

Bedrijf

Onderzoek naar een efficiëntere assemblage van producten

PUBLIEKE VERSIE

Dit rapport is een publieke versie. Waar nodig zijn namen van personeel, bedrijven en productgroepen vervangen door fictieve namen. Daarnaast zijn enkele bijlagen niet aanwezig in deze versie.

BACHELOROPDRACHT

Auteur:	J. Eilander
Studentnummer:	0144061
Opleiding:	Technische Bedrijfskunde
Onderwijsinstelling:	Universiteit Twente
Datum:	7 april 2015
Interne begeleider:	Ir. H. Kroon
Meelezer:	Dr. P.C. Schuur
Bedrijf:	Bedrijf
Externe begeleider:	Begeleider

In dit onderzoek is er gezocht naar efficiëntieverbetteringen voor de assemblage van producten voor bedrijf. De productie en assemblage van producten worden uitgevoerd door partnerbedrijf. Door het gebrek aan initiatief bij partnerbedrijf om het assemblageproces efficiënter te laten verlopen is de volgende onderzoeksvraag ontstaan:

Hoe kan de inrichting en de uitvoering van het assemblageproces van producten voor bedrijf efficiënter worden ingericht?

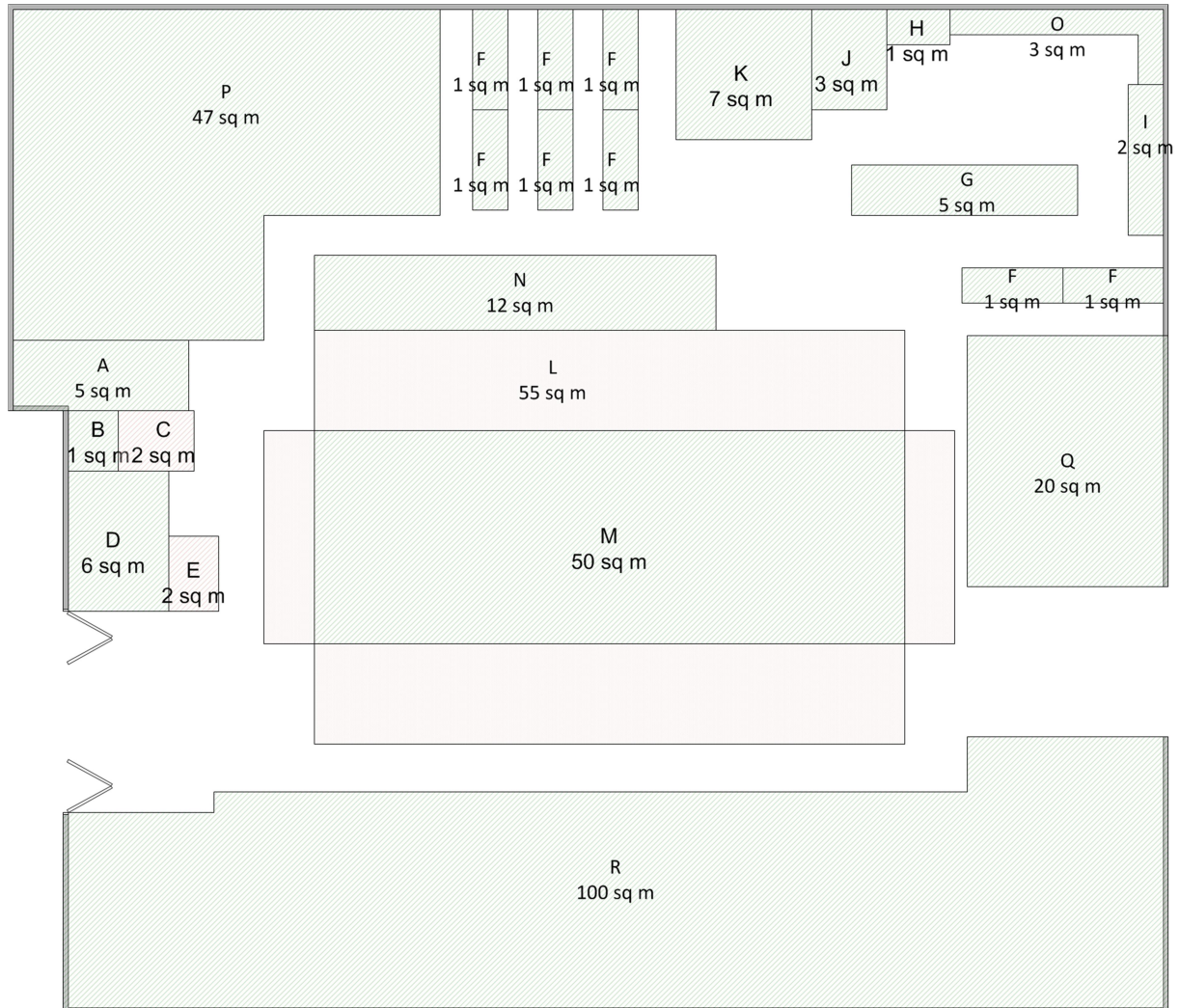
Voor het uitwerken van deze onderzoeksvraag is in eerste instantie de huidige situatie omschreven. Vervolgens is met behulp van een literatuurstudie de huidige situatie geanalyseerd op verspillingen. Hierbij kwam naar voren dat de grijpvoorraden voor de assemblage van producten door middel van een two-bin systeem eenvoudiger beheerst kunnen worden. De layout is in de huidige situatie bij partnerbedrijf niet efficiënt ingedeeld waardoor er veel verspillingen zijn met de verplaatsing van mensen, onderdelen, halffabricaten en gemonteerde producten. Aan de hand van de literatuurstudie is ook naar voren gekomen dat het verstandig is om het intern nemen van de assemblage van producten te overwegen. Daarom is er voor de assemblage van producten voor zowel partnerbedrijf als bedrijf een nieuwe layout gemaakt aan de hand van de Systematic Layout Planning methode, waarbij activiteiten met sterke onderlinge relaties dicht bij elkaar zijn geplaatst.

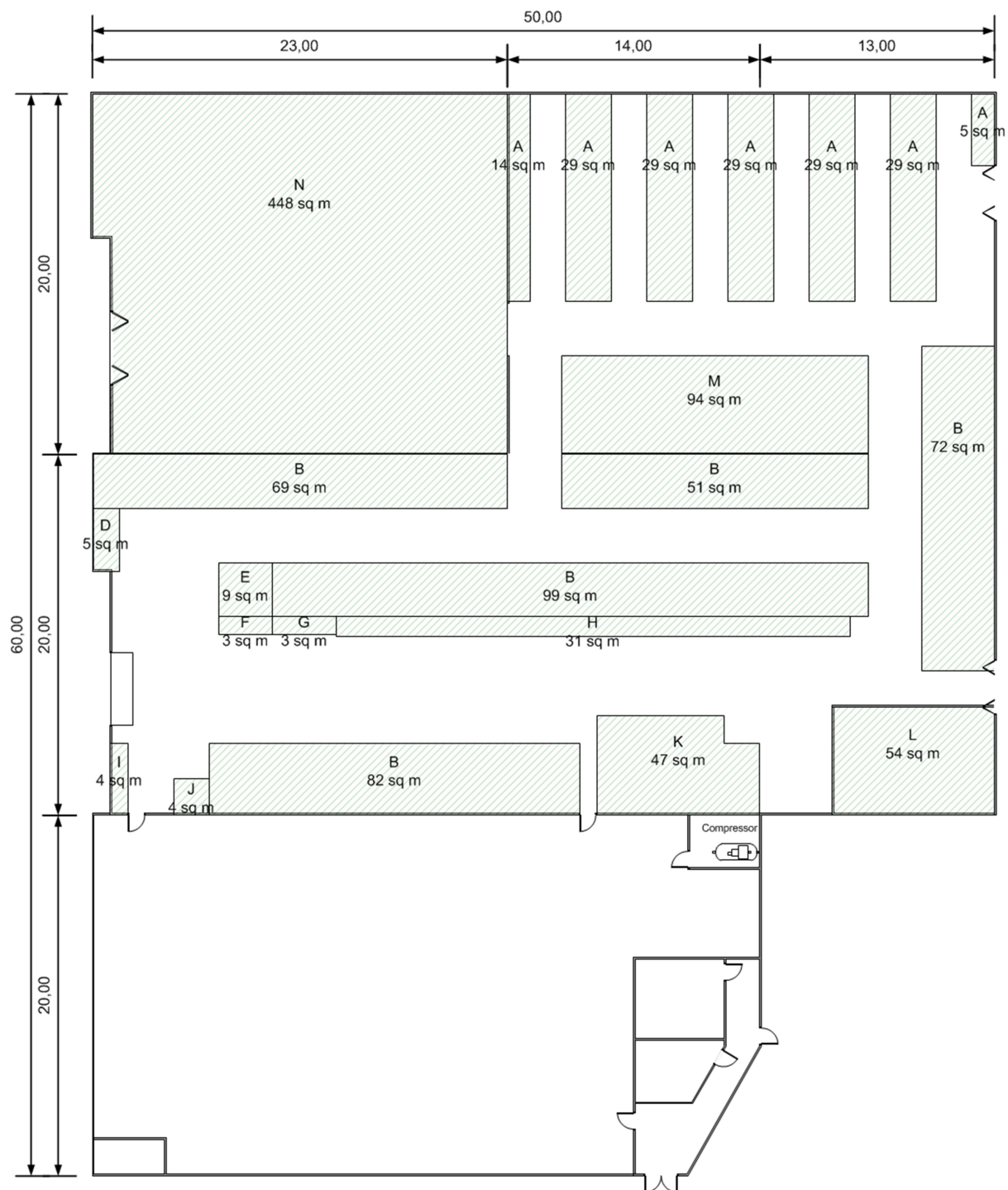
In het nieuwe ontwerp van de layout voor de assemblage van producten bij Partnerbedrijf zijn de werklocaties van subassemblages gegroepeerd met bijhorende opslag van halffabricaten en onderdelen. Daarnaast is er een logischere indeling gemaakt van activiteiten zodat de loopafstanden korter zijn geworden. Doordat de assemblagehal bij Partnerbedrijf niet voor beperkingen zorgde in het groeperen van subassemblages en de plaatsing van activiteiten kan er met de uitvoering van deze alternatieve layout een tijdsbesparing van 24% worden behaald op verplaatsingen van mensen, assemblage-onderdelen, halffabricaten, subassemblages en gemonteerde producten ten opzichte van de huidige situatie.

Voor de assemblage van producten bij Bedrijf zijn er ontwerpen gemaakt voor zowel het magazijn als de assemblage-afdeling. Door de toevoeging van een assemblage-afdeling ontstaat er ruimtetekort in het magazijn dat opgelost wordt door een hogere bezettingsgraad, extra palletstelling, compactere indeling en externe opslag. De twee gevonden alternatieve layouts voor het magazijn van Bedrijf verschillen van elkaar met het hebben van een tweede doorgang naar de bovenste hal. Door de voorkeur van een goede doorstroombemogelijkheid in het magazijn is de layout met een tweede doorgang verder uitgewerkt. Er zijn twee alternatieve layouts voor de assemblage-afdeling bij Bedrijf gemaakt op basis van een verticale of horizontale werkplek voor de assemblage van producten. De indeling van de assemblage-afdeling bij Bedrijf werd beperkt door de beschikbare ruimte waardoor de groepering van subassemblages, halffabricaten en opslag niet volledig mogelijk is. Hierbij is besloten dat het alternatief met een horizontale werkplaats voor producten de voorkeur geniet op het vlak van opslagcapaciteit, bereikbaarheid en logica. Door de ruimtebeperking wordt er met het ontwerp voor de assemblage van producten bij Bedrijf minder bespaard op verplaatsingen ten opzichte van het uitgewerkte alternatief bij Partnerbedrijf.

Om de afweging tussen assemblage bij Partnerbedrijf of Bedrijf te kunnen maken is er multicriteria-analyse uitgevoerd. Hierin worden de criteria die uit de financiële analyse volgen samen met de kwaliteit van het product, levertijd, afhankelijkheid van externe partijen, flexibiliteit van productievolume en potentiële efficiëntieverbetteringen gebruikt. De financiële analyse laat zien dat het overbrengen van de assemblage naar Bedrijf financieel niet loont. De Net Present Value met een tijdshorizon van tien jaar komt uit op - €88.497,07 en de initiële investeringen worden nooit terugverdiend. Het nieuwe ontwerp bij Partnerbedrijf loont wel en heeft een Net Present Value van €57.071,44 en de gemaakte investeringen van €3.960,- worden binnen zeven maanden terugverdiend. De multicriteria-analyse neemt in de beslissing ook de overige criteria mee die niet in

geld zijn uit te drukken. Doordat het overbrengen van de assemblage naar Bedrijf beter scoort op de criteria kwaliteit van het product, afhankelijkheid van externe partijen en potentiële efficiëntieverbeteringen geniet dit alternatief de voorkeur ondanks het resultaat van de financiële analyse. Het layout ontwerp van de assemblage-afdeling en het magazijn bij Bedrijf zijn hieronder grafisch weergegeven.





VOORWOORD

Voor u ligt het onderzoeksverslag van de bacheloropdracht, die ik de afgelopen tien weken heb uitgevoerd bij Bedrijf, voor de afronding van mijn bachelor Technische Bedrijfskunde. In deze tijd heb ik veel geleerd over de gang van zaken bij een handels- en productieonderneming. Daarnaast heb ik veel kennis opgedaan omtrent het ontwerpen, inrichten en optimaliseren van bedrijfsactiviteiten.

Graag wil ik mijn begeleiders Henk Kroon en Peter Schuur van de Universiteit Twente bedanken. Elke afspraak stond in het teken van tips en mooie inhoudelijke verhalen die mij hebben geholpen met dit onderzoek. Daarnaast wil ik mijn studieadviseur Cornelis ten Napel bedanken voor de ondersteuning in de aanloop naar deze bacheloropdracht.

Bij Bedrijf wil ik allereerst mijn begeleider bedanken voor zijn inhoudelijke informatie, opbouwende kritiek en tips. Zijn input heeft ervoor gezorgd dat ik mijn onderzoek voorspoedig kon afronden. Collega 1 wil ik bedanken voor alle informatie en het vervoer naar Partnerbedrijf in plaats. Collega 2 wil ik bedanken voor zijn informatie over de geschiedenis van Bedrijf.

Enschede, Maart 2015,

Jody Eilander

INHOUDSOPGAVE

Management samenvatting	1
Voorwoord	4
Inhoudsopgave.....	5
Lijst van figuren	6
Lijst van tabellen	7
1. Inleiding.....	8
1.1. Bedrijf	8
1.2. Producten	8
1.3. Aanleiding van onderzoek	8
1.4. Onderzoeksdoel.....	8
1.5. Onderzoeksvragen	9
1.6. Afbakening.....	10
1.7. Onderzoeksmethode	10
1.8. Verslagstructuur	10
2. Theoretisch kader	11
2.1. Insourcing	11
2.2. Klantorderontkoppelpunt.....	11
2.3. Lean Manufacturing	12
2.4. Logistieke aanvoer	13
2.5. Ontwerpmethode layout	16
2.6. Net Present Value.....	20
2.7. Multi Criteria Decision Analysis	20
2.8. Toepassing theorie	22
3. Huidige Situatie	23
3.1. Producten	23
3.2. Markt	24
3.3. Productieproces.....	25
3.4. Assemblage.....	27
4. Analyse	31
4.1. Insourcing	31
4.2. Logistieke Aanvoer	31
4.3. Layouttype Assemblage.....	33
4.4. Verspillingen	34
5. Alternatieven.....	36
5.1. Assemblage-ontwerp Partnerbedrijf	36

5.2.	Assemblage-ontwerp Bedrijf	40
6.	Afweging alternatieven	48
6.1.	Financiële analyse.....	48
6.2.	Multicriteria-analyse	53
6.3.	Gevoeligheidsanalyse	54
7.	Conclusie & aanbevelingen	56
7.1.	Conclusie	56
7.2.	Aanbevelingen	57
7.3.	Vervolgonderzoek.....	57
	Literatuurlijst.....	58
	Appendices.....	59
A	Grafische weergave product inclusief onderdelen	59
B	Afzetlijst producten	62
C	Assemblagehal Partnerbedrijf huidige situatie	63
D	Magazijn Bedrijf huidige situatie	65
E	Systematic Layout Planning fase 2 Bedrijf.....	66
F	Systematic Layout Planning fase 3 Bedrijf	68
G	Analytical Hierarchy Process.....	72

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1-1:	Fasen Algemene Bedrijfskundige Probleemaanpak	10
Figuur 2-1:	Klantorderontkoppelpunt (Olhager, 2010)	12
Figuur 2-2:	Materials Requirements Planning overzicht (Slack et al., 2010).....	13
Figuur 2-3:	Fundamenten layoutplanning (Muther, 2005)	16
Figuur 2-4:	Systematic Layout Planning Pattern (Muther, 2005).....	17
Figuur 2-5:	Procestypen (Slack et al., 2010)	18
Figuur 2-6:	Relatie volume-variatie en type layout (Slack et al., 2010)	19
Figuur 3-1:	Afzet producten inclusief trendlijn	24
Figuur 3-2:	Productieproces producten	25
Figuur 3-3:	Assemblageproces producten	28
Figuur 5-1:	Alternatieve layout assemblagehal Partnerbedrijf	39
Figuur 5-2:	Gekozen alternatief layout magazijn Bedrijf.....	43
Figuur 5-3:	Gekozen alternatief layout assemblage-afdeling Bedrijf	47
Figuur 6-1:	Gevoeligheidsanalyse toekomstige efficiëntieverbeteringen.....	55
Figuur 6-2:	Gevoeligheidsanalyse Net Present Value	55

Figuur A-1: Vooraanzicht type 2 product	59
Figuur A-2: Zijaanzicht type 2 product	59
Figuur A-3: Achteraanzicht type 2 product	60
Figuur A-4: Onderdeel type 2 product	60
Figuur A-5: Onderdeel type 2 product	60
Figuur C-1: Huidige situatie assemblagehal Partnerbedrijf.....	64
Figuur D-1: Huidige situatie magazijn Bedrijf.....	65
Figuur E-1: Nieuwe layout Bedrijf exclusief tweede doorgang	66
Figuur E-2: Nieuwe layout Bedrijf inclusief tweede doorgang	67
Figuur F-1: Benodigde ruimte productmontage (10x Productnaam 1 model).....	68
Figuur F-2: Benodigde ruimte productmontage (6x Productnaam 1 model).....	68
Figuur F-3: Minimale ruimte voor assemblage	69
Figuur F-4: Assemblage-afdeling Bedrijf met horizontale werkplek.....	70
Figuur F-5: Assemblage-afdeling Bedrijf met verticale werkplek.....	71

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 2-1: Gewenste planningsmethode (Bell, 2006)	15
Tabel 2-2: Relatie type layout en procestype	19
Tabel 2-3: Schaal voor scores (Saaty, 1977)	21
Tabel 2-4: Random Consistency Index (Saaty, Vargas, & Dellmann, 2003)	21
Tabel 3-1: Productiegrootte producten	27
Tabel 3-2: Levertijd producten.....	27
Tabel 3-3: Assemblagetijden en -kosten	29
Tabel 4-1: Categorisatie assemblage-onderdelen.....	32
Tabel 5-1: Opslagverschillen van alternatieven assemblage-afdeling Partnerbedrijf.....	38
Tabel 5-2: Kenmerken van alternatieven magazijn Bedrijf	42
Tabel 5-3: Opslagverschillen van alternatieven assemblage-afdeling Bedrijf.....	46
Tabel 6-1: Vervoerskosten producten.....	49
Tabel 6-2: Berekeningen Net Present Value alternatief Partnerbedrijf.....	52
Tabel 6-3: Berekeningen Net Present Value alternatief Bedrijf.....	53
Tabel 6-4: Analytical Hierarchy eindscores en voorkeur.....	54
Tabel A-1: Onderdelen type 2 product	61
Tabel B-1: Afzetlijst producten Bedrijf	62
Tabel G-1: Analytical Hierarchy Process berekeningen	73

1. INLEIDING

1.1. BEDRIJF

Vertrouwelijk

1.2. PRODUCTEN

Vertrouwelijk

1.3. AANLEIDING VAN ONDERZOEK

De producten die Bedrijf verkoopt, worden al meer dan 20 jaar bij partnerbedrijf Partnerbedrijf geproduceerd en geassembleerd. Hierbij verzorgt Partnerbedrijf het hele productieproces van productiestap tot en met de assemblage. Bedrijf zorgt voor de ontwerpen en tekeningen. Daarnaast is Bedrijf verantwoordelijk voor de onderdelen, die niet bij Partnerbedrijf worden vervaardigd, voor zowel het productiestap als het assemblageproces. Bij Bedrijf is de vraag ontstaan of de samenwerking met Partnerbedrijf in deze huidige vorm tegenwoordig nog wel het meest efficiënt is.

Uit een intern onderzoek bleek dat de productiestappen tot aan de assemblage nog steeds voordeliger worden uitgevoerd bij Partnerbedrijf dan elders. Hierbij werd niet enkel gekeken naar productiekosten maar werden ook logistieke, communicatie- en managingskosten meegenomen voor de productie in lageloonlanden.

Voor de assemblage blijft de vraag liggen of de huidige situatie nog wel optimaal is. Bij werkbezoeken aan Partnerbedrijf is voor Bedrijf namelijk het gevoel ontstaan dat het assemblageproces niet het meest efficiënt is. Redenen hiervoor zijn onder andere; het gebrek aan automatisering, onduidelijkheid over stappen en procedures, onduidelijkheid over assemblagetijden en het gebrek aan visie over de productie-inrichting. Aangezien er vanuit Partnerbedrijf geen initiatief komt om het assemblageproces efficiënter te laten verlopen, wil Bedrijf onderzoeken hoe het assemblageproces efficiënter kan. Hierbij wil Bedrijf ook onderzoek laten doen naar de mogelijkheid om de assemblage over te brengen van Partnerbedrijf naar Bedrijf.

1.4. ONDERZOEKSDOEL

Een van de manieren om de winstgevendheid van producten op peil te houden is het verlagen van de kostprijs. Zoals eerder beschreven, heeft Bedrijf reeds onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van kostprijsverlaging voor de productiestappen van de producten. Hieruit is gebleken dat de huidige samenwerking met Partnerbedrijf voor de productie nog steeds de voorkeur geniet. De uitvoering en inrichting van de assemblage van producten zijn daarentegen niet recentelijk onderzocht en het is de vraag van Bedrijf of hier geen winst te behalen valt.

Het doel van deze opdracht kan daarom ook beschreven worden als het minimaliseren van de kosten die gemaakt worden voor de assemblage van producten door onderzoek te doen naar efficiëntie en besparingen rondom de inrichting en uitvoering van deze assemblage.

1.5. ONDERZOEKSVRAGEN

Vanuit de vorige twee paragrafen kan gesteld worden dat het voor Bedrijf onduidelijk is of het assemblageproces van producten bij Partnerbedrijf efficiënt verloopt. Daarbij kan dus niet worden bepaald waar er kostenbesparingen in dit proces kunnen worden gerealiseerd. De centrale vraagstelling die hieruit voortkomt luidt dus als volgt;

Hoe kan de inrichting en de uitvoering van het assemblageproces van producten voor Bedrijf efficiënter worden ingericht?

Om de centrale vraagstelling te kunnen beantwoorden zijn een aantal deelvragen opgesteld. Deze deelvragen zorgen ervoor dat de centrale vraag stap voor stap beantwoord kan worden. De deelvragen met korte uitleg zijn als volgt;

1. *Hoe ziet de huidige situatie eruit?*

Bij de huidige situatie zal niet enkel het assembleren zelf uitgewerkt worden maar ook andere factoren die van invloed op de assemblage zijn zoals de verschillende type producten, de vraag en het gehele productieproces ten opzichte van de assemblage.

2. *Welke verspillingen zijn aan te wijzen in het huidige assemblageproces en wat zijn hier de oorzaken van?*

Als de huidige situatie is uitgewerkt kan een analyse gedaan worden naar de verspillingen die zich voordoen in het huidige assemblageproces van producten. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de beschikbare wetenschappelijke literatuur.

3. *Welke aanpassingen kunnen worden gemaakt om inefficiënties in het huidige assemblageproces tegen te gaan?*

Wanneer het duidelijk is welke inefficiënties in het assemblageproces voorkomen, kan er door middel van literatuurstudie onderzocht worden welke aanpassingen moeten worden gemaakt om de verspillingen tegen te gaan.

4. *Hoe ziet het nieuwe ontwerp van het assemblageproces eruit bij Partnerbedrijf?*

Voor het realiseren van de gevonden aanpassingen, wordt er een herontwerp voor de inrichting en uitvoering van het assemblageproces gemaakt.

5. *Hoe ziet het nieuwe ontwerp van het assemblageproces eruit als deze overgeheveld wordt naar Bedrijf?*

Er is vanuit Bedrijf de vraag of de assemblage kan plaatsvinden binnen Bedrijf in plaats van bij Partnerbedrijf. Na het vinden van de benodigdheden hiervoor zal ook voor deze situatie een ontwerp gemaakt worden voor de inrichting en uitvoering van het assemblageproces.

6. *Welk ontwerp is het meest aantrekkelijk voor Bedrijf?*

Een financiële- en multicriteria-analyse zorgt voor duidelijkheid over welke oplossing de voorkeur geniet. Daarbij wordt ook een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd, zodat er een goed advies als eindresultaat kan worden gegeven.

1.6. AFBAKENING

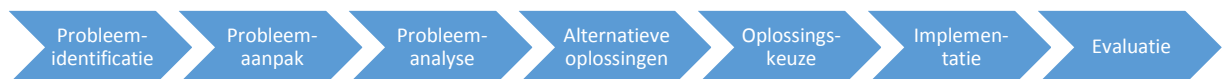
De afbakening geeft aan wat binnen en buiten het onderzoek valt en is opgesteld om te voorkomen dat het onderzoek te breed en te complex wordt.

Bij het onderzoek naar een efficiëntere inrichting van de assemblage van producten zullen veranderingen omtrent het ontwerp van de verschillende type producten niet worden meegenomen. Daarbij worden de gebruikte assemblageonderdelen en halffabricaten als gegeven beschouwd, waardoor het vereenvoudigen en standaardiseren van producten zelf buiten de focus van het onderzoek valt. Het onderzoek richt zich daarom uitsluitend op de uitvoering en de inrichting van de assemblage.

In overleg met de opdrachtgever is besloten dat, voor de uitvoering van de assemblage, het onderzoek zich zal beperken tot Partnerbedrijf en Bedrijf. Er zal niet worden onderzocht naar de mogelijkheden en gevolgen rondom het overbrengen van de uitvoering van assemblage naar andere partijen.

1.7. ONDERZOEKSMETHODE

Voor het gestructureerd uitvoeren van het onderzoek, wordt gebruik gemaakt van de Algemene Bedrijfskundige Probleemaanpak (Heerkens & Winden, 2012). Deze aanpak wordt als handleiding gebruikt om het onderzoek methodologisch vorm te laten geven. Zeven verschillende fasen zijn te onderscheiden met de Algemene Bedrijfskundige Aanpak zoals te zien in Figuur 1-1. De fasen probleemidentificatie, probleemaanpak, probleemanalyse, formuleren alternatieve oplossingen en keuze van oplossing worden uitgewerkt tijdens dit onderzoek. Dit onderzoek houdt zich bezig met het uitwerken van efficiëntieverbeteringen in de inrichting en uitvoering van het assemblageproces en geeft een advies als eindresultaat. Door de aard van de opdracht wordt de uitwerking van een implementatieplan en evaluatie achterwege gelaten.



Figuur 1-1: Fasen Algemene Bedrijfskundige Probleemaanpak

1.8. VERSLAGSTRUCTUUR

De structuur van dit verslag kenmerkt zich als volgt;

- Hoofdstuk 1 beschrijft de probleemidentificatie waarbij vervolgens onderzoeksvragen worden geformuleerd om het probleem aan te pakken
- Hoofdstuk 2 geeft de wetenschappelijke theorieën weer die gebruikt worden gedurende het onderzoek
- Hoofdstuk 3 bestaat uit een analyse van de huidige situatie
- Hoofdstuk 4 bestaat uit een analyse van relevante factoren die de inefficiënties binnen de assemblage veroorzaken
- Hoofdstuk 5 omschrijft de alternatieve oplossingen die voor de inefficiënties gevonden zijn
- Hoofdstuk 6 geeft de weging en vergelijking van de alternatieve oplossingen weer met een uiteindelijke keuze als resultaat
- Hoofdstuk 7 concludeert het onderzoek en geeft aanbevelingen

2. THEORETISCH KADER

2.1. INSOURCING

Verticale integratie is gedefinieerd als het aandeel van het productieproces dat intern door een organisatie wordt uitgevoerd ten opzichte van het gehele proces van waardetoevoeging tot aan het eindproduct (Drauz, 2014). De mate van verticale integratie kan worden aangepast door het gebruik van outsourcing en insourcing. Hierbij houdt outsourcing in dat een organisatie de bedrijfsprocessen geheel of gedeeltelijk uitbesteedt aan een externe partij. Insourcing, het tegenovergestelde van outsourcing, is het stoppen met extern uit laten voeren van bedrijfsprocessen en deze intern te laten plaatsvinden.

De keuze om bedrijfsprocessen intern uit te laten voeren of in te kopen is een complexe afweging. Het is belangrijk om beide scenario's goed tegen elkaar af te kunnen wegen. Vijf prestatiedoelstellingen zijn opgesteld, die kunnen worden gebruikt als indicatoren, om de keuze van eventuele insourcing te kunnen onderbouwen (Slack, Chambers, & Johnston, 2010).

- Kwaliteit
- Snelheid
- Afhankelijkheid
- Flexibiliteit
- Kosten

Naast deze indicatoren zijn er aantal factoren die moeten worden afgewogen of de beslissing om een bedrijfsproces te gaan in- of outsourcen wel verstandig is. Deze factoren komen in de volgende vragen terug (Slack et al., 2010).

