

Woord vooraf

Als afsluiting van onze opleiding tot industrieel ingenieur in de elektromechanica hebben we, in kader van onze masterproef, stagegelopen bij DAF Trucks in Westerlo. Deze stage en de bijkomende thesis waren voor ons leerrijk, mede door onze interesse in de automobielsector. Graag zouden we bij aanvang van de thesis enkele mensen bedanken, waarzonder dit eindwerk niet gerealiseerd had kunnen worden.

Allereerst zouden we graag Dr. Ir. Michaël Daenen bedanken voor de begeleiding van onze stage en ondersteuning bij het schrijven van onze thesis. Hij was altijd beschikbaar om ons bij te staan bij vragen over inhoud, indeling of opmaak en wees ons er steeds op hoe we ons verhaal duidelijk konden vertellen. Verder zouden we graag Jeroen Lievens bedanken voor de ondersteuning bij het schrijven en de verdediging van de thesis.

Ook aan Davy Lambrechts, onze externe promotor, enorm veel dank. Davy stond ons dagelijks bij met raad en daad en heeft ons geholpen om heel veel contacten te leggen binnen DAF. Verder zouden we ook graag Vital Moonen bedanken. Hij gaf ons de mogelijkheid om te beginnen aan onze stage. We mogen zeker niet de operatoren, werkmeesters en technische dienst vergeten te bedankenvoor hun antwoorden op al onze vragen.

Niet onbelangrijk, onze ouders, die ons steunden en ons de kans gaven om te studeren. Tot slot ook bedankt aan familie en vrienden, die altijd steun boden, interesse toonden en bereid waren hun mening te delen over ons project.

Het werken bij DAF Westerlo en het schrijven van een eindwerk zijn een waardevolle ervaring geweest die voor ons allebei veel inzicht gaf in het bedrijfsleven. We zijn hierdoor ook heel gemotiveerd om te beginnen aan een eigen carrière als ingenieur.

Alvast bedankt voor uw interesse in dit eindwerk.

Inhoudstabel

Woord vooraf	1
Lijst van tabellen	7
Lijst van figuren	9
Verklarende woordenlijst	11
Abstract	13
Abstract in English	15
1 Inleiding	17
1.1 Situering.....	17
1.2 Probleemstelling	18
1.3 Doelstellingen	20
2 Materiaal en methode	21
3 Gegevensanalyse	23
3.1 Gegevens uit SAP	23
3.1.1 Analyse van de volledige cel	23
3.1.2 Analyse van pers 1	24
3.1.3 Analyse van het proefstation	26
3.1.4 Analyse van pers 2	27
3.1.5 Analyse van robot 2.....	28
3.1.6 Storingen bij omstellen en afstellen	30
3.2 Gesprekken met operatoren en technici.....	30
3.3 MTBF en MTTR.....	31
3.4 Verschil tussen shiften	32
3.5 Besluit.....	33
4 Kostenanalyse	35
4.1 DE-verliesuren	35
4.2 Onderhoudskosten.....	36
4.3 Bijkomende kosten door ongeperste naven.....	36
4.4 Besluit.....	36
5 Hoofdoorzaken	37
5.1 Omstelling	37
5.2 Ervaring van de operator	38
5.3 Preventief onderhoud	38
5.4 Grippers.....	38
5.5 Sensoren en kabels.....	41
5.6 Gebroken bouten aan de stempels	42

5.7	Riem van het proefstation	42
6	Oplossingen.....	43
6.1	Het maken van SOP's	43
6.2	Bijscholing door ervaren operatoren	43
6.3	Grijpers.....	43
6.3.1	Mogelijke oplossingen	45
6.3.2	Kosten.....	46
6.3.3	Besluit.....	46
6.4	Ontwerp van een TCP-paal.....	47
6.4.1	Eisen	47
6.4.2	Kalibratie.....	47
6.4.3	Ontwerp.....	48
6.4.4	Kosten.....	49
6.4.5	Chemisch verankeren	49
6.5	Sensoren en kabels.....	50
6.5.1	Robuustere bekabeling	50
6.5.2	Kabelgeleiding	50
6.5.3	Besluit.....	51
6.6	Plaatsen van een voorraadkast	51
6.7	Gebroken bouten van de stempels.....	51
6.8	Riem van het proefstation	52
7	Voorspelde resultaten.....	53
8	Kosten-batenanalyse	55
8.1	Grijpers en TCP-paal.....	55
8.2	Kabels en sensoren	56
8.3	Gebroken bouten van de stempels.....	56
8.4	Riem proefstation	56
8.5	Snelheid van de eerste lijn bediening	56
8.6	Overzichtstabel	57
9	Aanbevelingen	59
9.1	Inleiding.....	59
9.2	Ondersteunende aanpassingen	59
9.2.1	Uitbreiding SAP.....	59
9.2.2	Gepland onderhoud	59
9.2.3	Total productive maintenance ("TPM").....	60
9.2.4	Beschikbare machinetijd beter benutten	60

9.2.5	Opleiding van operatoren	61
9.2.6	Beter benutten van de 3 ^e arbeider	62
9.2.7	Stock	62
9.2.8	Reserveonderdelen.....	62
9.3	Structurele aanpassingen.....	63
9.3.1	Algemeen.....	63
9.3.2	Transport	63
9.3.3	Robot	63
9.3.4	Hydraulische kring.....	63
9.3.5	Pers	64
9.3.6	Update van elektronica.....	64
10	Conclusie.....	65
10.1	Probleemstelling en doel	65
10.2	Gemeten resultaten	65
10.3	Besluit.....	68
11	Literatuurlijst.....	69
	Bijlagen	71
	Bijlage A: Opname van naven door grijpers.....	73
	Bijlage B: Extra uitleg bij materiaalkeuze	75
	Bijlage C-1: Ontwerp 1 grijpers.....	79
	Bijlage C-2: Ontwerp 2 grijpers.....	81
	Bijlage D: Krachtberekening boutverbinding.....	83
	Bijlage E: Offertes grijpers	89
	Bijlage F-1: Ontwerp 1 TCP-paal	91
	Bijlage F-2: Ontwerp 2 TCP-paal	93
	Bijlage G: Offerte programmeren TCP-punt	95
	Bijlage H: Ontwerp riemspanner	97

Lijst van tabellen

Tabel 1: Verklarende woordelijst	11
Tabel 2: Productiviteit per ploeg	33
Tabel 3: DE-verliesuren en -kosten	35
Tabel 4: Mogelijke spanmethodes	52
Tabel 5: Stilstandsuren die dalen door voorraadkast.....	53
Tabel 6: Stilstandsuren die dalen door bijscholing	54
Tabel 7: Kosten-batenanalyse grijpers	55
Tabel 8: Kosten/besparingen/terugverdientijd verbeteringen	57
Tabel 9: Vergelijking resultaten	67
Tabel 10: Vergelijking MTBF en MTTR	68
Tabel 11: Materiaal 1.2379	75
Tabel 12: Materiaal 1.2436	76
Tabel 13: Materiaal 1.2510	77
Tabel 14: Gegevens krachtberekening	83

Lijst van figuren

Figuur 1: Schema FAG-cel.....	19
Figuur 2: Ruwe data uit SAP	21
Figuur 3: Bijgevoegde tekst in SAP	22
Figuur 4: Uitval per toestel (09/2015-09/2016)	23
Figuur 5: Pers 1: Totale uitvalduur en aantal meldingen per soort storing	25
(09/2015-09/2016)	
Figuur 6: Oorzaken sensorstoringen (09/2015-09/2016)	25
Figuur 7: Proefstation: Totale uitvalduur en aantal meldingen per soort storing	27
(09/2015-09/2016)	
Figuur 8: Pers 2: Totale uitvalduur en meldingen per soort storing (09/2015-09/2016)	27
Figuur 9: Robot 2: Totale uitvalduur en aantal meldingen per soort (09/2015-09/2016)	28
Figuur 10: Oorzaken grijperstoringen (09/2015-09/2016).....	29
Figuur 11: Afstellingsstoringen per toestel (09/2015-09/2016)	30
Figuur 12: Gemiddelde hoeveelheid stuks per ploeg.....	32
Figuur 13: 8T zonder lager	39
Figuur 13: Schematische weergave grijperslijtage	39
Figuur 14: Krachten op de grijper	40
Figuur 15: Onderstempel pers 2.....	41
Figuur 16: Bovenstempel pers 2	41
Figuur 17: Slijtage grijper	43
Figuur 18: Prototype kabelgeleiding	50
Figuur 19: Verschil productie stuks per week.....	61
Figuur 21: 13T zonder lager	73
Figuur 22: 8T met lager.....	74
Figuur 23: 13T met lager.....	74
Figuur 24: Ontwerp 1 grijper: slijtdeel.....	79
Figuur 25: Ontwerp 1 grijper: staaf	79
Figuur 26: Slijtdeel ontwerp 2.....	81
Figuur 27: Ontwerp 2 grijpers: staaf	81
Figuur 28: Volledig ontwerp 2.....	82
Figuur 29: Offerte grijpers volledig gehard	89
Figuur 30: Offerte slijtdelen grijpers	90
Figuur 31: Ontwerp 1 TCP-paal	91
Figuur 32: Uitgewerkt ontwerp TCP-paal	93
Figuur 33: Pascilinders A) gesloten B) kleine lagers C) normale lagers D) grote lagers	93
Figuur 34: Offerte programmeren TCP-punt	95
Figuur 35: Spanrolhouder	97
Figuur 36: Spanrol bevestigingsbout	97

Figuur 37: Spanrol eindblok.....	97
Figuur 38: Spanrol veerspanbout	98
Figuur 39: Volledige spanrolopstelling	98

Verklarende woordenlijst

Tabel 1: Verklarende woordenlijst

<i>Afkorting</i>	<i>Verklaring</i>
<i>FAG</i>	Bedrijf vanwaar de robotcel afkomstig is.
<i>ABS</i>	Standaard antiblokkeersysteem zoals in een wagen.
<i>DE-verlies</i>	Overbodige personeelskosten doordat arbeider technisch werkloos is.
<i>OEE</i>	Overall equipment efficiency.
<i>DMAIC</i>	Define, Measure, Analyze, Improve and Control.
<i>SAP</i>	Algemene bedrijfsvoeringssoftware die DAF gebruikt om gegevens bij te houden. (ERP pakket – Enterprises Resources Planning) Dankzij SAP zijn organisaties in staat aanzienlijke efficiëntieverhogingen te bereiken waardoor ze competitief kunnen blijven met concurrentie.
<i>MTBF</i>	Mean Time Between Failure. Dit is de tijd die er gemiddeld zit tussen twee stilstanden
<i>MTTR</i>	Mean Time To Repair. De tijd die er gemiddeld nodig is om een reparatie uit te voeren.
<i>SOP</i>	Standard Operating Procedure. Standaard manier van werken die een operator moet volgen bij bepaalde procedures.
<i>HV</i>	Hardheid volgens Vickers.
<i>HRC</i>	Hardheid volgens Rockwell (C).
<i>TCP</i>	Tool Center Point. Een referentiepunt voor een machine.
<i>TPM</i>	Total Productive Maintenance.

Abstract

DAF Trucks te Westerlo produceert voor- en achterassen voor vrachtwagens. Deze scriptie concentreert zich op de robotcel die lagers in de wielnaven van de assen perst. Deze cel bevat twee persen, twee robots, een proefstation en een weegstation. De cel is afkomstig van FAG in Oostenrijk waar zij zeven jaar in gebruik was. Sinds twee jaar is deze in gebruik bij DAF. Dit maakt dat de cel relatief oud is waardoor deze gemiddeld 21 uur per week buiten dienst geraakt. De gewenste output van 343 navens per shift wordt niet gehaald omwille van de vele storingen. Het doel van deze masterproef is om het aantal stilstandsuren te reduceren met twintig procent door een storingsanalyse op te stellen en vervolgens gericht storingen te elimineren.

Uit de storingsanalyse kwamen drie pijnpunten aan het licht: beide persen, de robots en het proefstation zorgden voor de meeste stilstandsuren. Bij de persen werd er een bescherming toegevoegd voor sensoren en kabels en de stempel. Een nieuw ontwerp voor de grijpers en een TCP-paal moeten de storingen uit de grijpers van de robots halen. Als laatste aanpassing werd de riem van het proefstation voorzien van een spanrol. Ten slotte werden alle kosten van de storingen berekend, om een kosten-batenanalyse te maken.

Door de verbeteringen zijn de stilstandsuren gereduceerd met 26 procent. Dit wil zeggen dat de stilstand is gedaald van 21 uur naar zestien uur per week. Het doel werd ruim behaald zelfs zonder implementatie van de grijpers. De persen en het proefstation zorgden voor de daling in stilstand.

Abstract in English

DAF Trucks Westerlo produces front and rear axles for trucks. This master's thesis focuses on the robotic cell, which presses bearings into wheel hubs for the axles. The cell contains two presses, two robots, a proofing station and a weighing station. The cell originates from FAG in Austria, where it has been in use for seven years, and has been moved to Westerlo two years ago. This means the cell is relatively old, which is why it has a downtime average of 21 hours per week. The target of 343 wheel hubs per shift is hardly ever achieved. The goal of this master's thesis is to carry out a failure analysis and reduce downtime with twenty percent.

The failure analysis brought up three main causes; both presses, both robots and the proofing station made up for most of the downtime. The presses were provided with cable and sensor protection. A new design for grippers and a tool-centre-point were designed to fix the errors of the robots. Lastly an automatic tensioner kept tension on the belt in the proofing station. Finally, all costs were analysed in a cost-benefit-analysis.

The improvements reduced downtime with 26 percent. This means downtime is reduced from 21 hours per week to sixteen hours per week. The goal has been largely achieved, even without implementing the grippers. The presses and the proofing station caused this reduction in downtime.

1 Inleiding

1.1 Situering

In 1928 werd DAF opgericht in Eindhoven door de broers van Doorne onder de naam 'Hub van Doorne, Machinefabriek en Reparatie Inrichting', een kleine machinefabriek en smederij. In 1966 werd de cabinefabriek in Westerlo opgestart, in 1971 werd hieraan de assenfabriek toegevoegd. Later, in 1993, vormde dit zich tot DAF Trucks N.V. dat zich ontwikkelde tot de snelst groeiende truckproducent van Europa. DAF Westerlo heeft meer dan 2 200 mensen in dienst. Deze mensen zorgen voor de productie van 200 cabines en 450 assen per dag voor de populaire DAF CF- en XF-Trucks. In het zware segment (16 ton) realiseerde DAF een marktaandeel van 14,6 procent in Europa. DAF is marktleider in Nederland, Groot-Brittannië, Polen en Hongarije voor de zware klasse en in België en Tsjechië voor de trekkers. [1]

Momenteel telt DAF Trucks vier productiefaciliteiten: Eindhoven (NL), Westerlo (BE), Leyland (UK) en Ponta Grossa (BRA) [2]. In Westerlo worden twee truckonderdelen gemaakt, namelijk de cabines en voor- en achterassen. De assenlijn bestaat uit twee delen, nl. assemblage en fabricage. Dit project onderzoekt de FAG-cel, een onderdeel van de assemblagelijijn.

De FAG-cel, die DAF in 2014 overgekocht heeft van de Oostenrijkse firma FAG, perst lagers in naven. Voorheen werden de afgewerkte naven per truck aangevoerd naar Westerlo en daar geassembleerd. Een groot voordeel hiervan was dat er een buffer van drie weken zat tussen het afwerken van een naaf en het assembleren van die naaf op een as. Nu de FAG-cel in Westerlo staat is er nauwelijks nog een buffer, dus als er een storing optreedt en de cel stilvalt loopt heel het assemblageproces vertraging op.

1.2 Probleemstelling

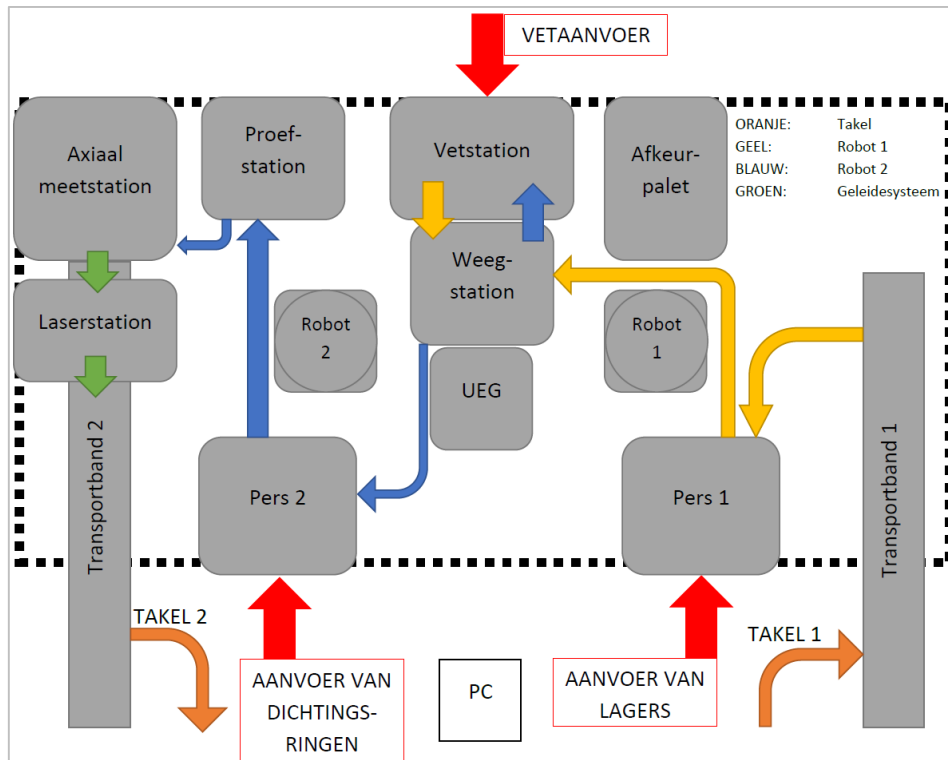
Dit project omvat de FAG-cel, bestaande uit verschillende werkstations (zie Figuur 1). Eerst worden de lege naven met een takel uit een kist gehaald en op een transportband geplaatst.

Deze transportband brengt de naaf naar de eerste robotarm, die de naaf klaarlegt in persstation één. Persstation één perst langs de boven- en onderkant van de naaf een lager in met borgringen. Nadat de lagers in de naaf geperst zijn, neemt robot één de naaf weer op en zet ze neer op het weegstation, waar de naven een eerste keer gewogen worden.

Van het weegstation brengt robot twee de naaf naar het vetstation. In het vetstation wordt er aan de binnenzijde van de naaf een laag vet aangebracht, zodat er minder wrijving is en de lagers langer meegaan met een beter rendement. Nadat het vet is toegevoegd, neemt robot één de naaf weer op en zet die nogmaals op het weegstation om te controleren of er voldoende smeermiddel aan de naaf is toegevoegd.

Robot twee verplaatst vervolgens de naaf naar de tweede pers, die een keerring plaatst aan de buitenzijde van de lagers zodat het smeermiddel niet verloren gaat of uitdroogt en er geen vuil in de lagers komt. Na deze stap is de naaf afgewerkt en zet robot twee hem in het proefstation, waar ABS, draaimoment en lager afstand gemeten worden. Als bij het proefstation blijkt dat alles in orde is, neemt een portaalrobot de naaf op en zet hem op een tweede transportband.

Hier volgt een tussenstop bij het laserstation, waar een serienummer op de lagers gegraveerd wordt. Aan het einde van de transportband haalt een operator met behulp van een takel de naaf van de transportband en plaatst hem in een kist.



Figuur 1: Schema FAG-cel

Deze cel perst naven met een draagkracht van 8, 9 of 13 ton. Omdat er twee soorten naven van 13 ton zijn betekent dit dat er vier soorten naven geperst moeten kunnen worden. Het omstellen tussen deze processen neemt veel tijd in beslag en vaak komen erna omstellingen veel storingen voor.

Theoretisch gezien is het mogelijk dit proces te laten draaien met twee operatoren. Er wordt echter geen rekening gehouden met aanvoer en afvoer van materiaal. Daarom wordt er een derde operator aangesteld, die hiervoor verantwoordelijk is.

Omdat de FAG-cel relatief oud is, namelijk tweeënehalf jaar bij DAF en voordien zeven jaar bij FAG, zijn er geregeld storingen of fouten in de productie. Dit heeft als gevolg dat er veel machinestilstand is. Vorige studies [2] tonen aan dat de cel gemiddeld 21 uur per week buiten gebruik is. Omdat de cel zo vaak buiten gebruik is, is DAF verplicht om tijdens het weekend dagelijks 1,5 shift extra in te voeren.

In totaal zijn van de voorbije tien weken slechts drie weken de gewenste output van 5150 naven gehaald. Alle andere weken was er een tekort van meer dan 800 naven per week. Dit brengt een totaal tekort met zich mee van 6201 naven, exclusief naven die apart werden verkocht voor reparaties.

Per dag zou DAF 265 voor- en 250 achterassen moeten produceren. 515 assen per dag betekent dat er dagelijks 1030 naven geproduceerd moeten worden. Om die hoeveelheid te halen moeten er minstens 343 naven per shift geperst worden. Doordat de cel zoveel last heeft van storingen wordt slechts 77 procent van dat aantal geproduceerd. Dit wil zeggen dat bijna een kwart van de klanten moet wachten op de bestelde naven.

1.3 Doelstellingen

Het doel van dit project is om de tijd die de FAG-cel buiten werking is te verminderen met 20 procent. Om dit te realiseren wordt er eerst een storingsanalyse gemaakt. Vervolgens elimineren we de meest voorkomende fouten en voorzien we oplossingen om te verzekeren dat ze niet terugkeren.

Onze taak is om via structurele aanpassingen de belangrijkste storingen te elimineren. Het herontwerpen van de cel behoort niet tot ons takenpakket. Omwille van de korte tijd gaan we om dit te verwezenlijken niet de grootste stilstandsoorzaken elimineren, maar eerder de oorzaken die binnen ons tijds kader oplosbaar zijn.

Het maximale budget dat hiervoor is vrijgemaakt, is 81 000 euro. Dit is de departmental efficiency: het bedrag dat de storingen nu kosten aan werkuren. Dit is vergelijkbaar met Overall Equipment Efficiency, maar OEE houdt ook rekening met kwaliteit, derde operator en dergelijke.

2 Materiaal en methode

Verbetering in de doorlooptijd werkt volgens het *DMAIC* principe. We gaan deze methode gebruiken om storingen te verminderen in de FAG-cel.

