

# Verbeteren van de kwaliteit van de verdeling van vezels in glaswol

**E. Thijs**

Oktober 2018

Bachelor Technische Bedrijfskunde  
Universiteit Twente



**UNIVERSITY  
OF TWENTE.**





# Verbeteren van de kwaliteit van de verdeling van vezels in glaswol

*Bachelor Thesis Technische Bedrijfskunde*

## **Auteur**

E. Thijs  
S1696963  
Bachelor Technische Bedrijfskunde

## **Saint-Gobain Isover, Etten-Leur**

Parallelweg 20  
4878 AH Etten-Leur  
Nederland  
(0)76 508 0000

## **Begeleider Saint-Gobain Isover, Etten-Leur**

P. van Gaalen  
Productie supervisor tellijnen

## **Universiteit Twente**

Drienerlolaan 5  
7522 NB Enschede  
Nederland  
(0)53 489 9111

## **Begeleiders Universiteit Twente**

Dr. A.I. Aldea  
Prof. dr. M.E. Iacob  
Behavioural Management and Social Science

Wegens de vertrouwelijkheid van het onderzoek is alle bedrijfsspecifieke informatie uitgesloten van de openbare versie.



## Voorwoord

Voor u ligt mijn bachelor thesis: “Verbeteren van de kwaliteit van de verdeling van vezels in glaswol”. Deze thesis is geschreven ter afronding van mijn bachelor Technische Bedrijfskunde aan de Universiteit Twente. Deze opdracht is uitgevoerd bij Saint-Gobain Isover te Etten-Leur. Hier heb ik onderzoek gedaan naar de vezelverdeling van de A-lijn.

Ik wil graag alle medewerkers bedanken die mij hebben geholpen tijdens mijn onderzoek. In het bijzonder wil ik Peer van Gaalen en Jurgen Nooren bedanken voor de begeleiding binnen het bedrijf. Ook wil ik graag Adina Aldea en Maria Iacob bedanken voor de begeleiding en feedback die ik van hen heb gekregen.

Ik wens u veel leesplezier!

Ellen Thijs,

Etten-Leur, oktober 2018

## Managementsamenvatting

Isover Etten-Leur behoort tot de isolatiedivisie van Saint-Gobain en produceert glaswol en glasvlies. Saint-Gobain maakt gebruik van World Class Manufacturing (WCM) programma's voor haar fabrieken. Met deze programma's wil ze verliezen identificeren, kwantificeren, elimineren en de oplossing borgen. Eén van de pilaren van WCM is de cost deployment pilaar. Uit de door Isover gemaakte cost deployment is gebleken dat het bedrijf veel geld verliest door een niet-optimale glasvezelverdeling in het glaswol. In het onderzoek wordt gekeken hoe de kwaliteit van de vezelverdeling verbeterd kan worden om zo een kosten verlaging te bereiken.

In het theoretisch kader wordt de theorie van WCM, de cost deployment en de gebruikte tools (5W+1H en Pareto analyse) beschreven.

Vervolgens is de huidige situatie in kaart gebracht. Aan de hand van een BPM model is bekeken hoe het huidige proces verloopt. Uit de cost deployment werd duidelijk dat de grootste kosten worden veroorzaakt door de overdensity, gevolgd door het quality defect. De mogelijke oorzaken die tot deze verliezen geleid hebben, werden met behulp van de 5W+1H methode verzameld. Al snel bleek dat van een deel van deze oorzaken geen of niet voldoende data waren opgeslagen om deze mee te nemen in het onderzoek. Het ging hierbij vooral om data van het handmatig besturen van de balancelles. De gegevens over handmatig en automatisch besturen van de balancelles worden samen opgeslagen, waardoor apart analyseren niet mogelijk is.

Van de oorzaken waarvan wel voldoende realtime data was opgeslagen, is de data eerst verzameld met behulp van Active Factory, een programma waarin de variatie coëfficiënt van de dichtheid van glaswol realtime wordt opgeslagen. Wanneer de variatie coëfficiënt onder de -5 of boven de 5 zit, wordt de vezelverdeling als "slecht" beoordeeld. De data analyse is in excel gemaakt. Per oorzaak is het aantal draai uren en het aantal uren met slechte verdeling bepaald. Hieruit is de normalisatie waarde berekend en samen met het totale aantal draai uren in een grafiek gezet. Daarnaast is op al deze oorzaken ook een Pareto analyse toegepast.

Wanneer naar de resultaten van de grafieken en de Pareto analyse gekeken wordt, blijkt een aantal oorzaken een rol te spelen. Gebleken is dat over het algemeen de producten met kleine productvolumes een slechtere verdeling hebben. Dit kan komen doordat het meetsysteem minder waardes heeft van deze producten, hierdoor is het moeilijk om de verdeling van deze producten te sturen. De producten die vaak gedraaid worden hebben daarentegen minder vaak een slechte verdeling. Het aantal koppen en de koppencombinaties waarmee gedraaid wordt, spelen ook een rol. Met hoe minder koppen er gedraaid wordt, hoe slechter de vezelverdeling is. Er wordt veruit het meeste met 6 koppen gedraaid, hierbij is er ook het minst vaak een slechte verdeling. Naast technische factoren blijken ook menselijke factoren van belang, namelijk ook de ploegen spelen een rol in de slechte verdeling. Ploeg 2 en 5 draaien vaker een goede verdeling dan de andere ploegen. Verder hebben de personen met de meeste ervaring, minder vaak last van een slechte verdeling.

Aan de hand van het onderzoek zijn de volgende aanbevelingen gedaan:

Overdensity: In vervolgonderzoek zou gekeken moeten worden wat een verlaging van de densiteit voor gevolgen heeft voor de vezelverdeling en de afvalkosten. Het heeft alleen zin de densiteit te verlagen als de kosten die daarmee bespaard worden groter zijn dan de afvalkosten.

Ploegen en personen: Eerst moet er data worden verzameld over het handmatig schakelen. Vervolgens kan er een stappenplan worden gemaakt over de juiste manier van bedienen van de balancelles.

Koppen: Door een richtlijn te maken voor de koppen kan er gekeken worden welke koppencombinaties aangezet moeten worden in welke situatie.

# Inhoudsopgave

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Verbeteren van de kwaliteit van de verdeling van vezels in glaswol ..... | I  |
| Voorwoord .....                                                          | IV |
| Managementsamenvatting .....                                             | V  |
| Inhoudsopgave .....                                                      | VI |
| Hoofdstuk 1: Introductie .....                                           | 1  |
| 1.1 Bedrijfsachtergrond.....                                             | 1  |
| 1.2 Aanleiding.....                                                      | 1  |
| 1.3 Probleemstelling.....                                                | 2  |
| 1.3.1 Probleem kluwen.....                                               | 2  |
| 1.3.2 Kern probleem.....                                                 | 2  |
| 1.3.3 Meetsysteem.....                                                   | 3  |
| 1.4 Probleemaanpak .....                                                 | 3  |
| 1.4.1 Probleem definiëren & fenomenen beschrijven .....                  | 3  |
| 1.4.2 Systeem begrijpen .....                                            | 5  |
| 1.4.3 Oorzaak analyseren .....                                           | 5  |
| 1.4.4 Maatregelen treffen .....                                          | 5  |
| 1.5 Onderzoeksvragen.....                                                | 5  |
| 1.6 Onderzoek ontwerp.....                                               | 6  |
| 1.6.1 Deliverables .....                                                 | 6  |
| 1.6.2 Belanghebbenden .....                                              | 6  |
| 1.6.3 Beperkingen.....                                                   | 6  |
| 1.6.4 Validiteit .....                                                   | 7  |
| Hoofdstuk 2: Theoretisch kader .....                                     | 8  |
| 2.1 World Class Manufacturing .....                                      | 8  |
| 2.1.1 Wat is World Class Manufacturing? .....                            | 8  |
| 2.1.2 De tempel van WCM .....                                            | 10 |
| 2.1.3 De tools van WCM.....                                              | 12 |
| 2.2 Verbetercycli .....                                                  | 14 |
| 2.3 Data modelleren en analyseren .....                                  | 15 |
| 2.3.1 Modelleren .....                                                   | 15 |
| 2.3.2 Analyseren .....                                                   | 16 |
| 2.4 Conclusie .....                                                      | 18 |
| Hoofdstuk 3: Huidige situatie .....                                      | 19 |
| 3.1 BPM model vezelverdeling .....                                       | 19 |
| 3.2 Proces beschrijving .....                                            | 21 |

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| 3.2.1 Meetsysteem .....                                   | 21 |
| 3.2.2 Displays operators .....                            | 21 |
| 3.3 Optimale verdeling volgens Isover .....               | 21 |
| 3.4 Cost deployment vezelverdeling .....                  | 21 |
| 3.4.1 Kosten vezelverdeling Isover .....                  | 21 |
| 3.4.2 Verband tussen de vezelverdeling en de kosten ..... | 21 |
| 3.5 Conclusie .....                                       | 21 |
| Hoofdstuk 4: Data verzamelen en analyseren .....          | 22 |
| 4.1 Data verzamelen .....                                 | 22 |
| 4.3 Resultaten .....                                      | 22 |
| 4.4 Conclusie .....                                       | 22 |
| Hoofdstuk 5: Conclusie .....                              | 23 |
| 5.1 Conclusie .....                                       | 23 |
| 5.2 Discussie .....                                       | 25 |
| 5.3 Aanbevelingen .....                                   | 25 |
| 5.3.1 Overdensity .....                                   | 25 |
| 5.3.2 Ploegen en personen .....                           | 26 |
| 5.3.3 Koppen .....                                        | 26 |
| 5.3.4 Dashboard .....                                     | 26 |
| 5.4 Evaluatie .....                                       | 27 |
| 5.5 Bijdrage .....                                        | 27 |
| Bibliografie .....                                        | 28 |
| Appendix A: Mogelijke problemen .....                     | 30 |
| Appendix B: Displays operators .....                      | 31 |
| Appendix C: Cost deployment .....                         | 31 |
| Appendix D: Vernieuwd BPM model .....                     | 31 |
| Appendix E: Resultaten .....                              | 31 |
| Appendix F: Dashboard .....                               | 31 |

# Hoofdstuk 1: Introductie

In dit hoofdstuk wordt de bedrijfsachtergrond van Isover beschreven. Vervolgens wordt de aanleiding van de opdracht gegeven. Gevolgd door de probleemstelling, de probleemaanpak, de onderzoeksvragen en het onderzoek ontwerp.

## 1.1 Bedrijfsachtergrond

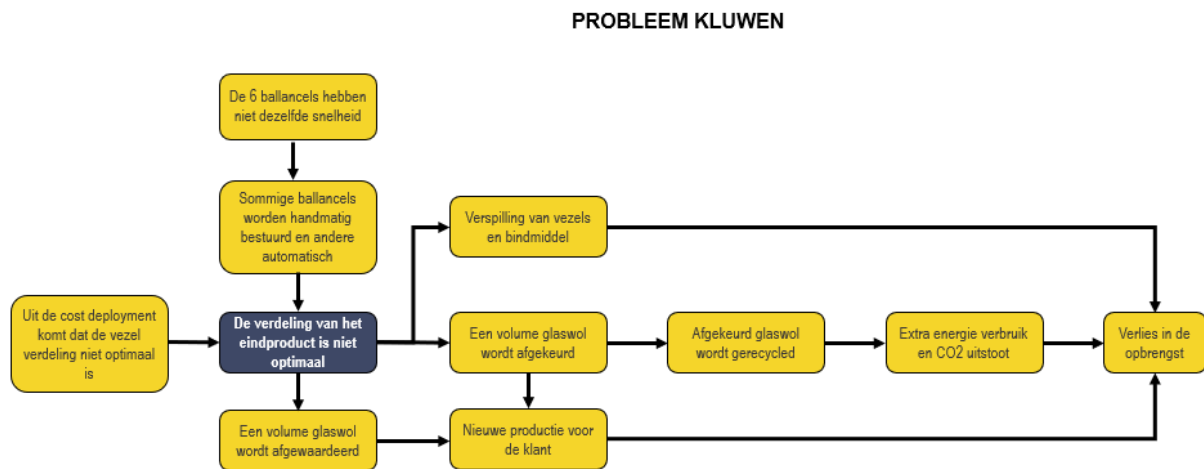
Saint-Gobain is een Franse multinational die voornamelijk bouw- en constructie materialen ontwikkelt, produceert en distribueert. Het is gevestigd in 67 landen en heeft 170.000 werknemers wereldwijd. Isover is de isolatiedivisie van Saint-Gobain en is wereldwijd de grootste producent van isolatiematerialen. De divisie heeft als missie “thermische, akoestische en brandveilige isolatieoplossingen te ontwikkelen die zorgen voor een comfortabele, energie-efficiënte en duurzame leefomgeving” (Isover, n.d.). Isover, in Etten-Leur, heeft ongeveer 200 werknemers en produceert glaswol en glasvlies. Het project vindt zowel plaats bij telwarm als tellijnen van de A-lijn. De supervisor van dit project is Peer van Galen, productie supervisor van tellijnen.

