

Publiek verslag



Productie-uitbreiding bij Medspray

Onderzoek naar het op grote schaal produceren van spray
nozzles

oktober 2008
J. Tjoonk



Productie-uitbreiding bij Medspray

Onderzoek naar het op grote schaal produceren van *spray nozzles*

Auteur

Jurjen Tjoonk
Technische Bedrijfskunde
Universiteit Twente
Enschede

Begeleiders

ir. W. de Kruijf
Design and Engineering
Medspray
Enschede

Dr. ir. L.L.M. van der Wegen
Operational Methods for Production & Logistics
Universiteit Twente
Enschede

ir. W. Bandsma
Operations, Organisations and Human Resources
Universiteit Twente
Enschede



Managementsamenvatting

Aanleiding

In 2010 wil Medspray klaar zijn voor een miljoenenproductie van *spray nozzles*. Dit onderzoek bevat een plan met betrekking tot de gebruikte supply chain in het geval van een miljoenenproductie. Na het bestuderen van het bewerkingsproces van een *spray nozzle* is een aantal keuzemomenten in het proces vastgelegd. Met behulp van een *make or buy*-model is vervolgens bepaald welke processen beter ingekocht kunnen worden, welke Medspray zelf zou moeten uitvoeren en welke processen meer onderzoek behoeven. Aan de hand hiervan zijn voor de handliggende productieconfiguraties met bijbehorende voor- en nadelen beschreven. Vier productieconfiguraties zijn beoordeeld aan de hand van de volgende vier criteria: kostprijs per *spray nozzle*, doorlooptijd van het product, percentage van te late leveringen (van Medspray naar de klant) en het percentage volumeflexibiliteit. Na bestudering blijken alleen de kosten duidelijke verschillen tussen de configuraties op te leveren. Daarnaast spelen investeringsmogelijkheden en -risico's mee, resulterend in verschillende keuzes per situatie.

Aanbevelingen

- Kies configuratie 3, als de financiering van de machines mogelijk en het risico acceptabel is.
- Kies configuratie 1a, in het geval dat de te investeren machines niet gefinancierd kunnen worden of het risico te groot is.
- Onderzoek of de verwachtingen van de storingsen reëel zijn.

Motivering

[Vertrouwelijk]

Consequenties

De kostprijs van een *spray nozzle* zal in de eerste twee jaar ongeveer x eurocent zijn als het proces tot en met stap x wordt uitbesteed en ongeveer x eurocent na de afschrijvingsperiode.



Revisie	Datum	Omschrijving
0	15 juli 2008	Eerste eindversie voor commentaar
1	1 augustus 2008	Aanpassingen na commentaar Medspray
2	11 september 2008	Aanpassingen na commentaar Universiteit Twente
3	21 oktober 2008	Aanpassingen na commentaar op conceptverslag

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	3
Voorwoord.....	6
1 Plan van aanpak	8
1.1 Aanleiding	8
1.2 Probleemidentificatie	8
1.2.1 Projectkader	8
1.2.2 Doelstelling	9
1.2.3 Probleemstelling.....	9
1.2.4 Onderzoeksvragen.....	10
1.3 Het formuleren van de probleemaanpak	10
2 Theoretisch kader	12
2.1 Procesontwerp	12
2.2 Make or buy van processtappen	12
2.3 Flexibiliteit, kwaliteit en processtypen.....	14
2.3.1 Flexibiliteit van producten en processen	14
2.3.2 Kwaliteit van producten en processen.....	14
2.3.3 Processtypen	15
3 Beschrijving van het productieproces	16
3.1 Procesbeschrijving van de Gandalf chip	16
3.1.1 Siliciumtype	16
3.1.2 Siliciumbewerking.....	16
3.1.3 Plastic onderdelen.....	16
3.1.4 Assemblage van de spray nozzle.....	16
3.1.5 Kwaliteitscontrole per processtap.....	17
3.1.6 Inkoop en voorraad	18
4 Make or buy-keuzemogelijkheden	19
4.1 Keuzemomenten in het proces.....	19
4.2 Toepassing van de make or buy theorie	19
4.2.1 Make or buy processen 1 tot en met 4.....	19
4.2.2 Make or buy KOH-etsen	20
4.2.3 Make or buy zagen.....	20
4.2.4 Make or buy.....	21
4.3 Leverancierskeuze.....	21
5 Opstellen van configuraties	23
5.1 Productieconfiguraties	23
5.2 Criteria en randvoorwaarden.....	23
6 Configuratieanalyse.....	25
6.1 Productie van de Gandalf chip	25
6.2 Data input voor de productieconfiguraties	25
6.2.1 Aannames.....	25
6.3 Standaardsituatie	28
6.4 Gevoeligheidsanalyse	33
7 Conclusies en aanbevelingen	35
7.1 Conclusies.....	35
7.2 Aanbevelingen	37



Referenties	38
Begrippenlijst	39
Bijlagen	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
Bijlage 1 - Kostenspecificatie.....	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
Bijlage 2 – Macrocode Minitab.....	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
Bijlage 3 – Leveranciersonderzoek.....	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

Lijst met tabellen

Tabel 1: Performance criteria and key performance indicators	12
Tabel 2: Effect make or buy-beslissing op performance objectives.....	14
Tabel 3: Defecten bij Six Sigma.....	15
Tabel 4: Make or buy?.....	21
Tabel 5: Leverancierscapaciteit.....	22
Tabel 6: Criteria voor configuratieanalyse.....	24
Tabel 7: Kostprijsbepaling van een spray nozzle.....	25
Tabel 8: Vertragingen in het productieproces.....	26
Tabel 9: Productieconfiguraties.....	28
Tabel 10: Kostenspecificatie.....	29
Tabel 11: Kostprijs van een spray nozzle in de standaard situatie.....	29
Tabel 12: Inkoopprijs per wafer	30
Tabel 13: Investerings per configuratie.....	30
Tabel 14: Procesduur	30
Tabel 15: Vertraging in het productieproces	31
Tabel 16: Volumeflexibiliteit van de processen.....	32
Tabel 17: Productiekosten bij een miljoen stuks	32
Tabel 18: Gevoeligheidsanalyse betrouwbaarheids criterium.....	34
Tabel 19: Aangepaste waarden KOH-etsen en zagen.....	34
Tabel 20: Make or buy?	35
Tabel 21: Productieconfiguraties	35
Tabel 22: Kostprijs van een spray nozzle.....	35
Tabel 23: Concluderende tabel.....	36
Tabel 24: Investerings per configuratie.....	36
Tabel 25: Kostenposten	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
Tabel 26: Kostprijsberekening standaard situatie.....	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
Tabel 27: Criteria-analyse geselecteerde leveranciers.....	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

Lijst met figuren

Figuur 1: Spray nozzle-productie bij Medspray	7
Figuur 2: Keten van Medspray	9
Figuur 3: Make or buy-beslissing	13
Figuur 4: Silicium bewerkingsstappen.....	16
Figuur 5: Silicium met nitridelaag.....	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
Figuur 6: Een met UV-licht beschenen wafer	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
Figuur 7: Drogen.....	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
Figuur 8: Fotolaag gestript.....	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
Figuur 9: Wafer na KOH-etsen	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
Figuur 10: Eindproduct: een spray nozzle	17
Figuur 11: Processtappen	19
Figuur 12: Make or buy-keuzemomenten	19
Figuur 13: Offerte-informatie geselecteerde leveranciers	21
Figuur 14: Voorspelling van het aantal benodigde wafers.....	22
Figuur 15: Productieconfiguraties	23
Figuur 16: Vertraging van de productie (1).....	31
Figuur 17: Vertraging van de productie (2).....	31
Figuur 18: Vertraging met alternatieve waarden	34
Figuur 19: Histogram vertraging van de productie.....	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.



Voorwoord

Voor u ligt het eindverslag van de afsluitende opdracht van mijn bachelorstudie Technische Bedrijfskunde aan de Universiteit Twente. In mei 2008 ben ik van start gegaan en de afgelopen drie maanden heb ik met veel plezier gewerkt aan deze veelzijdige opdracht. Voor het resultaat wil ik een aantal mensen bedanken.

Allereerst mijn collega's van Medspray - en met name mijn begeleider Wilbur de Kruijf - die alle tijd namen om mijn vragen aan te horen die vaak een heel ander gebied betroffen dan waar zij verstand van hebben. Het is leuk en leerzaam om te zien dat iedereen een probleem anders bekijkt en aanpakt.

Natuurlijk wil ik ook mijn begeleiders Leo van der Wegen en Waling Bandsma bedanken voor het kritische commentaar en de nuttige tips die voor de structuur in mijn verslag hebben gezorgd.

Ook mijn familie, vrienden en huisgenoten wil ik bedanken voor hun tips en ervaringen, zowel tijdens mijn bacheloropdracht als in het verleden, die mij verder hebben geholpen.

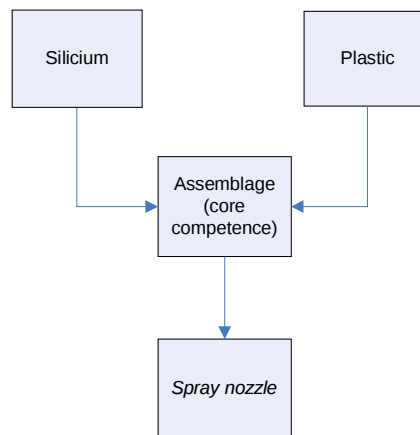
Als laatste wil ik mijn vriendin Sharon Rahmee bedanken die deze gehele periode haar bacheloropdracht in Antwerpen uitvoerde, maar bij wie ik altijd terecht kon met mijn gezeur. Ik wil haar ook bedanken voor de spellingscontrole die zij als geen ander zo goed kan uitvoeren!

Jurjen Tjoonk
Enschede, 21 oktober 2008



Inleiding

Medspray XMEMS B.V. – hierna afgekort als ‘Medspray’- verkoopt en ontwikkelt *spray nozzles*. De *spray nozzle* van Medspray is een onderdeel van een *inhaler* voor bijvoorbeeld astmapatiënten. De *nozzle* bepaalt hoe de vloeistof wordt verdeeld bij het inhaleren. *Spray nozzles* bestaan bij Medspray uit een bewerkte siliciumchip met een plastic omhulsel. Het design van de chip en het plastic omhulsel zijn door Medspray ontworpen en gepatenteerd. De bewerkte chip wordt in dit omhulsel gelegd en aan elkaar gesmolten. Het resultaat hiervan is het eindproduct: een *spray nozzle*. Op dit moment produceert Medspray alleen prototypechips. Deze fungeren als testchips voor geïnteresseerde klanten. Het design en de werking van de chip wordt door Medspray in een eigen testlab getest.



