



Afstudeerscriptie

Ontwerp een trein- of trucklaadarm welke binnen één werkdag te configureren is.

Wouter van Raad

3-6-2016

Afstudeerscriptie



The new TLA of JLA

V1.3

3-6-2016

Student

Naam: Wouter van Raad
Studentnummer: 12015342
E-mail adres: 12015342@student.hhs.nl

1^e coach & Stagecoördinator

Naam: A. van der Vlugt
E-mail adres: A.vanderVlugt@hhs.nl

2^e coach

Naam: R. van der Meulen
E-mail adres: R.vanderMeulen@hhs.nl

Bedrijfsbegeleider

Naam: P. Rodenburg
E-mail adres: P.rodenburg@jla-loadingarms.com

Voorwoord

Dit rapport heb ik geschreven ter afronding van mijn opleiding aan de Haagse Hogeschool te Delft. De afronding van mijn opleiding geschied door middel van een afstudeerstage, welk gelopen is bij JLA Loading Technology. Het doel van dit rapport is het informeren van de lezer over de door mij verrichtte werkzaamheden gedurende mijn stage.

Dit rapport is opgebouwd uit 3 hoofdstukken. Deze hoofdstukken beschrijven het onderzoek, basisontwerp en de realisatie van het eindontwerp. Afsluitend aan deze hoofdstukken volgen de conclusies en aanbevelingen.

Mijn dank gaat uit naar Peter Rodenburg en Bastiaan Nieuwkerk die mij van informatie en antwoorden hebben voorzien tijdens dit onderzoek.

Inhoud

1. Over de opdrachtgever	6
2. De opdrachtschrijving	7
3. De aanpak en structuur binnen het rapport	7
4. De onderzoeksvraag	7
Hoofdstuk 1 - Het vooronderzoek.....	8
1.1 Wat is een TLA?	8
1.2 Wat biedt de concurrent aan?	9
1.3 Aan welke richtlijnen moet een TLA voldoen?	9
1.4 Welke middelen zijn er beschikbaar?.....	11
1.5 Welke variaties zijn er vereist?.....	11
1.6 Hoe doet de klant een aanvraag?	12
1.7 Hoe is de kostprijs van de TLA opgebouwd?	13
1.8 Het Pakket van Eisen en Wensen	14
Hoofdstuk 2 - Het basisontwerp	15
2.1 De TLA van de klant	15
2.2 Het basisontwerp van de modulaire TLA	16
2.3 Opbouw van het model.....	17
2.4 De ontwerpcriteria	18
2.5 De Inboard arm module	19
2.6 De ophanging van de TLA.....	21
2.7 De modulaire middle arm.....	22
2.8 De outboard arm	23
2.9 De modulaire Droppipe	23
2.10 Ontwerp en berekening van de modulaire springbox.....	24
Hoofdstuk 3 - De realisatie	26
3.1 Wat wordt er bedoeld met ETO en CTO?	26
3.2 Engineer to order (ETO).....	26
3.3 Configure to order (CTO)	26
3.4 De te nemen stappen voor een overgang van ETO naar CTO	27
3.5 Flowchart.....	27
3.6 Het model passend maken voor CTO	30
3.7 Kostenoverzicht bij ETO.....	32
3.8 Kostenoverzicht bij CTO	34

3.9	Doorlooptijd bij CTO.....	34
3.10	De productie van de toekomst.....	35
Hoofdstuk 4 -	Conclusies en aanbevelingen	36
4.1	Conclusies.....	36
4.2	Aanbevelingen.....	36
Bijlage 1 -	Onderbouwing van het competentieprofiel.....	39
Bijlage 2 -	Een overzicht van producten van de concurrentie	41
Bijlage 3 -	Een overzicht van mogelijke onderdelen voor een TLA	45
Bijlage 4 -	De eerste versie van de TLA	46
Bijlage 5 -	De verbeterde versie van de TLA.....	47
Bijlage 6 -	Stress simulatie van bracket 1.....	48
Bijlage 7 -	Verplaatsing in bracket 1.....	49
Bijlage 8 -	Stress simulatie van bracket 2.....	50
Bijlage 9 -	Verplaatsing in bracket 2.....	51
Bijlage 10 -	De berekeningen van de Middle Arm.....	52
Bijlage 11 -	Stress simulatie van de middle arm	53
Bijlage 12 -	Factor of safety van de middle arm.....	54
Bijlage 13 -	Stress simulatie van de middle arm met lagere kracht	55
Bijlage 14 -	Factor of safety van de middle arm met lagere kracht	56
Bijlage 15 -	De stress in de outboard arm	57
Bijlage 16 -	Het vaststellen van de benodigde veerkracht.....	58
Bijlage 17 -	Bepalen van de veerspecificaties	59
Bijlage 18 -	Het Flow diagram voor het aanvragen van een TLA	60
Bijlage 19 -	Het richtlijnschema toegepast op een laadarm	61
Bijlage 20 -	De versimpelde handleiding van de veer	62

Samenvatting

Om mee te komen in de markt van de truck- en treinlaadarm dient een kwalitatief product te worden neergezet met een concurrerende prijs. Om dit te realiseren heeft de student een onderzoek gestart naar de mogelijkheden om de prijs van de laadarm te verlagen terwijl de kwaliteit van het product gelijk blijft.

In hoofdstuk 1 wordt gestart met een vooronderzoek waarbij wordt uitgezocht wat een laadarm is en hoe de kosten van een laadarm zijn opgebouwd. Afsluitend aan dit onderzoek wordt het pakket van eisen en wensen gepresenteerd. De opdrachtgever verwacht aan het eind van deze opdracht een methode te hebben waarmee in één werkdag een model met werktekeningen kan worden opgezet. Hierbij is het ook belangrijk dat de laadarm goed te produceren is.

Na het onderzoek zal in hoofdstuk 2 het basisontwerp worden getoond. Deze laadarm is ontworpen voor een klant van JLA en wordt van alle denkbare functies voorzien. Voor deze laadarm zal de productie op 6 juni van start gaan.

In hoofdstuk 2 is tevens uitgelegd hoe de verscheidene onderdelen zijn ontwikkeld en berekend. Het is belangrijk dat de kwaliteit van het product hoog blijft om klanten in de toekomst terug te laten komen. Per onderdeel is bepaald wat de beste manier is om hem in dit proces te passen. In hoofdstuk 3 wordt besproken wat er moet gebeuren om de laadarm goedkoper en sneller te produceren. Daarbij worden enkele onderdelen getoond waarbij besproken wordt op welke manier zij passen in een configureerbaar model. Dit rapport wordt uiteindelijk afgesloten met de overgang van ETO naar CTO. Om de prijs van een laadarm te laten dalen moeten er meer van geproduceerd worden. Enkele onderdelen worden getoond waarbij besproken wordt hoe zij in dit model passen en wat er is gedaan om de prijs laag, maar de kwaliteit hoog te houden.

Afsluitend aan dit rapport worden enkele conclusies en aanbevelingen gedaan. Een proces zoals in dit rapport is beschreven is nooit afgerond. De producten zullen altijd verbeterd moeten worden om een brede markt te bereiken, goedkoper in aankoop te worden, maar ook om meer producten in een kortere tijd te kunnen leveren. Om de prijs van een laadarm te laten dalen is het belangrijk over te gaan naar een serieproductie.

Verklarende woordenlijst

TLA	Truck of Treinlaadarm.
MLA	Marine laadarm.
Flow joint / swivel	Een koppeling welke draaibaar is in om één as.
STD	De standaardwanddikte voor een bepaalde maat pijp geproduceerd volgens de ANSI norm.
Hosetower	Een constructie waarop meerdere TLA's staan.
H.O.H.	Hart op Hart een maat tussen de centerlijnen van twee cilinders.
Liquifant	Een apparaat wat door het maken van trillingen detecteert of er vloeistof aanwezig is.
General Arrangement (GA)	Een overzichtstekening waarop de klant het product kan zien met de belangrijke maten.
BOM	Bill of Materials

Symbolenlijst

Symbool	Omschrijving	Eenheid
J	Traagheidsmoment	mm ⁴
r	radius	mm
T	koppel	Nm
$\tau_{\max}$	Maximale spanning	MPa
F_v	Kracht in verticale richting	kN
C	Veerconstante	N/mm
S	Veerweg	mm

Inleiding

Ter kennisgeving van het doel van dit rapport is in deze inleiding stapsgewijs beschreven wat het doel van de opdracht is. Daarbij zal worden benoemd voor wie deze opdracht is doorlopen en welke structuur in het rapport is aangehouden.

1. Over de opdrachtgever

De opdracht is afkomstig van JLA Loading Technology. Een bedrijf gevestigd in Vlaardingen gespecialiseerd in het ontwerpen, produceren en onderhouden van laadapparatuur. JLA Loading Technology is een dochterbedrijf van J. de Jonge Flowsystems welke tevens gevestigd is in Vlaardingen.

JLA Loading Technology wil zijn markt uitbreiden. Eén van de manieren waarop zij dit doen is door hun producten aan te bieden in meer landen, maar ook door een grotere diversiteit aan producten aan te bieden. De TLA is een van die producten.

Helaas is JLA Loading Technology door de huidige manier van werken te duur om mee te komen in de markt voor de TLA.



Figuur 1 – JLA Loading Technology levert een hosetower af

2. De opdrachtschrijving

Zoals benoemd op de voorgaande pagina is JLA Loading Technology te duur in de TLA-markt. Om zijn positie in de markt te verbeteren moet de kostprijs van de TLA omlaag. De opdracht aan de student is daarom:

Ontwerp een modulaire, configureerbare TLA waarbij de kostprijs, ontwerptijd en kwaliteit centraal staan.

3. De aanpak en structuur binnen het rapport

De opdracht is opgedeeld in drie onderdelen welke terugkomen binnen dit rapport. Deze onderdelen hebben elk een eigen hoofdstuk toegewezen gekregen.

Als eerst zal er een vooronderzoek worden verricht. In dit vooronderzoek zal worden vastgesteld wat de beste manier is om de opdracht te volbrengen. Hierop volgend zal het basisontwerp worden gepresenteerd. Dit model is ontworpen voor een klant van JLA Loading Technology waarbij gelet is op de universaliteit van het ontwerp. De productie van deze arm zal beginnen op 6 juni 2016.

Afsluitend zal worden besproken hoe dit model is omgezet naar een configureerbaar model zodat deze binnen één werkdag is om te zetten naar een ontwerp voor de klant.

4. De onderzoeksvraag

De hoofdvraag is gericht op het resultaat wat aan het eind van dit project is opgeleverd. Deze hoofdvraag wordt ondersteund door enkele deelvragen. De hoofdvraag is als volgt:

Wat is er nodig om het ontwerpproces van de TLA te optimaliseren om over te gaan van ETO naar CTO waarbij ontwerptijd, kosten, flexibiliteit en kwaliteit centraal staan.

Om deze vraag te beantwoorden zijn enkele deelvragen opgezet. De deelvragen zijn als volgt:

- Wat is een TLA?
- Wat bied de concurrent aan?
- Welke normen en kwaliteitseisen horen bij een TLA?
- Welke middelen zijn er?
- Welke variaties zijn er vereist?
- Hoe doet de klant een aanvraag?
- Hoe is de kostprijs van de TLA opgebouwd?

Als eerst zal de student de deelvragen beantwoorden waarna over wordt gegaan op het beantwoorden van de hoofdvraag.

Hoofdstuk 1 - Het vooronderzoek

De student heeft als start van het project een vooronderzoek verricht. Dit onderzoek geeft kennis welke benodigd is voor een goede opzet van het basisontwerp. De start van dit onderzoek is het stellen van een onderzoeksvraag welke beantwoord wordt gedurende dit vooronderzoek.

1.1 Wat is een TLA?

Wanneer een vrachtwagen, trein of schip met een lading op bestemming komt moet deze lading uit het vervoersmiddel worden gehaald. Dit wordt gedaan met een laadarm (Figuur 4).

Deze laadarmen worden gekoppeld aan de flens van bijvoorbeeld een vrachtwagen (Figuur 2) waarna deze leeg wordt gepompt.

Er zijn twee typen laadarmen te onderscheiden. Dit zijn de top- en bodemlaadarmen. Het verschil tussen deze laadarmen is als volgt:

1.1.1 Top-laadarm

Deze laadarmen worden over het algemeen gebruikt voor het laden van de treinwagons of vrachtwagens. Zoals de naam doet vermoeden hangen deze laadarmen boven de vrachtwagen of treinwagon. De vrachtwagen of trein opent het mangzat aan de bovenzijde waarna deze wordt gevuld (Figuur 3).

1.1.2 Bodem-laadarm

Deze laadarm wordt ingezet voor zowel laden als lossen van producten. Door middel van een koppeling wordt de laadarm gekoppeld aan bijvoorbeeld een vrachtwagen (Figuur 2) om daarna leeg of volgepompt te worden. Dit type laadarm staat over het algemeen op de grond zodat deze kan koppelen aan de zij- of achterkant van de tank.



Figuur 4 - Drie scheepsaadarmen aan de kade van J. de Jonge



Figuur 3 - Een vrachtwagen wordt gevuld door een boven-laadarm



Figuur 2 - Een TLA gekoppeld aan een vrachtwagen

1.2 Wat biedt de concurrent aan?

Om antwoord te geven op deze vraag is een onderzoek gedaan onder de concurrerende partijen. Dit onderzoek is te vinden in de bijlagen op pagina 39. Uit dit onderzoek kwam een overzicht waarin zichtbaar is wat de concurrent wel of niet aanbied. Dit overzicht is in tabelvorm hieronder geplaatst.

Marktonderzoek	Altijd	Soms	Uitzonderlijk
Diameter	2", 3", 4", 6"	8"	10", 12"
Materialen	Staal, RVS	Aluminium	
Seals	PTFE, Viton	FPM, NBR, UHMW-PE	
Balans	Contragewicht, Lineaire veer	torsieveer, Pneumatiekveren	Hydrauliek, composietveer
Temperatuur °C	van -50 +200	van -196 tot +250	van -200 tot +300
Druk	Max 50 bar	Max 42 bar	Max 200 bar

Tabel 1 – Het aanbod van de concurrentie

In de markt van de TLA is onderscheid te maken tussen serie- en massaproductie. JLA Loading Technology wil zich vooral richten op de markt voor serieproductie.

1.3 Aan welke richtlijnen moet een TLA voldoen?

Binnen JLA worden al geruime tijd laadarmen gebouwd en daarbij worden ook de nodige richtlijnen en normen aangehouden. Het verschil tussen een richtlijn en een norm is dat de richtlijn wettelijk verplicht is en de norm daar meestal op doorbouwd om bedrijven een handvat te geven bij het ontwerpen.

Voor een TLA kunnen de volgende richtlijnen van toepassing zijn:

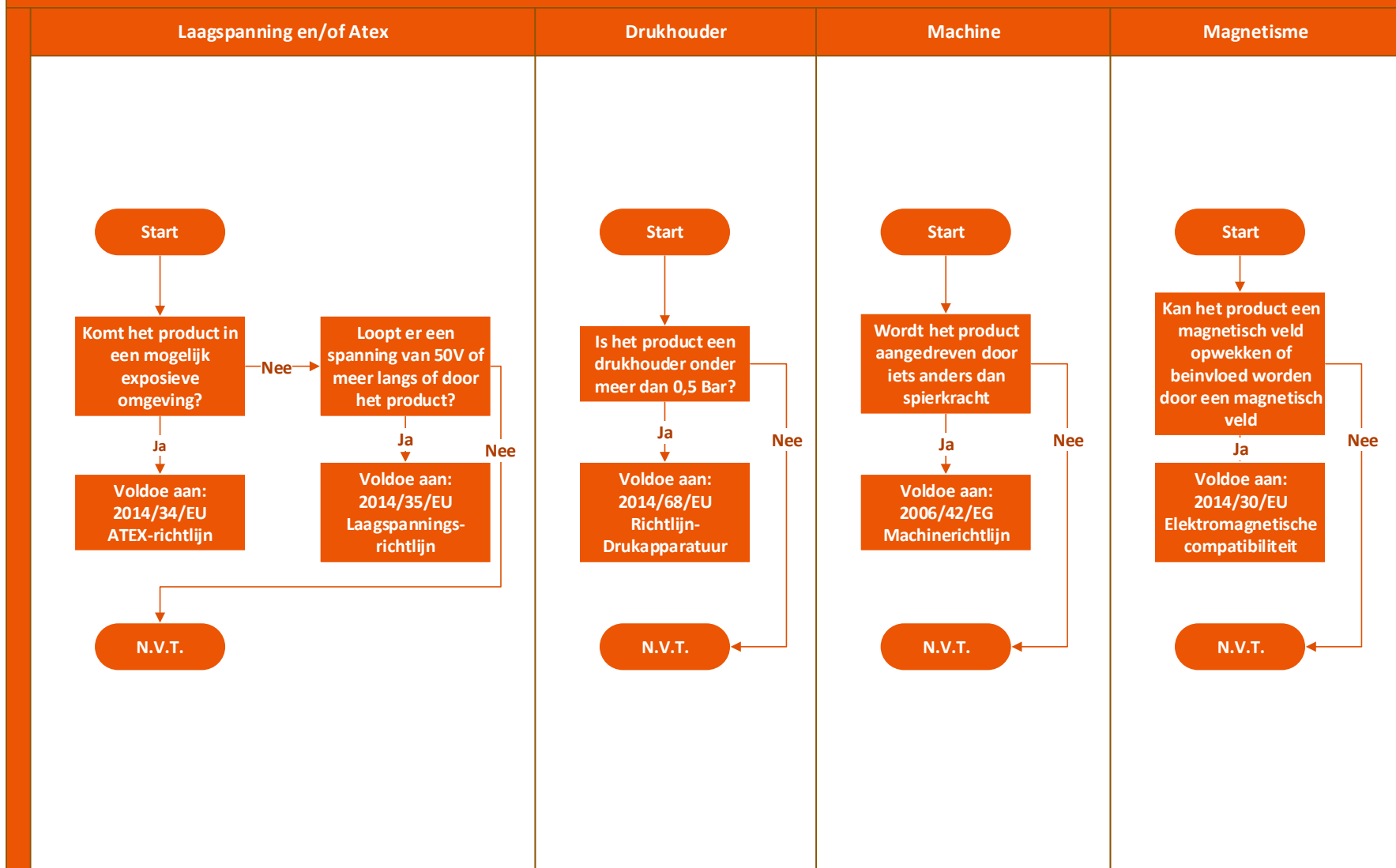
- Richtlijn voor drukapparatuur boven de 0,5 Bar: 2014/68/EU
- Richtlijn voor apparatuur in mogelijk explosieve omgevingen: 2014/34/EU
- De machinerichtlijn: 2006/42/EG
- Richtlijn aangaande elektromagnetische compatibiliteit: 2014/30/EU
- Laagspanningsrichtlijn: 2014/35/EU

Samen vormen deze richtlijnen het CE keurmerk. Om het overzichtelijk te maken of product wel of niet onder één of meerdere van deze richtlijnen valt is een flow diagram gemaakt. Deze is te vinden op de volgende pagina.

Het diagram bestaat uit 4 delen die elk onafhankelijk van elkaar doorlopen dienen te worden. Door het beantwoorden van één of twee vragen kan worden gezien of er een richtlijn moet worden aangehouden. Wanneer de richtlijn doorgelezen wordt zal opvallen dat deze vrij simpel zijn beschreven. Dit is één van de redenen dat er normen zijn opgezet. Voor iedere richtlijn is een norm te vinden welke een handvat biedt aan bedrijven hoe zij aan de richtlijn kunnen voldoen.

Binnen JLA Loading Technology wordt over het algemeen gekozen voor de norm. Zo wordt voor de richtlijn voor drukhouders NEN-EN 13480-1:2013 aangehouden.

Flow schema richtlijnen



1.4 Welke middelen zijn er beschikbaar?

Ter ondersteuning aan het ontwerpproces is gekeken naar de beschikbare middelen voor het bouwen van een TLA. Binnen J. de Jonge flowsystems worden regelmatig laadarmen gereviseerd en onderhouden.

Middelen welke beschikbaar zijn binnen J. de Jonge zijn onder andere:

- Lassers
- Fitters
- Geschikte lasapparatuur
- Een draaibank
- Een zaagmachine
- Ervaring met onder andere de assemblage van laadarmen
- Een kwaliteitsafdeling
- Een plasmasnijder
- Een groot assortiment aan gereedschap

Wanneer blijkt dat bepaalde middelen niet aanwezig zijn dan zal het bedrijf deze als nog aankopen.

1.5 Welke variaties zijn er vereist?

Om een overzicht te krijgen van de onderdelen welke op een laadarm kunnen worden geplaatst is een schets gemaakt van alle mogelijkheden. Deze is te vinden in de bijlagen op pagina 45. Deze lijst is hierop volgend vergeleken met de mogelijkheden bij de concurrent.

Uit deze vergelijking is een lijst gemaakt met mogelijk variaties welke in Tabel 2 is te vinden. Deze lijst dient als basis voor het vervolg van de opdracht. Voor nu wordt enkel gekeken naar RVS316L aangezien dit in de markt van de TLA de standaard is. In de toekomst kan ook worden gekozen voor Staal of Aluminium.

Laadarm	Topverlading of bodemverlading	
Verstevinging	Wel of niet	Geen keuze voor de klant. Wanneer de toelaatbare kracht wordt overschreden moet een verstevinging toegevoegd worden.
Leidingen	2", 3", 4" en 6"	De meest voorkomende maten voor de hoofdleiding zijn 3" en 4" en voor de dampretour 2" en 3".
Inboard Arm	tussen de 1500mm en de 3500mm h.o.h.	Naar verwachting is zijn hiermee 99% van de aanvragen opgelost.
Outboard Arm	tussen de 1500mm en de 3500mm h.o.h.	Naar verwachting is zijn hiermee 99% van de aanvragen opgelost.
Support	Contragewicht of een lineaire veer	Vrijwel alle klanten vragen om één van deze twee oplossingen. In de toekomst is de torsieveer ook een mogelijkheid.
Droppipe	Cone, plaat of geen afdichting	
Koppeling	Flens of snelkoppeling	De klant mag iedere koppeling kiezen zolang hij op de gekozen leiding te bevestigen is.

Tabel 2 - Vereiste variaties voor een TLA

1.6 Hoe doet de klant een aanvraag?

De methode waarop de aanvraag wordt gedaan is op dit moment zeer divers. Een klant heeft alle vrijheid en mag zelf vaststellen wat zijn of haar wens is. Er zijn klanten welke zelf met tekeningen komen om hun wens uit te beelden, maar de meerderheid wil deze keuze niet.

De ervaring leert dat een klant met open vragen veel meer moeite heeft om te antwoorden en regelmatig kiest voor onmogelijke oplossingen. Hierdoor worden vaak meerdere voorstellen (GA's) naar de klant verstuurd voordat het ontwerp definitief is.

Dit proces kost veel tijd en dient daarom versimpeld te worden. Enkele methoden om dit te verwezenlijken zijn:

- Het geven van keuzes door middel van een flow diagram

De klant keuzes geven door middel van een flow diagram. De keuzes hebben invloed op het vervolg van de route. Aan het einde van dit schema is bekend hoe de laadarm er uit zal gaan zien. De uitkomsten van dit schema worden doorgegeven aan de ingenieursafdeling waar het ontwerp zal worden geconfigureerd.

- Bestelling door middel van een bestelformulier

De klant krijgt een formulier toegestuurd welke ingevuld dient te worden. Wanneer de klant dit formulier heeft ingevuld wordt deze teruggestuurd waarna de ingenieursafdeling een ontwerp maakt.

- Het automatiseren van de bestelprocedure

De klant doet zijn aanvraag via de website waar een programma de klant enkele keuzes geeft. Dit programma geeft gedurende het proces de kosten aan voor het ontwerp en sluit af met enkele tekeningen en een totaalprijs. (<http://www.configuremyproduct.com/>)

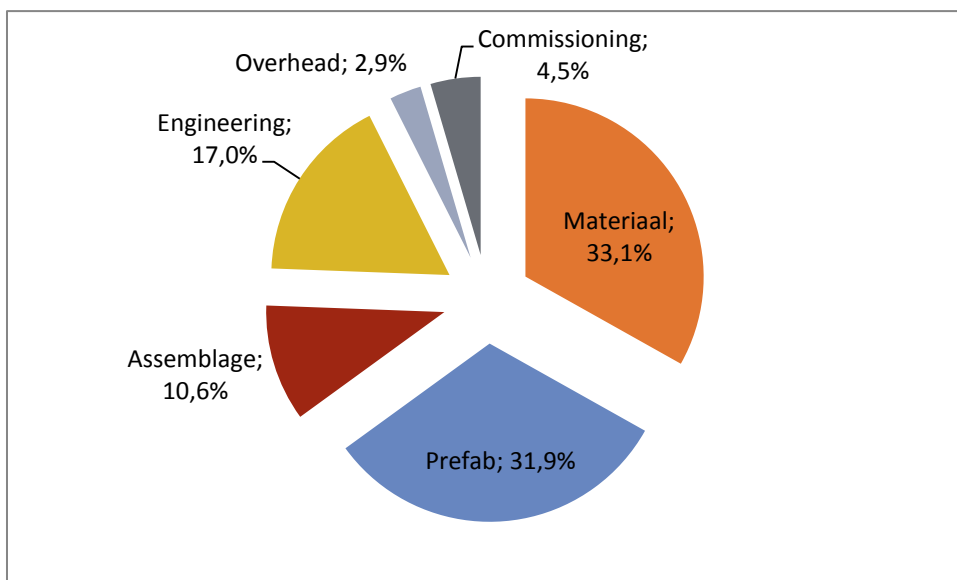
1.7 Hoe is de kostprijs van de TLA opgebouwd?

De kostprijs van een TLA is opgebouwd uit zes categorieën. Deze categorieën zijn; Materiaal, Prefab, Assemblage, Engineering, Overhead en Commissioning. Overhead en Commissioning zijn de kosten die de manager en directie maken gedurende het project. Zoals te zien in het taartdiagram hieronder zijn deze kosten relatief laag. Naar verwachting zal dit niet veranderen door het omzetten van het proces naar CTO.

De Prefab en Assemblage zullen naar verwachting gaan dalen wanneer de TLA vaker wordt geproduceerd. Dit komt, omdat er meer ervaring wordt opgedaan door de productie in het produceren van de TLA.

Gezien het feit dat de engineering in één dag moet worden afgerond zal dit de grootste daling in de kosten worden. Voor de huidige projecten is dit ± 80 uur wat terug wordt gewerkt naar ± 8 uur. Daarbij zal het materiaal in grotere batches worden ingekocht waardoor de materiaalsprijs per stuk zal dalen.

In hoofdstuk 3 wordt aan de hand van de opgedane kennis een voorspelling gemaakt van de daling in de kosten.



Figuur 5 - Indeling van de kosten

1.8 Het Pakket van Eisen en Wensen

Voor de start van de stage heeft de student in overleg met het bedrijf een pakket van eisen en wensen samengesteld.

Eisen:

- De TLA is kosteneffectief te produceren, passend bij de beschikbare productiemiddelen van JLA Loading Technology.
- De TLA is modulair waarmee wordt bedoeld dat de klant bij bestellen kan kiezen hoe zijn TLA er uit moet zien.
- De TLA is binnen één werkdag samen te stellen.
- De TLA voldoet aan de normen.

Wensen:

- De klant kan kiezen wat hij wel of niet op de TLA wil hebben waarna er vrijwel automatisch een ontwerp wordt gegenereerd.

Aan het eind van de afstudeerstage is een projectresultaat worden opgeleverd. Dit resultaat ziet er als volgt uit:

- Er is bepaald welke variaties aangeboden zullen worden.
- Er is een modulair ontwerp gemaakt van de TLA in SolidWorks welke op aanvraag van de klant aangepast kan worden (CTO: Configure To Order).
- Er is een methode bedacht om het ontwerpproces binnen één werkdag te doorlopen.
- Elk onderdeel is zo ontworpen om kosten te besparen maar toch kwaliteit te leveren.

Hoofdstuk 2 - Het basisontwerp

Gedurende de stage heeft de stagiair een TLA ontworpen welke is gebouwd voor een klant van JLA. Deze TLA is gebruikt als pilot voor de in dit onderzoek bedachte projectaanpak.