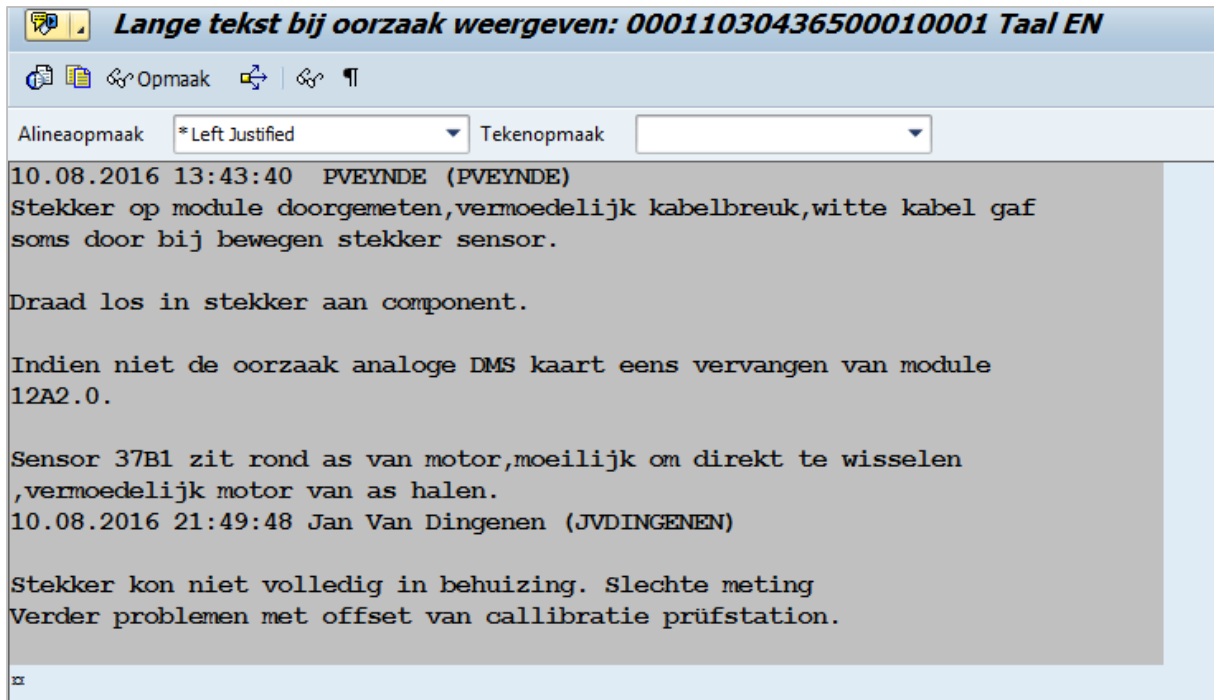
Eerst definiëren we de grenzen van dit project. In dit geval is dat de FAG-cel. Vervolgens voeren we metingen uit. Deze metingen zijn de data van SAP, van september 2015 tot en met september 2016. Dat is de data die onderzocht wordt om te bepalen welke implementaties het best zijn om stilstandsuren te elimineren. Na implementatie is het belangrijk om verbeteringen te borgen.

Het analyseren van de gegevens gebeurt met behulp van SAP, dit programma houdt DAF's gegevens bij sinds 2006, en de gegevens van de FAG-cel sinds ingebruikname van de cel.

Een voorbeeld van de ruwe data van SAP ziet u in Figuur 2: Ruwe data uit SAP. De invoermethode van de ruwe data is niet compleet, vaak moet er aparte tekst bij voorzien worden. Dit maakt het heel moeilijk om alle informatie uit de gegevens te halen zonder elke melding afzonderlijk te onderzoeken. Hoe deze lange tekst eruitziet u in Figuur 3: Bijgevoegde tekst in SAP.

Melding	Datum	Tijdstip	Funct...	Omsc...	Omschrijving	Oorzaaktekst	Oorzaakcodetekst	Order	Uitvalduur
120174112	M 05.09.2016	18:30:30	5313...	2277...	pers1 afnamecilinder pers kips in 2x	oke	Instelling verlopen	11511477	0,00
110306602	M 01.09.2016	02:29:26	5313...	2277...	vet komt langs piston eruit	kraantje ontluchting stuk	Machinefout (zie kom...	11503502	3,22
110306539	M 31.08.2016	16:33:54	5313...	2277...	sensor stempel pers1	snesorikabels niet vastgeschroefd,ok	Montagefout	11503415	2,73
110306540	M	16:34:36	5313...	2277...	stempel proefstation boutjes over	boutjes vervangen	Machinefout (zie kom...	11503476	0,00
110306185	M 29.08.2016	06:18:43	5313...	2277...	pers 1 fout eindschakelaar	reedcontact vergaan, trj juist gezet	Slecht elektrisch konta...	11502931	1,35
110306222	M	10:18:33	5313...	2277...	pers 1 bus los	is m2, was M1 120173749	sljtage	11502974	0,69
120173749	M	15:16:20	5313...	2277...	pers 1 bus los	ok	sljtage	11510106	0,00
120173716	M 28.08.2016	14:35:21	5313...	2277...	Kabels onderaan pers 1 fatsouneren	oke	sljtage	11502845	0,00
110306134	M 27.08.2016	11:46:26	5313...	2277...	PERS1 DOET NIKS MEER	reedcontact los	Slecht elektrisch konta...	11502791	1,14
110306058	M 26.08.2016	16:46:49	5313...	2277...	pres 2 zet naaf niet weg	nieuwe bedienaars, niemand ervare vr h...	verkeerde bediening	11502724	0,99
110305850	M 25.08.2016	14:28:41	5313...	2277...	pers 1 werkt niet	bedienaar opgelost	productie heeft opgel...	11502487	0,62
110305569	M 23.08.2016	17:17:41	5313...	2277...	pers 2 doet niet meer verder	pers bleef onder, na noodstop goed ge...	onbekende fout (zie k...	11502104	1,16
110305346	M 22.08.2016	06:16:24	5313...	2277...	hydrauleksteuerkarte nulpuntsfehler	zie LT	Elektrisch component ...	11501839	9,13
110305417	M	16:11:02	5313...	2277...	machine valt regelmatig stil nadat robot	wachtte afvoer produkt op band	gestart zonder problee...	11501888	1,01
110305312	M 21.08.2016	08:58:35	5313...	2277...	storinglangemessysteem	zie 110305346	oude / Dubbele Melding	11501840	3,20
110305168	M 19.08.2016	05:41:24	5313...	2277...	dichtungabfrage sensor stuk??	Sensor meetstation. LT	vervulling	11501472	3,21
110305172	M	06:09:56	5313...	2277...	storing beide eindschakelaars pers 1	Dubbele bon.	oude / Dubbele Melding	11501511	0,00
110305236	M	15:50:45	5313...	2277...	kabelbreuk pers 2onderstempel	hersteld, alerlei opstartproblemen.....	Corrosie (roest, oxidati...	11501598	4,13
110305035	M 18.08.2016	04:27:53	5313...	2277...	robot 1 baat naaf los Bekken versleten	grijpers verv, lagen klaar aan machine	sljtage	11501284	2,57
110304925	M 17.08.2016	08:19:18	5313...	2277...	vijsjes prüfstation 8ton kapot	door Jef gerepareerd	botsing / Crash	11501126	0,18
110304890	M 16.08.2016	23:35:08	5313...	2277...	pers 2 onderste ring komt naar boven	klep vervangen >> vast	sljtage	11501082	3,00
110304545	M 11.08.2016	19:16:06	5313...	2277...	prüfstation meet niet goed	meten is weten !!!, zie lt	Instelling verlopen	11500463	7,26
110304365	M 10.08.2016	10:22:31	5313...	2277...	proefstation rebewert meting slecht	Zie LT. Prüfstation	Slecht elektrisch konta...	11500229	9,78
110304267	M 09.08.2016	15:10:27	5313...	2277...	pers 1 elk stuk melding cercips niet	vulligheid tussen clips systeem	vervulling	11500110	1,73
110304169	M 08.08.2016	19:00:54	5313...	2277...	pers 2 onderste stempel blijft haperen	Hydro druk fout . niet meer gehad	druk / kracht	11499956	0,41
110304182	M	22:30:17	5313...	2277...	kabel takel hangt vast	kabel achter stelling blijven hangen	Machinefout (zie kom...	11499980	1,50
110303961	M 05.08.2016	08:25:51	5313...	2277...	perss 2	reditech binnengekomen: zie LT	Slecht elektrisch konta...	11499681	5,78
110303986	M	14:23:11	5313...	2277...	portaalhandeling	ventilator vul/vast frequentiesturing	vervulling	11499764	66,93
110303710	M 21.07.2016	00:34:01	5313...	2277...	robot 1 systeemfehler	robot in startpos gezet	alles juist gezet	11499879	0,68
110303531	M 19.07.2016	22:37:59	5313...	2277...	sensor robot 2 hangt los	sensor terug gemonteerd	Machinefout (zie kom...	11499685	0,78
110303244	M 17.07.2016	16:07:35	5313...	2277...	robot stop	opgestart	Machinefout (zie kom...	11498186	1,57
110303200	M 16.07.2016	01:27:19	5313...	2277...	pers 1 geeft cercips nok elke naaf	instelling aangepast	Instelling verlopen	11498130	3,29
110303027	M 14.07.2016	11:13:28	5313...	2277...	bovenstempel prüfstation herstellen	ok	sljtage	11497864	2,78
110302890	M 13.07.2016	07:33:14	5313...	2277...	PERS 1, eindschakelaar slede defect	zie lt	Instelling verlopen	11497660	6,24
120172403	M	12:56:27	5313...	2277...	onderpot pers 1 13ton herstellen	Nieuwe pot te bestellen HOE?	sljtage	11503693	0,00
120172294	M 12.07.2016	05:04:07	5313...	2277...	kabel tussen bekken en naaf	is M1 110302746 geworden	oude / Dubbele Melding	11497365	0,00
110302746	M	06:31:22	5313...	2277...	kabel tussen bekken en naaf	Zie lt.	sljtage	11497366	5,83
110302604	M 11.07.2016	07:31:08	5313...	2277...	pers 2 kalibreert niet	zie lt	onbekende fout (zie k...	11497188	1,48
110302554	M 10.07.2016	15:06:26	5313...	2277...	pers 2	buiten diagram	afmetingen (te groot, ...	11497025	0,64
110302555	M	16:06:02	5313...	2277...	p2 detecteerd geen naaf er zit er toc...	grijpers bijgesteld	sljtage	11497026	1,40
110302561	M	18:28:40	5313...	2277...	robot verspanen robot 2	robot vast	Instelling verlopen	11407020	5,02

Figuur 2: Ruwe data uit SAP



Figuur 3: Bijgevoegde tekst in SAP

De gegevens kunnen gerangschikt worden volgens datum, omschrijving, oorzaak, uitvaltijd, enz. Bepalen welke storing het belangrijkste is, gebeurt aan de hand van twee factoren: de frequentie en de duur van een storing.

Verder zijn de MTBF en MTTR belangrijke factoren om te beschouwen als men onderzoek hoe betrouwbaar een cel is. MTBF wordt bepaald door het gemiddelde van de tijd tussen storingen[3]. MTTR wordt bepaald door de gemiddelde tijd die nodig is om een storing op te lossen.

Om de sterke en zwakke punten van de machine te leren kennen is niets zo belangrijk als de ervaring van de operatoren en technici. Daarom is het belangrijk hun ervaring en kennis te gebruiken bij het bepalen welke storingen belangrijk zijn.

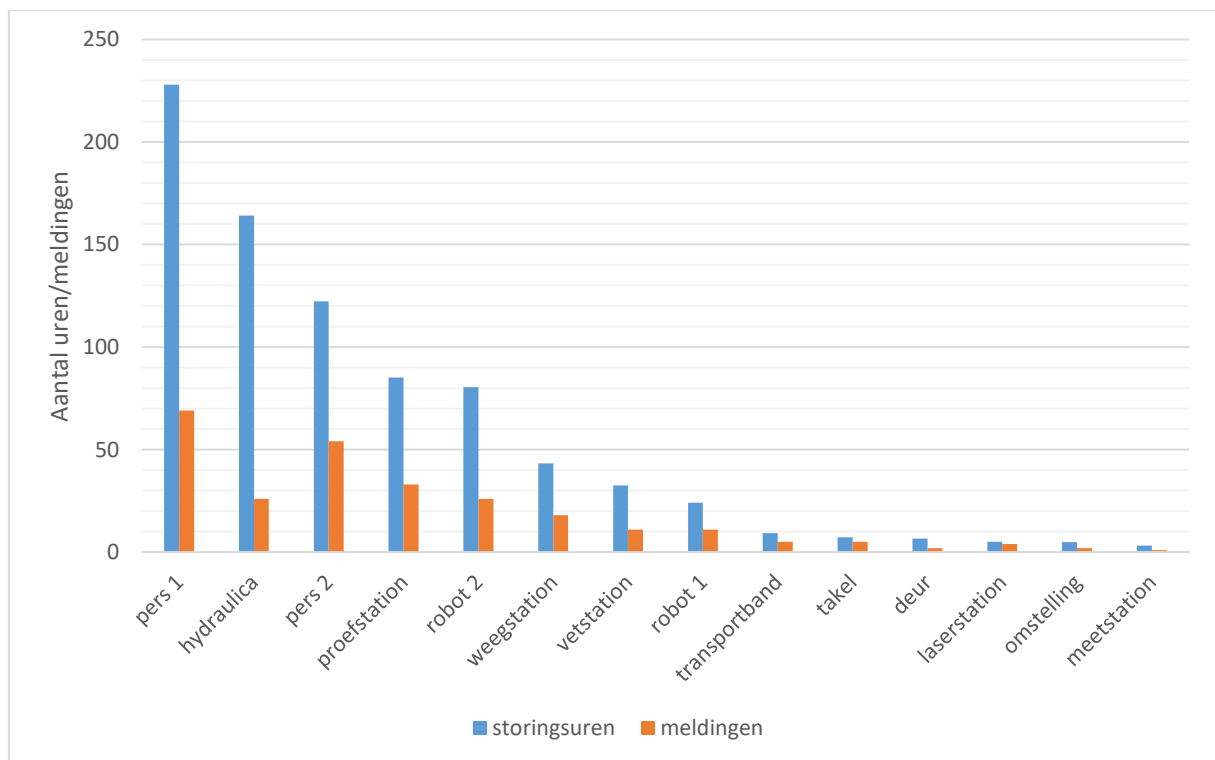
3 Gegevensanalyse

3.1 Gegevens uit SAP

3.1.1 Analyse van de volledige cel

In Figuur 4 zien we dat pers één voor de meeste meldingen en het meest aantal storingsuren zorgt. Ook bij de hydraulica, pers twee, het proefstation en robot twee worden er veel storingsuren opgemerkt.

Al deze toestellen worden nu apart besproken en onderverdeeld om een beter zicht te krijgen op de storingsuren en hoe belangrijk ze zijn. De onderdelen die niet eerder vernoemd zijn, zorgden voor een verwaarloosbaar aantal stilstandsuren en zullen niet verder onderzocht worden.



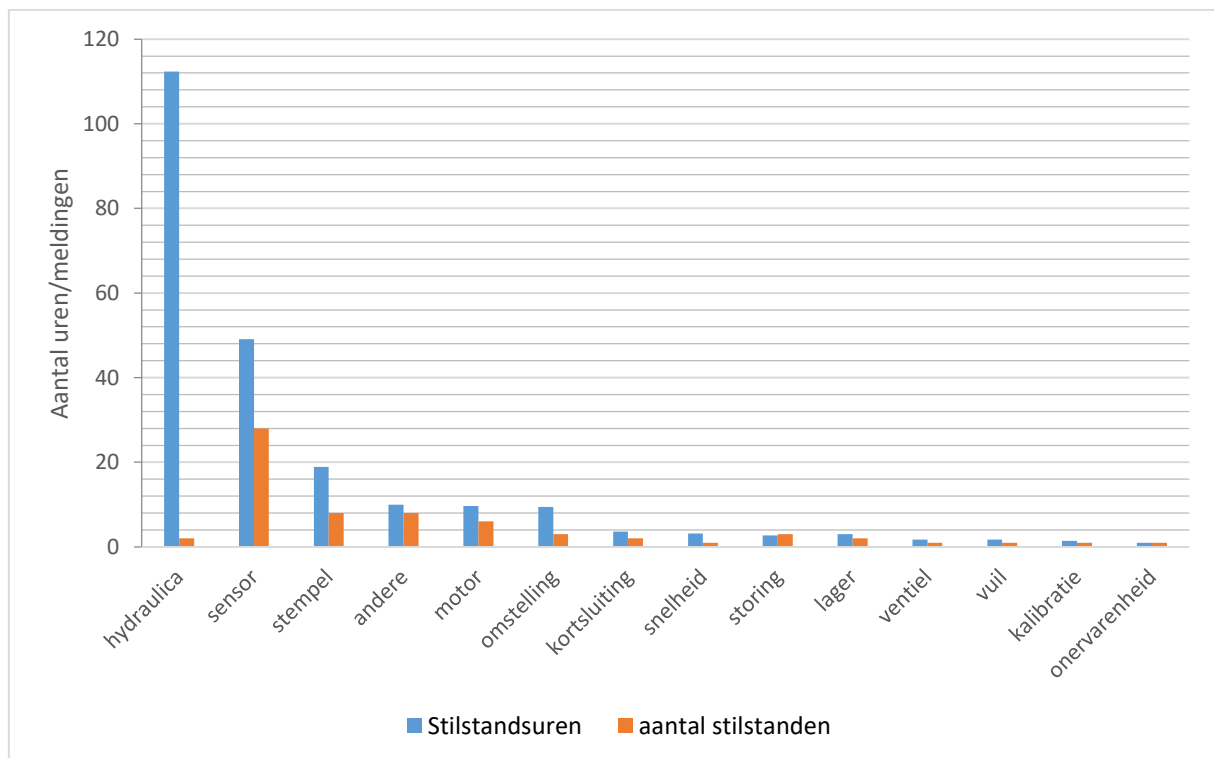
Figuur 4: Uitval per toestel (09/2015-09/2016)

3.1.2 Analyse van pers 1

De Pareto-analyse van pers één (Figuur 5) toont dat het grootste aantal uren uitval wordt veroorzaakt door de hydraulica. Volgens SAP is dat het gevolg van een probleem met de hydraulische stuurkaart. Deze storing is echter slechts drie keer voorgekomen. Dat deze storing voor zoveel stilstand zorgde met zo weinig meldingen valt te verklaren doordat de cel relatief nieuw was voor DAF toen de storing voorkwam. Dit heeft als gevolg dat er weinig kennis was over de werking. De fout die toen voorkwam zou nu niet zorgen voor een vergelijkbare stilstand. Daarom laten we deze fout ook buiten beschouwing. Verder zijn temperatuurschommelingen van de olie een gekend probleem; de temperatuur van het hydraulische systeem is regelmatig te hoog waardoor de machine uitvalt.

Schade/storing aan de sensoren komt jaarlijks 28 keer voor en telt mee voor bijna 50 uur. Dit is een vaak voorkomende fout die ook, zoals we later zullen zien, in de andere toestellen vaak voorkomt. Omdat dit zo vaak voorkomt, wordt ook deze fout nog een keer opgedeeld om zo te achterhalen wat de oorzaak is van de storing.

Storingen aan de stempel worden vaak veroorzaakt doordat de stempel niet goed vastzit. Dit is te wijten aan gebroken bouten of slijtage. Voor andere stilstandsuren is niet altijd een verklaring, het probleem lost zichzelf dan vaak op. Een laatste belangrijke storingsoorzaak bij pers één is de stappenmotor. Deze wordt regelmatig overbelast, met een stilstand als gevolg.

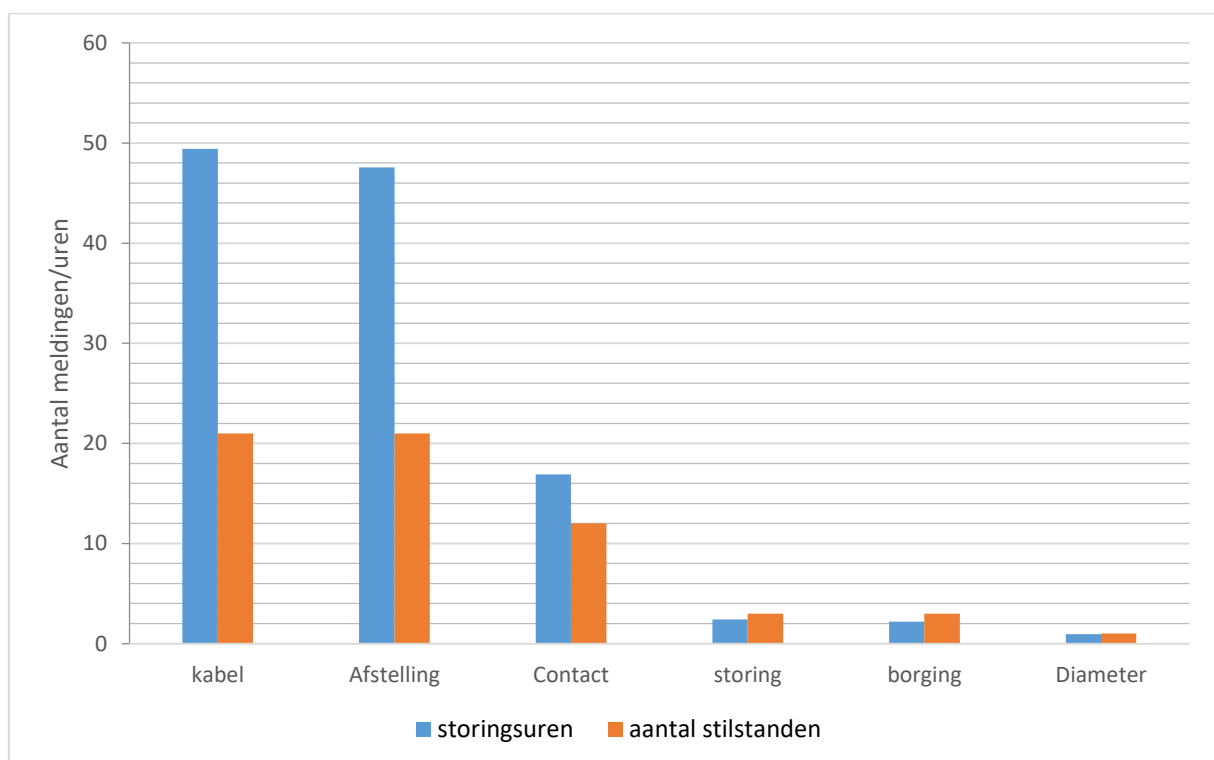


Figuur 5: Pers 1: Totale uitvalduur en aantal meldingen per soort storing (09/2015-09/2016)

3.1.2.1 Analyse van de sensorstoringen

Volgens Figuur 6 is het grootste aantal storingen aan de sensoren te wijten aan kabelbreuk. Hierbij raakt de kabel gekneld waardoor hij breekt of beschadigd raakt, met een fout signaal tot gevolg. Dit gebeurt vaak bij omstellingen.

Afstellingsfouten zijn een gevolg van de kabelbreuk: aangezien de kabel breekt is er veel tijd nodig om de sensoren opnieuw af te stellen opdat er verder gewerkt kan worden. Inductieve zender-/ontvangersystemen zijn sensoren die vaak onedrhevig zijn aan dit probleem. Verder komt het regelmatig voor dat er een slecht contact is tussen sensor en computer.

