9	78,9	105,3	53,9	78,9	105,3
	4-27	I	44,9	62,9	86,0	44,9	62,9	86,0
	7-13	I	10,3	36,6	65,5	10,3	36,6	65,5
	7-15	I	39,2	67,4	98,2	39,2	67,4	98,2
	7-27	I	17,0	45,6	74,5	17,0	45,6	74,5
	10-13	I	17,3	57,8	89,9	17,3	57,8	89,9
	10-15	I	6,4	37,2	69,0	6,4	37,2	69,0
	10-27	I	6,4	25,7	50,7	6,4	25,7	50,7
	2-13	I	47,5	70,6	89,9	47,5	70,6	89,9
	2-15	I	105,3	122,6	139,9	105,3	122,6	139,9
	2-27	I	84,7	100,1	116,2	84,7	100,1	116,2
	3-6	I	95,0	113,6	132,2	95,0	113,6	132,2
	3-9	I	96,9	116,2	134,1	96,9	116,2	134,1
	3-13	I	57,1	88,6	111,7	57,1	88,6	111,7
	3-15	I	28,2	34,7	46,2	28,2	34,7	46,2
	3-27	I	30,8	43,6	60,0	30,8	43,6	60,0
	6-13	I	15,4	37,2	63,5	15,4	37,2	63,5
	6-15	I	91,8	109,8	129,0	91,8	109,8	129,0
	6-27	I	69,0	86,0	101,7	69,0	86,0	101,7
	9-13	I	12,8	34,7	62,6	12,8	34,7	62,6
	9-15	I	92,1	109,1	128,4	92,1	109,1	128,4
	9-27	I	66,1	85,7	101,4	66,1	85,7	101,4
	15-27	I	5,1	25,0	45,6	5,1	25,0	45,6
	13-29	I	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	15-29	I	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	27-29	I	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Totaal	3050,4	5287,5	7391,2	5160,9	9553,7	13649
--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------



Verplaatsing	Huidige situatie
1	135,5
2	163,5
3	18,3
4	216,0
5	100,1
6	126,8
7	29,2
8	73,4
9	8,8
10	132,6
11	107,6
12	16,7
13	7,5
14	45,9
15	65,1
16	69,2
17	17,9
18	98,4
19	88,8
20	5,8
21	13,3
22	41,7
23	40,9
24	120,1
25	58,4
26	46,3
27	126,8
28	128,0
29	101,8
30	66,3
31	5,0
32	49,6
33	30,4
34	107,2
35	71,7
36	91,7
37	194,3
Totaal	2820,7

## Bijlage XIX Besparingen ten gevolge van de ECO

Voordat de berekening van de besparing uiteengezet wordt, zal eerst een verklaring van de aannames gegeven worden. De aannames bij de bepaling van de besparingen ten gevolge van de ECO zijn:

Gemiddelde ordergrootte:	10 stuks
Handmatig transport per order:	1.008,3 m. (huidige situatie) en 550,3 m. (layout plan)
Transport van een Base	163,4 m. (huidige situatie) en 127,7 m. (layout plan)
Transport per heftruck:	1.648,9 m. (huidige situatie) en 795,3 m. (layout plan)
Transportsnelheid (handmatig):	1 km/uur
Transportsnelheid heftruck:	5 km/uur
Loonkosten per uur:	f 31,50 per uur

### *Gemiddelde ordergrootte*

Totaal aantal producten dat jaarlijks geproduceerd wordt (op basis van P-Q analyse)

ECO:	11.700
FCO:	1.300
WCO:	900
Smokemaster:	900
Tristar:	175
MF	100
Vulcan:	50
Concord:	25
Overige:	50
Totaal:	15.200

Aantal orders over een periode van jaar 1.839 (vanaf week 47 in 1996 tot en met week 46 in 1997). Dit betekent een gemiddelde ordergrootte (over alle producten) van 8,26. Omdat de ordergrootte van de producten met een kleiner productievolume over het algemeen kleiner is, wordt de gemiddelde ordergrootte bij de ECO op 10 stuks vastgesteld.