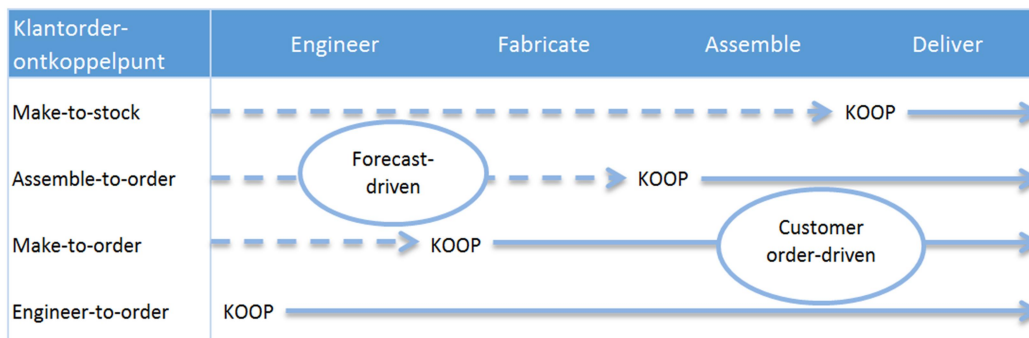
- *Is het bedrijfsproces van strategisch belang?*
- *Beschikt de organisatie over specialistische kennis?*
- *Zijn de prestaties van de organisatie superieur?*
- *Zijn er significante verbeteringen in de prestaties van de organisatie te verwachten?*

2.2. KLANTORDERONTKOPPELPUNT

Om onderscheid te maken in verschillende productiemethoden wordt gebruik gemaakt van het Klantorderontkoppelpunt. Het klantorderontkoppelpunt is gedefinieerd als het punt in het productie- en distributieproces waar een specifieke klantorder gekoppeld wordt aan het product (Visser & van Goor, 2008). Het ontkoppelpunt beïnvloedt de planning van het productieproces. Zoals te zien in Figuur 2-1 zijn er vier verschillende productiemethoden te onderscheiden aan de hand van de verschillende klantorderontkoppelpunten (Olhager, 2010).

- **Make-to-stock:** Producten worden geproduceerd op basis van vraagvoorspelling en wordt vanuit voorraad aan de klant geleverd.
- **Assemble-to-order:** Onderdelen en halffabricaten zijn reeds geproduceerd en moeten alleen nog geassembleerd worden.
- **Make-to-order:** Het product is gebaseerd op een standaardontwerp waarbij de onderdelen aan de hand van klantspecificaties worden geproduceerd.
- **Engineer-to-order:** Het product wordt ontworpen en geproduceerd aan de hand van klantspecificaties.

Het is van belang dat de planning van productie, voor het klantorderontkoppelpunt, gericht is op het produceren op voorraad op basis van verwachte vraagvoorspellingen. Hierbij ligt de focus op het zo efficiënt en goedkoop mogelijk beheersen van het voorraadpeil. De planning van het productieproces na het klantorderontkoppelpunt is juist gericht op basis van klantorder. Hierbij zijn flexibiliteit en levertijd belangrijke aspecten om aan de vraag van de klant te voldoen.



Figuur 2-1: Klantorderontkoppelpunt (Olhager, 2010)

2.3. LEAN MANUFACTURING

Lean Manufacturing is een aanpak die een gestroomlijnde productieproces oplevert, waarbij producten op basis van de vraag van de klant worden geproduceerd, met zo min mogelijk verspillingen (Shah & Ward, 2003). Lean Manufacturing, Lean Assembly, Lean Thinking en Lean in zijn algemeen zijn allemaal gerelateerde methoden gericht op het toevoegen van waarde door verspillingen te minimaliseren. Het Lean Manufacturing principe kent zijn oorsprong met het Toyota Production System en kenmerkt zich door verschillende tools zoals onder andere Just In Time productie, Kanban, Proces Flow Mapping en het Two Bin systeem (Shah & Ward, 2007).

Voor een succesvolle implementatie van het Lean Manufacturing principe is het belangrijk om het concept Lean Thinking door de hele organisatie heen te stimuleren waarbij een focus wordt gelegd op het identificeren van waarde toevoegende activiteiten, het elimineren van verspillingen en het genereren van een goede doorstroom. Hierbij kunnen voordelen behaald worden in de vorm van verkorte levertijden, kleinere voorraden, betere proceskennis, minder herbewerkingen en minder kosten (Melton, 2005).

Zoals hierboven uitgelegd, draait Lean Manufacturing onder andere om het minimaliseren van verspillingen. Er zijn zeven verschillende soorten verspillingen te benoemen (Melton, 2005).

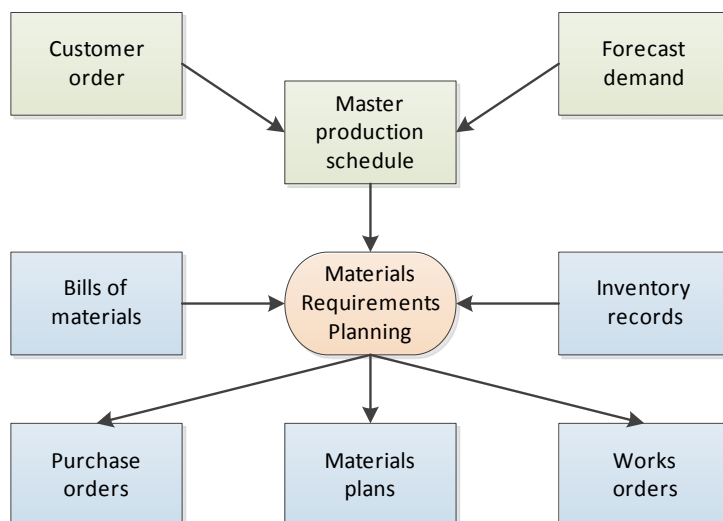
- Transport: Elke keer dat een product verplaatst wordt, is er een risico dat het product beschadigt, vertraagt of kwijt raakt. Daarbij worden kosten gemaakt terwijl er voor de klant geen waarde aan het product wordt toegevoegd.
- Voorraad: Voorraad in de vorm van grondstoffen, halffabricaten of afgewerkte producten zorgen voor een kapitaalinvestering die nog geen inkomsten hebben geproduceerd. Wanneer deze onderdelen niet actief worden gebruikt zorgen ze voor verspilling.
- Beweging: In tegenstelling tot transportatie gaat het hier juist om de beschadigingen die het productieproces met zich mee brengt ten koste van machines, gereedschappen en operators.
- Wachtijd: Wanneer onderdelen niet worden bewerkt of getransporteerd wordt er geen waarde toegevoegd.
- Overprocessing: Als het productieproces niet optimaal is, vinden er meer bewerkingen plaats dan absoluut nodig. Hierbij wordt ook het gebruik van middelen die te precies, te complex, te duur en van een te hoge kwaliteit zijn dan nodig.

- Overproductie: Overproductie vindt plaats wanneer er meer producten geproduceerd worden dan er direct nodig zijn in het daaropvolgende proces.
- Defecten: Defecten ontstaan als producten worden geproduceerd die niet aan de vooraf gestelde kwaliteit voldoen. Dit resulteert in verspilde tijd en kosten.

2.4. LOGISTIEKE AANVOER

De planningstechnieken van productie en de logistieke aanvoer van onderdelen en halffabricaten zijn te onderscheiden in push en pull systemen. Bij een push systeem wordt de benodigde hoeveelheid onderdelen en halffabricaten per product van tevoren berekend en op vaste momenten aangeleverd. Terwijl bij een pull systeem de (interne) klanten de hoeveelheid aan te leveren producten en aanlevermomenten bepalen. Hieronder wordt de meest gebruikte methoden van een push systeem, Materials Requirement Planning en de uitbreidingen Manufacturing Resource Planning en Enterprise Resource Planning, en van een pull systeem, Just In Time, uitgewerkt. Hierbij wordt ook ingegaan op de voor- en nadelen van beide methoden.

2.4.1. MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING, MANUFACTURING RESOURCE PLANNING EN ENTERPRISE RESOURCE PLANNING



Figuur 2-2: Materials Requirements Planning overzicht (Slack et al., 2010)

Material Requirements Planning is een productieplanning-, tijdplanning- en voorraadbeheersingssysteem dat gebruikt wordt om het productieproces te beheersen. Een belangrijke input van Materials Requirements Planning is de Master Production Schedule die gebaseerd is op de voorspelling van de vraag van de klant zoals te zien in Figuur 2-2. Hierbij gaat het niet enkel om de vraag naar het eindproduct maar ook om de reserve onderdelen en de interne vraag naar onderdelen voor productie en assemblage. De Master Production Schedule stuurt de gehele productie en de logistieke aanvoer aan waardoor het duidelijk is dat dit gaat om een push systeem. Samen met de Bill Of Materials, voor het te maken product, en de huidige voorraadstand kunnen de aanleverhoeveelheden en -momenten worden berekend. Ook de productieplanning komt hieruit voort.

Doordat de Materials Requirements Planning methode geen rekening houdt met capaciteitsrestricties, is de Manufacturing Resource Planning methode, ook wel bekend als MRP-II, geïntroduceerd. Met Manufacturing Resource Planning zijn er capaciteitscontroles, korte termijnplanningen en planningsfuncties op een geaggregeerd niveau geïntroduceerd. Echter worden de capaciteitsoverschrijdingen met Manufacturing Resource Planning enkel gedetecteerd maar niet automatisch opgelost. Hierdoor blijft, voor het gebruik van de

planning, het nadeel bestaat dat de capaciteit of de Master Production Schedule moet worden aangepast als de maximale capaciteit in het systeem wordt overschreden (Fleischmann & Meyr, 2003). Doordat er enerzijds geen alternatieve productieschema's bij vertragingen zijn, bijvoorbeeld wanneer halffabricaten of onderdelen te laat worden aangeleverd, en anderzijds volledig gedetailleerde kennis nodig is van benodigde hulpmiddelen en onderdelen, zijn deze push systemen minder geschikt voor productie behorende bij een engineer-to-order of een make-to-order omgeving zoals beschreven bij het onderwerp klantorderontkoppelpunt.

Enterprise Resource Planning is gebaseerd op de voorgaande planningsmethodes maar is veel breder opgezet. Enterprise Resource Planning is gedefinieerd als een softwarepakket ter ondersteuning van de gehele organisatie in de modules marketing, sales, productontwerp en –ontwikkeling, productie- en voorraadbeheersing, inkoop, distributie, procesontwerp en –ontwikkeling, productie, kwaliteit, finance en accounting, human resource management en informatieservices. Hierbij ligt de nadruk op integratie tussen de verschillende modules zonder het dupliceren van informatie (Wight, 1984).

2.4.2. JUST IN TIME

Just In Time is een productiestrategie die net als Materials Requirements Planning tot doel heeft om de productieplanning-, tijdplanning- en voorraadbeheersing zo optimaal mogelijk te laten verlopen. Echter Bij Just In Time bepalen de (interne) klanten die de producten nodig hebben de hoeveelheden en aanlevermomenten. Afhankelijk van de vraag wordt met behulp van kaarten, tekens, lege bakjes of containers de productie en distributie in gang gezet, waardoor een goede beheersing van het productieproces en de voorraad kan worden bereikt. Just In Time stimuleert flexibiliteit en minimale levertijden aangezien dit pull systeem in de problemen komt wanneer de doorlooptijd groter is dan de gewenste levertijd van de klant (Slack et al., 2010). Twee methoden, two-bin en kanban, van Just In Time aanvoer worden hieronder verder uitgewerkt.

TWO-BIN

De two-bin methode houdt in dat de voorraden bij de verschillende productielocaties per producttype opgesplitst zijn in twee afzonderlijke bakjes. Hierbij wordt er gebruik gemaakt van de eerste bin terwijl de tweede bin gebruikt wordt als veiligheidsvoorraad. Deze veiligheidsvoorraad is groot genoeg om de productie, tijdens het aanleverproces van een nieuwe bin, van onderdelen te voorzien. Wanneer de reguliere voorraad op is, is dat het signaal dat er een nieuwe bin moet worden besteld en kan er doorgewerkt worden met de onderdelen uit de tweede bin. Het two-bin systeem is een simpele aanlevermethode die vooral goed werkt wanneer er een continue aanlevering van onderdelen plaatsvindt.

KANBAN

Kanban is een beheersingsmethode die de productieprocessen die producten maken te synchroniseren met de processen die de producten verbruiken (Bonvik, Couch, & Gershwin, 1997). Kanban is een systeem dat de logistieke aanvoerketen beheerst maar is geen voorraadbeheersingstechniek. De methode is ontwikkeld om het productieniveau te verbeteren en op een hoog niveau te houden (Ono, 1988). Kanban is het systeem dat er een signaal, zoals bijvoorbeeld een kaart, wordt doorgegeven van de klantfase naar de aanleverfase. Hierbij kan de klant als de leverancier van het product zowel intern als extern zijn voor een organisatie. Deze pull methode zorgt voor het activeren van transport, productie of levering van een onderdeel of een standaard container van onderdelen.

2.4.3. AFWEGING MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING EN JUST IN TIME

Zoals hierboven beschreven hebben Materials Requirements Planning en Just In Time beide het doel om de productieplanning-, tijdplanning- en voorraadbeheersing zo optimaal mogelijk te laten verlopen. Echter komen de voordelen van beide methoden naar voren in verschillende situaties.

Door een ABC-analyse te combineren met het concept runners, repeaters en strangers, kan er een richtlijn worden gegeven welke planningsmethode voor voorraadvernieuwing geschikt is. De ABC-voorraadklassering geeft het waarde- en volumeverschil binnen de voorraad in drie verschillende categorieën weer (Slack et al., 2010).

- Klasse A producten zijn de 20% meest waardevolle onderdelen die ongeveer 80% van de totale voorraadwaarde waard zijn.
- Klasse B producten zijn van gemiddelde gebruikswaarde, de 20%-50% meest waardevolle onderdelen, en kenmerken zich doordat ze ongeveer 10% van de totale voorraadwaarde representeren.
- Klasse C producten zijn van lage waarde terwijl ze ongeveer de helft van de onderdelen representeren. Deze helft is ongeveer de laatste 10% van de totale voorraadwaarde waard.

Producten en onderdelen zijn te categoriseren in runners, repeaters en strangers aan de hand van de frequentie van de vraag naar deze artikelen.

- Runners zijn producten of onderdelen waarvan de vraag frequent is en die vaak geproduceerd of gebruikt worden.
- Repeaters zijn producten of onderdelen die regelmatig geproduceerd worden maar waarbij de tussenliggende tijdsintervallen groter zijn dan van de runners
- Strangers zijn producten of onderdelen die onregelmatig geproduceerd of gebruikt worden en die eventueel op onvoorspelbare momenten gevraagd worden.

Op basis van bovenstaande voorraadklassen en product- en onderdeelcategorisatie kunnen de in Tabel 2-1 gewenste planningsmethodes worden weergegeven (Bell, 2006).

Class	Runners	Repeaters	Strangers
A	Tight Kanban	Tight Kanban or MRP	MRP
B	Tight Kanban	Loose Kanban or MRP	MRP
C	Two-Bin	Two-Bin	Two-Bin or MRP

Tabel 2-1: Gewenste planningsmethode (Bell, 2006)

Het verschil tussen tight en loose kanban is de mate van veiligheidsvoorraad. Hierbij wordt bij tight kanban de veiligheidsvoorraad tot een minimum beperkt. Het idee van de matrix is dat er voor de runners en repeaters voorraad aangehouden wordt. De veelgebruikte dure onderdelen moeten goed gemanaged worden om een overbodige waardevolle voorraad tegen te gaan. De goedkope onderdelen kunnen met behulp van een two-bin systeem worden beheerst omdat de potentiële verspilling van het aanhouden van overbodige voorraad te klein is om deze zeer zorgvuldig te managen. Materials Requirements Planning wordt geprefereerd wanneer de onderdelen slechts af en toe benodigd zijn. (Bell, 2006)

2.5. ONTWERPMETHODE LAYOUT

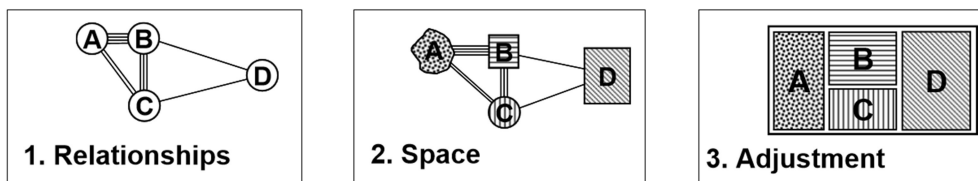
Een gestructureerde ontwerp- of planningsmethode voor de layoutstructuur zorgt ervoor dat de gemaakte kosten en verbruikte tijd geminimaliseerd worden voor zowel de toepassing als het gebruik van een nieuwe layout (Muther, 1961). In dit onderzoek wordt er gebruik gemaakt van Systematic Layout Planning voor het systematisch en gestructureerd ontwerpen van nieuwe layouts. Deze methode wordt vaak gebruikt omdat het een duidelijke en gestructureerde stappenplan geeft voor het ontwerpen van nieuwe layouts. Ter aanvulling van de Systematic Layout Planning methode zal de theorie rondom procestypen en de daarop gebaseerde layouttypen eveneens beschreven worden.

2.5.1. SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING

Systematic Layout Planning is een methode voor het systematisch ontwerpen van een nieuwe layout. De methode zorgt ervoor dat de onderlinge frequentie en relaties van afdelingen, machines en mensen de locatie hiervan bepalen. Systematic Layout Planning zorgt ervoor dat verbeteringen kunnen worden behaald in tijd en kosten die gemaakt worden voor het bewerken van onderdelen, frequentie en afgelegde afstand van onderdelen en personeel, opstoppen en de gehele processtroom (Mohr & Willet, 1999).

De planning van de layout is, zoals te zien in Figuur 2-3, berust op drie fundamenteën.

- Relaties tussen de activiteiten in een layout.
- Ruimte voor elke activiteit in hoeveelheid, aard en vorm.
- Aanpassingen van de relaties en ruimte in een effectief plan.



Figuur 2-3: Fundamenten layoutplanning (Muther, 2005)

In de Systematic Layout Planning methode worden vier fasen beschreven voor het maken van een nieuwe layout. De verschillende fasen moeten in volgorde doorlopen worden maar voor het beste resultaat is er behoefte aan gedeeltelijke overlap (Muther, 1961).

- Fase 1: Bepalen van de locatie waar de afdelingen op gepland worden door te kijken naar de beschikbare ruimte en omgevingsfactoren.
- Fase 2: Vaststellen van de globale layout door de verschillende afdelingen, bewerkingsgebieden en belangrijke doorgangen te definiëren.
- Fase 3: Vaststellen van de gedetailleerde layout door invulling te geven aan de verschillende afdelingen in de vorm van onder andere machines, hulpmiddelen en voorraden.
- Fase 4: Installeren van de geselecteerde layout

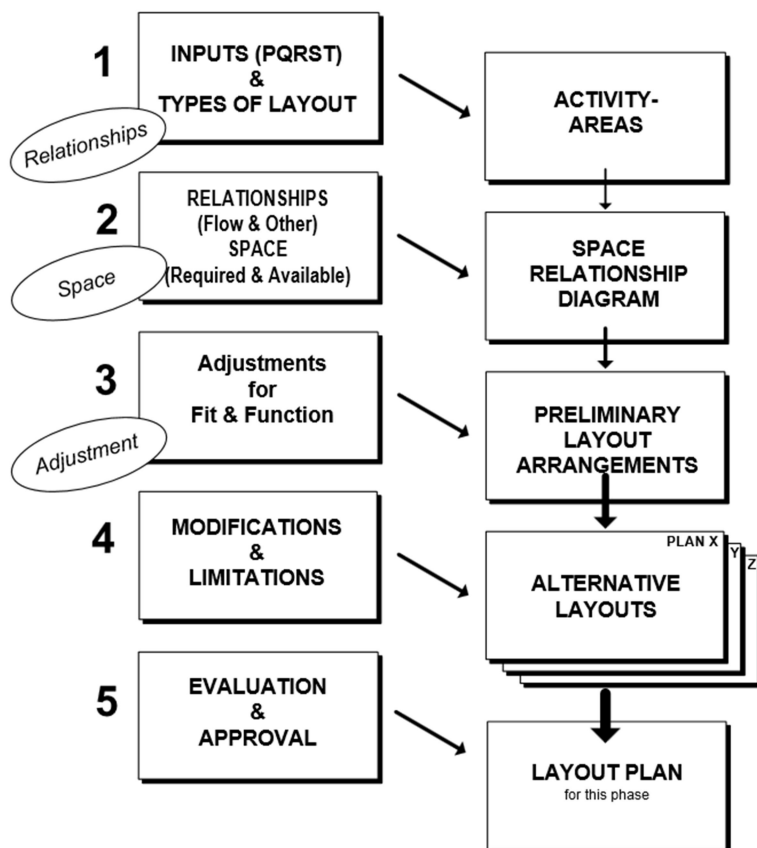
Zoals te zien houden alleen de tweede en derde fase zich bezig met het ontwerp van de layout. Deze fasen worden dan ook verder uitgelegd aan de hand van Systematic Layout Planning Pattern.

SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING PATTERN

De procedures die de tweede en derde fase volgen zijn aan elkaar gelijk en worden omschreven door de Systematic Layout Planning Pattern zoals te zien in Figuur 2-4. In dit figuur representeert de linkerzijde de

datacollectie en analyse en de rechterzijde de output van resultaten. Met de Systematic Layout Planning Pattern worden vijf opeenvolgende stappen doorlopen voor elk van de fases (Muther, 2005).

1. Input & Types of Layout: De data wordt verzameld aan de hand van de PQRST-sleutel waarbij een product- en kwantiteitanalyse de karakteristieken van het product en productieaantal omschrijft. Daarnaast bepaalt het productieproces de type layout zoals later in deze paragraaf zal worden uitgelegd. Samen met de ondersteunende processen en afdelingen kunnen de verschillende activiteiten in beeld worden gebracht.
2. Relationships & Space: Door middel van de onderlinge relaties tussen activiteiten en de beschikbare en benodigde ruimte in kaart te brengen, kan een Space Relationship Diagram worden opgesteld.
3. Adjustments for Fit & Function: De gevonden benodigde ruimtes voor activiteiten en afdelingen worden omgezet in een meer bruikbare vorm en indien nodig samengevoegd om zo tot voorlopige ruimte-indelingen van de layout te komen.
4. Modifications & Limitations: Door rekening te houden met praktische beperkingen omtrent het ontwerp, kunnen er door middel van aanpassingen alternatieve layouts worden opgesteld.
5. Evaluation & Approval: De verschillende alternatieven worden met elkaar vergeleken zodat er een onderbouwde beslissing kan worden genomen.



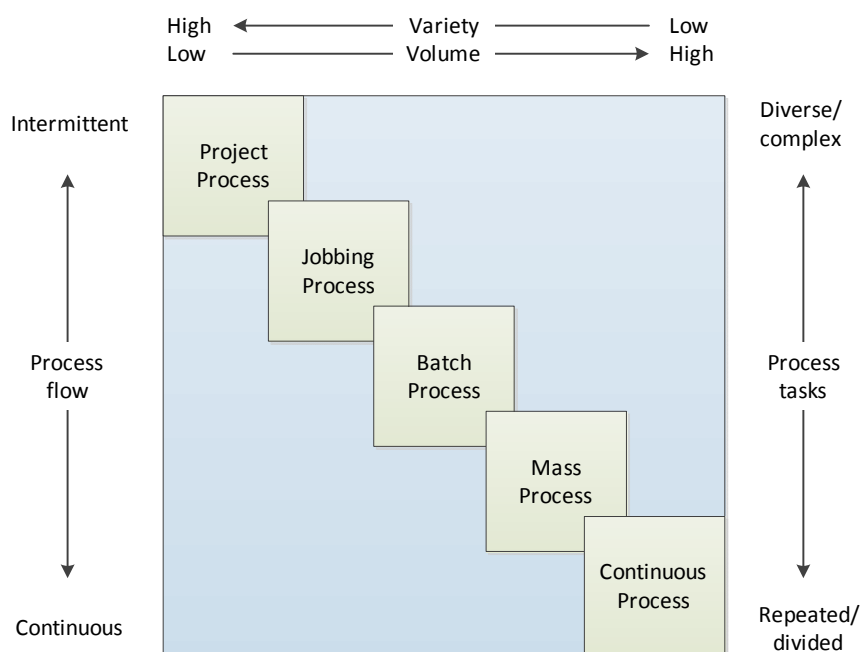
Figuur 2-4: Systematic Layout Planning Pattern (Muther, 2005)

2.5.2. PROCESTYPEN

Er zijn verschillende aanpakken voor het ontwerpen en managen van processen binnen een organisatie. Deze procestypen kunnen worden ingedeeld aan de hand van de relatie tussen het volume en de variëteit van het proces. Ook de mate van doorstroom en de complexiteit van taken zijn belangrijk voor de typering van de

processen. In Figuur 2-5 zijn vijf verschillende procestypen weergegeven waar ook te zien is dat deze procestypen elkaar kunnen overlappen. De vijf procestypen worden hieronder gedefinieerd (Slack et al., 2010).

- Project process: Processen met betrekking tot discrete en veelal klantspecifieke producten. Het productieproces is hierbij vaak lang en onregelmatig.
- Jobbing process: Processen die te maken hebben met hoge variatie en lage volumes waarbij in enkele gevallen herhaling van activiteiten en doorstroming plaatsvindt.
- Batch process: Processen die producten gegroepeerd behandelen. Hierbij hebben de batches ieder haar eigen procesroutes.
- Mass process: Processen met betrekking tot massaproductie. Hierbij gaat het om het produceren van hoge volumes met relatief lage variatie in termen van producteigenschappen.
- Continuous process: Processen die te maken hebben met nog hogere volumes en lagere variëteit dan bij massaproducties. Hierbij heeft de productie vaak een continue doorstroom.



Figuur 2-5: Procestypen (Slack et al., 2010)

2.5.3. TYPEN LAYOUT

Het type layout van een productiesysteem is vaak de fysieke vertaling van een procestype. Hierbij zijn er vier standaardtype layouts te onderscheiden (Slack et al., 2010).

- Fixed-position layout: De transformatie van het product wordt op een vaste plek uitgevoerd terwijl de grondstoffen, hulpmiddelen en mensen zich verplaatsen indien nodig. Deze layout wordt gebruikt wanneer de producten te groot of kwetsbaar zijn om te verplaatsen.
- Functional layout: De processen en hulpmiddelen met dezelfde functie zijn bij deze inrichting gegroepeerd. Producten kunnen verschillende routes afleggen langs deze functies. Deze functional layout wordt vaak toegepast bij de productie van producten met hoge mate van variatie en kleine volumes.
- Cell layout: De grondstoffen en hulpmiddelen zijn gegroepeerd per producttype zodat er verschillende cellen ontstaan waar deze producten worden bewerkt. Een product kan indien nodig meerdere cellen doorlopen. Deze inrichting is geschikt voor de productie van hoge volumes en enkele producttypes.

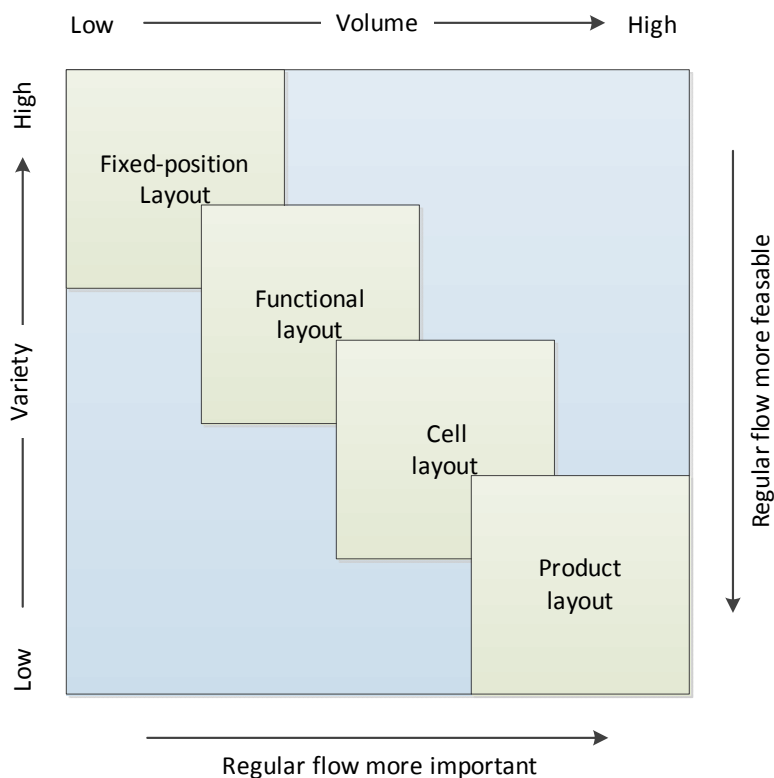
- Product layout: Alle benodigde grondstoffen, hulpmiddelen en mensen zijn volledig gestructureerd naar de bewerkingen van een product. Elk product volgt een vastgelegde route waarin de volgorde van de benodigde activiteiten overeenkomt met de volgorde van de locatie van de processen. Deze layout wordt vaak toegepast op gestandaardiseerde producten.

De keuze voor een type layout is afhankelijk van de procestypes die eerder beschreven zijn. Een layout die niet past bij het productieproces veroorzaakt inefficiëntie. De relatie tussen het type layout en de procestypes zijn weergegeven in Tabel 2-2. Hieruit volgt dat het type layout voor de productie ook weer afhangt van de verhouding van volume en variëteit zoals te zien in Figuur 2-6. De keuze voor de proces- en layout-inrichting beïnvloedt in grote mate de kosten en flexibiliteit van het productieproces (Slack et al., 2010).

Type layout	Procestype
Fixed-position	Project
	Jobbing
Functional	Jobbing
	Batch
Cell	Batch
	Mass
Product	Mass
	Continuous

Tabel 2-2: Relatie type layout en procestype

Organisaties maken vaak gebruik van een hybride layout. Deze hybride layouts gebruiken enerzijds elementen van de verschillende standaardtypen bij elkaar of passen anderzijds meerdere standaardtypen layouts toe in een organisatie.