Figuur 1: Spray nozzle-productie bij Medspray

Hetgeen in dit rapport behandeld zal worden, betreft een advies voor het op grote schaal produceren van *spray nozzles*. De indeling is als volgt; in hoofdstuk 1 worden de aanleiding, probleemidentificatie en probleemaanpak besproken. In hoofdstuk 2 wordt een theoretisch kader geschetst ter analyse en beoordeling van de bestaande en toekomstige situatie. In hoofdstuk 3 wordt beschreven hoe een *spray nozzle* tot stand komt en welke keuzemogelijkheden er zijn. In hoofdstuk 4 worden deze keuzemogelijkheden besproken, waarna in hoofdstuk 5 configuraties en criteria worden opgesteld. Hoofdstuk 6 vormt de analyse en vergelijking van de verschillende productieconfiguraties. Tot slot staan in hoofdstuk 7 de conclusies en aanbevelingen.



1 Plan van aanpak¹

1.1 Aanleiding

In 2010 wil Medspray klaar zijn voor een miljoenenproductie van *spray nozzles*. Daarom is het op dit moment nodig een plan te maken met betrekking tot de gebruikte *supply chain* in het geval van een miljoenenproductie. Hiervoor dient het bewerkingsproces goed in kaart te worden gebracht.

Daarnaast spelen verschillende risico's een rol bij de beslissing om op grote schaal te produceren. Voorbeelden hiervan zijn de verkrijgbaarheid van grondstoffen en voorraadbeheerrisico's. Ook dienen kwaliteitscontroles geëvalueerd te worden en op de juiste plekken te worden ingebouwd. Dit onderzoek zal verschillende scenario's van het op grote schaal produceren en de daarbij behorende (logistieke) risico's beslaan.

1.2 Probleemidentificatie

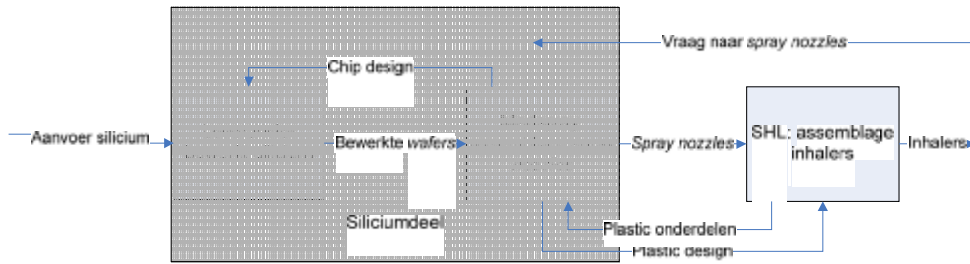
Nu de aanleiding van het onderzoek bekend is, zijn een projectkader, doelstelling, probleemstelling en onderzoeksvragen geconcretiseerd.

1.2.1 Projectkader

Deze paragraaf beslaat de afbakening van het onderzoek. Dit onderzoek zal het huidige productieproces van één bepaald soort chip - de 'Gandalf' chip - beschrijven. Dit type chip is nog in de testfase. De Gandalf chip wordt in de huidige situatie van een onbewerkte silicium *wafer* gemaakt. Doordat dit type zich nog in de testfase bevindt, worden slechts enkele *wafers* per maand geproduceerd.

Medspray werkt samen met partners en leveranciers. Een weergave van het siliciumdeel van de toekomstige keten staat in Figuur 2. De reden dat dit deel is uitgelicht, is dat het siliciumdeel op dit moment het belangrijkste en meest complexe deel van de keten is. Medspray ontwikkelt samen met haar partner Scandinavian Health Limited (SHL) een nieuw type *inhaler*. SHL is een Zweeds bedrijf dat zich richt op het ontwikkelen en produceren van medische producten [SHL, 2008]. Medspray is verantwoordelijk voor de *spray nozzle* en het mondstuk, SHL voor de andere onderdelen. In Figuur 2 is een overzicht gegeven van de keten waarin Medspray zich bevindt. Medspray krijgt bewerkte chips aangeleverd door een leverancier. De mate van bewerking staat nog niet vast. Medspray levert vervolgens bewerkte chips die zijn vast gesmolten in een plastic omhulsel (een *spray nozzle*) aan SHL. Door de betere contacten van SHL met de plastic fabrikant, zorgt SHL voor de levering van het plastic aan Medspray. SHL assembleert de *spray nozzle* samen met de andere onderdelen tot een *inhaler*. De geproduceerde *inhaler* wordt geleverd aan de farmaceut die het medicijn toevoegt en het product op de markt brengt.

¹ Voor deze onderzoeksopzet is literatuur uit Verschuren en Doorewaard, 'Het ontwerpen van een onderzoek', gebruikt.



Figuur 2: Keten van Medspray

De siliciumchip is het duurste onderdeel van de *spray nozzle*. De kostprijs van een enkele chip ligt tussen de tien en dertig cent. De plastic onderdelen daarentegen kosten slechts enkele centen per stuk. Partner SHL levert de plastic onderdelen aan. SHL is verantwoordelijk voor de materiaalkeuze en de goedkeuring van de *inhaler*. SHL heeft om deze reden belang bij een goede kwaliteit van de plastic onderdelen. Medspray heeft hierdoor relatief weinig zorgen over de kwaliteit van het plastic.

Het chipgedeelte daarentegen is erg van belang voor Medspray. Op dit moment koopt Medspray kleine aantallen *wafers* in bij het onderzoekslab Mesa⁺. Alle bewerkingen die nodig zijn om tot een *nozzle* chip te komen worden in dit lab uitgevoerd. Het onderzoekslab is niet gebouwd op een productie van een miljoen chips. Het opzetten van een eigen productielijn lijkt een kostbaar project. Daarnaast zijn vele processtappen gangbaar in de siliciumchipindustrie. Fabrikanten uit deze industrie kunnen de benodigde bewerkingen veel kostenefficiënter uitvoeren dan Medspray. Er zal een afweging gemaakt moeten worden welke stappen uit te besteden en welke stappen zelf uit te voeren. Hiervoor is kennis nodig uit de semiconductorindustrie.

In de gewenste situatie worden x *wafers* geproduceerd en de *wafers* worden bij een leverancier voorbewerkt ingekocht. Er dienen afwegingen gemaakt te worden over de mate van bewerking van het silicium. Op deze manier kan een keuze gemaakt worden welke productiestappen nog wel door Medspray uitgevoerd kunnen worden en welke niet. Het verschil tussen de huidige situatie en de gewenste situatie beslaat verschillende werkgebieden. Bij een vergrote productie komen nieuwe aspecten naar voren. Hierbij valt te denken aan inkoop van *wafers* (beschikbaarheid, leveranciers, prijs van de grondstof), voorraadbeheer van bewerkte *wafers* en plastic omhulsels en mogelijk een nieuwe aanpak van kwaliteitszorg. Deze punten worden in dit onderzoek uitgewerkt. Dit onderzoek richt zich op het donkere vlak, genaamd 'siliciumdeel' van Figuur 2, het siliciumonderdeel van het product.

1.2.2 Doelstelling

Dit onderzoek leidt tot advies over een ontwerp voor grootschalige productie middels het in kaart brengen van het productieproces met bijkomende risico's ten aanzien van inkoop, voorraadbeheer en kwaliteitscontrole, grondstoffen en eindproducten.

1.2.3 Probleemstelling

Voor het volbrengen van de doelstelling is kennis nodig dat verschillende vakgebieden beslaat. Het belang van deze gebieden zal verschillen en daarmee de keuzes in het proces. Zo is tot de volgende probleemstelling te komen.



Welke probleemgebieden zijn van belang als Medspray op grote schaal spray nozzles gaat produceren en welke beslissingen dient Medspray te nemen?

1.2.4 Onderzoeksvragen

1. Welke productiemanagement- en keuzetheorieën ten aanzien van het opzetten van een supply chain kunnen gebruikt worden bij het opzetten van een grootschalige productie bij Medspray?

Met deze onderzoeksvraag wordt het theoretisch kader van het onderzoek vastgesteld. Waar moet aan gedacht worden bij het opzetten van een grootschalige productie?

2. Hoe wordt een Medspray-spray nozzle geproduceerd?

Deze vraag wordt van belang geacht om een goed beeld te krijgen van het productieproces van een 'Gandalf' spray nozzle. Ook punten als leveranciers, uitbesteding en kwaliteitscontrole worden hier beschrijven.

3. Welke keuzemomenten zijn er in het proces van de spray nozzle en wat zijn de voor- en nadelen van de keuzes?

Deze vraag geeft meer inzicht krijgen in de keuzemomenten in het proces met bijbehorende voor- en nadelen. Daarnaast wordt ook een paragraaf aan de leverancierskeuze gewijd.

4. Welke verschillende productieconfiguraties zijn denkbaar voor Medspray?

Deze vraag schetst de meest voor de hand liggende en denkbare productiekeuzes voor een grootschalige productie naar aanleiding van de gegeven mogelijkheden en randvoorwaarden.

5. Waarop worden de configuraties beoordeeld en hoe scoren de verschillende configuraties?

Het antwoord van deze vraag resulteert in een aantal criteria waarop de productieconfiguraties gescoord gaan worden. Deze vraag beschrijft ook what-if scenario's. Vragen als Wat zijn de gevolgen als...? komen hier aan de orde. Dit is de gevoeligheidsanalyse.

6. Welke productieconfiguratie zou Medspray moeten kiezen om, gegeven de criteria, tot een goede situatie van het productieproces te komen?

De uitwerking van deze vraag zal leiden tot aanbevelingen met betrekking tot de belangrijkste keuzes die Medspray zal moeten maken ten aanzien van de productieconfiguratie.

1.3 Het formuleren van de probleemaanpak

Nu volgt een beschrijving van de manier waarop het onderzoek wordt opgezet. Voor het opstellen van de productieconfiguraties zal eerst theorie worden gezocht. De theorieën kunnen helpen bij het ontwerpen en beoordelen van een productieproces en het maken van keuzes. Medspray produceert momenteel alleen prototype chips. De productiemethode van een spray nozzle wordt daarom beknopt beschreven. Het



is van belang een goed overzicht te creëren en meer inzicht te krijgen van de markt waarin Medspray zich bevindt. Om meer inzicht te krijgen wordt informatie verzameld over deze industrie. Vervolgens worden voor het productieproces van de *spray nozzles* de verschillende keuzes en keuzemomenten beschreven. Aan de hand hiervan kunnen productieconfiguraties worden opgesteld. Medspray wil een afweging maken welke processtappen wel en niet uit te besteden. Hiervoor worden de voor- en nadelen van de verschillende mogelijkheden uitgebreid beschreven. Het laatste onderdeel van dit onderzoek wordt gevormd door de conclusies en aanbevelingen voor Medspray. Hierin worden aanbevelingen gedaan ten aanzien van de keuze voor een bepaalde productieconfiguratie.