## 1.2 Aanleiding

Saint-Gobain streeft erna om haar fabrieken op een zo veilig en efficiënt mogelijke manier te bedrijven. Hierdoor werkt Isover met een operational excellence program genaamd, Word Class Manufacturing (WCM). Binnen WCM worden verschillende vormen van de operational excellence toegepast, TPM, Six Sigma, 5S, Kaizen. Om de productie lijnen te verbeteren wordt er gekeken naar verliezen. Uit de cost deployment is gebleken dat er veel meer vezels worden gebruikt voor de glaswolmatten dan nodig. Dit komt doordat de vezelverdeling vaak slecht is. Om toch aan de producteisen te voldoen moeten er meer vezels worden toegevoegd dan nodig. De verdelingsregeling is opgebouwd uit twee regelingen. De eerste regeling kijkt naar het aantal spinmachines dat actief is en stemt daarop de slingerbeweging en de snelheid van de balancelle af. De tweede regeling is gekoppeld aan de gramsgewichtsmeter (deze meet ook de dichtheid van het glaswol), een online meetinstrument dat de operator helpt bij het borgen van de kwaliteit. De gramsgewichtsmeter meet de verdeling van de fibers in de mat en is gekoppeld aan de verdelingsregeling die eerder in het proces zit. Op basis van de metingen van de gramsgewichtsmeter wordt de breedte van de slag en offset van de slag automatisch gecorrigeerd. Deze twee regelingen werken in combinatie met elkaar en zorgen samen voor het eindresultaat. Isover wil weten wat de reden is dat de verdelingsregeling niet het gewenste resultaat geeft en wat de mogelijke oplossingen zijn om dit resultaat wel te behalen. Het doel van Isover is om met minder glas in het glaswol nog steeds aan de producteisen te voldoen. Om dit te bereiken wil Isover eerst de variatie coëfficiënt van de dichtheid van het glaswol tussen de -5 en 5 hebben.

## 1.3 Probleemstelling

### 1.3.1 Probleem kluwen



Figuur 1: Probleem kluwen

In figuur 1 is de probleem kluwen weergegeven. Van deze problemen is zeker dat ze zich voordoen. In appendix A staan andere mogelijke problemen die ook een oorzaak kunnen zijn van de niet optimale verdeling.

De balancelle zorgt ervoor dat de spinner waar de vezels uit komen een slinger beweging maakt. De zes balancelles die voor de vezelverdeling van het glaswol zorgen hebben niet dezelfde snelheid. Een gelijke snelheid is nodig voor een optimale verdeling. Daarnaast worden sommige balancelles met de hand aangestuurd.

De hoeveelheid glasvezel per vierkante meter is een maat voor de dichtheid. Isover moet aan de productspecificaties voldoen wat betreft de dichtheid van het glaswol. Wanneer de dichtheid te hoog is, worden er meer vezels gebruikt dan nodig zou zijn. Als de dichtheid te laag is voldoet het glaswol niet aan de producteisen en moet het worden afgewaardeerd. Het glaswol moet dan eventueel worden gerecycled, wat een toename aan energie verbruik en CO2 uitstoot betekent, en mogelijk moet nieuw glaswol voor de klant worden geproduceerd.

### 1.3.2 Kern probleem

Het kern probleem is gekozen aan de hand van de criteria van het boek "Geen probleem" (Heerkens & van Winden, 2012). In de probleemkluwen wordt gekeken welk probleem zelf geen verdere oorzaak meer heeft. Dit zijn "De 6 balancelles hebben niet dezelfde snelheid" en "De verdeling van het eindproduct is niet optimaal.". Dan wordt er in "Geen probleem" (Heerkens & van Winden, 2012) gekeken of de mogelijke kernproblemen te beïnvloeden zijn, dit is bij beide het geval. Tot slot moet het belangrijkste probleem gekozen worden om op te lossen. Het probleem van de balancelles oplossen is een kleiner probleem dan het oplossen van de vezelverdeling. Daarom is gekozen voor het kern probleem, "de verdeling van de vezels in het eind product is niet optimaal". Dit leidt tot verspilling van de vezels en bindmiddel en brengt onnodige kosten met zich mee. Saint-Gobain verwacht dat 30% van alle kosten die ze hebben, voortkomen uit vermijdbare verliezen. Wanneer het glaswol een betere vezelverdeling heeft, worden er minder stukken glaswol afgekeurd, daardoor wordt er minder vezels en bindmiddel verbruikt en uiteindelijk minder energie geconsumeerd en CO2 uitgestoten. Uiteindelijk worden de productie kosten verlaagd.

### 1.3.3 Meetsysteem

Wegens vertrouwelijkheid is deze sub paragraaf uitgesloten.

## 1.4 Probleemaanpak

Saint-Gobain maakt gebruik van WCM, World Class Manufacturing, programma's voor haar fabrieken. Met deze programma's wil ze verliezen identificeren, kwantificeren, elimineren en de oplossing borgen.

Wanneer er een probleem optreedt wordt er eerst gekeken naar wat voor soort probleem het is en daarna wordt er bepaald welke oplosmethode er wordt gebruikt. Om het probleem van de verdeling van vezels in het glaswol op te lossen, wil Isover dat dit aan de hand van Kaizen wordt opgelost. Saint-Gobain heeft deze handleiding gemaakt aan de hand van ervaringen met soortgelijke problemen (Saint-Gobain, n.d.).

De handleiding verdeelt de probleem aanpak in vier categorieën:

1. Probleem definiëren & fenomenen beschrijven
2. Systeem begrijpen
3. De oorzaak analyseren
4. Maatregelen treffen

### 1.4.1 Probleem definiëren & fenomenen beschrijven

Bij het definiëren van een probleem is er een gestructureerde benadering nodig om de data te verzamelen.

Allereerst wordt er gekeken welke variabelen een invloed uit kunnen oefenen op de vezelverdeling. Per variabele wordt er data verzameld en in grafieken verwerkt, zo kan er per variabele gekeken worden of/en welke variabelen de meeste invloed hebben.

Om te achterhalen welke variabelen invloed uit kunnen oefenen op de vezelverdeling, wordt gebruik gemaakt van de zogenoemde, 5W + 1H methode. De werknemers helpen mee met het aandragen van de mogelijke variabelen.

*WHAT - Bij welk product, machine, grootte hoort het probleem?*

Hier vallen de variabelen onder die tijdens een stabiele productie periode van invloed kunnen zijn. Stabiele periode wil zeggen dat er niets op of aan de lijn veranderd wordt tijdens het meten.

1. Het aantal spinners dat aan staat per set. Er zijn twee sets van ieder 3 spinners waar de vezels uitkomen, in beide sets kan er voor gekozen worden om 0, 2 of 3 spinners aan te zetten
2. De snelheid van de lijn waar de vezels over worden verdeeld.
3. De diameter en lengte van de vezels.
4. De hoeveelheid na-verdunning die op de vezels wordt gespoten.
5. Het drukverschil over de trommels waar de vezels op worden gezogen.
6. De hoek van de balancelle.
7. De amplitude van de balancelle.
8. De breedte van de receptie bak

Etc.

*WHEN - Is het probleem gelinkt aan een specifiek event?*

Denk hierbij aan tijdens “continue running”, een “changeover”, het opstarten, het stil zetten, na een het overschakelen naar handmatig, of na een break?

Deze variabelen worden bekeken tijdens of rondom een verandering.

1. Een kwaliteitscontrole van een andere afdeling met een verzoek tot correctie (Tellijnen)
2. Een ploegoverdracht, er zijn 5 ploegen.
3. Het aantal actieve spinners verandert.
4. De hoeveelheid na-verdunning wordt veranderd.
5. Het drukverschil van de trommels verandert.
6. De snelheid van de lijn verandert.

Etc.

*WHERE - Waar op de machine, het product of component verschijnt het probleem?*

1. De plaats op de lijn (links, rechts, in het midden, aan de zijkanen, boven of onder)

Etc.

*WHO - Is het probleem gelinkt aan een shift, team of persoon?*

1. De ploeg die dat moment aan het werk is. Er zijn 5 ploegen met ieder 4 operators die elk de parameters kunnen veranderen die de vezelverdeling beïnvloeden.
2. De std van de verdeling van de vezels wordt gemeten gedurende een instabiele periode, terwijl de operator in de veronderstelling is dat de verandering of wijziging is gestabiliseerd. Als gevolg wordt te vroeg (en mogelijk onterecht) een correctie doorgevoerd.

Etc.

*WHICH - Welke richting gaat het probleem op? Wordt het erger of wordt het beter?*

1. Gezien het grote aantal mogelijke productconfiguraties, zal van de meest voorkomende configuraties de trend van de std/cov worden uitgezet. Om te bepalen of de lange termijn trend zich positief of negatief ontwikkelt.

Etc.

*HOW - Hoe ziet de fysieke verandering van het product er uit vergeleken met zijn optimale conditie?*

1. Hoe ziet het huidige product er nu uit en hoe zou het product eruit zien in optimale conditie?

Etc.

Wanneer alle is data geanalyseerd, kan er worden bepaald welke variabele(n) de oorzaak(en) zijn dat de verdeling van de vezels niet optimaal is.

Aan de hand van de Pareto analyse van de verschillende fenomenen kunnen de bijbehorende deelsystemen worden bepaald. Hiermee wordt voorkomen dat het totale systeem moet worden geanalyseerd. Het fenomeen met het grootste financiële verlies zal worden aangepakt.

#### 1.4.2 Systeem begrijpen

Wanneer duidelijk is welk fenomeen de meeste invloed op de verdeling van de vezels heeft, wordt er naar het systeem gekeken waar het fenomeen zich voordoet. Zo wordt er voorkomen dat alle complexe systemen bekeken moeten worden en hun onderlinge interacties.

Zodra een deelsysteem is bepaald, dan worden hiervan de principes en parameters bestudeerd en hun impact op de vezelverdeling bepaald.

#### 1.4.3 Oorzaak analyseren

Als het systeem waar het fenomeen zich voordoet begrepen is, kan er bewijs geleverd worden dat het fenomeen dat tijdens fase 1 ontdekt is ook daadwerkelijk invloed heeft op de vezelverdeling.

Van het fenomeen worden:

De mogelijke oorzaken geïdentificeerd, hiervoor wordt de 5W + 1H methode gebruikt.

De mogelijke oorzaken geverifieerd. Er wordt bewijs geleverd waarom dit de grondoorzaak is, met behulp van de 5-why methode.

#### 1.4.4 Maatregelen treffen

Tijdens deze fase wordt er gekeken welke maatregelen er getroffen kunnen worden om het fenomeen te minimaliseren of volledig te elimineren.

Aan de hand van een ICE-approach wordt er bepaald welke oplossingen worden uitgevoerd. Bij de Impact Cost Ease approach, wordt er gekeken wat de impact van de oplossing is, hoe duur het is om de oplossing aan te passen en hoe moeilijk het is om de oplossing te introduceren. Aan alle drie wordt een cijfer toegekend tussen de 1 en 5 en aan de hand van de formule  $(I * C * E)$  wordt er gekeken welke oplossing de hoogste waarde heeft en dus als eerste ingevoerd gaat worden.

