

Begeleiders HP Valves:
Monica Pibia
Raymond Florijn

Begeleider UT:
Dr. Ir. Marco Schutten
Dr. Peter Schuur

Ovenplanning bij HP Valves

Bacheloropdracht Technische
Bedrijfskunde

Dimitry Brons
S1460447
d.g.brons@student.utwente.nl

Managementsamenvatting

Dit is de samenvatting van het onderzoek naar de soldeerovenplanning bij HP Valves, een bedrijf in Oldenzaal dat hogedrukafsluiters produceert. Dit onderzoek is uitgevoerd door Dimitry Brons, in het kader van het afronden van de bachelor Technische Bedrijfskunde aan de Universiteit Twente.

Aanleiding

Voor haar nieuwe locatie schaft HP Valves een soldeeroven aan. In plaats van het vacuümsolderen uit te besteden, gaat HP Valves het solderen vanaf september 2016 zelf doen. HP Valves moet vanaf dan ook het productieplan maken voor deze processtap. Omdat het een voor HP Valves nieuw proces betreft is het doel van dit onderzoek om te onderzoeken hoe de soldeeroven die HP Valves heeft aangeschaft, zo goed mogelijk gebruikt kan worden om aan de vraag naar hogedrukafsluiters te voldoen.

Dit onderzoek geeft antwoord op de volgende onderzoeksvraag: *‘Hoe ziet een zo goed mogelijk ovenplan voor HP Valves eruit en welke randvoorwaarden zijn daarbij relevant?’*

De scope van dit onderzoek is beperkt tot de soldeerstap. In de nieuwe fabriek zal er een doorlopende toevoer van halffabricaten zijn, die binnen een bepaalde tijd gesoldeerd moeten worden. Het onderzoek houdt geen rekening met de voor- en nabewerkingsfase. Om een productieplan voor de oven te maken is literatuuronderzoek gedaan naar een make-to-order strategie, één-machine problemen en produceren in batches. Daarna is met behulp van data over de vraag uit het verleden een productieplan opgesteld en beoordeeld aan de hand van KPI's.

Nieuwe fabriek

Om tot een beschrijving van de gewenste situatie in de nieuwe fabriek te komen zijn interviews gehouden met de stakeholders van het productieproces. Dit zijn in eerste instantie de managers bij HP Valves. Zij hebben de oven aangeschaft om de doorlooptijd van de soldeerfase te verkorten en flexibeler te produceren. Daarnaast zijn de soldeerders bij Pontus stakeholders, omdat zij het werk moeten gaan uitvoeren in de fabriek van HP Valves. Daarnaast moet rekening gehouden worden met de capaciteit van de oven. Zowel wat gewicht als wat afmetingen betreft heeft de soldeeroven een bepaalde productiecapaciteit waar aan voldaan moet worden.

Aanbevelingen

De belangrijkste aanbeveling die voortkomt uit dit onderzoek is dat het wenselijk is voor HP Valves om te solderen volgens een standaard productieplan, met de mogelijkheid om de batches met langere doorlooptijden te wisselen gedurende de week. Deze wisselingen zijn wenselijk met het oog op de vulgraad van de oven.

Het standaard ovenplan is in staat om maximaal 7200 kilogram materiaal per week te solderen. Dit zou genoeg moeten zijn om elke week aan de weekvraag te voldoen. Daarnaast is er elke week nog 30% capaciteit over om aan onverwacht hoge vraag te voldoen of in de toekomst door te groeien.

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	1
1.1	HP Valves	1
1.2	Hogedrukafsluiters	1
1.3	Aanleiding en belang	2
1.4	Onderzoek	2
1.4.1	Onderzoeksvragen	2
1.4.2	Plan van aanpak	3
2.	Huidige Situatie	4
2.1	Huidig productieproces	4
2.1.1	Beginfase	4
2.1.2	Pontus	4
2.1.3	Eindfase	5
2.1.4	ERP-Systeem	5
2.2	Huidige ovenplanning	5
2.2.1	Uitbesteding aan Pontus	5
2.2.2	Planning bij Pontus	6
2.2.3	Randvoorwaarden huidige planning	6
2.3	Conclusie huidige situatie	7
3.	Literatuur	8
3.1	Make-to-order bedrijf	8
3.2	Eén-machineprobleem	9
3.3	Planning van batchprocessen	10
3.4	Conclusie literatuur	11
4.	Nieuwe fabriek	12
4.1	Aanpak	12
4.2	Reden van aanschaf soldeeroven	12
4.2.1	Doorlooptijd	12
4.2.2	Betrouwbaarheid	12
4.2.3	Geen back-up	13
4.3	Gewenste nieuwe planning	13
4.4	Randvoorwaarden	14
4.4.1	Management	14
4.4.2	Soldeeroven	14
4.4.3	Werknemers	15
4.5	Key Performance Indicators	15

4.6	Afwegingen en verbanden	16
4.7	Verschil tussen huidige en gewenste situatie	16
4.8	Conclusie gewenste situatie	16
5.	Productieplanning	18
5.1	Aanpak.....	18
5.2	Data	18
5.3	Tijden.....	20
5.4	Clusteren	21
5.5	Gestandaardiseerd productieplan.....	21
5.6	Planning.....	22
5.7	Consequenties	23
5.8	Validatie planning met andere data	25
5.9	Dashboard	27
6.	Conclusies en aanbevelingen voor de nieuwe fabriek	30
6.1	Conclusies.....	30
6.2	Aanbevelingen nieuwe fabriek.....	31
	Bronvermelding.....	32

1. Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft in paragraaf 1.1 wat HP Valves voor bedrijf is en in paragraaf 1.2 wat voor producten ze maken. In paragraaf 1.3 staan de aanleiding en het belang van het onderzoek uitgelegd. In paragraaf 1.4 staat het plan van aanpak voor het hele onderzoek.

1.1 HP Valves

HP Valves is een bedrijf gevestigd in Oldenzaal dat hogedrukafsluiters en -accessoires produceert. De oorsprong van dit bedrijf ligt bij staalgieterij Dikkers uit Hengelo. Dikkers is in 1879 opgericht; vanaf dat moment produceerden ze hogedrukafsluiters voor bijvoorbeeld de olie-industrie (Tubantia, 2014). Toen Dikkers failliet ging in 1981 is HP Valves als spin-off van Dikkers verder gegaan met het produceren van hogedrukafsluiters voor verschillende grote industrieën op wereldwijde schaal. Sinds het begin is HP Valves blijven groeien; deze groei gaat gepaard met verhuizingen naar grotere locaties, duurzame samenwerkingsverbanden met buitenlandse partijen en zelfs een overname. Vanaf 2005 produceren ze 24 uur per dag en 7 dagen per week om aan de vraag te kunnen voldoen (Valves, About us, sd). In september 2016 verhuist HP Valves naar het High Tech Systems Park Twente in Hengelo, waar de productiecapaciteit uitgebreid zal worden ten opzichte van de huidige locatie in Oldenzaal.

De producten van HP Valves gaan de hele wereld over. Met een dochterbedrijf in Zuid-Korea en klanten in onder andere de Verenigde Staten, Egypte en Zuid-Korea is HP Valves in de afgelopen 35 jaar een belangrijke en betrouwbare speler geworden op het gebied van hogedrukafsluiters.

1.2 Hogedrukafsluiters

Een hogedrukafsluiter is een afsluitklep die bijvoorbeeld op een radiator zit om het gas tegen te houden. Een afsluiter is bestand tegen drukken van meer dan 400 bar. Afsluiters worden, in onder andere de energie-industrie, op grote schaal gebruikt. Een deel van de hogedrukafsluiters wordt bij HP Valves geproduceerd. Dit zijn vooral de afsluiters binnen het segment van hoge- en mediumdrukafsluiters. De afsluiters buiten dat segment, die ook bij de projecten horen die HP Valves verkoopt, worden geproduceerd bij het dochterbedrijf in Zuid-Korea of één van de buitenlandse partnerbedrijven. Het produceren hiervan is specialistisch werk dat zowel technische kennis van machines en materialen als vakmanschap vereist.

Binnen de fabriek van HP Valves wordt een aantal voorbereidingsstappen uitgevoerd zoals boren, frezen, ruimen en schuren. Daarna worden de halffabricaten naar een ander bedrijf, Pontus Enschede, gebracht, waar ze een warmtebehandeling krijgen in een soldeeroven. De warmtebehandeling houdt in dat er een afsluitring van een ander materiaal binnenin de hogedrukafsluiter gesoldeerd wordt, die de bescherming tegen een hoge druk waarborgt. Daarnaast bestaat de warmtebehandeling uit materiaalversterking door middel van ontharden en ontlaten. De warmtebehandeling duurt tussen de 8 en de 16 uur, afhankelijk van de materiaalgroep en het behandelingstraject.



Figuur 1.1, Hogedrukafsluiter

Wanneer de hogedrukafsluiters bij HP Valves in de fabriek terugkomen worden ze afgemonteerd en verpakt voor verzending. Vanaf de HP Valves fabriek worden ze naar klanten over de hele wereld verzonden. Het grootste deel van de opdrachten zijn langlopende projecten met verschillende soorten hogedrukafsluiters, waar een levertijd van 18 tot 20 weken voor geldt. Een aanzienlijk kleiner deel van de opdrachten worden gecategoriseerd als dagvraag, hiervoor geldt een levertijd van 6 tot 8 weken.

1.3 Aanleiding en belang

De aanleiding van dit onderzoek is de verhuizing van HP Valves naar Hengelo. Op de nieuwe locatie krijgt HP Valves het solderen van de halffabricaten in eigen beheer. Dit betekent dat er een nieuw productieplan gemaakt moet worden, omdat er in de huidige situatie alleen rekening gehouden hoeft te worden met het moment van uitbesteden en terugkrijgen van Pontus.

Dit onderzoek focust zich op het maken van een zo efficiënt mogelijk productieplan voor de soldeeroven, om de productietijd van hogedrukafsluiters te verkorten en aan een grotere vraag te kunnen voldoen. Omdat het voor HP Valves een heel nieuw proces is, zal dit onderzoek bijdragen aan het optimaliseren van de planning en daarbij kijken naar de verschillende aspecten die daarbij komen kijken zoals de vulgraad, leverdatum en het omstelmoment.

Het belang van dit onderzoek is groot voor HP Valves, juist omdat het helemaal nieuw is. Van het ene op het andere moment moet er op de nieuwe locatie geproduceerd worden, met een volledig nieuw productieplan. De soldeeroven is slechts een klein onderdeel van het hele productieproces, maar wel een productiestap waar een slecht referentiekader van is ten opzichte van de huidige situatie in Oldenzaal.

1.4 Onderzoek

Deze paragraaf beschrijft het plan van aanpak van het onderzoek. In de eerste sub-paragraaf staan de hoofd- en deelvragen die nodig zijn om dit onderzoek tot een goed einde te brengen en daarmee tot een optimaal productieplan voor de oven te komen.

1.4.1 Onderzoeksvragen

Het onderzoek richt zich op het maken van een productieplan voor de soldeerovenfase bij HP Valves. De hoofdvraag luidt: *‘Hoe ziet een zo goed mogelijk ovenplan voor HP Valves eruit en welke randvoorwaarden zijn daarbij relevant?’*

Dit onderzoek beantwoordt de volgende deelvragen om tot een antwoord op de hoofdvraag te komen:

Huidige situatie

- 1.1 *Hoe zien het huidige productieproces en de ovenplanning eruit?*
- 1.2 *Op basis van welke methodiek wordt de huidige ovenplanning gemaakt?*
- 1.3 *Welke randvoorwaarden zijn belangrijk bij het maken van de ovenplanning?*

Literatuur

- 2.1 *Welke literatuur is toepasbaar op het productieproces van HP Valves?*
- 2.2 *Welke planningsmethodieken uit de literatuur zijn toepasbaar op het één-machineprobleem bij HP Valves?*

Gewenste situatie

- 3.1 *Hoe ziet de gewenste situatie er volgens de stakeholders uit?*
- 3.2 *Welke randvoorwaarden zijn in de gewenste situatie relevant?*
- 3.3 *Welke KPI's zijn in de gewenste situaties nodig om de prestaties van de planning te meten?*
- 3.4 *Hoe ziet de gewenste soldeerovenplanning eruit voor HP Valves?*

1.4.2 Plan van aanpak

Om de onderzoeksvragen uit paragraaf 1.4.1 te beantwoorden en tot een antwoord te komen op de hoofdvraag, *‘Hoe ziet een zo goed mogelijk ovenplan voor HP Valves eruit en welke randvoorwaarden zijn daarbij relevant?’* beschrijft hoofdstuk 2 de huidige situatie. De informatie over de huidige situatie is verkregen door observatie op de productievloer en interviews met de medewerkers van verschillende afdelingen bij HP Valves. Daarnaast komt ook de nodige informatie over de huidige ovenplanning bij Pontus vandaan. Het tweede hoofdstuk geeft zo een antwoord op de eerdergenoemde deelvragen omtrent de huidige situatie.

Om tot de juiste literatuur te komen is eerst gekeken naar welke aspecten een rol spelen bij de ovenplanning van HP Valves. Dit is voornamelijk het één-machine probleem, waar HP Valves mee te kampen heeft. Daarnaast is ook de theorie over een make-to-order strategie van belang, omdat HP Valves alle opdrachten volgens een make-to-order strategie verwerkt. Het theoretisch kader eindigt met een beschrijving van een productieproces met batches, in combinatie met een uitleg over de verschillende productieniveaus. Het theoretische kader zoals hierboven beschreven staat in hoofdstuk 3.

Om een beeld te schetsen van de gewenste situatie, heb ik interviews afgenomen met de belanghebbenden voor de nieuwe fabriek. Dit is ten eerste de plant manager (Raymond Florijn), omdat hij verantwoordelijk is voor het hele productieproces in de nieuwe fabriek. Ten tweede is dat de process-engineer (Monica Pibia). Zij houdt zich bezig met het optimaliseren van de productielijn. Ten derde is dat de planner (Jeroen Oude Blenke). Hij is operationeel verantwoordelijk voor de productieplanning en de uitbestedingen. Hoofdstuk 4 is de beschrijving van de gewenste situatie en geeft daarmee antwoord op de deelvragen over de gewenste situatie.