2.1 De TLA van de klant

De klant had voor het ontwerp van de TLA enkele eisen. Deze zijn hieronder op een rij gezet:

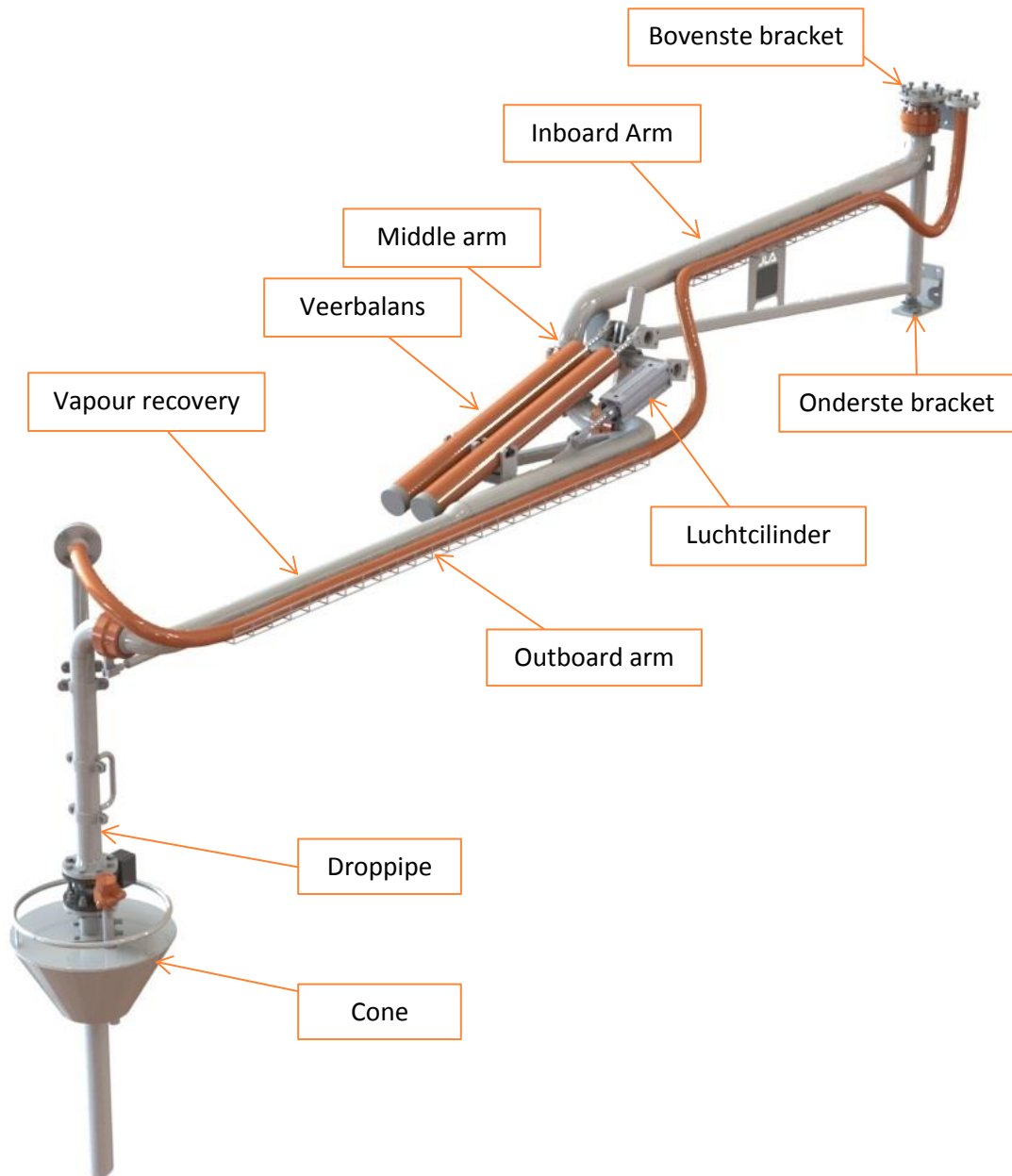
- Het gaat om een TLA voor topverlading
- De inboard arm moet een lengte hebben van 2800 mm (H.O.H.)
- De outboard arm moet een lengte hebben van 3000 mm (H.O.H.)
- De droppipe moet uitgerust zijn met een Cone om de vulopening af te sluiten
- De TLA moet gemaakt worden van RVS316L
- De TLA moet voorzien zijn van een dampafvoer
- De TLA moet uitgerust zijn met een Liquifant (beveiliging tegen overvullen)
- De TLA moet geïnstalleerd kunnen worden op de huidige montageplaat
- De aansluiting aan de stations zijde moet worden uitgevoerd met een DN100 PN10 flens
- De uitgang moet een 3" (88.9mm) pijp zijn
- Het uiteinde moet in hoogte verstelbaar zijn en altijd verticaal blijven hangen

Hierbij leverde de klant informatie van hun huidige laadarmen. Als start voor deze opdracht is een model opgezet welke te vinden in de bijlagen op pagina 46. Deze laadarm was gebaseerd op tekeningen welke meegeleverd waren door de klant. De laadarm die uit dit proces kwam was niet te configureren en (te) duur om te produceren.

Dit was de rede dat de stagiair besloot dit model te verbeteren. Hieruit volgde een nieuw ontwerp welke tevens is ingevoegd in de bijlagen op pagina 47. Het ontwerp van de nieuwe laadarm zal in dit hoofdstuk worden besproken.

2.2 Het basisontwerp van de modulaire TLA

In Figuur 6 is de laadarm te zien welke ontworpen is voor de klant. Deze laadarm is ontworpen naar de eisen welke eerder in het verslag zijn genoemd.

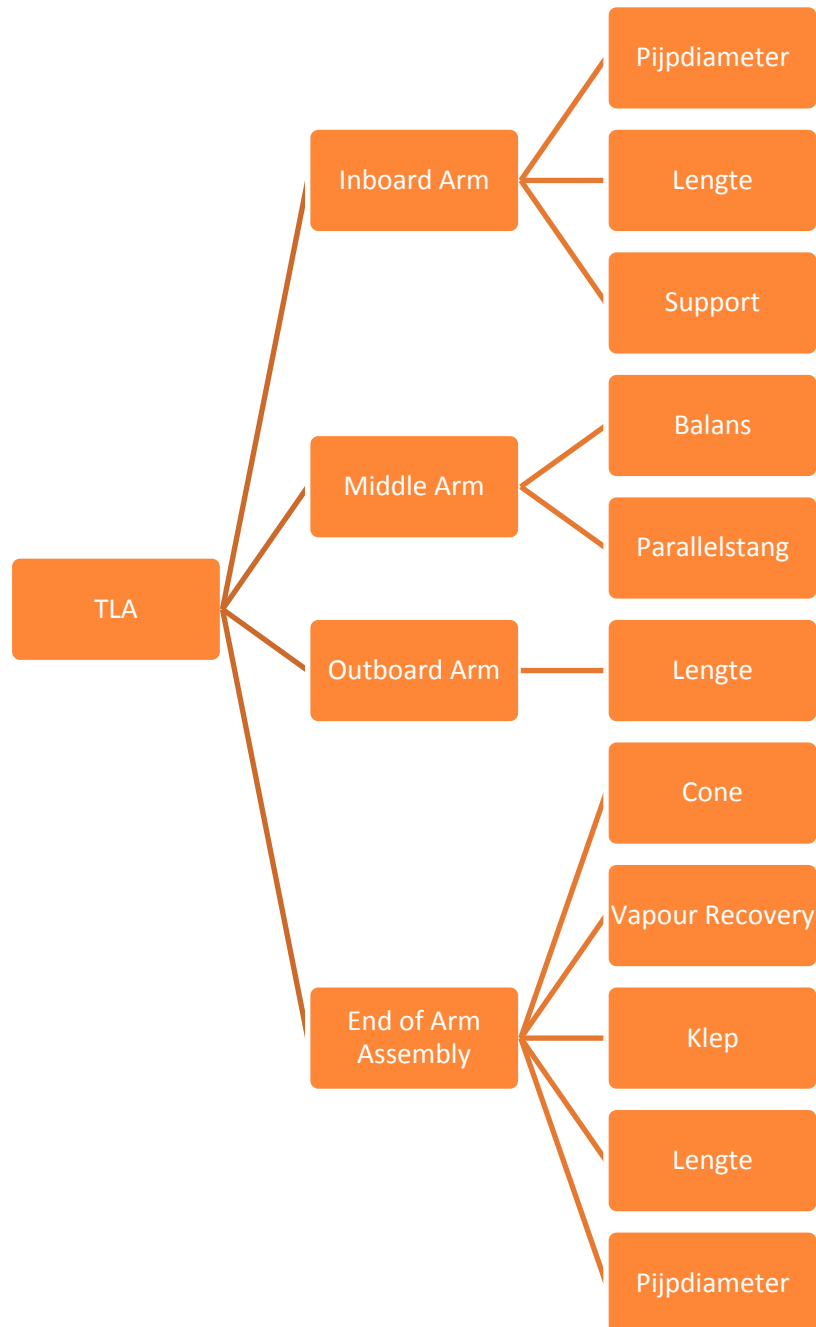


Figuur 6 - De top loading arm welke is ontwikkeld en gebouwd gedurende de stage

2.3 Opbouw van het model

Aangezien het om een 3D model gaat met meer dan 150 onderdelen is het belangrijk dat de opbouw op een duidelijke gestructureerde manier gebeurt. Zoals eerder al is vermeld bestaat de laadarm uit 4 modules. Deze modules worden in de hoofdsamenstelling samengevoegd.

Gedurende het ontwerpproces worden onderdelen als standaard ingevoerd. Hierdoor kunnen de modules op een relatief eenvoudige methode opgebouwd worden. Zo is de Inboard Arm als voorbeeld zo geassembleerd dat de versteviging kan worden uitgeschakeld en de lengte kan worden aangepast naar wens. Zo kan met twee handelingen de Inboard Arm worden omgebouwd voor elke arm.



Figuur 7 - De opbouw van het model

2.4 De ontwerpcriteria

Om het productieproces zo veel mogelijk te versimpelen is constant gezocht naar een manier om de Bill of Materials (BOM) zo kort mogelijk te houden. In Tabel 3 is deze BOM te zien. Tijdens het ontwerpen van nieuwe onderdelen mag enkel worden gekozen uit de materialen in deze BOM. Het voordeel hiervan is dat het ontwerpen versimpeld wordt voor de constructeur aangezien deze minder keuze heeft. Daarbij wordt het produceren van onderdelen goedkoper vanwege het feit dat materialen groter ingekocht kunnen worden.

Door het toepassen van deze tabel wordt een lijst honderden soorten materiaal teruggevoerd naar de lijst hieronder.

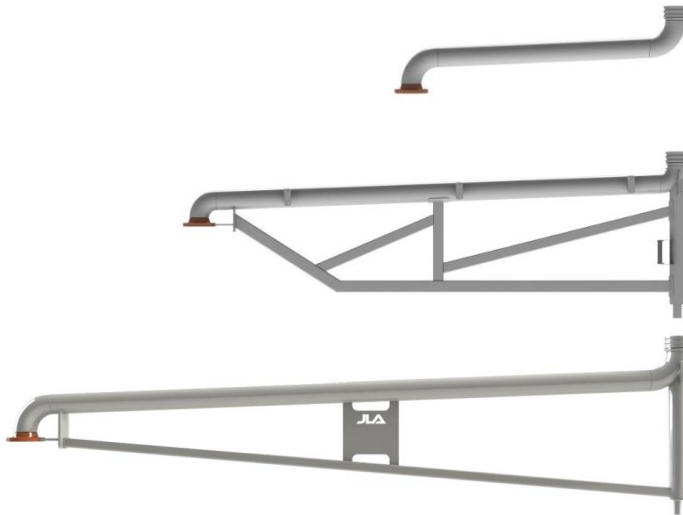
Part	Size	Remark
Elbow	2"	LR
Elbow	3"	LR
Elbow	4"	LR
Elbow	6"	LR
Piping	2"	STD
Piping	3"	STD
Piping	4"	STD
Piping	6"	STD
Strip	30x4	-
Tube	50x50x5	
Sheet metal	-	T=4mm
Sheet metal	-	T=12mm
Sheet metal	-	T=20mm
Male swivel ring	2"	-
Male swivel ring	3"	-
Male swivel ring	4"	-
Male swivel ring	6"	
Swivel flange	2"	-
Swivel flange	3"	-
Swivel flange	4"	
Swivel flange	6"	-

Tabel 3 - Bill of Materials voor de inboard arm

2.5 De Inboard arm module

Wellicht het belangrijkste onderdeel aan de laadarm is de inboard arm. Deze arm draagt het complete gewicht van de laadarm en geeft dit door aan de brackets. De oude variant bestond uit een constructie waar veel aan gelast moest worden. Gezien het feit dat alle arbeid duur is op gebied van uren en materialen is de inboard arm versimpeld.

In Figuur 8 is drie maal de inboard arm weergegeven. De bovenste is een arm zonder enige vorm van versteviging. De middelste arm is zoals de arm was in het begin van het onderzoek en de onderste arm is de arm zoals deze voor de klant is ontworpen.



Figuur 8 – Enkele mogelijkheden voor de inboard arm

Om het maximale toelaatbare moment in de leiding te bepalen wordt eerst het traagheidsmoment vastgesteld. Voor een cirkel met gat is dit :

$$J = \frac{\pi * r^4}{4} - \frac{\pi * r^4}{4} = \frac{\pi * \left(\frac{114.3}{2}\right)^4}{4} - \frac{\pi * \left(\frac{102.3}{2}\right)^4}{4} = 3\,002\,115.963 \text{ mm}^4$$

Waarna de afschuifspanning kan worden vastgesteld met:

$$T_{max} = \frac{T * r}{J} = \frac{T * \left(\frac{114.3}{2}\right)}{3\,002\,115.963} = 170 \text{ MPa}$$

$$T = 8.930 \text{ kNm}$$

Waarbij $T_{max} = 170 \text{ MPa}$ voor RVS316L volgens ASME B31.3

Uit deze formule volgt dat het toelaatbare moment ongeveer 9kNm is.

Naar verwachting is het zwakke punt de eerste bocht A Figuur 9. In dit onderdeel ontstaan twee momenten welke om de X- en Y-as draaien. Om dit te berekenen is gebruik gemaakt van een FEM pakket.

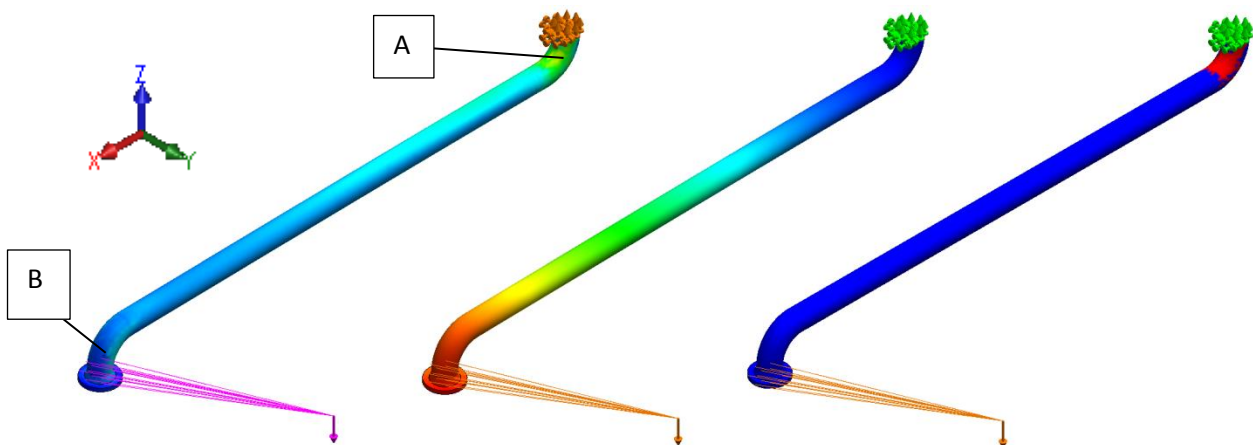
Om te bepalen welke kracht er op de inboard arm staat is het gewicht, van de onderdelen welke bevestigd zitten aan de inboard arm, opgeteld en aangebracht als een "Remote mass".

Alle onderdelen gaven een gewicht van 300kg. Wat neer komt op:

$$300 * 9.81 = 2943N$$

Deze "Remote mass" is aangebracht op punt B Figuur 9. Naar verwachting zullen de momenten welke hierdoor ontstaan te hoog zijn voor de eerste bocht. Aangezien bocht A aan een bracket bevestigd zit zal het uiteinde aan de bovenzijde worden gefixeerd.

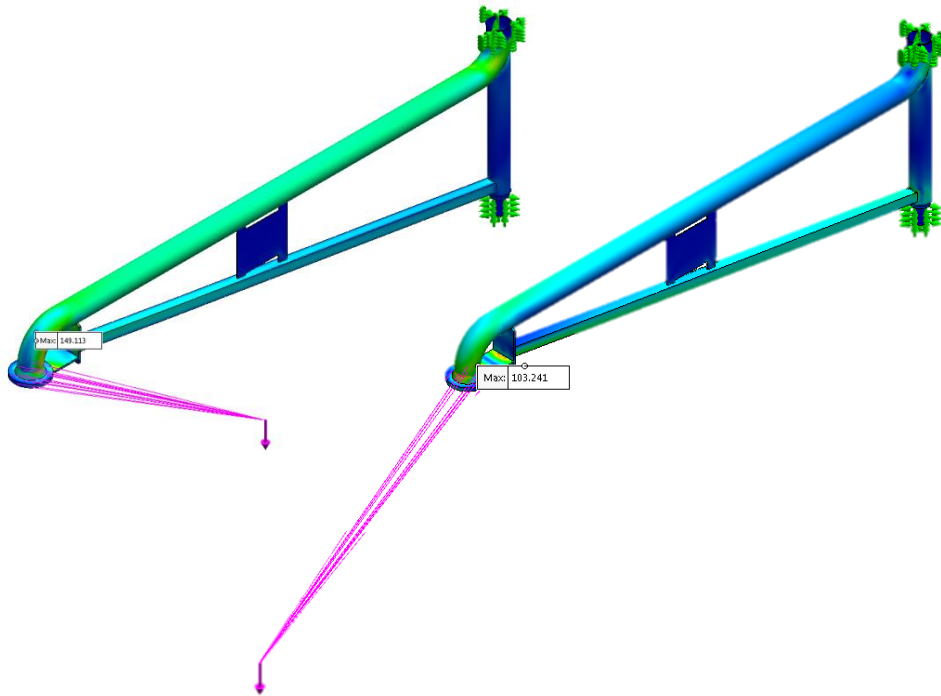
Uit deze simulatie volgden de resultaten welke hieronder zijn afgebeeld in Figuur 9. In deze afbeelding is, afgebeeld van links naar rechts, aangegeven waar de spanning in de inboard arm zich bevindt, wat de verplaatsing is en of en waar de veiligheidsfactor wordt overschreden.



Figuur 9 - Zonder versteviging blijkt de eerste bocht inderdaad niet afdoende.

De combinatie van momenten blijkt inderdaad voor een te hoge spanning te zorgen in de eerste bocht welke om deze rede dus verstevigd dient te worden. In de piek ontstaat een spanning van 385MPa. Gezien het feit dat de bocht bezwijkt onder het moment welke om de Y –as heen beweegt dient een versteviging aangebracht te worden welke dit tegen gaat. Deze oplossing is te zien in Figuur 10.

Als gevolg van deze oplossing is de hoogste spanning 149MPa. Deze spanning ligt binnen de veiligheidsfactor voor RVS316L, dus de arm met versteviging voldoet in dit geval. Aangezien de spanning rondom de Y-as kritisch is gebleken zal deze simulatie worden herhaald. Ditmaal zal kracht worden aangebracht alsof de outboard arm in lijn staat met de inboard arm.



Figuur 10 - Door het aanbrengen van een versteviging wordt de eerste bocht ontlast

Het resultaat van deze kracht is een piekspanning van 103MPa en dus lager dan bij de eerste simulatie. Hieruit blijkt dat de inboard arm voldoet. Ook is gebleken dat de kritische spanning optreedt wanneer de inboard en outboard arm in een hoek van 90 graden van elkaar staan.

2.6 De ophanging van de TLA

Iets wat mist bij deze berekeningen is de ophanging van de laadarm. De laadarm wordt met behulp van brackets aan de muur gehangen. De simulaties van de brackets zijn te vinden in de bijlagen op pagina 48 tot en met 51. Een belangrijk detail is dat de brackets sleufgaten hebben gekregen zodat deze gebruikt kunnen worden om de TLA af te stellen. Verder kunnen er vulplaatjes worden toegepast om de arm om zijn andere as uit te lijnen.

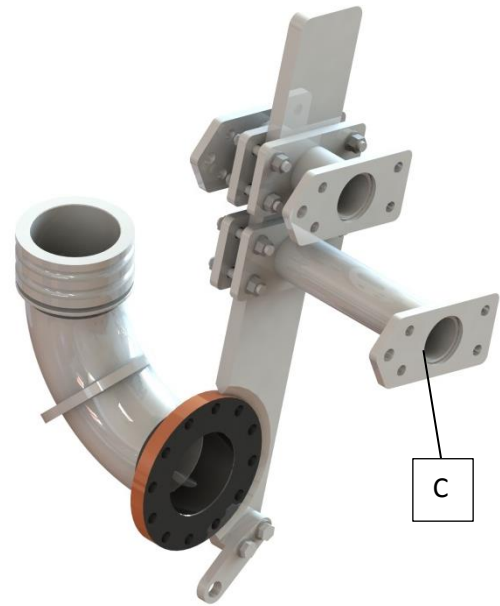
2.7 De modulaire middle arm

De middle arm is het onderdeel wat de outboard arm met de inboard arm verbind en tegelijkertijd er voor zorgt dat de TLA kan bewegen.

De ingang is een male van een swivel en de uitgang is een swivel flens. Deze twee zijn gekoppeld door middel van een bocht met verstevigingsring.

De luchtcilinder drukt tegen onderdeel C. Hierdoor ontstaat een buigend moment in de plaat welke kritisch is gebleken gedurende het ontwerpproces.

In overleg met enkele leidinggevendenden binnen JLA bleek dat de enige locatie waar deze plaat kan worden bevestigd de swivelflens is. Dit omdat het te kostbaar is om de plaat in de bocht te passen. Daarbij is de ruimte aan de zijde van de bocht te klein om twee veren te monteren.



Figuur 11 - De assembly van de middle arm

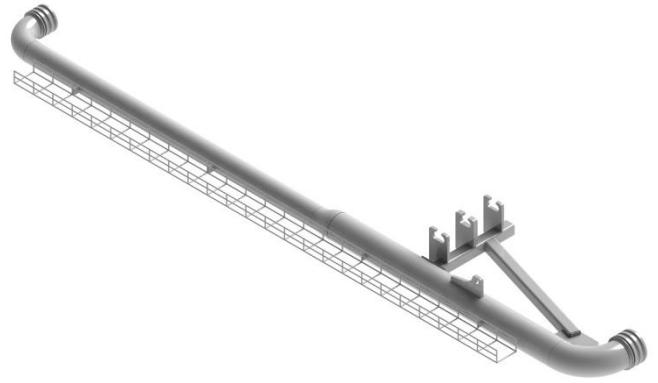
Uiteindelijk is gekozen voor de oplossing zoals deze in Figuur 11 te zien is. De plaat met twee hoeklassen op de swivelflens gelast en de klauwen worden op deze plaat geklemd door stud Bolts. Het gevaar is dat door het lassen de swivelflens krom kan trekken. Vandaar dat er voor gekozen is om de plaat niet helemaal tot de rand af te lassen. Verder ontstaat er door de luchtcilinder een wringend moment op de plaat welke daardoor een stuk dikker moet worden dan gewenst. Een alternatief is om de luchtcilinder aan de onderzijde van de plaat te zetten of boven het verenpakket.

De plaat is met de hand doorgerekend en gesimuleerd. De handberekening is gedaan ter controle van de simulatie aangezien het falen van deze plaat ernstige gevolgen kan hebben. Deze zijn te vinden in bijlagen op pagina 52 tot en met 56.

2.8 De outboard arm

De outboard arm (Figuur 13) fungeert als brug tussen de middle arm en droppipe. Aan dit onderdeel grijpen de veren en de luchtcilinder en er wordt een rek aan de zijkant gemonteerd voor de hose. Het kritische onderdeel aan de outboard arm is de koker waar het verenpakket aan verbonden wordt.

Deze koker is gesimuleerd en de resultaten zijn in de bijlagen te vinden op pagina 57. In deze resultaten is tegelijkertijd te zien dat de plaatjes waar de veer in hangt en de pneumatische cilinder tegen drukt sterk genoeg zijn. Dit is ook gebleken uit de handberekeningen welke niet in dit verslag zijn ingevoegd.



Figuur 13 - De outboard arm

2.9 De modulaire Droppipe

Uitgerust met een cone, klep en liquifant is de droppipe één van de complexere onderdelen. Tegelijkertijd komt er op de cone relatief weinig kracht te staan waardoor het op het gebied van rekenwerk een vrij simpel onderdeel was. Aan de onderzijde van de swivelflens zit een plaat welke wordt verbonden met de middle arm. Hierdoor blijft de droppipe altijd in verticale positie hangen.

De vapour recovery zit met een klem aan de droppipe bevestigd om tegen te gaan dat er een moment ontstaat rondom de plaat. Verder ontstaat er een kracht van 1.5kN wanneer de luchtcilinder de droppipe omlaag drukt in de vrachtwagen.



Figuur 12 - De droppipe

2.10 Ontwerp en berekening van de modulaire springbox

Wellicht het meest complexe onderdeel van de laadarm is de springbox. De uitdaging is dat bij het op en neer bewegen van de arm het zwaartepunt van de arm verplaatst. Tegelijkertijd zal de veer een andere hoek aannemen ten opzicht van het aangrijppunt wat dus weer een ander moment veroorzaakt die de veer levert. Het doel was om deze veranderingen zo gelijk mogelijk te krijgen.

Na een onderzoek te hebben verricht naar de werking van concurrerende springboxen is het model geworden zoals deze rechts is afgebeeld.

Hieronder is door middel van een opsomming in het kort samengevat waarom de veer geworden is zoals in Figuur 14 is afgebeeld:

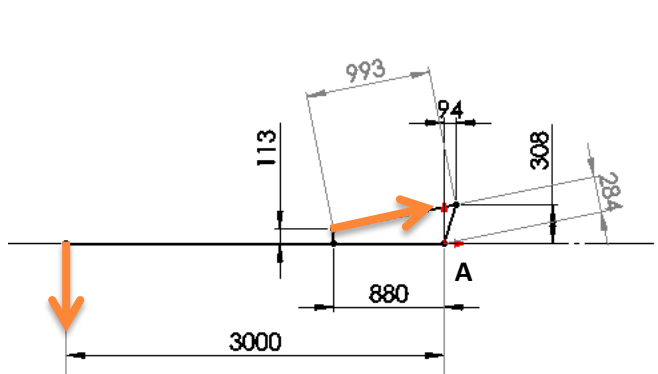


Figuur 14 - Het 3D model van de springbox

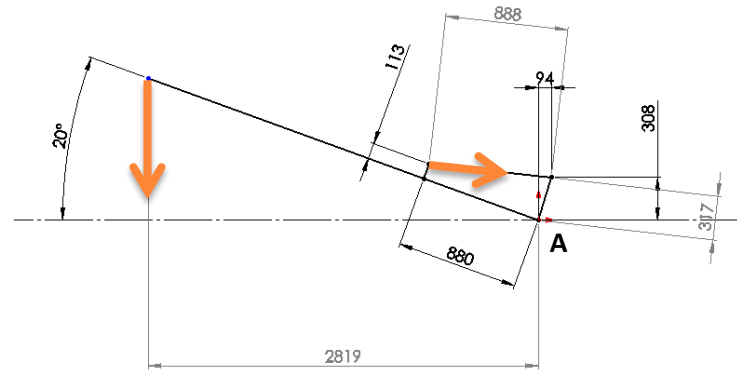
1. De veer is in drie stukken verdeeld. Dit heeft meerdere voordelen.
 - a. Hierdoor kan wanneer dit nodig is gekozen worden om een zwakker/sterker pakket te leveren door een veer minder/extra te plaatsen.
 - b. Bij breuk van één van de veren zal de set niet direct al zijn kracht verliezen en de arm nog steeds (deels) stabiliseren.
 - c. Tussen de veren worden kunststof schotels geplaatst worden welke slijtage tussen de veer en het veerhuis tegen gaan.
 - d. De kunststof schotels gaan tegen dat er vonken kunnen ontstaan wanneer de veer om wat voor reden dan ook los schiet.
2. De veerstang is samengesteld uit drie onderdelen. De basis is een M16 draadstang waar een hydrauliekbuis omheen geschoven is. Aan het uiteinde is een RVS gaffel bevestigd welke gelast zit aan de hydrauliekbuis en het schroefdraad. Het voordeel is dat alle 3 deze onderdelen te vinden zijn bij de leveranciers van j. de Jonge flowsystems en het goedkoper is om deze samen te stellen dat de veerstang uit één stuk te laten maken.
3. De handleiding voor de springbox is versimpeld tot een Ikea handleiding om productie makkelijker en veiliger te maken. Dit is gedaan met behulp van het programma "composer". Deze handleiding is te vinden in de bijlagen op pagina 61. Het zal opvallen dat gedurende de handleiding meerdere keren wordt gesproken over de veiligheid. De veer kent een grote kracht die, wanneer hier niet veilig mee wordt gewerkt, tot (zwaar) letsel kan leiden.

2.10.1 Bepalen van de benodigde veerkracht

Om de TLA in balans te houden wordt een veer toegepast. In Figuur 15 is de situatie van de veer te zien. De twee dikke pijlen geven de kracht van de veer en de arm aan. Zoals te zien in Figuur 16 verandert de lengte van de arm wanneer de outboard arm omhoog of omlaag beweegt.



