

Onderzoek en ontwerp nieuwe productielijn:
bevestigen en uitlijnen van de assen op het frame

Olivier De Clerck, Arne Van Ongevalle

Promotoren: dhr. Jan De Strooper, dhr. Patrick Wieland

Masterproef ingediend tot het behalen van de academische graad van
Master of Science in de industriële wetenschappen: elektromechanica

Vakgroep Industriële Technologie en Constructie
Voorzitter: prof. Marc Vanhaelst
Faculteit Ingenieurswetenschappen en Architectuur
Academiejaar 2013-2014



Onderzoek en ontwerp nieuwe productielijn: bevestigen en uitlijnen van de assen op het frame

Arne Van Ongevalle, Olivier De Clerck

Promotoren: dhr. Jan De Strooper, dhr. Patrick Wieland

Masterproef ingediend tot het behalen van de academische graad van
Master of Science in de industriële wetenschappen: elektromechanica

Vakgroep Industriële Technologie en Constructie
Voorzitter: prof. Marc Vanhaelst
Faculteit Ingenieurswetenschappen en Architectuur
Academiejaar 2013-2014

Onderzoek en ontwerp nieuwe productielijn: bevestigen en uitlijnen van de assen op het frame

Arne Van Ongevalle, Olivier De Clerck

Promotoren: dhr. Jan De Strooper, dhr. Patrick Wieland

Masterproef ingediend tot het behalen van de academische graad van
Master of Science in de industriële wetenschappen: elektromechanica

Vakgroep Industriële Technologie en Constructie
Voorzitter: prof. Marc Vanhaelst
Faculteit Ingenieurswetenschappen en Architectuur
Academiejaar 2013-2014

Auteursrechtelijke bescherming

‘De auteur(s) geeft (geven) de toelating deze scriptie voor raadpleging beschikbaar te stellen en delen ervan te kopiëren voor persoonlijk gebruik. Elk ander gebruik valt onder de beperkingen van het auteursrecht, in het bijzonder met betrekking tot de verplichte bronvermelding bij het gebruiken of aanhalen van teksten of resultaten uit deze scriptie.’

Woord vooraf

Deze masterproef kwam tot stand in het kader van het behalen van het diploma master in de toegepaste industriële wetenschappen elektromechanica aan de Universiteit Gent.

Het was via Michiel Schittekat, medestudent, dat we in contact konden komen met de heer Jan De Kraker, bedrijfsleider van Kraker Trailers Axel B.V.. Hiervoor willen we Michiel alvast van harte bedanken. Na ons eerste gesprek met de heer De Kraker en in het bijzijn van de heer Marc Boussen en de heer Alain Hiel, waarbij we een kleine rondleiding en de uitleg over onze opdracht kregen, was voor ons beiden snel duidelijk dat dit een uitstekend bedrijf is met een goede sfeer, ideaal voor het volbrengen van deze masterproef. Een week later hebben we dan ook de heer Patrick Wieland ontmoet, onze promotor van op het bedrijf zelf. Wij zouden graag via deze weg alle bovenvernoemde mensen en werknemers van Kraker Trailers Axel B.V. willen bedanken om ons deze kans te geven en in de mate van het mogelijke te helpen en te begeleiden in onze eerste echte werkomgeving.

Als duo hebben wij deze opdracht tot het uiterste gedreven en hebben er een groot deel van het masterjaar aan besteed. Aangezien we zonder enig voorgesteld concept moesten aan de slag gaan, was het al snel duidelijk dat dit een enorme uitdaging zou zijn. Hierdoor hebben we alles zelf moeten bedenken wat ervoor heeft gezorgd dat er vaak problemen opdoken die opgelost moesten worden. En natuurlijk bracht elke oplossing een ander probleem met zich mee. Zo'n dingen hebben ervoor gezorgd dat de moed ons soms eens in de schoenen is gezonken. Maar met de nodige steun van vrienden, familie en promotoren, zijn we er toch altijd in blijven geloven en zijn we altijd blijven verder gaan. Ondanks de vele obstakels hebben we gedurende dit masterjaar ook veel plezier beleefd en ervaring opgedaan met deze masterproef. Het was tof om toch al wat te kunnen proeven van het bedrijfsleven en om ons eigen werk zo naar het einde toe te zien groeien en vervolledigen.

Voor de realisatie van dit eindwerk zouden we ook graag onze dank betuigen aan onze ouders die ons mentaal en financieel hebben gesteund wanneer nodig gedurende de gehele periode. Maar ook collegastudenten van de Universiteit Gent die een bijdrage geleverd hebben worden langs deze weg bedankt.

Zeker en vast niet te vergeten in deze dankbetuiging zijn onze promotor en co-promotor, de heer Jan De Strooper en de heer Patrick Wieland die ons begeleid hebben en er ook zo voor gezorgd hebben dat dit eindwerk tot een goed einde kon gebracht worden.

Getekend:

De Clerck Olivier
Van Ongevalle Arne

Datum : 15/05/2014

Plaats : Universiteit Gent

Abstract

Kraker Trailers Axel B.V. is een bedrijf dat gespecialiseerd is in het maken van schuifvloertrailers. Hun methode voor de montage van de ophanging en uitlijning van de assen op het frame is momenteel tijdrovend en tevens niet zonder risico's. Hiervoor dient een mal ontwikkeld te worden die deze actie vereenvoudigd, versnelt en minder gevaarlijk maakt.

In het eerste onderdeel werd een literatuurstudie gedaan waaruit de basis van het concept gehaald werd. Ook is er informatie van bestaande concepten gebruikt, zoals het systeem van Krone Trailers. In het tweede onderdeel werd een uitgebreide conceptanalyse uitgevoerd, met als resultaat een definitief concept. Het daarop volgende gedeelte beschrijft het ontwerp van de volledige mal en de verschillende onderdelen.

Het concept omvat drie blokken die elk verantwoordelijk zijn voor het ondersteunen van één as tijdens het proces. De blokken zijn in afstand verschuifbaar tegenover elkaar om het asafstandsverschil tussen verschillende trailers te kunnen opvangen. Het uitlijningssysteem bevindt zich per as op de blokken zelf. Het frame, waaronder de assen komen, brengt men via een kraan boven de drie blokken. Eenmaal de assen uitgelijnd en vastgemaakt zijn aan het frame brengt men dit terug naar boven en kan het gebracht worden naar het volgende stadium in het productieproces. Deze kraan is in deze thesis minder uitvoerig besproken. Tot slot is er een handleiding voor de installatie uitgeschreven en zijn alle berekeningen uitgewerkt.

Het uitgewerkte concept van de mal kan als succesvol worden beschouwd waarbij slechts één detail, de ondersteuningspunten voor het frame, als element kan aanzien worden waar nog optimalisatie mogelijk is. Hiervoor wordt aangeraden om bij de constructie van het ontwerp, deze punten praktisch te gaan testen en eventueel aan te passen.

Kraker Trailers Axel B.V. is a company which is specialized in making moving floor trailers. Their method for the fitting and alignment of the axles on the frame is time-consuming and also dangerous. Therefore a mold must be developed which makes this action easier, faster and less dangerous.

In the first part, a literature study has been done which created the solid base of our future concept. Some information from other companies has been reviewed, for example the mounting system from Krone trailers. Secondly, a concept analysis was executed, which resulted in a definitive concept. Then the design of the complete mold and the several important parts were created.

This results in a final design which includes three blocks of which each is responsible of supporting an axle during the process of the mounting and aligning of the axles. The blocks are movable to take care of the different axle distances which exist between different trailers, and the alignment system is located at the blocks themselves. The frame, on which the axles will be fit, is brought above the blocks with an overhead crane. Such overhead crane has got less attention in this thesis. In conclusion, a manual for the entire concept has been written and the calculations were developed.

The developed concept of the mold can be considered successful with only a small detail, the supporting points of the frame, that could be considered for optimization. Therefore, further modification is recommended when the design is built.

Inhoudsopgave

Woord vooraf	1
Abstract	2
1 Inleiding	6
2 Literatuurstudie	7
2.1 Inleiding	7
2.2 Huidig productieproces	7
2.2.1 Eerste fase	7
2.2.2 Tweede fase	8
2.2.3 Derde fase	8
2.2.4 Vierde fase	10
2.3 Specificaties van de gebruikte assen	12
2.3.1 Veerspoor 1300 mm	12
2.3.2 Veerspoor 1200 mm	16
2.3.3 Veerspoor 980 mm	17
2.4 Wieluitlijning algemeen	18
2.4.1 Inleiding	18
2.4.2 Camber	18
2.4.3 Casterhoek	18
2.4.4 Sporing	19
2.5 Kobus uitlijntechniek	20
2.5.1 Inductieverwarmer JH800 van Josam	20
2.6 Wieluitlijning Hendrickson	21
2.7 Bovenloopkranen Demag	24
2.7.1 Standaardkranen	24
2.7.2 Zwenkkranen	28
3 Conceptanalyse	34
3.1 Kraan voor inklemming van het frame	34
3.1.1 Inleiding	34
3.1.2 Startidee voor ontwerp	34
3.1.3 Concept 1: Draaibaar frame op de grond	35
3.1.4 Concept 2: Aan het plafond en draaibaar frame	37
3.1.5 Concept 3: Niet draaibaar frame	37
3.2 Mal voor de assen	38
3.2.1 Inleiding	38
3.2.2 Concept 1: Elektrisch karretje	38
3.2.3 Concept 2: Vaste mal- beweegbaar frame	39
3.2.4 Concept 3: Enkel verticaal beweegbare assen	40
3.2.5 Concept 4: Één as per kar	42
3.2.6 Concept 5: Vaste blokken	42
3.3 Uitlijning	43
3.3.1 Inleiding	43
3.3.2 Concept 1: Semi-automatische uitlijning op de wielnaafbouten	43
3.3.3 Concept 2: Uitlijning op wielnaafbouten met spindel	44
3.4 SWOT-analyse	45
3.4.1 Concepten kar	45
3.4.2 Concepten kraan	45

3.4.3	Concepten uitlijning	46
3.4.4	Evaluatie concepten kar	47
3.4.5	Evaluatie concepten kraan.....	47
3.4.6	Evaluatie concepten uitlijning.....	48
3.5	Totaal concept 1.....	49
3.5.1	Stap 1.....	49
3.5.2	Stap 2.....	49
3.5.3	Stap 3.....	49
3.6	Totaal concept 2.....	53
3.6.1	Stap 1.....	53
3.6.2	Stap 2.....	53
3.6.3	Stap 3.....	53
4	Onderzoek.....	55
	<i>Technisch dossier</i>	56
5	Ontwerp uitlijningssysteem	56
5.1	Uitwerking van de uitlijning + uitleg gebruikte componenten.....	56
5.1.1	Inleiding	56
5.1.2	Nieuw ontwerp	56
5.1.3	Geleidingsrails.....	59
6	Ontwerp centreringssysteem voor de assen in de mal	61
6.1	Inleiding.....	61
6.2	Centrering via twee synchroon gestuurde cilinders.....	61
6.2.1	Probleem.....	62
6.3	Centrering via een extra centreeras	63
6.3.1	Probleem.....	65
6.4	Centrering via ondersteuning.....	65
6.4.1	Voordeel	67
7	Ontwerp van de referentiepunten en ondersteuning van het frame	68
8	Materiaalselectie	71
8.1	Staal S235JR.....	71
8.2	Polyurethaan	71
9	Gebruiksaanwijzing	72
9.1	Toelichting gebruikte pneumatische componenten	72
9.1.1	Meerstandencilinder	72
9.1.2	Ondersteuningcilinder	72
9.1.3	Centreercilinders	73
9.1.4	Profielcilinders	73
9.1.5	Uitlijningcilinders.....	74
9.1.6	Sturing van de cilinders.....	74
10	Berekeningen.....	84
10.1	Berekeningen van de cilinders.....	84
10.1.1	Ondersteunende cilinders (verticale beweging)	84
10.1.2	Centreercilinders	91
10.1.3	Meerstandencilinder (horizontale beweging).....	93
10.1.4	Profielcilinders	99
10.1.5	Uitlijningscilinders	103
10.2	Sterkteberekeningen	105

10.2.1	Inleiding	105
10.2.2	Blok zonder geleiders	106
10.2.3	Blok op geleiders	110
10.2.4	Uitlijningsprofiel	110
10.2.5	Profiel steun	113
10.2.6	Centreerprofiel	115
10.2.7	Centreerondersteuning	119
10.2.8	Ondersteuning frame	121
11	Algemene voorstelling 3D-model	125
12	Veiligheid, normen en veiligheidsinstructiekaart	127
12.1	Statistieken van ongevallen	127
12.2	Informatie over de omgeving van de machine	127
12.3	Gebruik door professionelen of consumenten	127
12.4	Gebruikerservaringen van gelijkaardige machines	127
12.5	Lijst van relevante normen en andere technische documentatie	127
12.5.1	Normen inzake afscherming van personen	127
12.5.2	Normen inzake maattoleranties en ruwheden	127
13	Algemeen besluit	129
	Lijst met figuren en tabellen	131
	Bronvermelding en literatuurlijst en geraadpleegde literatuur	135
	Bijlagen	136
	Bijlage A: Berekening cilinders	1
	Centreercilinders	1
	Profieluitlijningcilinders	3
	Kortslagcilinders	6
	Bijlage B: Aangekochte componenten	1
	Deel 1: Algemene onderdelen	1
	Deel 2: Lijst bouten, moeren en sluitringen	7
	Bijlage C: Tekeningenbundel	1
	Exploded views	1
	2D-tekeningen	1

1 Inleiding

Kraker Trailers Axel B.V. heeft als doel om hun productie op te drijven van de huidige twee geproduceerde trailers per dag naar vier tot zes trailers. Op dit moment gebeurt de productie van één trailer in verschillende stadia en niet op één lijn. Dit zorgt voor een tijdsvertraging en brengt met zich mee dat men maar twee trailers per dag kan produceren. Hiervoor zal een nieuwe productiehal gebouwd worden welke voorzien zal zijn van een continue lijn waarbij op het einde van deze lijn een volledige trailer buitenrijdt. Hiervoor werd de opdracht gegeven om een onderdeel van deze continue lijn te gaan ontwerpen. De opdracht heeft betrekking op het eerste stadium van de nieuwe lijn en bestaat uit het ontwikkelen van een mal voor de ophanging en uitlijning van de assen op het frame. In het huidige productieproces gebeurt dit te omslachtig en op een onveilige manier. Hierbij worden de assen namelijk bevestigd op een omgedraaid frame en als men rekening houdt met het feit dat zo'n frame 10 meter lang is, kan men zich wel voorstellen dat het omdraaien van een frame geen sinecure en gevaarlijk is. Bovendien is de uitlijning nog veel te onnauwkeurig aangezien deze gebeurt met een lintmeter en men spreekt over millimeterwerk. Hiervoor dient dus een betere, veiligere en snellere oplossing bedacht te worden.

De intentie van deze studie is om met een zo eenvoudig mogelijk ontwerp, wat zal leiden tot een lage kostprijs, een zo groot mogelijke last van het personeel weg te nemen en de productie zo efficiënt mogelijk te verhogen.

Als eerste is er begonnen met een literatuurstudie omtrent de inhoud van het huidige productieproces, het type assen en frames en de mogelijke combinaties hiervan. Verdere literatuurstudie behandelt het uitlijningsproces, waaruit afgeleid is hoe het bestaande systeem kan geoptimaliseerd en geautomatiseerd worden. Ook is er nog een studie uitgevoerd over de verschillende types bovenloopkranen.

Aanvankelijk is er uitgaande van die gegevens een conceptanalyse gebeurd, waarvan uiteindelijk één definitief concept is overgebleven. Eenmaal dit concept verduidelijkt is, werd het eigenlijke ontwerpen en modelleren aangevat. Hiervoor werd met behulp van alle datasheets van de assen en frames een eerste ontwerp op papier gezet. Dit ontwerp is, zoals alle volgende, nog bijgewerkt tijdens het verder evolueren van het totaal ontwerp. Alle voor vermelding waardige aanpassingen zijn in de scriptie vermeld, met de probleemstelling en de oplossing. Zo ook zijn het ontwerp van de afzonderlijke blokken waar de assen in komen, het systeem om deze op verschillende afstand te plaatsen en de ondersteuning van het frame tot stand gekomen. Als oplossing voor een laatste probleem, namelijk het naar voor (richting bokbevestiging) vallen van de assen terwijl ze geplaatst zijn in de ondersteuning, werd de centreerondersteuning ontwikkeld. Dit probleem werd pas aan het licht gebracht na een vergadering met alle belanghebbenden bij Kraker Trailers Axel B.V. en hiervoor werd dan ook een kort onderzoek opgesteld, wat te vinden is onder het respectievelijke hoofdstuk. Met dit ontwerp is ook een ander probleem opgelost, namelijk dat voor het centreren van de assen wanneer deze in de mal geplaatst worden. Een volgend onderdeel dat aan bod komt is een handleiding die opgesteld is voor de operatoren en die ook kan dienen als leidraad doorheen de scriptie. Tot slot zijn alle berekeningen die in de masterproef uitgevoerd zijn, duidelijk voorgesteld en uitgewerkt. Het gaat meer bepaald over berekeningen van pneumatische componenten en sterkteberekeningen. Enkel de belangrijkste berekeningen zijn in de scriptie opgenomen en de gelijklopende zijn te vinden in de bijlage.

2 Literatuurstudie

2.1 Inleiding

In dit onderdeel werd bij aanvang van de thesis een kort overzicht van alle geraadpleegde informatiebronnen samengevat. Via deze weg is er een duidelijk beeld geschept omtrent het huidige productieproces, de uitlijningsprocedure op zich, alle verschillende types assen en frames en de soorten bovenloopkranen. Uit deze studies werd de meest nuttige informatie gehaald en hieronder gebundeld, waardoor er een goed overzicht verkregen werd voor het ontwerp van de eerste concepten.

2.2 Huidig productieproces

Het originele productieproces zoals het tot op heden uitgevoerd wordt, is hieronder beknopt samengevat. Hierop is het vernieuwde proces gebaseerd en in overleg met het bedrijf werd een zo goed mogelijk ontwerp opgebouwd.

Het proces bestaat uit 4 grote fasen: Voorbereiden en klaarzetten van het frame en de assen, de accessoires (balgen, schokdempers etc.) monteren op het frame, assen bevestigen en uitlijnen, frame omdraaien en wielen en pneumatica monteren.

2.2.1 Eerste fase

Vooraleer deze fase van start kan gaan, moet gecontroleerd worden of alle benodigde onderdelen in stock zijn, welke onderdelen er exact voorzien moeten worden en welke uitlijning de gekozen assen moeten hebben. Eenmaal dit gebeurd is, kan het eigenlijke productieproces opgestart worden.

Er zijn assen in vele modellen van verschillende producenten. De meest gebruikte zijn deze van SAF en van BPW, een derde producent is Mercedes. Voor de exacte informatie en de mogelijke opties voor de assen, wordt verwezen naar onderdeel '2.3 Specificaties van de gebruikte assen'.

De assen worden geleverd op een houten constructie en staan buiten de productiehal gestockeerd. Deze zijn per frame op die constructie geplaatst, dus afhankelijk van het aantal assen op de trailer zullen dit er twee of drie zijn. Deze worden met een vorkheftruck naar de juiste werkpost gebracht. Ook de frames worden buiten gestockeerd. Het frame wordt met een vorkheftruck naar de ingang van de werkpost gebracht en wordt daar met een *overhead crane*¹ getakeld van de heftruck.

¹ Een *overhead crane* is een kraan die vooral terug te vinden is in een industriële omgeving. Het bestaat uit twee parallelle banen waartussen zich een bewegende brug bevindt. Aan deze brug bevindt zich dan een hijskraan die het werk uitvoert. Verder in de thesis wordt ook bovenloopkraan gebruikt voor dezelfde term. Zie ook '2.7 Bovenloopkranen Demag'.

Momenteel moet het frame nog gedraaid worden omdat in dit proces het onderstel van de trailer ondersteboven gemonteerd wordt. Dus de assen worden op het frame gemonteerd in plaats van eronder. Hiervoor moet een gevaarlijk en tijdrovend manoeuvre uitgevoerd worden. De kraan neemt het frame aan één kant op en trekt deze naar boven, hierdoor komt het frame verticaal te hangen boven de grond. Door ze te laten steunen op haar zijkant op de grond en dan naar links of rechts te bewegen (afhankelijk van de originele ligging van het frame), zal deze ondersteboven op de grond komen te liggen. Dan wordt het frame opnieuw opgenomen en geplaatst op een montagesteun. Ze wordt vastgeklemd en uitgelijnd tegen aanslagen op de montagesteun (zie blauw gedeelte waar het frame zich op bevindt in figuur 1), zodat ze niet kan bewegen en later de uitlijning van de assen correct uitgevoerd wordt.

De assen worden van hun bescherming (plastiek folie om corrosievorming tegen te gaan en de lak te beschermen) ontdaan en enkele kleine ventielen en accessoires worden gemonteerd.

2.2.2 Tweede fase

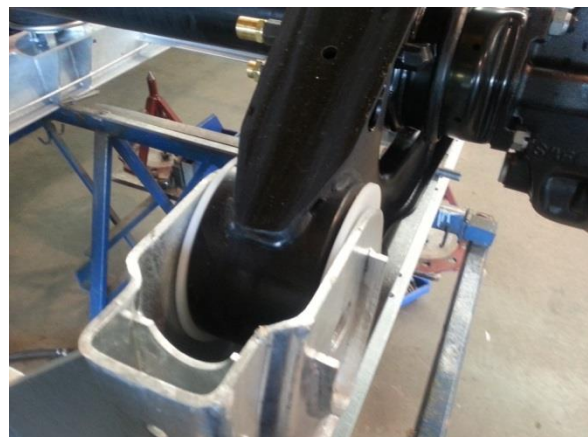
Tijdens deze fase worden de benodigheden voor het monteren van de assen op het frame klaargelegd en gemonteerd. Het gaat dan hoofdzakelijk over de balgen en de schokdempers. Ook de correcte bouten, moeren en sluitringen worden klaargelegd.



Figuur 1: Frame gedraaid en onderdelen klaargelegd

2.2.3 Derde fase

De derde fase is de meest tijdrovende en ook de belangrijkste. Hier worden namelijk de assen uit hun houten constructie genomen en één voor één op het frame bevestigd en meteen ook uitgelijnd. Een as wordt verplaatst via de overhead crane met behulp van 2 kettingen die door middel van een schroefbevestiging gemonteerd wordt op de as. De as wordt ongeveer op de gewenste positie boven het frame gepositioneerd en



Figuur 2: Fase drie, montage schokdempers

wordt naar beneden gelaten zodat de schokdempers eerst gemonteerd kunnen worden. Op dit moment worden de balgen nog niet bevestigd op de assen, want dit wordt pas uitgevoerd als het frame op rijhoogte staat, hierop wordt in onderdeel ‘5 Ontwerp uitlijningssysteem’ dieper ingegaan. Het is van groot belang dat de assen op de correcte plaats gemonteerd worden, want niet alle drie de assen zijn dezelfde. De middenste as is degene die de rijhoogte bepaald.

Wanneer de schokdempers bevestigd zijn, kan de as bevestigd worden op het frame. Op dit moment worden de bouten voor het volledig vastzetten van de as nog niet op aanhaalmoment aangedraaid. Vooral de grote bout die instaat voor de uitlijning wordt maar handvast aangespannen, aangezien deze nog versteld moet worden. Als dit gebeurd is, kan de eigenlijke uitlijning van de as gebeuren. Dit wordt handmatig gedaan door de afstand van de middelpunten van de wielnaven te meten ten opzichte van de kingpin, wat hieronder uitgelegd wordt. Hiervoor is dus de inklemming van het frame op de montagesteun van voordien zeer belangrijk, want dit is een proces dat tot op een millimeter nauwkeurig moet gebeuren. Voor meer informatie omtrent het huidige uitlijningsproces wordt verwezen naar ‘2.6 Wieluitlijning Hendrickson’.



Figuur 3: Uitlijningssysteem

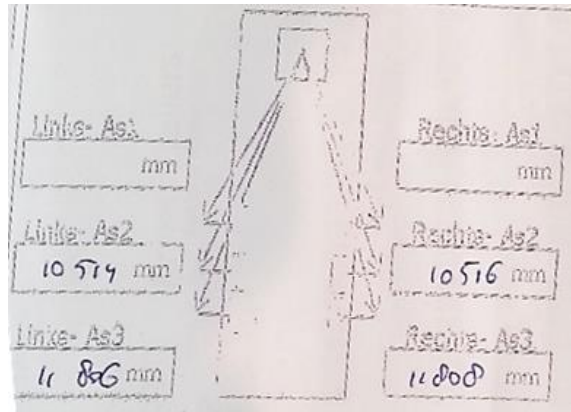
2.2.3.1 *Uitlijning*

In het huidige productieproces gebeurt de uitlijning volledig handmatig met een lintmeter tegenover een denkbeeldige kingpin². Zoals reeds vermeld, wordt het frame na omdraaien op een montagesteun geplaatst. Het is uiterst belangrijk dat dit frame mooi uitgelijnd ligt tegenover de denkbeeldige kingpin zodat de uitlijning van de assen correct kan verlopen. Eenmaal dit gebeurd is en een as klaar is voor de uitlijning wordt op beide wielnaven een constructie geïnstalleerd welke duidelijk het middelpunt van de wielnaaf weergeeft, zie figuur 4. Nu zal men via een lintmeter de afstand meten vanaf de kingpin tot aan beide middelpunten van de wielnaven. Afhankelijk van het soort as en de constructeur zal op deze afstand een bepaald verschil moeten zijn zodat de as een correcte uitlijning krijgt. Bij een SAF-as bedraagt dit verschil bijvoorbeeld 2 mm tussen beide wielnaven. Hierbij zal de buitenste wielnaaf de grootste afstand moeten hebben. Uiteraard is dit een iteratief proces, dat wat tijd in beslag neemt. Hiervoor zal men de excentriek meer aandraaien zodat de as onder een hoek komt te liggen. Wederom wordt de afstand gemeten en wordt er gekeken of het verschil nu wel correct is.

² De kingpin is een onderdeel van de koppeling tussen oplegger en trekker



Figuur 4: Constructie op wielnaaf voor weergeven middelpunt en uitlijning (links)



Figuur 5: Notatie van het verschil in afstanden van kingpin tot wielnaaf (rechts)

Wanneer de as correct uitgelijnd is, kan de uitlijningsbout op het juiste aanhaalmoment aangedraaid worden, dit is in geval van een SAF-as 400 Nm en daarna wordt ze nog eens 120° verder gedraaid, zoals volgens de methode van hoekgestuurd aanspannen op moment beschreven wordt.

Deze fase moet dus volledig doorlopen worden voor iedere as. Zoals hier duidelijk is, neemt dit veel kostbare tijd in beslag en is dit concept niet bepaald zeer nauwkeurig te noemen. Met het nieuwe concept is geprobeerd om zoveel mogelijk handelingen simultaan te laten verlopen en voor te bereiden, zodat zo min mogelijk tijd verloren raakt tijdens het monteren. Nadat iedere as gemonteerd is, wordt de uitlijning na aanspanning nog eens opgemeten en de waarden worden genoteerd in een sjabloon (zie figuur 5).

Na het monteren van iedere as worden de balgen hiervan aangespannen, normaal moet dit op rijhoogte gebeuren, maar wegens de goede bouw van de montagesteun, staat het frame al op rijhoogte. Als ook dit gebeurd is, worden de extra opties aangebracht, zoals de balgen die ervoor zorgen dat een as in z'n geheel kan opgelift worden (meestal de eerste as).



Figuur 6: Systeem om as volledig te liften

2.2.4 Vierde fase

Als al het voorgaande afgerond is, dan moeten de wielen, de pneumatica, de bumper en de steunpoten nog gemonteerd worden. Hiervoor dient het frame opnieuw gedraaid te worden zodat de wielen naar onder wijzen zoals het hoort. Dit gebeurt op dezelfde manier als bij de tweede fase. Opnieuw is dit dus een vrij omslachtige, tijdrovende en onveilige manier. Daarna wordt het frame gepositioneerd op twee verrijdbare steunen, die tevens ook in hoogte verstelbaar zijn, zodat de rest van de onderdelen gemonteerd kan worden. Eerst wordt de

achterbumper gemonteerd, dan worden de poten onder het frame, de elektrische bediening van de moving floors, de pneumatische bediening van de handrem, de luchtreservoirs en de leidingen geplaatst. Tot slot worden de velgen en de banden gemonteerd en is het frame tot hertoe klaar voor de volgende stap in de productie.



Figuur 7: Vierde fase: draaien frame en plaatsen op steunen

2.3 Specificaties van de gebruikte assen

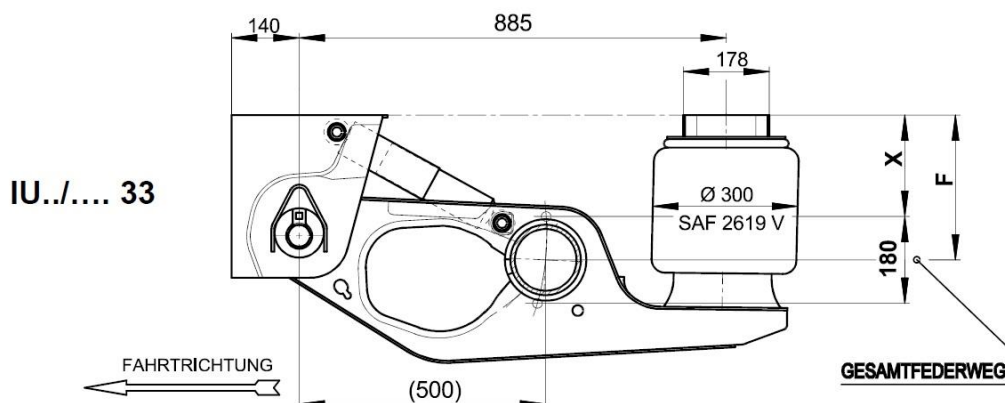
Bij Kraker Trailers Axel B.V. werkt men samen met drie leveranciers van assen die gebruikt worden in de productie van hun trailers. Deze zijn SAF, BPW en Mercedes, waarvan de laatste het minst gebruikt wordt. Hieronder kan men een onderverdeling vinden van de assen, opgedeeld volgens de veersporen³. Per as zullen de benodigde gegevens weergegeven worden, welke gebruikt worden in de thesis. Er zijn drie verschillende veersporen, nl. 1300 mm, 1200 mm en 980 mm, waarvan de eerste het meest voorkomend is.

Ter algemene informatie over de assen is het belangrijk te weten dat de assen op een frame een bepaalde onderlinge asafstand hebben tegenover elkaar en deze kan verschillen van trailer tot trailer. Zo zijn er drie verschillende asafstanden : 1310 mm – 1410 mm – 1810 mm.

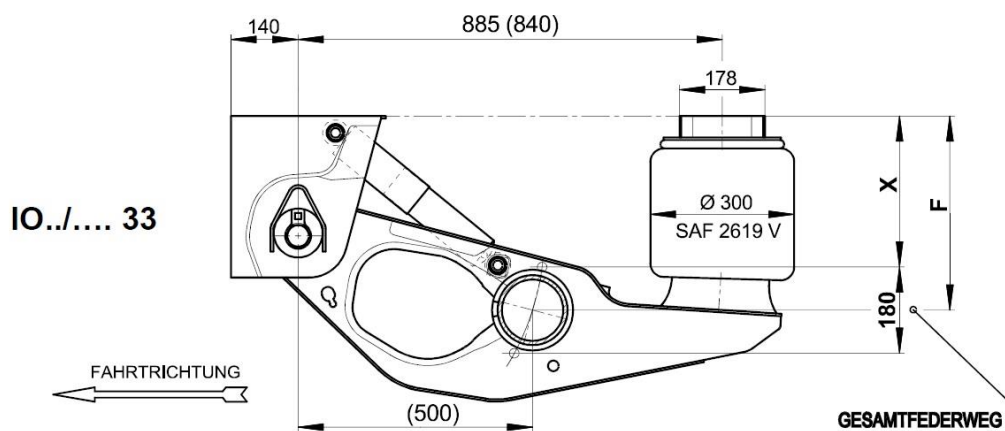
2.3.1 Veerspoor 1300 mm

SAF

Bij de gebruikte SAF-assen maakt men vooral onderscheid tussen IO en IU assen. Dit verschil duidt op een andere bevestigingshoogte van de luchtvering.



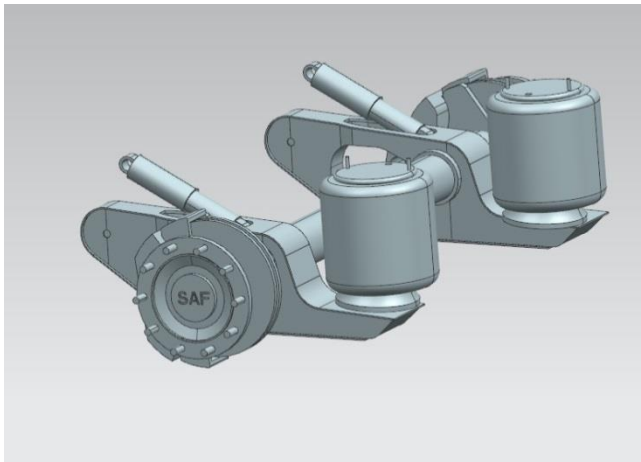
Figuur 8: IU Luchtvering



Figuur 9: IO Luchtvering

³ i.e. de afstand tussen twee bokken

IU34/2505 41 en IU42/3015 41



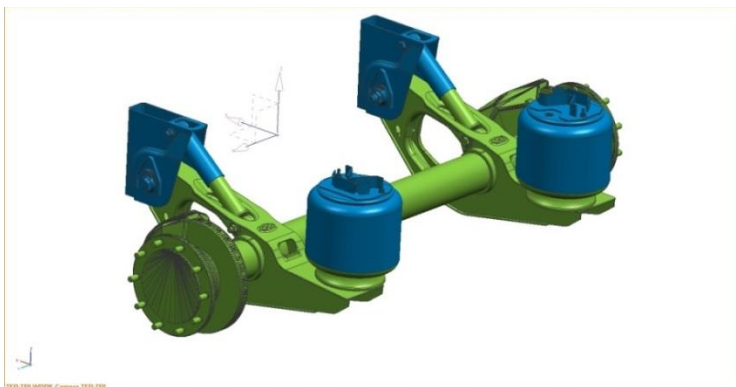
Figuur 10: SAF IU-as met balgen

Het verschil tussen de IU34 en de IU42 is de rijhoogte. Voor verduidelijking van de rijhoogte kan men in figuren 8 en 9 de rijhoogte terugvinden als de lengte F.

De bokbevestigingsbreedte ⁴ :	95 mm
De rijhoogte van IU34:	Gemiddeld 340 mm
Hoogte verhoogblok ondersteuning ⁵ :	87 mm
Hoogte bus ondersteuning kingpin:	411 mm

De rijhoogte van IO42:	Gemiddeld 420 mm
Hoogte verhoogblok ondersteuning:	167 mm
Hoogte bus ondersteuning kingpin:	491 mm

IO40-2505-42

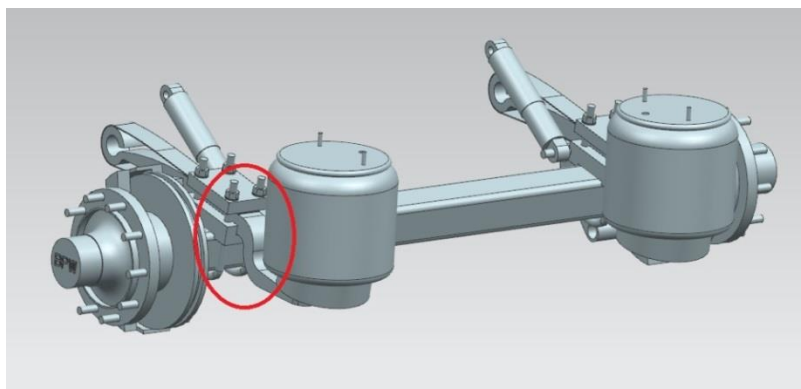


Figuur 11: SAF IO-as met balgen

⁴ Bokbevestigingsbreedte is de breedte van het deel van de as welke in de bok bevestigd zal worden. Dit zal benodigd zijn voor de centrering van de assen in de mal.

⁵ Voor meer uitleg over verhoogblok ondersteuning en hoogte bus ondersteuning kingpin wordt men doorverwezen naar '7 Ontwerp van de referentiepunten en ondersteuning van het frame'.

BPW airlight II TSB, met ophanging boven de as en schijfrem



Figuur 14: BPW airlight II TSB, rode cirkel toont ophanging boven de as

De bokbevestigingsbreedte:	68 mm
De rijhoogte (afstand FH op figuur 13):	Gemiddeld 325 mm of 397,5 mm
Hoogte verhoogblok ondersteuning:	72 mm of 144,5 mm
Hoogte bus ondersteuning kingpin:	396 mm of 468,5 mm

BPW airlight II TSB, met ophanging onder de as en schijfrem

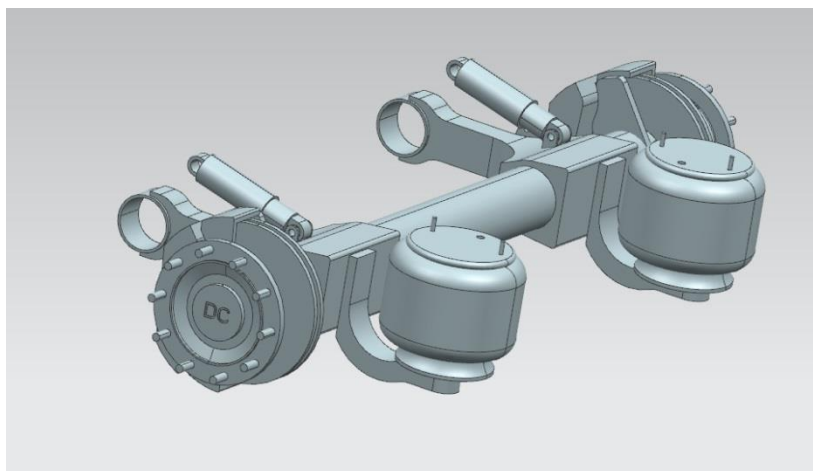
De rijhoogte:	Gemiddeld 265,5 mm of 285 mm
Hoogte verhoogblok ondersteuning:	12,5 mm of 32 mm
Hoogte bus ondersteuning kingpin:	336,5 mm of 356 mm

BPW airlight II SN, trommelrem

De rijhoogte:	Gemiddeld 325 mm of 397,5 mm
Hoogte verhoogblok ondersteuning:	72 mm of 144,5 mm
Hoogte bus ondersteuning kingpin:	396 mm of 468,5 mm

Mercedes

Van het merk Mercedes gebruikt men maar één soort as.



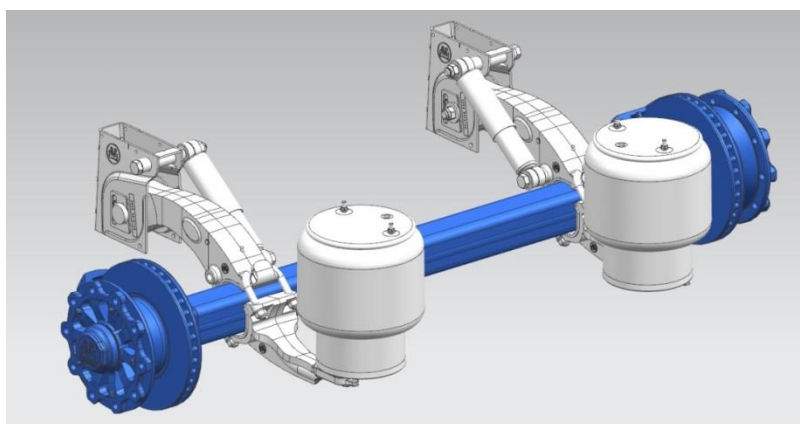
Figuur 15: Mercedes as met balgen

De bokbevestigingsbreedte:	91,5 mm
De rijhoogte:	Gemiddeld 330 of 425 mm
Hoogte verhoogblok ondersteuning:	77 mm of 172 mm
Hoogte bus ondersteuning kingpin:	401 mm of 496 mm

2.3.2 Veerspoor 1200 mm

In de toekomst zal men bij Kraker Trailers B.V. werken met de '*ECO Air Compact*' assen van BPW. Dit zowel met schijf- als trommelremmen en deze zullen een veerspoor hebben van 1200 mm.

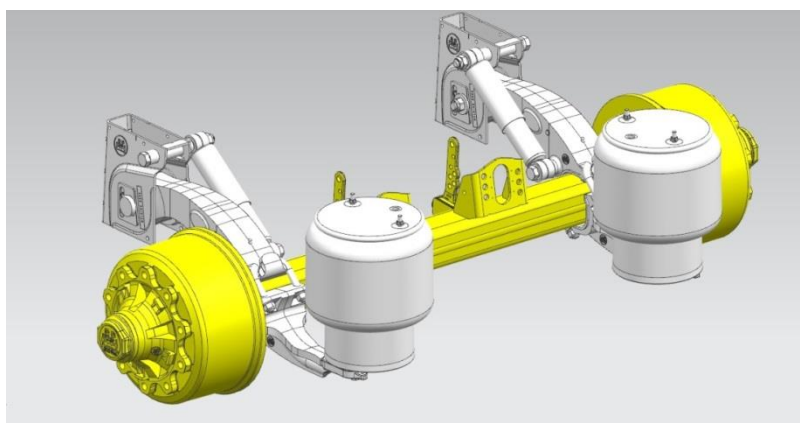
BPW ECO Air Compact met schijfrem



Figuur 16: BPW ECO Air Compact schijfrem

De bokbevestigingsbreedte:	98 mm
De rijhoogte:	Gemiddeld 340 mm
Hoogte verhoogblok ondersteuning:	87 mm
Hoogte bus ondersteuning kingpin:	411 mm

BPW ECO Air Compact met trommelrem



Figuur 17: BPW ECO Air Compact met trommelrem

De bokbevestigingsbreedte:	98 mm
De rijhoogte:	Gemiddeld 340 mm
Hoogte verhoogblok ondersteuning:	87 mm
Hoogte bus ondersteuning kingpin:	411 mm

2.3.3 Veerspoor 980 mm

Dit kortere veerspoor gaat samen met de draaibare achterassen van SAF.

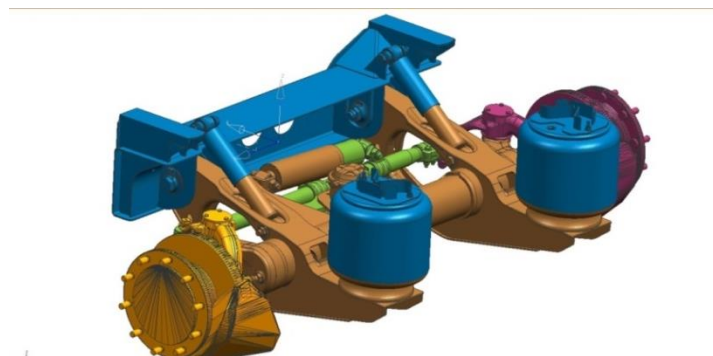
BL9 - 22S - IO40/2505 42Q



Figuur 18: BL9-22S-IO40/2505 42Q

De bokbevestigingsbreedte:	97 mm
De rijhoogte:	Gemiddeld 405 mm
Hoogte verhoogblok ondersteuning:	152 mm
Hoogte bus ondersteuning kingpin:	476 mm

BLL9 - 22S - IO40/2505 42Q



Figuur 19: BLL9-22S-IO40/2505 42Q

De bokbevestigingsbreedte:	97 mm
De rijhoogte:	Gemiddeld 405 mm
Hoogte verhoogblok ondersteuning:	152 mm
Hoogte bus ondersteuning kingpin:	476 mm

2.4 Wieluitlijning algemeen

2.4.1 Inleiding

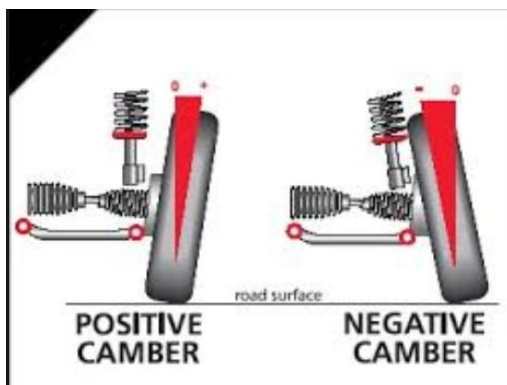
In dit gedeelte wordt de algemene wieluitlijning nader bekeken en vergeleken met de toepassing in het huidige productieproces. Wieluitlijning houdt in dat de wielen onder een bepaalde hoek worden gesteld volgens de normen van de fabrikant. De bedoeling hiervan is om de slijtage van de banden te beperken, de uitstoot te verminderen door de beter verkregen baanligging en er dus voor te zorgen dat de trailer een rechte baan beschrijft en niet naar één bepaalde kant trekt.

Hierbij zijn de belangrijkste termen:

- Camber;
- Casterhoek;
- Toe- of uitspoor;

2.4.2 Camber

Camber of wielvlucht is de afwijkende stand van de wielen ten opzichte van de verticale lijn door het wiel. Men spreekt van negatieve of positieve camber. Bij trailers (welke vaak zwaar beladen zijn) zal men het best werken met positieve camber. Dit wil zeggen dat de bovenkant van het wiel verder naar buiten staat dan de onderkant. Door de belading zijn de assen immers



Figuur 20: Positieve/negatieve camber

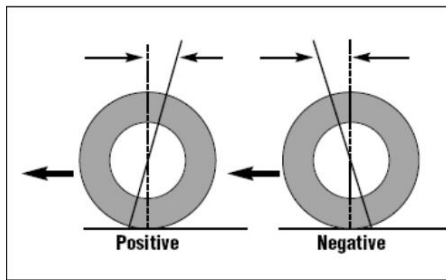
op buiging belast wat ervoor zorgt dat de wielen naar binnen getrokken worden en hierdoor enkel de binnenkant van de wielen de weg zou raken waardoor enkel dit deel van de band onderhevig zou zijn aan slijtage. Mits de banden op voorhand onder positieve camber te plaatsen wordt dit probleem opgevangen. Deze opzettelijke fout zal namelijk door de belading van de trailer rechtgezet worden zodat de banden de weg raken over hun gehele loopvlak.

Uiteraard bevindt zich dan bij negatieve camber de bovenkant meer naar binnen dan de onderkant. Dit wordt toegepast bij de aangedreven wielen.

Bij een vrachtwagen zullen de aangedreven wielen vaak ook het meest belast worden en hier wordt dan gezocht naar een gulden middenweg.

2.4.3 Casterhoek

De casterhoek is de hoek die de ophanging maakt tegenover het wegdek. Met andere woorden is het de hoek tussen de verticale as van het wiel en de ophanging. Ook hierbij spreekt men over een positieve of negatieve caster.



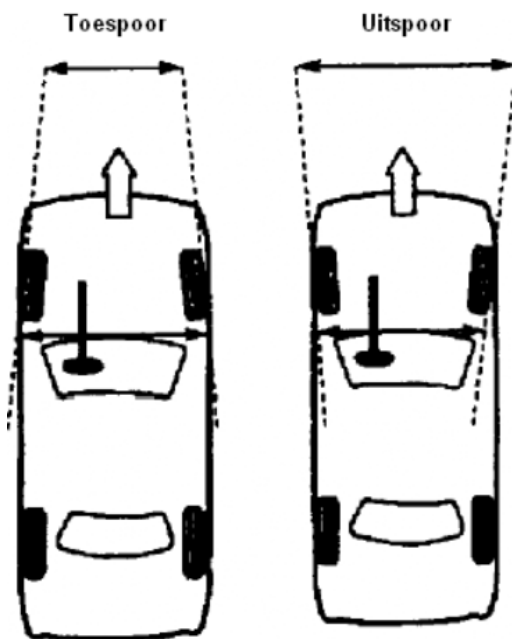
Figuur 21: Casterhoek

Men zal er voor zorgen dat de caster altijd positief is aangezien dit richtingsstabiliteit geeft aan de trailer waardoor deze een betere baanligging krijgt. Nieuwere auto's hebben zelf namelijk vaak een grote positieve casterhoek. Hierdoor zal de auto wel zwaarder gaan sturen maar met de hedendaagse technieken vormt dit uiteraard geen probleem meer. Maar omdat trailers niet als hoofdfunctie hebben om te sturen (er is wel een optie om een stuurbare as te integreren in de trailer, deze helpt bij het nemen van bochten), is er geen rekening mee gehouden en zodoende ook niet van toepassing in het project.