Er wordt gekeken of er bepaalde oplossingen gecombineerd kunnen worden.

Daarna wordt er gekeken hoe de resultaten geborgd kunnen worden. Het moet niet zo zijn dat de oplossing maar voor een korte tijd werkt.

### 1.5 Onderzoeksvragen

Aan de hand van het kernprobleem, de verdeling van de vezels in het glaswol is niet optimaal, is de hoofdvraag op gesteld:

***Hoofdvraag: Hoe kan de kwaliteit van de vezelverdeling in glaswol worden verbeterd om een kosten verlaging te bereiken?***

Met behulp van de probleem aanpak, zijn er onderzoeksvragen opgesteld. De vragen dienen als hulp bij het beantwoorden van de hoofdvraag. Eerst zijn er een aantal kennisvragen opgesteld, daarna komen de onderzoeksvragen.

#### Stap 1: Probleem definiëren & fenomenen beschrijven

Om erachter te komen welke methodes er allemaal gebruikt kunnen worden voor het analyseren en modeleren van bedrijfsprocessen is de volgende kennisvraag opgesteld. Deze vraag kan met behulp van literatuur beantwoord worden.

*1. Welke methodes zijn er voor het analyseren en modeleren van bedrijfsprocessen?*

#### Stap 2: Systeem begrijpen

Om te achterhalen welke oorzaken er een rol kunnen spelen in de verdeling van de vezels is het van belang dat het huidige proces wordt geanalyseerd. De kennisvraag hierbij is:

## *2. Hoe ziet het huidige proces rondom de vezelverdeling eruit?*

Het antwoord op deze vraag zal groot en deels beantwoord worden met de formulieren die Isover over het proces heeft en met behulp van de gekregen technische kennis die de werknemers hebben.

De aanleiding van dit onderzoek is dat er uit de cost deployment van Isover gekomen is dat de vezelverdeling in het eindproduct niet optimaal is.

## *3. Wat is een cost deployment en hoe is deze gerelateerd aan de vezelverdeling?*

Eerst wordt er met behulp van de theorie uitgelegd wat een cost deployment is en hoe deze wordt opgezet. Vervolgens wordt met behulp van de cost deployment van Isover bepaald wat de huidige cost deployment van de vezelverdeling is. Tot slot wordt het verband tussen de vezelverdeling en de kosten beschreven.

In de handleiding van Isover wordt er gebruikt gemaakt van de Pareto analyse om de data te analyseren. Hiervoor is de volgende kennisvraag bij opgesteld. Deze vraag zal beantwoord worden met literatuur.

## *4. Wat is de Pareto analyse en hoe kan deze worden toegepast?*

### Stap 3: Oorzaken analyseren

Na alle mogelijke oorzaken te hebben geanalyseerd kan bepaald worden welke oorzaken er een rol hebben in de niet optimale verdeling van de vezels. Deze vraag wordt beantwoord met behulp van informatieformulieren van Isover, hierbij wordt gekeken wat de voorwaarden zijn om een verdeling optimaal te maken. Vervolgens wordt er door middel van data analyse gekeken wat volgens de praktijk de oorzaken zijn van een slechte vezelverdeling.

## *5. Wat zijn de oorzaken dat de verdeling van de vezels in glaswol niet optimaal is?*

## 1.6 Onderzoek ontwerp

### 1.6.1 Deliverables

Aan het einde van het project zal Isover een rapport krijgen met daarin een omschrijving van het proces van de vezelverdeling in de vorm van een model, een analyse van de vezelverdeling met daarbij de grootste oorzaken dat de vezelverdeling niet optimaal is en advies hoe het project verder door kan gaan.

### 1.6.2 Belanghebbenden

Isover Etten-Leur krijg meer inzicht in het probleem van de vezelverdeling, waardoor zij uiteindelijk met een lagere densiteit kunnen produceren en de verliezen dalen.

Andere isolatie fabrieken van Saint-Gobain hebben ook te maken met een slechte vezel verdeling. Het aantal balancelles en de producten kunnen wel verschillen, maar zij kunnen gebruik maken van de methode van dit onderzoek om een beter inzicht te krijgen in hun vezel verdeling.

### 1.6.3 Beperkingen

Tijd is een grote beperking tijdens dit project. Volgens de Kaizen moet er verbeterd blijven worden wat betekent dat na het oplossen van een fenomeen gekeken wordt naar het volgende fenomeen met de grootste invloed. Daarnaast zijn er te veel variabelen die invloed kunnen hebben op de vezelverdeling waardoor er geen tijd is om ze allemaal mee te nemen in het onderzoek.

Een andere beperking is data. Van sommige variabelen is er te weinig data waardoor dit niet meegenomen kan worden in de analyse.

#### 1.6.4 Validiteit

Interne validiteit: De werknemers die gevraagd worden hun technische kennis te delen, zijn uitgekozen door de begeleider van Isover. Alleen de werknemers die weten hoe het proces van de vezelverdeling werkt zullen gevraagd worden hun technische kennis te delen.

Externe validiteit: Het is mogelijk dat andere fabrieken van Saint-Gobain de oplossingen voor de vezelverdeling over zullen nemen. Er zal dan eerst wel gekeken moeten worden of de oorzaken die bij Isover ontdekt zijn, ook plaats vinden in deze fabrieken. Hierna moet gekeken worden of de mogelijke oplossingen ook te implementeren zijn. Het kan zijn dat de oplossing bij de ene fabriek makkelijk of goedkoper te implementeren is dan bij de andere fabriek.

## Hoofdstuk 2: Theoretisch kader

In dit hoofdstuk wordt het theoretisch kader beschreven. Hierbij wordt antwoord gegeven op de kennisvraag: *Welke methodes zijn er voor het analyseren en modeleren van bedrijfsprocessen?* en worden de theorie van de volgende kennisvragen beantwoord: *Wat is de Pareto analyse en hoe kan deze worden toegepast? Wat is een cost deployment en hoe is deze gerelateerd aan de vezelverdeling?*

Hoofdstuk twee is verdeeld in drie delen; World Class Manufacturing, verbetercycli en data modeleren en analyseren.

### 2.1 World Class Manufacturing

Producenten uit verschillende bedrijfstakken voelen wereldwijd de druk van de concurrentie. Daarom moeten ze geavanceerde producten leveren met een hoge kwaliteit en tegen minimale kosten. Dit geldt ook voor Saint-Gobain, het moederbedrijf van Isover. Saint-Gobain is bezig om in alle werkomgevingen World Class Manufacturing (WCM) te introduceren. Ook dit onderzoek past binnen het kader van WCM.

In paragraaf 2.1.1 wordt eerst algemene uitleg over WCM gegeven zoals een definitie en de fundamentele principes. Er wordt uitgebreid ingegaan op de WCM-tempel, waarvan één van de pilaren, de cost deployment pilaar, belangrijk is in dit onderzoek. WCM maakt gebruik van tools om verbeteringen te bewerkstelligen. Een aantal van deze tools wordt in paragraaf 2.1.3 beschreven.

WCM, Lean, Six Sigma, etc. maken gebruik van een verbeter cyclus, in paragraaf 2.2 worden twee alternatieven beschreven. Bij elke cyclus moet data worden verzameld en geanalyseerd worden. Data-analyse speelt een belangrijke rol in dit onderzoek. De verschillende methoden om dit te doen komen in paragraaf 2.3 aan bod.

De conclusie van dit theoretisch kader wordt beschreven in paragraaf 2.4.

#### 2.1.1 Wat is World Class Manufacturing?

In een wereld waarin bedrijven hun producten ineens *citius, altius, fortius* (Latijn voor: sneller, hoger, sterker) moesten leveren, bedacht Schonberger (1986), de term World Class Manufacturing (WCM). Volgens zijn definitie is WCM het geheel van vele technieken en technologieën die ontworpen zijn om een bedrijf in staat te stellen tegenstand te bieden aan zijn beste concurrenten. Later werd onder leiding van professor Yamashina de definitie uitgebreid en een tempel gemaakt zoals die in paragraaf 2.1.2 te zien is (De Felice, Petrillo, & Monfreda, 2013).

World Class Manufacturing maakt gebruik van elementen van disciplines als Total Quality Management, Total Productive Maintenance, Total Industrial Engineering, Just-In-Time en Lean Manufacturing. De Felice et al. (2013) formuleert onderstaande basisprincipes voor WCM. Het wordt al snel duidelijk dat deze principes overlap kennen met bovengenoemde disciplines.

Basisprincipes van WCM (De Felice et al., 2013):

- Betrokkenheid van de mensen is de sleutel tot verandering
- WCM is niet zo maar een project, maar een nieuwe manier van werken
- Het voorkomen van ongelukken is een waarde waaraan nooit voorbij gegaan mag worden
- De stem van de klant moet doordringen tot elke afdeling en elk kantoor
- Alle leidinggevendenden moeten de standaard set respecteren
- Methoden moeten consistent worden toegepast
- Elke vorm van MUDA(= verspilling) is onacceptabel

- Alle fouten moeten zichtbaar gemaakt worden
- Pak de oorzaak aan in plaats van de gevolgen

Deze basisprincipes zijn ook belangrijk voor dit onderzoek. Het is belangrijk zichtbaar te maken waar de fouten zitten en te kijken waar deze worden veroorzaakt. Zodat de oorzaken kunnen worden aangepakt. Het is belangrijk dat zowel leidinggevendenden als operators hierbij betrokken worden.

#### *De disciplines van WCM*

Zoals hierboven al beschreven is, maakt WCM gebruik van een aantal disciplines, waaronder Lean Management, Total Quality Management en Six Sigma. Van oorsprong verschilden deze management filosofieën van elkaar maar tegenwoordig vertonen ze veel overlap. Toch zijn er wel degelijk verschillen. Een beknopte vergelijking tussen de disciplines kan gevonden worden in onderstaande figuur 3.

Bozdogan (2010) heeft een veel uitgebreidere vergelijking gemaakt. Daarbij is gekeken waar bij de verschillende disciplines de focus ligt, op strategisch (beslissingen op basis van het business model, investeringen, etc), tactisch (personeelszaken, relaties met leveranciers, etc.) of op operationeel vlak (productie scheduling, inkoop, order verwerking, etc.). Daarnaast worden de disciplines ook vergeleken op basis van mogelijkheden tot implementatie van werkvloer tot het netwerk systeem van een bedrijf.

| Concepts          | TQM                                                          | Six sigma                                                                                       | Lean                                                                                         |
|-------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Origin            | The quality evolution in Japan                               | The quality evolution in Japan and Motorola                                                     | The quality evolution in Japan and Toyota                                                    |
| Theory            | Focus on customers                                           | No defects                                                                                      | Remove waste                                                                                 |
| Process view      | Improve and uniform processes                                | Reduce variation and improve processes                                                          | Improve flow in processes                                                                    |
| Approach          | Let everybody be committed                                   | Project management                                                                              | Project management                                                                           |
| Methodologies     | Plan, do, study, act                                         | Define, measure, analyse, improve (or design), control (or verify)                              | Understanding customer value, value stream, analysis, flow, pull, perfection                 |
| Tools             | Analytical and statistical tools                             | Advanced statistical and analytical tools                                                       | Analytical tools                                                                             |
| Primary effects   | Increase customer satisfaction                               | Save money                                                                                      | Reduce lead time                                                                             |
| Secondary effects | Achieves customer loyalty and improves performance           | Achieves business goals and improves financial performance                                      | Reduces inventory, increases productivity and customer satisfaction                          |
| Criticism         | No tangible improvements, resource-demanding, unclear notion | Does not involve everybody, does not improve customer satisfaction, does not have a system view | Reduces flexibility, causes congestion in the supply chain, not applicable in all industries |

Figuur 2. Vergelijking TQM, Lean en Six Sigma. Bron: (Andersson, Eriksson, & Torstensson, 2006)