Figuur 15 - Een schets van de situatie van de veer



Figuur 16 – De arm verandert wanneer de arm omhoog of omlaag beweegt

Om de juiste veer te kiezen is in Excel een berekening opgezet. Uit deze berekening kwamen de volgende specificaties:

- De veerkracht varieert tussen 7.1kN bij 20 graden en 9.8kN bij -20 graden
- De afstand die de veerweg tussen deze twee punten aflegt is 195mm
- De veerconstante van de veer moet liggen op $\pm 14\text{N/mm}$

Aangezien er drie veren in één veerbox zitten moet per veer worden uitgerekend wat de specificaties zijn. Dit komt voor de veerconstante neer op ((Muhs, Roloff / Matek Machine onderdelen Theorieboek, 2005, p. 272):

$$\frac{1}{C_{tot}} = \frac{3}{C_v} \rightarrow \frac{1}{14} = \frac{3}{C_v} \rightarrow C_v = 42 \text{ N/mm}$$

De veerkracht per veer blijft gelijk, maar de veerweg per veer wordt logischerwijs korter. De specificaties per veer komen hierdoor op:

Fv	=	9.8kN
C	=	42N/mm
S	=	65mm

Na overleg met enkele leveranciers bleek een veer met deze specificaties niet leverbaar of te duur. Dit was de rede dat besloten werd om twee veerkokers naast elkaar te krijgen die samen de specificaties hebben als hierboven beschreven. De specificaties per veer worden hierdoor:

Fv	=	4.9kN
C	=	21N/mm
S	=	65mm

In de bijlagen op pagina 58 is een grafiek met de momenten te vinden welke opgewekt zijn door de veer en de massa van de arm.

Hoofdstuk 3 - De realisatie

Aansluitend op het ontwerp welke in hoofdstuk 2 is gepresenteerd zal worden aangetoond wat er is gedaan om de onderdelen van de laadarm configureerbaar te maken. Als eerst zal worden uitgelegd wat ETO en CTO inhoud. Dit aangezien het een belangrijke rol speelt in dit hoofdstuk. Hier op volgend zal antwoord gegeven worden op de hoofdvraag en ingegaan op het ontwerp.

3.1 Wat wordt er bedoeld met ETO en CTO?

De opdrachtgever heeft in zijn gesprekken kenbaar gemaakt geïnteresseerd te zijn in een overgang van “Engineer to order” naar “Configure to order”. Aangezien deze termen binnen de opleiding niet worden benoemd zal dit in het kort worden beschreven.

3.2 Engineer to order (ETO)

Als de klant met een opdracht naar JLA komt gaat het proces als volgt. De verkoopafdeling noteert de eisen en wensen met de klant en maakt een verwachte prijs. De eisen en wensen komen op de afdeling engineering waar dit wordt omgezet in een ontwerp. Dit proces neemt 1 á 2 weken in beslag.

Uit dit ontwerp volgt een “General Arrangement” (GA) welke aan de klant wordt gegeven ter goedkeur. Wanneer de klant tevreden is zal het ontwerp worden omgezet in werktekeningen welke in een map worden samengevoegd met verdere documentatie, zoals een Bill of Materials (BOM). Dit gehele proces kan één tot drie weken in beslag nemen.

Deze map wordt vervolgens overhandigd aan de werkvoorbereiding. Binnen de werkvoorbereiding wordt het ontwerp nogmaals gecontroleerd. Wanneer zij overtuigt zijn van het ontwerp worden de materialen en onderdelen besteld. Na ongeveer 2 weken zijn alle materialen binnen waarna er geproduceerd kan worden.

3.3 Configure to order (CTO)

Net als bij ETO komt de klant met een opdracht naar JLA. De verkoopafdeling heeft een schema met daarin alle mogelijke keuzes die de klant kan, mag en moet maken. Zodra de klant hier zijn keuzes uit heeft gemaakt kan de verkoopafdeling verwachte prijs afgeven aan de klant. Hierop volgend worden de keuzes van de klant aan de ingenieursafdeling overhandigd waar binnen één dag het complete ontwerp en tekenpakket wordt samengesteld.

Dit ontwerp wordt aan de klant getoond ter bevestiging waarna het pakket wordt overhandigd aan de werkvoorbereiding. Bij de werkvoorbereiding zijn vrijwel alle materialen aanwezig aangezien de arm bestaat uit standaard onderdelen. Hier wordt de productie gepland en voorbereid waarna de arm kan worden geproduceerd. Een belangrijk voordeel van CTO is dat de doorlooptijd daalt.

3.4 De te nemen stappen voor een overgang van ETO naar CTO

Om een overstap naar CTO te realiseren moeten de volgende stappen worden doorlopen:

- Er moet een flowchart worden ontworpen om de aanvraag van de klant te versimpelen
- Het ontwerp van de TLA moet zo worden dat deze op een snelle simpele manier te wijzigen is
- Standaardonderdelen moeten worden voorzien van een tekening
- Er moeten kennisregels worden opgezet voor een snelle samenstelling van de TLA

In de komende hoofdstukken wordt de flowchart besproken waarmee de klant zijn of haar keuze kan maken. Hierop volgend zal voor het model worden besproken wat er gedaan is om deze passend te maken aan een CTO bedrijfsvoering.

3.5 Flowchart

Wanneer een klant op zoek is naar een laadarm zal deze contact opnemen met de verkoopafdeling van JLA. Hier moet op een duidelijke en simpele manier worden vastgesteld wat voor laadarm de klant wil en het liefst ook wat dit gaat kosten. Om dit proces te ondersteunen is een flowchart gemaakt welke alle mogelijke keuzes voor de klant op een rij zet. Natuurlijk is het mogelijk om van de flowchart af te wijken door extra opties toe te voegen, maar dit zal in dat geval onder meerwerk worden toegevoegd. De flowchart is te vinden in de bijlage op pagina 60.

In de komende hoofdstukken zal stap voor stap de flowchart worden doorlopen. Er wordt begonnen bij "Start". De eerste stap is het kiezen tussen bodem en topverlading. De eerste stap die in de flowchart genomen wordt is het kiezen van het werkbereik door het vaststellen van een werkenvelop. Na het doorlopen van deze stappen wordt het ontwerp van de laadarm besproken.

3.5.1 Werkenvelop

Wanneer een vrachtwagen of trein een station binnen rijdt moet deze gevuld of geleege worden. Het is voor de afmetingen van de laadarm belangrijk om te weten binnen welk gebied de vulopening van de vrachtwagen of trein zich zal gaan bevinden. De klant zal dit gebied zelf moeten vaststellen. Op de volgende pagina zijn 3 methoden afgebeeld waarmee de klant het verwachte werkgebied vast kan stellen.

Het eerste gebied is voor de klant het makkelijkste om aan te geven. De klant weet tussen welke afstand van het station de vrachtwagen zich kan bevinden en geeft hierbij een afwijking aan voor wanneer de chauffeur te vroeg of te laat stopt. Het resultaat hiervan is een rechthoekig of vierkant oppervlak waar de laadarm moet kunnen rijden.

Het tweede gebied bestaat uit twee radiussen. De klant kan hierbij aangeven wat de minimale en maximale radius is waartussen de vulopening zich kan bevinden. De Inboard arm zal hierbij in het midden van deze radiussen vallen en de outboard arm zal de lengte hebben die nodig is om de maximale en minimale maat te bepalen. Het kan hierdoor dus voorkomen dat de laadarm een groter gebied kan bestrijken dan gevraagd. Dit zal gebeuren als de buitenste radius gelijk is aan de maximale maat van de laadarm.

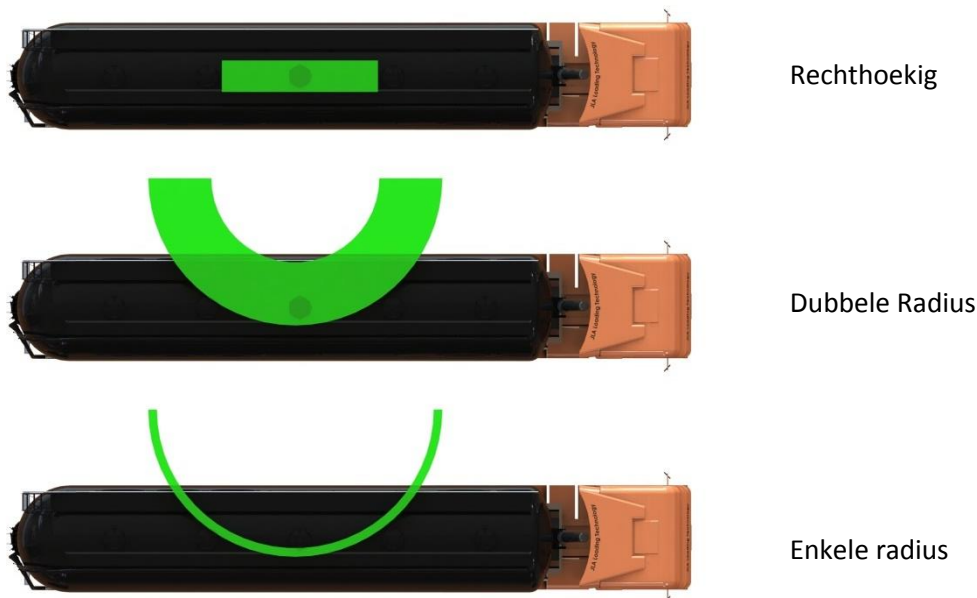
Het derde gebied zal naar verwachting zelfden worden gekozen. Hierbij wordt de outboard arm weg gelaten waardoor de vrachtwagen of trein op exact de juiste locatie moet staan. De breedte van de lijn wordt bepaald door de grootte van de pijp. En wanneer de klant geen afdichting nodig heeft zoals bijvoorbeeld een cone wordt het verschil in diameter tussen de vulopening en de droppipe de

toelaatbare afwijking voor de chauffeur. Dit type laadarm zal wel een stuk goedkoper worden vanwege het ontbreken van de outboard arm.

De laatste optie die de klant heeft is om zelf aan te geven welke maat de inboard en outboard arm moet hebben. Dit is voor de verkoopafdeling vanzelfsprekend de simpelste methode zolang de gegeven maten binnen de maten vallen die de laadarm mag hebben.

Voor de inboard en outboard arm geldt $L_{min} = 1500mm$ en $L_{max} = 3500mm$. Daarbij moet de klant ook kiezen voor de maat van de pijp. Deze is op dit moment beperkt tot 2", 3", en 4". Ook is het mogelijk de bij de outboard arm een reducer toe te passen om de laadarm lichter te maken.

Hieronder zijn de 3 mogelijk werkenveloppen weergegeven welke op de voorgaande pagina zijn besproken.



Figuur 17 – De drie mogelijke werkenveloppen

3.5.2 De afmetingen van de werkenvelop

De beperking van de dubbele radius en enkele radius is weer te geven als:

$r = L_{max_{inboard}} + L_{max_{outboard}}$ wat neerkomt op $r = 3500 + 3500 = 7000mm$. Er bestaat geen minimale radius, omdat deze 0 is bij $L_{inboard} = L_{outboard}$ aangezien de outboard arm kan draaien tot deze onder de eerste bocht hangt.

Voor het rechthoekige gebied geldt dat deze volledig binnen een radius van 7000mm van de aansluiting van de TLA moet liggen.

3.5.3 De vervolgkeuzes

Na het bepalen van de werkenvelop moet de klant nog enkele keuzes maken. Als eerst moet er aangegeven worden welke outlet de klant wil hebben. Wanneer gekozen wordt voor een recht of schuine afgesneden pijp moet er gekeken worden naar een manier om de laadarm te fixeren tijdens het verladen. De kracht waarmee het product uit de lijding spuit kan namelijk genoeg zijn om de TLA uit de vulopening omhoog te laten bewegen. Iets als een ketting kan hierbij al voldoende zijn, maar de klant kan verderop ook kiezen voor een pneumatische of hydraulische besturing met een aandrukfunctie.

Bij sommige producten kan het verplicht of wenselijk zijn om de vulopening tijdens het verladen af te dichten. Dit kan door het gebruik van een plakke plaat welke op de opening wordt gedrukt of door een cone. Een conisch gevormde afdichting welke in de vulopening wordt gedrukt en door zijn conische vorm voor zichzelf centreerd en aandrukt. Bij het gebruik van een cone kan ook gekozen worden voor een sensor die meet of de vrachtwagen/trein vol is. En een dampretour om de damp die ontstaat bij het verladen weer af te zuigen.

De klant kan er ook voor kiezen om een parallelstang te laten plaatsen. Deze stang heeft dezelfde lengte als de outboard arm en zit bevestigd tussen de droppipe en de inboard arm. Wanneer de outboard arm in hoogte beweegt zal deze stang er voor zorgen dat de droppipe verticaal blijft hangen.

Vervolgens mag de klant kiezen voor een balanstype. De keuzes hierbij zijn een veer of een contragewicht. Wanneer de arm niet in de hoogte kan bewegen is er natuurlijk geen balans nodig.

De klant kan verder nog kiezen voor een aandrijving. De keuzes hierbij zijn handbediend, pneumatisch of hydraulisch.

Als laatste moet de klant aangeven of hij met de arm wil laden of lossen. Het doel is om de arm zo te construeren dat er nooit product achter blijft in de arm. Om dit te doen moet de arm aflopen of oplopen. In geval van laden wordt de laadarm dus aflopen gebouwd zodat de restanten ook de arm uitlopen. Wanneer de arm wordt gebruikt om te lossen wordt dit omgedraaid zodat de restanten het station inlopen.

3.6 Het model passend maken voor CTO

Om binnen een looptijd van 8 uur een TLA te kunnen configureren moet het model worden opgebouwd uit onderdelen welke snel en simpel te configureren zijn. Enkele onderdelen worden hier als voorbeeld besproken.

3.6.1 De modulaire springbox

Om de prijs van de TLA te laten dalen dienen er meerdere veren tegelijk te worden besteld. Op dit moment is er één springbox welke bestaat uit 3 veren. De veren hebben samen een constante van 14N/mm en een maximale belasting van 5kN.

Wanneer blijkt dat 5kN te weinig is kan er een tweede parallel worden geplaatst zoals bij de TLA in hoofdstuk 2 het geval was. Aangezien er ook lichtere armen geproduceerd moeten worden is het ook mogelijk dat 5kN te veel kracht is. Vandaar dat er een tabel is opgezet waarin enkele mogelijkheden op een rij worden gezet.

Er wordt in dit geval vanuit gegaan dat de veer in dezelfde houding blijft staan zodat de constante gelijk blijft. De kracht wordt hierdoor minder net als het moment wat de veer kan leveren. Er zijn twee mogelijke veren waarbij gekozen kan worden om twee gelijke veren naast elkaar te plaatsen. In Tabel 4 is te zien wat het maximale en minimale moment is.

		Tmin	Tmax	Max force	Min force
Light	Single	100Nm	250Nm	1000N	500N
	Double	250Nm	500Nm	2100N	1000N
Heavy	Single	650Nm	1200Nm	5000N	2100N
	Double	950Nm	2400Nm	10000N	4200N

Tabel 4 - de variatie tussen de zwakste en sterkste veer

Doordat er twee mogelijke veren zijn kan van deze types een grotere reeks worden gebouwd. In het model wordt het model van de springbox geplaatst welke niet veranderd. Hierdoor is de springbox te configureren voor een grote reeks armen.

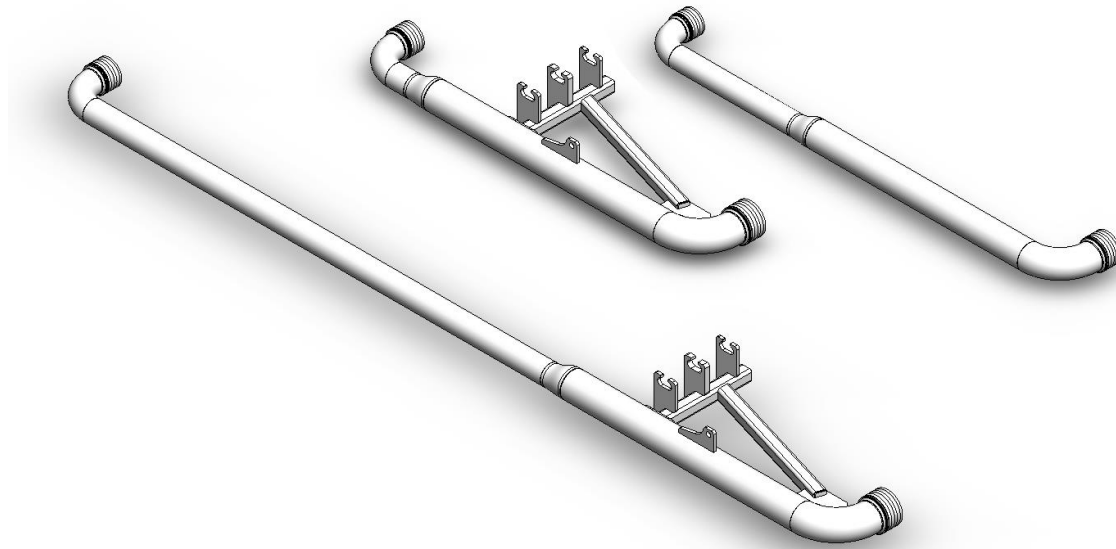
3.6.1.1 De modulaire outboard arm

De outboard arm kan qua lengte variëren tussen de 1500 en 3500mm. Het model is zo opgebouwd dat enkel de pijp in het verlengde van de reducer in lengte hoeft te veranderen. Daarbij is het aan de klant of er een veerbalans op moet of een contragewicht. Wanneer een contragewicht wordt toegepast zal de beugel niet geïnstalleerd worden.

Van de outboard arm zullen meerdere standaard onderdelen worden getekend waarbij enkel de lengte van de arm hoeft te variëren. In Tabel 5 zijn de variaties te vinden welke standaard in de bibliotheek van SolidWorks komen. De beugel zoals deze in Figuur 18 op twee armen is ingetekend wordt daar standaard bij gezet en wordt door de engineer verwijderd wanneer hij niet nodig is.

Diameter	Reducer
2"	Ja
2"	Nee
3"	Ja
3"	Nee
4"	Ja
4"	Nee
6"	Ja
6"	Nee

Tabel 5 - Variaties van de inboard arm



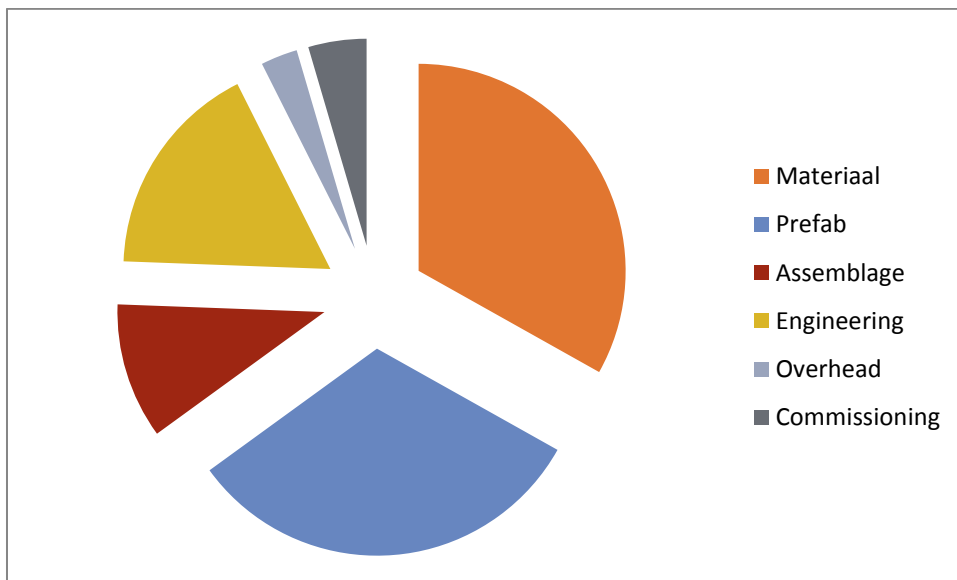
Figuur 18 - De outboard arm met de maximale en minimale lengte

3.7 Kostenoverzicht bij ETO

Zoals eerder beschreven is komt de klant naar JLA met een aanvraag. Aan de hand hiervan bepaald de verkoopafdeling wat er moet gebeuren en geeft dit door aan de engineersafdeling. Deze afdeling ontwerpt en tekent de laadarm waarna het pakket bij de werkvoorbereiding terecht komt. Deze afdeling bestelt de benodigde materialen en zet de medewerkers van werkplaats aan het werk. Uiteindelijk wordt de arm geassembleerd en klaar gemaakt voor transport, waarna hij bij de klant wordt geleverd.

In ruwe lijnen is hiermee het complete proces beschreven waarmee een laadarm van aanvraag in een tastbaar product veranderd.

Zoals eerder is vermeld doorloopt de student een project waarbij de student een laadarm moet ontwerpen en uitdetailleren welke daadwerkelijk geleverd gaat worden. Uit dit project is een kostenraming gekomen welke hieronder is afgebeeld.



Figuur 19 - Overzicht van de kostenraming van een laadarm

Zoals te zien in de afbeelding zijn er 3 grote kostenposten. Dit zijn de engineering, productie (Assemblage & Prefab) en materiaal. Om de TLA concurrerend in de markt te krijgen moet één of meerdere van deze kostenposten omlaag.

De makkelijkste van deze drie is de engineering. Simpel gezegd voegt de engineering geen waarde toe aan het product. Natuurlijk is het zonder de engineering niet mogelijk om het product te produceren, maar wanneer de laadarm een standaard product wordt kan de ontwerptijd omlaag van de ± 80 uur, welke nu in de laadarm zijn gestopt naar ± 8 uur. Kort samengevat moeten alle ontwerpen versimpeld en gestandaardiseerd worden.

Een kostenpost die hierna vrijwel vanzelf omlaag zal gaan is de materiaalprijs. Wanneer een bepaalde sheet Metal wordt uitgesneden bij een bedrijf zal de stuksprijs lager zijn bij 100 stuks dan bij 1 stuk. Onderdelen die in bijna elke TLA moeten worden geplaatst kunnen daardoor veel goedkoper ingekocht worden. Ook leidingmateriaal kan door dit systeem in grotere aantallen worden aangekocht waardoor de prijs per TLA daalt. Daarbij zijn veel onderdelen zo geproduceerd dat ze

altijd later te monteren zijn. Zo is de cone altijd hetzelfde en op alle toplaadarmen met droppipe toe te passen. Hierdoor kunnen de bedrijven waar dit aan uitbesteed wordt hun productie optimaliseren naar de productie van de cone en hiermee goedkoper en sneller leveren.

De moeilijkste kostenpost van deze 3 is de productie. Vaak zijn de mensen in de productie gewend om op een bepaalde methode te werken. Deze methode moet aangepast worden, zodat er meer laadarmen kunnen worden geproduceerd in kortere tijd. Om dit te doen zijn de volgende punten belangrijk:

1. De taken moeten standaard worden.

Wanneer een medewerker één bout in een gat moet steken kost dit meer tijd per bout dan wanneer hij dit voor 100 bouten moet doen. Tegelijkertijd moet er opgelet worden dat het personeel gemotiveerd en geïnteresseerd blijft in hun werk. Wanneer hier te weinig aandacht aan wordt besteed zullen de kosten juist weer stijgen doordat personeel zich ziek gaat melden of fouten gaat maken.

2. Alle processen moeten zo worden gemaakt dat ze niet fout kunnen gaan.

Het personeel moet een “hotline” krijgen waarmee ze direct worden bijgestaan door bijvoorbeeld de werkvoorbereiding. Alle te lassen onderdelen moeten zo ontworpen worden dat het logisch is om ze op een bepaalde manier te installeren. Zeker bij producten die vaker worden geproduceerd zal het personeel niet bij iedere stap op de werktekeningen gaan kijken.

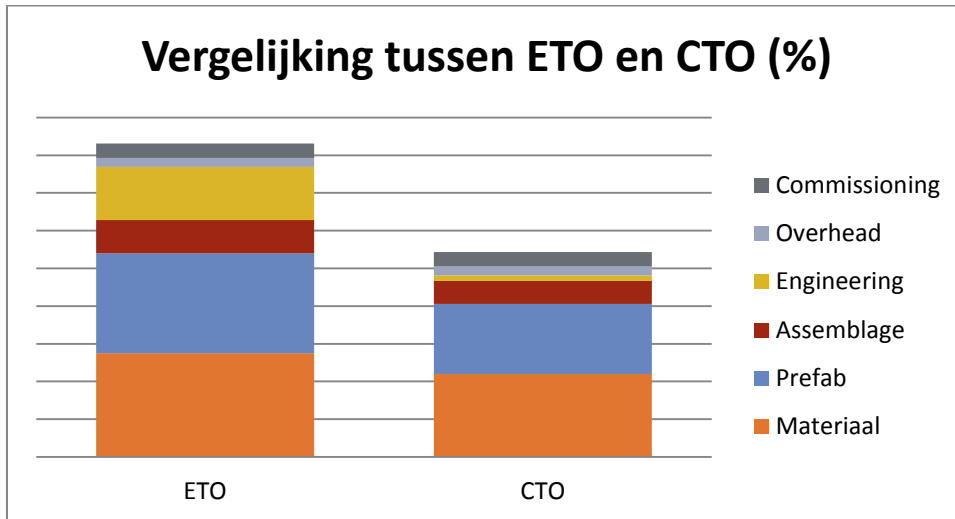
3. Waar mogelijk moeten simpele stappen geautomatiseerd worden.

Het verplaatsen van producten binnen een productieomgeving neemt over het algemeen de meeste kosten in beslag. Tegelijkertijd zijn dit kosten die geen waarde aan het product toevoegen. In bijvoorbeeld het prefab proces is het voor de snelheid beter om onderdelen op rijdende tafels (AGV's) door de hal te laten rijden. De AGV zal dan stoppen bij het eerst volgende station waar hij wacht tot de voorgaande AGV weg rijdt om daarna zijn plaats in te nemen, maar ook bewerkende stappen zoals het maken van een schuine kant voor het lassen kan automatisch.

Binnen JLA is steeds meer interesse aan een meer gestroomlijnd proces. Zo zijn er al enkele bevelmachines die, zoals onder punt 3 werd genoemd, automatisch een schuine kant aan een leiding slijpen.

3.8 Kostenoverzicht bij CTO

Om een idee te geven van de kostendaling wanneer wordt overgegaan op CTO is een schatting gemaakt van de verwachte verbetering. Als eerst wordt er verondersteld dat de engineersafdeling niet langer dan één werkdag nodig heeft. Dat wil zeggen 8 uur in plaats van de 80 uur die nu nodig waren voor het ontwerp. Dit is zoals te zien in het figuur hieronder de grootste daling. Voor de materiaalkosten is een daling geschat van 20% en voor de productie 30% dit is inclusief de werkvoorbereiding.

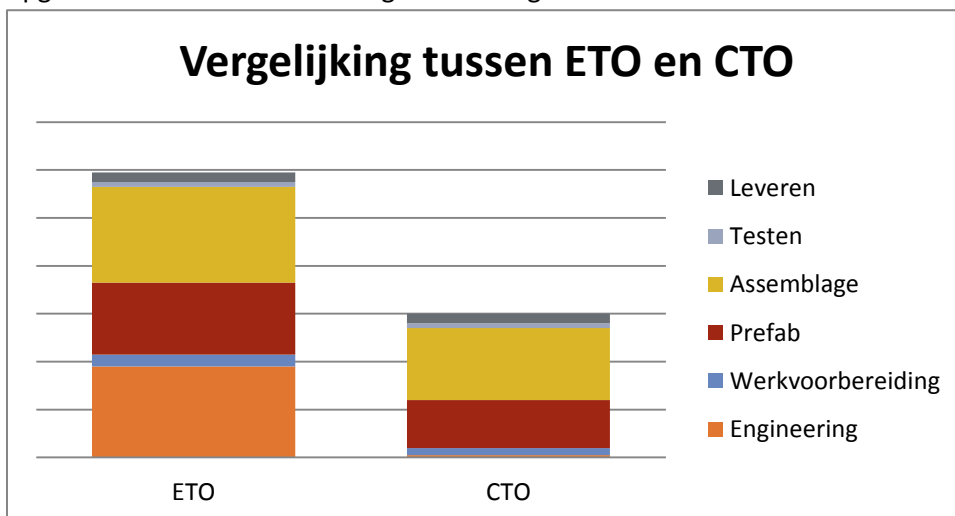


Figuur 20 - Inschatting van de kostendaling wanneer van ETO naar CTO wordt overgegaan

De totale kostprijs van de TLA zal hierdoor naar verwachting met 35% dalen.

3.9 Doorlooptijd bij CTO

Wat in voorgaande hoofdstukken niet veel is benoemd is de doorlooptijd. Veel klanten willen graag snel hun product op locatie hebben. Op dit moment is de doorlooptijd van de TLA ± 90 dagen. Aangezien de engineeringstijd daalt en misschien in sommige gevallen helemaal weg valt zal de doorlooptijd ook een stuk korter worden. Om hier een beeld van te geven is een verwachting opgesteld welke hieronder in Figuur 21 is afgebeeld.