Medspray ontwikkelt verschillende soorten chips, gebruikmakend van verschillende methoden. In overleg is gekozen om voor één bepaalde chip de mogelijkheden tot grote schaal productie te onderzoeken. In het kort zullen nu een aantal randvoorwaarden worden opgesomd. In het verslag zullen termen, waar nodig, worden toegelicht. Deze randvoorwaarden zijn samengesteld in overleg met Medspray.

Afbakening

- Medspray koopt voorbewerkte *wafers* en plastic omhulsels in bij leveranciers.
- Medspray voert het samenvoegen van chip en plastic zelf uit.



2 Theoretisch kader

In dit hoofdstuk komen verschillende theorieën aan bod, aan de hand waarvan de huidige alsmede de toekomstige situatie van Medspray beschreven kan worden. Met behulp van theorie over uitbesteden en het zelf uitvoeren van processen kunnen beslissingen worden gemotiveerd. De theorieën kunnen ook dienen als hulpmiddel bij het genereren van oplossingen voor problemen om van de huidige naar de toekomstige situatie te komen.

2.1 Procesontwerp

Het belangrijkste uitgangspunt van procesontwerp is dat de prestatie van het proces moet aansluiten met hetgeen bereikt dient te worden [Slack et al, 2007b].

Slack et al beschrijven vijf verschillende prestatiedoelen (*operations performance objectives*). Deze staan in Tabel 1 samen met veel voorkomende procesontwerpdoelen [Slack et al, 2007b].

Operations performance objective	Veel voorkomende doelen	Enkele baten van goed procesontwerp
Kwaliteit	- Goede kwaliteit gebruikte middelen - Foutvrij produceren	- Producten en diensten voldoen aan specificaties - Weinig verspilling
Snelheid	- Minimum doorlooptijd - Output gelijk aan vraag	- Korte wachttijden voor klanten - Lage voorraadhoeveelheden
Betrouwbaarheid	- Zorg voor goede input - Betrouwbare output en volume	- Leveringen op tijd - Weinig verwarring en complicaties in het proces
Flexibiliteit	- Verschaf middelen met een gepaste mate van flexibiliteit - Gemakkelijk kunnen aanpassen tussen verschillende processtappen	- De mogelijkheid om een breed scala van producten en diensten te leveren - Lage kosten/snel van product kunnen wisselen - Mogelijkheid om goed om te kunnen gaan met onverwachte gebeurtenissen
Kosten	- Voldoende capaciteit om aan vraag te voldoen - Elimineer verspilling	- Lage processingkosten - Lage materiaalkosten - Lage voorraadkosten

Tabel 1: Performance criteria and key performance indicators

Bovenstaande vijf doelen kunnen operationeel gemaakt worden met behulp van *key performance indicators* (KPI's). Voor elke organisatie kunnen andere KPI's belangrijke zijn. Voor snelheid kan bijvoorbeeld de doorlooptijd worden gebruikt [Slack et al, 2007c].

2.2 Make or buy van processtappen

Geen enkele organisatie voert elk aspect van grondstof tot eindproduct en alle andere activiteiten, zoals transport, zelf uit. Er zijn altijd partijen die bepaalde processen beter en/of goedkoper uit kunnen voeren. De beslissing over het al dan niet uitbesteden van processen wordt *make or buy* of *do or buy* genoemd [Slack et al, 2007b]. Slack et al. beschrijven een outsourcing model dat er grofweg van uit gaat dat strategische en speciale stappen in het proces veelal beter zelf gedaan kunnen worden. Het zou merkwaardig zijn als een organisatie deze, vaak vertrouwelijke, informatie weg zou geven. Figuur 3 geeft het model weer. In de eerste vier blokken staat een vraag die helpt bij het afwegen van de *make or buy* beslissing. Allereerst



wordt er naar het strategisch belang van de activiteit gekeken. De overige vragen betreffen de aanwezigheid van specialistische kennis binnen de organisatie, de superioriteit van de organisatie aan andere organisaties en de toekomstverwachtingen voor de activiteit. Door de pijlen in het model te volgen kan men tot de conclusie komen een onderzoek te doen naar het zelf uitvoeren of uitbesteden van de activiteit.



Figuur 3: Make or buy-beslissing

Dit model zal niet de uiteindelijke beslissing voor *make or buy* geven, maar geeft een aanzet tot onderzoek naar één van beide beslissingen. In combinatie met de prestatiedoelen uit de vorige paragraaf zullen andere afwegingen worden gemaakt. Hier worden criteria gebruikt die een beslissing kwantitatief zullen onderbouwen. Als een externe partij een goedkoper en kwalitatief hoogwaardiger product kan leveren, is de keuze om uit te besteden aantrekkelijk. Bij de vierde vraag dient in het achterhoofd te worden gehouden dat men ook naar de toekomst moet kijken. Als procesverbeteringen in de nabije toekomst zeer aannemelijk zijn, dient dit te worden meegenomen in de *make or buy*-beslissing. De *make or buy*-beslissing heeft effect op elk van de verschillende prestatiedoelen. Dit is weergegeven in Tabel 2 [Slack et al, 2007b] en zal deels ook van toepassing zijn bij het beslissingsproces bij Medspray.

Performance objective	'Do it yourself' Inhouse supply	'Buy it in' Outsourced supply
Kwaliteit	De herkomst van kwaliteitproblemen zijn binnenshuis gemakkelijker te traceren en verbeteringen zijn sneller door te voeren.	Leverancier kan over gespecialiseerde kennis en meer ervaring beschikken. Door marktwerking mogelijk gemotiveerder. Communicatie is een lastig punt.
Snelheid	Goede planning verbetert doorlooptijd van materialen en informatie, maar als een activiteit externe klanten heeft kan het zijn dat interne klanten een lage prioriteit krijgen.	Contractuele afspraken kunnen de snelheid in een proces garanderen, maar er kan sprake zijn van transport/levering vertraging.
Betrouwbaarheid	Betere communicatie bevordert de betrouwbaarheid, maar als een activiteit externe klanten heeft kan het zijn dat interne klanten een lage prioriteit krijgen.	Penalty's beschreven in een contract kunnen de betrouwbaarheid bevorderen.
Flexibiliteit	Men kan snel reageren op veranderingen in de markt, maar deze mogelijkheid kan beperkt worden door de gelimiteerde capaciteit van de organisatie.	Externe leveranciers zullen over een grotere capaciteit beschikken en beter kunnen reageren op de vraag, maar de soms tegenstrijdige behoeften van verschillende klanten kan een probleem vormen.



Kosten	Bij het zelf produceren kan er sprake zijn van een kostenvoordeel omdat de winstmarge van de leverancier niet van toepassing is, maar bij relatief lage aantallen is het moeilijk goedkoper te produceren vanwege de schaalvoordelen van een leverancier.	De schaalvoordelen van een leverancier maken het aantrekkelijk bepaalde zaken uit te besteden. Daarnaast zijn de leveranciers gemotiveerd de kosten nog lager te krijgen, omdat het direct van invloed is op hun winst. Kosten voor planning en communicatie moeten niet vergeten worden.
--------	---	---

Tabel 2: Effect make or buy-beslissing op performance objectives

2.3 Flexibiliteit, kwaliteit en procestypen

Deze paragraaf bevat theorie over flexibiliteit, kwaliteit en procestypen. De theorieën worden in komende hoofdstukken deels gebruikt. Om deze reden zal een korte, algemene beschrijving worden gegeven.

2.3.1 Flexibiliteit van producten en processen

Suarez et al. (2006) hebben het strategisch gebruik en de implementatie van flexibiliteit binnen een productieorganisatie onderzocht. Zij beschrijven vier basistypen van flexibiliteit op basis van empirisch onderzoek bij producenten van elektronische chips. Voor elk type, behalve de leverflexibiliteit, wordt een definitie gegeven. De definitie voor levertijdflexibiliteit wordt onder andere beschreven door Slack et al. (2007).

1. Mixflexibiliteit: het aantal producten dat een systeem kan produceren op een willekeurig moment.
 2. Volumeflexibiliteit: de mogelijkheid om te variëren in productiegrootte zonder de efficiëntie en kwaliteit te verminderen.
 3. Nieuw product flexibiliteit: de tijd die het kost in maanden om een nieuw product (van productiedefinitie tot en met de tijd dat de eerste batch gemaakt is) te produceren.
 4. Levertijdflexibiliteit: de mogelijkheid om het moment van levering van het product te veranderen.
- [Suarez et al., 2006]

Deze typen en definities zijn gangbaar bij het onderzoek naar flexibiliteit binnen een organisatie. Voor het onderzoek bij Medspray zal een criterium met betrekking tot flexibiliteit gebruikt worden. Meer hierover in hoofdstuk 5.

2.3.2 Kwaliteit van producten en processen

Medspray maakt gebruik van een op statistiek gebaseerde methode genaamd *Six Sigma* voor de kwaliteit van de producten. *Six Sigma* richt zich op de kwaliteit van het product, het reduceren van de variabiliteit, het verbeteren van het product en het besparen van kosten [Dedhia, 2005]. De sigma staat voor standaarddeviatie en *Six Sigma* staat daarom voor zes standaard deviaties. Het doel van de methode is om maximaal 3.4 defecten toe te staan bij elke miljoen kansen. Dit betekent een perfectie van 99.99966 procent (zie ook Tabel 3). Hierbij dient te worden toegelicht dat *Six Sigma* niet het aantal defecte producten is. Eén enkel product kan namelijk bestaan uit tien stappen die allemaal een foutkans hebben.



Sigma level	Defecten per miljoen	Percentage defect
Een Sigma	690000	69,0000%
Twee Sigma	308000	30,8000%
Drie Sigma	66800	6,6800%
Vier Sigma	6210	0,6200%
Vijf Sigma	230	0,0230%
Zes Sigma	3,4	0,0003%

Tabel 3: Defecten bij Six Sigma

De methode is gebaseerd op het concept genaamd DMAIC. Deze afkorting staat voor: *Define, Measure, Analyze, Improve* en *Control*.

