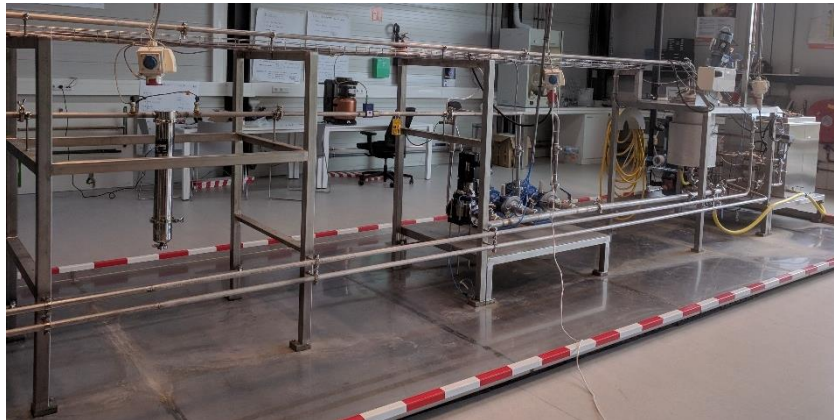


100% Voorspelbaar Onderhoud in de Procesindustrie



Afstudeer locatie: Gate 2, Ericssonstraat 2, Rijen.
School: ROC Stappegoor Tilburg, Procestechniek
Praktijk begeleider: Elmo Arrias
School begeleider: Frits Rijnders
Student: Gijs Pijnenburg
Datum: 1-5-2020

Samenvatting:

Men is in de procesindustrie al jaren op zoek naar hoe onderhoudswerkzaamheden binnen een bedrijf op het juiste moment kunnen worden uitgevoerd. Tegenwoordig lijkt het er op dat d.m.v. CBM hier de oplossing voor gevonden is. Men wil aan de hand van de conditie van de machine voorspellen wanneer er onderhoud moet worden uitgevoerd. In dit verslag worden 2 casussen, het simuleren van een leiding die gaat dichtslippen en het degraderen van een pompwaaier van een centrifugaalpomp, nader onderzocht op het output signaal naar de pomp, het drukverschil over de vernauwing en het aantal trillingen dat de pomp produceert. Van hieruit is het de bedoeling dat op basis van de resultaten die onder verschillende omstandigheden gemeten zijn, voorspellende onderhoudsmodellen worden gemaakt. Uiteindelijk is het gelukt om voor eerste casus een voorspelbaar model te ontwerpen. Door slechts een 2 tal eenvoudige druksensoren over de betreffende leiding te monteren en uit te laten lezen op het DCS kan men voorspellen wanneer de leiding verstopt dreigt te raken. Door de leiding op het juiste moment schoon te maken kunnen de kosten die ontstaan uit 'downtime' ook mechanische kosten aan procesonderdelen, zoals die van een centrifugaalpomp, worden bespaard. De investering heeft voor een ATEX omgeving een terugverdien tijd van 204 dagen. Onder normale omstandigheden is de terugverdien tijd slechts 14 dagen.

Inhoudsopgave

Samenvatting:	1
Voorwoord	4
Hoofdstuk 1: Inleiding	5
1.1 Waarom onderhoud?	5
1.2 Fieldlabs en Living Labs	5
1.3 Opbouw van Fieldlab Campione	6
1.4 Procesbeschrijving	7
1.5 In & externe data	8
Hoofdstuk 2: Probleemstelling.....	9
Hoofdstuk 3: Onderzoeksopzet.....	10
3.1 De formulering van het onderzoek.....	10
3.2 Het soort onderzoek	10
3.3 Data verzameling	11
3.4 Data omschrijving	12
Hoofdstuk 4: Onderzoeksplan.....	13
4.1 De opdracht	13
4.1.1 PDCA:.....	13
PDCA Casus 1 & 2	13
Hoofdstuk 5: Onderzoeksresultaten	14
5.1 Resultaten casus 1: Dichtslibben van een leiding	14
Drukverschil over voor-en na de vernauwing(bar):.....	14
Uitgangssignaal LRC(naar de pomp %):	15
Trilling metingen:	15
5.2 Resultaten casus 2: Degradere van de waaier van de centrifugaalpom.....	16
Uitgangssignaal LRC(naar de pomp%):	16
Drukverschil over voor-en na de vernauwing(bar):.....	17
Trilling metingen:	18
5.3 Analyses	19
'Best fitted line':	19
Statistiek	19
Differentiëren & afgeleide.....	19
Verbanden en Statistische afwijking	19
5.4 Reflectie en Feedback gedurende het onderzoek	20
Periodiek controle	20
Hoofdstuk 6: Conclusie en Discussie	21
Casus 1 : Dichtslibben van de leiding.....	21
Casus 2: Degradere van de waaier van de centrifugaalpom	21

Hoofdstuk 7: Evaluatie en aanbevelingen.....	23
7.1 Evaluatie:	23
7.2 Aanbevelingen:	23
7.3 Kostenbaten analyse:.....	25
8 Bronvermelding.....	27
Hoofdstuk 9: Bijlagen	28

Voorwoord

Ik ben Gijs Pijnenburg. Ik volg de opleiding Procestechniek aan het ROC Stappegoor en doe mijn afstudeerstage bij Gate 2 in Rijen.

Voor het afstuderen in het vierde jaar is het doel om een casus van een bedrijf uit te werken. De bedoeling is dat aan het einde van de opdracht op basis van de resultaten een verbetervoorstel kan worden gegeven. Dit verbetervoorstel wordt weergegeven in een verslag en vervolgens in een presentatie toegelicht.

Mijn voorkeur is uitgegaan naar deze opdracht omdat dit onderzoek als het ware de gehele procesindustrie als doelgroep heeft en daardoor een breed onderzoeksgebied heeft dat onderzocht kan worden. Het is daarentegen dus geen opdracht die specifiek gericht is op een bepaald bedrijf of proces.

Daarnaast spreekt het thema onderhoud mij erg aan. Op dit onderwerp valt namelijk nog veel kennis, informatie, ontwikkelingen en innovatie op het gebied van onderhoudstechnieken te winnen. Ieder bedrijf heeft er vervolgens baat bij dat er een goede organisatie rondom de onderhoudswerkzaamheden is en dat deze tenslotte op juiste moment en op gebruikelijke wijze worden uitgevoerd.

Omdat je in dit geval niet met 1 maar met een aantal bedrijven en organisaties te maken hebt en daarnaast op een zelfstandige manier met verschillende factoren rekening moet houden en vanuit verschillende perspectieven moet benaderen, maakt dit een uitdagende opdracht waar veel enthousiasme en werklust geëist wordt.

Ik wil voor deze leerzame periode onder andere mijn praktijk begeleider Elmo Arrias bedanken voor alle hulp op het gebied van de onderzoeksopdracht, het geven van kritische feedback, het mee bedenken van probleemoplossingen, het weergeven van eindresultaten en tenslotte voor het begeleiden van een stagiaire, ik in dit geval.

Daarnaast wil ik Paul van Kempen bedanken voor het geven van de mogelijkheid om onderzoek naar 2 casussen te doen binnen het project Campione.

Tenslotte wil ik Pierre van Kleef bedanken voor het beschikbaar stellen van de omgeving en locatie waar ik als student mijn afstudeerstage mocht uitvoeren.

Er is een begrippenlijst gemaakt waar moeilijke woorden staan omschreven. Dit maakt het voor de lezer makkelijker om het verslag te lezen. Zie hiervoor bijlage 1 → Begrippenlijst.

Hoofdstuk 1: Inleiding

1.1 Waarom onderhoud?

In de procesindustrie is onderhoud van essentieel belang. Wanneer een proces technische installatie (en haar assets) goed wordt onderhouden, worden de producten naar de gestelde richtlijnen geproduceerd. Deze geproduceerde producten voldoen vervolgens aan de kwaliteitsnormen van het bedrijf en dus aan die van de klant. Zo kunnen ze tenslotte aan deze laatste verkocht worden. Dit levert winst op. Wanneer het onderhoud van een procesinstallatie niet op orde is, neemt de betrouwbaarheid en de beschikbaarheid van de machine af. Naast dat er minder producten worden geproduceerd, is het de vraag of dat de kwaliteit van de geproduceerde producten nog wel op orde is. Een verminderde afzet of zelfs het per ongeluk verkopen van 'out of spec' producten kan vervolgens leiden tot het verliezen van klanten. Dit is een ongunstige situatie, levert geen winst op en kan er op lange termijn zelfs voor zorgen dat het bedrijf failliet kan gaan.

Daarnaast gelden binnen de procesindustrie vaak ook strengere eisen die betrekking hebben tot de wet en regelgeving dan in andere factoren. Denk hierbij bijvoorbeeld aan veiligheid. Goed onderhoud draagt bij aan het behalen van deze geldende eisen, binnen de procesindustrie.

In de procesindustrie wordt vaak gebruik gemaakt van de bekende onderhoudsvormen:

- Correctief onderhoud op basis van SAO (storingsafhankelijk onderhoud)
- Preventief onderhoud op basis van GAO & TAO (gebruiksafhankelijk en toestandsafhankelijk onderhoud)

Aangezien het van groot belang is dat onderhoud ten alle tijden goed maar ook op het juiste tijdstip moet worden uitgevoerd, is er een nieuwe vorm van onderhoud ontstaan.

Binnen allerlei sectoren zijn er initiatieven ontwikkeld om onderhoud voorspelbaar te gaan maken. Men wil hierbij onderhoud voorspelbaar gaan maken door op basis van de conditie van de machine onderhoud te plegen. Om meer te weten te komen wat er allemaal bij conditieafhankelijk onderhoud komt kijken, is het project Fieldlab Campione gestart. Het doel van Campione is om voor de procesindustrie onderhoud 100% voorspelbaar te maken.

Binnen de BV Nederland bevinden zich namelijk veel proces technische bedrijven die aan de hand van oudere assets hun producten produceren. Vanaf het moment dat deze processen op juiste moment onderhouden worden (niet te vroeg & niet te laat), komt dit ten goede voor:

- De kosten
- De veiligheid
- De planning (zowel productie als onderhoud gerelateerd)
- De beschikbaarheid van de machine
- De inzetbaarheid van het personeel

1.2 Fieldlabs en Living Labs

Als men 100% voorspelbaar onderhoud wil gaan plegen, is het belangrijk dat de conditie van de assets binnen een proces technische installatie goed worden gemonitord.