Figuur 21 - Inschatting van daling in doorlooptijd bij een overgang naar CTO

3.10 De productie van de toekomst

Aangezien de TLA een serieproduct is moet de productie daarop worden aangepast. De afdelingen binnen JLA moeten slimmer en effectiever werken om de winst te vergroten. Enkel voorbeelden van verbeteringen die binnen JLA ingevoerd kunnen worden zijn:

- Het vervangen van de papieren tekeningen voor een 3D PDF

Het gehele model van de laadarm kan als 3D PDF worden opgeslagen waarna de maten in het model door het personeel in de werkplaats actief kunnen worden opgezocht. Daarbij heeft het personeel een idee van wat zij aan het produceren zijn wanneer zij een bepaald onderdeel aan het lassen zijn. Daarbij hoeven tekeningen nooit terug naar de engineersafdeling omdat er bijvoorbeeld een maat in mist.

- Het gebruiken van mobiele steunen

De laadarm welke vanaf 6 juni 2016 gebouwd wordt komt direct aan een muur te hangen. Hierdoor moet alles naar deze muur toe komen om de assemblage af te ronden. Een goed streven is een de laadarm op te bouwen op een mobiel platform. Voordeel is dat deze platformen door de fabricage kunnen worden verplaatst waardoor de laadarm naar de afdeling gaat in plaats van andersom.

- Het toepassen van pallets voor onderdelen

Op dit moment worden alle onderdelen in één grote bak aangeleverd. Het personeel in de fabricage moet daarna in deze bak zoeken naar het juiste onderdeel. Door de onderdelen per module te scheiden in bakken wordt dit proces voor het personeel versimpeld.

- Het toepassen van robots

Nu gebeurt vrijwel alles nog met de hand. Veel onderdelen worden standaard en zouden dus ook geautomatiseerd kunnen worden. Het voordeel is dat een robot een consequente las kan leggen welke altijd van dezelfde kwaliteit is voorzien. Daarbij hebben de lasser daardoor tijd om de belangrijke onderdelen te lassen en wordt de doorlooptijd korter.

Hoofdstuk 4 - Conclusies en aanbevelingen

Ter afsluiting van dit onderzoek zullen enkele conclusies worden getrokken. Deze zijn gebaseerd op het door de student uitgevoerde project. Aansluitend op deze conclusies zal de student enkele aanbevelingen doen.

4.1 Conclusies

Het doel van de opdracht was om een ontwerp van de TLA op te zetten welke naar wens te configureren is binnen de, in overleg met de opdrachtgever vastgestelde, grenzen. Dit proces mag niet meer dan één dag in beslag nemen. Om hier aan te voldoen is het volgende uitgevoerd:

- De laadarm is sneller te ontwerpen doordat deze op te bouwen is uit bestaande modules.
- De materiaalkeuze is beperkt waardoor ontwerpen makkelijker is.
- Door de opbouw van het model kan het ontwerp in korte tijd geconfigureerd worden.
- De kostprijs is gedaald doordat het ontwerpproces korter wordt, maar ook door het standaardiseren van de modules en gebruikte materialen.
- De doorlooptijd is korter geworden.
- De kwaliteit van de TLA's gaat omhoog door het standaardiseren van onderdelen.
- Het nieuwe model is optimaal voor de productie.
- Ondanks de ingrijpende wijzigingen is de kwaliteit niet minder.

4.2 Aanbevelingen

Om de TLA tot een concurrerend product te maken dient aandacht besteed te worden aan het volgende:

- Om configuratie te versnellen dient gekozen te worden voor software welke dit automatiseert. Een voorbeeld van deze software is DriveWorks.
- Er dienen kennisregels opgesteld te worden voor het ontwerp van de TLA. Deze kennisregels dienen als basis voor een toekomstig proces waarbij bijvoorbeeld DriveWorks een rol speelt. Deze kennisregels geven aan wanneer bijvoorbeeld een versteviging moet worden toegepast op de inboard arm.
- Op dit moment is er een ontwerp voor de veerbalans beschikbaar. Om de keuze van de klant uit te breiden dient het contragewicht ook ontworpen te worden met dezelfde filosofie als welke is toegepast bij de andere onderdelen.
- Er dient een onderzoek te worden gedaan naar de voor en nadelen van de torsieveer.
- De huidige swivel is ontworpen voor de MLA. Hierdoor is deze een stuk zwaarder en duurder dan gewenst. JLA Loading Technology dient een nieuwe swivel te ontwikkelen welke beter past bij de TLA.
- Het bedrijfsproces moet op het gebied van de TLA om naar CTO. Deze opdracht is hier een eerste stap in geweest, maar dient uitgebreid te worden om daadwerkelijk functie te hebben.
- Als de locatie van de luchtcilinder veranderd wordt kan de plaat waar deze aan bevestigd zit dunner worden en treedt er een minder kritische spanning op in het materiaal.
- Alle variaties moeten doorgerekend worden om te zien of zij voldoen zoals voor enkele variaties al is gedaan.
- Als extra beveiliging kan de cone worden gecoat of bedekt met een materiaal welke afsluit bij het verladen.
- Het verrichten van een prijsonderzoek met als uitgangspunt de prijsacceptatie van de klant.
- De veerstang voorzien van M20 draad waardoor de gaffel dezelfde maat krijgt als de pneumatische cilinders.
- Voor de installatie moet een standaard hijsplan worden ontwikkeld

Bibliografie

- Beek, D. A. (sd). *Werktuigbouw & Tribologie*. Opgeroepen op 5 9, 2016, van werktuigbouw.nl: <http://www.werktuigbouw.nl>
- buizen, v. L. (2012). *Buiscomponenten*. van Leeuwen buizen.
- Carbis Solutions Group LLC. (2016). *Home*. Opgeroepen op 5 30, 2016, van carbissolutions.com: <http://www.carbissolutions.com/>
- DriveWorks. (2016). *Configure my Products*. Opgeroepen op 6 2, 2016, van configuremyproduct.com: <http://www.configuremyproduct.com/>
- Emco Wheaton. (2014). *Loading Systems*. Opgeroepen op 5 30, 2016, van emcowheaton.com: <http://www.emcowheaton.com/loading-systems/>
- Eriks Hose Couplings. (2008, 12 9). Opgeroepen op 3 10, 2016, van industrial-hoses.info: <http://industrial-hoses.info/en/industrial-hoses/products/couplings%20fittings/quick%20connect%20couplings/eriks%20-%20todo%20-%20dry-break%20coupling.pdf>
- Fittersboekje. (2012, 10 29). Opgeroepen op 3 10, 2016, van euroweld.nl: <http://www.euroweld.nl/assets/files/Documenten/Wetenswaardigheden/fitterboekje.pdf>
- FMC Technologies. (2005). *Land Based solutions*. Opgeroepen op 2 8, 2016, van fmctechnologies.com: <http://www.fmctechnologies.com/en/LoadingSystems/Land-BasedSolutions.aspx>
- Formed Weld Flanges (TTMA). (2015, 10 16). Opgeroepen op 3 10, 2016, van bettsind.com: <http://bettsind.com/formed-weld-flanges/>
- Gasso. (2016, 1 25). *Data sheet*. Opgeroepen op 2 8, 2016, van gasso.com: http://www.gasso.com/sites/gasso.com/files/Data_Sheet.pdf
- Grit, R. (2008). *Project Management*. Groningen/Houten: Wolters-Noordhoff bv.
- hoogland, W. (2010). *Rapport over rapporteren*. Groningen: Noordhoff.
- JLA Loading Technology. (2016). Opgeroepen op 5 9, 2016, van jla-loadingarms.com: <http://www.jla-loadingarms.com/about-jla/>
- KANON. (2013, 8 15). *kanon-brochure-ENGLISH*. Opgeroepen op 5 30, 2016, van easyfairs.com: http://www.easyfairs.com/uploads/tx_ef/kanon-brochure-ENGLISH-63bcd.pdf
- KANON Loading Equipment. (sd). Opgeroepen op 5 30, 2016, van kanon.nl: <http://kanon.nl/>
- Mitusha - Density. (2015, 3 8). Opgeroepen op 3 10, 2016, van Mitusha.com: <http://www.mitusha.com/mobile/techinfo/Density%20of%20various%20materials.pdf>
- Muhs, D. (2005). *Roloff / Matek Machine onderdelen Theorieboek*. Den Haag: Academic Service.

Muhs, D. (2008). *Roloff / Matek Machine onderdelen Tabellenboek*. Den Haag: Sdu Uitgevers bv.

OCIMF. (1999). *OCIMF*. OCIMF.

OPW. (2016, 3 9). *opwglobal brochures*. Opgeroepen op 5 2016, 30, van opwglobal.com:
http://www.opwglobal.com/docs/libraries/sales-literature/chemical-industrial/engineered-systems/brochures/opw-es-loading_systems_cat.pdf?sfvrsn=6

Oskam, I. (2012). *Ontwerpen van technische innovaties*. Groningen/Houten: Noordhoff Uitgevers bv.

Soliflow. (2016). *Home*. Opgeroepen op 2 8, 2016, van Soliflow.co.za: <http://www.soliflo.co.za/>

SVT Transfer Complete. (2013, 4 15). *Terra Land Loader Program*. Opgeroepen op 2 8, 2016, van svt-gmbh.com: http://www.svt-gmbh.com/fileadmin/download/pdf/englisch/TERRA_Land_Loader_Program.pdf

Tokyo Boeki Engineering. (2015, 10 30). *Tank / Rail Truck Loading Arm*. Opgeroepen op 2 8, 2016, van tokyo-boeki-eng.co.jp: http://www.tokyo-boeki-eng.co.jp/en/products/loading_arm/land/index.html

Weco couplings - hummer lug unions. (2013, 5 12). Opgeroepen op 3 10, 2016, van Marlia-ing.com: http://www.marlia-ing.com/Productos/catalogos/Hummer_lug_unions.pdf

Wiese Europe. (2013). *Land Loading Arms*. Opgeroepen op 2 8, 2016, van wiese-europe.com: http://www.wiese-europe.com/transfer/list.asp?Lid=29&pnav=;184;&url_info=Wiese%20Europe/Land%20Loading%20Arms

WLT. (2013). *toplaadarm*. Opgeroepen op 2 8, 2016, van wlt.nl: <http://www.wlt.nl/nl/toplaadarmen/>

Woodfield systems. (2015). *Petroleum Top Loading/Unloading Arms*. Opgeroepen op 2 8, 2016, van Woodfield systems: <http://www.woodfieldsystems.com/petroleum-top-loading-unloading-arms.html>

Zomeren, i. G. (2012). *Operations Management*. Geldermalsen: Maj Engineering Publishing.

Bijlage 1 - Onderbouwing van het competentieprofiel

Een belangrijke stap voor het afstuderen is het onderbouwen van de competenties. De student heeft gedurende het afstuderen de competentie “professionaliseren” naar niveau 3 verhoogd en de competenties “realiseren” en “onderzoeken” op niveau 2 gehandhaafd. In het vervolg van dit hoofdstuk worden deze uitspraken onderbouwd.

Realiseren op niveau 2 gehandhaafd

Gedurende de stage heeft de student zich ingezet om een TLA te ontwerpen voor een klant. Met hulp van Bastiaan Nieuwkerk, die zich in een adviserende en controlerende rol hield, is deze opdracht uitgevoerd.

Taken binnen deze opdracht waren onder andere:

- Het ontwerpen van het basismodel.
- Het ontwerpen van een pneumatisch schema voor de laadarm.
- Het zoeken van leveranciers voor onder andere de pneumatische onderdelen en de veren.
- Het maken van de werktekeningen voor de werkvoorbereiding.
- Het geven van antwoorden op vragen van de werkvoorbereiding.

Met het uitvoeren van deze opdracht acht de student dat hij de competentie realiseren op niveau twee heeft gehandhaafd.

Onderzoeken op niveau 2 gehandhaafd

De eerste stap die de student genomen heeft is het aangaan van een onderzoek. Dit onderzoek dient ter grondslag van de later ondernomen stappen. Enkele onderdelen van dit onderzoek zijn:

- Een concurrentieonderzoek.
- Onderzoek naar de wettelijke verplichtingen van een laadarm.
- Een onderzoek naar de benodigde variaties bij truck en treinlaadarmen.
- Een onderzoek naar de kosten van een laadarm

Dit onderzoek is uitgevoerd met behulp van meerdere informatiebronnen. De belangrijkste zijn reclamefolders en brochures van concurrenten, websites welke informeren over richtlijnen en enkele normen, waaronder de EN 13480.

Gezien de omvang van dit onderzoek kan worden gesteld dat de student met dit zelfstandige onderzoek de competentie “Onderzoeken

Gezien het feit dat dit onderzoek zelfstandig is uitgevoerd stelt de student de competentie “Onderzoeken” op niveau twee te hebben gehandhaafd.

Professionaliseren van niveau 2 naar 3

Op een zelfstandige wijze heb ik een complex en onbekend project doorlopen met een multidisciplinaire context. Het doel van de opdracht is het opzetten van een methode om een aanvraag voor een TLA binnen 8 uur te kunnen omzetten in een tekeningenpakket welke bruikbaar is binnen de productie.

Daarbij is veel overleg gepleegd met de afdelingen binnen JLA Loading Technology, maar ook met externe partijen waaronder;

- Metalworks
- Spannenburg
- Roveron
- Eriks
- Verenfabriek Dekka

Met deze bedrijven is overlegd gepleegd over het ontwerp van de onderdelen op de TLA met als uitgangspunt het zo goed mogelijk voldoen aan de eisen van de opdracht.

De student heeft keuzes gemaakt tussen onder andere materiaaldiktes, bevestigingsmaterialen, minimale en maximale afmeting. Dit met het doel de diversiteit in materialen significant te verlagen. De uitkomst is een zeer korte lijst van materialen wat productie van de arm versimpeld en goedkoper maakt.

Daarbij heeft de student op zelfstandige wijze de voortgang van zijn opdrachten gecontroleerd waarbij hij in de gaten hield wat zijn leerdoelen zijn. Daarbij is op meerdere momenten contact geweest met de opdrachtgever over de voortgang en doelen van de opdracht.



Bijlage 2 - Een overzicht van producten van de concurrentie

Om een overzicht te krijgen van de markt heeft de student een concurrentieonderzoek uitgevoerd. In dit onderzoek zijn de volgende bedrijven meegenomen:

1. KANON Loading Equipment
2. OPW
3. Tokyo Boeki Machinery
4. Emco Wheaton
5. Gasso
6. FMC technologies
7. Svt loading arms
8. WLT – liquid and gas loading technology
9. Carbis solutions group
10. Wiese-europe
11. Woodfield Systems

Voor ieder bedrijf in deze lijst wordt bepaald welke producten zij kunnen leveren. Dit wordt in de vorm van een tabel in dit document gezet om een overzicht te houden.

KANON loading equipment

Een Nederlands bedrijf gespecialiseerd in het leveren van MLA's en TLA's. Wellicht één van de belangrijkste concurrenten voor JLA Loading Technology. (KANON, 2013)

KANON loading equipment			
Diameter	2", 3", 4" en 6"		
Materialen	Staal, RVS304L, RVS316L	Met of zonder PTFE coating	Andere materialen op aanvraag
Seals	PTFE-C, PTFE virgin, FPM, NBR, UHMW-PE		Andere materialen op aanvraag
Balans	Contragewicht of veer		
Temperatuur	-200 tot 300 graden celcius		
Druk	Max 63 Bar		
Opmerkingen	Hebben een standaard aanvraagdocument		

OPW engineered systems

Gevestigd in Libanon, Ohio. Levert onder en bovenlaadarmen. Kiezen voor de verkoop van veel verschillende type TLA's wat de site onoverzichtelijk maakt. (OPW, 2016)

OPW			
Diameter	2", 3", 4" en 6"		
Materialen	Staal, RVS en Aluminium		
Seals	Buna, Viton en EPT		
Balans	Contragewicht, veer of torsieveer		
Temperatuur	-40 tot 200 graden celcius	Afhankelijk van type balans	
Druk	Max 200 Bar	Afhankelijk van materiaal	
Opmerkingen			

Tokyo Boeki Machinery

Relatief weinig informatie over te vinden. Heeft volgens bronnen binnen J. de Jonge Flowsystems een monopoly op het leveren van TLA's in Azië. Helaas laten zij niet veel los op hun website en in hun brochures. (Tokyo Boeki Engineering, 2015)

Tokyo Boeki Machinery	
Diameter	Niet bekend!
Materialen	
Seals	
Balans	
Temperatuur	
Druk	
Opmerkingen	Website zeer onduidelijk

Emco Wheaton

Een groot bedrijf met fabrieken over de hele wereld. Bieden zowel bodem als top laadarmen met specificatie ongeveer gelijk aan OPW. Laten verder niet veel los over de truck loading arms. Hebben geen brochure. Onderdelen van Emco Wheaton worden door veel andere bedrijven ook aangeboden. Leverancier in Nederland is Gardner Denver. Welke weer verwijst naar Emco Wheaton. (Emco Wheaton, 2014)

Emco Wheaton			
Diameter	2" tot 6"		
Materialen	Staal, RVS en Aluminium		
Seals	Niet bekend!		
Balans			
Temperatuur			
Druk			
Opmerkingen	Geven de mogelijkheid voor een geïntegreerde pomp		

Gasso

Dit bedrijf is gevestigd in Spanje. Zij bieden onder andere top en bodemlaadarmen aan. In de brochure laten ze veel verschillende type laadarmen zien met mogelijkheden als een breakaway-koppeling, pneumatische cilinders allerlei soorten accessoires. Staat binnen JLA Loading Technology bekend als een partij welke geen kwaliteit levert. (Gasso, 2016)

Gasso			
Diameter	2" tot 6"	Afhankelijk van type laadarm	
Materialen	Staal, RVS en Aluminium	Afhankelijk van type laadarm	
Seals	Buna, Viton, Teflon, Neoprene, Kalrez, Chemraz, EPT		
Balans	Torsiebeer, Pneumatische cylinder		
Temperatuur	Niet bekend!		
Druk			
Opmerkingen	Temperatuur en druk worden wel op het "aanvraagformulier" gevraagd.		

FMC technologies

Laat vrijwel niks los op zijn website. Maken gebruik van de zogenaamde Chiksan 2000 series swivels en chiksan Torsion laadarm welke door veel andere bedrijven ook worden ingezet. (FMC Technologies, 2005)

FMC technologies			
Diameter	Niet bekend!		
Materialen			
Seals			
Balans			
Temperatuur	Torsieveen en composiet veren		
Druk	vanaf -197 graden celcius		
Opmerkingen	Niet bekend!		
Lijkt een grote speler maar laat op de site vrij weinig los en heeft geen brochures voor truck/train laadarmen			

Svt loading arms

Een Duits bedrijf welke 3 series aan laadarmen levert. Hiervan zijn er twee top en één bodem laders. Bij de top laders is er keuze tussen wel of geen dampretour en daarbij nog enkele accessoires. (SVT Transfer Complete, 2013)

SVT Transfer Complete			
Diameter	1" tot 10"		
Materialen	Staal, Carbon, RVS, low temperature steel en PTFE		
Seals	FPM, PTFE, CSM, EPDM, PE		
Balans	Contragewicht of veer		
Temperatuur	van -196 tot +250 graden celcius		
Druk	tot 50 bar		
Opmerkingen			

WLT – liquid and gas loading technology

Afkomstig uit stolwijk, bieden meerdere typen laadarmen aan. Hierbij hebben zij meerdere basismodellen welke naar wens aan te passen zijn. (WLT, 2013)

WLT - liquid and gas loading technology			
Diameter	2" tot 6"		
Materialen	RVS, Staal en aluminium	PTFE coating afhankelijk van type laadarm	
Seals	PTFE, Viton, EPDM		
Balans	Contragewicht of veer		
Temperatuur	van -50 tot +200 graden celcius		
Druk	tot 50 bar		
Opmerkingen			

Carbis solutions group

Een bedrijf uit Amerika. Laat vrijwel niks los over hun laadarmen. Op de website is voornamelijk info te vinden over veiligheid bij TLA's. (Carbis Solutions Group LLC, 2016)

Carbis solutions group			
Diameter	Niet bekend!		
Materialen			
Seals			
Balans			
Temperatuur			
Druk			
Opmerkingen	Laten vrijwel niks los over hun laadarmen op zowel de site als in hun brochure		

Wiese-europe

Afkomstig uit België. Informatie staat verdeeld over de brochure en de website wat opzoeken lastig maakt. (Wiese Europe, 2013)

Wiese-europe			
Diameter	2" tot 6"		
Materialen	Staal, RVS, low temperature steel, speciale legering	PTFE coating mogelijk	
Seals	virgin PTFE eventually adding carbon, fibers or graphite (15%); FPM; Hypalon (on request); EPDM (on request)		
Balans	Contragewicht of veer		
Temperatuur	van -196 tot +250 graden celcius		
Druk	40 bar		
Opmerkingen	Info staat verdeeld over site en brochure		

Woodfield Systems

Een bedrijf uit India met op de site veel verschillende modellen die vrij duidelijke gescheiden zijn van elkaar. Hebben een categorie petroleum en Industrial loading. (Woodfield systems, 2015)

Woodfield			
Diameter	2" tot 6"	3" en 4" zijn het meest populair	
Materialen	Aluminium of Staal	PTFE coating mogelijk	
Seals	Viton™, Nitrile, EPDM, PTFE, Kalrez™		
Balans	Veer	Veer is op afbeeldingen te zien, maar wordt nergens genoemd	
Temperatuur	Niet bekend!		
Druk			
Opmerkingen	Veel versies te vinden op de site		

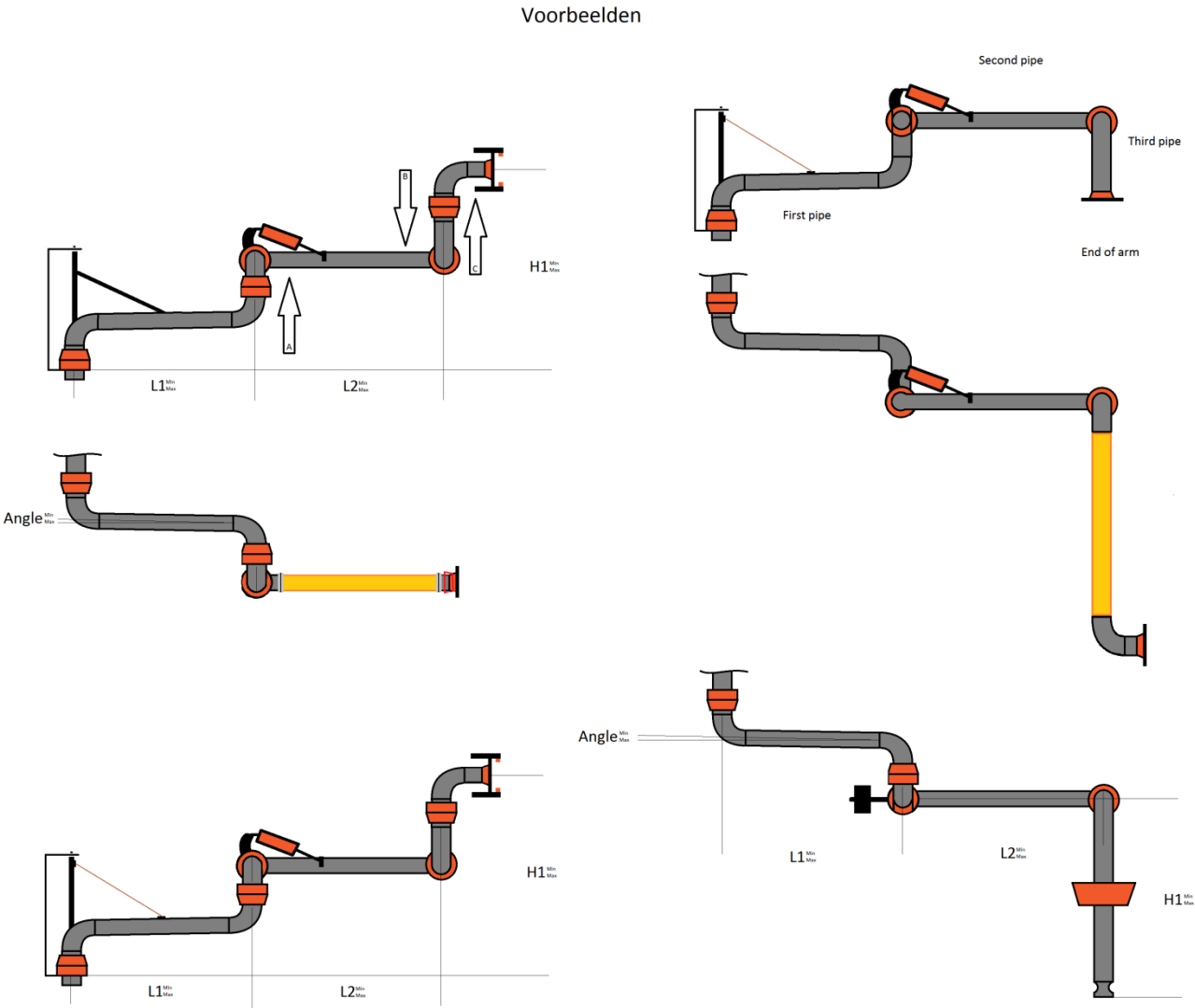
Soliflo

Bedrijf uit Zuid-Afrika die laadarmen levert welke samengesteld zijn met onderdelen van Emco Wheaton. (Soliflow, 2016)

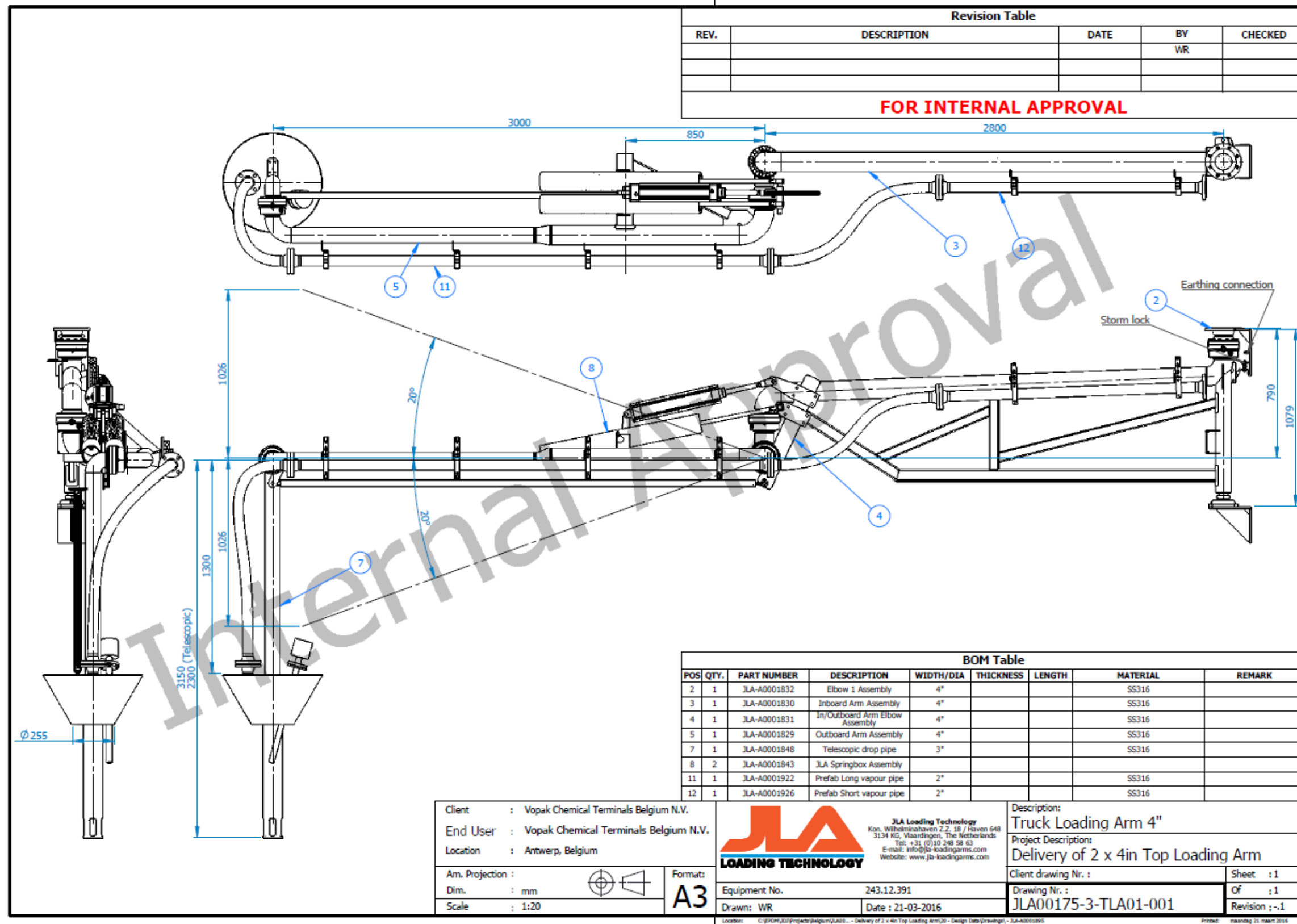
Soliflo			
Diameter	2" tot 12"		
Materialen	Koolstofstaal, Carbon, Staal	Op de site vermelden zij ook nog Staal/Aluminium los van staal?	
Seals	<u>Niet bekend</u>	Je mag wel aangeven wat voor seal je wilt, maar de keuze wordt niet aangegeven	
Balans	Veer	Lijkt de enige keuze	
Temperatuur	<u>Niet bekend</u>		
Druk	19 - 40 bar	19 bij mineraal olie 40 bij chemicalien	
Opmerkingen	Hoop brochures met een hoop spelfouten. Temperaturen en seals worden nergens genoemd. Wss is Staal/Aluminium een fout...		