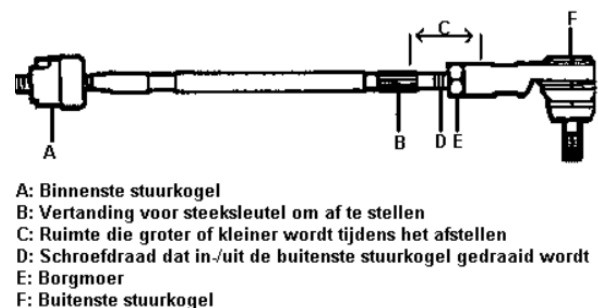
2.4.4 Sporing

Sporing is de richting van zowel de voor- en achterwielen. Men kan dit regelen door de spoorstangen (zie onderstaande figuur) aan beide kanten wat langer of korter te maken. Men spreekt van toespoor als de banden iets naar elkaar gericht staan en uitspoor wanneer deze weg van elkaar gericht staan.

Bij achterwielaandrijving krijgen de voorwielen toespoor. Bij het rijden worden de voorwielen namelijk naar buiten getrokken, maar door het toepassen van toespoor komen deze banden in de rechtuitstand terecht. Bij voorwielaandrijving is het juist andersom en wordt er dus met uitspoor gewerkt.



Figuur 23: Sporing



Figuur 22: Spoorstang

2.5 Kobus uitlijntechniek

Kobus uitlijntechniek is een bedrijf welke aan mobiele uitlijntechniek doet. Dit wil zeggen dat men de uitlijning ter plaatse doet bij de klant zelf. Hierbij maakt men bij Kobus uitlijntechniek gebruik van het *'Truckaligner II-systeem'* van *'JOSAM-apparatuur'*.

2.5.1 Inductieverwarmer JH800 van Josam

Met deze inductieverwarmer is het mogelijk een as heel snel te verwarmen waarna deze dan inrichtbaar is. Hierbij kan het richten heel nauwkeurig en snel gebeuren door tijdens het verwarmen gebruik te maken van het hierboven benoemde *'Truckaligner II-systeem'*.

De assen worden verwarmd met de inductieverwarmer van *'Josam'*. Door inductieverwarmen ontstaat vrijwel instante warmte op de exacte plaats waar men het wil hebben. Hiermee worden temperaturen bereikt van 750 tot 800 graden. Dit is onder de kritische temperatuur van 910 graden waarbij de moleculenstructuur van de gebruikte metalen verandert.

2.5.1.1 Werkwijze

Eerst wordt via een computer de scheefstand in beeld gebracht en hierna wordt een hydraulische stempel aangebracht tussen de wielen welke deze nu in de rechthoekstand zal persen. Door de as nu te verwarmen op de juiste plek en daarna direct terug af te koelen zal het metaal stuiken en zo de positie van het wiel vasthouden. De stempel wordt dan terug weggehaald.



Figuur 24: Hydraulische stempel

2.5.1.2 Josam

JOSAM is een Zweedse producent en is wereldmarktleider in het richten en uitlijnen van bedrijfswagens. Het *'Truckaligner II-systeem'* is ontwikkeld voor het afstellen van alle as- en wielhoeken. Het heeft een hoge mate van automatisering. Het is geschikt voor het meten van dubbelgestuurde voertuigen en voertuigcombinaties zoals gestuurde opleggers.

Dit in combinatie met de JOSAM-draaiplaten en JOSAM spelingdetector vormen de PC/Control-unit, meetkoppen, wieladapters, parallelgeleiders en meetschalen een complete set voor geavanceerd en nauwkeurig uitlijnen.

2.6 Wieluitlijning Hendrickson

Het QUIK-ALIGN uitlijnsysteem van Hendrickson is het systeem die momenteel gebruikt wordt bij Kraker Trailers Axel B.V.. Dit bestaat uit de *frame-bracket* (zie figuur 25) waarin een langwerpig gat voorzien is. Een bout wordt door het gat geplaatst en aan de kant van de moer wordt er een schijf voorzien met een excentrisch geplaatste boring en een vierkant uitlijningsgat waarmee de excentrische schijf kan verdraaien. Als deze verdraaid wordt, zal de bout naar links of naar rechts bewegen, waardoor de gehele as enkele millimeters opschuift naar voor of achter toe. Als deze uitgelijnd is, wordt de bout vastgedraaid op het gewenste aanhaalmoment en nadien ook nog eens op de gewenste hoek. Dit moet langs beide zijden gebeuren.

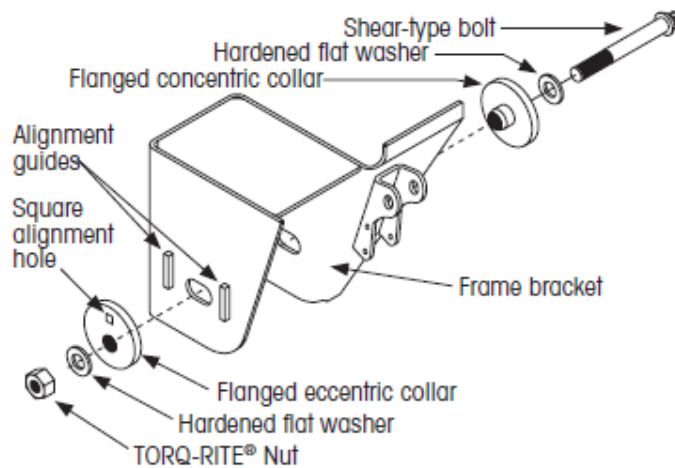
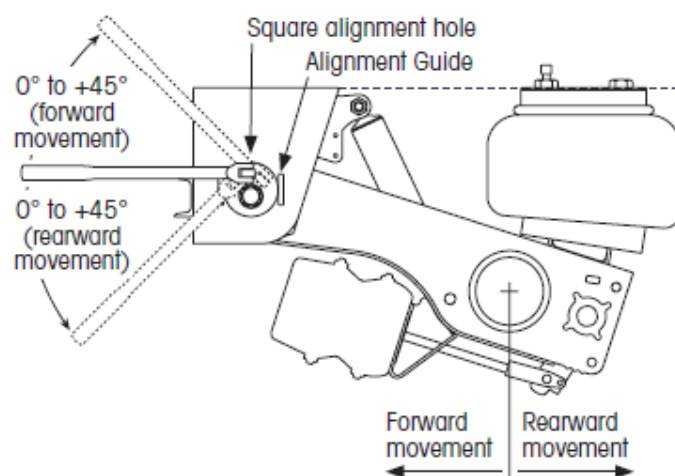


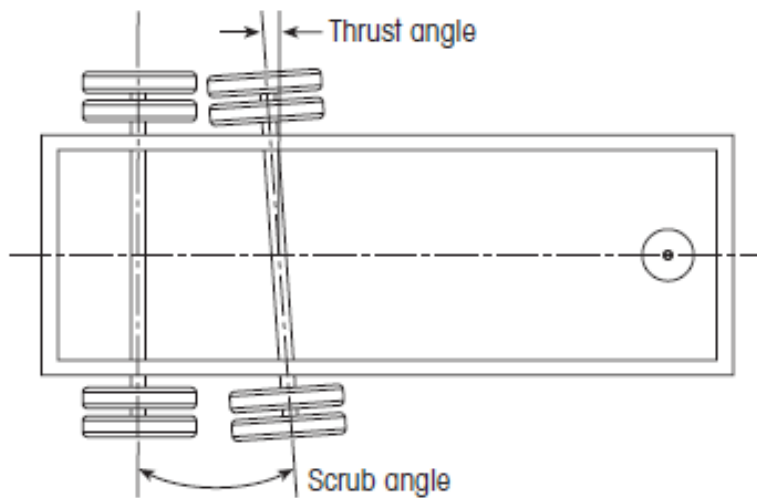
Figure 5: QUIK-ALIGN® pivot connection



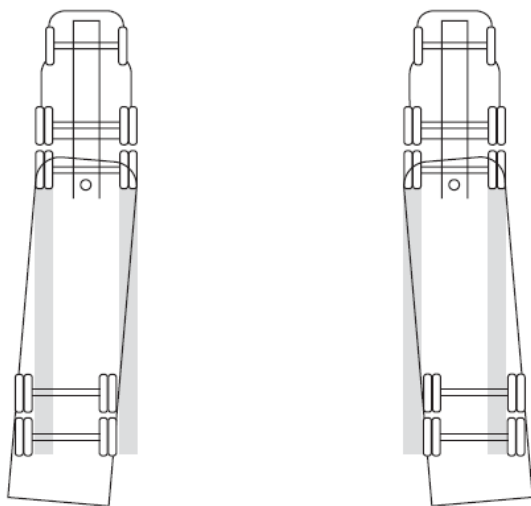
Figuur 25: Quik-align systeem

Op onderstaande figuren 26 en 27 wordt verduidelijkt hoe de uitlijning precies in z'n werk gaat. Een goede uitlijning is van belang voor een laag verbruik, een vlotte rijbaarheid en een

lage slijtage van de banden. Het perfecte scenario is wanneer alle wielen parallel tegenover elkaar staan en loodrecht tov. de centerlijn van de trailer. Maar door oncontroleerbare factoren, is dit scenario vaak een onmogelijke verwachting. Een meer realistisch scenario is wanneer alle wielen met een kleine tolerantie aan de voorgaande verwachtingen voldoen. Er zijn twee belangrijke hoeken waarmee men rekening moet houden bij het uitlijnen, de *thrust angle*⁷ en de *scrub angle*⁸. Als deze hoeken niet correct ingesteld zijn, is er mogelijkheid tot extra verbruik, vergrote slijtage en *dog tracking* van de trailer. Dit laatste is een fenomeen waarbij de trailer niet exact het spoor volgt van de truck die de trailer voorttrekt.



Figuur 26: Scrub en thrust angle



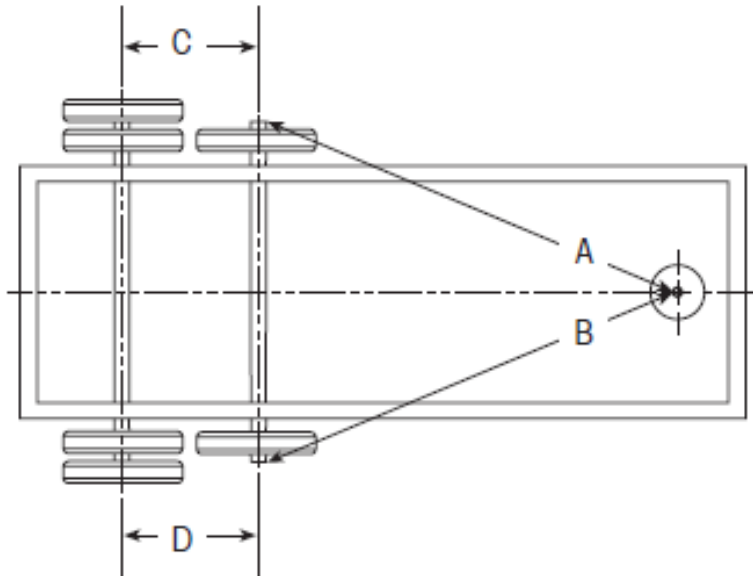
Figuur 27: Dog tracking van een trailer

De thrust angle wordt ingesteld via het bovenvermeld systeem van het verdraaien van de excentrische schijf. Hiervoor wordt de afstand A en B (te zien in figuur 28) gemeten ten opzichte van een fictieve kingpin in de werkplaats (omdat op dit moment enkel het subframe gemonteerd wordt, is er dus geen kingpin aanwezig). Het is de bedoeling dat de thrust angle

⁷ i.e. de hoek tussen de centerlijnen van de twee wielen op eenzelfde as, zichtbaar in figuur 26.

⁸ i.e. de hoek tussen de centerlijnen van twee assen, zie figuur 26.

enkele graden bedraagt. Dit wordt ingesteld door de afstanden A en B twee millimeter van elkaar te doen verschillen. Een probleem bij deze manier van werken is het feit dat die afstanden niet op gelijk welke plaats op de as gemeten mogen worden. Om altijd op exact dezelfde plaats de afstand na te meten, worden as-verlengers gebruikt die samenkomen in één punt (zie figuur 4 in '2.2 Huidig productieproces').



Figuur 28: Methode uitlijning

Een ander bijkomend probleem is de nauwkeurigheid van het meettoestel en de bijhorende toleranties. Een lasertoestel is bijvoorbeeld veel nauwkeuriger dan een lintmeter. Hiervoor zijn exacte tolerantietabellen opgesteld, welke kunnen gevonden worden in tabel 1.

Tabel 1: Toleranties meettoestelen

MEASUREMENT METHOD	PRECISION/ TOLERANCE RATIO ($\pm 0.1^\circ$)	PRECISION/ TOLERANCE RATIO ($\pm 0.2^\circ$)
Tape measure to rim	330%	165%
Laser devices ¹	309%	155%
$1/16$ " graduated tape measure to wheel-end extenders	207%	104%
$1/32$ " graduated tape measure to wheel-end extenders	148%	74%
Extensometer	64%	32%
¹ per SAE technical paper 933046		

Om de uitlijningsprocedure zelf te kunnen uitvoeren, moet men ervoor zorgen dat alles uitgevoerd wordt op een vlakke en horizontale ondergrond. Als dit gegarandeerd is, moet de as op de correcte rijhoogte gepositioneerd worden, deze wordt gedefinieerd als de afstand tussen het balgmontageoppervlak tot het center van de as.

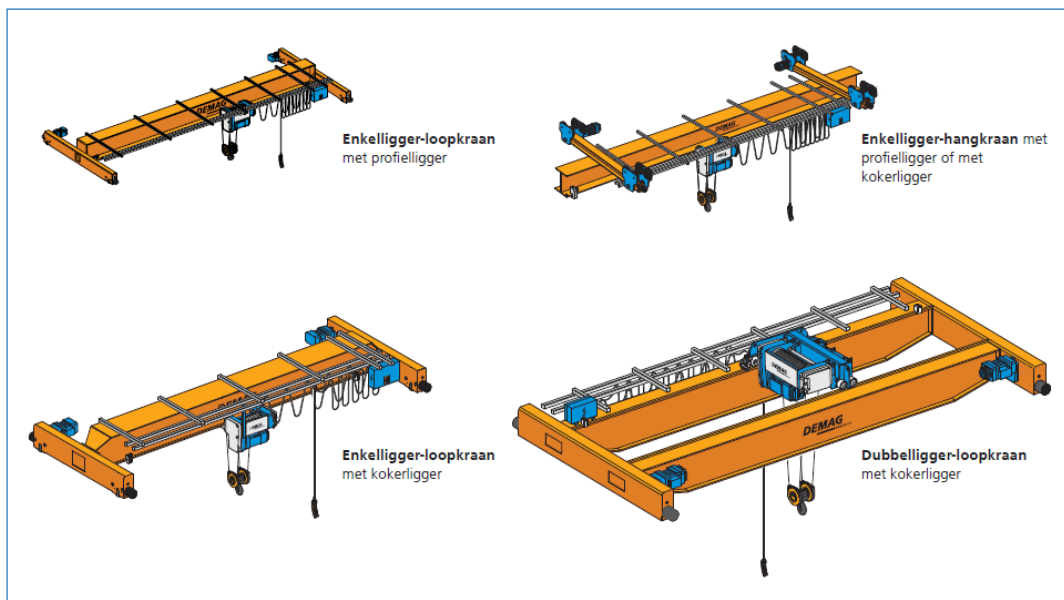
Wanneer de thrust angle uiteindelijk correct is afgesteld, kan de as definitief aangespannen worden en kan men overgaan naar het uitlijnen van de volgende as.

2.7 Bovenloopkranen Demag

Het transporteren van een frame van de trailer zal gebeuren door middel van een bovenloopkraan (voorheen in de thesis ook overhead crane genaamd). Na het opzoeken van de grootste spelers in deze sector kwamen Krone en Demag naar voor en na overleg is er besloten om Demag als leverancier te kiezen voor dit project. Ook is er een zwenkkraan nodig voor het verplaatsen van de assen uit de houten constructie waarin ze geleverd worden naar de mal waar de assen uiteindelijk op het frame gemonteerd worden.

2.7.1 Standaardkranen

De bovenloopkranen van Demag kunnen gebruikt worden voor toepassingsgebieden tot 50 ton. Er is een traploze snelheidsregeling mogelijk die zorgt voor een soepele handling en het nauwkeurig positioneren van het te transporteren product. Op onderstaande foto's zijn de verschillende types kranen te onderscheiden. De enkelliger-loopkraan met profielligger of de enkelliger-hangkraan met profielligger zijn het meest van toepassing in het concept.



Figuur 29: Standaardkranen

Het kraanrijwerk heeft een grote stabiliteit en veerkracht, een optimaal rijgedrag en een groot aanpassingsvermogen. Ook heeft het een hoge veiligheid en zijn ze goed toegankelijk wat de montage- en onderhoudskosten positief beïnvloeden. De kraan wordt aangedreven door middel van een frequentieregelde, traploze motor die een snelheid kan halen van 60 m/min. Omdat het trillingsvrij rijdt, is er een verminderde belasting van het totale kraansysteem. De

loopwielen zijn gebouwd uit nodulair gietijzer met zelfsmurende eigenschappen.



Figuur 30: Doorsnede aandrijving

De stroomtoevoer gebeurt via sleepleidingen (Demag Compact-Line DCL) die voor een veilige stroomoverdracht zorgt. Er is een hoge aanrakingsbescherming voorzien (IP23 of IP24) die een optimale veiligheid garandeert.

De besturing is mogelijk via drie enkele verschillende bedieningsunits, er is keuze tussen draadloze of bekabelde, en ook tussen units met of zonder joystickbediening.

Enkelligger-loopkraan met kokerligger:

Dit type kranen bieden een optimale prijs-prestatie-verhouding, ze combineren maximale stabiliteit met een lage massa. Door deze lage massa is een minder sterke constructie van het gebouw vereist en is dit kostenbesparend.

Op onderstaande figuur kunt u de technische gegevens van deze kraan aflezen, deze heeft een draagvermogen tot 12,5 ton, wat voldoende is voor het te ontwerpen concept.

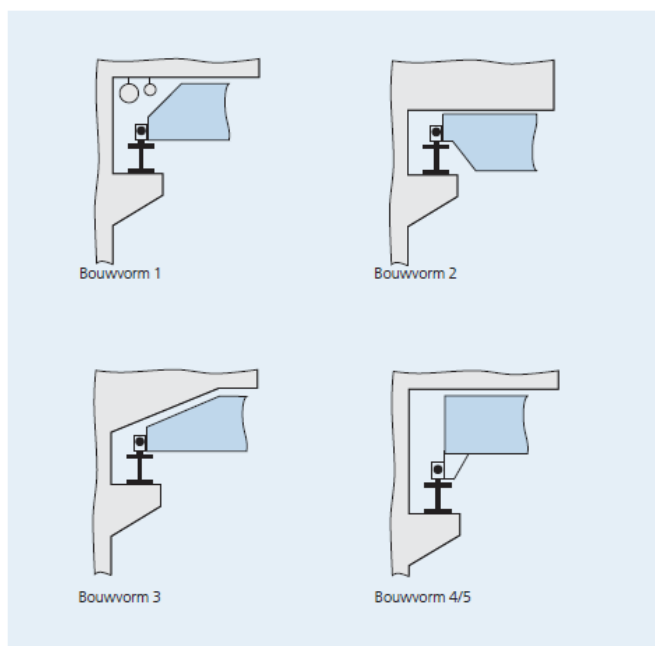
Tabel 2: Gegevens type EKKE

Enkelligger-loopkraan, type EKKE

Technische gegevens	
Draagvermogen	tot 12,5 t
Overspanning	tot 30 m
Kraanrijnsnelheid	tot 40 m/min
Katrijsnelheid	tot 30 m/min
Hijssnelheid	tot 12,5 m/min

Voor het plaatsen van dit type zijn er verschillende optimale bouwvormen van de halgeometrie mogelijk, hieronder zijn deze bouwvormen afgebeeld.

Optimale aanpassing van uw kraan aan uw halgeometrie



Figuur 31: Optimale aanpassing halgeometrie

Enkelligger-loopkraan met handelsprofielligger type EPKE:

Deze kranen zijn door hun toepassing van handelsprofielen als kraanligger en speciaal ontwikkelde takels, dé oplossing voor het gebruik bij lichte lasten en kleine overspanningen. Dit is het goedkoopste instapmodel. Hieronder zijn de technische specificaties weergegeven:

Tabel 3: Gegevens type EPKE
Enkelligger-loopkraan, type EPKE

Technische gegevens	
Draagvermogen	tot 12,5 t
Overspanning	tot 18 m
Kraanrijksnelheid	tot 40 m/min
Katrijsnelheid	tot 30 m/min
Hijssnelheid	tot 12,5 m/min

Andere specificaties op aanvraag

Enkelligger-loopkranen van het type EPKE kunnen uitgerust worden met een staaldraadtakel DR of een kettingtakel DC. De andere kenmerken en voordelen zijn dezelfde als bij voorgaande bovenloopkraan, een keuze tussen beiden zal dus afhangen van de lengte en de kostprijs.

Hangkranen:

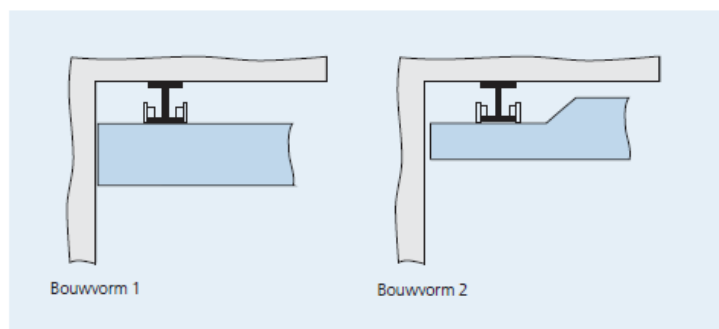
Deze kranen onderscheiden zich door het kolommen-vrij inbouwen van de kraanbanen. Op deze manier kan de lift na bouw van de hal nog verplaatst worden zonder dat er kolommen in de hal moeten bijgebouwd worden. De hangkranen hebben nog steeds alle voordelen van de enkelliger-loopkranen, maar een nadeel is het verminderde draagvermogen, wat nu maximaal 8 ton bedraagt, maar deze is nog steeds ruim voldoende voor het concept. Hieronder kan men respectievelijk de technische specificaties en de bouwvorm van de halgeometrie terugvinden.

Tabel 4: Gegevens type EPDE/EKDE

Enkelliger-hangkraan, type EPDE/EKDE

Technische gegevens	
Draagvermogen	tot 8 t
Overspanning	tot 25 m
Kraanrijnsnelheid	tot 40 m/min
Katrijsnelheid	tot 30 m/min
Hijssnelheid	tot 12,5 m/min

Optimale aanpassing van uw kraan aan uw halgeometrie



Figuur 32: Optimale aanpassing halgeometrie

Verder zijn er ook nog dubbelligger-loopkranen beschikbaar voor hoge draaglasten en grote overspanningen, maar wegens het niet extreem grote draagvermogen die voor het concept benodigd is, zullen deze te duur en te omslachtig uitvallen en zodanig niet gekozen worden.

De definitieve keuze voor een bovenloopkraan zal gebeuren in samenspraak met Demag en wordt op maat ontwikkeld. Zo zijn er in hoogte verstelbare bedieningskabels mogelijk, het gebruik van twee katten⁹ (wat bij ons nodig zal zijn wegens de lengte van een frame), verschillende lastopnamemiddelen, etc.

Demag service:

Het serviceteam en Demag Cranes & Partners zijn dag en nacht bereikbaar, ze zijn wereldwijd gelokaliseerd en hierdoor wordt een uitgebreide en betrouwbare service gegarandeerd.

⁹ i.e. het lopend en takelend gedeelte van de bovenloopkraan, hierop zit oa. de takelmotor bevestigd

Reserveonderdelen zijn snel leverbaar en een effectieve scholing van medewerkers wordt voorzien in één van hun opleidingscentra of bij Kraker Trailers Axel B.V. zelf. Er is een monitoring-systeem beschikbaar die de prestatie en de veiligheid van de installatie bewaakt. Via deze weg is een diagnosehulpmiddel voorhanden en kan het onderhoudspersoneel nauwkeurig controleren wat er moet gebeuren. Via een online designer is het mogelijk om binnen enkele muisklikken een afgestemde kraaninstallatie te configureren.

2.7.2 Zwenkkranen

Een zwenkkraan neemt de last weg van het personeel, zelfs voor kleine lasten is het verplaatsen ervan tijdrovend en ergonomisch onverantwoord. De kranen kunnen direct naast een werkplaats of machine worden geplaatst met een grote keuze aan verschillende takels. Een groot voordeel van een zwenkkraan is dat de omsteltijden aanzienlijk verminderd worden en dat men niet meer hoeft te wachten op de beschikbaarheid van een bovenloopkraan.

De kranen zijn plaatsbaar met een eigen kolom of met een aansluitplaat voor montage tegen de wand of gebouwkolom. Ze zijn leverbaar met een traploos regelbare aandrijving zodat ze snel en nauwkeurig gepositioneerd kan worden. Ze zijn leverbaar voor lasten gaande van 80kg tot 10 ton.

Op de afbeelding hieronder zijn alle kraantypes afgebeeld, deze zijn standaard voorgesteld voor binnen gebruik.

bedrijfslast tot	Kolomzwenkkranen			wandzwenkkranen		
	type	vlucht	zwenkbereik	type	vlucht	zwenkbereik
500 kg	D-MOS 	tot 5 m	≈ 360°	KBK standaard  kort gebouwd 	tot 7 m	~ 270°
1000 kg	KBK standaard 	tot 7 m	~ 300°			
	KBK kort gebouwd 	tot 7 m	~ 300°			
	D-GS 	tot 7 m	≈ 360°			
2000 kg	D-AS 	tot 10 m	~ 270°	D-AW 	tot 10 m	~ 180°
5000 kg	D-TS 	tot 7 m	≈ 360°	D-GW 	tot 12 m	~ 180°
10000 kg	D-MS 	tot 12 m	≈ 360°			

Figuur 33: Zwenkkranen

Mobiele kolomzwenkkraan D-MOS:

Dit is een standaard type zwenkkraan met het grote voordeel dat ze eenvoudig in te zetten valt op andere plaatsen. Zo kan ze bij het veranderen van de werkplaatsindeling zonder grote werkzaamheden uit te voeren, verplaatst worden.

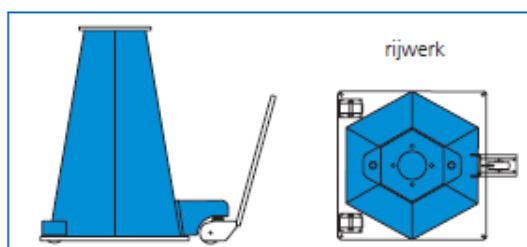


Figuur 34: Type D-MOS

De zwenkkraan valt in te stellen door middel van de stelpoten in de kraanvoet, ze komt standaard met een Demag kettingtakel en de zwenkarm bestaat uit een I-profiel. Extra handige opties zijn vulgewicht¹⁰, een kolomverlenging voor grotere hijshoogte en een handverrijdbaar rijwerk. De maximale bedrijfslast is afhankelijk van het werkbereik (vlucht), zoals hieronder afgebeeld is.

Tabel 5: Gegevens type D-MOS

		werkbereik			
		vlucht (m)			
bedrijfslast (kg)	360°	2	3	4	5
	125				
	250				
	315				
	400				
	500				



Figuur 35: Optie verrijdbaar rijwerk

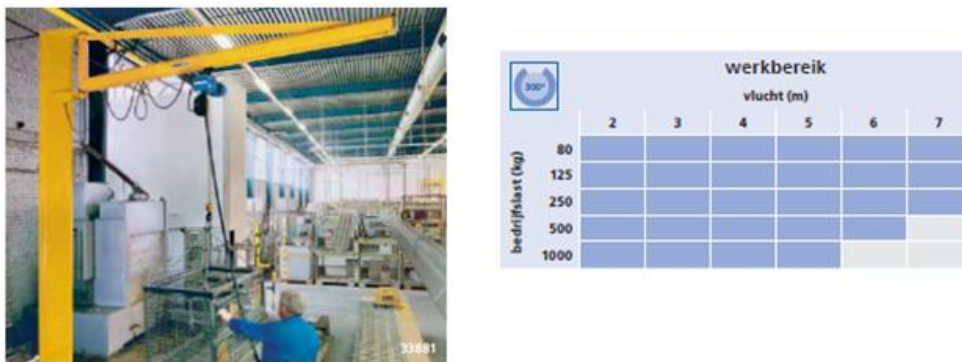
¹⁰ i.e. een extra gewicht (zand, beton, metaal, ...) die in de hiervoor voorziene plaats aan de voet van de kraan kan geplaatst worden zodat de kraan een grotere last kan tillen.

KBK kolomzwenkkransen:

De kracht van deze zwenkraan ligt in zijn lage massa in verhouding tot de hoge bedrijfslast en lange zwenkarm. Op die manier is ze eenvoudig met de hand te zwenken. Omdat ze vast in de grond staat en niet gemaakt is om vaak te verplaatsen, kan ze meer belast worden met een groter zwenkbereik.

Deze zwenkkransen zijn ook in kort gebouwde uitvoering beschikbaar, dit wil zeggen dat er een iets hogere hijshoogte kan bereikt worden tov. de originele hoogte met dezelfde inbouwhoogte.

Hieronder is dit type afgebeeld en ook een grafiek met de bedrijfslast in functie van het werkbereik.



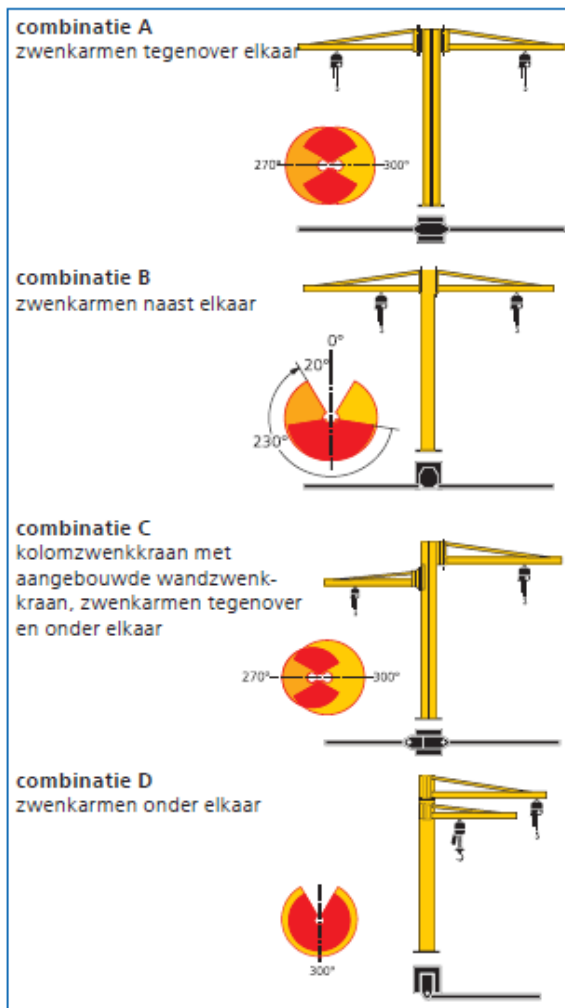
Figuur 36: KBK kolomzwenkraan (links), Gegevens kolomzwenkraan (rechts)

KBK wandzwenkkransen:

Deze heeft alle voordelen van bovenstaande KBK kolomzwenkkransen, met als extra voordeel dat er geen grondoppervlak voor vrijgehouden hoeft te worden. Ze kunnen eenvoudig tegen een betonnen muur, gebouwkolom of machine bevestigd worden. De wandzwenkkransen zijn ontworpen voor kleine lasten tot 1000kg.

KBK kolomzwenkkransen met twee zwenkarmen:

Door gebruik van dit type kunnen er twee zwenkarmen gebruikt worden terwijl hetzelfde oppervlakte vloer ingenomen wordt. Er zijn verschillende combinaties van zwenkarmen mogelijk op één kolom. Niet alle combinaties zijn zomaar mogelijk, hiervoor moet er in de catalogus gekeken worden naar de mogelijkheden (afhankelijk van de bepaalde armlengte en belasting).



Figuur 37: Twee zwenkarmen combinaties

Kolomzwenkkraan D-GS:

De zwenkarm is oneindig 360° draaibaar, ze is geschikt voor lichte lasten tot maximaal 1000kg en valt op door zijn compacte bouwvorm. Ook bij een beperkte inbouwruimte is een optimale hijshoogte mogelijk.

Tabel 6: Gegevens kolomzwenkkraan D-GS

		werkbereik					
		vlucht (mm)					
		2	3	4	5	6	7
bedrijfslast (kg)	80						
	125						
	250						
	500						
	1000						

Kolomzwenkkraan D-AS:

Eenvoudige bouwvorm en kortgebouwd¹¹, inzetbaar tot belastingen van 2000kg, rotatie van 270° mogelijk.

Tabel 7: Gegevens kolomzwenkkraan D-AS



bedrijfslast (kg)	werkbereik vlucht (m)									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
80										
125										
250										
500										
1000										
1600										
2000										

Wandzwenkkraan D-AW:

Een zwenkhoek van 180° is mogelijk, ze is inzetbaar voor belastingen tot 2000kg. Door het lage eigengewicht is ze eenvoudig handmatig zwenkbaar, zelfs bij belasting. Het werkbereik is exact aan deze van de D-AS.

Kolomzwenkkraan D-TS:

De D-TS is de allround oplossing voor belastingen tot 5000kg, ze is kortgebouwd en oneindig draaibaar. Een optie is de installatie van een zwenkmotor zodat de arm elektrisch kan gezwenkt worden. De gegevens kunt in Tabel 8 terugvinden.

Kolomzwenkkraan D-MS:

Dit is de krachtpatser onder de kolomzwenkkranen, ze is geschikt voor belastingen tot 10.000kg of zwenkarm lengten tot 12m. Ze is ook onbeperkt draaibaar en het is mogelijk ze te voorzien van een zwenkmotor.

Tabel 9: Gegevens kolomzwenkkraan D-MS



bedrijfslast (kg)	werkbereik vlucht (m)											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
80												
125												
250												
500												
1000												
1600												
2000												
2500												
3200												
4000												
5000												
6300												
8000												
10000												

Tabel 8: Gegevens
kolomzwenkkraan D-TS



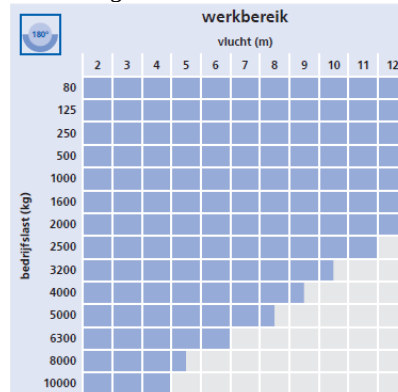
bedrijfslast (kg)	vlucht (m)					
	2	3	4	5	6	7
80						
125						
250						
500						
1000						
1600						
2000						
2500						
3200						
4000						
5000						

¹¹ Deze uitvoering levert een extra hoogte op van 290 mm t.o.v. de standaard uitvoering

Wandzwenkkraan D-GW:

Dit is de wandzwenkkraan bij uitstek voor zware belastingen of grote werkbereiken. Ze is iets minder zwaar belastbaar dan deze op een kolom. Een zwenkhoek tot 180° is mogelijk. Een optie voor alle wandzwenkkranen is het gebruik van een omklemmingsconsole voor rond een kolom.

Tabel 10: Gegevens wandzwenkkraan D-GW



Algemeen:

De wandzwenkkranen kunnen bevestigd worden door middel van een wandconsoleplaat, een omklemmingsconsole of een aanlasplaat. De kolomkranen kunnen door middel van ankers, TOP-anker, Compact-anker of een vergrootte voetplaat gemonteerd worden.

Hieruit kan besloten worden dat voor de toepassing in het concept een mobiele zwenkkraan de beste oplossing zou zijn, maar deze zijn maar belastbaar tot 500kg. De KBK-kolomzwenkkraan is dan uiteindelijk de meest geschikte wegens zijn grotere belastbaarheid en zijn lange zwenkarm.

3 Conceptanalyse

Onderstaande conceptanalyse is onderverdeeld in drie deelconcepten, namelijk de manier waarop het frame doorheen de nieuwe productielijn zal getransporteerd worden, hoe de assen ondersteund en bevestigd zullen worden op het frame en uiteindelijk de uitlijning van deze assen. Merk op dat deze concepten enkel ruwe ideeën zijn en dus zeker geen uitwerking van een geheel, welke rekening houdt met alle problemen. Het is natuurlijk wel op deze concepten dat het uiteindelijke design/ontwerp zal gebaseerd zijn.

Deze concepten zijn bedacht op het feit dat Kraker Trailers Axel B.V. wil overgaan naar een continue productielijn.

3.1 Kraan voor inklemming van het frame

3.1.1 Inleiding

In het huidige productieproces worden de geleverde frames gestockeerd, en voor productie worden deze via een vorkheftruck binnengereden in de loods en daar dan met behulp van een lift omgedraaid. Dit omdraaien van het frame vergt veel tijd, maar is vooral zeer gevaarlijk. In de nieuwe productielijn is het de bedoeling dat dit frame niet meer dient omgedraaid te worden, wat tijdswinst moet opleveren en zeker de veiligheid van het personeel meer moet garanderen. Voor een volledige uiteenzetting van het huidige productieproces, wordt verwezen naar ‘2.2 Huidig productieproces’.



Figuur 38: Omgedraaid hulpframe huidig productieproces

3.1.2 Startidee voor ontwerp

Het bouwen van deze lift kan men snel opdelen in twee grote concepten: Een lift die zich via een rail aan het plafond voortbeweegt, of een lift die zich via rails in de grond voortbeweegt. Aan de hand van de kosten, de veiligheid, de intentie van het bedrijf en alle andere bijkomende factoren zal op het einde hiervoor een beslissing genomen worden.

Het is hier ook belangrijk om te weten dat deze concepten zeer ruw geschetst worden. Dit omdat men hoopt veel te kunnen aankopen, en zo weinig mogelijk zelf te moeten ontwerpen.

Dit houdt dus in dat hieronder ideeën in grote lijnen zullen duidelijk gemaakt worden, en dan na de keuze van het concept, zal gekeken worden wat aangekocht kan worden, en wat eventueel nog manueel zal moeten aangepast worden.

3.1.3 Concept 1: Draaibaar frame op de grond

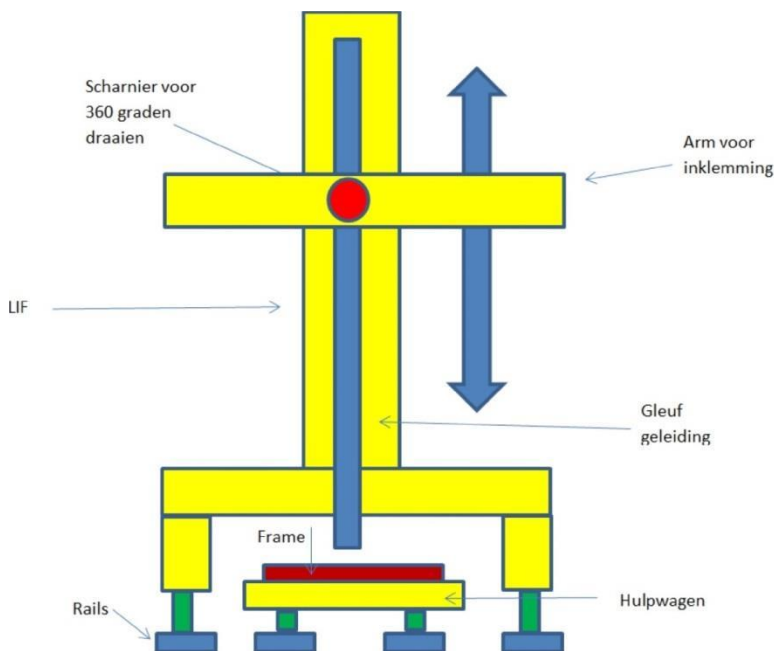
Bij dit concept bevindt de lift zich op rails op de grond. Het belangrijkste bij dit concept is dat het frame, éénmaal ingeklemd, nog altijd omgedraaid kan worden zoals in het huidige productieproces. Dit idee komt er door het feit dat op een frame verschillende opties beschikbaar zijn, zoals de installatie van balgen om één of meerdere assen op te heffen wanneer de trailer niet beladen is (dit om de slijtage van de banden te sparen). Het kan eventueel handig zijn om deze opties te installeren op een omgedraaid frame om ongewenste spanningen tijdens de installatie te vermijden.



Figuur 39: Opties balgen

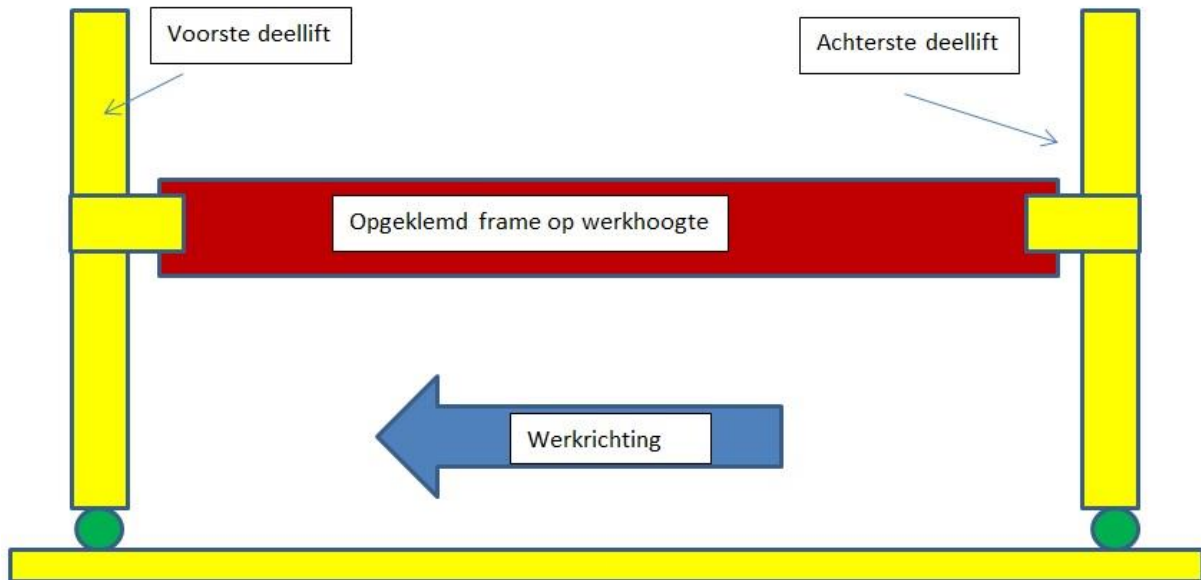
Het frame wordt binnengebracht op een hulpwagen welke zich ook op rails bevindt. Bij de installatie van het frame op de hulpwagen zal er reeds voor gezorgd worden dat het frame in een goede, gecentreerde positie ligt om dan snel in de lift geklemd te kunnen worden. Eenmaal bevestigd op de hulpwagen, wordt deze onder de lift doorgereden.

De lift zelf bestaat uit twee deelliften welke het frame zullen opklemmen, zodanig geconstrueerd dat het frame 360 graden roteerbaar is. De deelliften kunnen apart van elkaar bewegen zodat frames met verschillende lengte kunnen ingeklemd worden.



Figuur 40: Vooraanzicht geheel achterste deellift voor inklemming

De armen van beide deelliften kunnen via een geleidingsgleuf een verticale beweging maken. Helemaal beneden kan het frame ingeklemd worden vanop de hulpwagen, om daarna naar boven te komen om het frame op een aangename werkhoogte vast te houden. Op het einde van het productieproces kan het frame dan door de lift weer naar beneden gebracht worden.



Figuur 41: Zijaanzicht lift met ingeklemd frame

Een eventuele derde been in het midden ter ondersteuning is implementeerbaar om ongewenste doorzakkingen van het frame te vermijden. Dit been is apart verstelbaar in de hoogte, zodat dit niet in de weg zit wanneer het frame dient gedraaid te worden tijdens het proces.

De eenvoud om de lift op de grond te houden is het grote voordeel van dit concept tegenover het volgende.

3.1.4 Concept 2: Aan het plafond en draaibaar frame

Dit concept leunt dicht aan bij het vorige. Het grote verschil is dat de lift nu bevestigd is aan het plafond in plaats van op de werkvloer. Dit geeft als grote voordeel dat de rails nergens in de weg lopen voor het personeel tijdens het productieproces. Hiervoor is natuurlijk wel een zeer stevig ontworpen plafond nodig en de kosten van installatie zullen hoger liggen dan bij concept 1.

Ook zal dit concept bij herinrichting van de productieplaats meer tijd en kosten in beslag nemen dan het vorige.



Figuur 42: Zijaanzicht concept 2

3.1.5 Concept 3: Niet draaibaar frame

Dit concept houdt geen rekening met het draaien van het frame. De lift staat enkel in voor de ondersteuning en het correct op positie en hoogte houden van het frame. Het grote voordeel hiervan is de eenvoud tegenover de vorige twee concepten. Er zijn minder ingewikkelde elementen nodig en de kostprijs wordt gedrukt. Hier kan ook gekozen worden voor een lift die zich op de grond bevindt, of een lift die aan het plafond hangt.

Indien alles (dus ook alle opties) installeerbaar is op het frame, zonder dat dit dient omgedraaid te worden, is het duidelijk dat er best wordt verder gebouwd op concept 3. Anderzijds, wanneer de installatie van sommige onderdelen van het frame bemoeilijkt zou worden indien dit niet omgedraaid kan worden, kan het zijn dat de nadelige meerkost die concepten 1 en 2 met zich meebrengt niet opweegt tegenover het voordeel dat de installatie eenvoudiger zal verlopen, welke dus ook automatisch tijdswinst met zich meebrengt.

3.2 Mal voor de assen

3.2.1 Inleiding

Wanneer de assen geleverd worden, worden deze buiten gestockeerd, wachtende om gemonteerd te worden op het frame. De (samenhorende) assen komen dan de productieplaats binnen op een houten palet. Momenteel worden de assen één voor één op het omgedraaide frame geïnstalleerd (door middel van een eenvoudige kraan die de assen opheft) en worden uitgelijnd.

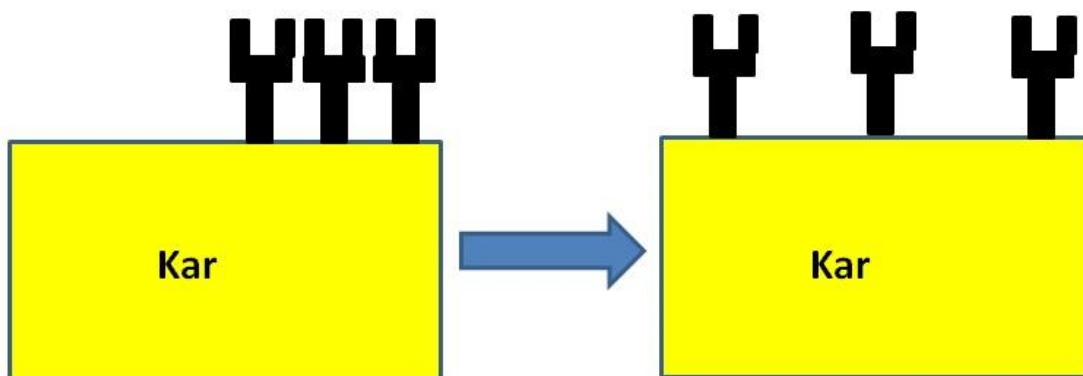
Aangezien in de nieuwe productielijn het frame niet meer omgedraaid wordt voor montage, dienen de assen nu ondersteund te worden in een mal. Hieronder volgen de verschillende concepten die oplossing kunnen bieden voor dit probleem.

Merk op dat al deze concepten zijn opgesteld rekening houdende met het originele aanwezige uitlijningssysteem. Verder in deze scriptie wordt een ander uitlijningssysteem geïntegreerd, welke de voor- en nadelen van onderstaande concepten kan doen veranderen.

Ter herinnering: in het huidige uitlijningssysteem wordt as per as uitgelijnd. Dit houdt in dat men eerst de achterste as bevestigt en uitlijnt alvorens de middelste en dan uiteindelijk de voorste te bevestigen en uit te lijnen.

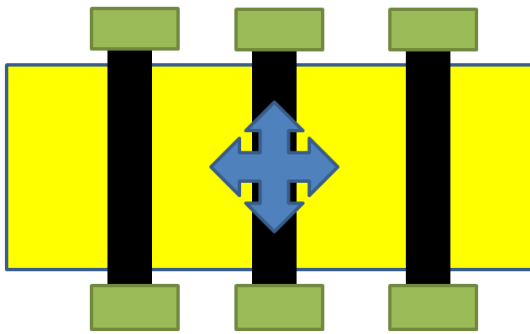
3.2.2 Concept 1: Elektrisch karretje

Bij dit concept is het de bedoeling om de assen één voor één van het houten palet te halen (nog steeds via een lift) en deze dan op het karretje te leggen. Het karretje biedt dus plaats voor drie assen tegelijkertijd. Dit is ook te zien in figuur 43 en 44. De assen zullen worden ondersteund door een bepaald profiel afhankelijk van de vorm van de gebruikt assen (vierkante of ronde assen). Nog voor de assen op het karretje gelegd worden zullen de ondersteuning via pneumatische cilinders in de breedte versteld worden. De afstand tussen de steunpunten zal nu exact gelijk zijn aan de asafstanden van de trailer.