Na het schetsen van de gewenste situatie, wordt een manier gezocht worden om deze te bereiken. De beste manier om dit te doen is door een planning te maken op basis van een data-analyse, met data uit het verleden. Met de data uit de Excel bestanden van de planner, is er nauwkeurig in kaart te brengen wat er allemaal binnen de planningshorizon geproduceerd moet worden. Hiermee kan een beslissingsmodel gemaakt worden dat bepaalt wat er op welk moment in de oven gesoldeerd moet worden.

2. Huidige Situatie

Dit hoofdstuk beschrijft de huidige situatie bij HP Valves en Pontus. In paragraaf 2.1 staat hoe dit hoofdstuk tot stand is gekomen. Paragraaf 2.2 beschrijft het hele productieproces bij HP Valves in drie stappen. In paragraaf 2.3 staat hoe Pontus de soldeeroven nu gebruikt en hoe het huidige ovenplan gemaakt wordt. Hoofdstuk 2 is tot stand gekomen door gesprekken met verschillende medewerkers bij HP Valves en Pontus. Met de informatie uit deze gesprekken legt hoofdstuk 2 uit hoe het gehele productieproces van hogedrukafsluiters bij HP Valves eruit ziet.

2.1 Huidig productieproces

Deze paragraaf beschrijft het hele productieproces bij HP Valves. In paragraaf 2.2.1 staat de fase van het proces voor de soldeerstap, in paragraaf 2.2.2 staat de soldeerstap uitgelegd en ten slotte beschrijft paragraaf 2.2.3 de laatste fase van het proces die bij HP Valves plaatsvindt.

2.1.1 Beginfase

HP Valves produceert op basis van een make-to-order strategie, dus alle producten die gemaakt worden, zijn in opdracht van een klant. Alle productieopdrachten die binnenkomen, worden uitgewerkt door de kantoorafdelingen, voordat ze uitgevoerd worden in de fabriek. Bij HP Valves is geen enkel eindproduct op voorraad.

De kantoor- en fabrieksafdeling bij HP Valves werken samen om alle opdrachten zo snel mogelijk te verwerken, want een korte levertijd is een belangrijk aspect van de make-to-order strategie. De opdrachten worden verwerkt door een aantal kantoorafdelingen zoals projectinkoop, kwaliteitscontrole en werkvoorbereiding, alvorens ze in de fabriek gemaakt worden. Naderhand zendt de shipmentafdeling de producten naar de klanten en zorgt voor de facturering.



*Figuur 2.1, Ruwstuk
Hogedrukafsluiter (Groenlo, sd)*

In de fabriek van HP Valves liggen alle standaard inkoopdelen op voorraad die nodig zijn voor het produceren van de hogedrukafsluiters. Dit zijn bijvoorbeeld de ruwstukken, handwielen, kleppen en stangen. In de fabriek ondergaan de ruwstukken eerst een machinale bewerking. figuur 2.1 laat een ruwstuk zien. Vanuit deze vorm worden er precies naar de wensen van de klant gaten in geboord. Als de ruwstukken de eerste bewerkingen hebben doorlopen worden ze naar Pontus gezonden voor de warmtebehandeling. Deze verzending vindt twee keer per week plaats, namelijk op woensdag- en vrijdagochtend.

2.1.2 Pontus

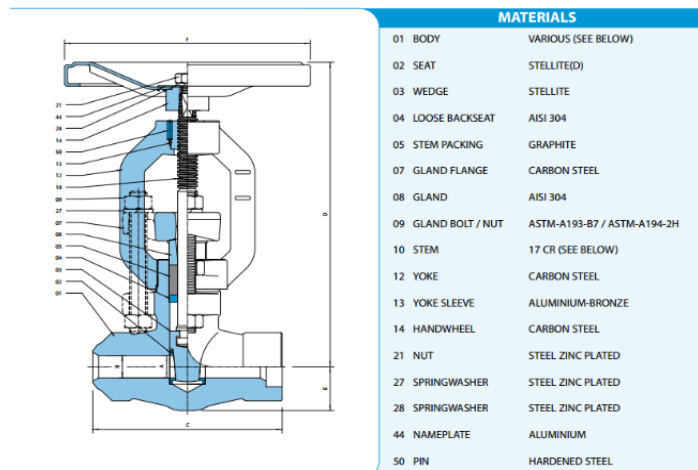
Bij Pontus ondergaan de ruwstukken één of twee warmtebehandelingen, afhankelijk van het materiaaltype. Het bewerkingsproces dat elk ruwstuk doorloopt is het toevoegen van een ringetje van een ander materiaal in de afsluiter, om de hogedrukafsluiter bestand te maken tegen een hoge druk. Het ringetje wordt handmatig toegevoegd, met een laagje soldeer pasta erbij, wat gaat uitlopen en vastzitten als het warm wordt in de oven. Na deze toevoeging worden de ruwstukken klaargezet om de soldeeroven in te gaan. Aangezien er ruwstukken van verschillende materialen, afmetingen en gewicht klaar worden gezet om de oven in te gaan, moet de planner een inschatting maken over hoeveel ruwstukken er per materiaalsoort er in de oven passen. Wanneer er een keuze voor een materiaalsoort is gemaakt, gaat een krat gevuld met ruwstukken de oven in. Tijdens dit proces warmt

de oven heel snel op en blijft daarna op een constante temperatuur rond de 850 graden Celsius. Aan het eind van het proces blaast een ventilator koud stikstofgas door de oven, om alle halffabricaten snel af te koelen, zonder het materiaal aan te tasten. Als de huizen uit de oven komen, controleert de soldeerder bij Pontus de gesoldeerde ruwstukken stuk voor stuk op kwaliteit.

Bij twee van de vier materiaalgroepen moet er na het solderen nog een andere warmtebehandeling plaatsvinden, namelijk het harden en ontlaten. Dit gebeurt in een andere oven bij Pontus en duurt ongeveer 8 uur per batch. Tijdens het harden en ontlaten wordt het temperatuurprofiel zo aangepast dat het materiaal niet hard en bros wordt. Deze eigenschappen zijn nodig voor de hogedrukafsluiters om bestand te zijn tegen hoge drukken.

2.1.3 Eindfase

Na de warmtebehandeling stuurt Pontus de gesoldeerde ruwstukken retour naar HP Valves waar deze worden gemonteerd tot een hogedrukafsluiter. Dat wil zeggen dat de materialen van de *stuklijst* (figuur 2.3) gemonteerd worden tot één hogedrukafsluiter. Het transport tussen de montageplekken in de fabriek gebeurt nu met behulp van kratten met halffabricaten die van de ene naar de andere montageplek worden gereden. Uiteindelijk worden de afsluiters de spuitrij ingebracht waar ze de laatste bewerkingsstap ondergaan, het spuiten. Na het spuiten worden de hogedrukafsluiters verpakt en klaargezet voor verzending.



Figuur 2.2, Voorbeeld stuklijst (Valves, www.hpvalves.com, sd)

2.1.4 ERP-Systeem

Het ERP-systeem van HP Valves heet ISAH. In dit systeem wordt het orderverloop ingevoerd en gemonitord, van offerte tot aan de factuur. In ISAH zien alle medewerkers aan de hand van statussen in welke fase van het productieproces een product zich bevindt. Met behulp van statussen wordt doorgegeven welke opdrachten zijn gecontroleerd, verwerkt en vrijgegeven voor productie. Als de huizen in de voorbereidingsfase de machinale bewerkingen (boren, frezen, verspanen) hebben gehad, verandert de status in 'extern'. Deze status is voor dit onderzoek van belang, omdat dat de productiestap solderen is.

Verder wordt het ERP-systeem gebruikt als communicatiemiddel tussen de afdelingen. Alle tekeningen, stuklijsten en opdrachtgegevens worden op deze manier voor iedereen zichtbaar. Zo weet montage wat er gedaan moet worden, omdat werkvoorbereiding de order heeft vertaald van een klantvraag naar bruikbare stuklijsten voor de monteurs.

2.2 Huidige ovenplanning

De huidige ovenplanning bestaat uit twee delen. Paragraaf 2.3.1 beschrijft het uitbesteden van de opdrachten aan Pontus en paragraaf 2.3.2 beschrijft de planning bij Pontus.

2.2.1 Uitbesteding aan Pontus

De planner bij HP Valves gebruikt ISAH om alle machinale bewerkingen en uitbestedingen in te plannen. Voor elke machine in de fabriek heeft hij een grafische weergave van wat er in welke week

af moet zijn. Onder al deze te plannen productiestappen valt ook het solderen. In ISAH kunnen alle producten die klaar staan om gesoldeerd te worden gefilterd, zodat de planner alle opdrachten voor Pontus inzichtelijk heeft.

Een Excel transitiebestand berekent dan hoeveel kilogram materiaal van welke materiaalgroep de planner in totaal naar Pontus stuurt, en wat de prijs van het solderen in dat geval is. De doorlooptijd van deze producten ligt rond de twee weken. ISAH rekent met een doorlooptijd van twee weken voor de soldeerfase.

De levering van producten aan Pontus gebeurt in principe twee keer per week, maar kan vaker geschieden via eigen transport. Op dat moment stuurt de planner van HP Valves alle producten die dan klaar staan naar Pontus. Hierbij kunnen nog spoedgevallen aangegeven worden. Die worden iets duurder, omdat de ovenvulling dan niet optimaal is, maar hebben dan slechts een doorlooptijd van een halve week.

2.2.2 Planning bij Pontus

In deze fase van het proces is Pontus vrij om te plannen wanneer de halffabricaten de oven ingaan. Er is een belangrijk verschil tussen de huidige situatie bij Pontus en de nieuwe situatie bij HP Valves, waarmee rekening moet worden gehouden gedurende dit onderzoek. Bij Pontus is er een moment dat de warmtebewerkingsfase te onderbreken is. Dit is tussen het solderen, wat in de ene oven gebeurt, en het harden en ontlaten wat in de andere oven gebeurt. In de nieuwe situatie bij HP Valves is dit niet meer mogelijk omdat de soldeeroven in één keer doorgaat met een van tevoren ingesteld temperatuurtraject, waar het solderen, harden en ontlaten in één keer achter elkaar aan gedaan worden.

De planningshorizon die bij Pontus aangehouden wordt is ongeveer drie dagen. De hogedrukafsluiters worden namelijk twee keer per week afgeleverd door HP Valves. De lading die op vrijdag binnenkomt, wordt gepland voor vrijdag, eventueel weekend, maandag en dinsdag. Dan komt er op woensdag weer een nieuwe lading binnen, die meegenomen wordt in de planning tot aan vrijdag.

De soldeerplanning bij Pontus wordt in de normale situatie niet gemaakt op basis van een 24-uursplanning. De werknemers bij Pontus worden geacht om acht uur te werken binnen het tijdsvenster van 6.00 uur 's ochtends tot 18.00 uur 's avonds. Alleen tussen deze tijden wordt de oven geleegd en opnieuw gevuld. Dit betekent dus dat een oven die om 2.00 uur klaar is, nog minstens 4 uur leegstaat voor er een nieuwe batch ingaat. Er zijn nog wel eens spoedgevallen of piektijden qua leveringen van HP Valves, waardoor Pontus gedwongen wordt om de productiecapaciteit te verhogen. Dan komen werknemers buiten de normale werktijden naar de fabriek om de oven om te stellen.

2.2.3 Randvoorwaarden huidige planning

In de huidige situatie zijn een aantal harde randvoorwaarden waar de planner rekening mee moet houden. Deze randvoorwaarden hebben betrekking op de hoeveelheid, gewicht en speed. Het maximale gewicht dat de soldeeroven aankan per batch is 1000 kilogram. Dit gewicht wordt vaak niet gehaald omdat de huizen die samen dit gewicht hebben, niet met elkaar binnen de afmetingen van het krat passen. De tweede randvoorwaarde betreft de afmetingen van alle hogedrukafsluiters die tegelijkertijd in de oven gaan. De hogedrukafsluiters worden in een krat geplaatst, waarmee ze in de oven gezet worden. De afmetingen van dit krat zijn 1m x 1,1m x 1m. Er kunnen in de hoogte verschillende verdiepingen op elkaar gezet worden binnen de beschikbare één meter hoogte, waardoor er meer kleine huizen in de oven passen.

Een ander aspect waar de soldeerder rekening is de positionering van de huizen in de krat. Dit betekent dat de huizen niet scheef mogen worden neergezet, omdat het ringetje dan mogelijk gaat schuiven en niet op de goede plek vast gesoldeerd wordt. Dit aspect heeft ook invloed op het gewicht aan hogedrukafsluiters dat de oven ingaat per batch.

Als één van de eerste twee genoemde randvoorwaarden bereikt wordt, gaat de krat de oven in. Dit betekent niet dat er gewacht wordt tot één van de randvoorwaarden gehaald wordt, dan zou het te lang kunnen duren. Over het algemeen wordt de randvoorwaarde van de afmetingen eerder gehaald dan die van het gewicht, waardoor er meestal minder dan 1000 kilogram de oven ingaat. Gemiddeld wordt er in de huidige situatie 600 kilogram per batch gesoldeerd. Mocht HP Valves vinden dat een opdracht snel gereed moet zijn dan kan de planner bij Pontus ervoor kiezen om een batch in de oven te doen die ruim binnen de beide randvoorwaarden, gewicht en afmetingen, blijft, maar niet optimaal gebruik maakt van de oven capaciteit. De randvoorwaarde dat er spoed bij is, moet dus heel hard zijn, mocht de planner er voor kiezen om een batch van bijvoorbeeld 200 kilogram te gaan solderen.