Bijlage 3 - Een overzicht van mogelijke onderdelen voor een TLA

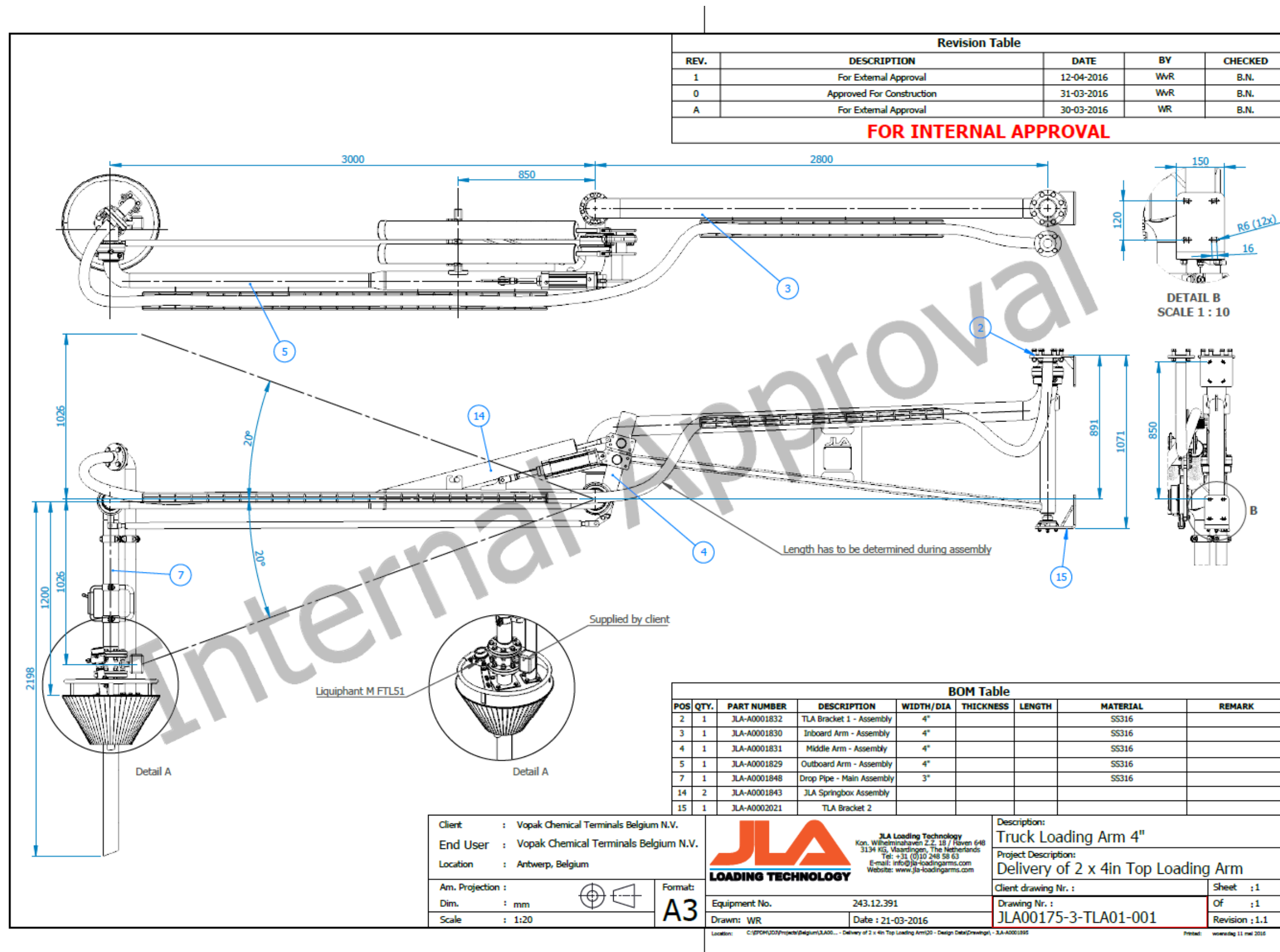
Type	Size	End of Arm	Third pipe	Third pipe balancer	Second pipe control	Second pipe balancer	First pipe support
DIN	2"	ToDo		Parallel mount			
ANSI/ASME	3"			Gas spring			
	4"	DIN flens		No balancer			
	6"	ANSI flens					
		TTMA flens					
		Bajo-lock					
		QC/DC					
		Weco					



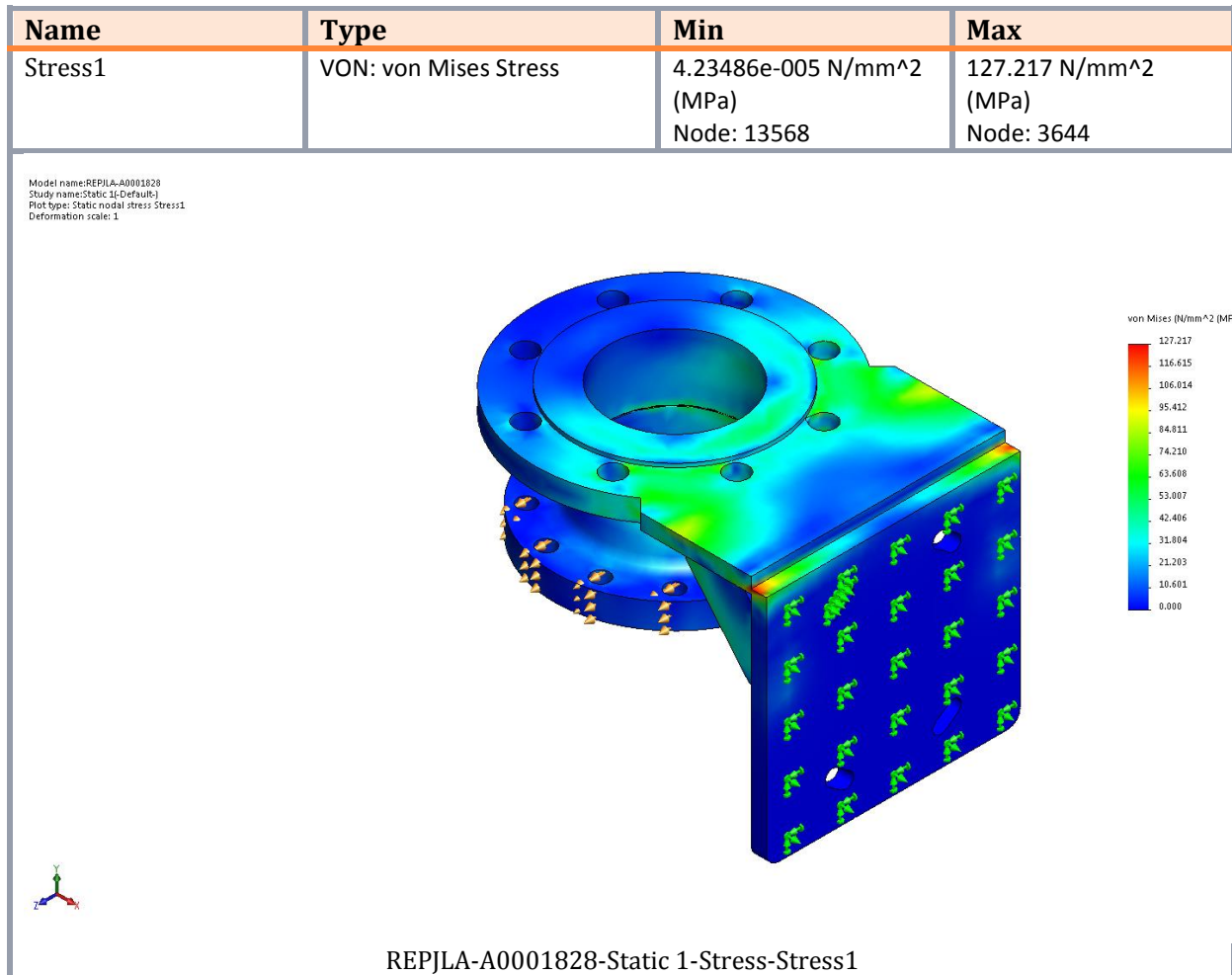
Bijlage 4 - De eerste versie van de TLA



Bijlage 5 - De verbeterde versie van de TLA



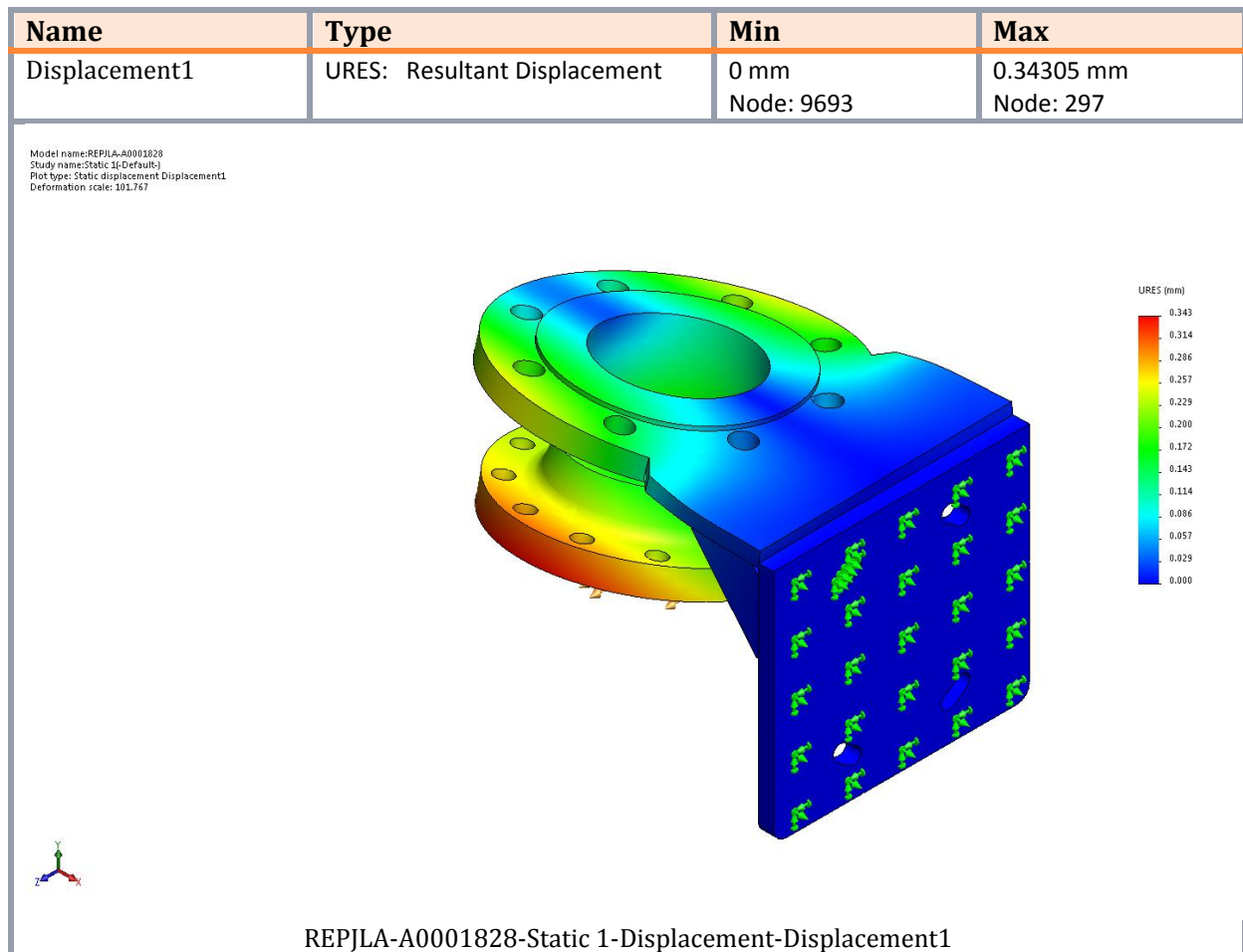
Bijlage 6 - Stress simulatie van bracket 1



4.2.1 Conclusie

Met een piek van 127MPa is dit onderdeel geschikt gebleken voor het ophangen van een laadarm.

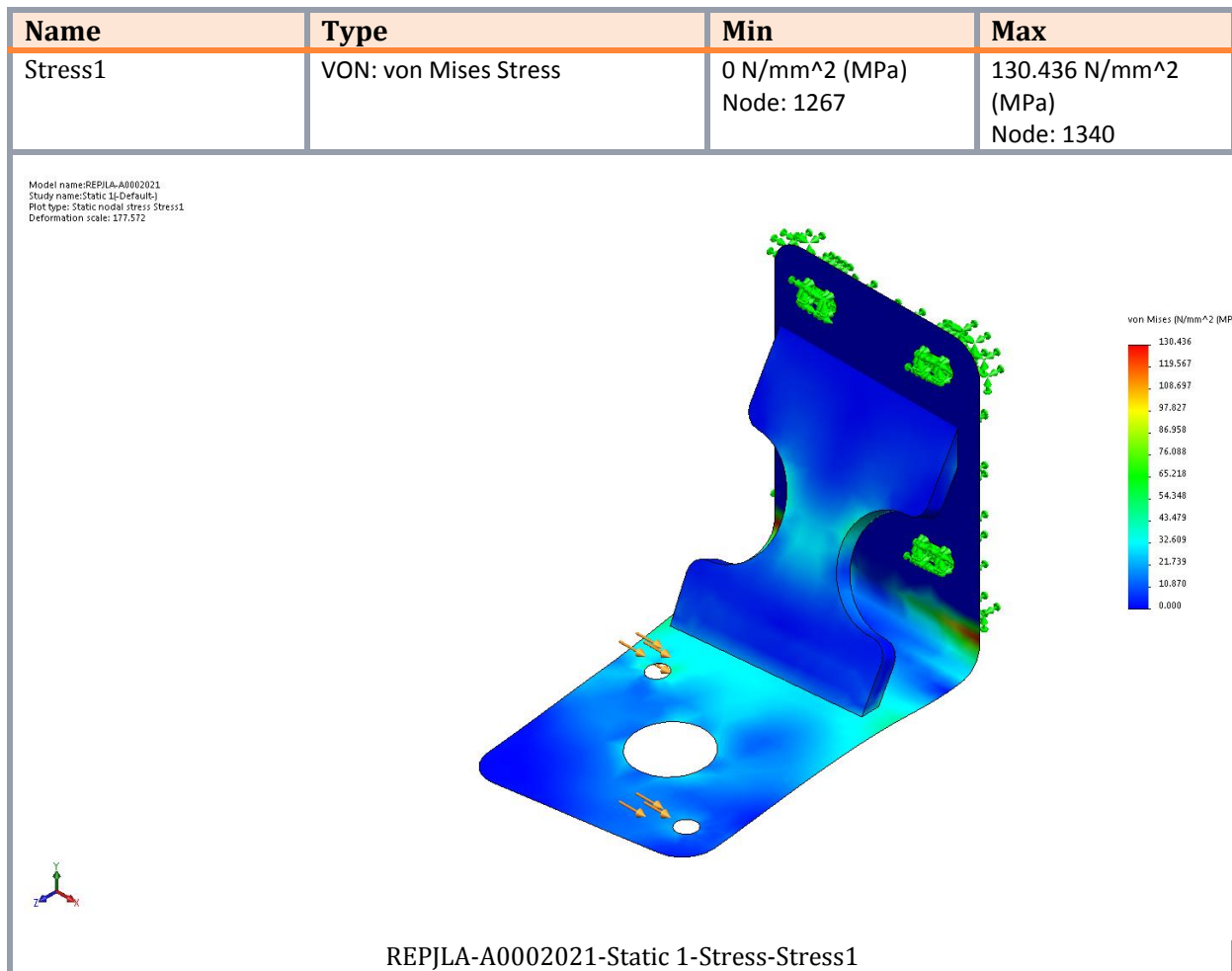
Bijlage 7 - Verplaatsing in bracket 1



4.2.2 Conclusie

Volgens de simulatie zal er een verplaatsing in het materiaal plaatsvinden van 0.34mm.

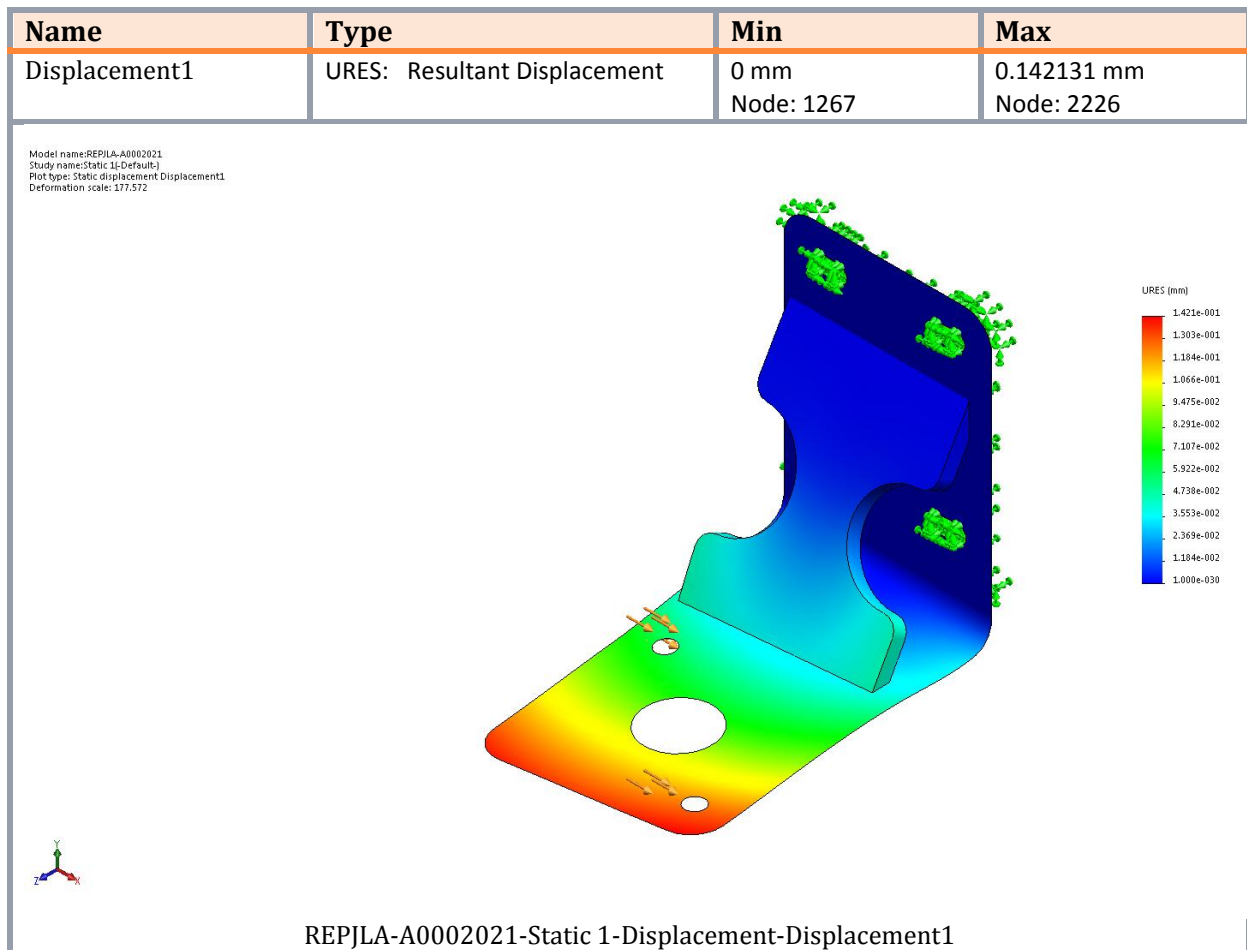
Bijlage 8 - Stress simulatie van bracket 2



4.2.3 Conclusie

De maximaal optredende kracht in het materiaal zit onder de veiligheidsfactor. Hieruit blijkt dat de bracket geschikt is.

Bijlage 9 - Verplaatsing in bracket 2



4.2.4 Conclusie

De grootste verplaatsing is te vinden aan het uiteinde van de bracket. Deze verplaatsing is ongeveer 0.14mm.

Bijlage 10 - De berekeningen van de Middle Arm

Ter voorbereiding op de simulatie is begonnen met een hand berekening. Dit is ingevoerd in excel. De tabel is hieronder ingevoegd.

B	100	mm
H	20	mm
Ix	66.666,67	mm ⁴
Iy	1.666.666,67	mm ⁴
F	4,5	kN
A	250	mm
σ_x	168,75	MPa
σ_y	6,75	MPa

Tabel 6- De handberekening van de middle arm

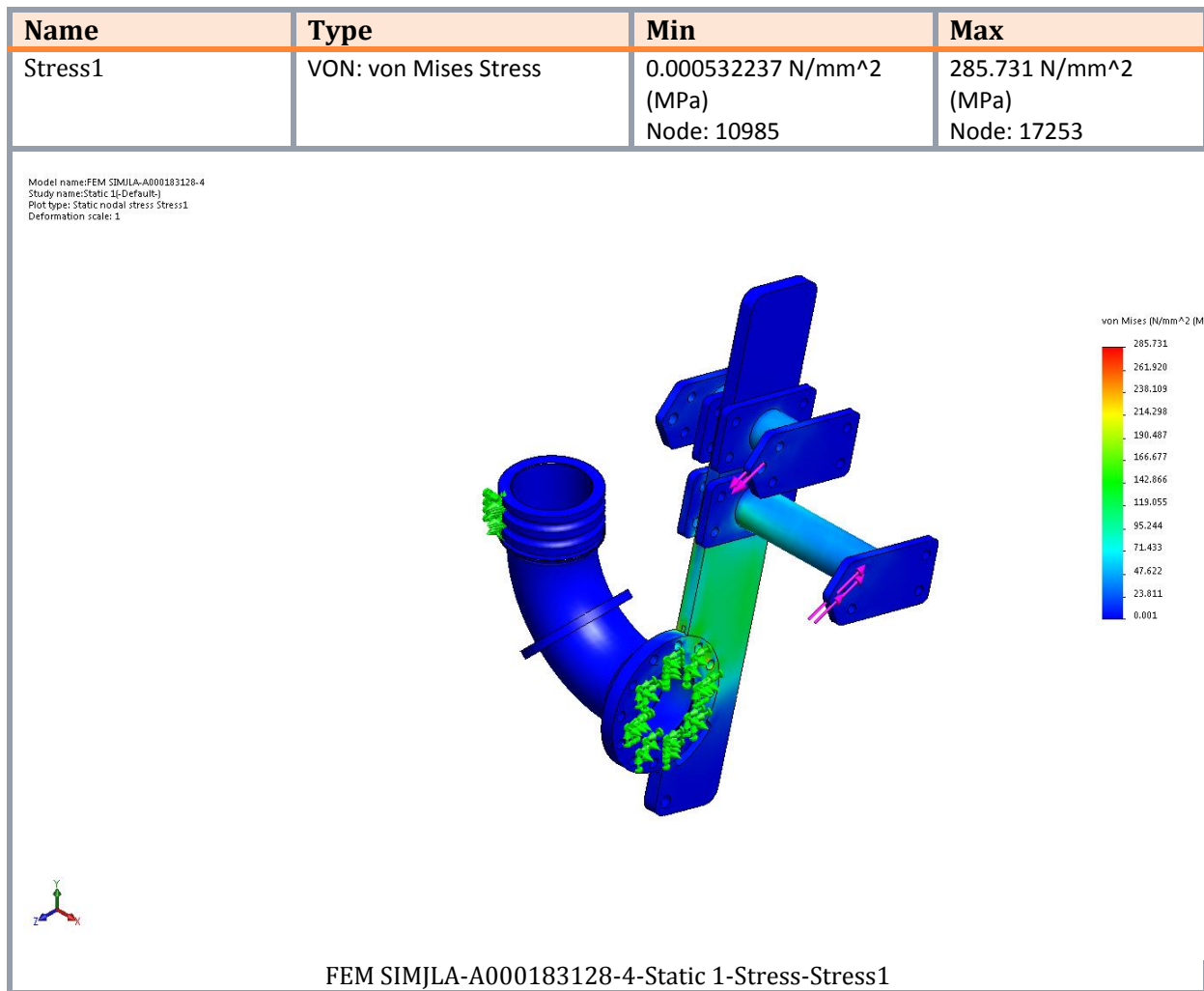
Zoals te zien in de berekening ontstaat er 168.75MPa in de meest ongunstige situatie. Gezien het feit dat dit naar mening van de student te hoog is heeft de student besloten de kracht in de pneumatische cilinder te verlagen naar 3kN. Het resultaat is als volgt:

B	100	mm
H	20	mm
Ix	66.666,67	mm ⁴
Iy	1.666.666,67	mm ⁴
F	3	kN
A	250	mm
σ_x	112,50	MPa
σ_y	4,50	MPa

Tabel 7 - De handberekening na de krachtverlaging

Zoals te zien is de kracht gedaald naar 112,5MPa wat een stuk veiliger is. Wellicht dat in de toekomst getest kan worden met de maximale kracht op deze plaat voor meer zekerheid.

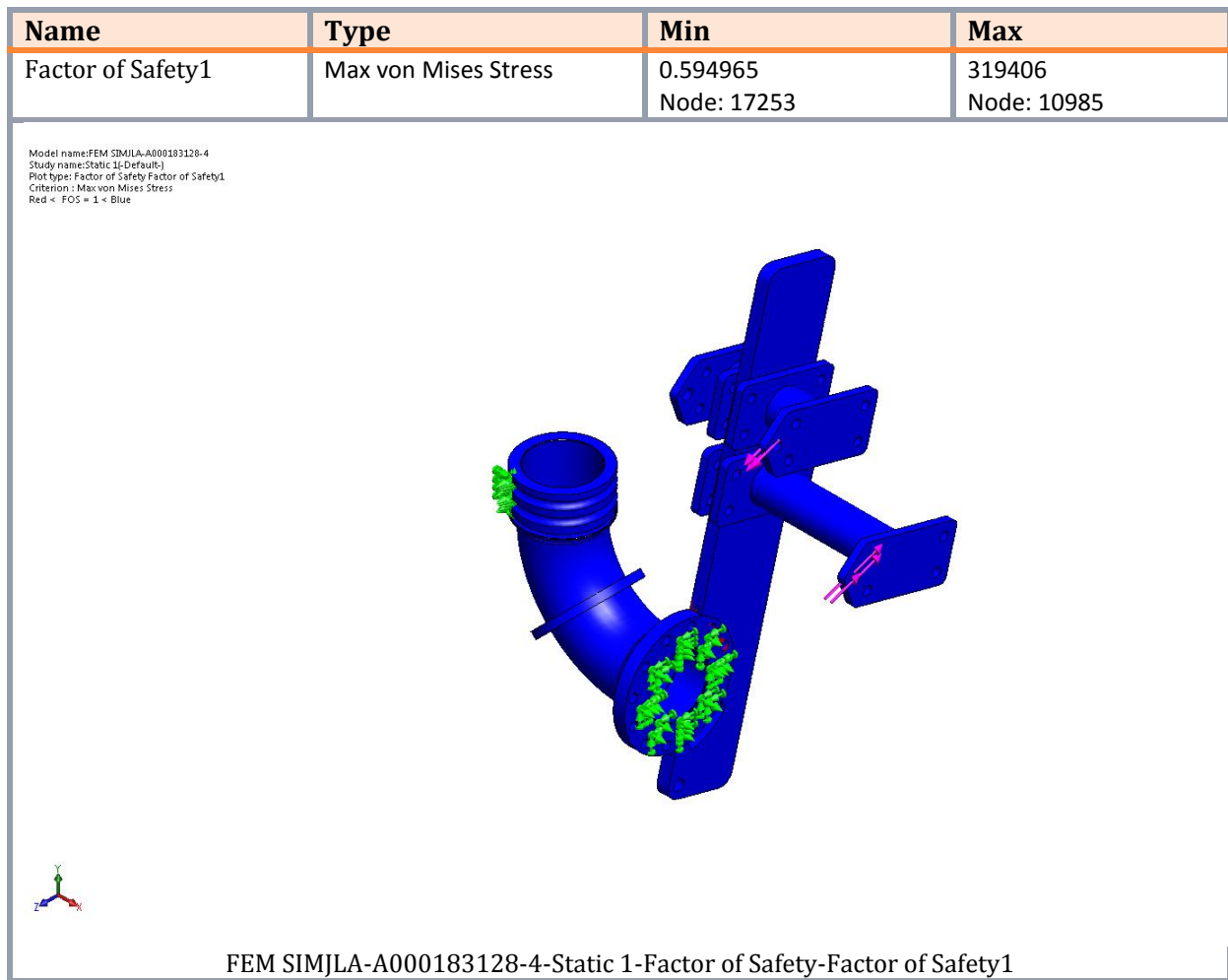
Bijlage 11 - Stress simulatie van de middle arm



4.2.5 Conclusie

De piek bevindt zich in één van de boutgaten en zal in werkelijkheid niet voorkomen aangezien de swivel op dat moment verbonden is met de female. De plaat waar het in deze berekening om gaat heeft een spanningsverloop tussen de 95MPa en de 170MPa. De plaat is sterk genoeg om te functioneren, maar toch wordt de kracht van de pneumatische cilinder verlaagd om te zien wat hiervan de invloed is.