- *Define*: het probleem dient duidelijk te worden gedefinieerd.
- *Measure*: meetpunten, bronnen en de gebruikte instrumenten om te meten dienen te worden bepaald.
- *Analyze*: bij het analyseren van de data dienen de juiste analytische methoden gebruikt te worden.
- *Improve*: selecteer het beste alternatief en verhelp het probleem.
- *Control*: deze laatste stap is het toezicht houden op het verbeterde proces.
[Dedhia, 2005]

Bovenstaande stappen houden in dat de organisatie zijn ontwerp zeer goed dient te kennen. De specificaties van product, materialen en machines en bijbehorende variaties dienen bekend te zijn. Op deze manier kan de uitval van producten in het proces worden voorspeld. *Six Sigma* wordt niet alleen gebruikt voor het verminderen van defecten in het productieproces. Ook andere bedrijfsprocessen kunnen worden verbeterd [Dedhia, 2005]. Dit zijn onder andere het verbeteren van de leverbetrouwbaarheid en het verminderen van de cyclustijden voor processen.

2.3.3 Procestypen

Het type proces hangt af van het volume en de variëteit van het te produceren product [Slack et al, 2007a].

Met de volgende typen processen kan worden aangegeven wat voor soort productieproces een organisatie gebruikt. Slack beschrijft vijf soorten procestypen en geeft aan in welke situatie een bepaald proces van toepassing is.

- *Project processes*: een proces dat gebruikt wordt om één product per keer te maken, precies naar de wensen van de klant.
- *Jobbing processes*: een proces dat gebruikt wordt bij producten met een hogere variëteit en een laag volume.
- *Batch processes*: een proces dat gebruikt wordt om een kleine hoeveelheid specifieke producten in groepen (*batches*) te maken.
- *Mass processes*: een proces dat gebruikt wordt om een gestandaardiseerd product in grote hoeveelheden te produceren.
- *Continuous processes*: een proces dat gebruikt wordt om volledige gestandaardiseerde producten aan een continu lopende band te maken.



3 Beschrijving van het productieproces

Dit hoofdstuk beschrijft het productieproces van een *spray nozzle* bij Medspray. De beschrijving is voor één specifieke *spray nozzle* en beslaat, naast de bewerkingen van het silicium en plastic onderdelen de assemblage van de *nozzle*. Ook het inkoopproces en de kwaliteitscontrolestappen worden beschreven.

3.1 Procesbeschrijving van de Gandalf chip

Voor dit onderzoek is één specifieke Medspray *spray nozzle* gekozen. Dit is de Gandalf chip van, verwerkt in een plastic omhulsel. Deze *nozzle* bevindt zich net als alle andere Medspray-chips in de testfase. De Medspray *spray nozzle* met Gandalf chip bestaat uit drie onderdelen, namelijk een siliciumchip en twee plastic delen.

3.1.1 Siliciumtype

Medspray maakt op dit moment gebruik van onbewerkte silicium *wafers* die worden ingekocht door Mesa⁺. Mesa⁺ is het nanotechnologisch onderzoeksinstituut van de Universiteit Twente en Medspray maakt gebruik van de faciliteiten die het biedt. Medspray neemt *wafers* af bij Mesa⁺. Het type silicium wat Medspray gebruikt is echter beter te vergelijken met de markt voor airbags. De siliciumchips die in de airbag worden geplaatst zijn van hetzelfde type als Medspray, namelijk 1,1,0-silicium. De cijfers staan hier voor het type kristalrooster welke het silicium bezit. Alleen de verkrijgbaarheid van dit type is van belang tijdens dit onderzoek. Silicium *wafers* worden stofvrij en onbewerkt in plastic bakken aangeleverd. De processtappen die volgen, worden verricht in de *cleanroom* van Mesa⁺ op het terrein van de Universiteit Twente. Een *cleanroom* heeft een gecontroleerde hoeveelheid vervuiling wat gespecificeerd wordt door het aantal stof/vuildeeltjes per kubieke meter van een specifieke omvang. De bewerkingsstappen die de *wafer* ondergaat dienen in een schone ruimte als deze plaats te vinden.

3.1.2 Siliciumbewerking

Figuur 4 is een weergave van de stappen die een silicium *wafer* doorloopt. Het proces van Medspray is zoals in Figuur 4 te zien is een sequentieel proces. Goede planning van het productieproces is hierbij van belang. De stappen worden in deze paragraaf toegelicht.

[Vertrouwelijk]

Figuur 4: Silicium bewerkingsstappen

3.1.3 Plastic onderdelen

Het design voor het plastic omhulsel is ontwikkeld door Medspray. Het fabriceren wordt gedaan door SHL uit Zweden. Medspray ontwikkelt samen met deze partner een volledige *inhaler*. SHL spuitgiet de plastic delen en gebruikt daarvoor plastic dat is ingekocht bij een andere partner. Medspray krijgt de twee plastic onderdelen in de huidige situatie in dozen in kleine aantallen van SHL aangeleverd. Het betreft hier kleine aantallen, omdat het product zich nog in de testfase bevindt.

3.1.4 Assemblage van de spray nozzle

De assemblage van de *spray nozzle* gebeurt nu nog met de hand. De siliciumchip wordt met een pincet in het plastic omhulsel gezet. Daarna wordt met het tweede stukje plastic de chip vastgezet. Dit wordt gedaan door de twee plastic delen aan



elkaar te smelten. De manier waarop dit gebeurt, is de kerncompetentie (*core competence*) van Medspray. Het eindresultaat is een *spray nozzle*, te zien in Figuur 5.



Figuur 5: Eindproduct: een spray nozzle

3.1.5 Kwaliteitscontrole per processtap

- In de huidige situatie worden verschillende processtappen aan een kwaliteitsinspectie onderworpen. De onbewerkte *wafers* worden schoon en in een doos aangeleverd. Er vindt hier geen controle plaats.

Kwaliteit van de nitridelaag

Bij het aanbrengen van de nitride-laag wordt een doos met 25 *wafers* in één keer in een machine gezet. Na het aanbrengen van de nitridelaag wordt de dikte en de brekingsindex van het membraan bepaald (het membraan is de laag nitride die is neergeslagen op het silicium). Er zijn richtwaarden waaraan wordt getoetst of de *wafer* voldoet. Echter de waarden van de toegelaten spreiding zijn nog niet vastgelegd. De manier waarop de kwaliteit van de nitridelaag wordt gemeten, is een steekproef. De eerste, de middelste en de laatste *wafer* in de doos worden gecontroleerd. Als er te veel afwijkingen zijn, worden meerdere *wafers* gecontroleerd.

Kwaliteit van de foto resistlaag

Na het aanbrengen van de *foto resist* wordt optisch bepaald of er een homogene laag op de *wafer* zit. Is dit niet het geval dan wordt de *resist* gestript en volgt een nieuwe poging de laag correct aan te brengen.

De tweede stap is om met behulp van een masker de gaatjes in het *foto resist* te krijgen. Of dit ook gelukt is wordt met een steekproef bekeken. Alle *wafers* worden op vijf plaatsen op het oppervlak met een microscoop bekeken.

Zoals bij de procesbeschrijving beschreven, worden nu de gaatjes in de nitride geëtst. Kwaliteitscontrole vindt op gelijke wijze plaats als de tweede stap. De beschrijving van de kwaliteitscontrole geldt ook voor de bewerkingsstappen voor de andere zijde van de *wafer*.

Kwaliteit van het plastic en de assemblage



Bij de ingangscontrole van het plastic wordt gecontroleerd of de dimensies de juiste specificaties hebben. De assemblage van de *spray nozzle* vindt nu plaats. De werking van de *spray nozzle* wordt pas bij het testen met een microscoop gecontroleerd. Dit vanwege de onderzoeksfase waarin men op dit moment verkeerd.

3.1.6 Inkoop en voorraad

In de huidige situatie wordt geen gebruik gemaakt van een inkoop- of voorraadsysteem. De inkoop en voorradigheid van *wafers* en andere benodigdheden in het lab wordt verzorgd door Mesa⁺. Voor het plastic worden af en toe bestellingen geplaatst, maar er is geen sprake van enkele regelmaat hierin.

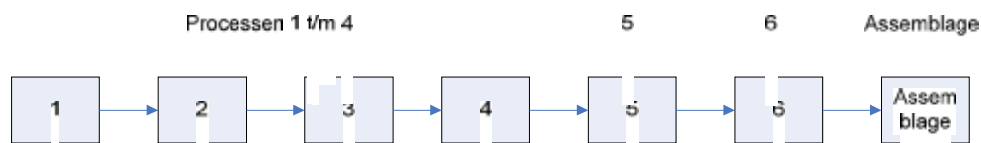


4 Make or buy-keuzemogelijkheden

Dit hoofdstuk beschrijft de *make or buy*-keuzes die van toepassing zijn voor het produceren van een *spray nozzle*. Voor dit hoofdstuk wordt de kennis uit een interview met de consultant van Medspray [Van Heeren, 2008] en theorie over *make or buy* uit het theoretisch kader gebruikt. Daarnaast worden offertes beschreven van potentiële leveranciers voor het uitbesteden.

4.1 Keuzemomenten in het proces

Op verschillende punten in het proces van onbewerkte *wafer* tot chip kunnen keuzes, met betrekking tot zelf uitvoeren en uitbesteden, worden gemaakt. In deze paragraaf worden de mogelijke keuzes beschreven.



Figuur 6: Processtappen

Figuur 6 geeft een overzicht van alle processen van het siliciumdeel om tot een *spray nozzle* te komen. De plastic onderdelen zijn niet in de figuur opgenomen, omdat dat hier niet van belang is. Naar aanleiding van een gesprek met de consultant Van Heeren, gespecialiseerd in de siliciumindustrie, kwam naar voren dat de eerste vier stappen in dezelfde ruimte (een *cleanroom*) moeten worden uitgevoerd. Opslag tussen deze processtappen vindt vrijwel nooit plaats. Het kaliumhydroxide-etsen en zagen daarentegen kunnen onafhankelijk van elkaar worden uitgevoerd. Tussentijdse opslag is hierbij mogelijk [Van Heeren, 2008]. Het assembleren van de siliciumchip en de plastic onderdelen is de *core competence* van Medspray en zal om die reden niet worden uitbesteed. Het aantal mogelijkheden is nu beperkt tot drie te nemen keuzes:

- *Make or buy* processen 1 tot en met 4
- *Make or buy* 5
- *Make or buy* 6

[Vertrouwelijk]

Figuur 7: Make or buy-keuzemomenten

4.2 Toepassing van de *make or buy* theorie

In deze paragraaf wordt voor de drie keuzes de theorie van *make or buy* toegepast.