Figuur 43: Verstelling van de ondersteuning naar gelang de asafstand

Zoals men kan zien aan de pijlen op figuur 43 kan het karretje slechts vooruit, achteruit, links of rechts bewegen. Bochten nemen is dus niet mogelijk. Dit omdat de wendbaarheid met drie



Figuur 44: Bovenaanzicht en beweegbaarheid kar

referentiepunt. Dit referentiepunt komt overeen met de achterste as van het frame. Wanneer de kar in de juiste positie is gebracht, wordt deze onder het frame gereden. Aangezien de steunpunten al op de juiste positie zijn gebracht, is het nu slechts nog een kwestie van het frame naar beneden te laten komen op de assen, of de assen naar boven te laten gaan tot tegen het opgespannen frame. De methode hiervoor is natuurlijk afhankelijk van de gebruikte lift voor de ophanging van het frame.

Het grote voordeel van dit concept is dat de positionering van de assen zo goed als volledig geautomatiseerd wordt. Arbeiders zullen niet zelf de assen in de juiste positie moeten brengen wat voor tijdswinst zal zorgen. Natuurlijk moet dit karretje volledig ontworpen worden en komt er relatief veel technologie aan te pas wat de kostprijs zal doen stijgen.

3.2.3 Concept 2: Vaste mal- beweegbaar frame

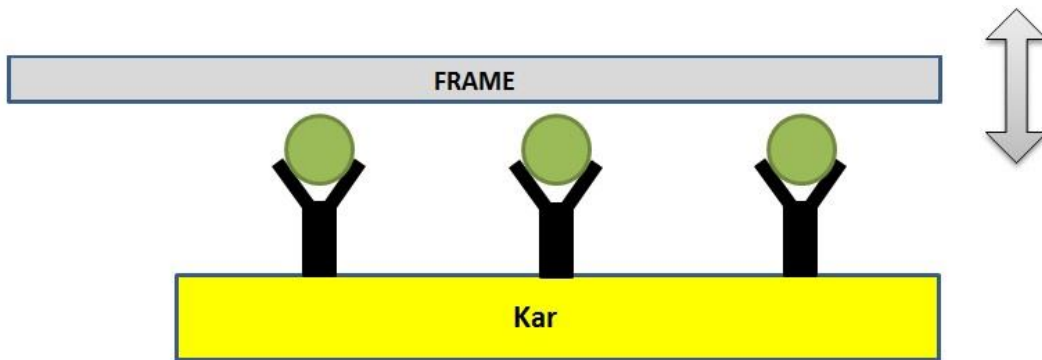
Het tweede concept is vrij gelijklopend met het eerste, maar hierbij zal nu zeker enkel het frame in de hoogte kunnen bewegen in plaats van de assen. De kar die hiervoor ontwikkeld wordt, is nog steeds aanpasbaar voor elk type en merk assen. De steunpunten zijn hiervoor in de lengte van de as verstelbaar, zodat de assen steeds correct gepositioneerd en ondersteund worden. Het bewegen van het frame zal gebeuren door middel van een lift (zie hierboven).

Aangezien er verschillende types assen zijn (waaronder ronde en vierkante), zijn hiervoor manueel verwisselbare steunpunten voorzien. Op figuur 45 is het voorbeeld getekend met ronde assen.

Wanneer de kar voorbereid is (wat het plaatsen van de steunen op de correcte plaats, het plaatsen van de assen op de steunen, enz. inhoudt), wordt deze onder het frame gereden tot een vast gekalibreerde plaats. Zodoende hoeft enkel het frame op en neer te bewegen om de assen te kunnen monteren. Het is dus niet mogelijk om de kar te doen bewegen in de richting waarin de productielijn loopt.

zware assen (gemiddeld 450kg/as) toch niet optimaal zou zijn. De kar zou worden aangedreven door een elektromotor welke bestuurbaar zou zijn met een afstandsbediening. Merk op dat er bij dit concept geen rails voor de begeleiding van het karretje aan te pas komen.

Wanneer de assen op de kar gemonteerd zijn, brengt men eerst de kar, welke nog met de assen evenwijdig staat aan het opgehangen frame, tot tegen een



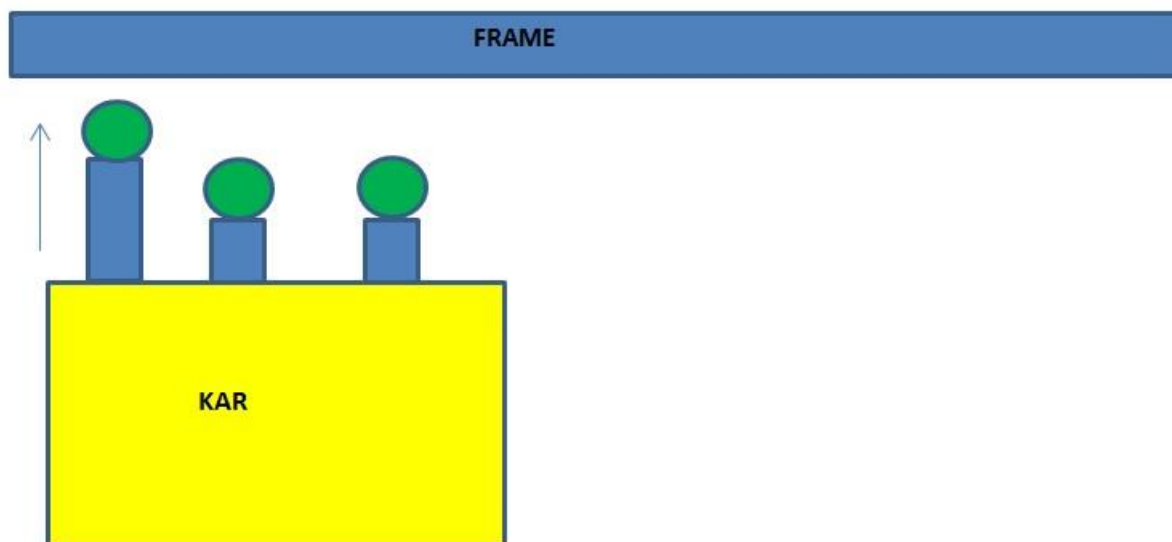
Figuur 45: Concept 2, frame verstelbaar in hoogte

Het grootste voordeel van dit systeem is vooral de kostprijs. De mal zal heel wat eenvoudiger uitgevoerd zijn dan bij het eerste concept omdat de assen niet apart verticaal moeten kunnen bewegen. Een belangrijk nadeel van dit systeem is het tijdsaspect. Omdat het frame per as naar boven en terug naar beneden moet bewegen, wordt hierdoor een aanzienlijke tijd extra gerekend. Het frame moet naar beneden gaan, de achterste as wordt dan gemonteerd, dan zal het frame met die as terug naar boven gaan en wordt deze uitgelijnd. Zo gebeurt dit driemaal tot alle assen gemonteerd en uitgelijnd zijn. Nog een nadeel van dit systeem is de ergonomie, omdat de assen op een vaste hoogte liggen, is de werkhoogte dus ook niet aanpasbaar voor het monteren van die assen. Eventueel kan dit probleem wel opgevangen worden door het monteren van een hydraulisch krikstelsel op het volledige werkstation.

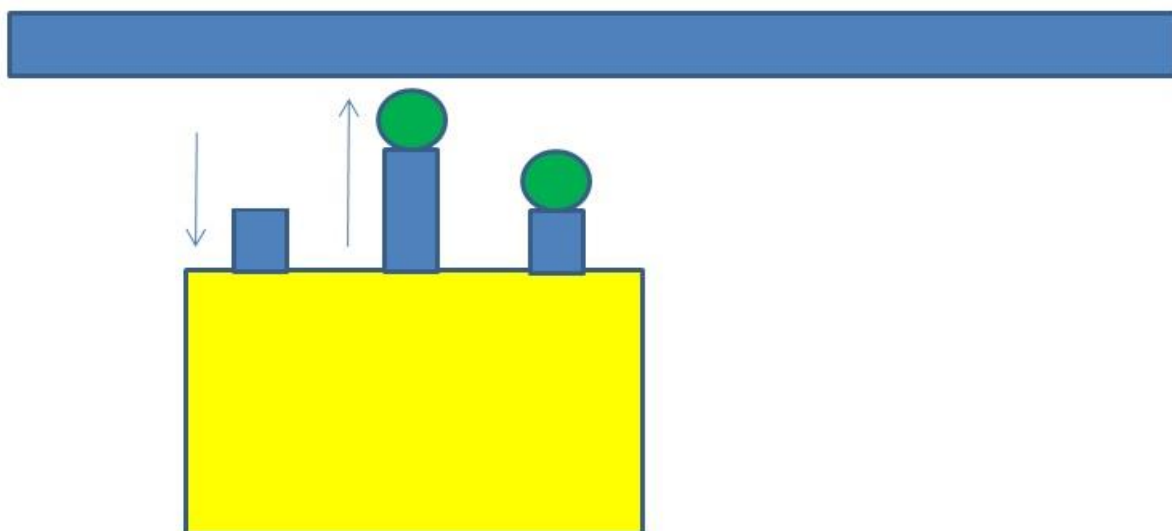
3.2.4 Concept 3: Enkel verticaal beweegbare assen

Ook bij dit concept worden de drie assen op een kar geplaatst. Deze kar biedt plaats aan 3 assen, maar positioneert de assen niet zelf. Dit geeft als voordeel dat de kar kleiner wordt dan bij de vorige concepten, aangezien ze niet de lengte moet hebben van de grootste asafstanden die bestaan op de trailers. Hierbij kan men wel slechts één as tegelijkertijd naar boven brengen. Men brengt de kar namelijk eerst naar de achterste bokken van het frame en dan wordt de achterste as naar boven gebracht. Eenmaal deze as bevestigd en uitgelijnd is kan men overgaan naar de middelste as en dan pas naar de eerste as.

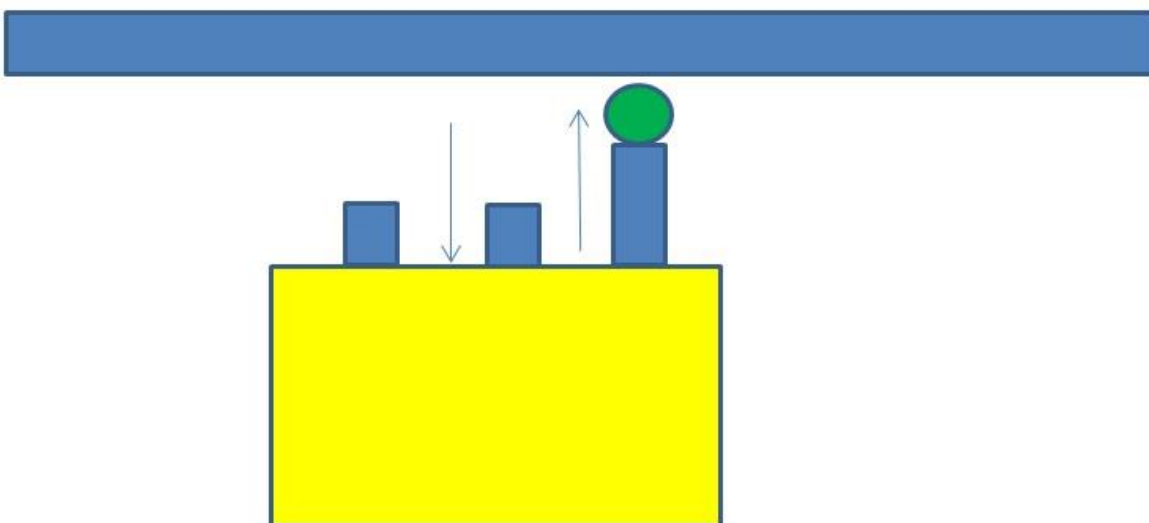
Dit concept is zeer eenvoudig en vraagt niet veel ontwikkelingskosten vergeleken met de vorige concepten. Maar het is wel duidelijk dat dit veel te veel tijd vraagt en zeker niet zal helpen tot verhoging van de productie. Er moet teveel handmatig gebeuren en het voortdurend optreden van foute positionering waarbij men eerst de as weer naar beneden moet halen, de kar verzetten en dan de as weer naar boven moet doen, is reëel.



Figuur 46: Bevestiging achterste as



Figuur 47: Bevestiging middenste as



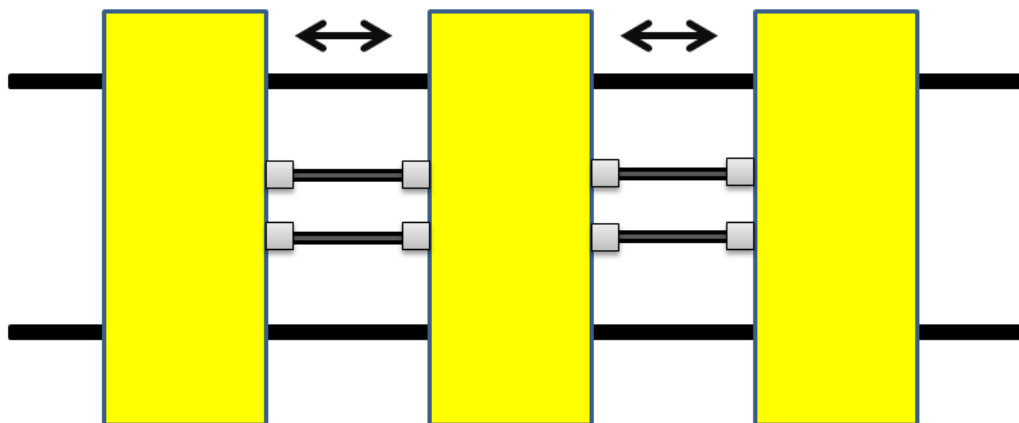
Figuur 48: Bevestiging voorste as

3.2.5 Concept 4: Één as per kar

Een ander idee is het gebruik van één as per kar welke met het huidige uitlijningssysteem het beste resultaat zou geven. Hier wordt gebruik gemaakt van een enkele kar die mogelijks voort geduwd kan worden door een arbeider (of eventueel door middel van een elektromotor in de kar verwerkt). De steunafstanden zouden ook hier aanpasbaar zijn in de lengte van de as en ook in de hoogte. Ook zou de kar dienen als een volledige toolbox, wat het monteren versneld. De reden dat er hier voor enkele karren gekozen werd is omdat er maar één as per keer kan uitgelijnd worden. Hiervoor werd gericht op het klaarmaken van de kar voor het monteren van de volgende as terwijl de eerste as uitgelijnd wordt. Hiervoor zijn dus minimum twee arbeiders nodig. De kostprijs zal ook lager zijn dan bij het gebruik van een grote kar waar de drie assen tegelijk op geplaatst kunnen worden. Hier kan men ook de schokdempers en de balgen al op voorhand monteren op de kar.

3.2.6 Concept 5: Vaste blokken

Bij dit concept is er een compromis gemaakt tussen de meest praktische voordelen van alle vorige concepten. Dit systeem bestaat uit drie afzonderlijke blokken die onderling aan elkaar gekoppeld zijn via spindels of pneumatische cilinders. De middelste blok staat vast gepositioneerd en de buitenste twee zijn via bovenvernoemde spindels of cilinders op de juiste asafstand positioneerbaar. Op die manier heeft elke as zijn eigen blok waar de uitlijning op kan gebeuren en waar de as gemonteerd kan worden op het frame. De blokken kunnen enkel in horizontale richting bewegen zodat de onderlinge asafstand aanpasbaar is. Zo is het niet mogelijk om de blokken van onder het frame uit te rijden om de assen erop te plaatsen. De assen worden op de blokken geplaatst wanneer het frame zich naar de volgende fase in de productiefase begeeft.



Figuur 49: Concept 5

3.3 Uitlijning

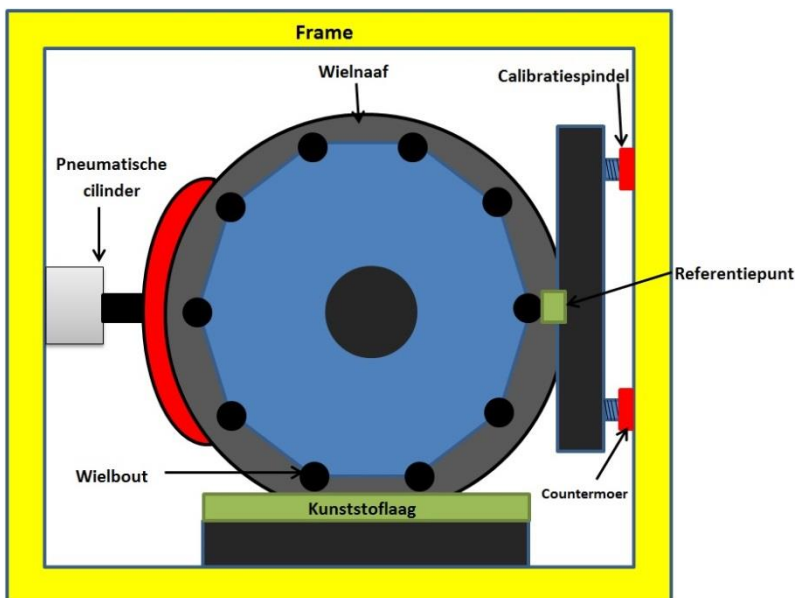
3.3.1 Inleiding

De uitlijning wordt tot op heden uitgevoerd op een niet geheel exacte manier en zorgt voor een te groot tijdsverlies. Het gebeurt namelijk handmatig door gebruik te maken van een virtuele kingpin en een lintmeter. Door het verschil in afstand tussen beide centers van de wielnaven van één as te gaan instellen via een excentrisch systeem, kan men de as uitlijnen tot op de gewenste waarden. Voor een volledige uitleg van de huidige werking van het uitlijningsprincipe, wordt verwezen naar ‘2.2 Huidig productieproces’ op pagina 7 en ‘2.6 Wieluitlijning Hendrickson’ op pagina 21.

Door toepassing van deze methode kunnen teveel fouten optreden, voornamelijk menselijke fouten. Men kan een slechte aflezing doen op de lintmeter of het lint aan beide kanten niet met dezelfde kracht opspannen.. Het voortdurend uitmeten met een lintmeter van de afstanden aan beide kanten neemt ook veel tijd in beslag. Daarom wordt gezocht naar een systeem welke nog zo weinig mogelijke menselijke handelingen vergt.

3.3.2 Concept 1: Semi-automatische uitlijning op de wielnaafbouten

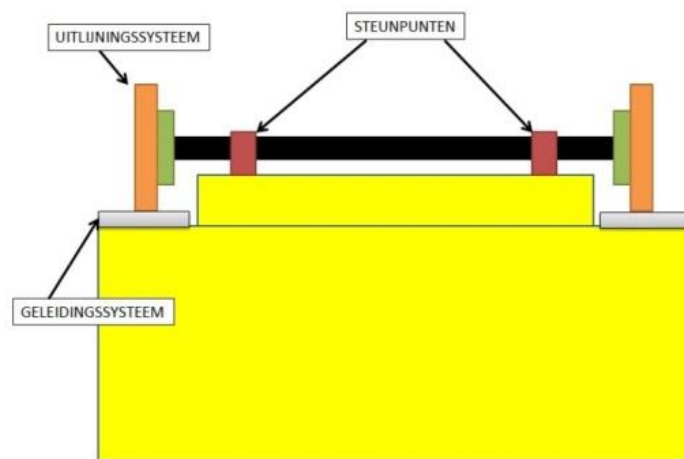
Hierbij worden de wielschijven van één as langs beide kanten ingeklemd door een rechthoekig uitlijningsframe. Deze beide uitlijningsframes bevinden zich op de kar welke de assen ondersteunt tijdens de installatie. Eenmaal de assen zich onder het frame bevinden, schuiven de uitlijningsframes naar elkaar toe tot ze zich beide tegen de naaf van de as bevinden. Let op dat ervoor gezorgd moet worden dat er twee bouten zich op de onderste kunststoflaag bevinden, zodat de as goed ligt voor de verdere werking. Merk op dat de bout die zich het meest rechts bevindt op de tekening zich op dit moment nog niet tegen het



Figuur 50: Uitlijning via pneumatische cilinder

referentiepunt bevindt (groene blokje). Eenmaal de as aan beide kanten goed gepositioneerd is in de frames wordt via een pneumatische cilinder, die uitschuift en die de naven met een bepaalde kracht vasthoudt op die positie, de as langs beide kanten tegen het referentieblokje geduwd. Eenmaal de cilinder een bepaalde druk ondervindt (wanneer de meest rechtse wielbout zich tegen het referentieblokje bevindt)

zal deze niet verder doorduwen. De uitlijning gebeurt doordat de twee rechthoeken met al zijn bijhorende componenten uitgelijnd staan tegenover elkaar. Het referentieblokje van de ene rechthoek zal bijvoorbeeld 2mm verder uitgeschoven staan dan de andere. Hiermee wordt de as automatisch, eenvoudig en snel uitgelijnd.

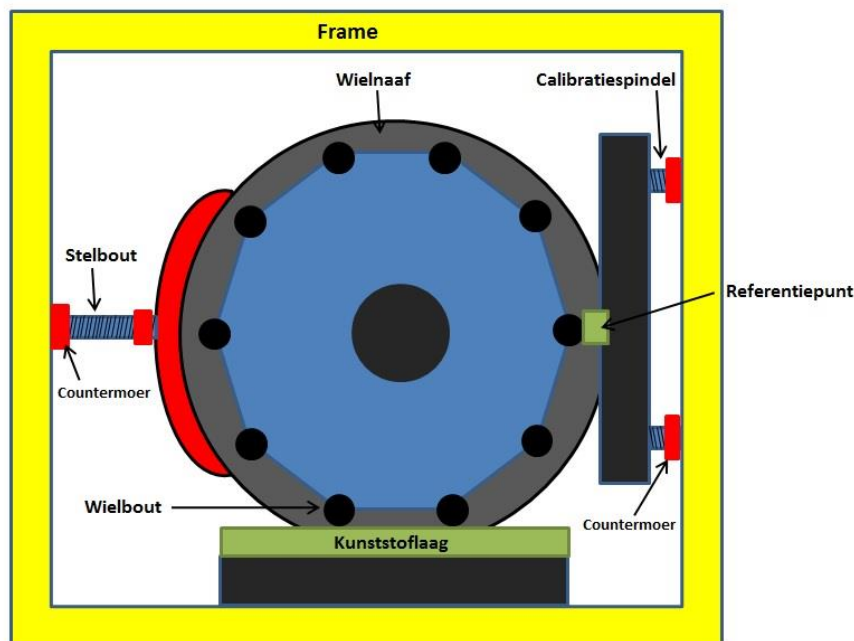


Bij dit systeem zijn de enige grote, manuele acties het goed positioneren van de as in de uitlijningsframes en het aandraaien van de as na de uitlijning. Hiermee zou de nauwkeurigheid van de uitlijning moeten verbeteren, en door de automatisering, ook de snelheid van het proces verhogen.

Figuur 51: Vooraanzicht uitlijningsysteem op kar

3.3.3 Concept 2: Uitlijning op wielnaafbouten met spindel

Dit concept is bijna identiek aan het voorgaande. Het enige verschil hierbij is de pneumatische cilinder die vervangen is door een spindel. Buiten de eenvoudigere creatie geeft dit zeker niet meer voordelen. Het enorme voordeel van de pneumatische cilinder, is dat via een simpele drukcontrole, er via een lampje kan duidelijk gemaakt worden aan de werknemer wanneer deze de as mag aandraaien.



Figuur 52: Uitlijning met spindel

3.4 SWOT-analyse

Bovenstaande concepten zijn opgenomen in onderstaande SWOT-analyse. De resultaten worden besproken op de volgende pagina's.

3.4.1 Concepten kar

Tabel 11: Resultaten SWOT-analyse concepten kar

Schaal: 0 (slecht)→5 (uitstekend)	Kostprijs (5=laag)	Veiligheid	Snelheid	Mogelijkheden	Eenvoud	Onderhoud	Inzetbaarheid	Ergonomie	Totaal
Elektrisch karretje	2	3	3	4	2	2	2	4	22
Vaste mal-beweegbaar frame	3	3	2	4	3	2	2	2	21
Verticaal beweegbare assen	3	2	1	4	3	3	2	4	22
Één as per kar	4	3	2	5	4	3	3	5	29
Vaste blokken	3	4	4	3	4	3	4	4	30

3.4.2 Concepten kraan

Tabel 12: Resultaten SWOT-analyse concepten kraan

Schaal: 0 (slecht)→5 (uitstekend)	Kostprijs (5=laag)	Veiligheid	Snelheid	Mogelijkheden	Eenvoud	Onderhoud	Inzetbaarheid	Ergonomie	Totaal
Grond en draaibaar	3	1	3	4	3	1	2	4	21
Plafond en draaibaar	2	3	4	3	3	2	3	4	24
Niet draaibaar grond	5	2	3	4	3	3	3	3	26
Niet draaibaar plafond	4	4	4	3	4	4	4	3	30

3.4.3 Concepten uitlijning

Tabel 13: Resultaten SWOT-analyse concepten uitlijning

Schaal: 0 (slecht)→5 (uitstekend)	Kostprijs (5=laag)	Veiligheid	Snelheid	Mogelijkheden	Eenvoud	Onderhoud	Inzetbaarheid	Ergonomie	Totaal
Semi-automatisch (cilinder)	3	3	5	4	3	4	5	4	31
Stelbout	4	4	4	4	4	4	5	3	32

3.4.4 Evaluatie concepten kar

De resultaten uit Tabel 11 zijn hieronder besproken en geëvalueerd.

Elektrisch karretje: Dit concept zal op het vlak van kostprijs slecht scoren, want het karretje heeft (te) veel componenten die hier niet allemaal van even groot belang zijn, zoals cilinders, elektrische besturing, ...

De snelheid is afhankelijk van het aantal gebruikte karren, indien er maar één kar gebruikt wordt, zal dit veel tijd in beslag nemen om deze te verplaatsen en opnieuw voor te bereiden voor de volgende trailer. Indien er met twee karren gewerkt wordt, kan de ene al voorbereid worden terwijl de andere in gebruik is, dit vergt natuurlijk wel een extra persoon die deze kar kan voorbereiden.

Aangezien de kar niet op rails loopt, zijn de mogelijkheden zeer groot, bij uitbreiding van het productieproces, kan de kar eender waar ingezet worden zonder enige aanpassing. Wegens de vele aanwezige componenten is de kar niet eenvoudig opgebouwd en vergt deze een frequent onderhoud (bijvoorbeeld van de wielen etc). Voor het productieproces van Kraker Trailers Axel B.V. heeft deze kar teveel mogelijkheden om nog economisch verantwoord te zijn.

Vaste mal-beweegbaar frame: Aangezien bij dit concept het frame op en neer beweegt, zal dit een bijkomende negatieve factor zijn voor de veiligheid. Het frame moet namelijk as per as naar beneden en terug naar boven voor de uitlijning. Ergonomisch scoort dit concept ook niet uitstekend, aangezien de assen steeds op dezelfde hoogte blijven staan en gemonteerd worden.

Verticaal beweegbare assen: De kostprijs zal lager zijn dan de andere concepten wegens de compactheid en omdat in de lengte geen positioneerbare cilinders nodig zijn. De kar is wel beweegbaar in alle mogelijke richtingen wat dan weer een slechtere veiligheid met zich geeft. Het onderhoud zal meevallen aangezien er minder cilinders aanwezig zullen zijn, maar de kar zelf zal bewegen aan de hand van wielen waar dan genoeg aandacht voor moet zijn.

Één as per kar: Hierbij zal er een lage kostprijs zijn wegens de compactheid en het is eventueel manueel transporteerbaar wat het concept ook eenvoudiger maakt. Hierbij zijn het aantal mogelijkheden vrijwel eindeloos.

Vaste blokken: De mogelijkheden zijn hierbij vrij beperkt wegens de (moeilijke) niet verplaatsbaarheid van de blokken. Het biedt daarnaast wel eenvoud en betere veiligheid aangezien deze blokken niet zullen rondrijden zoals de andere concepten. Zoals blijkt uit de tabel zal dit concept ook het beste uitkomen om in te zetten in het nieuwe productieproces.

3.4.5 Evaluatie concepten kraan

De resultaten uit Tabel 12 zijn hieronder besproken en geëvalueerd.

Grond en draaibaar: Bij dit concept is het frame nog steeds draaibaar wanneer nodig en dit zal de ergonomie zeker ten goede komen. Maar dit resulteert dan weer in een hogere kostprijs.

Plafond en draaibaar: De ergonomie is hier gelijk aan het vorige concept, maar een lift aan het plafond wordt qua veiligheid beter geacht. Hier bevinden zich namelijk geen rails op de grond, de armen van de lift lopen niet in de weg. Men is hierbij wel minder vrij in aanpassing van de productieplaats (een lift aan het plafond verplaatsen is namelijk moeilijker en vraagt meer werk dan een lift die zich op rails op de grond bevindt).

Niet draaibaar grond: Het niet draaibaar zijn van de lift verlaagt de kostprijs en het is makkelijker verplaatsbaar bij aanpassing van de productieplaats zoals uitgelegd hierboven. Maar door de lift op de grond te plaatsen is er meer onderhoud nodig en dit garandeert dit ook een minder goede veiligheid.

Niet draaibaar plafond: Dit is minder goed aanpasbaar. Het geeft wel de beste veiligheid en onderhoud. Hiermee zal ook verder gewerkt worden voor de nieuwe productie.

3.4.6 Evaluatie concepten uitlijning

De resultaten uit Tabel 13 zijn hieronder besproken en geëvalueerd.

Algemene besluitvorming uitlijning: Er zal gekozen worden voor het semi-automatische concept omdat pneumatica al aanwezig is in het bedrijf. Ook het gebruik van een cilinder versnelt het proces aangezien er hierdoor een snellere positionering van de assen plaatsvindt en de uitlijning dus vlotter zal verlopen.

3.5 Totaal concept 1

Na het evalueren van de resultaten van de SWOT-analyse zijn er twee totaalconcepten opgesteld die gebruik maken van de meest haalbare en toepasbare ideeën van de voorgaande deelconcepten.

3.5.1 Stap 1

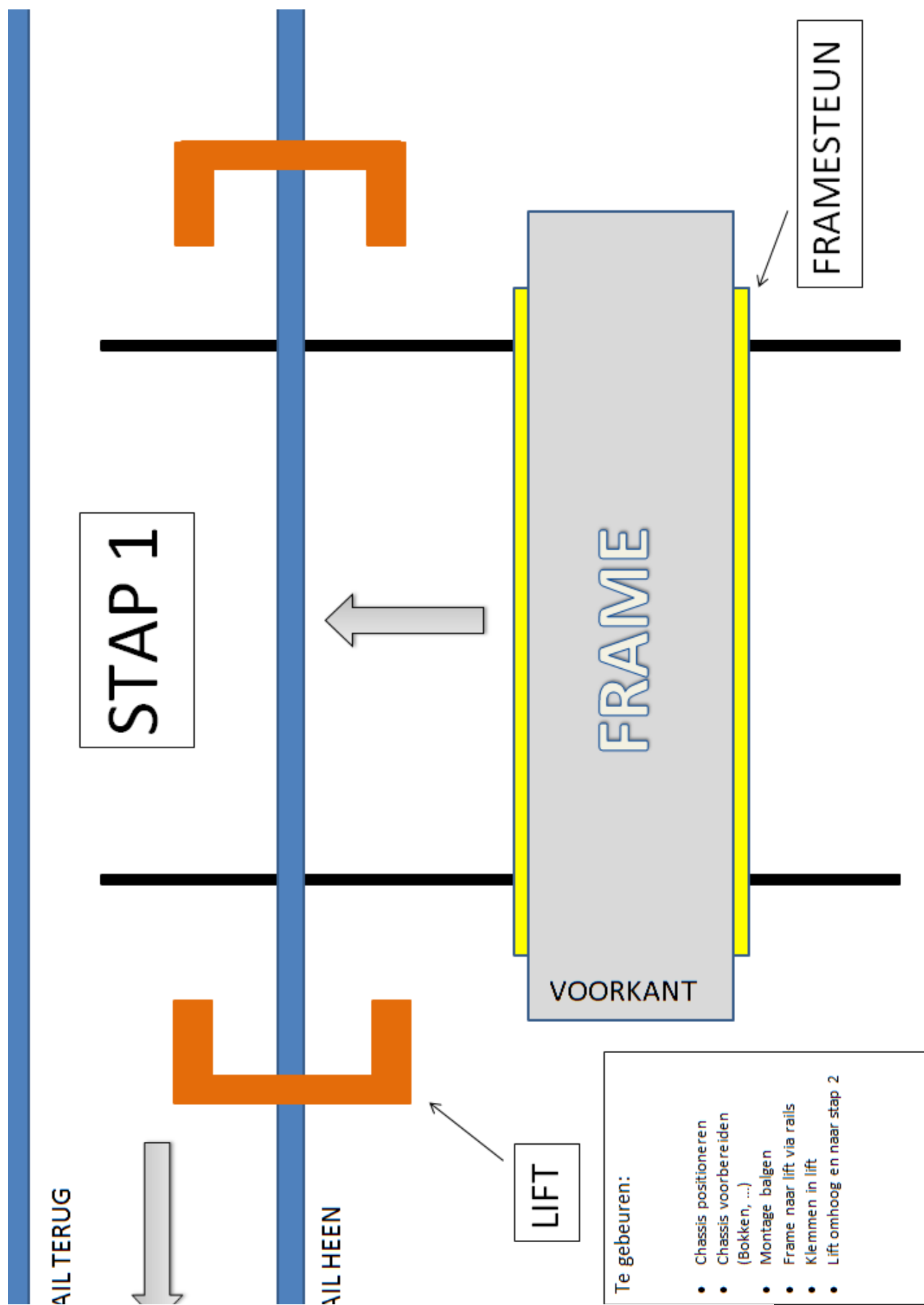
Het frame wordt uit het magazijn of van de trailer geladen met behulp van een vorkheftruck. Deze wordt correct gepositioneerd op een hulpframe en dan opgenomen en geklemd in de bovenloopkraan. Hiervoor is er een kraan gekozen die niet draaibaar is om zijn eigen as en welke bevestigd is aan het plafond. Eenmaal het frame ingeklemd is in de lift, beweegt deze laatste zich voort in de productiehal en stopt bij de tweede fase, waar een voorbereide kar staat met de drie assen erop.

3.5.2 Stap 2

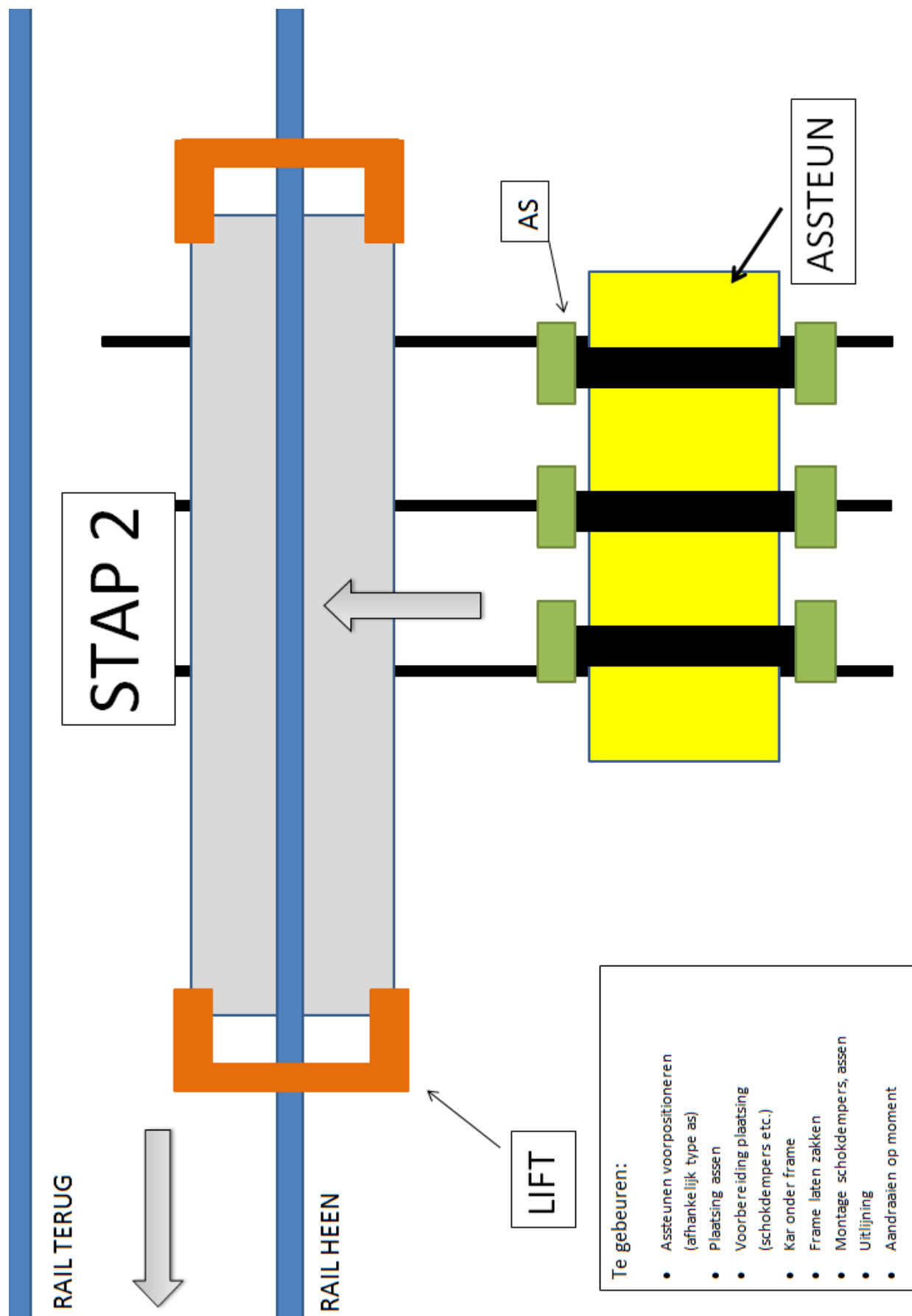
De kar met de assen beweegt zich onder het frame en de kraan doet het frame zakken. Als type kar is hiervoor het tweede concept gekozen, waarbij de kar onder het frame rijdt om de assen te kunnen plaatsen. Deze kan dus niet in de richting van de productielijn bewegen. De drie assen worden met alle toebehoren, zoals schokdempers, geplaatst. Dan gebeurt de uitlijning met het pneumatisch uitlijningssysteem. Als de drie assen geplaatst en uitgelijnd zijn, worden alle bouten op het gewenste aanhaalmoment aangespannen. Om de productiesnelheid te verhogen kan langs beide kanten van de productielijn een kar voorbereid worden. Daarna gaat de lift naar boven en de kar wordt verwijderd van onder de lift. De lift beweegt zich voort naar de derde fase.

3.5.3 Stap 3

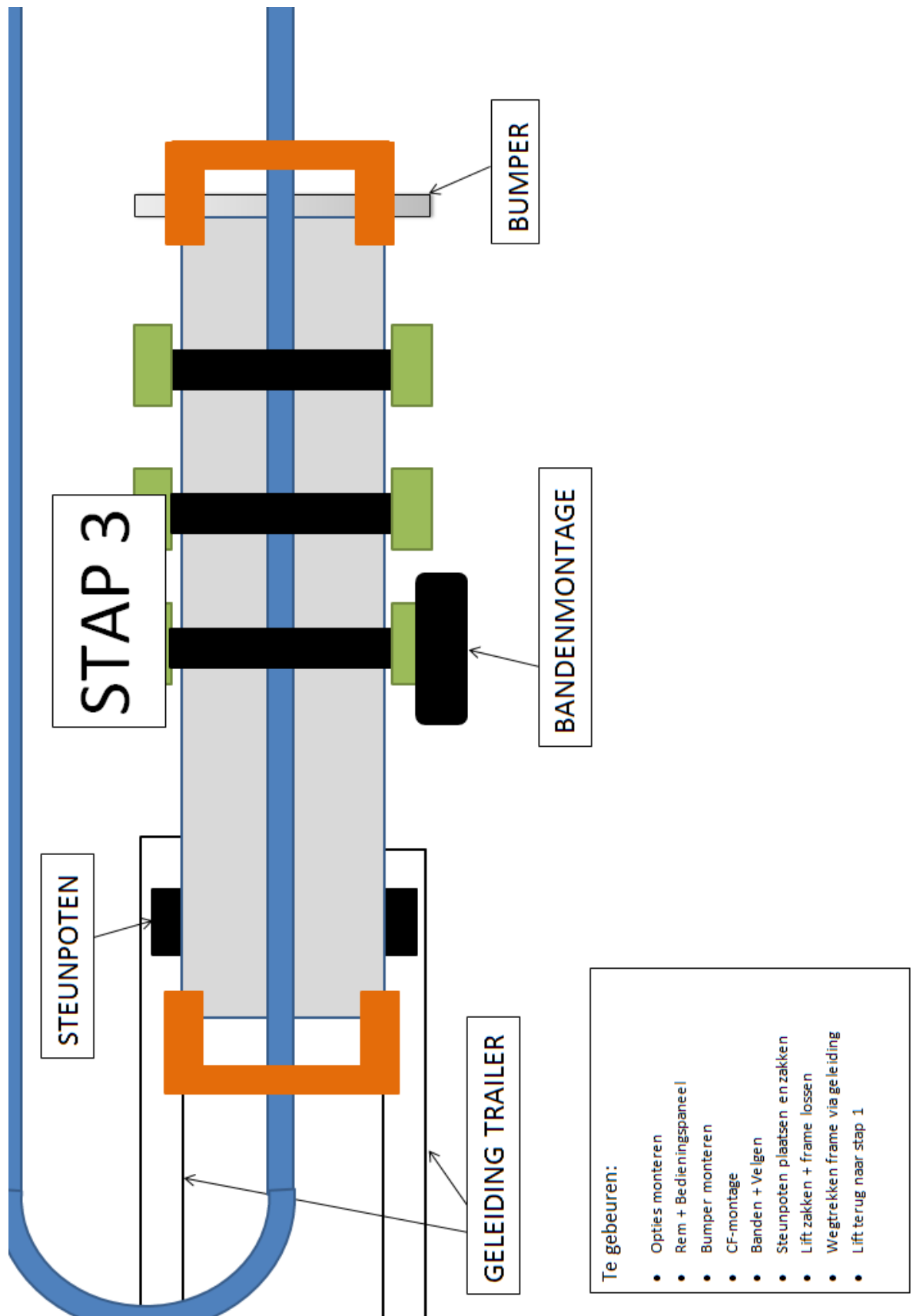
Bij de laatste stap wordt het frame opnieuw naar beneden gebracht door de lift. Hier worden de opties voor de assen, de bumper en de steunpoten gemonteerd, de remmen en het CF-systeem geïnstalleerd en tot slot de velgen met banden gemonteerd. De kraan laat het frame los zodat deze steunt op de banden en de steunpoten, de kraan keert terug naar zijn beginpositie en het frame wordt weggetrokken aan zijn steunpunten naar de volgende fase in het assemblageproces.



Figuur 53: Totaal concept 1, stap 1



Figuur 54: Totaal concept 1, stap 2



Figuur 55: Totaal concept 1, stap 3

3.6 Totaal concept 2

Dit heeft slechts enkele verschillen met het hiervoor beschreven concept. De verandering komt doordat bij dit concept meer rekening werd gehouden met de manier van uitlijnen. Het systeem van uitlijnen, zoals reeds uitgelegd, zou zich bevinden op het tot hiertoe gekozen karrensysteem voor de ondersteuning van de assen. Deze bijkomende installatie op het karretje zou ervoor zorgen dat het karretje te breed zou worden, welke het monteren van de assen op het frame voor de medewerkers serieus zou beïnvloeden. Er zou namelijk geen ruimte meer zijn tussen de assen voor de medewerkers om zo aan de benodigde bevestigingsplaatsen te komen.

3.6.1 Stap 1

Deze stap is volledig identiek als bij totaal concept 1.

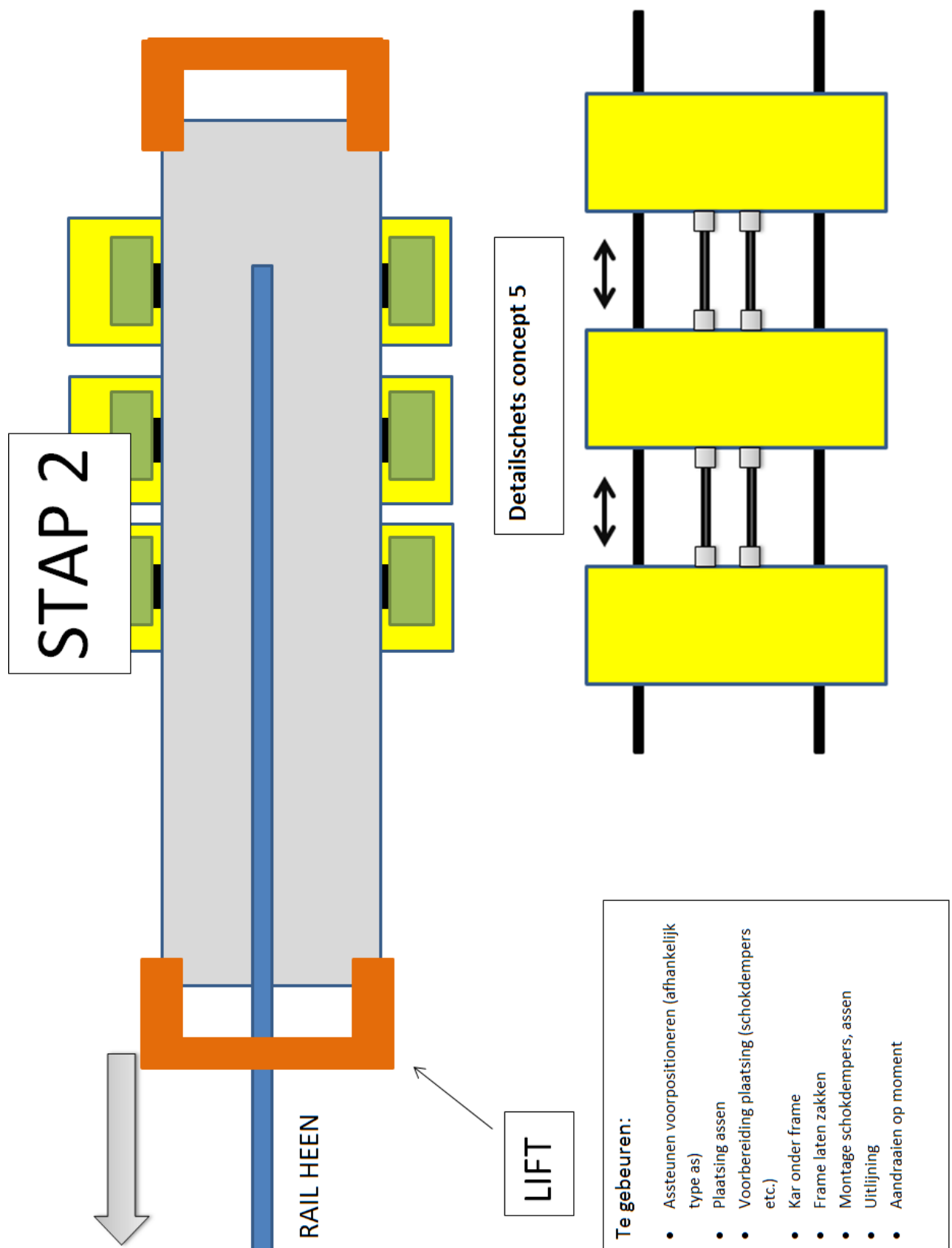
3.6.2 Stap 2

Hier bevindt zich het grote verschil met concept 1. Er zal namelijk geen gebruik meer gemaakt worden van de kar waarop zich de assen bevinden. Er wordt beroep gedaan op concept 5 van de mal voor de assen. Zie onderstaande figuur 56 voor meer duidelijkheid. Dit concept is namelijk eenvoudiger te realiseren, het vergt minder mechanische elementen, het is goedkoper, neemt waarschijnlijk minder tijd in beslag en dit allemaal terwijl het volledig dezelfde eisen en kwaliteiten heeft als het concept dat werd gebruikt bij totaal concept 1.

3.6.3 Stap 3

Ook deze stap volgt volledig totaal concept 1.

De kraan zal nu ook geen gesloten circuit meer vormen, maar aan het einde van het productieproces gewoon via dezelfde rail terugkeren naar het begin van het proces.