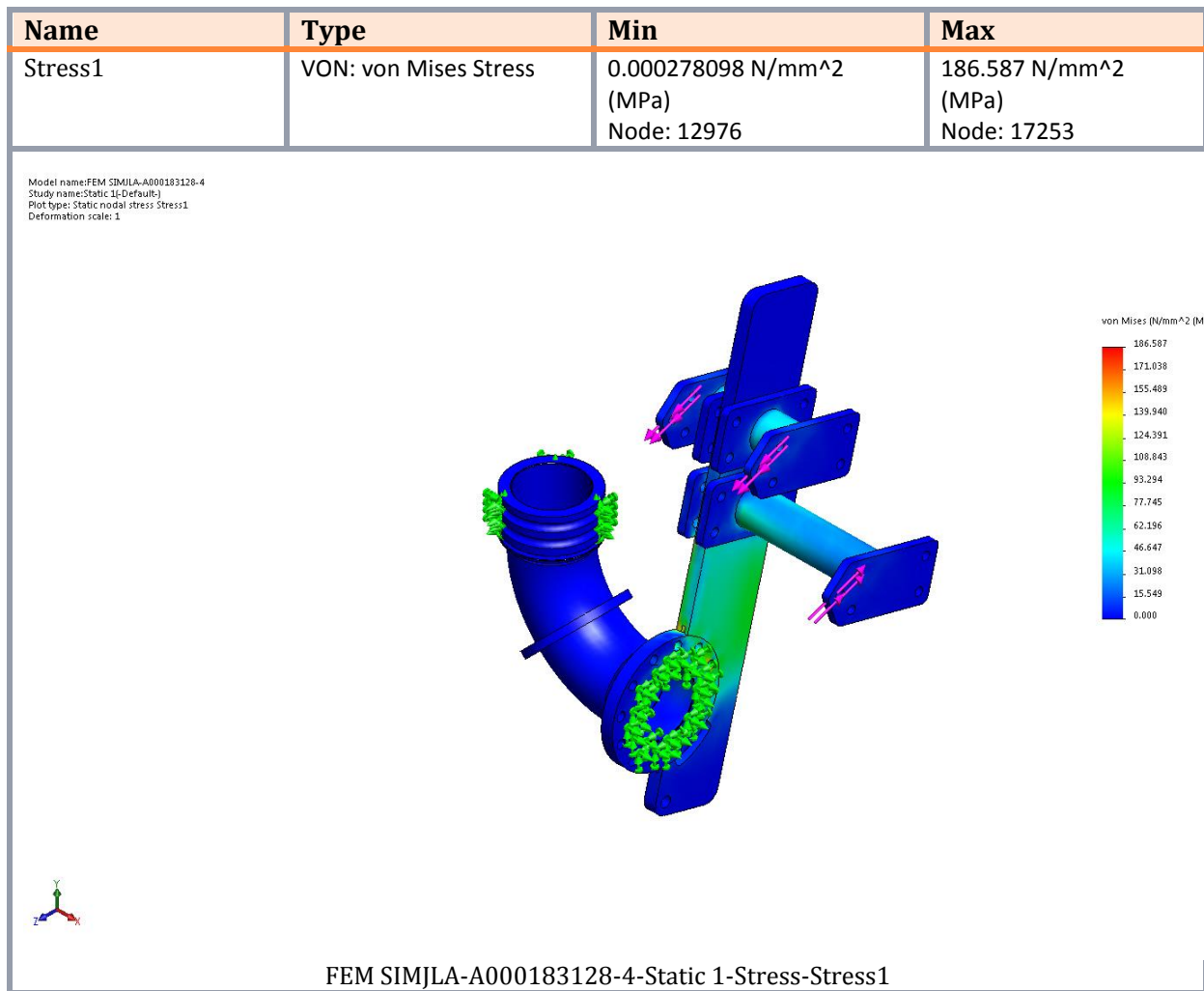
Bijlage 12 - Factor of safety van de middle arm



4.2.6 Conclusie

Enkel op de boutgaten wordt de factor of safety overschreden.

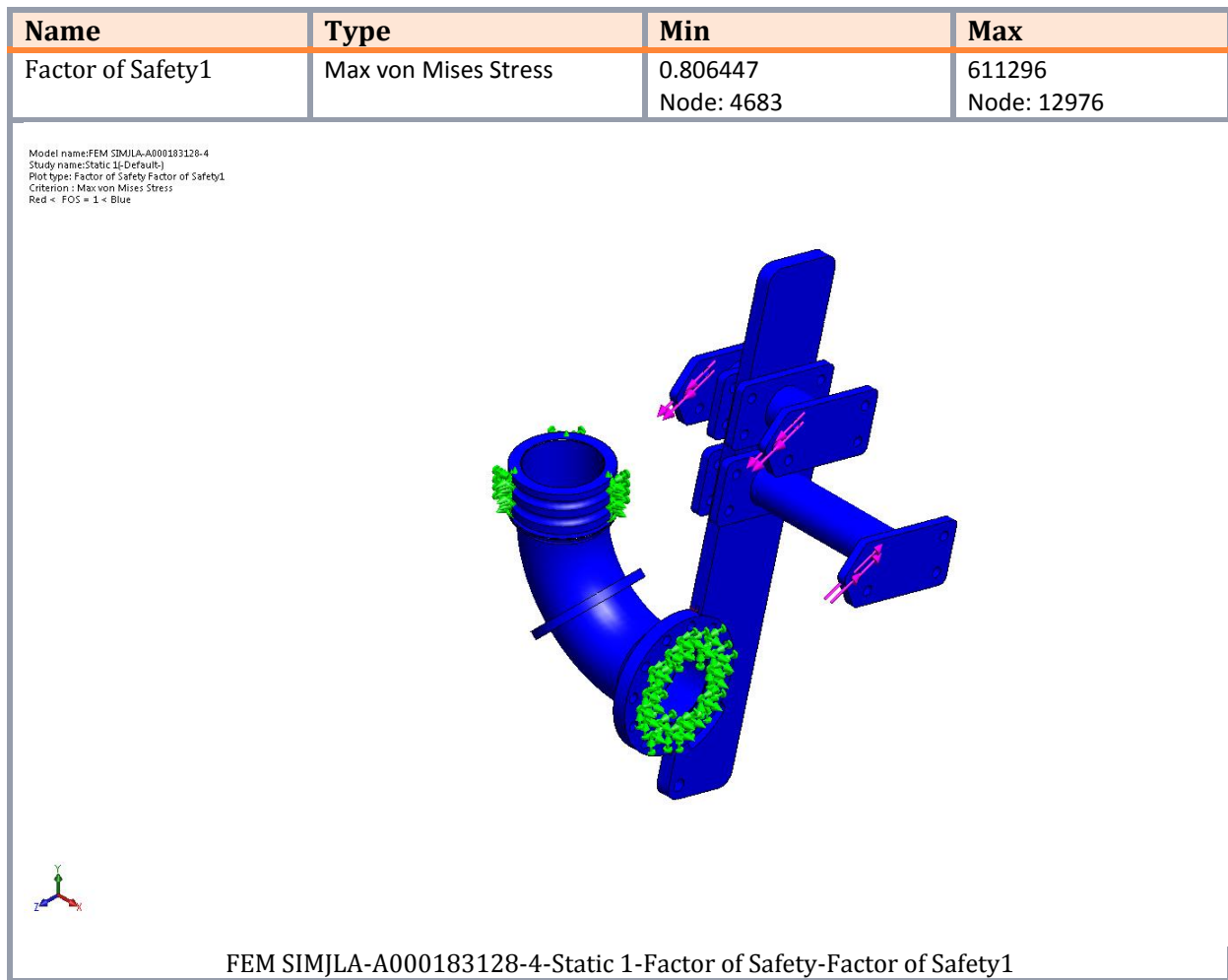
Bijlage 13 - Stress simulatie van de middle arm met lagere kracht



4.2.7 Conclusie

Wanneer de cilinderkracht verlaagd wordt daalt de piek naar 187MPa. Dit is aanzienlijk lager dan bij de eerste test.

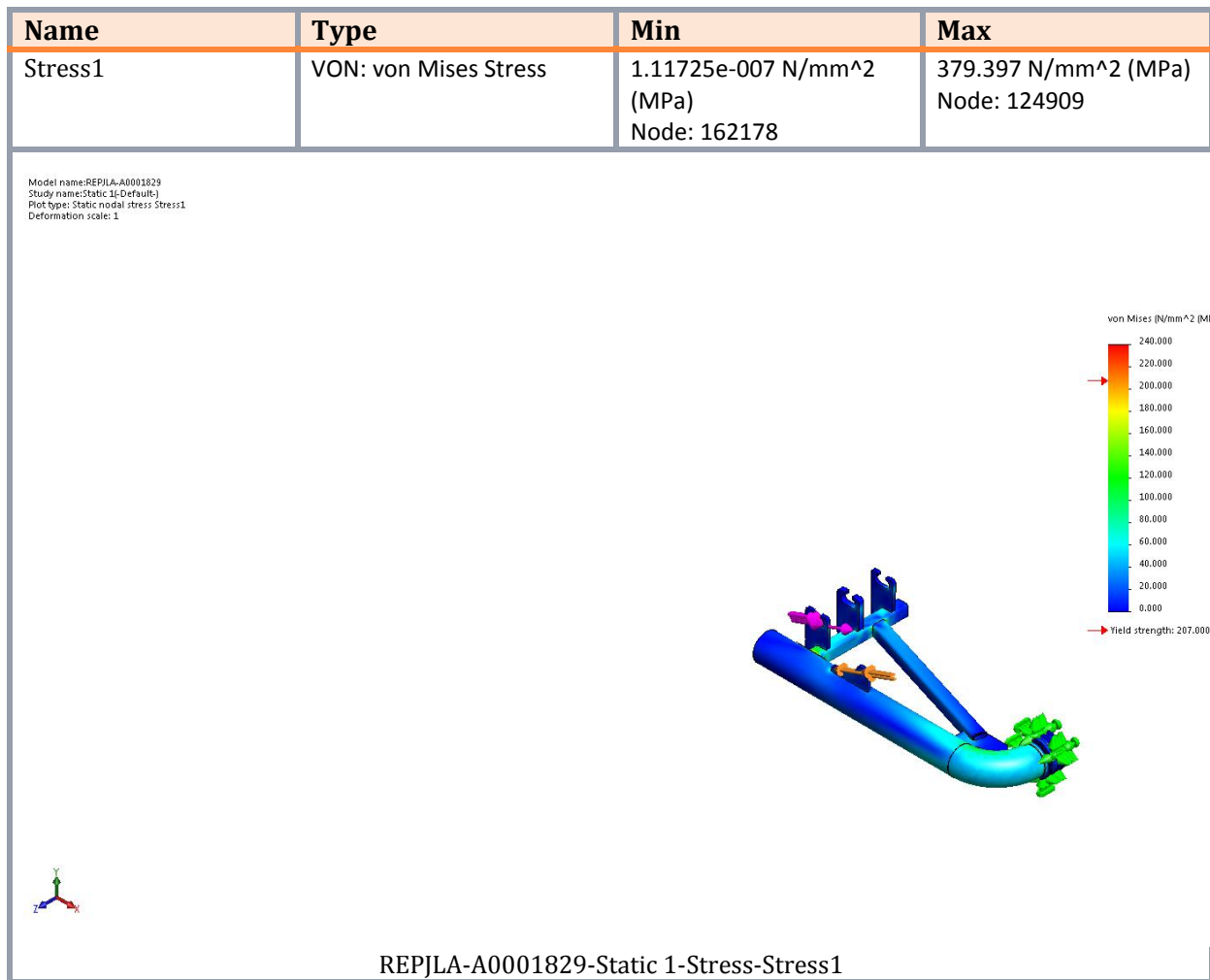
Bijlage 14 - Factor of safety van de middle arm met lagere kracht



4.2.8 Conclusie

De factor of safety wordt ook nu enkel overschreden bij de boutgaten.

Bijlage 15 - De stress in de outboard arm

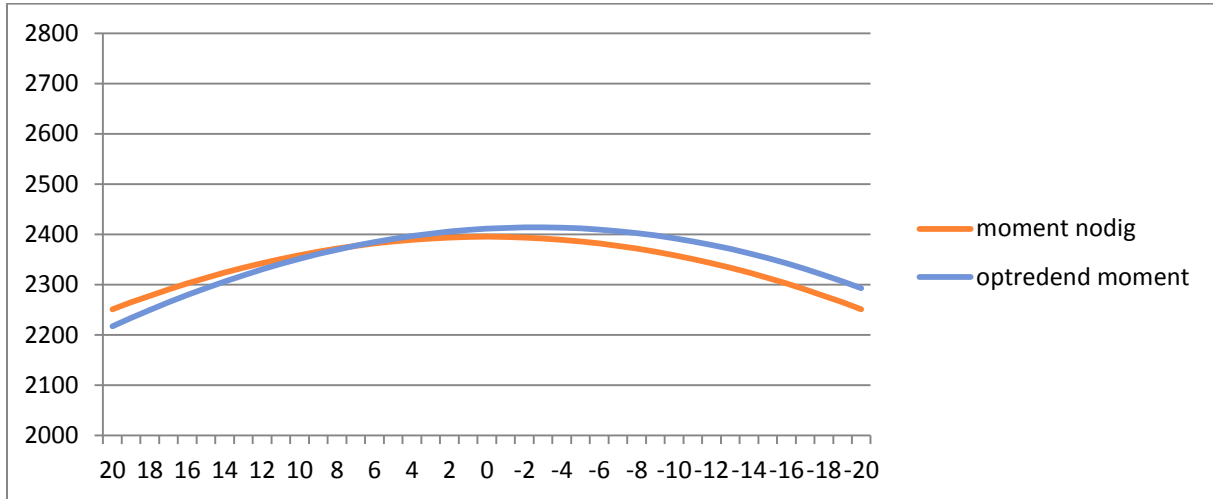


4.2.9 Conclusie

Het ontwerp kan de opgegeven kracht goed hebben. Vanwege een probleem met een overgang in de mesh ontstaat er op één knooppunt een kracht van 380MPa welke in de kruispunten er omheen verdwenen is. Aan de hand hiervan is bepaald dat deze piek genegeerd kan worden.

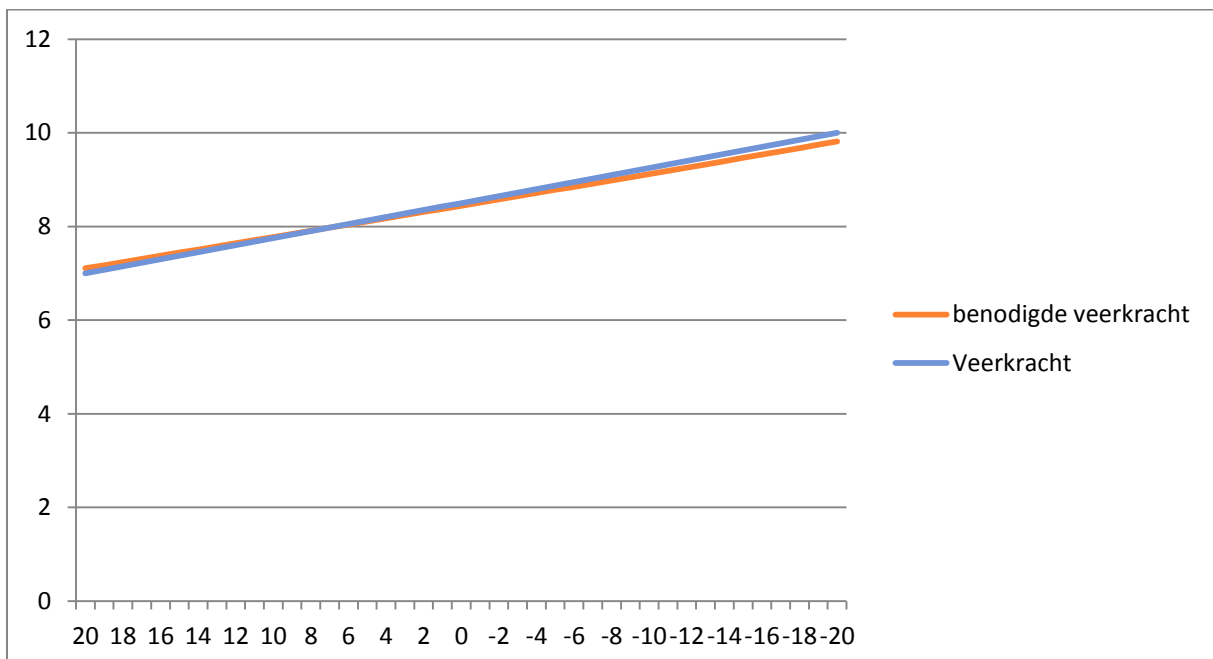
Bijlage 16 - Het vaststellen van de benodigde veerkracht

Door de arm van de veer te bepalen in alle standen kan op een relatief simpele manier worden bepaald welke kracht deze moet leveren. Dit is opgezet in Excel zodat op een snelle manier gezocht kan worden naar de juiste locatie voor de ophanging.



Tabel 8 - Het optredend moment en benodigde moment uitgezet in een grafiek

In Tabel 8 zijn beide momenten naast elkaar uitgezet. Het verschil is het grootste in de onderste stand waar het verschil 45Nm is. Op dit punt trekt de veer met 133N of 13.56kg te veel aan de veer. De pneumatische cilinder levert tegelijkertijd een kracht van $\pm 3\text{kN}$ wat gelijk staat aan 305.8kg. Hierdoor kan worden gesteld dat het verschil opgevangen wordt door de luchtcilinder. Hierbij is de wrijving in de swivel joint nog niet meegenomen.



Bijlage 17 - Bepalen van de veerspecificaties

Voor het berekenen van de benodigde veerconstante per veer wordt gebruik gemaakt van:

$$\frac{1}{C_{tot}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

Dus bij $C_1 = C_2 = C_3$

$$\frac{1}{C_{tot}} = \frac{3}{C_{1,2,3}}$$

Omgeschreven is dit:

$$C_{tot} = \frac{1}{\left(\frac{3}{C_{1,2,3}}\right)} \text{ en } C_{1,2,3} = \frac{3}{\left(\frac{1}{C_{tot}}\right)}$$

Met de opgegeven veerconstante en een maximale benodigde kracht van 11kN ontstaat er een veerweg van:

$$11(\text{kN}) / 13.68(\text{N/mm}) = 804,1\text{mm}$$

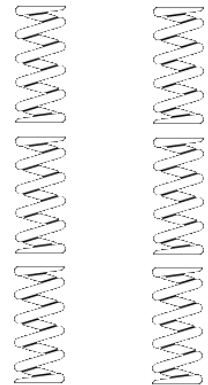
Gezien het feit dat er gekozen is om twee veerpakketten parallel te installeren ontstaat de situatie zoals deze rechts is weergegeven. Als eerst dient de veerconstante voor één veerpakket te worden bepaald.

Wanneer de benodigde veerconstante 14N/mm is zal er per veer een constante nodig zijn van:

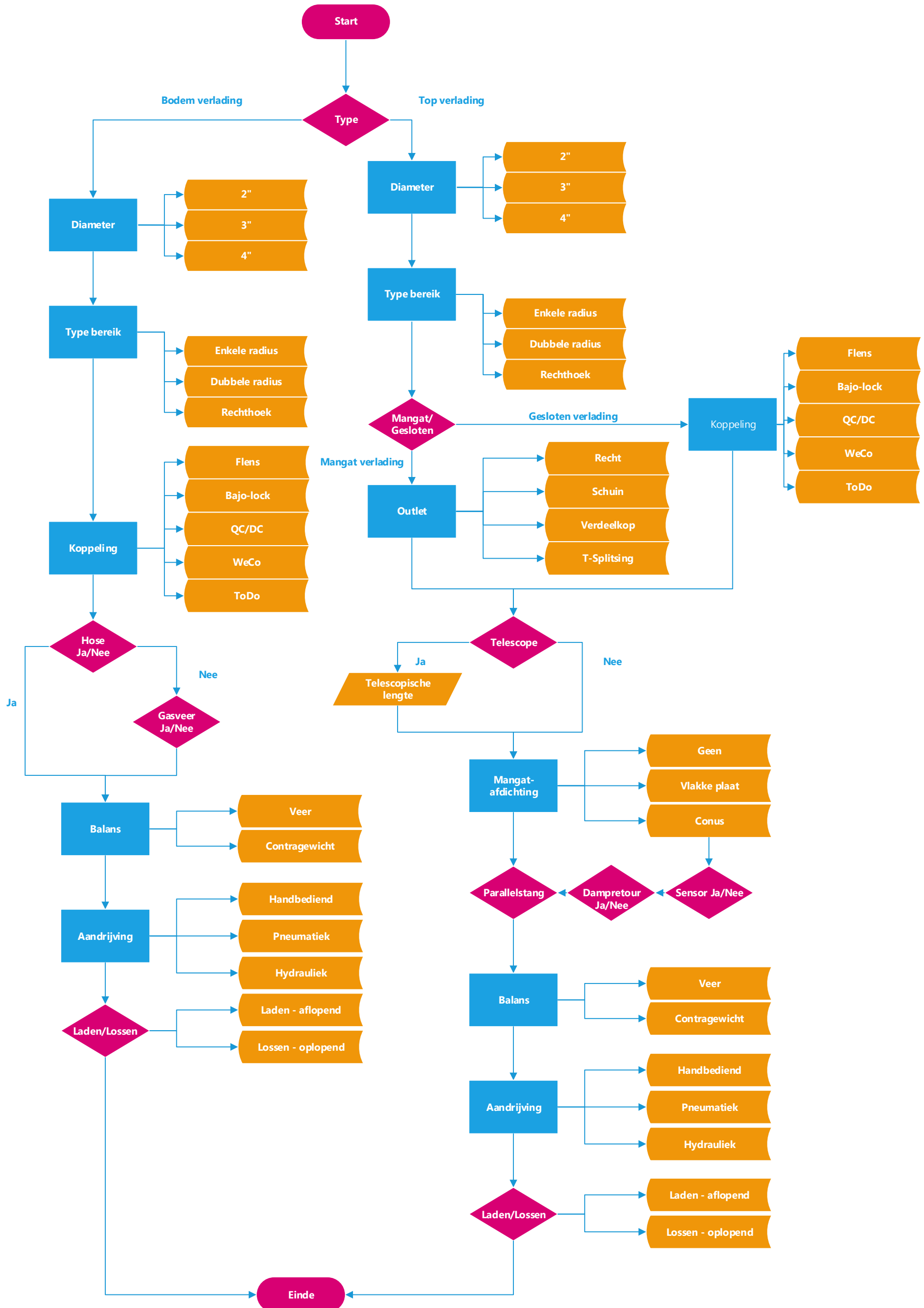
$$C_{1,2,3} = \frac{3}{\left(\frac{1}{C_{tot}}\right)} = \frac{3}{\left(\frac{1}{14}\right)} = 42 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Voor twee pakketten wordt dit $(42/2=) 21\text{N/mm}$. Iedere veer moet een veerweg af kunnen leggen van $(800/3=)266.66\text{mm}$. Wanneer dit vermenigvuldigd wordt met de veerconstante wordt een kracht van 5600N per veer gevonden. Twee in serie maakt 11kN wat eerder al is genoemd.

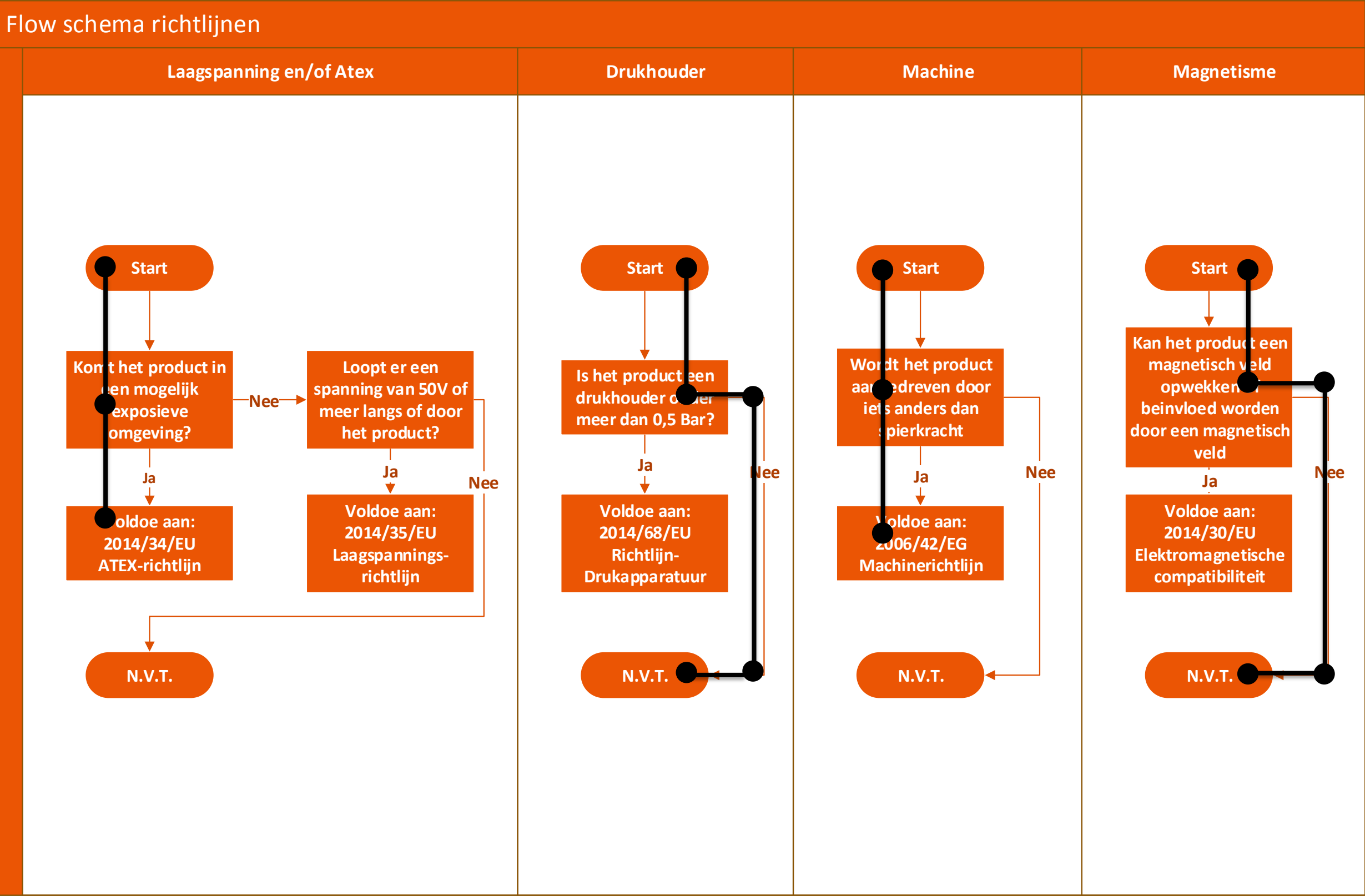
Per stuk moet de veer een kracht leveren van 5600N met een veerconstante van 21N/mm.