Figuur 2-6: Relatie volume-variëteit en type layout (Slack et al., 2010)

2.6. NET PRESENT VALUE

De Net Present Value is gedefinieerd als de som van de Present Values van uitgaande en binnenkomende geldstromen over een tijdsperiode. Hierbij kunnen binnenkomende geldstromen ook wel beschreven worden als inkomsten terwijl uitgaande geldstromen beschreven kunnen worden als kosten (Brealey, Myers, & Allen, 2008).

Bij de Net Present Value methode wordt er gebruik gemaakt van tijdswaarde van geld waarbij tijd invloed heeft op de waarde van geldstromen. De toekomstige geldstromen worden verdisconteerd met behulp van een discount rate waardoor deze geldstromen, naar gelang de tijd verstrekt, minder waard worden. De verdiscontering is gebaseerd op het rendement dat kan worden behaald op alternatieve investeringen van dezelfde omvang en risico en wordt voor organisaties ook wel als kosten van vermogen genoemd. Net Present Value draait dus om de effectieve waarde in plaats van de nominale waarde van geldstromen.

Het doel van de Net Present Value methode is om vast te stellen of een investering winst- of verliesgevend is. In theorie zou een organisatie, volgens de Net Present Value methode, alle investeringen moeten ondernemen die een positief resultaat hebben. In de praktijk is het beschikbare kapitaal van een organisatie een restrictie op de te ondernemen investeringen en worden enkel de investeringen en projecten die samen leiden tot de hoogste Net Present Value uitgevoerd.

De wiskundige formulering van de Net Present Value wordt hieronder weergegeven.

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

Waarbij:

C_t = *geldstroom horende bij tijdstip t*

r = *discount rate*

t = *tijdsperiode waarbij $t = 0, 1, 2, \dots, T$*

2.7. MULTI CRITERIA DECISION ANALYSIS

Bij het vergelijken van verschillende alternatieven op basis van criteria, komt het vaak voor dat deze criteria conflicterend zijn. Criteria zoals kosten en kwaliteit zijn bijvoorbeeld lastig met elkaar te vergelijken. Als de belangen en gevolgen van een complexe beslissing groot zijn, is het van belang dat er een meer gestructureerde manier van afwegen bestaat dan op basis van intuïtie. Voor een gestructureerde aanpak van afwegen op basis van conflicterende criteria is daarom de Multi Criteria Decision Analysis ontstaan.

Sinds de introductie zijn er tientallen verschillende modellen ontstaan voor het maken van complexe afwegingen. In dit verslag zal enkel de Analytical Hierarchy Process methode uitgelegd en gebruikt worden. Deze methode voldoet aan de eisen om alternatieve oplossingen met elkaar te kunnen vergelijken en hieruit een onderbouwde voorkeur uit af te leiden. Daarbij heeft deze methode de mooie eigenschap dat de consistentie van de ingevoerde gegevens kan worden gecontroleerd.

2.7.1. ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS

De Analytical Hierarchy Process is, als een methode voor de analyse van multicriteria, door Saaty geïntroduceerd (Saaty, 1977). Deze methode maakt per criterium gebruik van paarsgewijze vergelijkingen tussen de verschillende alternatieven. Bij elk van deze vergelijkingen wordt aangegeven in welke mate het ene criterium de voorkeur geniet boven het andere criterium. Deze voorkeuren worden vertaald naar de schaal die in Tabel 2-3 weergegeven wordt.

De scores van de paarsgewijze vergelijkingen worden genormaliseerd per criterium in een matrix gezet. Hierdoor scoort elk alternatief per criterium tussen 0 en 1 waarbij de opgetelde scores van de alternatieven op 1 uit komen voor elke criteria. Vervolgens kunnen er gewichten aan de verschillende criteria toegewezen worden. Dit wordt gedaan door eenzelfde paarsgewijze vergelijking te maken zoals hiervoor beschreven is, enkel worden nu de criteria met elkaar vergeleken in plaats van de verschillende alternatieven. Ook de wegingen van criteria worden genormaliseerd nadat de belangrijkheid aangegeven is aan de hand van de schaal die in Tabel 2-3 weergegeven wordt. Tot slot worden de scores van alternatieven per criterium vermenigvuldigd met de weging van dit criterium en opgeteld tot een eindscore. Hierbij geldt dat het alternatief met de hoogste eindscore, de voorkeur geniet boven anderen.

Zoals hierboven beschreven, kent de Analytical Hierarchy Process methode de mogelijkheid tot het controleren van de consistentie van ingevoerde gegevens. Door de ingebouwde redundantie, waarbij alle mogelijke paarsgewijze vergelijkingen voor zowel criteria als alternatieven worden uitgevoerd, kan er worden afgeleid wanneer er inconsistenties in de gegevens zijn. Wanneer alternatief A beter scoort bij een criterium dan alternatief B en alternatief B weer beter scoort dan alternatief C, behoort alternatief A ook beter te scoren dan alternatief C.

Intensity of weight	Definition	Explanation
1	Equal importance	Two criteria contribute equally to objectives
3	Weak/moderate importance of one over another	Experience and judgment slightly favor one criteria over another
5	Essential or strong importance	Experience and judgment strongly favor one criteria over another
7	Demonstrated importance	A criteria is strongly favored and its dominance is demonstrated in practice.
9	Absolute importance	The evidence favoring one criteria over another is of the highest possible order of affirmation
2, 4, 6, 8	Intermediate values between the two adjacent judgments	When compromise is needed
Reciprocals of above nonzero	If activity i has one of the above nonzero numbers assigned to it when compared with activity j, then j has the reciprocal value when compared with i	

Tabel 2-3: Schaal voor scores (Saaty, 1977)

Saaty heeft bewezen dat voor een perfect consistente matrix de grootste eigenwaarde gelijk is aan de grootte van de bijbehorende matrix (Saaty, 1977). Het is echter niet wenselijk is om per definitie perfecte consistentie te hebben omdat de methode werkt met menselijke inschatting van scores. Daarom is de Consistency Index ontwikkeld, berekend door $CI = (\lambda_{max} - n)/(n - 1)$ waarbij λ_{max} de maximale eigenwaarde is en n de grootte van de matrix. Deze Consistency Index mag niet groter zijn dan tien procent van een Consistency Index die hoort bij een random gegenereerde matrix met dezelfde afmetingen en schaal van scores. De waarden van de Consistency Index horende bij de random gegenereerde matrix zijn terug te vinden in Tabel 2-4.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Average random index	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Tabel 2-4: Random Consistency Index (Saaty, Vargas, & Dellmann, 2003)

2.8. TOEPASSING THEORIE

De theorieën die in dit hoofdstuk beschreven zijn, zullen worden gebruikt in het onderzoek naar een efficiëntere assemblage van producten voor Bedrijf. De literatuur in dit theoretisch kader is echter zeer breed van aard en daarom zullen sommige theorieën slechts ten dele gebruikt gaan worden. Er volgt hieronder een omschrijving van de gebruikte theorieën om een beter beeld te krijgen van de toepassing van deze methoden en concepten.

Uit de aanleiding van het onderzoek is af te leiden dat Bedrijf speelt met het idee om de assemblage eventueel in eigen huis onder te brengen. Omdat de afweging van het intern laten uitvoeren van de assemblage door Bedrijf complex is, wordt er gebruik gemaakt van de literatuur omtrent insourcing. Uit de vragen die naar voren kwamen zal duidelijk worden of insourcing een verstandige overweging is. De beschreven indicatoren zullen worden gebruikt om de scenario's van interne en externe assemblage met elkaar te vergelijken, zodat er een onderbouwde afweging kan worden gemaakt.

Voor het analyseren of de huidige assemblage efficiënt functioneert, zullen de concepten van Lean Manufacturing een belangrijk onderdeel zijn. Hierbij zal er aan de hand van de verschillende type wastes gekeken worden waar er in het huidige proces verspillingen plaatsvinden. Bij het ontwerpen van de nieuwe inrichtingen van assemblage wordt er geprobeerd om zoveel mogelijk van deze verspillingen tegen te gaan.

Om meer inzicht te krijgen in de verspillingen en inefficiënties die mogelijk plaatsvinden in de huidige situatie, wordt er aandacht besteed aan het klantorderontkoppelpunt en de logistieke aanvoer. Het concept klantorderontkoppelpunt laat zien of de klantorder ver genoeg of te ver in het productieproces doordringt. Daarbij wordt gekeken of de gebruikte productiemethode, op voorraad of op klantorder produceren, in overeenstemming is met het klantorderontkoppelpunt. Aansluitend hierop kan worden onderzocht of de juiste productieplanningsmethode wordt toegepast. Hiervoor zal eerst beschreven worden welke productieplanningsmethode Bedrijf hanteert waarna onderzocht wordt of dit past bij de gewenste productiemethode. De theorieën rondom de push- en pullsystemen zullen echter worden beperkt tot de aanvoer van onderdelen van de assemblage en niet worden uitgewerkt voor de eerste productiestappen van het maken van producten.

Wanneer de verspillingen in kaart zijn gebracht kan een nieuwe inrichting voor de assemblage worden ontworpen. Hierbij zal voor de lay-out van de nieuwe situatie de verspillingen die bevonden zijn zoveel mogelijk tegen worden gegaan. Door middel van Systematic Layout Planning kan er op een gestructureerde wijze een layout voor assemblage worden ontworpen. Fase 1 en 4 zullen niet terug komen omdat ze niet relevant zijn voor het onderzoek. Voor de rest zal het stappenplan van Systematic Layout Planning gevolgd worden. Voor het type lay-out zal eerst duidelijk moeten worden welk productieprocesstype de assemblage van producten typeert.

Om de gevonden nieuwe inrichtingen van de assemblage van producten met elkaar te kunnen vergelijken worden de kosten en opbrengsten in een Net Present Value model samengevoegd. Hieruit zal blijken welk alternatief financieel het meest oplevert in de komende jaren. Om de vergelijking tussen interne en externe assemblage-alternatieven compleet te maken zullen ook niet-financiële redenen worden meegenomen. Hiertoe zullen onder andere de bij Insourcing genoemde indicatoren worden meegenomen in een multicriteria-analyse. Met de uitvoering van de multicriteria-analyse kan er een antwoord worden gegeven op de gestelde onderzoeksvraag van dit onderzoek.

3. HUIDIGE SITUATIE

3.1. PRODUCTEN

Bedrijf ontwikkelt en produceert een complete range standaard producten in eigen beheer. Hierbij is Productnaam 1 een eigen productnaam producten, gericht op hoge kwaliteit en industrieel gebruik. De Productnaam 2 range richt zich meer op een lagere prijs. Daarnaast worden er zowel dealer specifieke producten als specials geleverd. Alle verschillende varianten producten die worden meegenomen in dit onderzoek zijn terug te vinden in Tabel B-1.

3.1.1. PRODUCTNAAM 1

De Productnaam 1 producten zijn onder te verdelen in type 1, type 2 en type 3. De Productnaam 1 type 1 zijn de krachtigste type producten die Bedrijf levert en zijn geschikt voor dagelijks industrieel gebruik. De type 2 van Productnaam 1 zijn ook gericht op hoge kwaliteit, maar zijn door het missen van een onderdeel minder krachtig. Een grafische weergave van een Productnaam 1 type 2 en een lijst van assemblageonderdelen zijn uitgewerkt in Appendix A. De type 3 producten zijn anders dan de producten. Doordat het productie- en assemblageproces van deze type 3 vergelijkbaar zijn met de andere producten, is ervoor gekozen om ook deze type 3 mee te nemen in het onderzoek.

3.1.2. PRODUCTNAAM 2

De Productnaam 2 producten zijn in 2013 geïntroduceerd en zijn gepositioneerd in het middensegment van de markt. Deze producten zijn afgewerkt met minder kostbare onderdelen. Producten van het merk Productnaam 2 zijn er in zowel type 2 als type 1 varianten waarbij de Productnaam 2 model en de Productnaam 2 model zo zijn ontworpen dat ze door een standaard binnendeur passen. De Productnaam 2 model was, tot de introductie van de productnaam 2 range, een Productnaam 1 model. Er was besloten dat dit type product qua prijs-kwaliteit beter in de Productnaam 2-serie valt.

3.1.3. DEALERSPECIFIEK

Voor het leveren van producten aan de dealers 1 en 2 is besloten om dealer specifieke veranderingen toe te staan. Hierdoor zijn de dealer 1- en dealer 2-varianten van producten ontstaan. Deze type producten zijn gebaseerd op de standaard Productnaam 1 met als verschil dat de kleur en bepaalde onderdelen anders zijn. Waarbij het voor het laatste voornamelijk gaat om stickers en onderdelen met logo en naam. Deze onderdelen worden door de dealers zelf aangeleverd.

3.1.4. SPECIAL

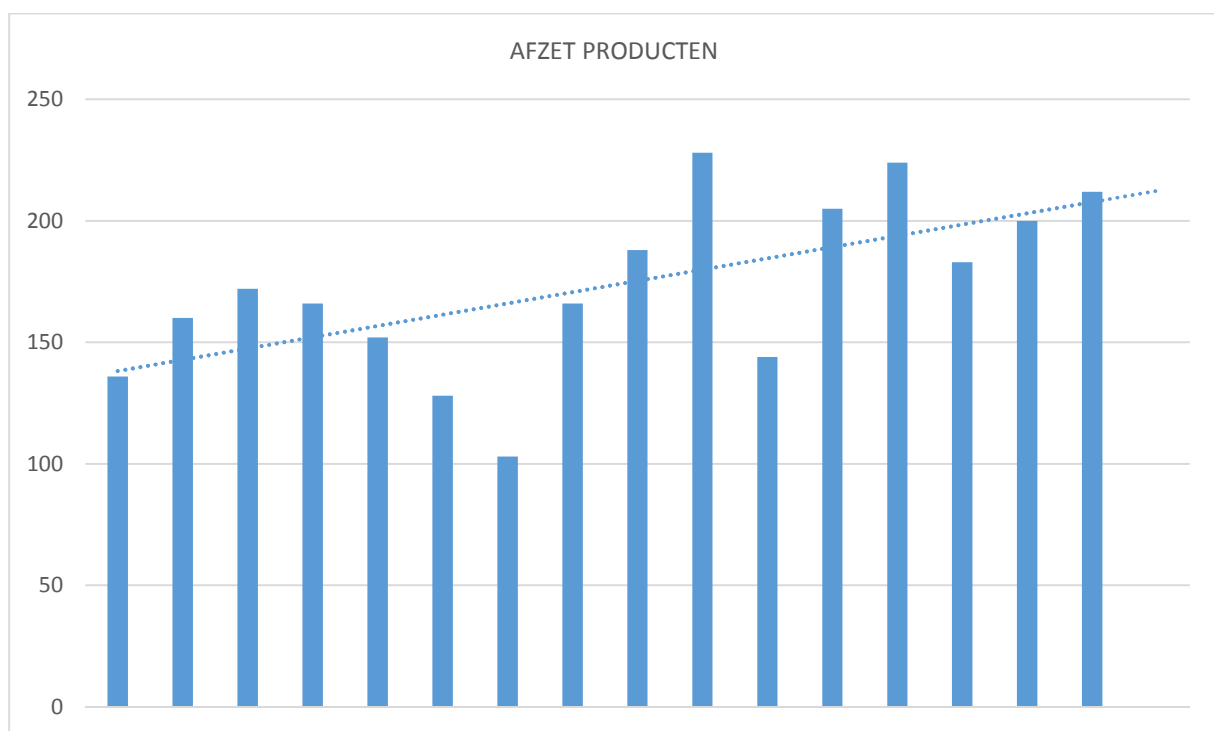
De specials zijn producten die afwijken van de standaardtypen. Er kan onderscheid gemaakt worden in twee type specials. Enerzijds zijn er specials die gebaseerd zijn op bestaande type producten, maar waar een aanpassing is gemaakt zoals een onderdeel. Anderzijds zijn er specials die volledig moeten worden herontwerpen vanwege te grote veranderingen.

3.2. MARKT

Bedrijf verkoopt producten aan klanten met name in Noord-, West- en Midden-Europa. Vanwege prijstechnische redenen is de vraag vanuit lageloonlanden tot dusver minimaal. Door de recente introductie van de goedkopere Productnaam 2-serie zou dit in de toekomst nog kunnen veranderen. Bedrijf levert nationaal rechtstreeks aan de eindgebruiker en internationaal voornamelijk aan dealers. Het precieze aantal verkochte producten per type is terug te vinden in Tabel B-1.

De orders die Bedrijf van haar klanten krijgt, bestaan voornamelijk uit één of enkele producten. De uitzondering hierop zijn de dealers 1 uit Duitsland en 2 uit Zweden, die met regelmaat vijf tot tien producten bestellen. Producten gaan met goed onderhoud vaak 20 jaar of langer mee, waarbij ze ook nog vaak worden gereviseerd voor een langere levensduur. Hierdoor zijn er maar weinig vervangingsorders.

Zoals beschreven in de voorgaande paragraaf is sinds 2013 de goedkopere Productnaam 2-serie producten geïntroduceerd. Met deze serie kunnen klanten worden bereikt waarvoor de Productnaam 1-serie te duur is. Bovendien passen de Productnaam 2 model en de Productnaam 2 model variant door een standaard binnendeur, waardoor eventuele sloopkosten voor de klant kunnen worden tegengegaan. Deze introductie van de Productnaam 2-serie zou dus gezien kunnen worden als marktpenetratie doormiddel van het verbreden van de markt (Ansoff, 1957).



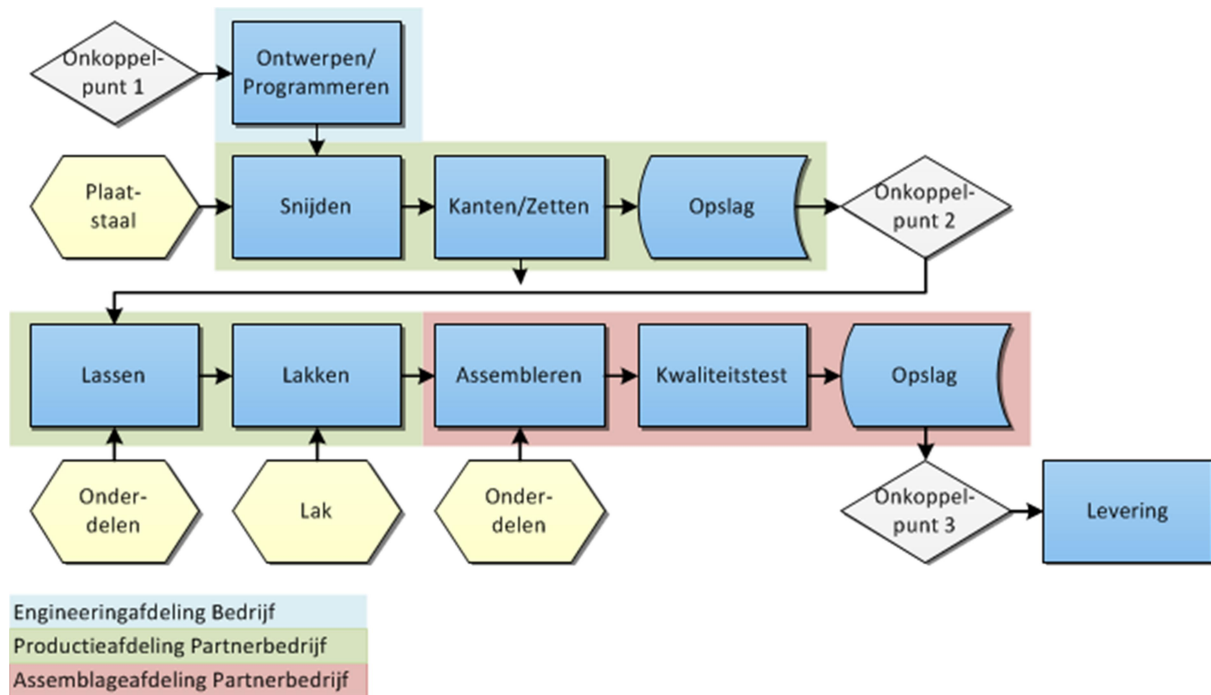
Figuur 3-1: Afzet producten inclusief trendlijn

De verwachting is dat de verkoop van de Productnaam 1-type producten komende jaren ongeveer gelijk blijven. De Productnaam 2-serie zal naar verwachting over de jaren heen gaan groeien omdat deze serie pas recentelijk is geïntroduceerd. Er is te zien in Figuur 3-1 dat het aantal verkochte producten per jaar flink kan verschillen. Toch lijkt de trendlijn een redelijke schatting te zijn voor de toekomstige vraag. Deze trendlijn geeft een stijging weer van ongeveer 4,6 producten per jaar.

3.3. PRODUCTIEPROCES

Om een beter beeld te krijgen van de assemblage van producten worden eerst de verschillende productiestappen in kaart gebracht. Vervolgens worden de productiegrootte en Lead time uitgewerkt. De verschillende type producten doorlopen, met enkele uitzonderingen na, op dezelfde manier het productieproces. Het proces is grafisch weergegeven in Figuur 3-2.

3.3.1. PRODUCTIESTAPPEN



Figuur 3-2: Productieproces producten

ONTWERPEN/PROGRAMMEREN

Het proces begint bij het ontwerpen en programmeren van een product. Dit proces wordt uitgevoerd door de engineering afdeling van Bedrijf. Voor standaardtype producten zijn de tekeningen met maten en de stuklijsten reeds gemaakt waardoor deze stap nagenoeg vervalt. Voor de specials moet er echter wel nieuwe ontwerpen komen. Deze specials worden alleen gemaakt op aanvraag van de klant, ontkoppelpunt 1, waardoor dit engineer-to-order producten zijn.

SNIJDEN

Als het ontwerp van de product bekend is, wordt de productie gestart bij partnerbedrijf. De eerste metaalbewerkingsstap is het snijden van plaatstaal. Hierbij gaat het om plaatstaal voor de behuizing van de product en halffabricaten. Partnerbedrijf zorgt voor de aanlevering van het plaatstaal. De uitzondering op deze stap is het snijden van plaatstaal voor de model variant. Omdat het formaat van plaatstaal te groot is voor partnerbedrijf om te snijden, wordt dit elders uitgevoerd.

KANTEN/ZETTEN & VOORRAAD

Na het snijden van het plaatstaal, kunnen de platen gekant en gezet worden zodat de juiste vormen worden bereikt. Om kosten te besparen en flexibiliteit te vergroten wordt, voor bepaalde type producten, het productieproces gestart met een grotere batch van producten dan dat deze worden afgemonteerd. De

batchgroottes van productie per type product zijn terug te vinden in Tabel 3-1. De dealerspecifieke producten differentiëren zich van de standaard Productnaam 1 producten pas na het productiestap waar ook de klantontkoppeling voor deze dealerspecifieke producten plaatsvindt. Na het productiestap worden voor deze type producten de metalen onderdelen ter plekke opgeslagen.

LASSEN

Bij het lasproces krijgen de producten en bijbehorende halffabricaten volume. Bij het lasproces worden een aantal onderdelen bevestigd die niet door Partnerbedrijf gemaakt worden. Bedrijf is verantwoordelijk voor de aanlevering van deze onderdelen.

LAKKEN

Het lakproces zorgt ervoor dat de producten de juiste kleur krijgen. De kleursamenstelling is afhankelijk van het merk product. De klantspecifieke producten van dealer 1 en dealer 2 hebben een andere kleur dan de standaard model product waarop deze is gebaseerd. Partnerbedrijf zorgt voor de aanlevering van de benodigde lak.

ASSEMBLEREN

Na het lakken worden de producten en halffabricaten verplaatst van de productiehal naar de assemblagehal die op hetzelfde terrein van Partnerbedrijf bevindt. Bij de assemblage worden de halffabricaten en de assemblage-onderdelen in de product gemonteerd. Bedrijf zorgt voor de aanlevering van de assemblage-onderdelen. Een overzicht van deze assemblage-onderdelen voor een type 2 product is te vinden in Tabel A-1. Een verdere uitwerking van de assemblage wordt later in dit hoofdstuk gegeven.

KWALITEITSTEST & VOORRAAD

Wanneer de assemblage voltooid is, kunnen de afgemonteerde producten getest worden op functioneren. Deze tests worden voor standaardproducten normaliter afgenomen door Partnerbedrijf. Bij specials gaan er mensen van de engineering afdeling van Bedrijf naar Partnerbedrijf toe om deze producten te testen. Als de producten zijn goedgekeurd worden ze afhankelijk van de lopende orders op voorraad geplaatst of naar de klant verstuurd. Wanneer producten niet door de test heen komen, in minder dan 5% van de gevallen, worden deze gerepareerd en verder getest. Bedrijf verkoopt de gangbare type producten in principe uit voorraad, waardoor het klantorderontkoppelpunt zich kenmerkt als make-to-stock. Het voorraadniveau heeft als richtlijn vijf per type product met uitzondering van de grootste varianten. Het werkelijke voorraadniveau verschilt hiervan doordat er vaak in grotere batches wordt geproduceerd en bij verkoop het enkele weken kan duren voordat de voorraad weer bijgevuld is.

LEVERING

De levering van producten naar de klant wordt door Bedrijf geregeld. Hierbij kan de product per vrachtwagen afgeleverd worden naar de klant of opgehaald worden door de klant. Partnerbedrijf zorgt ervoor dat de producten in vrachtwagens worden geladen.

3.3.2. PRODUCTIEGROOTTE

Zoals eerder werd beschreven wordt, om kosten te besparen en flexibiliteit te vergroten, het productieproces voor bepaalde types gestart met een grotere batch van producten dan dat deze worden afgemonteerd zoals te zien in Tabel 3-1. De type 1 en type 2 van Productnaam 2 zijn voor de varianten model en model, met uitzondering van een onderdeel, gelijk aan elkaar. Hierdoor kan in een laat stadium nog besloten worden welke variant deze wordt. De dealerspecifieke varianten producten zijn tot aan het productiestap gelijk aan de

Productnaam 1 producten waar deze op zijn gebaseerd zodat er dan pas wordt besloten hoeveel dealerspecifieke en standaard producten worden geproduceerd.

Omschrijving	Productiegrootte tot het lassen	Productiegrootte vanaf het lassen
Model	30	15
Model	10 of 20	10 of 20
Model	10 of 20	10 of 20
Model	5	5
Model	30	10
Model	30	10
Model	5	5
Model	30	10
Model	20	10
Model	5	1
Model	5	1
Special	Klantspecifiek	Klantspecifiek

Tabel 3-1: Productiegrootte producten

3.3.3. LEAD TIME

De levertijden voor de producten zijn afhankelijk van waar het te leveren product zich in het productieproces plaatsvindt. In Tabel 3-2 is te zien wat de levertijden van producten zijn waarbij het ontkoppelpunt terug te vinden is in Figuur 3-2.

Ontkoppelpunt	Levertijd vanaf productiestap
1	6 tot 8 weken
2	2 weken
3	1 tot 2 dagen

Tabel 3-2: Levertijd producten

3.4. ASSEMBLAGE

De beschrijving van de assemblage is het laatste onderdeel dat antwoord geeft op de deelvraag over hoe de huidige situatie eruit ziet. De verschillende karakteristieken van de assemblage worden hier uitgelegd.

3.4.1. ASSEMBLAGEPROCES

Het assemblageproces van producten bestaat uit het monteren van onderdelen aan alle zijden van de product. Hierdoor kan het proces grotendeels parallel worden uitgevoerd. Bepaalde assemblagestappen worden echter bij voorkeur voor andere stappen uitgevoerd om ervoor te zorgen dat er genoeg werkruimte in de product overblijft. Zo wordt de onderdeel bijvoorbeeld vaak pas geplaatst nadat de kabels van de onderdeel erachter zijn gemonteerd.

Het assemblageproces van een standaard product is weergegeven in Figuur 3-3. Er is te zien dat bepaalde onderdelen en halffabricaten bewerkt moeten worden voordat ze in de product kunnen worden gemonteerd. Op de onderdeel moet een hendel gelast worden voordat deze in de product geplaatst wordt. In de halffabricaat worden draden, lampen en meters gemonteerd op de werktafel en onderdeel geplaatst op de product voordat de halffabricaat op de product geplaatst zal worden. De halffabricaat, halffabricaat en halffabricaat worden op dezelfde lange werktafel bewerkt voordat ze gemonteerd kunnen worden in de product. De halffabricaat worden op een andere werkbank bewerkt. De subassemblage van de halffabricaat wordt op dezelfde plek waar deze wordt opgeslagen, uitgevoerd aangezien deze halffabricaat zwaar en onhandelbaar is. De overige assemblage-onderdelen zoals bijvoorbeeld onderdeel worden rechtstreeks op de product gemonteerd.



Figuur 3-3: Assemblageproces producten

De assemblage-uren met daarbij horende jaarlijkse assemblagekosten zijn terug te vinden in Tabel 3-3 waarbij FTE staat voor een full time baan op basis van 220 werkdagen van 40 uur. Na overleg is besloten dat de assemblagekosten berekend worden op basis van €35,- per uur geleverde mankracht. Door het gebrek aan beschikbare informatie zijn de assemblagekosten van specials achterwege gelaten.

3.4.2. ONDERDELEN VOOR ASSEMBLAGE

De onderdelen die gebruikt worden voor de assemblage van producten verschillen per merk en model. Voor grotere producten worden sommige onderdelen met een grotere afmetingen geplaatst zoals bijvoorbeeld onderdeel en onderdeel. De type 1 producten hebben een ander werkingssysteem dan de type 2 producten en de onderdelen die dit systeem verzorgen zijn dan ook anders. De verschillen tussen de dealerspecifieke en standaard producten zijn beperkt tot een kleine hoeveelheid assemblage-onderdelen waar de dealernaam op staat. Het verschil tussen de Productnaam 1- en Productnaam 2-producten zit in de prijs en kwaliteit van onderdelen. Voor de Productnaam 2-producten zijn goedkopere onderdelen gebruikt om zo tot een lagere eindprijs te komen. De type 3 producten, Productnaam 1 model en model, verschillen in grote mate met de andere type producten qua onderdelen.

De assemblage-onderdelen van een type 2 product zijn te vinden in Tabel A-1 om een indruk te geven van de hoeveelheid verschillende assemblage-onderdelen die benodigd zijn.

