



**UNIVERSITY
OF TWENTE.**

PROCESBEHEERSING DOOR SINGLE PIECE FLOW

De implementatie bij de Pneumatisch Bediende Afsluiters

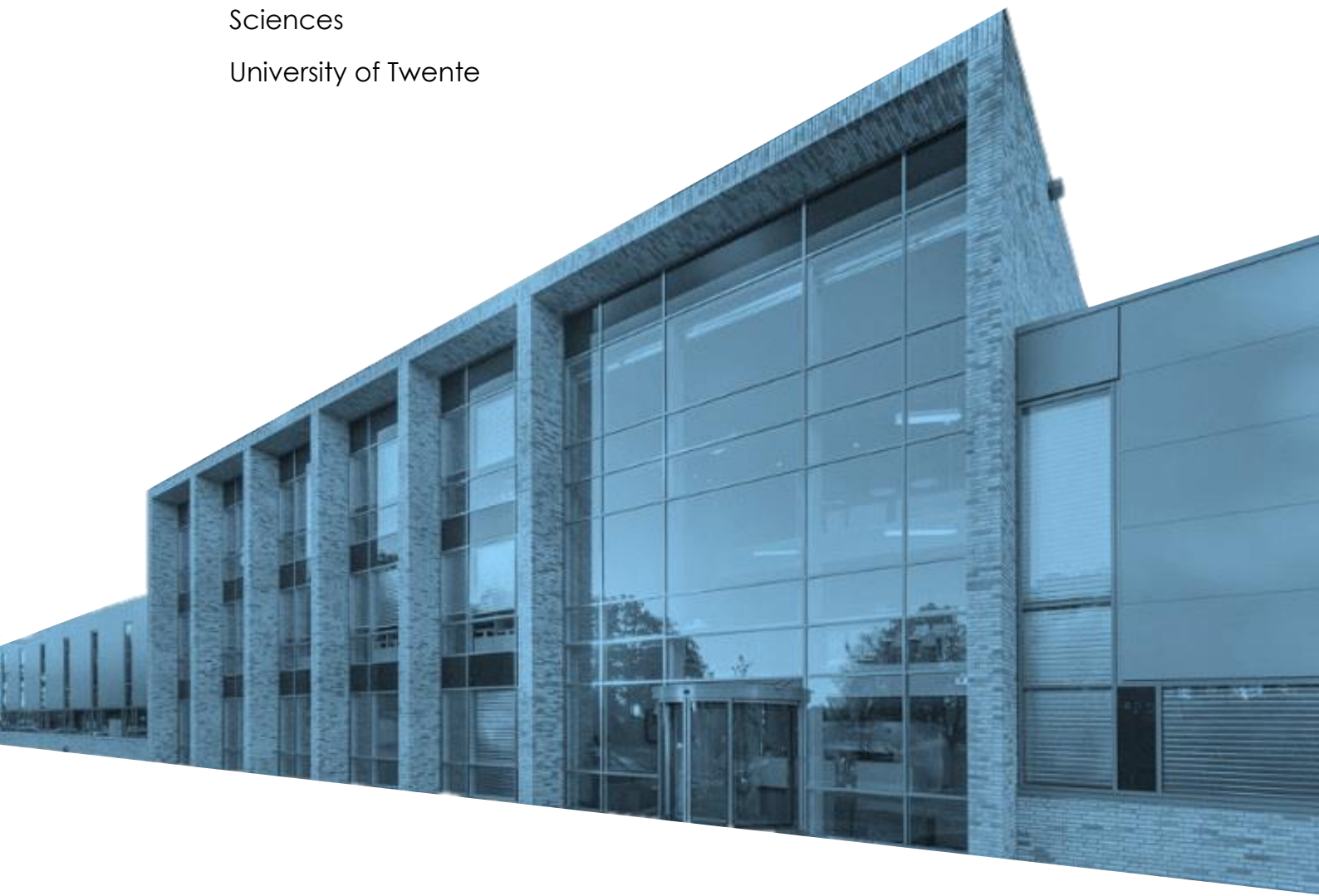
Joris Petter

December 2017

Technische Bedrijfskunde

Behavioural Management and Social
Sciences

University of Twente





PROCESBEHEERSING DOOR SINGLE PIECE FLOW

Bachelor Thesis Technische Bedrijfskunde

Hengelo, Overijssel

December 2017

Auteur

Joris Petter
s1570692
Bachelor Technische Bedrijfskunde

HP Valves BV

Haaksbergerstraat 55
7550 LA, Hengelo
Nederland
+31 (0)74 782 0000

Begeleider HP Valves BV

Mw. M. Pibia
Plant Manager
Lean/ Process Engineer

University of Twente

Drienerlolaan 5
7522 NB, Enschede
Nederland
+31 (0)53 489 9

Begeleiding University of Twente

Dr. Ir. L. L. M. van der Wegen
Dr. Ir. N. J. Borgman
Behavioural Management and Social Sciences

VOORWOORD

Voor U gepresenteerd is het schriftelijke rapport ter afronding van mijn Bachelor Technische Bedrijfskunde aan de Universiteit Twente. In de periode van begin september tot begin december heb ik met veel passie en plezier onderzoek mogen doen bij HP Valves in Hengelo.

In deze periode heb ik veel contact gehad met de mensen op de werkvloer en Monica Pibia, mijn begeleider van HP Valves. Ik wil HP Valves graag bedanken voor de mogelijkheden die ik gekregen heb gedurende het onderzoek. Hierdoor heb ik een goed beeld kunnen krijgen van het bedrijf en heb ik mij kunnen inzetten om het maximale te bereiken tijdens dit onderzoek. Door de medewerking van iedereen binnen HP Valves, heb ik dit onderzoek met veel plezier afgrond.

Verder wil ik graag Leo van der Wegen en Nardo Borgman, mijn afstudeerbegeleider en meelezer van de Universiteit van Twente, bedanken voor de prettige begeleiding tijdens dit onderzoek in de vorm van feedback en adviezen.

Ik wens U veel plezier tijdens het lezen van mijn verslag.

Joris Petter
december 2017

MANAGEMENTSAMENVATTING

In dit verslag is te lezen op welke wijze onderzoek gedaan is bij HP Valves in Hengelo. Bij de afmontage van de Pneumatic Operated Valves lag de montagetijd te hoog. Dit resulteerde in een grote afwijking van de voorcalculatie ten opzichte van de nacalculatie. Bij de verhuizing in september 2016 heeft HP Valves de Lean filosofie tot zich genomen bij het ontwerpen van de productiehuis. Een *Lean-tool* die HP Valves hanteert in de fabriek is *single piece flow*. Dit was nog niet volledig geïmplementeerd bij de afmontage van de POV's. HP Valves wil graag dat de werkvloer van de afmontage van de POV's toegankelijk wordt om met *single piece flow* te werken. Hierdoor kunnen de voor- en nacalculatie dicht bij elkaar gebracht worden. Doordat deze in de huidige situatie veel van elkaar afwijken en ook veel variëren is het voor HP Valves lastig om een correcte voorcalculatie te berekenen. Door een geschikte werkplek te creëren, worden de doorlooptijden stabiel. Dit leidt er toe dat HP Valves op basis van deze doorlooptijden een beter passende voorcalculatie kan maken. Hierdoor zal de algehele planning ook aangescherpt worden. Aan de hand van vijf deelvragen, wordt in dit verslag onderzocht hoe dit probleem opgelost kan worden. Met de uitkomsten van de vijf deelvragen kan antwoord gegeven worden op de volgende onderzoeksvraag:

'Hoe kan single piece flow het beste worden geïmplementeerd op de afmontage van de pneumatisch bediende afsluiters?'

Gedurende het onderzoek is een analyse gedaan op de werkvloer, om zo de werkwijze of de afdeling in kaart te brengen. Tijdens deze analyse kwamen zes oorzaken naar voren die samen tot één kernprobleem leiden; ***een inefficiënte inrichting van de werkvloer.***

Beweging op de werkvloer:

Gedurende de afmontage van de POV's vinden er veel fysieke bewegingen plaats. Er moet veel op en neer gelopen worden om onderdelen en gereedschap te kunnen pakken. Terwijl er gelopen wordt, staat het montageproces stil doordat de POV statisch op een montagetafel staat.

Onnodige handelingen:

Bij de afmontage van de POV's moeten veel handelingen plaatsvinden, voordat het proces afgerond is. Een aantal van deze handelingen zijn voor de klant niet waardetoevoegend. Dit zijn handelingen als het plakken van stickers, het voorboren van gaten en het in- en uitklokken. Door het verplaatsen van deze activiteiten naar andere werkstations, waar geen bottleneck zit, kan het proces gestroomlijnd worden.

Gebruik van de werkvloer:

De werkvloer heeft een totale oppervlakte van 6 bij 13 meter. Echter wordt de effectieve werkruimte beperkt tot 6 bij 6 meter door de indeling. Daarnaast komen de afsluiters niet via twee, maar via één baan binnen op de afdeling door een fout in het systeem. Al met al wordt er maar gebruik gemaakt van een afdeling van 3 bij 6 meter. Zoals genoemd bij ***beweging op de werkvloer***, wordt er veel gelopen op de afdeling. De vele bewegingen vinden dus plaats op het beperkt beschikbare stuk werkvloer.

Vorbereiding:

Voordat de afmontage van de POV's van start kan gaan, moeten de onderdelen eerst voorgesamonteerd worden. Echter worden deze onderdelen per gehele order aangeleverd op de afdeling, waardoor de voorbereiding onoverzichtelijk is. De voorbereiding kost hierdoor ook veel tijd.

Tijdsregistratie:

Doordat de tijdsregistratie handmatig gedaan wordt door de monteurs, via een tablet, zal dit slechts een indicatie geven hoe lang de monteurs daadwerkelijk bezig zijn met de montage. Daarnaast wordt de tijd ook beïnvloed doordat er regelmatig orders gereed gemeld worden zodat er aan twee afsluiters tegelijk gewerkt kan worden. In het systeem moet dit wel weer teruggedraaid worden, anders kan er geen informatie over de POV opgevraagd worden.

Fouten aan de lijn:

Als een POV het werkstation binnenkomt met een afwijking, dan is het voor de monteurs niet mogelijk deze terug te sturen. Hierdoor komt het gehele proces stil te liggen en wordt veel montagetijd verloren.

HP Valves heeft tevens aangegeven dat het ontwerp van de POV nog niet gestandaardiseerd is. Nadere analyse toont aan dat de oorzaken **'Beweging op de werkvloer'** en **'Onnodige handelingen'** leiden tot een tweede kernprobleem, namelijk **een onvolledig gestandaardiseerd ontwerp van de POV**.

De twee genoemde kernproblemen zorgen er gezamenlijk voor dat er in de huidige situatie een efficiëntie behaald wordt van **slechts 86%**. Dit tekort in efficiëntie resulteert zich in een montagetijd die 16% langer duurt dan vooraf gecalculeerd. Doordat de montage gemiddeld 16% langer duurt, kunnen er op jaarbasis gemiddeld **158 POV's minder gemaakt worden per monteur**. Deze tijd wordt nu gebruikt om de huidige orders te verwerken. Deze uren moeten alsnog worden uitbetaald. **Dit is een kostbare verspilling binnen HP Valves**.

Om de efficiëntie te verhogen is er een nieuwe werkwijze ontwikkeld voor de afmontage van de POV's. Om deze nieuwe werkwijze goed te kunnen implementeren wordt gebruik gemaakt van een gestructureerd stappenplan waarbij er gekeken wordt welke investeringen gedaan moeten worden en wanneer stappen ondernomen moeten worden. Dit stappenplan is verdeeld in een aantal aspecten die aangeschaft moeten worden. Hier gaat het om een nieuwe werktafel, aanvulling van onderdelen langs de lijn en een mobiele assemblage tafel.

Bij de nieuwe werkwijze wordt er gebruik gemaakt van **twee parallelle werktafels van 5 meter lang en 0,5 meter breed**. Deze lange werktafels zullen verdeeld worden in vijf segmenten. Achtereenvolgens *voorbereiding, bekabeling/ switchers, drukmeter + tubing, afronding* en *test*. Bij elk van deze segmenten

hangt alleen het benodigde gereedschap, waardoor vergissen in gereedschap wordt voorkomen en snelheid behouden kan worden.

De POV, die in de huidige situatie op een montagetafel gezet wordt, **zal nu op een mobiele assemblage tafel gelegd worden**. Deze tafel, ook wel **de Petter Assembly Vehicle (PAV)**, bestaat uit twee V-vormen waar de flensen van de POV in gekanteld kunnen worden. Door de V-vorm zullen er twee werkvlakken boven komen te liggen waar gemakkelijk de montage plaats kan vinden. De monteur zal in de nieuwe situatie de POV op de PAV mee kunnen nemen langs de lange werktafel, waardoor een continue beweging, een flow, wordt gecreëerd. Doordat de voorbereiding al plaats heeft gevonden bij het eerste segment, is het afmonteren van de sub-assemblies de stap die moet gebeuren langs de lijn. Deze voorbereiding kan nog gereduceerd worden door de standaardisatiestappen die HP Valves aan het ontwikkelen is door te voeren.

Door deze gecreëerde flow hoeft er niet meer gelopen te worden voor materiaal of gereedschap. Elke fysieke loopbeweging die plaatsvindt tijdens de afmontage is met de POV. Door het gebruik van deze nieuwe inrichting met de PAV een besparing **opleveren van rond de 16% welke gelijk staat aan het te kort veroorzaakt door een inefficiënte werkwijze**.

Om deze volledige verandering door te kunnen voeren **moet er een investering gedaan worden van ca. €7.600**. Door deze investering te doen zal het probleem oplossen bij de afmontage van de POV's waardoor de kwaliteit verhoogd zal worden en het aantal afgemonteerde POV's met 158 kan toenemen per werknemer in een jaar tijd.

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord	ii
Managementsamenvatting	iii
Inhoudsopgave	v
1. Introductie	1
1.1 HP Valves	1
1.2 Het proces	1
1.2.1 Algemeen	2
1.2.2 Afmontage van POV's	2
1.3 Problemen	4
1.4 Betrokkenen	4
1.5 Onderzoeksvragen	5
1.6 Restricties en eisen	6
2. Theoretisch kader	7
2.1 Lean Manufacturing	7
2.1.1 The house of Lean	8
2.1.2 De 8 verspillingen	8
2.1.3 Single piece flow	9
2.1.4 Prinzep der Perlenkette	10
2.1.5 Beperkingen tijdens de implementatie van Lean	10
2.2 Alternatieve methoden	11
2.2.1 Six Sigma	11
2.3.2 Lean Six Sigma	11
2.3.3 Total Quality Management	11
2.3.4 Total Productive Maintenance	12
2.3.5 Lijn balanceren	12
2.2.6 Methoden op een rijtje	12
2.3 Conclusie	13
3. Huidige Situatie	14
3.1 Productie	14
3.2 Werkplek	16
3.2.1 Waardestroom	17
3.2.2 Beweging	19
3.3 Tijd	19
3.4 Conclusie	20
4. Probleemanalyse	21

4.1	Probleemkluwen.....	21
4.1.1	Overbodige beweging.....	22
4.1.2	Tijdrovende handelingen	22
4.1.3	Gebrekkig gebruik van de werkvloer.....	22
4.1.5	Tijdregistratie	23
4.1.6	Fouten aan de lijn	23
4.2	Value Stream Map.....	24
4.3	Uren	24
4.4	Besparing	26
4.5	Design.....	26
4.6	Conclusie	27
5.	Mogelijke oplossingen	28
5.1	Werkplekindeling	28
5.1.1	Globale inrichting.....	29
5.1.2	Indeling werktafel.....	29
5.1.3	Petter Assembly Vehicle	31
5.2	Standaardisatie ontwerp	33
5.3	Overige aanbevelingen	33
5.4	Conclusie	34
6.	Implementatieplan	36
6.1	Te implementeren	36
6.2	Checklist.....	36
6.2.1	Wat.....	37
6.2.2	Wie	37
6.2.3	Waar	37
6.2.4	Wanneer	37
6.2.5	Controle	38
6.2.6	Kosten	39
6.3	Conclusie	40
7.	Conclusie & discussie	42
7.1	Conclusie	42
7.2	Discussie	44
	Bibliografie.....	45
	Appendices	a
	Appendix A: Woordenlijst.....	a
	Appendix B: Literatuurstudie.....	b

B.1 Theoretisch kader.....	b
B.2 Zoekproces	b
Appendix C: Conceptmatrix Single Piece Flow	d
Appendix D: Flowchart	f
Appendix E: Value Stream Map	h
Appendix F: Besparing	i
Appendix G: Overwogen oplossingen	j
G.1 Stabiliseren.....	j
G.2 U-vorm	j
G.3 Kar gereedschap	j
G.4 Produceren in een lijn	k
Appendix H: Maattekening PAV	l
Appendix I: Kosten en Verdienmodel	m
Appendix J: Systematische weergaven werkvloer	n
J.1 Huidige situatie.....	n
J.2 Spaghettidiagram	o
J.3 Verbetersuggestie	p

1. INTRODUCTIE

HP Valves is een bedrijf dat gespecialiseerd is in het maken van verschillende typen hogedrukafsluiters voor energiecentrales over de gehele wereld. De afsluiters kunnen dusdanig gemonteerd worden dat aan verschillende eisen van de klant voldaan wordt. Het volgende onderzoek heeft plaatsgevonden bij HP Valves. Om een goed beeld te krijgen van het product en de productie wordt in dit eerste Hoofdstuk een introductie gegeven over HP Valves (Sectie 1.1), het productieproces (Sectie 1.2) en de aanleiding tot het onderzoek (Sectie 1.3). Hierbij is ook gekeken naar de verschillende stakeholders tijdens het onderzoek in Sectie 1.4. Aan de hand van de gegevens die verzameld zijn, is er een onderzoeksplan gemaakt. Dit onderzoeksplan is opgebouwd uit één hoofdvraag die beantwoord wordt met behulp van de vijf deelvragen. Deze vragen worden besproken in Sectie 1.5. Tijdens het onderzoek zijn er door HP Valves verschillende restricties en eisen opgesteld waar mee gewerkt moet worden. Deze worden besproken in Sectie 1.6.

1.1 HP Valves

HP Valves is een bedrijf dat sinds september 2016 in Hengelo gevestigd is. Hiervoor stond de productiehal in Oldenzaal. HP Valves heeft haar nieuwe productiehal volledig ingericht volgens de verbeterfilosofie 'Lean', waar in Oldenzaal al delen werden gebruikt van deze filosofie. Binnen deze filosofie ligt de nadruk op de continue verbetering in het productieproces. Sinds de verhuizing werkt HP Valves met een CALDAN-baan; een rail waaraan de producten, hangend, per stuk worden vervoerd door de gehele fabriek. De verschillende productiestappen worden in *single piece flow* uitgevoerd. Dat wil zeggen dat de producten per één stuk vervoerd worden en ook op deze wijze bewerkt zullen worden. Producenten per batch is hierdoor uitgesloten. Naast het productieproces veranderen met een Lean denkwijze, zijn er nog een aantal aspecten veranderd in de fabriek. Voorbeelden hiervan zijn het invoeren van serienummers, werken met labels en werken met Automatic Guided Vehicles (AGV) die zorgen dat goederen verplaatst kunnen worden met aansturing van het ERP systeem Isah.

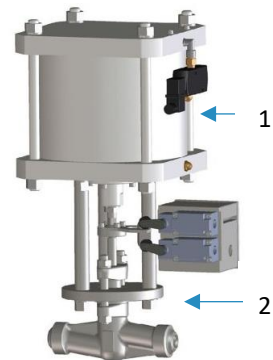
Bij sommige werkstations wordt er met een pick-to-light systeem gewerkt. Dit systeem zorgt er voor dat langs de productielijn bij verschillende onderdelenbakjes een lampje gaat branden wanneer deze nodig zijn tijdens de montage. Het pick-to-light systeem wordt in Sectie 3.1 uitgebreider toegelicht. Het inregelen van het systeem zoals het pick-to-light systeem was geen vanzelfsprekende stap, dit heeft dus veel aandacht en tijd gekost. Daardoor kon deze tijd niet geïnvesteerd worden in andere

projecten zoals de afmontage van de pneumatisch bediende afsluiters. In de fabriek die in Oldenzaal stond, werden de afsluiters in batch verwerkt. Dit wil zeggen dat men bijvoorbeeld drie afsluiters tegelijkertijd ging behandelen, omdat dit gelijke afsluiters waren. Dit is op de nieuwe baan niet meer mogelijk door de keuze voor single piece flow, waardoor de orders door elkaar lopen.

1.2 Het proces

Het eindproduct waar onderzoek naar gedaan is, is de pneumatisch bediende afsluiter. Deze worden ook wel Pneumatic Operated Valves, of POV's genoemd. Een POV is een afsluiter die door middel van hoge luchtdruk geopend en afgesloten kan worden. Op de afdeling waar de afmontage plaatsvindt, wordt de elektrische afwerking gedaan zodat de cilinder aangestuurd kan worden.

De afsluiters die volledig bewerkt en gespoten zijn, hoeven alleen nog deze laatste bewerking te ondergaan. Zoals in de introductie genoemd, is de afsluiter aangepast op alle klanteisen. In Sectie 1.2.1



Figuur 1.1: Pneumatic Operated Valve (HP Valves BV, 2017)

is toegelicht hoe de POV's volledig gebouwd worden. Hierna volgt toespitsing van de afmontage van pneumatisch bediende afsluiters in Sectie 1.2.2.

In Figuur 1.1 is een POV weergegeven. De POV is opgebouwd uit de cilinder (1) die door middel van een veersysteem met hoge luchtdruk een beweging kan genereren in het huis (2). Deze beweging zorgt er voor dat de afsluiter in het huis open of gesloten staat.

1.2.1 Algemeen

Globaal wordt een POV als volgt opgebouwd:

Het huis wordt machinaal bewerkt en gemonteerd. Terwijl dit plaatsvindt, worden de cilinders geassembleerd. Bij de cilindermontage worden de onderdelen gepakt volgens het pick-to-light systeem zodat de cilinder geassembleerd kan worden. Vervolgens komen het huis en de cilinder samen, deze worden aan elkaar bevestigd zodat de cilinder de stand van de het huis kan reguleren. Deze stand kan open of dicht zijn. Wanneer de cilinder en het huis bevestigd zijn, wordt de afsluiter weer aan de CALDAN-baan gehangen en naar de spuitrij vervoerd. Als de POV uit de spuitrij komt, zal de POV doorgaan naar de afmontage. Dit station is blauw weergegeven, omdat het onderzoek hier op zal focussen. Bij de afmontage bevinden zich twee montageplekken. Vanaf deze montageplekken gaat de volledig afgemonteerde POV naar een laatste controle. Als de POV goedgekeurd wordt, gaat deze naar expeditie. Dit gehele proces is schematisch weergegeven in Figuur 1.2.

Bij het station waar de samenstelling van de afsluiter met de cilinder plaatsvindt, is geen grote buffer beschikbaar. Daarom is er een limiet op de baan gesteld. Deze limiet zorgt er voor dat er maximaal 10 stuks tot aan deze

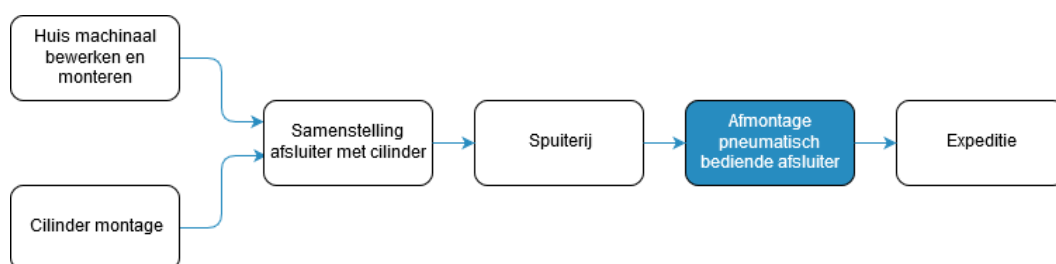
buffer in de baan kunnen hangen. Dit stuk baan bevindt zich tussen de machinale bewerking van het huis en de samenstelling van afsluiter met cilinder. Van de cilinders kunnen er wel meer aanwezig zijn, omdat deze niet via de lijn gaan maar op een pallet naar de afdeling worden gereden. Door deze limiet in te voeren kan de voorraad tot en met de spuitrij goed gecontroleerd blijven. Echter door de verschillende lakplannen lopen de orders in de spuitrij weer door elkaar. Dit zorgt er voor dat na de spuitrij meer dan 10 POV's in de baan kunnen hangen.

1.2.2 Afmontage van POV's

Bij de afmontage van de pneumatisch bediende afsluiters komen de afsluiters aan volgens de *single piece flow* methode. Wanneer deze via de CALDAN-baan aankomen, zullen ze bij het werkstation van de baan gehaald moeten worden, zodat de afsluiter stabiel op een werkbank gelegd kan worden. De afsluiters komen aan bij het werkstation zoals in Figuur 1.3 wordt weergegeven.

Via gate 2 en 3 worden de pneumatisch bediende afsluiters behandeld op de montagetafels die onder de baan weergegeven zijn. De baan boven de montagetafels heeft een stop boven de tafels. Hierdoor kunnen de POV's op de juiste plek van de baan gehaald worden. Via Gate 1 komen alle Motor Operated Valves, MOV's. Deze zijn weergegeven met gele lijnen.

In het blauw zijn in de Figuur de verschillende voorraadkasten weergegeven. Kast *nummer 1* is de kast waar per order de onderdelen worden neergezet die nodig zijn voor de afmontage van de POV's. Deze onderdelen worden in kratjes in deze kast neergezet. Deze blauwe kratjes worden door het magazijn ingepakt en neergezet. Het



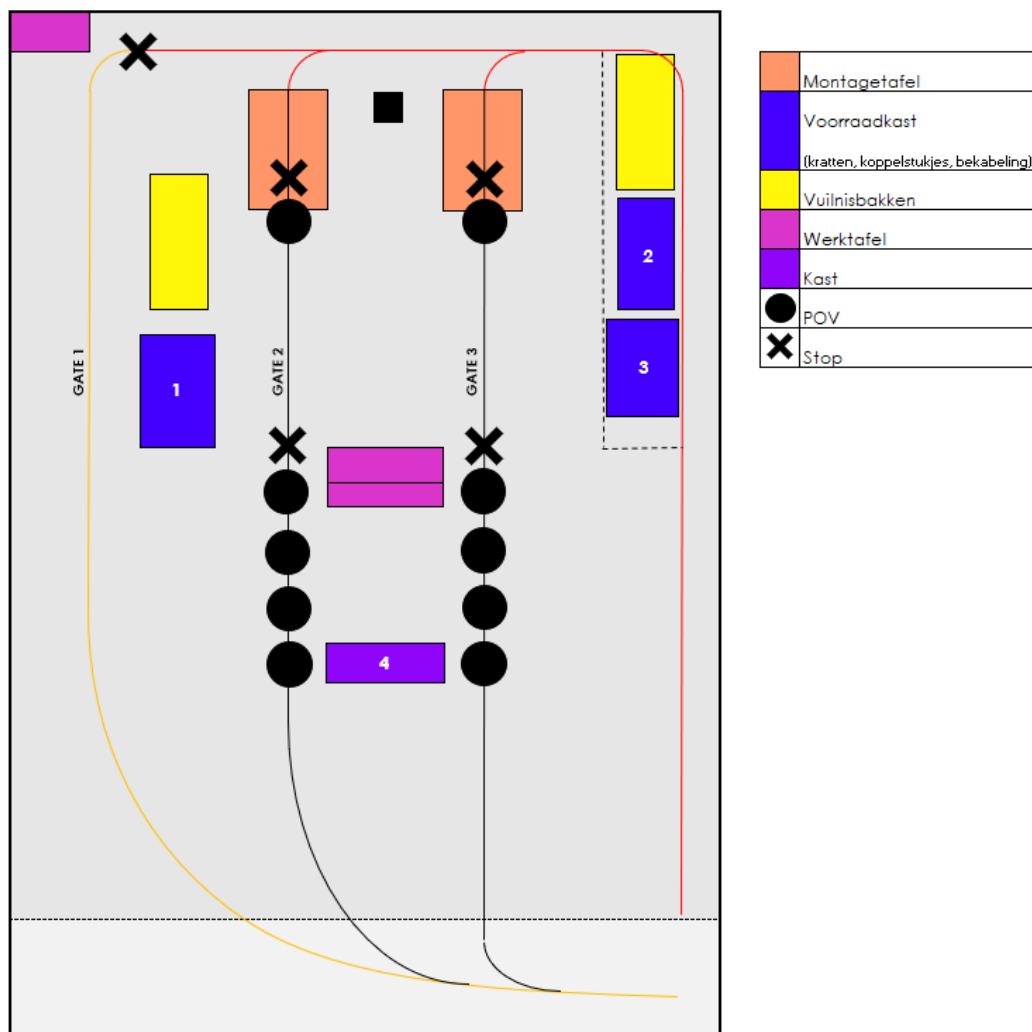
Figuur 1.2: Opbouw POV

klaarzetten van deze kratten gebeurt wanneer het huis afgewerkt wordt. Er wordt een signaal naar het magazijn gestuurd zodat de inhoud van de kratten verzameld kan worden. Dit verzamelen gebeurt ordergericht. Tussen het moment dat het signaal naar het magazijn gestuurd wordt en het moment dat de POV bij de afmontage aankomt, kan het soms een week duren. Dit heeft als gevolg dat het blauwe krat ook zo lang op de afdeling klaar staat.