2.3 Conclusie huidige situatie

In de eerste drie paragrafen van dit hoofdstuk wordt een antwoord gegeven op de deelvragen die bij de huidige situatie horen. Het belangrijkste van het huidige proces in het kader van dit onderzoek is dat het solderen uitbesteed wordt aan Pontus.

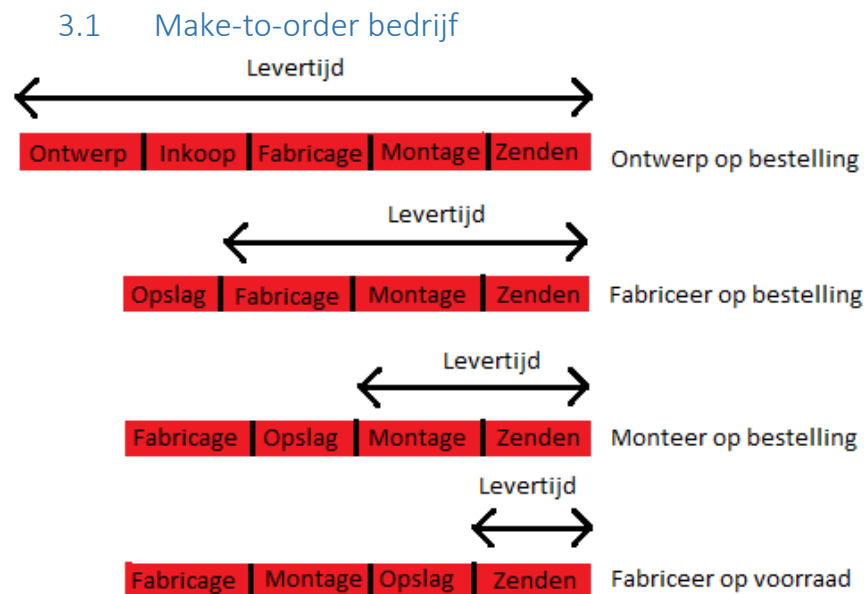
Aan de huidige planningsmethodiek bij Pontus is weinig gestandaardiseerd. De planner vult de oven op basis van een inschatting. Deze inschatting is gebaseerd op de materialen die bij Pontus klaar staan om gesoldeerd te worden en de leverdata die daarbij horen. De totale doorlooptijd van de soldeerstep is in de huidige situatie naar schatting 12 werkdagen.

De randvoorwaarden die Pontus aanhoudt, zijn duidelijk geworden uit de beschrijving van de huidige situatie. Er bleek voornamelijk dat het gewicht en de afmetingen van de huizen een belangrijke randvoorwaarde is. Daarnaast is het omstelmoment, het legen en vullen van oven, van belang. Omstellen kan alleen als er medewerkers aanwezig zijn, dit is van 6.00 tot 18.00 uur.

Het volgende hoofdstuk beschrijft de literatuur die bij de huidige situatie hoort. Nadat de literatuur beschreven is, kan er vanuit de gewenste situatie naar een oplossing voor de optimale soldeerovenplanning gezocht worden.

3. Literatuur

Dit hoofdstuk beschrijft het theoretische kader van het onderzoek. Paragraaf 3.1 beschrijft hoe een make-to-order bedrijf, zoals HP Valves, om moet gaan met de productieplanning. Paragraaf 3.2 beschrijft een één-machine probleem in de puurste vorm en wat daarvan toepasbaar is op de één-machineplanning bij HP Valves. Paragraaf 3.3 geeft een beschrijving van een productieproces, waar de productie in batches plaatsvindt.



Figuur 3.1, Manufacturing strategieën naar (Pilar, 2008)

Bedrijven die volgens een make-to-order strategie produceren (MTO-bedrijven), vallen onder de categorie van bedrijven met periodieke productiesystemen. Deze productiesystemen kenmerken zich door in kleine batches te produceren. Binnen de periodieke systemen zijn twee categorieën, namelijk de productiesystemen met een korte cyclustijd en die met een lange cyclustijd. Beide productiesystemen hebben over het algemeen lange doorlooptijden en de bedrijven die zo produceren zijn kapitaalintensief. De lange doorlooptijden komen voort uit het feit dat er een groot scala aan producten is, die pas na het binnenkrijgen van de bestelling, productspecifiek gefabriceerd moeten worden. In figuur 3.1 is te zien hoe de productiestrategie zich verhoudt tot de levertijd van de producten.

De twee belangrijkste variabelen die bepalen hoeveel opdrachten een MTO-bedrijf krijgt, zijn de prijs en de doorlooptijd (Babu, 1999). In het verlengde hiervan zijn kwaliteit en bedrijfsreputatie ook belangrijke parameters om productieopdrachten te verkrijgen.

Door de complexiteit van doorlooptijden, magazijnbeheer en batchgrootte, is het moeilijk om een MTO-productielijn goed te plannen. Een bijkomend probleem is dat door de onvoorspelbaarheid van de vraag een bestaand productieplan niet meer accuraat is. Omdat opnieuw plannen ten koste gaat van de flow in de fabriek is een goede planning vereist waarbij ingespeeld kan worden op onverwachte vraag (Babu, 1999).

Het productieplan in een MTO-bedrijf begint bij het binnenkrijgen van een opdracht en eindigt bij het leveren van het eindproduct. De doorlooptijden per productiestap bepalen de totale tijd die het kost om het eindproduct te produceren en dus de levertijd. Omdat dit over het algemeen een lang traject is, moeten alle interne leverdata haalbaar zijn en gehaald worden, om achterstanden te voorkomen.

Volgens Babu zijn de modellen die MTO-bedrijven gebruiken om hun interne leverdata te bepalen, op te delen in vier categorieën. Namelijk de volgende:

- Naïeve modellen, met constante doorlooptijden per product
- Modellen die informatie gebruiken over de binnenkomende opdrachten
- Modellen die informatie gebruiken over de opdrachten die al in het productiesysteem zijn
- Modellen die informatie gebruiken over de toekomstige opdrachten

Op basis van één van deze modellen wordt een productieplan gemaakt met interne leverdata om een zo kort mogelijke en toch realistische levertijd aan de klanten te kunnen geven voor de aflevering van de opdrachten.

Hendry en Kingsman brengen een aantal verschillen tussen een make-to-order bedrijf (MTO) en een make-to-stock bedrijf (MTS) aan het licht. (Hendry & Kingsman, 1989). De belangrijkste redenen waarom HP Valves de MTO-strategie gebruikt, zijn de productmix en de onbekende vraag naar hun producten. HP Valves heeft een grote verscheidenheid aan producten, die waardevol en omvangrijk zijn. Het gevolg van de MTO-strategie is dat het productiebedrijf de levertijden in overleg met de klanten bepaalt. Het halen van de levertijd is essentieel voor de klanttevredenheid (Hendry & Kingsman, 1989).

Qua levertijd zit de MTO-strategie van HP Valves precies tussen engineer-to-order en assemble-to-order in, zie figuur 3.1. Bij engineer-to-order wordt na het geven van de opdracht, het product nog ontworpen naar de eisen van de klant. Bij manufacture-to-order wordt er na het krijgen van een opdracht direct geproduceerd op de werkvloer. De producten zijn dan nog wel customizable voor de klanten, maar niet zo specifiek als bij engineer-to-order. Bij HP Valves is er een ontwerpafdeling die in overleg met de klanten de producten specifiek kan ontwerpen per klant, maar normaal gesproken bestelt de klant standaardproducten.

HP Valves houdt geen constante leverdata aan, dus wordt de leverdatum van een hogedrukafsluiter per specifiek bepaald. Elke hogedrukafsluiter die het productieproces ingaat, krijgt namelijk zijn eigen leverdatum. Vanaf het moment dat de ovenplanning gemaakt wordt en de halffabricaten klaarliggen om de oven in te gaan, heeft elk halffabricaat ook zijn eigen leverdatum. HP Valves gebruikt het model dat informatie over de binnenkomende opdrachten heeft, om de leverdata te bepalen. De leverdatum betekent in dit geval het moment dat het halffabricaat de soldeeroven uitkomt en gereed is voor de nabewerkingen.

3.2 Eén-machineprobleem

Met de huidige productietechnologieën in het flexibel produceren, ontstaat er een mogelijkheid om in batches te produceren op een enkele machine. Hierdoor wordt het één-machine probleem een grotere uitdaging in een productieomgeving waar één machine beschikbaar is om de taken uit te voeren die elk product moet doorlopen. Bij het produceren van batches op een enkele machine, hebben alle producten in de batch dezelfde omsteltijd nodig en hebben ze ook dezelfde tijd waarop ze gereed zijn.

Er zijn verschillende soorten één-machineproblemen met verschillende beperkingen en randvoorwaarden. Zo zijn er bijvoorbeeld één-machine problemen met straffen voor eerder en/of later dan de leverdatum klaar zijn, één-machine problemen met verschillende vrijgavetijdstippen, maar ook één-machineproblemen waar aan het begin alle producten gereed staan en vanaf dat moment ingepland moeten worden.

Om deze verschillende één-machineproblemen op te lossen worden verschillende algoritmes en heuristieken gebruikt. Om deze te gebruiken, bepaalt de uitvoerende partij wat de kosten zijn voor het

te vroeg of te laat afleveren van een gereed product. In een productieomgeving met onbeperkte voorraadcapaciteit, zou het te vroeg afleveren van een gereed product weinig problemen opleveren. Mocht het een waardevol product zijn dat veel geld kost om op voorraad te houden, dan levert het te vroeg klaar hebben hoge kosten op.

Naast de bovengenoemde verschillen, kunnen de omsteltijden verschillen binnen een één-machineprobleem. Hierdoor wordt het gunstiger om opdrachten die later klaar moeten zijn, toch eerder uit te voeren, omdat er tussen die twee opdrachten geen omsteltijd nodig is.

Eén van de boeken die over één-machineproblemen schrijft is *Factory Physics* door Hopp en Spearman. Dit boek is gekozen als naslagwerk omdat het één-machineprobleem er uitgebreid in beschreven wordt. Volgens *Factory Physics* (Hopp & Spearman, 2000) zijn er zes condities waar een klassiek planningsprobleem aan moet voldoen, namelijk:

- 1. Alle opdrachten zijn aan het begin van de planningshorizon beschikbaar.*
- 2. Procestijden zijn deterministisch.*
- 3. Procestijden zijn niet afhankelijk van de volgorde.*
- 4. Machines vallen niet uit.*
- 5. Er is geen voorkeursbehandeling voor taken.*
- 6. Er is geen annulering van taken.*

Deze zes condities dienen ertoe om één-machineproblemen terug te brengen naar een behandelbare omvang. Het voordeel hieraan is dat er gefocust kan worden op het maken van een gesimplificeerd productieplan, alleen een productievolgorde. Deze volgorde houdt geen rekening met start- en eindtijden van de productie. Vanuit die volgorde kan er een complexer productieplan opgesteld worden, waar in de fabriek mee gewerkt kan worden. (Hopp & Spearman, 2000)

3.3 Planning van batchprocessen

Bij het managen van batchprocessen is het plannen van de productie heel belangrijk. Het plannen van de productie is over het algemeen op operationeel of tactisch niveau, terwijl de lange termijnplanning op strategisch niveau is. Op tactisch/operationeel niveau is het doel om te zorgen dat er op een zo efficiënt mogelijke manier aan de vraag te voldoen, met behulp van een gedetailleerd productieplan. Op strategisch niveau is het doel om op de lange termijn zoveel mogelijk kosten te besparen. Op beide niveaus wordt de planning gekenmerkt door: de behoefte aan veel data, onzekerheid en een grote beslissingsruimte. In figuur 3.2 is te zien wat er bij welk niveau gevraagd wordt en wat daarbij de taken zijn. Om een productieplan op tactisch/operationeel niveau te maken moeten volgens Korovessi (Korovessi & Linniger, 2006) de volgende vragen beantwoord worden:

- Hoeveel batches zijn er nodig per product?
- Welke machines moeten er gebruikt worden?
- Wat is het begin en het eind moment van de productiestap?
- Hoe moet de toewijzing van grondstoffen zijn voor de productie?

Met een antwoord op deze vragen kan een productieplan worden opgesteld. Om zo'n productieplan weer te geven wordt in het algemeen een Gantt-grafiek gebruikt. Een Gantt-grafiek is een grafiek met op de horizontale as de tijd en op de verticale as de taken die uitgevoerd moet worden. Hierdoor is er in één oog op slag te zien wat er op welk moment geproduceerd wordt en moet worden. Voor de ovenplanning bij HP Valves hoeft de Gantt-grafiek maar één lijnt te bevatten, omdat alle andere machines en processen buiten de scope van het onderzoek vallen (Korovessi & Linninger, 2006).



Figuur 3.2, Productieniveaus, naar Pilar (Pilar, 2008)

3.4 Conclusie literatuur

De hierboven beschreven literatuur heeft te maken met het productieplanningsprobleem van HP Valves. Paragraaf 3.1 beschrijft het make-to-order bedrijf in het algemeen en waarom HP Valves een MTO-bedrijf is. De belangrijkste conclusie hieruit is dat het voor een MTO-bedrijf belangrijk is om te voldoen aan de beloofde levertijd en dat die levertijd zo kort mogelijk moet zijn om concurrerend te blijven.

Paragraaf 3.2 beschrijft het klassieke één-machine probleem en de reden dat HP Valves hier te maken heeft met een één-machine probleem. De belangrijkste conclusie hiervan is wat de procestijden zijn per materiaalgroep en hoe de situatie er op het beslissingsmoment uit ziet, wat soldeeropties betreft.

De belangrijkste conclusie die uit paragraaf 3.3 getrokken kan worden, zijn de vragen die gesteld moeten worden bij het maken van een productieplan voor een batchproces op operationeel niveau. Het is handig om het productieplan weer te geven in een Gantt-grafiek. Bij HP Valves betekent dat, dat alleen de batches in de soldeeroven worden weergegeven in de Gantt-grafiek.