Omschrijving	Assemblage-uren			
	Per type	2012	2013	2014
Model	11	0	187	462
Model	9	0	0	9
Model	11	0	44	33
Model	10	0	0	20
Model	12	0	24	12
Model	18	18	36	0
Model	18	0	18	36
Model	8	272	192	168
Model	8	8	0	0
Model	12	216	240	276
Model	12	168	264	348
Model	14	182	70	98
Model	16	240	304	288
Model	18	432	306	252
Model	20	40	120	80
Model	22	0	22	110
Model	11	264	165	0
Model	12	0	0	0
Model	14	0	0	0
Model	16	336	384	448
Model	18	126	216	144
Model	20	20	140	40
Model	22	22	0	0
Totaal (FTE)		2344 (1,30)	2732 (1,52)	2824 (1,57)
Assemblagekosten		€ 82.040,00	€ 95.620,00	€ 98.840,00

Tabel 3-3: Assemblagetijden en -kosten

3.4.3. ASSEMBLAGEHAL

De grafische weergave van de assemblagehal is te zien in Figuur C-1. De assemblagehal is een 822m² grote ruimte die op het terrein van Partnerbedrijf staat. In het midden is een betonnen vloer van 90m² gegoten waar de assemblage van producten plaatsvindt. De roldeur linksonder wordt gebruikt om de halffabricaten vanuit de productiehal af te leveren. De opslag van deze halffabricaten gebeurt voornamelijk op de grond aan de zuidkant van de betonnen vloer. De assemblage-onderdelen komen binnen door de roldeur aan de bovenkant. Daar worden ze tijdelijk als bulk opgeslagen totdat ze worden bijgevuld in de stellingen aan de rechterzijde van de hal.

De testlocatie van de afgemonteerde producten is aan de linkerkant gesitueerd dichtbij de compressor. Wanneer de producten getest zijn worden ze in maximaal 100m² opgeslagen rechtsboven en links in de hal. Voor aflevering worden de producten bij de roldeur aan de bovenkant ingeladen in vrachtwagens.

3.4.4. HULPMIDDELEN

Voor de assemblage van producten wordt gebruik gemaakt van de volgende hulpmiddelen:

- Heftruck voor het verplaatsen van producten.
- 2 palletwagens voor het verplaatsen van voorraad op pallet.
- Stapelaar voor het plaatsen van de halffabricaat in een product.
- 2 trappen voor het monteren van de halffabricaat.
- Tafel voor de subassemblages van halffabricaten waar ook kabels worden gesneden.
- Lasapparaat voor het monteren van hendels aan halffabricaten.
- Gereedschappen zoals boormachines, stanleymessen en dergelijke.

Om de producten te kunnen testen is er een aansluiting met zowel stroom, 230V en 400V, als een compressor nodig. Ter ondersteuning van het assemblageproces zijn er de volgende middelen aanwezig in de assemblagehal van Partnerbedrijf.

- 9 legbordstellingen met een lengte van ongeveer twee meter per stuk.
- Grootvakstelling voor de opslag van onderdeel, halffabricaten en overige.
- Werktafels voor de documentatie en afhandeling van binnenkomende en uitgaande leveringen
- Pallets voor het transport van producten
- Verpakkingsmateriaal voor het transport van producten
- 2 containers voor afval

3.4.5. VOORRAAD

De voorraden die aangehouden worden bij de assemblage-afdeling bij Partnerbedrijf zijn te onderscheiden in assemblage-onderdelen, halffabricaten, hulpmiddelen en afgemonteerde producten. De grafische weergave van deze opslag met oppervlaktes is te zien in Figuur C-1.

De assemblage-onderdelen worden bij levering aan Partnerbedrijf tijdelijk opgeslagen dichtbij de ingang aan de bovenkant. De onderdelen worden vervolgens in stellingen gelegd, aan de muur opgehangen of in dozen achter de afgemonteerde producten op de grond geplaatst. De Halffabricaten worden aan de onder- en rechterzijde van de assemblageplek neergelegd. Deze opslag is hiervoor niet gestructureerd en gebeurt op basis van waar er ruimte is. Het verpakkingsmateriaal wordt achter de afgemonteerde producten opgeslagen en de pallets staan naast de testlocatie. De afgemonteerde producten worden in eerste instantie rechtsboven in de assemblagehal opgeslagen en bij ruimtegebrek aan de linkerzijde van de assemblagehal. Tijdens het onderzoek waren er ook vijf producten aan de rechterzijde van de assemblagewerkplek opgeslagen.

3.4.6. PERSONEEL

Voor de assemblage van producten werken er twee mensen full time. Beide werknemers kunnen producten volledig in elkaar zetten maar alleen de voorman kan de gespecialiseerde elektronica aansluiten van de niet-standaard producten. De hele product kan, met uitzondering van het monteren van de halffabricaat en de halffabricaten van grotere producten, door één werknemer in elkaar gezet worden. Uit Tabel 3-3 blijkt dat er overcapaciteit is van mankracht en dit wordt opgelost door een persoon af en toe naar de productiehal te sturen voor ondersteuning. Hierbij staat FTE in de tabel voor het equivalent van een full time baan gebaseerd op een 40-urige werkweek met 45 werkweken per jaar.

4. ANALYSE

4.1. INSOURCING

Om een eerste indicatie te krijgen of het in eigen huis halen van de assemblage van producten voor Bedrijf een nuttig onderwerp is om te onderzoeken, wordt er gekeken of er reden is voor deze verticale integratie. Door de in hoofdstuk 2.1 omschreven factoren over in- en outsourcing toe te passen op de situatie bij Bedrijf kan er bepaald worden of er een ontwerp voor assemblage bij Bedrijf moet worden gemaakt.

De eerste factor kenmerkt zich als het strategische belang dat de assemblage van producten met zich meeneemt. Bedrijf wil het intern nemen van de assemblage laten onderzoeken vanwege mogelijke efficiëntieverbeteringen en kostenbesparingen. Er zijn verder geen strategische redenen genoemd om de assemblage van producten te in eigen huis te halen. Daarom is het voor deze factor irrelevant of de assemblage bij Partnerbedrijf of bij Bedrijf wordt uitgevoerd.

De aanwezige gespecialiseerde kennis voor de assemblage van producten vormt de tweede factor. Deze kennis kan gebruikt worden voor toekomstige product- en procesinnovatie (Slack et al., 2010). De monteurs bij Partnerbedrijf hebben kennis omtrent het monteren van producten die Bedrijf slechts ten dele bezit. Om deze reden zou de assemblage beter bij Partnerbedrijf uitgevoerd kunnen worden. Echter is deze gespecialiseerde kennis nuttig voor Bedrijf om de productinnovatie, voor bijvoorbeeld modularisatie en standaardisatie, te kunnen ondersteunen. Samen met het uitblijven van initiatief voor procesinnovatie vanuit Partnerbedrijf zijn dit redenen om de insourcing van assemblage van producten te onderzoeken.

De laatste twee factoren hebben betrekking tot de bedrijfsprestaties. Hierbij gaat het enerzijds om de huidige bedrijfsprestaties en anderzijds de verwachte verbeteringen in deze prestaties. Zoals beschreven in hoofdstuk 1.3 zijn deze factoren juist de aanleiding om eventuele insourcing van assemblage te overwegen. Alhoewel het lastig is om deze factoren kwantitatief met elkaar te vergelijken, mede omdat er nu geen assemblage van producten bij Bedrijf plaatsvindt, wordt het bij de samenwerking en werkbezoeken duidelijk dat het assemblageproces niet optimaal verloopt. Het gebrek aan automatisering, onduidelijkheid over stappen, procedures en assemblagetijden en het gebrek aan visie over de assemblage-inrichting bij Partnerbedrijf zijn duidelijke redenen waarom de assemblage bij Bedrijf mogelijk efficiënter kan verlopen. Doordat er vanuit Partnerbedrijf de afgelopen jaren geen initiatief komt om het assemblageproces efficiënter te laten verlopen, is de verwachting dat de bedrijfsprestaties van Partnerbedrijf omtrent de assemblage niet zullen verbeteren.

Uit de voorgaande factoren blijkt dat het intern uitvoeren van de assemblage voor producten bij Bedrijf een reële optie is en verder moet worden onderzocht. In het volgende hoofdstuk zullen de benodigdheden, eisen en wensen hiervoor uitgewerkt worden met een ontwerp van de assemblage bij Bedrijf als resultaat. In hoofdstuk 6 zal dit ontwerp vergeleken worden met de assemblage bij Partnerbedrijf.

4.2. LOGISTIEKE AANVOER

Om het assemblageproces efficiënt te kunnen laten verlopen, moet de aanvoer van onderdelen en halffabricaten afgestemd zijn op de assemblage. De aanleverhoeveelheden en aanlevertijdstippen bepalen of er een tekort of overschot aan voorraad van onderdelen aanwezig is. Een overschot van voorraad zorgt voor ruimteverspilling en overbodige kapitaalinvesteringen terwijl een tekort van voorraad voor verspillingen in het assemblageproces zorgt.

Aan de hand van de vraagverwachting, uitstaande orders en de voorraad afgemonteerde producten wordt er bij Bedrijf een productieschema opgesteld. Dit productieschema bepaald wanneer welke producten worden gemaakt en wordt met Partnerbedrijf gecommuniceerd. Voor de aanlevering van assemblage-onderdelen, waarvoor Bedrijf verantwoordelijk is, wordt op basis van de stuklijsten, horende bij het productieschema, en de

huidige voorraad bepaald hoeveel onderdelen er nodig zijn. Aan de hand van levertijden en –kosten kan worden bepaald hoeveel onderdelen er per keer moet worden besteld en wanneer het bestelproces in gang moet worden gezet. Aan de hand van deze productieplanning en aanlevermethode kan worden vastgesteld dat Bedrijf gebruik maakt van het push systeem Materials Requirements Planning. Alleen de veelgebruikte grijpvoorraden van standaardtype moeren, bouten en dergelijke worden niet van te voren ingepland. Deze worden aangevuld op basis van een voorraadscan, die door leveranciers bij Partnerbedrijf worden uitgevoerd.

In hoofdstuk 2.4 is beschreven dat Materials Requirements Planning geen rekening houdt met capaciteitsrestricties. Dit nadeel kan in de assemblage, met het huidige productieniveau, goed opgevangen worden omdat er voldoende overcapaciteit is van mankracht. Er zijn namelijk twee mensen fulltime voor de assemblage van producten beschikbaar terwijl de benodigde capaciteit hiervoor in de afgelopen drie jaar tussen de 1,30 en 1,57 FTE ligt zoals te zien in Tabel 3-3.

Een ander nadeel dat hoort bij Materials Requirements Planning en pushsystemen in het algemeen is dat er bij vertragingen, doordat bijvoorbeeld halffabricaten of onderdelen te laat worden aangeleverd, geen alternatieve productieschema's zijn waardoor het productie- of assemblageproces stil kan komen liggen. Uit een interview bij Partnerbedrijf kwam naar voren dat dit in ongeveer 20% van de te assembleren producten voorkomt. Hierbij werd aangegeven dat het gaat om zowel te laat geleverde halffabricaten, die geproduceerd worden in de productiehal bij Partnerbedrijf, als assemblage-onderdelen waar Bedrijf voor de levering verantwoordelijk is. Doordat de assemblagestappen voor een groot deel parallel uitgevoerd kunnen worden, kan er bij het ontbreken van bepaalde onderdelen vaak nog doorgedaan worden met de montage van overige onderdelen om tijdverlies tegen te gaan. Er kan ook in beperkte mate voorwerk gedaan worden voor een volgende batch te assembleren producten. Wanneer er onvoldoende werk over is voor twee personen in de assemblage-afdeling wordt er iemand naar de productiehal toegestuurd ter ondersteuning.

Met behulp van een ABC-voorraadklassering en een klassering op basis van vraagfrequentie van de assemblage-onderdelen kunnen de gewenste planningsmethodes worden bepaald, hetgeen uitgelegd wordt in hoofdstuk 2.4. Vanwege de grote hoeveelheid aan verschillende type assemblage-onderdelen is er in Tabel 4-1 enkel een kleine selectie van onderdelen gecategoriseerd om een beeld te vormen van de verschillende klassen. Doordat het aantal producten dat per jaar geproduceerd en geassembleerd wordt de afgelopen jaren rond de 200 ligt en er veel verschillende type producten zijn, zoals te zien in Tabel B-1, zijn alleen de veelgebruikte grijpvoorraden zoals bouten en moeren te classificeren als runners. Repeaters representeren de assemblage-onderdelen en halffabricaten die voor één of meerdere type producten, diegene in batches geproduceerd, worden gebruikt. Assemblage-onderdelen die alleen worden gebruikt voor individueel gemonteerde producten of specials zijn te categoriseren als strangers.

Class	Runners	Repeaters	Strangers
A	Geen	onderdelen	onderdelen
B	Geen	onderdelen	onderdelen
C	Bouten, moeren	onderdelen	onderdelen

Tabel 4-1: Categorisatie assemblage-onderdelen

Aangezien de waardevolle assemblage-onderdelen veelal verschillen per type product en dus niet constant benodigd zijn, met tussenliggende periodes van één of meerdere weken, volgt uit Tabel 2-1 dat de levering van deze onderdelen aan de hand van Materials Requirements Planning gerealiseerd dienen te worden. Dit is in overeenstemming met de huidige planningsmethode die Bedrijf voor de levering van deze kostbare onderdelen gebruikt. Daarom zal hiervoor geen verdere onderzoek en uitleg plaatsvinden. De goedkope assemblage-onderdelen, voornamelijk grijpvoorraden, kunnen het beste volgens een two-bin systeem worden gemanaged. Alleen de goedkope onderdelen waarvoor het niet waard is om voorraad aan te houden, doordat ze

bijvoorbeeld eenmalig voor een special worden gebruikt, kunnen aan de hand van Materials Requirements Planning worden gemanaged.

Zoals eerder beschreven zorgt de voorman vanuit Partnerbedrijf ervoor dat enkele veelgebruikte grijpvoorraden op peil blijven wanneer de desbetreffende leverancier langskomt. Het op peil houden van de voorraad van de overige assemblage-onderdelen is de verantwoordelijkheid van Bedrijf, waarbij de contactpersoon bij Bedrijf de voorraadcontrole en bestellingen verzorgt. De benodigdheden van de goedkope grijpvoorraden die de voorman niet regelt, worden verbaal doorgegeven aan de contactpersoon van Bedrijf tijdens de wekelijkse werkbezoeken bij Partnerbedrijf. Hierdoor moet de voorman van Partnerbedrijf de gewenste minimale hoeveelheid onderdelen kennen samen met de levertijden van deze onderdelen. Met een two-bin systeem is het duidelijker wanneer de voorraad van een onderdeel laag is zodat het opnieuw besteld moet worden. Doordat het leegraken van een bak met onderdelen voor een duidelijk signaal zorgt dat Bedrijf nieuwe onderdelen moet bestellen, hoeft er minder tijd en energie besteed te worden aan de voorraadcontrole van de grijpvoorraden. Als deze signalen digitaal verstuurd zouden worden van Partnerbedrijf naar Bedrijf zorgt dit enerzijds voor een kleinere kans dat een assemblage-onderdeel niet op voorraad is terwijl deze nodig is voor het assemblageproces en anderzijds voor minder benodigde tijd voor voorraadcontroles ter plekke of telefonische mededelingen dat de voorraad op is.

4.3. LAYOUTTYPE ASSEMBLAGE

Voordat er een layout kan worden ontworpen voor de assemblage van producten moet het duidelijk worden welk type layout gebruikt zal worden. Zoals in hoofdstuk 2.5 naar voren kwam, is het type layout vaak de fysieke vertaling van het productieproces. Daarom is het van belang om eerst het procestype voor de assemblage van producten te benoemen.

De procestypen van de assemblage kunnen worden bepaald aan de hand van de relatie tussen het volume en de variëteit van het proces. Ook de mate van doorstroom en de complexiteit van taken zijn belangrijk voor de typering van de processen. Voor de assemblage van producten zijn er verschillende procestypen te bepalen afhankelijk van de type product.

De specials zijn klantspecifieke producten waarvan de specificaties voor de klantontkoppeling niet bekend zijn. De productie en assemblage van deze specials gebeuren vaak per stuk en de vraag naar deze producten is zeer onregelmatig. Hierdoor is de assemblage van specials te benoemen als project process.

De grote type producten zoals de Productnaam 1 model en model worden in principe per stuk geassembleerd. Hierbij zijn de specificaties bekend voordat de klantorder is geplaatst. Door het lage volume van deze type producten zijn de processen als jobbing processes te classificeren.

In Tabel 3-1 is te zien dat de batchgroottes van de overige producten met maximaal 20 klein zijn. De batches worden gegroepeerd geassembleerd waarbij per batch de specificaties en tot op zekere hoogte het assemblageproces verschillen. Een type 3 product verschilt met de assemblage bijvoorbeeld veel van een standaard Productnaam 1 type 2 product, terwijl twee verschillende grootte type 2 producten van Productnaam 1 een vergelijkbaar proces volgen. Het assemblageproces van deze producten valt onder de batch processes.

Uit de bovenstaande omschrijving van processen kan worden afgeleid dat een fixed-position layout of een functional layout voor de assemblage van producten optimaal is. Door naast de volume en variëteit van processen ook te kijken naar de mogelijkheid en belangrijkheid van de goederenstroom door het proces, zoals te zien in Figuur 2-6, kan worden vastgesteld dat de assemblage van de product zelf een fixed-position layout nodig heeft. De producten zijn te zwaar en onhandelbaar om veelvuldig te verplaatsen. Door de grote hoeveelheid assemblage-onderdelen en assemblagestappen die nodig zijn voor de rechtstreekse montage in de

product is het inefficiënt om een functionele layout te gebruiken. De subassemblages van de overige halffabricaten kunnen daarentegen wel zodanig ingericht worden dat de benodigde assemblage-onderdelen, halffabricaten en werkplekken hiervoor bij elkaar liggen en functioneel ingedeeld zijn.

In de huidige assemblage van producten bij Partnerbedrijf wordt er gebruik gemaakt van een vaste positie voor het monteren van onderdelen in de producten. Dit gebeurt op een centrale plek in de assemblagehal. Dit is in overeenstemming met de hierboven beschreven gewenste layout. De uitvoering van subassemblages gebeuren op twee verschillende werktafels met uitzondering van de halffabricaat en het halffabricaat zoals uitgelegd in hoofdstuk 3.4. De werkplekken voor de subassemblages zijn niet functioneel ingericht waarbij de voorraden van halffabricaten en assemblage-onderdelen op afstand staan. Deze indeling zorgt voor inefficiënties doordat onderdelen, halffabricaten en mensen onnodig veel moeten bewegen.

In het volgende hoofdstuk worden de gevonden layouttypen zoveel mogelijk toegepast in nieuwe ontwerpen voor de assemblage van producten bij zowel Bedrijf als Partnerbedrijf.

4.4. VERSPILLINGEN

Aan de hand van de zeven verschillende type verspillingen die in hoofdstuk 2.3 beschreven zijn, wordt het huidige assemblageproces voor producten geanalyseerd. Alhoewel er in de voorgaande paragrafen al de verspillingen omtrent de logistieke aanvoer van assemblage-onderdelen en de gebruikte layout van assemblage zijn omschreven, wordt er in dit gedeelte gekeken naar de overige verspillingen die plaats vinden in de assemblageafdeling.

TRANSPORT

De assemblage-onderdelen worden in principe rechtstreeks van de leveranciers naar de assemblagehal bij Partnerbedrijf geleverd. De halffabricaten moeten vanuit de productiehal naar de assemblagehal worden getransporteerd. Wanneer de assemblage door Bedrijf intern genomen wordt, moeten de halffabricaten van de productiehal bij Partnerbedrijf per vrachtwagen vervoerd worden naar Bedrijf. Dit zorgt voor verspillingen in de vorm van extra vervoerskosten en levertijd waarbij er voor de klant geen waarde aan de producten worden toegevoegd. De afgemonteerde producten worden in de huidige situatie rechtstreeks vanuit Partnerbedrijf aan de klant geleverd waardoor er geen transport voor producten van Partnerbedrijf naar Bedrijf benodigd is.

VOORRAAD

De verspillingen omtrent de voorraad van assemblage-onderdelen zijn reeds besproken in hoofdstuk 4.2. Bedrijf houdt een gewenste voorraad van standaardtype producten aan van ongeveer vijf producten per type. Doordat deze type producten, vanwege prijstechnische redenen, veelal in batches van tien of meer worden geassembleerd, is de werkelijke voorraad afgemonteerde soms hoger dan de gewenste voorraad. Deze afgemonteerde producten zorgen voor een kapitaalinvestering waarbij de inkomsten op zich laat wachten.

BEWEGING

De huidige indeling van de assemblagehal veroorzaakt veel verspilling met betrekking tot beweging. Doordat de opgeslagen onderdelen en halffabricaten die benodigd zijn voor subassemblages niet bij elkaar liggen, moet er onnodig veel gelopen worden om deze te picken. In het volgende hoofdstuk worden alternatieve layouts gemaakt voor de assemblage van producten aan de hand van de Systematic Layout Planning methode waarbij activiteiten met sterke onderlinge relaties bij elkaar worden geplaatst. Hiermee worden de verspillingen in de vorm van onnodige beweging zoveel mogelijk tegengegaan.

WACHTTIJD

In hoofdstuk 4.2 kwam naar voren dat het gebruik van Materials Requirements Planning ervoor kan zorgen dat het productie- of assemblageproces stil kan komen liggen wanneer halffabricaten of onderdelen te laat worden aangeleverd doordat er geen alternatieve productieschema's zijn. Bij ongeveer 20% van de te monteren producten worden assemblagestappen uitgesteld omdat assemblage-onderdelen en halffabricaten niet op tijd aanwezig zijn. Dit veroorzaakt verspillingen in het assemblageproces. Doordat de assemblagestappen voor een groot deel parallel uitgevoerd kunnen worden, kan er bij het ontbreken van bepaalde onderdelen vaak nog doorgegaan worden met de montage van overige onderdelen om tijdverlies tegen te gaan. Er kan ook in beperkte mate voorwerk gedaan worden voor een volgende batch te assembleren producten.

OVERPROCESSING

Verspillingen met betrekking tot overprocessing komt voornamelijk door onduidelijke standaarden en specificaties. De meest voorkomende verspillingen komen rechtstreeks voort uit het productontwerp. De Productnaam 2 model en model varianten producten zijn tot in een laat stadium van de assemblage gelijk voor de type 2 en type 1. Aangezien deze Productnaam 2 producten in relatief grote batches worden geproduceerd, moet een beslissing worden gemaakt over het aantal producten dat een type 1 variant of een type 2 variant wordt. Wanneer de voorraad van een van deze varianten op is, worden er zo nodig producten omgebouwd van type 2 naar type 1 of andersom, hetgeen verspillingen veroorzaakt. De overige type producten kennen deze verspillingen niet omdat deze in grote mate van elkaar verschillen.

OVERPRODUCTIE

Zoals hiervoor besproken, worden er meer producten geproduceerd dan dat er direct nodig zijn. Om snelle levertijden te kunnen realiseren voor standaardtype producten, wordt er een voorraad van afgemonteerde producten aangehouden. Daarnaast zorgt het produceren van grotere batches producten voor een kostenbesparing ten behoeve van de productiekosten. Dit zorgt er echter voor dat er overproductie plaatsvindt. Deze verspillingen zijn het gevolg van de keuzes om in grotere aantallen te produceren en een gewenste voorraad te hebben.

DEFECTEN

Verspillingen met betrekking tot defecten zijn minimaal bij de assemblage van producten. Minder dan 5% van de producten komen niet door de kwaliteitstest heen waarbij de defecten zich voornamelijk voordoen in makkelijk verplaatsbare onderdelen.

5. ALTERNATIEVEN

5.1. ASSEMBLAGE-ONTWERP PARTNERBEDRIJF

De verbeterpunten, die in de analyse van het voorgaande hoofdstuk naar voren kwamen, worden zoveel mogelijk toegepast in een nieuwe layout voor de assemblage van producten bij Partnerbedrijf. Aangezien de globale layout van de verschillende afdelingen bij Partnerbedrijf vast ligt en niet aangepast kan worden zal de tweede fase van de Systematic Layout Planning methode overgeslagen worden. De Assemblage, het testen en de opslag van assemblage-onderdelen, halffabricaten en gemonteerde producten zal allemaal blijven in de huidige assemblagehal. De activiteiten van de assemblage-afdeling zal zo optimaal mogelijk worden ingericht door het uitvoeren van de derde fase van de Systematic Layout Planning te combineren met de behandelde literatuur die verspillingen zoveel mogelijk tegen gaan.

5.1.1. LAYOUT ASSEMBLAGE

Aangezien de locatie van de assemblage-afdeling bekend is, kan er een gedetailleerde layout gemaakt worden voor de assemblage-afdeling. Het ontwerpen van de assemblage-afdeling bij Bedrijf kan gezien worden als de derde fase in de Systematic Layout Planning methode waarbij de Systematic Layout Planning Pattern wordt gebruikt.

EISEN & WENSEN

De assemblage van producten moet samen met het testen en de opslag passen in de 822 m² grote assemblagehal bij Partnerbedrijf in plaats. Deze assemblagehal is terug te vinden in Figuur C-1. De roldeuren linksonder en bovenaan moeten goed bereikbaar zijn voor de aanlevering van halffabricaten en de aflevering van gemonteerde producten per heftruck. De deur naar de compressor en de nooduitgang aan de rechterzijde moeten per voet goed bereikbaar zijn. Doordat er slechts op één locatie aansluiting met de compressor mogelijk is, moet de plek voor het testen van de gemonteerde producten dichtbij de compressor plaatsvinden. De gangpaden tussen legbordstellingen, naar de compressor en naar de nooduitgang moeten een breedte hebben met als richtlijn 60cm (STL, 2012).

De minimale capaciteit producten die tegelijk moeten kunnen worden geassembleerd zijn terug te vinden Tabel 3-1. Hierbij wordt er uitgegaan dat deze productieaantallen optimaal zijn en vast staan wanneer er genoeg ruimte beschikbaar is. De minimaal benodigde werkruimte voor de achterkant van producten is 2 meter doordat de plaatsing van de halffabricaat deze ruimte nodig heeft. Aan de voorkant van de product is 1 meter werkruimte voldoende en de zijkanten zijn afhankelijk van de breedte van de halffabricaten omdat deze volledig open moeten kunnen. De producten worden bij voorkeur zoveel mogelijk op de betonnen plaat gemonteerd aangezien deze plaat vlak en recht is in tegenstelling tot de vloer eromheen.

De wens bestaat dat er meer logica komt in de opslag van halffabricaten en subassemblage-onderdelen ten opzichte van de werkplek voor subassemblages, hetgeen in overeenstemming is met de tweede stap van de Systematic Layout Planning Pattern waarbij de verschillende activiteiten aan de hand van de onderlinge relaties zoveel mogelijk bij elkaar worden geplaatst.

ACTIVITEITEN & RELATIES

Als er gekeken wordt naar de gehele assemblage-afdeling kunnen er vijf verschillende hoofdactiviteiten worden omschreven. Dit betreft de opslag van halffabricaten en assemblage-onderdelen, de subassemblages van halffabricaten, de assemblage van producten, het testen van de producten en de opslag van de afgemonteerde producten.

Uit hoofdstuk 4.3 kwam naar voren dat de gewenste layouttype voor de assemblage van producten het fixed-position principe volgt. Aangezien het verplaatsen van producten niet gewenst is in zeer kleine variabele assemblages van lastig te verplaatsen producten, moeten de activiteiten, middelen en voorraden die te maken hebben met de assemblage dichtbij de assemblagewerkplek geplaatst worden. Tevens kwam in hoofdstuk 4.3 naar voren dat de subassemblages zo functioneel mogelijk moeten worden ingericht waarbij de halffabricaten, assemblage-onderdelen en werkplekken, die per subassemblage nodig zijn, zo dicht mogelijk bij elkaar geplaatst worden. Doordat het assemblageproces zich voornamelijk kenmerkt als het recht toe recht aan monteren van onderdelen en subassemblages in de producten, is het van belang dat de werkplekken voor subassemblages en de opslag van assemblage-onderdelen dichtbij de werklocatie voor producten is gesitueerd. Een overzicht van het assemblageproces met bijbehorende subassemblagestappen is te zien in Figuur 3-3.

De halffabricaten worden vanuit de productiehal aangeleverd en komen door de roldeur linksonder van de assemblagehal binnen. De overige assemblage-onderdelen komen in principe binnen door de deur aan de bovenzijde. Het testen gebeurt nadat de producten zijn geassembleerd en het is dus van belang dat de opslag van voorraden en de werkplekken voor subassemblages zo min mogelijk in de weg staan voor de verplaatsing van de producten. Na het testen worden de producten in de opslag geplaatst. De producten worden bij de aflevering door de roldeur linksboven in vrachtwagens geladen.

BENODIGDE RUIMTES

Op de bestaande betonnen vloer die als werkplek wordt gebruikt voor de assemblage van producten, is er precies genoeg ruimte om 20 Productnaam 2 model of model tegelijk te assembleren. Daarom zal het huidige formaat van 6 bij 15 meter, oftewel 90 m^2 , worden aangehouden. Voor deze hoeveelheid zal er 2 meter aan alle zijden vrijgehouden moeten worden wanneer de producten met de achterzijde naar buiten zijn geplaatst en 1 meter wanneer de voorkanten naar buiten zijn geplaatst. Deze ruimte kan ook gebruikt worden als doorgang omdat er niet constant aan alle zijden van de producten gewerkt wordt.

Voor de opslag van de assemblage-onderdelen is ongeveer 16 meter aan 0,7 meter diepe legbordstellingen met meerdere opslagniveaus nodig. De huidige opslagruimte van ongeveer 80 tot 90 m^2 kan worden beperkt naar 60 m^2 wanneer er op een efficiëntere manier wordt opgeslagen. Voor het testen van producten is er ongeveer 20 m^2 nodig. Aangezien de gewenste voorraad van afgemonteerde producten niet aangepast wordt, is de benodigde ruimte voor opslag ten minste 100 m^2 .