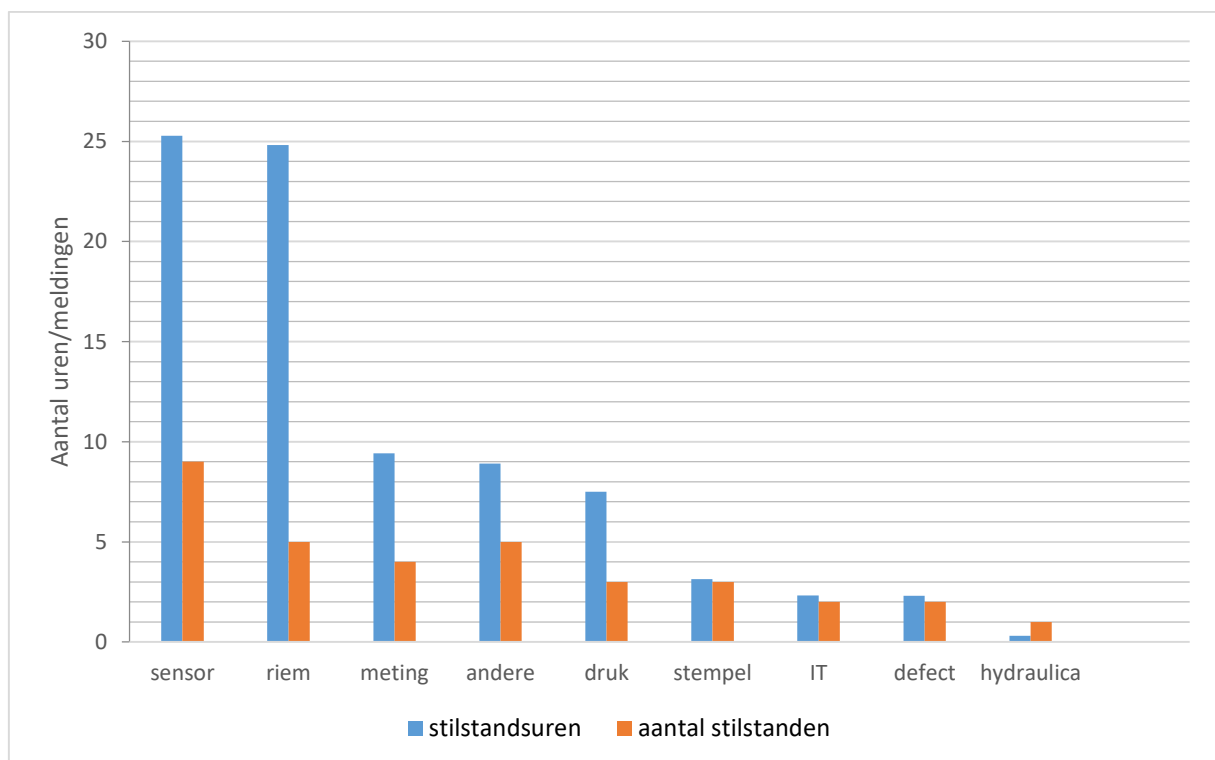


Figuur 6: Oorzaken sensorstoringen (09/2015-09/2016)

De hydraulische kring bevat geen terugslagkleppen. Dit heeft als gevolg dat bij stilstand de olie terugloopt tot het reservoir. De lege leidingen kunnen bij het opstarten niet op druk komen, met veel stilstand en moeizaam werken tot gevolg.

3.1.3 Analyse van het proefstation

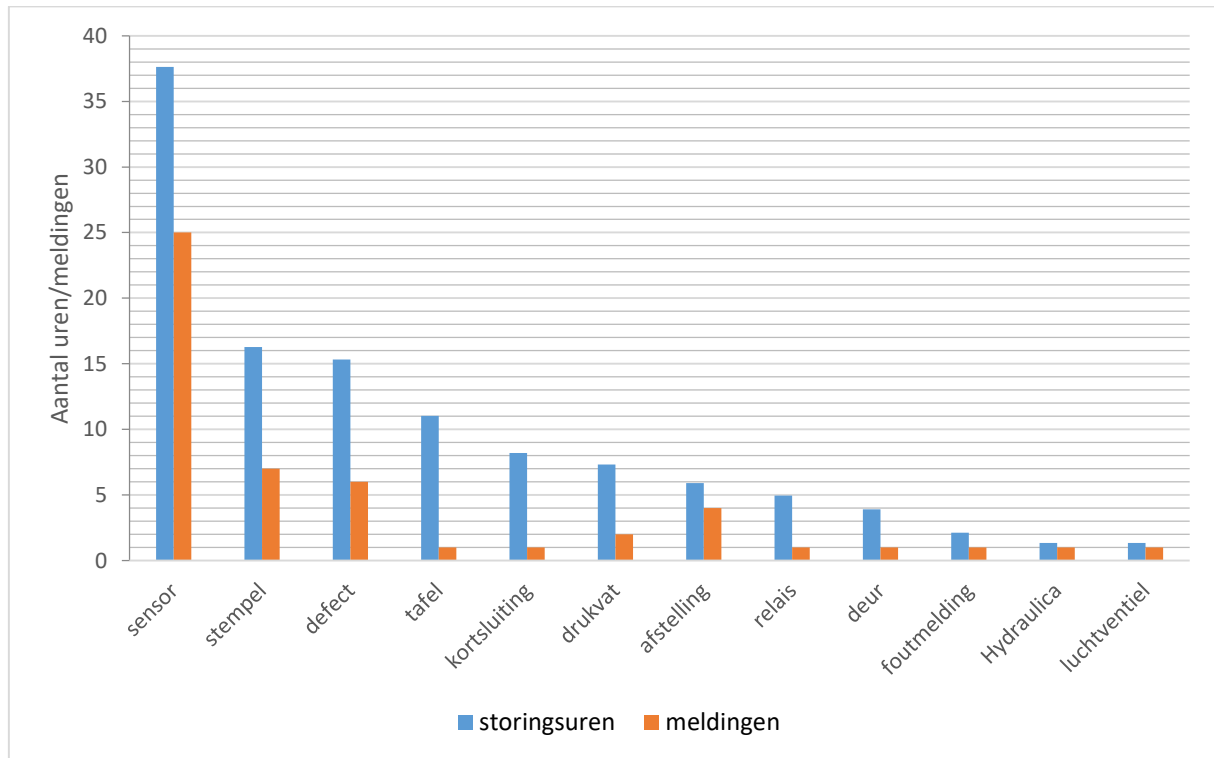
Het proefstation ondervindt het meest problemen van de sensoren en de riem (zie Figuur 7). Sensorstoringen zijn hier zowel de vaakst voorkomende fouten als de fouten die zorgen voor de langste stilstand. De riem die loskomt van de riemschijf van het proefstation is hier de tweede grootste storing. De resterende fouten gaan we niet onderzoeken omdat ze niet vaak voorkomen en niet zorgen voor een grote stilstand in vergelijking met de twee voorgaande storingen.



Figuur 7: Proefstation: Totale uitvalduur en aantal meldingen per soort storing (09/2015-09/2016)

3.1.4 Analyse van pers 2

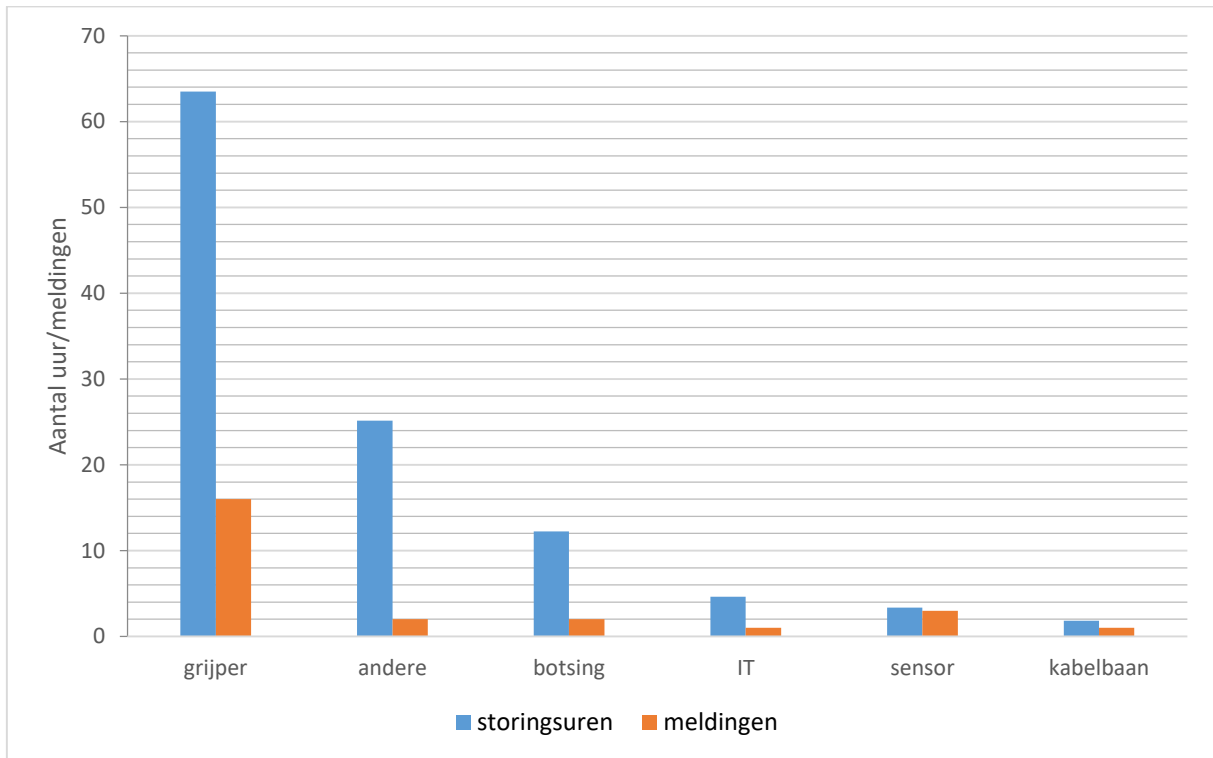
Sensoren zorgen bij pers twee duidelijk voor het meeste stilstandsuren (zie Figuur 8). Deze storingen komen het vaakst voor vanwege slechte contacten of foutieve afstelling. Als tweede spelen de storingen in de stempel een grote rol. Deze zijn meestal te wijten aan slijtage, loskomen van de stempel of het bijstellen ervan. Op de derde plaatst staan defecten met 15,32 uren storing.



Figuur 8: Pers 2: Totale uitvalduur en meldingen per soort storing (09/2015-09/2016)

3.1.5 Analyse van robot 2

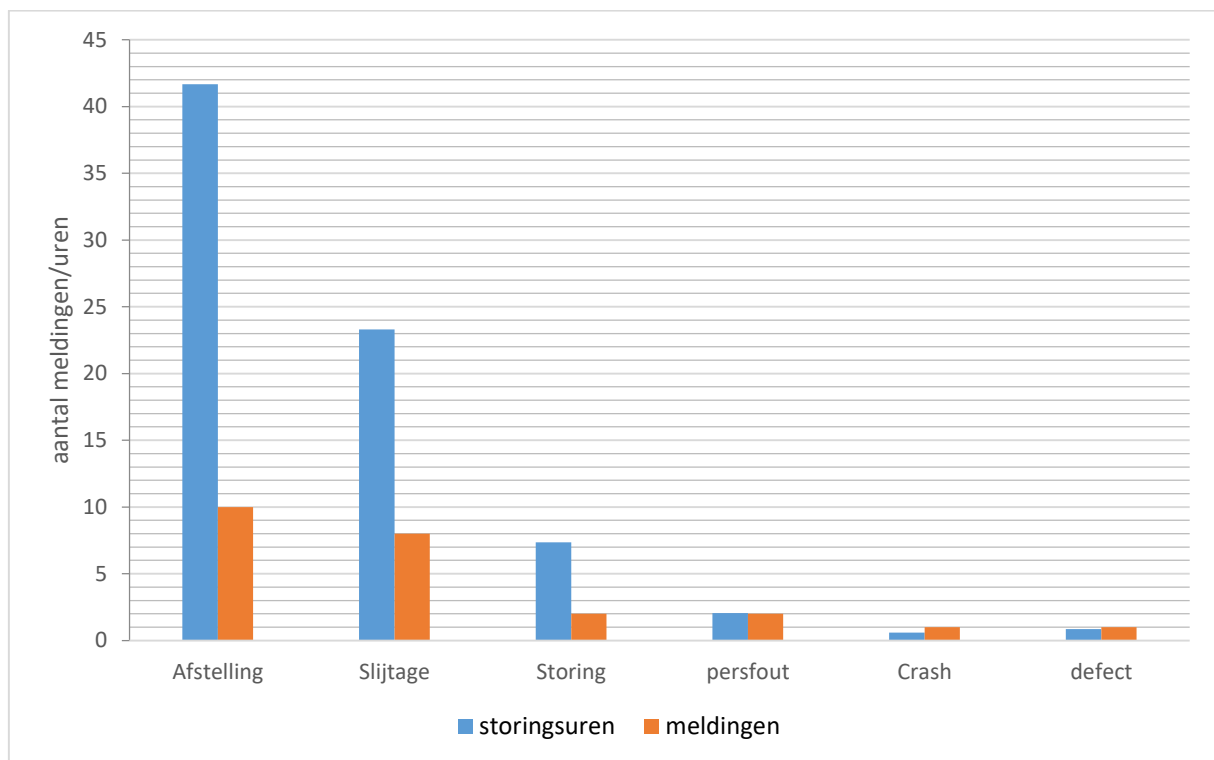
In Figuur 9 zien we duidelijk dat grijperstoringen de grootste problemen veroorzaken bij robot twee. Met zestien meldingen ligt deze ver voor op alle andere storingen. Daarom gaan we binnen de grijpers verder zoeken naar oorzaken. De storingen in de categorie 'andere' zijn storingen waarvan de oorzaak niet te achterhalen is of het probleem bij aankomst van een technicus opgelost was.



Figuur 9: Robot 2: Totale uitvalduur en aantal meldingen per soort (09/2015-09/2016)

3.1.5.1 Analyse van de grippers

Fouten bij de afstelling van de gripper zijn de hoofdreden voor stilstandsuren zoals weergegeven in Figuur 10. Deze fouten zijn een rechtstreeks gevolg van de slijtage van de grippers. Vanwege de aanzienlijke slijtage is er veel onderhoud nodig om grippers te vervangen en af te stellen.

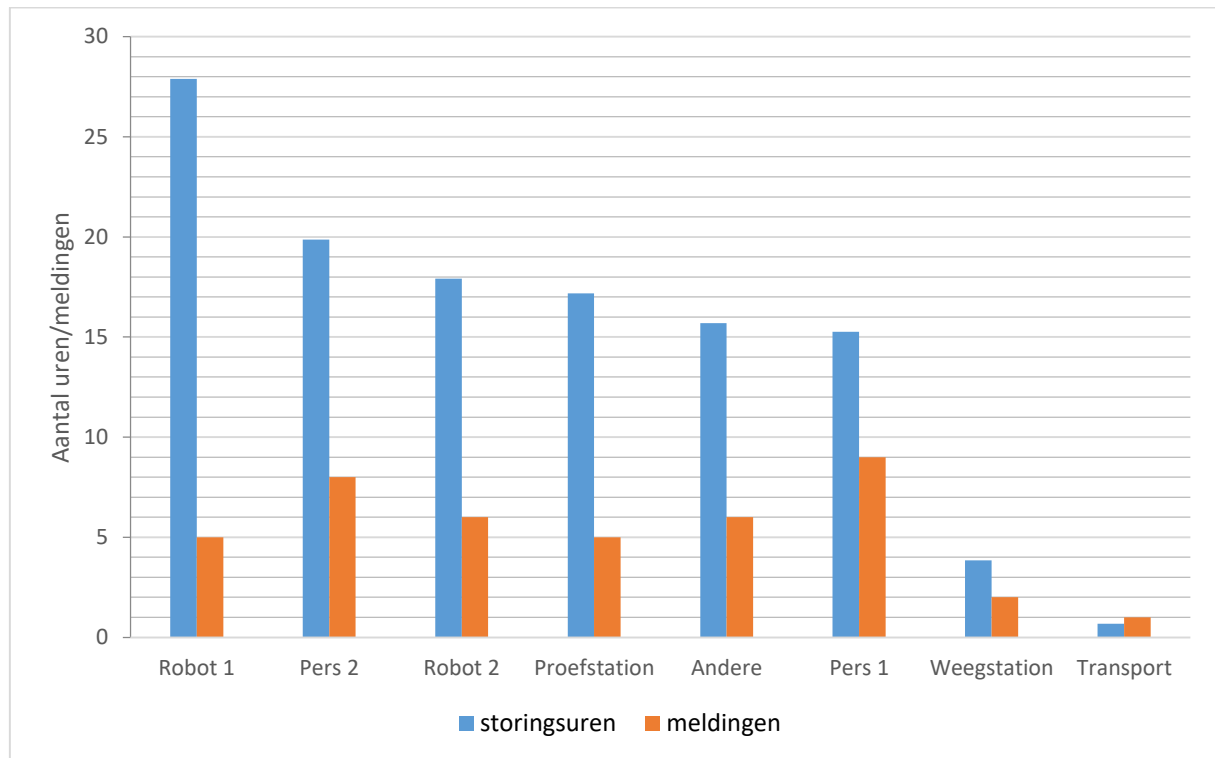


Figuur 10: Oorzaken gripperstoringen (09/2015-09/2016)

In Figuur 6 en Figuur 10 is het opvallend dat telkens fouten aan de afstelling de grootste oorzaken van stilstanden zijn.

3.1.6 Storingen bij omstellen en afstellen

Storingen in de omstelling/afstelling (zie Figuur 11) zijn storingen die voorkomen over de gehele cel, in elk station. Hier zien we dat het aantal storingsuren en meldingen per station ongeveer hetzelfde is.



Figuur 11: Afstellingsstoringen per toestel (09/2015-09/2016)

3.2 Gesprekken met operatoren en technici

Volgens de operatoren treden de meeste storingen op na omstelling. Deze omstelling is nodig omdat er vier verschillende naaftypes geperst worden in de FAG-cel. 8 ton, 9 ton en de oude en nieuwe versie van 13 ton naven. Het omstelproces zelf duurt normaal ongeveer een uur en vindt gemiddeld vijf keer per week plaats. De FAG-cel is voor zijn productie afhankelijk van twee factoren. Ten eerste bepalen de productielijnen, Maus en Famar, hoeveel naven er op voorraad zijn. Wanneer de voorraad op is moet men omstellen. Ten tweede bepaalt DAF Eindhoven welke naven er nodig zijn in het assemblageproces dus moeten de naven geperst worden die zij bestellen. Hoe lang een omstelling duurt is afhankelijk van de operator die aan de machine staat. De laatste twee maanden zijn er veel nieuwe operatoren bijgekomen waardoor de gemiddelde omsteltijd is toegenomen. Een onervaren operator heeft gemiddeld één à twee uur langer tijd nodig.

Vaak voorkomende storingen na de omstelling bevinden zich bij de sensoren. Tijdens het omstellen moeten de sensoren losgemaakt worden zodat er onderdelen verwisseld kunnen worden. De sensoren raken hierna vaak gekneld onder de stempels van pers één en twee.

Omdat de cel stilstaat tijdens het omstellen koelt de hydraulische kring af. Wanneer de cel dan terug opgestart wordt werkt de hydraulische groep niet meteen waardoor er een foutmelding ontstaat en de hele cel stilvalt.

Temperatuurschommelingen zorgen ook bij het vetstation voor problemen. Na het omstellen is het vet afgekoeld en viskeuzer dan normaal met als gevolg dat er te weinig vet aan het lager toegevoegd wordt omdat het trager vloeit. Op warme dagen is het vet minder viskeus en wordt er teveel vet toegevoegd aan het lager. Als er teveel of te weinig vet aan op het lager zit wordt de volledige cel stilgelegd, opdat de operator manueel vet kan verwijderen of toevoegen.

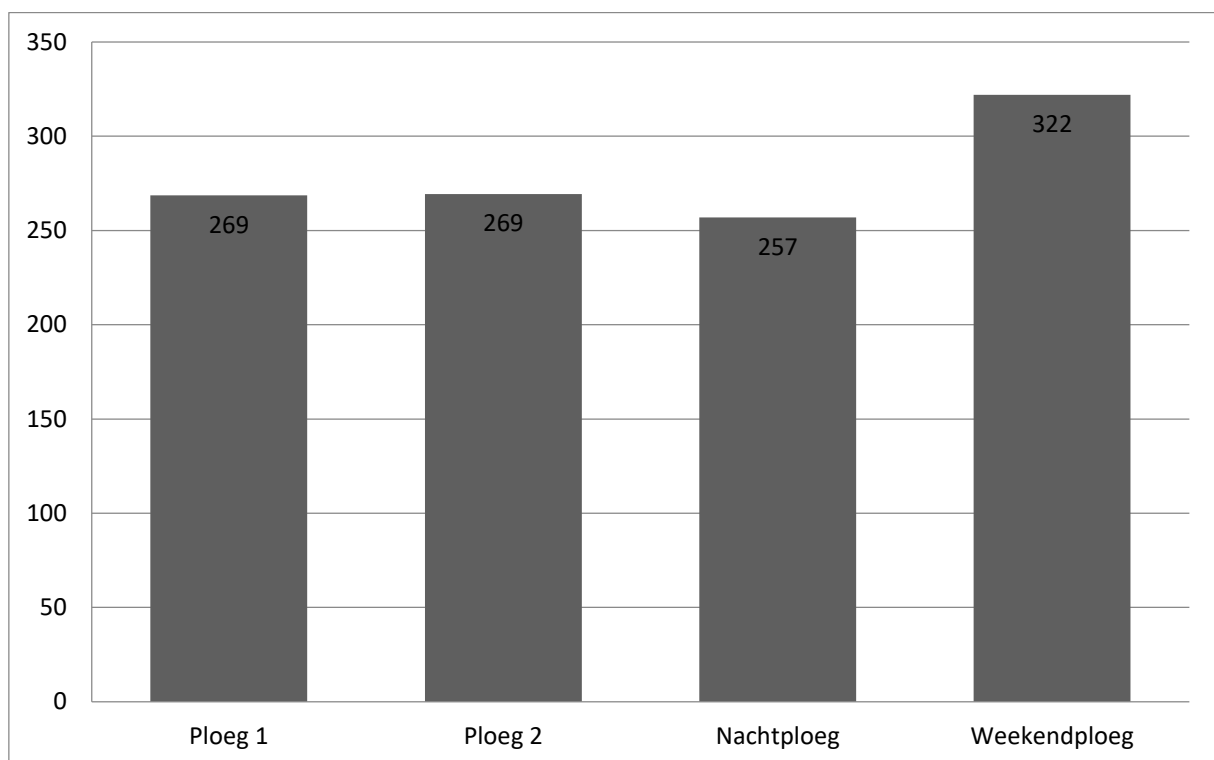
3.3 MTBF en MTTR

Voor de FAG-cel bedraagt de MTBF momenteel 29 uur. Dit wil zeggen dat er gemiddeld om de 29 uur een storing optreedt. Wanneer we kijken naar de median time between failure ligt deze op ongeveer 16 uur. Zowel de MTBF als de Median Time Between Failure zijn heel hoog en er moeten duidelijk acties genomen worden om ze te verlagen.

De MTTR bedraagt voor de FAG-cel tweeënhalve uur. De median time to repair bedraagt hier 1,5 uur. Deze tijden kunnen verminderd worden door het plaatsen van bijvoorbeeld een voorraadkast zodat het nodig materiaal sneller beschikbaar is.

3.4 Verschil tussen shiften

Om te weten of de duur van de stilstanden enkel te wijten is aan de cel, is onderzoek gedaan naar de efficiëntie van de verschillende ploegen. Uit Figuur 12 blijkt dat de weekendploeg gemiddeld een beduidend hoger productieaantal haalt. De productie van ploeg één, twee en de nachtploeg is eerder gelijklopend. In de weekendshift werken mensen met meer ervaring en dit blijkt ook uit Figuur 12. Zij produceren gemiddeld 50 stuks meer dan de andere ploegen. De nachtploeg produceert iets minder dan de vroege en de late shift.