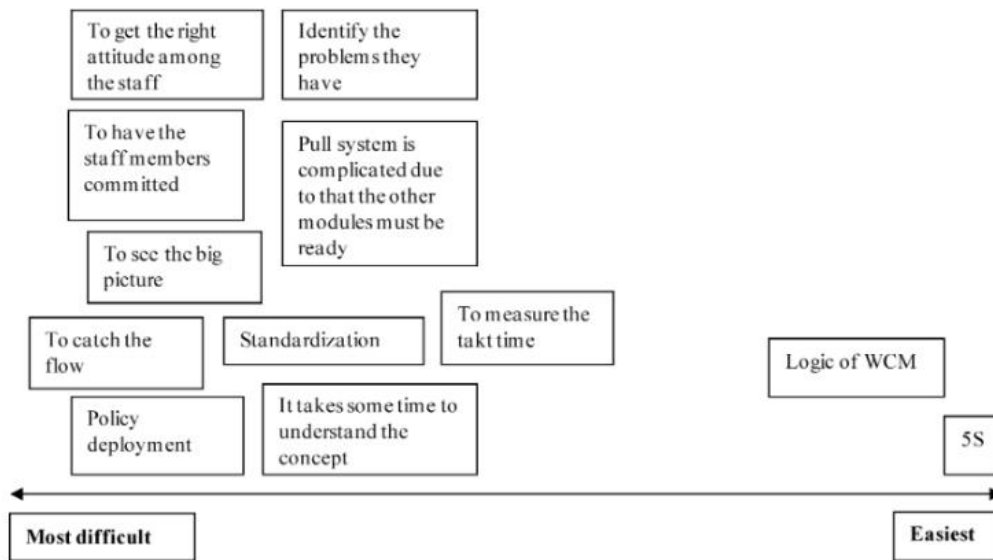
Ook Palucha (2012) beschrijft World Class Manufacturing als een model dat als basis gebruik maakt van meerdere concepten. Volgens Palucha gaat het onder andere om concepten van Total Quality Control (TQC), Total Productive Maintenance (TPM) Total Industrial Engineering (TIE) en Just in Time (JIT).

In dit onderzoek zal er vooral gekeken worden naar het in kaart brengen van de mogelijke oorzaken van de verkeerde vezelverdeling om zo de hoeveelheid afval te verminderen en geld en tijd te besparen. Dat betekent dat er gebruik gemaakt wordt van elementen die bij alle disciplines thuis horen.

#### *Kritische geluiden over WCM*

Hoewel vele bronnen schrijven over de succesvolle implementatie van WCM zijn er ook kritische geluiden. Abrahamsson en Isaksson (2012) onderzochten de implementatie van WCM en de culturele impact. In principe houdt WCM geen rekening met de culturele impact. Maar aangezien het invoeren van WCM een cultuur verandering moet bewerkstelligen, is er toch onderzoek naar gedaan (Abrahamsson & Isaksson, 2012). Hoewel er steeds wordt gesproken over Lean, blijkt uit het artikel

dat het om WCM gaat. Als resultaat van zijn onderzoek heeft hij in kaart gebracht wat gezien wordt als makkelijk en wat als moeilijk bij het invoeren van WCM, zie figuur 4.



Figuur 3. Rangschikking naar moeilijkheid bij de implementatie van WCM. Bron: Abrahamsson & Isaksson (2012).

### 2.1.2 De tempel van WCM

Het World Class Manufacturing model is gebaseerd op tien technische pilaren die gerelateerd zijn aan productie processen en tien management gerelateerde pilaren (Palucha, 2012)(De Felice et al., 2013). De pilaren staan met elkaar in verband. Acties die genomen worden in de ene pilaar hebben ook betrekking op andere pilaren. Elke pilaar streeft naar excellentie. In onderstaand figuur is de WCM-tempel met de tien technische pilaren te zien.

1. De Safety pilaar wordt gebruikt om constant de werkomgeving te verbeteren om zo ongelukken of gevaarlijke situaties te voorkomen.
2. De pilaar cost deployment wordt hieronder uitgebreid behandeld.
3. De pilaar focused improvement wordt gebruikt om de belangrijkste verliezen die uit de cost deployment naar voren zijn gekomen aan te pakken.
4. De pilaar autonome activiteiten omvat autonoom onderhoud om de overall efficiency te verbeteren en een goede inrichting van de werkplek te bereiken.
5. Naast autonoom onderhoud is er ook een pilaar voor professioneel onderhoud, om het aantal breakdowns te minimaliseren.
6. De kwaliteitscontrole pilaar wordt gebruikt om de kwaliteit van het product te waarborgen tegen minimale kosten, hierbij is het belangrijk dat medewerkers over vaardigheden beschikken om kwaliteitsproblemen op te lossen.
7. De logistieke en customer service pilaar heeft als doel een goede balans te vinden tussen de voorraden, de transportkosten en levertijden .
8. De early equipment pilaar speelt vooral een rol wanneer nieuwe apparatuur of nieuwe producten worden geïntroduceerd.
9. De People Development pilaar zorgt door middel van een gestructureerd trainingssysteem in de benodigde vaardigheden en kennis voor elke werkplek.
10. De milieu pilaar zorgt ervoor dat in ISO-certificaten vastgelegde milieueisen gehaald worden en dat daarnaast gezorgd wordt voor een cultuur waarbij zo min mogelijk energie verspild wordt.

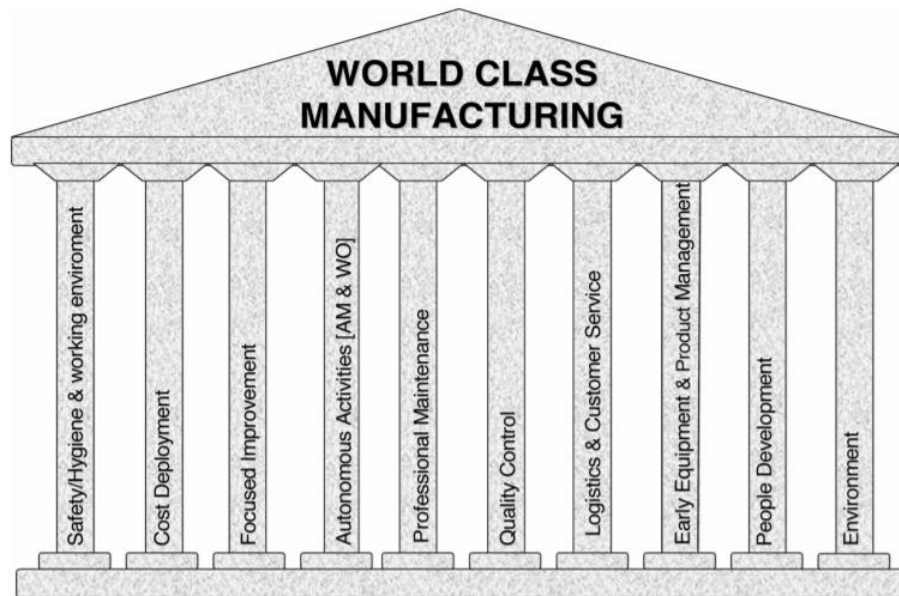


Fig. 1. Pillars of WCM [17]

Figuur 4. WCM tempel. Bron: Palucha (2012).

De Felice et al. (2013) benoemt naast de technische pilaren ook nog de tien management gerelateerde pilaren.

#### *Cost deployment*

De cost deployment is bedacht door Yamashina en Kubo. Tegenwoordig is het een van de pilaren van WCM. Een cost deployment is een systematische methode voor het verlagen van de productiekosten. Met behulp van de cost deployment kunnen bedrijven de oorzaken van verliezen en verspillingen achterhalen en bepalen welke projecten er opgezet moeten worden om deze oorzaken te elimineren (Chiarini & Vagnoni, 2014).

In de cost deployment worden de volgende stappen gevolgd. (Chiarini & Vagnoni, 2014)(Knutsen, et. al, 2016)

1. *Het bestuderen van de relaties tussen de verschillende kosten factoren en de processen die voor verliezen en verspillingen zorgen.* Eerst wordt er gekeken welke verliezen er allemaal zijn, in welke mate deze optreden en in welk productiesysteem het verlies voorkomt (Yamashina & Kubo, 2002). Dit zorgt voor een beter besef van welke verliezen er allemaal zijn in de fabriek. Vervolgens worden alle relevante processen opgeschreven en worden er categorieën gemaakt voor de verliezen en verspillingen. Tot slot worden alle relevante verliezen en verspillingen ingedeeld in een categorie.
2. *De oorzaken identificeren van de verliezen en verspillingen.* Zo is er een duidelijk overzicht in welke categorie de verliezen en verspillingen horen. Eerst wordt er bepaald welke methodes er nodig zijn voor het verkrijgen van de verliesgegevens, vervolgens worden de verliesgegevens ingedeeld in een categorie en wordt de orde grootte van elk verlies bepaald.
3. *De relaties tussen de oorzakelijke kosten en de resulterende kosten in kaart brengen.* Wanneer er in een proces van het productiesysteem een verlies optreedt, verschijnen er vaak andere verliezen vanwege dat verlies. Er is dus een oorzaak-gevolg relatie tussen bepaalde verliezen (Yamashina & Kubo, 2002). Daarom wordt er onderscheid gemaakt tussen de oorzakelijke en de resulterende verliezen. Afhankelijk van hun onderlinge relaties worden de resulterende

verliezen toegewezen aan de oorzakelijke verliezen. Dit wordt gedaan door de causale verbanden tussen verliezen te bepalen.

4. *De verliezen verminderen. De verliezen worden gerangschikt in prioriteit op basis van verwachte besparing, te maken kosten en eenvoud van invoering* Alle verliezen worden uitgedrukt in kosten, hierdoor komt er een overzicht wat de kosten per verliessoort zijn. De kosten van de resulterende verliezen worden aan de oorzakelijke verliezen toegewezen. Dit zorgt ervoor dat alle werkelijke kosten worden gevisualiseerd. Dit wordt gedaan door eerst de methode te bepalen om de kostentarieven vast te stellen volgens de richtlijnen van het bedrijf. Vervolgens wordt het kosten tarief bepaald waarbij de kosten worden uitgedrukt per eenheid van het verlies en alle kosten samengevat die zijn toegewezen aan elk oorzakelijk verlies om de totale kosten te bepalen van het oorzakelijk verlies. Vervolgens wordt de methode bepaald waarmee het oorzakelijke verlies moet worden aangepakt.
5. *Het continu monitoren van de voortgang en resultaten van de verbeteringsprojecten.* Om verliezen te reduceren, moeten projecten gericht zijn op de oorzakelijke verliezen. Tijdens deze stap word er gekeken welke verbeter projecten er zijn en er wordt bepaald wat de verwachte vermindering van de oorzakelijke en resulterende verliezen zouden zijn na het afronden van de projecten.
6. *Berekenen hoeveel het kost om de projecten te implementeren.* Dit is nodig om de kosten en baten van een project te evalueren, hiervoor worden de implementatie kosten vergeleken met de verwachte opbrengsten van het project. In deze fasen worden eerst de implementatie kosten zo nauwkeurig mogelijk berekend, dan wordt er bepaald welke maatregelen er toegepast moeten worden om het project te implementeren en tot slot wordt er bepaald hoeveel de investering op kan leveren.
7. *De projecten selecteren en implementeren.* Er moet bepaald worden welk project er als eerst uitgevoerd gaat worden. Dit wordt gedaan door te bekijken welk project de meeste verliezen kan reduceren. Tot slot wordt er een plan gemaakt voor de implementatie van het project.

Het grootste voordeel van de cost deployment is dat het helpt om kosten toe te wijzen aan de grondoorzaken van de verliezen in het productieproces en dat het de verliezen sorteert op wat het hoogste resultaat op levert (Silva, Kovaleski, Gaia, Garcia, & de Andrade, 2012). Het nadeel is dat de methode modellen maakt die slechts een weergave van de realiteit zijn. Een model is alleen succesvol wanneer er input van hoge kwaliteit geleverd wordt. Bedrijven moeten routines ontwikkelen om de data continu te verbeteren en er zal samenwerking nodig zijn van verschillende afdelingen om de juiste data te krijgen (Semini, 2011).