Bij het afmonteren van een bepaald type POV is er bekabeling nodig om de onderdelen aan te sluiten en te laten werken. Deze bekabeling is te vinden op de werkvloer bij *nummer 2* in de Figuur. Daarnaast staat kast *nummer 3*, waar de verschillende koppelstukjes en buisjes te vinden zijn. Deze koppelstukjes en draden zijn onderdelen die nodig zijn, maar die niet in het magazijn worden gepickt.

Gedurende de afmontage wordt het blauwe krat gebruikt om de onderdelen uit te pakken en op de afsluiter te monteren. Deze losse onderdelen moeten vooraf nog wel geassembleerd worden. Dit zijn onderdelen zoals drukmeters, aanstuurboxen en afschermplaten. Om alle onderdelen in elkaar te zetten moet er van de montagetafel naar de werktafel op en neer gelopen worden. Dit moet gedaan worden omdat het gereedschap zich allemaal bij de werktafel bevindt. Daarom zal de assemblage uitgevoerd worden bij de werktafel maar de montage bij de montagetafel. Voor elk onderdeel wordt er op en neer gelopen.

Na de montage worden de POV's op een pallet gezet worden en wordt het karretje aan de CALDAN-baan leeg verder gestuurd, dit is weergegeven met rode lijnen in Figuur 1.3.



Figuur 1.3: Systematische weergave afmontage

1.3 Problemen

De bottleneck bij HP Valves zit op dit moment bij de afmontage van de POV's. Vanuit dit werkstation wordt er in de huidige situatie te weinig output gegenereerd, met als gevolg dat veel klantvragen niet nagekomen kunnen worden wat betreft levertijd. Mogelijke oorzaken hiervan zijn een onjuiste voorcalculatie, lage efficiëntie of lage capaciteit.

Bovengenoemde voorcalculatie geeft weer hoeveel tijd het kost om de POV af te monteren. Voordat de POV afgemonteerd wordt, wordt de voorcalculatie gemaakt en vastgelegd in het ERP-systeem, Isah. Deze tijd wordt in de meeste situaties niet gehaald. Dit probleem treedt op zowel wanneer het rustig is, en er dus geen nieuwe POV's klaar hangen in de buffer, als wanneer het druk is. Deze voorcalculatie lijkt niet correct te zijn, maar voor HP Valves ligt de prioriteit in de verbetering op de werkvloer. De verwachting is dat er veel verspilling plaatsvindt in het proces. Door dit te elimineren krijgt men een beter inzicht in de voorcalculatie. Op basis van deze verbetering kan er een juiste VC berekend worden. Deze blijft anders continu veranderen.

De tweede afweging die gemaakt wordt is of het een efficiëntie- of capaciteitsprobleem is. Zoals genoemd kunnen deze twee factoren ook het probleem vormen. Eerder werd ook al gesteld dat de tijd in elke toestand, rustig of druk, afwijkt. Daaruit wordt geconcludeerd dat het een efficiëntieprobleem betreft en geen capaciteitsprobleem. Desalniettemin, doordat er zo veel uitloop is, leidt dit tot een capaciteitsprobleem. Het hoofdprobleem dat hier onderzocht zal worden is de efficiëntie.

Het begrip efficiëntie wordt in deze Sectie genoemd, maar wat is efficiëntie eigenlijk? Volgens Slack is de throughput efficiëntie de verhouding tussen het resultaat en het offer dat daartoe geleverd is (Slack, Brandon-Jones, & Johnston, 2013). Hierbij kan een ook het verschil tussen norm en realiteit worden uitgedrukt, waarbij norm het resultaat is en realiteit staat voor het offer dat geleverd is. In deze situatie wordt de throughput efficiency gebruikt omdat deze wijze van berekenen

overeen komt met de berekenwijze van HP Valves. De throughput efficiency kan ook als volgt uitgedrukt worden:

$$efficiëntie = \frac{offer}{resultaat} \times 100$$

De Cambridge Dictionary voegt hier aan toe dat efficiëntie '*het goede gebruik van tijd en energie*' is '*dusdanig dat er weinig tot geen verspilling is*' (Cambridge University Press, 2017). Deze situatie, waar geen verspilling is, doet zich voor als norm en realiteit gelijk zijn. In Sectie 2.2.2 zal het inefficiënte gebruik van energie en tijd toegelicht worden.

1.4 Betrokkenen

Om het probleem op te lossen zijn er verschillende personen betrokken in dit proces. Management van HP Valves is een belangrijke betrokkene binnen dit proces. Vanuit Management worden verschillende restricties en eisen opgesteld (Sectie 1.6) die in acht genomen moeten worden tijdens het verbeterproces. Verbetersuggesties worden besproken met Management. Dit betreft alle verschuivingen en veranderingen.

Verder zijn de monteurs van de afdeling belangrijk, zij moeten werken met de veranderingen die worden doorgevoerd. Samen met de monteurs wordt er gekeken naar het proces, zodat deze verbeterd kan worden.

Naast het elimineren van de niet-waardetoevoegende stappen, kan het aanpassen van het design helpen in het verbeterproces. Het ontwerp van de POV's worden op de afdeling *Design* gemaakt. In samenspraak met deze afdeling kan er een standaardisatiestap gezet worden. Hierbij is ook het team van werkvoorbereiding nodig. Zij controleren welke handelingen verricht moeten worden, met welke onderdelen.

Om goede inzage te krijgen in de uren, wordt er gebruik gemaakt van het ERP systeem Isah. De werknemers schrijven op dit moment handmatig de uren. Deze geschreven uren kunnen vervolgens vergeleken worden met de norm. De norm is opgesteld door een werknemer binnen HP Valves die verantwoordelijk is voor de voorcalculatie. Norm en realiteit kunnen worden vergeleken.

1.5 Onderzoeksvragen

Doordat het afmonteren van een pneumatisch bediende afsluiter te veel tijd in beslag neemt, moet er een oplossing bedacht worden. Bij HP Valves ligt de voorkeur bij een *single piece flow* methode. De hoofdvraag van dit onderzoek is: *‘Hoe kan single piece flow het beste worden geïmplementeerd op de afmontage van de pneumatisch bediende afsluiters?’*

Door deze productie methode te implementeren, wordt het proces efficiënter. De implementatie veroorzaakt een verhoogde efficiëntie.

Om deze vraag te beantwoorden zullen er eerst een aantal andere vragen beantwoord moeten worden.

Deze deelvragen zijn te vinden in Tabel 1.1.

Tabel 1.1: Deelvragen

1. Wat is de aan te raden verbeterfilosofie voor HP Valves?

HP Valves heeft een single piece flow werkwijze toegepast in de fabriek na het solderen van het huis. Het bedrijf heeft aangegeven een voorkeur te hebben om met single piece flow te gaan werken op de afdeling waar de afmontage van de pneumatisch bediende afsluiters plaatsvindt, omdat de aanlevering op deze wijze plaatsvindt. In Hoofdstuk 2 zal allereerst de kennis over de filosofie ‘Lean’ worden uitgelegd. Vervolgens zal onderzocht worden wat single piece flow is en op welke manier dit geïmplementeerd kan worden. Om de kennis over single piece flow te vergaren is een literatuurstudie gedaan. Naast de Lean filosofie zijn er meerdere verbeterfilosofieën die in Hoofdstuk 2 aan bod zullen komen.

2. Hoe worden de pneumatisch bediende afsluiters opgebouwd en wat is specifiek voor de afmontage?

Om in kaart te brengen wat een POV is, wordt er meegekeken in de fabriek van HP Valves. Hier kan het gehele proces gevolgd worden en een tijdsgebonden overzicht gecreëerd worden om te zien welke handelingen daadwerkelijk waardetoevoegend zijn. Door het maken van een flowchart en een Value Stream Map zal het proces gedetailleerd beschreven kunnen worden. Dit staat in zijn geheel uitgewerkt in Hoofdstuk 3.

3. Wat zijn problemen bij de afmontage van de POV's en welke oorzaken horen hierbij?

In Hoofdstuk 4 wordt een overzicht gegeven van de problemen die zich op de afdeling voordoen. De problemen die gevonden zijn, worden onderzocht op causale verbanden om zo bij elk probleem een oorzaak aan te kunnen wijzen. Hier wordt ook rekening gehouden met welk probleem zwaarder meeweegt voor het proces. Het zwaarst wegende probleem wordt als eerst aangepakt zodat de meeste winst behaald kan worden.

4. Wat is de beste, mogelijke, oplossing voor HP Valves?

Hoofdstuk 5 zal bestaan uit twee onderwerpen, logistiek en design. Deze splitsing is gemaakt zodat de mogelijke oplossingen weergegeven worden voor de werkplek, die wellicht anders ingedeeld moet worden, of het design van de POV. De werkplek, looproutes en productaanvoer zijn van belang wanneer gekeken wordt naar het logistieke beeld van de assemblage. Daarnaast is het ontwerp van belang wanneer er standaardisatie stappen worden ondergaan. Ook vanuit dit oogpunt worden mogelijke oplossingen aangedragen. De mogelijke oplossingen worden bekeken en vergeleken, zodat de beste oplossing gekozen kan worden.

5. Welke implementatiestappen zijn aan te raden voor HP Valves?

Om de mogelijke oplossingen te implementeren is er een plan van aanpak nodig. Dit plan zal in Hoofdstuk 6 van dit verslag toegelicht worden.

1.6 Restricties en eisen

In dit onderzoek zullen er een aantal restricties zijn. Deze restricties hebben betrekking op de CALDAN-baan, de toelevering en het werkoppervlak. Naast de opgelegde restricties zijn er ook nog een tweetal eisen waar aan voldaan moet worden om de opdracht tot een goed einde te brengen.

Allereerst moet er rekening gehouden worden met de CALDAN-baan. De POV's komen nu via de baan aan en ook in de toekomstige situatie zal dit blijven gebeuren. De oplossing moet dus rekening houden met de CALDAN-baan. De POV wordt bij de kwaliteitscontrole voor de spuitrij opgehangen aan de CALDAN-baan. De wijze waarop de POV wordt opgehangen, hangt af van het type POV. Door de verschillende types POV's is het niet mogelijk om alle POV's op de zelfde manier op te hangen. Het verbetervoorstel moet dus ook rekening houden met de verschillende houdingen van de POV bij het binnenkomen op de werkplek.

Naast de CALDAN-baan zijn er restricties in de volgorde van de toelevering van het product. Door de baankomen alle producten in single piece flow aan. Dit kan niet worden aangepast. Dit moet dus doorgevoerd

worden in het verbetervoorstel. Dit heeft geen gevolgen voor de verdere behandeling van het product. Zoals genoemd bij de onderzoeksvragen (Sectie 1.5) is Verder moet er ook rekening gehouden worden met dat de POV's afgeplakt bij de afmontage aankomen. Dit is gedaan door de spuitrij, de laatste stap voor de afmontage.

Tot slot moet er rekening gehouden worden met het werkoppervlak. Het werkoppervlak is 6 meter breed en 13 meter lang. Dit is het maximale oppervlak dat gebruikt kan gaan worden. Er is binnen de fabriek geen ruimte om de werkvloer groter te maken bij de afmontage. Een van de oorzaken hiervan is de vorm van de CALDAN-baan. Deze staat vast en kan niet anders gepositioneerd worden.

Naast dit zestal restricties zijn een tweetal eisen waar aan voldaan moet worden. De huidige werkvloer is dusdanig ingericht dat er twee mensen tegelijk kunnen monteren. In de nieuwe situatie moet het mogelijk zijn om met meer dan twee mensen tegelijkertijd te gaan werken, zonder dat deze elkaar in de weg lopen. Verder is het van belang dat er ergonomisch verantwoord gewerkt kan worden.

2. THEORETISCH KADER

Om antwoord te kunnen geven op de eerste deelvraag, zal er gebruik gemaakt moeten worden van literatuur. De eerste deelvraag luidt: “Wat is de aan te raden verbeterfilosofie voor HP Valves?”. Om dit antwoord te vergaren is onderzoek gedaan naar de huidige verbeterfilosofie ‘Lean’. Hierbij is gekeken naar de tool single piece flow (Sectie 2.1). In het onderzoek wordt gekeken naar de voor- en nadelen zijn van single piece flow, maar ook wat de implementatiestappen zijn. Doordat er onderzoek is gedaan naar alternatieve verbeterfilosofieën in Sectie 2.2 is het mogelijk om een afweging te maken tussen het voortzetten van Lean of het implementeren van een alternatieve productiefilosofie. De best passende oplossing voor HP Valves wordt hier gekozen.

Een deel van de theorie over Lean Manufacturing was voorafgaand aan dit onderzoek al bekend. De theorie betreft single piece flow is verder onderzocht volgens een bepaald zoekproces. Dit zoekproces is te vinden in Appendix B.

2.1 Lean Manufacturing

Lean Manufacturing is een filosofie met verschillende betekenissen. De betekenis die gehanteerd is, is gebaseerd op de betekenis van Bicheno en Holweg. Deze luidt als volgt: Lean Manufacturing is een verbeterfilosofie met als intentie meer waarde te creëren, klantgerichter te zijn en minder verspillingen te hebben (Bicheno & Holweg, 2009). Het is een manier om je zelf voortdurend te blijven verbeteren, ook wel ‘continuously improving’.

Om deze punten te kunnen bereiken, werkt Lean met 5 principes:

1. Creëer waarde voor de klant

Het eerste principe van Lean zegt dat een producent moet kijken vanuit het perspectief van de klant, niet vanuit eigen perspectief. De focus moet dan ook vooral liggen op wat voor de klant wenselijk is.

2. Maak een waardestroom

Het maken van een waardestroom wil zeggen dat er gekeken wordt in het productieproces van voor naar achter hoe elk proces presteert. Door dit in kaart te brengen wordt snel duidelijk welke handelingen waardetoevoegend zijn en welke handelingen niet. Een logisch gevolg kan zijn om de niet-

waardetoevoegende handelingen te verwijderen uit het proces.

3. Zorg voor een goede flow in de waardeketen

Als een proces met een goede flow te maken heeft dan zal een product niet of nauwelijks stil staan. Het product zal soepel door het hele proces vloeien wat er toe zal leiden dat er per product heel snel geanticipeerd kan worden en dus de flexibiliteit heel hoog wordt. Om de ideale flow te bereiken, is het implementeren single piece flow een vereiste.

4. Creëer pull

In veel bedrijven wordt er geproduceerd op een push manier. Dit houdt in dat van onderuit de organisatie de producten door het bedrijf geduwd worden. Op deze manier werkt een bedrijf met een voorraad. Bij de pull stroom wordt er pas geproduceerd wanneer er nodig is, zo loop je niet tegen hoge voorraden aan.

5. Streef naar perfectie

Een bedrijf moet altijd streven naar het verbeteren van het proces naar de klant. De perfecte stroom voor de klant is het perfecte product, op het perfecte tijdstip, op de perfecte locatie, voor een perfecte prijs, zonder verspillingen.

2.1.1 The house of Lean

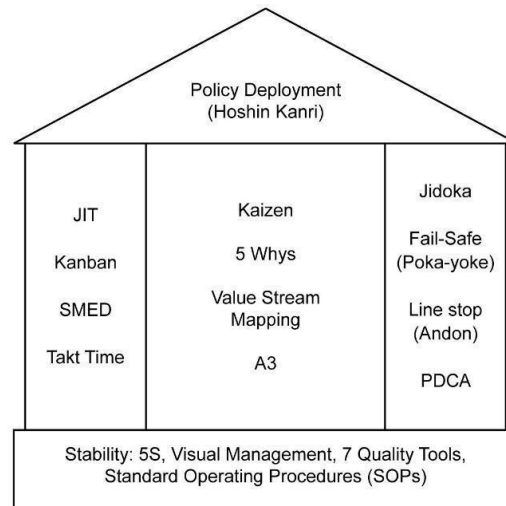
Om deze principes te kunnen bereiken zijn er een aantal tools nodig. De tools die nodig zijn, kunnen teruggevonden worden in the House of Lean. Dit is weergegeven in Figuur 2.1. The House of Lean focust zich voornamelijk op welke stappen gezet moeten worden om Lean goed te kunnen implementeren. De technieken die hier de basis voor vormen, staan in de Figuur weergegeven. Het dak van het huis geeft weer wat het doel is. De term die in het dak staat weergegeven, *Hoshin Kanri*, betekent doelstelling en controle.

De pilaren aan de zijkanten geven de processen weer waarmee gewerkt wordt. Aan de linkerkant bevindt zich de GO-pillar, rechts bevindt zich de STOP-pillar. Vanuit de GO-pillar is het doel om een *flow* of een *pull* te creëren. Hierdoor maak je dus de beweging. De STOP-pillar zorgt juist voor kwaliteit binnen de productielijn. Door de methodes uit deze pilaar te handhaven, is er extra controle op kwaliteit en worden mogelijke defecten in de lijn snel verwijderd. Een van die tools die hierbij gebruikt wordt is de PDCA. Dit is een cyclus waarbij de stappen *Plan-Do-Check-Act* worden afgegaan, Figuur 2.2.



Figuur 2.2: PDCA cyclus (Roser, 2016)

In het midden van het huis worden de werkwijzen weergegeven waar mee gewerkt kan worden om alle begrippen die in de pilaren staan te bereiken. Dit zijn werkwijzen zodat de perfectie en het *Continuous Improvement* behaald kan worden. Een voorbeeld van een term die hier goed bij aansluit is Kaizen, dit is Japans voor 'Goede verandering'.



Figuur 2.1: The House of Lean (Bicheno & Holweg, 2009)

De fundering van the House of Lean is vanuit waar het implementeren opgebouwd wordt. Door het gebruik van de onderdelen die in de fundering staan, kan stabiliteit ontstaan binnen de organisatie. De tools die in de fundering zijn weergegeven zijn belangrijk om mee te beginnen wanneer Lean geïmplementeerd wordt. Het doel is om continue beschikbaarheid van materiaal en gereedschappen te hebben zodat het proces voortdurend door kan gaan.

2.1.2 De 8 verspillingen

In de principes van Lean wordt gesproken over het produceren met zo min mogelijk verspillingen. Alle stappen die gedaan worden moeten waarde toevoegen. Maar wanneer is een stap een waardetoevoegende stap? Binnen de Lean filosofie wordt er gewerkt met acht verschillende verspillingen.

In Figuur 2.3 zijn alle acht soorten van verspilling weergegeven volgens de Lean filosofie. Volgens de denkwijze van Lean zouden alle factoren die in het productieproces leiden tot één van deze acht vormen van verspilling geëlimineerd moeten worden uit het productieproces.

Acht soorten Verspilling



Figuur 2.3: Acht soorten verspilling (Groothuis, 2017)

2.1.3 Single piece flow

Single piece flow wordt, zoals benoemd in Sectie 2.1, gezien als de ideale vorm van een flow. Wanneer er in een bedrijf *single piece flow* geproduceerd wordt zal er per stuk een continue doorstroming zijn. Een goed voorbeeld van waar *single piece flow* wordt geproduceerd is bij Scania. Scania heeft het *single piece flow* zich compleet eigen gemaakt. In Figuur 2.4 is te zien hoe bij Scania de voertuigen in een rij achter elkaar aankomen en zo door de hele fabriek stap voor stap gemonteerd worden.

In Tabel C.1 in Appendix C staat van een zestal artikelen weergegeven wat de verschillende kijkwijzen zijn op *single piece flow*. Hieruit volgt dat in verschillende industrieën *single piece flow* een verrijking is in de productie lijn. Rutledge, Xu en Simpson zeggen dat door de *single piece flow* methode veel extra beweging voorkomen werd. Daarbij kwam dat de proefjes, die in het ziekenhuis vanaf het laboratorium getest moesten worden, niet meer hoefden te wachten tot ze getest konden worden (Rutledge, Xu, & Simpson, 2010). Naast deze voordelen wordt ook omschreven dat door het produceren in een *single piece flow* zal de WIP en de productietijd ook omlaag gaan (Phillips, 2002).

Echter, naast dat voor velen *single piece flow* produceren de ideale werkwijze is, zijn er ook een aantal nadelen zijn aan *single piece flow*. Door Millstein en Martinich wordt omschreven dat het implementeren van een *single piece flow* een goed gebalanceerde lijn



Figuur 2.4: Single piece flow bij Scania (Scania)

nodig heeft met minimale variatie (Millstein & Martinich, 2014). **Er wordt omschreven dat wanneer er een grote omsteltijd is tussen de verschillende processen, de single piece flow geen efficiëntere werking heeft.** Ook in grote productiehoeveelheden kan het produceren in *single piece flow* gevaarlijk zijn volgens Phillips (Phillips, 2002). Echter spreekt Hong dit tegen (Hong, Tanching, Weijian, & Kahpin, 2016). Volgens Hong zorgt de implementatie van de *single piece flow* er voor dat er aanzienlijk minder uren nodig zijn. Dit is tot stand gekomen door een

simulatie te maken vooraf, wat de mogelijkheden zijn. Naast het verbeteren van de flow aan een productielijn kan er **door het gebruik van single piece flow ook de kwaliteit verbeterd worden. Fouten komen door de single piece flow sneller naar voren waardoor er geen volledige batch foutief geproduceerd wordt.**

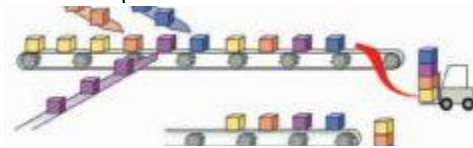
Al met al kan gezegd worden met behulp van de Tabel dat er een aantal voordelen en nadelen zijn tijdens het implementeren van *single piece flow*. De onderzoekers die de betreffende artikelen hebben gepubliceerd, zijn het er over eens dat wanneer er gebruik gemaakt wordt van een *single piece flow*, er een continu productieproces in gang wordt gezet. In het artikel van Rutledge, Xu en Simpson wordt duidelijk omschreven hoe de *single piece flow* tot stand is gekomen en waarom het juist in de discrete productie erg goed werkt (Rutledge, Xu, & Simpson, 2010). Het is de vraag of bij continue productie industrie, zoals vloeistoffen, mogelijk is om te produceren in *single piece flow*. Een belangrijke voorwaarde die gesteld moet worden, is dat **de loopafstanden niet groter worden en dat de extra bewerkingen geen extra geld moeten gaan kosten.** Als aan deze restricties voldaan kan worden is *single piece flow* een perfecte flow om te creëren in een productielijn tijdens de implementatie van Lean.

2.1.4 Principe der Perlenkette

Het *Perlenkette Principe* is een productiemethode die op dit moment vooral in de auto-industrie wordt gebruikt. Deze methode is ontwikkeld door Porsche. In de productie van auto's kwam Porsche tot de conclusie dat de productie veel variabelen kent, doordat de auto's veelal worden gemaakt op basis van wensen van de klant. Leimgruber zegt in het artikel over autoproduktie dat er zelden of nooit gelijke voertuigen van de baan rollen (Automobil Produktion, 2013). Door het gebruiken van het Perlenkette Principe, ook wel *Pearl Chain Design* genoemd, ging de productie sneller en efficiënter. Volgens Unger en Teich is de Pearl Chain een productiesysteem waarbij de organisaties sequentieel produceren (Unger & Teich, 2009). Dit betekent dat er meerdere sequenties parallel aan elkaar

lopen waarin geproduceerd wordt. Vervolgens komen deze sequenties tezamen zodat de output uit één sequentie komt. In Figuur 2.5 is dit visueel gemaakt. Wanneer de Takt-tijd, de productiesnelheid, van de sub-assemblies gelijk is aan die van de hoofdlijn, zal de hoofdlijn dus geen opstoppen meer kennen. Door de Takt-tijd van de verschillende sequenties gelijk te maken zal de flow dus beter worden.

Het gebruik van het Pearl Chain principe zorgt er voor dat een verbeterde flow ontstaat. Het voorbereiden van onderdelen zodat sub-assemblies ontstaan kan HP Valves helpen in het verbeteren van de flow.



Figuur 2.5: Perlenkette Principe (CMF System, 2004)

2.1.5 Beperkingen tijdens de implementatie van Lean

Hoewel Lean wordt gezien als een effectieve manier om vele malen efficiënter te werk te gaan in een bedrijf, schuilen er nog wel gevaren tijdens de implementatie van Lean. Het implementeren van Lean Manufacturing brengt veel zorg met zich mee. Deze zorg zal gedragen moeten worden door zowel Management als werknemers.

In Sectie 2.1 werd gesteld dat Lean Manufacturing meerdere betekenissen heeft. Er is dus geen goed of fout in de kijkwijze op Lean, er kan echter wel wat mis gaan in de implementatie van Lean. Wanneer er maar een deel van de technieken wordt gebruikt tijdens het implementeren zal er een incompleet beeld ontstaan wat er nodig is voor implementatie door Management en werknemers (Wong & Wong, 2011).

Naast het feit dat de implementatie niet op een juiste manier aangepakt wordt, komt het veelvuldig voor dat de toewijding ontbreekt tijdens de implementatie. Dit heeft als gevolg dat er enthousiast begonnen wordt met de implementatie van Lean, maar dat dit enthousiasme al snel afneemt. Dit kan verschillende oorzaken hebben. Het kan namelijk zijn dat Management de

werknemers niet genoeg aanstuurt, maar het kan ook zijn dat de werknemers weigeren te veranderen. Werknemers die al lang binnen een bedrijf werken, zijn gewend aan een bepaalde manier van werken. Sommige werknemers willen niet anders en staan niet open voor verandering. Hierdoor kan de implementatie mislukken.

Verder is tijdens het implementatieproces de communicatie ook een erg belangrijk punt. Management en werknemers moeten onderling goed communiceren om de eisen die nodig zijn voor de implementatie te behalen.

Tot slot is de productielijn een belangrijk punt. Deze moet goed ingericht worden zodat deze toereikend genoeg is om Lean Manufacturing mee te implementeren.

2.2 Alternatieve methoden

Naast Lean Manufacturing zijn er nog vele andere manieren van 'Continuous Improvement'. Deze benadermethodes hebben een aantal verschillen en overeenkomsten met Lean Manufacturing. De methodes die in deze Paragraaf besproken worden zijn *Six Sigma*, *Lean Six Sigma*, *Total Quality Management*, *Total Productive Maintenance* en *Lijn balanceren*. Onderstaand worden deze verschillende methodes toegelicht om een beeld te schetsen over de alternatieven, die voor HP Valves interessant kunnen zijn als aanvulling op de *single piece flow* methode.