4. Nieuwe fabriek

Dit hoofdstuk beschrijft de nieuwe fabriek van HP Valves en de gewenste situatie omtrent het soldeerproces in die nieuwe fabriek. Paragraaf 4.1 beschrijft het plan van aanpak om tot deze gewenste situatie te komen. In paragraaf 4.2 staat de reden voor de aanschaf van de soldeeroven uitgebreid uitgelegd. De aanschaf van de oven is een belangrijke toevoeging aan de nieuwe fabriek ten opzichte van de huidige fabriek, omdat er vanaf de aanschaf van de oven, een ovenplanning gewenst is. Daarbij geeft het inzicht in de achterliggende wensen voor het soldeerovenplan. In paragraaf 4.3 staat een uitleg van de nieuwe ovenplanning. Paragraaf 4.4 bevat een overzicht van de verschillende stakeholders en hoe zij de gewenste ovenplanning voor zich zien. Paragraaf 4.5 bevat de KPI's die voor de nieuwe planning gebruikt zullen worden, om te kunnen weergeven hoe goed het ovenplan functioneert. Paragraaf 4.6 geeft het verschil weer tussen de huidige en gewenste situatie, zodat er in hoofdstuk 5 naar een oplossing gezocht kan worden. Hoofdstuk 4 eindigt met een conclusie van de huidige situatie in paragraaf 4.7.

4.1 Aanpak

De aanpak om tot een goed beeld van de gewenste situatie inclusief randvoorwaarden te komen, is het houden van interviews met de belangrijkste stakeholders. Dit zijn de mensen die zich met de verhuizing bezighouden en verantwoordelijk zijn voor het maken van de ovenplanning. In de huidige situatie is de ovenplanning uitbesteed aan Pontus, in de nieuwe situatie zal dit het beslissen zijn van welke producten wanneer naar de soldeeroven toe moeten. De planner kan de gewenste situatie op operationeel niveau goed inschatten, maar voor het tactische en strategische niveau zijn interviews gehouden met de plantmanager en de process-engineer.

4.2 Reden van aanschaf soldeeroven

Voor de verhuizing naar het nieuwe pand in Hengelo is een soldeeroven aangeschaft door HP Valves. Er zijn meerdere redenen die meespeelden om deze investering te doen. De belangrijkste drie redenen, namelijk doorlooptijd, betrouwbaarheid en de back-up, staan hieronder uitgewerkt. Alle drie de redenen zijn gericht op productie en geven nog eens extra aan wat het belang is van dit onderzoek.

4.2.1 Doorlooptijd

De belangrijkste reden om een soldeeroven aan te schaffen is het verkorten van de doorlooptijd van deze fase in het productieproces. In de huidige situatie moeten de halffabricaten van Oldenzaal naar Enschede worden getransporteerd, om een warmtebehandeling te krijgen. In de nieuwe situatie zal deze warmtebehandeling in dezelfde fabriekshal plaatsvinden als de rest van het productieproces.

Daarnaast verbetert de doorlooptijd ook omdat de oven groter is en HP Valves overschakelt naar een 24-uursplanning in plaats van de uitbesteding van het solderen en wachten tot het retour komt. Hierdoor hoopt HP Valves meer batches in een week te kunnen draaien, waardoor halffabricaten eerder aan de beurt zijn om gesoldeerd te worden. Al met al is het belangrijk voor HP Valves om de doorlooptijd te verkorten, omdat dat de gehele levertijd verkort. Zoals vermeld in het theoretisch kader is de levertijd één van de belangrijkste concurrentievoordelen van een make-to-order bedrijf.

4.2.2 Betrouwbaarheid

De tweede reden voor de aanschaf van de klanten is deels de eigen betrouwbaarheid aan de klanten en deels de betrouwbaarheid van deze productiestap in het hele proces. De betrouwbaarheid naar de eigen klanten wordt vergroot omdat de flexibiliteit van de productie omhoog gaat. In de huidige situatie kunnen er ook wel spoedopdrachten aan Pontus gegeven worden maar dat is alsnog minder flexibel dan direct op de eigen locatie met de voorbereiding en het solderen te kunnen beginnen. Het

toevoegen van prioriteiten voor bepaalde klanten is dus een nieuwe mogelijkheid om het productieproces flexibeler te maken.

Een andere reden om door het aanschaffen van de oven betrouwbaarder te worden naar de klanten toe is de beheersbaarheid van het productieproces. Deze beheersbaarheid uit zich er vooral in dat het hele productieproces op dezelfde plaats plaatsvindt. Hierdoor zijn alle operationele partijen dichter bij elkaar en is de productie voor de planner en het management beter te coördineren.

4.2.3 Geen back-up

De derde reden is dat er nu geen back-up is, wanneer er bij Pontus niet gesoldeerd kan worden door bijvoorbeeld storing of onderhoud. Voornamelijk in het geval van een grote storing bij Pontus kan de productie enkele dagen stil komen te liggen. Uit deze mogelijke situatie blijkt wat voor een kritieke leverancier Pontus nu is. In de nieuwe situatie zal de oven van Pontus als back up kunnen dienen als er onverhoopt toch iets mis gaat met de nieuwe oven. Daarnaast biedt het nog meer mogelijkheden tot uitbreiding, door op een gegeven moment weer een deel van de productie te outsourcen naar de fabriek van Pontus. Echter, op de korte termijn is daar geen sprake van.

4.3 Gewenste nieuwe planning

De planner maakt in de huidige situatie de uitbestedingen naar Pontus. In de nieuwe situatie valt die taak van de planner voor een groot deel weg. Als de huizen gereed zijn om gesoldeerd te worden, hoeven ze niet meer naar Enschede getransporteerd te worden, maar staat de oven in dezelfde fabriekshal. Wat de soldeerders wanneer gaan solderen wordt wel de verantwoordelijkheid van de planner in de nieuwe situatie. Doordat er één oven is in de nieuwe situatie, komt hier het één-machineprobleem terug zoals beschreven in paragraaf 3.2. Hier zal verder worden uitgelegd hoe het één-machineprobleem toepasbaar is op de nieuwe situatie bij HP Valves.

Gedurende een week moeten vier verschillende taken een aantal keer uitgevoerd worden. De vraag per week is goed te schatten, waardoor er bekend is hoeveel batches van elke materiaalgroep er per week in de oven moeten. Hoe goed de batches gevuld zullen zijn is niet precies te zeggen, dus bij het aannemen dat alle taken aan het begin van de week bekend zijn moet een slag om de arm gehouden worden.

De bewerkingstijden in de oven zijn deterministisch. Op het moment dat er een keuze gemaakt wordt, welke van de vier batches de oven ingaat, is er bekend hoelang elke batch erin zal moeten. Het temperatuurtraject waaronder de warmtebehandeling plaatsvindt, is per materiaalgroep hetzelfde en de tijd daarvan is bekend. Het enige verschil in bewerkingstijd wordt veroorzaakt door de vulgraad. Bij een normale vulgraad van 800 kilogram is de bewerkingstijd per materiaalgroep zoals aangegeven in tabel 4.1.

Groep	Veelvoorkomende materialen in deze groep	Vacuümvoven Solderen en ontlaten(materiaalgroep 2, 3 en 4)
I	A105 / F316 / F321 / F51	8 uur
II	F12 / 16Mo3 / F11 / 1.6368	15 uur
III	F22 / 17Cr (Throttles)	17 uur
IV	F91	17 uur

Tabel 4.1, Procestijden Pontus

De soldeeroven heeft een kleine omsteltijd. Het omstellen gebeurt in de huidige situatie bij Pontus met een heftruck die het ene krat uit de oven tilt, en het andere krat erin zet. Hier wordt deterministisch een half uur voor gerekend.

In de nieuwe situatie bij HP Valves is er geen tussentijdse afbraak van het proces mogelijk. In de huidige situatie is er bij Pontus wel een afbraakmogelijk, omdat het solderen en harden en ontlaten in andere ovens plaatsvindt. Er is een doorlopende vraag naar alle vier de productgroepen, dus moet er op het beslissingsmoment altijd gekozen worden tussen het solderen van één van de vier materiaalgroepen. Aan het begin van de planningshorizon weet men wel hoeveel producten van elke materiaalgroep er geproduceerd moeten worden.

4.4 Randvoorwaarden

De randvoorwaarden vormen een belangrijk onderdeel van de gewenste situatie. Voor de ovenplanning bij HP Valves is het van belang om deze randvoorwaarden goed in kaart te brengen. Het management van HP Valves beslist over het grootste deel van de randvoorwaarden, de voorwaarden worden voornamelijk gesteld om de winst te verhogen. Daarnaast zijn de fysieke beperkingen van de oven een belangrijke harde randvoorwaarde. De derde belangrijke randvoorwaarde zijn de wensen van het personeel. Ondanks dat dit geen harde randvoorwaarden zijn, is het goed om deze randvoorwaarden in de planning mee te nemen om op een zo goed mogelijke manier aan de wensen van het personeel te voldoen.

4.4.1 Management

Het management van HP Valves heeft de oven aangeschaft om de doorlooptijd te verkorten en daarmee uiteindelijk de winst te vergroten, door meer te produceren en snellere levertijden te realiseren. De belangrijkste randvoorwaarde die het management stelt, is dat de afgesproken levertijd aan de klant gehaald wordt. Aangezien de aflevering aan de klant buiten de scope van dit onderzoek valt, zal de levertijd het moment zijn waarop de warmtebehandelingsfase afgerond moet zijn volgens ISAH. De doorlooptijd die het management voor de soldeerstep eist is 5 werkdagen.

Het management wil ook dat de kosten van een productiebatch in de gaten wordt gehouden als randvoorwaarde. Door de oven de hele week non-stop te laten draaien, waardoor de batches relatief kleiner worden, wordt de doorlooptijd wel aanzienlijk verkort, maar kost het ook relatief veel omdat de oven aangezet moet worden voor kleine batches en dat energie en manuren kost.

4.4.2 Soldeeroven

De randvoorwaarden van de soldeeroven zijn van tevoren bekend en zijn harde randvoorwaarden. De totale ruimte voor de batch in de oven is 91 x 122 x 91 centimeter in de breedte, diepte en hoogte. Deze afmetingen worden aangegeven door het krat waarmee de huizen de soldeeroven ingaan. De medewerkers van Pontus die de oven vullen zullen nog steeds schatten hoeveel producten er van elke materiaalgroep in de oven passen.

Het maximale gewicht dat in één batch gesoldeerd kan worden is 1500 kilogram. Dit gewicht is inclusief het krat en het absolute maximum. Er wordt in de rest van dit onderzoek uitgegaan van 1200 kilogram als maximum gewicht aan huizen.

Van deze twee voorwaarden wordt het gewicht als leidend gezien, omdat de afmetingen van de huizen niet zijn opgenomen in het ERP-systeem en het gewicht wel. Daarnaast zijn de afmetingen zo wijd gevarieerd en zijn de mogelijkheden om de krat te vullen eindeloos, waardoor het niet mogelijk is om dat in de ovenplanning op te nemen. De beperkende factor is vaak de afmetingen bij deze

randvoorwaarde. De huidige situatie bij Pontus leert dat er gemiddeld 600 kilogram per batch in de oven gaat. Als er nog meer bij had gekund wat afmetingen betreft, was dat anders zeker gebeurd. In de nieuwe situatie is de oven een maat groter, waardoor het nieuwe model er vanuit gaat dat er gemiddeld 800 kilogram per batch in de oven gaat. Deze 800 kilogram is geschat in overleg met de soldeerders van Pontus en het management van HP Valves.

4.4.3 Werknemers

Ondanks dat er met een 24-uurs planning gewerkt gaat worden, is er maar één ploeg medewerkers aanwezig. Het is daarom van belang dat er structuur in de productieplanning zit, zodat de werknemers van Pontus niet op willekeurige momenten buiten de normale werktijden opgeroepen worden om de gerede batch in de soldeeroven te vervangen. Soms is het onvermijdelijk dat dit een keer 's avonds of in het weekend moet gebeuren maar het uitgangspunt is om het omstellen zoveel mogelijk binnen de werktijden (6.00 – 18.00 uur) te laten vallen.

Dit geldt als een zachte randvoorwaarde omdat het voor de werknemers wel mogelijk, maar niet wenselijk is om buiten de werktijden om naar de fabriek te komen. Deze randvoorwaarde heeft vooral betrekking tot het moment van inplannen van de langere en kortere batches.

4.5 Key Performance Indicators

Om de productieplanning meetbaar te maken zullen er verschillende Key Performance Indicators (KPI's) nodig zijn. Met deze KPI's wordt de prestatie van de ovenplanning in cijfers uitgedrukt. Deze KPI's kunnen in eerste instantie gebruikt worden om de prestaties over verschillende perioden met elkaar te vergelijken. Daarnaast is de nieuwe levertermijn van één week een overwogen schatting. Met de juiste KPI's kan er dus ook beoordeeld worden of dat realistisch is. Als dat realistisch blijkt kan dat doorgevoerd worden in ISAH en kan er een snellere levertijd aan de klant beloofd worden.

In de huidige situatie wordt nauwelijks met KPI's gewerkt, waardoor vergelijken met de huidige situatie op een kwantitatieve manier niet mogelijk is. Met de juiste KPI's kan er vanaf het moment dat de oven in werking wordt gesteld bijgehouden worden hoe de oven presteert. Vanaf dat moment kunnen er ook aanpassingen gedaan worden zodat er vanaf dat moment structureel geoptimaliseerd kan worden aan de hand van kwantitatieve data. Hieronder staan de KPI's beschreven die HP Valves moet gebruiken om de prestaties van het soldeerplan te meten.

Vulgraad (% kilogram)

De vulgraad van de oven is een geschikte KPI omdat daarmee aangegeven kan worden hoe vol de oven per batch is. De vulgraad is het percentage kilogrammen dat in de oven zit met 800 kilogram als 100%. In combinatie met de vaste kosten van de productie, krijgt HP Valves op basis van deze KPI een goed beeld of de gedraaide batches rendabel waren. Deze KPI zegt weinig per batch omdat er spoedgevallen kunnen zijn waar het wenselijk is om een lage vulgraad te hebben. Echter op de lange termijn zegt deze vulgraad veel over de prestatie van de oven. Hoe hoger de vulgraad is, hoe beter de prestaties van de planning.