In dit onderzoek wordt de cost deployment gebruikt om de belangrijkste verliezen omtrent de vezelverdeling naar grootte te sorteren. Er wordt gezocht naar een verband tussen de vezelverdeling van glaswol en de kosten.

### 2.1.3 De tools van WCM

#### 5W+1H

De 5W+1H tool wordt gebruikt om een compleet beeld te krijgen van een probleem met al zijn fundamentele aspecten. De 5W+1H kan voor verschillende woorden staan. Volgens De Felice et al. (2013) staan de letters in 5W en 1H voor: wie, wat, **waarom**, waar, wanneer en hoe. Volgens Knop en Mielczarek (2018) staan de letters 5W en 1 H voor wat, waar, wanneer, wie, **welke** en hoe. De gedachtegang achter deze methode is dat “wanneer je niets vraagt, je ook niets te weten komt”. “Een goed beschreven probleem het halve werk”. Omdat het om open vragen gaat zullen de antwoorden alle kanten van het probleem belichten. De 5W1H methode is geen methode die direct oplossingen oplevert, maar het is een methode die helpt bij een duidelijke identificatie geven van het probleem (Knop & Mielczarek, 2018).

Voor dit onderzoek is het belangrijk om te kijken of de problemen veroorzaakt worden door bijvoorbeeld de apparatuur, de ploegen of het productieschema. Het gebruik van de 5W+1H tool is hierbij nuttig.

#### *Design of Experiments*

Bij het opzetten van een experiment worden opzettelijk één of meerdere variabelen in het proces veranderd om te kijken wat het effect van die veranderingen is op één of meerdere andere variabelen. Het statistische design of experiments (DOE) is een efficiënte methode om experimenten te plannen zodat de verkregen data geanalyseerd kan worden om zo objectieve geldige conclusies te kunnen trekken. DOE begint met het formuleren van de doelstellingen van het experiment en met het selecteren van de proces factoren die onderzocht gaan worden. Om zoveel mogelijke informatie uit het onderzoek te halen is het belangrijk dat er van tevoren een goed experimenteel plan is gemaakt (Croarkin, et al., 2010).

DOE is een methode die het mogelijk maakt om sneller, beter en goedkoper te produceren. Het is namelijk een methode die op een systematische manier kennis vergaart en organiseert en zorgt voor verbeteringen op de meest efficiënte wijze. Het kan gebruikt worden in omgevingen waarbij het belangrijk is om snel en efficiënt kennis te vergaren als er nog geen verbanden bekend zijn (Condra, 1991).

Volgens De Felice et al. (2013) is het een methode die het mogelijk maakt om tegelijkertijd zowel individuele als interactieve effecten te bestuderen, die de output van resultaten kunnen beïnvloeden.

Isover produceert al vele jaren glaswol, dus de belangrijkste verbanden zijn al bekend. Daarnaast is het erg lastig om Design of Experiments op te zetten in een volcontinue productiebedrijf. Deze methode zal dan ook niet de voorkeur hebben. In plaats daarvan is Kaizen, dat beschreven wordt in de volgende paragraaf, een geschiktere tool.

#### *Kaizen*

Kaizen betekent letterlijk “continue verbetering”. Daarbij gaat het niet om de mate van verbetering maar het moment van de verbetering. Het doet er niet toe dat de verbeteringen misschien maar klein zijn. Waar het om draait is dat er elke week, elke maand of welke periode dan ook er een soort verbetering werkelijk heeft plaats gevonden (Slack, Brandon-Jones, & Johnston, 2013) .

Het is toegewijd aan de verbetering van de productiviteit, efficiëntie, kwaliteit en in het algemeen aan de bedrijfsprestaties. De Kaizen methoden zijn bekend om de continue verbetering van de economische resultaten door kleine stappen te maken. Een kleine verbetering wordt toegepast op belangrijke processen en zorgt voor een verlaging van de kosten (Titu, Oprean, & Grecu, 2010).

Er zijn meerdere soorten Kaizens: quick, standard, major en advanced Kaizen De Felice et al. (2013). De methode die gebruikt wordt hangt af van de kennis die voorhanden is. Als er veel kennis is kan een quick kaizen gebruikt worden, terwijl als er nog geen relaties bekend zijn er gekozen kan worden voor een advanced kaizen. Major Kaizen komt vaak neer op het toepassen van 5Whys en 4 M tools. Advanced Kaizen maakt meer gebruik van statistische analyses en kan daarom vergeleken worden met een Design of Experiments. In een productie omgeving is het uitvoeren van een advanced kaizen een hele uitdaging. Dit komt omdat productie managers vaak niet over de vereiste statistische kennis beschikken en daarnaast is het vaak haast onmogelijk vanwege de beschikbaarheid van middelen, tijd, materiaalpartijen en vanwege het feit dat sommige factoren moeilijk te variëren zijn (Sundarrajan, 2012).

Dit onderzoek kan eigenlijk gezien worden als een voortraject van Kaizen. Voordat er werkelijk verbeterd kan worden, moet er eerst gekeken worden op welk vlak er verbeterd moet worden. Daarvoor moet eerst de data die uit de verschillende meetsystemen verkregen wordt, geanalyseerd worden.

## 2.2 Verbetercycli

Verbeterfilosofieën zoals WCM en Lean, etc. maken gebruik van verschillende alternatieven voor verbeter cycli. Slack et al. (2013) noemt de twee onderstaande.

### *PDCA*

PDCA staat voor Plan-Do-Check-Act. Deze methode wordt vooral gebruikt bij de discipline TQM (Andersson et al., 2006)

**Plan:** In deze fase wordt de huidige methode en het probleemgebied bestudeerd. Er wordt data verzameld en geanalyseerd om een actieplan te formuleren.

**Do:** Het plan wordt geïmplementeerd. Wanneer er problemen ontstaan tijdens het implementeren komt er een kleine PDCA-cyclus om een het plan aan te passen.

**Check:** Het plan wordt hier geëvalueerd om te zien of het geleid heeft tot de verwachte prestatie verbetering.

**Act:** Wanneer het plan blijkt te werken zal de oplossing worden gestandaardiseerd. Wanneer het plan niet werkt worden de fouten die geleerd zijn opgeschreven voordat de cyclus opnieuw begint.

### *DMAIC*

Een alternatieve cyclus is de DMAIC-cyclus, Define-Measurement-Analyse-Improve-Control. Six Sigma maakt over het algemeen gebruik van deze cyclus (Andersson et al., 2006).

**Define:** Bepaal de problemen om te begrijpen wat er gedaan moet worden en om de eisen te bepalen van de proces verbetering. Vaak wordt er in dit stadium een doel gesteld. De 5W +1H helpen bij het definiëren van het probleem.

**Measurement:** Om er voor te zorgen dat het probleem het waard is om op te lossen, wordt het probleem gevalideerd. Dit wordt gedaan met behulp van data om het probleem te verfijnen en te meten wat er precies gebeurt.

**Analyse:** Tijdens deze fase worden er hypothesen ontwikkeld over wat de grondoorzaken van het probleem zijn. Vervolgens wordt er bewijs geleverd of de oorzaken daadwerkelijk het probleem veroorzaken.

**Improve:** Er worden ideeën ontwikkeld om de oorzaken op te lossen. De oplossingen worden getest en de oplossingen die werken worden geïmplementeerd.

**Control:** Tot slot wordt het proces gecontroleerd of de oplossingen inderdaad werken.

Welke verbetercyclus ook gebruikt wordt, dit onderzoek valt bij beide onder de eerste stap. Er wordt namelijk data verzameld en geanalyseerd om de problemen te begrijpen. De 5W+1H tool wordt gebruikt om inzicht te krijgen in de problemen.

## 2.3 Data modelleren en analyseren

### 2.3.1 Modelleren

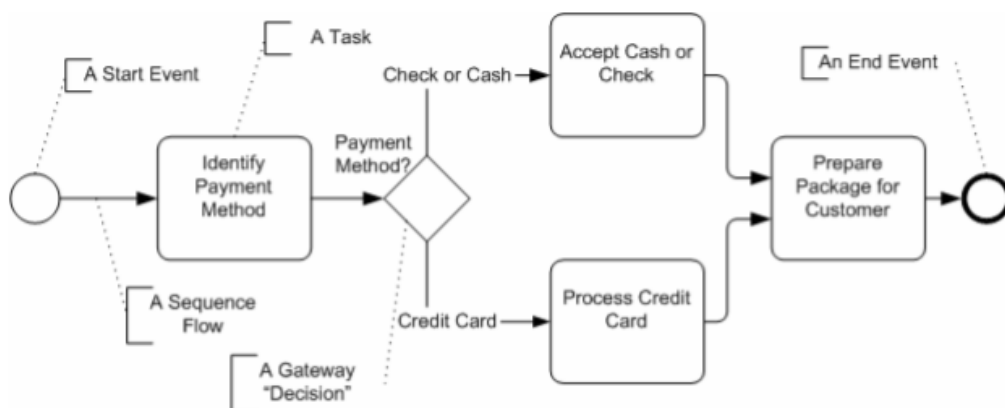
Voordat het verzeelingsproces kan worden geanalyseerd en verbeterd is er een model nodig dat het proces beschrijft. Een model dat daarbij zowel gebruikt kan worden door het technisch kader als het management, is het business process model (BPM).

#### BPM

Business Process Modelling is een methode waarbij bedrijfsprocessen in kaart worden gebracht. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een standaard grafische weergave, de BPM Notation. BPMN bestaat uit 4 categorieën van elementen: flow objects (stroomobjecten), connecting objects (verbindende objecten), swimlanes (zwembanen) en artefacts (artefacten) (White, n.d.).

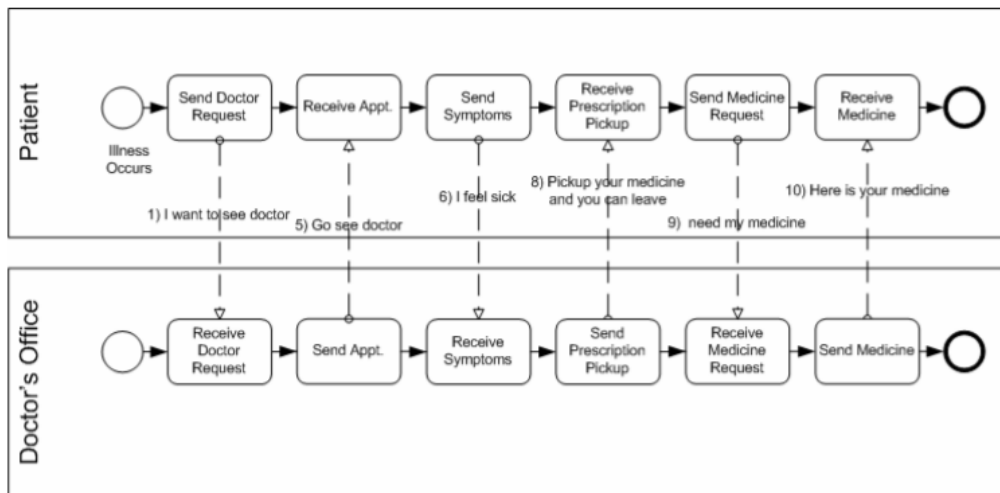
Er zijn 3 flow objects, namelijk activiteiten, weergegeven met een rechthoek met ronde hoeken, gebeurtenissen weergegeven met een cirkel en kruisingen, waarbij beslissingen moeten worden genomen, weergegeven met een ruit.

Er zijn ook weer 3 soorten verbindende objecten: een sequentie stroom weergegeven met een dichte lijn met pijl, een boodschapstroom weergegeven door een gestreepte lijn met open pijl en een associatie stroom, weergegeven met een gestippelde lijn. De sequentiestroom verbindt verschillende flowobjecten met elkaar. Boodschapstromen worden gebruikt om boodschappen tussen swimlanes weer te geven. En associatiestromen worden gebruikt om artefacten te verbinden met activiteiten.