Voor een efficiënte subassemblage zijn er werktafels benodigd waar minimaal vijf halffabricaten van hetzelfde type tegelijk kunnen worden bewerkt. Verschillende subassemblages kunnen eventueel op dezelfde werktafel worden uitgevoerd. Daarnaast is er ruimte nodig voor opslag van onderdelen die aan de muur gehangen worden, zoals onderdelen en onderdelen. Ook met voorraden die op de grond opgeslagen worden, zoals onderdelen, onderdelen, onderdelen en onderdelen, moet rekening gehouden worden.

ALTERNATIEVE OPLOSSING

De layout van de assemblagehal is grafisch weergegeven in Figuur 5-1. Voor de layout van de assemblagehal wordt gebruik gemaakt van een fixed layout voor de assemblage waarbij de assemblage-onderdelen, die rechtstreeks worden gemonteerd, en de werkplekken van subassemblages zo dicht mogelijk bij de producten worden geplaatst. De werkplek van de producten is ten opzichte van de huidige situatie onveranderd gebleven. De werktafel en onderdelen voor de subassemblages van halffabricaten, halffabricaten en halffabricaten zijn naar de onderzijde van de hal verplaatst zodat deze samen met de desbetreffende halffabricaten dicht bij elkaar zijn. De onderdelen, onderdelen, onderdelen en onderdelen zijn in de nieuwe layout dichtbij de werkplek van de producten geplaatst waarbij er geen obstakels in de weg staan voor rechtstreekse montage. De opslag van halffabricaten zijn naast het lasapparaat gezet waarbij er voldoende ruimte is voor het lassen. De halffabricaten worden aan de rechterzijde opgeslagen waarbij de werkplek en de stellingopslag van onderdelen

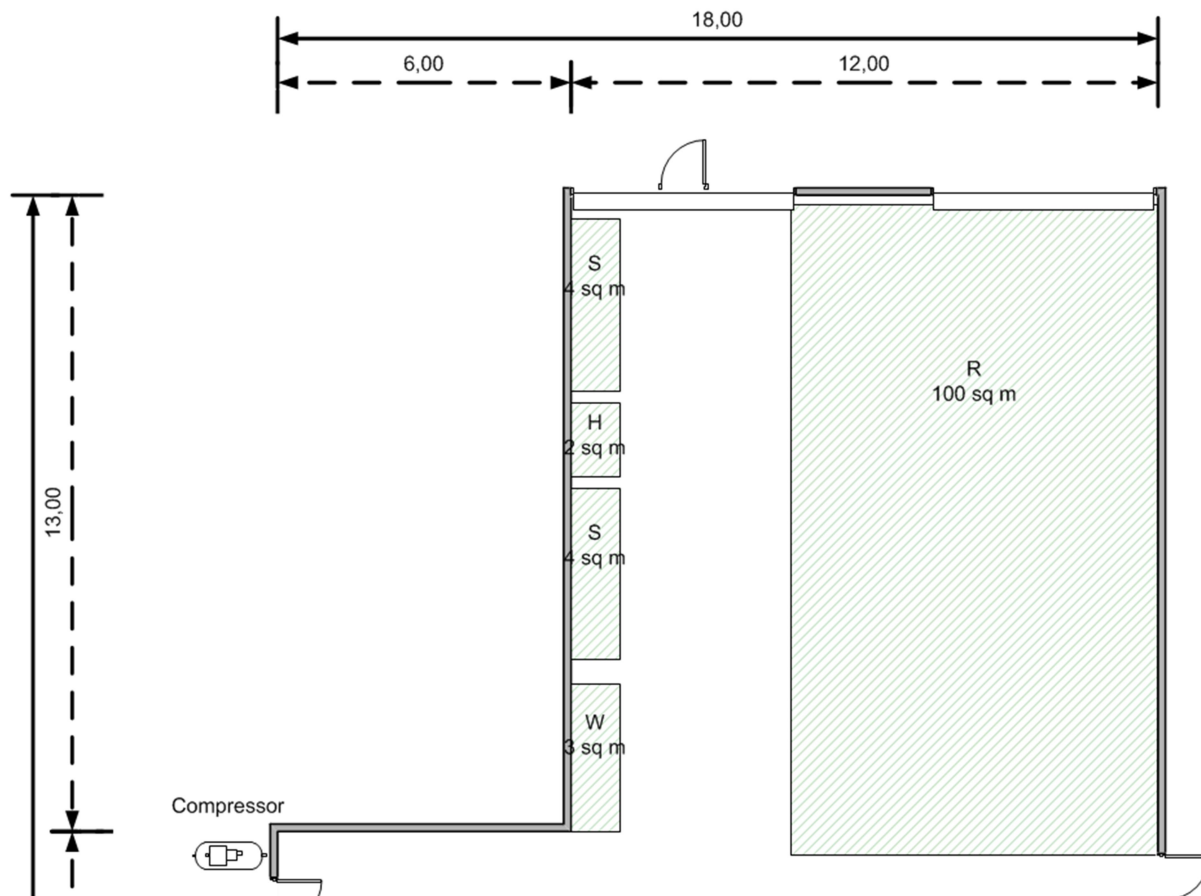
hiervoor dichtbij zit. De opslag van onderdelen, onderdelen en onderdelen zijn samen met een werktafel dicht bij elkaar geplaatst om de subassemblage van halffabricaten en halffabricaten efficiënt te laten verlopen. Er is voldoende doorgang om met een heftruck bij de opslag van halffabricaten en onderdelen te komen.

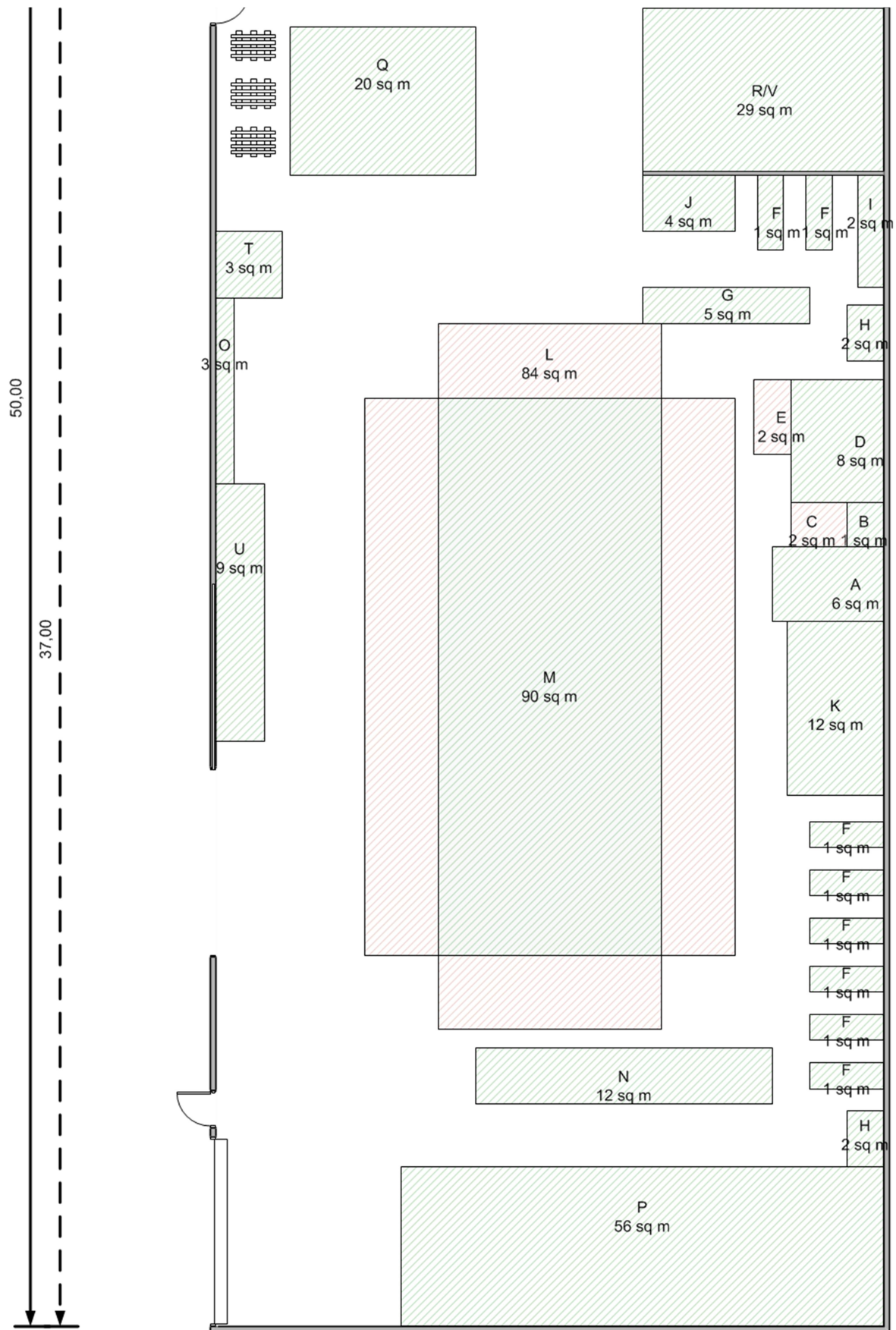
De testlocatie, pallets en verpakkingsmateriaal zijn in de nieuwe layout bij elkaar gezet. Bij de roldeur bovenaan is voldoende ruimte gecreëerd om binnengekomen bestellingen tijdelijk op te slaan. Bij deze opslag van binnengekomen bestellingen zijn net als bij beide werktafels, afvalcontainers geplaatst. Op deze manier wordt de afstand klein gehouden om afval weg te gooien.

	Huidige situatie	Alternatieve layout
Opslag halffabricaten	80 - 90 m ²	74 m ²
Afgemonteerde producten	100 - 110 m ²	100 - 129 m ²
Legbordstelling assemblage-onderdelen	17,5 m x 0,7 m	16 m x 0,7 m (+ 10% tot 20%)

Tabel 5-1: Opslagverschillen van alternatieven assemblage-afdeling Partnerbedrijf

Het verschil in opslag tussen de alternatieve en de huidige layout is weergegeven in Tabel 5-1. In de alternatieve layout voldoet de opslag van halffabricaten met 74 m² ruim aan de minimaal gestelde eis van 60 m². De opslagcapaciteit van afgemonteerde producten is in de nieuwe layout 100 m² waarbij tot 29 m² extra opslag kan worden behaald door de palletwagens en stapelaar compact of elders op te slaan. Uit de bezoeken aan de assemblagehal bij Partnerbedrijf kwam naar voren dat er per legbordstelling gemiddeld een half tot een hele extra plaat bruikbaar kan worden toegevoegd waardoor de opslagcapaciteit van legbordstellingen in de alternatieve layout met 10% - 20% toeneemt en dus tenminste gelijk is aan de huidige situatie.





Figuur 5-1: Alternatieve layout assemblagehal Partnerbedrijf

5.2. ASSEMBLAGE-ONTWERP BEDRIJF

Uit het voorgaande hoofdstuk kwam naar voren dat ook de mogelijkheden van assemblage van producten bij Bedrijf worden uitgewerkt. Daarvoor wordt er een nieuwe layout gemaakt voor zowel het magazijn van Bedrijf waar de assemblage gaat plaatsvinden als de assemblage-afdeling zelf. De financiële en niet-financiële gevolgen van de eventuele verplaatsing van de assemblage worden in het volgende hoofdstuk uitgewerkt. Een grafisch overzicht van de huidige magazijnindeling van Bedrijf is terug te vinden in Figuur D-1.

Het magazijn bestaat uit drie verschillende hallen. De bovenste hal richt zich op de opslag voor onderdelen en onderdelen. Hierin zijn vijf dubbele palletstellingen aanwezig voor de opslag van in totaal 480 europallets. Voor de muur, die de bovenste hallen splitsen, is de bulkvoorraad van onderdelen en onderdelen gerealiseerd als ook de opslag van schoonmaakmiddelen en brandstoffen. De ruimte in de linkerbovenhoek wordt gebruikt als rommelhok en flexplek. Hier vindt in de huidige situatie enerzijds de opslag van niet gebruikte middelen plaats en anderzijds de tijdelijke opslag van onderdelen.

De middelste hal wordt voornamelijk gebruikt voor de bulkopslag van onderdelen van materiaal, materiaal en materiaal. Daarnaast is er ook een stellingopslag en werkplaats voor de monteurs, een showmodel van een product, palletopslag, afvalopslag en tijdelijke opslag voor binnengekomen bestellingen en grote onderdelen voor producten.

In de onderste hal is de opslag van kleinere onderdelen en gereedschappen gerealiseerd. Hier zijn de middelen voor producten te vinden. Aangezien Bedrijf reserve-onderdelen voor producten rechtstreeks aan de klant levert worden in deze hal ook de reserve-onderdelen opgeslagen. De compressor die Bedrijf heeft is in een apart hok in de onderste hal geplaatst. De aansluitpunten op perslucht zijn niet beperkt tot de compressor zelf maar zijn bijvoorbeeld ook te vinden in de demoruimte.

Er is na overleg besloten dat zowel de bulkopslag als de assemblage niet in deze onderste hal zal worden uitgevoerd omdat de bezettingsgraad te hoog is en het niet gewenst is dat de opgeslagen gereedschappen en onderdelen in een dezelfde ruimte liggen als de onderdelen vanwege stof en gruis. Daarom wordt deze hal voor het ontwerp buiten beschouwing gelaten. Andere eisen en wensen worden hieronder besproken zodat daarna, met behulp van Systematic Layout Planning, een nieuwe layout voor zowel de magazijnindeling als de assemblage kan worden gemaakt. Aangezien de locatie vast staat en het ontwerp niet zal worden geïmplementeerd tijdens dit onderzoek, worden de eerste en de vierde fase van de Systematic Layout Planning methode overgeslagen.

5.2.1. LAYOUT MAGAZIJN

Het ontwerpen van het magazijn van Bedrijf, waarbij de assemblage vanuit Partnerbedrijf wordt overgebracht, kan gezien worden als de tweede fase in de Systematic Layout Planning methode. Hierbij wordt de globale layout voor de verschillende afdelingen, bewerkingsgebieden en belangrijke doorgangen gedefinieerd. Om tot een layout te komen worden de activiteiten en onderlinge relaties in kaart gebracht waarna, met behulp van de gestelde eisen en wensen, de benodigde ruimte kan worden bepaald. Wanneer de benodigde ruimtes bekend zijn kunnen er aan de hand van praktische beperkingen verschillende alternatieven worden opgesteld. De verschillende alternatieven worden vervolgens met elkaar vergeleken zodat een keuze voor de layout van het magazijn voor Bedrijf kan worden gemaakt.

EISEN & WENSEN

De ruimte die benodigd is voor de assemblage, opslag en het testen van producten is niet direct beschikbaar in de huidige situatie bij Bedrijf zoals te zien in Figuur D-1. Wanneer er niet genoeg ruimte beschikbaar blijkt te zijn bij Bedrijf, is eventuele externe opslag een mogelijkheid. Omdat externe opslag extra kosten en inefficiëntie met zich mee brengt, is de wens dat deze externe opslag zo klein mogelijk wordt gehouden. Het op een externe locatie assembleren van producten is geen optie aangezien de assemblage in dat geval net zo goed bij Partnerbedrijf kan worden uitgevoerd.

Voor de nieuwe layout moet er genoeg ruimte overgehouden worden voor flexibiliteit van leveringen. Daarom moet er een voldoende grote flexplek blijven. De assemblage-afdeling moet afgeschermd kunnen worden van de rest van het magazijn om stof en gruis in de assemblage tegen te gaan. De rol- en schuifdeuren in het magazijn dienen tenminste even goed bereikbaar te zijn als in de huidige situatie.

De doorgangen moeten breed genoeg zijn zodat er met heftrucks gewerkt kan worden. Voor bulkopslag is een doorgang van 3 meter voldoende voor een normale heftruck om de bulk op te pakken. Voor het oppakken van palletopslag uit stellingen is de richtlijn 4 meter. Wanneer er gebruik gemaakt wordt van een smallegangheftruck, is een minimale gangpadbreedte van tussen de 1,5 en 1,7 meter benodigd. Met gebruik van 30 centimeter veiligheidsruimte wordt er een gangpadbreedte van 2 meter aangehouden (STL, 2012). Wanneer de mogelijkheid bestaat, is de wens aanwezig dat de doorgangen zo worden ingedeeld dat er geen doodlopende paden ontstaan.

ACTIVITEITEN & RELATIES

De activiteiten die plaatsvinden in het magazijn van Bedrijf zijn beperkt en in grote mate onafhankelijk van elkaar. Daarom zal er enkel een korte beschrijving volgen van de belangrijkste activiteiten en relaties.

Het grootste gedeelte van het magazijn houdt zich bezig met de opslag en verzenden van voorraden. Deze voorraden liggen enkel per producttype bij elkaar maar hebben onderling geen relatie. De product die dient als showmodel heeft geen relatie met de overige activiteiten in het magazijn van Bedrijf. De monteurs maken gebruik van zowel de stellingopslag, die speciaal voor de monteurs ingericht is, als de werkplaats. Wanneer er in de werkplaats wordt gewerkt is het handig dat de benodigde onderdelen dichtbij zijn geplaatst. De assemblage, het testen en de opslag van producten zijn dus de meest gerelateerde activiteiten die in de nieuwe layout plaats gaan vinden. Het is dus van belang dat deze activiteiten dicht bij elkaar gesitueerd zijn.

BENODIGDE RUIMTES

Zoals hiervoor beschreven is er niet direct voldoende ruimte beschikbaar bij Bedrijf voor het intern nemen van de assemblage voor producten. De ruimte die de assemblage, opslag en het testen van producten nodig hebben worden gehaald uit het efficiënter inrichten van het magazijn, een hogere bezettingsgraad aanhouden, het verminderen van de rommelhoek en flexplek en het eventuele gebruik van externe opslag. Om de benodigde ruimte te bepalen voor de assemblage van producten, wordt er gekeken naar de benodigde ruimte die gevonden is in de derde fase van de Systematic Layout Planning methode. Zoals beschreven in hoofdstuk 2.5 overlappen de fasen elkaar en bij het bepalen van de benodigde ruimte voor assemblage vindt er dus een wisselwerking plaats tussen de tweede en derde fase.

In Figuur F-3 is te zien dat de minimale benodigde ruimte voor de assemblage van producten ongeveer 264 m² bedraagt. Aangezien de gewenste voorraad van afgemonteerde producten niet aangepast wordt, is de benodigde ruimte voor opslag 100 m². Voor het testen wordt er rekening gehouden met 20 m² en voor het zorgen van voldoende doorgang en het vrijhouden van deuren wordt er ongeveer 50 m² gereserveerd. Het totaal komt uit op minimaal 434 m² voor de assemblage-afdeling.

Na overleg met Bedrijf is er besloten om een hogere bezettingsgraad te gebruiken van bestaande pallet- en bulkopslag zodat er 50 m² wordt bespaard. Zoals hierboven besproken moet er voldoende ruimte beschikbaar zijn voor een flexplek om tijdelijk voorraad op te slaan in het geval er een clustering van grote aanleveringen plaatsvindt. Er is besloten hier ongeveer 100 m² voor vrij te houden, wat een besparing van 40 m² inhoudt met de huidige situatie. De doorgangen moeten een minimale breedte hebben zoals in de eisen en wensen staat vermeld.

ALTERNATIEVE OPLOSSINGEN

Aangezien de assemblage-afdeling een significant gedeelte van het totale magazijn zal beslaan, zijn de mogelijke locaties hiervoor beperkt tot de linker zijde van de bovenste hal. Andere locaties verstoren de overige activiteiten in te grote mate. Voor de layout van het magazijn zijn er twee alternatieven opgesteld die voldoen aan de eisen en wensen voor Bedrijf. De layout voor beide alternatieven zijn terug te vinden in Figuur E-1 en Figuur E-2.

Beide alternatieven hebben een assemblage-afdeling die afgeschermd is van de rest van het magazijn om stof en gruis tegen te houden. De assemblage-afdeling is te bereiken door de bestaande deur naar buiten en zal gebruikt worden voor het laden en lossen van binnenkomende en uitgaande leveringen. Aan de andere zijde wordt een deur gemaakt om interne leveringen mogelijk te maken. De palletstellingen zijn in beide alternatieven dicht bij elkaar gezet waardoor een smallegangenheftruck nodig is. Een palletstelling wordt toegevoegd en geplaatst tegen de afscheiding van de assemblage-afdeling.

Alternatief 2 heeft een doorgang vanaf de afscheiding van de assemblage-afdeling naar de middelste hal, waardoor er een doorgang in een bestaande muur gemaakt moet worden. Alternatief 1 heeft deze doorgang niet waardoor er meer plek is voor flexibele opslag en bulkopslag van producten en producten. Hierdoor is er voor de alternatief met een tweede doorgang tussen de twee hallen meer externe opslagruimte benodigd. De belangrijkste kenmerken en beschikbare opslagruimtes zijn in Tabel 5-2 weergegeven.

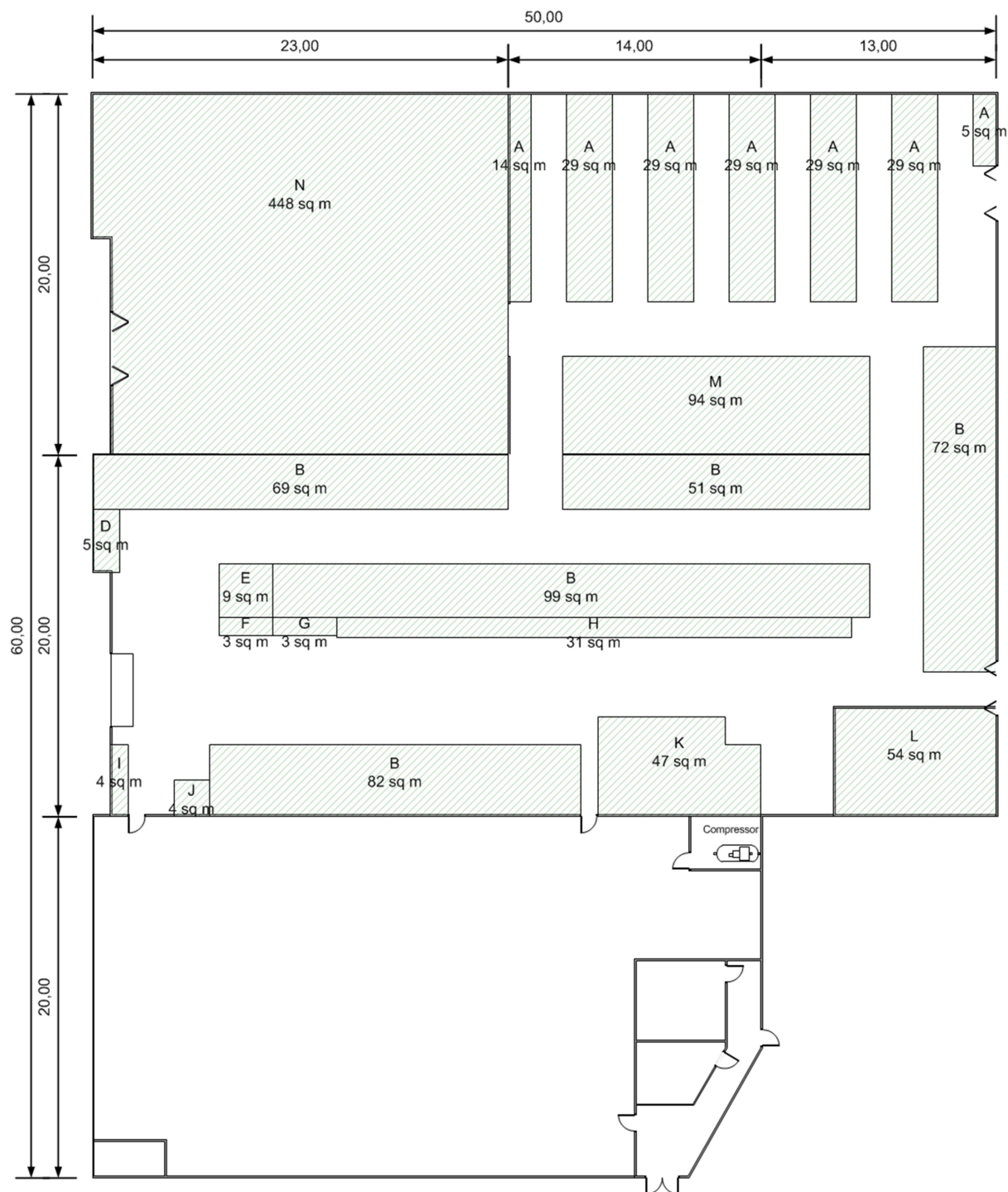
	Huidige situatie	Alternatief 1	Alternatief 2
Assemblage-afdeling	Niet van toepassing	448 m ²	448 m ²
Palletopslag	480 europallets (461 m ²)	528 europallets (507 m ²)	528 europallets (507 m ²)
Bulkopslag	524 m ²	382 m ²	373 m ²
Flexplek	140 m ²	110 m ²	94 m ²
Externe opslag	0 m ²	46 m ²	55 m ²

Tabel 5-2: Kenmerken van alternatieven magazijn Bedrijf

KEUZE

De keuze van de twee alternatieven wordt gebaseerd op de belangrijkheid van een tweede doorgang. Indien deze doorgang van dermate belang is dat extra externe opslag, kleinere flexplek en éénmalige kosten voor het maken van een doorgang door de muur overbrugbaar zijn, zal er voor alternatief 2 gekozen worden. Anders zal alternatief 1 als uitgangspunt gebruikt gaan worden voor het verdere ontwerp, de financiële analyse en de multicriteria-analyse.

In overleg met Bedrijf is besloten dat een goede doorstroombemogelijkheid en de kortere route van de stellingopslag naar de roldeur in de middelste hal belangrijker zijn dan de verminderde opslagcapaciteit. Daarom is de keuze gemaakt om alternatief 2, inclusief tweede doorgang, gedetailleerder uit te gaan werken voor de assemblageafdeling. In Figuur 5-2 is de layout van het magazijn van Bedrijf te zien wanneer er gekozen wordt voor het intern nemen van de assemblage van producten.



Figuur 5-2: Gekozen alternatief layout magazijn Bedrijf

5.2.2. LAYOUT ASSEMBLAGE

Na de keuze van de globale indeling van het magazijn voor Bedrijf kan er een gedetailleerde layout gemaakt worden voor de assemblage-afdeling. Het ontwerpen van de assemblage-afdeling bij Bedrijf kan gezien worden als de derde fase in de Systematic Layout Planning methode. Het proces om tot een layout te komen is in fase drie gelijk als in fase twee. Ook hier zal de Systematic Layout Planning Pattern gevolgd worden.

EISEN & WENSEN

De assemblage-afdeling moet binnen de beschikbare ruimte passen zoals aangegeven in het magazijnontwerp. De ruimte is afgeschermd en de twee deuren dienen goed bereikbaar te zijn. De doorgangen moeten breed genoeg zijn zodat de halffabricaten en afgemonteerde producten met heftrucks verplaatst kunnen worden. Overlapping van de doorgang en werkruimte van producten is toegestaan maar wordt bij voorkeur zoveel mogelijk vermeden. De minimaal benodigde werkruimte voor de achterkant van producten is 2 meter doordat de plaatsing van de halffabricaat deze ruimte nodig heeft. Aan de voorkant van de product is 1 meter werkruimte voldoende en de zijkanten zijn afhankelijk van de breedte van de halffabricaten omdat deze volledig open moeten kunnen.

De minimale capaciteit producten die tegelijk moeten kunnen worden geassembleerd is gesteld op tien voor de types die in de huidige situatie ook per tien of meer worden geassembleerd. Door de afmetingen van de producten te vergelijken met de productieaantallen uit Tabel 3-1 kan worden afgeleid dat er ten minste ruimte moet zijn voor de assemblage van tien Productnaam 1 modellen aangezien dit de grootste modellen zijn die per tien geassembleerd worden.

Alhoewel Bedrijf in de onderste hal van het magazijn een voorraad van reserve-onderdelen aanhoudt, is het de wens dat er zoveel mogelijk onderdelen in de in te richten assemblageruimte worden geplaatst. De legbordstellingen, bedoeld voor de opslag van assemblage-onderdelen, moeten een gangpadbreedte hebben met als richtlijn 60cm (STL, 2012).

ACTIVITEITEN & RELATIES

De activiteiten en onderlinge relaties van de assemblage, het testen en de opslag van onderdelen, halffabricaten en producten zijn grotendeels onafhankelijk van de locatie waar dit gebeurt. Het assemblageproces met bijbehorende activiteiten is dus voor Bedrijf gelijk als voor Partnerbedrijf. Alleen de mogelijkheid om de activiteiten met sterke onderlinge relaties te groeperen zal door verschillen in eisen, wensen, beschikbare ruimte en beschikbare middelen van elkaar verschillen.

De gewenste layouttype voor de assemblage van producten volgt wederom het fixed-position principe. Daarbij is het van belang dat de activiteiten, middelen en voorraden, die benodigd zijn voor het rechtstreeks monteren in de product, dichtbij de assemblagewerkplek van producten geplaatst worden. De werkplekken voor subassemblages moeten dichtbij de producten zijn maar tegelijkertijd niet in de weg staan voor het verplaatsen van de producten en de rechtstreekse montage van onderdelen, halffabricaten en andere subassemblages in de producten. De opslag van de onderdelen en halffabricaten die benodigd zijn voor subassemblages dienen dichtbij de desbetreffende werkplek te situeren. Daarbij is het van belang dat er logica in de pickroutes zijn, zodat de afstand en tijd voor het picken wordt geminimaliseerd. Een overzicht van het assemblageproces met bijbehorende subassemblagestappen is te zien in Figuur 3-3.

De halffabricaten worden per vrachtwagen aangeleverd door Partnerbedrijf en komen dus aan de linkerkant binnen. De overige assemblage-onderdelen zullen voor een deel aan de rechterkant binnenkomen. Het testen gebeurt nadat de producten zijn geassembleerd en het is dus van belang dat de opslag van voorraden en de werkplekken voor subassemblages zo min mogelijk in de weg staan voor de verplaatsing van de producten. Na het testen worden de producten in de opslag geplaatst, waarbij het van belang is dat deze per heftruck verplaatst kunnen worden.