4.2.1 Make or buy processen 1 tot en met 4

Het uitvoeren van de eerste vier processtappen vereist een grote investering [Van Heeren, 2008]. De processen moeten in een *cleanroom* worden uitgevoerd. Het ontwerp van de chip is van strategisch belang, maar dit betreft alleen het masker dat de lay-out van de chip bepaald. De bewerkingen die op de *wafer* worden uitgevoerd, zijn standaard in deze industrie en zijn voor Medspray strategisch niet van belang. De volgende vraag die het model ons voorlegt, is de aanwezigheid van specialistische kennis voor deze stap. Hiervoor geldt hetzelfde als bij het strategische belang. Alleen het ontwerp van de chip is specialistische kennis.



4.2.2 *Make or buy 5*

Deze keuze is gecompliceerder dan de voorgaande. Om deze reden vindt Medspray dit proces van strategisch belang en beschikt Medspray over specialistische kennis. De theorie over de *make or buy*-beslissing geeft aan dat de mogelijkheden over het zelf uitvoeren van dit proces nader dienen te worden onderzocht. De overige twee punten in het model van *make or buy*, de superioriteit en de toekomst hiervan geven aan dat een onderzoek naar uitbesteden verricht dient te worden. Externe partijen zullen namelijk over schaalvoordelen beschikken. Andere criteria zullen moeten gaan uitwijzen wat de beste keus is.

4.2.3 *Make or buy 6*

De kennis voor het zagen is niet van strategisch belang. Ook beschikt Medspray niet over specialistische kennis die een andere partij niet zou hebben. Medspray zal in de eerste jaren niet superieur zijn aan andere partijen wat het zagen betreft.



4.2.4 *Make or buy*

Voorgaande drie subparagrafen leiden tot Tabel 4.

Proces	Strategisch?	Specialistische kennis?	Medspray superieur?	Verbetering in de toekomst?	Conclusie
Processen 1 t/m 4					
5					
6					
7					

Tabel 4: Make or buy?

Toepassing van de *make or buy*-theorie bestempelt processen 1 tot en met 4 als uit te besteden. Deze processen zijn geen strategisch onderdeel van Medspray. Ook beschikt Medspray niet over specialistische kennis en zijn externe partijen superieur. Verbetering in de toekomst is niet te verwachten. De investeringen zijn simpelweg te hoog. Het assemblageproces, de *core competence* van Medspray spreekt voor zich. Medspray zal deze kennis niet uit handen willen geven.

Over het 5 en 6 bestaat nog onduidelijkheid.

4.3 *Leverancierskeuze*

Bij de keuze voor leverancier is het van belang rekening te houden met de regelgeving met betrekking tot de validatie van het productieproces. Machines, materialen en gereedschappen die gebruikt worden bij de vervaardiging van een dergelijk product, moeten voldoen aan een kwaliteitsnorm. Een instantie (het *European Medicines Agency* (EMA) in Europa en het *Food and Drug Administration* (FDA) in de Verenigde Staten) dient de gebruikte machines, materialen en gereedschappen te valideren alvorens een product op de markt mag worden gebracht. Als een aanpassing wordt doorgevoerd in het proces dient het opnieuw gevalideerd te worden. Dit kost veel tijd en is een bureaucratisch proces. Met dit punt in gedachten dient een betrouwbare, stabiele leverancier gevonden te worden. Een deel hiervan is reeds uitgezocht. In 2006 is een selectie van leveranciers gemaakt en daar kwamen drie geschikte kandidaten uit. Deze selectie is tot stand gekomen door leveranciers op vier criteria te selecteren.

- Afstand tot Enschede
- Technologische mogelijkheden
- Betrouwbaarheid en ervaring
- Stabieleiteit

[Van Heeren, 2007]

De scores van de geselecteerde leveranciers staan in bijlage 4. Met behulp van aangevraagde offertes is het mogelijk Figuur 8 te maken. De kosten zijn gebaseerd op offertes van in te kopen *wafers* tot en met het 5. Het 6 zit niet bij de prijs in. Figuur 9 beschrijft de voorspelling van de productie van *spray nozzles*.

[Vertrouwelijk]

Figuur 8: Offerte-informatie geselecteerde leveranciers

[EnablingM3, 2006]



[Vertrouwelijk]

Figuur 9: Voorspelling van het aantal benodigde wafers
[EnablingM3, 2006]

Naast de voorgaande criteria is het ook interessant om de vraag van Medspray te vergelijken met de capaciteit van de leverancier. Dit om te zien of Medspray überhaupt interessant is voor de markt. Bij de keuze van een leverancier is het van belang dat Medspray niet te veel maar ook niet te weinig capaciteit van de leverancier vraagt. Als vuistregels geeft de consultant Van Heeren aan dat de grenzen hiervoor zijn meer dan vijf procent en minder dan dertig procent [Van Heeren, 2008]. Als de vraag meer dan dertig procent wordt, is het verstandig een tweede leverancier te nemen. Dit om het risico te spreiden. Is de vraag minder dan vijf procent, dan is Medspray van minder belang voor een leverancier. Tabel 5 geeft de productiecapaciteit van de verschillende leveranciers die zijn onderzocht. De drie leveranciers die in de vorige paragraaf zijn genoemd, zijn aangevuld met twee leveranciers waar geen offerte van beschikbaar was. In de meeste rechtse kolom staat het percentage capaciteit dat Medspray van de leverancier zou innemen.

Leverancier	Capaciteit (in aantal wafers per jaar)	Vraag Medspray (wafers per jaar)	Capaciteit die Medspray vraagt (in %)
1	100.000		
2	80.000-90.000		
3	60.000-70.000		
4	circa 40.000		
5	10.000		

Tabel 5: Leverancierscapaciteit



5 Opstellen van configuraties

In dit hoofdstuk worden de mogelijke configuraties voor het productieproces weergegeven. De keuze voor deze configuraties volgt uit de voorgaande twee hoofdstukken. In een volgende paragraaf worden criteria opgesteld waarmee de configuraties kunnen worden beoordeeld.

5.1 Productieconfiguraties

In Figuur 10 staan drie configuraties van het productieproces van Medspray. De hokjes ter hoogte van het hokje *supplier 1* zijn de processen die worden uitbesteed. De processen in de hokje eronder worden door Medspray uitgevoerd.

Figuur 10: Productieconfiguraties

5.2 Criteria en randvoorwaarden

Om de uitkomsten van de scenario's van de configuraties te kunnen beoordelen, zal bepaald worden op welke punten dit moet gaan gebeuren. De configuraties uit de voorgaande paragraaf zullen met behulp van de vijf prestatiedoelen zoals beschreven in paragraaf 2.3 worden beoordeeld. Naar aanleiding van gesprekken binnen Medspray zijn enkele criteria naar voren gekomen waaraan de opgestelde configuraties getoetst gaan worden. Deze worden hieronder besproken.

Kosten

Kosten vormen het belangrijkste criterium waaraan de prestatie van een configuratie getoetst gaat worden. De reden hiervoor is simpelweg om interessant te zijn voor de markt en winst te maken. De kosten worden uitgedrukt in kosten per *spray nozzle*. Bij bepaling van de kostprijs wordt in de standaardsituatie uitgegaan van vijf *wafers* per *batch*.

Snelheid

Voor dit criterium wordt de doorlooptijd van het proces gebruikt. De doorlooptijd loopt van het moment dat de order binnenkomt tot het moment dat het product aan de klant geleverd is. In het geval van Medspray zal dit de levering van *spray nozzles* aan SHL in een vestiging in Azië betreffen. De reden voor het gebruik van dit criterium is dat het goed mogelijk is dat er verschillen optreden in de doorlooptijd voor de verschillende *supply chain*-varianten.

Betrouwbaarheid

Voor dit criterium wordt het aantal leveringen dat te laat is gebruikt. De reden hiervoor is dat het van belang is dat de bestelde producten op tijd zijn, om geen vertraging in het verdere verloop van het proces op te lopen. Dit criterium wordt gemeten met behulp van storingskansen per processtap. Bekend is hoe lang een bepaalde stap duurt. Met behulp van schattingen van kansen van storingen en de duur van die storing per machine kan berekend worden wat de (mogelijk verlengde) levertijd is.

Flexibiliteit

Flexibiliteit is een breed begrip. Op het gebied van produceren zijn er verschillende soorten flexibiliteit te onderscheiden. Deze zijn in het theoretisch kader, paragraaf 2.3.1 beschreven en worden nu kort herhaald.

- Mixflexibiliteit



- Volumeflexibiliteit van de productie
- Nieuw product flexibiliteit
- Levertijdflexibiliteit

[Suarez et al., 2006]

Elk type flexibiliteit is aanwezig bij Medspray en zal kort worden besproken.

De mixflexibiliteit en de flexibiliteit voor een nieuw product zijn aanwezig als het gaat over regelgeving ten aanzien van de validatie van het productieproces bij een farmaceutisch product. Deze regelgeving beperkt deze typen flexibiliteit. Machines, materialen en gereedschappen die gebruikt worden bij de vervaardiging van een dergelijk product, moeten voldoen aan een kwaliteitsnorm. Een instantie (het EMEA in Europa en het FDA in de Verenigde Staten) dient de machine, materialen en gereedschappen goed te keuren alvorens een product op de markt mag worden gebracht. De regelgeving beperkt de mix- en nieuw product flexibiliteit, omdat bij een aanpassing van een onderdeel of machine, deze opnieuw gevalideerd moet worden. Dit kost veel tijd en is een bureaucratisch proces. Een randvoorwaarde voor de te kiezen configuratie van de *supply chain* zal zijn dat het proces en alles wat hier bij komt kijken tenminste voor jaren hetzelfde blijft. Voor machines is dit niet een heel groot probleem. Voor grondstoffen betekent dit dat zij verkrijgbaar zullen moeten blijven over een geruime tijd.

De volumeflexibiliteit van de productie wordt meegenomen als criterium voor het beoordelen van de productieconfiguraties. Er is voldoende informatie voorhanden om de volumeflexibiliteit van de processen te bepalen. Over mixflexibiliteit, nieuw product flexibiliteit en levertijdflexibiliteit is onvoldoende informatie beschikbaar of het dient als randvoorwaarde.