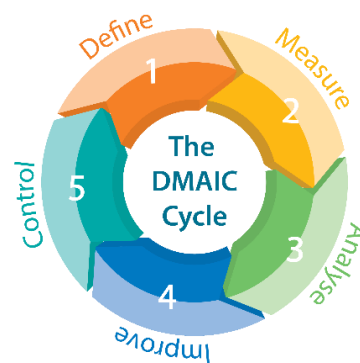
2.2.1 Six Sigma

Six Sigma is een verbetermethode waarvan de naam staat voor de zes elementen die gebruikt worden om de hoge variatie van processen, sigma, aan te pakken (Slack, Brandon-Jones, & Johnston, 2013). Deze methode focust zich op het aantal defecten per miljoen. Het gaat bij Six Sigma dus op het verbeteren van kwaliteit. Six Sigma hanteert daarin een zestal elementen; *klantgerichtheid*, *kwantitatief bewijs*, *een gestructureerde verbetercyclus* (Figuur 2.6), *procescapabiliteit* en *controle*, *procesontwerp* en tot slot *gestructureerde organisatie van verbeteraanpak*.

Bij Six Sigma, maar ook bij Lean Six Sigma, wordt gebruik gemaakt van de DMAIC cyclus. De DMAIC gaat meer uit van een projectmatige aanpak uit. Deze cyclus is op een veel kleiner scala toepasbaar. Het gaat vooral om de meetbare beslismomenten. De PDCA (Figuur 2.2) is meer gericht op het systeemdenken (Kuil, 2011).

2.3.2 Lean Six Sigma

Lean Six Sigma is, wat de naam al doet vermoeden, een mix van Lean Manufacturing en Six Sigma. Dit resulteert in de focus op het elimineren van verspillingen en snelle doorlooptijd van Lean, en de variatie controle op basis van data van Six Sigma (Slack, Brandon-Jones, & Johnston, 2013). Dit geheel wordt toegepast met een klantgerichte strategie. Hierbij wordt ook gebruik gemaakt van de DMAIC cyclus, zoals te zien in Figuur 2.6.



Figuur 2.6: DMAIC cyclus (Lean Six Sigma Training, 2017)

2.3.3 Total Quality Management

TQM is een verbetermethode die gericht is op kwaliteit. Het doel van TQM is om de fouten uit de lijn te halen en de supply chain te stroomlijnen. Daarnaast focust TQM zich op alle onderdelen binnen het bedrijf waarin groepsgewijs de kwaliteit omhoog gebracht moet worden, de processen moeten *first time right* zijn en het systeem moet verbetering ondersteunen. TQM maakt gebruik van een Plan-Do-Study-Act cyclus. De PDSA lijkt in het gehele proces erg veel op PDCA. Het verschil tussen beiden is dat bij de *check* gecontroleerd wordt of de huidige staat overeenkomt met de verwachting, waarbij bij *study* gekeken wordt naar welke nieuwe informatie er gewonnen kan worden en hoe dit toegepast kan worden.

2.3.4 Total Productive Maintenance

TPM is een verbetermethode die zorgt voor productiviteit bij alle werknemers. Door middel van productieve activiteiten, bedacht en geïmplementeerd door de werknemers, kan de efficiëntie omhoog (Wireman, 2004). De manier van implementeren die hierbij gebruikt wordt is dus bottom-up, alle onderdelen binnen een fabriek worden hierin gebruikt. Wireman geeft aan dat TPM 5 doelen heeft om te halen; *verbeteren van effectiviteit met gereedschap, verbeteren van efficiëntie in onderhoud, onderhoudsvorkomen, trainen van betrokkenen en het creëren van routine bij betrokkenen*. TPM heeft weer een eigen stappenplan wat gevolgd wordt tijdens implementatie, de 8D cyclus. De 8D cyclus volgt de logica van de PDCA cyclus, alleen voert dit uit in acht stappen.

2.3.5 Lijn balanceren

Lijn balanceren is een methode waardoor een productielijn meer zekerheid krijgt en minder schommelingen zal bevatten. Het tempo van het proces, ook wel Takt-tijd in Lean begrepen, zal afgestemd worden op de activiteiten. Bij elk werkstation zou de

bewerkingsduur even lang moeten zijn, zodat de flow omhoog gaat. Het doel van lijn balanceren is om de output rate gelijk te krijgen met het productieplan (Slack, Brandon-Jones, & Johnston, 2013). Het kan dus opgelost worden door de werkzaamheden gelijk te maken bij de verschillende werkstations of door een herverdeling van de werknemers. De werkwijze lijkt erg veel op de werkwijze genoemd bij Sectie 2.1.4 waar de perlenkette principe werd uitgelegd.

2.2.6 Methoden op een rijtje

In bovenstaande Sectie is omschreven wat Lean is en daarnaast wat de verschillende alternatieve verbetermethoden zijn voor een productie bedrijf. Om een duidelijk beeld te scheppen zijn de verschillende filosofieën in

Tabel 2.1 uiteen gezet. Hierin wordt weergegeven op welke manier de zes verschillende verbeterwijzen te werk zullen gaan, maar ook waar vervolgens op gelet wordt en wat het doel daar in is. Voor het overzicht is dit in de Tabel weergegeven. Hier in is duidelijk te zien dat er voor verschillende doelen verschillende verbetermethoden gebruikt kunnen worden.

Tabel 2.1: Karakteristieken van de verschillende filosofieën

	Aanpak	Focus
Lean	- 5 principes van Lean - PDCA cyclus - House of Lean	- 8 soorten van verspilling elimineren - Operationele kosten verwijderen - Richten op <i>first time right</i> - Klant voorop
Six Sigma	- DMAIC cyclus - Variatie management	- Defecten weghalen - Klant voorop - Processtabiliteit verzorgen
Lean Six Sigma	- DMAIC cyclus - Analytische tools	- 8 soorten van verspilling elimineren - Doorlooptijd reduceren - Variatie controle
TQM	- Analytische tools - PDSA cyclus	- 8 soorten van verspilling elimineren - Onnodige kosten verwijderen - Kwaliteit, organisatie-breed, verhogen - Richten op <i>first time right</i>
TPM	- 8D cyclus - Statistische tools	- Gereedschap optimaliseren - Breakdowns elimineren - Hele organisatie betrekken
Lijn balanceren	- Takt-tijd - Beweging management	- Output rate gelijk maken - Werkzaamheden gelijk maken op verschillende stations - Mankracht verplaatsen

2.3 Conclusie

In Hoofdstuk 2 is onderzoek gedaan om antwoord te kunnen geven op de eerste deelvraag:

“Wat is de aan te raden verbeterfilosofie voor HP Valves?”

Door middel van de verdieping in de filosofie Lean en het begrip *single piece flow* is er meer duidelijkheid gekomen over dit begrip. *Single piece flow* is een onderdeel van Lean waarbij de productie per één product wordt aangepakt. Door deze productiewijze te hanteren kan er een continue bewegingsstroom in de productielijn gezet worden. Dit wordt door velen gezien als de meest ideale manier van produceren. Echter moet hier wel rekening gehouden worden met dat *single piece flow* goed werkt voor de discrete productie industrie en minder goed voor de continue industrie waar vloeistoffen e.d. worden geproduceerd. Dit komt doordat het bij vloeistoffen lastig is om te definiëren wat één stuk is. Pas wanneer vloeistof bijvoorbeeld in een fles zit, kan het per stuk beschouwd worden. Een groot voordeel van het produceren van *single piece flow* is dat defecten vroegtijdig aan het licht komen. Daarnaast wordt het proces door de gecreëerde flow, versneld. Loopafstanden zullen afnemen en bewegingen zullen minder worden.

Desondanks is het wel van belang dat de toewijding gedurende de implementatie en na de tijd voldoende is. Als de toewijding ontbreekt bij werknemers of bij Management, tijdens de implementatie, zal

het project niet van de grond komen. Daarnaast moet er rekening gehouden worden met de omsteltijden in het productieproces. Wanneer deze te groot zijn, zorgt *single piece flow* voor een grotere uitloop.

Porsche heeft de *single piece flow* nog verder uitgewerkt toegespitst op een proces waar de output voortdurend anders is door de wisselende klant vraag. Door het werken met sub-assemblies kunnen alle productiestappen kleiner gemaakt worden, zo kan een beter resultaat behaald worden.

HP Valves is een producent van discrete productie. Bij de afmontage van de POV's worden alle onderdelen voor de productie los voorbereid, wat veel tijd in beslag neemt. Uit het literatuuronderzoek in Hoofdstuk 2 kan geconcludeerd worden dat voor HP Valves *single piece flow* een verbetering zal opleveren. Door het gebruik van *single piece flow* zal er een snellere doorstroom ontstaan, maar zullen fouten ook sneller aan het licht gebracht kunnen worden, zoals genoemd in Sectie 2.1.3. Dit is een groot voordeel ten opzichte van het produceren in batch. Naast *single piece flow* produceren kan produceren volgens de Pearl Chain principes HP Valves helpen veel tijd te winnen.

Deze methodes wordt geprefereerd boven de alternatiefgenoemde methoden omdat HP Valves reeds bekend is met *single piece flow* en de *Lean* filosofie. Hierdoor zal er in de fabriek geen verwarring ontstaan door het gebruik van meerdere methodes.

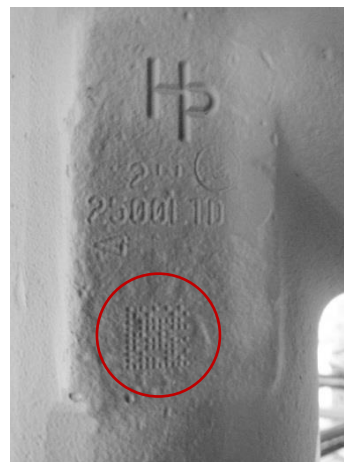
3. HUIDIGE SITUATIE

In onderstaand Hoofdstuk zal antwoord gegeven worden op de tweede deelvraag: 'Hoe worden de pneumatisch bediende afsluiters opgebouwd en welke handelingen zijn specifiek voor de afmontage?'. In Sectie 1.2.2 is al een korte toelichting gegeven over de afmontage van de pneumatisch bediende afsluiters. In dit Hoofdstuk wordt een specifiekere toelichting gegeven, zodat alle handelingen in kaart gebracht kunnen worden. Deze informatie is gewonnen door de gehele lijn te bekijken in de fabriek en samen met monteurs de stappen in de juiste volgorde zetten. Dit proces is vervolgens door Management gecontroleerd zodat er geen stappen ontbreken. In Sectie 3.1 wordt het algemene productieproces geanalyseerd, dit zal gebeuren aan de hand van een flowchart. Het productieproces wordt vervolgens in 3.2 specifiek gemaakt op de afmontage van de pneumatisch bediende afsluiters. Dit gebeurt met behulp van een Value Stream Map en een spaghetti-tiagram.

3.1 Productie

De pneumatisch bediende afsluiter wordt bij verschillende stations bewerkt, zodat het gewenste eindproduct ontstaat. Om dit proces systematisch weer te geven is er in Appendix D een flowchart te vinden van het gehele proces. Dit proces begint bij de machinale productie. Bij dit station gaat het productieproces van start nadat er door de klant een order geplaatst is. Bij de start wordt er een signaal naar het ERP systeem Isah gestuurd, zodat er een serienummer gekoppeld wordt aan de productieorder. Dit serienummer is te scannen met een 2D code. De 2D code is te zien in Figuur 3.1 binnen de rode cirkel. Deze 2D-code kan gescand worden bij de productielijn. Hierdoor worden de productspecificaties vervolgens in Isah opgevraagd. Hierdoor kan overal in de lijn informatie over de verschillende huizen opgevraagd worden. Vervolgens wordt het huis gesoldeerd. Wanneer de handeling plaatsvindt, wordt er een signaal naar het magazijn gestuurd dat er vervolgens voor zorgt dat alle vervolgafdelingen bevoorraad worden. Dit geldt ook voor de afdeling afmontage, hier zullen de onderdelen in blauwe kratjes worden aangeleverd.

Nadat het huis alle machinale bewerkingen ondergaan heeft, zal het huis aan de CALDAN-baan getrouwd worden. Het trouwen van een huis met de baan houdt in dat het nummer van het karretje aan de baan gekoppeld wordt met het serienummer van het huis. Deze worden door middel van de 2D code ingescand en in Isah gekoppeld. Vanaf de machinale productie tot aan de samenstelling van cilinder en huis hangen er maximaal 10 huizen in de baan. Dit is een maximum dat



Figuur 3.1: 2D code

gesteld is omdat dit de maximale buffer bij het station is.

Zodra het signaal wordt gegeven dat er een klantbestelling binnen is gekomen zal de montage van de cilinder parallel lopen met de machinale productie. De montage van de cilinder gebeurt op de afdeling MO-M. De monteur op de afdeling zal een commissieblad ontvangen. Op dit commissieblad staat een barcode die gescand kan worden. Deze barcode is gekoppeld aan de order. Nadat de barcode gescand is, zal Isah de aansturing geven voor het pick-to-light systeem, Figuur 3.2.

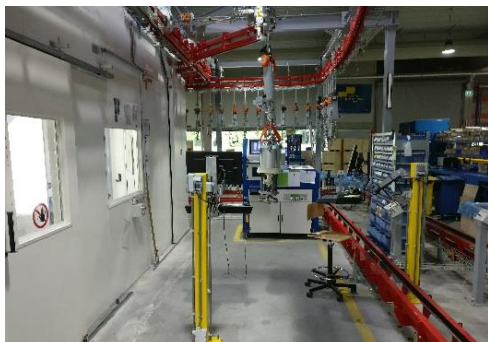


Figuur 3.2: Pick-to-light montage

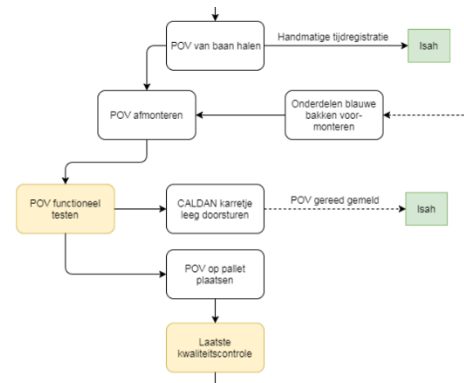
Dit pick-to-light systeem geeft met lampjes weer welke onderdelen nodig zijn. Op deze manier wordt het voor de monteur gemakkelijk om de juiste onderdelen direct te kunnen pakken. Het pick-to-light systeem fungeert als Poka Yoke systeem. Poka betekent 'onbedoelde fout' en Yoke betekent 'voorkomen'. Hierdoor wordt het aantal fouten aan de lijn beperkt. Met deze onderdelen wordt vervolgens de cilinder gebouwd aan de hand van de tekening. Als de cilinder gebouwd is, zal hij op een pallet gelegd worden.

Als de cilinder klaar is, zal het juiste huis gemonteerd worden op de montage-afdeling. Dit zal gebeuren door eerst het huis weer te scheiden van de CALDAN-baan, die bij de machinale productie is getrouwd. Door het scheiden van het huis met de baan, zal Isah aan de hand van het serienummer de *bill of materials* doorgeven aan het pick-to-light systeem. Hierdoor kan de afsluiter gemonteerd worden. Wanneer deze montage gereed is, zal de afsluiter weer aan de CALDAN-baan worden hertrouwd. Als de afsluiter hertrouwd is, zal deze doorgestuurd worden naar de volgende afdeling.

Deze volgende afdeling is de MO-I. Bij de MO-I wordt de cilinder op de afsluiter gemonteerd. Op het moment dat de cilinder en de afsluiter gekoppeld zijn zal het geheel functioneel getest worden. Dit zal gedaan worden door de cilinder aan te sluiten op hoge luchtdruk waardoor de cilinder in de verschillende standen, open en dicht, gemonteerd kan worden. Dit houdt in dat er water door het huis zal worden gepompt om te kijken hoe de afsluiter zich gedraagt onder deze druk. Aan de hand van deze test wordt gekeken of de afsluiter werkt naar behoren. De resultaten worden vervolgens opgeslagen



Figuur 3.4: POV aan de CALDAN-baan bij QC



Figuur 3.3: Flowchart MO-Q

in Isah. Als de afsluiter wordt goedgekeurd bij de functionele test, wordt de pneumatisch bediende afsluiter doorgestuurd naar de kwaliteitscheck.

Bij Quality Control (QC), zal gecontroleerd worden of de POV voldoet aan de klanteisen. Dat wil zeggen dat er gecontroleerd wordt of de juiste afsluiter en de juiste cilinder aan elkaar gemonteerd zijn. De werking van de POV is bij MO-I al gecontroleerd, dit hoeft dus niet gedaan te worden bij QC. Als de POV bij QC goedgekeurd wordt, zal er een label gelaserd worden. Dit label zal vervolgens in een bakje gestopt worden. Dit bakje wordt bevestigd aan het karretje van de CALDAN-baan waar de POV aan hangt. Bij het label worden ook stickers toegevoegd die later op de cilinder geplakt moeten worden. Op deze stickers zijn de specificaties van de cilinder te vinden.

De QC is het laatste station voordat de POV de spuitery in gaat. Voordat de afsluiter de spuitery ingaat wordt hij afgeplakt. De onderdelen die niet gespoten hoeven worden, zoals de cilinder, zullen ingepakt worden met plastic of afgeplakt worden met tape. De afgeplakte afsluiters zullen vervolgens gespoten worden volgens het spuitplan dat in Isah opgevraagd kan worden. Dit lakplan geeft weer hoeveel lagen verf op de afsluiter moeten komen en welke kleur de afsluiter gespoten moet worden.

De afsluiters die gespoten zijn zullen doorgaan naar de MO-Q. Dit is de afmontage van de pneumatisch bediende afsluiters. Dit proces is weergegeven in Figuur 3.3. Bij de MO-Q kunnen de POV's aankomen zoals in Figuur 3.5 weergegeven is. Het komt zowel voor dat de POV wordt opgehangen met het

huis aan de onderkant, of met het huis aan de bovenkant. De afsluiter die binnenkomt zal allereerst van de baan afgehaald moeten worden. Zoals in Sectie 1.2.2 genoemd is, zal dit met de cilinder aan de onderkant gebeuren zodat de afsluiter stabiel kan staan. Zodra de afsluiter neergezet is, zal de tijdregistratie handmatig worden gestart in een tablet.

Vervolgens zullen de onderdelen gemonteerd worden op de POV zoals aangegeven staat op de tekening die de monteurs kunnen aflezen van de tablet. Deze onderdelen zijn dan al voorbereid uit de blauwe kratten die door het magazijn zijn klaargezet.

Om te controleren of de montage op de juiste wijze is verlopen zal er bij MO-Q ook een functionele test plaatsvinden. Deze test zal uitwijzen of de gemonteerde onderdelen hun functie goed vervullen.

De POV zal vervolgens op een pallet worden neergelegd zodat QC nogmaals kan kijken of de onderdelen die gemonteerd zijn ook de onderdelen zijn die de klant gevraagd heeft. Terwijl de POV op de pallet gelegd wordt zal het lege karretje van de CALDAN-baan worden doorgestuurd. Hierdoor wordt de order in het systeem gereed gemeld. Echter wordt het karretje ook weleens eerder doorgestuurd. Hierdoor zal de volgende POV naar de montagetafel geleid worden door de CALDAN-baan. Dit zorgt er voor dat er tegelijkertijd aan twee afsluiters gewerkt kan worden. Omdat de eerste afsluiter dan gereed is gemeld, kunnen er geen uren meer op deze afsluiter geschreven worden in het systeem. Daarnaast kan ook geen productinformatie meer opgevraagd worden. Doordat handmatig de status teruggezet

wordt in de computer van de CALDAN-baan, kan alle informatie toch weer opgeroepen worden. De computer van de CALDAN-baan staat bij de afdeling QC, hier moeten de monteurs dus naartoe lopen om de status te wijzigen.

Na de laatste kwaliteitscontrole zal de pallet met de POV bij de afdeling expeditie worden neergezet. Deze zal de POV's vervolgens in een kist leggen en zorgen dat hij verzonden kan worden.



Figuur 3.5: Ophanging

3.2 Werkplek

In Sectie 1.2.2 is een systematische weergave geschetst van de huidige werkplaats. De werkplek die geschetst is, heeft een totale breedte van 9 meter en een lengte van 13 meter. Op deze schets is ook Gate 1 weergegeven. De gehele werkruimte van de POV's welke zich bevinden bij Gate 2 en 3, is circa 6 meter in de breedte beschikbaar. Op deze werkplek staan twee montagetafels en een werktafel. Deze werktafel bevat alle stukken gereedschap die de monteurs gebruiken tijdens de montage. In Figuur 3.6 is een overzicht van de complete werkplek te zien.



Figuur 3.6: Werkplek MO-Q

3.2.1 Waardestroom

Het in kaart brengen van een waardestroom is een belangrijk onderdeel van Lean. Een Value Stream Map (VSM) is een hulpmiddel dat kan helpen bij het vormen van een flow. In de VSM worden de handelingen weergegeven die plaatsvinden tijdens het productieproces. Doordat alle handelingen hier in een horizontale lijn worden weergegeven, kunnen verspillingen worden gevonden. Als er van de nieuwe situatie weer een VSM gemaakt wordt, zullen er alleen nog waardetoevoegende stappen in te vinden zijn.

Om bij de afmontage van de POV's te kijken of alle stappen waardetoevoegend zijn, is er een VSM gemaakt. Deze is te vinden in Figuur 3.9, op de volgende pagina. In deze Figuur zijn de verschillende handelingsstappen weergegeven. Om deze VSM te maken is allereerst een lijst gemaakt van alle handelingen die verricht worden door de monteur terwijl de POV wordt afgemonteerd. Deze handelingen zijn te vinden in Tabel 3.1.

Zoals in de Tabel te zien is, worden er tijdens de afmontage in totaal 20 handelingen verricht wanneer de meest standaard vorm POV afgemonteerd wordt. Omdat een aantal handelingen zoals stap 9, 10 en 14 horen bij de voorbereiding en de stappen 12 en 15 horen bij de onderdelen monteren, zullen deze in de VSM gebundeld worden. Dit is gedaan om het overzicht te behouden in de Figuur. Deze kunnen gebundeld worden omdat dit handelingen zijn die op de afdeling moeten gebeuren. Het voorbereiden en afmonteren van onderdelen is de waardetoevoegende stap van dit werkstation.

In Figuur 3.9, maar ook in Tabel 3.1 is te zien dat er veel handelingen plaatsvinden tijdens de afmontage van de POV's. Tussen veel van deze handelingen moet fysiek gelopen worden om deze uit te voeren. Deze beweging neemt dan ook veel tijd in beslag. Dit punt wordt verder besproken in Sectie 3.2.2. In Figuur 3.8 en Figuur 3.7 worden de onderdelen weergegeven uit de Tabel.

Tabel 3.1: Handelingen tijdens afmontage POV

Stap	Handeling
1	Tape verwijderen van POV
2	POV van CALDAN-baan halen
3	Tekening in tablet opvragen
4	Inklokken
5	Corresponderende blauwe blak zoeken
6	Stickers plakken
7	Labelgaten voorboren + label timmeren
8	Afblaasdopjes indraaien
9	Buisjes op maat snijden + buigen
10	Drukmeter (a) aan solenoid (b) bevestigen
11	Gaten voorboren voor drukmeter in flens
12	Beugel drukmeter bevestigen aan flens
13	Solenoid + drukmeter bevestigen flens
14	Switchers (c) vastpinnen op beugel
15	Switchers bevestigen POV
16	Aansluiten op luchtdruk
17	Drukmeter op spanning brengen
18	Testen: open/close
19	Verplaatsen naar pallet
20	Uitklokken



Figuur 3.8: Solenoid + drukmeter



Figuur 3.7: Limitswitcher

3.2.2 Beweging

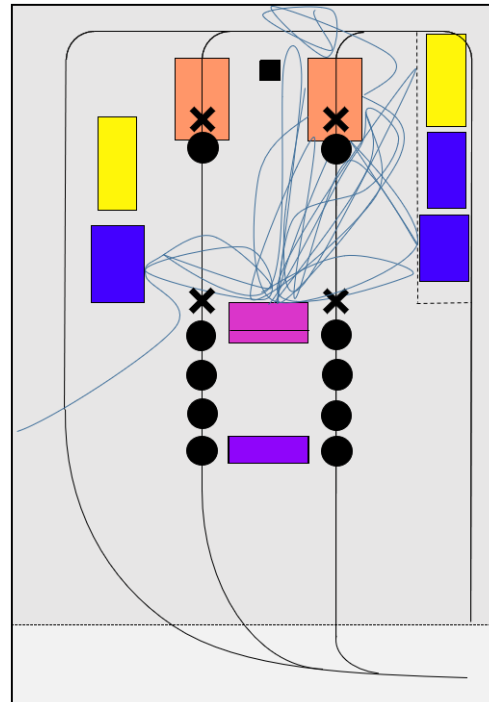
Volgens de Lean filosofie zijn er acht soorten van verspillingen en beweging is daar één van. Deze acht verspillingen staan uitgelegd in Sectie 2.1.2. Tijdens een productieproces is beweging nodig. Echter moet deze beweging van toegevoegde waarde zijn volgens de theorie over de acht verspillingen. Om in kaart te brengen hoe er bewogen wordt op een afdeling kan er gebruik gemaakt worden van een spaghetti diagram, ook wel stringdiagram. In deze diagram is door middel van lijnen weergegeven waar en hoeveel beweging er op een afdeling is door producten en personen. Door deze lijnen is het mogelijk om te zien welke bewegingen als verspilling beschouwd kunnen worden (Bicheno & Holweg, 2009).

In de Value Stream Map, die omschreven wordt in Sectie 3.2.1, wordt weergegeven dat er tijdens het proces veel fysiek gelopen wordt rondom het product. Om hier een visuele weergave van te maken is er een spaghetti diagram gemaakt, Figuur 3.10. In dit spaghetti diagram is te zien dat wanneer de POV neergezet is, er gelopen wordt naar de werktafel, prullenbakken, onderdelenkast etc. Deze loopbewegingen gebeuren meerdere keren tijdens het monteren. De loopbewegingen hebben geen vaste structuur, dus er zijn hier geen vaste looproutes te bepalen.

Zoals in het begin van Sectie 3.2 benoemd is, is het totale oppervlak van de afdeling niet groot. Het oppervlak waar gebruik van wordt gemaakt, is nog kleiner. Dit is slechts 6 x 6 meter. Op dit kleine stuk werkvloer wordt veel gelopen. Hier wordt dus op een verkeerde wijze gebruik gemaakt van de werkvloer. Monteurs moeten meer lopen doordat er met name in de breedte gewerkt wordt. Als de lengte van de werkvloer beter benut wordt, is het gebruik van de werkvloer efficiënter.

3.3 Tijd

In de flowchart en in de VSM is te zien dat voordat de POV afgemonteerd wordt, de



Figuur 3.10: Spaghettidiagram

monteurs handmatig een tijdregistratie starten. Deze tijdregistratie wordt bijgehouden in het ERP systeem Isah. Als de monteur klaar is met de afmontage zal de tijdregistratie stopgezet worden en deze tijd wordt vervolgens opgeslagen in Isah. Deze tijdregistratie wordt gedaan zodat de modulaire opbouw goed geregistreerd kan worden. Door deze tijdregistratie kan nagegaan worden of de productie op planning loopt. Deze planning wordt gemaakt op basis van de voorcalculatie. Aan de hand van de voorcalculatie van het gehele proces, kan er een verwachte levertijd naar de klant gestuurd worden.