Bezettingsgraad (% tijd)

De bezettingsgraad is een belangrijke KPI om de prestaties van deze productiestap te meten. In dit geval zegt de bezettingsgraad iets over hoeveel procent van de tijd, de oven aanstaat om te solderen. Als de oven 168 uur per week zou draaien zou de bezettingsgraad 100% zijn.

Doorlooptijd (dagen)

De doorlooptijd is een belangrijke KPI omdat daar het concurrentievoordeel van afhankelijk is. Deze KPI zou meetbaar moeten zijn in ISAH met behulp van de verschillende statussen in de productiedossiers. Zoals eerder vermeld is de doorlooptijd van deze hele productiestap nu ongeveer

12 werkdagen inclusief het transport naar Pontus. In de nieuwe situatie wordt er 5 werkdagen voor gerekend. Deze KPI kan aantonen of dat realistisch is en op de middellange termijn kunnen daar de leverdata aan de klanten op aangepast worden.

Productie per week (kilogram)

Uit de bezettingsgraad en de vulgraad volgt de totale productie per week. Deze KPI is nuttig omdat dat de nieuwe situatie vergeleken kan worden met de huidige productiecapaciteit van Pontus. Op dit moment weet de planner per week precies het gewicht per materiaalgroep dat Pontus soldeert.

4.6 Afwegingen en verbanden

Voor de gehele ovenplanning zijn er afwegingen die gemaakt moeten worden. Het ene uiterste is een bezettingsgraad die de 100% benadert, met als gevolg dat de vulgraad laag is. Namelijk omdat het aantal kilo's dat gesoldeerd moet worden hetzelfde blijft en er met zo'n hoge bezettingsgraad veel batches gedraaid worden. Dit is ook nadelig voor de voorwaarde die de werknemers stellen, omdat het omstelmoment dan regelmatig 's nachts zal zijn. Voor de doorlooptijd is deze situatie wel gunstig omdat elk huis waarvoor solderen de eerstvolgende bewerkingsstap is, een grote kans heeft om snel aan de beurt te zijn.

Het andere uiterste is om te wachten met solderen tot de hele oven vol zit met één materiaalgroep. Dit is heel goed voor de vulgraad en houdt de productiekosten per product laag. Aan de andere kant wordt dan de doorlooptijd negatief beïnvloed, omdat de kans aanwezig is dat alle vier de groepen ongeveer op hetzelfde moment vol zitten en dan allemaal opeenvolgend geproduceerd moeten worden, waardoor het lang duurt voor dat de producten gereed zijn.

Ergens tussen deze twee situaties ligt een optimale ovenplanning waar aan alle randvoorwaarden voldaan wordt en de KPI's over een langere tijd stabiele en goede waardes laten zien. De stabiliteit is namelijk ook een belangrijk punt, omdat dat met de beheersbaarheid van het productieproces te maken heeft.

4.7 Verschil tussen huidige en gewenste situatie

Om tot een oplossing te komen is het belangrijk om het verschil tussen de huidige en de gewenste situatie duidelijk te hebben. In *Geen Probleem* door Hans Heerkens (Heerkens, 2012) wordt dat het handelingsprobleem genoemd. In dit geval is het handelingsprobleem dat HP Valves nog geen planning heeft voor de soldeeroven, terwijl die er in de gewenste situatie wel moet zijn. Hieronder staat het belangrijkste kwantitatieve en het belangrijkste kwalitatieve verschil beschreven tussen de huidige planning bij Pontus en de gewenste situatie in de fabriek bij HP Valves.

Kwantitatief is het grootste verschil tussen de huidige en de gewenste situatie vooral aanwezig in de doorlooptijd. Waar de doorlooptijd voor een halffabricaat in de soldeeroven nu twee weken is, is het gewenst dat de doorlooptijd vijf werkdagen wordt.

Een kwalitatief verschil tussen de huidige en de gewenste situatie is het werkrooster van de werknemers die verantwoordelijk zijn voor het soldeerproces. In de huidige situatie werken zij volgens een star rooster, waardoor ze zelden buiten het venster van 6.00 uur 's ochtends en 18.00 uur 's avonds werken. In de gewenste situatie draait de oven volgens een 24-uursplanning, zodat er gedurende de week geen productiecapaciteit verloren gaat aan een stilstaand oven.

4.8 Conclusie gewenste situatie

HP Valves heeft de soldeeroven aangeschaft om zelf meer invloed uit te oefenen op de productieplanning. In de nieuwe situatie kan HP Valves zelf kiezen welke materiaalgroep ze solderen,

dus welke opdracht van welke klant ze prioriteit geven. Dit heeft voordelige invloeden op de doorlooptijd en de leverbetrouwbaarheid van HP Valves aan hun klanten. In de gewenste situatie zijn twee belangrijke aspecten die beter kunnen, wat betreft de soldeerfase.

De stakeholders zijn de werknemers van Pontus die bij HP Valves komen produceren en het management van HP Valves. Deze stakeholders beschrijven hoe zij vinden dat de soldeerstap het beste in de gewenste situatie past. De belangrijkste conclusie hiervan is dat het een 24-uursplanning moet worden, waar de omstelmomenten zoveel mogelijk tijdens de werktijden van 6.00 tot 18.00 uur zijn, zodat de oven 's nachts soldeert als er geen werknemers bij hoeven te zijn.

Naast de beschrijving van de gewenste situatie is van belang binnen welke randvoorwaarden de gewenste situatie moet passen. Deze randvoorwaarden komen voort uit de eisen van de twee stakeholderpartijen en de limieten van de oven. De belangrijkste randvoorwaarden zijn de afmetingen en het gewicht dat de oven aankan. Deze twee voorwaarden kunnen in ieder geval niet overschreden worden. Voor de werknemers van Pontus is een belangrijke randvoorwaarde dat het omstelmoment tussen 6.00 uur 's ochtends en 18.00 uur 's avonds van maandag tot vrijdag valt.

Binnen deze wensen en randvoorwaarden zijn een aantal afwegingen te maken. Deze houden bijvoorbeeld in dat als HP Valves een hoge bezettingsgraad wil, de vulgraad lager wordt, wanneer het aantal te produceren producten gelijk blijft. Daarnaast betekent dat ook dat werknemers op onwenselijke tijden naar de fabriek moeten komen voor het omstellen.

Om te bepalen hoe goed het ovenplan in de nieuwe situatie precies is zijn er een aantal KPI's nodig. Met de volgende KPI's wordt deelvraag 3.3 beantwoord. De KPI's zijn de vulgraad, bezettingsgraad, doorlooptijd en de totale productie per week. Aan de hand van deze KPI's wordt duidelijk of het ovenplan goed functioneert. In de toekomst kan met deze KPI's ook gericht gezocht worden naar verbeteringen aan het productieschema.

In het volgende hoofdstuk komt een oplossing voor het één-machineprobleem aan bod, daarmee wordt een antwoord gegeven op deelvraag 3.4.

5. Productieplanning

Dit hoofdstuk geeft een oplossing voor het één-machine planningsprobleem voor de soldeeroven van HP Valves. In paragraaf 5.1 staat de aanpak beschreven. In de paragrafen 5.2 tot 5.6 worden respectievelijk de data, tijden, clusters en het gestandaardiseerde productieplan besproken. In paragraaf 5.7 staan de consequenties van het standaard productieplan uitgelegd. Paragraaf 5.8 laat een validatie van de planning zien, door te kijken naar de vraag van een andere periode. Paragraaf 5.9 geeft ten slotte een overzicht van hoe het dashboard er voor HP Valves uit komt te zien, die de planner kan gebruiken bij het plannen van de oven. Dit hoofdstuk is het opstapje naar de conclusies en aanbevelingen in hoofdstuk 6.

5.1 Aanpak

Om tot een zo goed mogelijke ovenplanning te komen is het eerst van belang om te weten hoeveel kilogram van elke groep geproduceerd moet worden per week. Deze data laat zien hoeveel batches à 800 kilogram er nodig zijn om aan deze vraag te voldoen. Er is voor gemiddeld 800 kilogram gekozen omdat de oven een slag groter is dan de oven bij Pontus. 800 kilogram lijkt een goede schatting volgens de soldeerders en het management van HP Valves. Daarna kan bepaald worden of het opgestelde productieplan in staat is om de gewenste doorlooptijd van 5 werkdagen te halen.

5.2 Data

In de huidige situatie zendt de planner van HP Valves op dinsdag en donderdag een lading huizen naar Pontus. Deze lading bestaat uit huizen van alle vier de materiaalgroepen. Deze ladingen bij elkaar opgeteld zijn de wekelijkse uitbestedingen aan Pontus. In de nieuwe situatie zal de hoeveelheid producten die gesoldeerd moet worden ongeveer gelijk blijven. De wekelijkse uitbesteding voor april en mei (meest recente data) staan weergegeven in tabellen 5.1 en 5.2.

Week	1		2		3		4
Groep/Datum	5-apr	7-apr	12-apr	14-apr	18-apr	21-apr	26-apr*
1	1627	1452	2840	549	2163	921	2480
2	460	11	190	435	419	0	49
3	391	76	1302	362	0	151	228
4	1034	904	281	252	821	330	549
Totaal	3511	3130	4613	1600	3403	1401	3306
Totaal week	6641		6212		4804		3306

Tabel 5.1, Uitbesteding aan Pontus in april (kilogram)

Week	5	6		7		8	
Groep/Datum	3-mei*	10-mei	12-mei	17-mei	19-mei	24-mei	26-mei
1	2154	2590	635	2431	519	2380	908
2	3	94	54	209	320	1026	49
3	1395	1556	300	1163	411	101	228
4	386	879	322	538	837	87	549
Totaal	3938	5119	1311	4342	2087	3593	1733
Totaal week	3938	6430		6428		5327	

*Eén uitbestedingsmoment van deze week viel weg door de feestdagen

Tabel 5.2, Uitbesteding aan Pontus in mei (kilogram)

Hier is te zien dat er in de meeste volle werkweken ongeveer 6000 kilogram aan materiaal naar Pontus gestuurd wordt, om het soldeerproces te ondergaan. Dit totale gewicht moet vanaf september in nieuwe soldeeroven gesoldeerd worden. Met een planningshorizon van een week en een gewenste doorlooptijd van 5 werkdagen, is het zeer wenselijk dat deze volledige weekvraag in dezelfde week (van maandag tot zondag) gesoldeerd wordt. De soldeerder verdeelt dit hele gewicht, in 4 materiaalgroepen, in batches van gemiddeld 800 kilogram over de hele week. In tabel 5.3 is te zien hoeveel batches per materiaalgroep nodig zijn om de volledige weekvraag te solderen.

Groep/Week	1	2	3	4	5	6	7	8
1	4	5	4	4	3	5	4	5
2	1	1	1	1	1	1	1	2
3	2	3	1	1	2	3	2	1
4	3	1	2	1	1	2	2	1
Totaal	10	10	8	7	7	11	9	9

Tabel 5.3, Aantal benodigde batches per materiaalgroep

Deze gegevens zijn verkregen door de totale weekvraag te delen door 800 (gewicht dat in één batch in de oven kan) en daarna afgerond naar boven. In deze tabel is een trend te zien in het aantal batches dat nodig is om de volledige vraag te solderen. Omdat dit afgeronde getallen zijn, is niet duidelijk hoe goed de laatste batch gevuld is en of het daarom de moeite waard is om die batch te draaien. In tabel 5.4 is te zien hoeveel kilogram er in de laatste batch van de week per groep zit.

Groep/Week	1	2	3	4	5	6	7	8
1	678	190	683	80	554	24	550	88
2	470	625	419	49	3	148	529	275
3	355	64	151	228	595	256	775	329
4	338	533	352	549	386	401	574	635

Tabel 5.4, Gewicht van de laatste batch (kilogram)

In tabel 5.4 is te zien dat er twee van de drie keer een vijfde batch voor materiaalgroep 1 nodig is, de batch nog geen 100 kilogram bevat. In deze gevallen is er geen vijfde batch nodig, omdat het aanzetten van de soldeeroven daarvoor te veel tijd en geld kost, terwijl met deze frequentie van materiaalgroep 1, de kans klein is dat de doorlooptijd een werkweek overschrijdt. Hieruit kan de conclusie getrokken dat de vraag naar materiaalgroep 1 bijna altijd 3200 kilogram of minder is waardoor er voor de planning gekozen kan worden voor vier batches van materiaalgroep 1 per week.

Bij materiaalgroep 2 is er in bijna alle weken slechts één batch nodig. Het risico met één batch is dat wanneer de vraag de verwachte waarde overschrijdt, de doorlooptijd van materialen uit groep twee, op kan lopen naar twee weken, wat te lang is. Die ene batch die nodig is in de meeste weken is soms slecht gevuld, zoals te zien in tabel 5.4, week 4 en week 5. In deze weken zou het ook handig zijn om meer tijd te hebben om te wachten tot het laatste moment in de week, zodat de oven alsnog zo goed mogelijk gevuld is.

De variatie in het aantal batches dat nodig is van materiaalgroep 3 is ook groot. Duidelijk is wel dat in de weken waar volledige productie gedraaid is, er minstens twee batches van materiaalgroep 3 nodig zijn. In de weken dat er een derde batch gevraagd wordt, is die batch nog niet half vol.

Voor materiaalgroep 4 zijn er, zoals te zien in tabel 5.3, elke volledige werkweek tussen de één en de drie batches nodig, waardoor het gemiddelde op twee uitkomt.