Kwaliteit

Kwaliteit wordt niet gebruikt als criterium waaraan de configuraties worden getoetst. Anders dan in een koekjesfabriek mogen er geen defecte chips in de farmaceutische industrie zijn. Medspray is momenteel bezig om de variaties in het proces vast te stellen. Zodra van elke stap de toegelaten spreiding bekend is en de variatie van machines en materialen is vastgelegd, kan men de uitval in het proces vaststellen. Niet alleen het eindproduct wordt geïnspecteerd. De kwaliteitscontrole wordt per processtap uitgevoerd. De kosten van alle steekproefcontrole en de manuren die hierbij van toepassing zijn, worden meegenomen bij bepaling van de kostprijs per *spray nozzle*. Bij sommige configuraties zijn meer steekproeven of kwaliteitscontroles nodig, resulterend in meer kosten. Dit is het geval bij configuraties waarbij meerdere stappen door Medspray worden uitgevoerd. In deze situatie zijn er meer steekproefcontroles nodig dan wanneer een gezaagde chip slechts eenmaal gecontroleerd hoeft te worden.

De criteria zijn samen met de bijbehorende indicatoren te zien in Tabel 6.

Prestatiedoelen	
Criterium	Indicatoren
<i>Kosten</i>	Kostprijs per <i>spray nozzle</i>
<i>Snelheid</i>	Doorlooptijd van een <i>spray nozzle</i>
<i>Betrouwbaarheid</i>	Percentage te late leveringen (van Medspray naar de klant)
<i>Flexibiliteit</i>	Percentage volumeflexibiliteit

Tabel 6: Criteria voor configuratieanalyse



6 Configuratieanalyse

Dit hoofdstuk zal voor de standaardsituatie input geven voor de productieconfiguraties die naar voren zijn gekomen in het voorgaande hoofdstuk. In paragraaf 6.1 wordt kort de standaardsituatie beschreven. In de tweede paragraaf wordt de input voor de criteria verzameld. Vervolgens worden in paragraaf 6.3 de configuraties vergeleken. Aan de hand hiervan kunnen conclusies worden getrokken met betrekking op de meeste interessante productieconfiguratie voor Medspray. Hoofdstuk 6 wordt afgesloten met een gevoeligheidsanalyse van de uitkomsten.

6.1 Productie van de Gandalf chip

Productie van *spray nozzles* op de huidige manier zal op grote schaal niet mogelijk zijn. Mesa⁺, waar in de huidige situatie wordt geproduceerd, is niet gebouwd op een productie van grote aantallen. In de gewenste situatie wordt daarom een groot deel (of vrijwel alles) van de bewerkingen uitbesteed. Zelf een productielijn opzetten is een zeer grote investering en er zijn voldoende leveranciers die een maatproduct aan Medspray kunnen leveren. In de gewenste situatie zal er een assemblagemachine zijn, die de silicium chip in het plastic omhulsel plaats en vastzet. Dit zal de *core competence* van Medspray zijn.

6.2 Data input voor de productieconfiguraties

In deze paragraaf zal de input voor de configuraties worden gegeven. Eerst worden aannames gedaan die van belang zijn bij de beoordeling van de configuraties.

6.2.1 Aannames

In deze subparagraaf staan aannames die zijn meegenomen bij het verzamelen van de input voor de criteria.

- De kosten die gemaakt worden voor de kwaliteitssteekproeven zijn verwaarloosbaar en zitten deels al bij de personeelskosten in.
- De voorraadkosten zijn in de eerste jaren verwaarloosbaar vanwege de kleine ruimte die de producten innemen.
- Bij volumeflexibiliteit wordt niet meegenomen dat nieuwe machines kunnen worden aangeschaft, omdat het vaak niet op korte termijn mogelijk is deze machines te bestellen, laat staan goed te hebben ingeregeld.

De input voor de criteria is verkregen door middel van gesprekken binnen Medspray en daarbuiten via de consultant. Vooral de kostprijs kan goed worden geschat. De kostprijs bestaat uit diverse kostenposten weergegeven in Tabel 7. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de voorraadkosten niet zijn meegenomen. De reden is dat in de eerste jaren van productie de voorraadkosten verwaarloosbaar zijn. De kwaliteitskosten zullen grotendeels bij de personeelskosten in zitten. De gebruikte materialen voor het uitvoeren van de steekproeven zijn verwaarloosbaar.

Kostprijsbepaling	
Afschrijving machines	Personeelskosten
Onderhoud machines	Transportkosten
Materialen	Inkoopkosten
Huisvesting	

Tabel 7: Kostprijsbepaling van een spray nozzle



De doorlooptijd kan redelijk ingeschat worden. Het bepalen van de leververtraging (betrouwbaarheid) en flexibiliteit is lastiger. Deze twee criteria worden extra toegelicht.

Betrouwbaarheid

De betrouwbaarheid is uitgedrukt in het aantal leveringen dat te laat is en de hoeveelheid vertraging in dagen. Het schatten van deze waarden is niet eenvoudig. De input kan gegeven worden op basis van het verleden of geschat worden door de leveranciers. Deze informatie kan pas verzameld worden als Medspray eenmaal produceert of wanneer er verdergaande gesprekken hebben plaatsgevonden met potentiële leveranciers. De waarden in dit rapport zijn om deze reden geschat. Doordat Medspray over enige ervaring in zijn markt beschikt, is wel een schatting gemaakt van de storingskansen en de duur van de storingen.

Deze input is geleverd door de kwaliteitsingenieur van Medspray. Per processtap is geschat wat de kans is dat een bepaald proces uitvalt en hoe lang de storing duurt. De kansverdelingen voor de storingskansen en –duur (Bernoulli en Poisson) zijn in samenwerking met een consultant, werkzaam voor Medspray, opgesteld [Meek, 2008]. Deze consultant is werkzaam bij Symbol Consultancy en verzorgt onder andere *Six Sigma* cursussen. Deze waarden zijn ingevoerd in het statistische programma Minitab. Met behulp van dit programma zijn de vertragingen op een eenvoudige manier gesimuleerd. Onderstaand voorbeeld is voor alle processtappen uitgevoerd. Op basis van deze uitkomsten kan de totale duur van het proces bepaald worden. De totale code is te vinden in bijlage 2.

De vier procent storing is gebaseerd op een schatting dat het proces twee keer per jaar (een productiejaar is vijftig weken) een week (vijf werkdagen) stil ligt. De deling $2/50$ levert de kans van vier procent op. Voor de overige kansen zie Tabel 8. De storingen kunnen na elkaar plaatsvinden. Om dit te verduidelijken volgt een voorbeeld. De normaal benodigde tijd voor de productie van een batch is 9,5 dag (de verdeling van deze tijd per proces wordt in paragraaf 6.3 behandeld).

Proces	Aantal storingen per jaar	Aantal productieweken per jaar	Storingskansen	Storingsduur in dagen

Tabel 8: Vertragingen in het productieproces

De schattingen van de storingen zullen geen verschillen tussen de productieconfiguraties laten zien, omdat voor elke configuratie dezelfde kansen worden gebruikt. De reden hiervoor is dat het lastig is de storingen bij de leveranciers in te schatten. Een punt dat hier meespeelt is de aanwezigheid van *back-up* apparatuur. Als van een cruciale machine er maar één aanwezig is, kan het problemen veroorzaken. De leverancier kan bij uitval van een dergelijke machine twee dingen doen. Ten eerste kan hij een deel van de productie die klaar moet zijn uitbesteden. Ten tweede kan hij wachten tot de machine gerepareerd is en te laat leveren. De keuze voor één van beiden zal waarschijnlijk afhangen van de kosten. Is



de boete van te laat leveren hoger of lager dan het uitbesteden? Een andere vraag die de leverancier zichzelf kan stellen is hoe belangrijk de klant is en daar de beslissing op afwegen. Medspray zal veel minder gemakkelijk kunnen inspelen op storingen in het proces. Er is immers geen *back-up* apparatuur aanwezig. Bij de gevoeligheidsanalyse zal hier verder op worden ingegaan.

Flexibiliteit

De flexibiliteit van de interne processen is berekend door naar de bezetting van de machines te kijken. Daaruit is op te maken hoeveel speling er is. Machines kunnen zonder problemen extra *shifts* draaien. Personeelskosten, afschrijvingen, onderhoud en materialen spelen dan wel een rol van betekenis. In de berekeningen is uitgegaan van een maximale bezetting van de machines. Inkoop van extra machines is niet meegenomen, omdat dit meestal geen korte termijnoplossing is. Ook het alsnog (deels) uitbesteden van een deel van de extra vraag is buiten beschouwing gelaten, maar is wel een punt om over na te denken. De flexibiliteit van de externe, uit te besteden processen blijkt niet eenvoudig te achterhalen. De leveranciers van bewerkt silicium zitten aan het begin van de keten en slingeren daardoor het hardst [Van Heeren, 2008a]. De overcapaciteit is van nature dus onvoorspelbaar. Dit komt mede door de korte levenscyclus van de producten in deze markt, vernieuwde technieken en een sterk fluctuerende vraag [Çakanyildirim & O'Roundy, 2001].



6.3 Standaardsituatie

Deze paragraaf beschrijft de standaardsituaties van de verschillende productieconfiguraties. Dit is gedaan met behulp van de data die in de standaard toestand van toepassing zouden zijn. Ter verduidelijking volgen hier nogmaals de productieconfiguraties:

Configuratie	Toelichting
Configuratie 1a	
Configuratie 1b	
Configuratie 2	
Configuratie 3	

Tabel 9: Productieconfiguraties

Configuratie 1 bestaat uit twee versies, gebaseerd op het dan wel niet investeren in een *pick & place*-module zoals eerder besproken is.

Kosten per spray nozzle

Tabel 10 geeft de kostenspecificatie voor het berekenen van de kostprijs per *spray nozzle*. Tabel 11 is een overzicht van de kostprijs per *spray nozzle* voor elke configuratie. Op het gebied van kosten heeft configuratie 1a de laagste kostprijs per *spray nozzle*. Hier zijn de afschrijvingen in meegenomen. De machines worden in twee jaar afgeschreven. Het is gangbaar dit over een korte periode als deze te doen [Wissink, 2008]. Na de afschrijvingsperiode zal de kostprijs sterk dalen. Configuratie 3 heeft dan de laagste kostprijs.

Kostenspecificatie			
Investering	# benodigd	Kosten per stuk	Investeringskosten
Afschrijving machine	Prijs	Afschr. jaren	Afschrijving per week
Onderhoud machines	Onderhoud per jaar	# weken	Onderhoudskosten per batch
Materiaal	# baden/bladen /stuks	Materiaal-kosten per stuk/bad	Materiaalkosten per batch



Tabel 10: Kostenspecificatie

Tabel 11: Kostprijs van een spray nozzle in de standaard situatie

-29/39-



Inkoop wafers	Inkoopprijs per wafer

Tabel 12: Inkoopprijs per wafer

Tabel 13 geeft de investeringen per configuratie weer. Het verschil tussen configuratie 1a en 1b is het bedrag dat betaald zou worden voor een *pick & place*-module. Bij configuratie 1a is dit niet meegerekend.