Figuur 56: Stap 2 totaal concept 2

4 Onderzoek

Er is een onderzoek uitgevoerd naar het effect van het niet ondersteunen van de assen aan de bokkenzijde. Het gedrag van de as moest gekend zijn voor het ontwerp van de correcte ondersteuning en centrering. Zoals besproken in de verschillende concepten voor het uitlijningssysteem, is het de bedoeling om de as te ondersteunen door middel van twee driehoekige of rechthoekige steunprofielen (afhankelijk van het type as).

Wanneer de as in de mal gepositioneerd wordt met de kraan, wordt deze nadien losgelaten, en het was niet duidelijk of de as zou blijven liggen, of naar één kant zou kantelen.

Dit is onderzocht door een mal te nemen waarin de assen geleverd worden. In deze mallen worden alle assen ondersteund door ze gedeeltelijk op elkaar te laten rusten of door een extra ondersteuning te plaatsen. De assen liggen in deze mal ook in driehoeksprofielen met een laag kunststof als bescherming en antislip, net hetzelfde principe zoals bij het bedachte concept.

Als test is er één enkele as in de mal gelegd en werden alle ondersteuningën verwijderd, op die manier zijn er geen andere factoren meer aanwezig dan het eigengewicht van de as en de twee driehoeksprofielen als steunpunten. Al snel werd duidelijk dat de as meteen voorover valt en dus zeker en vast ondersteund moet worden aan de kant van de bokbevestiging.

Een mogelijke oplossing voor dit probleem was het volledig doortrekken van de ondersteuning, zodat er één lang steunprofiel in plaats van twee korte zijn. Op die manier is er een grote oppervlakte waarop de wrijving kan inwerken op de as. Maar dit geeft nog steeds geen oplossing voor het centreren van de as in de mal. Ook kon er niet met volle zekerheid gezegd worden dat de as wel degelijk zijn positie zou behouden en niet naar voor zou kantelen. Om deze redenen is ook deze oplossing weerlegd en is er overgegaan naar een extra ondersteuningsprofiel dat rust op in hoogte verstelbare cilinders, zodat de as op zijn gewenste rijhoogte kan gepositioneerd worden. Deze oplossing is uitgewerkt in het onderdeel '6 Ontwerp' centreringssysteem voor de assen in de mal, waar ook figuren bijgevoegd zijn van de hier besproken probleemopstelling.

Technisch dossier

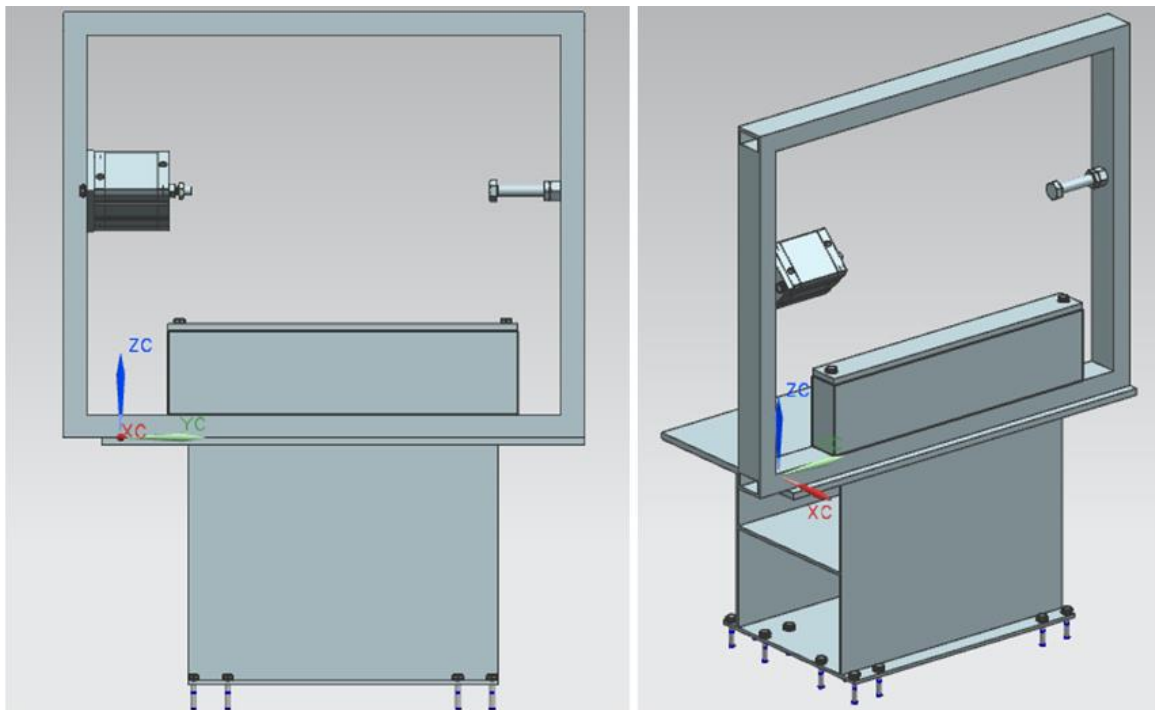
5 Ontwerp uitlijningssysteem

5.1 Uitwerking van de uitlijning + uitleg gebruikte componenten

5.1.1 Inleiding

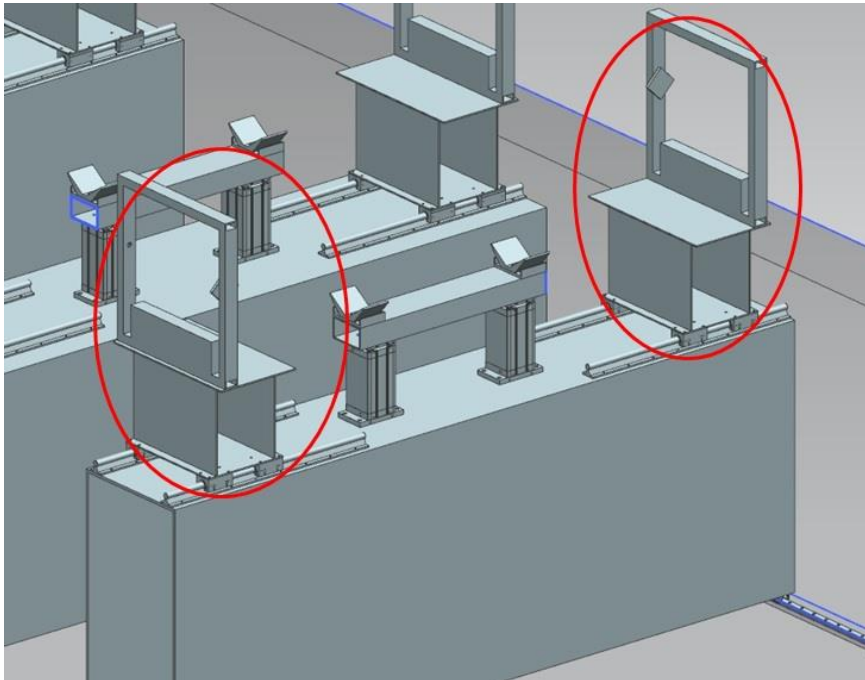
Zoals men in '2.2 Huidig productieproces' terugvindt, wordt de uitlijning momenteel uitgevoerd aan de hand van een virtuele kingpin en door middel van handmatige uitlijning met behulp van een lintmeter. Deze methode vraagt te veel tijd en is onnauwkeurig. Daarom werd een nieuw systeem ontwikkeld dat de snelheid en de nauwkeurigheid van het proces zal bevorderen.

5.1.2 Nieuw ontwerp



Figuur 57: Voor- en schuinaanzicht ontwerp

Deze constructie komt langs beide kanten op ieder blok waar een as in komt en zal steunen op geleidingsrails.



Figuur 58: Uitlijningprofiel op mal

Het nieuwe proces kan per as worden opgedeeld in verschillende stappen.

1^e stap:

Eerst worden de assen gecentreerd in hun ondersteuning door middel van het centreerplatform. Dit moet ervoor zorgen dat de assen perfect liggen voor de bevestiging in het frame welke in een later stadium zal worden aangebracht via een lift. Voor deze eerste stap worden de assen met behulp van een kraan tegenover de centreerprofielen gebracht. Men zorgt er nu voor dat de bokbevestigingspunten mooi overeenkomen met de inzetstukken in het centreerprofiel en de as zal gecentreerd liggen in het blok. Voor meer uitleg omtrent deze centrering van de assen wordt verwezen naar '6 Ontwerp centreringssysteem voor de assen in de mal'.

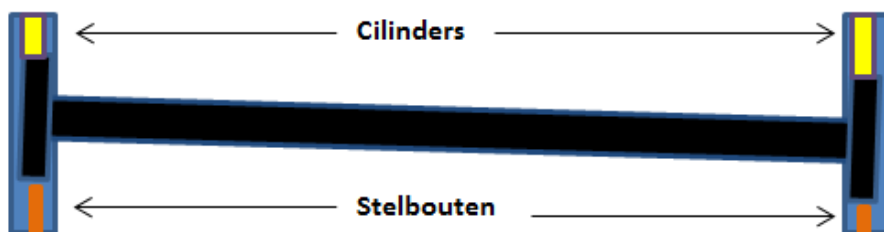
Wanneer dit gebeurd is kan men de as in zijn ondersteuning leggen, de kraan los losmaken en het frame boven de assen brengen klaar voor de eerste bevestigingen.

2^e stap:

Eenmaal de as gedeeltelijk vasthangt aan het frame (nog niet volledig vastgedraaid) komen de uitlijningsprofielen terug naar binnen en kan de eigenlijke uitlijning beginnen. De wielnaaf wordt hiervoor zodanig gedraaid dat twee van de tien bouten zich onderaan en evenwijdig bevinden met de grond. Deze bouten worden elk voorzien van een naaldlager welke moet

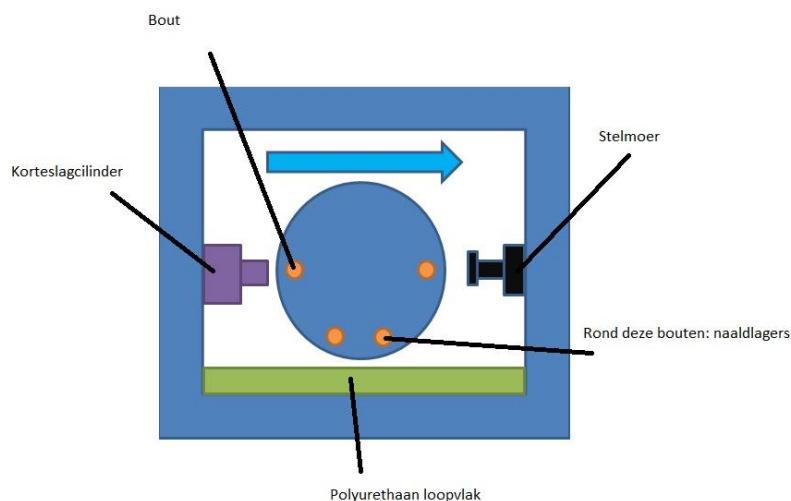
zorgen voor weinig wrijving en zo weinig mogelijk slijtage aan de bouten tijdens de uitlijning. Deze naaldlagers zullen over het harde polyurethaan loopvlak van het uitlijningsprofiel rollen.

Wanneer de as nu gepositioneerd is in het profiel zullen de korteslagcilinders van de uitlijning uitschuiven en elk tegen één bout duwen waardoor de wielnaven de neiging zullen hebben om via de lagers weg te rollen. Deze actie zal doorgaan tot beide wielnaven de stelbout bereikt hebben. Deze stelbouten staan afgesteld op de gewenste graad van uitlijning. Hierbij zullen de cilinders de kracht behouden zodat de as in deze positie gehouden wordt terwijl de as volledig vastgemaakt wordt aan het frame. Op de figuur hieronder is dit systeem uitvergroot voorgesteld ter verduidelijking, de cilinders duwen dus de as langs beide kanten over een bepaalde afstand weg, totdat deze stopt tegen de stelbout, op die manier komt de as onder de gewenste hoek te liggen en kan deze op het juiste aanhaalmoment aangehaald worden.



Figuur 59: Uitlijning bovenaanzicht

Is de as aan het frame vastgemaakt en op het juiste aanhaalmoment aangedraaid, dan zullen de korteslagcilinders intrekken, de uitlijningsprofielen terug uitschuiven en het frame met bevestigde assen via de lift terug opgetrokken worden waarna het via deze weg naar het volgende station zal gaan.



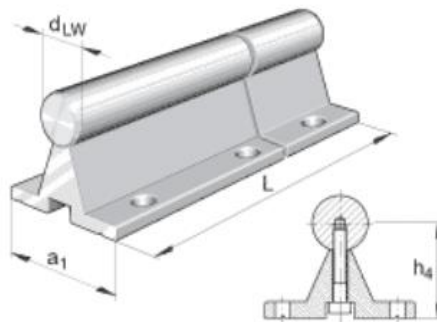
Figuur 60: Grafische voorstelling uitlijning (zijaanzicht), 2 bouten evenwijdig met het polyurethaan loopvlak waarrond dan naaldlagers zullen bevestigd worden.

Opmerking:

Indien men liever niet met de duurdere korteslagcilinders werkt, kan men ook met goedkopere spindels werken en de uitlijning handmatig bedienen.

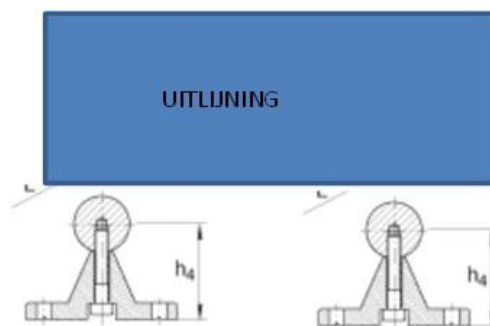
5.1.3 Geleidingsrails

Voor geleiders waarop het uitlijningssysteem geplaatst wordt, werd gekozen voor de *TSNW20* van 'Schaeffler' waarvan de 20 staat voor de diameter van de geleiding. De vorm ziet er als volgt uit:



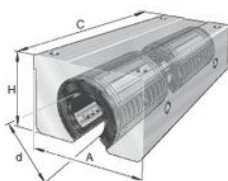
Figuur 61: Geleidingsrail uitlijning

Twee van deze rails zullen parallel naast elkaar komen zodat één uitlijning zal steunen op twee geleidingsassen.



Figuur 62: Twee rails per uitlijningsprofiel

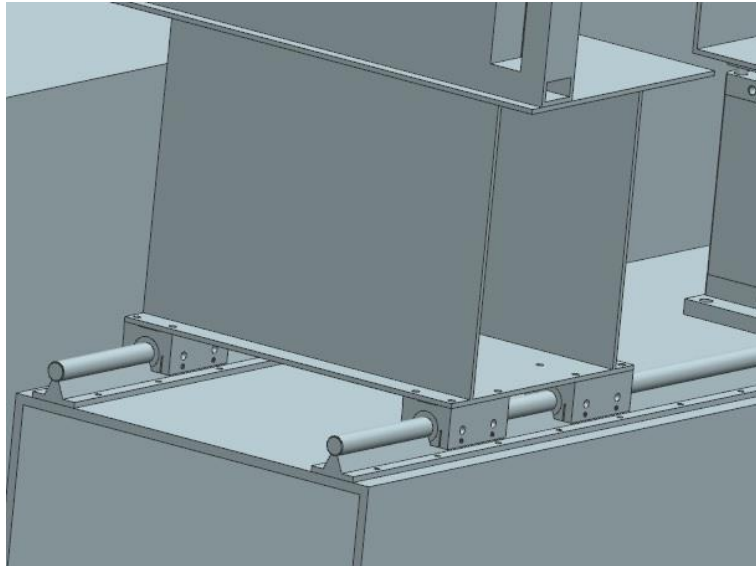
Het uitlijningsprofiel zal bevestigd worden op deze rails via geleidingsblokken van het type : KTSOS20-PP-AS.



Figuur 63: Geleidingsblok

Dit is een blok van 10 cm lang en kan statische krachten aan van 4600 N en een dynamische kracht van 3500 N. Dit is meer dan voldoende, maar dit werd toch gekozen wegens de lengte en stabiliteit.

Een kleinere versie zoals de KTSNO20-PP-AS, welke de helft zo lang is, maar toch nog genoeg gewicht kan opnemen, is ook een mogelijkheid. Dit is een keuze die gemaakt dient te worden door het bedrijf. Het is gewoon belangrijk te weten dat verschillende geleidingsblokken beschikbaar zijn via Schaeffler. Afhankelijk van wat de belangrijkste factoren zijn (kostprijs, stabiliteit, zekerheid, ..) is (of combinatie van factoren), kan dan een beslissing genomen worden.



Figuur 64: CAD-weergave van de geleiding

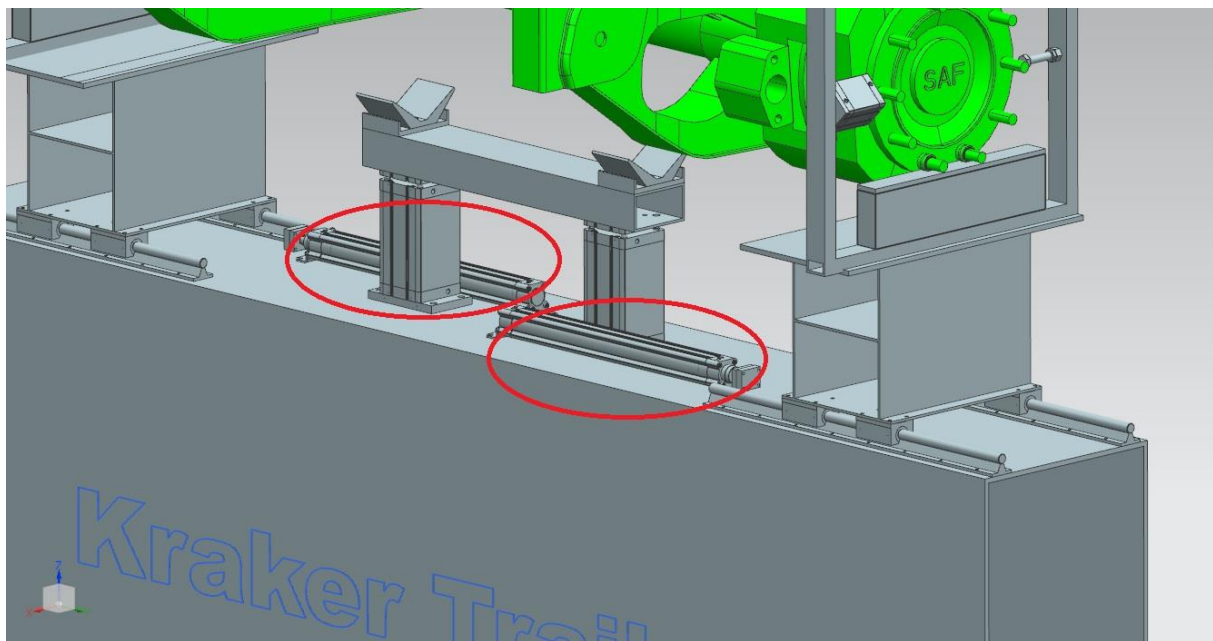
6 Ontwerp centreringssysteem voor de assen in de mal

6.1 Inleiding

Wanneer de assen in een eerste stap via een kraan in de mal gelegd worden is het van groot belang dat deze mooi gecentreerd liggen in de mal, aangezien anders de uitlijning tegenover het frame en de kingpin niet correct zal gebeuren. Hieronder volgen een aantal uitgewerkte oplossingen en de redenen waarom ze wel of niet gebruikt zullen worden in het volledige ontwerp.

6.2 Centrering via twee synchroon gestuurde cilinders

Een eerste idee was het centreren van de assen door gebruik te maken van twee synchroon gestuurde horizontaal liggende cilinders per blok welke elk bevestigd zijn aan een uitlijningsprofiel.



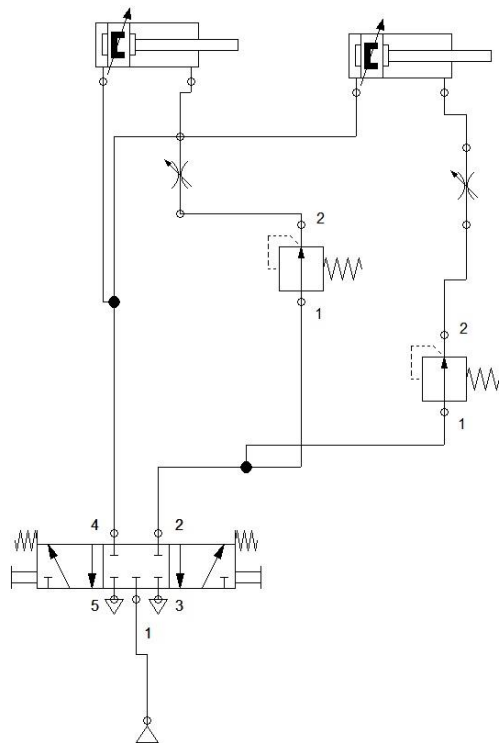
Figuur 65: CAD-weergave van de twee centreercilinders per blok¹²

Nog voor de assen in de mal gebracht worden is het belangrijk te weten dat de uitlijningsprofielen op hun verste punt staan, dus dat betekent dat de centreercilinders ook uitgeschoven staan.

Eerst en vooral zullen de assen, zonder rekening te houden met centrering, in de ondersteuningen van de mal zelf gelegd worden. Eenmaal de as in de ondersteuningen ligt, kan deze van de kraan gelost worden. Nu kan men via één knop beide cilinders bedienen via een 5/3-ventiel. Aangezien ze via hetzelfde ventiel bediend worden, zullen deze dezelfde druk en debiet ontvangen waardoor ze synchroon zullen inschuiven. Omdat de as nog niet

¹² Merk op dat deze cilinders uiteraard dienen bevestigd te zijn aan de uitlijningsprofielen. Maar vanwege constraintproblemen was dit niet mogelijk in de 3D-weergaven

gecentreerd ligt zal een van de twee uitlijningsprofielen als eerste tegen een wielnaaf beginnen duwen. Door de trekkracht van de cilinder zal nu de as verschuiven in de bewegingsrichting van de cilinder. Deze verschuiving zal gebeuren tot ook het andere profiel tegen de andere wielnaaf begint te duwen. Eenmaal dit zich voordoet lost men de bedieningsknop van de cilinders en stoppen deze dan ook met duwen.



Figuur 66: Eenvoudig pneumatisch schema van de centreercilinders

Omdat de cilinders synchroon bewegen, hebben deze op het einde van de actie dan ook eenzelfde afstand afgelegd waardoor de as nu gecentreerd in de mal ligt. De cilinders voor de ondersteuning van de assen worden nu aangestuurd, waardoor het ondersteuningsprofiel naar boven beweegt en de as opduwt, zodoende kan ze ook niet meer zijdelings bewegen. Men bedient nu terug de cilinders voor de centrering welke ervoor zorgt dat deze terug uitschuiven en de uitlijningsprofielen terug op hun uiterste stand komen te liggen. Eenmaal alle assen gecentreerd liggen in hun mal kan men overgaan tot het brengen van het frame boven de assen.

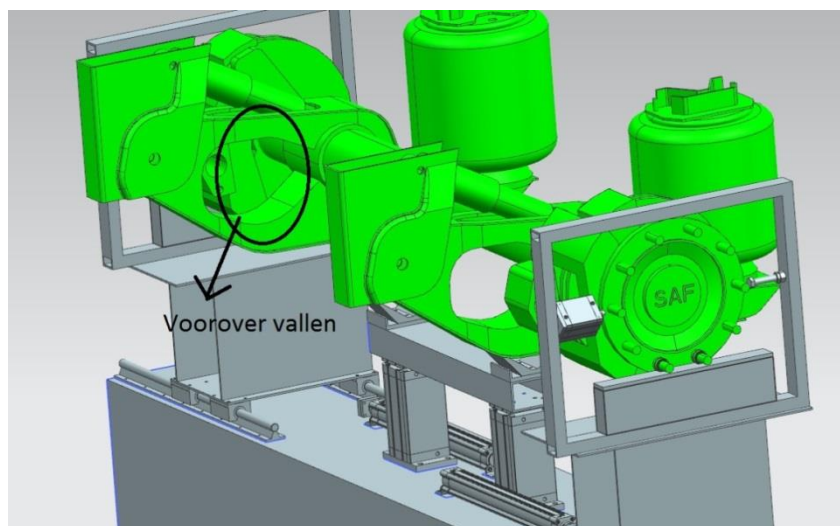
6.2.1 Probleem

Na verder onderzoek over deze oplossing en na verder overleg werd besloten dit concept niet te gebruiken omdat het zo goed als onmogelijk is om pneumatische cilinders perfect synchroon te laten bewegen. Zolang de cilinders geen kracht moeten uitoefenen zou dit geen probleem mogen vormen, maar hier zou een van de cilinders beginnen met een trekkracht uit te oefenen terwijl de ander nog geen belasting zal ondervinden. Dit zal ervoor zorgen dat de

arbeidsvoerende cilinder meer luchtdebiet zal vragen waardoor het synchroon bewegen van de cilinders niet meer plaatsvindt en het idee achter deze oplossing dan ook in het water valt.

Merk wel op dat dit probleem niet inhoudt dat de cilinders volledig niet gebruikt zullen worden. Deze blijven aanwezig in het ontwerp omdat de uitlijningsprofielen nog altijd moeten kunnen bewegen.

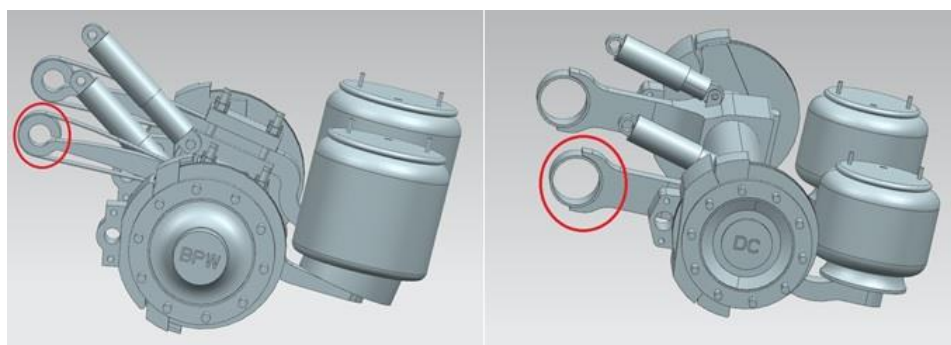
Een bijkomend probleem hierbij is als eenmaal de assen gelost worden van de kraan, deze enkel centraal op hun as ondersteund worden. Dit zorgt ervoor dat de assen voorover¹³ vallen langs de kant waar de bokken uiteindelijk zullen bevestigd worden. Hiervoor dient dus nog een extra oplossing/ondersteuning te worden ontworpen. Maar deze ondersteuning kunnen ook de oplossing bieden, in plaats van de synchroon gestuurde cilinders, voor het centreren van de assen. Deze oplossing wordt verder in dit hoofdstuk besproken.



Figuur 67: Voorover vallen van de assen zonder ondersteuning

6.3 Centrerings via een extra centreeras

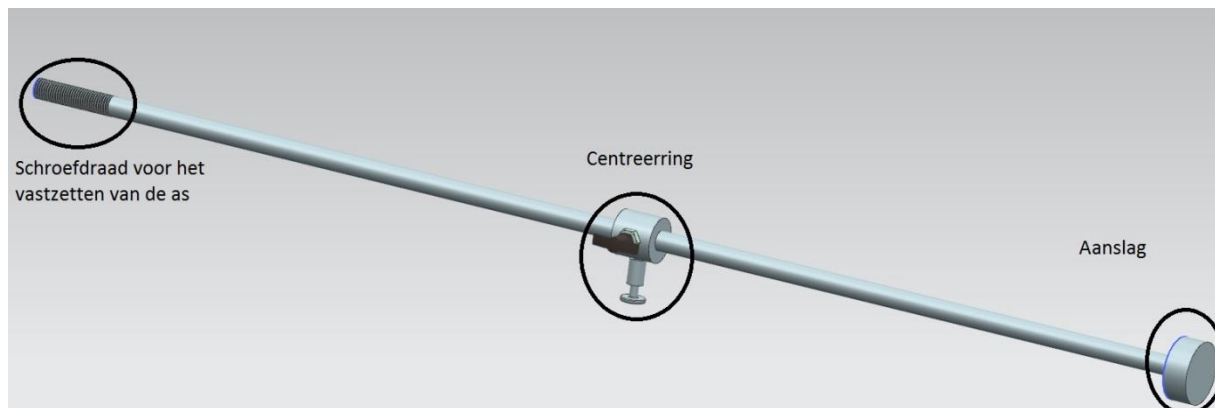
Wanneer men alle assen bekijkt, kan men opmerken dat iedere bevestiging van de assen in de bok gebeurt via een boring.



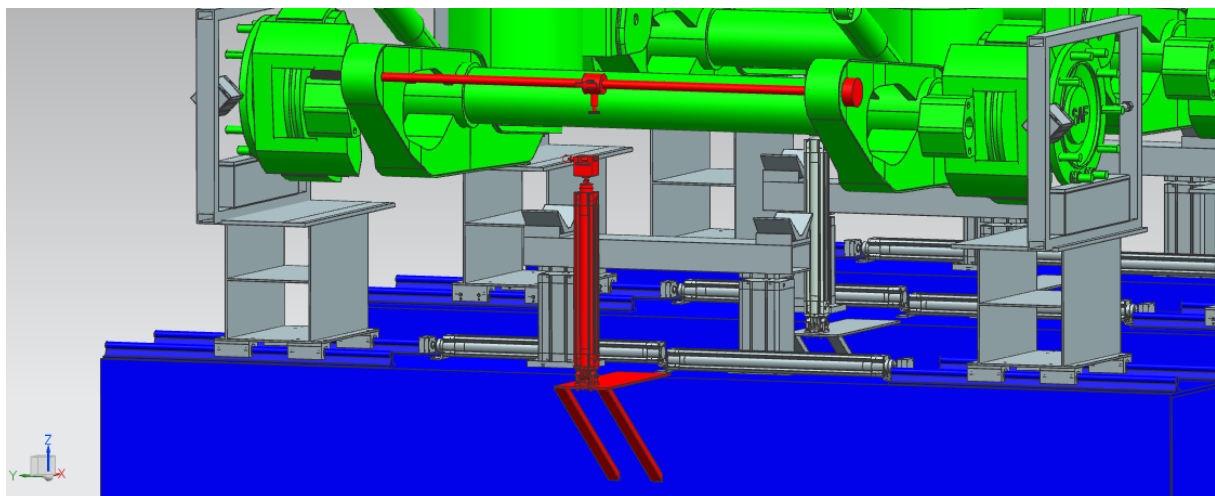
Figuur 68: Bokbevestiging BPW-as (links) en Mercedes-as (rechts)

¹³ Voor meer uitleg over het voorover vallen van de assen zie '4 Onderzoek'.

Het idee bestaat er nu in om door deze boringen een extra centreeras te steken met een aanslag op het einde. Op deze as is een inkeping aangebracht waarrond een ring past welke het exacte midden aangeeft van de as eenmaal de centreeras goed is aangebracht. Uiteraard hebben deze boringen per as een verschillende diameter en daarom wordt de centreeras uitgevoerd in de kleinste diameter. De aanslagen zijn ook vervangbaar per type as, welke er inderdaad voor moet zorgen dat de aangebrachte ring (zoals hierboven vermeld) voor elke as exact in het midden komt te liggen. De centreerring kan van de as gehaald worden door de hendel uit te trekken en deze van de as te schuiven.



Figuur 69: Centreeras

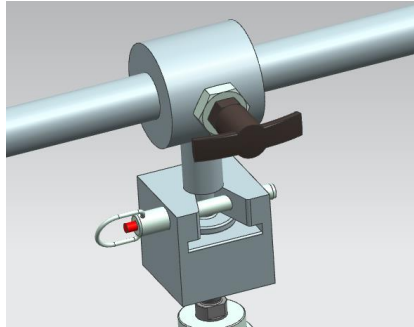


Figuur 70: (Rode) centreeras bevestigd in de as

Eenmaal de centreeras correct is bevestigd, kan de as boven de mal gebracht worden. Op de mal zelf is een cilinder bevestigd welke zich met zijn zuigerstang perfect in het midden van de mal bevindt. Op deze cilinder bevindt zich een kingpin principe waarin de centreerring, die zich op de centreeras bevindt, past.

Men brengt dus nu de as met de kraan boven de mal en men zorgt dat de centreerring met het kingpin principe in de cilinder past. Eenmaal deze erin is geschoven zet men deze vast met

een locking pin. Het is nu duidelijk dat wanneer men dit heeft gedaan de as gecentreerd ligt in de mal. Men kan nu nog de as horizontaal leggen door het in- of uitschuiven¹⁴ van de cilinder.



Figuur 71: Centreerring wordt bevestigd in de cilinder en vastgezet met een locking pin

Wanneer de as in correcte positie ligt zal ze in de ondersteuningen gelegd worden en gelost worden van de kraan. Nu kan de centreeras op haar beurt verwijderd worden van de as zodat men kan verder gaan.

6.3.1 Probleem

Hierbij treedt terug hetzelfde probleem op als de vorige oplossing. Namelijk dat eenmaal de centreeras weg is en de as in zijn steunen ligt deze nergens meer wordt ondersteund tegen het voorovervallen. Wederom zouden dus hiervoor een extra paar steunen dienen te worden ontworpen. De oplossing die hiervoor bedacht werd, was het verbreden van de ondersteuningsprofielen en hierin een antislip laag aanbrengen, zodat de assen niet kunnen kantelen en zodoende blijven liggen. Maar na een eenvoudige test (zie ‘4 Onderzoek’) bleek dit niet haalbaar te zijn en kantelen de assen toch.

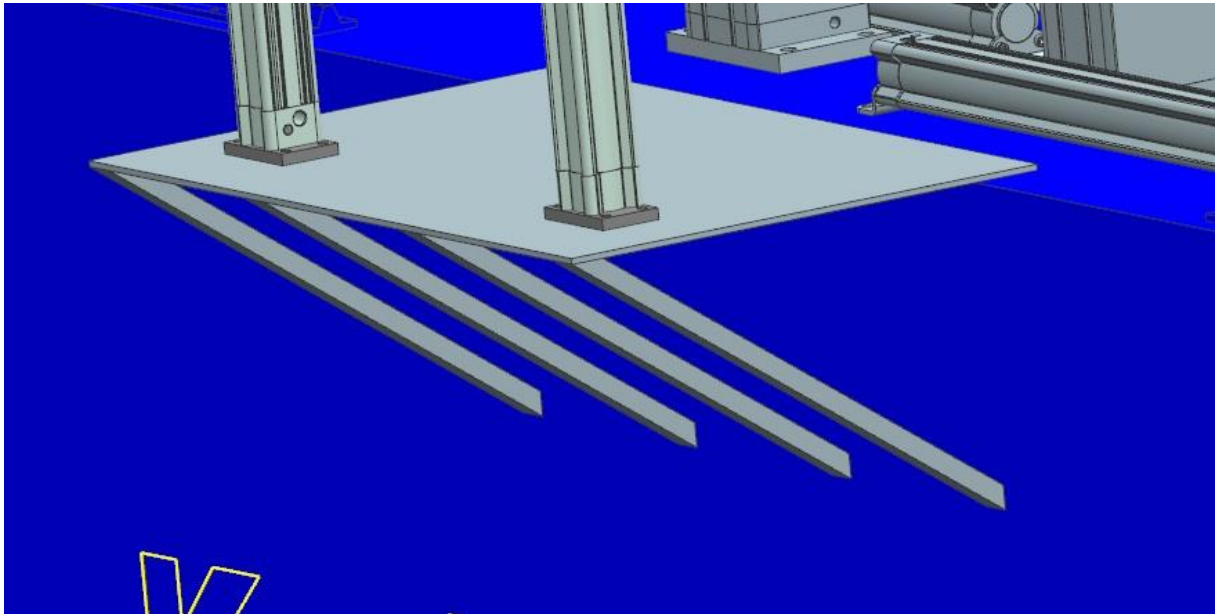
Maar het belangrijkste probleem is de accuraatheid van de kraan en de kwetsbaarheid van de gebruikte componenten zoals de centreerring. De kraan gebruikt voor het liften van de assen is namelijk robuust en staat niet in voor millimeterwerk. Dit houdt in dat het een enorm moeilijke tot onmogelijke opgave zou zijn voor de werknemers om iedere keer weer de centreerring mooi in de cilinder te bevestigen. En de hiervoor gebruikte componenten zouden ook niet bestand zijn tegen het constante botsen door foute positionering van de kraan omdat deze niet accuraat genoeg is. Hierdoor werd na overleg ook deze oplossing aan de kant weggelegd.

6.4 Centrering via ondersteuningen

Zoals hierboven reeds herhaaldelijke keren aangehaald, is het belangrijk dat de assen nog een extra ondersteuning langs de kant van de bokbevestiging krijgen zodat het kantelen wordt tegengegaan. Men kan nu deze ondersteuning zodanig ontwerpen dat deze ook kunnen gebruikt worden voor het centreren van de assen.

¹⁴ Afhankelijk van langs welke kant de as gekanteld ligt zal de cilinder moeten uit- of inschuiven om de as in de correcte horizontale positie te krijgen.

Dit wordt gerealiseerd door op de reeds bestaande mal een extra platform te bevestigen, ondersteund door vier rechthoekige profielen.



Figuur 72: Platform bevestigd op mal, ondersteund via vier rechthoekige profielen

Op dit platform worden nu twee cilinders geplaatst welke moeten zorgen voor de verticale beweging van de steunen. Deze verticale beweging is namelijk nodig doordat de hoogte van de bokbevestigingspunten voor elke as verschillend is. Op de zuigerstang van deze cilinders bevindt zich een flens waarop dan weer een gezamenlijk rechthoekig profiel komt.

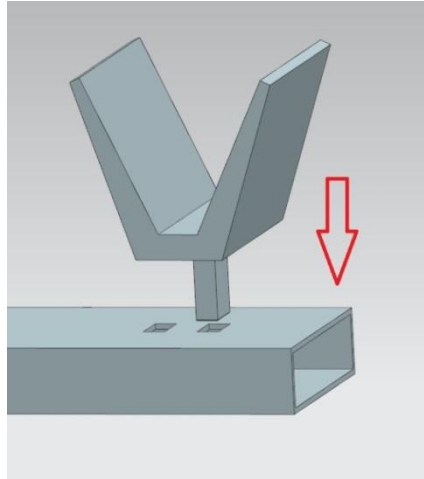
Het is nu de bedoeling dat op dit rechthoekig profiel inzetstukken kunnen komen waarin de bokbevestigingen zullen steunen. Indien men alle informatie van de assen bekijkt, kan men zien dat men drie verschillende veerspooren heeft, namelijk een veerspoor¹⁵ van 1300 mm, een veerspoor van 1200 mm (voor de nieuwe BPW-assen) en een veerspoor van 980 mm (voor de aangestuurde assen). Voor deze drie verschillende afstanden zijn nu zes sleuven gemaakt in het rechthoekige profiel. Telkens één paar horende bij één veerspoor.



Figuur 73: Bovenaanzicht centreerprofiel met drie paar sleuven

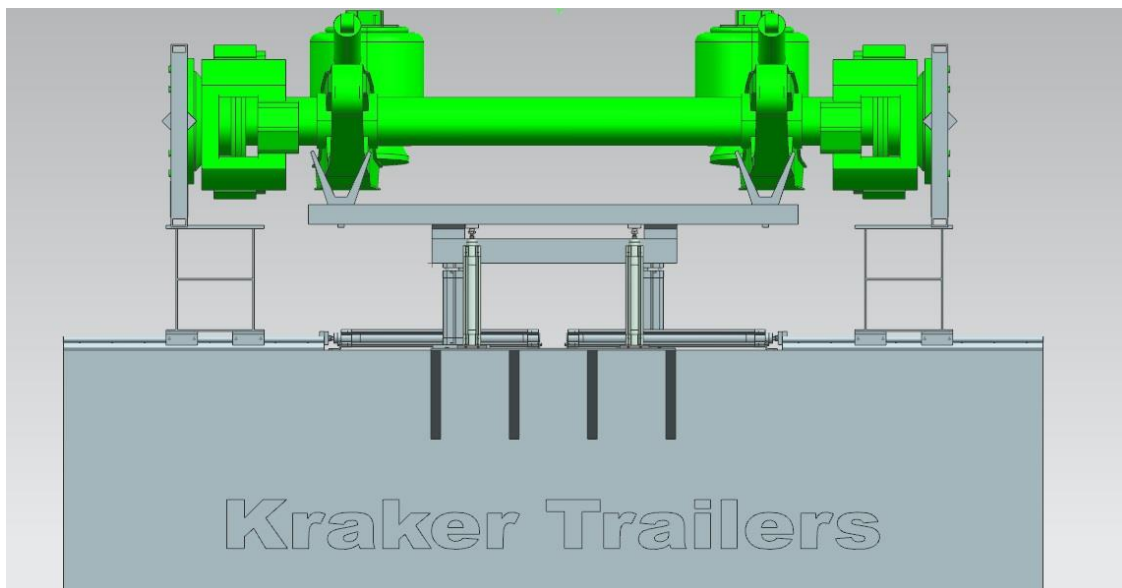
De inzetstukken zelf zijn universeel gemaakt, zodat voor elke as hetzelfde inzetstuk gebruikt kan worden. Enkel dienen de inzetstukken nog op het juiste veerspoor gezet te worden. Het inzetstuk is een driehoekig profiel met onderaan een rechthoekige kiel die in de bovenvernoemde sleuven past.

¹⁵ Veerspoor is de afstand tussen de twee bokken



Figuur 74: Inzetstuk welke in de sleuven past

Wanneer de as nu gecentreerd in deze punten ligt, worden de algemene steunen naar boven gebracht en kan nu de as losgemaakt worden van de kraan. Voor verduidelijking van het geheel kan men kijken naar de volgende figuur, welke een vooraanzicht geeft van het geheel. Hierin kan men duidelijk zien dat wanneer de as met zijn bokbevestiging in de steunen ligt, deze as ook gecentreerd zal liggen in de mal.



Figuur 75: Vooraanzicht geheel mal met centrering

6.4.1 Voordeel

Het voordeel van dit concept is dat er hier twee problemen, het voorovervallen van de assen en het centreren van de assen in de mal, met slechts één oplossing worden opgelost. Aangezien men ook bij Kraker Trailers Axel B.V. hierover het meest enthousiast was, werd er dan ook voor deze oplossing gekozen.

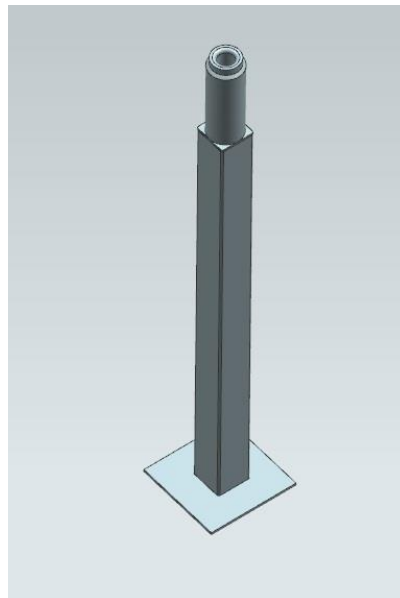
7 Ontwerp van de referentiepunten en ondersteuning van het frame

Het is van groot belang dat het frame correct gepositioneerd wordt boven de mal zodat de uitlijning van de assen correct verloopt. Hiervoor werden er in het ontwerp referentiepunten voor het frame geïntroduceerd. De uitlijning moet op de correcte rijhoogte gebeuren voor elk type frame en as, hiervoor moet de ondersteuning van het frame in hoogte verstelbaar zijn.

In verband met deze referentiepunten is het belangrijk te weten dat, in samengang met de nieuwe productielijn, men bij Kraker Trailers Axel B.V. overgaat van een kort frame tot één volwaardig frame met bijhorend kingpin systeem.

Best neemt men de referentiepunten zo ver mogelijk uit elkaar, zodat de kans dat het frame zich tijdens het proces beweegt of verzet, verkleint en de stabiliteit verhoogt. Door bovenvermelde introductie van één groot frame kan men de kingpin als een uiterste referentiepunt kiezen. Uiteraard wordt aan het uiteinde (achterkant) van het frame het andere referentiepunt gekozen.

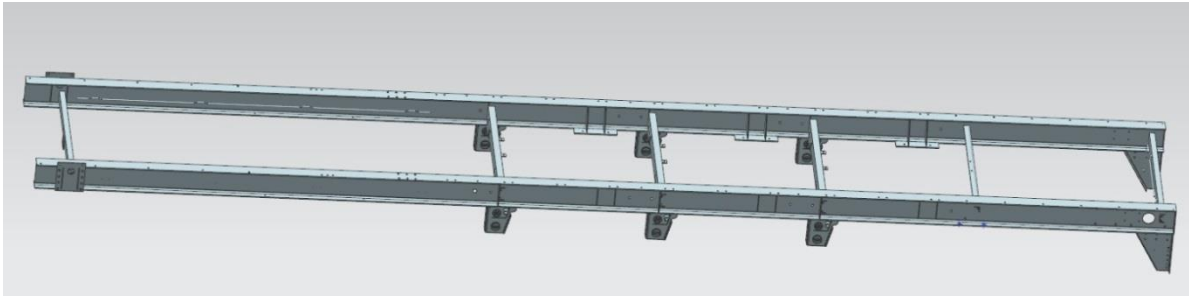
Voor de kingpin wordt gewerkt met een bus waarin de kingpin van de trailer past. De bus die zich op het rechthoekig buisprofiel bevindt is een inzetstuk waarvan er meerdere met verschillende hoogtes bestaan. Nu kan men afhankelijk van de gewenste rijhoogte, de juiste bus plaatsen op het buisprofiel. Hierover wordt verder in dit hoofdstuk meer uitleg gegeven.



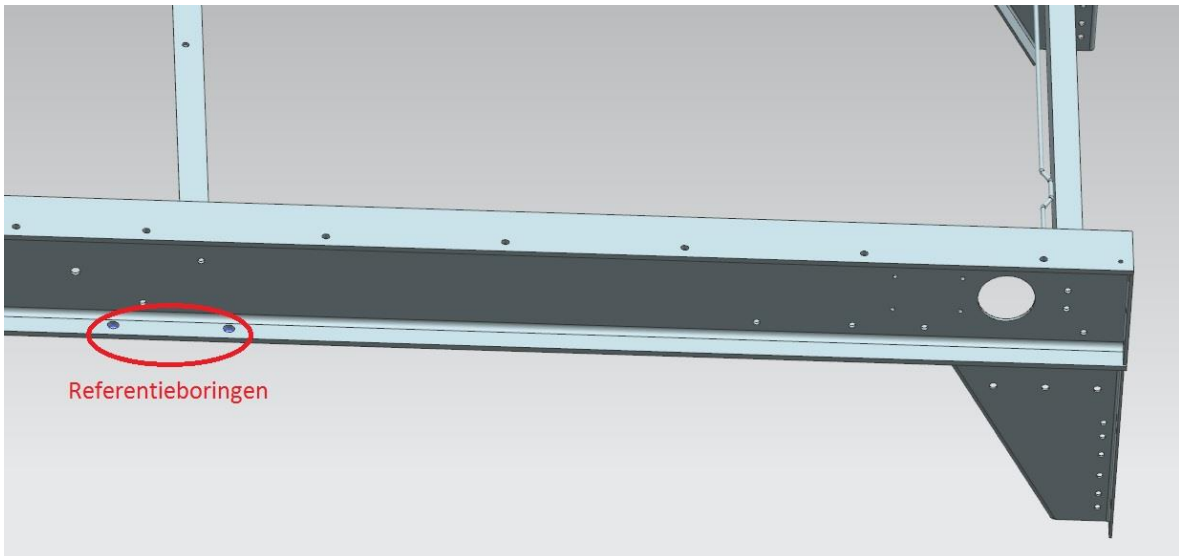
Figuur 76: Bus voor de kingpin

Een frame bestaat uit twee parallelle I-profielen met dwarsliggers ertussen. De bokken waarin de assen komen te liggen bevinden zich op de twee parallelle I-profielen. De referentie aan het uiteinde van het frame wordt opgesplitst in 4 referentiepunten (boringen), waarvan er zich telkens twee achter elkaar op een I-profiel bevinden achter de laatste bokken. Deze boringen

worden aangebracht wanneer men het frame in de werkplaats samenstelt. Aan de hand van deze boringen worden dan ook de bokken op het frame gelast.