Deze voorcalculatorische tijden zijn voor alle processen vastgelegd. Bij de afdeling MO-Q, waar de POV afgemonteerd wordt, is voor elke handeling gekeken die er plaats moet vinden hoe lang dat gaat duren. Wanneer dat opgeteld wordt komt de totale voorcalculatie naar voren per afdeling. In Isah ziet dat er als volgt uit, zoals te zien in Tabel 3.2. De totale voorcalculatie bij het station MO-Q zal dus 25 minuten bedragen voor deze specifieke afsluiter.

Tabel 3.2: Voorcalculatie MO-Q

Regel	Artikel	Artikelomschrijving	Omschrijving	Montagetijd	Montage mach.code
200	P300400193103	PLAAT STD. MODULAIR T/M SL105	PLAAT STD. MODULAIR T/M SL105	5,000	MO-Q
320	P300400134303	PLAAT TEL. XCKJ & HON. GLA	PLAAT TEL. XCKJ & HON. GLA	10,000	MO-Q
330	HONGLAB20A1B	HONEYWELL GLAB20A1B/EINDSCH	HONEYWELL GLAB20A1B/EINDSCH	10,000	MO-Q

3.4 Conclusie

In dit Hoofdstuk is het proces toegelicht hoe de POV's volledig geassembleerd worden. Aan de hand van analyse van het hele proces kan er antwoord gegeven worden op de deelvraag: *'Hoe worden de pneumatisch bediende afsluiters opgebouwd en welke handelingen zijn specifiek voor de afmontage?'.*

Er is hier toegelicht hoe de cilinder gemonteerd wordt, voordat deze wordt geassembleerd met het huis dat machinaal afgewerkt is. Nadat de assemblage plaats heeft gevonden, wordt de pneumatisch bediende afsluiter functioneel getest. Als deze test goed verloopt, wordt de POV gespoten, waarna deze POV naar de afmontage vervoerd wordt.

Bij de afmontage wordt er gebruik gemaakt van een buffer waar tien POV's kunnen hangen. De POV's worden voor stabiliteit van de CALDAN-baan gehaald, alvorens de

afmontage van start gaat. De onderdelen die via blauwe kratjes op de afdeling worden aangeleverd, worden eerst geassembleerd voordat de onderdelen op de POV worden gemonteerd. De tijd die hiervoor nodig staat is vastgelegd als voorcalculatie in Isah. Opvallend is dat tijdens deze afmontage fysiek veel gelopen moet worden tussen de POV en het gereedschap, terwijl de onderdelen ook veel nog op maat gemaakt moeten worden.

In de VSM en de bijbehorende Tabel is ook weergegeven dat er veel handelingen plaats moeten vinden op deze afdeling om door het volledige proces van de afmontage te komen. Wat opmerkelijk is van de werkwijze die gebruikt wordt ten opzichte van de werkwijze die aangegeven staat in de flowchart is dat er hier van de vooraf gestelde werkwijze afgeweken wordt. Dit valt op doordat er vroegtijdig karretjes doorgestuurd worden, zodat er twee cilinders tegelijkertijd afgemonteerd kunnen worden.

4. PROBLEEMANALYSE

In Hoofdstuk 3 is de huidige situatie bij HP Valves beschreven. In de huidige situatie zijn er volgens HP Valves een aantal problemen te vinden bij de afmontage van de pneumatisch bediende afsluiters. In Sectie 1.3 is dit probleem reeds omschreven. In dit Hoofdstuk zal er dieper ingegaan worden op deze problemen. Allereerst, in Sectie 4.1, zal gekeken worden naar welke oorzaken er aangestipt kunnen worden bij de gevonden problemen, zodat deze aangepast kunnen worden. De problemen worden gezocht door middel van een probleemkluwen (Sectie 4.1) en de Value Stream Map uit Sectie 3.2.1 wordt het probleem geanalyseerd. Aan de hand van deze Value Stream Map zal gekeken worden naar welke onderdelen wel en niet waardetoevoegend zijn (Sectie 4.2). In Sectie 1.3 werd reeds kort genoemd dat de voorcalculatie niet in lijn is met de nacalculatie. In Sectie 4.3 wordt een analyse gedaan naar de uren, zodat gekeken kan worden of er een grote variatie zit in de individuele ordernummers. Om te kijken welke gevolgen de veranderingen teweeg kunnen brengen wordt er in Sectie 4.4 gekeken hoeveel uren bespaard kunnen worden wanneer verbeterde efficiëntie behaald kan worden. In Appendix F zal dit berekend worden in kosten.

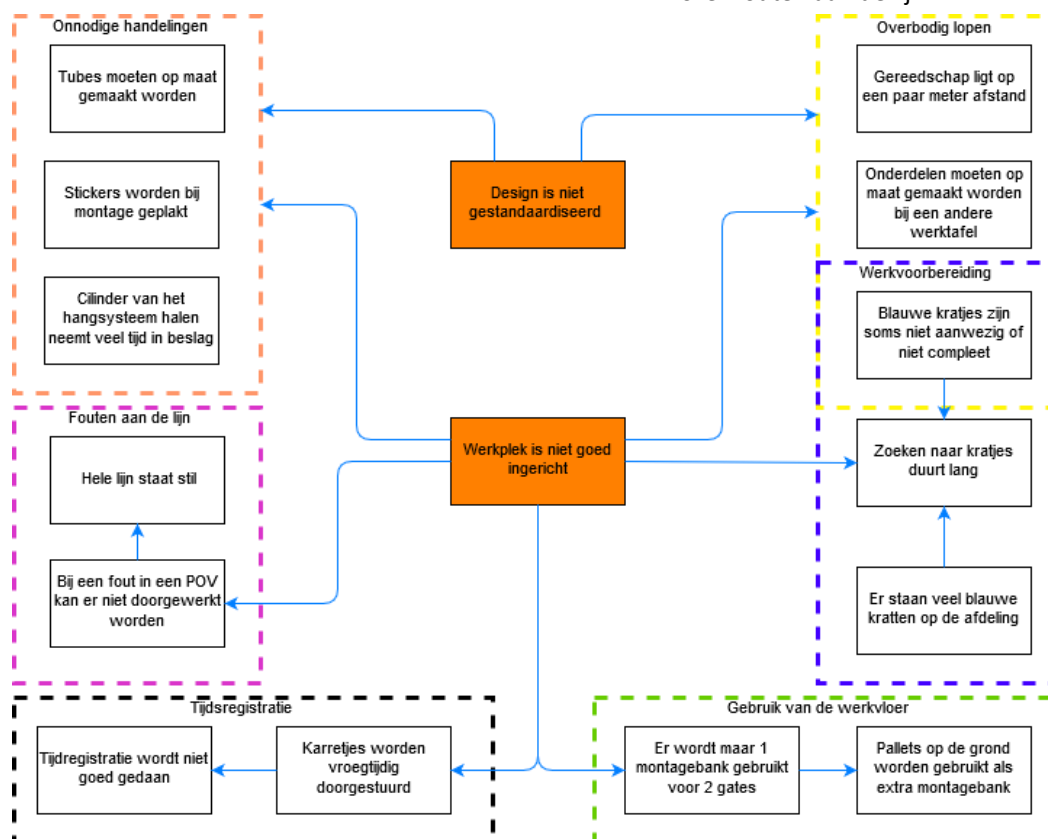
4.1 Probleemkluwen

Om de verschillende verbanden tussen problemen visueel te maken is er een probleemkluwen gemaakt. Deze is te zien in Figuur 4.1. Een probleemkluwen is een model waar door middel van pijlen verbanden tussen oorzaken en gevolgen worden weergegeven.

In Figuur 4.1 zijn verschillende problemen aan de zijken opgesteld. Deze problemen zijn

gevonden door mee te kijken bij de afmontage van de POV's. Management heeft het model vervolgens goedgekeurd. Deze problemen zijn geclusterd door een kader. Deze clusters zijn op te delen in:

- Geel: Overbodig lopen
- Oranje: Onnodige handelingen
- Groen: Het gebruik van de werkvloer
- Blauw: Werkvoorbereiding
- Zwart: Tijdregistratie
- Roze: Fouten aan de lijn



Figuur 4.1: Probleemkluwen afmontage POV

HP Valves geeft aan dat een lage efficiëntie het probleem is. ***Na analyse blijkt dat deze lage efficiëntie wordt veroorzaakt door de niet goed ingerichte werkvloer en een onvoldoende gestandaardiseerd design van de POV.*** Dit zijn daarom ook kernproblemen. Om deze problemen te verhelpen is een volgorde gemaakt op basis van prioriteit. De gehanteerde volgorde wordt onderstaand toegelicht. De onderdelen uit Sectie 4.1.1 en 4.1.2 zijn van invloed op zowel de werkplek indeling als het design van de POV.

4.1.1 Overbodige beweging

Tijdens de afmontage van de POV's wordt er veel bewogen. In Figuur 3.10 wordt schematisch weergegeven welke looplijnen er gebruikt worden tijdens de afmontage. Tijdens loopbewegingen wordt er niet afgemonteerd. Dit is dus tijd die verloren gaat. Deze onnodige beweging varieert van gereedschap dat gehaald moet worden, onderdelen die gepakt en gemaakt worden tot het zoeken van kratjes. Tijdens elk van de bovenstaand genoemde bewegingen is er geen enkele handeling gaande met het product, dus wordt er geen waarde toegevoegd voor de klant.

Om de grootte van dit probleem weer te geven is er gemeten hoeveel tijd van de montage er gelopen wordt. ***Dit komt op 16% uit. Bij deze loopbeweging zijn ook de tijdrovende handelingen meegeteld (4.1.2).***

4.1.2 Tijdrovende handelingen

Naast alle bewegingen die plaatsvinden op de afdeling, vinden er ook een hoop handelingen plaats op de afdeling. Deze handelingen zijn in Sectie 3.2.1 weergegeven in Tabel 3.1. Een aantal handelingen nemen veel tijd in beslag, maar leveren niets op voor het proces.

Een vereiste handeling voor de start van montage is het verwijderen van tape en plastic van de POV. Zoals in Sectie 1.6 genoemd is dit een restrictie waar niet omheen gegaan kan worden. Hierna zullen de stickers op de POV geplakt moeten worden. Zoals in Sectie 3.1 genoemd is, worden de stickers bij QC kloppend gemaakt en bij de POV gevoegd. Dit betekent dat de monteurs bij MO-Q alleen de sticker plakken. Dit is voor de afmontage geen toevoegende stap. Echter

voegt de stap wel waarde toe in het algehele proces. Deze stap kan dus worden verwijderd van de MO-Q, maar moet ergens anders in het productieproces wel terugkomen.

Tijdens de afmontage komt het regelmatig voor dat buizen op maat gemaakt moeten worden. Om deze tubes op maat te maken, moet er veel gelopen worden en moeten veel handelingen verricht worden. Dit komt doordat de tubes worden aangeleverd als een lange tube, waar vervolgens een deel vanaf gesneden moet worden.

Tot slot, voor de montage begint wordt de POV eerst van de CALDAN-baan gehaald. Omdat de POV soms met het huis aan de bovenkant- en soms aan de onderkant aankomt, is het elke keer verschillend hoe de POV neergezet kan worden. Als het huis zich aan de onderkant bevindt zal de POV eerst neergelegd moeten worden en dan met twee werknemers omgekeerd moeten worden omdat de POV anders niet stabiel staat. Deze handeling neemt daarom veel tijd in beslag.

4.1.3 Gebrekkig gebruik van de werkvloer

In Sectie 3.2 is de werkvloer reeds besproken. Hier werd onder andere genoemd dat de totale werkvloer van alleen de afmontage van de POV lijn 6 meter breed en 13 meter lang is. Van dit oppervlak wordt er in totaal 6 bij 6 meter daadwerkelijk gebruikt. Dit zou in een situatie zijn waarbij beide montagetafels gebruikt worden. Dit ook een probleem op de werkvloer. Via gate 1 komen de motor bediende afsluiters aan. In de huidige situatie worden deze vaak op een werktafel van de afmontage van de pneumatisch bediende afsluiters gelegd. Hierdoor blijft er één werktafel over waar de POV's op gemonteerd kunnen worden. Met een kleinere werkplek als resultaat, van 6 bij 6 naar 3 bij 6 meter. Alle bewegingen die in Sectie 4.1.1 genoemd zijn, vinden plaats in deze beperkte ruimte.

Omdat het CALDAN-systeem de POV's via gate 3 stuurt is het voor de monteurs ook lastig om bij de andere werktafel te komen. Montage wordt hierdoor beperkt. 4.1.4 Hinder tijdens de voorbereiding

Om te zorgen dat de juiste onderdelen per pneumatisch bediende afsluiter gemonteerd

kunnen worden, worden er blauwe kratten klaargezet op de afdeling. Deze zijn gesorteerd op ordernummer en bevatten alle onderdelen voor de gehele order. In een order kunnen meerdere POV's zitten. Het is voor de monteur niet mogelijk om de kratjes voor te bereiden op volgorde van de CALDAN-baan. De volgorde kan veranderen tijdens het spuitproces. Dit doordat het mogelijk is dat een POV meerdere lagen verf moet hebben. Omdat van te voren nog niet bepaald kan worden in welke volgorde alle POV's aankomen, is het nog niet mogelijk om de kratjes voor te bereiden voordat de juiste POV in de lijn hangt.

De kratten kunnen nu uit een kast gepakt worden zodra de POV in de buffer hangt. Dan kan de monteur zien welk ordernummer het is en starten met de voorbereiding. Doordat het aantal kratjes soms kan oplopen tot 25 stuks, is het moeilijk om overzicht te houden. Hierdoor duurt het lang voordat de kratjes gevonden en gepakt zijn.

Bij Sectie 4.1.1 is reeds genoemd dat kratjes soms ontbreken, of niet compleet zijn. Wanneer zich dit voordoet, heeft dit invloed op de voorbereiding. Deze kan namelijk niet doorgezet worden als er delen ontbreken en wordt het proces vertraagd.

4.1.5 Tijdregistratie

In de huidige situatie wijkt de voorcalculatorische tijd af van de tijd waarin de afmontage daadwerkelijk plaatsvindt. Hier is dus een afwijking tussen norm en realiteit. Deze afwijking ontstaat door een aantal problemen die in dit Hoofdstuk besproken worden. Het verschil tussen norm en realiteit kan gemeten worden door de geregistreeerde tijd te vergelijken met de voorcalculatie. De



Figuur 4.2: Knop gereed melden wagen

geregistreeerde tijd is een handmatige invoer. Deze tijdregistratie is daardoor slechts een indicatie. In Sectie 4.1.3 is al genoemd dat er maar één werktafel gebruikt wordt. Deze werktafel wordt regelmatig door twee monteurs gebruikt. Door op de witte knop te drukken, te zien in Figuur 4.2, zal de order die op de montagetafel staat gereed gemeld worden in Isah. Het karretje van de POV dat afgemonteerd wordt zal vervolgens verder rollen over de baan. Doordat in het werkstation weer een plek vrij is zal een nieuwe POV vervolgens boven de montagetafel komen te hangen. Als deze losgekoppeld is, kan er aan beide afsluiters gewerkt worden.

Wanneer het karretje wordt doorgestuurd, wordt de order gereed gemeld. Dit betekent dat de bouwtekening van de POV niet meer opgevraagd kan worden, maar ook dat er geen urenregistratie meer plaats kan vinden bij deze montage. Om te zorgen dat dit alles nog wel kan, wordt er bij het besturingssysteem van de CALDAN-baan de status van de doorgestuurde order weer teruggezet. Deze computer staat bij QC, hier moet dus naartoe gelopen worden om de status terug te zetten.

4.1.6 Fouten aan de lijn

Tot slot, de fouten die zich bij de lijn voordoen. Het kan voorkomen dat er af en toe een POV doorkomt waar onderdelen van missen of die niet goed functioneert. Als een dergelijke POV binnenkomt, wordt deze afgekeurd en teruggestuurd naar eerdere werkstations in de fabriek zodat het defect gerepareerd kan worden. Op het moment dat een defect geconstateerd wordt, kunnen de monteurs niks meer doen. De cilinder kunnen ze nergens naar toe brengen, maar in het systeem kan ook niet aangegeven worden dat de cilinder niet correct is. Er is alleen een knop aanwezig om het product gereed te melden, maar niet om een product af te keuren. Hierdoor komt de lijn dus stil te liggen op het moment dat een dergelijk product binnenkomt.

4.2 Value Stream Map

In Sectie 3.2.1 is uitleg gegeven over een Value Stream Map die gemaakt is voor de afmontage van de POV's. In Sectie 3.2.1 is uitgelegd dat stappen die niet waardetoevoegend zijn kunnen worden weergegeven in een VSM. Om een indicatie te geven welke handelingen wel- en niet waardetoevoegend zijn, is in Appendix E in de VSM aangegeven welke handelingen niet waardetoevoegend zijn. Er zijn een viertal onderdelen uit de VSM geel weergegeven en een tweetal in het rood. De gele onderdelen worden wel gezien als waardetoevoegende stap voor de afmontage van de POV's, maar kunnen verbeterd worden. De rode onderdelen worden gezien als niet waardetoevoegend voor de MO-Q en zullen dus uit het proces gehaald kunnen worden.

De vier onderdelen die geel gekleurd zijn, zijn *Inklokken*, *Uitklokken*, *Van CALDAN-baan halen* en *Krat zoeken*. Deze vier processen moeten allemaal op de afdeling MO-Q gebeuren, dus deze handelingen kunnen hier niet weggehaald worden. Echter kunnen ze wel veranderd worden zodat ze beter verlopen. Deze onderdelen zullen in Hoofdstuk 5 meegenomen worden om een verbeterde oplossing voor te vinden. In Sectie 4.1.1 wordt het probleem weergegeven dat het tape verwijderen veel tijd in beslag neemt. Deze stap is wel een waardetoevoegende stap, immers zonder deze stap kan de montage niet starten.

Verder zijn twee handelingen met rood aangegeven. In de VSM is te zien dat dit *het plakken van stickers* is, en *het voorboren van gaten*. Zoals in Sectie 3.1 dus al genoemd is, worden de stickers bij QC in een bakje gedaan die met de POV mee wordt gevoerd aan de baan. Vervolgens zullen de stickers bij MO-Q op de cilinder geplakt worden. Deze handeling voegt geen waarde toe aan het proces bij MO-Q. Omdat deze stap wel waarde toevoegt aan het eindproduct zal deze stap verplaatst worden. Daarnaast is het

voorboren van de gaten rood gekleurd. Dit lijkt een waardetoevoegende stap op de afdeling te zijn, maar deze is rood gekleurd omdat een deel van de gaten al door de freesmachine zijn gemaakt. Het probleem op de werkvloer is nu dus dat een deel van de gaten nog steeds met de hand geboord moet worden, terwijl een deel al machinaal gebeurt. Hier kan tijd op bespaard worden.

4.3 Uren

Bij HP Valves heerst het probleem dat de vooraf gecalculeerde uren niet overeen komen met de reële eindtijden. Daarom is het van wezenlijk belang om de efficiëntie meetbaar te maken. Om te meten hoe groot de afwijking is van de voorcalculatie ten opzichte van de ingevoerde tijden is er gekeken naar alle orders die plaats hebben gevonden tussen 1 augustus 2017 en 31 oktober 2017. Hier zijn 254 unieke ordernummers geanalyseerd. Uit deze lijst getallen zijn de extreme waarden verwijderd zodat een beter beeld gegeven kan worden van de realiteit. Een voorbeeld van deze waarden is een order waar 150 minuten voor stond in de voorcalculatie; deze was in het systeem in 3 minuten gereed gemeld. Dit soort waarden geven een scheef beeld van de montagetijden. Zo zijn er 244 waarden overgebleven. Een samenvatting van deze tijden staat weergegeven in Tabel 4.1. De waarden in deze Tabel zijn berekend uit de 244 waarden.

De efficiëntie genoemd in de Tabel is gebaseerd op een gemiddelde van de individuele productieorders. Deze waarde is hoger dan de daadwerkelijke efficiëntie. Door met elke onderlinge efficiëntie te rekenen wordt er geen onderscheid gemaakt in de grootte van elk productieorder. Er kan gesteld worden dat een order met een hoge VC meer impact heeft op de totale efficiëntie dan een order met een lage VC. Als er gerekend wordt met de gemiddelde voor- en nacalculatietijden uit de Tabel zal er een efficiëntie van slechts 68% bereikt worden.

Tabel 4.1: Samenvatting gegevens uren

Aantal productieorders	Gem. VC tijd (min)	Gem. NC tijd (min)	Gem verschil (min)	Efficiëntie berekend
244	120.19	176.99	56.83	0,86

Uit deze Tabel is af te lezen dat in de drie onderzochte maanden de gemiddelde tijd dat een monteur mocht doen over de afmontage rond de 2 uur lag, terwijl de monteur hier daadwerkelijk bijna 3 uur over heeft gedaan. Gemiddeld wijkt de voorcalculatie dus bijna een uur af van de nacalculatie. De efficiëntie die HP Valves hanteert is 86%. Daarom is gekozen om met deze waarde verder te rekenen. Doordat 86% van de tijd efficiënt benut wordt, ligt de nacalculatie 16% hoger.

Dit is berekend door $\frac{100}{86} \times 100\% = 116\%$.

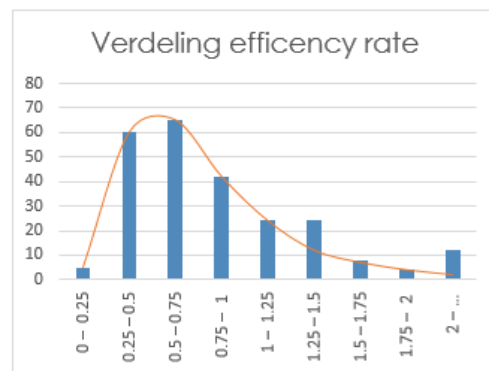
Om te kijken of de afwijking van de tijd constant is, is er gekeken naar de verschillende mate van efficiëntie. Deze berekende waarden van efficiëntie zijn verdeeld in intervallen van 0.25. Er is hier per stap van 0.25 gekeken hoeveel waarden zich bevinden in dit interval. Bijbehorende resultaten zijn te vinden in Tabel 4.2. **Deze verdeling is voor HP Valves van groot belang omdat er gebruik gemaakt wordt van een modulaire opbouw. Omdat er productieorders voor kunnen komen van honderden tegelijk is het van belang om te kijken of er een grote variatie is in de afmontage.** In Figuur 4.3 is te zien dat er een grote variatie is die weggenomen moet worden.

In de Tabel is terug te vinden dat de meeste montages plaats hebben gevonden met een efficiëntie tussen de 0.25 en 0.75. **Dat wil zeggen dat voor elke afsluiter een met een efficiëntie tussen de eerder genoemde getallen, anderhalf tot vier keer langer nodig heeft om door het proces te komen.**

In Tabel 4.1 werd ook al genoemd dat de gemiddelde efficiëntie 86% is. Omdat de meeste waarden links liggen van het gemiddelde, 149 waarden, kan gesteld worden dat dit een rechts-scheve verdeling is. Dit is ook te zien in Figuur 4.3. De lange staart

bevindt zich aan de rechterkant, ten opzichte van de vele waarden die zich links bevinden. Een eigenschap van een scheve verdeling is dat er een relatief grote standaard afwijking veroorzaakt wordt door de staart aan de zijkant. Dit betekent dat er een grote spreiding is van de waarden en dat veel waarden dus afwijken van het gemiddelde.

De piek aan de rechterkant bij het punt "2 - ..." is te verklaren omdat alle waarden groter dan 2 zijn samengevoegd in één stap. Zoals in de Tabel te zien, zijn er nog 12 waarden die groter dan 2 zijn. De stappen die na 2 komen zullen variëren tussen de waarden 0 of 1. De verdelingscurve zal zoals te zien is in de grafiek langzaam naar de waarde 0 weglopen.



Figuur 4.3: Verdeling efficiëntie

Uit bovenstaande Sectie kan geconcludeerd worden dat de efficiëntie met 86% te laag is. Deze waarde zou in de ideale situatie op de 100% liggen. Aan de trendlijn, die geschetst is, is te zien dat er een rechts-scheve verdeling is ontstaan. Het geschetste probleem door HP Valves dat de realiteit te veel afwijkt van de norm, kan aan de hand van deze Tabellen en grafiek worden onderbouwd. Gemiddeld gezien wijkt de norm 14% af van de realiteit. Naast deze afwijking is er te zien dat er een grote variatie is in de productie. Deze heeft grote gevolgen voor de uitloop.

Tabel 4.2: Aantallen efficiëntie

Stap	0 - 0.25	0.25 - 0.5	0.5 - 0.75	0.75 - 1	1 - 1.25	1.25 - 1.5	1.5 - 1.75	1.75 - 2	2 - ...
Aantal	5	60	65	42	24	24	8	4	12

4.4 Besparing

In Sectie 4.3 is reeds gesproken over de uren die benodigd zijn, maar ook die gebruikt zouden mogen worden. Deze gegevens zijn te vinden in Tabel 4.1. In deze Sectie zal gekeken worden naar hoe hoog de kosten zijn voor HP Valves in de huidige situatie, maar ook hoe hoog deze zullen zijn in de ideale situatie. Op basis daarvan zal een schatting gemaakt kunnen worden zodat in Hoofdstuk 6, bij het implementatieplan, de afweging gemaakt kan worden hoe snel een investering in een nieuwe werkvloer terug verdiend kan worden. In verband met vertrouwelijke informatie zijn deze berekeningen te vinden in Appendix F.

De wijze van berekenen is als volgt:

Met het door HP Valves bepaalde uur tarief is berekend hoeveel één monteur kost op basis van een week full-time werken.

Vervolgens is er een periode van 3 maanden geanalyseerd, van 1 augustus tot en met 31 oktober. In deze 13 weken is gemiddeld ca. 177 minuut gewerkt per POV. Zoals in Sectie 4.3 genoemd is in deze periode een efficiëntie van 16% behaald. Door het bedrag dat een monteur kost per week te vermenigvuldigen met 13, wordt bekend wat één monteur heeft gekost in dit kwartaal. Er is een efficiëntie behaald van 86%, wat er toe leidt dat er 16% langer wordt gewerkt.

Als in deze periode een efficiëntie van 100% behaald was, was deze extra tijd niet nodig geweest voor het afmonteren van het zelfde aantal POV's. Door 16% te nemen van de kosten kan bepaald worden hoeveel er bespaard kan worden per werknemer.

Het bedrag is het bedrag dat in drie maanden tijd bespaard wordt op één werknemer. Als dit vertaald wordt naar een jaar, zal dit HP Valves dus dit bedrag maal 4 schelen per werknemer. Omdat er meestal twee werknemers aan het monteren zijn op deze afdeling kan het bedrag verdubbeld worden.

De bijbehorende getallen zijn genoemd in Appendix F.

Deze berekeningen zijn gebaseerd op de waarden van de 244 verschillende orders,

zoals ook te vinden in Tabel 4.1. De vraag van naar POV's zal door het hele jaar fluctueren en zal dus niet overal gelijk zijn aan het kwartaal dat nu genomen is. De berekening, zoals genoemd, zal dus niet volledig betrouwbaar zijn. Zoals in Sectie 4.1.1 besproken, wordt er gemiddeld 16% van de tijd niet gemonteerd. Omdat deze 16% overeen komt met de extra tijd bepaald uit het efficiëntiegetal in Sectie 4.3, zal het berekende bedrag een redelijke indicatie vormen voor de besparing.

Als deze besparing teruggerekend wordt naar uren, dan kan er gesteld worden dat een monteur het zelfde aantal montages kan verrichten in ca. 32 uur in plaats van 38 uur. Een besparing van ruim 6 uur per week, levert in de genoemde 13 weken een besparing op van ca. 79 uur. Dit staat op jaarbasis gelijk aan een besparing van 316 uur. Als deze uren vervolgens efficiënt gebruikt worden, zodat de VC tijden gehaald worden, kan HP Valves op jaarbasis 158 POV's meer maken per werknemer. Dit staat gelijk aan ca. acht weken werk.