Bijlage 18 - Het Flow diagram voor het aanvragen van een TLA

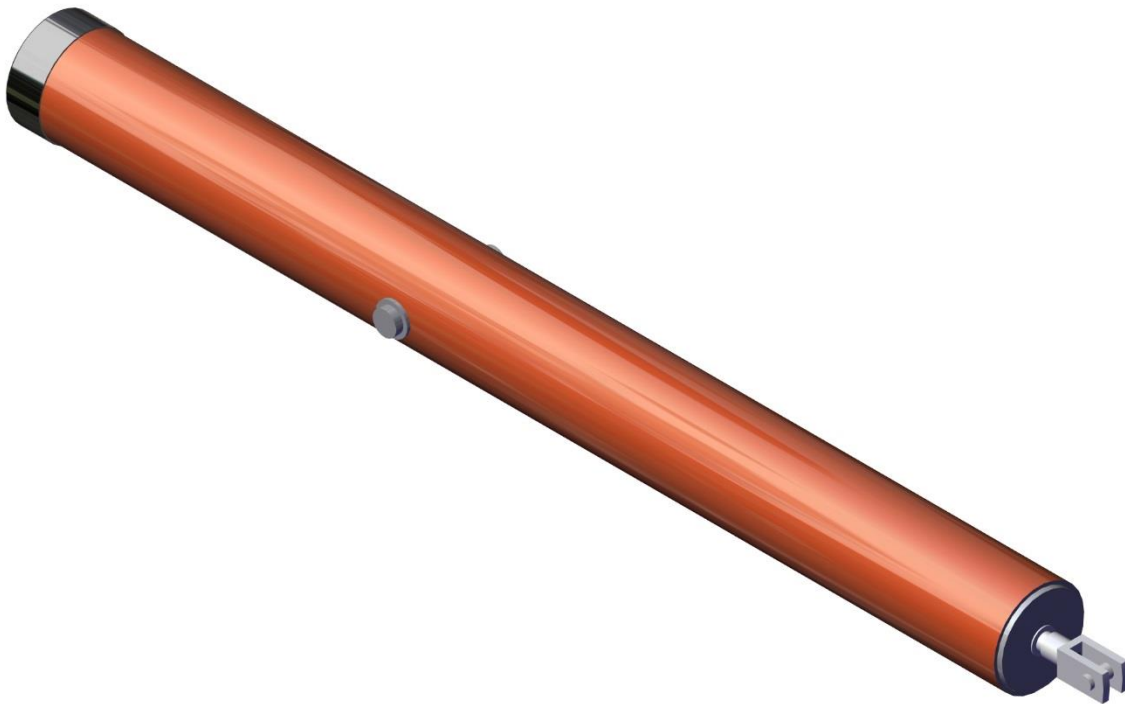


Bijlage 19 - Het richtlijnschema toegepast op een laadarm



Bijlage 20 - De versimpelde handleiding van de veer

JLA SPRINGBOX ASSEMBLY

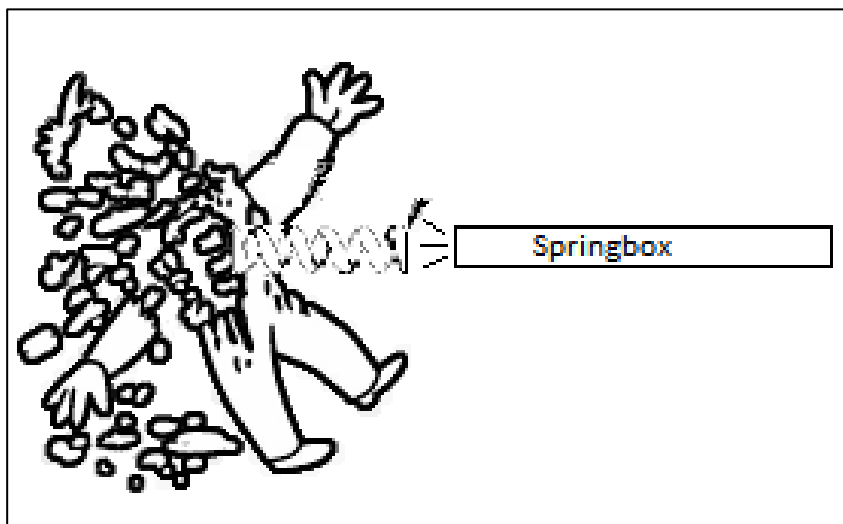


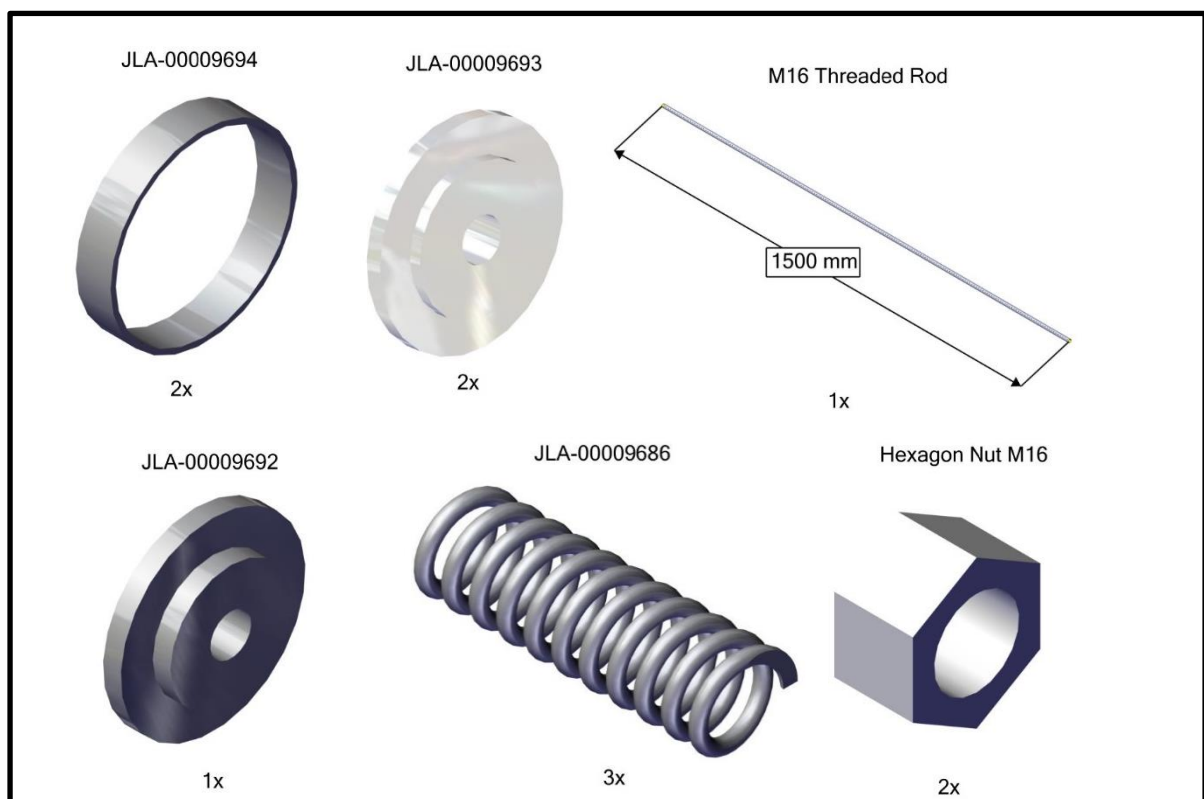
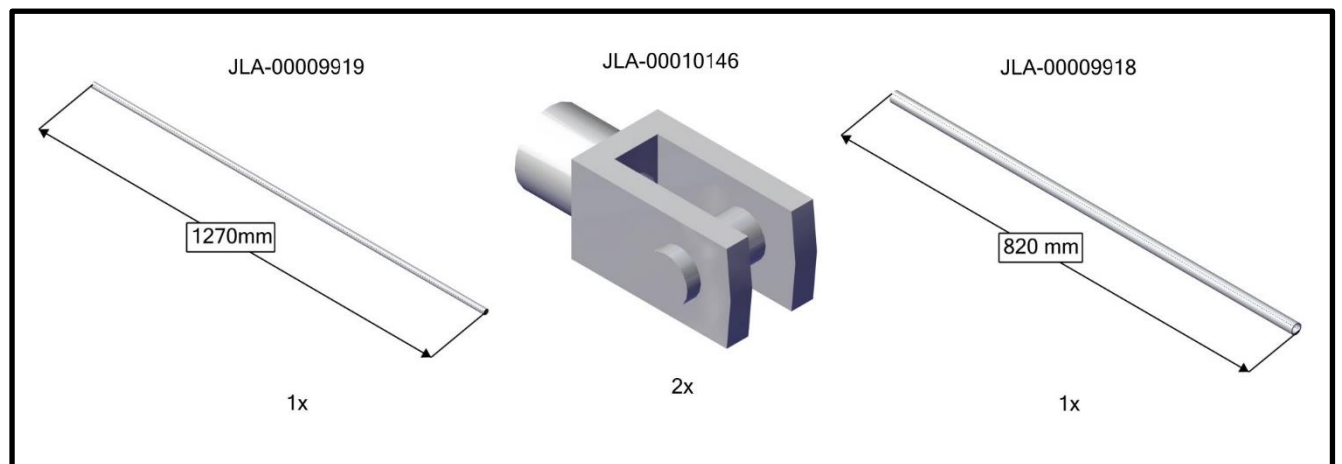
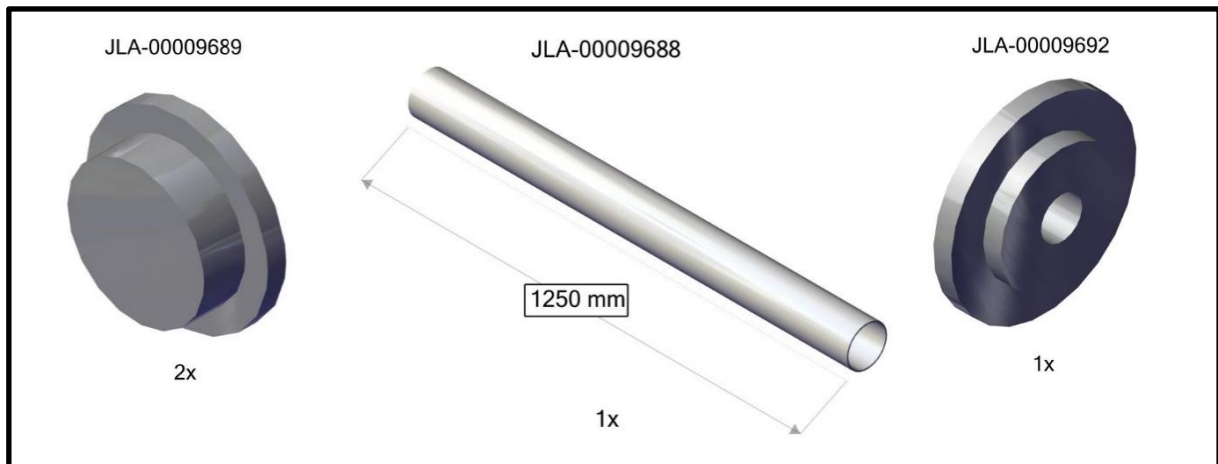
Waarschuwing!

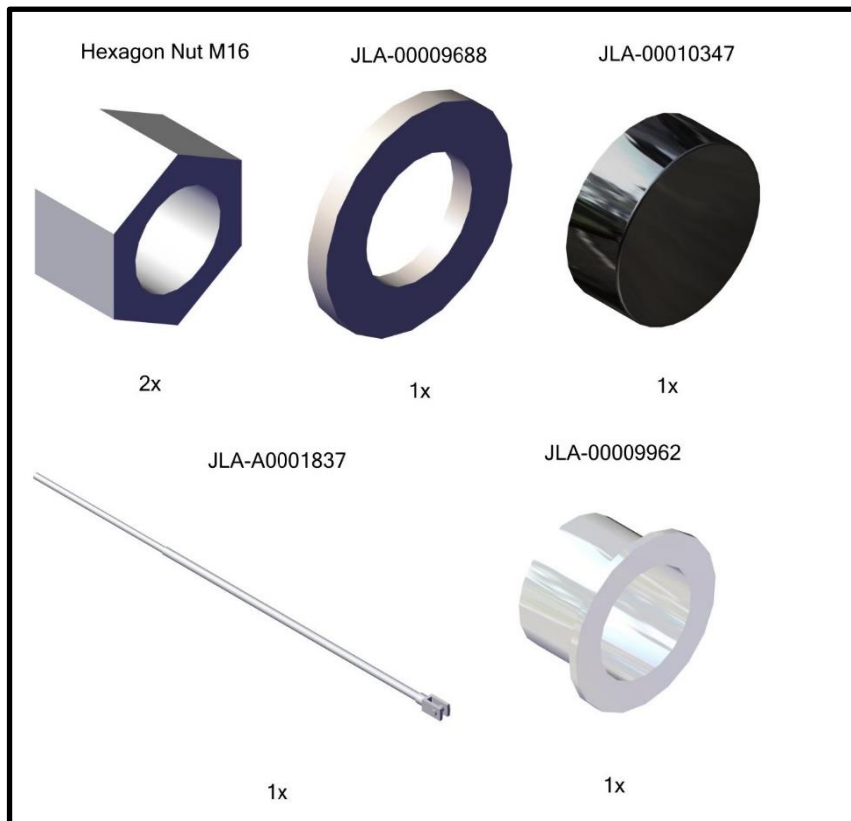
Het assembleren van de veer dient met uiterste zorg te gebeuren. De spanning die op de veren komt te staan is zodanig hoog dat deze bij een foute handeling zwaar letsel tot gevolg kan hebben. Zorg dat je ten alle tijden uit de lijn van de kracht blijft.

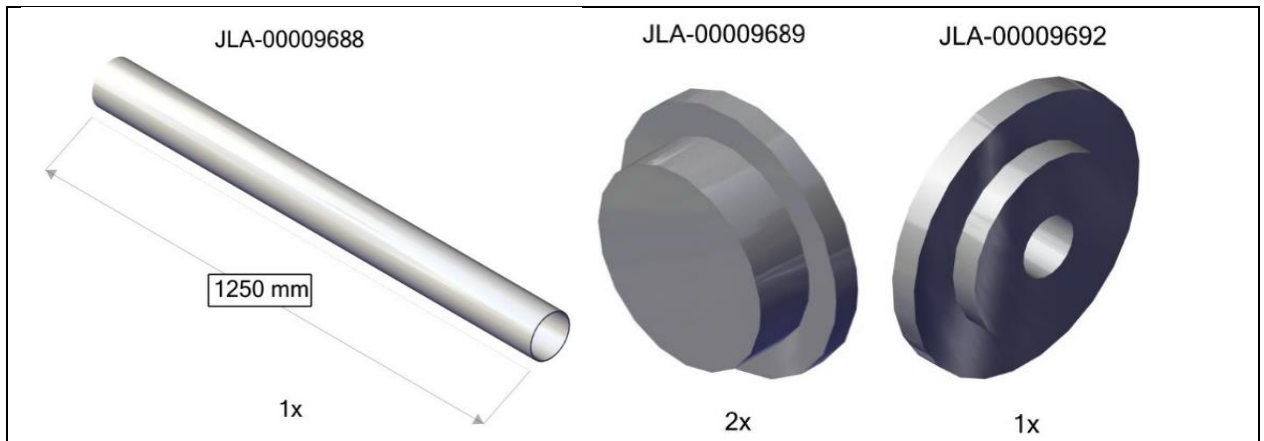
Warning!

Assembly of the springbox has to be done with great care. The tension on the springs is high enough to create bad injuries. Make sure to always stay out of the direction of the force.

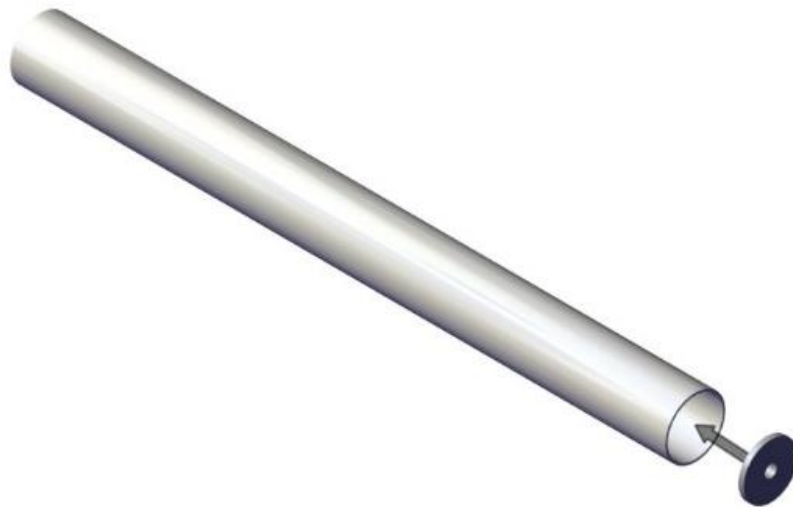




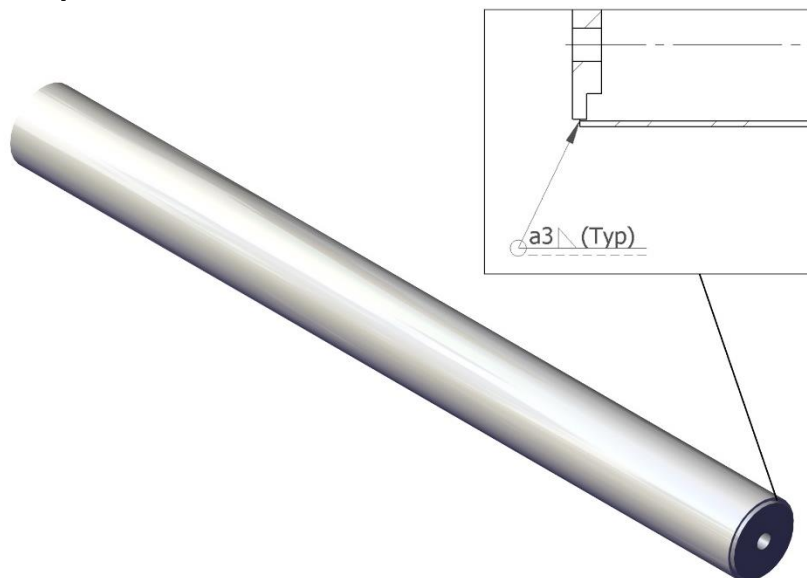




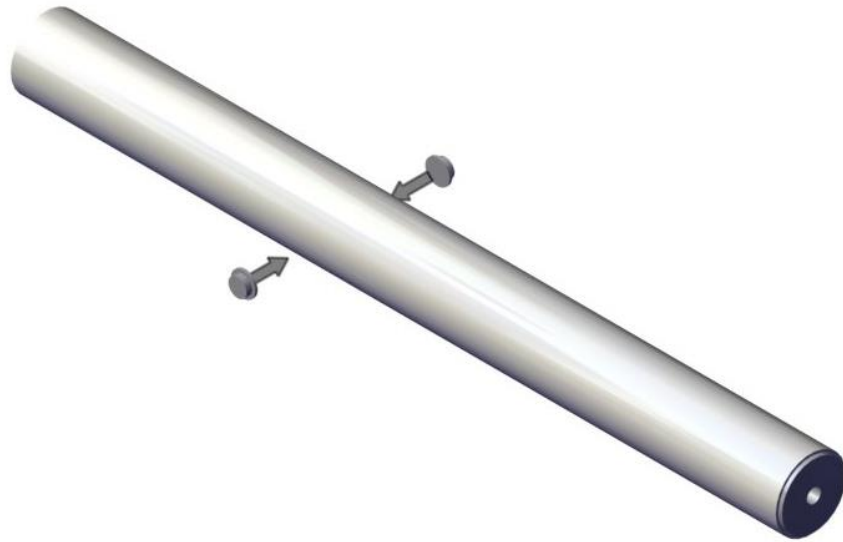
1. Insert JLA-00009692 inside in the tube.



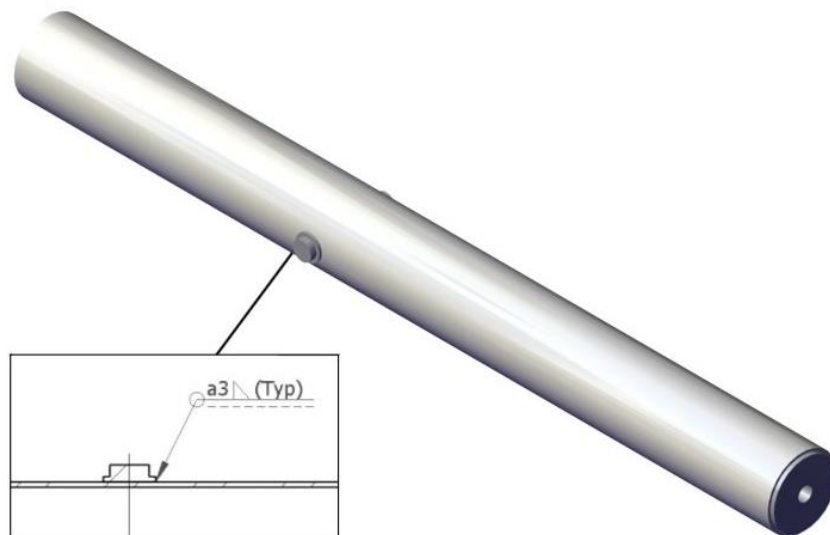
2. Weld part JLA-00009692 to the tube.

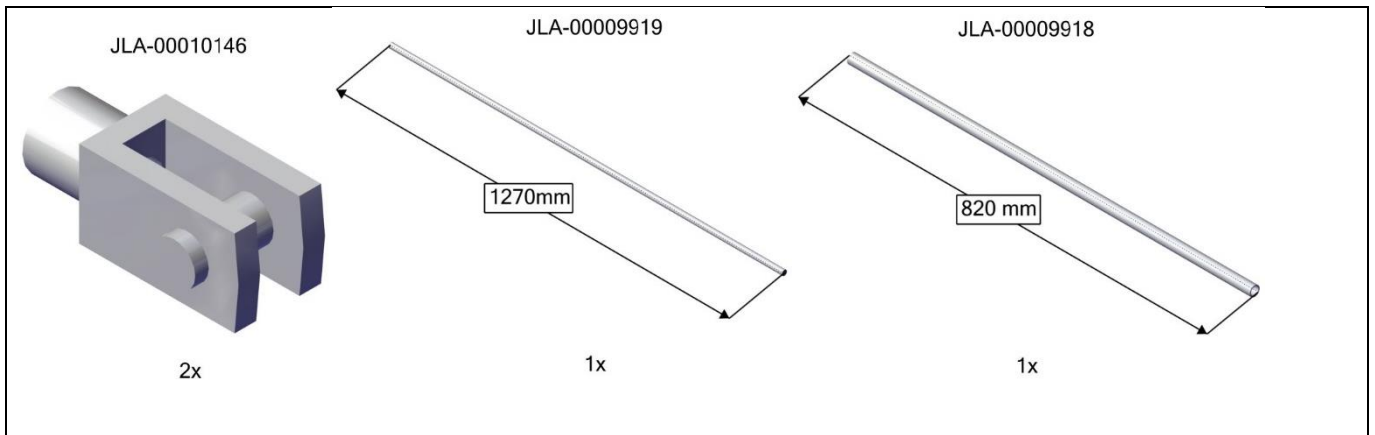


3. Align parts JLA-00009689 on both sides.



4. Weld parts JLA-00009689 to the tube.

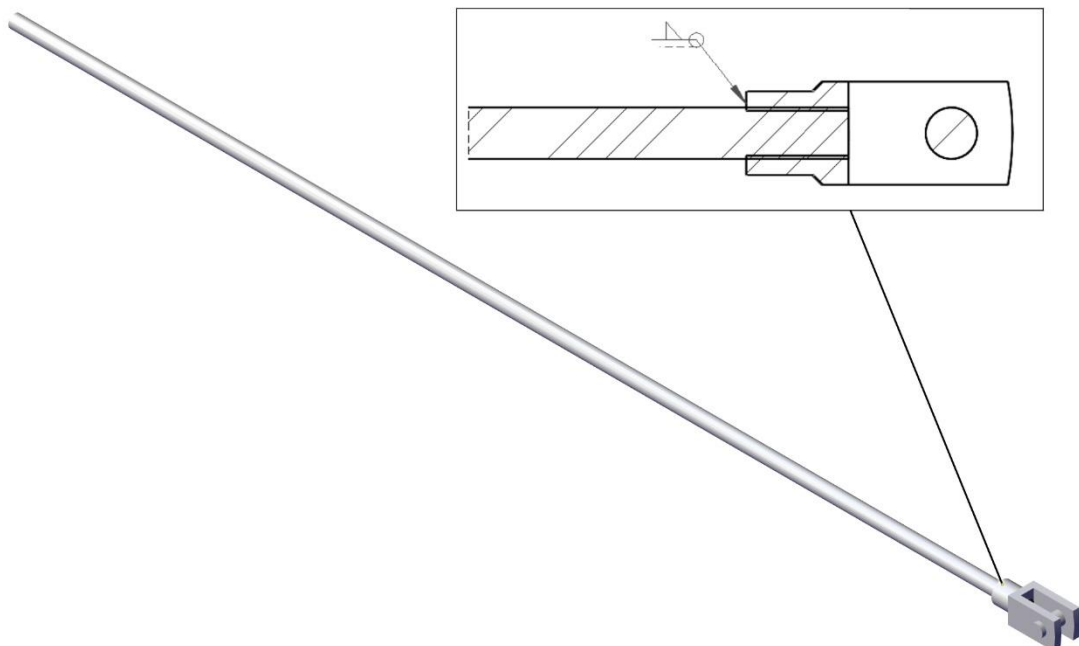




5. Screw part JLA-00010146 on the threaded rod.



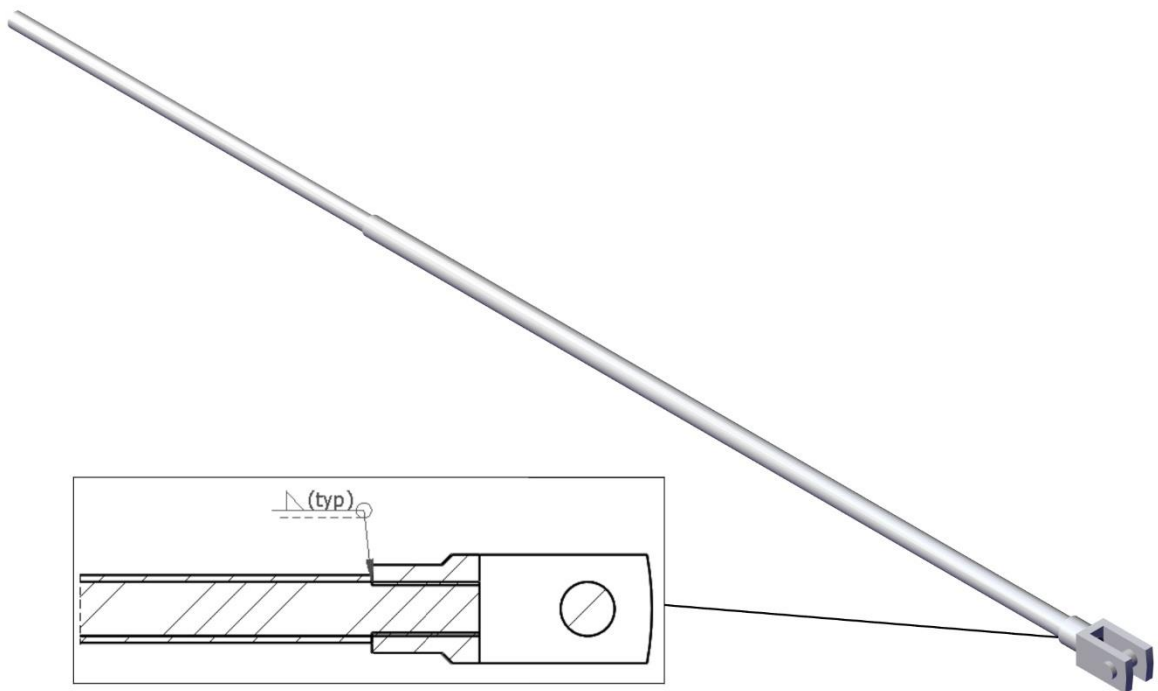
6. Weld part JLA-00010146 on the rod.