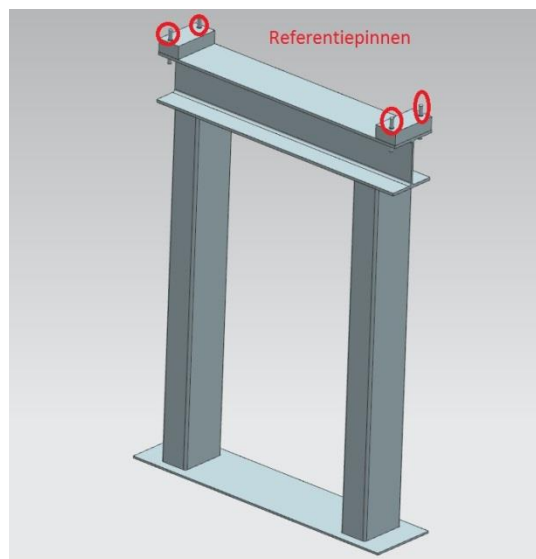


Figuur 77: Frame met 2 parallelle I-profielen en dwarsliggers, ook de bokken zijn aanwezig

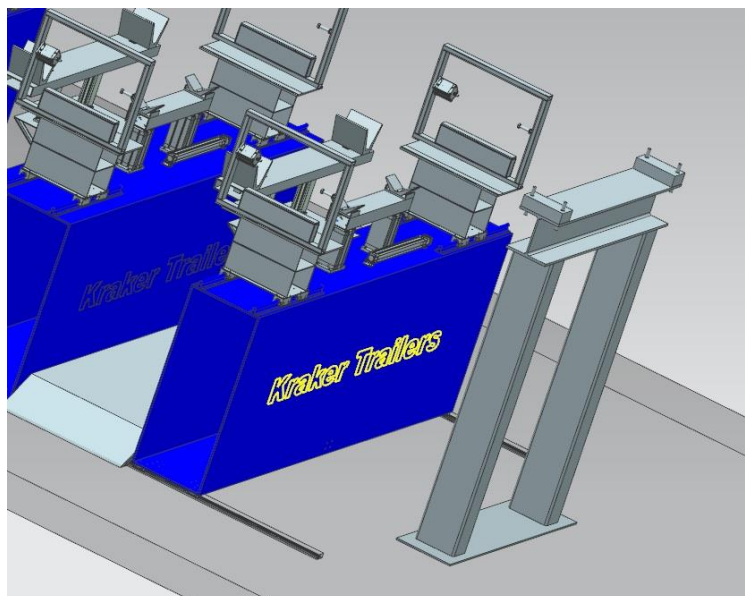


Figuur 78: Uiteinde frame met verduidelijking van de twee referentieboringen op een I-profiel

Deze boringen in het frame komen overeen met de referentiepinen die zich in de mal bevinden. De referentiepinen in de mal bevinden zich op een vast punt, en zijn niet verstelbaar, dus de extra referentieboringen in het frame zullen hierop afgesteld moeten worden.



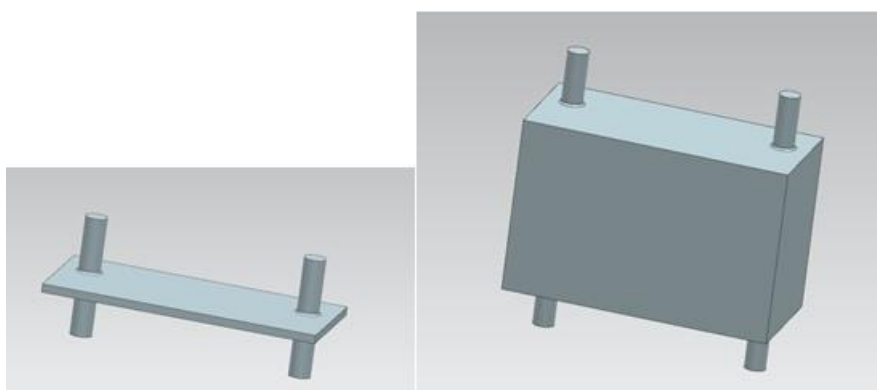
Figuur 79: Ontwerp ondersteuning van het frame in de mal met de referentiepinen



Figuur 80: Positie van de ondersteuning in de mal, vast punt

Wanneer het frame nu boven de mal wordt gebracht, moet men bij het naar beneden laten van het frame ervoor zorgen dat boringen in het frame over de pinnen komen en dat de kingpin in de referentiebus past. Indien dit geschiedt, ligt het frame correct tegenover de mal en kan de bevestiging en uitlijning van de assen beginnen.

Bij deze methode kan men ook direct de rijhoogte van de trailer in rekening brengen. Zoals men kan zien in figuur 80 bestaat de ondersteuning van het frame uit een grondplaat met daarop twee buisprofielen gelast. Op deze buisprofielen bevindt zich dan een dwarsliggend I-profiel waarop zich de referentiepinne bevinden. Maar wanneer men nu op dit I-profiel werkt met inzetstukken die de referentiepinne bevatten, kan men per rijhoogte een andere hoogte geven aan dit inzetstuk. Zo heb je bijvoorbeeld trailers met rijhoogte lopend van 265,5 mm tot 425 mm.



Figuur 81: Vergelijking inzetblokje 265,5 mm tegenover 425 mm

8 Materiaalselectie

8.1 Staal S235JR

Voor alle delen die moeten vervaardigd worden en dus meestal dienen gelast te worden, werd op zoek gegaan naar een algemene constructiestaalsoort die goed lasbaar en bewerkbaar is, maar met toch een hoge algemene sterkte. Het gaat hier over een statische constructie. Het meest voor de hand liggende materiaal was S235JR. Dit is een frequent gebruikte constructiestaalsoort die voldoet aan alle voorgaande eisen. Ze is lasbaar met alle gangbare lasmethoden, is redelijk goed verspaanbaar en is goed thermisch te behandelen.

De kwaliteit geldt volgens de norm EN10025-2 en constructieafwijkingen moeten binnen de toleranties vallen van norm EN 10051 (dit geldt voor platen met een dikte tot en met 20 mm).

Materiaalnummer: 1.0038

S= Staalsoorten voor algemene staalconstructies:

235= minimale rek of vloeigrens in N/mm² in het kleinste diktebereik

JR= kerfslagwaarde 27 J bij 20°C

8.2 Polyurethaan

Polyurethaan (PU) is een copolymeer dat bestaat uit twee segmenten, een hard en zacht segment. Het harde segment heeft de neiging om te kristalliseren en een hard, bros materiaal te vormen. Het zachte segment daarentegen vormen een zachte, stroperige vloeistof. Hetgeen dit materiaal net zo geschikt maakt voor de toepassing in dit concept is de combinatie van de harde en zachte segmenten, deze vormt een buigzaam en toch sterk en slijtvast materiaal. Hiervoor wordt ze dus ook gebruikt in onder meer autolakken, waarvoor ze krasvast (hard) moet zijn en steenslagbestendig (flexibel) moet zijn.

Dit harde, slijtvaste materiaal vormt dus een uitstekende grondstof voor het laten rollen/glijden van de lagers over dit loopvlak voor het uitlijnen van de assen. Deze lagers worden gemonteerd over de 2 ondersteunende wielbouten van de assen aan elke kant. Op die manier wordt de wrijving van de bouten rechtstreeks op het uitlijningsprofiel bijna volledig tenietgedaan en kan een vlotte uitlijning gegarandeerd worden.

9 Gebruiksaanwijzing

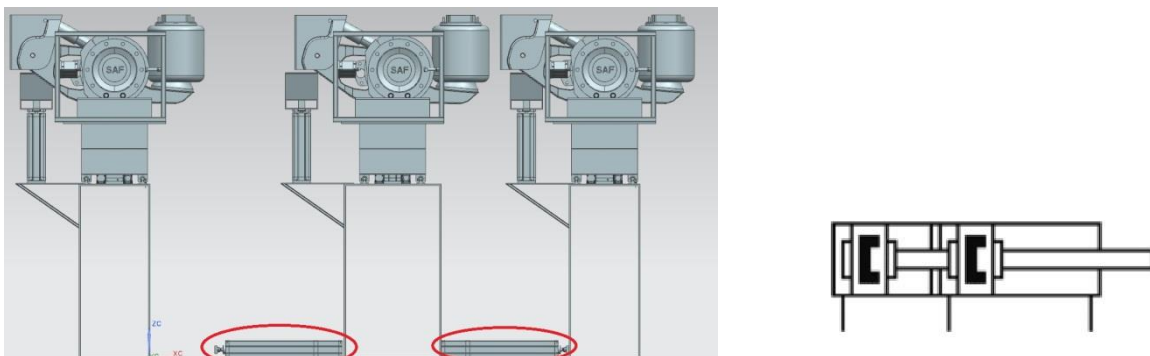
Deze handleiding zal de operatoren begeleiden om een correct gebruik van de mal te garanderen. Hierin wordt stap per stap beschreven wat de operator dient te doen en met welke aspecten hij rekening moet houden. Het is belangrijk dat onderstaande handleiding goed en correct gevolgd wordt wenst men een goede ophanging en uitlijning van de assen.

Bij het gebruik van de mal zal men te maken krijgen met de besturing van een 5-tal pneumatische cilinders. In onderstaande toelichting zullen deze cilinders eerst aan bod komen met een specifieke benaming die nodig is om de handleiding te begrijpen.

9.1 Toelichting gebruikte pneumatische componenten

9.1.1 Meerstandencilinder

De mal bestaat uit drie blokken welke elk verantwoordelijk zijn voor de ondersteuning van een as. Het middenste blok is een vast blok terwijl de twee buitenste blokken beweegbaar zijn. Dit beweegbaar zijn is noodzakelijk om de assen op de juiste asafstand¹⁶ te krijgen. De beweegbaarheid wordt gerealiseerd door de plaatsing van meerstandencilinders.



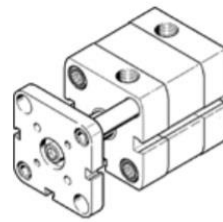
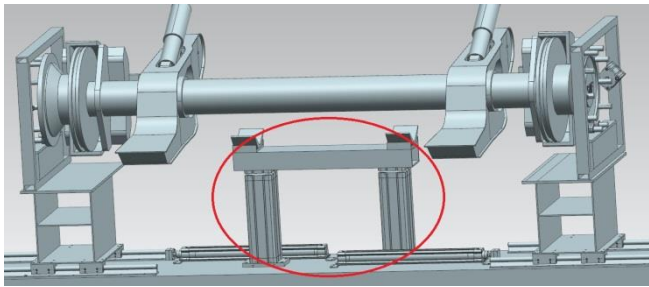
Figuur 82: Positie en voorstelling van de meerstandencilinder

9.1.2 Ondersteuningcilinder

Voor de ondersteuning van de assen in de mal wordt gebruikt gemaakt van een rechthoekig buisprofiel met inzetstukken¹⁷ waarin de as komt te rusten. Dit buisprofiel wordt ondersteund door twee cilinders met geleiders en jukplaat voor borging tegen verdraaiing. Deze cilinders moeten ervoor zorgen dat de as op verschillende hoogtes kan ondersteund worden en worden samen aangestuurd door middel van één drukknop.

¹⁶ Men werkt met drie verschillende asafstanden: 1310 mm – 1410 mm – 1810 mm

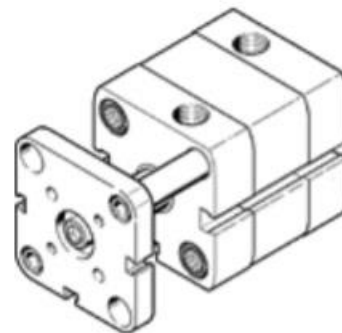
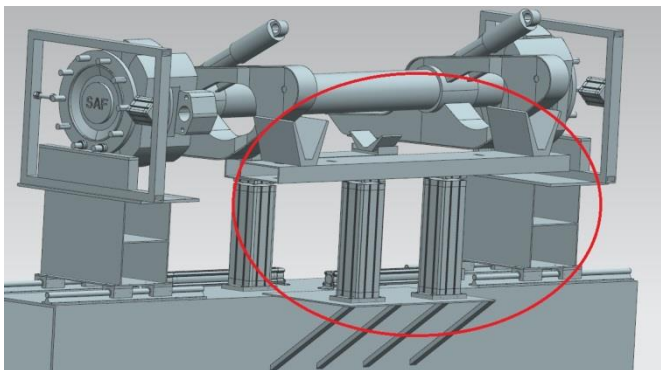
¹⁷ Deze inzetstukken zijn afhankelijk van het soort as, rechthoekig of rond



Figuur 83: Positie en voorstelling ondersteunende cilinders

9.1.3 Centreercilinders

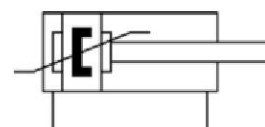
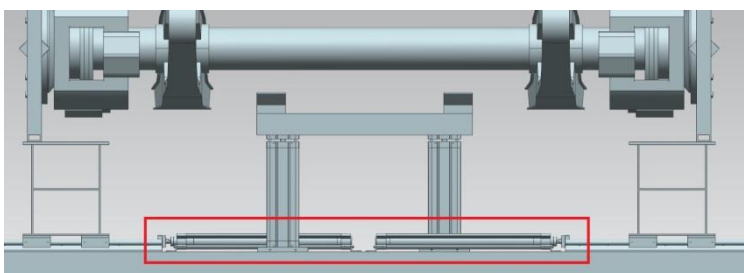
Voor een correcte uitlijning van de assen is het belangrijk dat de assen gecentreerd in het blok liggen, dit wil zeggen niet teveel naar links of naar rechts in hun ondersteuning. Hiervoor werd een extra ondersteuning ingevoerd. Deze heeft volledig hetzelfde principe als de hierboven beschreven ondersteunende cilinders. Wanneer men de as boven de mal brengt is het nu de bedoeling dat de bokbevestigingspunten¹⁸ in de inzetstukken komen te liggen. Indien dit correct gedaan is, kan men stellen dat de as gecentreerd in het blok zal liggen.



Figuur 84: Positie en voorstelling centreercilinders

9.1.4 Profielcilinders

Voor de uitlijning van de assen dienen de uitlijningsprofielen naar binnen te komen, zodat men de as hierin kan laten steunen. Het naar binnen- en buitenschuiven van deze uitlijningsprofielen wordt gerealiseerd door de profielcilinders. Deze zijn eenvoudige dubbelwerkende cilinders en bevinden zich op het blok, bevestigd aan de uitlijningsprofielen.

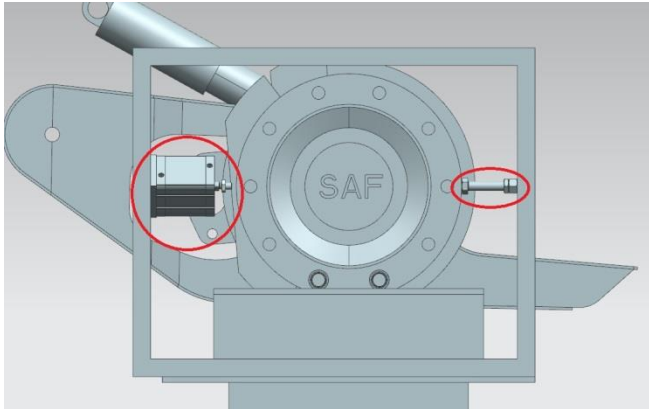


Figuur 85: Positie en schema profielcilinders

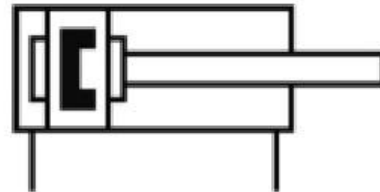
¹⁸ De bokbevestigingspunten zijn de punten van de as waar de bokken van het frame aan zullen bevestig worden

9.1.5 Uitlijningcilinders

Op het uitlijningsprofiel bevindt zich een korteslagcilinder. Deze staat in voor de eigenlijke uitlijning van de as. De korteslagcilinder duwt tegen een bout van de wielnaaf zodat dat de wielnaaf verschuift tegen de stelschroefmoer¹⁹ en de as op deze manier uitgelijnd wordt.

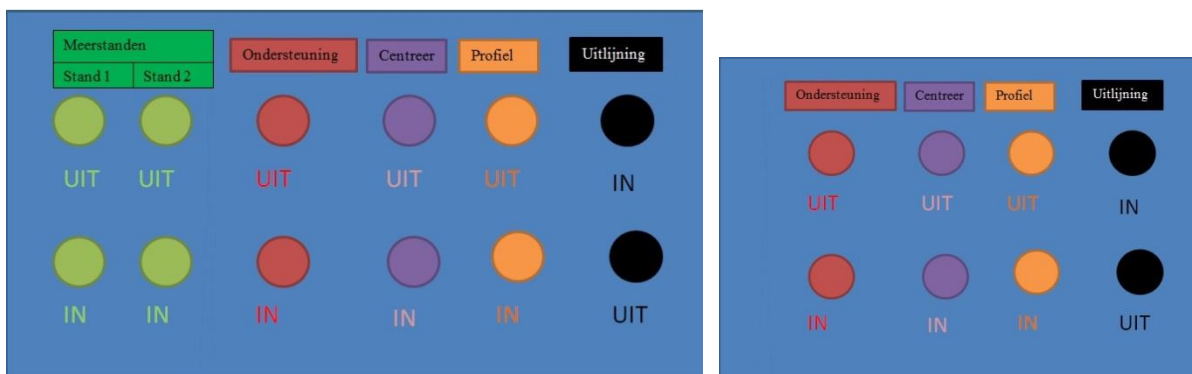


Figuur 86: Positie korteslag en stelschroefmoer



9.1.6 Sturing van de cilinders

Al de gebruikte cilinders zijn pneumatisch gestuurd en worden bediend van op een paneel dat zich voor elk blok bevindt. Aangezien het middenste blok vaststaat, zal het hierbij horende paneel iets minder componenten bevatten. Een schema van beide panelen kan men in onderstaande figuur terugvinden.



Figuur 87: Overzicht bedieningspaneel voor de beweegbare blokken links en het vaste blok rechts

Het bedieningspaneel voor de twee beweegbare blokken kan men terugvinden in figuur 87. Dit paneel bevat 12 drukknoppen die elk een 2/3-monostabiel-ventiel²⁰ bedienen.

De vier linkse (groene) knoppen staan in voor de stand van de blokken, de rode bedienen de ondersteuningcilinders en de paarse de centreercilinders. De oranje knoppen zorgen voor het toe- en openschuiven van de uitlijningsprofielen en de zwarte voor de uitlijningcilinders.

¹⁹ Meer over de stelschroefmoer in onderstaande handleiding

²⁰ Voor de uitleg van de gebruikte ventielen, zie het hoofdstuk '10.1 Berekeningen van de cilinders'

Het bedieningspaneel voor het middenste, onbeweegbare blok verschilt van bovenstaand door het feit dat er hier geen bedieningsknoppen zijn voor de meerstandencilinder, omdat deze hier ook niet aanwezig is.

Aan de hand van deze schematisch voorgestelde panelen is de handleiding neergeschreven.

1 Start

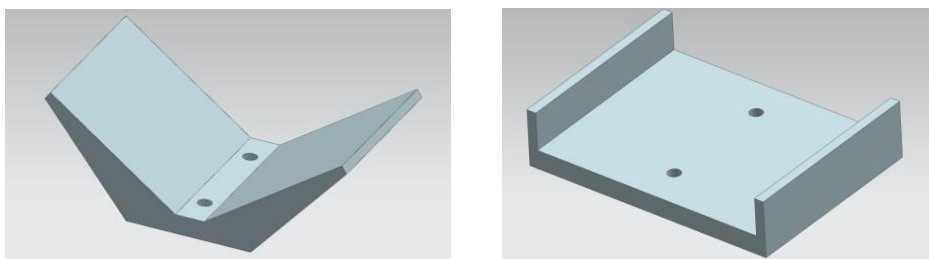
Vooraleer de operator kan beginnen met de mal dient deze goed op de hoogte te zijn met welke specificaties hij dient te werken. Zo is het belangrijk te weten met welke assen hij/zij zal werken, wat de gevraagde rijhoogte zal zijn en met welk frame er gewerkt zal worden. Deze informatie dient aan de operator meegegeven te worden op een infoblad vooraleer hij/zij de procedure aanvangt.

2 Juiste asafstand

Eerst bekijkt de operator op het infoblad welke de correcte asafstanden zijn. Het voorste en achterste blok worden via de meerstandencilinders op de juiste afstand van het middenste blok gezet. Indien de asafstanden beiden 1310 mm zijn hoeft men niets te doen (de meerstandencilinders staan ingetrokken). Maar als er afgeweken wordt van de 1310 mm naar 1410 mm of 1810 mm dient de operator de juiste stand van de meerstandencilinder te bedienen. Hiervoor duwt de arbeider de knop 'UIT' onder de juiste stand²¹ in. Deze dient ingehouden te worden tot op het moment dat de meerstandencilinder einde slag is.

3 Juiste inzetstukken

Nu kan de arbeider overgaan tot het implementeren van de juiste inzetstukken in de mal. Afhankelijk van het soort as (rond of vierkant) zal men namelijk een ander inzetstuk krijgen voor de ondersteuning van de as.



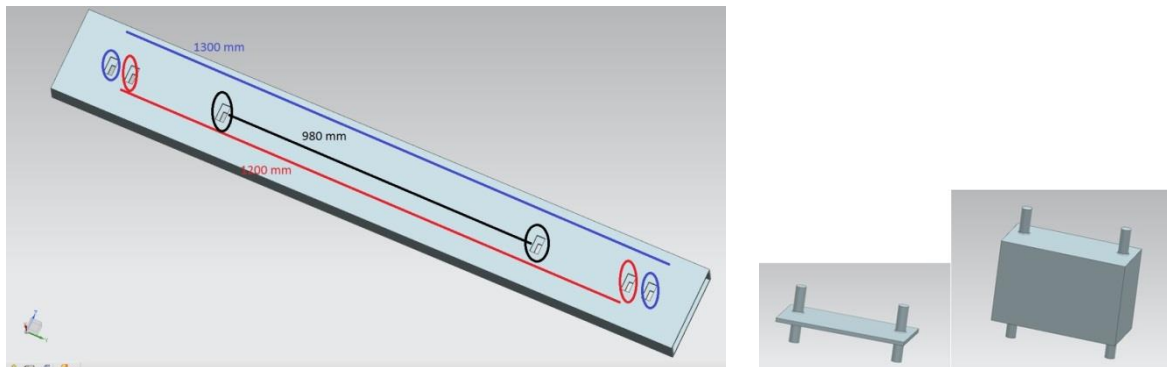
Figuur 88: Ondersteuning ronde as links en rechthoekige as rechts

De inzetstukken ter centrering van de assen dienen eventueel²² gewijzigd te worden. Bij deze inzetstukken wordt er ook rekening gehouden met het veerspoor en houdt in dat de arbeider de inzetstukken in de juiste sleuven van het rechthoekig buisprofiel steekt. Dit rechthoekig

²¹ Stand 1 = een asafstand van 1410 mm en stand 2 = een asafstand van 1810 mm

²² Verandering van de inzetstukken is uiteraard niet nodig indien men met dezelfde assen werkt als degene van de vorige trailer

buisprofiel heeft namelijk drie paar samenhangende sleuven waarbij elk paar instaat voor een bepaald veerspoor²³.



Figuur 89: Rechthoekig buisprofiel met bijhorende sleufparen per veerspoor + inzetblokken met verschillende hoogte voor de verschillende rijhoogtes.

Bij deze stap houdt de operator ook rekening met de rijhoogte van de trailer. Deze wordt in de mal geregeld op de referentiepunten waar het frame uiteindelijk dient over te komen. Hiervoor plaatst men de inzetblokken met correcte hoogte, rekening houdend met de gewenste rijhoogte, en de bus voor de kingpin in positie.

De stelschroef voor de uitlijning dient ook op de juiste afstand gezet te worden, afhankelijk van de gegevens van de constructeur van de as.

4 In positie brengen van de assen

Wanneer de voorgaande stappen zijn uitgevoerd, is de mal klaar voor het inbrengen van de assen.

Hiervoor zal de operator eerst de centreringcilinders laten uitschuiven door op de knop 'UIT'²⁴ horende bij deze cilinders te duwen. Dit tot op een hoogte waarbij de inzetstukken zich ongeveer op ooghoogte van de werknemer bevinden²⁵. Door de gesloten middenstand van het 5/3-stuurventiel²⁶ zullen de cilinders in uitgeschoven toestand blijven staan wanneer men de drukknop loslaat. Men brengt nu de as via een lift boven de mal en zorgt ervoor dat de bokbevestigingspunten van de as in de inzetstukken komen te liggen. Wanneer dit gebeurd is laat men de centreercilinders terugkeren naar de ingeschoven positie door op de knop 'IN' te duwen²⁷.

²³ Voor het veerspoor bestaan drie afstanden; 980 mm – 1200 mm – 1300 mm

²⁴ Merk op dat men voor een actie dient te blijven duwen op de drukknoppen aangezien deze een monostabiel 3/2 ventiel besturen

²⁵ Deze hoogte is uiteraard ervaringsafhankelijk en is voor elke andere operator hoogstwaarschijnlijk anders

²⁶ Indien men meer uitleg wenst over de pneumatische schema's kan men dit terugvinden onder het hoofdstuk:

10.2 Berekeningen van cilinders

²⁷ Merk op dat de as nog steeds aan de kraan hangt

De as ligt nu gecentreerd in de as, maar ligt waarschijnlijk nog niet correct om in de ondersteuning te komen liggen. Hiervoor laat men de ondersteuningscilinders uitschuiven tot als deze zich (rekening houdend met het opliggend buisprofiel en inzetstukken) een beetje onder de as bevinden. Men verplaatst nu de as met de lift tot wanneer men merkt dat de as in de ondersteuning kan liggen en laat men de as zakken tot in de ondersteuning.

Vervolgens laat de operator terug de centreercilinders omhoog komen tot deze terug de bokbevestigingspunten raken. Door het meer of minder uitschuiven van de centreercilinders kan men nu de as horizontaal leggen.

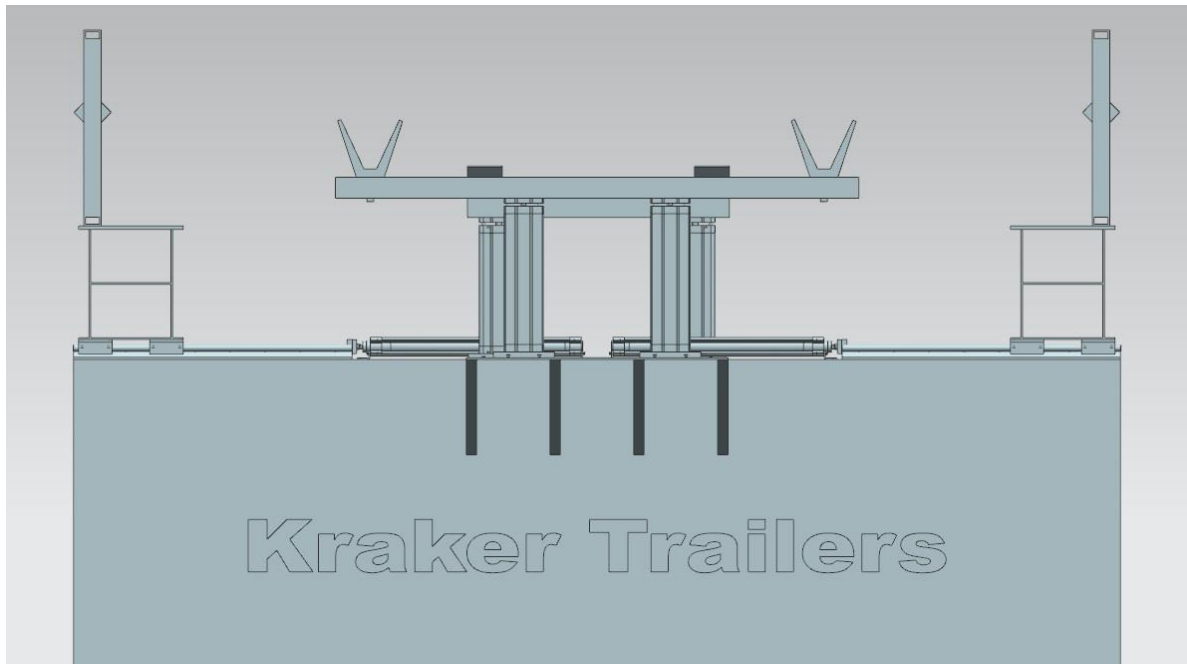
Ligt de as horizontaal dan kan de as losgemaakt worden van de lift en kan men deze actie overnemen op as twee en drie. Het is belangrijk dat men de centerlijnen van de drie assen zo goed mogelijk op dezelfde hoogte krijgt.

De operator beslist op dit moment zelf op welke werkhoogte hij de assen wenst. Hij kan de werkhoogte nog verlagen door gewoon tegelijkertijd de *'IN-'* of *'UIT'knop* van zowel de centreercilinders als de ondersteuningscilinders in te duwen tot als de gewenste hoogte bereikt is.

Hieronder zijn deze stappen verduidelijkt aan de hand van figuren.

Verduidelijking stap 4 met foto's

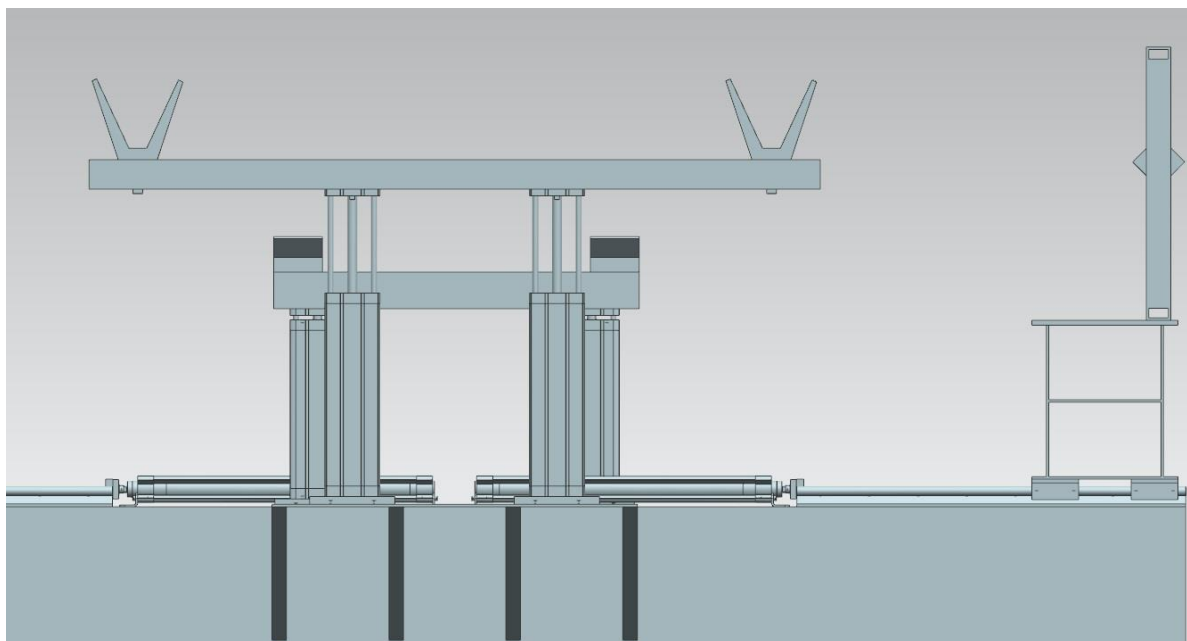
1 Begin posities alle elementen in de mal



Figuur 90: Stap 4: Beginposities

Dit zijn de beginposities van de elementen van een blok vooraleer men begint. De uitlijningsprofielen staan volledig open en zowel de centreercilinders als de ondersteuningscilinders zijn ingeschoven

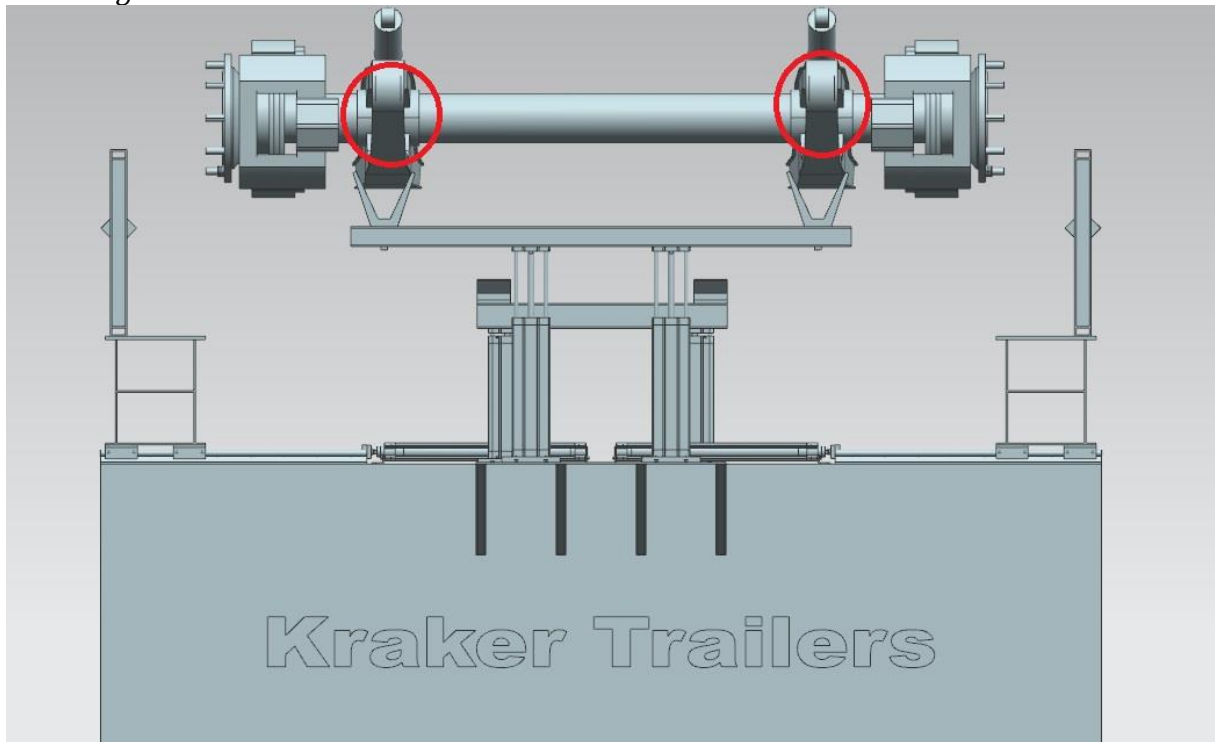
2 Uitschuiven centreercilinders tot wanneer inzetstukken op ooghoogte zijn



Figuur 91: Stap 4: Uitschuiven centreercilinders

3 Brengen van de as boven de mal en centreren van de bokbevestigingspunten

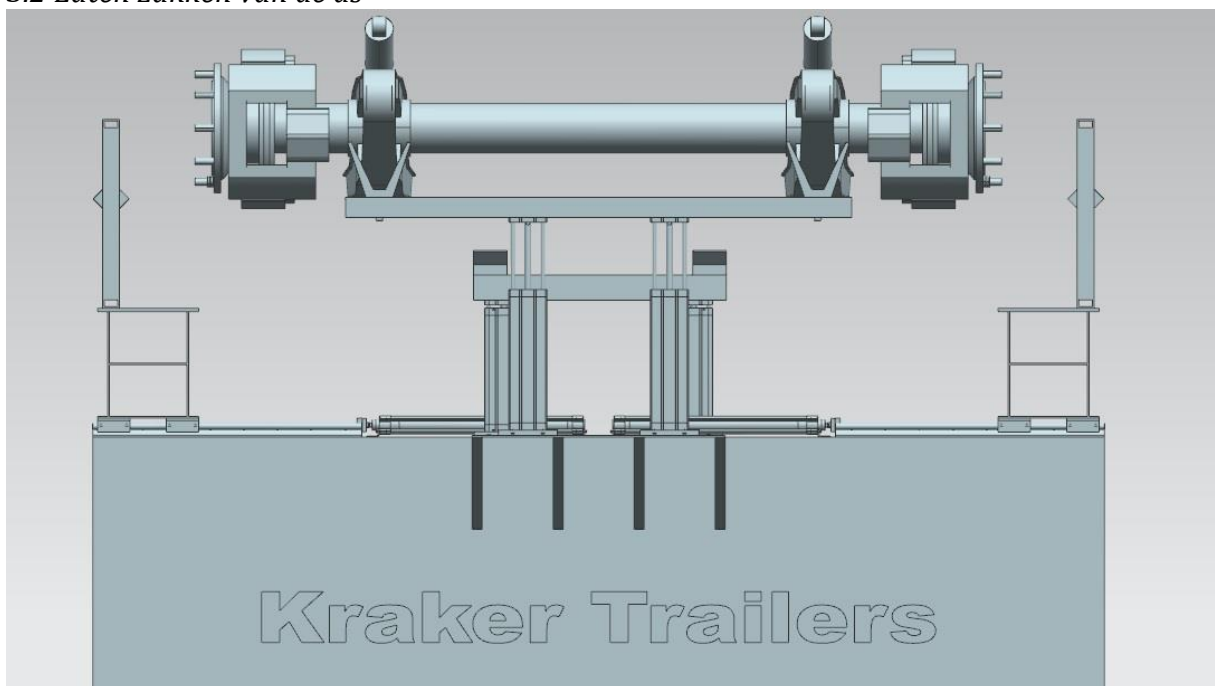
3.1 Brengen van de as boven mal



Figuur 92: Stap 4: As brengen boven mal

Men brengt de as boven de mal en zorgt dat de bokbevestigingspunten zich ter hoogte van de centreerinzetstukken bevinden.

3.2 Laten zakken van de as

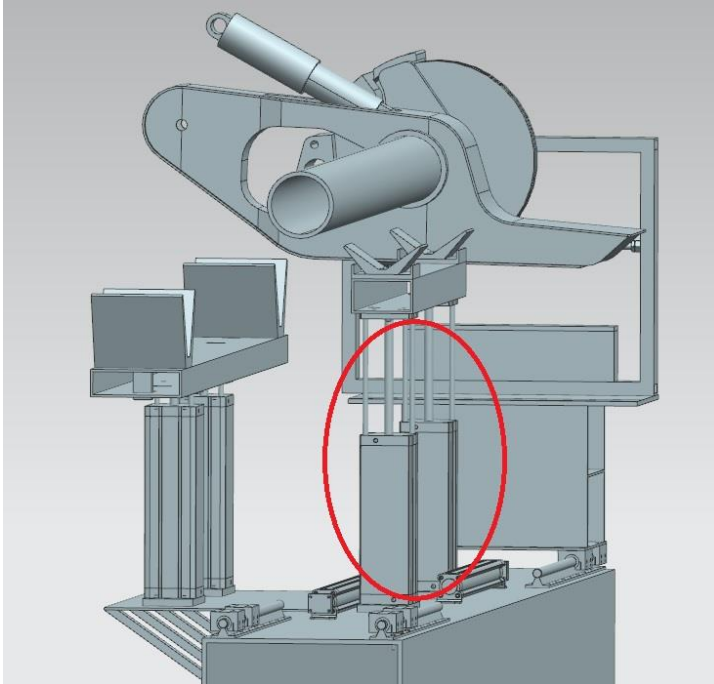


Figuur 93: Stap 4: As laten zakken

Hierna laat men de as zakken tot deze zich in de centreerondersteuning bevindt. De as ligt momenteel gecentreerd in het blok. Men laat de centreercilinders terug inschuiven en laat de as hangen.

4 As in de ondersteuninginzetstukken brengen

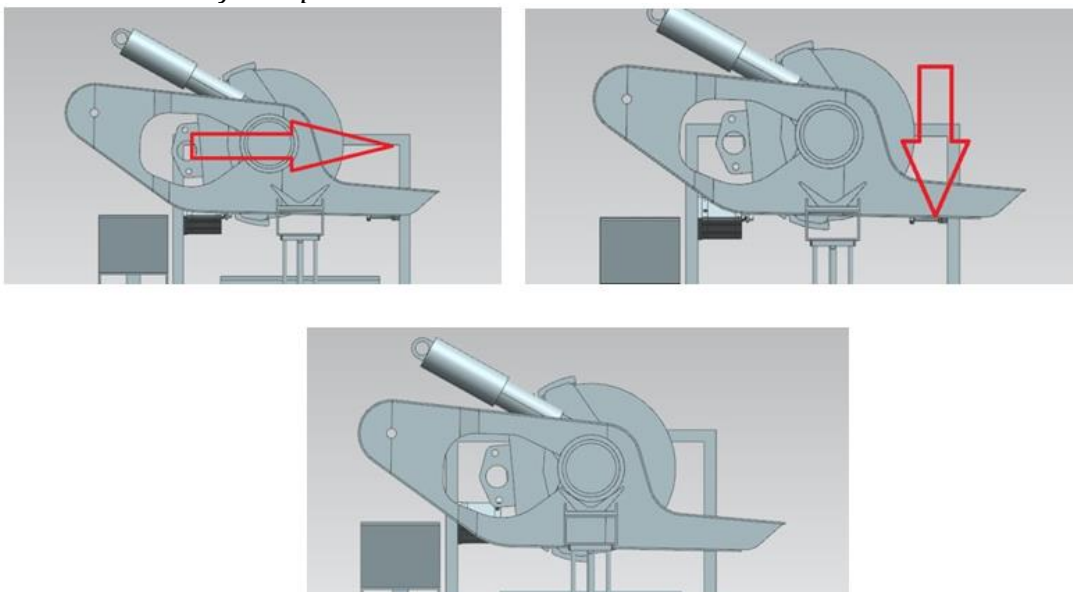
4.1 Uitschuiven van de ondersteuningcilinders



Figuur 94: Stap 4: Uitschuiven ondersteuningscilinders

Men laat eerst de ondersteuningscilinders uitschuiven tot als deze zich net iets onder de as bevinden.

4.2 Verschuiven in juiste positie en laten zakken van de as

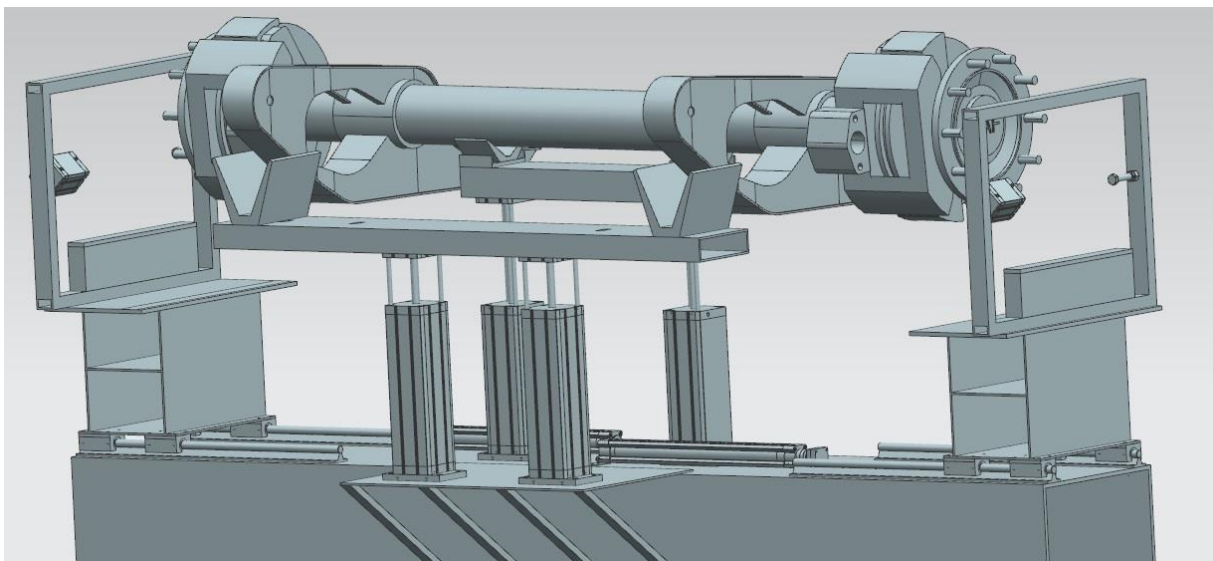


Figuur 95: Stap 4: As juist positioneren

In bovenstaande drie foto's merkt men dat men eerst door verschuiven de as boven de ondersteuningen brengt en daarna dan de as laat zakken.

5 Terug laten uitschuiven van de centreercilinders

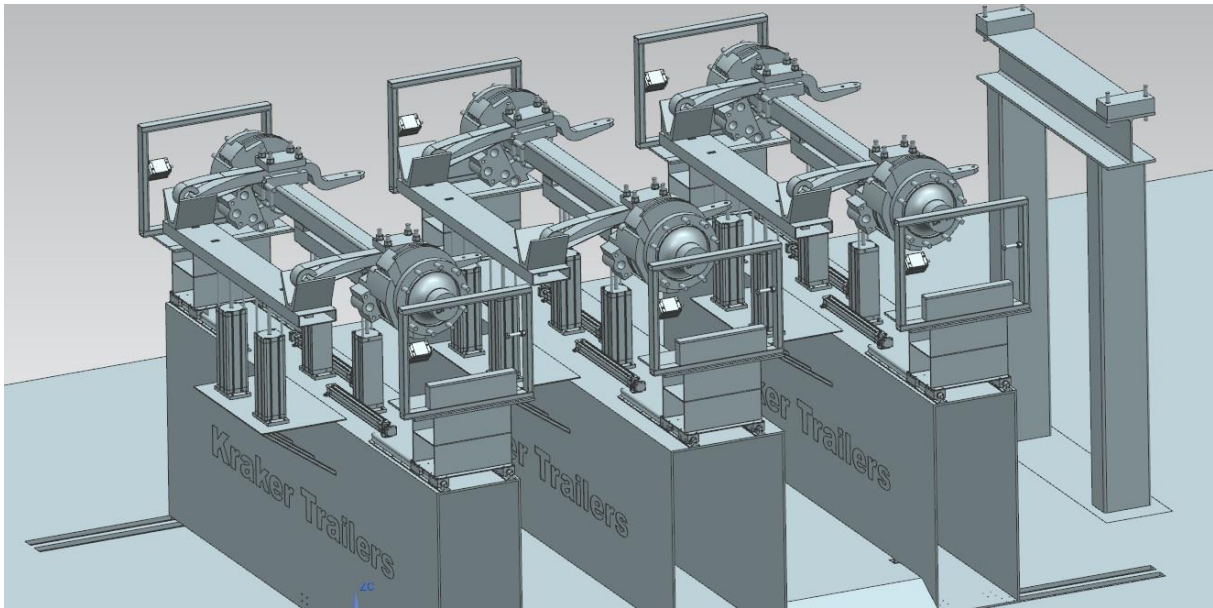
Nu laat men de centreercilinders terug uitschuiven tot als de bokbevestigingspunten van de as zich weer in de centreerinzetstukken bevinden. Hierna kan de as losgemaakt worden uit de kraan. Onderstaande foto geeft een totaal beeld van hoe een blok met zijn componenten er zal uitzien na deze laatste actie.



Figuur 96: Stap 4: Uitschuiven centreercilinders

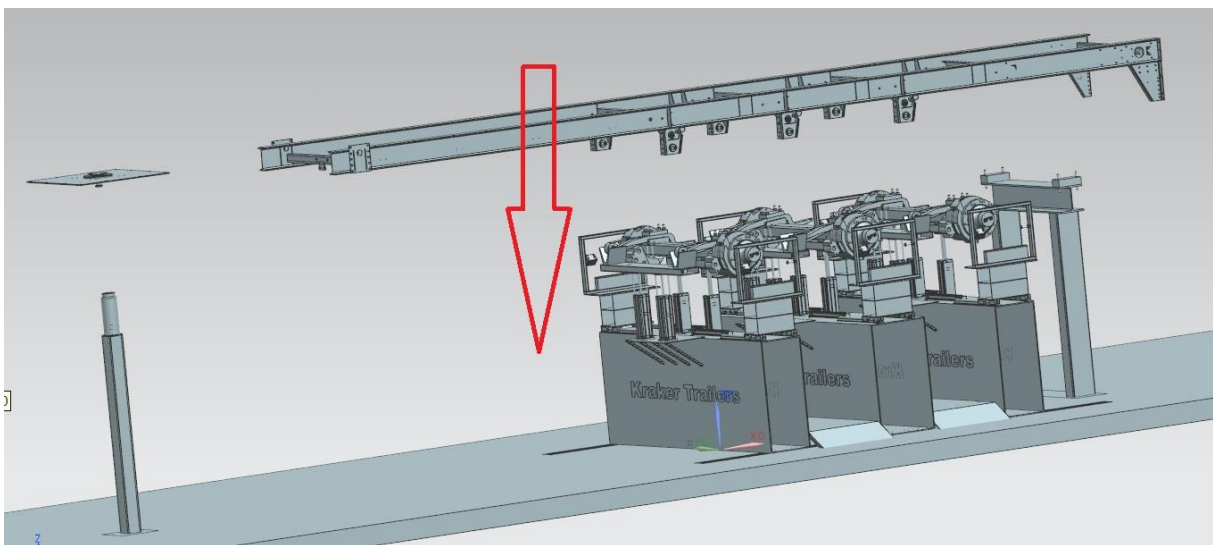
5 Brengen van het frame boven de mal

Wanneer de operator nu de assen op juiste werkhoogte gebracht heeft, kan men het frame met de 'overhead crane' boven de mal en de assen brengen. Men moet op dit moment nog geen rekening houden met de referentieboringen die zich in het frame bevinden voor de rijhoogte. Er moet enkel gezord worden dat de bokken (met schokdempers) en balgen goed bevestigd kunnen worden. Eenmaal dit gebeurd is kan men de centreercilinders en de ondersteuningscilinders terug volledig laten inschuiven. De assen zijn nu bevestigd aan het frame.