Uit tabellen 5.3 en 5.4 blijkt dat vier batches van materiaalgroep 1 genoeg is om aan de vraag te voldoen. Voor de andere materiaalgroepen is de capaciteit van de oven groot genoeg om aan de weekvraag te voldoen en daarbij een levertijd van vijf werkdagen te garanderen, maar dat betekent wel dat het kan voorkomen dat er weinig kilogram aan materiaal in een draaiende oven zit, dat de prijs per kilogram van het materiaal hoog wordt.

Vanuit dit perspectief is het wenselijk om de mogelijkheid te hebben om te kunnen schuiven met de batches van materiaalgroep 2, 3 en 4. De frequentie van materiaalgroep 1 ligt namelijk zo veel hoger dat daar niet geschoven hoeft te worden met de batches, maar geschoven kan worden met de materialen in de batch, om nog steeds aan de doorlooptijd van vijf werkdagen te behouden. Bij het schuiven van materiaalgroep 2, 3 en 4 komt het ook nog goed uit dat deze procestijden dicht bij elkaar liggen, respectievelijk 15, 17 en 17 uur.

Er kan uit de bovenstaande gegevens geconcludeerd worden dat er per week ongeveer zoveel batches per materiaalgroep nodig zijn:

Groep	1	2	3	4
Aantal	4	1	2	2

Tabel 5.5, Aantal batches per materiaalgroep

5.3 Tijden

Zoals bij de randvoorwaarden van de werknemers in hoofdstuk 3 staat vermeld, is het zeer wenselijk om de omstelmomenten binnen de werktijden van 6.00 tot 18.00 uur te laten vallen. Binnen deze werktijden mag er elke dag naar inzicht van HP Valves en de werknemers vrij gepland worden, wat betreft de werktijden. Het weekrooster ziet er dan uit zoals weergegeven in tabel 5.6.

Maandag																							
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Dinsdag																							
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Woensdag																							
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Donderdag																							
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Vrijdag																							
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Zaterdag																							
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Zondag																							
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

Tabel 5.6, Gewenste omstelmomenten

Tijdens de groene periodes is het zeer gewenst om een omstelmoment te hebben. De uren in het blauw zijn acceptabel voor de werknemers, maar alle momenten daarbuiten zijn ongewenste omstelmomenten.

Groep 1		8 uur
Groep 2		15 uur
Groep 3		17 uur
Groep 4		17 uur

Tabel 5.7, Procestijden per materiaalgroep

In tabel 5.7 staat aangegeven hoe lang een batch van een materiaalgroep in de soldeeroven moet. Het voordeel aan de procestijd van groep 1 is dat die precies in een werkdag past. Als de werknemers bij HP Valves arriveren, kunnen ze direct een batch van groep 1 starten en daarna verdergaan met hun dagelijkse werkzaamheden. Aan het eind van de werkdag kan er dan een batch van een lange materiaalgroep in de oven, waardoor de stilstand 's nachts minimaal is.

De totale procestijd van de batches die de oven gedurende een week moet solderen, is $4 \cdot 8 + 1 \cdot 15 + 2 \cdot 17 + 2 \cdot 17 = 115$ uur. Met mogelijk nog een 15 – 17 uur uitloop voor een tiende batch, die in veel weken nodig zal zijn. Deze totale tijd is ongeveer 5 volledige dagen, waardoor het mogelijk moet zijn om deze batches binnen een week te produceren.

In een 24-uursplanning met een 100% bezettingsgraad is er 168 uur te benutten. Met de huidige benodigde uren, moet er een bezettingsgraad van 70% tot 80% gehaald worden, afhankelijk van de tiende batch. In de meeste gevallen betekent dat 80% om de volledige weekvraag te verwerken.

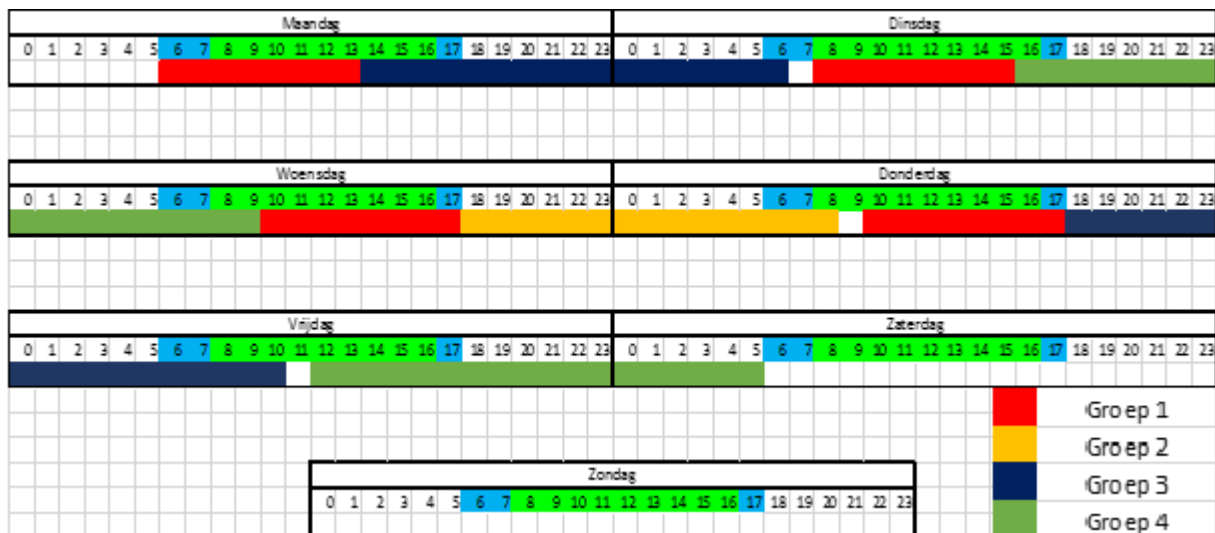
5.4 Clusteren

Om binnen de daarvoor gestelde omstelmomenten (6.00 uur – 18.00 uur) te blijven zullen batches geclusterd moeten worden. In deze clusters moeten de langere processen ook verwisselbaar zijn, omdat de vraag naar deze producten per week verschilt. De vraag naar producten is per materiaalgroep redelijk voorspelbaar, maar zo'n onverwacht grote vraag naar materiaalgroep 2 als in week 8 moet wel op te vangen zijn.

Bij het clusteren ligt het voor de hand om de een batch van materiaalgroep 1 af te wisselen met één van de andere drie groepen. De geclusterde tijd is dan rond de 24 uur (23 uur als 1 en 2 geclusterd zijn, 25 uur als 1 met 3 of 4 geclusterd wordt). Door deze clusters kan de oven aan het begin van elke dag een batch van groep 1 solderen, en aan het eind van de werkdag beginnen aan een lange batch. Hierdoor ligt het omstelmoment voor de eerste 4 dagen van de week binnen de gewenste uren. De werktijden van de soldeerder schuiven dan wel elke dag 2 uur op, zo dat de werkdag precies loopt op het moment dat de batch met materiaalgroep 1 in de oven zit.

5.5 Gestandaardiseerd productieplan

Een gestandaardiseerd productieplan zoals in figuur 5.1 weergegeven, heeft een aantal voordelen voor de productie bij HP Valves. Aangezien er slechts één ploeg aan het werk is, moet de omstelling bijna altijd tijdens de werktijden plaatsvinden. Als dit vanwege een extreem hoge vraag in een week niet mogelijk is, moet HP Valves deze overuren goed naar de soldeerploeg communiceren en zorgen dat de overuren in toom blijven. Het gestandaardiseerde plan geeft die ene ploeg duidelijkheid wanneer ze aan het werk moeten, terwijl de oven de hele week in gebruik is en HP Valves aan de weekvraag voldoet.



Figuur 5.1, Ovenplanning van maandag tot zondag

Door aan de gehele weekvraag te voldoen, is de doorlooptijd automatisch maximaal 5 werkdagen. Mocht de capaciteit van het huidige productieplan niet toereikend zijn, is er nog een heel weekend over om in geval van spoed nog één of twee batches van een materiaalgroep te solderen. In sommige gevallen kan het ook uitgesteld worden naar het begin van de volgende week. Omdat bijna alle materiaalgroepen minstens twee keer per week gesoldeerd worden, kunnen sommige huizen ook uitgesteld worden tot de volgende batch van de desbetreffende materiaalgroep. In de meeste gevallen zal die optie ook niet ten koste gaan van de levertijd van vijf werkdagen.

De bezettingsgraad van het standaard productieplan is $\frac{122}{168} * 100 = 72.6\%$. Uit de data uit tabel 5.3 blijkt dat er in een aantal weken een tiende batch nodig is, waardoor de bezettingsgraad nog met ongeveer 10% stijgt. Dan nog is er met het huidige productieplan een uitbreiding van 20% productiecapaciteit mogelijk. Deze uitbreiding zou wel betekenen, dat er meer medewerkers moeten zijn die de soldeeroven kunnen en mogen omstellen.

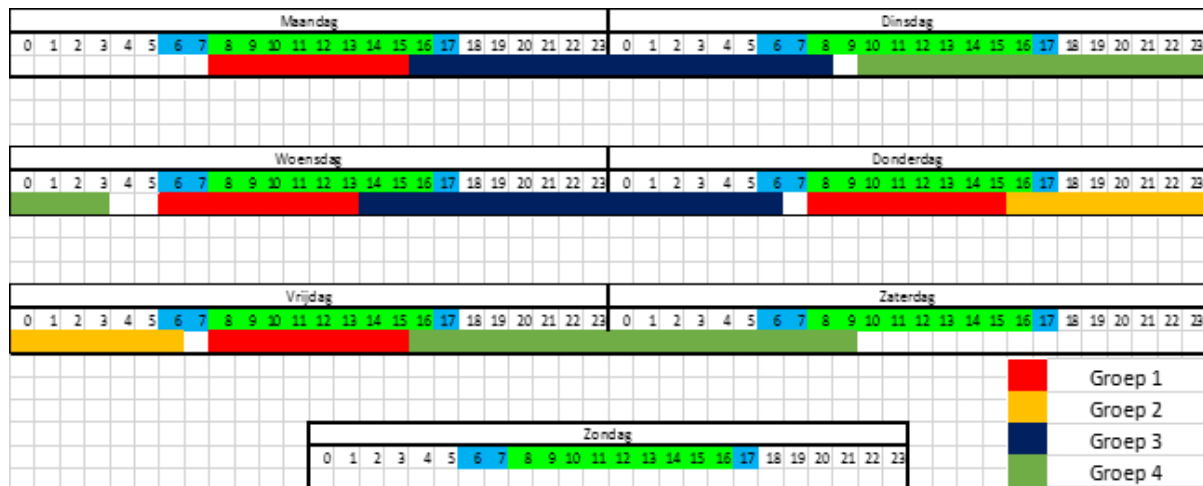
5.6 Planning

In de planning van figuur 5.1 is te zien dat alle omstelmomenten binnen de gewenste uren vallen. Het omstelmoment is echter twee keer om 18.00 uur, wat niet ideaal is voor de werkdag van de soldeerder. Het weekend kan ook gebruikt worden voor productie dus in het geval dat er in een week grote vraag is naar een bepaalde materiaalgroep, kan er op zaterdag nog één keer omgesteld worden. De planning in figuur 5.1 houdt goed rekening met de mogelijkheid om batches uit te wisselen. Zo hoeft er qua tijden weinig te veranderen als de vraag naar materiaalgroep 2, 3 of 4 afwijkt van de gebruikelijke vraag.

In deze planning begint het productieplan op maandag en eindigt het productieplan in het weekend. Afhankelijk van de vraag welke dag van het weekend. Dat heeft als nadeel dat de eerste vijf dagen heel strak gepland zijn en dat er daardoor weinig ruimte is om door de week onverwachte gebeurtenissen op te vangen. Door een kleine vertraging van één batch, zullen de omstel momenten op woensdag en donderdag al snel buiten de gewenste tijden komen te liggen. In de huidige situatie verzendt HP Valves de huizen op woensdag- en vrijdagochtend naar Pontus. Om dat aan te houden, kan het productieplan van de soldeeroven ook van in de nieuwe situatie van woensdag tot dinsdag lopen.

In dat geval blijven de clusters uit figuur 5.1 hetzelfde maar schuift elke batch twee dagen op. Het weekend blijft in deze planning nog steeds vrij, maar valt nu wel midden in de weekplanning. Dit geeft

een betere mogelijkheid om onverwachte gebeurtenissen op te lossen en de omstelmomenten komen daardoor gunstiger te liggen ten opzichte van de maandag tot zondag planning. In figuur 5.2 is het productieplan van woensdag tot dinsdag te zien.



Figuur 5.2, Productieplan woensdag tot dinsdag

Er vallen voordelen op van de woensdag-tot-dinsdagplanning (figuur 5.2) boven de maandag-tot-zondagplanning (figuur 5.1). In figuur 5.2 is batch 1 de batch die op woensdagochtend om 6.00 uur start. Het eerste dat opvalt, is dat de omstelmomenten gunstiger vallen, waardoor ook de werktijden stabiel worden. In het productieplan uit figuur 5.1 zijn twee omstelmomenten om 18.00 uur. Deze tijden zijn niet ideaal omdat door een klein beetje uitloop, de soldeerders al langer aan het werk zijn dan gewenst. In figuur 5.2 valt geen enkel omstelmoment om 18.00 uur. Het tweede voordeel aan het productieplan uit figuur 5.2 is dat het weekend in het midden van het productieplan valt, zodat er aan twee kanten onverwachte dingen opgevangen kunnen worden. Ten eerste door op vrijdag achterstanden op te vangen en ten tweede zou op zondag in het uiterste geval nog een batch geproduceerd kunnen worden. Deze aanpassingen gaan niet ten koste van de gunstige werktijden. Het derde voordeel is dat Pontus voor sommige batches een uur langer of korter rekent. Met de omstelmomenten uit figuur 5.2 is dat uur makkelijker te verrekenen dan in figuur 5.1. Dit komt doordat de omstelmomenten dichter bij het midden van de dag liggen.