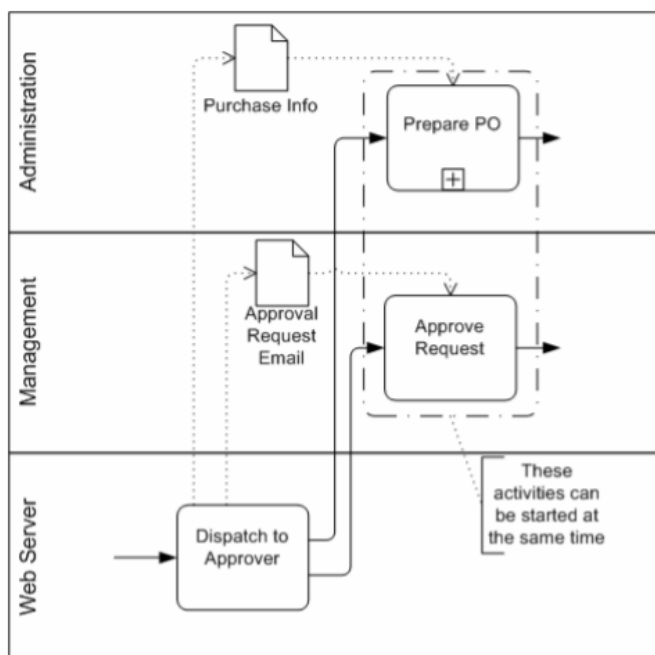
Figuur 5. Voorbeeld eenvoudig BPM model met Flow objects en verbindende objecten. Bron: White (n.d.)

Swimlanes worden gebruikt als er meerdere afdelingen in kaart worden gebracht. Elke afdeling stelt dan één zwembaan voor. De interactie tussen de afdelingen wordt weergegeven met boodschapstromen.



Figuur 6. Voorbeeld van een BPM model met swimlanes Bron: White (n.d.).

Artefacts die gebruikt kunnen worden zijn data objecten, om weer te geven hoe de data overdracht verloopt, tekstballonnen om extra informatie aan het BPM model toe te kunnen voegen en een groep peer object om aan te geven dat bepaalde onderdelen samen tot één geheel horen.



Figuur 7. Voorbeeld van een BPM model met artefacts. Bron: White (n.d.).

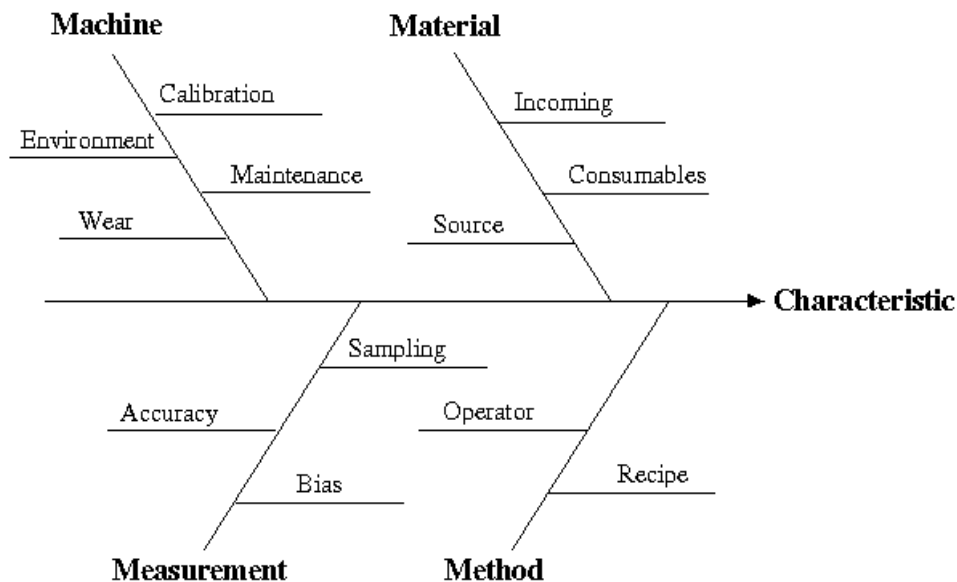
### 2.3.2 Analyseren

Wanneer er data beschikbaar is, is het belangrijk om deze op een juiste wijze te analyseren. Daarbij wordt geprobeerd verbanden te leggen tussen variabelen.

#### 4M

Wanneer er weinig data beschikbaar is dan kan bijvoorbeeld gebruik gemaakt worden van de 4M methode die vaak weergegeven wordt aan de hand van een visgraat diagram. Hiermee kan de complexiteit van productie processen ontleed worden. Er wordt een proces karakteristiek gekozen en die wordt uitgezet tegen categorieën die de karakteristiek beïnvloeden zoals materiaal, mens, machine en methode (De Felice et al., 2013). Of meting zoals te zien in onderstaand diagram (Croarkin, et al., 2010). Wanneer mens wordt bekeken, dan wordt onder andere gekeken naar

menselijke fouten. Naarmate er meer handmatige bewerkingen door operators moeten worden uitgevoerd is de kans hierop groter. Als voorbeeld van zo'n omgeving noemt (Palucha, 2012) een assembleer afdeling. Het lastige aan het opsporen van deze fouten is dat er zoveel verschillende werknemers aan het werk zijn. Wanneer slechts één enkele operator steeds dezelfde fout maakt moet dit toch opgespoord worden, zodat deze geschoold kan worden en dezelfde fout in de toekomst niet weer gaat maken.

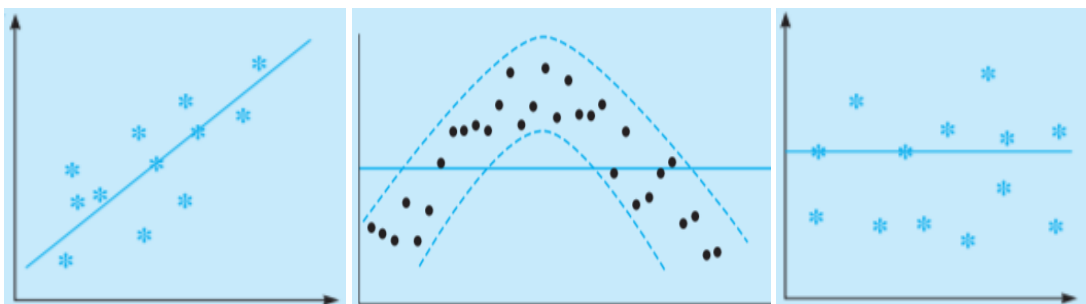


Figuur 8. 4M methode. Bron: Croarkin, et al. (2010)

Maar wanneer er veel data beschikbaar is dan werkt deze methode niet meer. Methoden die dan gebruikt worden zijn histogrammen, scatter diagrammen en pareto analyse methoden (De Felice et al., 2013). In het onderzoek zal gebruik worden gemaakt van al deze laatste 3 methoden.

#### Scatter diagram

Scatter betekent letterlijk “verstrooien”. Met behulp van scatter diagrammen wordt op grafische wijze geprobeerd verbanden te leggen tussen variabelen. Op de horizontale as wordt de onafhankelijke variabele uitgezet en op de verticale as de afhankelijke. Wanneer er niet een perfecte relatie is, zoals bij een rechte lijn het geval is, dan is een regressie analyse noodzakelijk. Hieruit kan dan blijken of er een lineaire, niet-lineaire of zelfs helemaal geen relatie is tussen de variabelen, zoals in onderstaande figuren is te zien (Render, Stair, JR., & Hanna, 2012)



Figuur 9. Voorbeelden van scatter diagrammen waarbij een lineair verband (links), een niet-lineair verband (midden) en geen verband (rechts), mogelijke uitkomsten zijn. Bron: Render et al. (2012).

### *Pareto*

Pareto analyse laat zien welke oorzaak de meeste impact heeft op het probleem. Het is een relatief eenvoudige techniek waarbij het gaat om ordenen in volgorde van belangrijkheid over de soorten problemen of oorzaken van het probleem. De Pareto analyse wordt ook wel de 80/20 regel genoemd, omdat vaak 20% van de oorzaken voor 80% van de gevolgen verantwoordelijk is.

Eerst wordt er gekeken welke oorzaken er allemaal zijn en worden deze onderverdeeld in verschillende categorieën. Vervolgens wordt de periode bepaald waarover de gegevens verzameld worden. Dan wordt er per product uitgerekend hoe vaak het product over de tijdsperiode gebruikt wordt, deze waarden komen in kolom 2. In kolom 3 worden de kosten van het product weergegeven. Door kolom 2 en 3 met elkaar te vermenigvuldigen wordt uitgerekend wat de “usage value” van het product is, dit wordt weergegeven in kolom 4. Door de “usage values” van alle producten bij elkaar op te tellen kan het percentage van de totale waarde per product worden berekend (kolom 5). Tot slot wordt in kolom 6 het cumulatieve percentage van de totale waarde berekend. Aan de hand van de tabel kan er een grafiek worden gemaakt met daarin een staafdiagram met de “usage value” per product en een lijn van de cumulatieve waardes (Slack et al., 2013)

## 2.4 Conclusie

World Class Manufacturing (WCM) is een hele brede methode die gebruikt maakt van disciplines zoals Lean, SixSigma en TQM. Bij WCM zijn tien technische en tien management pilaren geïntroduceerd die allemaal streven naar excellentie. In dit onderzoek speelt de pilaar cost deployment een belangrijke rol. Deze pilaar maakt het mogelijk om de kosten van verliezen naar grootte te rangschikken.

Om het niveau van excellentie te halen maakt WCM gebruik van verschillende tools. De tools 5W+1H, Design of Experiments en Kaizen zijn beschreven. De 5W+1H tool is altijd bruikbaar. De tool van major kaizen, die gebruik maakt van analyse tools zoals bijvoorbeeld 4M, kan in een productie omgeving goed toegepast worden. Maar tools als advanced kaizen of design of experiments zijn haast onmogelijk te gebruiken in een productie omgeving, vanwege een gebrek aan benodigde statistische kennis en aan uitvoerbaarheid.

Voor dat er echter gebruik kan worden gemaakt van één van deze tools, moet het proces eerst geanalyseerd en beschreven worden met behulp van een BPM model en moet de aanwezige data eerst geanalyseerd worden, hiervoor is een pareto analyse geschikt.

## Hoofdstuk 3: Huidige situatie

In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op twee deelvragen. De eerste vraag: *Hoe ziet het huidige proces rondom de vezelverdeling eruit?* Deze vraag wordt beantwoord door middel van een BPM model en een beschrijving van het proces. De tweede deelvraag: *Hoe kan er volgens de theorie een optimale verdeling verkregen worden?* Voor deze vraag wordt er gebruik gemaakt van de werkinstructies van Isover.

### 3.1 BPM model vezelverdeling

Voor het proces van de vezelverdeling is een Business Proces Management (BPM) model gemaakt. Hiervoor is het programma van Bizagi gebruikt.

In het model (zie figuur 11) zijn alleen de stappen gezet die de vezelverdeling kunnen beïnvloeden. Tusseliggende processen zoals het toevoegen van het bindmiddel of uitharden van het glaswol zijn achterwege gelaten omdat die ook niet zijn meegenomen in het onderzoek. Verder is het proces voor en na de vezelverdeling niet verwerkt in het model omdat het model anders te complex wordt.

In het huidige model wordt niet automatisch opgeslagen wanneer de balancelles handmatig of automatisch worden bestuurd. Hierdoor kan er geen analyse worden gemaakt over de verdeling wanneer de balancelles handmatig bestuurd worden.

Dit figuur is wegens vertrouwelijkheid niet zichtbaar.

*Figuur 10. BPM model vezelverdeling*

## 3.2 Proces beschrijving

De volgende subparagrafen zijn wegens vertrouwelijkheid uitgesloten.

### 3.2.1 Meetsysteem

### 3.2.2 Displays operators

## 3.3 Optimale verdeling volgens Isover

## 3.4 Cost deployment vezelverdeling

### 3.4.1 Kosten vezelverdeling Isover

### 3.4.2 Verband tussen de vezelverdeling en de kosten

## 3.5 Conclusie

In Active Factory wordt er geen onderscheid gemaakt tussen het handmatig en automatisch besturen van de balancelles. Hierdoor kan er niet gekeken worden onder welke omstandigheid de slechte verdeling meer plaats vindt. Verder is het voor een goede vezelverdeling belangrijk dat het glas goed vervezeld wordt en de frequenties van de balancelles op elkaar zijn afgesteld. Data van de meeste parameters wordt echter niet realtime opgeslagen en kunnen daardoor niet voor het onderzoek worden gebruikt. Verder ontbreekt de data over de fase van balancelle 1 en is er te weinig data van balancelle 3.