Vaak hebben bedrijven veel data die gaat over het proces al in hun bezit. De informatie die gaat over het proces zelf en van die procesbesturingssystemen afkomstig is, wordt ook wel de interne data genoemd. Op dit moment doen veel bedrijven hier in de meeste gevallen niets of weinig mee. Omdat

hier echter al veel voorspellingen mee kunnen worden gedaan die te maken hebben met het voorspellen van onderhoud, is dit erg jammer. Proces technische bedrijven die wel onderzoek doen, aan de hand van de interne data die zij vanuit hun assets verzameld hebben, noemen we binnen het Campione project 'living labs'. Deze bedrijven maken vaak ook gebruik van externe sensoren om op deze manier de conditie van hun assets nog beter te kunnen monitoren. FujiFilm BV is een voorbeeld van een 'living lab'.

Gezien de hoge eisen op het gebied van wet -en regelgeving en veiligheid is het niet mogelijk om bij veel bedrijven zomaar deze apparatuur te bevestigen. Veel bedrijven in de procesindustrie zijn daarentegen vaak zeer conservatief. Zij staan daarom vaak niet open voor bijvoorbeeld het plaatsen van externe sensoren. Hierdoor kunnen ze hun eigen proces niet monitoren en kunnen ze daardoor ook geen uitspraak doen over wanneer er voorspelbaar onderhoud moet worden uitgevoerd.

Daarom heeft Campione een eigen Fieldlab ontwikkeld dat onderzoek doet naar 100% voorspelbaar onderhoud in de procesindustrie. Het Fieldlab van Campione bevindt zich in Gate 2 in Rijen.

Het woord Fieldlab staat voor een plek waar partijen met nieuwe ideeën samen komen om met elkaar nieuwe vraagstukken op te lossen, producten te ontwikkelen, te testen en toe te passen in het bedrijfsleven. Denk hierbij bijvoorbeeld aan een productiebedrijf dat een onderhoudsprobleem heeft waar vervolgens een sensorleverancier op in kan spelen door te zeggen dat ze met hun apparatuur het proces kunnen monitoren of een dat een 'data expert' vervolgens een oordeel kan geven over de verzamelde data. Deze voorbeelden kunnen hier in het Fieldlab van Campione uitgevoerd en getest worden. Dit kan vervolgens weer leiden tot het ontwikkelen van een prototype of het uitwerken van een casus waarvan de resultaten vervolgens toe kunnen worden gepast in het bedrijfsleven.

1.3 Opbouw van Fieldlab Campione

Het Fieldlab van Campione bestaat uit een typisch 'vloeistof proces'. Dit houdt in dat het in dit proces mogelijk is om het medium (water) te verpompen, te mengen, te koelen en te verwarmen. Deze 4 hoofdzaken vinden bij 99% van alle proces technische bedrijven die te maken hebben met een vloeistof proces, plaats. Daarnaast werken een groot aantal bedrijven met zo'n typisch vloeistof proces.

De opstelling die in gate 2 gebouwd is, bestaat uit 2 vaten met daarin een roerwerk. Daarnaast bevinden zich er een aantal centrifugaalpompen die het medium van het ene vat naar het andere vat kunnen verpompen. Ook bevat het proces een koeltoren en een thermo bad. Deze 2 units kunnen het medium verwarmen en af laten koelen. Tenslotte zijn er aan de hand van de genoemde assets ook een aantal procesregelingen in de installatie aangebracht. Het is bijvoorbeeld mogelijk om het niveau en de temperatuur van het proces te regelen.

1.4 Procesbeschrijving

Om het onderstaande verhaal goed te kunnen volgen, is het handig om de volgende bijlages raad te plegen:

- 'Campione P&ID regelingen' → bijlage 6
- 'P&ID Externe regelingen' → bijlage 7
- 'Procesbeschrijving Gate 2' → bijlage 3

Er wordt bij Fieldlab Campione met water gewerkt. Dit is vooral i.v.m. de veiligheid om gevaarlijke situaties te voorkomen. Daarnaast heb je voor het gebruik van andere stoffen ook een aantal vergunningen nodig.

Het proces bestaat eigenlijk uit 2 delen:

- Primair proces.
- Secundair proces.

Het primaire proces bestaat uit 2 vaten (hoog en een laag vat). Nadat het lage vat (VE001) gevuld is met water kun je met een van de 3 centrifugaalpompen het water naar het hoge vat pompen. Vanuit het hoge vat (VE002) loopt het water middels zwaartekracht terug naar het lage vat.

De persleiding is, in verband met de flexibiliteit, verdeeld in stukken van 1200 mm waarin zich leidingen bevinden voorzien van sanitaire koppelingen waardoor het leidingwerk eenvoudig kan worden vervangen. Dit geeft de mogelijkheid om bepaalde casussen in te bouwen en te onderzoeken.

In het primaire proces bevinden zich de volgende regelkringen:

- Niveauregeling (LRCVE1001)
- Pompselectie (VE1CP001/2/3)
- Temperratuurregeling (TRCVE1001)

De niveauregeling (bevindt zich in het lage vat). Door middel van een ultrasone niveau meter (LTVE1001) is het mogelijk om het niveau te regelen op een van te voren ingesteld niveau. De regelaar (in het ABB Freelance DCS systeem) stuurt de centrifugaalpomp via een frequentieregelaar aan om het ingestelde niveau in de tank te handhaven. Om te voorkomen dat de pomp droog loopt, is deze onder een limiet ingesteld.

Middels de pompselectie kunnen we bepalen volgens welke route het medium verpompt wordt richting het hoge vat. Het selecteren van 1 van de 3 centrifugaalpompen wordt gedaan via een keuze knop op het DCS systeem.

De temperatuursensor (TTVE1001) voor de temperatuurregeling is een PT-100 en bevindt in het lage vat. Verder bestaat het systeem uit een thermo bad en koeltoren. Zowel het thermo bad als de koeltoren hebben een buffer om bij warmte of koude vraag te zorgen dat het systeem niet gelijk onderuit getrokken wordt vanwege te lage capaciteit. De warmte wordt over gedragen via 2 platen warmtewisselaars (HE1&2) die zich in het secundaire circuit bevinden. Het secundaire circuit thermostreert de procesvaten die voorzien zijn van een dubbele wand (jacket vat). De temperatuurregeling is een split-range regeling. De split-range regeling bestaat uit 2 kleppen, (HE1-CV001 en HE2-CV001) die gekoppeld zijn met de warme en de koude warmte wisselaar. Bij de split-range regeling is het uitgangssignaal van de regelaar verdeeld in 2 gedeeltes; van 0 tot 50% (koud of warm) en van 50 tot 100% (koud of warm). Op deze manier kunnen we experimenten uitvoeren bij een constante temperatuur.

Naast de genoemde sensoren met betrekking tot de regelingen zijn er nog een aantal andere interne proces sensoren die ons informatie verschaffen over andere procesgrootheden:

- 2x PT-100 waarvan zich 1 in het lage vat bevindt (VE1TI001) ten bate van de temperatuurregeling en een meter in het hoge vat (VE2TI001) die de temperatuur alleen registreert
- Puls flowmeter ABT (VE1FI001)
- 10 temperatuur sensoren, waaronder 4 sensoren bij de in en uitgaande stromen van de twee warmtewisselaars en de toe en afvoer van en naar de koelbuffer. (HE1TI001, HE1TI002, HE1TI003, HE1TI004, HE2TI005, HE2TI006, HE2TI007, HE2TI008, CTTI009, CTTI010)
- Flowmeter koeltoren (CTFI001)
- In het proces bevinden zich 3 druksensoren:
 - 1 na de pomp (VE1PR001)
 - 1 voor het filter (VE1PR002)
 - 1 na het filter (VE1PR003)

Alle overige procesapparatuur is te vinden in de bijlage 3 'procesbeschrijving'

In beide vaten bevinden zich agitators om de warmte overdracht van de dubbele wand naar het medium in het primair proces te bevorderen.

In het secundair proces (wat al eerder kort is toegelicht) bevindt zich een centrifugaalpomp die het gethermostreerde water over de jacket vaten en warmtewisselaars rond pompt.

1.5 In & externe data

Een oordeel geven over de toestand van de machine/ asset wordt in kaart gebracht door interne informatie over het proces en externe informatie over procesonderdelen te verzamelen. Dit gebeurt bijvoorbeeld door gegevens te verzamelen als: de flow, temperatuur, niveau en druk die afkomstig zijn van het proces en dus iets zeggen over de proces voering; dit noemen we interne data.

Daarnaast worden bij Conditie afhankelijk onderhoud (CAO) ook informatie van externe metingen, zoals het aantal trillingen, de ontstane warmte, het geproduceerde geluid en het stroomverbruik van de procesonderdelen/assets gebruikt. Dit zijn dus metingen die niet gebruikt worden om het proces te bewaken en te bedienen. Deze kunnen echter wel zeer relevante informatie verstrekken over de toestand het procesonderdeel/asset.

Hoofdstuk 2: Probleemstelling

Het onderwerp 'onderhoud' is sinds jaar en dag een belangrijk onderwerp binnen een bedrijf. Veel mensen hebben ieder hun eigen mening over de voor en nadelen van preventief en correctief onderhoud. Mogelijk zijn beide onderhoudsvormen verre van ideaal. Er kunnen mogelijk onnodige kosten zijn en het kan zelfs gevaren met zich meebrengen.

Bij preventief onderhoud is men er namelijk zeker van dat onderhoud nooit te laat wordt uitgevoerd. Downtime vanwege ongewenste productie stilstand wordt hiermee voorkomen. Echter kost deze onderhoudsvorm financieel gezien ontzettend veel geld. Het is namelijk onbekend of dat de vervangen onderdelen ook echt aan het einde van hun levensduur waren of dat deze onderdelen pas juist over een aantal maanden vervangen moesten worden. Daarnaast dien je altijd voldoende reserve onderdelen in huis te hebben en kost (uitbesteed) personeel dat de werkzaamheden moet uitvoeren extra geld. Ook lever je bij gepland stil gaan ook extra productie tijd in en ben je tenslotte na het ondernomen onderhoud nog niet 100% zeker dat de kans op problemen wegblijven. Ongelukken kunnen namelijk ook plotseling gebeuren zonder dat het proces daar enige rol in heeft.