Qua doorlooptijd en productiecapaciteit is er geen verschil tussen de twee productieplannen. Er wordt hetzelfde aantal batches per materiaalgroep geproduceerd en de volgorde wordt nauwelijks aangepast.

5.7 Consequenties

Het hanteren van dit standaard productieplan betekent dat er maximaal 7200 kilogram per week gesoldeerd kan worden. Dit zou ruim voldoende moeten zijn om aan de totale weekvraag te voldoen, waardoor de doorlooptijd altijd onder de vijf dagen is. Echter, er zijn weken dat de vraag per materiaalgroep de geplande productiecapaciteit overstijgt. Deze onzekerheid is een nadelig voor het standaardproductieplan. De consequentie hiervan is, dat het kan gebeuren dat er in een eventuele extra batch in de week, een vulgraad van onder de 15% wordt gehaald, waardoor de productiekosten per product hoog kunnen oplopen.

In tabel 5.8 is te zien hoe zo'n productieplan uitpakt voor de geselecteerde acht weken april en mei. Er is te zien hoeveel kilogram van elke materiaalgroep overblijft bij het hanteren van het standaard productieplan.

Week Groep	1	2	3	4
1	0	0	0	338
2	190	0	64	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	24	0	256	0
7	0	0	0	0
8	88	275	0	0

Tabel 5.8, Restanten per week (kilogram) met standaardproductieplan

Voor materiaalgroep 1 is het niet nodig om in het weekend een extra batch te solderen, omdat in de volgende week weer vier batches van materiaalgroep 1 gesoldeerd worden. Hierdoor zal de doorlooptijd van materiaalgroep 1 nooit boven de vijf werkdagen uitkomen. Tenzij er op één moment meer dan 3200 kilogram tegelijkertijd gevraagd wordt. In dat geval kan alsnog besloten worden om een extra batch te solderen.

Bij de andere batches moeten er keuzes gemaakt worden bij batches van materiaalgroep 3 en 4 kan er besloten worden om in het weekend één van deze materiaalgroepen te solderen.

Batch Week	1	2	3	4*	5*	6	7	8	Materiaalgroep
1	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	1
2	49%	100%	0%	100%	100%	100%	100%	13%	3
3	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	1
4	59%	78%	52%	3%	0,4%	19%	66%	100%	2
5	100%	100%	100%	100%	69%	100%	100%	100%	1
6	100%	67%	100%	54%	48%	100%	100%	79%	4
7	85%	100%	85%	10%	0%	100%	69%	100%	1
8	95%	100%	19%	29%	74%	100%	97%	28%	3
9	100%	0%	44%	0%	0%	50%	72%	0%	4

Tabel 5.9, Vulgraad per batch

Tabel 5.9 laat de vulgraad per batch zien, wanneer het standaardproductieplan gevolgd wordt met de vraag zoals weergegeven in tabel 5.1 en tabel 5.2. Als de planningsweek begint op woensdag, zijn de eerste drie batches en vulgraden bekend. Op donderdagmiddag, bij aanvang van de vierde batch, komen daar de andere vulgraden bij voor de week. Op basis van die gegevens kan bepaald worden of het standaard productieplan gehandhaafd kan worden, of dat er batches van materiaalgroep 2, 3 of 4 omgewisseld moeten worden. Er kan ook besloten worden om een batch niet te solderen en er op te 'gokken' dat de lading erbij past in de volgende batch van die week.

Met het standaardproductieplan komt er ook een standaard werkroosters voor de soldeerders. Binnen dit werkrooster is het zeer wenselijk dat de werktijden binnen het venster van 6.00 uur tot 18.00 uur vallen. De soldeerploeg die maakt dan een werkweek van 40 uur waarin alle omstelmomenten vallen. Het werkrooster komt er dan uit te zien als in tabel 5.10.

MA	8:00	-	16:30	8,50	Uur
DI	8:00	-	14:30	6,50	Uur
WO	6:00	-	14:30	8,50	Uur
DO	8:00	-	16:30	8,50	Uur
VR	8:00	-	16:30	8,50	Uur
ZA	??	-	??	1,00	Uur
ZO	VRIJ			0,00	Uur
				41,50	

Tabel 5.10, Werktijden bij een standaard productieplanning

Dit werkrooster voldoet volledig aan de randvoorwaarden van de werknemers. Echter, zoals in tabel 5.8 te zien, is het soms nodig om op zaterdag of zondag één batch te solderen. Door deze batch moet een soldeerder op zaterdag of zondag (vrij om te bepalen), naar de fabriek komen om materiaalgroep 4 uit de oven te halen en de andere batch erin te doen. Of dit nodig is, is op donderdagmiddag al bekend, dus wat dat betreft weet de soldeerder ruim op tijd of er in het weekend geproduceerd moet worden.

Dit hele productieplan zou ervoor moeten zorgen dat de doorlooptijd van deze productiestap maximaal vijf werkdagen bedraagt. In het geval dat de hele weekvraag weggewerkt is, wordt de vijf werkdagen zeker gehaald. Voor dit productieplan is de worst-case doorlooptijd bepaald door ervan uit te gaan dat direct nadat een materiaalgroep uit de soldeeroven komt, er een gehele nieuwe batch aankomt van diezelfde materiaalgroep. Die zou dan namelijk moeten wachten tot de desbetreffende materiaalgroep weer aan de beurt is. Hierbij is wel uitgegaan van een realistische weekvraag. De worst-case doorlooptijden zijn weergegeven in tabel 5.11.

	Doorlooptijd (werkdagen)	Doorlooptijd (dagen)
Groep 1	4,25	6,25
Groep 2	5,0	7,0
Groep 3	4,0	6,0
Groep 4	4,0	6,0

Tabel 5.11, Worst-case doorlooptijden soldeerfase

Deze tijden zijn gemiddelden van hoelang het duurt om de hele vraag weg te werken in het standaard productieplan. Bijvoorbeeld bij materiaalgroep 1 wordt er vanuit gegaan dat er een vraag van 3200 kilogram aankomt, precies op vrijdag om 9.00 uur. Dit betekent dat het 2 werkdagen duurt voor de eerste batch gesoldeerd is en 6 werkdagen voor de laatste batch gesoldeerd is. De gemiddelde doorlooptijd is dan $(2 + 4 + 5 + 6)/4 = 4,25$ werkdagen om aan de vraag te voldoen.

Ook voor materiaalgroep 2 geldt een doorlooptijd van vijf dagen in het slechtste geval. Deze batch wordt namelijk in de nacht van donderdag op vrijdag gesoldeerd volgens het standaard productieplan. In het slechtste geval komt er dan op donderdag om 17.00 uur, wanneer het soldeerproces net gestart is, een opdracht voor materiaalgroep 2 binnen. In dat geval duurt het tot de vrijdagochtend in de week er na tot deze opdracht uitgevoerd is. Dit geeft dus ook een doorlooptijd van maximaal 5 werkdagen. Als aan het begin van de week blijkt dat de vraag de verwachting overstijgt en de doorlooptijd daardoor te lang wordt, moet er besloten worden om een extra batch in het weekend te solderen.

5.8 Validatie planning met andere data

In deze paragraaf staat een validatie van het model, met de vraag naar de vier materiaalgroepen in een andere periode. Het hierboven beschreven standaard productieplan is gebaseerd op de vraag in de periode van april en mei 2016. Om deze planning te valideren is ook gekeken naar de vraag van februari en maart 2016. Deze periode is eveneens acht weken lang, maar bevat geen feestdagen.

In de volgende twee tabellen (tabel 5.12 en 5.13) is de vraag per week over deze twee maanden te zien.

Groep/Datum	9-feb	11-feb	16-feb	18-feb	23-feb	25-feb	1-mrt	3-mrt
1	2846	3539	1596	2296	2824	1167	1613	716
2	191	251	1013	1038	10	163	567	507
3	446	775	463	713	715	1430	1732	131
4	720	385	0	479	284	302	314	411
Totaal	4202	4949	3072	4525	3832	3062	4225	1765
Totaal week	9151		7597		6894		5990	

Tabel 5.12, Weekvraag februari

Groep/Datum	8-mrt	10-mrt	15-mrt	22-mrt	24-mrt	29-mrt	31-mrt
1	2288	437	3217	1213	699	1233	1699
2	3	4	0	2190	594	630	251
3	770	60	402	150	474	232	174
4	949	580	242	278	175	278	514
Totaal	4010	1081	3860	3831	1941	2373	2638
Totaal week	5090		3860	5772		5011	

Tabel 5.13, Weekvraag maart

Hier is te zien dat zeker in de eerste paar weken van de periode, de vraag beduidend hoger is dan de 6000 kilogram per week waar oorspronkelijk vanuit is gegaan. Later in de periode zakt de vraag weer af naar 5000 à 6000 kilogram per week. In de eerste paar weken zit de stijging van de vraag vooral in materiaalgroep 1. Dit betekent dat er vooral extra uren gesoldeerd moeten worden in het weekend, in plaats van het omgooien van de hele planning.

Tabel 5.14 laat zien hoeveel kilogram van elke materiaal overblijft als HP Valves zich aan het standaard productieplan houdt, met negen batches in de week, zonder in het weekend te produceren. In sommige gevallen zijn de lange batches al verwisseld, simpelweg omdat er geen vraag meer was naar de geplande materiaalsoort. Hierover meer in paragraaf 5.9. Week 1 is de week van 9 en 11 februari en week 8 is de week van 29 en 31 maart. Dit correspondeert met de weekvraag uit tabellen 5.12 en 5.13.

Week Groep	1	2	3	4
1	3185	0	0	0
2	696	451	0	0
3	791	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	383	0	0
8	99	0	0	0

Tabel 5.14, Restanten standaard productieplan

Uit tabel 5.14 blijkt dat het standaard productieplan ook in een andere periode goed uitpakt. In de meeste weken is er in het weekend hooguit één extra batch nodig. Week 1 en week 2 van de nieuwe periode zijn hierop uitzonderingen. Deze weken hebben een uitzonderlijk hoge vraag naar respectievelijk materiaalgroep 1 en materiaalgroep 2, zodat het weekend gebruikt moet worden om aan de rest van de weekvraag te voldoen. In beide situaties is het wel wenselijk om aan die weekvraag te voldoen omdat er zoveel gevraagd wordt en de doorlooptijd het liefst vijf werkdagen moet blijven.

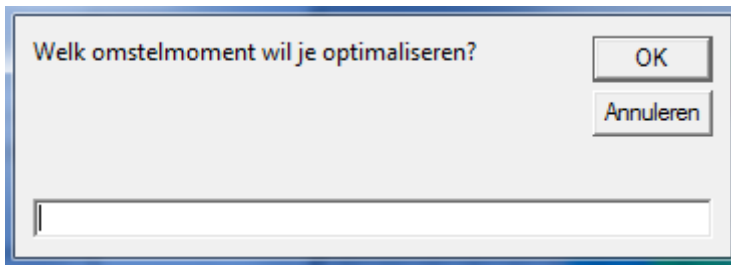
5.9 Dashboard

Figuur 5.3 geeft het lege dashboard voor het ovenplan bij HP Valves weer. De oranje cellen kunnen ingevuld worden door de planner bij HP Valves. Met het invullen van de hoeveelheid materiaal, worden het tabel standaardplanning en verbeterde planning gevuld, volgens het standaard productieplan. Het standaard productieplan geeft lang niet altijd een goed productieplan. Daarom is er in de standaardplanning ook rekening gehouden met de mogelijkheid om de batches van materiaalgroep 2, 3 en 4 uit te wisselen. Het uitwisselen van deze batches gebeurt naar inzicht van de planner. De belangrijkste reden om batches uit te wisselen is dat een batch niet goed genoeg gevuld is. Er kunnen ook uitzonderlijke situaties ontstaan waarin een materiaalgroep op een bepaald moment met spoed de oven in moet.

Dashboard ovenplan						
Di Week:					KG per Charge:	800
Materiaalgroep	1	2	3	4	Totaal	
Gewicht (KG)					0	Start Verbeteren
DO Week:						
Materiaalgroep	1	2	3	4	Totaal	Optimaliseer Charge
Gewicht (KG)					0	
Standaardplanning						
Omstelmoment\groep	1	2	3	4	Groep	Vulgraad Charge (%)
1	0	0	0	0	1	0
2	0	0	0	0	3	0
3	0	0	0	0	1	0
4	0	0	0	0	2	0
5	0	0	0	0	1	0
6	0	0	0	0	4	0
7	0	0	0	0	1	0
8	0	0	0	0	3	0
9	0	0	0	0	4	0
10	0	0	0	0		0
Gemiddeld						#DEEL/0!
Verbeterde planning						
Omstelmoment\groep	1	2	3	4	Groep	Vulgraad Charge (%)
1	0	0	0	0	1	0
2	0	0	0	0	3	0
3	0	0	0	0	1	0
4	0	0	0	0	2	0
5	0	0	0	0	1	0
6	0	0	0	0	4	0
7	0	0	0	0	1	0
8	0	0	0	0	3	0
9	0	0	0	0	4	0
10	0	0	0	0		0
Gemiddeld						#DEEL/0!

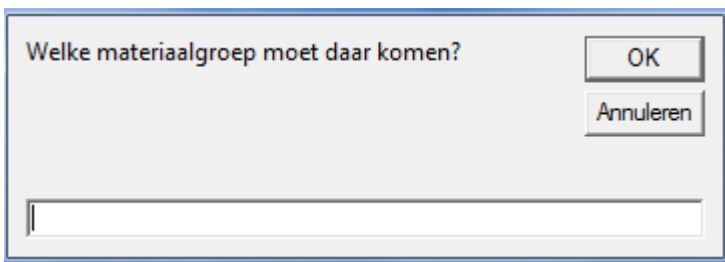
Figuur 5.3, Leeg dashboard

Deze batches wisselen kan met de 'Optimaliseer Charge'-knop. Voor dat deze knop gebruikt wordt, dient er op de 'Start Verbeteren'-knop gedrukt te worden, zodat de uitgangssituatie voor de verbeterde planning, de standaardplanning is.