### *Transportafstanden*

Het transporteren van onderdelen, behalve de base, tussen de bewerkingsplekken geschiedt per order. De bases worden afzonderlijk getransporteerd.

Over het algemeen geldt dat het transport binnen afdelingen handmatig (met behulp van karren en palletwagens) geschiedt. Het transport tussen afdelingen geschiedt met behulp van een vorkheftruck. Het transport van kleine onderdelen wordt handmatig verzorgd.

De verdeling van de transportafstanden in handmatig transport (waarbij de bases een uitzonderings positie innemen) en het gemotoriseerd transport wordt gebruik gemaakt van de bijlagen XVII en XVIII. De verdeling van de transportafstanden wordt in onderstaande tabel weergegeven. De nummering van de verplaatsing is overeenkomstig de nummering in genoemde bijlagen.



Handmatig transport						Gemotoriseerd transport		
Per order			Per product (Base)					
Transport	Huidig	Voorstel	Transport	Huidig	Voorstel	Transport	Huidig	Voorstel
1	135,5	80,9	35	71,7	42,5	2	163,5	53,4
3	18,3	8,3	36	91,7	85,1	4	216,0	65,1
7	29,2	5,0				5	100,1	91,7
8	73,4	15,0				6	126,8	29,2
9	8,8	14,2				10	132,6	27,5
12	16,7	12,5				11	107,6	25,0
13	7,5	11,7				16	69,2	53,4
14	45,9	25,0				17	17,9	58,4
15	65,1	24,2				18	98,4	65,9
20	5,8	8,3				19	88,8	41,7
21	13,3	5,0				25	58,4	34,2
22	41,7	30,0				29	101,8	34,6
23	40,9	32,5				30	66,3	46,3
24	120,1	90,9				34	107,2	24,6
26	46,3	20,0				37	194,3	144,3
27	126,8	34,6						
28	128,0	87,2						
31	5,0	10,0						
32	49,6	15,0						
33	30,4	20,0						
<b>Totaal</b>	<b>1008,3</b>	<b>550,5</b>		<b>163,4</b>	<b>127,6</b>		<b>1648,9</b>	<b>795,3</b>

#### *Transportsnelheden*

Bij het handmatig transporteren wordt een snelheid van 1 km. per uur aangenomen. Bij het transporteren moet rekening gehouden worden met de te vervoeren last, zodat geen normale 'loopsnelheid' behaald wordt. Het gemotoriseerde transport is met een stevige wandelpas bij te houden. Voor de transportsnelheid van een vorkheftruck wordt daarom 5 km. per uur aangenomen.

#### *Loonkosten*

Binnen Colt bedragen de loonkosten van het directe personeel f 31,50 per uur. De loonkosten zijn dus niet gebaseerd op aannames maar op realiteit.

**Bepaling van de besparingen**

De besparing ten gevolge van de productie van de ECO is bepaald door de reductie in de transportafstanden, het volume, de transportsnelheid en de loonkosten te vermenigvuldigen.

*Reductie handmatig transport*

$$(1.008,3 - 550,3) * 11.700/10 + (163,4 - 127,7) * 11.700 = 953.550 \text{ m. per jaar.}$$

*Reductie gemotoriseerd transport*

$$(1.638,1 - 795,3) * 11.700/10 = 986.076 \text{ m. per jaar.}$$

*Totale besparing in tijd*

$$953,55 / 1 + 986,076 / 5 = 1.150,76 \text{ uur per jaar.}$$

*Besparing per jaar*

$$1.150,76 * f 31,50 = f 36.248,94.$$

Om enige zekerheid met betrekking tot de aannames te behouden wordt deze besparing naar beneden afgerond. De minimale besparing ten gevolge van de ECO bedraagt f 35.000,-. Deze besparing wordt gerealiseerd met het standaard gedeelte van de ECO.