Figuur 12: Gemiddelde hoeveelheid stuks per ploeg

Tabel 2 toont het verschil in productiviteit tussen de verschillende ploegen. Ter berekening hiervan werd rekening gehouden met het aantal stuks dat een ploeg gemiddeld per shift produceert en het aantal uur dat er effectief wordt gewerkt. Bij een ideale situatie worden er 343 stuks per shift gemaakt en wordt er 100 procent van de tijd gewerkt. Er wordt rekening gehouden met zeven effectieve werkuren dus de vermindering in productief werk is te wijten aan andere niet-technische oorzaken. Ook hoeveel keer ze de cel moet opstarten wordt hier in rekening gebracht. De weekendploeg moet twee keer opstarten, de dagploeg één keer en de nachtploeg geen keer.

De weekendploeg is het meest productief, ze produceert zelfs meer dan er van een ploeg verwacht wordt. Ze produceren tijdens het weekend gemiddeld meer terwijl ze minder productief werken. Het percentage productief werk is de verhouding van het aantal minuten dat er effectief gewerkt wordt ten opzichte van het theoretisch mogelijk is tijdens een shift. Pauze wordt hier niet in meegerekend. Verliezen in dat percentage kan komen door bijvoorbeeld het opstarten van de machine.

De nachtploeg doet het het minst goed terwijl deze geen enkele keer in de week moeten opstarten. Uit Tabel 2 is duidelijk af te leiden dat de weekendploeg meer ervaren is dan de andere ploegen doordat zij meer produceren in minder beschikbare tijd.

Tabel 2: Productiviteit per ploeg

<i>Ploeg</i>	<i>Gemiddelde productief/ ploeg</i>	<i>Productief werk (%)</i>	<i>Productiviteit (%)</i>
<i>Ploeg 1</i>	269	91	86
<i>Ploeg 2</i>	269	91	86
<i>Nachtploeg</i>	257	93	81
<i>Weekendploeg</i>	322	90	104
<i>Ideale situatie</i>	343	100	100

3.5 Besluit

Uit voorgaande gegevensanalyse kan er besloten worden dat de grootste storingen voorkomen bij beide persen, het proefstation en de robots. Bij pers 1 en 2 zullen vooral de sensoren en de bekabeling aangepakt worden. Kabelbreuk of slecht contact als gevolg van geknelde kabels zijn de grootste oorzaken van kabelstoringen.

Storingen in de hydraulica van pers één worden buiten beschouwing gelaten. Door gebrek aan ervaring bij het in gebruik nemen van de cel zijn er fouten opgetreden die niet opnieuw zullen voorvallen. Hieronder vallen ook de problemen met de stuurkaarten. Een medewerker van DAF is hier mee bezig. Er is een offerte aangevraagd om de elektronica, inclusief de hydraulische stuurkaarten, up-to-date te maken. De kost voor deze aanpassing bedraagt ongeveer 35 000 euro.

Het ontbreken van terugslagkleppen is een stilstandsoorzaak die behoort tot de hydraulica over de hele cel. Tijdens het omstellen staat de cel stil en loopt de olie in de leiding terug. Door het gebrek aan terugslagkleppen lopen de leidingen dus leeg. Ook dit is een onderwerp dat niet behandeld wordt omwille van tijdstekort. Wel werd dit probleem aangehaald als punt voor verbetering in de toekomst.

Bij het proefstation worden enkel de storingen aan de sensoren en de riem behandeld. Dit zijn de twee grootste storingen. Storingen aan de sensoren zijn ook hier storingen aan de bekabeling en de sensoren zelf. De riem zorgt ervoor dat de naaf in het proefstation ronddraait. Deze riem rekt en moet telkens manueel weer opgespannen worden. Doordat de riem rekt, valt deze geregeld af of slijpt en zorgt hierdoor voor storingen.

Storingen aan de grijpers zijn bij robot één en twee een vaak voorkomend probleem. Dit zijn storingen veroorzaakt door een foutieve afstelling, slijtage... Als tweede oorzaak volgt "andere". Na verder onderzoek is gebleken dat deze storingen veroorzaakt worden door het ontbreken van een referentiepunt voor de grijpers.

Fouten bij de afstelling en omstelling is een vaak voorkomende fout. Na verder onderzoek en verdere indeling van de gegevens uit SAP kunnen we concluderen dat dit een storing is die over de hele cel terugkeert. Deze fouten zijn zo variërend en uiteenlopend over de hele cel, dat we dit niet zullen behandelen. Fouten bij de afstelling en omstelling kunnen namelijk niet met één enkele aanpassing verholpen worden.

Om te weten of de cel goed draait werden er enkele parameters bekeken, namelijk de MTBF en de MTTR. De MTBF bedroeg 29 uur, hetgeen een hoge waarde is. De MTTR bedroeg tweeënhalf uur. De waardes tonen aan dat er nog heel wat verbeterd kan worden en dat er duidelijk acties ondernomen moeten worden.

Het verschil in productie per ploeg toont ook aan dat de storingen niet enkel afhankelijk zijn van de cel maar ook van de ploeg. Er wordt gemiddeld een hogere productie gehaald door de weekendploeg vanwege de grotere ervaring bij deze werknemers. Met het verschil per ploeg moet dus duidelijk ook rekening gehouden worden.

4 Kostenanalyse

4.1 DE-verliesuren

DE-verliesuren, departmental efficiency, zijn het aantal uren dat een operator niet kan verplaatst worden naar een andere machine, omdat hij nergens anders nodig is. Het DE-tarief bedraagt 55,57 euro per operator-uur. Zo zijn bijvoorbeeld acht DE-verliesuren gelijk aan één operator die gedurende één shift geen werk heeft. De kosten die de niet-geproduceerde naven met zich meebrengen worden hier niet in rekening gebracht.

Deze DE-verliesuren worden berekend aan de hand van het softwareprogramma SAP dat alle storingsuren bijhoudt. Het totaal aantal DE-verliesuren van het afgelopen jaar (25/10/2015-24/10/2016) bedraagt 1 455,28 uur. We hebben deze uren verder opgedeeld per toestel/onderdeel. De onderdelen die voor ons belangrijk zijn, zijn de grijpers, de sensoren, de kabels, de riem en de stempel. Ook de DE-verliesuren met betrekking tot het omstellen hebben een groot aandeel hierin. Tabel 3 toont het aantal DE-verliesuren en de daaraan verbonden kosten die door deze onderdelen veroorzaakt zijn.

Tabel 3: DE-verliesuren en -kosten

	DE-verliesuren (u)	Overeenstemmende kosten (€)
Grijpers	157,02	8 725,60
Sensoren	132,03	7 336,91
Kabels	83,15	4 620,65
Riem	19,24	1 069,17
Stempel	58,18	3 233,06
Omstellen	80,87	4 493,95
Totaal bovenstaand	530,49	29 479,34
Totaal	1455,28	80 869,91

De totale kost van deze zes oorzaken, die samen voor ongeveer 35 procent van het DE-verlies deel uitmaken, is ongeveer 30 000 euro op jaarbasis.

Ook door opleiding van de operatoren komen er DE-verliesuren bij. Dit telt mee voor 118,85 uur, met andere woorden gedurende 118,85 uur had één operator geen werk, omdat ze met te veel aan de cel stonden. Dit komt overeen met 6 604,5 euro.

Verder is er ook een DE-verlies omdat men een derde operator aan de cel laat werken. Deze arbeider is in theorie niet noodzakelijk, maar erzonder lukt het niet om de cel optimaal te laten werken. Echter het werk van de operator is niet in verhouding met zijn loon. Deze persoon zou dus eigenlijk de helft van zijn shift ergens anders kunnen werken. Dit zorgt voor 3 289 DE-verliesuren en komt neer op 182 769,7 euro op jaarbasis.

4.2 Onderhoudskosten

De onderhoudskosten zijn enkel kosten voor de onderdelen die verbruikt worden bij reparaties. Via SAP vonden we dat de onderhoudskosten voor de grijpers het grootst waren, hetgeen te verwachten was aangezien één set grijpers meer dan 1 000 euro kost. De onderhoudskost van de grijpers tussen september 2015 en september 2016 bedroeg 9 215 euro. Op de tweede plaats stonden pers één en pers twee met een gezamenlijke kost van 3 750 euro. De onderdelen voor de reparaties aan de stempel bedroegen ongeveer 2 000 euro. De kosten voor de sensoren en kabels bedroegen bijna 300 euro. Bij de riem van het proefstation werden de onderhoudskosten geschat op 75 euro per jaar.

4.3 Bijkomende kosten door ongeperste naven

DAF zou 1030 naven per dag moeten produceren. Dit doel wordt echter maar voor 77 procent behaald. Van week 32 tot en met week 42 is slechts drie weken de gewenste output gehaald. In totaal dienden er in deze tien weken 51 500 naven geperst te worden, waarvan er slechts 45 299 effectief werden geperst. Dit komt neer op een tekort van 6 201 naven. Deze naven moeten in de weekendshift bijgewerkt worden. Het weekendtarief bedraagt 103,1 euro per norm-uur. We kunnen veronderstellen dat de vaste kosten niet veranderen. Deze zijn: elektriciteit, kosten naven, kosten lagers... Er moet dus enkel rekening gehouden worden met de extra werkkracht die in het weekend wordt ingezet. De extra normtijd die nodig is om de achterstand van de 6 201 naven weg te werken is 336,6 uren. Dit komt neer op een extra kost van 34 703,46 euro.

Doordat de naven intern gebruikt worden is er geen extra kost voor het laattijdig afwerken van naven

4.4 Besluit

Wanneer we al deze kosten samentellen, komt dit neer op een bedrag van ongeveer 263 640 euro in de periode 25/10/2015 – 24/10/2016. Alle bovenstaande kosten kunnen verminderd worden door het reduceren van de stilstandsuren, behalve de derde-man-kosten. Deze kost kan wel verminderd worden door het beter inplannen van de operatoren.

5 Hoofdoorzaken

Het volgende hoofdstuk beschrijft de grootste problemen die voorkomen in de FAG-cel. Deze problemen volgen rechtstreeks uit de gegevensanalyse van Hoofdstuk 3. Bijkomende kosten zijn terug te vinden in Hoofdstuk 4.

5.1 Omstelling

Tijdens het omstellen ondervindt men veel problemen. Allereerst is er de onervarenheid van de operator. Door gebrek aan ervaring kan de omstelling twee tot drie keer langer duren dan normaal omdat een onervaren operator nog veel hulp nodig heeft en meer tijd nodig heeft om alles onder de knie te krijgen. De handelingen moeten routine worden voordat alles vlot loopt.

Het omstellen zorgt ook voor problemen met sensoren. Hierover volgt meer uitleg in het onderdeel "Sensoren en kabels".

Tijdens de omstelling worden niet alleen de stempels van beide persen vervangen, ook de stempel van het vetstation wordt verwisseld. Omdat de diameter van de stempel afhankelijk is van de grootte van het lager dat men gaat smeren. Het gevolg hiervan is dat de stempel zelf leeg is, waardoor de eerste vijf naven soms niet van voldoende vet worden voorzien. De operator moet dan handmatig vet toevoegen.

Doordat de cel tijdens het omstellen een tijdje stilligt, zijn er ook problemen met de hydraulische kring. De olie in de leidingen koelt af met als gevolg dat de machine moeilijk weer opstart. Dit geeft mogelijke storingen bij de eerste vier naven. Het gevolg hiervan is dat de machine telkens handmatig herstart moet worden tot de olie terug op temperatuur is.

DAF gelooft in de "Lean"-filosofie[4], dat betekent onder andere dat de voorraden beschouwd worden als "waste", een niet-waarde-toevoegend proces dat vermeden dient te worden. Afgewerkte naven gaan dus bij voorkeur niet in voorraad maar rechtstreeks naar assemblage. Een nadeel van deze filosofie is dat er bijna dagelijks moet worden omgesteld tussen naven vanwege het gebrek aan voorraad. Een cel die veel problemen ondervindt bij het omstellen zou beter minder vaak omstellen en dus grotere lotgroottes maken.

5.2 Ervaring van de operator

In de maanden augustus en september 2016 is er een groot verloop van operatoren geweest bij DAF. De FAG-cel vereist ervaren operatoren omdat er relatief veel handwerk in het proces voorkomt. Wanneer er storingen voorkomen, is de operator ook de eerste persoon die de nodige oplossingen zoekt. Een onervaren operator is niet bekend met de meest voorkomende fouten en weet dus ook niet hoe hij deze kan oplossen. Onervaren operatoren zijn dus meer afhankelijk van de technische dienst, die niet altijd meteen ter beschikking is om problemen op te lossen.

5.3 Preventief onderhoud

De FAG-cel heeft één uur preventief onderhoud per twee weken. Dat is onvoldoende om de volledige cel te controleren op mogelijke problemen in de toekomst. Meer gepland onderhoud is wenselijk om te zien waar slijtage optreedt en waaraan aandacht besteed moet worden wanneer men de cel onderhoud.

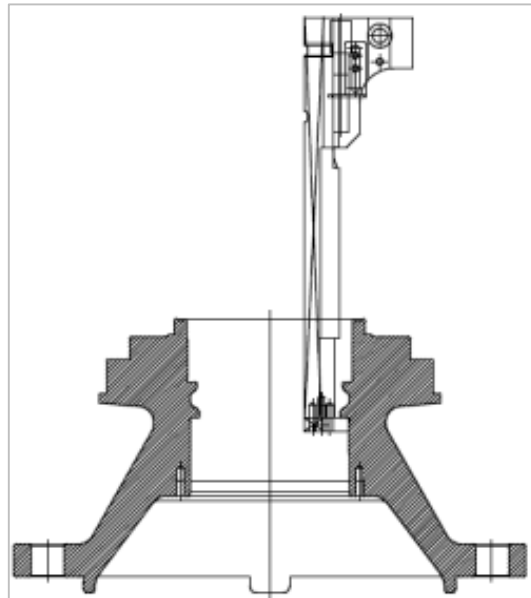
Verder gebruikt DAF een systeem met “bonnen”: er zijn M1-bonnen voor fouten waarbij er stilstand optreedt, M2-bonnen dienen om problemen aan te geven die opgelost moeten worden bij het volgende onderhoud. Hier treedt dus geen stilstand op. Gezien de korte tijd van het onderhoud worden deze M2-bonnen vaak niet opgelost.

5.4 Grippers

De grippers mogen de lagers niet beschadigen tijdens het opnemen. Omwille hiervan wordt gekozen van een lagere hardheid voor grippers (200 HV) ten opzichte van de lagers (750 HV). Dit heeft echter als gevolg dat er slijtage optreedt aan de grippers door het veelvuldige contact met de lagers.

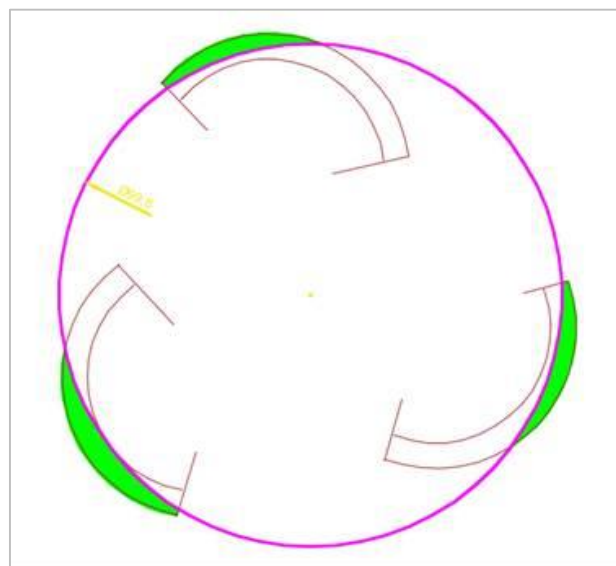
Wanneer de grippers niet juist afgesteld zijn, kan het zijn dat de lippen van de grippers niet volledig onder het lager zitten. Daardoor schuurt de gripper langs het lagerhuis wanneer hij het lager opneemt. Dit is niet wenselijk omdat de gripper niet enkel schade aan het lager kan toebrengen, maar zelf ook snel slijt.

In Figuur 13 wordt weergegeven hoe de grijpers de naven opnemen voor 13 ton zonder lager. In Bijlage toont Figuur 21 deze zonder lagers voor 8 ton en Figuur 22 en Figuur 23 met lagers voor 8 en 13 ton. Hier is duidelijk te zien dat het lagerhuis op de grijpers rust. Wanneer de naaf met lager wordt opgenomen, neemt de grijper het lager met naaf met een grote snelheid op. Hierdoor duwt de lager het materiaal geleidelijk aan weg.



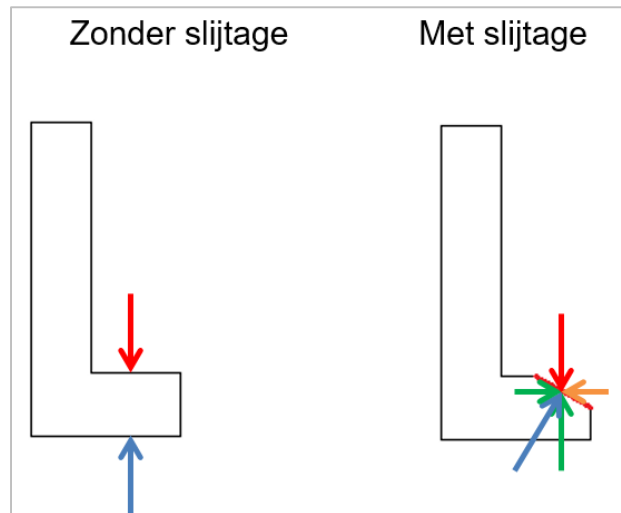
Figuur 13: 8T zonder lager

In Figuur 14 is de slijtage aan de grijpers groen gekleurd. Deze slijtage is het gevolg van de excentriciteit van de grijpers ten opzichte van de naaf. Deze excentriciteit wordt veroorzaakt door scheve grijpers, waarvan het theoretische nulpunt dus niet overeenkomt met het nulpunt in de praktijk.



Figuur 14: Schematische weergave grijperslijtage

Door de slijtage aan de lippen verandert ook de krachtverdeling op de grijper (Figuur 15). De zwaartekracht werkt in op de grijper, loodrecht naar beneden. Bij een nieuwe grijper is de reactiekracht, een normaalkracht, dan ook recht naar boven. Echter bij een afgesleten grijper zal de reactiekracht loodrecht staan op het oppervlak en dus zowel een verticale als een horizontale component hebben. Deze horizontale component zorgt ervoor dat de naaf meer kracht uitoefent op de grijper. De grijper sluit hierdoor om de motor te beschermen, met als gevolg dat de naaf valt.



Figuur 15: Krachten op de grijper

5.5 Sensoren en kabels

Tijdens het omstellen worden de sensoren losgemaakt om de stempels van pers één, pers twee en het vetstation te kunnen verwisselen. Bij het plaatsen van de nieuwe stempel raken de kabels vaak beschadigd. De stempels zijn driehoekig en symmetrisch waardoor ze op drie manieren kunnen geplaatst worden. Er is echter maar één uitsparing voorzien voor de kabels (zie Figuur 16 en Figuur 17). Wanneer de stempel geplaatst wordt, is het mogelijk dat de kabel opkrult en gekneld raak onder de stempel. Ook foutieve plaatsing van de stempel heeft een defect tot gevolg.



Figuur 16: Onderstempel pers 2



Figuur 17: Bovenstempel pers 2

Ook fouten bij de afstelling van de sensoren zijn een belangrijke oorzaak van storingen. Dit betekent in dat er sensoren zijn verplaatst, bijvoorbeeld tijdens een omstelling of het weghalen van een afgekeurde naaf. Deze geven een foute waarde door waardoor er een foutmelding wordt gegeven.

5.6 Gebroken bouten aan de stempels

Het breken van bevestigingsbouten aan de stempels van beide persen is een wederkerend probleem bij de FAG-cel. Na onderzoek blijkt dat het probleem enkel voorkomt bij het persen van 8 ton naven. Bij het persen komt er een bus tegen de bovenste stempel. Door de slag die hiermee gepaard gaat, slijten de bouten meer dan nodig. Dit heeft frequente breuk tot gevolg.

5.7 Riem van het proefstation

De riem van het proefstation heeft een open overbrenging. Dit heeft als nadeel dat de riem van de riemschijf kan glijden. Ook moet de riem manueel opgespannen worden wanneer deze rekt. Dit kost veel tijd en brengt dus veel extra kosten met zich mee.

6 Oplossingen

In dit hoofdstuk worden de oplossingen besproken die wij als stagiaars aanboden aan DAF. De problemen waarvoor oplossingen zijn voorzien worden in dezelfde volgorde besproken als in Hoofdstuk 5.

6.1 Het maken van SOP's

“Standard Operating Procedures” (SOP's) zijn draaiboeken die de standaard manier van werken beschrijven voor de operator van de machine. Deze SOP's zorgen ervoor dat de operatoren weten wat ze moeten doen in elke situatie die regelmatig voorkomt.

6.2 Bijscholing door ervaren operatoren

Enkele ervaren operatoren komen de onervaren operatoren bijscholen. Deze bijscholing legt vooral de nadruk op de werking van de machine, het omstelproces en de handelingen in geval van storingen.

6.3 Grippers

In de FAG-cel staan twee robots van het merk ABB. Op deze robots zit een beweegbare kop met een speciaal systeem om de naven op te nemen. Deze kop bestaat uit één gripper met drie “vingers” die concentrisch openen en de naaf langs de onderkant opnemen. Maar de vingers slijten veel sneller in de praktijk dan men volgens theorie zou verwachten (zie Figuur 18).



Figuur 18: Slijtage gripper

Het voorbije jaar (2016) heeft DAF tot acht keer toe nieuwe grippers moeten plaatsen. Normaal gaan grippers langer dan een jaar mee. Acht keer is dus meer dan gepland en aangezien elke gripper 152 euro kost, wordt er jaarlijks zeven keer meer betaald dan theoretisch nodig is.

Volgens de orderspecificaties van de vingers hebben ze een hardheid van 800 HV. De lagers die in de naaf geperst worden hebben een hardheid van 58-62 HRC (ongeveer 750 HV). Dit betekent dat de grijpers een hogere hardheid hebben dan de lagers, met als gevolg dat de lagers sneller slijten dan de grijpers. Dit lijkt in eerste instantie niet te verantwoorden omdat de lagers niet beschadigd mogen worden in het proces. Maar grijpers komen vaker in contact met lagers dan andersom. Een lager raakt vijfmaal een grijper, daarna verlaat de naaf de cel. Een grijper raakt in theorie 1 030 lagers per dag, met als gevolg een hoge slijtage voor de grijpers. Als het materiaal van de grijpers veel minder hard zou zijn zou de grijper te snel slijten. Dit is ook wat er in de praktijk vastgesteld werd. De grijpers slijtten veel sneller dan verwacht, wat ons deed vermoeden dat de hardheid lager was dan volgens de orderspecificaties te verwachten was.

Eerst zijn er verschillende metingen uitgevoerd op de binnenring van de lagers waarmee de grijper contact maakt. Alle uitgevoerde metingen toonden waardes binnen de specificaties van de fabrikant, namelijk 58-62 HRC (ongeveer 750 HV).