Bij correctief onderhoud weet je daarentegen zeker dat je het maximale uit een onderdeel/voorwerp heb gehaald en op deze manier geen 'goed' materiaal aan het vervangen bent. Echter heeft deze onderhoudsvorm ook nadelen. Zo kun je bij correctief onderhoud nooit gepland stil gaan. Het gebeurt altijd onverwachts en het komt in 9 van 10 gevallen ook nooit goed uit. Daarnaast heeft ongeplande stilstand ook als gevolg dat een productieproces stil moet worden gelegd waardoor het product(en) die zich in het proces bevinden weg moeten worden gegooid. Daarnaast kan productie vaak ook niet zomaar opnieuw worden opgestart omdat het te vervangen onderdeel in de meeste gevallen ook niet beschikbaar is. Tenslotte bestaat er de kans dat door het gebruik van correctief onderhoud 'onverwachte' ongelukken kunnen ontstaan met mogelijk ernstig letsel.

Daarom is het men op zoek naar een manier waarop onderhoud gecontroleerd kan worden uitgevoerd met daarnaast het doel dat onderhoud ook precies op het goede moment wordt uitgevoerd. Daarom is het steeds interessanter geworden om onderhoud voorspelbaar te gaan maken. Men doet hier al lange tijd veel onderzoek naar.

De volgende vraag luidt dan ook: 'Waar moeten we dan allemaal op letten, willen we onderhoud kunnen voorspellen en hoe gaan we dit monitoren?'

Het antwoord hierop is al bekend: Door gebruik te maken van CBM. Vertaald: Onderhoud uitvoeren op basis van de conditie van de machine.

De gecompliceerde vraag luidt nu alleen: Wat zegt de gemeten data ons over de conditie van het proces / procesonderdeel, hoe gaan we deze informatie analyseren, hoe gaan we verbanden leggen en hoe kunnen we uiteindelijk aan de hand van deze resultaten dus voorspellen wanneer we onderhoud moeten plegen?

Hoofdstuk 3: Onderzoeksopzet

3.1 De formulering van het onderzoek

Een model voor voorspelbaar onderhoud maken in een tweetal uitgewerkte casussen.

Korte omschrijving van de context van het onderzoek:

Data verzamelen als het proces onder verschillende omstandigheden verblijft. Deze data wordt verzameld uit de meetgegevens die horen bij het procesbeheersingssysteem (interne data). Daarnaast wordt er data van externe factoren verzameld door externe sensoren aan procesonderdelen te bevestigen. In dit geval is de externe informatie afkomstig van trilling sensoren die aan een centrifugaalpomp zijn bevestigd.

Door deze gegevens te verzamelen, worden er voor 2 praktijksituaties, 2 aparte voorspellende modellen gemaakt.

1. Het dichtslippen van een leiding
2. Het degraderen van een pompwaaier van een centrifugaalpomp

Beide situaties worden onder verschillende omstandigheden onderzocht.

3.2 Het soort onderzoek

Het onderzoek dat ik voor mijn afstudeerstage heb uitgevoerd is voornamelijk kwantitatief. Het gaat mij dus om de hoeveelheid data en hoe deze eruit ziet als soort gelijke metingen onder verschillende omstandigheden met elkaar vergeleken worden. Ik voer mijn onderzoek daarnaast voor een deel, ook kwalitatief uit. Ik ben namelijk ook geïnteresseerd in het feit of dat de verzamelde data die gemeten wordt ook echt 100% betrouwbaar is. Voorafgaand aan het onderzoek ben ik bijvoorbeeld ook bezig geweest om de meetapparatuur die gebruikt is te vergelijken met andere nauwkeurigere instrumentatie, te controleren op bronnen of keurmerken, te kalibreren/ijken of om op de aangegeven nauwkeurigheidsschalen te letten.

Het is belangrijk om de waardes die af te lezen zijn, goed in de gaten te houden. Je wilt alleen dat de onderzochte factor variërend is en dat de overige omstandigheden constant zijn om zo de resultaten met elkaar te kunnen vergelijken. In mijn onderzoek heb ik steeds 1 variërende factor gebruikt.

De opdracht wordt ook voor een gedeelte op basis van kwalitatieve metingen uitgevoerd. De gebruikte procesinstallatie bestaat namelijk uit zowel instrumenten die hoge -als lage nauwkeurigheidsklasse bezitten. Er bestaat dus de mogelijkheid dat de gemeten waardes niet helemaal overeen kunnen komen met de absolute werkelijkheid. Voor het meten van het niveau en de temperatuur wordt gebruik gemaakt van de betrouwbare merken zoals Pepperl & Fuchs en Jumo. Daarentegen wordt er ook gebruik gemaakt van apparatuur die afkomstig is uit China. De kwaliteit van deze low budget instrumenten en daarmee betrouwbaarheid van deze instrumenten is dus een stuk lager. Dit geldt voor de gebruikte temperatuur sensoren rondom de warmtewisselaars en de druksensoren. Deze apparatuur is ideaal om meer informatie over je installatie te weten te komen. Je moet je er dus van bewust zijn dat de resultaten een afwijking kunnen hebben wat betreft de nauwkeurigheid. Om de betrouwbaarheid van deze apparatuur te testen zou je in het beste geval de benodigheden met soort gelijk (gekalibreerd) instrument moeten vergelijken. Hierdoor kun je bevestigen of dat de meetapparatuur wel of niet betrouwbaar is. In bijlage 2 wordt een stukje uitleg

gegevens over 'kwaliteit en foutenleer' die betrekking hebben op de afwijkingen van de druk sensoren.

3.3 Data verzameling

De data is verzameld op basis van Fieldresearch oftewel Veldonderzoek toe te passen. Op het gebied van voorspelbaar onderhoud zijn een heleboel casussen te bedenken. Elke casus heeft andere problemen, zijn unieke eigenschappen en dus ook zijn eigen resultaten en uitkomsten. Dit geldt ook voor de casussen die ik tijdens mijn afstudeeropdracht onderzocht heb. De casussen zijn in ons geval afkomstig van bedrijven uit de procesindustrie. De beide casussen zijn gericht op het onderzoeken van problemen die in het proces van een bedrijf voor kunnen komen. Voordat dit experiment gestart werd, waren er over het 2-tal casussen die onderzocht moesten gaan worden nog geen gegevens bekend. Het nadeel van fieldresearch onderzoek is dat het veel tijd kost.

Er moet namelijk bedacht worden:

- Hoe het onderzoek uit te zetten
- Hoe het onderzoek uit te voeren
- Hoe het onderzoek te analyseren
- Hoe de conclusie te trekken met daarbij de verbetervoorstellen te formuleren

Omdat dit onderzoek aan desbetreffende casussen vrijwel uniek is, kun je daarnaast de resultaten die uit het onderzoek gekomen zijn in veel gevallen niet met andere data vergelijken. Het gevolg hiervan is, is dat het moeilijk wordt om iets te zeggen over de betrouwbaarheid en de validiteit van het onderzoek. Daardoor is het niet eenvoudig om zaken hard te maken of te kunnen onderbouwen waarom een bedrijf bijvoorbeeld bepaalde zaken te toets aan referentie. Tenslotte is het vinden van respondenten, die iets vinden of kunnen aanmerken van de resultaten en conclusies, niet eenvoudig. Het is namelijk moeilijk om een soort gelijke situatie te vinden en deze met elkaar te vergelijken.

Daarentegen zijn pluspunten van Fieldresearch dat diegene die het experiment leidt;

- Heel precies zijn onderzoeksgebied kan afbakenen
- De opdracht duidelijk kan verantwoorden
- Uitleggen hoe het onderzoek is opgebouwd
- Verklaren waarom bepaalde keuzes gemaakt zijn
- Zelf kan bepalen wat er onderzocht gaat worden, hoe dit onderzoek tenslotte wordt uitgevoerd en voorstellen doen met betrekking tot een eventueel vervolg.

Om Fieldresearch toe te passen is eerst de onderzoeksvraag met daarbij de bijhorende probleemstelling vastgelegd. Vanuit dit punt is het voor mij namelijk helder naar welke gegevens ik opzoek ben en hoe ik met behulp van een plan dit doel wil bereiken. Omdat de afstudeeropdracht uit 2 casussen bestaat, waarbij een onderzoek beschreven staat waar later voorstellen gedaan kunnen worden i.v.m. de toepasbaarheid in het bedrijfsleven. Daarom ben ik eerst opzoek gegaan naar alle zaken die met het onderzoek te maken hebben. Zo ontstaat er een beter beeld over waar bedrijven nu bijvoorbeeld precies tegen aan lopen, wordt het doel van deze 2 casussen helderder en kan er in feite ook een probleemstelling worden geformuleerd. De tool om het uiteindelijke doel in zicht te krijgen (CBM) bestaat uit het monitoren van de conditie van de procesinstallatie(besturing). Om de conditie van de procesinstallatie te beschrijven, gaat men data over deze installatie vastleggen, middels een nulmeting. Deze data kan na het gedane onderzoek iets zeggen over de conditie van de machine. Nu is het interessant om deze data, wat het product van deze casus is, bij verschillende omstandigheden te meten zodat duidelijk kan worden gemaakt wanneer men onderhoud moet plegen middels een voorspelling.

3.4 Data omschrijving

De data wordt vervolgens verzameld, geanalyseerd en tenslotte met elkaar vergeleken. Bij dit onderzoek wordt data vanuit een meting niet continu verzameld. Er is gekozen om elke meting, per conditie, ongeveer 1 uur lang te laten duren en dit in duplo uit te voeren. De data wordt om de 5 seconden gemeten en de datapunten uit het systeem worden van ongeveer 1 uur opgevraagd, in plaats van continu. Op deze manier wordt de informatie op een overzichtelijke manier weergegeven waardoor het eenvoudiger wordt om de data te analyseren. Daarom wordt er op een steekproefsgewijze manier informatie verzameld. Bij het uitvoeren van een aantal steekproeven op verschillende metingen, wordt een specifiek gedeelte, het gedeelte wanneer het proces constant is, data verzameld. Vervolgens wordt het gemiddelde en de standaarddeviatie van de verzamelde data bepaald. Deze 2 eigenschappen zeggen mij in een oogopslag iets over de meting en kunnen vervolgens worden vergeleken met de gemiddelden en standaarddeviaties van andere metingen die onder andere omstandigheden zijn uitgevoerd. Hieruit kunnen conclusies worden getrokken.

Een aantal redenen waarom er gekozen is om dit onderzoek op basis van een aantal steekproeven uit te voeren, zijn bijvoorbeeld:

- Hoeveelheid data redelijk beperkt te houden.
- Tijdsbestek waarin het onderzoek uitgevoerd moet worden (met alle verschillende condities)
- Als de steekproef groot genoeg is, kun je een goed gefundeerde analyse doen en daar conclusies aan verbinden.