4.5 Design

In Figuur 4.1 staat naast het reeds behandelde probleem, de werkplek, nog een ander probleem centraal: het ontwerp van de pneumatisch bediende afsluiter. De POV behoeft tijdens de afmontage nog veel maat- en handwerk. Hierdoor gaat er veel tijd verloren aan lopen, op maat maken van onderdelen en de montage van deze onderdelen.

Naast de onderdelen die op maat gemaakt moeten worden, wordt er nu gebruik gemaakt van veel verschillende soorten koppelstukjes. Deze koppelstukjes worden gebruikt om buisjes te kunnen bevestigen aan andere buisjes of aan andere onderdelen. Welke koppelstukjes hier gebruikt worden moet de monteur beslissen op basis van ervaring. Dit is niet uit de tekening af te lezen. Omdat er op de afdeling veel koppelstukjes liggen, kan er makkelijk vergist worden in een dergelijk koppelstukje. Een hoop tijd gaat verloren door te moeten zoeken naar het juiste stukje. Met het verbeteren van het ontwerp is de afdeling Design al bezig om een gestandaardiseerd ontwerp te creëren.

Tot slot is in de verbeteringsuggestie van de VSM weergegeven dat gaten voorgeboord moeten worden. Een deel van de gaten die de monteur behoeft zijn door de freesmachine al gemaakt tijdens de afwerking van de flens. Door gebrek aan een volledig ontwerp komen er extra handelingen bij.

Door het gebruik van dit vernieuwde ontwerp wordt het aantal handelingen minder, zal er minder gezocht hoeven worden en dit zal leiden tot een versnelde afmontage. Door de standaardisatie in het ontwerp, kan daar ook rekening mee gehouden worden bij een nieuwe inrichting.

4.6 Conclusie

In Hoofdstuk 4 zijn de problemen die zich binnen HP Valves voordoen geschetst. Deze problemen zijn te verdelen in zes categorieën:

Beweging op de werkvloer: *Tijdens de afmontage vinden veel fysieke bewegingen plaats op de werkvloer. Dit varieert in het halen van bijvoorbeeld gereedschap en het corrigeren van een status bij het CALDAN-systeem. Bij deze bewegingen op de werkvloer wordt er niet gewerkt aan het product. Deze tijd gaat dus verloren. De bewegingen op de werkvloer zijn in het spaghetti-diagram weergegeven. Zie Sectie 4.1.1.*

Overbodige handelingen: *Zoals in de probleemkluwen maar ook in de VSM zichtbaar gemaakt is, zijn er een aantal handelingen die plaatsvinden op de werkvloer die niet waardetoevoegend zijn voor het proces. Dit zijn handelingen zoals het plakken van stickers, voorboren van gaten en het in- en uitklokken. Zie Sectie 4.1.2.*

Gebruik van de werkvloer: *De werkvloer waar nu gebruik van gemaakt wordt is slechts de helft van de beschikbare ruimte. Het probleem van de huidige indeling is dat er zoveel mogelijk geprobeerd wordt in de breedte te werken met het positioneren van onderdelen op de werkvloer. De lengte wordt niet gebruikt. Dit leidt tot een inefficiënte benutting van de werkvloer. Zie Sectie 4.1.3.*

Vorbereiding: *De blauwe kratten die gebruikt worden tijdens de voorbereiding van de afmontage worden per ordernummer*

gesorteerd. Dat heeft als gevolg dat de kratten vaak onoverzichtelijk zijn. Het voorbereiden van deze kratten neemt daardoor ook veel tijd in beslag. Tevens kost het zoeken van een afzonderlijke krat veel tijd omdat er vaak veel kratten in het rek staan op de afdeling. Zie Sectie 4.1.4.

Tijdregistratie: *De tijdregistratie moet nu altijd handmatig via een tablet ingevuld worden, dit zorgt er voor dat het slechts een indicatie is. Daarnaast wordt de tijd beïnvloed, doordat een POV eerder gereed gemeld wordt zodat er tegelijkertijd aan 2 POV's gewerkt kan worden. Dit zorgt er voor dat voor beide POV's de dubbele montagetijd genomen wordt. Zie Sectie 4.1.5.*

Fouten aan de lijn: *POV's die via de CALDAN-baan binnen komen kunnen bij het station MO-Q, waar de afmontage plaatsvindt, niet meer goed- of afgekeurd worden. Wanneer een fout plaatsvindt op de afdeling zal de monteur op zoek moeten naar iemand die de POV geassembleerd heeft zodat deze terug kan naar een andere afdeling. Het gehele proces kan niet verder lopen omdat de order, die een fout heeft, vervolgens gereed gemeld moet worden om een nieuwe order op de montagetafel te kunnen krijgen. Dit remt het gehele proces. Zie Sectie 4.1.6.*

Door deze deze factoren wordt er een probleem gecreëerd bij de afmontage van de POV's. Dit uit zich in een te lage efficiëntie wat zorgt voor een te hoog gebruik van uren. De efficiëntie ligt in de huidige situatie op 86% procent. Dit resulteert zich in dat de afmontage van de POV's gemiddeld 16% langer duurt dan gepland. Echter deze 16% is geen vast gegeven. Zoals te zien is in Figuur 4.3 is er een grote afwijking van deze uren ten opzichte van het gemiddelde. Dit probleem in efficiëntie zorgt dat er op jaarbasis per monteur dus 316 uur te veel gebruikt wordt. Door het proces te verbeteren kunnen de kosten gereduceerd worden.

De problemen genoemd in dit Hoofdstuk worden veroorzaakt door de inefficiënte inrichting van de werkvloer en het niet gestandaardiseerde ontwerp van de POV. Dit zijn de twee kernproblemen die aangepakt zullen gaan worden in het Hoofdstuk 5.

5. MOGELIJKE OPLOSSINGEN

In dit Hoofdstuk wordt de oplossing beschreven voor de knelpunten, blootgelegd in Hoofdstuk 4. In samenspraak met HP Valves is er voor gekozen om in de oplossing te focussen op de indeling van de werkvloer. Later in dit Hoofdstuk zal beschreven worden waar deze keuze op gebaseerd is. Aan de hand van de oplossingen die in het komende Hoofdstuk geopperd worden, kan de vierde deelvraag beantwoord worden:

‘Wat zijn de beste, mogelijke, oplossingen om single piece flow te implementeren voor HP Valves?’

In dit Hoofdstuk worden aan de hand van de restricties en eisen uit Sectie 1.6 de oplossingen benoemd in Sectie 5.1. In Sectie 5.2 wordt gekeken op welke manier het aanpassen van het ontwerp van de pneumatisch bediende afsluiter de knelpunten kan verhelpen. Daarnaast wordt ook gekeken welke andere oplossingen behulpzaam kunnen zijn tijdens het verbeterproces in Sectie 5.3.

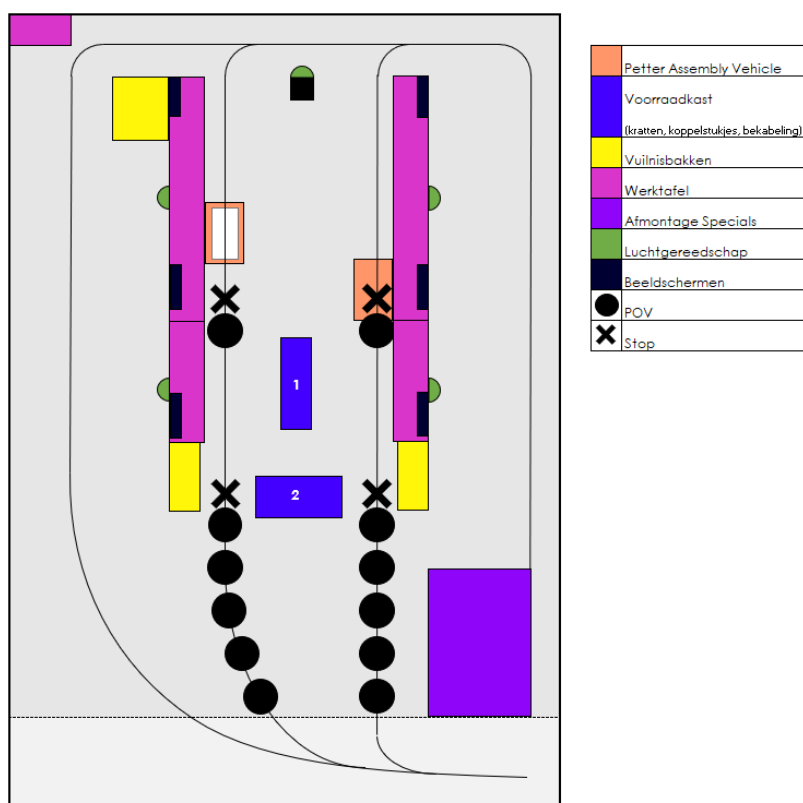
In Appendix G worden de overige oplossingen gepresenteerd die overwogen zijn, maar niet goed genoeg bevonden werden voor het probleem.

5.1 Werkplekindeling

De analyse die in Sectie 4.1 is toegepast, geeft weer dat er op de afdeling veel fysiek gelopen wordt. Daarom is voor de afdeling MO-Q, waar de afmontage van de POV's plaatsvindt, een volledig nieuwe inrichting gemaakt. De vernieuwde inrichting is weergegeven in Figuur 5.1.

In Sectie 5.1.1 wordt eerst de globale inrichting van de werkplek toegelicht. Hierbij wordt duidelijk gemaakt op welke principes

deze inrichting gebaseerd is en welke problemen hiermee verholpen zullen worden. Doordat deze afdeling anders ingericht wordt, wordt de indeling van de werktafels ook anders. Deze nieuwe indeling wordt in Sectie 5.1.2 besproken. In deze nieuwe situatie zal er een mobiele assemblagetafel ontwikkeld moeten worden zodat de montage zo efficiënt mogelijk plaats kan vinden. De uitwerking van deze assemblagetafel wordt in Sectie 5.1.3 toegelicht.



Figuur 5.1: Vernieuwde werkvloer

5.1.1 Globale inrichting

De werkvloer is ingericht zoals te zien is in Figuur 5.1. De POV's komen net zoals in de vorige situatie via de CALDAN-baan aan. De bufferruimte die in de vorige situatie aanwezig was, 5 POV's per montage lijn, zal nog steeds gehandhaafd worden. Echter kan deze buffer naar achter verplaatst worden, zodat de buffer begint bij het looppad. Dit zorgt er voor dat er 2 meter meer effectieve werkvloer beschikbaar komt.

Als de POV in de buffer komt, zal de monteur net als voorheen het plastic en de tape moeten verwijderen van de cilinder. Vervolgens zal aan de hand van het ordernummer, dat de monteur kan aflezen van het beeldscherm aan de lijn, het bijbehorende onderdelenkratje gezocht kunnen worden. Dit kan gevonden worden in de kast met nummer 1 aangegeven in de Figuur. Aan de tafels aan het begin van de lijn is ruimte om alle onderdelen uit het kratje voor te bereiden. De onderdelen die nodig zijn, kunnen op het beeldscherm gevonden worden die bij de tafel hangt. Met dit beeldscherm is het ook mogelijk om een cilinder goed- of af te keuren, wanneer nodig. Daarnaast worden de uren ook geregistreerd met behulp van hetzelfde beeldscherm. Zodra de montage van start zal gaan, wordt de tijd gemeten. Hierdoor is het uit te lezen hoeveel tijd elke handeling kost. In de kast die met nummer 2 is weergegeven, zullen alle koppelstukjes en dergelijke liggen, zodat de monteurs die bij de hand hebben. Al het meet- en maatwerk wordt op dit stuk gedaan.

Als de voorbereiding volledig klaar is, kan de montage beginnen. Allereerst zal de monteur de cilinder op de mobiele assemblagetafel leggen. Deze assemblagetafel zal in dit onderzoek aangeduid worden als de Petter Assembly Vehicle (PAV). De PAV wordt in Sectie 5.1.3 toegelicht. Als de cilinder op de PAV ligt, kan de montage starten. Grenzend aan de tafel waar de voorbereiding plaatsvindt, is een tafel van 4 meter te vinden. Deze tafel is opgedeeld in vier segmenten, waar elke keer een montageshap plaatsvindt. Deze segmenten worden in Sectie 5.1.2 toegelicht. Bij elk van deze segmenten wordt één type onderdeel gemonteerd. Doordat er maar een type onderdeel gemonteerd hoeft

te worden, hoeft er ook alleen nog maar een gedeelte van het gereedschap per segment te komen hangen. Hierdoor kan het overzicht beter behouden worden en de handeling kan sneller verricht worden. De onderdelen zijn al voorbereid en worden in het blauwe kratje meegenomen langs de lijn. Omdat de POV op de PAV ligt voor de werktafel, wordt de beweging van- en naar het gereedschap van de monteur beperkt tot een armbeweging.

Het laatste stuk van de werktafel is het onderdeel waar de POV getest kan worden. Hier zal naast het luchtgereedschap ook een beeldscherm weer aanwezig zijn zodat alle benodigde specificaties opgevraagd kunnen worden, maar ook wanneer nodig de gegevens op het montage invulblad (MIB) ingevuld kunnen worden.

Als alle handelingen verricht zijn wordt de PAV doorgereden net achter de MO-Q. Door hier een kanban-vak te maken, wordt het voor de kwaliteitscontrole visueel gemaakt wanneer er een POV klaar is. Een kanban-vak is een vak waar vaak door middel van visuele signalen duidelijk gemaakt kan worden dat iets nodig is. Hierdoor ontstaat een pull-flow. De PAV, met een afgemonteerde POV, zal voor de kwaliteit een visuele trigger zijn om aan het werk te gaan met deze POV. Deze kan vervolgens naar de bijbehorende kist gereden worden en ingepakt worden. Hierdoor hoeft de POV niet eerst op een pallet en dan pas in de kist. Dit scheelt voor zowel de MO-Q als de expeditie werk.

Rechts onderin de Figuur is een paars vlak te zien. Hier zullen de speciale POV's, die niet via de lijn aankomen, worden afgemonteerd. De specials zijn te groot voor de PAV en wijken af van de montagetijden van de normale POV's. Hierdoor zal de lijn vertraging oplopen.

5.1.2 Indeling werktafel

Zoals omschreven wordt de werktafel in vier segmenten verdeeld. In deze Sectie wordt omschreven welke werkzaamheden bij de voorbereiding en bij elk van de vier overige segmenten plaatsvindt, in de vernieuwde situatie en welke gereedschappen en onderdelen hier voor benodigd zijn. Dit geheel is samengevat in Tabel 5.1. Deze indeling is in samenspraak gemaakt met de monteurs van de afdeling MO-Q.

Allereerst vindt de voorbereiding plaats. Bij deze voorbereiding worden alle onderdelen die in het blauwe kratje op de afdeling aangeleverd worden, voor-gemonteerd. Dit houdt in dat alle onderdelen die dus uiteindelijk op de POV terecht moeten komen al van tevoren geassembleerd moeten zijn. Bij de werktafel van de voorbereiding zullen dus het meetgereedschap, boor-, snij- en buiggereedschap liggen. Alle schroeven, kabels en koppelstukjes zijn ook te vinden bij de voorbereiding. Deze kunnen allemaal in het blauwe kratje meegenomen worden langs de lijn.

Bij HP Valves wordt bij verschillende werkstations gebruik gemaakt van een pick-to-light systeem. Omdat HP Valves hier al mee werkt is er gekeken naar de toegevoegde waarde van het pick-to-light systeem op deze afdeling. In Sectie 4.5 is benoemd dat de koppelstukjes worden gepakt op basis van ervaring van de monteur. Ook in de nieuwe situatie zal dit het geval zijn. Na de standaardisatiestap, die toegelicht wordt in Sectie 5.2, zal het aantal koppelstukjes beperkt worden waardoor het pakken ook snel verloopt. Hierdoor levert het gebruik van het pick-to-light systeem bij de afmontage van de POV's geen toegevoegde waarde op.

Nadat de voorbereiding plaatsgevonden heeft, zal de monteur met het blauwe kratje

en de POV eerst bij de bekabeling van de limit switchers en solenoids uitkomen. Deze stap neemt vaak het meeste tijd in beslag doordat de kabels op maat gemaakt worden en vervolgens op de juiste wijze langs de POV bevestigd moeten worden. Zoals in onderstaande Tabel te zien is, zijn er slechts vier typen gereedschap nodig voor dit segment. Dit maakt de kans op misgrijpen van gereedschap kleiner daarnaast is het zoeken efficiënter.

De volgende stap in het montageproces is de drukmeter met de tubing. De buizen zijn al volledig op maat gemaakt en gebogen tijdens de voorbereiding. De enige stap die nog plaats hoeft te vinden is het geheel door middel van koppelstukjes en schroeven te bevestigen op de POV. Ook hier is het aantal stukken gereedschap beperkt, dit zorgt voor overzicht.

De laatste fase voor de test is de afronding. Hier wordt ervoor gezorgd dat alle onderdelen die nog los zijn van elkaar, gekoppeld worden. Dit is ook het werkstation waar eventueel een afschermplaat over de apparatuur gemonteerd wordt. Als deze fase is afgerond, wordt de POV alleen nog getest op de klanteisen. De testresultaten worden ingevuld op het MIB. Vervolgens is de POV klaar en kan die naar expeditie.

Tabel 5.1: Indeling werktafel

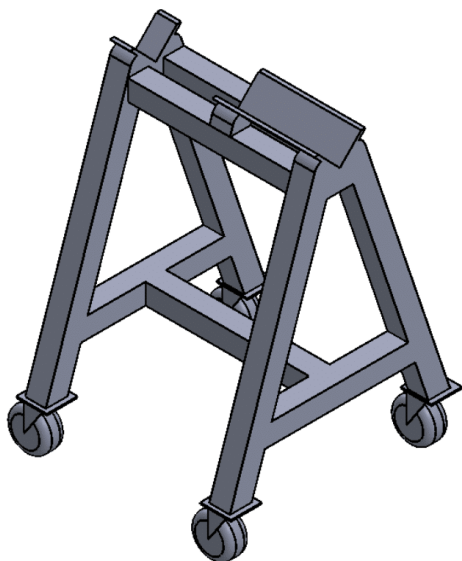
Vorbereiding	Bekabeling switcher / solenoid	Drukmeter + tubing	Afronding (afschermplaat + koppelen)	Test
Gereedschap				
- Luchtboor - Knip- en striptang - Mes - Rolmaat - Buigijzer/pijpsnijder - Hamer - Bankschroef - Schroeflijm	- Inbus-set - Schroevendraaier (+/- kop) - Grote T-sleutel - Popnagel pistool	- Bahcotang - Dopsleutel - Steeksleutel - Borensset - Accuboer	- Inbus-set - Schroevendraaier - Kleine T-sleutel - (luchtboor) - (tapboor)	- Koppelstuk - luchttoevoer - Stopwatch - Stroom-testkast
Onderdelen				
- Nagels - Schroeven - Koppelstukjes - Tubes - Kabels	- Popnagels			

5.1.3 Petter Assembly Vehicle

Zoals in Sectie 5.1.1 benoemd is, zal er gebruik worden gemaakt van een mobiele assemblagekar, de PAV. Deze is speciaal ontworpen en ontwikkeld voor de afmontage van de pneumatisch bediende afsluiters. Een schematisch ontwerp van de PAV is te zien in Figuur 5.2. In Appendix H is de technische tekening te vinden van de PAV. Deze tekeningen zijn opgesteld op basis van de wensen van de monteurs bij MO-Q. Vervolgens is het ontwerp opgestuurd naar een externe partij, hier zal een prototype gebouwd worden van het ontwerp.

Zoals te zien in deze Figuur bestaat de PAV uit een aantal vaste onderdelen. Een stevig frame, gemaakt van metalen buizen met een doorsnede van 50 mm vormen de basis van deze kar. Door middel van de zwenkwielen die onder de kar zitten is de het mogelijk om de POV overal naar te vervoeren en rondom te monteren. Het is mogelijk om deze wielen te blokkeren door een rem te activeren op de wielen. Hierdoor zal de PAV tijdens de montage niet gaan rollen of draaien. De POV rust op twee V-profielen, die dusdanig zijn afgemeten dat elke mogelijke POV die via de lijn aankomt gemonteerd kan worden in dit profiel.

Er is bij de montagekar gekozen voor V-profielen omdat deze vorm zorgt voor een stabiele ligging voor het product, waardoor er twee werkvlakken aan de bovenkant zijn.



Figuur 5.3: Schematische weergave PAV

Tijdens het monteren is het voor de monteur mogelijk om verticaal kracht te kunnen zetten op de POV. Hierdoor kan het product niet meer weg geduwd worden, zoals nu wel voorkomt bij horizontale montage. Het werken met de POV wordt hiermee erg overzichtelijk en daardoor ook gemakkelijk. Door dit V-profiel is het mogelijk elk werkvlak in het zichtveld te leggen om eenvoudig mee te werken. Aan de kant van het smalle V-profiel zal zich een haakje bevinden dat bevestigd kan worden om de schroefpin die uitsteekt aan de bovenkant van de POV. Deze schroefpinnen zijn te zien in Figuur 5.3. Het huis steekt uit aan de kant van het brede V-profiel. Dit haakje zorgt er voor dat de POV niet gaat kantelen doordat er kracht op het huis wordt gezet tijdens de montage.



Figuur 5.2: Schroefpin

Om ervoor te zorgen dat de POV op een juiste manier vervoerd kan worden, is er gebruik gemaakt van twee V-vormen. Deze V-vormen zullen beiden een hoogte hebben van 75 mm. Deze maat is genomen omdat bij de kleinste POV die mogelijk afgemonteerd wordt, dit profiel tot halverwege de flens zal komen. Hierdoor bevindt het kantelpunt van de POV zich binnen het V-profiel wanneer er druk wordt gezet op de POV tijdens de montage. Zodra de grote POV's afgemonteerd moeten worden zullen deze ook in het V-profiel van 75 mm gemonteerd moeten worden. Een POV, met een cilinder van 500mm lang, kan ca. 300 kg wegen. Doordat dit gewicht veel kracht omlaag veroorzaakt, zal de POV tijdens het monteren niet gaan kantelen. Wanneer er een POV afgemonteerd moet worden waarbij meer dan twee werkvlakken gebruikt moeten worden is het door het lage V-profiel nog mogelijk om aan de onderkant te monteren. Door het eerder genoemde haakje blijft de POV liggen terwijl er gemonteerd wordt.

De hoogte van de PAV is dusdanig vastgesteld dat bij het monteren van een grote POV, het werkvlak op 115 mm hoogte van de grond ligt. Dit is de zelfde hoogte als alle werktafels binnen HP Valves. Deze hoogte wordt dus veel gebruikt. Omdat het werkvlak op constante hoogte is, kan iedereen er op werken.

Naast dat de V-vorm zorgt voor een goede houding van de POV, is dit een makkelijke positie om de POV in te kantelen. Het maakt hier niet uit of de POV rechtop of ondersteboven aan komt. Door de PAV tegen het juiste hoekpunt te rijden, kan de POV te allen tijde op de PAV gekanteld worden vanaf de CALDAN-baan. Dit proces gaat sneller dan voorheen, waardoor een probleem uit de VSM verdwijnt, te zien in Sectie 4.2.

De poten van de kar zullen vanaf de wielen schuin naar boven lopen. De poten zullen ondersteuning geven aan de twee V-profielen die bovenop liggen. Door twee dwarsbalken aan te brengen komen de poten op een afstand van 500 mm van elkaar te staan. Dit is de maximale hoogte van een cilinder. Net als de V-profielen aan de bovenkant zullen de poten onder ook in een V-profiel te vinden zijn. Deze vorm van poten brengt twee voordelen met zich mee.

Allereerst zorgt dit voor meer stabiliteit van de PAV. De bovenkant waar de POV op komt te rusten heeft een klein oppervlak. Als de poten recht onder dit bovenvlak zullen staan, dan zal het zwaartepunt van de POV bij een kleine instabiliteit al voorbij het kantelpunt komen te liggen. Dit zou mogelijk omvallen van de PAV kunnen veroorzaken. Omdat de POV's die worden afgemonteerd op de lijn zeer zwaar kunnen zijn, zoals benoemd ca. 300 kg kunnen wegen, is het voor de monteur niet mogelijk dit op te vangen. Omdat deze POV zwaar is, is er niet gekozen voor contragewicht onderop de PAV. Door het contragewicht zou het geheel nog zwaarder worden en daardoor moeilijker te verplaatsen.

In plaats van schuine poten, had er ook gekozen kunnen worden voor rechte poten. Deze rechte poten zouden dan breder staan, zodat het kantelpunt verder naar buiten gebracht kan worden. Hierdoor wordt een

groter bovenvlak gecreëerd. Deze optie valt af omdat het grotere bovenvlak een mogelijkheid biedt voor de monteurs om gereedschap, onderdelen of andere spullen mee kunnen nemen met de PAV. Doordat de baan ingericht is als één lange lijn, is het niet meer nodig dat er spullen meegenomen worden langs de lijn op de kar. Het meenemen van losse onderdelen langs de lijn vergroot de kans dat er iets valt en daardoor verloren gaat. Tevens bieden de schuine poten de mogelijkheid om dicht bij het product te werken. Dit zorgt er voor dat er makkelijker rondom het product gemonteerd kan worden. Zowel boven als onder de POV. Al met al is het door de PAV mogelijk geworden om op een snelle manier het product stabiel neer te kunnen zetten en daarmee het montage-traject mee van start te gaan. Door het V-profiel komen er te allen tijde twee werkvlakken boven te liggen. Deze kunnen hierdoor zeer gemakkelijk gemonteerd worden. De PAV zorgt dus voor efficiëntie, snelheid maar daarnaast zal er ook minder materiaal verloren gaan. Daarnaast biedt het ontwerp ook nog de mogelijkheid tot ergonomisch werken.

Naast de reeds genoemde voordelen, heeft de PAV een kleine afmeting heeft, is het gemakkelijk om deze te draaien zodat er aan twee kanten gemonteerd kan worden. Dit maakt het gebruik van de PAV dus erg gemakkelijk. Ten tweede kan de PAV ook functioneren als tussenopslag na de montage. Als de afmontage is afgerond kan de POV op de PAV blijven liggen zodat de QC de POV kan controleren. Daarna kan hij op de PAV vervoerd worden naar de kist bij expeditie. Dit scheelt weer een keer overpakken naar de pallets. Daarom is er beoogd om met zes PAV's te gaan werken. Minder handelingen zorgen voor minder verspilling.

Om te testen hoeveel tijdswinst er behaald zal worden is er gekeken naar hoeveel tijd er nu besteed wordt aan lopen. Uit deze metingen kwam dat van de totale montage-tijd ongeveer 16% werd gelopen. Dit is gelijk aan de 16% die te bij de efficiëntie ontbreekt. Hieruit wordt geconcludeerd dat bij de voorcalculatie alleen de montage-tijd is bepaald, maar niet de beweging die daarvoor nodig is.

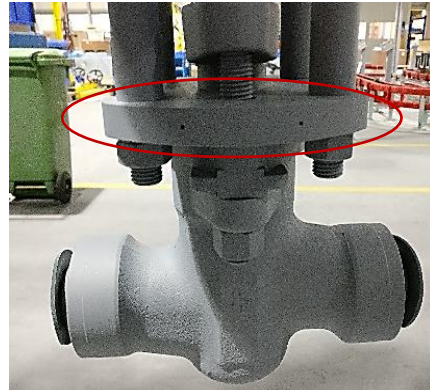
De PAV zal geproduceerd gaan worden door een externe partij, gespecialiseerd in staalbouw. Het hierboven omschreven ontwerp zal door de externe partij verder ontwikkeld worden zodat er een prototype gebouwd kan worden. Aan de hand van dit prototype kan er gekeken worden door HP Valves naar verbeterstappen voor de specifieke PAV. Door een te kort aan tijd zal dit onderzoek deze verbeterstap niet kunnen bevatten. Echter wordt dit wel mee genomen in het implementatieplan in Hoofdstuk 6.