De meting op de grijper toonde aan dat de hardheid veel te laag is. Ze is zelfs zo laag dat het toestel aangeeft dat ze buiten bereik ligt. Er is contact opgenomen met de fabrikant van de vingers en deze heeft bevestigd dat ze afwijken van de tekeningen omdat de warmtebehandelingen, die erop aangegeven staan, te moeilijk zijn om te repliceren. De producent werd niet in gebreke gesteld maar werkte wel mee aan een oplossing.

Het materiaal dat momenteel gebruikt wordt is 1.7131, een laagkoolstofstaal dat genitreerd moet worden om het harder te maken [5]. Tijdens dit proces trekt de vinger vaak krom, hetgeen hem onbruikbaar maakt. De producent heeft beslist om de nitratie enkel op de oppervlakte uit te voeren, hetgeen resulteert in slechts een dunne laag gehard materiaal. Deze dunne laag is onvoldoende voor deze toepassing.

6.3.1 Mogelijke oplossingen

6.3.1.1 *Nieuw materiaal*

Omdat de bewerking van dit materiaal zo moeilijk is, is er besloten onderzoek te doen naar andere materialen en hardingswijzen. In samenspraak met de leveranciers en door zelfstandig onderzoek zijn we gekomen tot de volgende vijf mogelijke materialen:

1. DIN EN 10083-2 [6]
2. DIN X153CrMoV12 [7]
3. DIN X210CrW12 [8]
4. AISI316NL [9]
5. DIN 100MnCrW4 [10]

Extra uitleg waarom deze vijf materialen gekozen zijn, is terug te vinden in Bijlage B.

6.3.1.2 *Coating*

Voor meer informatie omtrent het coaten van materialen hebben we contact opgenomen met een vertegenwoordiger van Oerlikon Balzers. Het huidig materiaal (1.7131) is niet hard genoeg om gecoated te kunnen worden. Coating werkt enkel tegen wrijving en bij oppervlaktedruk. De lagers worden met een grote snelheid opgenomen door de grijpers waardoor er een grote kracht ontstaat op de grijpers. Het resultaat van oppervlaktedruk is dat de coating mee weggedrukt wordt met het onderliggende materiaal.

Om de grijper te coaten, wordt hij in een oven gezet met een temperatuur van ongeveer 400°C. Ook hier zouden problemen voorkomen met het huidig materiaal. Door de hoge temperatuur is de kans groot dat ook hier het materiaal gaat kromtrekken.

6.3.1.3 *Nieuw ontwerp*

Een andere mogelijke oplossing voor het probleem is het aanpassen van het ontwerp van de grijpers. Hiervoor zijn er twee mogelijke oplossingen gevonden. Bij beide ontwerpen is gekozen voor een ontwerp met slijtdelen. Deze kunnen snel vervangen worden tegen een lagere kostprijs dan het huidige ontwerp.

Voor het eerste ontwerp hebben we ervoor gekozen om de lippen van de grijper een aanslag te geven. Dit om ervoor te zorgen dat ze op hun plaats blijven en niet kunnen roteren (zie Bijlage C-1). De staaf van de grijper wordt in het opzetstuk vastgeschroefd. Voor het inschroeven wordt geen verzonken bout gebruikt. Bij een verzonken bout kan geen kroonring gebruikt worden en zal dus de bout loskomen door de trillingen van de robot. Er wordt gebruik gemaakt van een kamer waar de kroonring in past.

Bij het tweede ontwerp wordt de aanslag voorzien aan de staaf (Bijlage C-2). Dit omdat er dan minder materiaalverlies is bij de fabricage van de slijtdelen. Dit is een belangrijke factor bij gebruik van duur materiaal.

6.3.1.3.1 *Krachtberekening voor de bout*

Bij het nieuwe ontwerp van de grijpers is gekozen voor slijtdelen die met een bout worden vastgezet. Gezien de hoge belasting op de bout moet er gecontroleerd worden welke bouten voldoen aan de eisen voor deze toepassing.

Om deze berekeningen uit te voeren maken we gebruik van de boeken van Roloff/Matek Machineonderdelen, zowel het theorieboek [11] als de tabellen [12]. Verder maken we ook gebruik van het tabellenboek metaaltechniek[13].

De berekeningen zijn terug te vinden in Bijlage D. In de scriptie zelf is enkel de conclusie terug te vinden.

Na controle van de krachten en momenten die er kunnen optreden op deze bout in axiale richting blijkt dat de bout ruim voldoet aan alle eisen. Zelfs bij langdurig gebruik zal ze niet breken door te hoge krachten of spanningen, of vermoeiing.

6.3.2 Kosten

De kost van de materialen (1.2379 en 1.2436) en het harden ervan bedraagt 1 713 euro per set, wat neerkomt op 571 euro per grijper.

In Bijlage E bevinden zich de offertes van de grijpers en de slijtdelen. Er is enkel een offerte aangevraagd voor het tweede ontwerp. Dit omwille van de vorm. Bij het eerste ontwerp is er veel meer verlies aan materiaal bij de slijtdelen dan bij het tweede. De slijtdelen zijn van een duurder materiaal en moeten ook gehard worden. Daarom moet materiaalverlies geminimaliseerd worden. De staaf is goedkoper; daarom nemen we hier de aanslag. De kost voor de drie slijtdelen van ontwerp twee bedraagt 373 euro voor één set vandrie slijtdelen.

6.3.3 Besluit

Er is gekozen voor het materiaal 1.2436. Dit materiaal wordt oppervlakte gehard en hierna afgeschrikt en ontlaten. Het ontlaten gebeurt op een lage temperatuur er zorgt ervoor dat het materiaal iets taaier wordt en minder snel breekt. Na ontlaten behaalt het materiaal een hardheid van 58 tot 63 HRC. Het is een ledeburitisch twaalf procent chroomstaal met een uitstekende hardheid en slijtvastheid [8]. Dit wordt geleverd door de fabrikant Baudoin. DAF beschikt over een werkruimte waar materiaal gehard kan worden. Het beschikbare materiaal hier is ARNE. Dit materiaal zal samen met 1.2436 gebruikt worden.

Er werd geopteerd om geen bijkomende laag coating te voorzien aangezien het nieuwe materiaal voldoende sterk is. Wanneer het aanpassen van enkel het materiaal onvoldoende blijkt te zijn, kan er nog steeds een coating aan het huidige materiaal worden toegevoegd.

Ook wordt er geopteerd voor een nieuw ontwerp om de kosten te drukken. Een volledige gripper uit het nieuwe materiaal kost DAF namelijk 1 713 euro. Wanneer er gekozen wordt voor ontwerp twee, met de slijtdelen, bedraagt dit nog slechts 373 euro voor volledige set. Dit brengt ook minder materiaalverlies mee.

6.4 Ontwerp van een TCP-paal

Een frequente fout is een fout bij afstelling. Dit betekent dat de grippers niet juist zijn uitgelijnd door een botsing of het verkeerd opnemen van een naaf. Om controle mogelijk te maken hebben de robots een kalibratiepunt nodig. Dit kalibratiepunt is de TCP-paal, of “tool centerpoint paal”.

De TCP-paal is een robuuste paal die het voor de operator mogelijk maakt te controleren of het nulpunt van de robot nog klopt en om het eventueel bij te sturen. Verder kan ook worden gecontroleerd of alle posities en openingen van de grippers juist zijn. Omdat dit momenteel niet altijd het geval is, komt er veel schade aan de grippers.

6.4.1 Eisen

Een goede TCP-paal is een vast punt waar de robot zich aan kan ijken. De paal moet dus robuust zijn en mag absoluut niet wijken bij een botsing. Ze moet binnen de cel staan, op een plaats waar zowel een operator als beide robots er makkelijk bij kunnen. Men houdt best ook rekening met de beperkingen van de robot, zowel ver weg als dichtbij zijn moeilijke posities voor de robot. Om botsingen te vermijden is het heel belangrijk dat de TCP-paal zich niet binnen de normale werkgebieden van de robot bevindt.

6.4.2 Kalibratie

Het ontwerp van de paal moet toelaten om alle functies van de robot te testen. Dit houdt in dat de positie van de robot in het XY-vlak gecontroleerd moet kunnen worden, de hoek waaronder de gripper staat en de verschillende openingen van de grippers.

6.4.2.1 *De XY-positie van de robot*

We beschouwen de Z-richting als loodrecht omhoog omdat dit de richting is waarin de grijper de naaf opneemt. Het XY-vlak is dus een vlak evenwijdig met de grond. Om de positie van de robot in het XY-vlak te controleren is het voldoende om een vast punt te ontwerpen. De robot kan de grijper boven dit vast punt plaatsen en dan kan de operator een cilinder over de grijper schuiven om te controleren of de XY-positie van de TCP-paal en de robot gelijk zijn. Als de cilinder niet rond de grijper past, is ze niet concentrisch. De waarde van de excentriciteit in X- en in Y-richting geven dan de waarde aan van de afwijking die de robot heeft ten opzichte van de positie die hij zou moeten hebben. Een operator kan de robot dan manueel kalibreren.

6.4.2.2 *De hoek van de grijper*

Dezelfde controle als voor de XY-positie kan ook de hoek van de grijper ten opzichte van het XY-vlak controleren. Als de pascilinder die men over de grijper schuift wel op dezelfde positie staat, maar er niet concentrisch over schuift, zal de XY-positie van de grijper wel juist zijn, maar de hoek waaronder ze staat niet. Momenteel is de gewenste hoek tussen het grondvlak en de grijper 90° . Dit is op het moment dat hij een naaf opneemt.

6.4.2.3 *Openingen van de grijper*

De grijper heeft vier standen: gesloten, klein, normaal en groot. Bij de gesloten positie is de grijper volledig gesloten, de vingers zitten dan volledig tegen elkaar. De kleine stand wordt gebruikt bij naven waar een lager in geperst is, de normale openingsgrootte is van toepassing voor lege naven van het 8 of 9 ton type en de grootste opening is nodig voor lege naven van 13 ton. Voor elk van deze standen moet een manier zijn om de opening te controleren. Hiervoor worden verschillende cilinders gemaakt met de vier openingsgroottes van de grijper.

6.4.3 Ontwerp

6.4.3.1 *Vroeg ontwerp*

Als eerste ontwerp hebben we gekozen voor een paal, vast gelast op een bodemplaat die aan de vloer verankerd is. Om te verzekeren dat de positie en hoek correct zijn zou op deze paal een lasplaatje worden gelast waar een geijkte staaf op komt te staan. Hierover zou dan een cilinder schuiven die enkel de gesloten grootte van de grijpers controleren. (Zie Bijlage F-1)

6.4.3.2 *Uitgewerkt ontwerp*

Om te kunnen verzekeren dat de paal loodrecht staat worden er vier draadstangen in de grond verankerd. De paal wordt dan vastgezet, waarna 4 bouten met fijne draad gebruikt kunnen worden om de paal recht te zetten. De paal kan dus uit één buis gedraaid worden en meteen op de bodemplaat gelast worden. Verder hebben we in samenspraak besloten om meerdere pascilinders te maken, één voor elke openingsgrootte van de grijpers. Om de belasting van de operatoren zo klein mogelijk te maken is er ook besloten dat de pascilinders best uit een hard kunststof gemaakt kunnen worden. De operator moet de pascilinder namelijk enkele keren tillen en vervangen. Het vernieuwde ontwerp dat rekening houdt met al deze eisen is terug te vinden in Bijlage F-2.

6.4.4 *Kosten*

De TCP-paal zelf werd op de technische dienst van DAF gemaakt. Dit maakt dat de kosten een stuk lager liggen dan wanneer de fabricage van de paal volledig uitbesteed wordt. Voor de kosten van het materiaal werd niets aangerekend. DAF heeft een magazijn waar overschotten worden bijgehouden. Van deze overschotten werd de TCP-paal gemaakt. Het maken van de paal duurde ongeveer een zes uur. Dit komt neer op ongeveer 400 euro. Voor het plaatsen van de TCP-paal werd er een externe firma ingehuurd. Dit kostte ook ongeveer 400 euro. De totale kost voor het maken en plaatsen van de TCP-paal bedroeg dus 800 euro.

De kosten voor het programmeren van beide robots zodat hun referentiepunt bij de TCP-paal ligt bedroeg 932,18 euro, dit is terug te vinden in Bijlage G. De totale kosten voor de TCP-paal bedragen dus ongeveer 1 750 euro.

6.4.5 *Chemisch verankeren*

6.4.5.1 *Inleiding*

Om de TCP-paal vast te zetten is er gekozen voor een chemisch anker. Chemisch verankeren is een veelgebruikte techniek om verbindingen te maken tussen beton en staal. Bij DAF worden bijna alle machines met een chemisch anker aan betonnen vloer vastgemaakt.

6.4.5.2 *Werking*

Een chemisch anker is een chemisch uithardende lijmverbinding, een reactielijm. Dat is een kunststofverbinding met twee componenten, de grondstof of het bindmiddel en de harder of katalysator. Deze twee stoffen zijn apart oplosbaar en smeltbaar. Eens ze met elkaar in contact komen worden ze onoplosbaar en niet smeltbaar. Bovendien bezitten ze een ongewoon hoge hechtsterkte en inwendige sterkte.[11]

Het uitharden kan gebeuren door temperatuur, luchtvochtigheid of onttrekking van zuurstof. Dit is afhankelijk van de werkende stoffen. Een derde stof kan zorgen voor een versnelling van de uitharding.[11]

6.5 Sensoren en kabels

Storingen aan de sensoren komen over heel de cel het meest voor. De grootste problemen hierbij bevinden zich bij pers één en twee. Hier worden tijdens het omstellen de meeste kabels en sensoren beschadigd. Tijdens het omstellen worden de sensoren losgemaakt om de stempel te kunnen vervangen. Bij het plaatsen van de nieuwe stempels raken kabels vaak gekneld.

6.5.1 Robuustere bekabeling

Er zijn meerdere oplossingen gevonden om het knellen van de kabels te vermijden. Allereerst werd er onderzoek gedaan naar een robuustere bekabeling. Een vertegenwoordiger van Breemes kwam langs om enkele van deze mogelijkheden te bespreken. Er zijn sterkere kabels in de materialen PUR en PVC. Hierbij is PUR de beste optie voor de kabels die nodig zijn in de FAG-cel. PVC-kabels zijn namelijk niet goed bestendig tegen de olie waarmee de kabels in de cel in contact komen. Een robuustere bekabeling is echter niet de beste oplossing voor dit probleem. Een sterke kabel zou nog steeds gekneld raken tussen de twee stempels (zie Figuur 16 en Figuur 17).

6.5.2 Kabelgeleiding

Een tweede oplossing is het voorzien van een geleiding voor de kabels. Een kabelgoot is al voorzien maar hier blijft de kabel niet inzitten (Figuur 16).

Een oplossing hiervoor is het maken van een U-vormig stuk om in de goot te plaatsen zodat de kabel niet meer omhoogkomt. Zoals te zien is in Figuur 19 is er nog een uitsparing voorzien voor wanneer de kabel de overgang maakt van verticaal naar horizontaal.



Figuur 19: Prototype kabelgeleiding

6.5.3 Besluit

In samenspraak met de vertegenwoordiger van Breemes, de leverancier van DAF's sensorbekabeling, is er besloten om geen robuustere bekabeling te gebruiken voor de storingsen aan pers één en twee weg te krijgen. Voor andere plaatsen in de cel zijn er wel sterkere kabels besteld.

In pers één en twee is er gekozen om gebruik te maken van een kabelgeleider. Deze moet ervoor zorgen dat de kabel niet geklemd kan raken wanneer er bij de omstelling een nieuwe stempel gemonteerd wordt. De kost voor deze aanpassing bedraagt vijftien euro. Dit zijn enkel de werkuren de arbeider van DAF hiervoor nodig heeft. Het maken van twee prototypes duurt een half uur. Dit komt neer op 30 euro. Het materiaal dat hiervoor gebruikt wordt, is beschikbaar in het magazijn van DAF. Het is overschot dus brengt geen kost met zich mee.

6.6 Plaatsen van een voorraadkast

Op lange termijn streeft men ernaar geen kabel- of sensordefecten meer voor te laten komen. Maar momenteel is dat een frequent voorkomend probleem waar niet meteen een oplossing voor bestaat. Daarom is het belangrijk om een voorraadkast te plaatsen met kabels, sensoren en andere onderdelen die vaak defect zijn. Hierdoor wordt de tijd verminderd die nodig is om reparaties uit te voeren.

6.7 Gebroken bouten van de stempels

Het probleem van de gebroken bouten bij de stempels van pers één en twee is relatief eenvoudig om op te lossen. Door de afstand tussen de bus en de bovenstempel te vergroten zal er geen botsing meer voorkomen en zal er geen breuk meer ontstaan in de bouten. Deze afstand kan niet vergroot worden zonder het proces aan te passen, daarom hebben we in samenspraak met onze promotor besloten om de bus korter te maken.

Onderzoek toonde dat er 7,3 mm te weinig ruimte was bij de beweging van de bus. Er is daarom een nieuwe bus ontworpen waarvan de totale lengte 8 mm korter is dan de originele bus. Dit nieuwe ontwerp werd door de technische dienst van DAF uitgewerkt en heeft in totaal 60 euro gekost.

6.8 Riem van het proefstation

Momenteel beschikt men over een manueel spansysteem voor de riem. Dat werkt goed maar zorgt toch voor veel stilstand omdat de cel stilgelegd moet worden om de riem te spannen. Daarom opteren we voor een automatische riemspanner. Hierin bestaan verschillende vormen.

Tabel 4 geeft een overzicht van de belangrijkste voor onze toepassing.

Tabel 4: Mogelijke spanmethodes

	<i>Automatisch</i>	<i>Uitleg</i>
<i>Rekspanning</i>	Nee	Riem is korter dan ze hoort te zijn
<i>Spanrol</i>	Ja	Massa of veer drukt spanrol tegen riem
<i>Spanslede</i>	Mogelijk	Motor verschuifbaar op slede (momenteel geïmplementeerd)

Op dit moment is er dus een manuele vorm van een spanslede: elke keer dat de riem loskomt moet iemand de asafstand vergroten door de motor over de slede te schuiven. In de toekomst zouden we hier een automatische spanrol plaatsen, waarbij de spankracht bepaald wordt door een veer of massa. Deze veer of massa zou aan de spanrol trekken en zo spanning op de riem bewaren.

De onderdelen voor het maken van deze automatische spanrol bevinden zich in het magazijn van DAF. Een lineaire geleiding, lager, loopwagen en een veer is hiervan nodig. Een bevestigingsbout, rolhouder, eindblokje voor de veer en veerspanbout (zie Bijlage H) worden gemaakt de technische dienst van DAF. Dit alles kost DAF 400 euro.

7 Voorspelde resultaten

Uit de grafieken in hoofdstuk drie kan afgeleid worden dat de totale stilstandsuren in de cel over een periode van één jaar ongeveer 1 000 uur bedragen. Dit komt overeen met 305 meldingen. Deze grafieken tonen de te verwachten reductie is van de stilstandsuren per onderdeel dat aangepakt wordt.

Sensoren werden onderzocht in de gehele cel. De resultaten werden opgedeeld volgens oorzaak om te achterhalen wat er precies mis was met de sensor. Storingen aan de bekabeling kwam als grootste oorzaak uit de bus. Deze telt mee voor vijf procent van het totaal aantal stilstandsuren en zeven procent van het aantal meldingen.

Storingen aan de grippers tellen in totaal voor dertien procent van de stilstandsuren mee. Door aanpassingen aan de gripper zelf (nieuw ontwerp, nieuw materiaal...) kan het aantal stilstandsuren gereduceerd worden met 2,5 procent en het aantal meldingen met vijf procent. Door een juiste afstelling van de grippers en robots met behulp van een TCP-paal kunnen de stilstandsuren dalen met 7,7 procent en het aantal meldingen met drie procent.

Het wederkerend probleem van bouten die breken bij de bevestiging van de stempels telt mee voor een totale hoeveelheid van 35,18 uren. Dit komt overeen met 3,6 procent van de totale stilstandsuren. Een aanpassing aan het ontwerp van de bussen waar de bouten in bevestigd zijn moet ervoor zorgen dat deze stilstand volledig weggewerkt wordt. De vijftien meldingen die hiermee gepaard zijn, kunnen eveneens volledig weggewerkt worden. Dit zorgt voor een daling in het aantal meldingen met vijf procent.

Ook de riem van het proefstation zorgt voor heel wat stilstandsuren, namelijk 2,5 procent. Dit komt overeen met 1,5 procent van het aantal meldingen. Met een nieuw systeem om deze op te spannen kunnen ook deze stilstandsuren gereduceerd worden.

Het plaatsen van een voorraadkast heeft geen invloed op het aantal meldingen dat er voorkomen, echter het verlaagt wel de tijd die nog is om een reparatie uit te voeren en dus ook de stilstandsuren, dit is weergegeven in Tabel 5. De snellere reparaties zorgen voor een daling in stilstandsuren van 5,8 procent. De voorraadkast bevat: sensoren, kabels, bouten en bussen.

Tabel 5: Stilstandsuren die dalen door voorraadkast

	<i>Sensoren</i> <i>(hele cel)</i>	<i>Stempel</i> <i>(Pers 1)</i>	<i>Stempel</i> <i>(Proefstation)</i>	<i>Stempel</i> <i>(Pers 2)</i>
<i>Stilstandsuren</i>	70	18,9	7,51	16,28
<i>TOTAAL(uur)</i>				112,7

Omdat er de laatste maanden veel nieuwe operatoren zijn bijgekomen is er sprake van een gebrek aan ervaring. Door bijscholing van operatoren zullen de stilstandsuren gereduceerd worden met vier procent. Het aantal meldingen blijft echter ongewijzigd. Het totaal aantal stilstandsuren van 118,32 uur kan door bijscholing gereduceerd worden met één derde. De 42 bijhorende meldingen blijven gelijk. De samenvatting hiervan staat in Tabel 6.

Tabel 6: Stilstandsuren die dalen door bijscholing

	<i>Stilstandsuren</i>
<i>Robot 1</i>	27,9
<i>Pers 2</i>	19,86
<i>Robot 2</i>	17,91
<i>Proefstation</i>	17,18
<i>Andere</i>	15,69
<i>Pers 1</i>	15,26
<i>Weegstation</i>	3,84
<i>Transport</i>	0,68
<i>TOTAAL</i>	<i>118,32</i>

In totaal brengt dit een reductie van de stilstandsuren van 270 uur met zich mee. Dit komt overeen met 27,5 procent. De daling in het aantal meldingen ligt een stuk lager namelijk op 16,5 procent. Dit komt doordat het plaatsen van een voorraadkast en bijscholing niet meeleveren aan een daling in het aantal meldingen.

8 Kosten-batenanalyse

8.1 Grippers en TCP-paal

De kosten van alle opties voor de nieuwe grippers zijn samengevat in Tabel 7. Als we er van uitgaan dat de hardheid recht evenredig is met de levensduur, bekomen we een stijging in de levensduur van 300 procent. Dit wil zeggen dat de grippers één jaar meegaan in plaats van drie maanden. Toen de cel in Oostenrijk stond, hadden de grippers een levensduur van zelfs twee tot drie jaar door de hogere hardheid. In deze analyse wordt voor de veiligheid een levensduur van één jaar aangenomen, om winst te garanderen. Wanneer de grippers volledig geproduceerd worden door DAF zien we dat de kost daalt van 384 euro naar 16,67 euro, wat neerkomt op een daling van 91,32 procent.