BENODIGDE RUIMTES

Om de capaciteit voor de gelijktijdige assemblage van tien Productnaam 1 modellen te kunnen verwezenlijken, moet er tenminste 11,75 bij 4,24 meter, ongeveer 50 m², beschikbaar zijn als werkplek zoals te zien in Figuur F-1. Zoals in de gestelde eisen naar voren kwam moet er voor de Productnaam 1 model tenminste 2 meter aan de achterkant en 1 meter aan de zijkant ruimte zijn om de assemblage te kunnen bewerkstelligen. Deze ruimte kan ook gebruikt worden als doorgang omdat er niet constant aan alle zijden van de producten gewerkt wordt. In Figuur F-2 is te zien dat met deze werkplekruimte er, met een iets smallere doorgang zelfs zes Productnaam 1 modellen gemaakt kan worden wat betekend dat er ruim voldoende plek is voor de assemblage van deze grotere modellen.

Voor de opslag van de assemblage-onderdelen is ongeveer 16 meter aan 0,7 meter diepe legbordstellingen met meerdere opslagniveaus nodig. Aangezien de huidige opslagruimte voor halffabricaten, van ongeveer 80 tot 90 m², bij Partnerbedrijf niet efficiënt wordt benut, wordt ervan uitgegaan, na overleg met Bedrijf, dat in totaal 60 m² opslag voldoende is.

Voor een efficiënte subassemblage zijn er werktafels benodigd waar minimaal vijf halffabricaten van hetzelfde type tegelijk kunnen worden bewerkt. Verschillende subassemblages kunnen eventueel op dezelfde werktafel worden uitgevoerd. Daarnaast is er ruimte nodig voor opslag van onderdelen die aan de muur gehangen worden, zoals onderdelen en onderdelen, als voorraad dat op de grond wordt opgeslagen, zoals onderdelen, onderdelen, onderdelen en onderdelen. Een grafisch voorbeeld van de optimale layout voor assemblage zonder de praktische beperkingen van de toebedeelde ruimte is terug te vinden in Figuur F-3.

Voor het testen van producten is er 20 m² nodig. Aangezien de gewenste voorraad van afgemonteerde producten niet aangepast wordt, is de benodigde ruimte voor opslag ten minste 100 m².

ALTERNATIEVE OPLOSSINGEN

Voor de alternatieve oplossingen wordt gebruik gemaakt van een fixed layout voor de assemblage waarbij de assemblage-onderdelen, die rechtstreeks worden gemonteerd, en de werkplekken van de subassemblages zo dicht mogelijk bij de producten zijn geplaatst. Om dit te verwezenlijken met de beschikbare ruimte moet de werkplek voor producten centraal in de assemblage-afdeling staan. Door deze werkplek voor producten zowel horizontaal als verticaal te plaatsen zijn er twee alternatieve layouts gecreëerd. De layout met de horizontale werkplek is alternatief 1 en de layout met een verticale layout is alternatief 2. Op basis van de wensen, eisen, activiteiten en hun onderlinge relaties en benodigde ruimte zijn de layouts in Figuur F-4 en Figuur F-5 tot stand gekomen.

Beide alternatieven maken gebruik van een werktafel voor de subassemblage van halffabricaten, halffabricaten en halffabricaten en een werktafel voor de halffabricaten en de halffabricaten. Voor beide werktafels is er toegang tot de benodigde halffabricaten en assemblage-onderdelen die in de stellingen dichtbij zijn geplaatst. De opslag en de werkplek voor halffabricaten zijn samen met het lasapparaat dicht bij elkaar gezet. De opslag van halffabricaten en de subassemblagewerkplek hiervoor zijn ook bij elkaar geplaatst om de verplaatsing van mensen en halffabricaten te minimaliseren. Alternatief 1 heeft de assemblage-onderdelen voor de halffabricaat op afstand liggen vanwege ruimtegebrek terwijl alternatief 2 dichtbij stellingen heeft staan. De

halffabricaten en halffabricaten liggen bij alternatief 1 dicht bij de deur aan de linkerzijde terwijl deze halffabricaten in alternatief 2 achter een werktafel aan de rechterzijde zijn geplaatst.

De verschillen in opslag zijn in Tabel 5-3 weergegeven. Hierbij wordt duidelijk dat er onvoldoende ruimte is voor onderdelen bij alternatief 2 waardoor deze elders moeten worden opgeslagen. Het verschil in opslag van halffabricaten is slechts 1 m² waarbij de totale opslag van halffabricaten voor beide boven de eis van 60 m² uit komt wanneer de opslag van halffabricaten, halffabricaten en halffabricaten meegerekend worden. Alternatief 2 komt 4 m² tekort om aan de wens van 100 m² voor afgemonteerde producten te voldoen.

	Alternatief 1	Alternatief 2
Halffabricaten	47 m ²	48 m ²
Onderdelen	5,3m breedte	2,2m breedte
Afgemonteerde producten	100 m ²	96 m ²

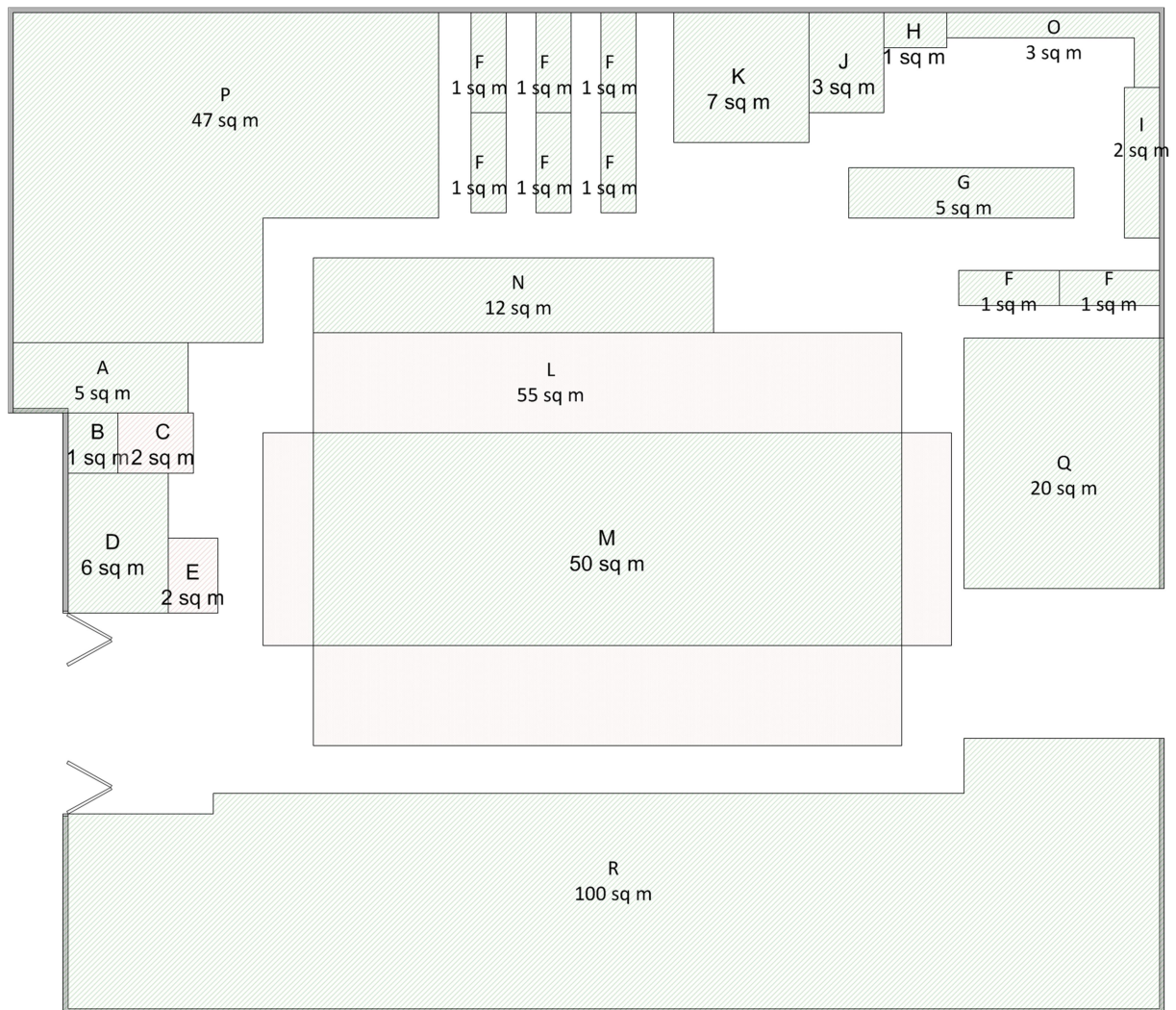
Tabel 5-3: Opslagverschillen van alternatieven assemblage-afdeling Bedrijf

De keuze van de twee alternatieven wordt gebaseerd op de opslagcapaciteit, bereikbaarheid en logica van de assemblage-indeling. Hierbij wordt met bereikbaarheid bedoeld het gemak om een onderdeel, halffabricaat, subassemblage of afgemonteerde product te verplaatsen naar de locatie waar het nodig is. De logica van indeling houdt in dat werkplekken en bijbehorende onderdelen dicht bij elkaar zijn geplaatst. Ook de plaatsing van werkplekken ten opzichte van de producten en de plaatsing van opslag van assemblage-onderdelen, halffabricaten en eindproducten ten opzichte van de deuren bepalen de mate van logica.

De opslagcapaciteit van halffabricaten voldoen voor beide alternatieven met 61 en 62 m² aan de gestelde wens. De opslag van slangen zal bij alternatief 2 op een andere plek in het magazijn opgeslagen moeten worden omdat er geen ruimte is in de assemblage-afdeling. De wens om 100 m² voor opslag van afgemonteerde producten wordt bij alternatief 2 niet gehaald. Hierdoor is de kans groter dat producten elders moeten worden opgeslagen.

Bij alternatief 1 ligt de benodigde assemblage-onderdelen voor de subassemblage van halffabricaten niet direct naast de werkplek waardoor het picken van onderdelen meer tijd in beslag neemt. De opslag van onderdelen en onderdelen is bij alternatief 2 relatief ver van de werkplek voor producten geplaatst waar de stellingopslag in de weg staat. De opslag van halffabricaten en halffabricaten is bij alternatief 2 aan de rechterzijde van de assemblage-afdeling terwijl deze door de roldeur links aangeleverd zal worden. De werkplek en opslag voor deze halffabricaten en halffabricaten is door de werktafel voor halffabricaten en halffabricaten lastig bereikbaar bij alternatief 2.

In overleg met Bedrijf is er met behulp van de hiervoor beschreven factoren besloten dat alternatief 1, met een horizontale werkplaats voor producten, de voorkeur geniet op het vlak van opslagcapaciteit, bereikbaarheid en logica. Alternatief 1 gaat dus gebruikt worden voor de financiële en multicriteria-analyse in het volgende hoofdstuk. In Figuur F-4 is de layout van de assemblage-afdeling bij Bedrijf te zien wanneer er gekozen wordt voor het intern nemen van de assemblage van producten.



Figuur 5-3: Gekozen alternatief layout assemblage-afdeling Bedrijf

6. AFWEGING ALTERNATIEVEN

6.1. FINANCIËLE ANALYSE

Nadat er in het voorgaande hoofdstuk alternatieve oplossingen zijn gevonden voor de assemblage van producten, kunnen deze alternatieven verder worden geanalyseerd. De investeringen, kosten en opbrengsten worden achterhaald waarna de Net Present Value en de terugverdientijd berekend kunnen worden.

6.1.1. INVESTERINGEN & KOSTEN

Investerings zijn eenmalige uitgaven met als doel op lange termijn opbrengsten genereren. Kosten representeren de uitgaven die horen bij het gebruik of verbruik van productiegerelateerde factoren. De investeringen en kosten die uitgewerkt worden, zijn relatief ten opzichte van de huidige assemblage bij Partnerbedrijf. Daarom zullen slechts de veranderingen, die de alternatieve oplossingen met zich meenemen, weergegeven worden. De kosten en investeringen zijn gebaseerd op interne facturen, offertes, prijsstellingen online en schattingen in overleg met Bedrijf.

ALTERNATIEF PARTNERBEDRIJF

De alternatieve layout bij Partnerbedrijf zorgt niet voor een constante kostenverhoging voor de assemblage. Wel moeten er investeringen gedaan worden in de vorm van werktafels, legplaten voor stellingen, container en verplaatsingen.

- Werktafels: Voor de nieuwe layout moet een werktafel aangeschaft worden die genoeg ruimte heeft voor de subassemblage van vijf halffabricaten. Daarnaast moet een werktafel komen die een efficiënte afhandeling van binnengekomen bestelling kan afhandelen. De kosten hiervoor zijn respectievelijk €500,- en €300,-
- Legplaten: Om genoeg opslagruimte voor assemblage-onderdelen te realiseren met acht stellingen moeten er acht nieuwe legplaten komen. De legplaten kosten €25,- per stuk.
- Container: Een afvalcontainer bij de nieuwe werktafel voor subassemblages zorgt ervoor dat er niet ver gelopen hoeft te worden om de afvalproducten weg te gooien. Deze container kost €160,-.
- Verplaatsing: De tijd die benodigd is voor het verplaatsen van stellingen, werktafels, halffabricaten, assemblage-onderdelen, afgemonteerde producten is met een grove schatting gesteld op een volledige werkweek voor twee personen als er ook rekening wordt gehouden met de vertragingen in het assemblageproces die de verplaatsing met zich meeneemt. Tegen een uurtarief van €35,- komt dit uit op €2.800,-.

De totale investering die gedaan moet worden om de nieuwe layout voor de assemblage van producten bij Partnerbedrijf in te voeren is geraamd op €3.960,-

ALTERNATIEF BEDRIJF

Om de assemblage bij Bedrijf te verwezenlijken moeten er extra kosten gemaakt worden voor het transport van halffabricaten vanuit Partnerbedrijf naar Bedrijf en voor de externe bulkopslag. De kosten voor het transport worden per type berekend aan de hand van €328,- per containerlading of de gestelde prijs per product van het vervoersbedrijf waar Bedrijf gebruik van maakt. De hoeveelheid niet-geassembleerde producten die per container kunnen worden vervoerd worden gedaan op basis van de palletafmetingen voor deze producten, extra ruimte van 50% voor de overige halffabricaten en de productieaantallen na het lassen uit Tabel 3-1. Hierbij zijn het aantal producten dat wordt geassembleerd gemaximaliseerd op tien aangezien er onvoldoende ruimte is in de alternatieve layout bij Bedrijf voor een groter aantal. In Tabel 6-1 zijn de vervoerskosten per type product te zien. In deze tabel zijn ook de bezettingsgraden van de containers

neergezet voor de producten en voor het totaal aan producten en overige halffabricaten. Er wordt vanuit gegaan dat de Productnaam 1 model en model samen met de overige leveringen vervoerd kan worden waardoor deze kosten vervallen. Wanneer deze vervoerskosten per product worden vermenigvuldigd met de afzetaantallen uit 2014, te zien in Tabel B-1, kunnen de totale vervoerskosten voor dat jaar worden berekend. De afzet voor producten in 2015 en verder worden berekend door de stijging van vraag, die door de trendlijn in Figuur 3-1 naar voren kwam, op te tellen bij de afzet van 2014. Er wordt aangenomen dat de verhouding van verkochte type producten gelijk blijven.

Merk	Type	Afmeting	Leverings-aantal	Kosten vervoer	Bezetting producten	Bezetting totaal
Naam	Model	130 x 100 cm	10	€ 32,80	56%	83%
Naam	Model	150 x 130 cm	5	€ 65,60	56%	83%
Naam	Model	150 x 130 cm	5	€ 65,60	56%	83%
Naam	Model	160 x 140 cm	5	€ 65,60	63%	94%
Naam	Model	180 x 160 cm	1	€ 131,33	14%	21%
Naam	Model	220 x 200 cm	1	€ 141,83	17%	25%
Naam	Model	80 x 60 cm	10	€ 32,80	40%	60%
Naam	Model	175 x 70 cm	5	€ 65,60	29%	44%

Tabel 6-1: Vervoerskosten producten

Wanneer de producten in het jaar 2014 geassembleerd zouden zijn bij Bedrijf zou er €12.267,20 aan vervoerskosten gemaakt zijn. De vervoerskosten in 2015 en verder kunnen berekend worden aan de hand van $V_t = V_0 \times \frac{d_0 + 4,6t}{d_0}$ waarbij V_t de vervoerskosten van het jaar t zijn (met $t = 0$ voor het jaar 2014) en d_0 de afzet is van producten voor het jaar 2014.

De kosten die gemaakt gaan worden voor externe opslag wordt geraamd op €100,- per vierkante meter per jaar waarbij de kosten voor het ontvangen, opslaan, picken en versturen zijn inbegrepen. Uit Tabel 5-2 bleek dat er 55 m² aan externe opslag benodigd is. Dit zorgt voor een jaarlijkse kostenpost van €5.500,-.

Naast deze kosten moeten er investeringen gedaan worden om de assemblage bij Bedrijf te verwezenlijken. De benodigde stellingen en werktafels kunnen van Partnerbedrijf naar Bedrijf verplaatst worden tegen transportkosten. Echter blijft de behoefte voor een afscheiding van de afdeling, tweede doorgang, smallegangheftruck, stelling, werktafel en stapelaar. Daarnaast zijn er manuren nodig om de verandering te kunnen laten plaatsvinden.

- Afscheiding assemblage-afdeling: Voor het voorkomen van stof en gruis in de assemblage-afdeling is een afscheiding benodigd met de rest van het magazijn. Er is in totaal ongeveer 336 m² aan afscheiding nodig. De kosten worden grofweg op €50,- per vierkante meter geschat met een totaal van €16.800,-
- Tweede doorgang: Uit hoofdstuk 5.1 kwam naar voren dat een tweede doorgang naar de bovenste hal in het magazijn van Bedrijf is gewenst. De kosten voor het wegbreken en afwerken van de muur worden op €10.000,- geschat.
- Smallegangheftruck: De huidige heftrucks kunnen in de nieuwe layout geen ladingen uit de palletstellingen halen vanwege de smalle gangpaden. Daarom is een smallegangheftruck nodig van ongeveer €15.000,-.
- Stelling: In de nieuwe layout is er een palletstelling voor opslag bijgeplaatst met een capaciteit van 48 europallets. Deze palletstelling kost €2.000,-.
- Stapelaar: Om de halffabricaten in de producten te plaatsen is er een stapelaar nodig. De kosten voor een geschikte stapelaar liggen rond de €600,-.

- Werktafel: Voor de assemblage bij Bedrijf moet een werktafel aangeschaft worden die genoeg ruimte heeft voor de subassemblage van vijf halffabricaten. Deze werktafel kost €500,-.
- Verplaatsing: Voor de verplaatsing van de stellingen, werktafel met bijhorende onderdelen wordt ervan uitgegaan dat er twee vrachtwagens benodigd zijn voor €328,- per vrachtwagen. De tijd die benodigd is voor het verplaatsen van de assemblage-afdeling is met een grove schatting gesteld op 200 manuren als er ook rekening wordt gehouden met de vertragingen in het assemblageproces die de verplaatsing met zich meeneemt. Tegen een uurtarief van €35,- per uur betekent dit €7.000 aan arbeidskosten.

De totale investering die gedaan moet worden om de assemblage van producten over te brengen van Partnerbedrijf naar Bedrijf is geraamd op €52.556,-.

6.1.2. BESPARINGEN

Naast de investeringen en kosten zorgen de alternatieve oplossingen voor assemblage van producten ook voor besparingen. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de huidige middelen, die in de alternatieven niet meer gebruikt gaan worden, geen restwaarde meer hebben.

ALTERNATIEF PARTNERBEDRIJF

De nieuwe layout voor de assemblage van producten bij Partnerbedrijf is ervoor bedoeld dat er minder tijd benodigd is voor de verplaatsing van mensen, onderdelen, halffabricaten en subassemblages. Doordat het niet mogelijk was om een tijdstudie bij Partnerbedrijf uit te voeren zijn de besparingen in tijd gebaseerd op schattingen en gevonden waarden in de literatuur. Er wordt aangenomen dat 30% van de tijd die nodig is voor assemblage van producten te maken heeft met het verplaatsen en picken van assemblage-onderdelen, halffabricaten, subassemblages en afgemonteerde producten. Uit een casestudy (De Carlo, Arleo, Tucci, & Borgia, 2013), waarbij een nieuwe layout wordt gemaakt door middel van Structured Layout Planning te combineren met de principes van Lean Manufacturing, kwam naar voren dat er 15% - 24% bespaard kan worden op verplaatsingen. Voor de alternatieve layout bij Partnerbedrijf wordt aangenomen dat een besparing van 24% gehaald kan worden doordat de indeling geen beperkingen kende in het groeperen van subassemblages, halffabricaten en opslag en er geen werktafels of opslag in de weg staan voor verplaatsingen van onderdelen, halffabricaten, subassemblages en afgemonteerde producten.

De assemblagekosten van de afgelopen drie jaren zijn terug te vinden in Tabel 3-3. Door dezelfde methode te gebruiken als voor de vervoerskosten kunnen de assemblagekosten voor de komende jaren worden berekend met $AD_t = AD_0 \times \frac{d_0 + 4,6t}{d_0}$ waarbij AD_t de assemblagekosten van het jaar t zijn (met $t = 0$ voor het jaar 2014) voor producten uitgevoerd bij Partnerbedrijf en d_0 de afzet is van producten voor het jaar 2014. De besparingen van de nieuwe layout bij Partnerbedrijf is 7,2% van AD_t .

ALTERNATIEF BEDRIJF

Wanneer de assemblage van producten naar Bedrijf overgeplaatst zou worden kan er met behulp van de in hoofdstuk 5.1 gevonden layout ook kosten worden bespaard ten opzichte van de huidige assemblage bij Partnerbedrijf. Doordat er bij Bedrijf echter minder ruimte is voor de assemblage-afdeling, is de groepering van subassemblages, halffabricaten en opslag, voor bijvoorbeeld de subassemblage van halffabricaten, niet volledig mogelijk. Door deze praktische beperking wordt er aangenomen dat er 15% bespaard kan worden op verplaatsingen ten opzichte van de huidige situatie.

De marge die Partnerbedrijf aanhoudt is vastgesteld op 10%. Deze marge wordt bespaard wanneer de assemblage door Bedrijf intern genomen zou worden. Het vervoer van contactpersoon en de engineering-afdeling naar Partnerbedrijf zal bij het insourcen van de assemblage minimaal worden. Aangezien het lastig is

om de precieze kosten hiervan in te schatten, wordt dit niet in de financiële analyse meegenomen maar in de multicriteria-analyse die later in dit hoofdstuk wordt behandeld.

De kosten met betrekking tot de assemblage van producten bij Bedrijf kan berekend worden aan de hand van de onderstaande formule. De besparingen van de nieuwe layout bij Bedrijf is 4,5% van AL_t .

$$AL_t = \frac{(AD_0 \times \frac{d_0 + 4,6t}{d_0})}{1+m}$$

Waarbij:

AL_t = Assemblagekosten van het jaar t voor producten uitgevoerd bij Bedrijf.

AD_0 = Assemblagekosten van het jaar 2014 voor producten uitgevoerd bij Partnerbedrijf.

d_0 = Afzet producten voor het jaar 2014.

m = Marge die Partnerbedrijf hanteert.

6.1.3. NET PRESENT VALUE

Nu de investeringen, kosten en besparingen bekend zijn, kunnen deze worden gebruikt in de Net Present Value. De gevonden bedragen moeten worden verdisconteerd voordat de berekening gemaakt kan worden. De discount rate is gebaseerd op het rendement dat Bedrijf kan behalen op alternatieve investeringen van dezelfde omvang en risico. Deze kosten van vermogen is voor Bedrijf gesteld op 5%. Als tijdshorizon voor de Net Present Value wordt tien jaar genomen na overleg met Bedrijf.

ALTERNATIEF PARTNERBEDRIJF

De investeringen en besparingen, die horen bij het uitvoeren van de alternatieve layout van assemblage voor producten bij Partnerbedrijf, kunnen worden ingevuld in de hieronder staande formule.

$$NPV_{Decona} = \sum_{t=1}^{10} \left(\frac{b_D AD_t}{1+r^t} \right) - ID$$

Waarbij:

b_D = Percentage besparing van assemblage door alternatieve layout bij Partnerbedrijf.

AD_T = Assemblagekosten van het jaar t voor producten uitgevoerd bij Partnerbedrijf.

ID = Investeringskosten benodigd voor de nieuwe layout bij Partnerbedrijf.

r = Kosten van kapitaal voor Bedrijf.

De tussenstappen van de berekening zijn weergegeven in Tabel 6-2. Wanneer de Present Values over de jaren 2015 tot en met 2024 bij elkaar worden opgeteld en de benodigde investeringen worden afgetrokken, ontstaat er een Net Present Value van €57.071,44. Deze positieve Net Present Value laat zien dat de gemaakte layout voor de assemblagehal bij Partnerbedrijf de voorkeur geniet boven de huidige situatie rekening houdend met de kosten van kapitaal dat Bedrijf hanteert.

Jaar	d_t	AD_t	$b_D AD_t$	$1/(1+r^t)$	PV_t
2014	212	€ 98.840,00	N.v.t.	1,00	N.v.t.
2015	216,6	€ 100.984,64	€ 7.270,89	0,95	€ 6.924,66
2016	221,2	€ 103.129,28	€ 7.425,31	0,91	€ 6.734,97
2017	225,8	€ 105.273,92	€ 7.579,72	0,86	€ 6.547,65
2018	230,4	€ 107.418,57	€ 7.734,14	0,82	€ 6.362,89
2019	235	€ 109.563,21	€ 7.888,55	0,78	€ 6.180,89
2020	239,6	€ 111.707,85	€ 8.042,97	0,75	€ 6.001,78
2021	244,2	€ 113.852,49	€ 8.197,38	0,71	€ 5.825,72
2022	248,8	€ 115.997,13	€ 8.351,79	0,68	€ 5.652,82
2023	253,4	€ 118.141,77	€ 8.506,21	0,64	€ 5.483,18
2024	258	€ 120.286,42	€ 8.660,62	0,61	€ 5.316,87

Tabel 6-2: Berekeningen Net Present Value alternatief Partnerbedrijf

ALTERNATIEF BEDRIJF

Om een idee te krijgen van de financiële impact die het intern nemen van de assemblage voor Bedrijf met zich meeneemt, moeten de investeringen, kosten en besparingen worden ingevuld in de hieronder staande formule.

$$NPV_{Leering} = \sum_{t=1}^{10} \left(\frac{b_L AL_t + m AL_t - V_t - E_t}{1 + r^t} \right) - IL$$

Waarbij:

b_L = Percentage besparing van assemblage door alternatieve layout bij Bedrijf.

AL_T = Assemblagekosten van het jaar t voor producten uitgevoerd bij Bedrijf.

m = Marge die Partnerbedrijf hanteert

V_t = Vervoerskosten van het jaar t voor het verplaatsen van halffabricaten.

E_t = Externe opslagkosten van het jaar t.

IL = Investeringskosten benodigd voor de nieuwe layout bij Bedrijf.

r = kosten van kapitaal voor Bedrijf.

De tussenstappen van de berekening zijn weergegeven in Tabel 6-3. Wanneer de verdisconteerde besparingen en kosten over de jaren 2015 tot en met 2024 bij elkaar worden opgeteld en de benodigde investeringen worden afgetrokken, ontstaat er een Net Present Value van - €88.497,07. Het lijkt dus duidelijk dat de kosten voor assemblage bij Bedrijf hoger zullen zijn dan bij Partnerbedrijf, over een tijdsperiode van tien jaar, met de gebruikte gegevens. Financieel gezien loont het volgens de Net Present Value niet om de assemblage van producten intern te nemen.

Jaar	d_t	AL_t	$b_t AL_t$	mAL_t	V_t	E_t	$1/(1+r^t)$	PV
2014	212	€ 89.854,55	N.v.t.	€ 8.985,45	N.v.t.	N.v.t.	1,00	N.v.t.
2015	216,6	€ 91.804,22	€ 4.131,19	€ 9.180,42	€ 12.533,38	€ 5.500,00	0,95	-€ 4.496,92
2016	221,2	€ 93.753,89	€ 4.218,93	€ 9.375,39	€ 12.799,55	€ 5.500,00	0,91	-€ 4.267,79
2017	225,8	€ 95.703,57	€ 4.306,66	€ 9.570,36	€ 13.065,73	€ 5.500,00	0,86	-€ 4.050,28
2018	230,4	€ 97.653,24	€ 4.394,40	€ 9.765,32	€ 13.331,90	€ 5.500,00	0,82	-€ 3.843,81
2019	235	€ 99.602,92	€ 4.482,13	€ 9.960,29	€ 13.598,08	€ 5.500,00	0,78	-€ 3.647,83
2020	239,6	€ 101.552,59	€ 4.569,87	€ 10.155,26	€ 13.864,25	€ 5.500,00	0,75	-€ 3.461,79
2021	244,2	€ 103.502,26	€ 4.657,60	€ 10.350,23	€ 14.130,43	€ 5.500,00	0,71	-€ 3.285,19
2022	248,8	€ 105.451,94	€ 4.745,34	€ 10.545,19	€ 14.396,60	€ 5.500,00	0,68	-€ 3.117,57
2023	253,4	€ 107.401,61	€ 4.833,07	€ 10.740,16	€ 14.662,78	€ 5.500,00	0,64	-€ 2.958,46
2024	258	€ 109.351,29	€ 4.920,81	€ 10.935,13	€ 14.928,95	€ 5.500,00	0,61	-€ 2.807,43

Tabel 6-3: Berekeningen Net Present Value alternatief Bedrijf

6.1.4. TERUGVERDIENTIID

De terugverdiëntijd houdt, in tegenstelling tot de Net Present Value, geen rekening met de tijds waarde van geld waardoor de toekomstige inkomsten en kosten niet verdisconteerd worden. De methode laat enkel zien hoe snel de initiële uitgaven worden terugverdiend.

PARTNERBEDRIJF

Om de terugverdiëntijd te bepalen moet er gekeken worden op welk tijdstip de besparingen gelijk zijn aan de investeringen. Dit kan weergegeven worden als volgt:

$$\sum_{t=1}^T b_D AD_t = ID$$

Waarbij:

b_D = Percentage besparing van assemblage door alternatieve layout bij Partnerbedrijf.