5.2 Standaardisatie ontwerp

Naast de onderdelen die op de afdeling veranderd kunnen worden, kan er ook nog veel verbeterd worden bij het ontwerp van de POV's. Afdeling Design bij HP Valves is druk bezig met het standaardiseren van het ontwerp van de POV's. Dit zorgt er voor dat bijvoorbeeld lengten van buisjes een vaste maat gaan krijgen, maar ook dat er steeds meer koppelstukjes gebruikt gaan worden. Deze koppelstukjes dienen naast de gestandaardiseerde buisjes als vervanging voor de buisjes. Korte afstanden kunnen hiermee overbrugd worden. Het monteren met deze koppelstukjes gaat vele malen sneller. Bij testen met deze nieuwe, gestandaardiseerde, ontwerpen zouden de monteurs aanzienlijk meer afsluiters kunnen afmonteren. Desondanks hier al veel tijd gewonnen wordt, wil HP Valves graag een verbeterstap maken op de werkvloer. Aan de overige eisen (Sectie 1.6) zal ook voldaan moeten worden. Door de nieuwe inrichting, besproken in Sectie 5.1.1, kan er met minimaal twee werknemers gewerkt worden aan de lijn. Dit was een eis van HP Valves.

Door deze standaardisatie stap zouden er nog 13 verschillende lengten buisjes nodig zijn. Deze kunnen dus al op maat op de afdeling komen te liggen. Deze standaardisatie scheelt tijd in buigen, snijden, maar ook in afval.

HP Valves is momenteel bezig met het ontwikkelen van een beter ontwerp van de POV's. Dit ontwerp is nu getest. De testen die nu gerund zijn, hebben tot goede resultaten geleid. Daarom is in dit onderzoek niet gekozen om de hoofdfocus te leggen bij de standaardisatie van het ontwerp.



Figuur 5.4: Taggaten

Echter vielen er gedurende de analyse van het proces wel een aantal handelingstappen op. Er worden nu een aantal gaten voorgeboord: voor de tags, maar ook voor de bevestigingspunten van de drukmeter moeten bij MO-Q nog gaten voorgeboord worden. Zoals in Figuur 5.4 te zien is binnen het kader, zijn de twee gaten van de tags wél al voorgeboord bij het huis. Op de onderste flens van de cilinder moet een gelijke tag komen, met de zelfde gaten. Deze gaten zijn nog niet voorgeboord. De gaten bij het huis zijn al voorgeboord door de freesmachine, waar deze platen worden afgewerkt. Naast deze gaten bij het huis, kunnen de gaten van de tags op de flens ook gefreesd worden en de gaten van de drukmeter kunnen gefreesd worden. Deze laatste stap kan pas plaatsvinden nadat de standaardisatie van de onderdelen volledig doorgevoerd is. Nu wordt nog niet met de juiste onderdelen gewerkt. Deze stap staat in de VSM ook aangegeven als aanbevolen verbeterstap.

5.3 Overige aanbevelingen

Er is een idee gegeven voor een verbetering op de werkvloer aan de hand van een nieuwe indeling, een assemblagekar en het standaardiseren van het ontwerp. Naast deze stappen zijn er nog een aantal veranderingen die plaats kunnen vinden. Deze veranderingen zijn bijvoorbeeld in de VSM, in Sectie 4.2, te vinden.

Een aantal problemen die weergegeven zijn in de VSM, is al verholpen door het veranderen van de werkplek. Er zijn nog een tweetal handelingen in de VSM te vinden die nog niet zijn aangepakt. Dit zijn de stickers plakken en

het krat zoeken. Om het gehele proces beter te laten lopen, zullen deze twee punten ook aangepakt moeten worden.

Allereerst de stickers. Deze worden door de kwaliteitscontrole (QC) bij de POV gevoegd. Ze bevatten informatie over welk type cilinder het is. De stickers worden gepakt op basis van de informatie op het commissieblad. Echter weten de werknemers van QC niet zeker of de sticker dan ook overeenkomt met het commissieblad. Daarom is een betere oplossing om de stickers te verplaatsen van QC naar MO-M, waar de cilindermontage plaatsvindt. Deze stickers kunnen dan in de pick-to-light baan verwerkt worden. De monteur weet welke cilinder hij gemonteerd heeft en welke stickers nodig zijn. Het verplaatsen van deze handeling naar de MO-M zal hier geen problemen opleveren in tijd voor de MO-M omdat dit geen bottleneck is. Het zal wel tijd opleveren bij de MO-Q, wat de bottleneck is op dit moment.

Naast de stickers, moet er nu veel gezocht worden naar de blauwe kratjes. Er staan een hoop van deze kratjes op de afdeling, maar deze zijn allen gesorteerd per order. Omdat een order soms te groot is voor een kratje, wordt de order verdeeld over meerdere kratjes. Tijdens het voorbereiden van de onderdelen, moeten alle kratjes er bij gepakt worden om de voorbereiding goed te doen. Tijdens de afmontage van één POV worden wel alle onderdelen al klaar gemaakt voor de POV's die later pas aan bod komen. Dit zorgt ervoor dat de monteurs vaak veel tijd kwijt aan de eerste afmontage. Daarom wordt als verbetersuggestie aangedragen om de kratjes per POV in te pakken. Daardoor zal alle toevoer op de afdeling in *single piece flow* gaan. Hierdoor zal het proces aan de lange tafel ook soepeler verlopen. Echter is dit voor het magazijn lastig om te monitoren omdat er geen triggerpoint is wanneer er een POV naar de afmontage zal gaan. Deze stap moet verder onderzocht worden hoe de kratjes in *single piece flow* aangevoerd kunnen worden.

Zoals genoemd is het doel van HP Valves om met de standaardisatie van het ontwerp een standaard aantal koppelstukjes en buisjes te gaan gebruiken. Echter wordt er in de eerste

situatie voor gekozen dat deze koppelstukjes te vinden zijn in een kast vooraan de baan. Door de kratjes al compleet aan te leveren vanuit het magazijn zou deze kast ook weggehaald kunnen worden en zal tijdens de voorbereiding nog een actie weggehaald worden waar gezocht moet worden.

5.4 Conclusie

In Hoofdstuk 5 zijn de verschillende verbetersuggesties geopperd en besproken. Deze verschillende oplossingen hebben invloed op de werkplekinrichting, de werkwijze, maar ook het ontwerp van de POV en de werkzaamheden. Deze verbetersuggesties kunnen antwoord geven op de vraag: *Wat zijn de beste, mogelijke, oplossingen om single piece flow te implementeren voor HP Valves?* De overige overwogen oplossingen worden besproken in Appendix G.

Als eerste moet de werkplek veranderd worden. Die is ontworpen zodat er aan twee identieke lijnen parallel gewerkt kan worden. Voordat de afmontage van start gaat, zal voortaan eerst de voorbereiding plaatsvinden. Alle onderdelen zullen al in elkaar gezet worden. Door gebruik te maken van de PAV, kan de POV langs een lange tafel worden mee genomen. Deze kar is speciaal ontworpen dat het werkvlak op een juiste manier boven komt liggen, dit door middel van een V-vorm. De PAV is zo compact mogelijk gehouden omdat er op de werkvloer weinig ruimte is. De PAV is weergegeven in Figuur 5.2.

Doordat de tafel is opgedeeld in verschillende segmenten, waar het gereedschap gespecificeerd is, zal er een flow ontstaan bij het product. Hier worden alle onderdelen gemonteerd die in het eerste segment zijn voorbereid. In Figuur 5.1 is deze werklijn weergegeven.

Bij dit eerste segment wordt het nu ook mogelijk om POV's goed of af te keuren. Hierdoor wordt het probleem ook geëlimineerd dat de lijn stil komt te staan bij een verkeerd product. Hierdoor kan de tijdregistratie ook beter gedaan worden, per onderdeel apart.

Door de werkwijze in de lijn, zal er niet meer van- en naar het product gelopen worden. De enige beweging die de monteur nog hoeft te maken is zijwaartse beweging met het product mee langs de lijn. Daarnaast ontstaat door de verandering van de lijn de mogelijkheid om met 4 man tegelijkertijd op de gehele lijn te komen werken. Dit is een verdubbeling ten opzichte van de huidige situatie.

De *single piece flow* kan met deze inrichting beter gehanteerd worden dan in de oude situatie. Daarom is het van belang dat alle toevoer van producten ook *single piece flow* gebeurd. De uiteindelijke flow kan hierdoor verbeterd worden. Door de blauwe kratjes per POV in te pakken in plaats van per order kan deze *single piece flow* toevoer bereikt worden. Doordat deze kratjes minder onderdelen bevatten is het overzichtelijker wat in elkaar gezet moet worden. Daarnaast is het voor het magazijn ook makkelijker te overzien of alle onderdelen compleet zijn in het krat.

Door analyse uit te voeren op alle handelingen die geen waarde toevoegen voor de klant bij de MO-Q kan er geconcludeerd worden dat de stickers verplaatst kunnen worden naar de afdeling MO-M. Daar past het

in het proces, doordat zij ook weten welk type cilinder er gemonteerd is. Naast de stickers zouden alle gaten die in de POV moeten komen voor bevestiging tijdens het frezen al gemaakt kunnen worden. Dit scheelt werk bij MO-Q, maar daarnaast voorkomt het ook nauwkeurigheidfouten.

Tot slot wordt het ontwerp van de POV gestandaardiseerd. Dit zorgt dat er veel handwerk, dat benodigd is voor het maatwerk, niet meer hoeft te gebeuren. Hier wordt een aantal standaard buizen en koppelstukjes voor gebruikt, waardoor het tijd en ruimte scheelt op de afdeling. Deze standaardisatie is nog steeds volledig mogelijk om uit te voeren op de afdeling bij de implementatie van de nieuwe assemblagekar.

Als er gebruik gemaakt wordt van een nieuwe werkplekindeling en de PAV, dan kan er aan overbodige beweging tot wel 16% bespaard worden. Deze afwijking komt overeen met het probleem dat in Sectie 4.1.1 genoemd is. De standaardisatiestap die HP Valves aan het testen is heeft reeds uitgewezen een positieve werking te hebben op de montagesnelheid. Als dit ontwerp volledig doorgevoerd kan worden, dan kan dit HP Valves een nog grotere besparing opleveren.

6. IMPLEMENTATIEPLAN

In Hoofdstuk 5 zijn verschillende oplossingen geopperd voor het bestaande probleem binnen HP Valves. Dit probleem wordt door HP Valves omschreven als een efficiëntieprobleem bij de afmontage van de pneumatisch bediende afsluiters. Door een tekort aan tijd is het niet mogelijk om alle oplossingen te implementeren. Daarnaast is Lean een filosofie die past binnen Continuously Improving, wat inhoudt dat er continu verbeterd kan blijven worden. Om een duidelijk beeld te geven hoe elke stap geïmplementeerd zou moeten worden zal in dit Hoofdstuk een implementatieplan gemaakt worden. Dit plan zal plaatsvinden aan de hand van de stappen: 'Wat wordt gedaan, door wie, waar, wanneer, met welke controle en tegen welke kosten?'. Daarmee zal tevens gelijk antwoord gegeven worden op de vijfde, en laatste, deelvraag:

Welke implementatiestappen zijn aan te raden voor HP Valves?

6.1 Te implementeren

In Hoofdstuk 5 zijn een aantal verbeterstappen toegelicht. Het doel van deze verbeterstappen is om de afmontage van de POV's sneller en efficiënter te laten verlopen. Om dit te bereiken zijn een aantal verbeterstappen benoemd. Deze verbeterstappen zullen de benoemde problemen uit Hoofdstuk 4 aanpakken. De oplossingen hebben betrekking op de werkvloer, werkwijze en standaardisatie.

De werkvloer zal opnieuw ingericht worden als beschreven in Sectie 5.1. Hier zullen twee identieke lijnen komen waar dusdanig geproduceerd kan worden om een flow te creëren. Het product zal langs de productielijn worden meegenomen nadat alle onderdelen zijn voorbereid uit de blauwe kratjes. De POV zal vervolgens stapsgewijs opgebouwd worden bij drie verschillende stations. Bij deze stations ligt een beperkt aantal stukken gereedschap. Dit zorgt voor het behoud van overzicht en daarmee ook behoud van snelheid.

De werktafel die gebruikt gaat worden is ingedeeld op basis van een volgorde die door de werknemers is aangedragen als ideale montage volgorde. Hier zal eerst gekeken worden naar de bekabeling van switchers en de solenoids. Bij het volgende segment zal de drukmeter en al het buiswerk worden aangesloten. Als derde zal de afronding plaatsvinden, zodat alle nog losse onderdelen gekoppeld worden en de eventuele afschermplaat bevestigd kan worden. Tot slot is er nog ruimte voor een test van de POV. Bij elk van deze segmenten zullen 3, 4 of 5 verschillende stukken gereedschap te vinden

zijn. Zoals in Sectie 5.1.2 genoemd, wordt hierdoor het overzicht gewaarborgd.

De bewerkingstappen zullen gebeuren terwijl de POV op de zogenoemde Petter Assembly Vehicle ligt. Deze kar is ontworpen om een ideale manier van transport te creëren op de werkvloer. Door een V-profiel komt het juiste werkvlak altijd boven te liggen terwijl de POV op zijn zijkant vervoerd kan worden. Hierdoor is de beweging geen verspilling meer.

Tot slot zal er een standaardisatie plaatsvinden van onderdelen voor de POV. Dit is een project waar Design bij HP Valves al druk mee bezig is om dit voor elkaar te krijgen. Het doel is om minder verschillende types onderdelen te gaan gebruiken, maar meer standaard koppelstukjes. Door middel van deze koppelstukjes zouden de werkzaamheden gemakkelijker en sneller moeten gaan. Omdat deze analyse door HP Valves is gedaan wordt er voor deze onderdelen vooral gekeken naar een nieuwe indeling op de baan.

6.2 Checklist

Om alle onderdelen volledig te implementeren zal er gebruik gemaakt worden van een checklist. De checklist is opgebouwd op basis van de vraag: 'Wat wordt gedaan, door wie, waar, wanneer, met welke controle en tegen welke kosten?'. Deze stappen zullen achtereenvolgens worden uitgewerkt. Daaruit kan het totale implementatieplan worden getrokken. Het complete implementatieplan zal, om het overzicht te behouden, in een Tabel worden weergegeven. Dit plan is opgesteld voor de Lean-manager binnen HP Valves, zodat dit

plan goed geïmplementeerd kan worden. Alle factoren moeten dan ook door de Lean-manager of Management gecontroleerd worden, dit betreft Sectie 6.2.2.

6.2.1 Wat

Om alle stappen te kunnen implementeren zijn er verschillende onderdelen nodig.

- Nieuwe werktafel
- Aanvulling gereedschap
- PAV
- Beeldschermen langs de lijn

Deze onderdelen moeten worden aangeschaft zodat de lijn aangepast kan worden. Aan de hand van deze onderdelen kan de nieuwe werkvloer zoals toegelicht in Sectie 5.2.1 worden ingericht.

Voor de aanvulling van het gereedschap en de beeldschermen geldt dat de huidige leveranciers gebruikt worden voor de aanschaf van de onderdelen. De kosten die hier mee gepaard gaan, worden toegelicht in Sectie 6.2.6.

Aan de productie van de montagekarren en de vernieuwde montagetafels moet meer aandacht worden besteed. Eén van de vereisten is dat er een ontwerp gemaakt wordt voor beide onderdelen. Nadat het ontwerp gemaakt is, zal het gebruik van deze onderdelen ook met veel begeleiding moeten gebeuren.

Om het optimale resultaat te behalen zijn er in Sectie 5.3 nog een aantal extra aanbevelingen gedaan. Een van deze genoemde aanbevelingen is het verschuiven van de stickers naar afdeling MO-M. Daarnaast moet de standaardisatie van het ontwerp doorgevoerd worden zodat het product verbeterd wordt.

6.2.2 Wie

De onderdelen die besteld moeten worden, kunnen door afdeling Purchasing worden gekocht. Echter hoeft het bestellen van de montagekar en de werktafel meer aandacht. Deze onderdelen zullen bij een externe partij geproduceerd worden. Voor HP Valves is het dus van belang dat hier continu de voortgang van gecontroleerd wordt zodat het gewenste resultaat behaald kan worden.

Naast de externe partij die gecontroleerd moet worden, moeten de werknemers van HP Valves ook betrokken worden bij de implementatie. Op de afdeling MO-Q willen de monteurs graag veranderen van werkwijze. De oorzaak hiervan is de huidige werkwijze, die niet in de smaak valt bij de monteurs. Daarom wordt er vanuit gegaan dat er weinig weerstand is tijdens de implementatie van de werknemers op MO-Q. Echter is het wel van belang goed in de gaten te houden of de beoogde werkwijze ook gehanteerd wordt, zonder dat de monteurs een eigen draai er aan zullen geven die ten koste gaat van efficiëntie.

De werknemers op de afdeling MO-M zullen ook betrokken worden in het proces. Als gevolg van de stickers die nu bij MO-Q geplakt worden, die naar MO-M verplaatst worden. De werknemers moeten dus goed begeleid worden dat deze handelingen ook goed verricht worden.

De werknemers kunnen een groot risico vormen tijdens de implementatie. Als zij niet welwillend zijn om te veranderen loopt de gehele implementatie spaak. Dan moet er gezocht worden naar een nieuwe oplossing. Daarom moet dit geheel continu gecontroleerd worden door de Lean manager binnen HP Valves.

6.2.3 Waar

De veranderingen zullen op de werkvloer plaats gaan vinden. Het is daarom ook van belang dat de begeleiding plaats gaat vinden op de werkvloer. Hier kan het van pas komen om analyse uit te voeren en met de werknemers in gesprek te gaan om de implementatie goed te laten verlopen. 'Go to Gemba' is een begrip dat bij Lean veelvuldig voorkomt. Gemba is een vertaling voor de werkplek. Hier gaat elke stap ook van deze implementatie plaatsvinden.

6.2.4 Wanneer

Om de implementatie goed te laten verlopen zullen de implementatiestappen in een bepaalde volgorde moeten beginnen. Er kan niet gewerkt worden wanneer de PAV nog niet aanwezig is op de werkvloer, maar de nieuwe werktafels er al wel staan.

Allereerst is het nodig om de PAV op de afdeling te hebben staan. Op de huidige werkvloer kan de afsluiter ook op de PAV gelegd worden om de montage plaats te laten vinden. Omdat eerst met een prototype gewerkt wordt, zal deze eerst geoptimaliseerd worden. Het is mogelijk dat er bij het maken van het eerste ontwerp bepaalde aspecten vergeten zijn en die daarom nog door ontwikkeld kunnen worden.

Tijdens het proces van optimaliseren kunnen alle stukken gereedschap al besteld worden. Hierdoor kan de werktafel gelijk in gebruik genomen worden wanneer deze klaar is.

Als de PAV voldoet aan de eisen en in gebruik genomen kunnen worden is het van belang dat de werktafels veranderd worden. Zodra de PAV zesmaal aanwezig is bij HP Valves kunnen de lange werktafels gebruikt gaan worden. Omdat de stukken gereedschap vooraf al besteld en binnen gekomen zijn, kan de lijn gelijk ingericht worden.

Alle onderdelen van de lijn zijn dan aanwezig. De lijn kan vervolgens volledig worden ingericht zoals eerder toegelicht. Deze laatste stap moet tegelijkertijd gebeuren met het aanpassen van de CALDAN-baan. Hier moet rekening gehouden worden dat als de stoppers van de POV's verplaatst worden, de POV niet meer boven de montage tafel van de lijn gehaald kan worden. De lijn kan aangepast worden op voorwaarde dat de karren voldoen aan de eisen voor montage. De stop van de buffer zou te allen tijde naar achter verplaatst kunnen worden. Dit is niet afhankelijk van welke manier van montage gehanteerd wordt.

6.2.5 Controle

Er moet tijdens implementatie rekening gehouden worden met de volgorde van uitvoeren, de mensen die betrokken worden en de locaties waar het uitgevoerd wordt. Hierbij is het belangrijk dat de stappen voortdurend verbeterd kunnen worden. Lean Manufacturing is een filosofie die als basis gedachte 'Continuous Improvement' heeft.

Elk onderdeel dat betrokken wordt aan de lijn moet voortdurend verbeterd worden. Ten eerste zullen de montagekarren en de nieuwe werktafels moeten ingericht worden zodat de

werkwijze geperfectioneerd wordt. Zodra de nieuwe werkwijze gehanteerd wordt, is het dus van belang dat de voortgang continu bijgehouden wordt. In het beginstadium is het van belang dagelijks het gesprek aan te gaan met de werknemers. Dit kan het makkelijkste aan het begin van de werkdag. In dit gesprek kan er gekeken worden naar wat de voorgaande dag gedaan is, hoe dit ging en hoe dit verbeterd kan worden. Hierdoor kan snel uitgevonden worden of alle stukken gereedschap aanwezig zijn, op de goede volgorde hangen en hoe de PAV makkelijker gebruikt kan worden.

Naarmate de tijd vordert, en de eerste verbeteringen doorgevoerd zijn kan het aantal gespreksmomenten omlaag gevoerd worden. Belangrijk blijft om dit nog wel regelmatig, 1 à 2 keer per week, te doen. Hierdoor zullen de monteurs continu blijven denken aan de verbeteringen die plaats kunnen vinden. Als de monteurs dan ook beloond worden door goede ideeën gelijk door te voeren zal dat ook stimulans zijn voor de werknemers om meer ideeën aan te dragen. Iedereen op de afdeling wil graag in een prettigere omgeving werken.

De afdelingen binnen HP Valves die hierbij betrokken moeten worden zijn zowel de MO-M waar nieuwe handelingen bij zullen komen, als MO-Q die volledig veranderd. MO-Q heeft vanzelfsprekend wel de meeste begeleiding nodig.

Voor de stukken gereedschap is het ook van belang dat dit in de gaten gehouden wordt, wat waar gebruikt wordt. Na alles een tijdje gebruikt te hebben kan alles op een vaste plek gehangen worden en daarbij gebruikmakend van een schaduwbord. Door dit visuele hulpmiddel komen alle stukken gereedschap altijd op de juiste plek te hangen. Dit zijn onderdelen van 5S, een hulpmiddel van Lean beschreven in the House of Lean in Sectie 2.1.1. Hierdoor kan gewenning ontstaan. Dit geldt ook voor alle andere losse onderdelen in de afdeling. Door een visueel hulpmiddel in te zetten, blijft het werkstation gestructureerd. Dit kan zich ook uiten in de strepen op de grond om aan te duiden waar een werkgebied is, waar karretjes horen te staan als ze niet

gebruikt worden, maar ook waar de afvalbakken horen te staan op de afdeling.

Concluderend, kan gezegd worden dat tijdens het algehele implementatieproces voortdurend controle uitgevoerd moet worden. Door deze controle bij te houden kan de kwaliteit van de nieuwe werkbaan gewaarborgd worden. Door dagelijks voortgangsgesprekken te houden zal de implementatie het snelst verlopen. Eventuele fouten kunnen dan ook uit de lijn gehaald worden. Hier is dus sprake van een aanpak waarbij rekening gehouden wordt met *Continuously Improving*. Door vervolgens tools van 5S toe te passen kan ervoor gezorgd worden dat de ontstane productielijn netjes behouden wordt en dat een standaardisatie plaats kan vinden.

6.2.6 Kosten

Tijdens deze implementatie dienen een aantal zaken aangeschaft te worden. De werktafels, het aanvullende gereedschap, de PAV, maar ook in de beeldschermen die langs de lijn komen moet geïnvesteerd worden.

Zoals beschreven is in Sectie 5.2.1 zullen er twee lange werktafels komen met elk daarop gereedschapsborden. Deze twee tafels zullen 500 bij 50 cm zijn. Doordat deze vast gemaakt worden aan de grond, staan deze stabiel. Deze montage van deze werkbanken zullen net als de montage van de PAV bij het eerder benoemde externe bedrijf gebeuren. Met dit bedrijf is afgesproken dat de kosten van de tafels €550,- zullen bedragen per tafel.

Bovenop deze werktafel zullen gereedschapsborden komen. Een bord van 50 bij 100 cm kost €50,-. Dit bedrag is net als de kosten van de stukken gereedschap in overleg met de afdeling Purchasing vastgesteld. De prijzen genoemd in het verslag zijn realistische prijzen die HP Valves hanteert. Aangezien de twee montage lijnen 10 meter lengte hebben totaal zullen er dus 10 borden nodig zijn. Het totaal van de borden zal daarom uitkomen op €500,-.

Om een goed beeld te krijgen welk gereedschap nodig is, is een overzicht

gemaakt in Sectie 5.2.2. Een deel van het totale benodigde gereedschap hangt al aan de huidige baan. Omdat dit gereedschap nog in goede staat is, kan dit ook gebruikt blijven worden. De benodigde stukken gereedschap zijn in Tabel I.1 in Appendix I.1 weergegeven met bijbehorende prijs en benodigde hoeveelheid. De prijzen in de Tabel zijn de reële prijzen die HP Valves uitgeeft aan de verschillende stukken gereedschap en onderdelen. De totale kosten zullen uitkomen op ca. €1.400,-.

Naast het gereedschap zal de PAV geproduceerd worden. Het ontwerp (Sectie 5.2.3) zal geproduceerd worden tegen een prijs van €300,-. In Sectie 5.1.3 is gesteld om met zes PAV's tegelijkertijd te gaan werken. Een totaal van €1.800,- wordt uitgegeven aan de PAV.

Tot slot zullen er naast de twee beeldschermen die zich al op de afdeling bevinden, nog vier stuks bij komen. Deze schermen kosten voor HP Valves €700,- om aan te schaffen. Het aanschaffen van vier extra beeldschermen kost €2800,-.

Wanneer alle kostenposten bij elkaar opgeteld worden zal er een totaal bedrag uit komen van ca. €7.600,-. Dit bedrag moet voorafgaand geïnvesteerd worden. Van de totale investering is een overzicht gemaakt in Tabel 6.1. In Appendix I is deze investering weggezet tegenover de beoogde besparing (Sectie 4.4) die behaald wordt. Dit wordt weergegeven in een grafiek. Er wordt uit gegaan van situatie waarbij voor 1 januari 2018 alle kosten zijn gemaakt en er vanaf deze datum begonnen wordt met deze manier van werken.

Tabel 6.1: Investerings

Investerings (€)	
Werktafels	1.100
Gereedschapsborden	500
Gereedschap	1.400
PAV	1.800
Beeldschermen	2.800
Totaal	7.600

6.3 Conclusie

In dit Hoofdstuk is een implementatieplan gegeven voor de geopperde oplossingen uit Hoofdstuk 5. Om de lijn werkend te krijgen moeten er een aantal verschillende zaken aangeschaft worden. Te beginnen bij de vernieuwde werktafels en de Petter Assembly Vehicle. Deze onderdelen zijn ontworpen voor deze vernieuwde werkwijze bij HP Valves. Voor beide zal dus gelden dat er allereerst tests gedaan moeten worden met het prototype om te kijken welke onderdelen ontbreken en waar niet aan gedacht is. Deze stappen kunnen vervolgens ondernomen worden om de lijn te verbeteren. Verder komt er ook een aanvulling van gereedschap en beeldschermen zodat de lijn aan beide kanten gevuld is zoals aangedragen.

De wijze van implementatie is in Tabel 6.2 samengevat. In de Tabel staan geschatte tijden weergegeven. Deze tijden zijn verwacht maar kunnen afwijken. Daarmee kan antwoord gegeven worden op de deelvraag die aan het begin van het Hoofdstuk gesteld is: *‘Welke implementatiestappen zijn aan te raden voor HP Valves?’*. De implementatiestappen die in Tabel 6.2 zijn weergegeven worden aangeraden om uit te voeren voor een complete implementatie.