In grote plants wordt doorgaans 24/7 data verzameld en daarop geanalyseerd. (Dit wordt Big Data genoemd)

Hoofdstuk 4: Onderzoeksplan

4.1 De opdracht

Nadat de voorbereidende fase is afgerond, kan er een plan worden gemaakt voor het uitvoeren van de 2 casussen. Het volledige plan van aanpak, de bedachte en werkelijke planning die bij de onderstaande PDCA hoort, staan weergegeven in bijlage 4 en 5 → Plan van aanpak beide casussen en Strokenplanning’.

4.1.1 PDCA:

Ik heb gekozen om beide casussen aan te pakken met PDCA, oftewel het verbeterwiel. PDCA zorgt er in dit geval voor dat de opdracht duidelijk in kaart wordt gebracht.

Voor zowel de casus waar het dichtslibben van een leiding wordt onderzocht als de casus waar de waaier van een centrifugaalpomp in verschillende fases wordt gedegrademd, is de PDCA cyclus op dezelfde manier uitgevoerd .

PDCA Casus 1 & 2

A.d.h.v. de conclusies en aannames
aanbevelingen geven over wat
verbeterpunten zijn voor het
uitvoeren van een volgend onderzoek.



Hoofdstuk 5: Onderzoekresultaten

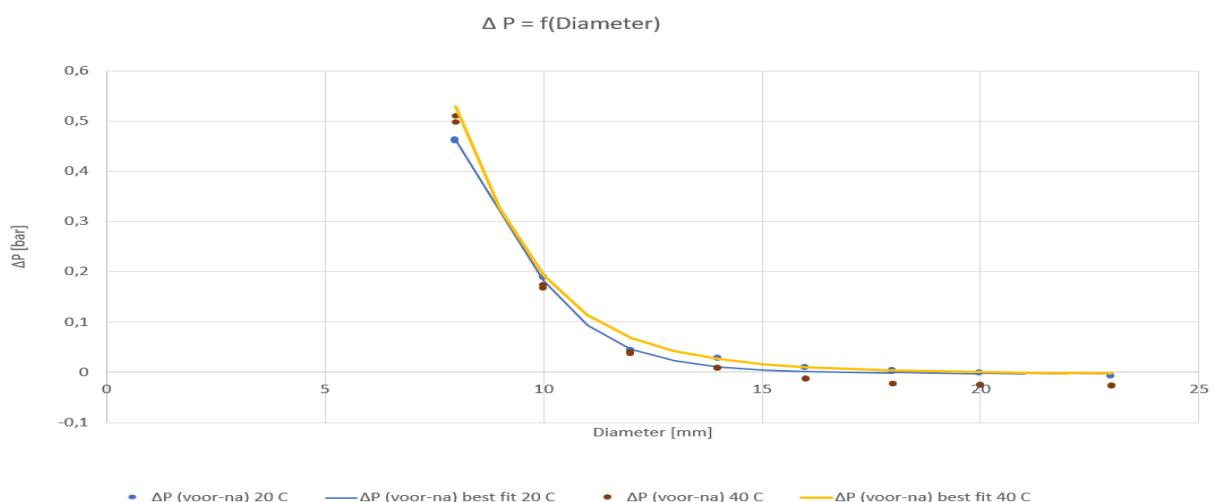
Om een beter beeld te krijgen over hoe onderstaande resultaten tot stand zijn gekomen, kunnen de gedetailleerde / ruwe gegevens geraadpleegd worden in:

- Bijlage 8 en 9: respectievelijke informatie over de resultaten op basis van de interne data → Curvefit deltap casus 1 en resultaten vergelijken casus 2 met trendlijn.
- Bijlage 10, 11 en 12: respectievelijke informatie over de T-toets waarden → T-toets resultaten van casus 1, 2 en een voorbeeld over wat de T-toets precies inhoudt.
- Bijlage 13, 14 en 15: respectievelijke informatie over de ruwe verzamelde data van beide casussen → metingen gate 2 dichtslibben, metingen gate 2 degraderen pompwaaier en de nulmeting.

Hieronder zijn de resultaten van het onderzoek weergegeven. Bij het uitvoeren van de metingen is er zowel interne als externe data verzameld. Er is gekozen om informatie te verzamelen die betrekking heeft op het outputsignaal dat door de frequentie regelaar naar de pomp wordt gestuurd, de flow die door de leiding stroomt, het drukverschil over het gedeelte van de leiding waar de vernauwing is toegebracht en het aantal trillingen die de pomp produceert. Deze gegevens zijn in bij beide casussen onderzocht en op de flow na allemaal hieronder in grafieken weergegeven. Op de y-as is de gemeten grootte weergegeven. Op de x-as staat de functie weergegeven die invloed heeft op de waarde van de y-as. De resultaten van casus 1 zijn bepaald en weergegeven op basis van de 'best fitted line'. Bij casus 2 kon er over de resultaten geen logisch verband worden gevonden om een 'best fitted line' te creëren. Daarom zijn deze resultaten in Excel verwerkt. In de grafieken van casus 2 is de functie en de correlatie van de lijn weergegeven. Er is geen uitspraak gedaan over de flow omdat deze bij alle experimenten nagenoeg hetzelfde bleef. De externe metingen zijn uitgevoerd door het aantal trillingen van de centrifugaalpomp onder deze verschillende omstandigheden te meten. Firma IJSEL heeft hier een uitspraak over gedaan.

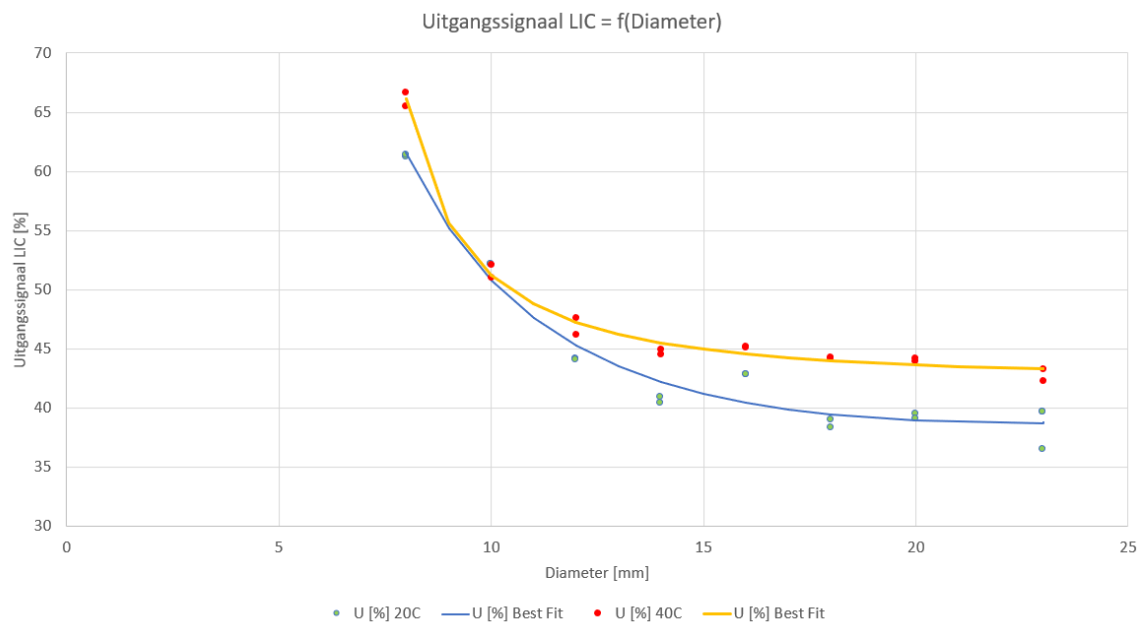
5.1 Resultaten casus 1: Dichtslibben van een leiding

Drukverschil over voor-en na de vernauwing(bar):



Naarmate de leiding nog maar een doorlaat heeft van 10 mm (voor 81% dichtgeslibd), neemt het drukverschil over de vernauwing aanzienlijk toe.. Ook is zichtbaar dat een hogere temperatuur van het water er voor zorgt dat het drukverschil over de vernauwing toeneemt.

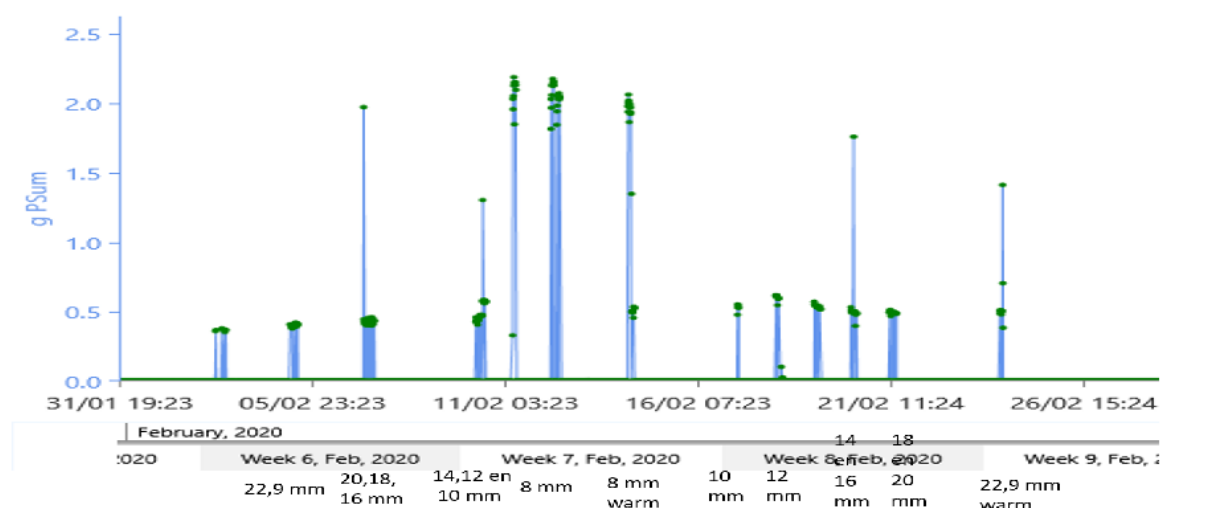
Uitgangssignaal LRC(naar de pomp %):



In vergelijking met het drukverschil over de vernauwing, is op basis van het output signaal richting de pomp al eerder en beter zichtbaar dat het temperatuurverschil van het medium (water) invloed heeft op de resultaten. Daarnaast is hier net als bij het drukverschil over de vernauwing te zien dat vanaf een doorlaat van slechts 10 mm is, het uitgangssignaal richting de pomp fors toe gaat nemen.