Investeringen	Configuratie 1a	Configuratie 1b	Configuratie 2	Configuratie 3
Machines				

Tabel 13: Investerings per configuratie

Uit voorgaande tabel is op te maken dat de kostenverschillen vooral tot stand komen bij het al dan niet aanschaffen van machines. Het verschil in inkoopprijs van een bewerkte *wafer* is vanzelfsprekend ook erg verschillend per configuratie.

Doorlooptijd en betrouwbaarheid

Deze twee criteria zijn samengenomen om zo een overzicht te maken dat zowel de doorlooptijd alsmede de vertraging in die levertijd weergeeft. De eerste stap is het verzamelen van de levertijdgegevens. Medspray heeft geen tot weinig contact gehad met potentiële leveranciers en daarom is het moeilijk te zeggen wat de levertijden worden. Wel kunnen procestijden en storingen geschat worden en later alsnog worden ingevoerd als er meer zekerheid is. In Tabel 14 staat de procesduur voor elke processtap die een *spray nozzle* ondergaat. Deze informatie is op basis van de tijden die Medspray nodig heeft tijdens het productieproces. In paragraaf 6.2 is beschreven hoe de storingen en de duur ervan zijn berekend. Bij de waarden uit onderstaande tabel dient te worden opgemerkt dat vertragingen in het proces door middel van zelf uit voeren processen kan worden ingehaald. Bij inkoop van alle processen (uitgezonderd de assemblage) is dit minder waarschijnlijk en heeft Medspray er in ieder geval minder invloed op.

Proces	Duur (in dagen)
Totaal	

Tabel 14: Procesduur

Met behulp van Minitab zijn vijf duizend gebeurtenissen gesimuleerd. Het programma voert elke processtap onafhankelijk van de andere processtappen vijf duizend keer uit. De uitkomst is een Excel sheet met de duur van elke proces. In combinatie met de procesduur in bovenstaande tabel is de vertraging per processtap en het gehele proces te berekenen. In Tabel 15 staan de percentages van het aantal gebeurtenissen dat geen of wel vertraging werd opgelopen.

Vertraging/proces	Geen	Een dag tot een week	Meer dan een week
-------------------	------	----------------------	-------------------



	vertraging

Tabel 15: Vertraging in het productieproces

De vertraging voor alle processtappen achter elkaar laat zien dat nog geen x procent van de productie op tijd klaar is. Maar er is bij deze berekeningen geen rekening gehouden met het feit dat vertragingen op allerlei manieren kunnen worden ingehaald. Een leverancier kan door zijn grote capaciteit bepaalde processen parallel uitvoeren of voorraden hanteren. Daarnaast zou een leverancier ook een deel kunnen uitbesteden als een grote vertraging dreigt. Figuur 11 geeft de totale vertraging van alle processen achter elkaar weer. De grafiek is gebaseerd op vijf duizend uitvoeringen van het proces. Vertragingen van twee of drie weken komen zoals te zien is zelden voor. Omdat de situaties waarin vertraging optreedt niet duidelijk te zien zijn, is in Figuur 12 een y-as gebruikt die een beter beeld geeft.

[Vertrouwelijk]

Figuur 11: Vertraging van de productie (1)

[Vertrouwelijk]

Figuur 12: Vertraging van de productie (2)

Voor de losse processtappen is in Tabel 15 te zien dat de vertragingen niet schrikbarend hoog zijn. Ook kan weinig onderscheid worden gemaakt tussen de verschillende productieconfiguraties ten aanzien van de doorlooptijd en de leverbetrouwbaarheid. De doorlooptijd van de chips zal voor de besproken configuraties nagenoeg gelijk zijn. Wat betreft de storingsduur is het de vraag hoe een leverancier omgaat met de storingsduur. Laat de leverancier vertraging toe met kans op een boete, of zoekt zij naar alternatieven? Mocht Medspray bepaalde processen zelf uitvoeren, dan is de verwachting dat vertraging moeilijk kunnen worden ingehaald. Om te zien of een toename van de storingsduur en –kansen bij Medspray-processen grote vertragingen tot gevolg hebben, worden in paragraaf 6.4 andere kansen gebruikt.

Flexibiliteit

Voor de volumeflexibiliteit zijn standaarden in de siliciumindustrie. Voor één maand bedraagt de volumeflexibiliteit tien procent, twee maanden voor 25 procent en zes maanden voor vijftig procent [Van Heeren, 2008a]. Voor de processen die Medspray zelf uitvoert, is met behulp van de machine- en personeelsbezetting uit te rekenen wat de volumeflexibiliteit daar is.

Flexibiliteit	1 maand	2 maanden	6 maanden
Leverancier			



<i>Medspray</i>	1 shift	2 shifts	3 shifts

Tabel 16: Volumeflexibiliteit van de processen

Uit Tabel 16 valt op te maken dat de volumeflexibiliteit van de toeleverancier erg laag is vergeleken met dat van Medspray. De leverancier is de *bottleneck*. Medspray kan op korte termijn (een maand tot drie maanden) veel meer flexibiliteit bieden dan de leverancier. De assemblagemachine zal de *bottleneck* zijn van de processen binnen Medspray.

Maar zoals zojuist beschreven, is de vraag op de siliciummarkt sterk van invloed op de verkrijgbaarheid van extra producten. Bij ondercapaciteit zijn de leveranciers blij met elke vraag, maar bij overcapaciteit kan men bieden wat men wil. Om hier enige grip op te krijgen is een *second source* noodzakelijk [Van Heeren, 2008a].

Uit Tabel 16 valt op te maken dat voor het criterium volumeflexibiliteit de productieconfiguraties niet voor elkaar onder doen. De *bottleneck* in deze situatie zal de leverancier zijn. De flexibiliteit die een leverancier kan bieden is op dit moment gegeven door standaard waarden, maar zal later contractueel worden vastgelegd.

In de standaardsituatie zou de keuze voor de beste productieconfiguratie vooral afhangen van het kostencriterium. Dit komt door het feit dat voor het criterium volumeflexibiliteit de bottleneck bij de toeleverancier ligt en voor de doorlooptijd en betrouwbaarheid dezelfde waarden zijn gebruikt. Hierdoor scoren deze criteria gelijk bij de verschillende configuraties. Het kostencriterium verschilt op een aantal punten als de productieconfiguraties worden bekeken.

- Kostprijs per *spray nozzle* in de eerste twee jaar
- Kostprijs per *spray nozzle* na de afschrijvingsperiode van twee jaar
- De grootte en het risico van de investering

Productie	Configuratie 1a	Configuratie 1b	Configuratie 2	Configuratie 3

Tabel 17: Productiekosten bij een miljoen stuks

Na de afschrijvingsperiode, die twee jaar duurt, liggen de drie configuraties qua kostprijs dicht bij elkaar. Het verschil van circa x cent tussen de hoogste en laagste kostprijs in deze situatie kan bij grote aantallen wel aanzienlijke kostenvoordelen opleveren. Configuratie 3 heeft de laagste kostprijs. Dit kost wel het meest aan investeringen, maar zal na de afschrijvingstermijn de laagste kostprijs per *spray nozzle* opleveren. De reden waarom men voorzichtig is met investeringen, is het risico dat men wil lopen. Daarnaast is het de vraag of Medspray de investeringskosten kan opbrengen.



6.4 Gevoeligheidsanalyse

In deze paragraaf wordt bekeken of veranderingen in waarden van bepaalde criteria effect hebben op de keuze van de productieconfiguratie.

Kosten

Voor het kostencriterium zal weinig veranderen bij fluctuaties van de waarden. Het begin van de productie ligt hoe dan ook bij een externe partij. Het al dan niet uitbesteden van de vervolgstappen levert zoals in de vorige paragraaf aangegeven enige verschillen op. Mocht de vraag naar silicium sterk toenemen, dan is een stijging van de inkoopprijs te verwachten. Omdat alle configuraties met de mogelijke stijging te maken zullen krijgen, zijn hier geen grote verschillen te zien. Wat wel een verschil zou kunnen opleveren zijn de onderhoudskosten voor de machines.



Verandering	Geen vertraging	Een dag tot een week	Meer dan een week
Standaard situatie			
X			
Y			
X			
Y			

Tabel 18: Gevoelighedsanalyse betrouwbaarheids criterium

Voor de alternatieve berekeningen zijn de volgende berekeningen gebruikt:

Waarde	Geschatte verdeling	Aangepaste verdeling
X		
Y		
X		
Y		

Tabel 19: Aangepaste waarden KOH-etsen en zagen

De uitkomsten voor de alternatieve waarden zijn niet schrikbarend terwijl de kansen de storingsduren verdubbeld zijn ten opzichte van de geschatte waarden. Alleen de verlengde storing bij proces 6 valt op. Deze ligt twee procentpunten hoger dan bij de standaardsituatie. Dit is ook te zien in onderstaande grafieken.

[Vertrouwelijk]

[Vertrouwelijk]

[Vertrouwelijk]

[Vertrouwelijk]

Figuur 13: Vertraging met alternatieve waarden

Bovenstaande vier figuren kunnen vergeleken worden met Figuur 12, de standaardsituatie. De vergrote storingskansen bij 5 en 6 resulteren in een hogere frequentie van kortdurende storingen. Deze kortdurende storingen vallen binnen een week vertraging. De verlengde storingsduren resulteren zoals verwacht in een hogere frequentie van langdurige (tot twee weken) storingen. De frequentie van kortdurende storingen is in deze situatie lager. Vergeleken met de standaardsituatie zijn er slechts kleine verschillen zichtbaar. Een manier om frequente en langdurige storingen tegen te gaan, zou het uitvoeren van preventief onderhoud kunnen zijn.

Natuurlijk dient te worden opgemerkt dat de doorlooptijden zijn gebaseerd op de procestijden en op veel andere manieren vertraging kan worden opgelopen. Vertraging van transport is niet meegenomen in de bepaling van de betrouwbaarheid, omdat hier geen data beschikbaar voor is.



7 Conclusies en aanbevelingen

Dit hoofdstuk beschrijft de conclusies en aanbevelingen naar aanleiding van het onderzoek. De keuzes en afwegingen die een rol spelen bij het op grote schaal produceren van *spray nozzles* komen aan de orde.