Figuur 97: Stap 5: Overzicht mal voor plaatsing frame

Bovenstaande foto geeft een fictief beeld van hoe de mal er zal uitzien wanneer alle assen in de blokken liggen.



Figuur 98: Stap 5: Plaatsing frame

Men brengt het frame boven de mal en zorgt ervoor dat de elementen zoals balgen en schokdempers kunnen geïnstalleerd worden.

6 Uitlijning van de assen

Voor de uitlijning van de assen is het belangrijk dat het frame perfect gepositioneerd wordt. Hiervoor is het bij deze stap wel van belang dat de operator rekening houdt met de referentieboringen in het frame en de kingpin. De operator dient er nu voor te zorgen dat het frame met zijn referentieboringen over de referentiepinen in de mal valt en dat de kingpin in de daarvoor bestemde bus valt.

Men brengt ook naaldlagers aan op de onderste twee wielnaafbouten. Hierbij moet men zien dat er per wielnaaf zich twee onderste wielnaafbouten horizontaal met de grond bevinden zodat deze kunnen lopen over het loopvlak van het uitlijningsprofiel.

Wanneer men de referentieboringen over de pinnen past en de kingpin in de bus past, brengt men aan de hand van de profielcilinders, dus uitlijningsprofielen naar binnen. Deze moeten zover naar binnen komen tot de loopvlakken zich onder die wielnaven bevinden. Wanneer dit het geval is kan men het frame verder naar beneden laten tot wanneer de naaldlagers, rond de onderste twee wielnaafbouten, zich op het loopvlak bevinden. Het is hoogstwaarschijnlijk dat het frame nu nog niet zal steunen op de referentiepunten. Hiervoor dient de operator het frame nog iets verder te laten zakken tot wanneer dit wel zo is. Dit zal ervoor zorgen dat de trailer op rijhoogte wordt gezet.

7 Uitlijning

Nu kan de uitlijning beginnen. Men duwt de drukknop voor het uitschuiven van de uitlijningcilinders in. Deze zullen duwen tegen een bout van de wielnaaf. Door de bevestigde lagering op de onderste twee wielbouten, zal de as beginnen 'rollen' richting de stelmoer. Wanneer de tegenoverstaande bout van degene die wordt geduwd door de cilinders tegen de stelmoer komt aan beide kanten, stopt men met duwen. De uitlijningscilinder behoudt zijn kracht en men kan nu de as vastzetten op moment.

Is het vastzetten op moment gebeurd, lost men de cilinder en opent men de uitlijningsprofielen. Het frame met bevestigde en uitglijnde assen kan nu opgeheven worden door de '*overhead crane*' en naar het volgende stadium gebracht worden.

10 Berekeningen

10.1 Berekeningen van de cilinders

Hieronder kan men de berekeningen, keuze en uitleg van de gebruikte cilinders terugvinden. In totaal zijn er vijf verschillende soorten cilinders, namelijk:

- 1 Ondersteunende cilinders: welke instaan voor de ondersteuning van de assen;
- 2 Centreercilinders: staan ook in voor extra ondersteuning van de assen, maar dienen vooral om de assen te centreren in de mal;
- 3 Meerstandencilinders: deze hebben als taak de blokken op de juiste asafstand te zetten;
- 4 Profielcilinders: cilinders voor het naar binnenbrengen van de uitlijning.
- 5 Uitlijningscilinders: dit zijn korteslagcilinders welke voor de uitlijning moeten zorgen;

Een grote opdeling kan gebeuren tussen de cilinders die een verticale beweging uitvoeren en de cilinders die een horizontale beweging uitvoeren. Per groep zal slechts voor één cilinder de volledige berekening neergeschreven worden. Voor de andere zullen de resultaten terug te vinden zijn in een tabel. Indien men toch de volledige berekening wil nakijken, kan men de bijlage raadplegen in verband met de berekening van alle cilinders.

10.1.1 Ondersteunende cilinders (verticale beweging)

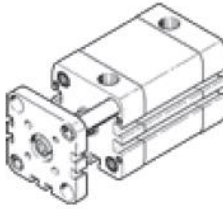
10.1.1.1 Inleiding

Elk van de drie blokken in de mal heeft twee van deze cilinders. Ze bevinden zich bovenaan en in het midden van het blok en dienen ter eerste²⁸ ondersteuning van de assen. Op deze cilinders bevindt zich een gezamenlijk rechthoekig buisprofiel waarop inzetstukken (één voor de ronde assen en één voor de vierkante assen) passen waarin de assen kunnen steunen.

Wanneer de assen in de uitlijningsprofielen liggen, ligt hun centerlijn op ongeveer 1700 mm hoogte ten opzichte van de vloer. Dit zorgt ervoor dat, rekening houdend met de opstapverhoging (beveiliging tegen de meerstandencilinder), men op 1600 mm werkhoogte aan de assen zal kunnen werken. Ergonomisch gezien is dit de beste werkhoogte om staand werk uit te voeren. Wanneer de ondersteunende cilinders ingetrokken staan, hebben de inzetstukken een hoogte van 1450 mm tegenover de vloer. Dit wil zeggen dat deze cilinders een slaglengte dienen te hebben van 300 mm zodat de assen zeker op juiste hoogte kunnen komen om in de uitlijningsprofielen gelegd te worden.

²⁸ Men spreekt van eerste ondersteuning zolang de assen zich niet in de uitlijningsprofielen bevinden. Eenmaal de assen in de uitlijningsprofielen liggen worden deze ondersteuningen namelijk niet meer gebruikt.

Omdat deze assen gedurende een bepaalde tijd een zwaar gewicht omhoog moeten kunnen houden werd gezocht naar een dubbelwerkende²⁹ cilinder met geleiding zodat de zuigerstang niet kan knikken. Hiervoor werd het type ADNGF van Festo gekozen.



Figuur 99:ADNGF, dubbelwerkende cilinder met geleiding

10.1.1.2 Berekening

Deze cilinders zullen dus instaan voor de ondersteuning van de assen en het op de juiste hoogte brengen ervan. Een as weegt maximaal 600 kg. Dit gewicht wordt verdeeld over de twee cilinders, waardoor één cilinder een gewicht van 300 kg zal moeten kunnen opduwen en houden. Merk op dat de volle 600 kg nooit op deze twee cilinders alleen terecht zal komen, aangezien de assen ook zullen ondersteund worden door de centreringcilinders. Maar ter overdimensionering en rekening houdend met het feit dat ook het frame gedeeltelijk met een onbekend gewicht hierop kan leunen wordt toch voortgerekend met deze 600 kg. Ook zit in deze 600 kg het gewicht van het rechthoekig buisprofiel (12 kg) en de twee inzetstukken (5 kg).

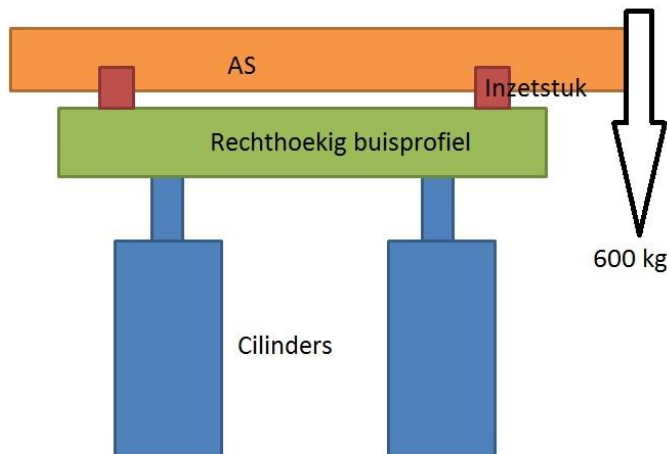
Benodigde kracht

De kracht die de ondersteuningcilinders moet uitoefenen om de as op te duwen kan via volgende formule omschreven worden:

$$F_{tot} = G + F_a + F_w$$

- F_{tot} = Totaalkracht
- G = Gewicht = $600 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s} = 5886 \text{ N}$
- F_a = Versnellingskracht
- F_w = Wrijvingskracht

²⁹ Een enkelwerkende cilinder had hier ook gekund, maar deze zijn niet te vinden met geleiding en dan is de ingaande slag niet controleerbaar.



Figuur 100: Vereenvoudigd schema

De cilinders moeten de belasting verticaal naar omhoog duwen waardoor men de wrijvingskracht F_w hier kan laten vallen. Dit reduceert de formule per cilinder naar:

$$F_{tot} = G + F_a$$

$$G = 300kg * 9,81 \frac{m}{s} = 2943N$$

Aangezien men de versnelling nog niet kent kan men in eerste instantie stellen dat:

$$F_{tot} = G = 2943N$$

$$F = \frac{2943N}{0,75} = 3924N$$

(factor 0,75 voor dynamische belasting cfr. *Cursus pneumatica van de heer Jan De Strooper*)

Wanneer men nu in de catalogus van Festo kijkt bij de cilinders van het type ADNGF, kan men zien dat bij een werkdruk van 6 bar en gewenste slaglengtes van 300 mm men een minimale zuigerdiameter heeft van 100 mm.

Tabel 14: Catalogus waarden ADNGF-cilinder Festo

Forces [N] and impact energy [J]										
Piston Ø	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
Theoretical force at 6 bar, advancing										
–	68	121	188	295	483	754	1,178	1,870	3,016	4,712
S2	51	90	141	247	415	686	1,057	1,750	2,827	4,524
Theoretical force at 6 bar, retracting										
–	51	90	141	247	415	686	1,057	1,750	2,827	4,524
S2	51	90	141	247	415	686	1,057	1,750	2,827	4,524
Max. impact energy in the end positions										
–	0.07	0.15	0.2	0.3	0.4	0.7	1.0	1.3	1.8	2.5
S6	0.035	0.075	0.1	0.15	0.2	0.35	0.5	0.65	0.9	1.25

Bij deze specificaties en 6 bar werkdruk gelden de volgende cijfers:

- $F_{theoretisch}$ uitgaand: 4712 N
- $F_{theoretisch}$ ingaand: 4524 N

$$F_{dyn} = 4712 * 0,75 = 3534N \text{ (factor 0,75 cfr. } \textit{Cursus pneumatica van meneer Jan De Strooper})$$

Met deze gegevens kan men nu de versnellingskracht te weten komen:

$$F_{dyn} = G + F_a \Leftrightarrow F_a = F_{dyn} - G$$

$$F_a = 4712N - 2943N = 591N$$

Hieruit kan men dan de versnelling a halen:

$$F_a = m * a \Leftrightarrow a = \frac{F_a}{m} = \frac{591N}{300kg} = 1,97m / s^2$$

Tabel overzicht van de gegevens berekening ondersteuningcilinder

$m(kg)$	G	F_{tot}	F	$F_{cilinder}$	F_{dyn}	F_a	a
300 kg	2943 N	2943 N	3924 N	4712 N	3534 N	591 N	1,97 m/s ²

Luchtverbruik

De cilinders moeten hun slag (350 mm) in ongeveer vijf³⁰ seconden afgelegd hebben. Hierbij bedraagt het slagvolume:

$$V_{slag} = A * l$$

- $A = \text{zuigeroppervlakte} = \frac{(\pi * (10cm)^2)}{4} = 78,54cm^2$
- $L = \text{slaglengte} = 300 \text{ mm}$

$$V_{slag} = 78,54cm^2 * 30cm = 2357cm^3$$

Om dit slagvolume te vullen bij 0,6 MPa heeft men een luchtvolume nodig dat men kan berekenen met de wet van Boyle en Mariotte:

$$V_1 * P_1 = V_2 * P_2$$

- $P_1 = \text{absolute atmosferische druk} = 0,1 \text{ MPa}$
- $V_1 = \text{het te berekenen Volume}$
- $P_2 = 0,7 \text{ MPa (Absolute druk} \rightarrow 0,6 + 0,1 \text{ MPa)}$
- $V_2 = 2357 \text{ cm}^3$

$$V_1 = \frac{V_2 * P_2}{P_1} = \frac{2357cm^3 * 0,7MPa}{0,1MPa} = 16500cm^3$$

³⁰ Deze tijd is gekozen om de beweging van de cilinder goed onder controle te houden.

Met de kennis dat de cilinders hun slaglengte binnen de 5 seconden afleggen kan men stellen dat het maximale debiet in normaalliter Q_n :

$$Q_n = \frac{16500 \text{ cm}^3}{5 \text{ sec}} = 3300 \text{ cm}^3 / \text{s} = 198000 \text{ cm}^3 / \text{min} = 198 \text{ l} / \text{min}$$

Tabel overzicht luchtverbruikgegevens ondersteuningcilinder

$A_{\text{zuigeropp}}$	$L_{\text{slaglengte}}$	V_{slag}	V_1	Q_n
78,54 cm ²	300 mm	2357 cm ³	16500 cm ³	198 l/min

Gekozen cilinder

Met deze berekeningen werd gekozen voor de volgende cilinder:

ADNGF-100-300-P-A

- 40 = diameter (mm)
- 300 = slaglengte (mm)
- P = elastische dempingsringen/-platen aan beide zijden
- A = Positie sensor aanwezig

Pneumatische connectie:

$G^{1/8}$

Werkdruk:

1 ... 10 bar

Uitgaande kracht bij 6 bar:

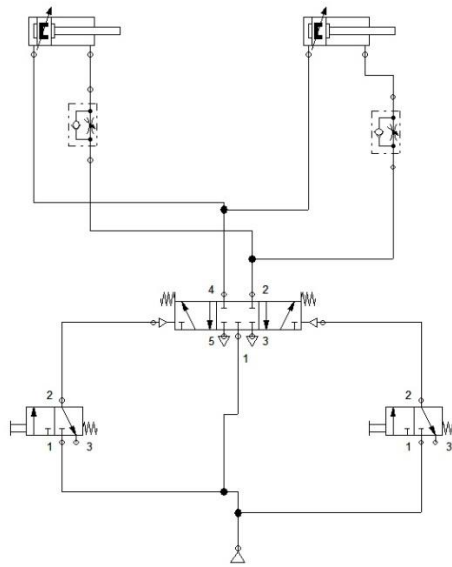
4712 N

Ingaande kracht bij 6 bar:

4524 N

10.1.1.3 Pneumatisch schema

De twee ondersteunende cilinders per blok worden aangestuurd door twee 3/2 monostabiele handbediende ventielen. Elk van deze twee handbediende 3/2 ventielen bedienen een stand van het 5/3 pneumatisch bediend ventiel. De linkse stand van dit ventiel zorgt voor de uitgaande slag van de cilinders, de rechtse stand voor de ingaande slag. In de middenstand is alles afgesloten zodat de cilinders in eender welke positie kunnen blijven staan.



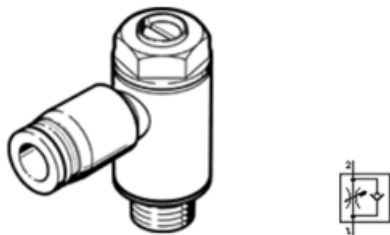
Figuur 101: Pneumatisch schema ondersteunende cilinders

10.1.1.4 Gebruikte componenten

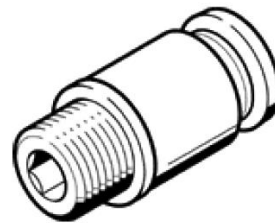
Flow controller

Om de snelheid van de cilinders te kunnen beheersen wordt op de cilinder in de uitgaande connectie een smoorventiel geplaatst. Hiervoor werd de keuze gemaakt voor het *one-way*³¹ smoorventiel GRLA-1/8-PK-6-B.

- GRLA = *one-way flow control valve*
- 1/8 = Mannelijke draad
- PK = *barbed connector*
- 6 = *push-in connector*
- B = B-series.



Figuur 103: Smoorventiel met insteekkoppeling



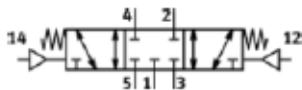
Figuur 102: Insteekkoppeling

Voor de ingaande aansluiting werd gekozen voor een insteekkoppeling QS-G1/8-6-l. Deze heeft een rechte vorm met langs de ene kant een pneumatische insteekkoppeling van 6 mm en aan de andere kant een uitwendige schroefdraad G1/8.

5/3-ventielen

Voor de aansturing van uitgaande en ingaande slag van de cilinders wordt gebruik gemaakt van een 5/3 pneumatisch bediend ventiel met afgesloten middenstand. Meer specifiek werd gekozen voor het type VUWG-L10-P53C-M5.

De vijf pneumatische aansluitingen hebben een inwendige schroefdraad M5 en de stuur luchtaansluitingen zijn ook M5. Het ventiel heeft een nominaal debiet van 200 l/min wat genoeg is in vergelijking met het berekende 198 l/min.



Figuur 104: Schematische weergave 5/3 ventiel, pneumatische gestuurd met gesloten middenstand

Voor de vijf pneumatische aansluitingen werd een insteekkoppeling gekozen QS-M5-6-l. Deze is vergelijkbaar met de hierboven beschreven insteekkoppeling, enkel dat nu de schroefdraad een M5 is in plaats van G1/8. Voor de stuur luchtaansluiting geldt hetzelfde.

³¹ One-way betekent dat het smoorventiel slechts in één richting smooert. Voor de andere richting is een terugslagklep voorzien.

3/2 ventielen

Voor de bediening van het 5/3-ventiel wordt gebruik gemaakt van 3/2-handbediende-monostabiele ventielen K-3-M5. Deze hebben een inwendige schroefdraad M5 waardoor bovenvernoemde insteekkoppelingen QS-M5-6-l ook hier kunnen gebruikt worden.

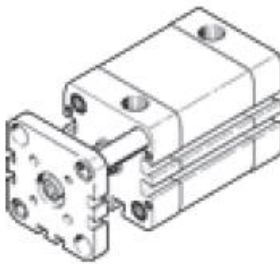
Flensbevestiging

De cilinders worden op de blokken bevestigd door middel van een FNC-100 flensbevestiging (zie stukkenlijst voor figuur).

10.1.2 Centreercilinders

10.1.2.1 Inleiding

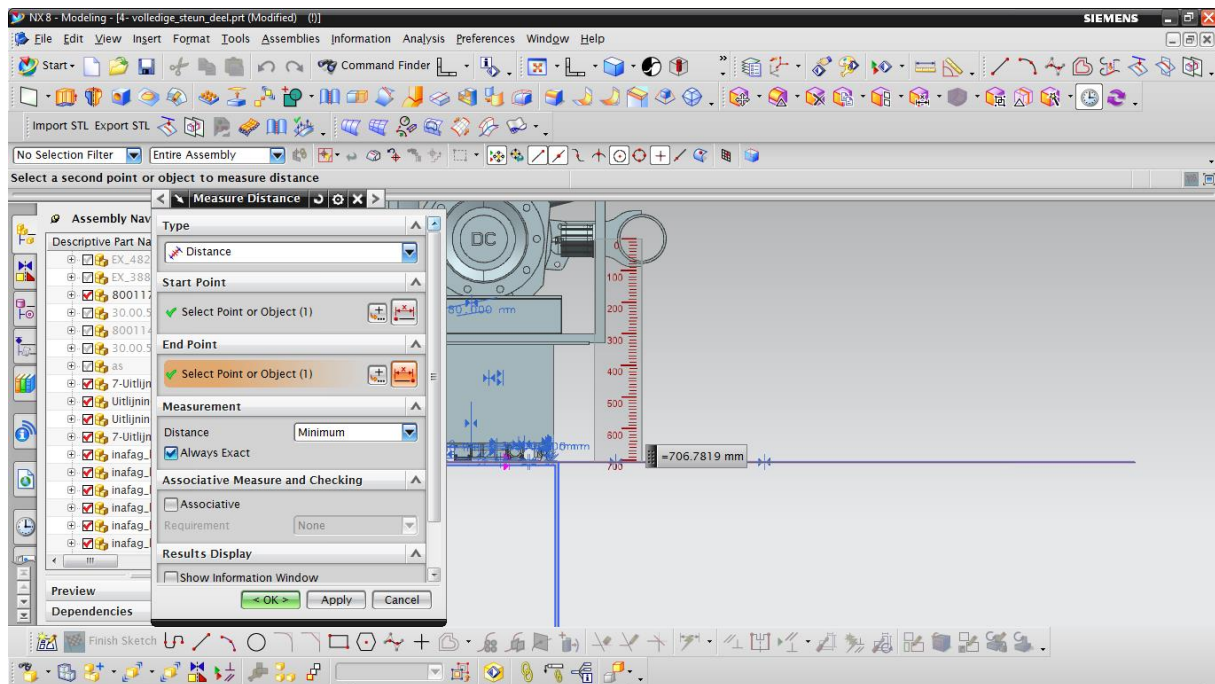
Elk blok in de mal heeft een tweede rechthoekig buisprofiel³² met inzetstukken welke verantwoordelijk zijn voor het centreren van de as in de mal en welke ervoor moeten zorgen dat de as niet voorover valt. Dit rechthoekig buisprofiel wordt ondersteund door twee cilinders van het type ADNGF (reeds gebruikt in de uitleg over de ondersteunende cilinders).



Figuur 105: ADNGF, dubbelwerkende cilinder met geleiding

Deze cilinders, met bijhorend rechthoekig buisprofiel met inzetstukken, is dus verantwoordelijk voor het ondersteunen van de bokbevestigingspunten van iedere as. De slaglengte van deze cilinders moet nu groot genoeg zijn zodat ieder bokbevestigingspunt op de juiste hoogte kan worden gelegd.

³² Men heeft een eerste rechthoekig buisprofiel ter ondersteuning van de as welke zich centraal in de mal bevindt. Dit tweede rechthoekig buisprofiel ter centrering en ook ondersteuning bevindt op een platform rechts van iedere blok.



Figuur 106: Hoogte bokbevestigingspunt mercedes-as

Zo zal bijvoorbeeld de hoogte van de bokbevestiging van een Mercedes-as zich op 700 mm hoogte bevinden van de bovenplaat van het blok. Bij de andere assen varieert dit rond de 800 mm. Een cilinder (welke zich ter hoogte van de bovenplaat bevindt) met slaglengte 300 mm zal niet toepasbaar zijn. De hoogte van deze cilinder in ingeschoven toestand bedraagt namelijk 460 mm, wat dus in uitgeschoven toestand 760 mm bedraagt. Dit is niet genoeg om de 800 mm van de meeste assen te bekomen. Daarom wordt gekozen voor een slaglengte van 350 mm met een hoogste punt van 860 mm, wat ruim voldoende is.

10.1.2.2 Berekening

Men gaat ervan uit dat het grootste gewicht van de assen in de middelste ondersteuning van de mal terecht komt. Zo redeneert men verder dat bij een as van 600 kg maximaal (mits gewichten van rechthoekig buisprofiel en een overdimensionering meegerekend) 300 kg hiervan in de centreersteunen zal komen te liggen. Dit verdeeld over de twee cilinders, geeft 150 kg per cilinder.

Deze berekening is identiek als de hierboven berekende ondersteuningscilinder. Daarvoor wordt enkel een tabel meegegeven met de berekende waarden. Voor de volledige berekening wordt u doorverwezen naar bijlage A over de berekening van de cilinders.

Tabel overzicht van de gegevens berekening centreercilinder

$m(kg)$	G	F_{tot}	F	$F_{cilinder}$	F_{dyn}	F_a	a
150 kg	1472 N	1472 N	1963 N	4712 N	3534 N	1571 N	10 m/s ²

Tabel overzicht luchtverbruikgegevens centreercilinder

$A_{zuigeropp}$	$L_{slaglengte}$	V_{slag}	V_1	Q_n
78,54 cm ²	350 mm	2749 cm ³	19243 cm ³	230 l/min

Gekozen cilinder

Met deze gegevens werd gekozen voor de volgende cilinder:

ADNGF-100-350-P-A

- 100 = diameter (mm)
- 350 = slaglengte (mm)
- P = elastische dempingsringen/-platen aan beide zijden
- A = Positie sensor aanwezig

Pneumatische connectie:	$G^{1/8}$
Werkdruk:	1 ... 10 bar
Uitgaande kracht bij 6 bar:	4712 N
Ingaande kracht bij 6 bar:	4524 N

10.1.2.3 Pneumatisch schema en gebruikte componenten

Aangezien deze cilinders dezelfde ondersteunende functie hebben als de *ondersteunende cilinders*, hebben deze exact hetzelfde pneumatische schema en worden exact dezelfde componenten gebruikt.

10.1.3 Meerstandencilinder (horizontale beweging)

10.1.3.1 Inleiding

De meerstandencilinder is de cilinder verantwoordelijk voor de beweging van de blokken in de mal. Ze wordt geplaatst tussen het vaste blok en de twee bewegende blokken en moet ervoor zorgen dat de bewegende blokken op de juiste asafstand³³ komen te staan.

Deze meerstandencilinder zal twee afstanden kunnen overbruggen, namelijk een Z1 = 100 mm en een Z2 = 500 mm. Deze afstanden zijn gekozen opdat de bovenvernoemde asafstanden zouden kunnen bekomen worden.

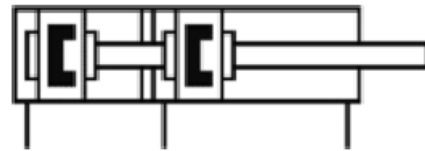
Zonder enige berekening gedaan te hebben werd gekozen voor onderstaande meerstandencilinder van Festo met volgende gegevens.

ADNM-100-100Z1-500Z2-A-P-A

- 100 = diameter
- Z1 = 1^{ste} positie

³³ Tussen de assen bestaan drie verschillende asafstanden, namelijk 1310 mm – 1410 mm – 1810 mm.

- Z2 = 2^{de} positie
- A = mannelijke schroefdraad op de zuigerstand
- P = elastische dempingsringen
- A = positie sensor aanwezig



Figuur 107: Meerstandencilinder

Pneumatische connectie:

G^{1/8}

Zuigerstangdraad:

M16

Werkdruk:

0,6 ... 10 bar

Uitgaande kracht bij 6 bar:

4712 N

Ingaande kracht bij 6 bar:

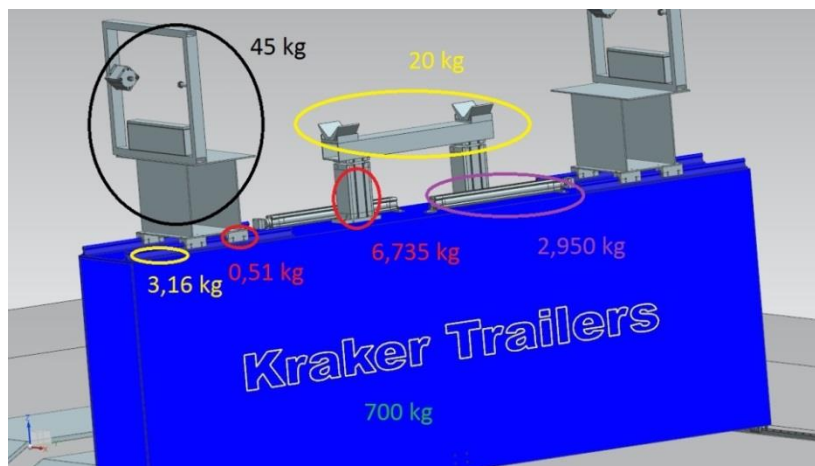
4417 N

10.1.3.2 Berekening

De cilinders zullen de blokken op de juiste positie duwen wanneer er zich nog geen assen op de blokken bevinden, dit om de krachten te reduceren.

De massa van een geheel blok met uitlijningsprofielen, cilinders, .. bedraagt:

- Massa blok: 700 kg
- Massa rails uitlijningsprofiel: 13,6 kg/rail * 4 rails = 13 kg
- Massa geleidingsblokken: 0,51 kg * 8 = 4 kg
- Massa uitlijningsprofielen: 45 kg * 2 = 90 kg
- Massa eertse uitlijningscilinder: 2,950 kg * 2 = 6 kg
- Ondersteunende cilinder: 6,375 kg * 2 = 13 kg
- Ondersteuningsprofiel: 20 kg
- TOTAAL GEWICHT: 846 kg



Figuur 108: Verduidelijking gewichtsaanduiding geheel blok

Benodigde kracht

De kracht die de meerstandencilinder moet uitoefenen om een blok te verduwen kan via volgende formule omschreven worden:

$$F_{tot} = G + F_a + F_w$$

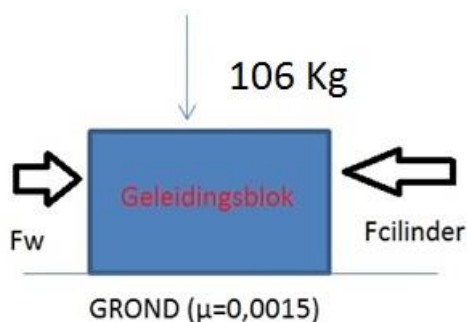
- F_{tot} = Totaalkracht
- G = Gewicht
- F_a = Versnellingskracht
- F_w = Wrijvingskracht

Aangezien de cilinder het blok horizontaal zal moeten verschuiven kan men hier stellen dat de factor G kan wegvallen. Het blok met gewicht van 846 kg steunt op vier geleidingsblokken welke bestaan uit 'kogellagers'. Uit tabel 15 kan men halen dat een kogellager³⁴ een maximale wrijvingscoëfficiënt heeft van 0,0015.

Tabel 15: Wrijvingsoëfficiënt van lagers

Wrijvingscoëfficiënt in lagers	
	wrijvingscoëfficiënt μ [-]
Glijlager, hydrodynamisch gesmeerd	0.003...0.04
Glijlager, sinterbrons, oliegesmeerd	0.04...0.07
Glijlager, massief, vetgesmeerd	0.07...0.12
Kunststof glijlager, polyamide, droog	0.2...0.3
Kunststof glijlager, composiet, droog	0.05...0.15
Kogellagers	0.001...0.0015
Rollagers	0.0018
Naaldlagers	0.0045
Luchtlagers, perslucht aansluiting	0.0
Glijlagers, hydrostatisch	0.001...0.002, zie viskeuze wrijving

Met de 846 kg mooi verdeeld over de acht geleidingsblokken kan men per geleidingsblok volgend vereenvoudigd schema voorstellen:



Figuur 109: Vereenvoudigd schema

Hierbij geldt dus:

$$F_{w\text{pergeleidingsblok}} = 106\text{kg} * 0,0015 = 0,16\text{kg} * 9,81 = 1,70\text{N}$$

Aangezien men per blok vier van deze geleidingsblokken heeft zal het totaal aan wrijvingskracht =

$$F_w = 1,70\text{N} * 8 = 15\text{N}$$

Aangezien men de versnelling nog niet kent kan men in eerste instantie stellen dat:

³⁴ De blokken steunen op geleidingsblokken welke bestaan uit kogellagers.

$$F_{tot} = F_w = 15N$$

$$F = \frac{15N}{0,75} = 20N$$

(factor 0,75 cfr. Cursus pneumatica van de heer Jan De Strooper)

Wanneer men nu in de catalogus van Festo kijkt bij de meerstandencilinders, kan men merken dat bij een werkdruk van 6 bar en gewenste slaglengtes Z1=100 mm en Z2=500 mm men een minimale zuigerdiameter heeft van 40 mm.

Bij deze specificaties en 6 bar werkdruk gelden de volgende cijfers (zie tabel 19):

- $F_{\text{theoretisch}}$ uitgaand: 754 N
- $F_{\text{theoretisch}}$ ingaand: 633 N

$$F_{dyn} = 633 * 0,75 = 475N \text{ (factor 0,75 cfr. Cursus pneumatica van meneer Jan De Strooper)}$$

Met deze gegevens kan men nu de versnellingskracht te weten komen:

$$F_{dyn} = F_w + F_a \Leftrightarrow F_a = F_{dyn} - F_w$$

$$F_a = 475N - 15N = 460N$$

Hieruit kan men dan de versnelling a halen:

$$F_a = m * a \Leftrightarrow a = \frac{F_a}{m} = \frac{460N}{846kg} = 0,54m/s^2$$

Tabel 16: Gegevens van de constructeur Festo

Forces [N] and impact energy [J]				
Piston Ø	25	40	63	100
Theoretical force at 6 bar, advancing	295	754	1870	4712
Theoretical force at 6 bar, retracting	247	633	1681	4417
Max. impact energy at the end positions	0.3	0.7	1.3	2.5
S6	0.15	0.35	0.65	1.25

Tabel overzicht van de gegevens berekening meerstandencilinder

$m(kg)$	μ	$F_{wperblok}$	F_{tot}	F	$F_{cilinder}$	F_{dyn}	F_a	a
106 kg	0,0015	1,70 N	15 N	20 N	633 N	475 N	460 m/s ²	0,54 m/s ²

Luchtverbruik

De meerstandencilinder moet zijn langste slag (500 mm) in ongeveer 5 seconden afgelegd hebben. Hierbij bedraagt het slagvolume:

$$V_{slag} = A * l$$

- $A = \text{zuigeroppervlakte} = \frac{(\pi * (4cm)^2)}{4} = 12,56cm^2$
- $L = \text{slaglengte} = 500 \text{ mm}$

$$V_{slag} = 12,56 \text{ cm}^2 * 50 \text{ cm} = 628 \text{ cm}^3$$

Om dit slagvolume te vullen bij 0,6 MPa heeft men een luchtvolume nodig dat men kan berekenen met de wet van Boyle en Mariotte:

$$V_1 * P_1 = V_2 * P_2$$

- P_1 = absolute atmosferische druk = 0,1 MPa
- V_1 = het te berekenen Volume
- P_2 = 0,7 MPa (Absolute druk $\rightarrow$ 0,6 + 0,1 MPa)
- V_2 = 628 cm^3

$$V_1 = \frac{V_2 * P_2}{P_1} = \frac{628 \text{ cm}^3 * 0,7 \text{ MPa}}{0,1 \text{ MPa}} = 4396 \text{ cm}^3$$

Met de kennis dat de cilinder zijn slaglengte binnen de 5 seconden aflegt kan men stellen dat het maximale debiet in normaalliter Q_n :

$$Q_n = \frac{4396 \text{ cm}^3}{5 \text{ sec}} = 880 \text{ cm}^3 / \text{s} = 52800 \text{ cm}^3 / \text{min} = 52,8 \text{ l} / \text{min}$$

Tabel overzicht luchtverbruikgegevens meerstandencilinder

$A_{zuigeropp}$	$L_{slaglengte}$	V_{slag}	V_1	Q_n
12,56 cm^2	500 mm	628 cm^3	4396 cm^3	52,8 l/min

Andere diameter

Met deze berekening kan men dus stellen dat een diameter van 40 mm voor deze actie volstaat en wordt er dus gekozen voor de cilinder:

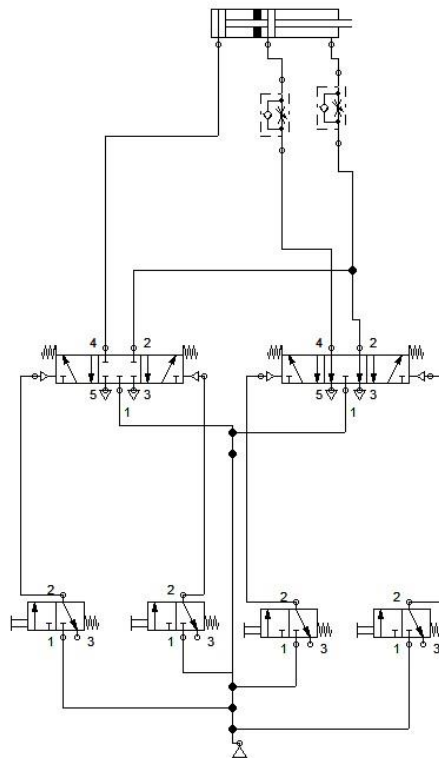
ADNM-40-100Z1-500Z2-A-P-A

- 40 = diameter
- Z1 = 1^{ste} positie
- Z2 = 2^{de} positie
- A = mannelijke schroefdraad op de zuigerstand
- P = demping
- A = positie sensor aanwezig

Pneumatische connectie:	M5
Zuigerstangdraad:	M10
Werkdruk:	0,8 ... 10 bar
Uitgaande kracht bij 6 bar:	754 N
Ingaande kracht bij 6 bar:	633 N

Pneumatisch schema

De meerstandencilinder wordt aangestuurd door vier 3/2 monostabiele handbediende ventielen. Elk van deze handbediende ventielen heeft de taak om een stand van de twee 5/3 pneumatisch bediende ventielen aan te sturen. Het spreekt voor zich dat er telkens twee 3/2-ventielen bestemd zijn voor één stand van de meerstandencilinder. Het ene ventiel bedient dan de uitgaande slag, het ander de ingaande. Voor meer duidelijkheid zie onderstaande figuur.



Figuur 110: Pneumatisch schema meerstandencilinders

10.1.3.3 Gebruikte componenten

Flow controller

Om de snelheid van de meerstandencilinders te kunnen beheersen wordt in de uitgaande leidingen een smoorventiel geplaatst. Hiervoor werd de keuze gemaakt voor het *one-way*³⁵ smoorventiel GRLA-M5-B.

Voor de ingaande aansluiting wordt gekozen voor de insteekkoppeling QS-M5-6-1 met rechte vorm.

5/3 ventielen

Per meerstandencilinder zijn er twee 5/3-ventielen aanwezig. Elk verantwoordelijk voor een stand van de meerstandencilinder. Beiden hebben een verschillende ruststand. Het linkse

³⁵ One-way betekent dat het smoorventiel slechts in één richting smooert. Voor de andere richting is een terugslagklep voorzien.

ventiel op figuur 110 heeft een volledig gesloten middenstand en bij het rechtse ventiel is in de ruststand enkel de luchttoevoer afgesloten. Deze verschillende ruststanden moeten voorkomen dat menselijke fouten gemaakt worden. Indien namelijk het rechtse ventiel ook een gesloten middenstand zou hebben zou bij een verkeerd gebruik van een van de 3/2-ventielen er ongewenste druk bevinden in de leidingen waardoor het systeem niet meer zou werken.

Voor het 5/3-ventiel met gesloten middenstand wordt gewerkt met het ventiel VUWG-L10-P53C-M5. Deze met ontluchte middenstand is het ventiel VUWG-L10-P53E-M5. Zie de stukkenlijst voor meer verduidelijking. De insteekkoppelingen voor deze ventielen zijn dezelfde als deze bij de *ondersteunende cilinder*.

3/2 ventielen

Hiervoor wordt beroep gedaan op het K-3-M5 ventiel zoals bij de *ondersteunende cilinder*.

10.1.4 Profielcilinders

10.1.4.1 Inleiding

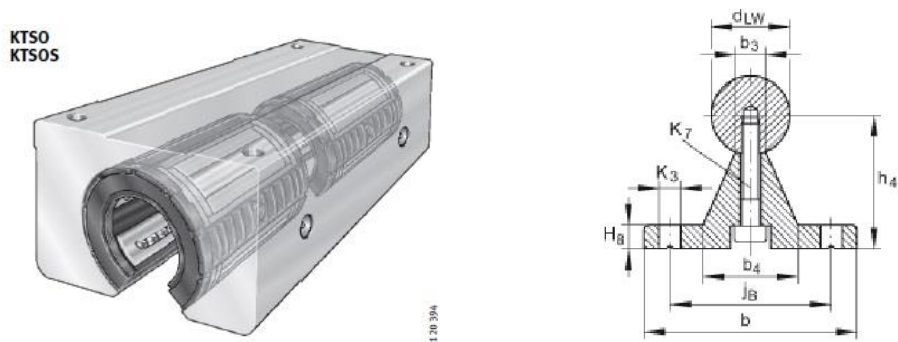
Op het bovenvlak van elk blok bevinden zich twee profieluitlijningscilinders. Dit zijn dubbelwerkende cilinders die instaan voor de beweging van de uitlijningsprofielen. Bij rust staan deze uitgeschoven en duwen ze de uitlijningsprofielen naar hun uiterste stand. Wanneer de uitlijning van de assen dient te beginnen, zal de arbeider de profieluitlijningcilinders doen inschuiven zodat de profielen naar binnen komen en de as op deze profielen zal kunnen leunen. Voor deze cilinders werd in eerste instantie, zonder berekeningen, gekozen voor het type DSBC_EN van Festo.

De uitlijningsprofielen moeten in staat zijn een afstand van 500 mm te overbruggen indien men wil dat alle assen in de mal kunnen gebruikt worden³⁶.

10.1.4.2 Berekening

Een uitlijningsprofiel wordt ondersteund door vier geleidingsblokken KTSOS20 van Schaeffler. Deze geleidingsblokken zijn lineaire koggellagers en ze zijn verdeeld over twee rails TSNW20.

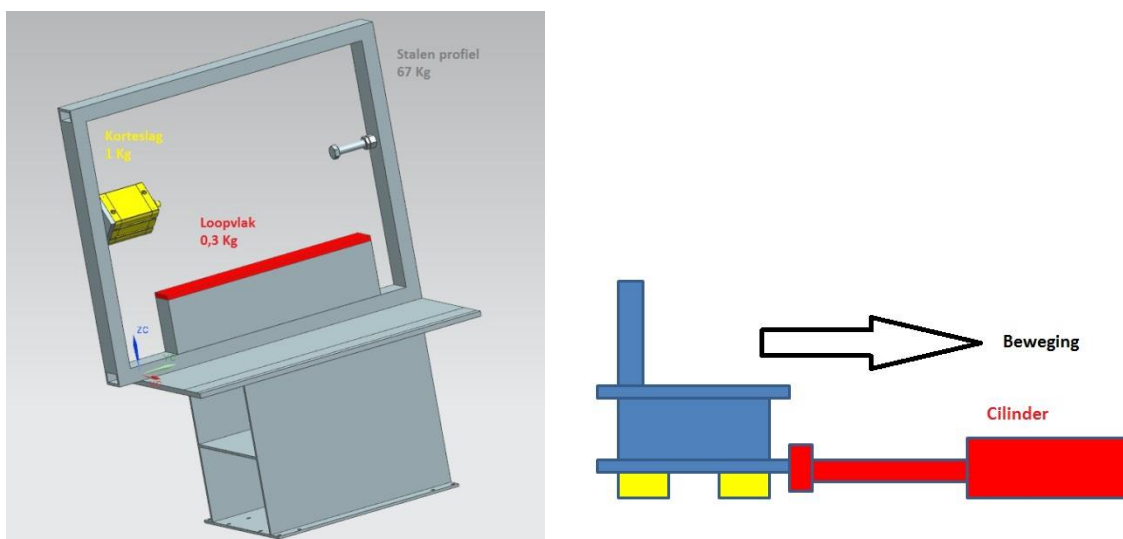
³⁶ De ene as is langer dan de andere, waardoor de uitlijningsprofielen voldoende afstand moeten overbruggen wil men zowel de kortste als de langste as in de mal kunnen gebruiken.



Figuur 111: KTSOS20 geleidingsblok + vooraanzicht TSNW20 geleidingsas

De profieluitlijningscilinders zullen enkel bediend worden wanneer er geen belasting in de uitlijningsprofielen ligt. Met andere woorden zal de kracht nodig voor het in- en uitschuiven van de cilinders slechts afhankelijk zijn van het gewicht van een uitlijningsprofiel.

Een uitlijningsprofiel is gemaakt uit staal, uitgezonderd het loopvlak welke gemaakt is uit polyurethaan. Op een uitlijningsprofiel bevindt zich ook nog een korteslag cilinder met diameter 63 mm en een slag van 50 mm welke een gewicht heeft van 1 kg. Het gehele profiel zelf heeft een gewicht van 67 kg.



Figuur 112: Gewichtsbeschrijving uitlijningsprofiel + vereenvoudigd schema

Deze berekening is identiek als de hierboven berekend meerstandencilinder. Hierdoor wordt enkel een tabel meegegeven met de berekende waarden. Voor de volledige berekening wordt u doorverwezen naar de bijlage over de berekening van de cilinders.

Tabel overzicht van de gegevens berekening profieluitlijningcilinder

$m(kg)$	μ	$F_{wperblok}$	F_{tot}	F	$F_{cilinder}$	F_{dyn}	F_a	a
17,5 kg	0,0015	0,25 N	1 N	1,33 N	247 N	185,25 N	184 m/s ²	2,62 m/s ²

Tabel overzicht luchtverbruikgegevens profieluitlijningcilinder

$A_{zuigeropp}$	$L_{slaglengte}$	V_{slag}	V_1	Q_n
5 cm ²	500 mm	250 cm ³	1750 cm ³	21 l/min

10.1.4.3 Gekozen cilinder

Met deze berekeningen werd gekozen voor de volgende cilinder:

DSN-25-500-P

- 25 = diameter (mm)
- 500 = slaglengte (mm)
- P = elastische dempingsringen/-platen aan beide zijden

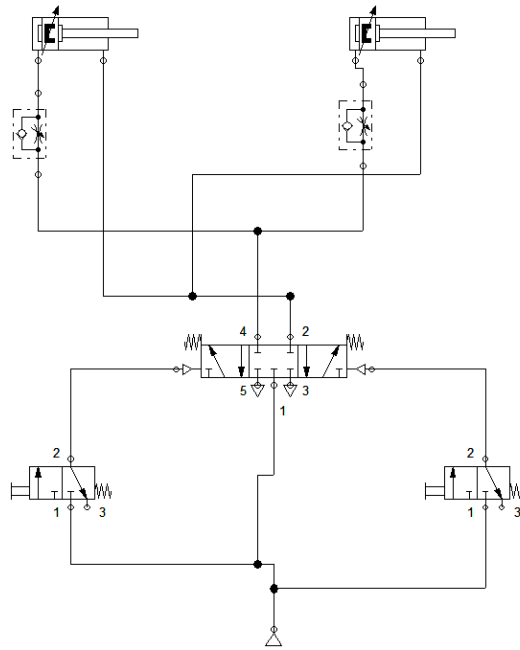
Pneumatische connectie:	$G^{1/8}$
Werkdruk:	1 ... 10 bar
Uitgaande kracht bij 6 bar:	294,5 N
Ingaande kracht bij 6 bar:	274,4 N

10.1.4.4 Pneumatisch schema

De twee profieluitlijningscilinders worden aangestuurd door twee 3/2 monostabiele handbediende ventielen. Deze 3/2 ventielen sturen elk een stand aan van het 5/2 pneumatisch bediend hoofdventiel. Het 5/2 ventiel heeft een gesloten middenstand welke ervoor moet zorgen dat de cilinders in eender welke positie kunnen blijven staan wanneer men het 3/2 bedieningsventiel lost.

Het pneumatisch schema is bijna identiek aan dit van de ondersteunende cilinders en de centreercilinders. Enkel zal hier het smoorventiel zich in de ingaande leiding van de uitgaande slag bevinden. Dit omdat men enkel de snelheid van de ingaande slag wil controleren. Dit mag zeker niet te snel gaan zodat de arbeider duidelijk kan opmerken wanneer hij de beweging dient te stoppen³⁷.

³⁷ Met het stoppen van de beweging wordt uiteraard gerefereerd naar het punt waar de uitlijningsprofielen zich onder de wielnaaf van de as bevinden.



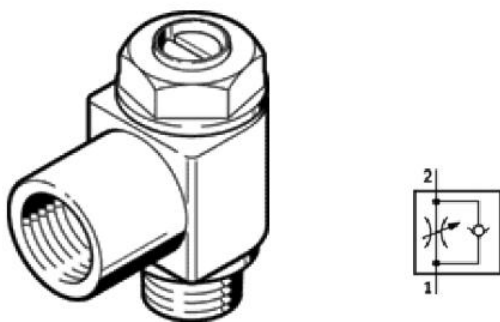
Figuur 113: Pneumatisch schema profieluitlijningscilinders

10.1.4.5 Gebruikte componenten

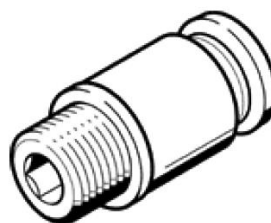
Flow controller

Om de ingaande slag van de cilinders te kunnen beheersen wordt op de cilinder in de ingaande connectie een smoorventiel geplaatst. Hiervoor werd de keuze gemaakt voor het *one-way* smoorventiel GRLA-1/8-PK-6-B.