De verliezen van de vezelverdeling zijn terug te vinden in twee delen van de cost deployment. Het grootste verlies zit bij de overusage. Er wordt **X** ton aan overdensity geproduceerd. De tweede categorie is quality defect, waarbij er bijna **X** ton aan productafval is doordat er een slechte verdeling heeft plaats gevonden. Per ton dat er te veel is geproduceerd, is er **X** euro verlies.

Om de overdensity te bepalen worden de producten eerst opgedeeld in thermisch en overig. Vervolgens wordt met behulp van formules en de referentiewaarden van de dichtheid, level 0 density bepaald.

## Hoofdstuk 4: Data verzamelen en analyseren

In dit hoofdstuk wordt eerst beschreven hoe de data verzameld en geanalyseerd is. Vervolgens worden de resultaten besproken.

Dit hoofdstuk is uitgesloten wegens vertrouwelijkheid.

### 4.1 Data verzamelen

### 4.2 Data analyse

### 4.3 Resultaten

### 4.4 Conclusie

## Hoofdstuk 5: Conclusie

In dit hoofdstuk worden eerst de antwoorden op de deelvragen besproken, waarna er een antwoord wordt gegeven op de hoofdvraag. Vervolgens worden de discussiepunten beschreven, gevolgd door de aanbevelingen en de bijdrage van het onderzoek.

### 5.1 Conclusie

In deze paragraaf wordt er een korte conclusie gegeven per deel vraag en tot slot wordt het antwoord gegeven op de hoofdvraag: *Hoe kan de kwaliteit van de vezelverdeling in glaswol worden verbeterd om een kosten verlaging te bereiken?*

#### 1. Welke methodes zijn er voor het analyseren en modeleren van bedrijfsprocessen?

World Class Manufacturing (WCM) is een hele brede methode die gebruikt maakt van disciplines zoals Lean, SixSigma en TQM. Bij WCM zijn tien technische en tien management pilaren geïntroduceerd die allemaal streven naar excellentie. In dit onderzoek speelt de pilaar cost deployment een belangrijke rol. Deze pilaar maakt het mogelijk om de kosten van verliezen naar grootte te rangschikken.

Om het niveau van excellentie te halen maakt WCM gebruik van verschillende tools. De tools 5W+1H, Design of Experiments en Kaizen zijn beschreven. De 5W+1H tool is altijd bruikbaar. De tool van major kaizen, die gebruik maakt van analyse tools zoals bijvoorbeeld 4M, kan in een productie omgeving goed toegepast worden. Maar tools als advanced kaizen of design of experiments zijn haast onmogelijk te gebruiken in een productie omgeving, vanwege een gebrek aan benodigde statistische kennis en aan uitvoerbaarheid.

Voor dat er echter gebruik kan worden gemaakt van één van deze tools, moet het proces eerst geanalyseerd en beschreven worden met behulp van een BPM model en moet de aanwezige data eerst geanalyseerd worden, hiervoor is een pareto analyse geschikt.

#### 2. Hoe ziet het huidige proces rondom de vezelverdeling eruit?

In Active Factory wordt er geen onderscheid gemaakt tussen het handmatig en automatisch besturen van de balancelles. Hierdoor kan er niet gekeken worden onder welke omstandigheid de slechte verdeling meer plaats vindt. Verder is voor een goede vezelverdeling belangrijk dat het glas goed vervezeld wordt en de frequenties van de balancelles op elkaar zijn ingesteld. Data van de meeste parameters worden echter niet realtime opgeslagen en kunnen daardoor niet gebruikt worden voor het onderzoek. Verder ontbreekt de data over de fase van balancelle 1 en is er te weinig data van balancelle 3.

De verliezen van de vezelverdeling zijn terug te vinden in twee delen van de cost deployment. Het grootste verlies zit bij de overusage. Er wordt X ton aan overdensity geproduceerd. De tweede categorie is quality defect, waarbij er bijna X ton aan productafval is doordat er een slechte verdeling heeft plaats gevonden. Per ton dat er te veel is geproduceerd, is er €X verlies.

Om de overdensity te bepalen worden de producten eerst opgedeeld in thermisch en overig. Vervolgens wordt met behulp van formules en de referentiewaarden van de dichtheid, level 0 density bepaald.

#### 3. Wat is een cost deployment en hoe is deze gerelateerd aan de vezelverdeling?

Een cost deployment verdeelt alle verliezen van een bedrijf onder in categorieën. Dit geeft een beter inzicht in de grootste verliezen. Door de cost deployment kan er gekeken worden welke projecten er als eerste opgezet moeten worden om de verliezen te verminderen.

De kosten van de vezelverdeling zijn op twee plaatsen terug te vinden in de cost deployment. Onder “quality defect”, waarbij er voor € X verlies aan gestopte pallets is door een slechte vezel verdeling. En onder “overusage” waarbij er in totaal € X verlies aan “overdensity” is. Waarbij er in totaal dus €X aan verlies is op de vezelverdeling.

Het verband tussen de variatie coëfficiënt van de dichtheid van het glaswol en de kosten is niet te bepalen. Wel kan er gekeken worden naar het volume dat te veel geproduceerd wordt of uiteindelijk afval wordt. Het aantal ton aan verliezen door een slechte vezelverdeling is evenredig met de kosten. De cost deployment maakt tussen de verliezen door gestopte pallets en de verliezen door overdensity geen onderscheid. Per ton afval of ton dat te veel geproduceerd is door overdensity, is er € X aan verlies.

#### *4. Wat is de Pareto analyse en hoe kan deze worden toegepast?*

Pareto analyse laat zien welke oorzaak de meeste impact heeft op het probleem. Het is een relatief eenvoudige techniek waarbij het gaat om ordenen in volgorde van belangrijkheid over de soorten problemen of oorzaken van het probleem.

In dit onderzoek is wel gebruik gemaakt van de Pareto analyse bij dikte 25 tot 70, maar dit leverde geen extra informatie op. De resultaten voor dikte 25 tot 70 waren hetzelfde als de resultaten van alle diktes. Daarom is er verder niet naar de Pareto analyse gekeken.

#### *5. Wat zijn de oorzaken dat de verdeling van de vezels in glaswol niet optimaal is?*

Om een optimale verdeling te krijgen, moet er gekeken worden naar de vervezeling. De parameters moeten goed ingesteld staan en de frequenties van de balancelles moeten op elkaar zijn afgesteld. Helaas is er te weinig realtime data beschikbaar om deze factoren mee te kunnen nemen in het onderzoek.

Wanneer naar de resultaten gekeken wordt, hebben over het algemeen de producten met kleine productvolumes een slechtere verdeling. Dit kan komen doordat het meetsysteem minder waardes heeft van deze producten, hierdoor is het moeilijk om de verdeling van deze producten te sturen. De producten die vaak gedraaid worden hebben daarentegen minder vaak een slechte verdeling.

Met hoe minder koppen er gedraaid wordt, hoe slechter de vezel verdeling is. Er wordt veruit het meeste met 6 koppen gedraaid, hierbij is er ook het minst vaak een slechte verdeling.

Ook de ploegen spelen een rol in de slechte verdeling. Ploeg 2 en 5 draaien vaker een goede verdeling dan de andere ploegen. Verder hebben de personen met de meeste ervaring, minder vaak last van een slechte verdeling.

#### ***Hoe kan de kwaliteit van de vezelverdeling in glaswol worden verbeterd om een kosten verlaging te bereiken?***

Uit het onderzoek is een duidelijk verschil in prestaties van de ploegen en de personen gebleken. Personen met de meeste ervaring hebben minder vaak een slechte vezel verdeling. Mogelijk spelen de motieven omtrent het handmatig instellen van de balancelles ook een rol.

In het onderzoek is gekeken of de hoeveelheid koppen waarmee gedraaid wordt van invloed is op de verdeling. Hierbij bleek dat met hoe meer koppen er gedraaid wordt, hoe beter de verdeling is. Er

wordt veruit het meeste met 6 koppen gedraaid, hierbij is er ook het minst vaak een slechte verdeling.

Het ongepland draaien met drie koppen geeft minder vaak een slechte verdeling dan het gepland draaien met een slechte verdeling. Bij het draaien met vier, vijf en zes koppen geldt het tegenovergestelde. Gepland draaien geeft een betere verdeling dan ongepland met dit koppen aantal draaien.

Uit onderzoek is gebleken welke klassen de slechtste vezelverdeling hebben. Het klinkt misschien logisch om deze klassen aan te pakken, maar omdat het om weinig draai uren gaat zal dat weinig invloed hebben op de verliezen. De klassen met de grootste verliezen in de cost deployment, blijken nauwelijks een slechte vezelverdeling te hebben.

Wanneer er naar de cost deployment gekeken wordt, wat ook de aanleiding van het onderzoek was, blijkt dat de overdensity voor grotere verliezen zorgt dan het afval door een slechte verdeling. Het levert dus meer op om de overdensity te verlagen dan de kwaliteit van de verdeling te verbeteren.

## 5.2 Discussie

In totaal heeft Active Factory 7992 uur aan data opgeslagen, 3736 uur hiervan kan gebruikt worden voor de analyse. Dit komt neer op ongeveer 11 uur per dag, wanneer er wordt uitgegaan van 330 productie dagen. Aangezien er 24 uur per dag gedraaid wordt komt dit neer op weinig data.

Sommige instellingen worden onregelmatig opgeslagen, zoals de frequentie van de balancelles en de instellingen voor de glasvezels (beschreven in paragraaf 3.3). Het handmatig instellen van de balancelles wordt soms vastgelegd in het wachtboek, maar lang niet altijd. Deze gegevens zijn dus niet onder te brengen in de realtime datafile.

In het begin van het onderzoek is de data “aantal keer dat een slechte verdeling plaats vond” vergeleken met het aantal ton dat er geproduceerd werd. Het is beter om tijd met tijd te vergelijken. Daarom is er gedurende het onderzoek voor gekozen om de slechte verdeling per tijdseenheid te vergelijken met het totaal aantal uur dat er gedraaid is. In eerste instantie zijn voor elke productspecificatie drie grafieken gemaakt: het totaal aantal uren gedraaid, het aantal uren slechte verdeling gedraaid en de normalisatie waarden. Met deze drie grafieken was het lastig om verbanden te zien. Om dit probleem op te lossen zijn “het totaal aantal uren gedraaid” en de normalisatie waarden in één grafiek gezet.

Het project duurde maar tien weken waardoor er alleen oppervlakkig is gekeken naar de oorzaken van de slechte vezel verdeling. Er zijn wel verschillende oorzaken geïdentificeerd, maar er kon geen bewijs meer worden geleverd dat deze oorzaken ook de hoofdoorzaken zijn. Hierdoor is er ook geen maatregel getroffen om de vezelverdeling te verbeteren. De stappen “Oorzaak analyseren en maatregelen treffen” van het plan van aanpak zijn niet of slechts gedeeltelijk verwerkt in het onderzoek.

## 5.3 Aanbevelingen

### 5.3.1 Overdensity

Uit de cost deployment is gebleken dat de hoogste kosten niet worden veroorzaakt door de slechte vezelverdeling (€X ; X ton) maar door de overdensity (€X ; X ton). Uit de resultaten is bovendien gebleken dat de producten met de meeste draai uren het minste bijdragen aan een slechte vezelverdeling. Kostentechnisch gezien valt er dus de meeste winst te behalen door de overdensity van deze producten aan te pakken, in plaats van de producten met de slechtste kwaliteit proberen te verbeteren. In vervolgonderzoek zou daarom gekeken moeten worden wat een verlaging van de

densiteit voor gevolgen heeft voor de vezelverdeling en de afvalkosten. Het heeft alleen zin de densiteit te verlagen als de kosten die daarmee bespaard worden groter zijn dan de afvalkosten.