Trilling metingen:

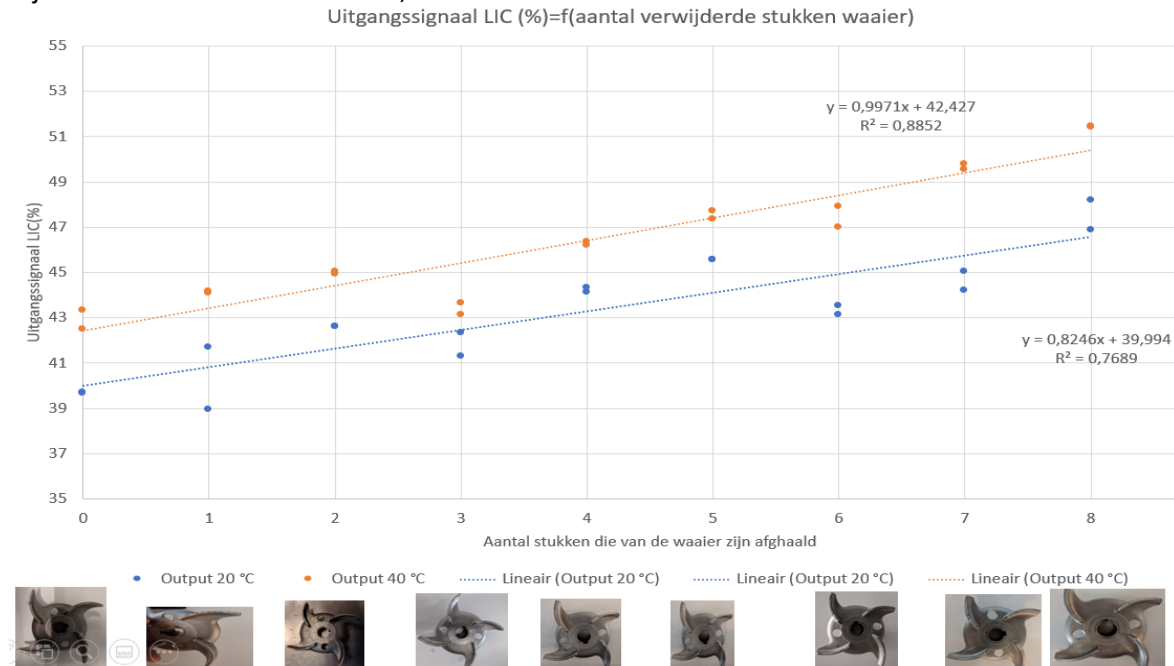
Deze zijn uitgevoerd onder een omgevingstemperatuur met daarbij een doorlaatbaarheid van de leiding die, naar mate het experiment vordert, terug loopt van 22,9 mm naar 8 mm. Vervolgens zijn er nog een aantal metingen uitgevoerd waarbij de doorlaatbaarheid van de leiding van 8 mm oploopt naar 22,9 mm. De metingen zijn nu echter uitgevoerd onder een temperatuur van 40 graden Celsius.



5.2 Resultaten casus 2: Degraderen van de waaier van de centrifugaalpomp

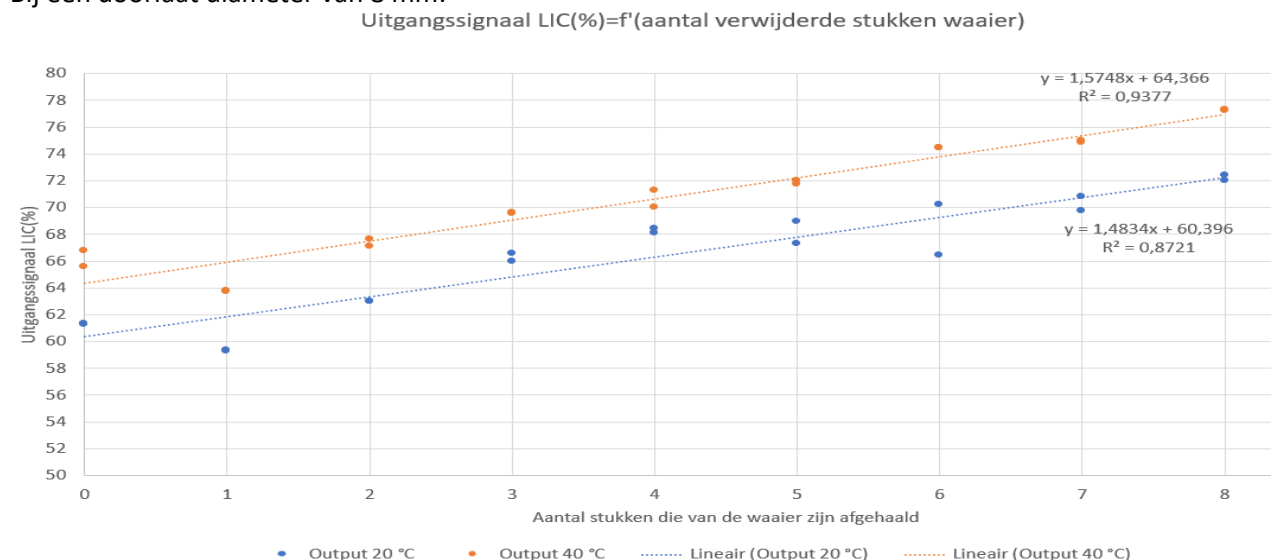
Uitgangssignaal LRC(naar de pomp%):

Bij een doorlaat diameter van 22,9 mm:



Bovenstaande grafiek bevestigt dat het volume van de waaier afneemt door het 'beschadigen van de waaierdelen'. Ook laat het outputsignaal richting de centrifugaalpomp een toename zien bij zowel de omgevingstemperatuur als bij een temperatuur van 40 graden Celsius. Omdat de correlatie (R^2) van de 2 lijnen slechts 0,7689 en 0,8852 bedraagt, is er wel sprake van een verband maar valt niet te oordelen of dat men hier te maken heeft met een lineair of exponentieel verband. (Als de R^2 rond de 0,95 en de 1 zit, is de kans groter dat er tussen de gegevens een herkenbaar verband aanwezig is). Daarnaast traden er bij de pomp zelf geen ongebruikelijke verschijnselen op zodat we 'cavitatie' uit kunnen sluiten. Omdat de waaier niet meer in zijn originele staat is, is het echter wel mogelijk dat er een onbalans in het pomphuis is ontstaan. Om hier een betere uitspraak over te doen, moet de trillings data door een expert worden geanalyseerd.

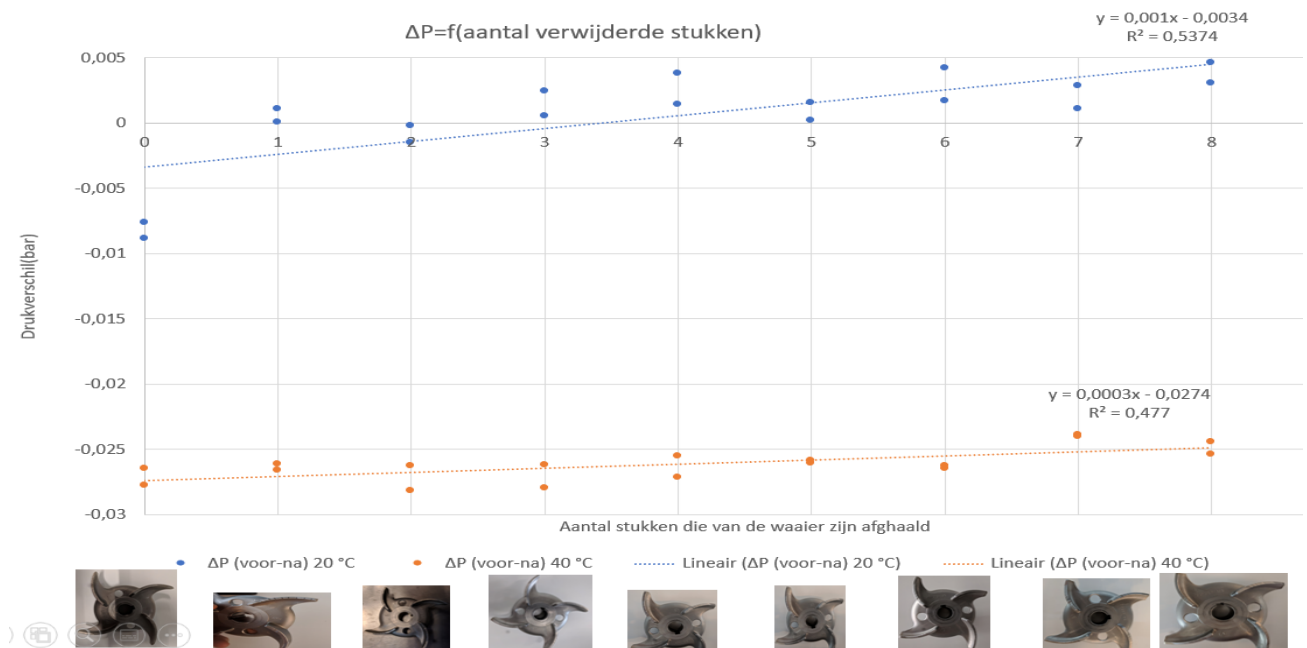
Bij een doorlaat diameter van 8 mm:



Uit bovenstaande grafiek is net als bij de voorgaande grafiek met de doorlaatbaarheid van 22,9 mm, zichtbaar geworden dat naarmate er meer 'beschadigingen op de waaierdelen zijn aangebracht' hij steeds meer volume gaat missen. Het outputsignaal richting de centrifugaalpomp laat in dit geval ook hier een toename zien bij zowel de omgevingstemperatuur als bij een temperatuur van 40 graden Celsius. Omdat de correlatie (R^2) van de 2 lijnen slechts 0,87721 en 0,9377 zijn, is ook hier sprake van een verband maar valt er hier ook niet te oordelen of dat men te maken heeft met een lineair of exponentieel verband. Daarnaast traden er bij de pomp zelf ook hier geen ongebruikelijke verschijnselen op zodat we 'cavitatie' uit kunnen sluiten. Omdat de waaier niet meer in zijn originele staat is, is het echter wel mogelijk dat er een onbalans in het pomphuis is ontstaan. Om hier een betere uitspraak over te doen, moet de trillings data door een expert worden geanalyseerd. De pomp kon tenslotte, ondanks zijn huidige toestand(en) en de aangebrachte vernauwing(en) in de leiding, nog steeds goed functioneren om zo aan de gestelde eisen te voldoen (het behalen van het SP in VE1). Deze resultaten maken het lastig om een 'bottleneck' te vinden waardoor het niet eenvoudig is om een goede uitspraak/aanbeveling over de casus te kunnen geven.