AD_T = Assemblagekosten van het jaar t voor producten uitgevoerd bij Partnerbedrijf.

ID = Investeringskosten benodigd voor de nieuwe layout.

Door de bovenstaande formule op te lossen voor t komt de terugverdiëntijd uit op 0,54 jaar. Wanneer de nieuwe layout wordt toegepast, zijn de investeringen dus in ruim een half jaar tijd terugverdiend.

BEDRIJF

De jaarlijkse kosten van transport en externe opslag, die het intern nemen van de assemblage voor Bedrijf met zich mee brengen, zijn groter dan de opbrengsten. Daarom zullen de investeringen die horen bij de insourcing niet terugverdiend worden.

6.2. MULTICRITERIA-ANALYSE

De keuze voor het intern nemen van de assemblage is niet enkel gebaseerd op de financiële analyse uit de voorgaande paragraaf. Uit hoofdstuk 2.1 kwam naar voren dat kwaliteit, snelheid, afhankelijkheid, flexibiliteit en kosten indicatoren zijn om de keuze van insourcing te onderbouwen. Uit deze indicatoren zijn criteria opgesteld om een multicriteria-analyse uit te kunnen voeren. Daarnaast is een criteria opgesteld voor de

potentiële verbeteringen op het gebied van efficiëntie in de nabije toekomst. De criteria zijn hieronder opgesomd.

- Kwaliteit van het eindproduct
- Levertijd van het eindproduct
- Afhankelijkheid van externe partijen
- Flexibiliteit van het productievolume
- Potentiele efficiëntieverbeteringen
- Net Present Value
- Terugverdientijd

Door middel van de Analytical Hierarchy Process methode worden de criteria paarsgewijs vergeleken met behulp van de scores uit Tabel 2-3. Door de scores te normaliseren kan een Priority Vector worden opgesteld die de weegfactoren van de criteria representeren. Op eenzelfde manier worden de alternatieven per criteria vergeleken. Voor de volledigheid wordt ook het huidige assemblage-ontwerp bij Partnerbedrijf als alternatief meegenomen naast de uitgewerkte alternatieve oplossingen bij Bedrijf en Partnerbedrijf. Door de scores die de verschillende alternatieven hebben gekregen per criteria te vermenigvuldigen met de weegfactoren van deze criteria, kan de uiteindelijke score per alternatief berekend worden. Voor alle vergelijkingen worden Consistency Ratio's berekend die laten zien of de gegevens consistent zijn ingevuld. De paarsgewijze vergelijkingen, Priority Vectors, Consistency Ratio's en de berekening van de uiteindelijke scores zijn terug te vinden in Tabel G-1. De paarsgewijze vergelijkingen zijn met samenwerking van Bedrijf gemaakt.

De uiteindelijke scores van de verschillende alternatieven zijn weergegeven in Tabel 6-4. Hieruit blijkt dat, volgens de Analytical Hierarchy Process methode, het nieuwe ontwerp voor de assemblage van producten bij Bedrijf de voorkeur geniet.

Alternatief	Score	Voorkeurspositie
Partnerbedrijf huidige situatie	0,203	3
Partnerbedrijf alternatief ontwerp	0,375	2
Bedrijf alternatief ontwerp	0,422	1

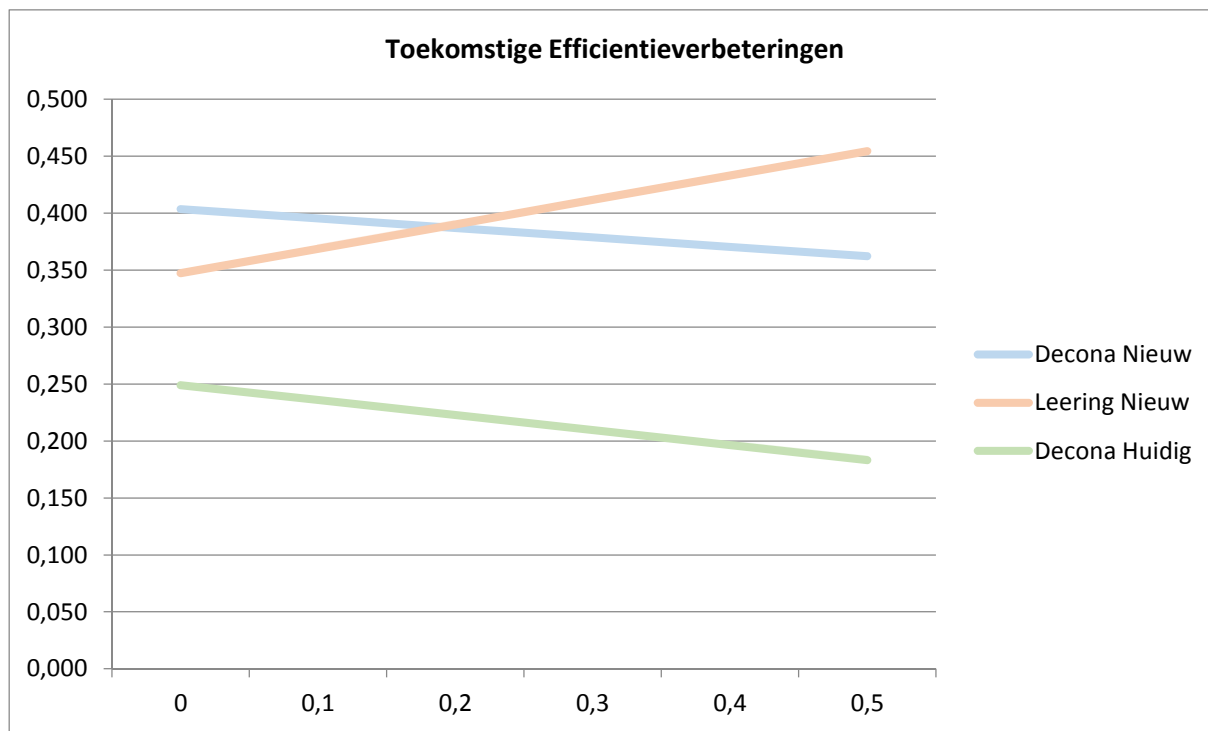
Tabel 6-4: Analytical Hierarchy eindscores en voorkeur

6.3. GEVOELIGHEIDSANALYSE

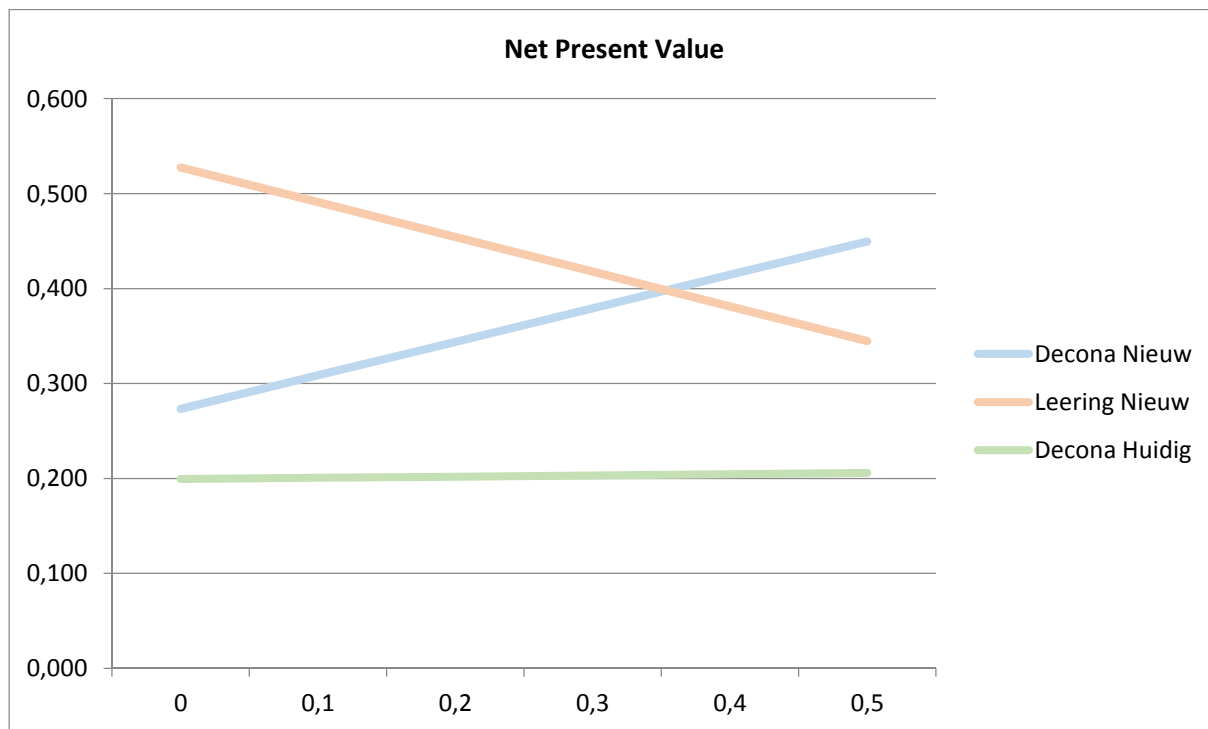
Uit de Analytical Hierarchy Process methode kwam naar voren dat het ontwerp voor de assemblage bij Bedrijf de voorkeur geniet. Echter het verschil met het nieuwe ontwerp bij Partnerbedrijf is klein. Er wordt daarom een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor de gewichten van de criteria Net Present Value en potentiële toekomstige efficiëntieverbeteringen om te kijken bij welke waarde het omslagpunt ligt van de twee alternatieve ontwerpen.

In Figuur 6-1 is te zien dat naarmate de belangrijkheid van toekomstige efficiëntieverbeteringen groter wordt, het huidige en nieuwe ontwerp van Partnerbedrijf vermindert in voorkeur terwijl het assemblage-ontwerp van Bedrijf steeds hoger scoort. Het omslagpunt tussen de voorkeur van het nieuwe ontwerp bij Partnerbedrijf en het ontwerp bij Bedrijf ligt voor de toekomstige efficiëntieverbeteringen bij een gewicht van 0,191.

Figuur 6-2 laat zien dat naarmate het gewicht van de criterium Net Present Value groter wordt, het nieuwe ontwerp bij Partnerbedrijf aantrekkelijker wordt ten koste van het ontwerp van Bedrijf terwijl de huidige situatie van Partnerbedrijf ongeveer op dezelfde eindscore blijft. Het omslagpunt tussen de voorkeur van het nieuwe ontwerp bij Partnerbedrijf en het ontwerp bij Bedrijf ligt voor de Net Present Value bij een gewicht van 0,354.



Figuur 6-1: Gevoeligheidsanalyse toekomstige efficiëntieverbeteringen



Figuur 6-2: Gevoeligheidsanalyse Net Present Value

7. CONCLUSIE & AANBEVELINGEN

7.1. CONCLUSIE

De aanleiding van dit onderzoek kwam voort uit de vraag van Bedrijf of de huidige vorm van assemblage van producten bij Partnerbedrijf nog wel optimaal is. Redenen hiervoor zijn het uitblijven van initiatief van Partnerbedrijf om het assemblageproces efficiënter te laten verlopen en het algehele gebrek aan visie over de productie-inrichting. Het doel van dit onderzoek was vastgesteld als het minimaliseren van de kosten die gemaakt worden voor de assemblage van producten door onderzoek te doen naar efficiëntie en besparingen rondom de inrichting en uitvoering van deze assemblage. Uit deze aanleiding en doel van het onderzoek is de hier onderstaande onderzoeksvraag voor dit onderzoek geformuleerd.

Hoe kan de inrichting en de uitvoering van het assemblageproces van producten voor Bedrijf efficiënter worden ingericht?

Door middel van deelvragen wordt er op een gestructureerde wijze deze onderzoeksvraag beantwoord. Daartoe is voor de eerste deelvraag de huidige situatie beschreven waarbij belangrijke uitgangspunten zoals de vraag van de markt, de verschillende type producten met bijhorende onderdelen en het productieproces van producten omschreven zijn. Daarnaast is het assemblageproces van producten in detail uitgewerkt zodat deze geanalyseerd kan worden.

Voor de beantwoording van de tweede en derde deelvraag zijn de verspillingen in het assemblageproces omschreven en de mogelijke aanpassingen hiervoor volgens de literatuur. Hierbij kwam naar voren dat het verstandig is om de insourcing van de assemblage van producten door Bedrijf uit te werken. Voor de verspillingen ten gevolge van de layout van de assemblage-afdeling is met behulp van de Structured Layout Planning methode nieuwe ontwerpen voor assemblage bij Partnerbedrijf en Bedrijf worden gemaakt.

De vierde deelvraag stond in het teken van het ontwerpen van een nieuwe indeling van de assemblagehal bij Partnerbedrijf. Door de activiteiten met sterke onderlinge relaties te groeperen en deze in te delen zodat verspillingen worden geminimaliseerd, kan er 24% tijd bespaard worden op verplaatsingen.

Er zijn verschillende ontwerpen gemaakt voor het magazijn en de assemblage-afdeling bij Bedrijf om de vijfde deelvraag te beantwoorden. Voor het mogelijk maken van assemblage van producten bij Bedrijf moeten belangrijke investeringen gemaakt worden in de vorm van een smallegangenheftruck, afscheiding en een doorgang door een bestaande muur. Door het gebrek aan ruimte in het magazijn van Bedrijf moet een gedeelte van de huidige voorraad extern opgeslagen worden en is er beperkte ruimte voor de assemblage-afdeling. De besparingen ten behoeve van verplaatsingen zijn daarom met het nieuwe ontwerp lager gesteld op 15%.

De laatste deelvraag houdt zich bezig met de keuze van ontwerp. De financiële analyse laat zien dat het overbrengen van de assemblage naar Bedrijf financieel niet loont. De Net Present Value met een tijdshorizon van tien jaar komt uit op - €88.497,07 en de initiële investeringen worden nooit terugverdiend. Het nieuwe ontwerp bij Partnerbedrijf loont wel en heeft een Net Present Value van €57.071,44 waarbij de gemaakte investeringen van €3.960,- worden terugverdiend binnen zeven maanden. De multicriteria-analyse neemt in de beslissing ook andere belangrijke criteria mee die niet in geld zijn uit te drukken zoals kwaliteit, levertijd, afhankelijkheid, flexibiliteit en potentiële efficiëntieverbeteringen. Uit deze analyse kwam naar voren dat het overbrengen van de assemblage naar Bedrijf de voorkeur geniet.

7.2. AANBEVELINGEN

In de voorgaande paragraaf kwam naar voren dat het overbrengen van de assemblage-afdeling naar Bedrijf het beste alternatief is voor Bedrijf. Daarbij kunnen een aantal aanbevelingen worden opgesteld.

- Verander de indeling van het magazijn om naar de layout omschreven in Figuur 5-2. De goede doorstroombijeenkomst en de kortere route van de stellingopslag naar de laad- en losplaats zijn belangrijker gevonden dan de verminderde opslagcapaciteit wanneer de vergelijking met het andere alternatief wordt gemaakt.
- Stel de layout van de assemblage-afdeling gelijk aan Figuur 5-3, zodat er zo optimaal mogelijk kan worden geassembleerd. De opslagcapaciteit, bereikbaarheid en logica van deze assemblage-indeling is in vergelijking beter dan het opgestelde alternatieve indeling met een verticale werkplek voor de assemblage van producten.
- Investeer in een smallegangheftruck om de smallere gangpaden tussen stellingen in het magazijn te realiseren.
- Maak een afscheiding tussen de assemblage-afdeling en de rest van het magazijn om stof en gruis buiten de assemblage-afdeling te houden. Er moet wel een doorgang zijn zodat een heftruck van de assemblage-afdeling naar het magazijn kan gaan.
- Investeer in een nieuwe palletstelling om extern opgeslagen voorraad zoveel mogelijk te voorkomen.
- Om de efficiënte assemblage van producten mogelijk te maken moet er geïnvesteerd worden in een stapelaar en een nieuwe werktafel met een capaciteit om de subassemblage van vijf halffabricaten uit te kunnen voeren.

Naast het overbrengen van de assemblage-afdeling naar Bedrijf is er ook een aanbeveling te doen omtrent de voorraadbeheersing. Door het toepassen van het two-bin systeem voor grijpvoorraden van assemblage-onderdelen wordt er een duidelijker signaal verkregen wanneer deze besteld moeten worden. Hierdoor wordt de kans kleiner dat assemblagestappen niet kunnen worden uitgevoerd omdat er onderdelen missen.

7.3. VERVOLGONDERZOEK

In dit onderzoek was de mogelijkheid niet aanwezig om een tijdstudie uit te voeren voor de assemblagestappen voor het monteren van een product. Daarom zijn de gebruikte gegevens van assemblage-tijden en tijdsbesparingen door middel van efficiëntieverbeteringen gebaseerd op basis van persoonlijke inschattingen en een vergelijkbare casestudy uit de literatuur. Deze gegevens kunnen aan de hand van tijdstudies veel nauwkeuriger worden bepaald.

Bij dit onderzoek naar een efficiëntere inrichting van de assemblage van producten werden veranderingen omtrent het ontwerp van de verschillende type producten niet meegenomen. De gebruikte assemblageonderdelen en halffabricaten werden als gegeven beschouwd waardoor het vereenvoudigen en standaardiseren van producten niet onderzocht is. Het onderzoeken van modularisatie en standaardisatie kan een belangrijke bijdrage leveren aan het efficiënter maken van de assemblagestappen.

Als er besloten wordt om de assemblage van producten over te brengen naar Bedrijf, moet er een implementatieplan worden opgesteld. Hierbij moeten de implementatiestappen worden uitgewerkt met daarbij de uitvoerende en verantwoordelijke personen, de tijdsduur en de begroting.

- Ansoff, H. I. (1957). Strategies for diversification. *Harvard business review*, 35(5), 113-124.
- Bell, S. (2006). *Lean enterprise systems : using IT for continuous improvement*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Bonvik, A. M., Couch, C. E., & Gershwin, S. B. (1997). A comparison of production-line control mechanisms. *International Journal of Production Research*, 35(3), 789-804. doi: 10.1080/002075497195713
- Brealey, R. A., Myers, S. C., & Allen, F. (2008). *Principles of corporate finance*. Boston: McGraw-Hill/Irwin.
- De Carlo, F., Arleo, M. A., Tucci, M., & Borgia, O. (2013). Layout design for a low capacity manufacturing line: a case study. *International Journal of Engineering Business Management*.
- Drauz, R. (2014). Re-insourcing as a manufacturing-strategic option during a crisis-Cases from the automobile industry. *Journal of Business Research*, 67(3), 346-353.
- Fleischmann, B., & Meyr, H. (2003). Planning Hierarchy, Modeling and Advanced Planning Systems. In S. C. Graves & A. G. d. Kok (Eds.), *Handbooks in Operations Research and Management Science* (Vol. Volume 11, pp. 455-523): Elsevier.
- Heerkens, J. M. G., & Winden, A. v. (2012). Geen probleem, een aanpak voor alle bedrijfskundige vragen en mysteries. Buren: Business School Nederland.
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6), 662-673. doi: <http://dx.doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Mohr, J., & Willet, M. (1999). Simplified Systematic Plant Layout. *CIRAS News*, 34.
- Muther, R. (1961). *Systematic layout planning*. [Boston]: Industrial Education Institute.
- Muther, R. (2005). Overview of Systematic Layout Planning. Retrieved from <http://hpcinc.com/downloads/planning-guides/> website:
- Olhager, J. (2010). The role of the customer order decoupling point in production and supply chain management. *Comput. Ind.*, 61(9), 863-868. doi: 10.1016/j.compind.2010.07.011
- Ono, T. (1988). *Toyota production system : beyond large-scale production*. Cambridge, Mass.: Productivity Press.
- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234-281. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](http://dx.doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)
- Saaty, T. L., Vargas, L. G., & Dellmann, K. (2003). The allocation of intangible resources: the analytic hierarchy process and linear programming. *Socio-Economic Planning Sciences*, 37(3), 169-184. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0121\(02\)00039-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0121(02)00039-3)
- Shah, R., & Ward, P. T. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*, 21(2), 129-149. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0272-6963\(02\)00108-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0272-6963(02)00108-0)
- Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(4), 785-805. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.019>
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2010). *Operations management* (6 ed.). Londen: Harlow : Financial Times Prentice Hall.
- STL. (2012). ARBOCATALOGUS TRANSPORT EN LOGISTIEK. Retrieved from <http://oplossingenboek.gezondtransport.nl/> website:
- Visser, H. M., & van Goor, A. R. (2008). *Werken met logistiek* (5 ed.). Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Wight, O. W. (1984). *Manufacturing resource planning: MRP II : unlocking America's productivity potential*: Oliver Wight.