Tabel 7: Kosten-batenanalyse grippers

	<i>Oud ontwerp & oud materiaal (1.7131)</i>	<i>Oud ontwerp, nieuw materiaal (1.2436)</i>	<i>Nieuw ontwerp extern gemaakt (1.2436)</i>	<i>Nieuw ontwerp intern gemaakt (1.2510)</i>
<i>Kost (€)</i>	1 152	1 713	373	200
<i>Hardheid (HRC)</i>	< 20	61	61	60
<i>Levensduur (maanden)</i>	3	≥12	≥12	≥12
<i>Stijging levensduur (%)</i>	/	≥300	≥300	≥300
<i>Daling kost (%)</i>	/	-49	68	83
<i>Kost/ maand (€)</i>	384	145	31	16,67

In Hoofdstuk 4 werd er een kostenanalyse gemaakt. Hierin is terug te vinden dat de extra kosten die de grippers met zich meebrengen, neerkomen op 8 725,60 euro aan DE-kosten en 9 215 euro aan onderhoudskosten. De onderhoudskosten zijn de kosten van enkel de grippers. Deze kosten zijn gedaald met 83 procent. Ook is de levensduur gestegen met minimaal 300 procent. Dit alles maakt dat de kosten voor de grippers per jaar uiteindelijk maximaal 100 euro zullen bedragen. Dit zijn vier nieuwe grippers, bouten en de tussenstukken om de grippers vast te maken aan de robot.

Om de daling van de DE-verlieskosten te kunnen weten, moet hier ook gekeken worden naar de TCP-paal. Hierin zitten namelijk de kosten voor de slijtage aan en de afstelling van de grijpers. Door het plaatsen van de TCP-paal zullen de kosten die betrekking hebben bij het afstellen dalen met 85 procent. Het afstellen zal minder lang duren en ook minder vaak voorkomen. De grijpers zelf zullen door het nieuw ontwerp en het nieuw materiaal één jaar meegaan in plaats van drie maanden. Dit alles zorgt ervoor dat de DE-verlieskosten dalen met 84 procent. Wanneer we de kosten die horen bij de grijpers en TCP-paal aftrekken van de totale kosten bekomen we dit percentage. Dit wil zeggen dat de DE-verlieskosten zullen reduceren tot maximum 60 euro per jaar. In totaal treedt er een kostenreductie op van 17 430 euro per jaar voordien naar 160 euro per jaar momenteel. En dat door een investering van 2 000 euro door te voeren.

8.2 Kabels en sensoren

Het afgelopen jaar (2016) bedroeg de totale kost voor de kabels en sensoren ruim 4 000 euro. Door het aanbrengen van een kabelbegeleiding bij beide persen zijn deze kosten gereduceerd met de helft. De andere helft zijn namelijk de kosten voor de sensoren zelf en niet de kabels. De kost voor één kabelgeleider bedraagt vijftien euro, 30 euro voor aan beide persen. Dit maakt dat door een investering van 30 euro de kosten kunnen dalen met 50 procent.

8.3 Gebroken bouten van de stempels

In 2016 zorgden de gebroken bouten voor 3 230 euro aan DE-verliesuren en 2 000 euro aan onderhoudskosten. De aanpassing kostte DAF 60 euro, met deze aanpassing is het probleem volledig opgelost. Dat betekent dat de investering van 60 euro de kosten met 80 procent kan laten afnemen, wat neerkomt op een daling van de jaarlijkse onderhoudskost met 1 600 euro.

8.4 Riem proefstation

De kosten vóór het plaatsen van de automatische riemspanner bedroegen 1 125 euro. De automatische riemspanner zou in totaal 400 euro kosten en hiermee ervoor zorgen dat de kosten voor reparatie reduceren met 80 procent. De overige twintig procent wordt voorzien voor onderhoud. De kosten voor de riem dalen dus met 900 euro per jaar.

8.5 Snelheid van de eerste lijn bediening

De snelheid van de eerste lijn bediening kan door twee aanpassingen verbeterd worden. Allereerst werd er een voorraadkast geplaatst. Dit zorgt ervoor dat de stilstand minder lang duurt en de reparaties sneller uitgevoerd kunnen worden. Ten tweede zorgt bijscholen van operatoren er ook voor dat de lengte van een stilstand vermindert omdat de operatoren zelfstandiger werken en sneller handelen bij storingen.

Jaarlijks kosten omstellingen 4 500 euro, deze kosten worden verminderd door verhogen van de snelheid waaraan operatoren werken. En de DE-verlieskosten voor bijscholing komen neer op 6 600 euro per jaar. De kosten voor de voorraadkast zijn nul. De kast stond namelijk al aan de cel en er moest dus niets extra aangekocht worden. De kosten voor de bijscholing bedroegen 1 333 euro. Dit zijn de loonkosten van de ervaren werknemers van de weekendploeg die tijdens de week de operatoren komen bijscholen.

Door het plaatsen van een voorraadkast en het invoeren van bijscholing kunnen deze kosten gereduceerd worden tot een jaarlijkse kost van 1 500 euro.

8.6 Overzichtstabel

Tabel 8 geeft een overzicht van de kosten van alle geïmplementeerde verbeteringen. Om de efficiëntie ervan weer te geven wordt de terugverdientijd bepaald. De terugverdientijd is de verhouding tussen de kosten van de verbetering en de besparing die de verbetering jaarlijks verzekert. Deze besparing wordt gezien als het verschil in kosten voor en na de implementatie van de verbetering (kolom 5).

Tabel 8: Kosten/besparingen/terugverdientijd verbeteringen

	<i>Kost/jaar vóór verbetering (€)</i>	<i>Kost van verbetering (€)</i>	<i>Kost/jaar na verbetering (€)</i>	<i>Besparing (€/jaar)</i>	<i>Terugverdientijd (maanden)</i>
<i>Kabelgeleiding</i>	4 600	30	2 000	2 600	0,14
<i>Automatisch spaninrichting</i>	1 125	400	225	900	5,33
<i>Grijpers en TCP-paal</i>	17 430	2 000	160	17 270	1,39
<i>Stempel</i>	3 230	60	650	2 580	0,28
<i>Snelheid 1^e lijn bediening</i>	11 100	1 333	1 500	9 600	1,67
<i>TOTAAL</i>	<i>35 255</i>	<i>3 803</i>	<i>4 835</i>	<i>30 420</i>	<i>/</i>

Tabel 8 toont dat de kabelgeleiders het snelst terugverdiend zijn. Dit heeft vooral te maken met de lage kosten die de verbetering met zich mee brengt. De langste terugverdientijd is die van de riemspanner, omdat de kosten relatief hoog zijn ten opzichte van de besparing. Omdat de besparing bij de grijpers zo hoog is, zijn de hogere implementatiekosten dus ook verantwoord. Daarom dat deze zo snel terugverdiend zijn.

9 Aanbevelingen

9.1 Inleiding

We hebben voor belangrijke aanpassingen gezorgd waardoor de stilstand aanzienlijk teruggeschroefd is. Echter men wil altijd een machinebeschikbaarheid van 100 procent halen, dus geen ongeplande stilstanden. Om dit doel zo dicht mogelijk te benaderen hebben we een vooruitgeblikt naar de stappen die DAF best onderneemt in de toekomst om de goede werking van de machine te garanderen.

9.2 Ondersteunende aanpassingen

9.2.1 Uitbreiding SAP

Momenteel is de informatie die bij een fout wordt ingevuld incompleet. Zo wordt er geen vermelding gedaan van: welke naven er geperst worden, welke technici oplossingen vonden of welke problemen opgelost werden voordat de technische dienst ter plaatse kwam.

Het toevoegen van deze gegevens aan SAP is belangrijk om sneller verbanden te leggen tussen soorten naven, terugkerende fouten en zo patronen te vinden. Dit helpt om oorzaken te vinden die nu verborgen zijn. Verder helpt het ook om te weten wie men moet aanspreken bij een fout die niet meteen herkend wordt.

9.2.2 Gepland onderhoud

Zoals eerder vermeld is er geen gepland onderhoud vanwege een achterstand in productie. Een nadeel van deze werkwijze is dat uitstellen van preventief onderhoud enkel meer curatief onderhoud met zich meebrengt. De methode van Six Sigma [4], waarvolgens DAF tewerk gaat, streeft naar 100 procent machinebeschikbaarheid. Dit mag echter niet ten koste gaan van het welzijn van de machine.

Wij raden DAF aan om meer preventief onderhoud te doen. Eén uur elke twee weken is onvoldoende om de goede werking van de machine te garanderen. Dit zorgt alleen voor meer stilstand en ergere problemen. Gepland onderhoud verhoogt de kans dat de cel tijdens productietijd geen storingen krijgt, zodat men op termijn toch betere productieaantallen haalt.

Verder raden we DAF aan om vanaf nu de FAG-cel mee in het jaarlijks onderhoud in te plannen. Omdat dit momenteel niet gebeurt, moet men grote aanpassingen doen tijdens productietijd met als gevolg nog meer stilstanden.

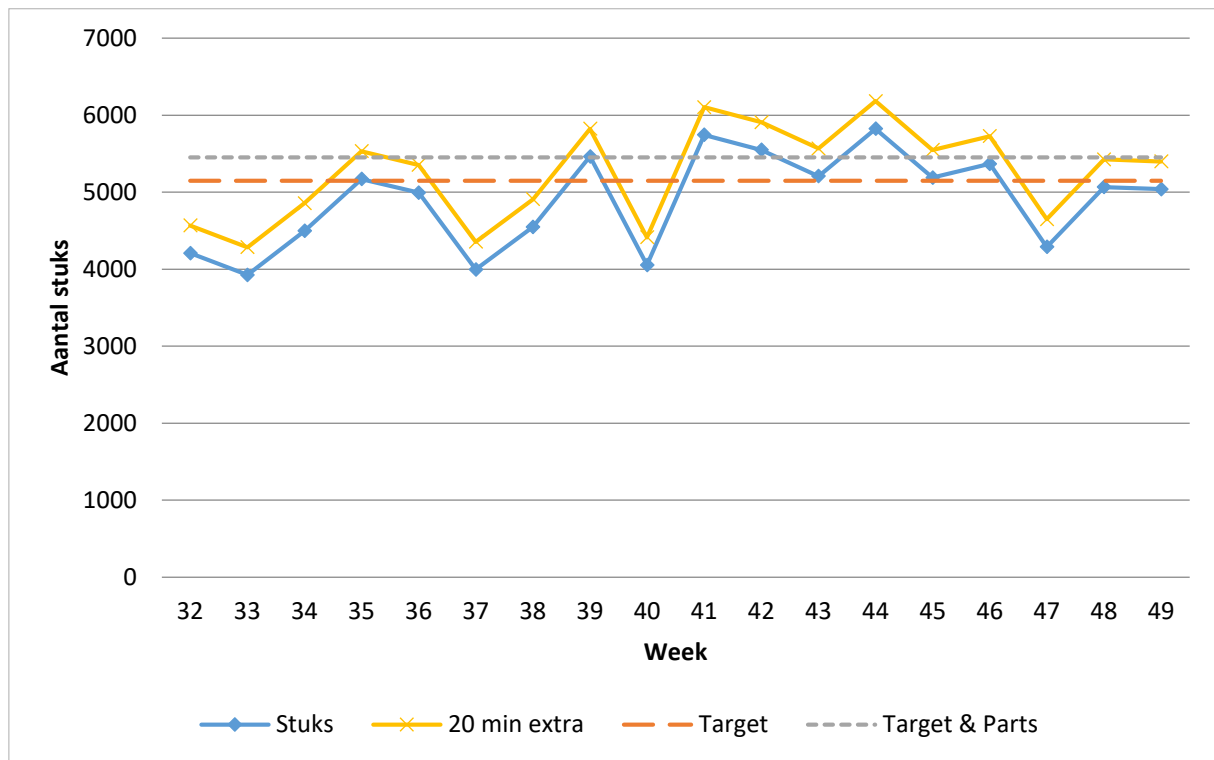
9.2.3 Total productive maintenance (“TPM”)

Tijdens onze stage hebben we gemerkt dat het dagelijkse onderhoud aan de cel onvoldoende gebeurt. Normaal volgt DAF het principe van TPM, waarbij de productiviteit van een machine verhoogd wordt door consequent onderhoud aan de machine. Volgens de voorschriften moet er aan het einde van elke shift de cel volledig schoongemaakt worden. Tijdens deze schoonmaakbeurt hebben de operatoren de kans om de cel te betreden en kunnen ze controleren op slijtage en de juiste werking van de machine nakijken. Omdat dit nu niet gebeurt, is er vaak pas achteraf kennis van de problemen van de cel. Hierdoor ontstaat extra stilstand die voorkomen had kunnen worden.

9.2.4 Beschikbare machinetijd beter benutten

We hebben tijdens onze stage ook opgemerkt dat de beschikbare tijd in één shift niet optimaal gebruikt wordt. Zo beëindigen de operatoren bijvoorbeeld gemiddeld twintig minuten te vroeg hun shift ongeacht of hun doel behaald is. Dit is doorheen de jaren zo gegroeid. DAF is zeker niet het enige bedrijf wat hieronder lijdt. Gezien de takt tijd van de cel één minuut bedraagt, betekent dat 20 naven per shift minder.

Wanneer er langer doorgewerkt wordt zien we in Figuur 20 dat dit op weekbasis een verschil kan opleveren tussen het halen of niet halen van het aantal targets. Wekelijks komt dit neer op 360 stuks meer. Op jaarbasis worden er 18 000 stuks misgelopen door elke dag twintig minuten vroeger te stoppen.



Figuur 20: Verschil productie stuks per week

Wij raden DAF dus ook aan om zeker hun operatoren aan te sporen hun tot het einde van hun dienst de machine in gebruik te houden.

9.2.5 Opleiding van operatoren

Scholing van personeel is enorm belangrijk voor elk bedrijf dat vooruitgang wil maken. Daarom raden wij DAF aan om zowel operatoren als technische dienst bijscholingen aan te bieden. Vooral leren werken met de robots om programma's toe te voegen lijkt voor ons belangrijk om de werking van de cel te verbeteren. Tijdens onze stage hebben we gemerkt dat er weinig operatoren zijn die weten hoe de ABB-robot werkt en dat maakt het moeilijk om het programma aan te passen.

9.2.6 Beter benutten van de 3^e arbeider

De FAG-cel is ontworpen om met twee operatoren bediend te worden. Dit lijkt echter niet te lukken. Twee operatoren zijn voldoende om de cel te bedienen, maar er wordt daarbij geen rekening gehouden met het logistieke gedeelte van de cel. De naven moeten aan- en afgevoerd worden; hetzelfde geldt voor lagers en keerringen. Dit alles is te veel voor twee operatoren. Daarom zet DAF een derde operator in. Deze zorgt enkel voor logistiek. Dit is echter niet voldoende om als “fulltime” beschouwd te worden. De derde arbeider wordt als halve werknemer gezien.

Wij raden DAF aan om de omliggende processen in de fabriek te onderzoeken en ervoor te zorgen dat deze derde arbeider een bijdrage levert aan de goede werking van de fabriek door bij andere processen mee te werken.

9.2.7 Stock

Eerder in dit eindwerk is al ter sprake gekomen dat er momenteel geen stockage is omdat dit volgens de Six Sigma methode als verspilling wordt gezien.

Sommige verspillingen zijn echter noodzakelijk om de goede werking van een machine te garanderen. Gezien de FAG-cel veel moeite heeft met het omstellen is het belangrijk het aantal omstellingen te beperken. Hierdoor moet er minder tijd worden besteed aan omstellingen en de daarbijhorende fouten. Minder omstellen heeft wel tot gevolg dat er grotere voorraadbuffers voor en na de cel moeten zijn. Dit om te verzekeren dat er geen tekort aan naven ontstaat in de assemblagelijijn. Deze voorraden zorgen wel voor meer ademruimte in geval van stilstand.

9.2.8 Reserveonderdelen

Heel wat stilstanden duren langer dan nodig omdat er geen reserve-onderdelen in het magazijn aanwezig zijn. We raden DAF dan ook aan om reserveonderdelen bij te houden van alle delen in de machine die bij defect een volledige stilstand tot gevolg hebben.

Verder raden we ook aan dat er voor alle product gerelateerde onderdelen zoals stempels en dergelijke reserveonderdelen worden bijgehouden. Tenslotte is het interessant om onderdelen bij te houden die moeilijk verkrijgbaar zijn op de markt, zoals verouderde stuurkaarten.

Het bijhouden van dit soort reserveonderdelen zorgt niet voor een drastische vermindering van de MTTR, gezien er veel minder uitschieters zullen zijn.

9.3 Structurele aanpassingen

9.3.1 Algemeen

We raden DAF aan om zoveel mogelijk gegevens gestructureerd bij te houden. Er gaan nog problemen aankomen die nog niet zijn voorgevallen. Daarom moet er een duidelijke manier zijn om oplossingen voor die problemen bij te houden.

9.3.2 Transport

Het transportsysteem dat momenteel wordt gebruikt is veel te arbeidsintensief. Er is sprake om in 2017 een nieuw transportsysteem in gebruik te nemen. Dit systeem zal ervoor zorgen dat de voorbewerkte naven niet meer in kisten geplaatst moeten worden om vervolgens met een heftruck naar de FAG-cel gebracht worden. Het nieuwe systeem zou bestaan uit een rechtstreekse aanvoerband van de fabricagelijnen tot de FAG-cel.

Deze oplossing zou er ook voor kunnen zorgen dat de derde arbeider op een andere locatie in het productieproces kan worden ingezet.

9.3.3 Robot

De werking van de robots is nog in orde, echter het systeem dat de grijpers opent is verouderd. In de assenfabriek staat een gelijkaardige robot die een zelf centrerend persluchtsysteem gebruikt om de grijpers te openen in plaats van een stappenmotor.

Een nadeel van dat systeem is dat de opening van de grijpers niet gecontroleerd kan worden: de grijpers hebben dan twee standen, open of dicht. Er is geen controle over hoe ver ze openen. Een voordeel is dat DAF al ervaring heeft met dergelijke systemen aangezien ze in de fabriek al toegepast worden. Met dit persluchtsysteem zijn tevens weinig problemen.

We raden DAF aan te onderzoeken of de implementatie van een dergelijk systeem mogelijk is voor deze toepassing. Rekening houdend met de kosten aan de machine en het besturingsprogramma voor de ombouwingen. Afhankelijk van deze factoren en ervan uitgaand dat de cel hierdoor jaarlijks meer dan 100 uur minder stilstand ervaart, kan men dan een berekende keuze maken.

9.3.4 Hydraulische kring

Hoewel dit nauwelijks werd besproken in deze scriptie, heeft de hydraulische kring een enorm tekort. Aangezien er geen terugslagventielen tussen de leidingen zitten, stroomt de olie bij elke stilstand helemaal terug naar het reservoir. Dit heeft gevolgen bij elke lange stilstand.

Een belangrijke stap is dan ook het vernieuwen van de volledige hydraulische kring. Hiermee verlaagt men niet rechtstreeks de stilstandsuren van de cel, gezien deze stilstanden niet door SAP opgeslagen worden, maar in realiteit zorgt dit wel voor een snellere opstart na omstellen en onderhoud.

Vanwege de dubbele werking van de hydraulische cilinders is dit een groot project. Bovendien is hiervoor heel wat extra sturing nodig voor de terugslagventielen.

9.3.5 Pers

Wat in de toekomst vooral moet veranderen bij de persen is de uitlijning van boven- en onderstempels. De persen hebben een extra slede die niet gebruikt wordt voor deze naven. Een foute uitlijning van de boven- en onderslede kan een foute of vertraagde werking tot gevolg hebben.

Als men de juiste werking van de persen wil garanderen, is het oplossen van dat probleem de logische volgende stap. De verkeerde uitlijning zorgt voor onnodige vertraging en in het verleden heeft het ook al gezorgd voor fout geperste naven. De extra kost van de foute naven en de vertraging op de cel kan dus grotendeels weggewerkt worden door verbetering van de uitlijning van de persen.

9.3.6 Update van elektronica

Momenteel is de elektronica van de cel verouderd. We raden DAF aan om alle stuurkaarten te vervangen door recentere versies. De versies die momenteel gebruikt worden zijn zo verouderd dat ze nergens meer te verkrijgen zijn. Dit heeft als gevolg dat bij een defecte stuurkaart de stilstand enorm lang duurt.

Tot de voltooiing van de nodige aanpassingen aan de elektronica raden we DAF aan om elke stuurkaart in stock bij te houden, zodat de stilstand toch beperkt blijft.

10 Conclusie

10.1 Probleemstelling en doel

In DAF-Trucks te Westerlo worden voor- en achterassen geproduceerd voor wielnaven. In de wielnaven worden lagers geperst. Dit wordt gedaan in de FAG-cel. Deze cel is een robotcel met verschillende stations: twee persen, twee robots, een vetstation, een weegstation, een proefstation en een laserstation. Deze cel is tien jaar oud en maakt dat er veel storingen zijn. Gemiddeld is de cel 21 uur per week buiten dienst. De gewenste output van 343 stuks per shift wordt niet gehaald door de vele storingen. Hierdoor zijn ook de kosten groter dan verwacht. Het doel van deze stage was het verminderen van de stilstandsuren van de FAG-cel met twintig procent. Dat is een vermindering van 21 uur per week naar zestien uur per week.

Na verder onderzoek bleek dat de storingen vooral te wijten waren aan, kabelbreuk, verkeerde afstelling van de robotgrijpers, te lage hardheid van de grijpers wat een overmatige slijtage tot gevolg had, de riem van het proefstation die afviel en een gebrek aan ervaring bij de operatoren.

Vanwege de stilstand worden er onvoldoende navens geproduceerd tijdens de weekshifts. Dit aantal moet worden bijgewerkt tijdens het weekend. Weekendshifts zijn echter duur en zouden best afgebouwd worden. Dat gaat alleen bij voldoende betrouwbaarheid van de cel.

10.2 Gemeten resultaten

De belangrijkste resultaten van de aanpassingen aan de robotcel zijn terug te vinden in Tabel 9. Samen met de vergelijking met gegevens die ter beschikking waren voor het van start gaan van de masterproef. De totale uitkomsten zijn niet gelijk aan de som van de individuele cijfers omdat enkel de belangrijkste resultaten zijn weergegeven. In kolom twee werden de resultaten gedurende 50 weken weergegeven. Deze werden in kolom drie herleid naar 10 weken om zo te kunnen vergelijken met de resultaten van de tien laatste weken van deze stage. Dit is terug te vinden in kolom vier. Kolom vijf geeft de procentuele daling van het aantal storingsuren en meldingen weer.

Uit Tabel 9 kolom vier blijkt dat pers één, pers twee en het proefstation een daling in stilstandsuren hebben opgeleverd. Bij de persen zorgden de kabelgeleiding en de nieuwe bouten in de stempel voor deze daling. Samen hebben deze het aantal stilstandsuren teruggedrongen met 7,7 procent en het aantal meldingen met 20,3 procent.

Bij het proefstation is de meeste verbetering merkbaar bij de stilstandsuren. Hier dalen de stilstandsuren met bijna 55 procent en het aantal meldingen met 26,5 procent. De daling in stilstandsuren is teweeggebracht door het nieuwe opspansysteem van de riem.

Robot één en twee kennen dan weer een stijging in het aantal stilstandsuren. Omdat de robots de laatste weken veel problemen ondervinden, vooral robot twee. Dit zijn onverwachtse problemen met de motor van de robots. Deze motor was niet op voorraad waardoor er een lange stilstand ontstond.