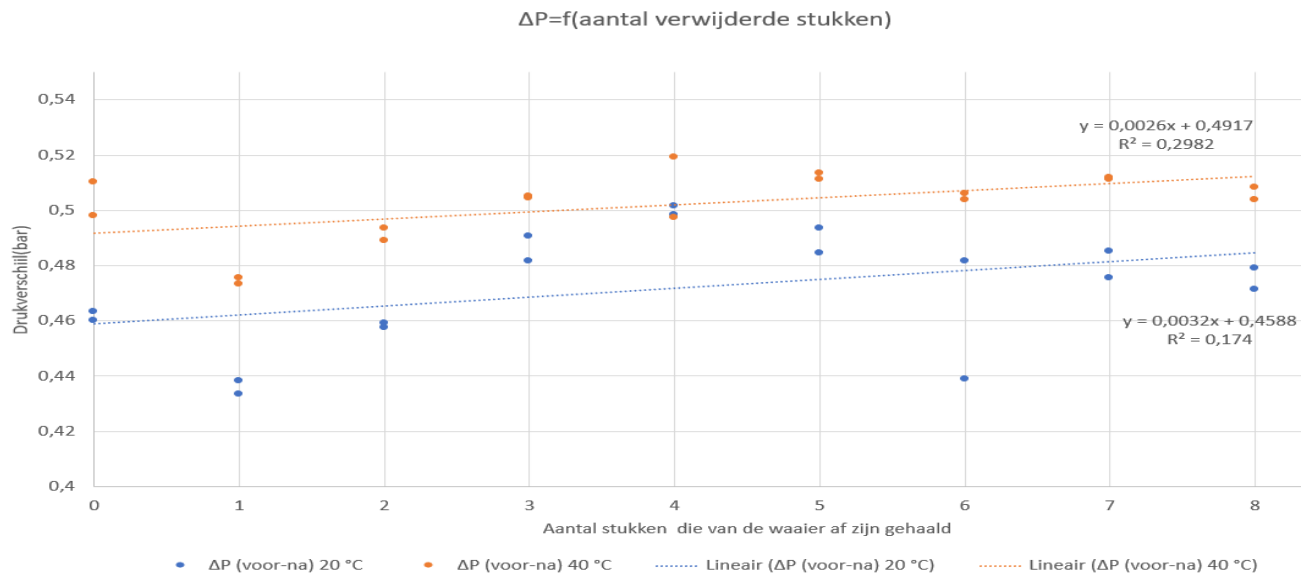
Drukverschil over voor-en na de vernauwing(bar):

Bij een doorlaat diameter van 22,9 mm:



In bovenstaande grafiek ziet men dat het drukverschil in beide situaties, waar metingen zijn uitgevoerd onder zowel de omgevingstemperatuur als bij een temperatuur van 40 graden Celsius, rondom de 0 bar schommelt. Ook zijn er een aantal waarden negatief. Theoretisch gezien kun je echter geen negatief drukverschil hebben. De gebruikte druksensoren bevatten namelijk een procentuele afwijking van 1% op het meetbereik (zie bijlage 2). Hieruit valt dit voorval te verklaren. Daarnaast is er in dit geval, net bij de resultaten die gaan over het outputsignaal dat naar de pomp wordt gestuurd, geen duidelijk verloop zichtbaar. Ook zijn de correlatie waarden hier aan de lage kant. Dit bevestigt weer dat er geen logisch verband tussen de metingen aanwezig is waardoor je kunt zeggen dat de resultaten niet betrouwbaar zijn. Hieruit kan worden geconcludeerd dat bij een doorlaat van 22,9 mm, de toestand van de waaier geen invloed heeft op het drukverschil over de vernauwing.

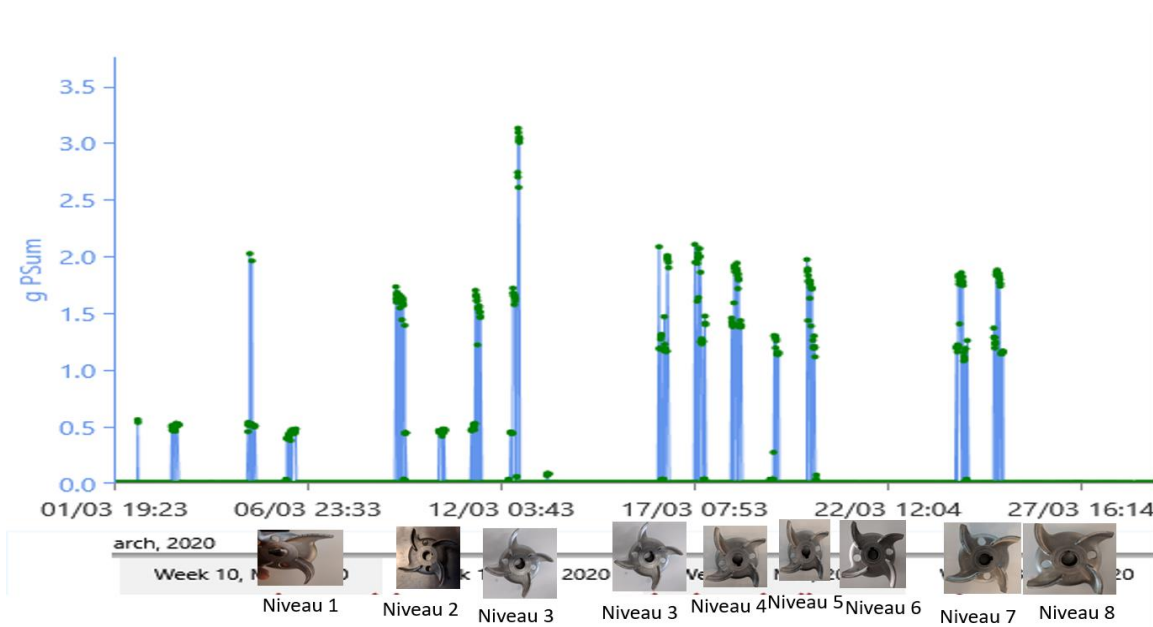
Bij een doorlaat diameter van 8 mm:



In bovenstaande grafiek ziet men dat het drukverschil over de vernauwing bij een doorlaat van 8 mm in beide situaties, waar metingen zijn uitgevoerd onder de omgevingstemperatuur en bij een temperatuur van 40 graden Celsius, in tegenstelling bij een doorlaat van 22,9 mm nu wel boven de 0 bar uitkomt. Echter verschillen de resultaten weinig tot niets met de resultaten bij een doorlaat van 8 mm van casus 1 (waar de waaier nog volledig intact is). Daarnaast is er, in dit geval, net als bij de resultaten die gaan over het outputsignaal dat naar de pomp wordt gestuurd, geen duidelijk verloop zichtbaar. Ook zijn de correlatie waardes hier nog lager dan bij de metingen waarbij de doorlaat 22,9 mm is. Dit bevestigt wederom dat er ook hier geen logisch verband tussen de metingen aanwezig is. Hieruit kan worden geconcludeerd dat er ook bij een doorlaat van slechts 8 mm, de toestand van de waaier geen invloed heeft op het drukverschil over de vernauwing.

Trilling metingen:

Uitgevoerd onder omstandigheden bij een doorlaat van 22,9 en 8 mm en beide varianten ook getest onder zowel de omgevingstemperatuur als bij 40 graden Celsius.



5.3 Analyses

Na het afronden van de experimenten zijn er onder verschillende omstandigheden datapunten verzameld.

De vraag luidt nu alleen nog: 'wat zegt deze data ons nu precies en op welke wijze gaat men deze gegevens analyseren zodat er conclusies kunnen worden getrokken?'

'Best fitted line':

Uit de resultaten van de metingen, zie bijlage 13 en 14, kunnen we bepalen welke gegevens en factoren, afhankelijk van de omstandigheden, verschillend van elkaar zijn en dus invloed kunnen hebben op het onderzoeksgebied. Vervolgens is er per onderzochte factor onderzocht welk verband de metingen met elkaar hebben. Deze gegevens zijn tegen elkaar uit gezet en zijn vervolgens verzameld in 'curve expert basic'. Zie bijlage 8. Uit dit programma is er een trend met een daarbij passende formule ontstaan, de 'best fitted line', waarin in het verloop en de onderlinge verschillen van de metingen onder verschillende omstandigheden zichtbaar worden.

Statistiek

In veel gevallen is het simpelweg niet interessant of zelfs onmogelijk om over alle verzamelde informatie een oordeel te doen. Het is namelijk tijdrovend en onoverzichtelijk als je met elk apart data punt aan de slag moet gaan. Daarom zijn van alle metingen, waar het meetgebied constant is, steekproeven genomen. Van deze steekproeven zijn vervolgens weer gemiddeldes bepaald. De gemiddelde waarde van een meting geeft namelijk meer duidelijkheid over een meting. Tenslotte kunnen de gemiddeldes en de standaarddeviatie die bij 1 meting horen, met verschillende metingen vergeleken worden om zo het onderlinge verschil per situatie te bepalen.

Differentiëren & afgeleide

Vanaf het moment dat er een 'best fitted line' met de bijhorende formule is ontstaan, kunnen we de richtingscoëfficiënt van de 'best fitted line' bepalen. Door de formule van 'best fitted line' te gaan differentiëren, kunnen we de eerste afgeleide van de formule bepalen. De eerste afgeleide is in dit geval de richtingscoëfficiënt van de 'best fitted line'. De verandering van de richtingscoëfficiënt wordt vaak gebruikt bij het ontwerpen van voorspellende modellen. Zie hiervoor bijlage 16 → Curvefit deltap afgeleide.

Verbanden en Statistische afwijking

Als alle resultaten tot stand zijn gekomen en de verschillende gemeten grootheden (drukverschil over de vernauwing en output naar de pomp) van verschillende metingen, onder verschillende omstandigheden (toestand van het procesonderdeel en de temperatuur) met elkaar vergeleken zijn, is het de taak om te bepalen of er tussen de metingen verbanden liggen of dat er juist sprake is van een statistische afwijking of juist niet.