Figuur 5.4, Omstelmoment invoer

Wanneer men op de 'Optimaliseer Charge'-knop drukt verschijnt de volgende input-box, zie figuur 5.4. Het omstelmoment dat Excel hier vraagt, komt overeen met de omstelmomenten uit het dashboard uit figuur 5.3. Na het kiezen van het omstelmoment, drukt men op 'OK' om bij de volgende input-box te komen. Deze input-box is te zien in figuur 5.5.



Figuur 5.5, Materiaalgroep invoer

Hier kan gekozen worden voor de materiaalgroep die beter gevuld is of meer spoed heeft dan de geplande materiaalgroep. Als de materiaalgroep ingevuld is drukt men weer op 'OK' en voert Excel de wijziging door in de tabel met de verbeterde planning.

Na het doorrekenen laat Excel zien hoeveel kilogram van elke materiaalgroep nog gesoldeerd moet worden in het vervolg van de week. Op basis van deze gegevens kan de planner inschatten welke materiaalgroep wanneer in de oven moet, en of het weekend nodig is om de volledige weekvraag weg te werken. Aangezien op donderdagmiddag de rest van weekvraag bekend is, weet de planner op donderdagmiddag al hoeveel en welke batches in het weekend gesoldeerd moeten worden.

Figuur 5.6 laat een ingevulde en verbeterde planning zien. Deze cijfers zijn gekozen uit de weekvraag van de laatste week van februari 2016. In de standaardplanning is te zien dat er in batch 9, wanneer materiaalgroep 4 ingepland staat, geen materiaal uit materiaalgroep 4 meer beschikbaar is. Dan kan de planner er met de 'Optimaliseer Charge'-knop voor zorgen dat op omstelmoment 9, materiaalgroep 3 in plaats van 4 de soldeeroven in gaat (zie verbeterde planning, figuur 5.6). In diezelfde figuur is nog te zien dat er 791 kilogram van materiaalgroep 1 overblijft volgens de standaardplanning. Aangezien dit een goedgevulde oven betekent, is het aannemelijk dat dit materiaal in het weekend gesoldeerd wordt, waardoor er aan de volledige weekvraag wordt voldaan.

Dashboard ovenplan

		Di Week:					KG per Charge:	800
Materiaalgroep	1	2	3	4	Totaal		Start Verbeteren	
Gewicht (KG)	2824	10	715	284	3832			
		DO Week:					Optimaliseer Charge	
Materiaalgroep	1	2	3	4	Totaal			
Gewicht (KG)	1167	163	1430	302	3062			

Standaardplanning (kg)								
Omstelmoment\groep	1	2	3	4		Groep	Vulgraad Charge (%)	
1	2824	10	715	284		1	100,0	
2	2024	10	715	284		3	89,3	
3	2024	10	0	284		1	100,0	
4	1224	10	0	284		2	21,6	
5	2391	0	1430	585		1	100,0	
6	1591	0	1430	585		4	73,2	
7	1591	0	1430	0		1	100,0	
8	791	0	1430	0		3	100,0	
9	791	0	630	0		4	0,0	
10	791	0	630	0			98,9	
Gemiddeld							87,0	

Verbeterde planning (kg)								
Omstelmoment\groep	1	2	3	4		Groep	Vulgraad Charge (%)	
1	2824	10	715	284		1	100,0	
2	2024	10	715	284		3	89,3	
3	2024	10	0	284		1	100,0	
4	1224	10	0	284		2	21,6	
5	2391	0	1430	585		1	100,0	
6	1591	0	1430	585		4	73,2	
7	1591	0	1430	0		1	100,0	
8	791	0	1430	0		3	100,0	
9	791	0	630	0		3	78,7	
10	791	0	0	0			98,9	
Gemiddeld							86,2	

Figuur 5.6, Ingevuld dashboard, week 3 paragraaf 5.8

Een belangrijk punt om op te letten bij het optimaliseren van de batchvolgorde is om van omstelmoment 1 tot omstelmoment 9 te werken en niet terug te gaan. Dan kan Excel het niet terugrekenen en kloppen de getallen niet meer. Mocht de planner iets in een voorgaande charge willen veranderen, klik dan op start verbeteren en begin opnieuw van boven naar beneden te optimaliseren.

Een tweede punt om rekening mee te houden is dat volgens het standaard productieplan alleen de lange batches uit te wisselen zijn, omdat men anders onwenselijke omstelmomenten krijgt en de oven stil kan komen te staan omdat hij bijvoorbeeld om 1.00 uur 's nachts klaar is met solderen. Daarnaast is de vraag naar materiaalgroep 1 in zoverre stabiel dat de producten in het algemeen binnen een week gesoldeerd zijn met 4 batches per week, met een uitwijkmogelijkheid naar het weekend.

De dikke streep tussen omstelmoment 5 en omstelmoment 6 betekent dat daar het weekend is. Als de rest van de weekvraag na omstelmoment 3 bekend is, kan bepaald worden of het weekend nodig is als productietijd.

6. Conclusies en aanbevelingen voor de nieuwe fabriek

Paragraaf 6.1 beschrijft de getrokken conclusies omtrent de ovenplanning en de daarbij horende randvoorwaarden bij HP Valves. Paragraaf 6.2 geeft aanbevelingen voor verder onderzoek bij HP Valves. Deze aanbevelingen zullen van belang zijn als de nieuwe fabriek volledig operationeel is.

6.1 Conclusies

De belangrijkste conclusie is dat een standaard productieplan een goed uitgangspunt is voor het soldeerproces in de nieuwe fabriek. Deze optie ligt tussen de optie om te wachten tot de batch vol is en een 24-uursplanning met over het algemene lage vulgraden in. Deze conclusie is het antwoord op de hoofdvraag: *'Hoe ziet een zo goed mogelijk ovenplan voor HP Valves eruit en welke randvoorwaarden zijn daarbij relevant?'* Dit antwoord is tot stand gekomen door het beantwoorden van de deelvragen over de huidige situatie, literatuur en gewenste situatie zoals beschreven in paragraaf 1.4.1.

In de huidige situatie stuurt HP Valves de te solderen huizen op twee momenten in de week naar Pontus. Daar ondergaan de huizen een warmtebehandeling, waar ze gesoldeerd, gehard en ontlaet worden. Na deze behandeling stuurt Pontus de huizen retour naar HP Valves. In de huidige situatie rekent HP Valves een doorlooptijd van 12 dagen voor deze stap in het proces.

De soldeerders bij Pontus schatten bij het plannen in hoeveel producten er ongeveer in de oven passen per batch. Dit gebeurt door de huizen met passen en meten in een krat te stoppen, en de krat in de oven te zetten. Wat werktijden betreft vullen en legen ze de soldeeroven alleen tussen 6.00 uur en 18.00 uur overdag. Hierdoor staat de oven 's nachts regelmatig stil. Daarnaast mikt Pontus op een hoge vulgraad, dus wanneer er een lange tijd weinig vraag naar een bepaalde materiaalgroep is, wordt de doorlooptijd lang.

De randvoorwaarden die Pontus hanteert bij het solderen zijn ten eerste de hoeveelheid materiaal en de omvang van het materiaal dat de oven aankan en ten tweede dat het omstelmoment binnen de bovengenoemde werktijden van 6.00 uur tot 18.00 uur valt.

De literatuur die toepasbaar is op dit probleem bij HP Valves, gaat vooral over make-to-order bedrijven, één-machine-problemen en het produceren in batches. Een combinatie van deze drie bedrijfskundige aspecten geeft een goed theoretisch kader om tot een oplossing te komen voor het probleem bij HP Valves.

De gewenste situatie is in kaart gebracht door te luisteren naar de wensen van de verschillende stakeholders. De gekozen stakeholders zijn het management van HP Valves, de soldeerders van Pontus die in de nieuwe fabriek komen te werken. Daarnaast zijn er ook nog capaciteitsvoorwaarden vanuit de soldeeroven zelf. Ten eerste is dat het maximale gewicht van 1200 kilogram aan materiaal en ten tweede is dat, dat de producten bij elkaar binnen de afmetingen van 91*122*91 cm moet blijven.

De randvoorwaarden waaraan het productieplan moet voldoen volgens het management zijn het gewicht en de afmetingen van de huizen in één batch, het moment van omstellen tussen de batches en de productiecapaciteit van de oven. Een zachte randvoorwaarde is dat de vulgraad ook niet te laag mag zijn, omdat de productprijs per huis dan te hoog wordt. Een ander aspect waar het productieplan aan moet voldoen is dat de batches van materiaalgroep 2, 3 en 4 uitwisselbaar moeten zijn voor om de starheid in de planning tegen te gaan.

De randvoorwaarden vanuit de soldeerders bij Pontus blijven hetzelfde als in de huidige situatie. Het is het meest wenselijk als de omstelmomenten van de oven tussen 6.00 uur en 18.00 uur liggen.

Een geschikte standaardplanning is te zien in figuur 5.2 en loopt van woensdagochtend tot dinsdagavond. Dit correspondeert met de huidige uitbestedingsmomenten, waardoor op basis van historische data na te gaan is hoe goed de standaardplanning presteert. In de planning wordt aan alle randvoorwaarden voldaan. Met een gewicht van 800 kilogram per batch wordt de hele weekvraag gesoldeerd waardoor de doorlooptijd van de soldeerfase korter dan vijf werkdagen is. De omstelmomenten zijn zo gekozen dat de soldeerploeg elke dag een normale werkdag kan maken en slechts af en toe in het weekend een omstelling hoeft te doen.

6.2 Aanbevelingen nieuwe fabriek

De aanbeveling die voortkomt uit dit onderzoek is dat HP Valves er goed uit doet om volgens een gestandaardiseerd productieplan te solderen. Een goed standaard productieplan dat voldoet aan alle randvoorwaarden staat afgebeeld en beschreven in paragraaf 5.6. Met dit productieschema zal aan de huidige vraag voldaan kunnen worden en er is nog een uitbreidingsmogelijkheid van 20 tot 30 procent om naar echte 24-uursplanning te gaan. Die 24-uursplanning is met de huidige vraag nog niet nodig omdat dan de vulgraad te laag wordt en de productiekosten per product te hoog.

Voor verder onderzoek moeten er vanaf de eerste dag KPI's bijgehouden worden, om de prestaties van dit productieplan te meten. Naast de in paragraaf 4.5 beschreven KPI's, doet HP Valves er ook goed aan om meteen eventuele storingen te meten en na te gaan wat de invloed van de storingen op de ovenplanning is. De huidige planning is ook geschikt om gepland onderhoud tijdig te integreren, bijvoorbeeld door afspraken te maken met de leverancier. Omdat er relatief aan het begin van de planningshorizon bekend is welke batches wanneer gesoldeerd worden, kan het onderhoud daar goed omheen of tussendoor gepland worden, in overleg met de soldeerders, die dan buiten de werktijden om terug moeten komen.

In het geval dat de vraag toeneemt, wat in de lijn der verwachting ligt kijkend naar de groei van HP Valves in de afgelopen jaren, moet er onderzoek gedaan worden naar een eventuele ploegendienst voor de soldeerders, zodat zij ook dan weten waar ze aan toe zijn wat werktijden betreft. Het is namelijk niet toe doen als soldeerder om bij wijze van spreken elke dag op een ander moment beschikbaar te zijn. De huidige productiecapaciteit in vijf dagen is nog toereikend om aan alle vraag te voldoen, dus dit onderzoek kan pas plaatsvinden als de vraag daadwerkelijk toegenomen is.

Bronvermelding

- Babu, A. S. (1999). Strategies for enhancing agility of make-to-order manufacturing systems. *International Journal of Agile Management Systems Vol 1 Iss 1* , 22-29.
doi:<http://dx.doi.org/10.1108/14654659910266682>
- Groenlo, S. (n.d.). *www.smidse-groenlo.nl*. Retrieved from *www.smidse-groenlo.nl*:
http://www.smidse-groenlo.nl/UserFiles/images/Dikkers/Producten_ERIKS_dikkers3038.jpg
- Heerkens, H. (2012). Geen Probleem. In H. Heerkens, *Geen Probleem*. Business School Nederlands.
- Hendry, L., & Kingsman, B. (1989). *Production Planning Systems and their Applicability to Make-to-Order Companies*. Noord-Holland: European Journal of Operational Research.
- Hopp, W., & Spearman, M. (2000). Factory Physics. In W. Hopp, & M. Spearman, *Factory Physics* (pp. 491-492). Waveland Press.
- Kingsman, B., Hendry, L., Mercer, A., & Souza, A. d. (1996). *Responding to customer enquiries in Make-to-Order companies: problems and solutions*. Sao Paulo.
- Korovessi, E., & Linninger, A. (2006). Batch Processes. In E. Korovessi, & A. Linninger, *Batch Processes* (p. 390). Boca Raton: Taylor and Francis.
- León Franco, M. C. (2008, Maart 8). *Slideshare*. Retrieved from Slideshare.net:
<http://www.slideshare.net/Antoniogx/introductionto-materials-management>
- Pilar, M. d. (2008, Maart 8). *Slideshare*. Retrieved from Slideshare.net:
<http://www.slideshare.net/Antoniogx/introductionto-materials-management>
- Schmidt, G., & Wilhelm, W. (2010). *Strategic, tactical and operational decisions*. Retrieved from
<http://dx.doi.org/10.1080/002075400188690>
- Tubantia. (2014, Juli 30). Afscheid van oude staalgietery Hengelo. *TC Tubantia*. Retrieved from
<http://www.tubantia.nl/regio/hengelo-en-omgeving/hengelo/afschied-van-oude-staalgietery-hengelo-1.4469963>
- Valves, H. (n.d.). *About us*. Retrieved from *hpvalves.com*: http://www.hpvalves.com/about_us/
- Valves, H. (n.d.). *www.hpvalves.com*. Retrieved from *www.hpvalves.com*:
http://www.hpvalves.com/resources/downloads/valve_data_sheets/gate_valves/B03_P10_06.6.pdf