Over het algemeen werden de stilstandsuren gereduceerd met 26,3 procent en het aantal meldingen is gestegen met 22,5 procent. Het vooropgestelde doel van een reductie van 20 procent van de stilstandsuren werd dus volbracht. De stilstand is gedaald van 21 uur stilstand per week naar zestien uur stilstand per week.

Opvallend is dat de storingen bij het vetstation een grotere invloed hebben gekregen op het totaalaantal storingen. Aan de start van deze masterproef was de invloed van het vetstation half zo groot dan nu. Door de geringe invloed is er hier dan ook niet gezocht naar een oplossing. Problemen aan het weegstation zijn helemaal niet teruggekeerd.

Tabel 9: Vergelijking resultaten

	09/2015-09/2016 (50 weken)	09/2015-09/2016 (10 weken)	11/2016-01/2017 (10 weken)	Daling (%)
Pers 1				
Stilstandsuren	227,89	45,6	43	5,6
Aantal meldingen	69	13,8	11	20,3
Pers 2				
Stilstandsuren	122,14	24,4	23,9	2,1
Aantal meldingen	54	10,8	11	-1,85
Robot 2				
Stilstandsuren	80,4	16,1	25,8	-60,2
Aantal meldingen	26	5,2	15	-88,5
Vetstation				
Stilstandsuren	32,5	6,5	12,9	-97,5
Aantal meldingen	11	2,2	6	-172,7
Proefstation				
Stilstandsuren	182,5	36,5	16,57	54,6
Aantal meldingen	34	6,8	5	26,5
Robot 1				
Stilstandsuren	24,1	4,8	11,62	-141,5
Aantal meldingen	11	2,2	6	-172,77
TOTAAL				
Stilstandsuren	1076,9	215,4	158,73	26,3
Aantal meldingen	306	61,2	75	-22,5

In Tabel 10 worden de MTBF en de MTTR van voor de start en na het eind van de masterproef weergegeven. De MTBF is gedaald van 29 uur naar 24 uur. Dit wil zeggen dat de tijd tussen de storingen gedaald is. De MTBF is dus minder goed als voor het begin van de stage. Dit is te wijten aan de problemen bij de motor van de robot tijdens de laatste dagen van december. Er waren op een paar dagen tijd enkele storingen. Doordat er gebruik werd gemaakt van een korter meetbereik hebben deze storingen ook een grotere invloed op de totale MTBF.

De MTTR is gedaald van 2,5 uur naar 2 uur wat wil zeggen dat de tijd om een storing te repareren gedaald is. Door het plaatsen van een voorraadkast en het opleiden van de operatoren werd de tijd om een storing op te lossen ingekort.

Tabel 10: Vergelijking MTBF en MTTR

	09/2015-09/2016	11/2016-01/2017
MTBF	29 uur	24 uur
MTTR	2,5 uur	2 uur

10.3 Besluit

Een reductie van de stilstandsuren met 20 procent werd ruim gehaald. De stilstandsuren daalden met 26 procent wat dus ruim voorbij het vooropgestelde doel ligt. De stilstandsuren zijn gedaald van 21 uur per week naar zestien uur per week door een investering van bijna 4 000 euro.

Dat het doel gehaald is, wil niet zeggen dat er niet verder gestreeft moet worden naar een reductie van de stilstandsuren. De cel ligt dus namelijk nog steeds zestien uur per week stil. Aanbevelingen naar de toekomst toe zijn terug te vinden in hoofdstuk 9.

11 Literatuurlijst

- [1] "DAF Trucks," 2016. [Online]. Available: <http://www.daf.be/nl-be>. [Accessed: 01-Oct-2016].
- [2] A. Vandermaessen, "1,5mln. Integrale kosten wielnaaf productie reduceren," Fontys Hogeschool Eindhoven.
- [3] Event Helix Inc., "Reliability and Availability Basics," 2016. [Online]. Available: http://www.eventhelix.com/RealtimeMantra/FaultHandling/reliability_availability_basics.htm#.WG9b-TiQzcs. [Accessed: 22-Dec-2016].
- [4] D. Roelens, *Capita selecta bedrijfsmanagement: Inleiding tot het industrieel beleid*. 2015.
- [5] "1.7131 Datasheet."
- [6] "DIN EN 10083-2 Datasheet," 2006.
- [7] Telmastaal, "1.2379 Datasheet," 2014.
- [8] "1.2436 Datasheet," p. 2.
- [9] "1.4429 Datasheet," 2012. [Online]. Available: <http://www.woite-edelstahl.com/14429en.html>. [Accessed: 10-Nov-2016].
- [10] Uddeholm, "ARNE® Datasheet," 2014.
- [11] H. Wittel, D. Muhs, D. Jannasch, and J. Vossiek, *Roloff/Matek machineonderdelen (Theorieboek)*, 5th ed. BIM media B.V., 2013.
- [12] H. Wittel, D. Muhs, D. Jannasch, and J. Vossiek, *Roloff/Matek Machineonderdelen (Tabellenboek)*, 5th ed. BIM media B.V., 2013.
- [13] U. Fischer *et al.*, *Tabellenbuch metall*, 45th ed. 2011.
- [14] K. G. Budinski and M. K. Budinski, *Materiaalkunde*, 9th ed. Pearson, 2014.
- [15] Borinox, "Hardening of Stainless Steel," p. 2, 2016.
- [16] G. den Ouden and B. M. Korevaar, *Metaalkunde deel 2*, 5th ed. Delft: Delft University Press, 1998.

Bijlagen

Bijlage A: Opname van navens door grijpers

Bijlage B: Extra uitleg bij materiaalkeuze

Bijlage C-1: Ontwerp 1 grijpers

Bijlage C-2: Ontwerp 2 grijpers

Bijlage D: Krachtberekening boutverbinding

Bijlage E: Offertes grijpers

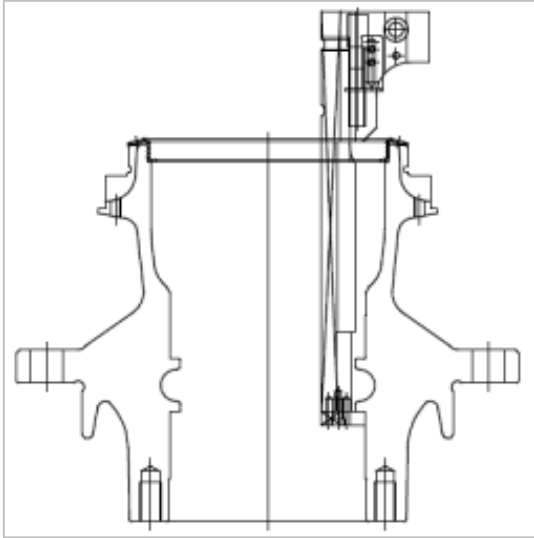
Bijlage F-1: Ontwerp 1 TCP-paal

Bijlage F-2: Ontwerp 2 TCP-paal

Bijlage H: Ontwerp riemspanner

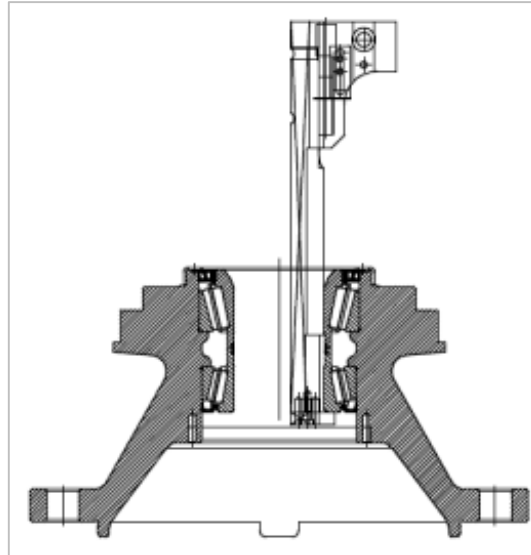
Bijlage A: Opname van naven door grijpers

In Figuur 21 zien we hoe de grijpers 13 ton naven zonder lagers opnemen.

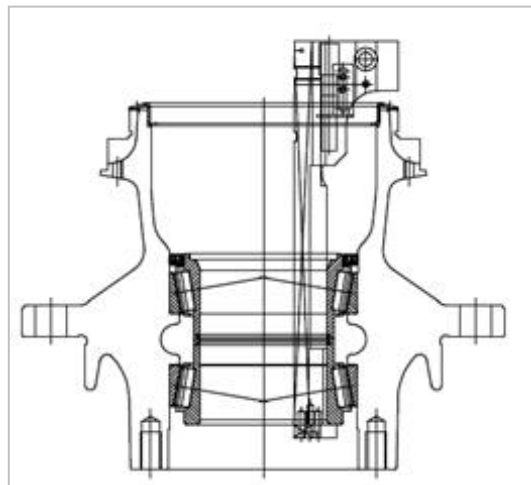


Figuur 21: 13T zonder lager

In Figuur 22 en Figuur 23 zien we hoe de grijpers respectievelijk 8 ton en 13 ton naven met lagers opneemt.



Figuur 22: 8T met lager



Figuur 23: 13T met lager

Bijlage B: Extra uitleg bij materiaalkeuze

1. DIN EN 10083-2: [6]

DIN EN 10083-2 omvat het harden van ongeleerde staalsoorten. Hiertoe behoren reeksen van 1.05XX, 1.11XX en 1.12XX. Niet alle staalsoorten uit deze reeksen kunnen de gewenste hardheid van 800HV behalen. 1.1203 (C55E), 1.1221 (C60E) en 1.1223 (C60R) zijn staalsoorten die 800HV behalen. Voordat deze staalsoorten gehard zijn hebben zij een hardheid van 265HV. Deze metalen worden gehard door de te verwarmen bij een temperatuur van 810-850°C. Hierna wordt het materiaal afgeschrikt in water of olie gedurende minsten 30 minuten. Hierna wordt het materiaal vaak getemperd om de brosheid die komt door het harden te verminderen. Het temperen¹ gebeurt op een temperatuur van 550-660°C.

2. DIN X153CrMoV12 [7]

Een mogelijk nieuw materiaal is 1.2379. Dit is gegloeid staal met een hardheid van ongeveer 265 HV. Het is ledeburitisch² 12 procent chroomstaal. Door het hoge V-gehalte heeft dit staal een betere slijtbestendigheid. Ook bevat het materiaal een goede taaiheid, hoge drukvastheid en is het maatvast. Tabel 11 geeft de eigenschappen van het materiaal weer.

Tabel 11: Materiaal 1.2379

Richtingsanalyse %	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
	1.55	0.3	0.4	11.8	0.8	0.8
DIN-norm	X153CrMoV12					
Werkstof-nr.	1.2379					
Leveringstoestand	Gegloeid op ca. 265 HV					

In leveringstoestand heeft het materiaal dus een hardheid van 265 HV dit is nog niet hard genoeg voor de grijpers. Het materiaal moet dus nog gehard en ontlaten worden. Het harden moet gebeuren bij een temperatuur tussen 1000-1050°C en gekoeld worden in olie of lucht. Het ontlaten moet gebeuren bij een temperatuur tussen 480-580°C gedurende minimum twee minuten, hierna moet het gekoeld worden in rustige lucht. Het materiaal heeft nu een hardheid van 58-62 HRC. Ontlaten is noodzakelijk om brosheid te voorkomen. Door het ontlaten wordt het materiaal iets taaier, hierdoor zal het minder snel breken. Bij ontlaten tussen

¹ Temperen is een warmtebehandeling om koolstof in de vorm van grafiet af te scheiden. De temperatuur van het materiaal wordt opgewarmd tot een temperatuur onder het transformatiepunt en hierna afgekoeld. Een ander woord voor temperen is ontlaten, het wordt gedaan om het materiaal minder bros te maken. Dit proces wordt meestal enkele keren herhaald, dit om het zacht recht-austeniet zoveel mogelijk om te zetten naar martensiet).

²Bij stolling ontstaat er een ledeburiet-eutecticum. Ledeburitische staalsoorten bevatten gelijke hoeveelheden austeniet en cementiet. Op het ijzer-koolstofdiagram bevindt deze zich op de drie-faselijn waarop de reactie L = austeniet + cementiet(1148°C) plaats.[14] en [16]

450-500°C treedt er, bij ledeburistische staalsoorten, een secundaire harding op. Dit komt door de uitscheiding van chroomcarbiden. Tot ca. 500°C behouden deze chroom staalsoorten daardoor een zeer hoge sterkte.

3. DIN X210CrW12 [8]

X210CrW12, 1.2436, is een staal dat gegloeid is op max. 265 HV. Ook dit staalsoort is ledeburitisch 12 procent chroomstaal. Het behoort tot dezelfde familie als 1.2329, wat wil zeggen dat het ook een uitstekende hardheid en slijtvastheid bevat. Om de nodige hardheid te bekomen moet het materiaal gehard worden. Dit doen we door het materiaal te verwarmen tot een temperatuur van 940-980°C. De koeling gebeurt in olie of in lucht. Hierna wordt het materiaal ontlaten op een lage temperatuur. Dit is verschillende met 1.2379 dat het op een hoge temperatuur ontlaten wordt. Wanneer we hier ontlaten op een te hoge temperatuur, boven 200°C, behalen we niet meer de gewenste hardheid. Het ontlaten bij staal gebeurt om de brosheid van martensiet te verminderen. Hierna zal de hardheid liggen tussen 58-63 HRC. Zie Tabel 12 voor meer informatie over dit materiaal.

Tabel 12: Materiaal 1.2436

Richtingsanalyse %	C	Si	Mn	Cr	W
	2.1	0.3	0.4	12.0	0.7
DIN-norm	X210CrW12				
Werkstof-nr.	1.2436				
Leveringstoestand	Gegloeid op max. 265 HV				

4. AISI316NL [9]

AISI316LN is ongelegeerd staal met werkstofnummer 1.4429. Dit is een laagkoolstofstaal (maximaal 0.03 procent koolstof) met een hoog chroom en nikkel gehalte. Het heeft een austenitische structuur dat een hardheid heeft van maximum 260 HV.

Het kan verder gehard worden met behulp van diffusie[14]. Dit kan zorgen voor een oppervlakte hardheid tot 1500 HV[15]. Het geeft extra bescherming tegen slijtage, verbeterd de wrijvingscoëfficiënt en zorgt ervoor dat het corrosiebestendig is. AISI316NL is een staalsoort met een onvoldoende gehalte koolstof. Doormiddel van diffusiebehandelingen kan het toch gehard worden. Een diffusiebehandeling voegt elementen toe aan het oppervlak van het staal waardoor het hard wordt. Er wordt hier gekozen voor koolstofdifusie. Dit gebeurt bij temperaturen tussen 842-953°C. [9]

5. DIN 100MnCrW4 [10]

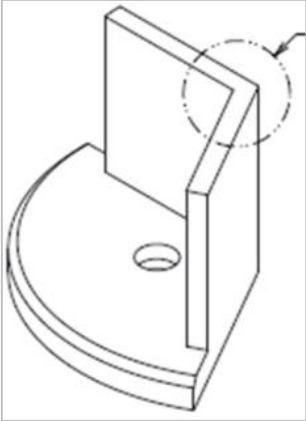
DIN 100MnCrW4 ook wel beter bekend als ARNE is een middel-gelegeerd oliehardend gereedschapsstaal. ARNE is een materiaal dat weinig onderhevig is aan maat-veranderingen waardoor het ideaal is voor harden. Tabel 13 bevat meer informatie over dit materiaal.

Tabel 13: Materiaal 1.2510

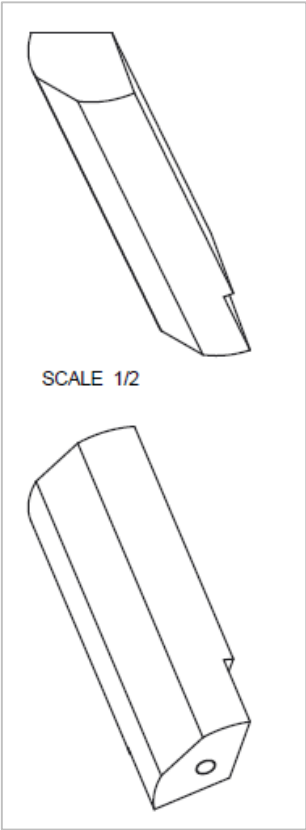
<i>Richtingsanalyse %</i>	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>Cr</i>	<i>W</i>	<i>V</i>
	0.9	0.3	1.2	0.5	0.5	0.1
<i>DIN-norm</i>	100MnCrW4					
<i>Werkstof-nr.</i>	1.2510					
<i>Leveringstoestand</i>	Zacht gegloeid, max. 190 HB					

ARNE is goed verspaanbaar, heeft een hoge oppervlaktehardheid en kent ook een goede doorharding. Als warmtebehandeling is er gekozen voor de oppervlaktebehandeling vlam harden. Het materiaal wordt hierbij opgewarmd tot een temperatuur van 790-850°C. Hierna wordt het best ontlaten bij een temperatuur van 200°C voor de beste hardheid namelijk 62 HRC.

Bijlage C-1: Ontwerp 1 grijpers

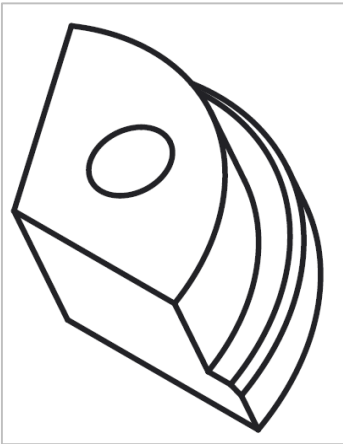


Figuur 24: Ontwerp 1 grijper: slijtdeel

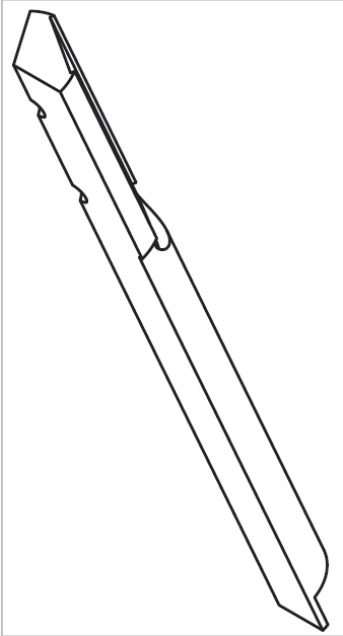


Figuur 25: Ontwerp 1 grijper: staaf

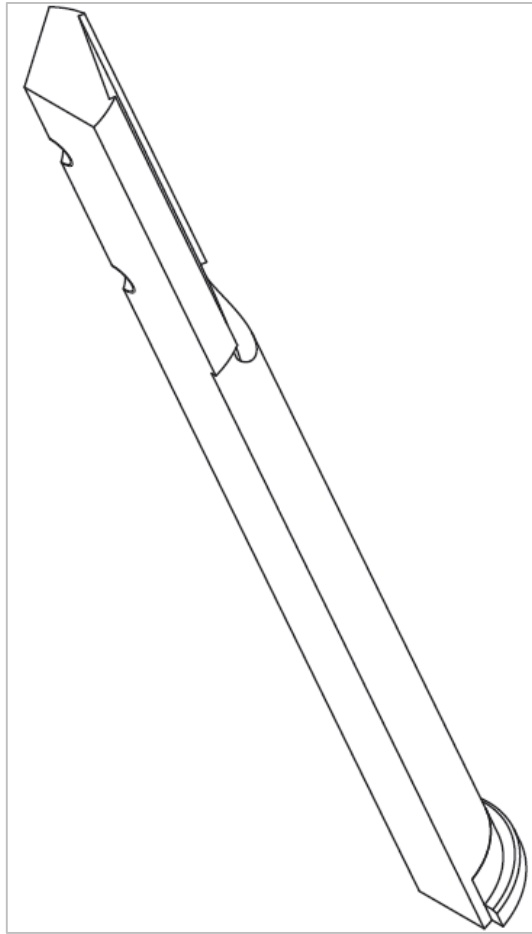
Bijlage C-2: Ontwerp 2 grijpers



Figuur 26: Slijtdeel ontwerp 2



Figuur 27: Ontwerp 2 grijpers: staaf



Figuur 28: Volledig ontwerp 2

Bijlage D: Krachtberekening boutverbinding

Gegevens

In Tabel 14 vindt u de gegevens die bekend waren bij aanvang van de berekeningen.

Tabel 14: Gegevens krachtberekening

<i>Symbol</i>		<i>Eenheid</i>	<i>Uitleg</i>	<i>Tabel</i>
d	= 8	mm	Nominale diameter	
K_a	= 3	mm ²	Aanhaalfactor	8-11
f_z	= 0,011	mm	Richting van de zetting	8-10a
A_s	= 36,6	mm ²	Spanningsdoorsnede	8-1
σ_{aMAX}	= 54,19	N/mm ²	Maximum amplitudespanning	toelaatbare
S_{vmin}	= 1,2		Minimale veiligheidsfactor	
k_r	= 0,5			
d_2	= 7,19	mm	Flankdiameter	8-1
ϕ	= 0,055	rad	Hellingshoek	8-1
ρ'	= 0,15	rad	Wrijvingshoek	8-12b
$R_{p0,2}$	= 235			1-1
n	= 0,3		Krachtinvoer	pg.240
l_k	= 30	mm	Klemlengte	
l_1	= 3,8	mm		
l_2	= 26,2	mm		
A_n	= 50,27	mm ²		
A_1	= 191,01	mm ²		
A_2	= 1316,96	mm ²		
A_3	= 32,84	mm ²		8-1
F_b	= 500	N	Belastingskracht	
R_e	= 1080	N/mm ²	Rekgrens	
R_m	= 1200	N/mm ²	Treksterkte	
d_w	= 13	mm	Uitwendige diameter draagvlak	8-9
d_h	= 9	mm	Diameter doorvoergat	8-8
D_A	= 25	mm	Grootte onderoppervlak werkstuk	
E	= 210000	N/mm ²	Elasticiteitsmodulus	
A_t	= 26,60	mm ²	Schachtdoorsnede	
A_{vero}	= 97,25	mm ²	Vervangingsoppervlakte	
δ_t	= 1,47E-06	mm/N	Elastische vervormbaarheid van de ingeklemde delen	
δ_s	= 1,07E-06	mm/N	Elastische vervormbaarheid van de schroef	
φ^k	= 0,58		Vereenvoudigde lastverhouding	

ϕ	=	0,17	Lastverhouding
F_z	=	4327,98 N	Voorspankrachtverlies

Gevraagd

Om te bepalen of een boutverbinding voldoende sterk is, dienen de volgende punten in volgorde doorlopen te worden:

- Globale bepaling van de nominale maat;
- Vereiste montage-voorspankracht;
- Vereist aanhaalmoment;
- Controle van de schroef:
 - o Statische bedrijfslast;
 - o Dynamische bedrijfslast.

Oplossing

Globale bepaling nominale maat

Om een schatting te krijgen van de nominale maat gebruiken we tabel 8-13, pg 104. De bout wordt axiaal wisselend belast, met een belastingskracht van maximaal 10 000N. De bouten die aan deze eisen voldoen zijn M8-12.9 of M10 sterker dan 8.8. De vorm van het werkstuk beperkt echter de keuze. Een bout met een nominale maat van 10mm is zo groot dat ze de rand van het werkstuk onvoldoende draagkracht behoudt, er wordt daarom gekozen voor een M8 bout, met een sterkteklasse van 12.9.