Figuur A-1: Vooraanzicht type 2 product



Figuur A-2: Zijaanzicht type 2 product



Figuur A-3: Achteraanzicht type 2 product



Figuur A-4: Onderdeel type 2 product



Figuur A-5: Onderdeel type 2 product

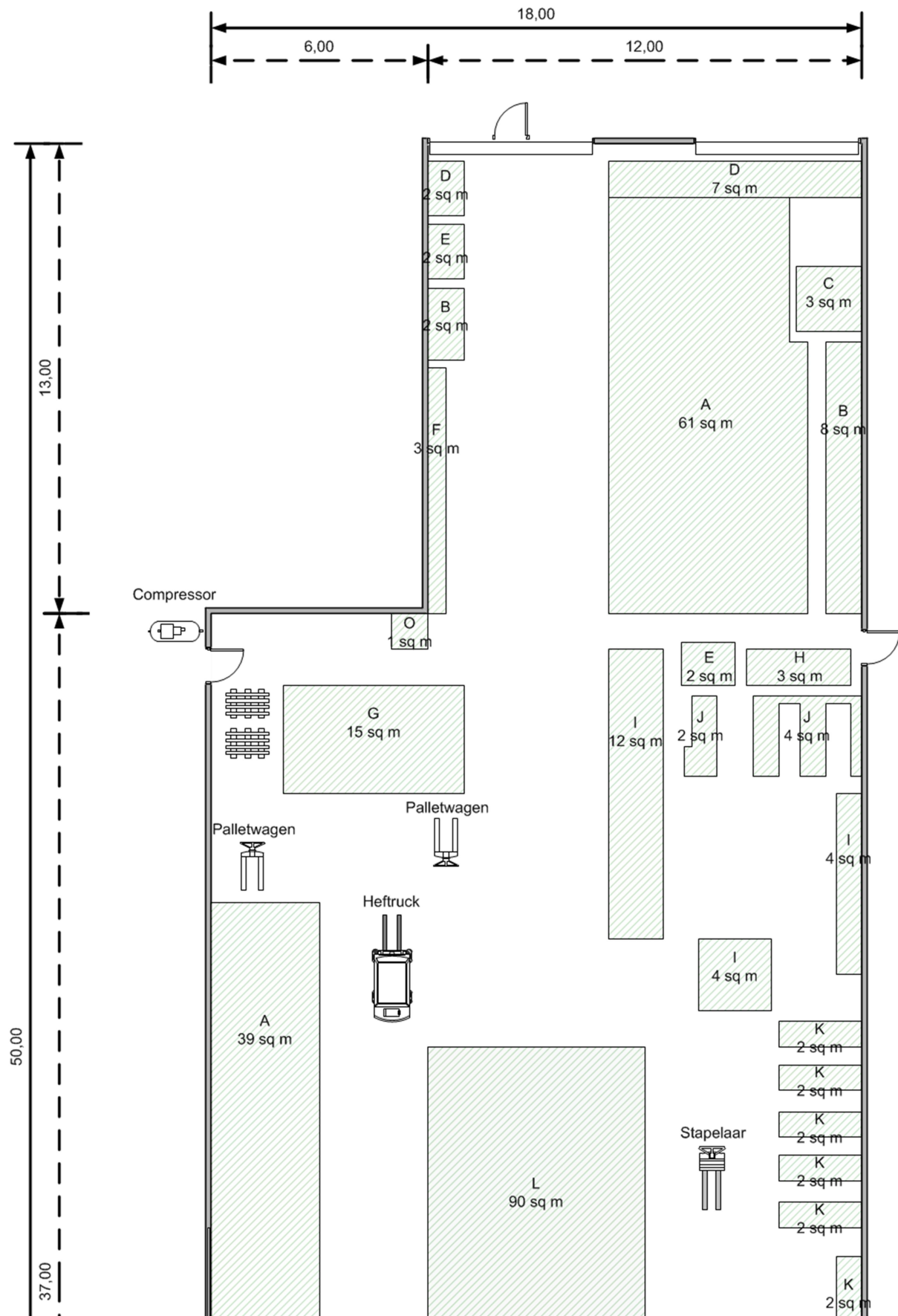
Vertrouwelijk

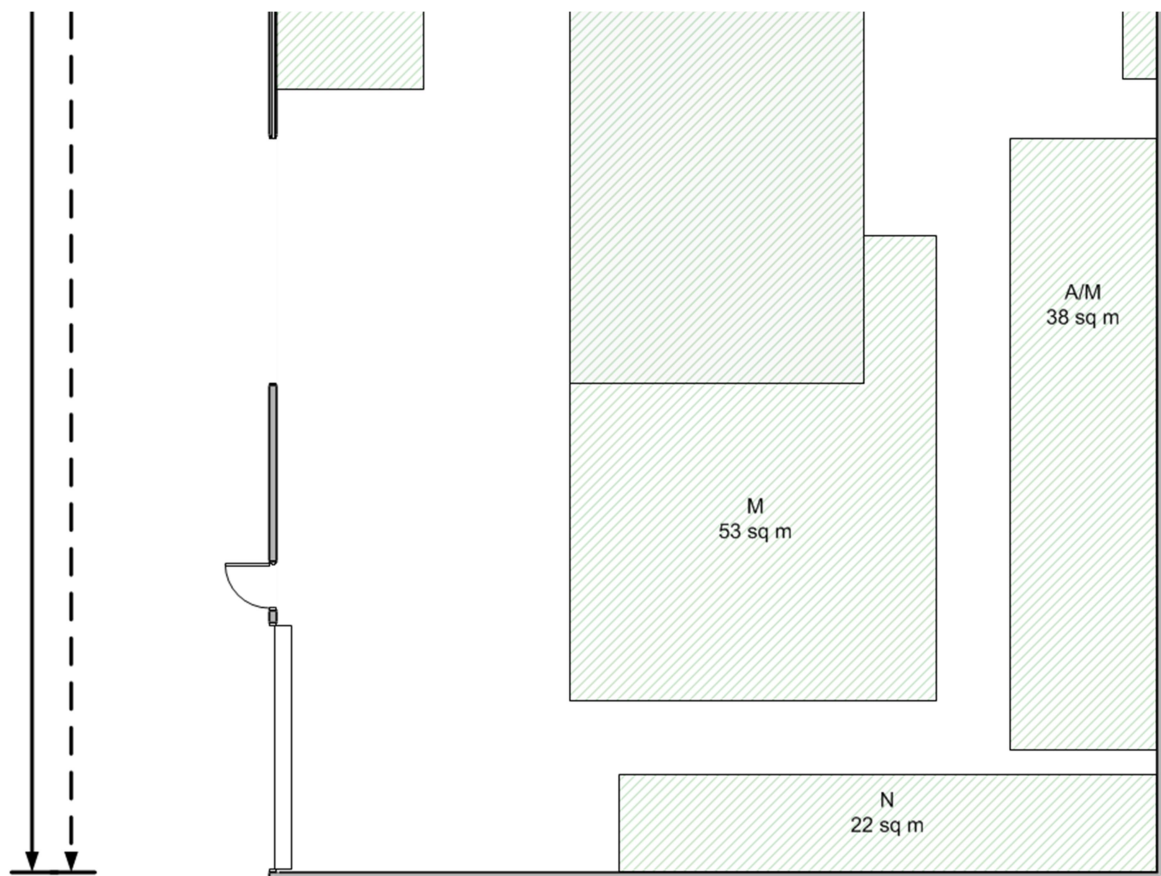
Tabel A-1: Onderdelen type 2 product



Tabel B-1: Afzetlijst producten Bedrijf

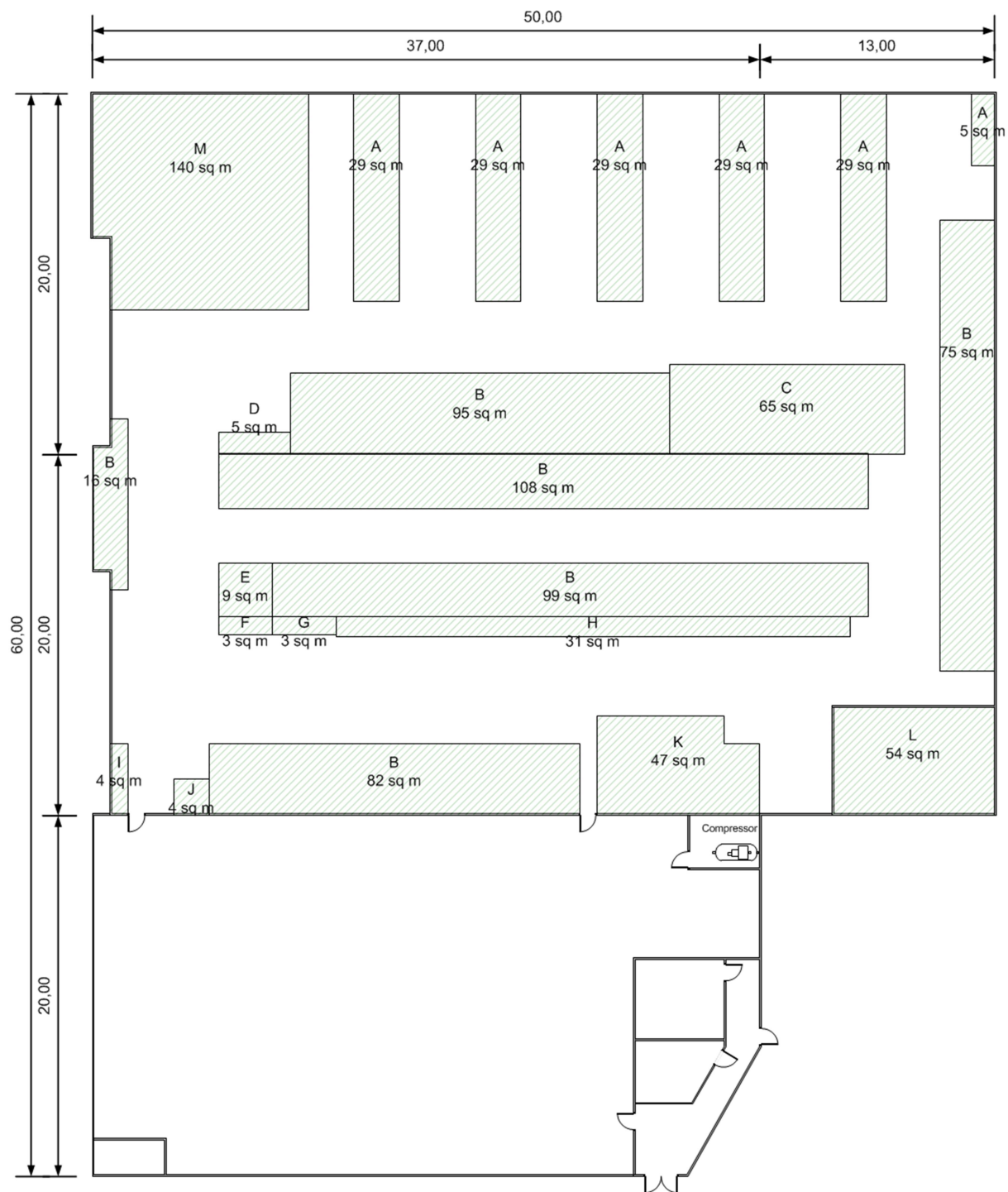
C ASSEMBLAGEHAL PARTNERBEDRIJF HUIDIGE SITUATIE





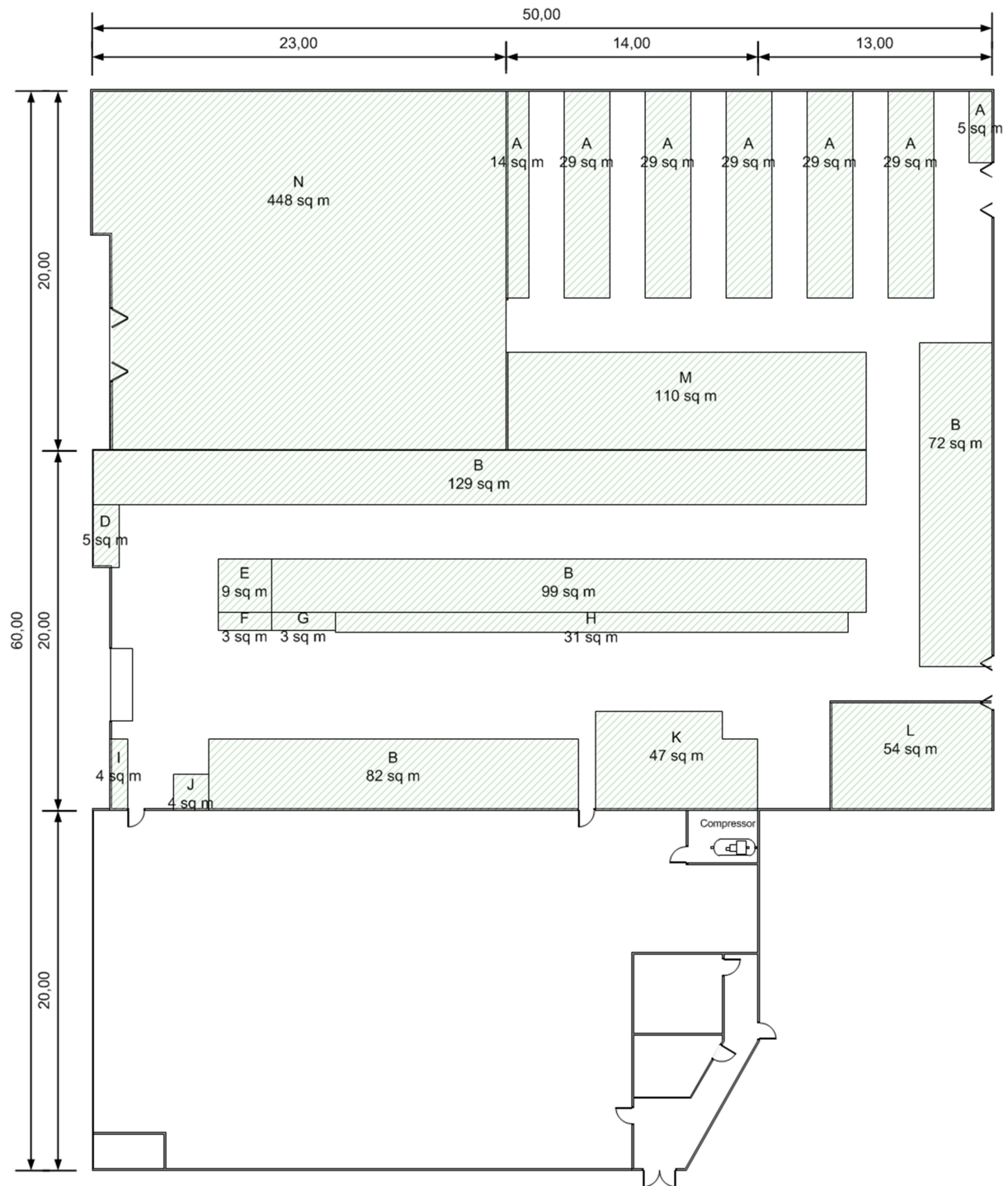
Figuur C-1: Huidige situatie assemblagehal Partnerbedrijf

D MAGAZIJN BEDRIJF HUIDIGE SITUATIE

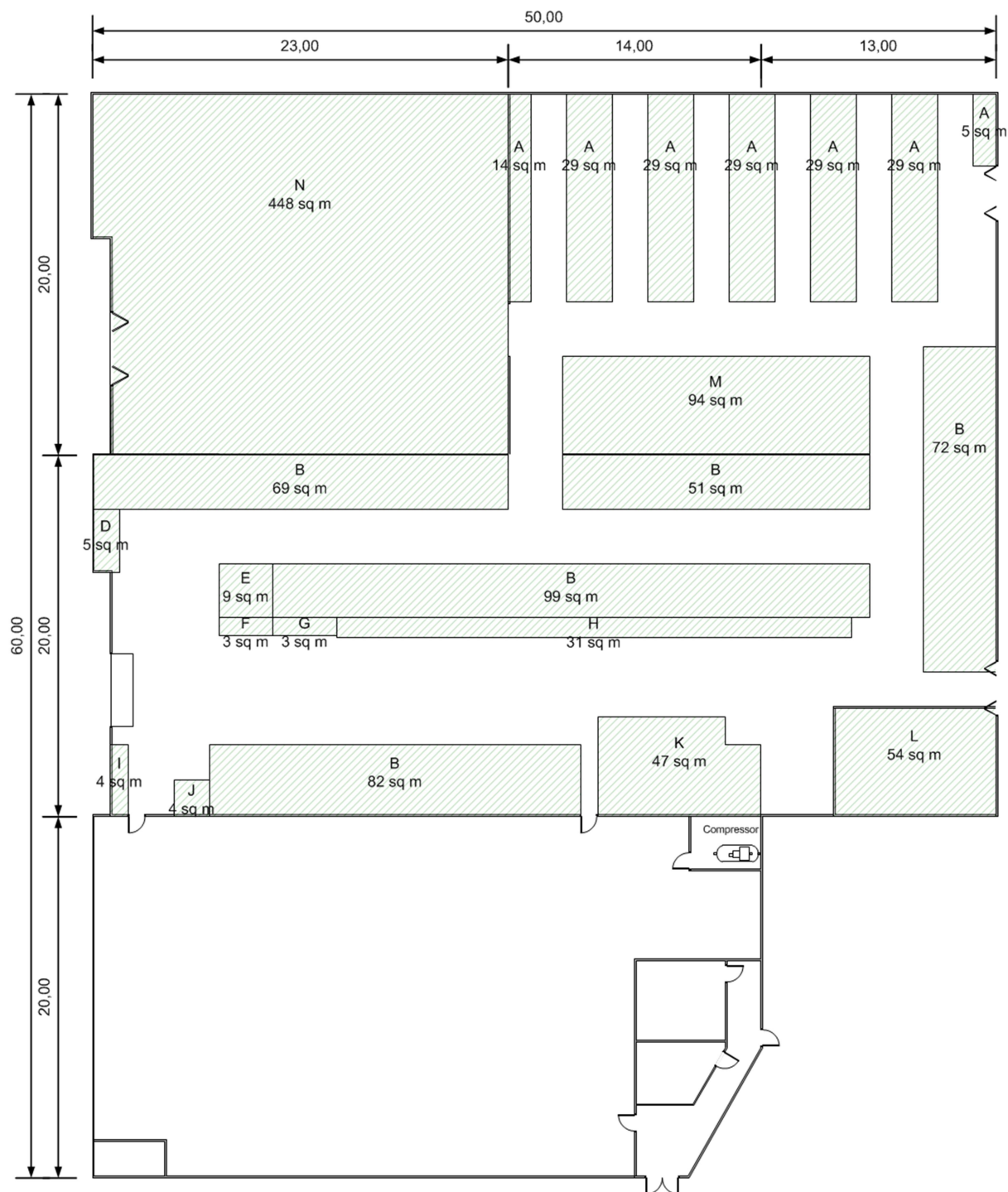


Figuur D-1: Huidige situatie magazijn Bedrijf

E SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING FASE 2 BEDRIJF

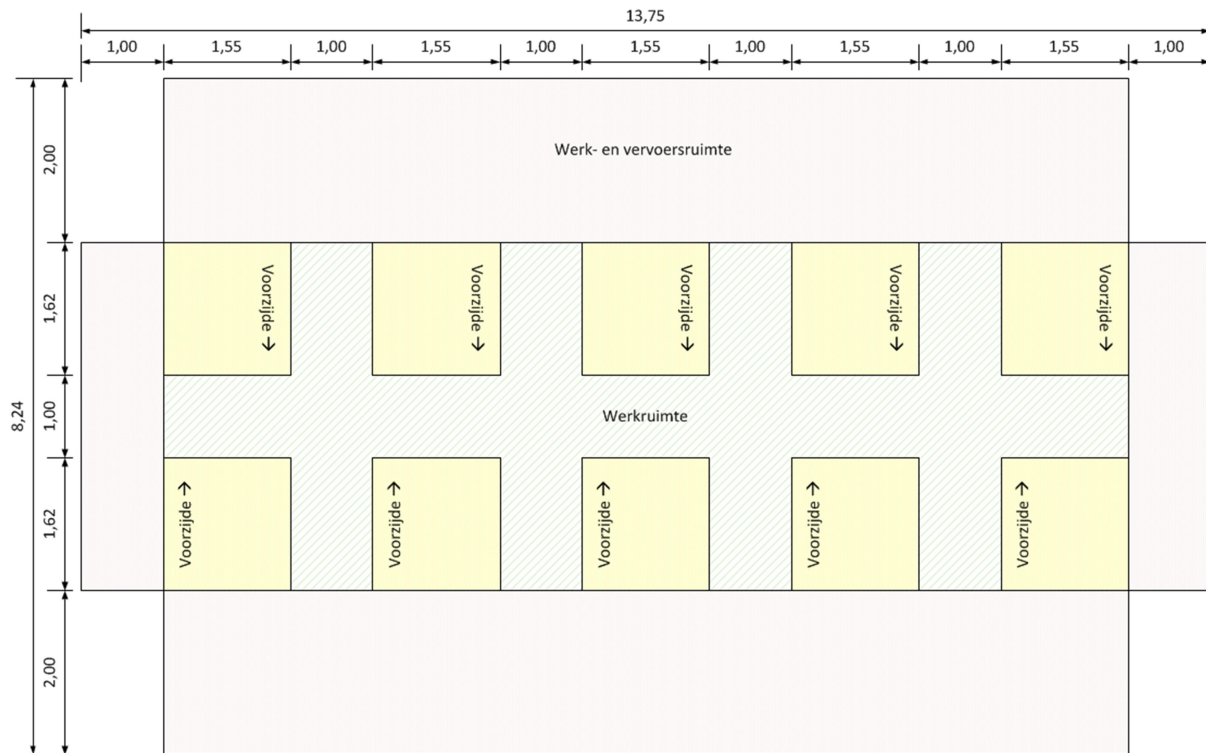


Figuur E-1: Nieuwe layout Bedrijf exclusief tweede doorgang

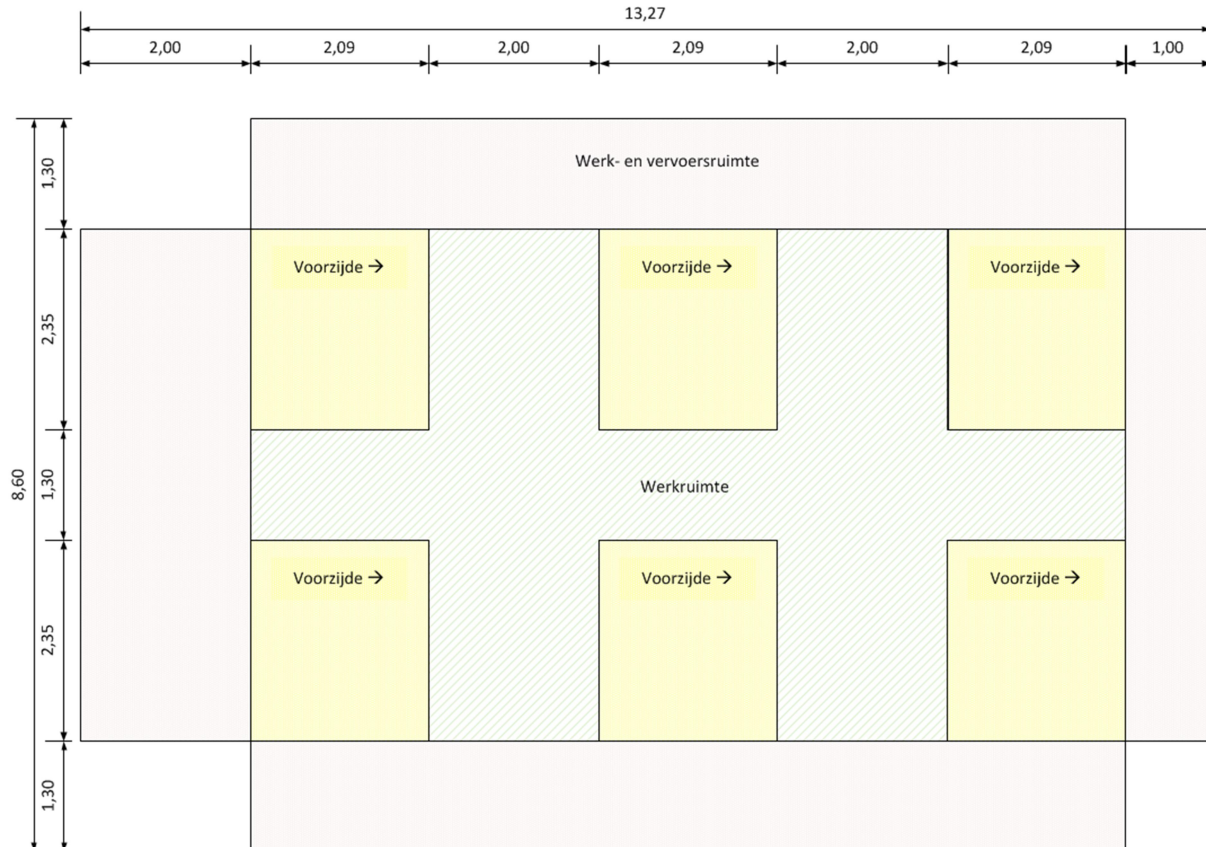


Figuur E-2: Nieuwe layout Bedrijf inclusief tweede doorgang

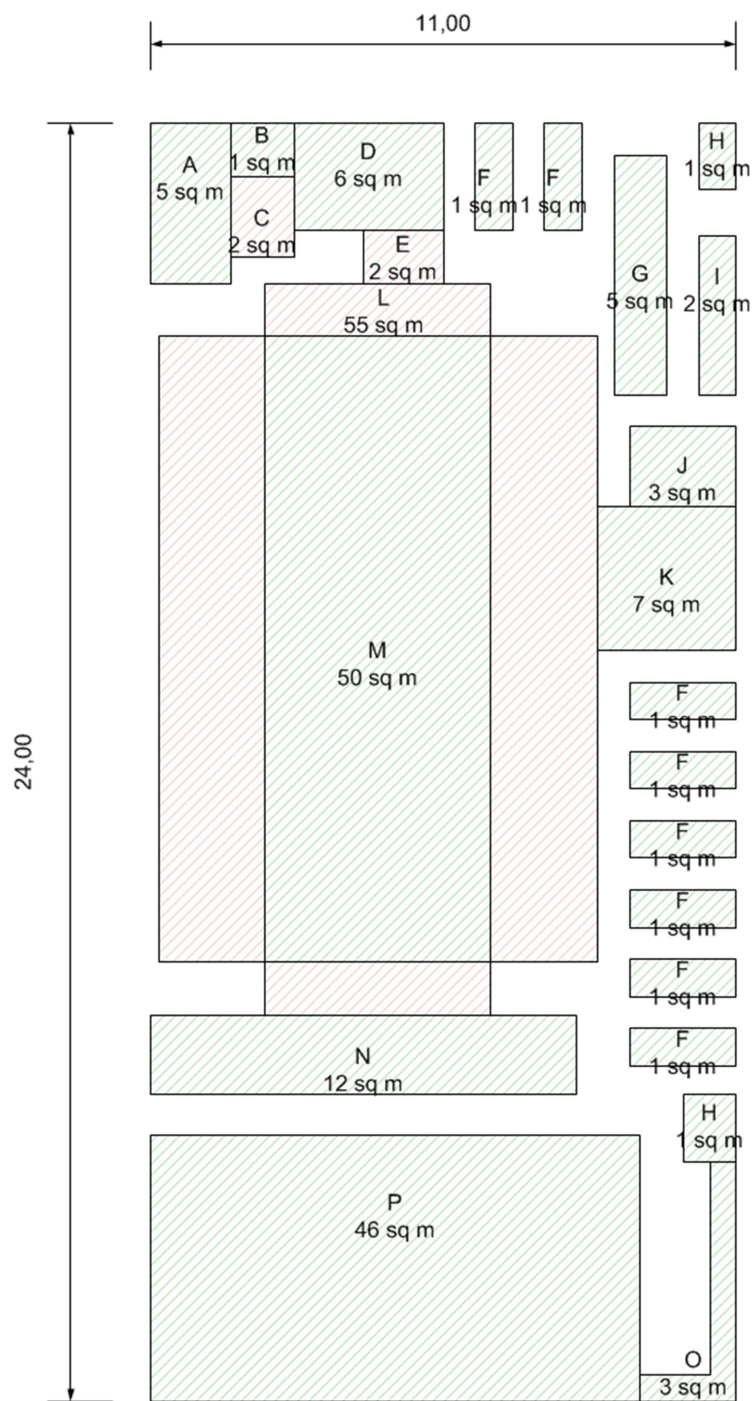
F SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING FASE 3 BEDRIJF



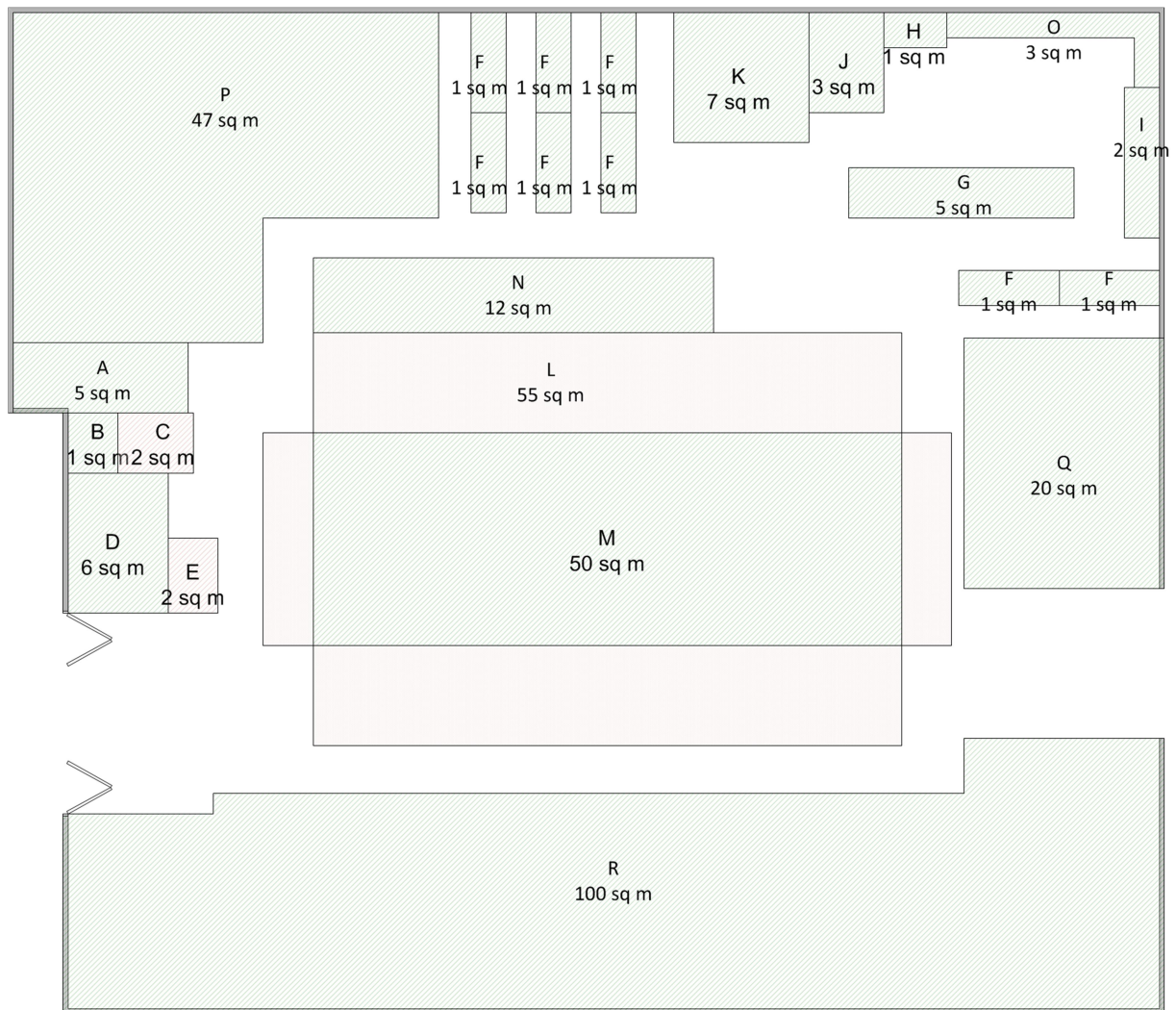
Figuur F-1: Benodigde ruimte productmontage (10x Productnaam 1 model)



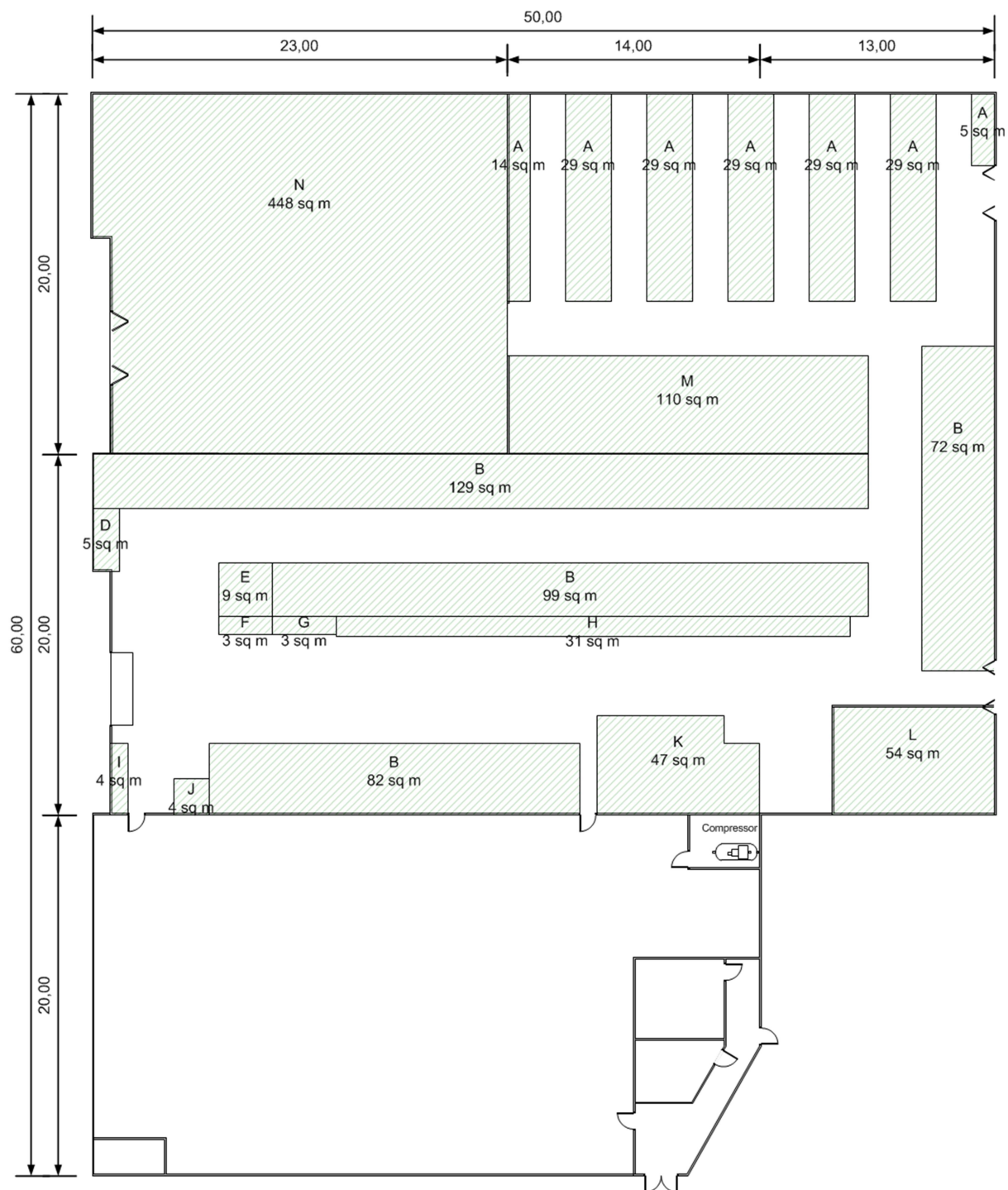
Figuur F-2: Benodigde ruimte productmontage (6x Productnaam 1 model)



Figuur F-3: Minimale ruimte voor assemblage



Figuur F-4: Assemblage-afdeling Bedrijf met horizontale werkplek



Figuur F-5: Assemblage-afdeling Bedrijf met verticale werkplek

G ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS

	Kwaliteit	Levertijd	Afhankelijkheid	Flexibiliteit	Efficiëntieverbeteringen	Net Present Value	Terugverdiëntijd	Priority Vector
Kwaliteit	1	3	3	5	1/3	1/3	5	0,186
Levertijd	1/3	1	1	3	1/3	1/3	3	0,095
Afhankelijkheid	1/3	1	1	3	1	1/3	3	0,123
Flexibiliteit	1/5	1/3	1/3	1	1/5	1/3	1	0,043
Efficiëntieverbeteringen	3	3	1	5	1	3	5	0,289
Net Present Value	3	3	3	3	1/3	1	5	0,225
Terugverdiëntijd	1/5	1/3	1/3	1	1/5	1/5	1	0,039
C.R.								8,3%

	Partnerbedrijf	Bedrijf	Partnerbedrijf Huidig	Priority Vector		Partnerbedrijf	Bedrijf	Partnerbedrijf Huidig	Priority Vector
Kwaliteit					Levertijd				
Partnerbedrijf	1	1/3	1	0,187	Partnerbedrijf	1	3	1	0,429
Bedrijf	3	1	5	0,655	Bedrijf	1/3	1	1/3	0,143
Partnerbedrijf Huidig	1	1/5	1	0,158	Partnerbedrijf Huidig	1	3	1	0,429
C.R.				2,8%	C.R.				0,0%
Afhankelijkheid					Flexibiliteit				
Partnerbedrijf	1	1/7	1	0,120	Partnerbedrijf	1	5	1	0,455
Bedrijf	7	1	5	0,746	Bedrijf	1/5	1	1/5	0,091
Partnerbedrijf Huidig	1	1/5	1	0,134	Partnerbedrijf Huidig	1	5	1	0,455
C.R.				1,2%	C.R.				0,0%
Efficiëntieverbeteringen					Net Present Value				
Partnerbedrijf	1	1/3	5	0,303	Partnerbedrijf	1	9	5	0,723
Bedrijf	3	1	5	0,607	Bedrijf	1/9	1	1/5	0,061
Partnerbedrijf Huidig	1/5	1/5	1	0,090	Partnerbedrijf Huidig	1/5	5	1	0,216
C.R.				13,2%	C.R.				11,5%

Terugverdiëntijd	Partnerbedrijf	Bedrijf	Partnerbedrijf Huidig	Priority Vector
Partnerbedrijf	1	9	1/2	0,368
Bedrijf	1/9	1	1/9	0,052
Partnerbedrijf Huidig	2	9	1	0,579
			C.R.	5,2%

Eindscore	Kwaliteit	Levertijd	Afhankelijkheid	Flexibiliteit	Efficiëntieverbeteringen	Net Present Value	Terugverdiëntijd	Priority Vector
Partnerbedrijf	0,035	0,041	0,015	0,019	0,088	0,163	0,014	0,375
Bedrijf	0,122	0,014	0,091	0,004	0,176	0,014	0,002	0,422
Partnerbedrijf Huidig	0,029	0,041	0,016	0,019	0,026	0,049	0,023	0,203

Tabel G-1: Analytical Hierarchy Process berekeningen