7.1 Conclusies

In 2010 wil een klant van Medspray xx *inhalers* van Medspray en haar partner kopen. Hiervoor dient een goede productieconfiguratie te worden gekozen, aangezien er nog niet op grote schaal wordt geproduceerd. Na het bekijken van het productieproces dat van toepassing is bij de vervaardiging van *spray nozzles*, is een aantal keuzemomenten vastgelegd. Voor deze momenten zijn twee keuzes afgewogen: zelf uitvoeren of uitbesteden. In Tabel 20 staat het model dat gebruikt is voor het afwegen van de keuzes voor de productieconfiguratie.

Proces	Stategisch?	Specialistische kennis?	Medspray superieur?	Verbetering in de toekomst?	Conclusie
Processen 1 t/m 4					
5					
6					
Assemblage					

Tabel 20: Make or buy?

Naar aanleiding van bovenstaande tabel en overleg binnen Medspray, zijn drie configuraties gekozen die verder onderzocht zijn. Deze zijn weergegeven in Tabel 21. Van configuratie 1 zijn twee versies. De verschillen zitten in het aanleveren van de chips aan de assemblagemachine.

Configuratie	Toelichting
Configuratie 1a	
Configuratie 1b	
Configuratie 2	
Configuratie 3	

Tabel 21: Productieconfiguraties

De beoordeling van deze productieconfiguraties vindt op de volgende vier criteria plaats: kostprijs per *spray nozzle*, doorlooptijd van het product, percentage van te late leveringen (van Medspray naar de klant) en het percentage volumeflexibiliteit. Het kostencriterium laat duidelijke verschillen zien. In de eerste twee jaar, als de afschrijvingen zwaar meewegen in de kostprijs, is configuratie 1a (het inkopen van gezaagde chips) aanzienlijk goedkoper. Na de twee jaar durende afschrijvingsperiode, liggen de drie configuraties qua kostprijs dicht bij elkaar. Het verschil van circa vier eurocent tussen de hoogste en laagste kostprijs in deze situatie kan bij grote aantallen wel aanzienlijke kostenvoordelen opleveren, zie ook Tabel 22.

Configuratie	Configuratie			
	Configuratie 1a	1b	Configuratie 2	Configuratie 3
Kostprijs per stuk (eerste twee jaar)				
Kostprijs per stuk (na afschrijvingsperiode)				

Tabel 22: Kostprijs van een spray nozzle



Doorlooptijd, leverbetrouwbaarheid en volumeflexibiliteit blijken niet of veel minder voor elkaar onder te doen bij vergelijking van de configuraties in de standardsituatie. Deze verschillen staan in Tabel 23.

Configuratie	Kosten ²		Betrouwbaarheid		Doorlooptijd ³	Flexibiliteit
	1	2	KOH-etsen	zagen	in dagen	bottleneck
1a						
1b						
2						
3						

Tabel 23: Concluderende tabel

Bij de gevoeligheidsanalyse komt naar voren dat Medspray de kritieke processen goed onder controle dient te houden. Een toename van het aantal storingen en de duur daarvan resulteert in vertragingen en verhoogde onderhoudskosten. Voor de doorlooptijd wordt opgemerkt dat Medspray ruimte heeft om opgelopen achterstanden in de productie in te halen, doordat de aan te schaffen machines in de eerste twee jaar niet vol worden gepland met de eigen productie. De bottleneck voor de volumeflexibiliteit van de productie ligt in alle gevallen bij de leverancier en speelt daarom geen rol in de afweging. Medspray zal moeten onderhandelen over een percentage voor de volumeflexibiliteit met interessante leveranciers.

Op termijn zal het aantrekkelijker zijn om voor configuratie 3 te kiezen, omdat de kostprijs het laagst is. De vraag is of Medspray de benodigde machines kan financieren en het investeringsrisico acceptabel vindt. Het investeringsniveau (zie Tabel 24) is bij configuratie 1a aanzienlijk lager dan de andere configuraties. Deze configuratie heeft wel een hogere inkoop prijs van het bewerkte silicium. De keuze voor configuratie 1a of 3 zal dus onder andere afhangen van de vraag of Medspray de machines kan financieren en of het risico genomen kan worden.

Investeringsniveau	Configuratie 1a	Configuratie 1b	Configuratie 2	Configuratie 3
Machines				

Tabel 24: Investeringsniveau per configuratie

Het is om de hierboven genoemde redenen nuttig de volgende punten nader te onderzoeken:

- De investeringsrisico's en de mogelijkheden tot investeren bij de verschillende productieconfiguraties.
- In het geval van configuratie 3 dienen de storingen en de duur daarvan onder controle te worden gehouden. Een toename van de storingen zal op korte termijn vertragingen opleveren die te overzien zijn, maar bijkomende kostenstijgingen van de onderhoudskosten zullen sterk in het nadeel van configuratie 3 zijn.
- De belangrijkheid van Medspray voor een leverancier ten aanzien van de leverbetrouwbaarheid.

² De eerste kolom van de kosten betreft de kostprijs tijdens de afschrijvingsperiode. De tweede kolom na de afschrijvingsperiode.

³ De pijlen bij de dagen staan voor de te verwachten afwijkingen van de doorlooptijd. Bij zelf uit te voeren processen heeft Medspray meer invloed op de mogelijkheid tot inhalen van vertragingen.



- De contractueel af te sluiten afspraken over de te garanderen flexibiliteit van de productie.

De keuze welke productieconfiguratie te kiezen, hangt van bovenstaande punten af. Zoals vaak het geval, is de toekomstige vraag van Medspray (na het eerste jaar) sterk van belang voor de meest interessante keuze. Meer vraag betekent meer productie en hiermee wordt Medspray een belangrijkere speler op de markt die meer eisen kan stellen en risico's beter kan spreiden. Welke keuze Medspray ook maakt, na de eerste twee productie jaren zal meer inzicht zijn in het productieproces en kunnen aanpassingen worden doorgevoerd.

7.2 Aanbevelingen

In deze paragraaf volgen enkele aanbevelingen die volgen uit de conclusies. Deze punten dienen verder onderzocht te worden om een betere afweging te maken tussen de verschillende productieconfiguraties. Daarnaast zijn er een aantal aanbevelingen opgenomen die minder uitvoerig in het verslag beschreven zijn.

- Kies configuratie 3, als de financiering van de machines mogelijk en het risico acceptabel is.
- Kies configuratie 1a, in het geval dat de te investeren machines niet gefinancierd kunnen worden of het risico te groot is.
- Onderzoek of de verwachtingen van de storingsen aan de 5 & 6 reël zijn.

Overige aanbevelingen:

- Onderzoek de mogelijkheden voor een *second supplier*.
- Voer leveringen aan de klant, vanwege de hoge waardedichtheid, wekelijks uit.
- Onderhandel met een potentiële leverancier wat de mogelijkheden zijn tot garanties voor de leverbetrouwbaarheid en flexibiliteit.



Referenties

- [Çakanyildirim & O'Roundy, 2001] Çakanyildirim, M.C., O'Round R. (2001), "SeDFAM: semiconductor demand forecast accuracy model", *IIE Transactions* (2002) 34, 449–465.
- [Dedhia, 2005] Dedhia, N. S. (2005), "Six Sigma Basics", *Total Quality Management Vol. 16, No. 5*, 567–574, July 2005.
- [EnablingM3, 2006] MNT Commercialisation Pitfalls (2006), *EnablingMNT Industry Reviews*.
- [Van Heeren, 2007] Medspray Industrialisation Plan, maart 2007.
- [Van Heeren, 2008] Gesprek op 26 mei 2008.
- [Van Heeren, 2008a] E-mailcontact op 7 juli 2008.
- [Meek, 2008] Ton Meek, consultant bij Symbol Consultancy. Gesprek op 26 mei 2008.
- [Reid & Sanders, 2005] Reid & Sanders (2005), *"Operations Management"*, (second edition), pp 101.
- [SHL, 2008] Website <http://www.shl-group.net/about_us/about_us.htm> , geraadpleegd op 5 juni 2008.
- [Saaty, 1980] Saaty, Thomas L., *"The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation"*, ISBN 0-07-054371-2, McGraw-Hill.
- [Slack et al, 2007a] Slack et al. (2007), *"Operations management"*, (45^{ste} editie), pp 94 – 95.
- [Slack et al, 2007b] Slack et al. (2007), *"Operations management"*, (45^{ste} editie), pp 154 – 155.
- [Slack et al, 2007c] Slack et al. (2007), *"Operations management"*, (45^{ste} editie), pp 585.
- [Suarez, F. et al, 1996] Suarez, F.F., Cusumano, M.A., Fine, C.H., 1996. "An empirical study of manufacturing flexibility in printed circuit board assembly." *Operations Research Vol. 44 (1)*, 223–240.
- [Triodos, 2008] Transport- en Expositieverzekering (2008), Triodos Assurantiën.
- [Wissink, 2008] Gesprekken met J. Wissink, mede-eigenaar Medspray, in de periode mei-juli 2008.



Begrippenlijst

Chip	Een chip is één van de twee onderdelen waaruit een <i>spray nozzle</i> bestaat. De chip is het silicium plaatje van vier bij één millimeter, afkomstig van een <i>wafer</i> .
Cleanroom	Een <i>cleanroom</i> heeft een gecontroleerde hoeveelheid vervuiling wat gespecificeerd wordt door het aantal deeltjes per kubieke meter van een specifieke omvang.
Core competence	Een competentie die een organisatie bezit waarmee het zich onderscheid van concurrenten.
Gandalf chip	Dit is een specifieke chip van vier bij één millimeter met gaatjes van $2,5\text{ }\mu\text{m}$ (micrometer) die gekozen is voor dit onderzoek. Deze chip is momenteel nog in de testfase.
KPI	<i>Key Performance Indicator</i> . Dit zijn indicatoren waarbij prestatiedoelen operationeel mee worden gemaakt. Voor kosten is dat bijvoorbeeld de kostprijs per <i>spray nozzle</i> .
SHL	Scandinavian Health Limited. De SHL Groep is ontwikkelaar, en producent van producten voor medicijntoediening.
Spray nozzle	Een <i>spray nozzle</i> is het hulpstuk dat zorgt voor een nevel wanneer er een vloeistof doorheen wordt gepompt. Een <i>spray nozzle</i> bestaat bij Medspray uit een silicium plaatje van vier bij één millimeter versmolten in een plastic omhulsel.
Supply chain	Alle processen en onderdelen die van belang zijn in een keten om een product of dienst van de leverancier naar de klant te brengen [Reid & Sanders, 2005].
Wafer	Een siliciumplaatje met een diameter van 150 millimeter.