Deze sterkteklasse van 12.9 bepaalt de treksterkte en de rekgrens van de bout:

$$R_m = 12 * 100N/mm^2 = 1200N/mm^2$$

$$R_e = 12 * 9 * 10N/mm^2 = 1080N/mm^2$$

Vereiste montage-voorspankracht

De vereiste montage-voorspankracht wordt bepaald uit de formule:

$$F_{vm} = K_a * (F_z + F_b * (1 - \phi))$$

K_a vinden we m.b.v. tabel 8-11, gezien de bout handmatig wordt aangedraaid bekommen we een waarde tussen 2,5 en 4,0. De waarde die hierbij gekozen is, in samenspraak met onze promotor, is 3,0.

De belastingskracht is afhankelijk van de massa van de naven, hiervoor wordt 50kg genomen. Dat is hoger dan de effectieve massa van de naaf, als veiligheidsfactor. De belastingskracht wordt dan afgerond op 500N.

Het voorspankrachtverlies, F_z , volgt uit de formule:

$$F_z = \frac{f_z}{\delta_t + \delta_s}$$

Hier is f_z de richting van de zetting. Deze volgt uit tabel 8-10a. De som van de zettingen in de schroefdraad, het draagvlak en de interne scheidingsvoeg is daar 0,011mm voor normale bouten.

δ_t en δ_s zijn respectievelijk de elastische vervormbaarheid van de ingeklemde delen en die van de bout zelf, deze worden bepaald door de formules:

$$\delta_t = \frac{l_k}{E * A_{verv}}$$

$$\delta_s = \frac{0,4 * \frac{d}{A_n} + \frac{l_1}{A_1} + \frac{l_2}{A_2} + \frac{0,5 * d}{A_3}}{E}$$

De klemlengte, l_k , is hierbij 30mm. De vervangingsoppervlakte, A_{verv} , is een resultaat van de formule:

$$A_{verv} = \frac{\pi}{4} * (d_w^2 - d_h^2) + \frac{\pi}{8} * d_w * (D_A - d_w) * \left(\left(\sqrt[3]{\frac{l_k * d_w}{D_A^2} + 1} \right)^2 - 1 \right)$$

In deze formule zijn de onbekenden d_w en d_h rechtstreeks uit tabel 8-8 en 8-9 te halen. D_A is een eigenschap van het werkstuk en ligt dus ook vast.

Verder zijn A_1 en A_2 te bepalen met de formules:

$$A = \frac{l * 64 * \pi}{4}$$

Oppervlakte A_n , de nominale oppervlakte van de bout, volgt rechtstreeks van de nominale diameter:

$$A_n = \frac{\pi * d^2}{4}$$

A_3 volgt uit tabel 8-1.

Na F_z bepalen we ϕ , de lastverhouding, met behulp van formule:

$$\phi = n * \phi_k$$

In het geval van een dicht bij de deling liggend krachtaanrijpingspunt is de waarde van de krachtinvoerfactor, n , gelijk aan 0,3.

De waarde van de vereenvoudigde lastverhouding, ϕ_k is:

$$\phi_k = \frac{\delta_t}{\delta_t + \delta_s}$$

Als we nu alle waardes invullen bekommen we dat:

$$F_{vm} = 14,2kN$$

Vereiste montage-aanhaalmoment

Het vereiste montage aanhaalmoment is een resultaat van de montage-voorspankracht, hij wordt bepaald door de formule:

$$M_a = 0,17 * F_{vm} * d * 0,001$$

Als we hierin de eerder bekomen waarde voor F_{vm} invullen bekomen we:

$$M_a = 19,34Nm$$

Controle van de schroef

Om te controleren of de schroef voldoende sterk is moet men drie dingen controleren, namelijk:

- De statische bedrijfslast;
- De dynamische bedrijfslast;
- De dynamische veiligheid.

Statische bedrijfslast

Als voldaan wordt aan volgende vergelijking is de statische bedrijfslast laag genoeg:

$$F_{BS} = \phi * F_B < 0,1 * R_{p0,2} * A_t$$

A_t is hierin:

$$A_t = \frac{\pi}{4} * (0,9 * d_3)^2$$

Diameter d_3 is af te lezen in tabel 8-1.

Deze vergelijking heeft als resultaat:

$$86,7N < 625,1N$$

De statische bedrijfslast is dus voldoende laag.

Dynamische bedrijfslast

Dynamische bedrijfslast controleert of de spanningen die voorkomen in de bout niet hoger zijn dan de spanningen die de bout kan verdragen. Dit controleren we met volgende formule:

$$\sigma_a < \sigma_{aMAX}$$

Met:

$$\sigma_a = \frac{F_B}{A_s}$$

$$\sigma_{aMAX} = 0,85 * \left(\frac{150}{d} + 45\right)$$

Ingevuld:

$$13,66N/mm^2 < 54,19N/mm^2$$

Dus ook aan de dynamische bedrijfslasteisen wordt voldaan.

Dynamische veiligheid

De dynamische veiligheidsfactor houdt rekening met de verhouding tussen de spanning die optreedt in de bout en de maximale spanning die mag optreden in de bout. De verhouding tussen deze twee mag nooit groter zijn dan 1,2, want dan zou vermoeiing voor een breuk kunnen zorgen.

$$\frac{\sigma_{aMAX}}{\sigma_a} > 1,2$$

Als we nu de eerder gevonden waardes invullen:

$$3,97 > 1,2$$

Bijlage E: Offertes grijpers



An **ERIKS** Company



OFFERTE

Onze ref.: 2016-04283
Uw ref.: Tel.
van : 03 november 2016

Afzender: Lambrechts Jan
Tel nr.: 014/34.64.97
Fax nr.: 014/31.98.88
E-mail: Jan.Lambrechts@eriks.be

DAF TRUCKS VLAANDEREN NV

Van Doornelaan 1
2260 WESTERLO (BELGIE)
Fax nr.: 0032 14 568515

T.A.V.: Lambrechts Davy
Rechtstreekse tel nr : 014/568333
Rechtstreekse fax : 014/568506
E-mail : davy.lambrechts@daftrucks.com

dinsdag 15 november 2016

Beste Mr. Lambrechts,
 Wij danken u voor uw prijsaanvraag en bieden aan als volgt:

Project : 2016-04283 : GRIJPBEK					
Positie	Aantal	Omschrijving	Artikel nummer	Stukprijs (EUR)	Totaal (EUR)
1	3 stuk(s)	Greiferbacke afm. Ø55 x 323 mm in 21NiCrMo2, gecementeerd. volgens plan 4133001-02-01-01-004c	art. nr.: 99W99799902500	517,00	1.551,00
2	3 stuk(s)	Greiferbacke afm. Ø55 x 323 mm in 1.2379, gehard. volgens plan 4133001-02-01-01-004c	art. nr.: 99W99799902500	571,00	1.713,00
TOTAAL (EUR):					3.264,00

Specifieke voorwaarden:

Alle prijzen zijn netto zonder BTW in Euro
 Leveringstermijn: Momenteel 4 weken of in overleg bij bestelling
 Geldigheid van de aanbieding: 1 maand
 Leveringsvoorwaarde: Franco
 Betalingsvoorwaarde: 30 DAGEN FACTUURDATUM

Wij hopen dat deze offerte beantwoordt aan de verwachtingen.
 Indien u bijkomende inlichtingen wenst, kan u ons altijd contacteren.

Hoogachtend,

Operational manager
 Rudi Janssen

Sales coördinator
 Gust Huygens

Calculatie
 Jan Lambrechts



Alle goederen en diensten worden geleverd volgens onze algemene verkoopvoorwaarden

Werkplaats voor mechanische
 bewerking, revisies, herstellingen en
 montagewerken
 Engineering en machinebouw

BTW nr.: BE 0420.228.645
 HR Turnhout 46.253

Tel.: 32-(0)14 34 64 34
 Fax.: 32-(0)14 31 98 88
 Ambachtsstraat 10
 B-2400 Mol

2016-04283

pagina 1 / 2

Figuur 29: Offerte grijpers volledig gehard

OFFERTE

Onze ref.: 2016-04374
 Uw ref.: E-mail
 van : 10 november 2016

Afzender: Lambrechts Jan
 Tel nr.: 014/34.64.97
 Fax nr.: 014/31.98.88
 E-mail: Jan.Lambrechts@eriks.be

DAF TRUCKS VLAANDEREN NV

Van Doornelaan 1
 2260 WESTERLO (BELGIE)
 Fax nr.: 0032 14 568515

T.A.V.: Lambrechts Davy
 Rechtstreekse tel nr : 014/568333
 Rechtstreekse fax : 014/568506
 E-mail : davy.lambrechts@daftrucks.com

donderdag 10 november 2016

Beste Mr. Lambrechts,
 Wij danken u voor uw prijsaanvraag en bieden aan als volgt:

Project : 2016-04374 : GRIJPEROPZETSTUKKEN					
Positie	Aantal	Omschrijving	Artikel nummer	Stukprijs (EUR)	Totaal (EUR)
Plannummer					
1	1 Set	Grijperopzetstukken Ø55 x 8 mm in 1.2379, gehard (1 set = 3 stuks).			
	volgens plan Tekening		art. nr.:	373,00	373,00
				TOTAAL (EUR):	373,00

Specifieke voorwaarden:

Alle prijzen zijn netto zonder BTW in Euro
 Leveringstermijn: Momenteel 2 weken of in overleg bij bestelling
 Geldigheid van de aanbieding: 1 maand
 Leveringsvoorwaarde: Franco
 Betalingsvoorwaarde: 30 DAGEN FACTUURDATUM

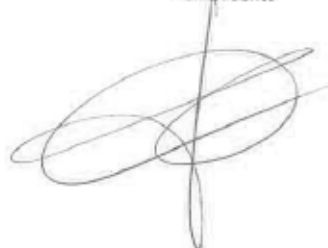
Wij hopen dat deze offerte beantwoordt aan de verwachtingen.
 Indien u bijkomende inlichtingen wenst, kan u ons altijd contacteren.

Hoogachtend,

 Operational manager
 Rudi Janssen

 Sales coördinator
 Gust Huygens

 Calculatie
 Jan Lambrechts




Alle goederen en diensten worden geleverd volgens onze algemene verkoopvoorwaarden

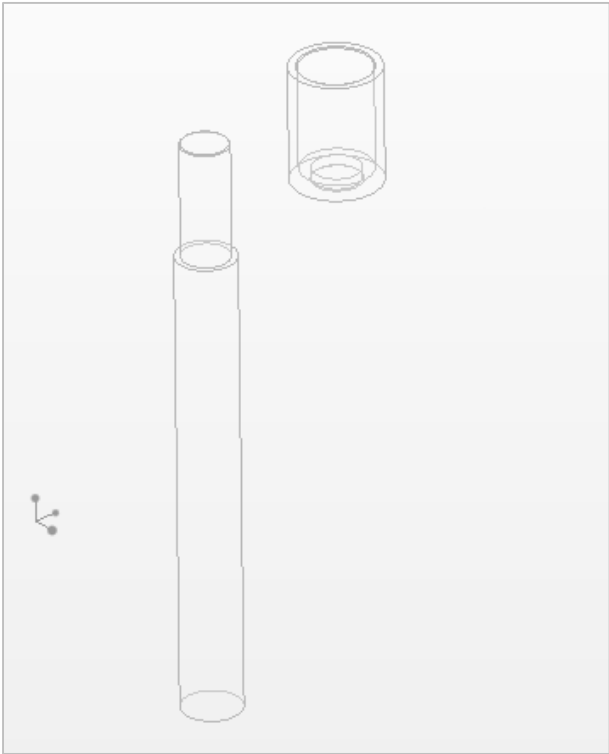
 Werkplaats voor mechanische
 bewerking, revisies, herstellingen en
 montagewerken
 Engineering en machinebouw

 BTW nr.: BE 0420.228.645
 HR Turnhout 46.263

 Tel.: 32-(0)14 34 64 34
 Fax: 32-(0)14 31 98 88
 Ambachtsstraat 10
 B-2400 Mol

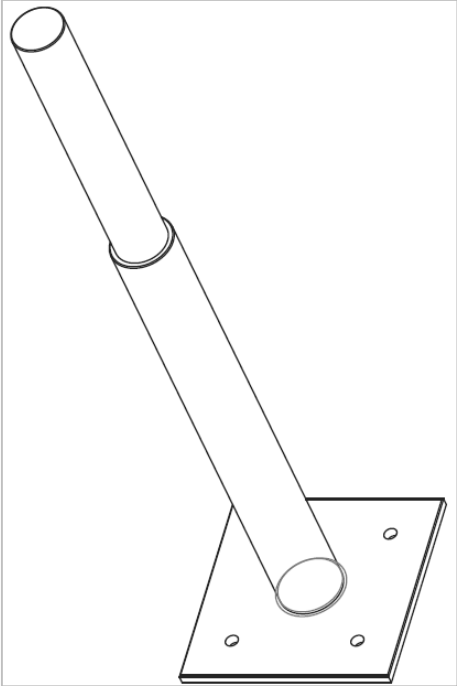
Figuur 30: Offerte slijtdelen grijpers

Bijlage F-1: Ontwerp 1 TCP-paal

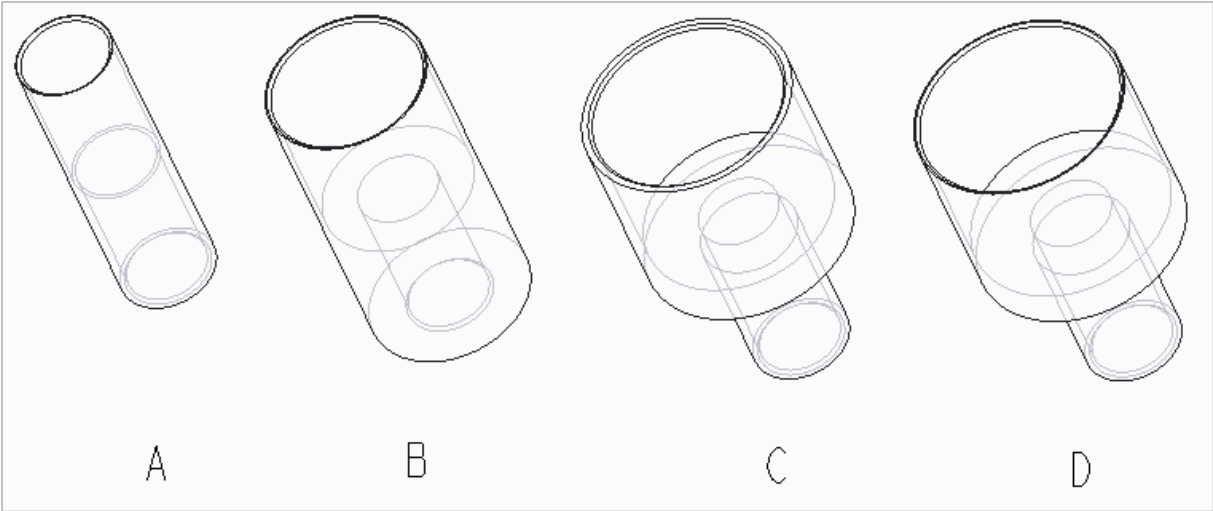


Figuur 31: Ontwerp 1 TCP-paal

Bijlage F-2: Ontwerp 2 TCP-paal




Figuur 32: Uitgewerkt ontwerp TCP-paal



Figuur 33: Pascylinders A) gesloten B) kleine lagers C) normale lagers D) grote lagers

Bijlage G: Offerte programmeren TCP-punt

ABB n.v.			
Hoge Wei 27 BE-1930 Zaventem	info@be.abb.com BE-1930	Telefoon: +32 (0) 2 718 63 11 Fax: +32 (0) 2 718 66 66	ABB referentie : 1DMRSS16110184 Datum : 03-11-2016 Pagina : 3 / 10

1. Service

Pos	Omschrijving	Aantal	Prijs (EUR)	Korting	Regelprijs (EUR)
1	Vorbereiding	1.00	130,00	10,00 %	117,00
2	Werkuren 100%	4.00	130,00	10,00 %	468,00
3	Reisuren	2.00	130,00	10,00 %	234,00
4	KM	140.00	0,75	0,00 %	105,00
5	Dagvergoeding	1.00	8,18	0,00 %	8,18
					932,18 EUR

2. Nacalculatie prestaties

Nacalculatie Prestaties

Bovenvermelde prestaties zijn indicatief en zullen op basis van nacalculatie tegen de gangbare Field Service tarieven van ABB verrekend worden

3. Safety Service

Veiligheid:

De klant dient ervoor te zorgen dat de werken op een veilige wijze kunnen uitgevoerd worden.

Daarom dient de klant:

- een steiger voorzien als de robot zich op een hoogte bevindt.
- Steiger moet voorzien zijn van een groene steigerkaart

Na reparatie moet er gelegenheid zijn om proef te draaien

4. Commerciële condities service

In geval van standaard levering ontvangt u de goederen vrij van transportkosten. Mocht u een express levering wensen dienen wij uw order voor 15.30 uur ontvangen te hebben. Voor express of koerier levering gelden onderstaande tarieven voor levering in de Benelux.

* Economy (2-4 dagen) : vrij van transportkosten

* Express voor 12 u a.m. mits bij betaling van :
gewicht : 0 - 10 KG = 100 EUR
gewicht : 10 - 30 KG = 150 EUR

* Express voor 9 u a.m. afhankelijk van de postcode en mits bij betaling van :
gewicht : 0 - 10 KG = 150 EUR
gewicht : 10 - 30 KG = 200 EUR

Levertijd	: Overeen te komen met de planning
Levering	: CPT - incoterms 2010, Gent, België
Prijzen	: Genoemde prijzen zijn netto, excl. BTW

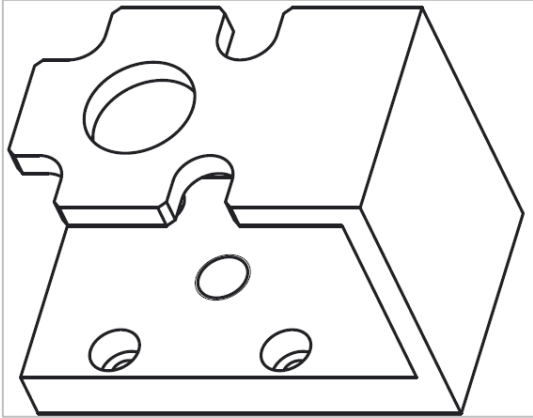
Deze offerte is digitaal goedgekeurd en hierdoor is een handtekening niet noodzakelijk.

Handelsregister: Zaventem No. T.A.V.-B.T.W. BE 0406.291.923

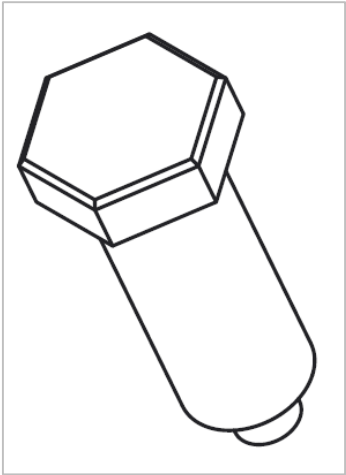
Op alle aanbestedingen en opdrachten van of aan en op alle overeenkomsten met onze vennootschap zijn ABB algemene voorwaarden van toepassing. Een afschrift van de voor u relevante voorwaarden wordt u op verzoek onmiddellijk toegezonden.

Figuur 34: Offerte programmeren TCP-punt

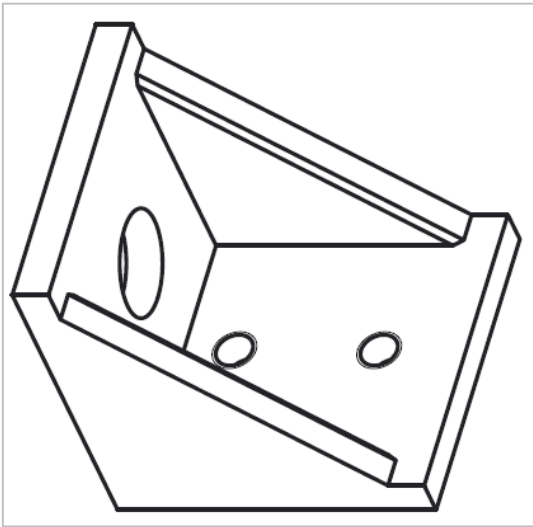
Bijlage H: Ontwerp riemspanner



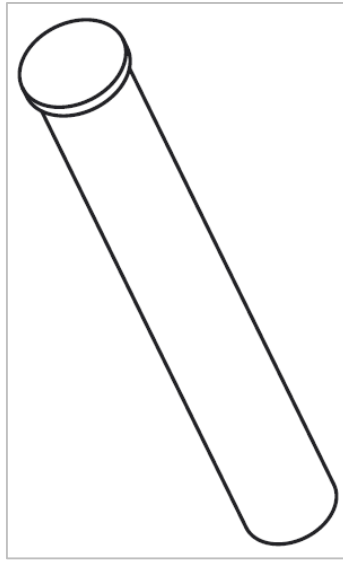
Figuur 35: Spanrolhouder



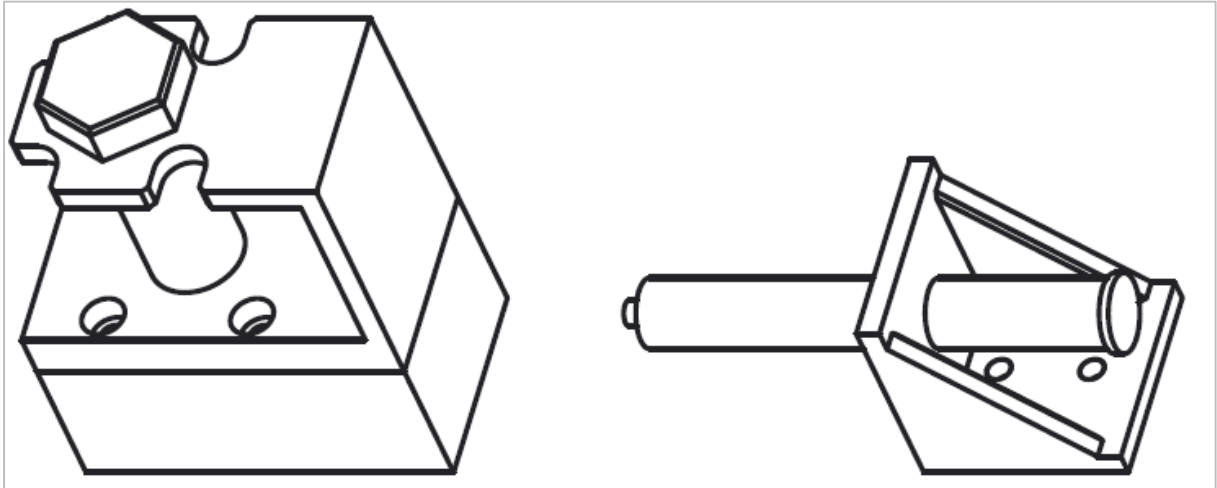
Figuur 36: Spanrol bevestigingsbout



Figuur 37: Spanrol eindblok



Figuur 38: Spanrol veerspanbout



Figuur 39: Volledige spanrolopstelling

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:
Reductie stilstandsuren robotcel door middel van storingsanalyse

Richting: **master in de industriële wetenschappen: elektromechanica**
Jaar: **2017**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Iliens, Bram

Motmans, Kristina

Datum: **17/01/2017**