- GRLA = *one-way flow control valve*
- 1/8 = Mannelijke draad
- PK = *barbed connector*
- 6 = *push-in connector*
- B = B-series.



Figuur 115: Smoorventiel



Figuur 114: Insteekkoppeling

Voor de uitgaande aansluiting werd gekozen voor een insteekkoppeling QS-G1/8-6-I. Deze heeft een rechte vorm met langs de ene kant een pneumatische insteekkoppeling van 6 mm en aan de andere kant een uitwendige schroefdraad G1/8.

5/3-ventielen

Voor de aansturing van uitgaande en ingaande slag van de cilinders wordt gebruik gemaakt van een 5/3 pneumatisch bediend ventiel met afgesloten middenstand. Meer specifiek werd gekozen voor het type VUWG-L10-P53C-M5.

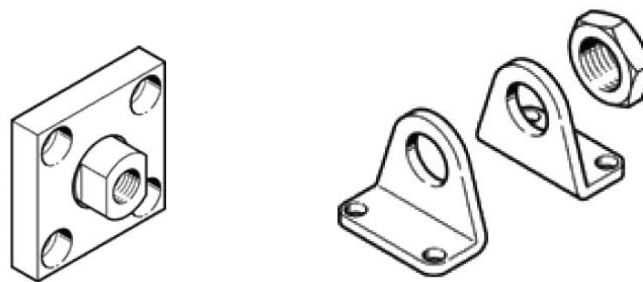
De vijf pneumatische aansluitingen hebben een inwendige schroefdraad M5 en de stuurluchtaansluitingen zijn ook M5. Voor de vijf pneumatische aansluitingen en de stuurluchtaansluitingen werd een insteekkoppeling gekozen QS-M5-6-l.

3/2 ventielen

Voor de bediening van het 5/3-ventiel wordt gebruik gemaakt van 3/2-handbediende-monostabiele ventielen K-3-M5. De bovenvermelde insteekkoppelingen QS-M5-6-l kunnen voor de drie aansluitingen hier ook gebruikt worden.

Bevestiging op het blok en flensbevestiging op de stang

Voor de bevestiging op het blok wordt gekozen voor de voetbevestiging HBN-20/25X2. Op de zuigerstang wordt een KSG-M10X1,25 flens gemonteerd die dan verbonden moet worden met het uitlijningsprofiel.

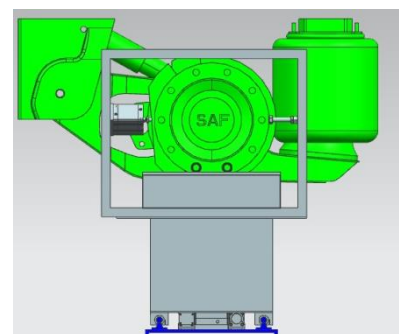


Figuur 116: Flens- en voetbevestiging

10.1.5 Uitlijningscilinders

10.1.5.1 Inleiding

De korteslagcilinders bevinden zich in de uitlijningsprofielen en zijn verantwoordelijk voor de uitlijning van de assen. Door het uitschuiven van deze cilinders zullen de zuigerstangen tegen de wielbouten van de assen duwen. Door deze kracht zullen de assen verlopen over het polyurethaan loopvlak tegen de stelbout. De kracht van de cilinders wordt aangehouden tot als de as volledig is vastgezet. Om te besparen op gewicht en grootte werd besloten om te werken met een compacte cilinder van het type ADN met een slaglengte van 50 mm.



Figuur 117: Verduidelijking taak korteslagcilinder

10.1.5.2 Berekening

Een korteslagcilinder zal dus verantwoordelijk zijn voor het duwen tegen een wielnaaf welke zich op het polyurethaan loopvlak begint door middel van twee naaldlagers bevestigd op twee wielnaafbouten. Een as weegt maximaal 600 kg, verdeelt over de twee uitlijningsprofielen geeft dit 300 kg per uitlijningsprofiel. Tijdens de actie van de korteslagcilinder zal het frame al bevestigd zijn aan de assen wat een extra belasting van 150 kg met zich zal meebrengen. Dit brengt ruim gerekend 500 kg per uitlijningsprofiel (zie ook 10.2.4). Een naaldlager zal dus 250 kg dragen. Deze informatie geeft volgende gegevens:

Tabel overzicht van de gegevens berekening meerstandencilinder

$m(kg)$	μ	$F_{wperlager}$	F_{tot}	F	$F_{cilinder}$	F_{dyn}	F_a	a
250 kg	0,0045	12 N	24 N	32 N	121 N	91	67	0,134 m/s ²

Tabel overzicht luchtverbruikgegevens meerstandencilinder

$A_{zuigeropp}$	$L_{slaglengte}$	V_{slag}	V_1	Q_n
2 cm ²	50 mm	10 cm ³	70 cm ³	1,4 l/min

Voor de volledige berekening wordt wederom verwezen naar de bijlage in verband met de berekeningen van de cilinders.

10.1.5.3 Pneumatische cilinder

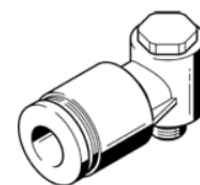
Het pneumatisch schema is identiek aan dit van de ondersteunde (en centreer) cilinders.

10.1.5.4 Gebruikte componenten

Ook deze componenten zijn zo goed als gelijk aan deze van de ondersteunende cilinders. Enkel zal de pneumatische aansluiting van deze korteslagcilinder een M5 zijn in plaats van de G^{1/8} bij de ondersteunende cilinders. Hierdoor zal het smoorventiel veranderen naar:

GRLA-M5-QS-6-D

Voor de ingaande aansluiting wordt de rechte vorm vervangen door een L-vorm (omdat de rechte vorm geen M5 aansluiting heeft) en wordt dit: GSLV-M5-6



Figuur 118: L-vormige aansluiting

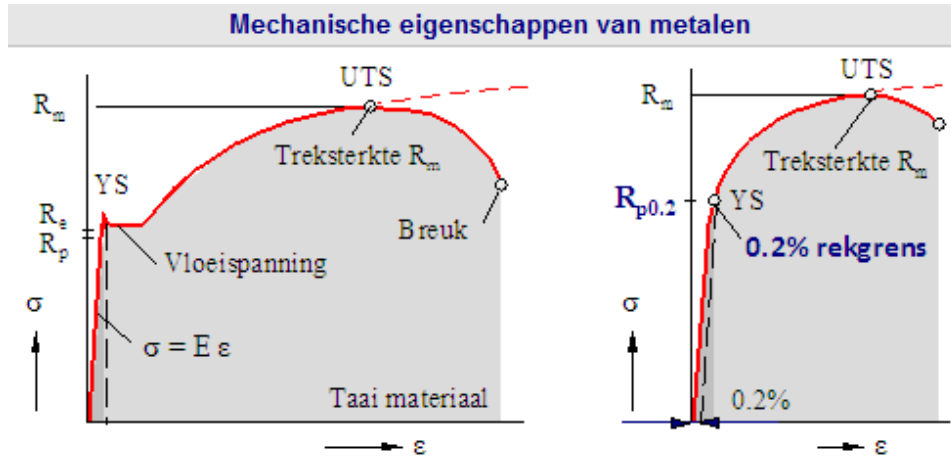
Voor de rest zullen de componenten dezelfde zijn. Uiteraard zal de flens, gebruikt bij de ondersteunende cilinders, hier weggelaten worden

10.2 Sterkteberekeningen

10.2.1 Inleiding

Voor componenten die zelf werden ontworpen (zoals het uitlijningsframe, ..), werden sterkteberekeningen uitgevoerd gebruik makende van het programma 'Siemens NX Nastran'.

De toegelaten sterkte werd volgens onderstaande grafiek en bijhorende tabel bepaald.



Figuur 119: Mechanische eigenschappen van metalen

De vloeispanning R_e van staal 235JR is 235 Mpa, de treksterkte R_m bedraagt 360-510 Mpa.

Constructiestaal warmgewalst, ongelegeerd								
materiaal		R_e [MPa]					R_m [MPa]	
naam	nr	d<16	≤40	≤63	≤80	≤100	<3	≤100
S235JR	1.0038	235	225	215	215	215	360-510	360-510
S235JO	1.0114	235	225	215	215	215	360-510	360-510
S235J2	1.0117	235	225	215	215	215	360-510	360-510
S275JR	1.0044	275	265	255	245	235	430-580	410-560
S275JO	1.0143	275	265	255	245	235	430-580	410-560
S275J2	1.0145	275	265	255	245	235	430-580	410-560
S355JR	1.0045	355	345	335	325	315	510-680	470-630
S355JO	1.0553	355	345	335	325	315	510-680	470-630
S355J2	1.0577	355	345	335	325	315	510-680	470-630
S355K2	1.0596	355	345	335	325	315	510-680	470-630
S450JO	1.0590	450	430	410	390	380	-	550-720
E295	1.0050	295	285				490-660	470-610
E335	1.0060	335	325				590-770	570-710
E360	1.0070	360	355				690-900	670-830

E295...E360: draag en aandrijfassen, slijtonderdelen in natuurharde toestand.

Figuur 120: Vloeispanning en treksterkte (<http://www.werktuigbouw.nl/calculators/uts.htm#carbonsteel>)

Volgens onderstaande formule is er 1,7 gekozen voor S_{min} zodat er een maximaal toelaatbare spanning bekomen wordt van 138,24 N/mm².

$$\sigma_b \leq \bar{\sigma}_b = \frac{R_{p0.2}}{S_{min}}$$

Voor de veiligheid (S_{min}) geldt
1,2 ... 1,8. (Komt overeen
met de bekendere formule $\sigma_b =$
0,7 x $R_{p0.2}$)

Figuur 121: Formule toelaatbare spanning

10.2.2 Blok zonder geleiders

De mal bestaat uit drie grote blokken, elk verantwoordelijk voor de plaatsing en uitlijning van één as op het frame. De twee uiterste blokken bevinden zich op geleiders omdat deze verplaatsbaar moeten zijn tegenover de middenste, afhankelijk van de verschillende asafstanden. Op dit blok bevinden zich in het midden twee cilinders die mede moeten zorgen voor de ondersteuning van de as. Aan de buitenkanten bevinden zich dan de twee uitlijningsprofielen.

Een as die op deze cilinders zou leunen, weegt maximaal 600 kg. Omdat er mogelijks een deel van het gewicht van het frame op de as zou komen te rusten, en dus ook op de cilinders, wordt een extra marge van 200 kg in rekening gebracht. Omgerekend komt dit neer op 8000 N op de twee cilinders, dus 4000 N per cilinder. Ook de massa van het blok kan men in het programma eenvoudig inbrengen.

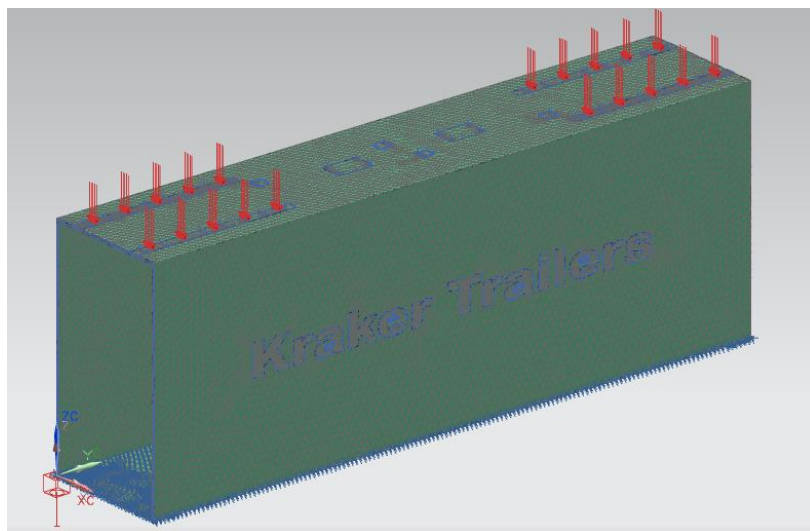
De constraints zijn aangebracht op de geleiders die zich onderaan het blok bevinden. Deze geleiders kunnen enkel in de XC-richting bewegen, alle andere DOF's (degrees of freedom) zijn vast (fixed).

De blok is gemeshed in staal 235JR en heeft een uiteindelijke wanddikte van 10 mm, want bij een dikte van 20 mm was de spanning te laag, wat ervoor zorgde dat de blokken te zwaar en te duur waren.

Op figuur 122 kunt u de gemeshte voorstelling met de constraints en krachten terugvinden. Vooral de constraints op de geleiders zijn hier van belang aangezien deze verschillen met het blok zonder geleiders die in het volgende punt besproken wordt.

10.2.2.1 Kracht op het uitlijningsprofiel die steunt op de 4 geleiders.

Er is 8000 N verdeeld over 4 geleiders, wat 2000 N is per geleider. Ook de massa van het blok komt erbij.

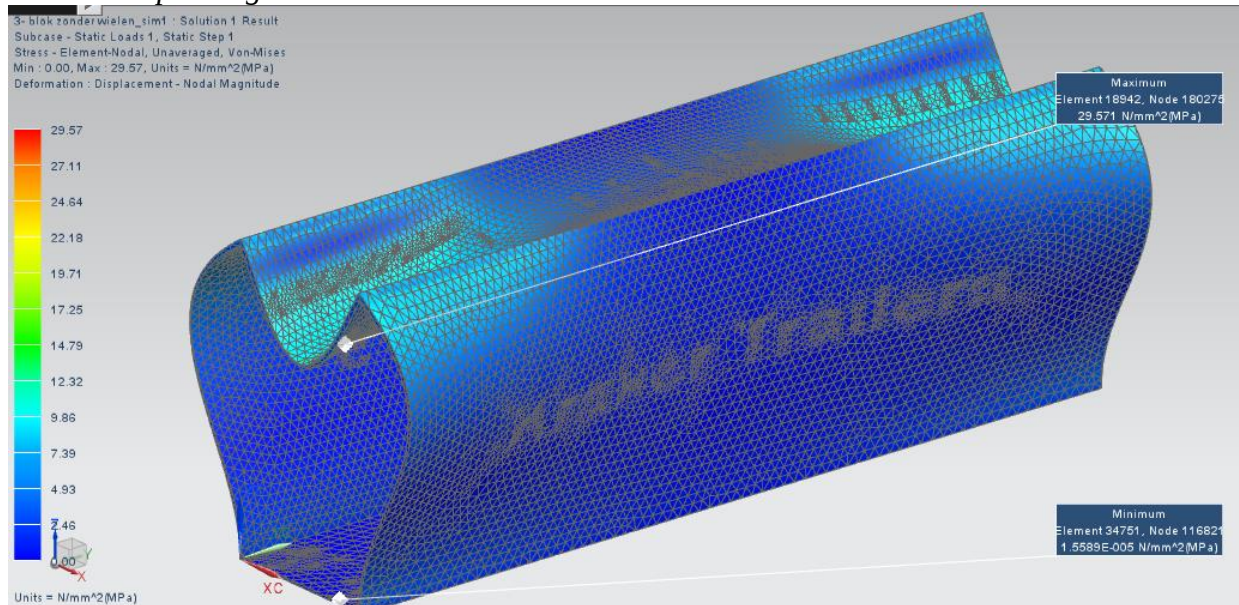


Figuur 122: Blok zonder geleiders: mesh, kracht op uitlijningsprofiel en constraints

Resultaten

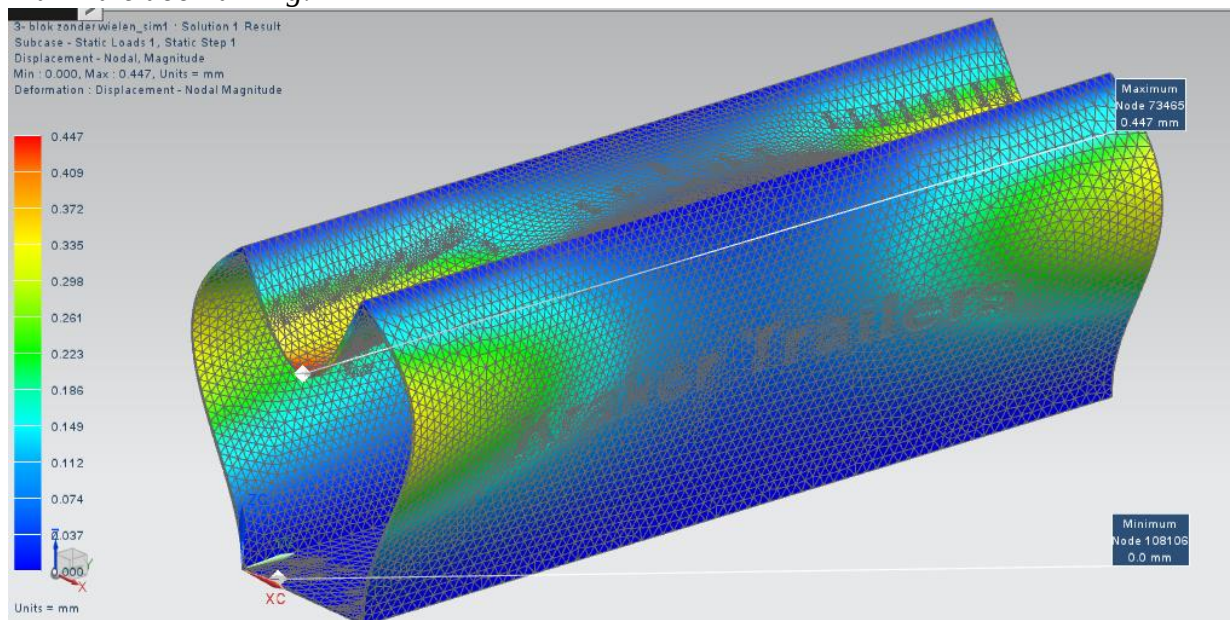
Dikte plaatwerk	Maximale Spanning	Maximale doorzakking
10 mm	29,57 N/mm ² (MPa)	0,447 mm

Maximale spanning:



Figuur 123: Blok zonder geleiders: maximale spanning

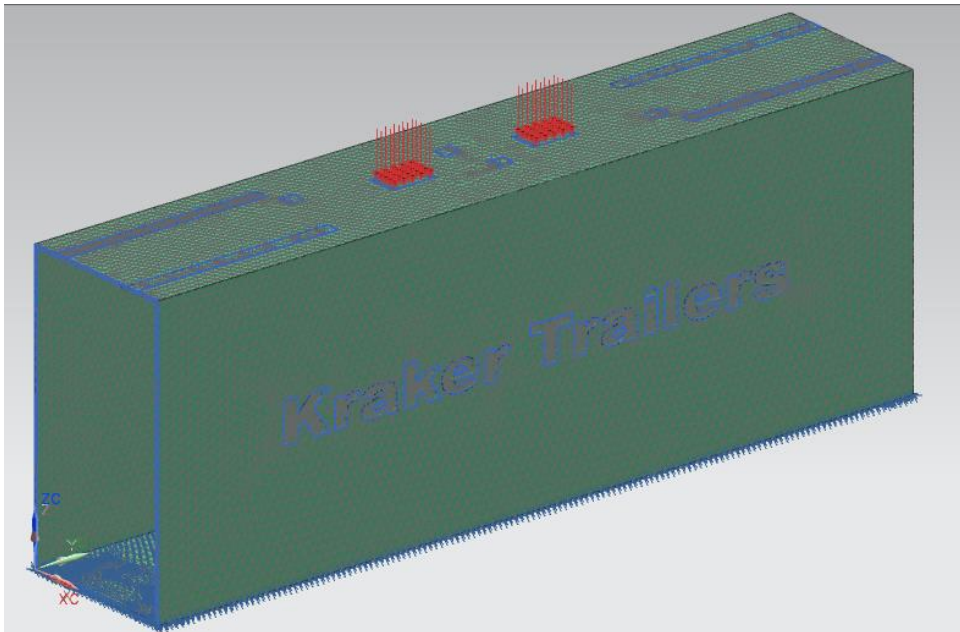
Maximale doorzakking:



Figuur 124: Blok zonder geleiders, maximale doorzakking

10.2.2.2 Kracht op de ondersteuningscilinders.

De 8000 N belasting is verdeeld over 2 cilinders, zodoende wordt elke cilinder belast onder een kracht van 4000 N. Ook de massa werd hier in rekening gebracht.

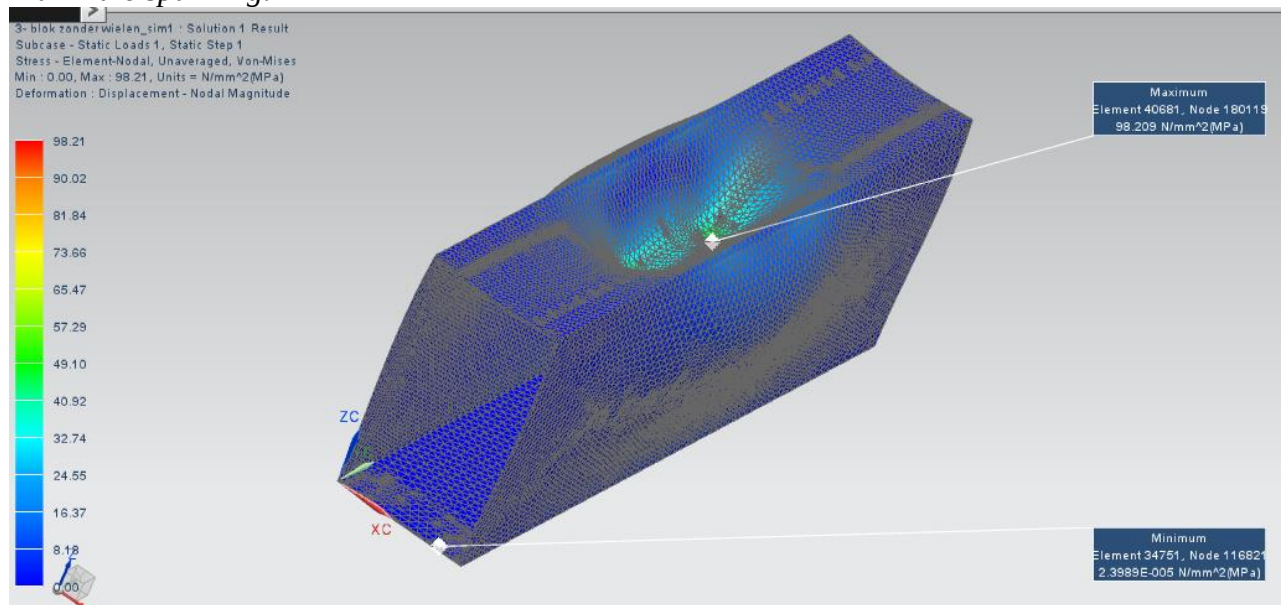


Figuur 125: Blok zonder geleiders: kracht op ondersteuningscilinders

Resultaten

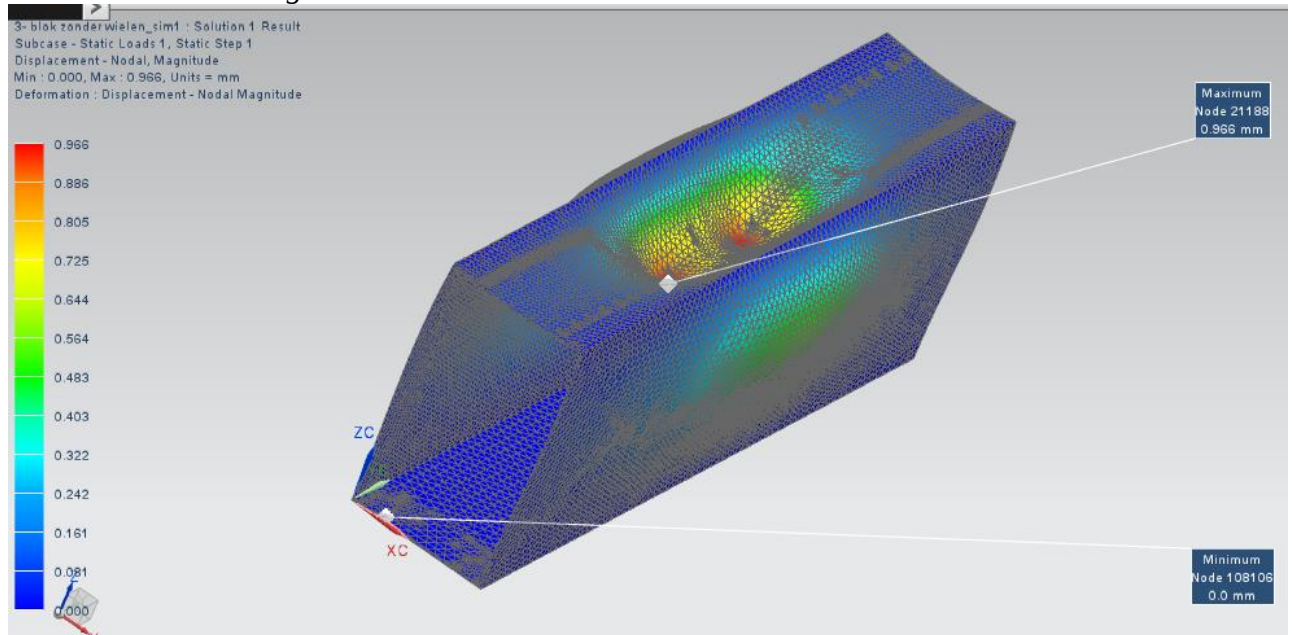
Dikte plaatwerk	Maximale Spanning	Maximale doorzakking
10 mm	98,21 N/mm ² (MPa)	0,966 mm

Maximale spanning:



Figuur 126: Blok zonder geleiders: maximale spanning

Maximale doorzakking:



Figuur 127: Blok zonder geleiders, maximale doorzakking

10.2.3 Blok op geleiders

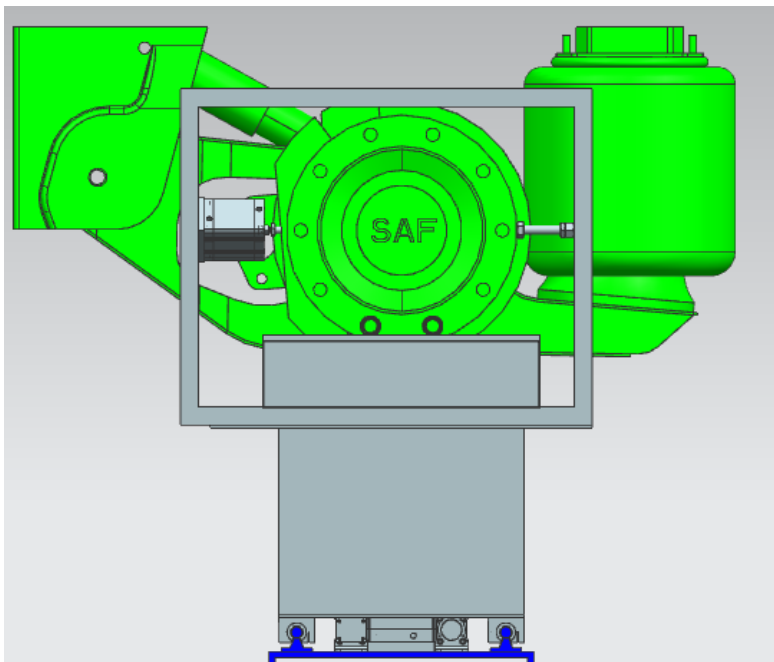
Alle krachten zijn identiek aan deze van het blok zonder geleiders, het enige verschil is hier dat het grondvlak volledig gefixeerd is op de grond en zich dus in geen enkele richting kan verplaatsen.

Ook de afmetingen van het blok zijn verschillend, zo is het rechthoekig profiel hier lager en smaller, waardoor de resultaten ook licht afwijken. De dikte van de platen werd daardoor ook gebaseerd op het blok zonder de geleiders, de resultaten van de verschillende belastingen zijn hieronder weergegeven.

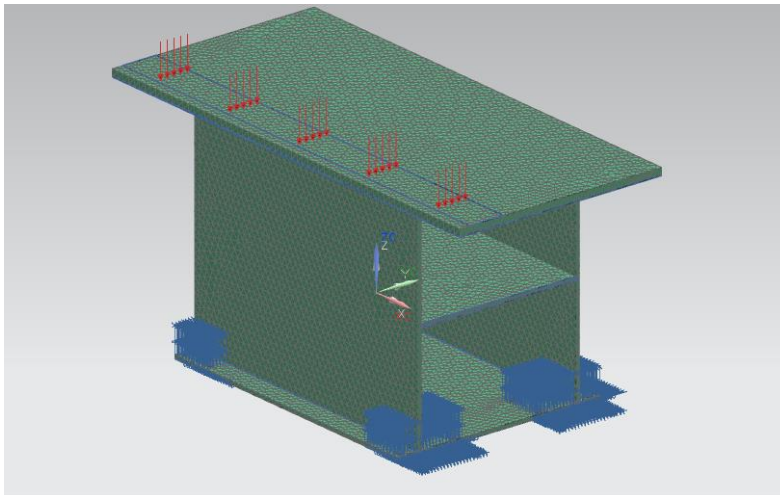
Als beginnend ontwerp werd ook hier 20 mm als plaatdikte gekozen, maar zoals de berekening bij de blok zonder geleiders duidelijk weergeeft, is deze dikte overbodig en werd ook hier deze gereduceerd naar 10 mm.

10.2.4 Uitlijningsprofiel

Een as weegt ongeveer 600 kg, verdeeld over twee uitlijningsprofielen geeft dit elk 300 kg. In geval van een extra belasting door het frame op de profielen (800 kg) wordt er een extra 133 kg op elk profiel bijgerekend ($800/6$, want er zijn 3 blokken met elk 2 profielen). Samen geeft dit 433 kg, maar om wat te overdimensioneren hebben we 5000 N als kracht genomen op het oppervlak. Het eerste ontwerp was zonder tussenplaat (tegen knik) en met een plaatdikte van 5 mm. Bij aanpassing werd de plaatdikte van de bovenste plaat vergroot naar 10 mm en werd er een tussenplaat ingevoerd die het profiel beschermd tegen eventuele knik. Na deze aanpassingen waren alle waarden in orde.



Figuur 128: Uitlijningssysteem met as

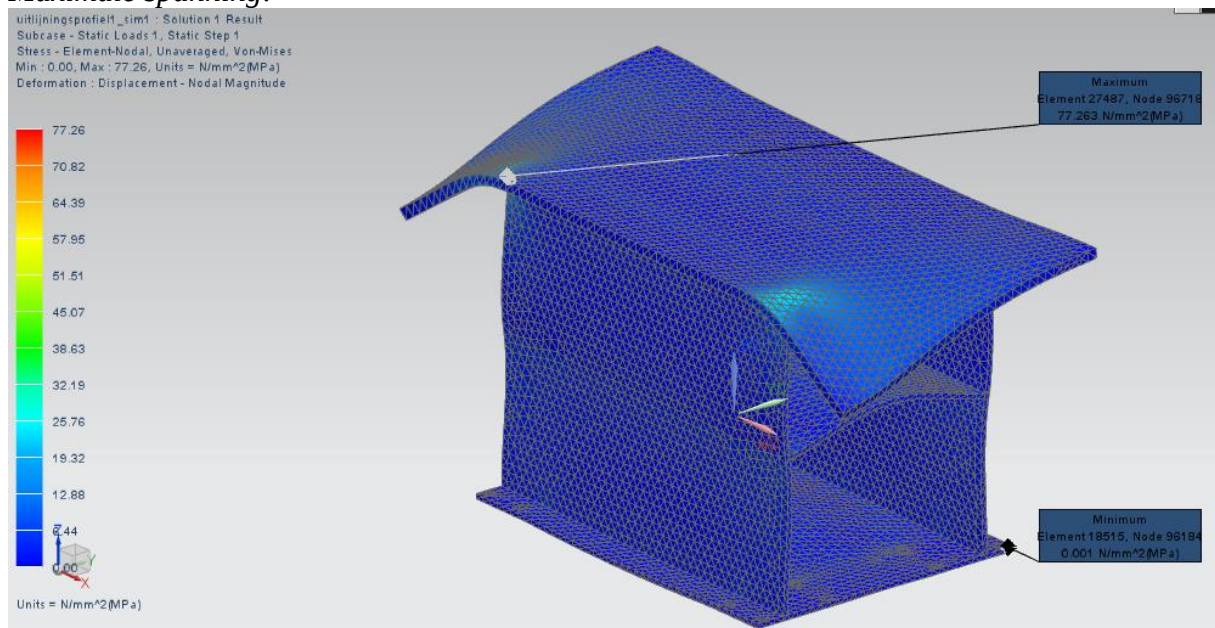


Figuur 129: Profiel ondersteuning uitlijning: mesh, krachten en constraints

Resultaten

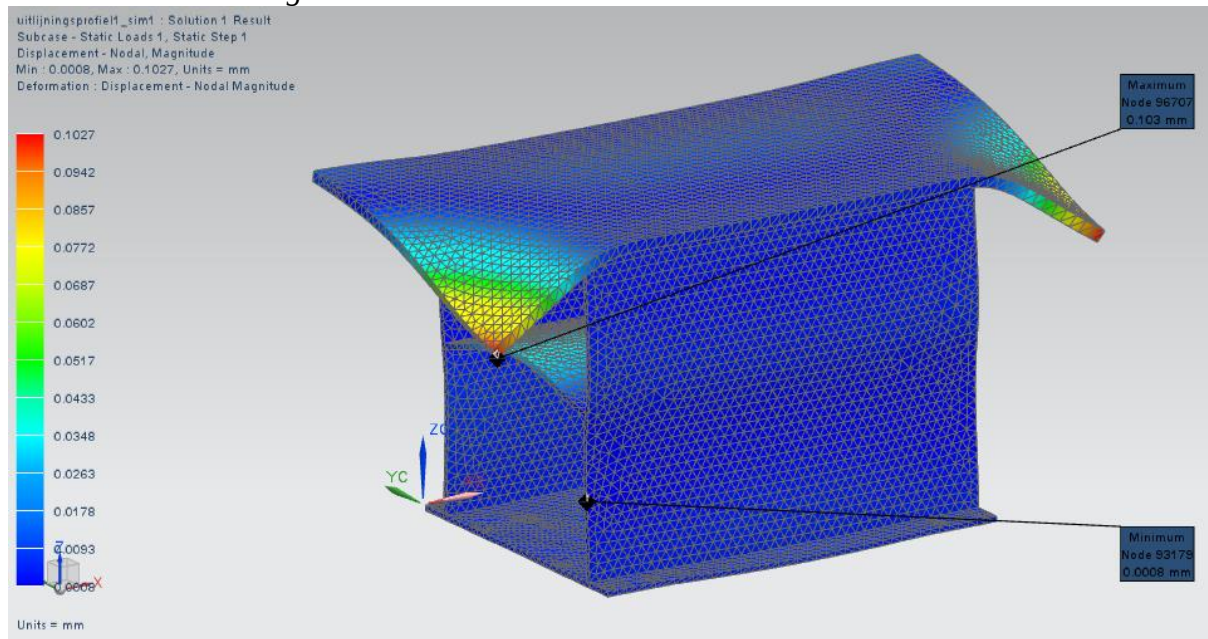
Dikte plaatwerk	Maximale Spanning	Maximale doorzakking
5 mm	200,19 N/mm ² (MPa)	0,606 mm
10 mm met tussenplaat	77,26 N/mm ² (MPa)	0,1027 mm

Maximale spanning:



Figuur 130: Uitlijningsprofiel: maximale spanning

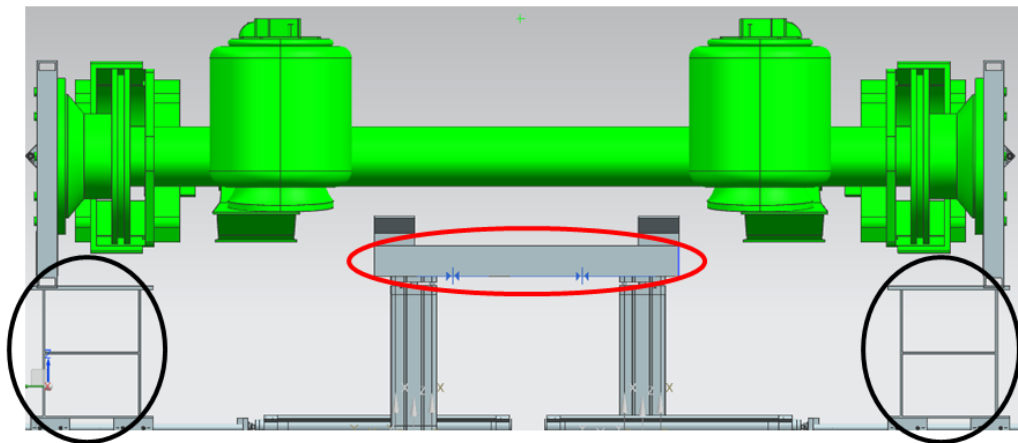
Maximale doorzakking:



Figuur 131: Uitlijningsprofiel: maximale doorzakking

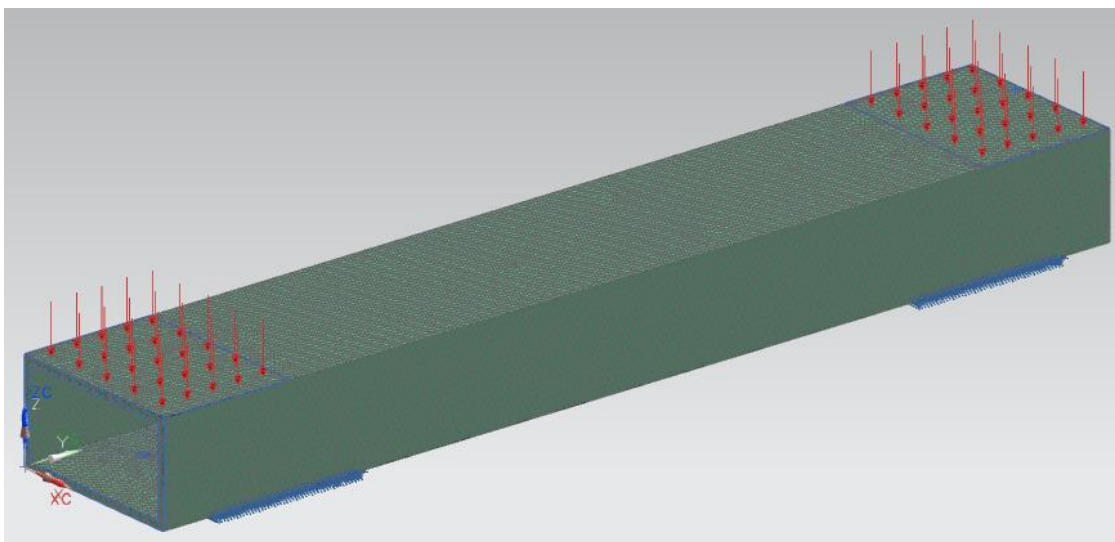
10.2.5 Profiel steun

De as wordt na het aanbrengen met de kraan en na het centreren, opgetild door de twee cilinders waarop het profiel (rood omcirkeld) gemonteerd is. Dit profiel zorgt voor de ondersteuning van het frame terwijl de balgen en de schokdempers gemonteerd worden. Als dit gebeurd is, zullen de uitlijningsprofielen (zwart omcirkeld) naar binnen geschoven worden en zal de ondersteuning terug zakken, zodat de as op het uitlijningssysteem steunt.



Figuur 132: Profiel steun voorstelling met as

Het profiel wordt belast door de as (600 kg) en een marge van 200 kg, deze wordt opgevangen door 2 ondersteuning, zodat die beiden 400 kg opvangen, wat omgerekend ongeveer overeenkomt met 400 N.

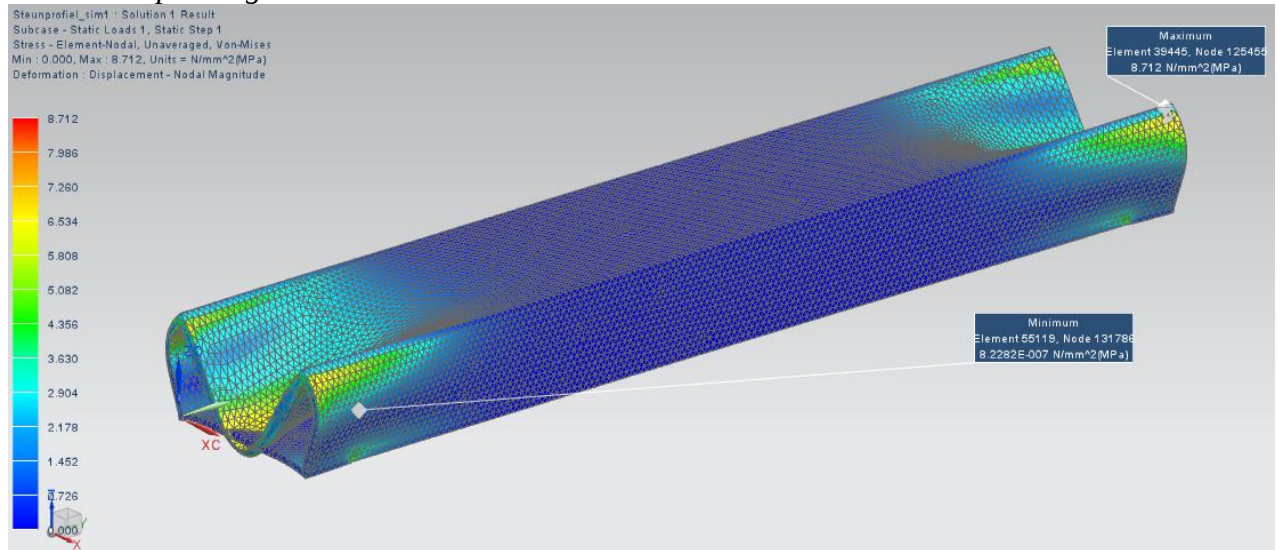


Figuur 133: Ondersteuningsprofiel: mesh, krachten en constraints

Resultaten

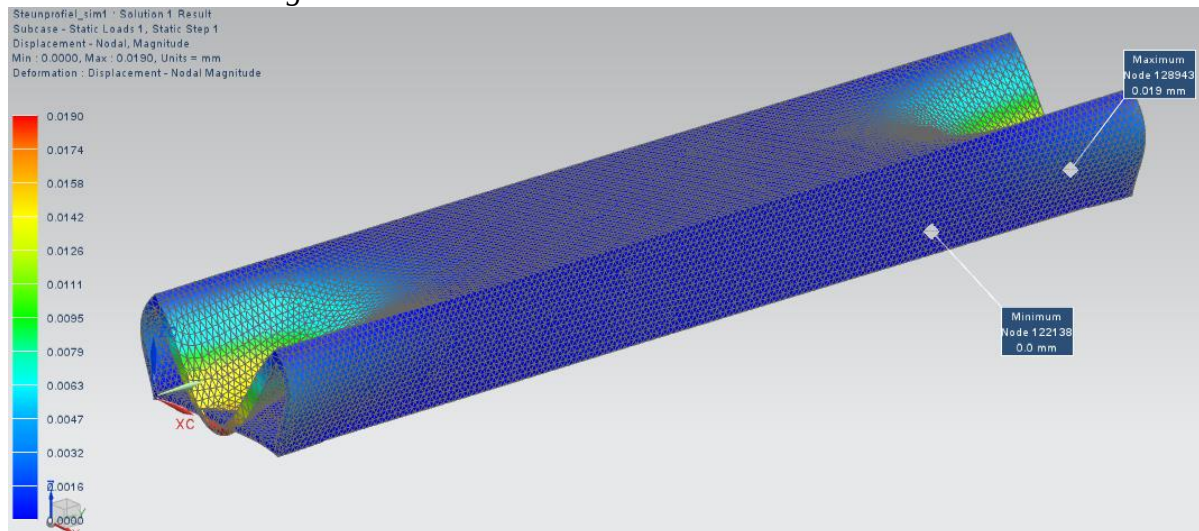
Dikte plaatwerk	Maximale Spanning	Maximale doorzakking
5 mm	8,712 N/mm ² (MPa)	0,0190 mm

Maximale spanning:



Figuur 134: Ondersteuningsprofiel: maximale spanning

Maximale doorzakking:

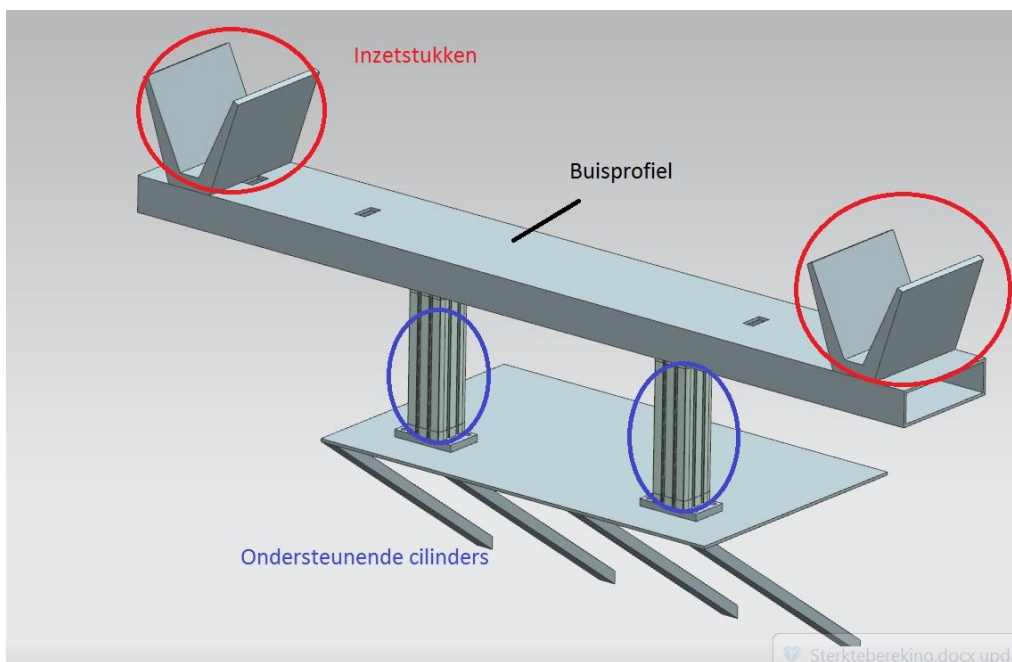


Figuur 135: Ondersteuningsprofiel: maximale doorzakking

10.2.6 Centreerprofiel

Dit is een rechthoekig buisprofiel uit staal met afmetingen: 200*60*5 mm en heeft een gewicht van ongeveer 28 kg. Op dit rechthoekig buisprofiel komen de inzetstukken die de as moeten centreren in de mal. Aangezien een as maximum 600 kg weegt, heeft men gerekend op maximaal een totaal van 200 kg van de as die op dit buisprofiel zal terecht komen, dus 100 kg per inzetstuk.

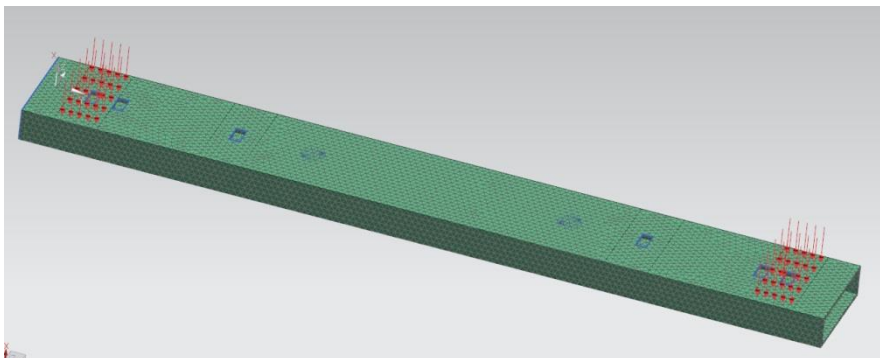
Het buisprofiel steunt op twee cilinders waar dan ook de constraints worden aangebracht met enkel DOF1 (verticale richting) als vrije vrijheidsgraad.