Omdat dit implementatieplan een aanbeveling is voor HP Valves en de start van dit implementatieplan dus niet vast zal staan, staat onder de noemer ‘wanneer’ aangegeven in welke volgorde de stappen plaatsvinden. Daarbij staat ook een schatting weergegeven hoe lang deze stappen duren.

Tabel 6.2: Implementatieplan bij de afmontage van de POV's

Wat	Wie	Wanneer	Controle
Prototype bouwen montagekar + bouwen montage tafel	Externe partij	Op tijdstip 0. Deze stap zal 2 weken duren om uit te voeren voor de montage kar. Montagetafel maken zal ook 2 weken duren, is pas nodig als het prototype goedgekeurd is. Tafels kunnen al eerder aanwezig zijn bij HP Valves.	- Na 1 week tussentijdse voortgang controleren - Tafel goedkeuren
Gereedschap/ beeldschermen bestellen	Purchasing HP Valves	Op tijdstip 0 bestellen. Als de onderdelen voor de lijn compleet zijn kan het geheel gelijk in gebruik genomen worden	- Controle alle stukken gereedschap van de lijst binnen - Beeldschermen instellen zodat juiste info wordt weergegeven per scherm
Testen montagekar	Monteurs MO-Q	Vanaf week 2. Tests runnen kan 1 week lang. Hierdoor kan de handeling vaak geprobeerd worden	- Dagelijkse controle op tests met kar. Eventuele verbeteringen gelijk doorvoeren of na 1 week doorvoeren. Hangt af van prioriteit - Bij goedkeuring 6 laten produceren
Inrichten werkplek volgens tekening	CI-manager HP Valves	Als montage kar volledig goedgekeurd is. In 1 dag moet de lijn volledig worden veranderd in nieuwe situatie	- De 2 tafels voldoen aan eisen - Al het gereedschap is aanwezig - Schermen op de goede plekken werken - Materiaal voor montage is aanwezig - Karretjes zijn aanwezig

Lijn verhangen	Monteurs CALDAN-baan	Zodra alle onderdelen voor de baan binnen zijn kan de lijn verhangen worden. Dit kan op het zelfde moment als het inrichten van de werkplek	○ Stops hangen op de juiste plek ○ POV's worden via beide banen gestuurd door CALDAN-systeem
Lijn controle	CI-mananger HP Valves + Assembly Manager	Als de lijn volledig is ingericht en werkt. 2 keer per week een controle uitvoeren op de werking op de afdeling. Verbetersuggesties gelijk implementeren. Is te meten in tijd voor de afmontage van de POV's.	○ Is de werkwijze zoals beoogd? ○ Wat kan beter? ○ Hoe ging het gister en hoe kan dat vandaag opgelost worden?

Als de stappen uit Tabel 6.2 worden gehanteerd, dan zal de implementatie van de vernieuwde werkplek goed verlopen. Belangrijk is dat gedurende dit proces overal controle wordt uitgevoerd. Vooral in de eindfase is het van belang dat er nog nazorg is

voor het traject. De montagehandelingen moeten eerst een gewoonte worden bij de monteurs. Dit voorkomt dat er een grote afwijking gaat ontstaan vanaf het begin van de implementatie.

7. CONCLUSIE & DISCUSSIE

In dit onderzoek is er gezocht naar het antwoord op de onderzoeksvraag: 'Hoe kan single piece flow het beste worden geïmplementeerd op de afmontage van de pneumatisch bediende afsluiters?'. Om antwoord te kunnen geven op deze vraag is allereerst onderzoek gedaan naar vijf deelvragen. Deze deelvragen zullen in dit Hoofdstuk eerst kort samengevat worden, zodat daarna antwoord gegeven kan worden op de hoofdvraag van dit onderzoek. Daarbij zal gekeken worden naar de discussiepunten die zich gedurende dit onderzoek hebben voorgedaan.

7.1 Conclusie

De deelvragen van het onderzoek zijn in de voorgaande Hoofdstukken besproken en beantwoord. De bevindingen worden hier nogmaals samengevat.

1. Wat is de aan te raden verbeterfilosofie voor HP Valves?

Op basis van de literatuurstudie uit Hoofdstuk 2 kan gesteld worden dat in de discrete productie industrie, waar HP Valves zich in bevindt, *single piece flow* de ideale manier van produceren is om een continue flow in het proces te genereren. Tijdens de implementatie moet rekening gehouden worden met een juiste toevoer, betrokken werknemers en door de implementatie moeten de bewegingsafstanden kleiner worden. Alleen als er aan deze eisen voldaan kan worden, zal *single piece flow* de ideale flow opleveren

Een flow kan verbeterd worden wanneer alle sub-assemblies een gelijke Takt-tijd krijgen waarmee de productie stappen korter gemaakt worden. Dit bevordert de productiesnelheid.

2. Hoe worden de POV's opgebouwd en wat is specifiek voor de afmontage?

Als eerst worden de huizen machinaal bewerkt en gemonteerd. Parallel aan dit proces wordt de cilinder gemonteerd. Vervolgens komen deze twee onderdelen bij elkaar en worden deze in elkaar gezet. Na een controle wordt de POV gespoten zodat de POV afgemonteerd kan worden. Hier wordt alle elektronica gemonteerd zodat de POV naar behoren werkt. Kenmerkend van de afmontage is dat de onderdelen die gebruikt worden vaak op maat gemaakt moeten worden. Tot slot wordt de POV na een controle van QC door expeditie gereed gemaakt voor transport.

3. Wat zijn de problemen bij de afmontage van de POV's en welke oorzaken horen hierbij?

De problemen bij HP Valves kunnen in twee kernproblemen worden opgedeeld: de inefficiënte inrichting van de werkvloer en een niet gestandaardiseerd ontwerp van de POV. Deze twee kernproblemen kunnen vervolgens opgedeeld worden in zes categorieën:

- Overbodige beweging op de werkvloer
- Tijdrovende handelingen
- Gebrekkig gebruik van de werkvloer
- Hinder tijdens de voorbereiding
- Tijdregistratie
- Fouten aan de lijn

Door deze oorzaken wordt er op dit moment een efficiëntie behaald van 86%. Deze efficiëntie zorgt er voor dat er 16% langer wordt gewerkt dan zou mogen volgens de voorcalculatie. Dit betekent dat er op jaarbasis met twee monteurs ca. 316 POV's meer gemaakt kunnen worden.

4. Wat zijn de beste mogelijke oplossingen voor HP Valves?

Om de genoemde problemen op te lossen is er gekozen voor een nieuwe indeling van de werkplek waarbij geproduceerd wordt langs een lange werktafel. Deze is opgedeeld in 5 verschillende segmenten. Na de voormontage vindt bij de overige 4 segmenten de montage plaats. Deze montage gebeurt terwijl de POV op een montagekar geplaatst wordt. Door deze kar wordt de POV liggend meegenomen langs de lijn, waarmee de montage tijd met ongeveer 16% afnemen doordat alle beweegtijd en onnodige handelingen uit de VSM worden geëlimineerd.

5. Welke implementatiestappen zijn aan te raden voor HP Valves?

Om de behandelde verbeterstappen te kunnen implementeren moet er gebruik gemaakt worden van een implementatieplan. Door middel van dit plan kunnen de oplossingen tot een juiste implementatie geleid worden. Tijdens het proces moeten de werknemers continu betrokken worden in het proces, verbeter suggesties vanuit het personeel moeten daarom ook in acht genomen worden om te het proces continu te blijven verbeteren.

Er moet geïnvesteerd worden in de onderdelen die benodigd zijn aan en langs de lijn. Dit wil zeggen dat de nieuwe werktafels, het aanvullende gereedschap, en de PAV gekocht moeten worden. De totale investering is geschat op een bedrag van ca. €7.600,-. Deze investering kan door de nieuwe, gestructureerde werkwijze aanzienlijk snel terug verdient worden. Het terugverdienen van de investering is alleen bepaald met de besparing van uren op personeel. Door de besproken volgorde uit Sectie 6.3 te hanteren zal de implementatievolgorde zorgen voor structuur op de werkvloer.

Hoe kan single piece flow het beste worden geïmplementeerd op de afmontage van de pneumatisch bediende afsluiters?

Dit onderzoek heeft uitgewezen dat *single piece flow* een ideale flow zal creëren bij een bedrijf waar gebruik gemaakt wordt van discrete productie met een lage omsteltijd. Daarom wordt het HP Valves aangeraden om gebruik te blijven maken van deze werkwijze. Dit kan bereikt worden door middel van het creëren van een flow bij de MO-Q. Deze flow kan gecreëerd worden door het product dat gemonteerd wordt continu in beweging te houden.

Door gebruik te maken van de PAV, waar de POV gemakkelijk in kan kantelen, kan de productie als een lopende band beschouwd worden. Door de PAV klein te houden zal deze erg wendbaar zijn en te allen tijde gemakkelijk te gebruiken tijdens de montage. Hierdoor worden in het algehele montageproces onnodige loopbewegingen geëlimineerd.

Net als de PAV, zal de werktafel klein gehouden worden. Dit voorkomt rommel op de werktafel. Op deze werktafel is ook nog maar een beperkte hoeveelheid gereedschap te vinden, waardoor vergissen in gereedschap

voorkomen kan worden. Hierdoor wordt het zoeken minder en zal de snelheid tijdens de afmontage hoger zijn.

Naast de onnodige loopbewegingen en zoektijden, zijn er ook een aantal standaardisatiestappen die gedaan moeten worden om de flow te verbeteren. Door het gebruik van standaard koppelstukjes en buisjes wordt de montage makkelijker en sneller. Doordat deze onderdelen tijdens de voorbereiding niet meer op maat gemaakt hoeven worden, wordt er ook tijd gewonnen tijdens de voorbereiding.

Al met al kan geconcludeerd worden dat door het produceren met gestandaardiseerde onderdelen, op een kleine en makkelijke montagekar, langs een lange werktafel, waar in segmenten gemonteerd kan worden, kan *single piece flow* het beste worden geïmplementeerd bij de afmontage van de pneumatisch bediende afsluiters.

Door de verandering op de werkvloer, en met het gebruik van de PAV wordt het mogelijk om per jaar, per werknemer 158 POV's meer af te monteren.

7.2 Discussie

Tijdens dit onderzoek zijn er berekeningen gedaan die gebaseerd zijn op de werktijden van één kwartaal. Binnen dit kwartaal waren 244 waarden die gebruikt konden worden, die daarom ook een indicatie te kunnen geven. Deze waarden zijn onvoldoende betrouwbaar om zeker te zeggen dat deze werktijden te allen tijde gelden zoals gemeten in dit kwartaal. De vraag naar producten kan variëren in de loop van het jaar.

Naast een onnauwkeurigheid in de bovenstaande berekening, is de tijd die HP Valves gaat besparen ook een onvoldoende betrouwbare waarde. Doordat het meten van de bewegingen tijdens de montage te veel tijd

in beslag neemt, is dit bij een tweetal afmontages gebeurt. Daarnaast is het meten lastig doordat de voorbereiding ook in batchvorm gebeurt. Hierdoor is het lastig om een meting uit te voeren voor één specifieke POV. Echter zijn deze POV's, waarbij gemeten is, wel standaard modellen. Hierbij is de afwijking al groot. Bij lastig af te monteren POV's zal deze afwijking naar schatting nog groter worden. De gemeten getallen geven wel een indicatie van de montagetijden die verwacht worden.

Door het zelfde tijdgebrek is het niet mogelijk om de PAV te testen op effectiviteit en efficiëntie. De verbeterstappen zullen gedaan moeten worden door HP Valves.

BIBLIOGRAFIE

- Arnheiter, E. D., & Maleyeff, J. (2005). The integration of Lean Management and Six Sigma. *The TQM Magazine*, 5-18.
- Automobil Produktion. (2013, Juni 9). *Das Prinzip Perlenkette*. Opgehaald van Automobil-produktion.de: <https://www.automobil-produktion.de/technik-produktion/fahrzeugtechnik/das-prinzip-perlenkette-381.html>
- Bicheno, J., & Holweg, M. (2009). *The Lean Toolbox: The Essential Guide to Lean Transformation*. Buckingham, England: PICSIE Books.
- Cambridge University Press. (2017). *Betekenis Efficiëntie*. Opgehaald van Cambridge University: <http://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/efficiency>
- CMF System. (2004). *Informatie over Perlenkette*. Opgehaald van CMF System: <http://www.cmf-system.de/index.php/de/leserseite-lean-thinking/perlenkette.html>
- Groothuis, E. (2017). *Informatie over Total Productive Maintenance*. Opgehaald van Lean Management Professionals: <http://www.lean-management-professionals.nl/dienstverlening/tpm-total-productive-maintenance/>
- Hong, T. S., Tanching, N., Weijian, C., & Kahpin, C. (2016). Case Study on Lean Manufacturing System Implementation in Batch. *MATEC Web of Conferences*, 1-4.
- HP Valves BV. (2017). *Pneumatic Operated Valves*. Opgehaald van Forged Steel Pneumatic Operated Valves: <http://www.hpvalves.com/products/category/>
- Kuil, J. v. (2011, December 28). *Vergelijking PDCA en DMAIC*. Opgehaald van Quality Business Support Blog: <https://qualitybs.wordpress.com/2011/12/28/vergelijking-pdca-en-dmaic/>
- Lean Six Sigma Training. (2017). *Informatie over DMAIC*. Opgehaald van Lean Six Sigma Training: <http://www.leansixsigmatraining.ie/the-lean-six-sigma-model/>
- Mahapatra, S. S., & Mohanty, S. R. (2007). Lean Manufacturing in continuous process industry: An empirical study. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 19-27.
- Millstein, M. A., & Martinich, J. S. (2014). Takt Time Grouping: implementing Kanban-flow manufacturing in an unbalanced, high variation cycle-time process with moving constraints. *International Journal of Production Research*, 6863-6877.
- Petter, J., Croes, A.-J. d., Steenbergen, R., Gankema, R., Vregelaar, R. t., Huttinga, S., . . . Peek, J. (2017). *Lean Manufacturing in South Africa*. Enschede.
- Phillips, E. J. (2002). *The Pros and Cons of Lean Manufacturing for the Small to Medium Size Fabrication Shop*. The Sims Consulting Group, Inc.
- Roser, C. (2016, April 19). *The Key to Lean - Plan, Do, Check, Act!* Opgehaald van AllAboutLean: <http://www.allaboutlean.com/pdca/>
- Rutledge, J., Xu, M., & Simpson, J. (2010). Application of the Toyota Production System Improves Core Laboratory Operations. *American Journal of Clinical Pathology*, 24-31.
- Scania. (sd). Single Piece Flow line at Scania. *Scania chassis assembly with Streamline truck*. Scania, Zwolle, Nederland.
- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. (2013). *Operations Management*. Harlow, United Kingdom: Pearson Education Limited.

- Unger, K., & Teich, T. (2009). *Pearl Chain Design for Synchronous Production*. Moskou: IFAC Symposium.
- Wireman, T. (2004). *Total Productive Maintenance*. New York: Industrial Press.
- Wong, Y., & Wong, K. (2011). *A Lean Manufacturing Framework for the Malaysian Electrical and Electronics Industry*. Singapore: LACSIT Press.

APPENDICES

Appendix A: Woordenlijst

5S: seiri (sorteren), seiton (schikken), seiso (schoonmaken), seiketsu (standaardiseren), shitsuke (standhouden).

8D: Gebaseerd op de PDCA-cyclus. Deze cyclus volgt 8 stappen.

CALDAN-baan: Hangend systeem waardoor producten per één met een rail vervoerd kunnen worden.

DMAIC: Define-Measure-Analyse-Improve-Control.

House of Lean: Raamwerk die structuur biedt tijdens de implementatie van Lean Manufacturing.

Isah: ERP-Systeem.

Kanban: *Kan* 'visueel', *ban* 'bord'. Door middel van signalen aangeven dat een volgende stap mogelijk is. Hierdoor wordt een *pull* gecreëerd.

Lean Six Sigma: Methode om verspillingen te elimineren en doorlooptijd te verbeteren.

Lijn balanceren: Methode om een productielijn meer zekerheid te geven zodat schommelingen worden geëlimineerd.

MOV: Motor Operated Valve / Motorisch Bediende Afsluiter.

MO-Q: Werkstation afmontage POV's

PAV: Petter Assembly Vehicle

PDCA: Plan-Do-Check-Act.

PDSA: Plan-Do-Study-Act.

Perlenkette Principe: Methode om een betere flow te genereren in de productielijn door middel van sub-assemblies.

Pick-to-light: Systeem dat door middel van lampjes aangeeft welke onderdelen nodig zijn. Dit fungeert als Poka Yoke.

Poka Yoke: *Poka* 'onbedoelde fout', *Yoke* 'voorkomen'.

POV: Pneumatic Operated Valve / Pneumatisch Bediende Afsluiter.

Six Sigma: Methode om variatie in de productielijn te verkleinen.

Takt-tijd: Het tempo van het productieproces. Door dit bij verschillende werkstations gelijk te maken, wordt de flow beter.

TPM: Total Productive Maintenance. Methode om de productiviteit bij werknemers te verbeteren.

TQM: Total Quality Management. Methode om fouten in de lijn te elimineren.

Voorcalculatie: Vooraf gecalculeerde tijd die nodig is tijdens de productie.

WIP: Work in Progress

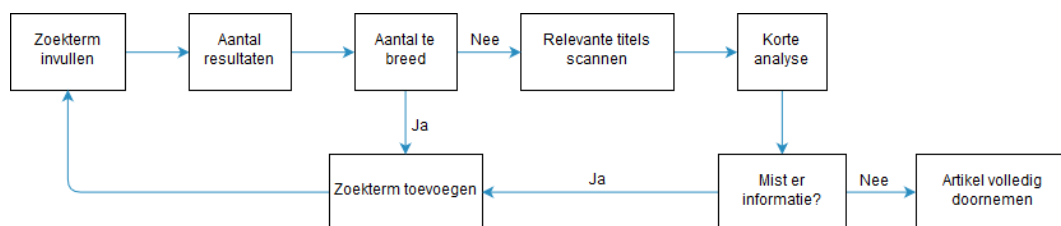
Appendix B: Literatuurstudie

B.1 Theoretisch kader

Om de eerste deelvraag van het onderzoek te kunnen beantwoorden in Hoofdstuk 2, is gebruik gemaakt moeten van literatuur. Door een eerder onderzoek is er gestart met een basiskennis over Lean, *single piece flow* en de andere verbetermethoden. Naast de kennis die er al is, zal er nog verder onderzoek gedaan worden om meer te weten te komen over *single piece flow*, het perlenkette principe en lijn balanceren. De informatie die hiervoor gezocht zal worden zal de voor- en nadelen, en de implementatiestappen bevatten. De zoekmethoden naar deze begrippen zal in deze bijlage worden toegelicht.

B.2 Zoekproces

Om tot een zo gespecificeerd antwoord mogelijk te komen, is er gebruik gemaakt van een vast zoekpatroon. Tijdens het zoeken naar de literatuur is er voortdurend gebruik gemaakt van eenzelfde stappenplan. Dit stappenplan is in Figuur B.7.1 weergegeven. Deze stappen zullen gehanteerd worden voor zowel Scopus als Google.



Figuur B.7.1: Zoekproces

Door het onderzoek '*Lean Manufacturing in South Africa*' was het *single piece flow* reeds bekend (Petter, et al., 2017). Echter waren de implementatiestrategieën nog niet bekend. Om deze kennis uit te bereiden is er gebruik gemaakt van verschillende bronnen. Naast het boek '*The Lean Toolbox*' (Bicheno & Holweg, 2009), is er gebruik gemaakt van verschillende digitale bronnen. Deze bronnen zijn gevonden met behulp van *Scopus*. In deze database zijn verschillende zoektermen gebruikt. In Tabel B.1 zijn de verschillende zoektermen te vinden die gebruikt zijn om de informatie te vergaren over *single piece flow*. In deze Tabel staat weergegeven hoeveel artikelen Scopus toekende aan elke zoekterm. Niet alle artikelen die Scopus gaf, waren relevant. Om tot de relevante artikelen te komen, zoals genoemd in Appendix C, zijn er verdiepende zoektermen gebruikt.

Tabel B.1: Zoektermen Single Piece Flow

Zoekterm	Aantal artikelen	Resultaat Scopus
Single piece flow	923	Te brede zoekterm. Onvoldoende gedefinieerd.
"Single piece flow"	42	Bruikbare artikelen over <i>single piece flow</i> , nog niet heel erg toespitst
"Single piece flow" AND Lean	23	Geen relevante artikelen
"Single piece flow" AND implementation	6	Geen relevante artikelen
"One piece flow"	127	Gesorteerd op ' <i>cited by (highest)</i> '. Veel relevante artikelen.
"One piece flow" AND implementation	27	Relevante artikelen

Gedurende het zoekproces werd door de plantmanager van HP Valves getipt op het begrip ‘*Perlenkette Prinzip*’. Dit begrip heeft goede aansluiting bij *single piece flow*. Volgens onderstaand zoekschema, Tabel B.2, is vervolgens onderzoek gedaan naar het Perlenkette Prinzip. Wederom waren niet alle artikelen, gevonden op Scopus, relevant. Hieruit is een selectie gemaakt op basis waarvan een definitie gevormd zal worden in Sectie 2.1.4.

Tabel B.2: Zoektermen Perlenkette Prinzip

Zoekterm	Aantal artikelen	Resultaat Scopus
Perlenkette	6	Geen relevante artikelen
Perlenkette AND Lean	0	
Pearl Chain Design	44	Relevante artikelen

De informatie over de alternatieve methoden en het lijn balanceren zijn gebaseerd op eerder vergaarde kennis. Deze informatie is afgeleid uit het boek van Slack (Slack, Brandon-Jones, & Johnston, 2013). Aan de hand van de informatie die in Hoofdstuk 2 gevonden wordt, zal er een advies gemaakt worden of *single piece flow* de beste manier van produceren is voor HP Valves of niet. Omdat het de basis is voor het advies, zal het dus ook bevatten welke stappen er genomen moeten worden bij de implementatie.

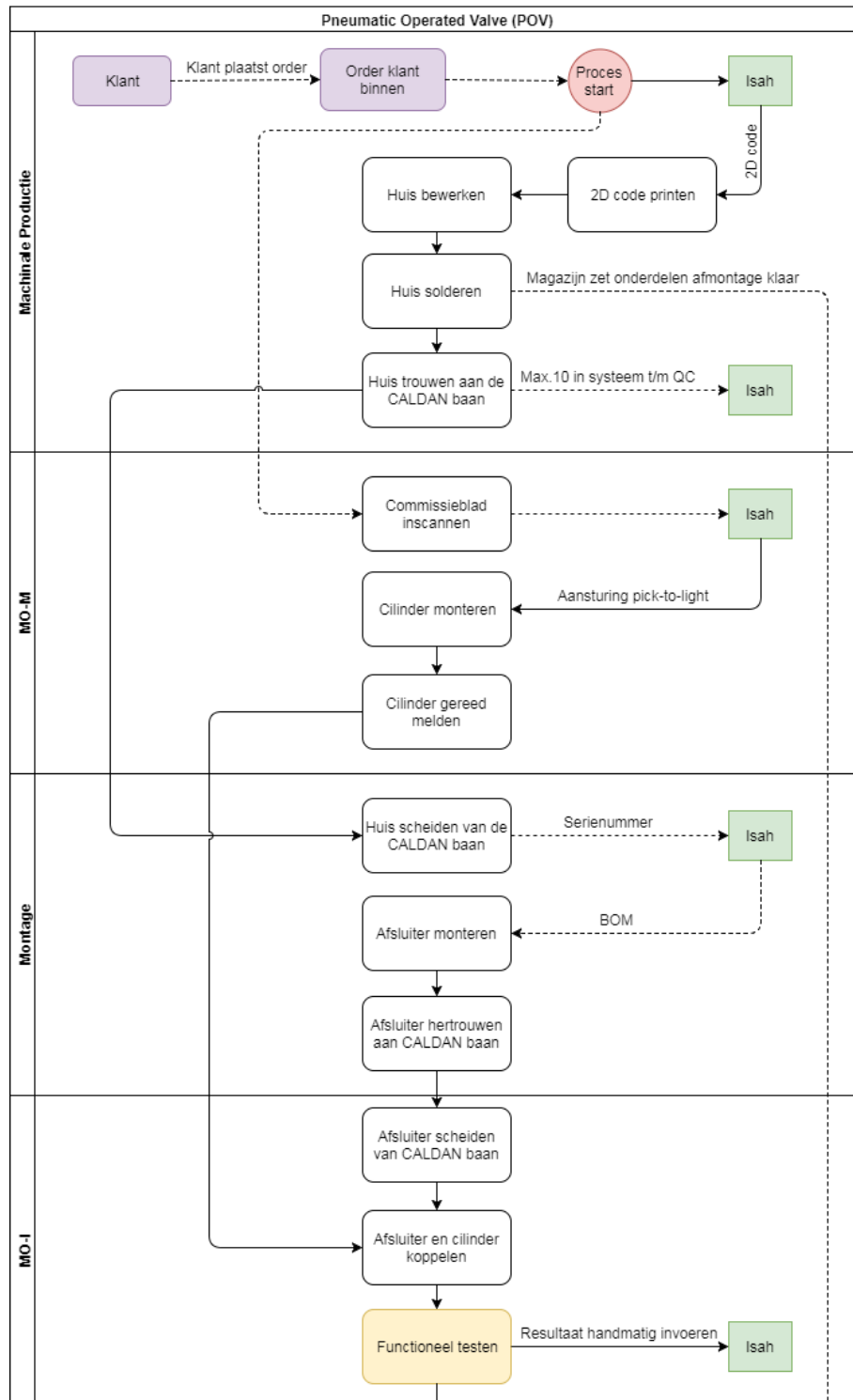
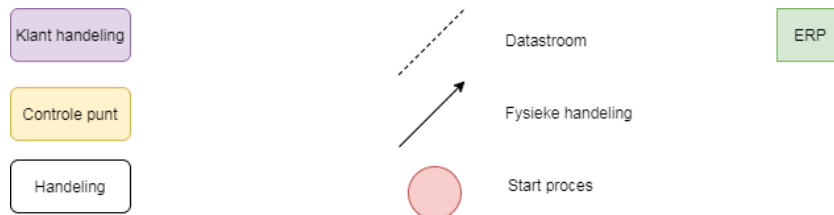
Appendix C: Conceptmatrix Single Piece Flow