### 5.3.2 Ploegen en personen

Uit het onderzoek is een duidelijk verschil in prestaties van de ploegen en de personen gebleken. Uit gesprekken met de operators komt niet duidelijk naar voren waarom bepaalde beslissingen worden gemaakt, zoals het op handmatig zetten van het systeem. In het wachtboek wordt in theorie bijgehouden wanneer het systeem op handmatig wordt gezet, in de praktijk wordt deze informatie er niet altijd ingezet. Wanneer er automatisch in het systeem (bijvoorbeeld in Active Factory) zou worden opgeslagen wanneer het systeem van de vezel verdeling op handmatig wordt gezet, kan worden gekeken of er een verband is tussen het aantal uren slechte verdeling en de handmatige instellingen per persoon. Dit staat ook in het vernieuwde BPM model in appendix D

Het is van belang dat iedereen dezelfde instellingen gebruikt. Wanneer de motieven voor het handmatig besturen van de balancelles in kaart gebracht zijn, kan er een stappenplan worden opgesteld over de juiste manier van bedienen.

### 5.3.3 Koppen

Uit de resultaten komt dat bepaalde koppencombinaties beter werken dan andere combinaties. Er kan een richtlijn gemaakt worden welke koppencombinaties aangezet moet worden in welke situatie. Bijvoorbeeld: Kop 2 is uitgevallen, met welke combinatie kan er nu het beste gedraaid worden?

### 5.3.4 Dashboard

Om een goed overzicht te kunnen houden over het verloop van de vezel verdeling kan er een dashboard worden gemaakt. Dit dashboard kan gebruikt worden door de supervisor van tellijnen en de productiemanager. Een voorbeeld dashboard is te vinden in appendix F. Zo'n dashboard moet gekoppeld worden aan realtime data. De begin pagina van het dashboard laat de waarden van een jaar terug tot nu zien. Het begin scherm van het dashboard geeft inzicht in het volgende:

- Verliezen door slechte verdeling: dit wordt berekend door het aantal ton te veel geproduceerd door overdensiteit op te tellen bij het aantal ton afval door gestopte pallets. Daarna wordt het aantal ton vermenigvuldigd met de kosten van 1 ton afval.
- Aantal keer slechte vezel verdeling: Dit geeft aan hoe vaak het afgelopen jaar een slechte vezelverdeling is geweest.
- Het aantal uren slechte vezel verdeling: Dit geeft aan hoelang de vezel verdeling slecht was.
- Te veel geproduceerd door overdensiteit (ton): Dit laat zien hoeveel ton er meer is geproduceerd dan eigenlijk nodig was.
- Afval gestopte pallets door een slechte vezelverdeling: Dit geeft weer hoeveel ton afval er is vanwege de slechte verdeling.
- Een grafiek die voor het afgelopen jaar laat zien wat het verloop was van het aantal uren dat de verdeling slecht was
- Een staafdiagram die voor de afgelopen week, per dag aangeeft hoeveel uren de verdeling slecht was.

Aan de linker kant van het dashboard kunnen selecties worden gemaakt. In het voorbeeld (appendix F) zijn het jaar "2018" en de specificatie "klasse". Door deze selecties worden overal alleen de cijfers van 2018 weergegeven en wordt er informatie over de klassen in 2018 gegeven.

## 5.4 Evaluatie

De resultaten van het onderzoek zijn besproken met belanghebbenden. Tijdens het gesprek waren de productie manager, manager van kwaliteit, supervisor tellijnen, supervisor telwarm, management trainee, product engineer en een proces engineer aanwezig.

Tijdens dit gesprek is eerst kort besproken hoe de data is verzameld en geanalyseerd. Vervolgens zijn de resultaten van hoofdstuk 4 en de aanbevelingen uit hoofdstuk 5 besproken.

Naar aanleiding van de presentatie opperde een deel van de aanwezigen om de klassen met de hoogste normalisatie waarden verder te gaan onderzoeken. De klassen die het vaakst gedraaid worden blijken de laagste normalisatie waarden te hebben, maar wel de hoogste kosten met zich mee te brengen, daarom wil de productie manager deze klassen eerst onderzoeken. Het advies hierbij was om de densiteit te verlagen voor de klassen die niet vaak een slechte verdeling hebben. Het bedrijf wil deze klassen eerst verder onderzoeken op technisch gebied, gekeken moeten worden of met het verlagen van de densiteit de minimale eisen van het product nog gehaald kunnen worden.

Uit de resultaten blijkt dat wanneer er met vijf koppen gedraaid wordt, er het vaakst een slechte verdeling plaats vindt als kop 5 uitgezet wordt. Ondanks dat kop 5 een tijdje geleden vernieuwd is en deze kop beter werkt dan de andere koppen, werd er verbaasd gereageerd op dit resultaat. De koppen worden volgens het bedrijf op dezelfde manier aangestuurd. Dit willen ze dus verder onderzoeken.

Het bedrijf bevestigde dat het verschil in presentaties van verschillende ploegen groot is, en dat er een duidelijk verschil is tussen de operators. Het bedrijf gaat kijken of dit verschil verkleind kan worden met behulp van trainingen.

## 5.5 Bijdrage

Dit onderzoek geeft een beter inzicht in de problemen rondom de vezelverdeling. De verliezen van de vezelverdeling zijn duidelijker in kaart gebracht en er wordt een beeld gegeven onder welke producteigenschappen de verdeling een slechte verdeling draait. Ook is er een advies uitgebracht wat er bij vervolg onderzoek meegenomen kan worden. Zo kan de relatie tussen een slechte vezelverdeling en de ploegen beter in kaart worden gebracht wanneer er automatisch informatie wordt opgeslagen over het handmatig schakelen van de balancellen.

Dit project behoort voornamelijk tot toegepast onderzoek. Het levert vooral een bijdrage aan Isover Etten-Leur. Andere fabrieken en de wetenschap in zijn algemeen kunnen niet direct gebruik maken van de resultaten omdat de resultaten product specifiek zijn. Wel kan gebruik gemaakt worden van de methode van aanpak.

## Bibliografie

- Abrahamsson, S., & Isaksson, R. (2012). Implementing Lean - Discussing Standardization versus customization with focus on national cultural dimensions. *MPER*, 4-13.
- Andersson, R., Eriksson, H., & Torstensson, H. (2006). Similarities and differences between TQM, six sigma and lean. *The TQM Magazine*, 282-296.
- Bozdogan, K. (2010). Towards an integration of the lean enterprise system, total quality management, six sigma and related enterprise process improvement methods. *Encyclopedia of Aerospace Engineering*.
- Chiarini, A., & Vagnoni, E. (2014). World-class manufacturing by Fiat. Comparison with Toyota Production System from a Strategic Management, Management Accounting, Operations Management and Performance Measurement dimension. *International Journal of Production Research*.
- Condra, L. W. (1991). *Reliability Improvement with Design of Experiments*. New York: Taylor & Francis Group, LLC.
- Croarkin, C., Tobias, P., Filliben, J. J., Hembree, B., Guthrie, W., Trutna, L., & Prins, J. (2010). *NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods*.
- De Felice, F., Petrillo, A., & Monfreda, S. (2013). Improving Operations Performance with World Class Manufacturing Technique: A Case in Automotive Industry. *Operations Management*.
- Heerkens, H., & van Winden, A. (2012). *Geen probleem*. Nieuwegein: Van Winden Communicatie.
- Isover. (1998). *Operator Manual Verdelingsregeling*.
- Isover. (2012). *Werkinstructie. Fibrage A-lijn*. Etten-Leur.
- Isover. (2016). *General presentation Proc prod*.
- Isover. (2016). *TEL Process & Product: Fibre distribution*.
- Isover. (2018). *Cost Deployment*.
- Isover. (2018). *Introduction to fiberizing*.
- Isover. (n.d.). *Meetmethode 502*.
- Isover. (n.d.). *Over Isover*. Retrieved from Isover: <https://www.isover.nl/over-isover>
- Knop, K., & Mielczarek, K. (2018). Using 5W-1H and 4M Methods to Analyse and Solve the Problem with the Visual Inspection Process - case study. *MATEC Web of Conferences*.
- Knutsen, D. H., & Høeg, P. C. (2016). *Roadmap for Manufacturing Cost Deployment*. Retrieved from <http://better-operations.com/wp-content/uploads/2016/07/Manufacturing-Cost-Deployment-Roadmap.pdf>
- Manzat, Mihai;. (2016, Februari). TEL process & product. Fibre distribution.
- Maurer, R. (2014). *One Small Step Can Change Your Life: The Kaizen Way*. Workman Publishing Company.

- Palucha, K. (2012). World Class Manufacturing model in production management. *international scientific Journal*, 227-234.
- Render, B., Stair, JR., R. M., & Hanna, M. E. (2012). *Quantitative Analysis For Management*. New Jersey: Pearson.
- Saint-Gobain. (n.d.). *STANDARD AND MAJOR: [How to] structured and rigorous way*.
- Schonberger, R. J. (1986). *World Class Manufacturing: The Lessons of Simplicity Applied*. New York: The Free Press.
- Semini, M. (2011). Applicability of Operations Research in Manufacturing Logistics. *NTNU*.
- Silva, L., Kovalski, J., Gaia, S., Garcia, M., & de Andrade, P. (2012). Cost Deployment Tool for Technological Innovation of World Class Manufacturing. *Journal of Transportation Technologies*, 17-23.
- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. (2013). *Operations Management*. Harlow: Pearson.
- Sundarrajan, K. D. (2012). Study of grinding burn using design of experiments approach and advanced kaizen and advanced kaizen methodology. *Industrial and Management Systems Engineering*.
- Titu, M., Oprean, C., & Grecu, D. (2010). Applying the Kaizen Method and the 5S Technique in the Activity of Post-Sale Services in the Knowledge-Based Organization.
- White, S. A. (n.d.). *Introduction to BPMN*. Retrieved from IBM:  
<https://www.ibm.com/developerworks/community/files/basic/anonymous/api/library/7624eb5a-089a-41bf-9b71-b3c33739e18d/document/e908d328-7b50-40e3-8107-70af4e6bb48f/media>
- Yamashina, H., & Kubo, T. (2002). Manufacturing cost deployment.

## Appendix A: Mogelijke problemen

Hier in staan de mogelijke problemen die zich voordoen.

- De spinners die de vezels verdelen in het glaswol zijn oud, hierdoor werken ze minder nauwkeurig
- De meetsystemen die de dichtheid in het glaswol meten zijn niet nauwkeurig genoeg

De volgende mogelijke problemen staan ook beschreven in de probleem aanpak:

- Het aantal spinners dat aan staat per set
- De snelheid van de lijn waar de vezels over worden verdeeld.
- De diameter en lengte van de vezels.
- De hoeveelheid na-verdunning die op de vezels wordt geblazen.
- Het drukverschil over de trommels waar de vezels langs moeten.
- De hoek van de balancelle
- De amplitude van de spinners.
- De breedte van de receptie.
- De ploeg die dat moment aan het werk is beïnvloed de vezelverdeling, er zijn 5 ploegen met ieder 4 operators die elk de parameters kunnen veranderen die de vezelverdeling beïnvloeden.
- De vezelverdeling wordt gemeten gedurende een instabiele periode, terwijl de operator van perceptie is dat de verandering of wijziging is gestabiliseerd. Als gevolg wordt te vroeg (en mogelijk onterecht) een correctie doorgevoerd.
- Het vezel verdeling probleem vindt plaats tijdens een verandering:
  - Een kwaliteitscontrole van een andere afdeling (Tellijnen)
  - Een ploegoverdracht, er zijn 5 ploegen.
  - Het aantal spinners verandert.
  - De hoeveelheid na-verdunning wordt veranderd.
  - Het drukverschil van de trommels verandert.
  - De snelheid van de lijn verandert.
- Het probleem vindt op een bepaalde plaats in op de productielijn plaats.
  - links, rechts, in het midden, aan de zijkanen, boven of onder

Appendix B: Displays operators

Appendix C: Cost deployment

Appendix D: Vernieuwd BPM model

Appendix E: Resultaten

Appendix F: Dashboard