Door gebruik te maken van de T-toets worden de resultaten die gemeten zijn op basis van de omgevingstemperatuur vergeleken met de resultaten die gemeten zijn op 40 graden Celsius. De waarde die hier uitkomt, zegt iets over de kans dat de waardes, van de 2 verschillende metingen, met elkaar overeen kunnen komen. Hierdoor kan er vervolgens worden vastgesteld of dat er zich een statistisch verschil over de 2 meetgebieden bevindt waardoor men kan vast stellen dat de temperatuur wel of geen invloed op het experiment heeft. Hieruit kan men tenslotte weer conclusies uit trekken.

5.4 Reflectie en Feedback gedurende het onderzoek

Het wordt vaak over het hoofd gezien maar reflectie en feedback ontvangen op zaken die anders of beter kunnen gedurende het werkproces zijn erg belangrijk. Het is verstandig om tijdens het onderzoek het proces vanuit meerdere oogpunten te bekijken. Het observeren van de huidige werkwijze, het maken van keuzes en jezelf afvragen of je hier bepaalde vaardigheden voor vereist zijn, is erg belangrijk. Kritisch zijn op eigen gemaakt werk is belangrijk maar niet eenvoudig. Creatief proberen te denken, is een goede eigenschap die je verder kan helpen.

Periodiek controle

Tijdens het schrijven van het verslag, het noteren van bevindingen, het verzamelen van informatie en het uitwerken van gegevens is het belangrijk om met enige regelmaat het gemaakte werk te controleren. Naarmate het onderzoek vordert, raak je van steeds meer zaken op de hoogte waardoor er de kans bestaat dat je tegen problemen aan gaat lopen of juist dingen vanuit een ander perspectief gaat zien. Bovenstaande zaken zijn vaak interessant om in het verslag te noteren of mee te nemen in je portfolio en hebben in de meeste gevallen ook nog raakvlakken met andere zaken die in onderzoek aan bod komen.

Hoofdstuk 6: Conclusie en Discussie

Casus 1 : Dichtslibben van de leiding

De resultaten die van de interne metingen afkomstig zijn, hebben ten opzichte van elkaar een hoge correlatie waarde. Dit geeft aan dat de resultaten statisch gezien betrouwbaar zijn. Op basis van de interne data is er met behulp van het programma 'curve expert basic' aan de hand van de gegevens een 'best fitted line' gecreëerd. Uit deze lijn kunnen voor deze casus een aantal conclusies worden getrokken. Vervolgens kunnen uit deze gegevens ook bepaald worden of dat er een statistisch verschil tussen de metingen, die bij een omgevingstemperatuur en bij 40 graden Celsius zijn uitgevoerd, aanwezig is.

Hieruit is duidelijk zichtbaar dat naarmate de leiding steeds nauwer wordt het drukverschil en het output signaal richting de pomp steeds hoger wordt, wil het niveau in het lage vat(VE001) gehandhaafd worden.

Vervolgens is met behulp van de T-toets bewezen dat er tussen de resultaten die met hetzelfde type plaatje maar op verschillende temperaturen zijn uitgevoerd een statistisch verschil aanwezig is.

Hieruit kan worden geconcludeerd dat de temperatuur van het water een rol speelt voor zowel de werking van de pomp als het drukverschil over de vernauwing.

Dit resultaat geeft vervolgens aan in welke mate de leiding is dichtgeslibd. Hierdoor kan men voorspellen wanneer de leiding moet worden schoongemaakt. Ook is uit de externe data gebleken dat het aantal trillingen bij een doorlaat diameter van 8 mm, waar de leiding voor 87,7% is dichtgeslibd, pas echt beginnen toe te nemen. Dit zou een teken kunnen zijn dat de pomp vanwege het aantal trillingen aan het slijten is waardoor er de kans bestaat dat er binnenkort onderhoud moet worden gepleegd.

Het experiment is tenslotte gecontroleerd door het nogmaals uit te voeren onder 'onbekende omstandigheden'. Aan de hand van de resultaten die tijdens dit controle onderzoek verzameld zijn, is het gelukt om op basis van de trend die de DCS aangeeft, te voorspellen is om welke mate/procentuele verstopping het gaat.

Hieruit kan worden geconcludeerd dat het onderzoeken van deze casus ertoe heeft geleid dat er een voorspelbaar onderhoudsmodel is ontstaan dat aangeeft wanneer een leiding verstopt raakt waardoor deze tenslotte moet worden schoongemaakt. Zie hiervoor bijlage 8 → Curvefit deltap dichtslibben leiding.

Casus 2: Degradieren van de waaier van de centrifugaalpomp

De resultaten die van de interne metingen afkomstig zijn, hebben in tegenstelling tot casus 1 een lage correlatie. Dit geeft aan dat de resultaten statistisch gezien dus niet betrouwbaar zijn. Op basis van de interne data is het daardoor niet mogelijk om met behulp van 'Curve expert basic' aan de hand van de gegevens een 'best fitted line' te creëren. Hierdoor is het voor deze casus lastig om op basis van de procesgegevens/interne data een uitspraak te doen. Omdat in casus 1 met behulp van de T-toets is aangetoond dat de temperatuur invloed heeft op zowel de het outputsignaal richting de pomp als het drukverschil over de vernauwing, is in deze casus op basis van de interne data met behulp van de T-toets onderzocht of dat er wel of geen statistisch verschil tussen de resultaten op basis van de toestand van de waaier (die in fases is gedegradeerd) aanwezig is. In dit geval is er bijvoorbeeld een meting waarvan er 1 stukje van de waaier ontbreekt vergeleken met een meting waarvan er 8 stukjes van de waaier ontbreken. Hieruit is gebleken dat, net als bij de temperatuur, er een statistisch verschil is tussen de resultaten waarin de waaier zich in verschillende toestanden bevindt. Tenslotte is op basis van de interne en externe resultaten gebleken dat het degradatie niveau van de waaier invloed heeft op het output signaal richting de pomp en dat het zorgt voor een

minimale onbalans in het pomphuis. Omdat er van de 4 schoepen van de waaier telkens om de beurt een stukje is afgehaald, wordt een eventuele onbalans namelijk snel opgeheven. Het degradatie niveau van de pomp heeft geen invloed heeft op het drukverschil over de vernauwing en zorgt in dit geval niet voor cavitatie in het pomphuis. Zie hiervoor bijlage 9 → Metingen vergelijken casus 2.

Hieruit kan worden geconcludeerd, wil je bij casus 2 duidelijkere resultaten krijgen waardoor je aan de hand van de trends betere verbanden kunt leggen, moet je:

- De waaier in grotere fases/stappen gaan degraderen.
- Per schoep materiaal van de waaier gaan verwijderen tot dat 1 schoep verdwenen is. Vervolgens begin je met de volgende schoep. Hierdoor kun je onbalans in het pomphuis beter waarnemen.

Hoofdstuk 7: Evaluatie en aanbevelingen

7.1 Evaluatie:

Hierbij blik ik terug op het onderzoek dat is uitgevoerd. Hier worden onder andere zaken geëvalueerd die gaan over mijn manier van werken, het voorbereiden van de onderzoeksopdracht, het beschrijven van de probleemstelling, het opzetten van de onderzoeksopzet en de aanpak hiervan, het verzamelen en het verwerken van informatie, het maken en volgen van de planning en hoe schrijven van het eindverslag is verlopen. Per onderdeel wordt toegelicht wat goed ging en waar volgende keer meer aandacht aan moet worden geschonken.

Over het algemeen ben ik over het gehele project best tevreden. Mijn aanpak was als volgt; Eerst heb ik aandacht geschonken aan het treffen van voorbereidingen;

- Het schrijven van een uitgebreide procesomschrijving.
- Het maken van een duidelijke en overzichtelijke strokenplanning.
- Het verzamelen van voorgrond informatie die niet alleen rechtstreeks maar ook vanuit meerdere perspectieven met de opdracht te maken heeft die in een later stadium nodig zijn om de metingen uit te voeren, te verzamelen en te verwerken.

Dit pakte goed uit. Omdat ik dit school jaar, in tegenstelling tot de voorgaande jaren, hier meer aandacht aan heb geschonken, merkte ik dat ik in het verloop van de opdracht tegen weinig tot geen problemen aan ben aangelopen. Dit is voor mij een groot pluspunt geweest.

De onderzoeksopdracht werd niet echt beschreven als een 'probleem' maar was meer leesbaar als een algemene vraagstelling waarbij het uitwerken van een 'casus' centraal stond. Dit maakte het lastig om een concrete probleemstelling te formuleren en daarbij een duidelijke onderzoeksopzet te omschrijven. Daarnaast is de omgeving waar ik stage heb gelopen een 'starters place'. Dit hield in dat niet alle apparatuur in eerste instantie naar behoren functioneerden waardoor ik mijzelf gedurende de opdracht niet 100% aan de gestelde planning heb kunnen houden. Daarnaast waren beide casussen op een specifiek onderdeel gericht. Daarom is het niet mogelijk om de resultaten met andere gegevens te vergelijken waardoor het niet eenvoudig is om de data te controleren op betrouwbaarheid.

Het is voor casus 1 gelukt om te voorspellen wanneer een leiding dicht gaat slibben. Als je goed op de hoogte bent over voorspellende modellen, is het mogelijk, mits je beschikt over een aantal interne/externe parameters en meer kennis bezit over hoe modelleren werkt, mogelijk om ook voor casus 2 'het degraderen van een pompwaaier van een centrifugaalpomp' een voorspelbaar model te maken.

7.2 Aanbevelingen:

Daarnaast worden er op basis van de resultaten die uit de experimenten gekomen zijn en op basis van het verloop van het onderzoek algemeen, aanbevelingen gedaan over zaken die goed gingen en wat men dus de volgende keer ook op een soort gelijke manier zou kunnen uitvoeren. Daarnaast worden er advies gegeven over zaken waar tegen aan is gelopen. Dit zou de volgende keer juist beter of op een andere manier kunnen worden uitgevoerd. Ook wordt hier beschreven hoe dit op een verstandige manier gedaan kan worden.

Als bedrijf kan men op een eenvoudige manier voorspellen wanneer de leiding van zijn of haar proces verstopt raakt. Het enige wat zij hier voor hoeven te doen, is het plaatsen van 2 druksensoren tussen het stuk leiding dat verstopt raakt. Je zorgt er vervolgens voor dat de informatie wordt verzameld door het procesbesturingssysteem en laat deze tenslotte weergeven op een HMI. Omdat elk bedrijf een ander soort proces heeft en met verschillende stoffen werkt, hangt het ervan af of dat er ATEX gewerkt moet worden of juist niet. De aanschaf van deze speciale sensoren zijn in dit geval duurder dan normale sensoren. Echter vallen deze kosten in het niet als gekeken wordt naar welke kosten een nieuwe centrifugaalpomp en het reinigen van een leidingsysteem met zich brengen.