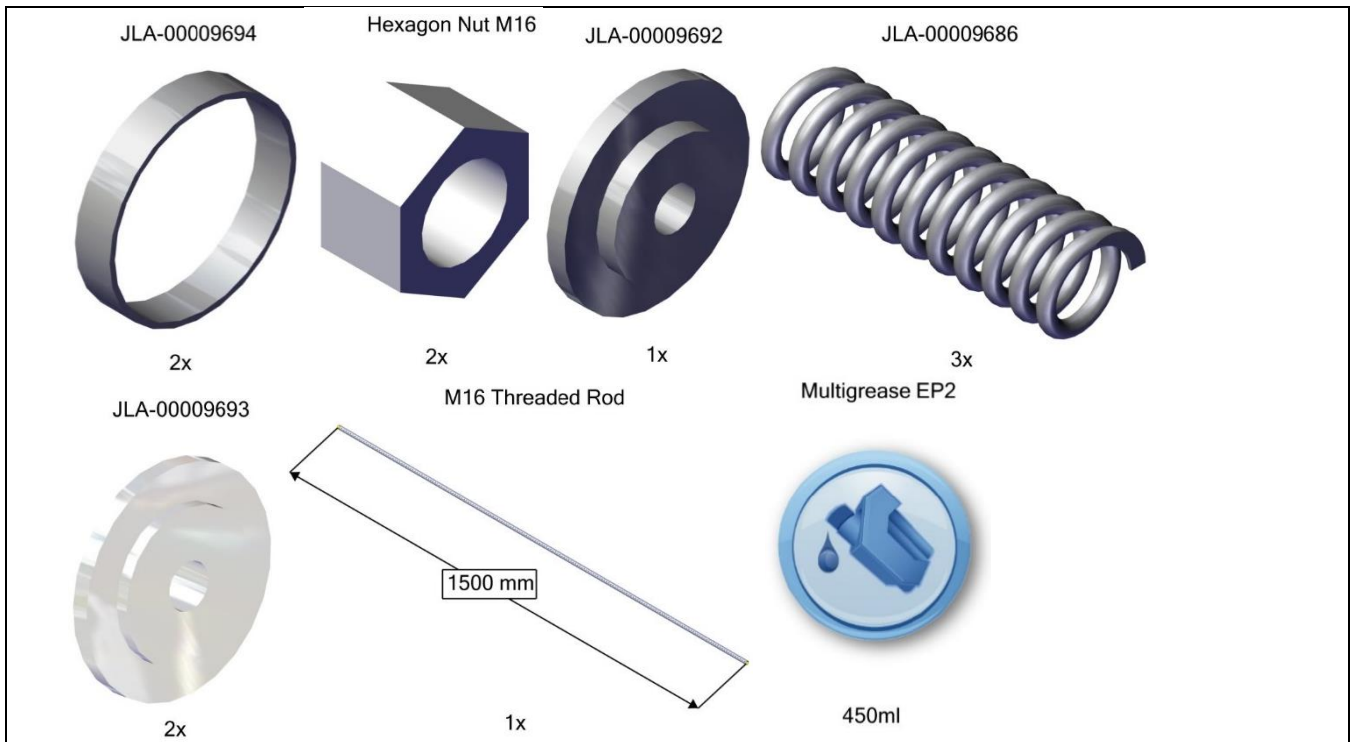


7. Slide part JLA-00009918 over the threaded rod.

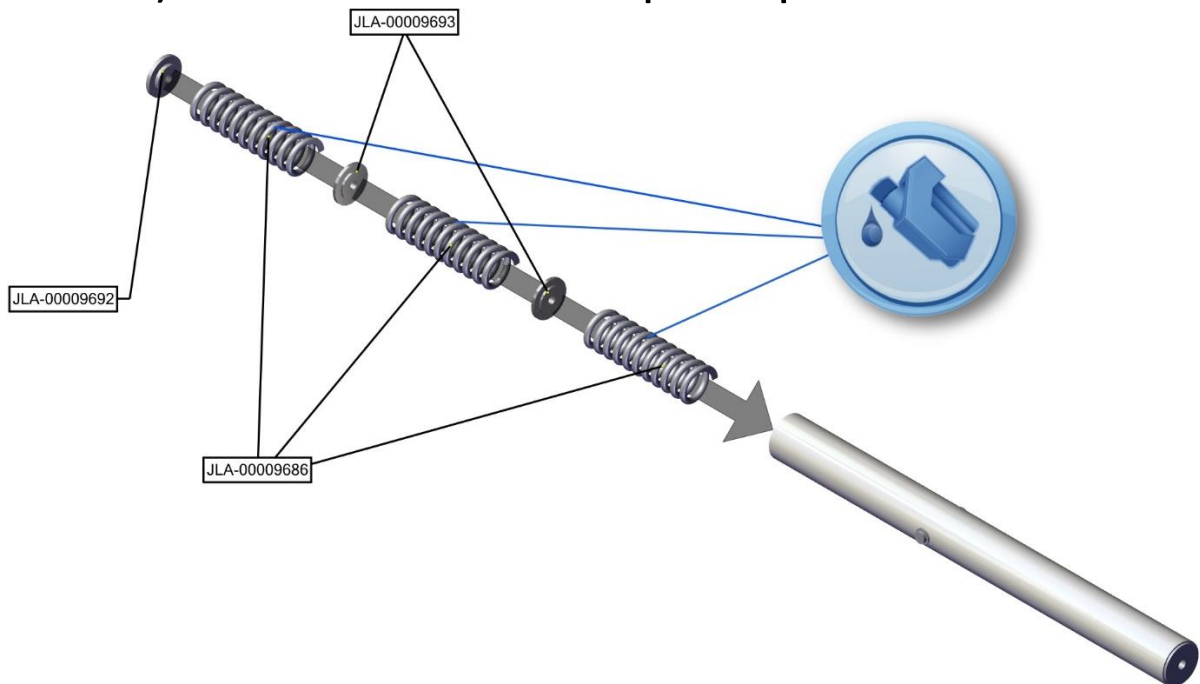


8. Weld part JLA-00009918 to the threaded rod.





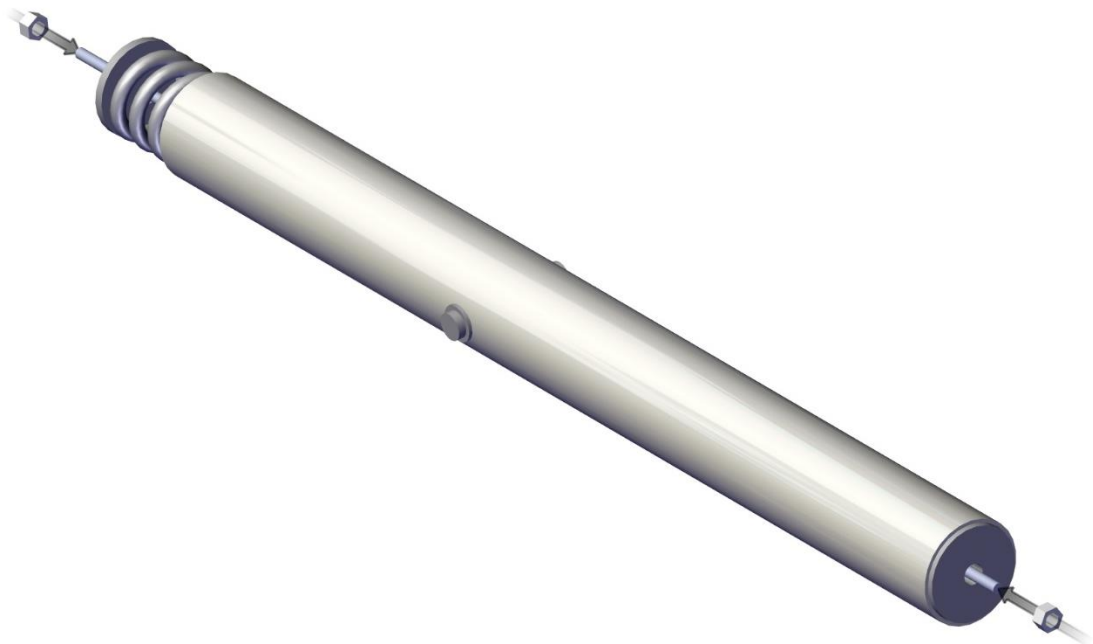
9. Insert parts JLA-00009686, JLA-00009693 and JLA-00009692 in the order specified below in the tube. Apply 65 gram grease to JLA-00009686 (200gram total) make sure the complete part is covered.



10. Insert the temporary threaded rod (1500mm).



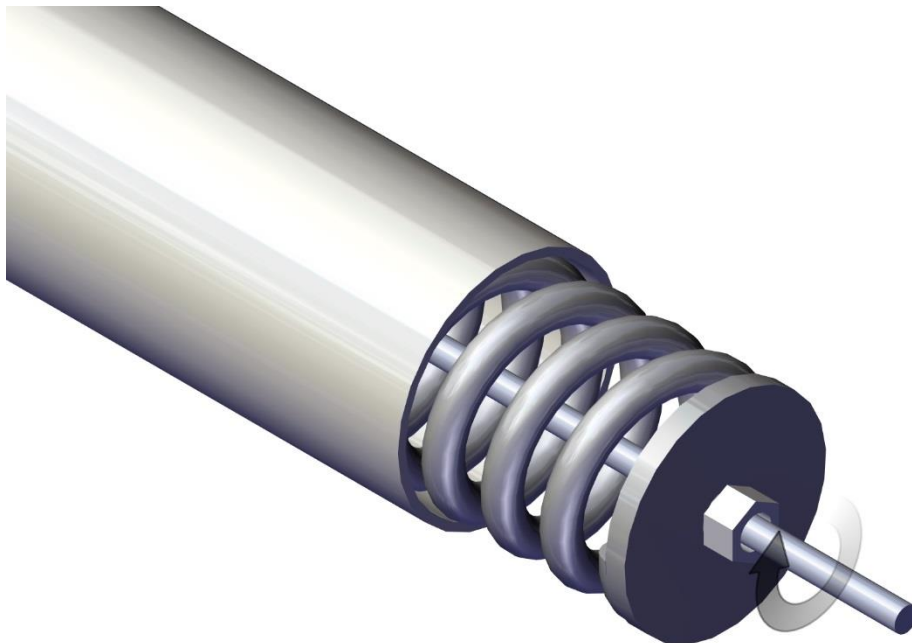
11. Screw a M16 nut on both sides of the threaded rods.



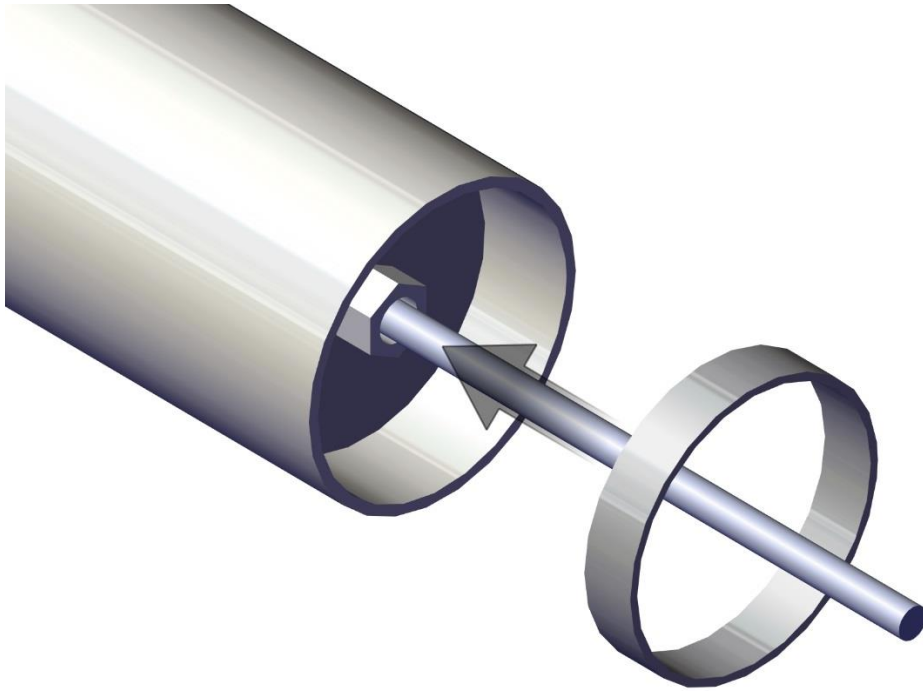
12. Apply a sticker at least 60mm from the open side of the tube before tensioning the spring.



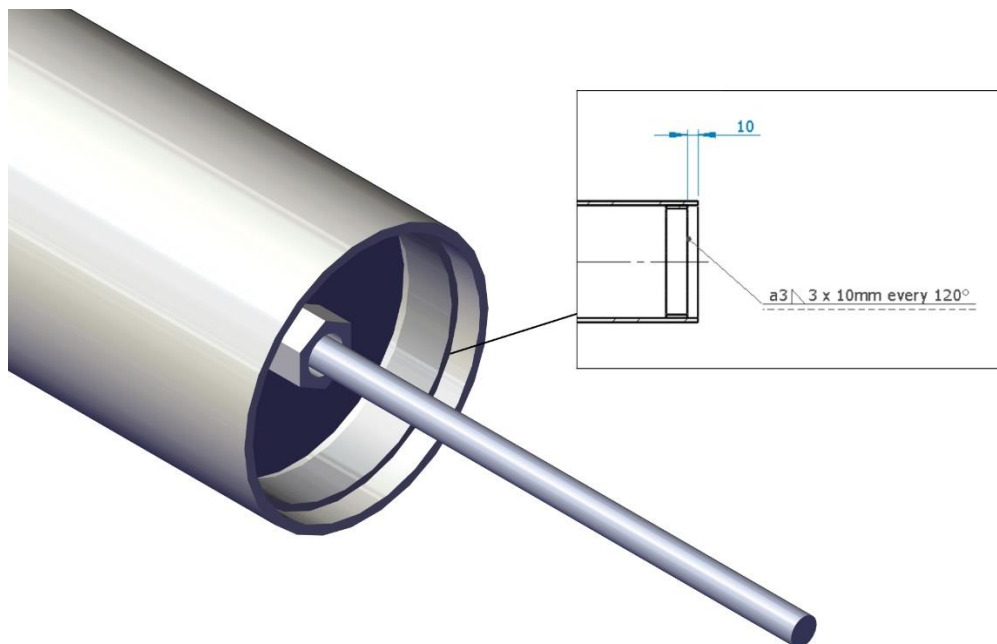
13. Turn the M16 nut clockwise until it is at least 30mm inside the tube.



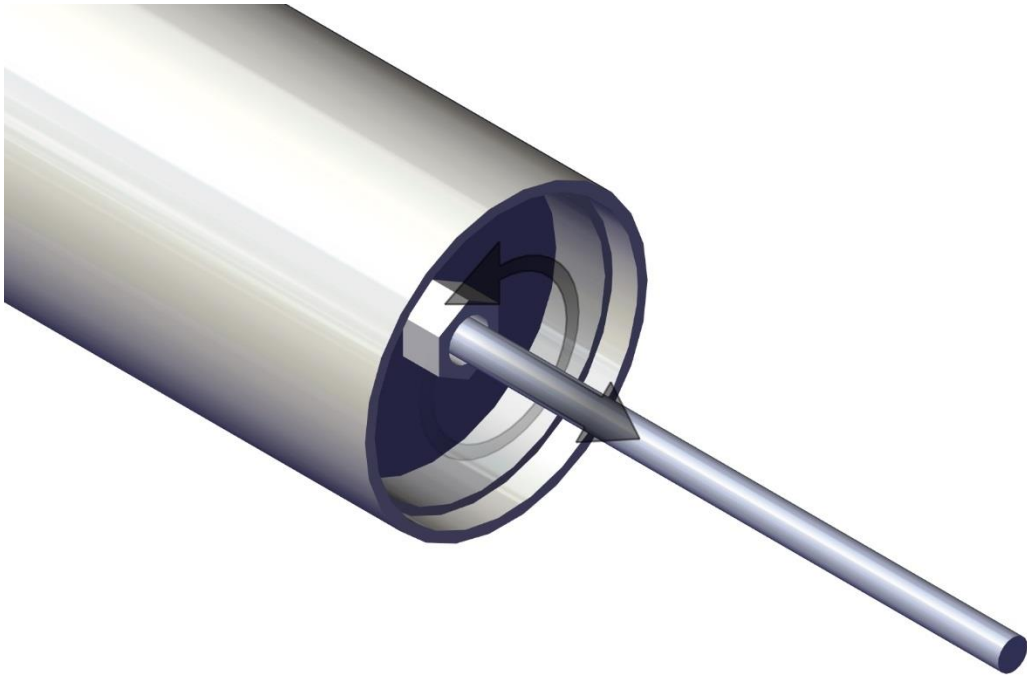
14. Insert part JLA-00009694 in the tube until 10mm of the tube is free to weld.



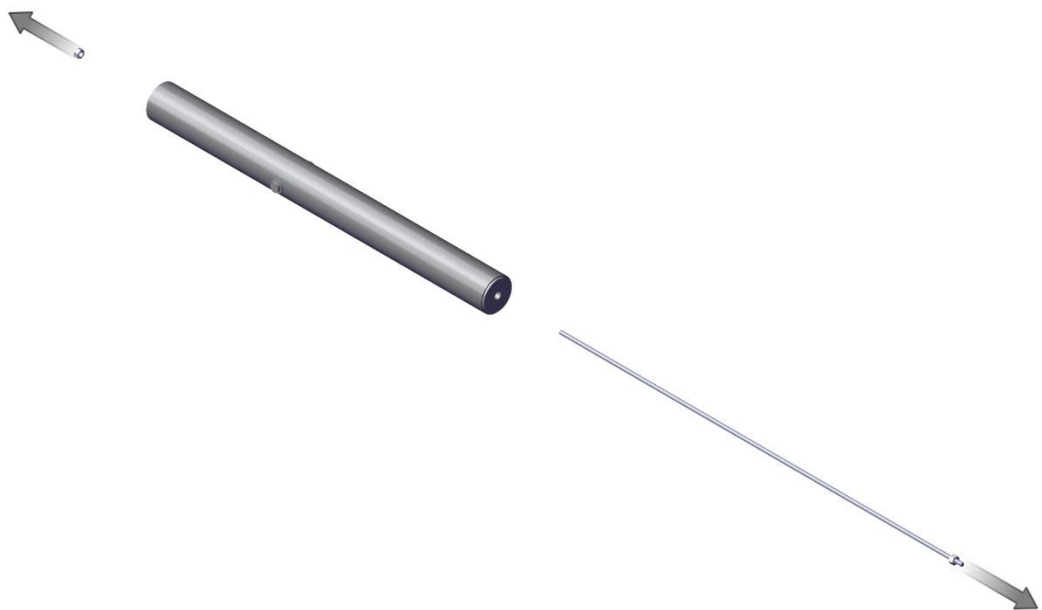
15. Weld part JLA-00009694 to the tube. Make sure it's welded on 3 points with a welding length of 20mm.

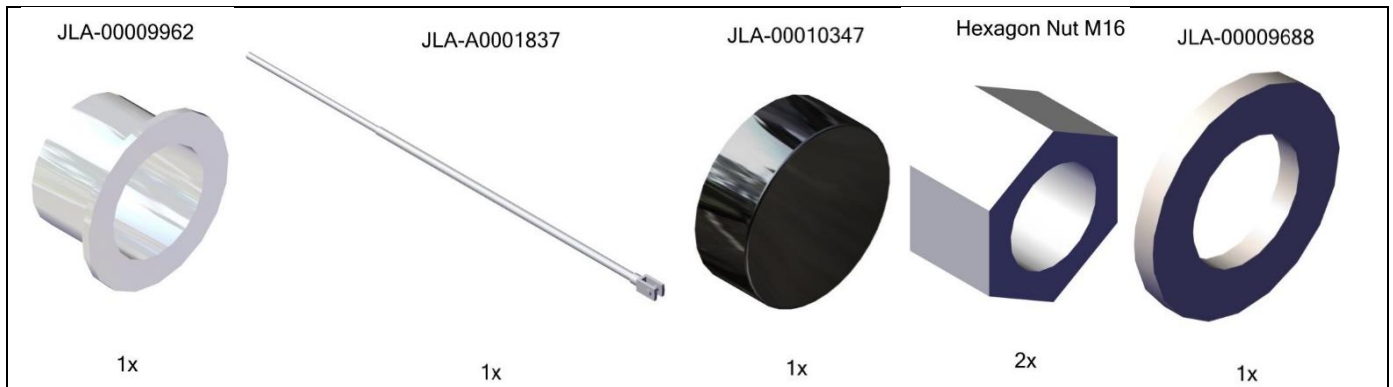


16. Unscrew the M16 nut.

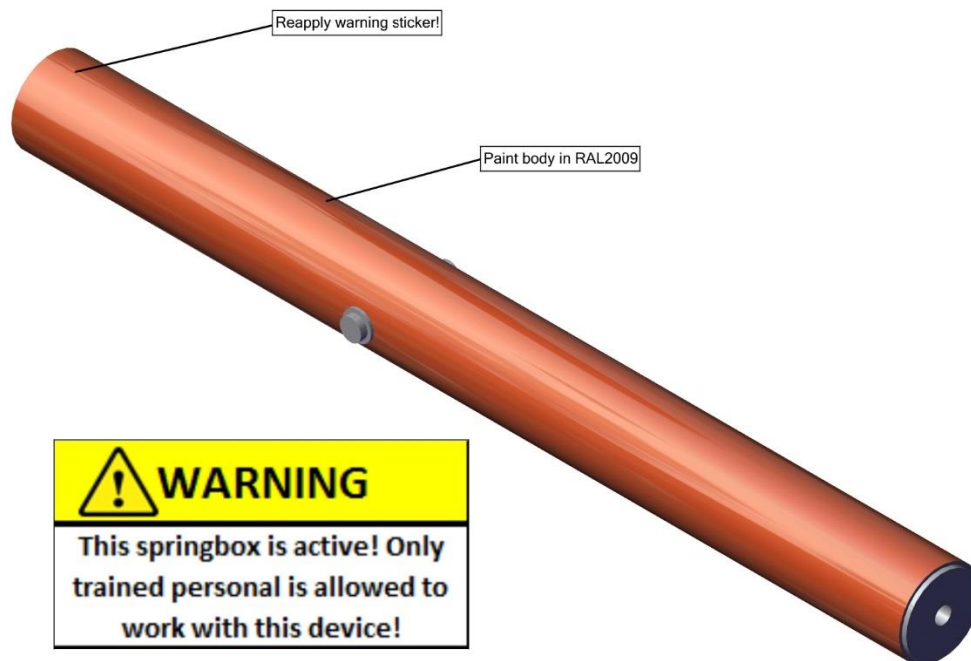


17. Remove the threaded rod and nuts.

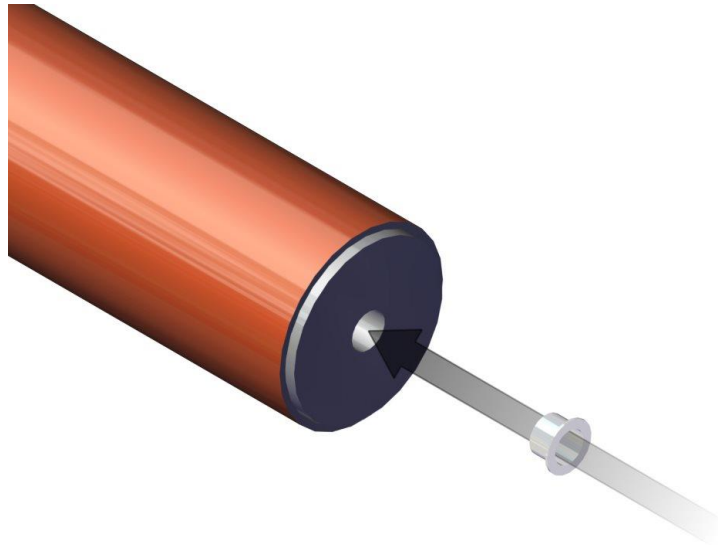




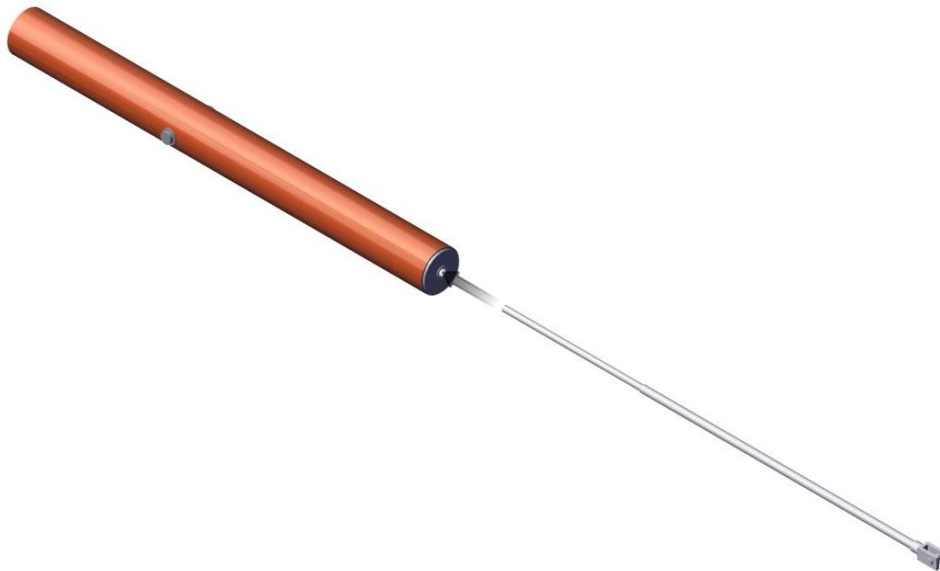
18. Paint the housing in RAL2009 and make sure to reapply a sticker.



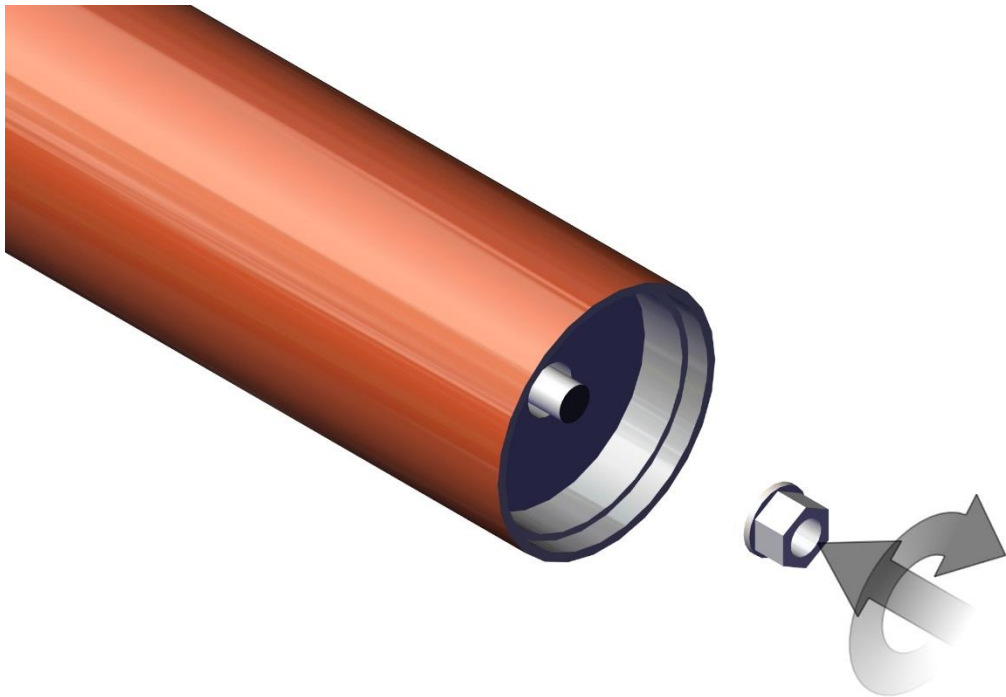
19. Insert part JLA-00009962.



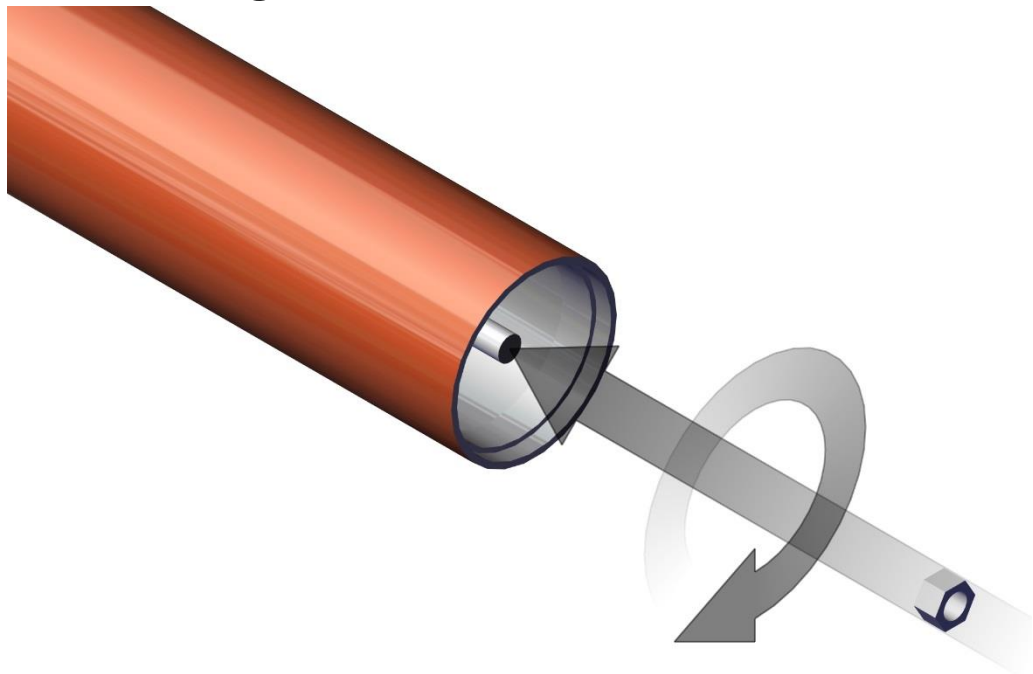
20. Insert Prefab JLA-00001837.



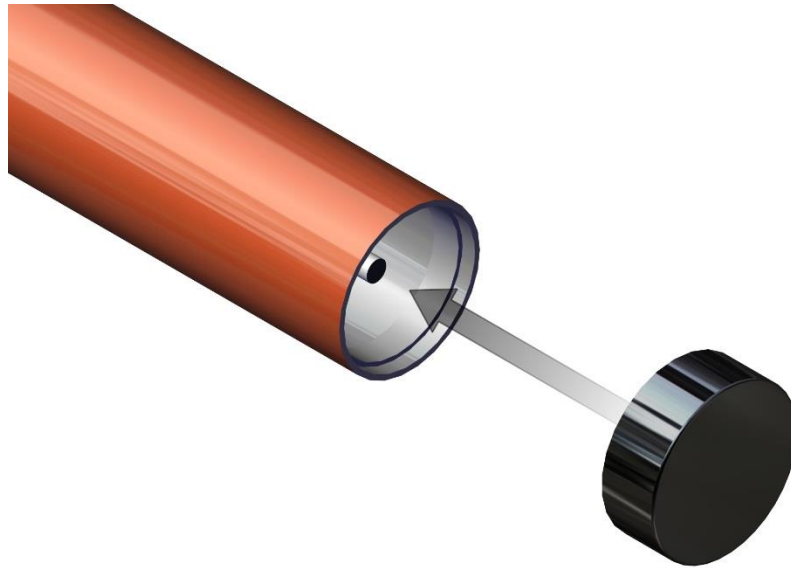
21. On the rear of the body, screw the M16 nut and washer and apply a moment of 9Nm.



22. Insert and tighten the second nut to the first.



23. Put on the end cap.



24. Check to make sure the stickers are applied!