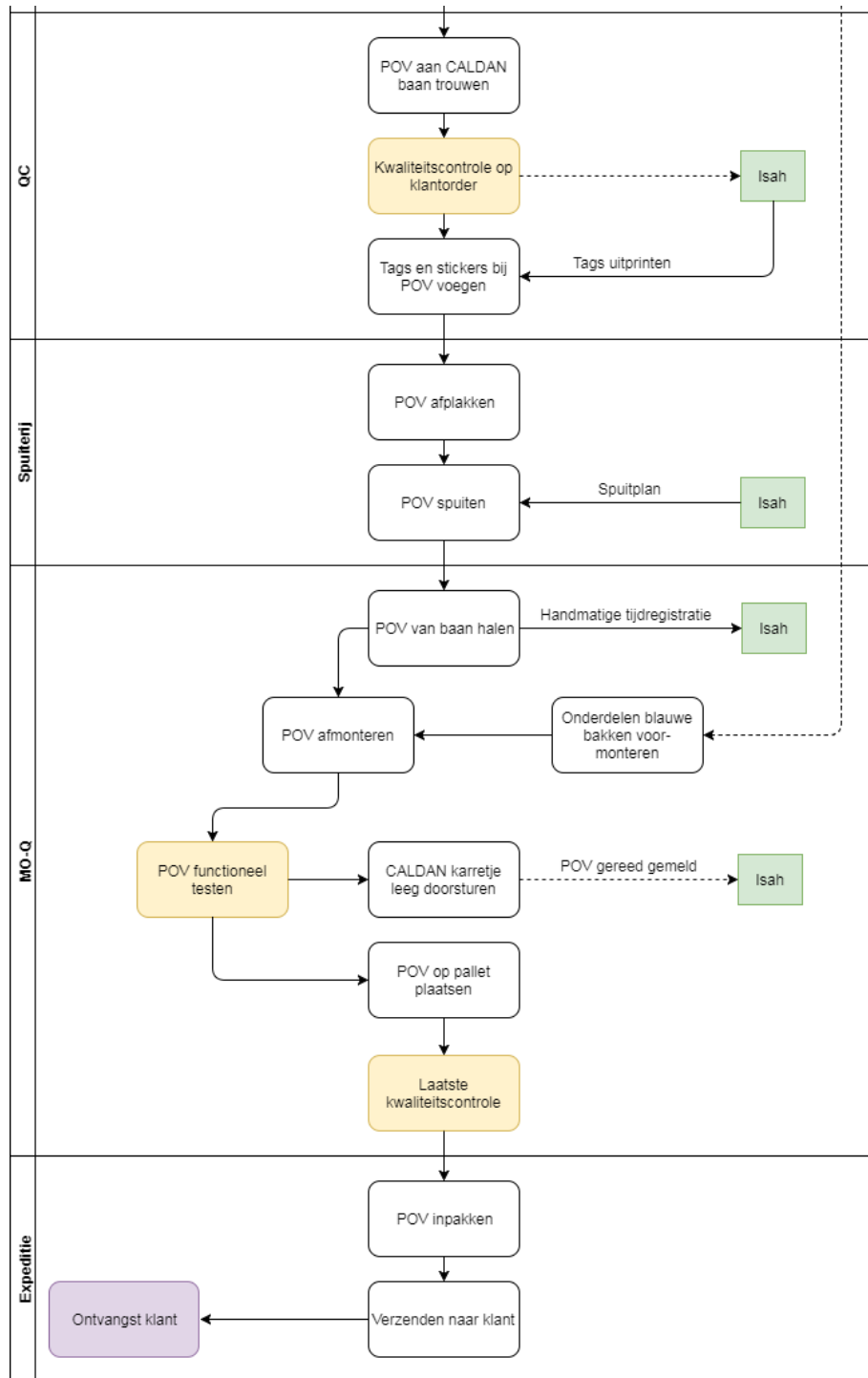
Tabel C.1: Conceptmatrix literatuur

Bron	Samenvatting	Kijkwijze t.o.v. <i>single piece flow</i>
Application of the Toyota Production System Improves Core Laboratory Operations (Rutledge, Xu, & Simpson, 2010)	Om de groeiende vraag van het groeiende ziekenhuis en de kwaliteit hoog te houden, zijn er m.b.v. de Lean methode van Toyota een aantal verbeterstappen ondernomen. Hierdoor werd de doorlooptijd minder, daalde het test volume en was er een betere ruimte utilisatie.	Door het invoeren van <i>single piece flow</i> hoefden samples niet meer te wachten tot dat ze naar de centrifuge konden. Het proces liep sneller door. Hierdoor werd er ook een continue productiestroom gegenereerd.
The Lean Toolbox: The Essential Guide To Lean Transformation (Bicheno & Holweg, 2009)	The Lean Toolbox is een boek over Lean, alle aspecten van Lean en hoe deze geïmplementeerd moeten worden. Als derde principe van Lean wordt <i>flow</i> genoemd.	Flow is belangrijk om beweging te behouden. Hierdoor zal de productie continu zijn naar de klant. Daarnaast krijg je door een goede flow in te voeren dat je kan werken met een pull principe. Je kan kort reageren op de klant zijn wensen. Daardoor zal de voorraad ook dalen.
The integration of lean management and Six Sigma (Arnheiter & Maleyeff, 2005)	Het artikel is geschreven om de misconcepties over Lean en Six Sigma weg te kunnen halen. Volgens het artikel is het bundelen van Lean en Six Sigma de ideale combinatie. Door maar één van de twee te gebruiken kan de absolute perfectie gemist worden.	Over het algemeen zal het implementeren van Lean de doorlooptijd verlagen. Batchen zorgt namelijk voor een wacht-tijd zonder toegevoegde waarde. Als voordeel wordt genoemd dat bij <i>single piece flow</i> fouten in een product of machine vele malen sneller ontdekt worden.
The Pros and Cons of Lean Manufacturing for the Small to Medium Size Fabrication Shop (Phillips, 2002)	In 2001 kwam Lean opzetten in Amerika. Het groeide erg langzaam. Veel bedrijven durven het risico niet aan, en zijn erg aan het worstelen met het vormen van hun specifieke proces naar een Lean proces.	Het artikel geeft een aantal voordelen van het implementeren van Lean en daarmee <i>single piece flow</i> . Een aantal voordelen die genoemd worden zijn hogere kwaliteit van output, lagere WIP en kortere productietijd. Echter geeft het artikel ook aan dat er nadelen zijn. Doordat er per één geproduceerd wordt zullen de kosten hoger zijn. Daarnaast is het gevaarlijk dat als er een onderdeel mist, de gehele lijn stil zal komen te staan. Phillips geeft aan dat juist voor een grote productiehoeveelheid de <i>single piece flow</i> erg gevaarlijk kan zijn. Dit is in tegenspraak met de andere artikelen.

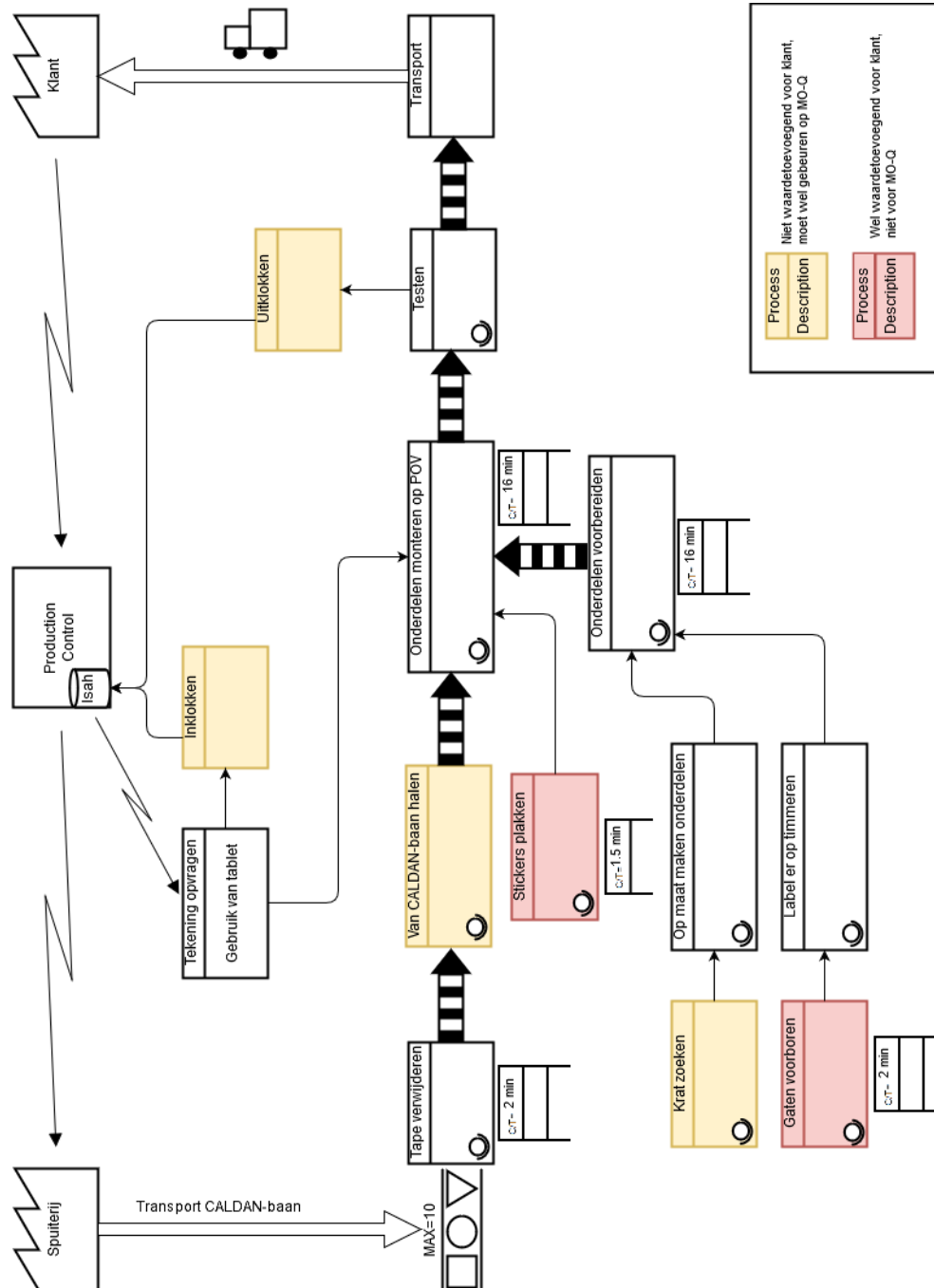
Lean Manufacturing in South Africa (Petter, et al., 2017)	Lean Manufacturing is een filosofie wat op steeds meer plekken geloofd wordt. Zo ook in Zuid-Afrika. Lean Manufacturing in South Africa gaat over de voortgang binnen verschillende productie bedrijven in Johannesburg en Kaapstad. Binnen de 8 bedrijven is een groot verschil te merken in de verschillende percepties van Lean en de mate van implementeren en in stand houden.	In Lean Manufacturing in South Afrika wordt gesteld dat de <i>single piece flow</i> de ideale flow is. Hierin wordt met een minimale voorraad gewerkt en een zeer flexibele waardeketen. Dit komt overeen met de eerste twee artikelen. Als nadeel wordt echter gegeven dat het produceren per één stuk zorgt voor hoge set up kosten. Daarnaast is het niet in alle industrieën mogelijk. In de continue proces industrie, bijvoorbeeld bij wijn productie, is het economisch niet mogelijk om één fles wijn te maken.
Lean Manufacturing in continuous process industry: An empirical study (Mahapatra & Mohanty, 2007)	Mahapatra en Mohanty beweren in het artikel dat Lean een strategie is om effectiviteit centraal staat met een focus op afval reductie en het verbeteren van de productiviteit. Het onderzoek heeft zich gefocust op de continue proces industrie.	Continue productie is minder flexibel dan discrete productie. Dat komt doordat de proces industrie meestal een massa productielijn is. Zoals Phillips (Phillips, 2002) ook benoemde, is het voor een massa productie minder gemakkelijk in te voeren. Om te kijken welke tools goed te gebruiken zijn bij verschillende werkmethodes rankings gemaakt. Hierin kunnen tools scoren tussen de 0 en 5. Hier wordt weergegeven dat <i>single piece flow</i> werken slechts een 2.750 scoort bij continue productie ten opzichte van de 3.800 bij discrete productie. Hier uit is af te leiden dat dit niet goed bij elkaar past.

Appendix D: Flowchart





Appendix E: Value Stream Map



Appendix F: Besparing

[In verband met vertrouwelijke informatie is deze Appendix afgeschermd]

Appendix G: Overwogen oplossingen

In Hoofdstuk 5 staan de oplossingen die bedacht zijn voor HP Valves centraal. Zoals genoemd in de introductie van Hoofdstuk 5 wordt in het hoofdverslag alleen de gekozen oplossing besproken. Naast de daadwerkelijk gekozen oplossing, zijn er een aantal ideeën bedacht die overwogen zijn in het algehele proces. In deze Appendix zullen de overwogen oplossingen op chronologische volgorde van bedenken benoemd worden. Tevens zal per bedachte oplossing benoemd worden waarom dit uiteindelijk niet de definitief gekozen oplossing is geworden.

G.1 Stabiliseren

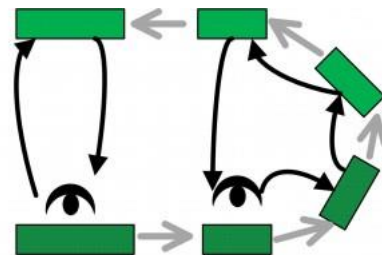
In de beginfase kwam snel aan het licht dat het loshalen van de POV van de CALDAN-baan veel tijd in beslag neemt. Dit komt doordat de POV zowel met het huis boven als onder aan kan komen. Om dit gemakkelijker te maken is als idee aangedragen de POV's standaard op een bepaalde manier op te hangen. Dit bleek uiteindelijk geen passende oplossing omdat de POV niet altijd de juiste aspecten heeft dat dit altijd op de zelfde manier kan. Daarom is niet gekozen voor deze oplossing.

Aangezien er geen gemakkelijke manier is zodat de POV in een standaard manier aan komt op de afdeling, is er gekeken naar hoe de algehele stap weggehaald zou kunnen worden. Door de POV in een standaard te zetten waardoor de POV gestabiliseerd wordt, kan de POV aan de CALDAN-baan gemonteerd worden.

Naast dat het creëren van een klem waar zowel het huis als de flens in past, afhankelijk van hoe de POV aankomt, moeilijk is, is de kans op het beschadigen van het product zeer groot tijdens het werken met deze manier. Door het klemmen kunnen er krassen in de lak komen. Daarom is dit niet gekozen als geschikte oplossing. De werknemers van HP Valves zagen dit dan ook niet als geschikte oplossing.

G.2 U-vorm

Het grootste probleem dat ontdekt is gedurende het onderzoek is het fysiek lopen van werknemers. Er wordt tussen montage- en werktafel veel op en neer gelopen om onderdelen en gereedschap te halen (Figuur 3.10). Binnen Lean Manufacturing wordt een U-vorm veelvuldig gebruikt om looplijnen te verminderen. In Figuur G.1 staat een dergelijk gevormde werkplek weergegeven. Het product zal in de U-vorm mee geschoven worden waardoor er minder looplijnen zullen zijn.



Figuur G.1: U-vormige werkplek (Celaction Continuous Improvement, LLC, 2009-2016)

Allereerst is er een situatie bedacht zodat de werktafel in het midden zou blijven staan met de werktafels rondom. Dit zorgt er echter nog steeds voor dat de werknemers veel op en neer lopen tussen de tafels en continu rond aan het draaien zijn om hun eigen as. Een tweede nadeel van een U-vormige werkplek is de afsluiting tussen MO-Q en het volgende station. Door de U-vorm zouden de producten weer terug gestuurd worden richting de spuitrij. Deze oplossing valt hierom af.

G.3 Kar gereedschap

Om de beweging op de werkvloer te reduceren kan er gebruik gemaakt worden van een gereedschapskar. Aan de hand van deze kar kan de monteur zijn stukken gereedschap te allen tijde pakken, waar nodig. Doordat deze kar overal mee naar toe kan, kunnen de monteurs rondom de POV het gereedschap pakken. Hierdoor worden een deel van de fysieke loopbewegingen geëlimineerd. De volledige looplijnen zullen hiermee nog niet verwijderd kunnen worden.

De oplossing lijkt passend voor de afmontage van de POV's. Deze oplossing heeft toch een aantal belangrijke nadelen. Met het produceren met behulp van een gereedschapskar wordt er niet gehandhaafd dat er met meerdere werknemers tegelijk gewerkt kan worden. Dit was een belangrijke restrictie van HP Valves. Daarbij komt het nadeel van produceren met de gereedschapskar dat de onderdelen wel uit de kast gehaald moeten worden. De fysieke

loopbeweging is nog steeds niet volledig geëlimineerd. Tot slot is een nadeel van het werken met een dergelijke kar dat de stukken gereedschap in een lade van de kar zullen zitten. Hierdoor moet alsnog lang gezocht worden naar stukken gereedschap. Als gevolg van deze bijkomstige nadelen is er gekozen om deze oplossing niet door te voeren als eind oplossing.

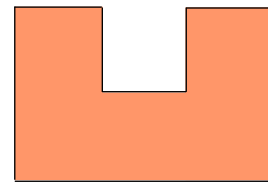
G.4 Produceren in een lijn

Zoals in Sectie G.3 benoemd is, worden de looplijnen wel verminderd, maar nog niet voldoende geëlimineerd. In Sectie G.2 werd reeds het idee al geopperd om te produceren in een U-vorm. Aan de hand van deze U-vorm zouden de productie sequentieel gebeuren. Door de U-vorm komt de POV aan de verkeerde kant de baan weer af. Door het produceren in een lijn te maken zal het product gedurende de productiestappen zijwaarts opschuiven. Daardoor eindigt het product uiteindelijk aan de kant van de fabriek, waar de POV door QC gecheckt kan worden voordat hij richting expeditie gaat. Dit is ook de basis voor de gekozen oplossing.

Bij HP Valves worden meerdere onderdelen aan de hand van een lijn opgebouwd. Bij het pick-to-light systeem worden de onderdelen vastgezet in een daarvoor bedoelde kar, waardoor hij over een rails zijwaarts kan bewegen. Initieel is bedacht om ook bij de afmontage van de POV's te gaan werken met een rails waar de producten zijwaarts over verplaatst kunnen worden.

De kar waar de POV's op vervoerd worden kunnen verschillende vormen hebben. Als eerst is een plaat overwogen. Deze plaat zou gaten hebben zodat de schroefpinnen en de pin voor het handwiel hierin kunnen schuiven ter versteviging. Het is in een dergelijke situatie echter niet mogelijk om een POV, waar het huis zich onder bevindt, op de plaat te laten zakken.

Om het wel mogelijk te maken dat de POV in elke situatie op de kar kan komen liggen, is er een werkvlak bedacht dat lijkt op het huidige werkvlak. Zoals te zien in Figuur G.2, heeft de kar een dusdanige vorm dat de POV op de tafel gedraaid kan worden door de geul die in het midden zit van de tafel. De werkvlakken aan beide zijanten zullen ongeveer een meter lang zijn, waardoor er ruimte is om de POV zo nodig om te klappen. Deze werktafels zijn een stuk groter dan de eerder benoemde stabilisatieplaat. Dit is een kritisch punt. Door de hoeveelheid ruimte die ze in beslag nemen, is de kar minder praktisch.



Figuur G.2: Zij aanzicht U-kar op rails

Doordat de kar op een rails komt te staan, is hij niet meer in hoogte verstelbaar. Hierdoor zal de werkhoogte per POV verschillend zijn, omdat de cilinder- en huishoogte per POV verschillen. Deze hoogte zorgt ook voor moeilijkheden tijdens het loskoppelen van de POV van de CALDAN-baan. Bij een te hoge tafel moet de monteur boven zijn macht gaan tillen of werken. Naast dat deze werkplek niet ergonomisch is, is het voor de monteurs ook erg onhandig werken. Het werk wordt hierdoor alleen maar lastiger gemaakt.

Zoals benoemd in deze Sectie, is het werken in een lijn een grote verbetering ten opzichte van de beginsituatie. Echter is het werken met een vaste montagerail niet praktisch. Daarom is er uiteindelijk gekozen om te werken met een mobiele assemblage tafel (PAV). Hierdoor kan het product makkelijk vervoerd worden, makkelijk van de CALDAN-baan gehaald worden en kan de montage makkelijk plaats vinden doordat het werkvlak zich op één hoogte bevindt. De problemen benoemd in Sectie G.1 en Sectie G.2 zullen hiermee dus in één keer opgelost worden.

Technical drawing of a mobile valve assembly stand (Montagekar HP Valves). The drawing includes three views: a front view, a side view, and a perspective view. Dimensions are provided in millimeters.

Front View Dimensions:

- Top width: 50
- Distance between vertical supports: 200
- Distance between horizontal supports: 250
- Height of the stand: 540,90
- Height of the top rail: 104,20

Side View Dimensions:

- Height of the stand: 553,76
- Height of the top rail: 53,95

Perspective View Dimensions:

- Height of the stand: 729,39
- Width of the base: 467,90
- Height of the top rail: 75
- Height of the bottom rail: 222

Table 1: Drawing Information

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE
Joris Petter		23-11-2017	Montagekar HP Valves

Table 2: Material and Weight

MATERIAL:	WEIGHT:

Table 3: Drawing Information

DO NOT SCALE DRAWING	REVISION

Table 4: Drawing Information

DRAWN	CHK'D	APP'V'D	MFG	Q.A	DWG NO.	SHEET 1 OF 1
Joris Petter					Montagekar	A4

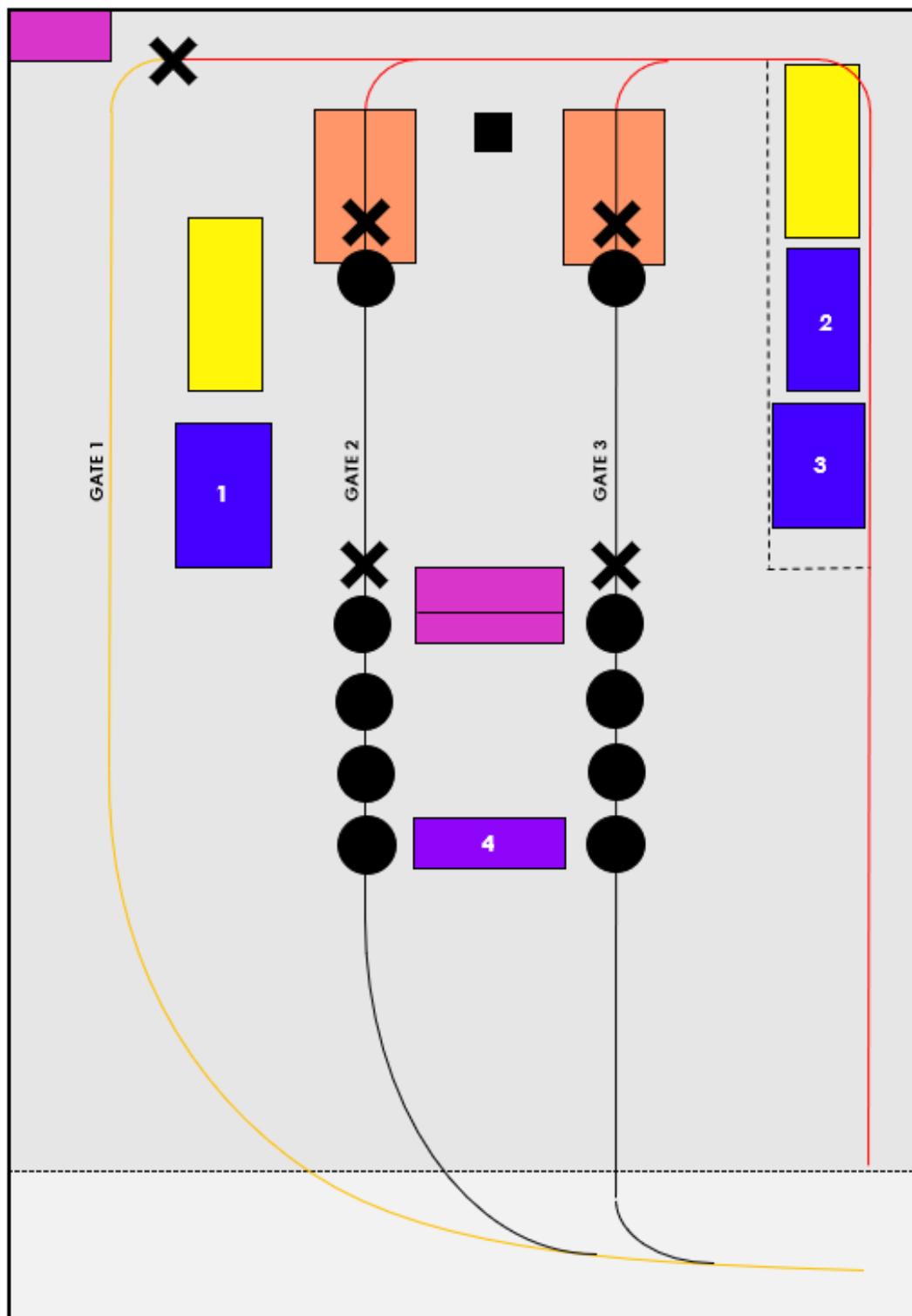


Appendix I: Kosten en Verdienmodel

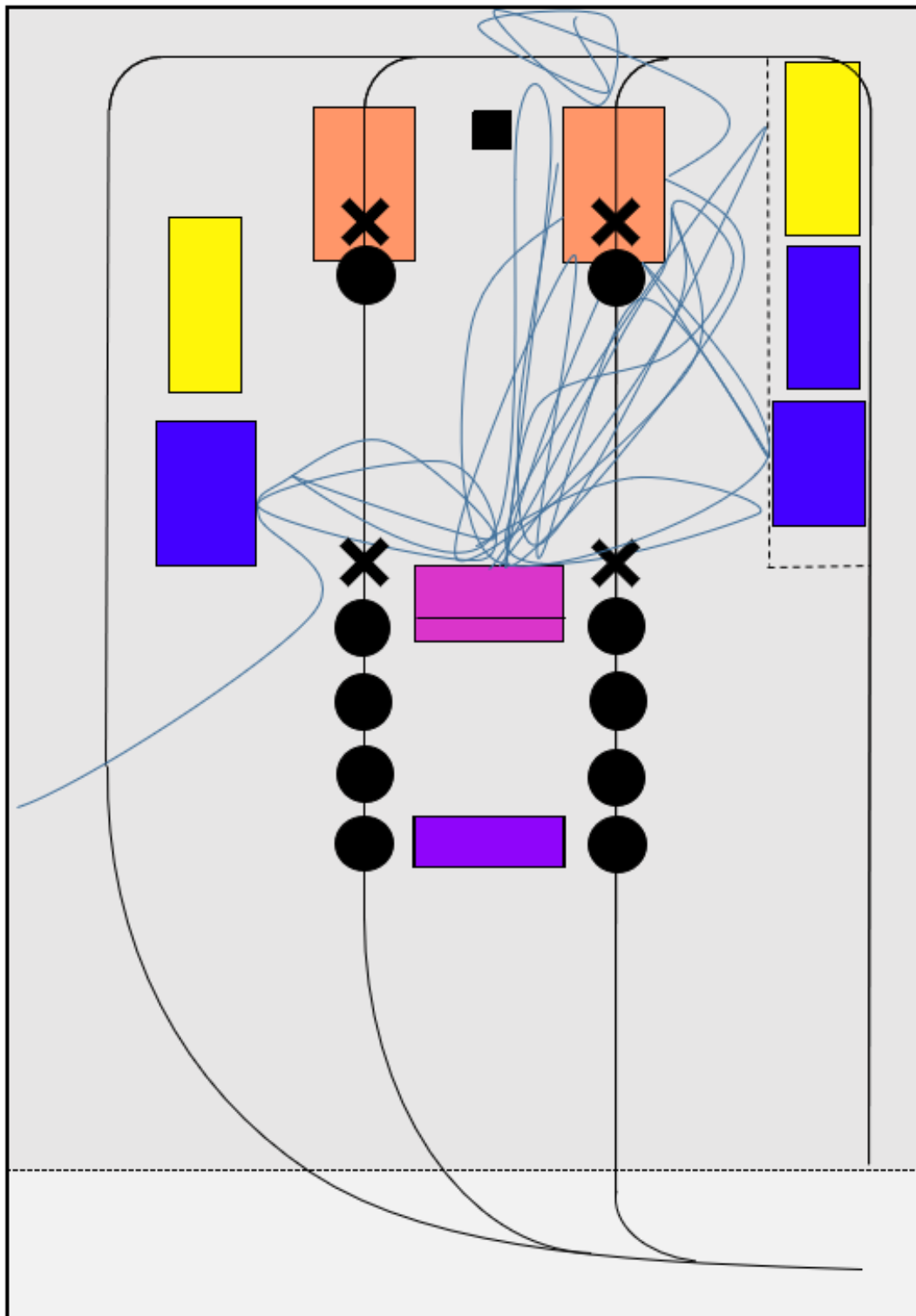
[In verband met vertrouwelijke informatie is deze Appendix afgeschermd]

Appendix J: Systematische weergaven werkvloer

J.1 Huidige situatie



J.2 Spaghettidiagram



J.3 Verbetersuggestie