Vervolgens is het voor een bedrijf dat een continu proces voert, interessant om erachter te komen wanneer en in welke mate en snelheid de trend van het proces toe of juist af gaat nemen. Op deze manier kan men een inschatting maken van wanneer de situatie uit de hand gaat lopen zodat er op een voorspelbare manier kan worden ingegrepen. Men bepaalt dit door 2 opeenvolgende meetpunten uit het proces te kiezen en te gaan analyseren. Hieruit is het vervolgens mogelijk om de richtingscoëfficiënt van de lijn te bepalen. Tenslotte kan men door de afgeleide van de richtingscoëfficiënt te bepalen, het verloop van zijn of haar continu proces voorspellen en hieruit voorbereidingen treffen voor het nemen van acties.

Tenslotte is de locatie zelf met de huidige procesinstallatie, een vloeistof proces, uitermate geschikt is om proces(sen) die in de procesindustrie voorkomen, na te bootsen om vervolgens casussen vanuit het bedrijfsleven uit te werken.

Gedurende het onderzoek is het een en ander verzameld wat betreft zowel interne als externe informatie. Toch is dit naar mijn mening maar slechts een klein gedeelte waardoor het onvoldoende is om een volwaardige uitspraak te kunnen geven, op welk moment, op een voorspelbare manier, onderhoud moet worden uitgevoerd. Als het aan mij ligt, is het naast het meten van trillingen ook interessant om andere externe factoren te onderzoeken. Denk hierbij aan de warmte die vrij komt en het stroomverbruik van een pomp. Dit geeft je de mogelijkheid om deze factoren met elkaar te vergelijken waardoor het aanneembaarder wordt om hierover uiteindelijk een uitspraak over te doen. Het meenemen van al deze externe resultaten kan het onderzoek in een heel ander daglicht brengen.

Omdat de procesinstallatie nieuw was, niet alle documentatie aanwezig was en we van sommige proces onderdelen niet op de hoogte waren van hoe het functioneerde, was het in het begin soms erg 'zoeken'. Spullen moesten nog besteld worden, waren kwijt of ik was afhankelijk van / werd gehinderd door studenten van Avans Hogeschool die ook van de installatie gebruik maakten. Hierdoor liep ik vertraging op ten opzichte van mijn gemaakte planning.

Daarnaast is er op het internet slechts beperkt informatie te vinden over hoe je de verzamelde data, wat betreft deze opdracht, op een efficiënte manier kunt verwerken zodat je voorspelbare modellen kunt ontwikkelen. Omdat ik bij beide casussen dus wel voor ogen had hoe de ik de metingen uit zou willen voeren en het mij zinvol leek om de resultaten met elkaar te gaan vergelijken, was het voor mij echter onduidelijk wat de vervolgstap zou moeten zijn om het uiteindelijke doel 'het creëren van voorspelbaar onderhoudsmodel' visueel te krijgen. Ik kreeg uit de resultaten dus wel aardige trends te zien maar had geen flauw benul waar naar gekeken/rekening mee moest worden gehouden om 'echt' iets over de resultaten te kunnen zeggen. Hiervoor moest ik hulp gaan vragen aan mijn begeleider die vanuit zijn achtergrond hier wel enig idee over had. Naar mijn mening is het dus zinvol om op het gebied van statistiek, specifiek voor deze soort opdrachten, middels lessen meer aandacht aan te besteden.

Om bij het degraderen van de pompwaaier van een centrifugaalpomp betere maar ook duidelijkere resultaten te krijgen, adviseer ik voor een mogelijk volgend onderzoek:

- Degradeer de pomp in grotere fases: Zelf heb ik dit in relatief kleine stappen gedaan waardoor de resultaten van de metingen ten opzichte van elkaar niet veel verschillen.
- Degradeer per vleugel materiaal tot er geen vleugel meer aanwezig is. Begin dan pas het degraderen van de volgende vleugel van de waaier. Zelf heb ik geleidelijk van alle 4 de vleugels materiaal afgehaald. Door het op deze manier uit te voeren, kun je onbalans in het pomphuis beter aantonen.
- Test onder grotere productie faciliteiten: de pomp is over gedimensioneerd en kan eenvoudig, ondanks dat het beschadigd is, het proces eenvoudig constant houden.

Daarnaast ben ik tijdens het uitvoeren van mijn 2^{de} casus tegen het probleem aangelopen dat men moest beschikken en kunnen omgaan met gereedschap waar men tijdens de opleiding nog nooit mee in aanraking is gekomen. Het is naar mijn mening verstandig om het gereedschapsassortiment en de persoonlijke beschermingsmiddelen uit te breiden. Daarnaast kan het geen kwaad om op school al eens met dit gereedschap in aanraking te zijn geweest en is het vervolgens ook verstandig om deze werkzaamheden met hoogwaardig gereedschap en de benodigde beschermingsmiddelen uit te voeren.

Tenslotte zijn er een heleboel bedrijven en organisaties die graag hun steentje bijdragen aan het Campione project. Echter is helaas wel zichtbaar dat van deze bedrijven er slechts enkele hun of haar gezicht laten zien om hand en span diensten te verrichten. Het project kan veel efficiënter verlopen als meerdere bedrijven en organisaties, die het project Campione steunen, de handen uit de mouwen zouden steken.

7.3 Kostenbaten analyse:

Uit de resultaten is gebleken dat men door het aanbrengen van meetinstrumenten gegevens kan verzamelen die kunnen voorspellen wanneer een leiding dicht gaat slibben. Dit dichtslibben van een leiding kan leiden tot ernstige gevolgen voor het proces en alles daar om heen. Hieronder is een kostenbaten analyse weergegeven. Deze laat zien in welk tijdsbestek een investering, die bestaat uit het installeren van meetinstrumenten, zich verhoudt tot het jaarlijks vervangen van een centrifugaal pomp.

Normale omstandigheden:			
Onderdeel:	Kosten:(euro)		
2x druksensoren	20		
25 m kabel per sensor	50		
Monteur die 2 uur bezig is om de kabels aan te leggen	100		
Programmeur die software moet installeren en hier 1 uur over doet	100		
	270	totale kosten(euro):	270
Kosten voor het jaarlijks vervangen van een centrifugaalpomp(euro):			
	7100		
Terugverdiëntijd(in dagen)			
	14		
Investering / kosten * 365	Na 14 dagen is de investering terugbetaald		
Onder de ATEX richtlijnen:			
Onderdeel:	Kosten:(euro)		
2x druksensoren	3600		
25 m kabel per sensor	50		
Monteur die 2 uur bezig is om de kabels aan te leggen door brandwerende muur	200		
Programmeur die software moet installeren en hier 1 uur over doet	100		
	3950	totale kosten(euro):	3950
Kosten voor het jaarlijks vervangen van een centrifugaalpomp(euro):			
	7100		
Terugverdiëntijd(in dagen)			
	203		
Investering / kosten * 365	Na 203 dagen is de investering terugbetaald		

Deze resultaten zijn exclusief andere werkzaamheden die overige kosten met zich meebrengen. Denk hierbij aan:

- Schoonmaak werkzaamheden die horen bij het leidingwerk.
- Productietijd die hiervoor moet worden ingeleverd.
- Operators die hand en spandiensten moeten verrichten.

8 Bronvermelding

- <https://www.alfalaval.com/products/heat-transfer/plate-heat-exchangers/brazed-plate-heat-exchangers/bhe-manuals/>
- <https://coolpack.software.informer.com/1.5/>
- <https://www.curveexpert.net/>
- <https://flamcogroup.com/nl/catalog/groups/view>
- <https://www.fristam.de/>
- <https://de.grundfos.com/>
- <https://ijssel.com/>
- <https://www.istec.com/manometers/>
- <https://www.jongia.nl/>
- <http://www.jumo.nl/>
- <https://live.uptimeworks.com/login>
- <https://new.abb.com/>
- <https://new.abb.com/>
- <https://www.nl.endress.com/nl>
- <https://www.pepperl-fuchs.com/netherlands/nl/index.htm?countryseiteid=-1#>
- <https://www.scribbr.nl/scriptie-structuur/een-inleiding-schrijven-voor-je-scriptie/>
- <https://www.scribbr.nl/starten-met-je-scriptie/onderzoeksopzet/>
- <https://www.se.com/nl/nl/>
- <https://www.sika.net/en/products/flow-measuring-instruments/magnetic-inductive-flow-sensors/series-induq-vmz.html>
- <https://smartindustry.nl/fieldlabs/9-fieldlab-campione/>
- https://www.solarenergypoint.it/shop/impianti_fotovoltaici/accumulo/kit-accumulo-impianti-fotovoltaici
- <https://support.microsoft.com/nl-nl/office/t-toets-functie-1696ffc1-4811-40fd-9d13-a0eaad83c7ae?ui=nl-nl&rs=nl-nl&ad=nl>
- <https://www.twinfiler.com/dutch>
- <https://www.vapro.nl/>
- <https://www.wolframalpha.com/widgets/view.jsp?id=227a2baa99202a93cacf8bbda2d083e1>
- <https://www.worldclassmaintenance.com/project/fieldlab-campione/>
- <https://www.youtube.com/?gl=NL&hl=nl>

Hoofdstuk 9: Bijlagen

- Bijlage 1 → Begrippenlijst
- Bijlage 2 → Informatie ten behoeve van kwaliteit en foutenleer
- Bijlage 3 → Procesbeschrijving Gate 2
- Bijlage 4 → Plan van aanpak
- Bijlage 5 → Strokenplanning
- Bijlage 6 → P&ID proces regelingen
- Bijlage 7 → P&ID externe sensoren
- Bijlage 8 → Curvefit deltap dichtslibben leiding
- Bijlage 9 → Metingen vergelijken casus 2 met trendlijn
- Bijlage 10 → T-toets waardes Casus 1
- Bijlage 11 → T-toets waardes Casus 2 verschillende waardes
- Bijlage 12 → Voorbeeld Statistische afwijking t-toets
- Bijlage 13 → Metingen gate 2 dichtslibben
- Bijlage 14 → Metingen gate 2 pompwaaier degraderen
- Bijlage 15 → Nulmeting gate 2
- Bijlage 16 → Curvefit deltap afgeleide