Figuur 136: Verduidelijking buisprofiel

10.2.6.1 Veerspoor 1300 mm

Eerst worden de inzetstukken op het uiterste veerspoor (1300 mm) gezet en dit geeft volgende resultaten:



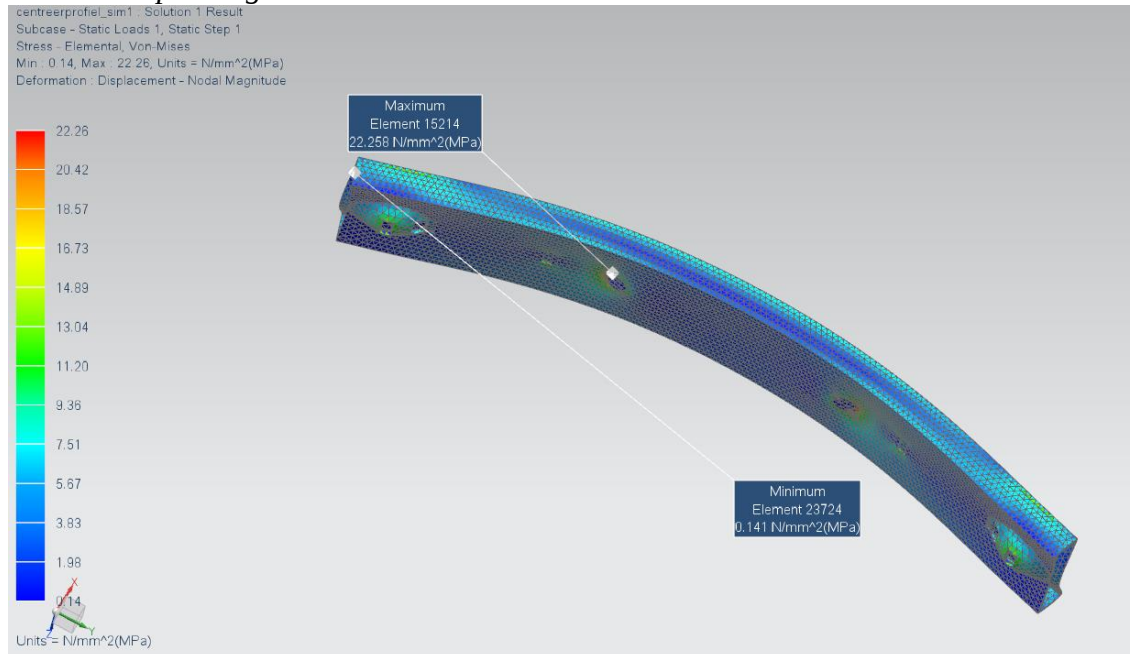
Figuur 137: Krachtverdeling veerspoor 1300 mm

Resultaten

Buisprofiel (mm)	Maximale Spanning	Maximale doorzakking
200*60*5	22,258 N/mm ² (MPa)	0,214 mm

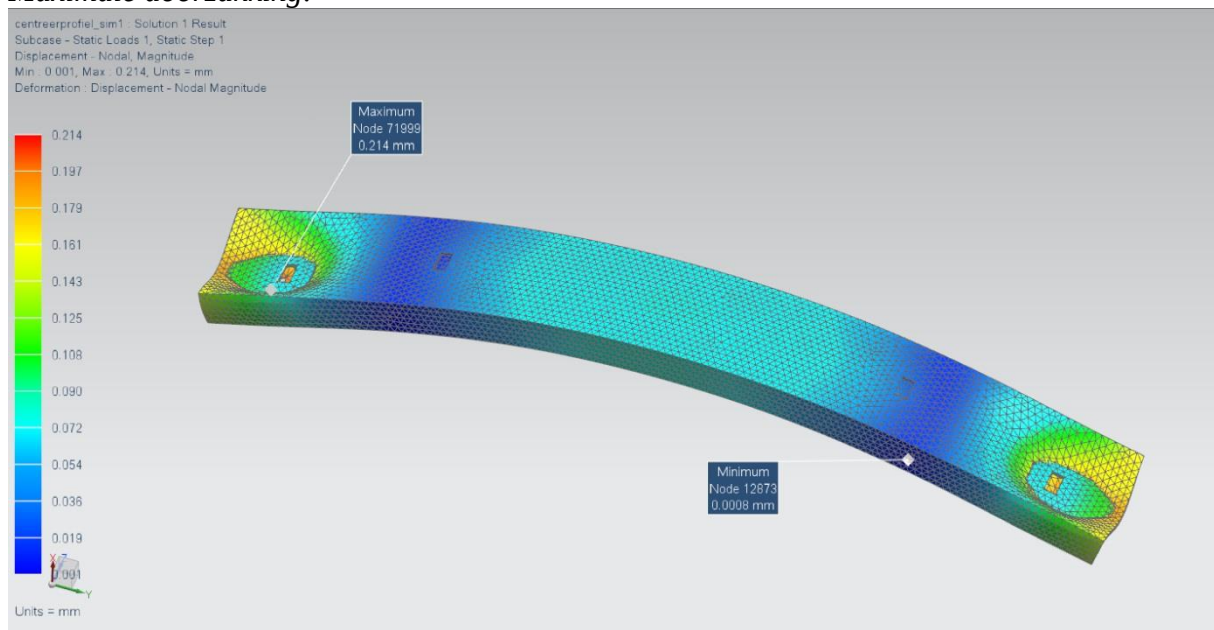
Hieruit kunnen we besluiten dat dit profiel zowel voor de maximale spanning als voor de maximale doorzakking voldoet.

Maximale spanning:



Figuur 138: Centreerprofiel 1300 mm: maximale spanning

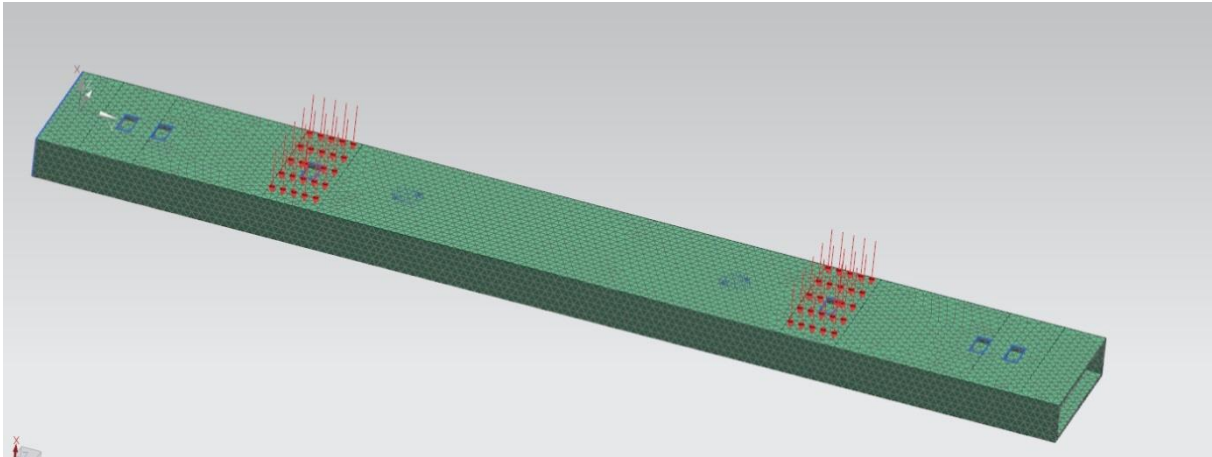
Maximale doorzakking:



Figuur 139: Centreerprofiel 1300 mm: maximale doorzakking

10.2.6.2 Veerspoor 980 mm.

Dan werden de inzetstukken op hun minimum veerspoor (980 mm) gezet om ook hier de resultaten te kunnen bekijken:



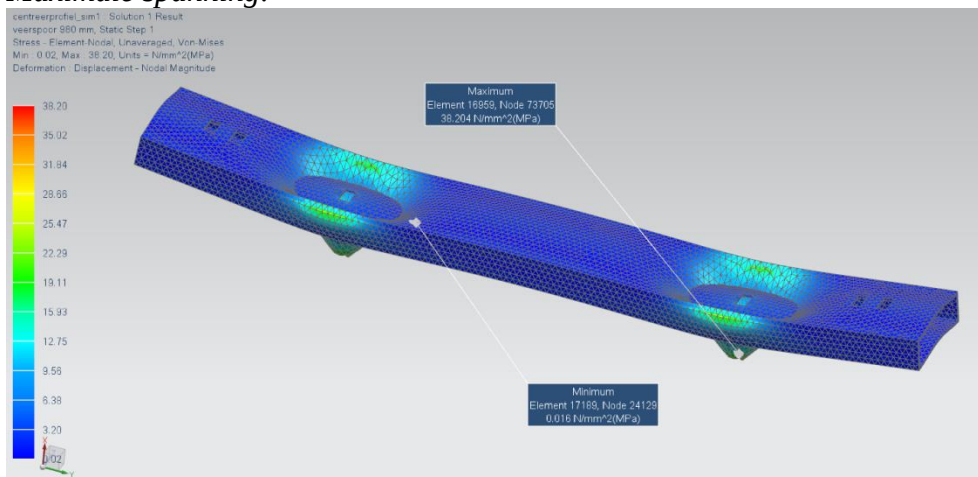
Figuur 140: Krachtverdeling veerspoor 980 mm

Resultaten

Buisprofiel (mm)	Maximale Spanning	Maximale doorzakking
200*60*5	38,20 N/mm ² (MPa)	0,109 mm

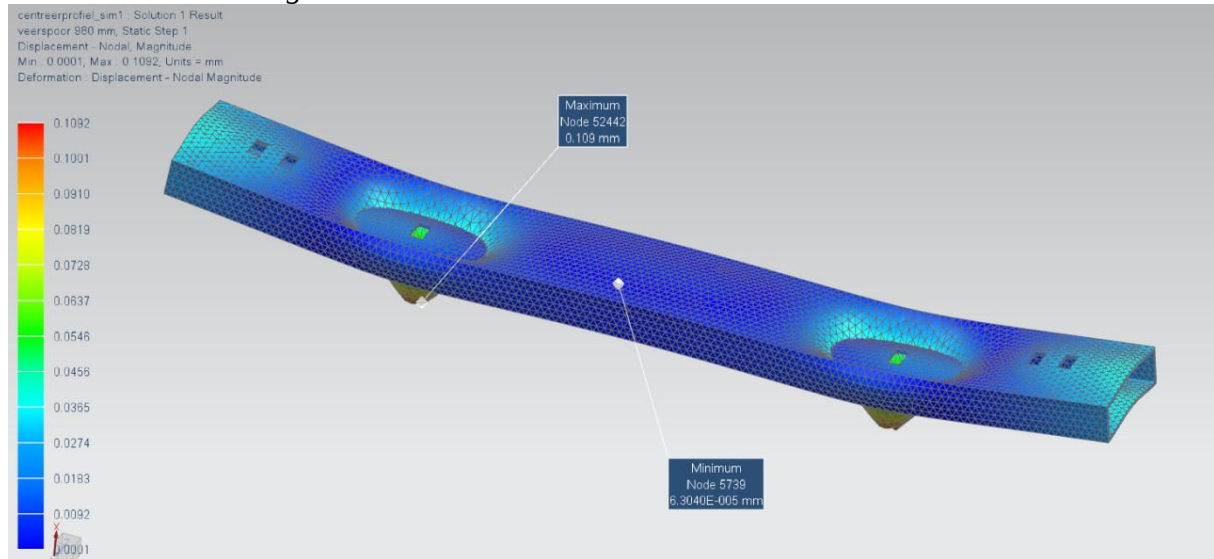
Ook bij deze subcase merkt men op dat de maximale spanning zeker niet aan de maximaal toegelaten 140 N/mm² komt en dat de doorzakking verwaarloosbaar klein is.

Maximale spanning:



Figuur 141: Centreerprofiel 980 mm: maximale spanning

Maximale doorzakking:



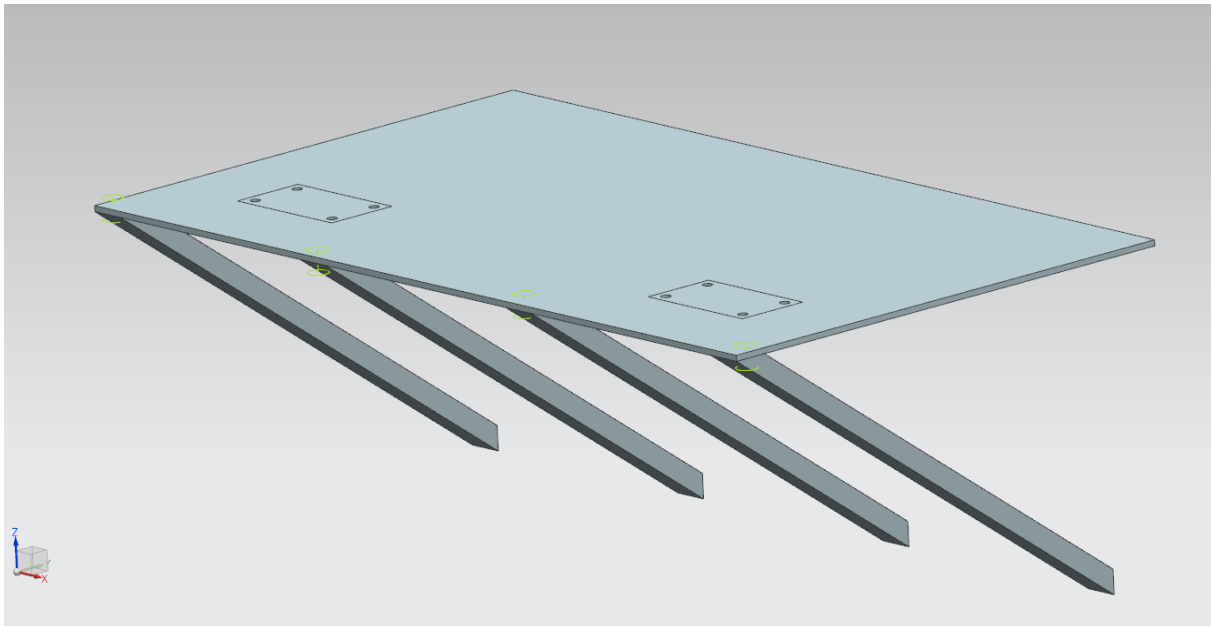
Figuur 142: Centreerprofiel 980 mm: maximale doorzakking

Besluit

In het algemeen kan men nu stellen dat dit buisprofiel voldoet aan de eisen en deze afmetingen kunnen behouden worden.

10.2.7 Centreerondersteuning

Voor de bevestiging van het centreerprofiel en bijhorende cilinders op de mal werd een centreerondersteuning ontworpen. Deze bestaat uit een rechthoekige metalen plaat van 450 mm op 750 mm met een dikte van 5 mm. Deze plaat wordt enerzijds op de bovenplaat van de blok in de mal gelast en anderzijds ondersteund door vier rechthoekige buisprofielen welke ook bevestigd zijn aan het blok (zie ook figuur 143).



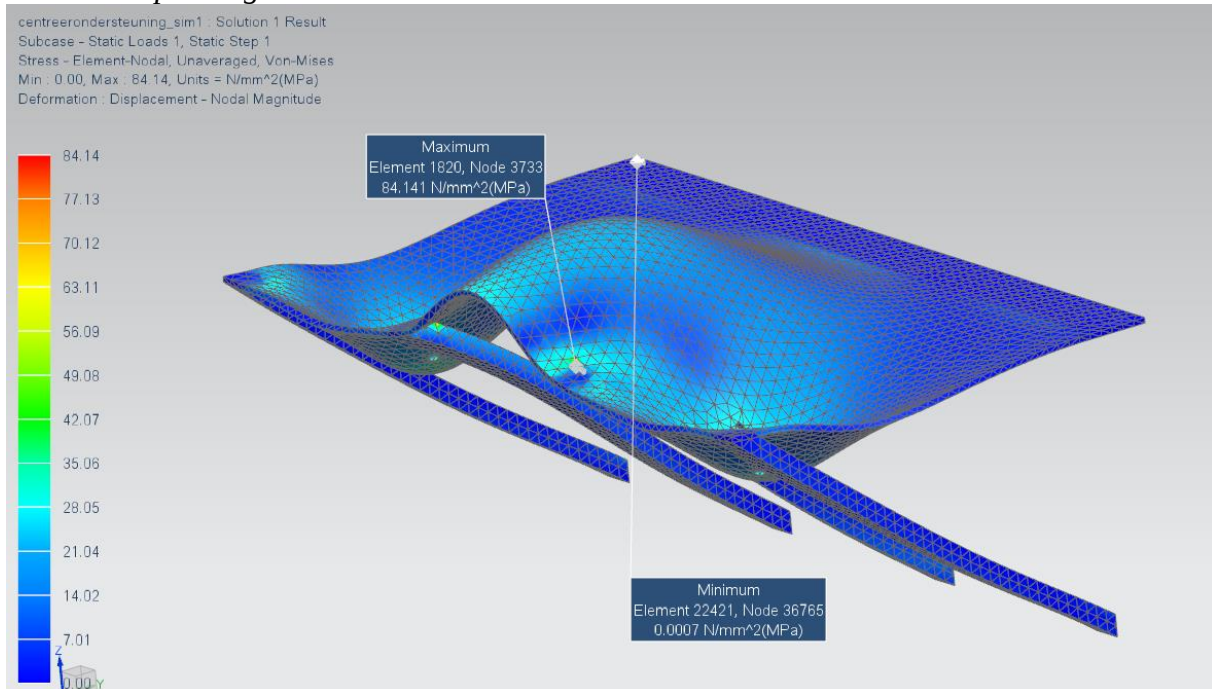
Figuur 143: Centreerondersteuning

De krachten aanwezig op deze ondersteuning zullen overgebracht worden via de flensbevestiging van de cilinders op de plaat. Net zoals bij de berekening van het centreerprofiel wordt hierbij rekening gehouden met een maximum van 300 kg, dus 150 kg per cilinder. Rekening houdend met deze gegevens heeft men volgende resultaten bekomen:

Resultaten

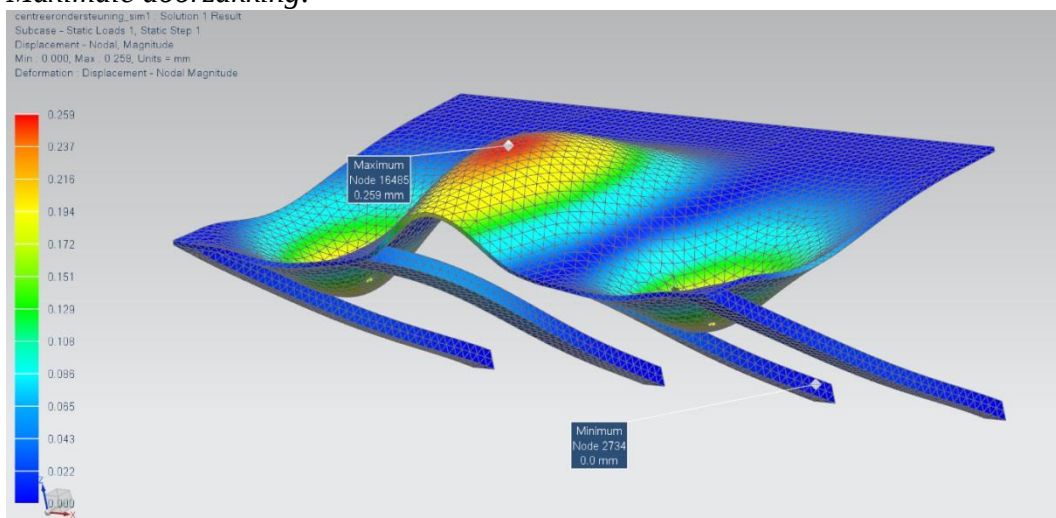
Buisprofiel (mm)	Maximale Spanning	Maximale doorzakking
200*60*5	84,141 N/mm ² (MPa)	0,259 mm

Maximale spanning:



Figuur 144: Centreerondersteuning: maximale spanning

Maximale doorzakking:



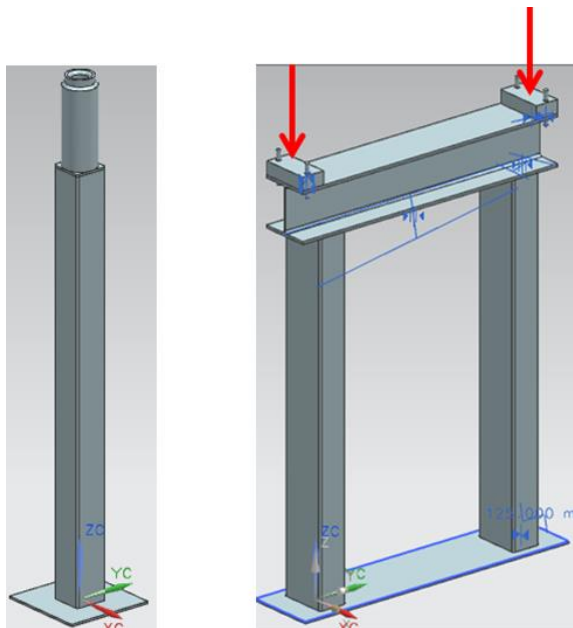
Figuur 145: Centreerondersteuning: maximale doorzakking

Besluit

Met een maximaal optredende spanning van 84 N/mm^2 en een maximaal toelaatbare spanning van 140 N/mm^2 kan men stellen dat de afmetingen van de plaat en de vier ondersteuningpilaren correct gekozen zijn. Ook de maximale doorzakking blijft met een waarde van slechts 0,3 mm zeker aanvaardbaar.

10.2.8 Ondersteuning frame

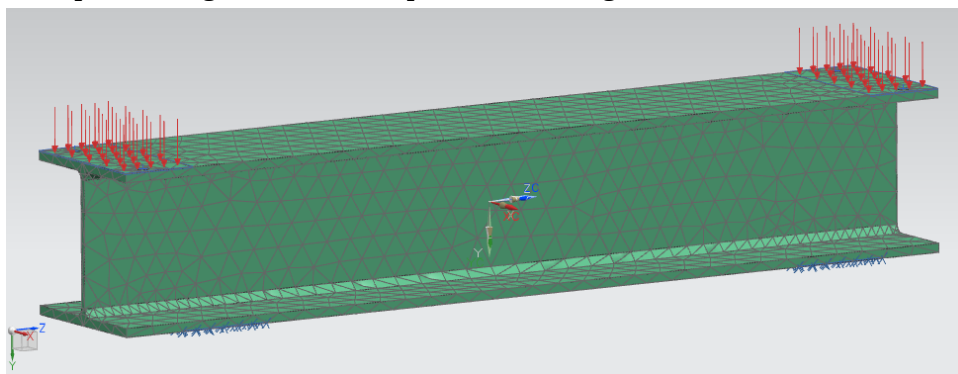
Het gehele frame wordt ondersteund op 3 plaatsen: aan de kingpin en net achter de laatste as op de 2 liggers van het frame.



Figuur 146: Ondersteuning frame

10.2.8.1 I-profiel ondersteuning frame

Het frame weegt 800 kg, er zijn 3 steunpunten dus dit is 270 kg per steunpunt. Om te overdimensioneren is er 500 kg per steunpunt voorzien. Omgerekend is dit 5000 N per steunpunt. Het gewicht van dit profiel is 105 kg.

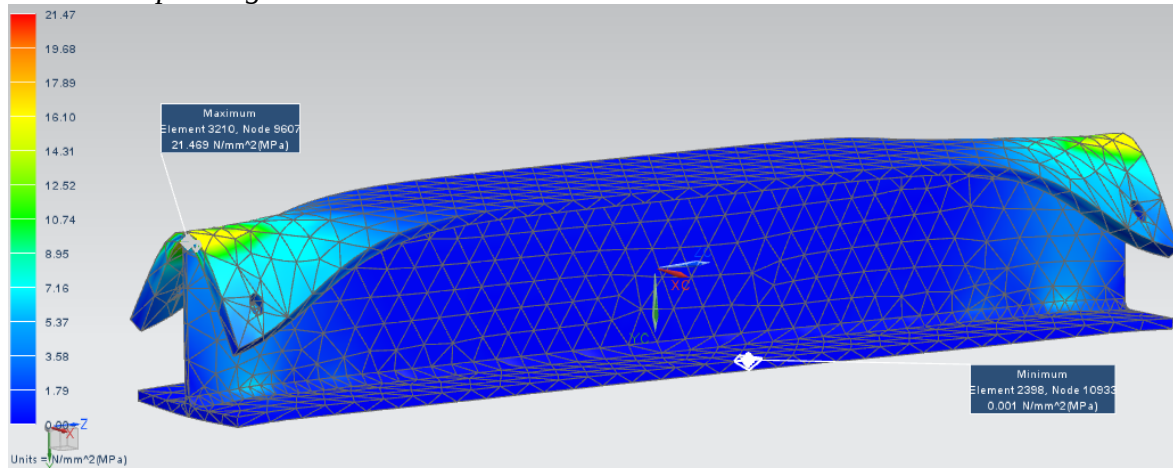


Figuur 147: I-Profiel ondersteuning frame: mesh, krachten en constraints

Resultaten

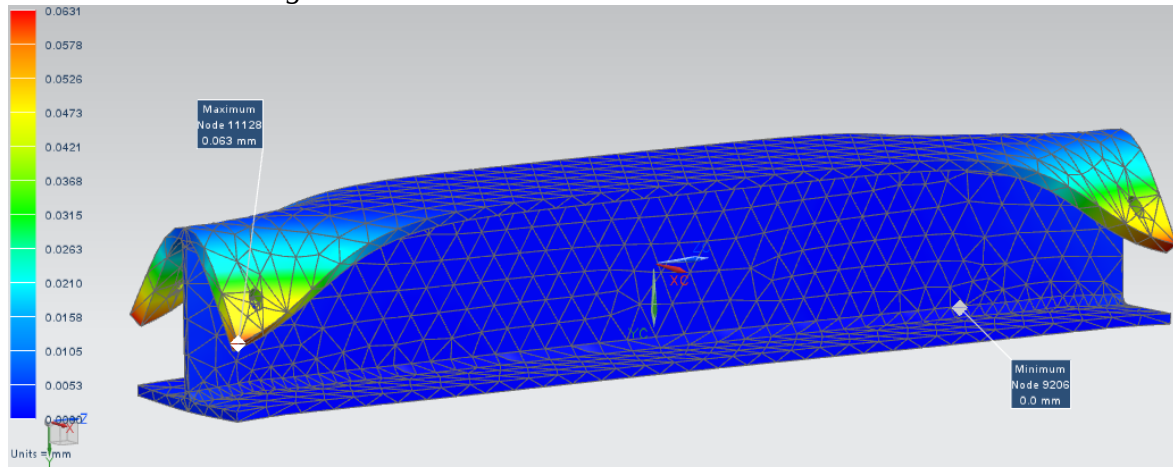
I Profiel (mm)	Maximale Spanning	Maximale doorzakking
260*260*73	21,47 N/mm ² (MPa)	0,0631 mm

Maximale spanning:



Figuur 148: I-Profiel: maximale spanning

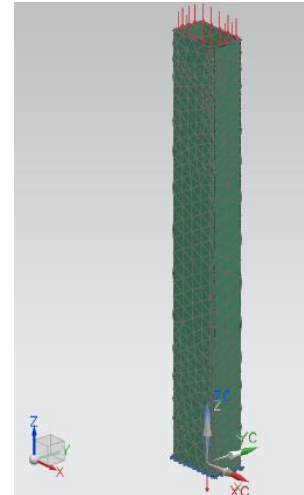
Maximale doorzakking:



Figuur 149: I-Profiel: maximale doorzakking

10.2.8.2 Rechthoekig profiel ondersteuning frame

Bovenstaand I-profiel wordt gelast op deze rechthoekige profielen. Er is nog steeds een belasting (inclusief overdimensionering) van 10000 N aanwezig op het geheel. Het I-profiel heeft een gewicht van 105 kg, maar omdat alles al serieus overgedimensioneerd is, zal er geen rekening mee gehouden worden. Aangezien er 2 rechthoekige profielen het I-profiel ondersteunen, wordt er een belasting van 5000 N op elk profiel gebracht.

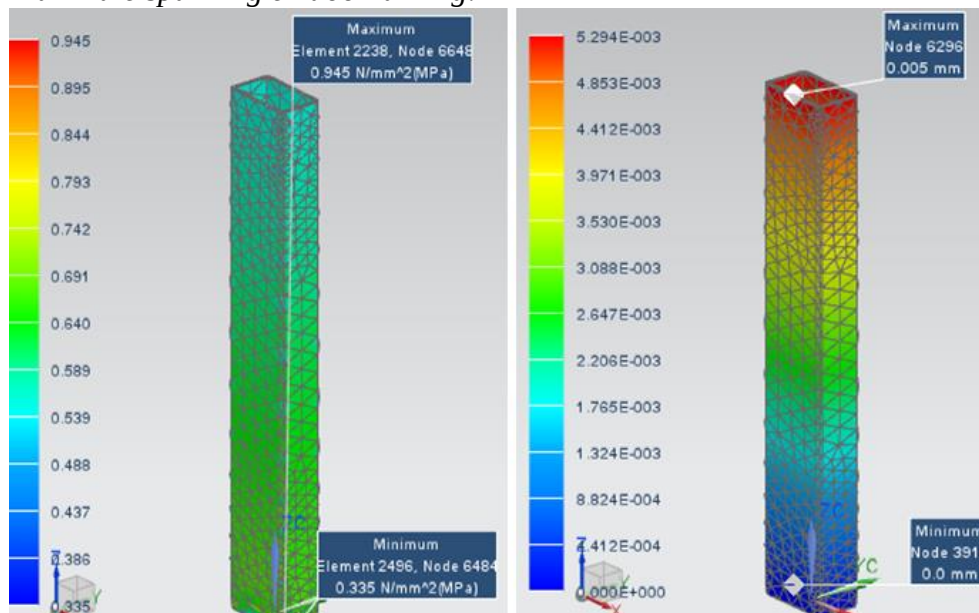


Figuur 150: Rechthoekig profiel: mesh, krachten en constraints

Resultaten

I Profiel (mm)	Maximale Spanning	Maximale doorzakking
250*150*12,5	0,945 N/mm ² (MPa)	0,005 mm

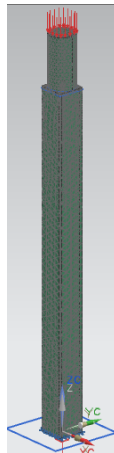
Maximale spanning en doorzakking:



Figuur 151: Rechthoekig profiel: maximale spanning (links) en maximale doorzakking (rechts)

10.2.8.3 Ondersteuning kingpin

Deze constructie wordt belast met een kracht van 5000 N, zoals hierboven berekend. De onderkant is gelast op een metalen plaat waarvan de sketch zichtbaar is.

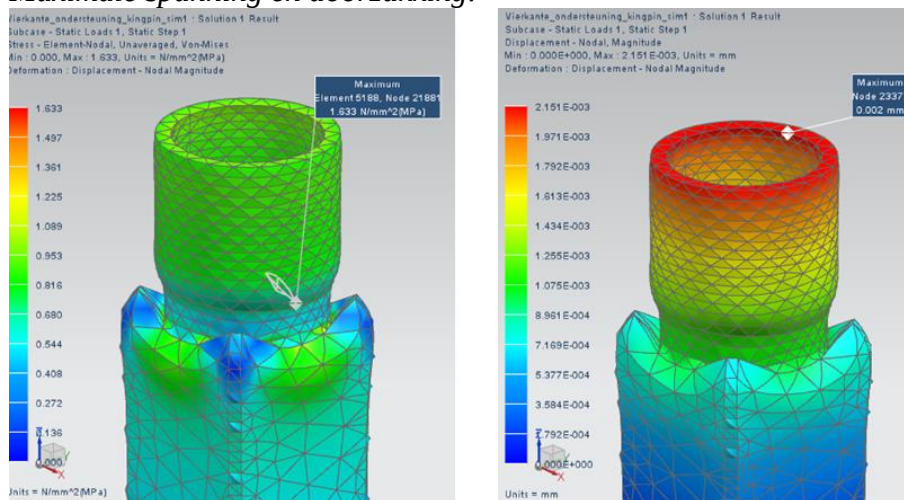


Figuur 152: Ondersteuning kingpin: mesh, krachten en constraints

Resultaten

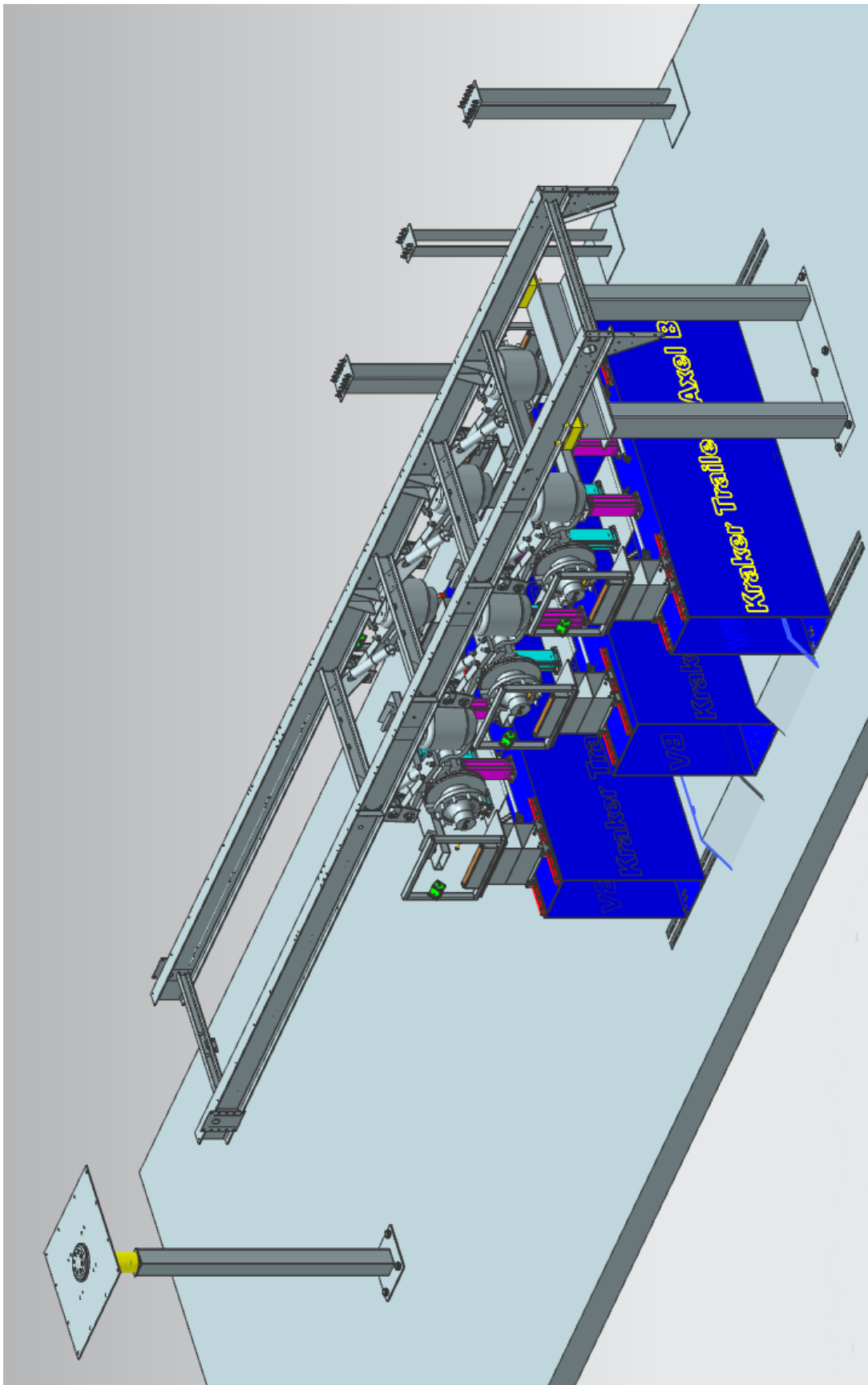
I Profiel (mm)	Maximale Spanning	Maximale doorzakking
150*150*8	1,633 N/mm ² (MPa)	0,002 mm

Maximale spanning en doorzakking:

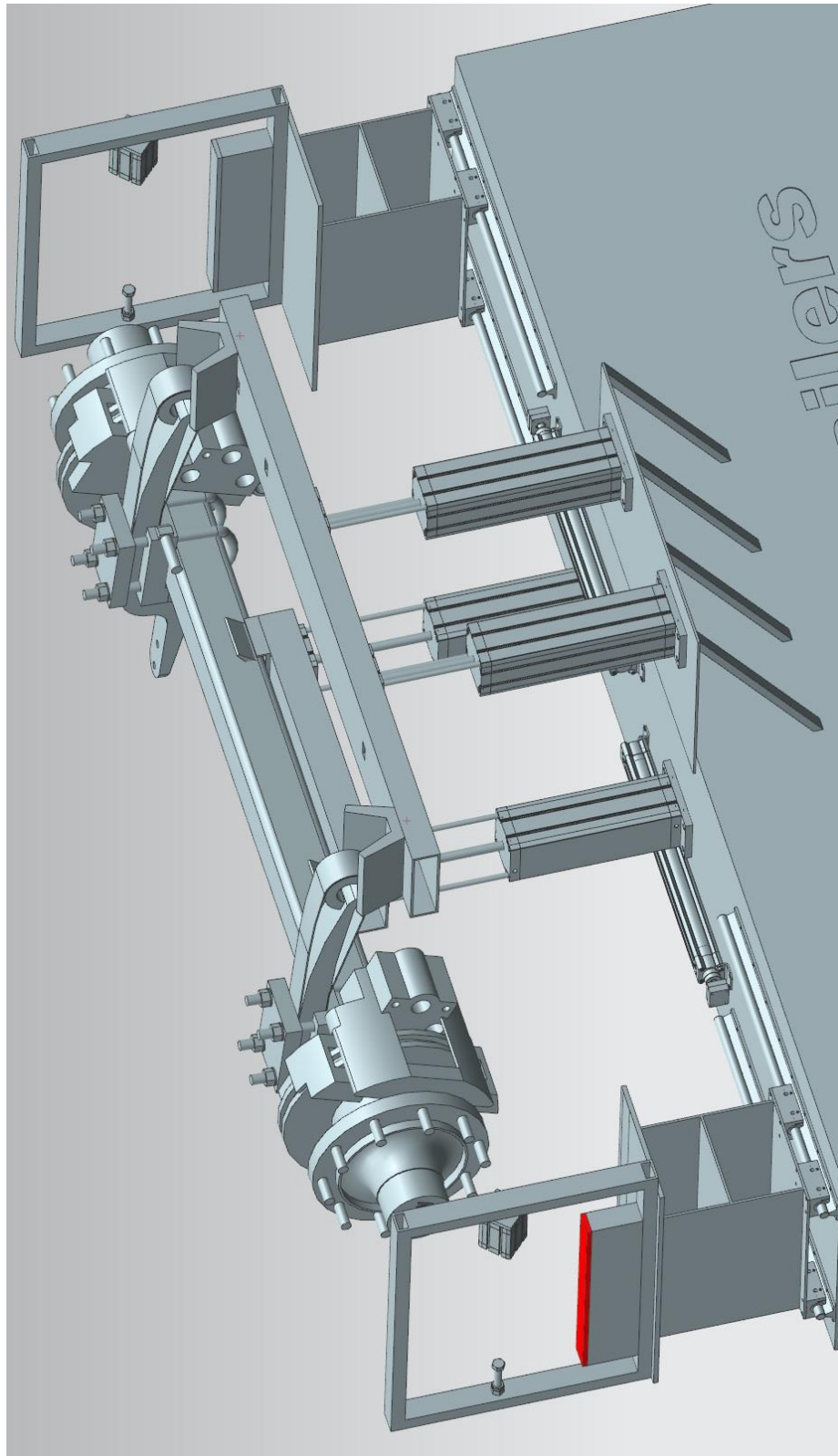


Figuur 153: Ondersteuning kingpin: maximale spanning (links) en maximale doorzakking (rechts)

11 Algemene voorstelling 3D-model



Figuur 154: Volledig overzicht 3D



12 Veiligheid, normen en veiligheidsinstructiekaart

12.1 Statistieken van ongevallen

Dit is de bouw van een eerste conceptversie, zodoende zijn er nog geen statistieken beschikbaar inzake ongevallen of dergelijke incidenten.

12.2 Informatie over de omgeving van de machine

De constructie staat in een volkomen actieve werkomgeving, wat betekent dat er vaak arbeiders in de buurt zijn van de machine. De machine is niet afgesloten door een omheining.

12.3 Gebruik door professionelen of consumenten

De ingebruikname mag enkel bewerkstelligd worden door professionelen met de nodige kennis en opleiding.

12.4 Gebruikerservaringen van gelijkaardige machines

Er zijn geen gelijkwaardige machine's momenteel op de markt, wel is het mogelijk om aparte onderdelen te vergelijken met eenvoudige pneumatische werktuigen.

12.5 Lijst van relevante normen en andere technische documentatie

12.5.1 Normen inzake afscherming van personen

EN-ISO349 :1993 +A1 : 2008 : Veiligheid van machines – minimumafstanden ter voorkoming van het bekneeld raken van menselijke lichaamsdelen.

EN1088 :1996 +A2 :2008 : Veiligheid van machines- Blokkeerinrichtingen gekoppeld aan afschermingen- grondbeginselen voor het ontwerp en de keuze.

EN-ISO13857 : 2008 : veiligheid van machines – veiligheidsafstanden ter voorkoming van het bereiken van gevaarlijke zones door bovenste en onderste ledematen.

EN9583 : 1997 +prA1 :2009 : Veiligheid van machines- Afschermingen- Algemene eisen voor het ontwerp en de constructie van vaste en beweegbare afschermingen.

12.5.2 Normen inzake maattoleranties en ruwheden

NEN-EN-ISO 1101:2013 :Geometrische Product Specificaties (GPS) - Geometrische toleranties - Toleranties van vorm, richting, plaats en slag.

NPR 3634:2002 nl : Technische productdocumentatie - Aanduiding van oppervlaktegesteldheid op technische tekeningen

Veiligheidsinstructiekaart

Kraker axle mounting and aligning system

IDENTIFICATIE

Naam: KAMAS (Kraker Axle Mounting and Aligning system) Leverancier: Kraker Trailers Axel B.V.
--

KAMAS is een systeem welke hulp biedt bij de opbouw van een trailer. Meer bepaald bij de ophanging en uitlijning van de assen.

Veiligheidsmaatregelen

Bij opstarten:

- Controleer of de machine de vorige keer correct is afgesloten. Met andere woorden, controleren of er geen gevaarlijke, losse componenten aanwezig zijn;
- Zorg dat men controleert of alle pneumatische componenten in de juiste positie staan, zodat men niet voor verrassingen komt te staan;
- Men controleert alle pneumatische systemen zonder belastingen aanwezig. Dit om te controleren of alle werkdruk aanwezig is, er zich geen leidingbreuk heeft voorgedaan, ...;

Gedurende werking:

- De arbeiders dienen zich voortdurend bewust te zijn dat men werkt met zware elementen en dat deze bij beweging of vallen gevaarlijke situaties veroorzaken;
- Tijdens de bediening van de pneumatica dient de arbeider die de ventielen bedient goed op te letten dat geen andere arbeiders in de gevarenzone komen;
- Bediening van de lift en kraan dient te allen tijde met alle zorg en voorzichtigheid te gebeuren;
- Na elke actie dient de arbeider te controleren of alle elementen terug in de beginpositie staan;

Bij afsluiten:

- Zorg ervoor dat alle componenten zich in de juiste positie bevinden;
- Controleer of alle inzetstukken weg zijn en op hun plaats liggen;
- Zorg ervoor dat er zich geen losse stukken meer in de mal bevinden;
- Leg de werkdruk voor de pneumatica af;

13 Algemeen besluit

Na het analyseren van alle nuttige informatie uit de geraadpleegde literatuur, werd hieruit duidelijk dat een mal ontwikkeld moest worden die voor alle frequent gebruikte assen en frames een toepassing kan bieden. De assen worden opgedeeld volgens hun veerspoor, wat bestaat in 1300 mm, 1200 mm en 980 mm. Ook moest het mogelijk zijn om de mal aan te passen voor de verschillende asafstanden. Een mogelijks bijhorende kraan uit het assortiment van Demag werd voorgesteld, maar hieruit bleek dat niet dieper moest ingegaan worden op dit onderdeel omdat er hiervoor specifiek met de fabrikant een model op maat moet uitgetekend worden, wat pas mogelijk is als de gehele productielijn ontworpen is. Uit de literatuurstudie met betrekking tot de uitlijning en met behulp van het systeem van Krone werd een nieuw concept bedacht. Met al deze informatie en doelstellingen werden enkele concepten op papier gezet. Deze werden onderverdeeld in drie delen, de concepten voor de inklemming van het frame, voor de mal en voor de uitlijning. Na een SWOT-analyse werden twee totale concepten gevormd. Na overleg werd het meest geschikte tot één definitief concept ontwikkeld. Dit was een volledige mal die bestond uit drie afzonderlijke blokken dewelke onderling verplaatsbaar zijn door middel van pneumatische cilinders. De assen worden één voor één naar boven gebracht zodat ze kunnen gemonteerd en uitgelijnd worden. Deze uitlijning zou geschieden door een pneumatisch systeem dat ervoor zorgt dat de as zijn juiste stand aanneemt. Er is gekozen om met pneumatica te werken omdat dit momenteel aanwezig is in de productiehal.

Met dit definitieve concept als rode draad, werden de drie aparte blokken ontworpen, startend met een eenvoudig rechthoekig profiel dat stilaan evolueerde tot een geschikte component voor het geheel. Elke blok bestaat uit dezelfde grote onderdelen: een systeem om de as te ondersteunen, het uitlijnsysteem en een centreersysteem dat tevens ook als extra ondersteuning dient. De twee buitenste blokken zijn verplaatsbaar op rails en het middelste blok zit vast geschroefd aan de grond. Op die manier is de middelste de referentie voor de asafstanden.

Het uitlijnsysteem gebeurt in twee grote stappen. Tijdens de eerste stap wordt de as correct gepositioneerd in de mal met behulp van het centreersysteem. Dit laatste bestaat uit twee driehoeken waar de bokbevestigingen in komen te liggen. Deze kunnen geregeld worden in hoogte door middel van twee pneumatische cilinders. Op die manier is de as gecentreerd en kan ze ondersteund worden en uitgelijnd. De eigenlijke uitlijning gebeurt via hetzelfde principe als de huidige uitlijning. Het wordt nog steeds gedaan door afstandsverschil te creëren tussen de twee naafcenters aan elke wielkant en de kingpin. Maar nu wordt dit gedaan door de as pneumatisch tegen een aanslag te duwen zodat dit afstandsverschil gecreeërd wordt in plaats van te meten met een lintmeter. Zo worden alle assen gemonteerd en uitgelijnd.

De grote verbetering is het feit dat het frame niet meer moet omgedraaid worden zoals in het huidige productieproces. Dit zorgde voor een aanzienlijk tijdsverlies en was tevens gevaarlijk. Door dit nieuwe concept is het omdraaien niet meer van toepassing en kunnen de assen rechtstreeks onder het frame gemonteerd worden. Dit zorgt er niet alleen voor dat er een tijdswinst ontstaat, maar ook dat de veiligheid gegarandeerd wordt en dat de ingenomen ruimte in de productiehal beperkt wordt.

Een frame ondersteuning moest ontwikkeld worden die voor alle verschillende rijhoogtes kon gebruikt worden, hiervoor werd gekozen voor een vaste ondersteuning die verstelbaar is in hoogte door het gebruik van de correcte tussenblokken. Deze blokken zorgen ervoor dat het frame horizontaal en op zijn gewenste rijhoogte komt te liggen. Het frame wordt achteraan op twee plaatsen ondersteund en vooraan op de kingpin.

Tijdens het creëren van het ontwerp kwam een probleem naar voor: zou de as naar voor kantelen (naar de kant waar zijn bokbevestiging is) wanneer deze enkel ondersteund wordt op zijn hoofdas en niet onder de veer- of bokbevestiging? Door een eenvoudig onderzoek bleek het antwoord positief, de as valt wel degelijk naar voor en moet ondersteund worden.

Als materiaal werd voor alle zelf te bouwen constructies het materiaal S235JR gekozen, dit wegens de goede lasbaarheid en bewerkbaarheid. Ook heeft dit een hoge sterkte welke nodig is om de last van de assen en het frame te kunnen opvangen.

Een gebruiksaanwijzing werd opgesteld zodat de operatoren op een eenvoudige manier de werking en het gebruik van de machine onder de knie kunnen krijgen.

Ten slotte zijn alle berekeningen die uitgevoerd zijn tijdens de volledige ontwerpfase, gebundeld in het laatste onderdeel. Dit zijn berekeningen van alle pneumatische componenten en ook sterkteberekeningen. Als opmerking kan hierbij vermeld worden dat in de pneumatische berekeningen een korteslagcilinder is vermeld, die dient voor de uitlijning, met een stangdiameter van 19 mm, desondanks deze berekening zit er in het model een cilinder met een stang van 63 mm doorsnede. Het gebruik van deze laatste is dus een overcompensatie, welke de kosten nadelig zullen beïnvloeden.

Een tweede opmerking betreft het ontwerp van de referentiepunten op het frame en de ondersteuning. De mogelijkheid bestaat erin dat wegens de grootte van de frames en de hierbij horende toleranties, de referentiepunten niet exact zullen passen op de voorziene ondersteuning. Hiervoor is een oplossing voorgesteld om de gaten in de frames groter te maken, maar dan bestaat weer de kans dat het frame niet volledig correct gelegen is, wat een fout in de uitlijning kan veroorzaken. Hiervoor wordt aangeraden om bij de praktische constructie van het ontwerp dit punt te gaan testen en eventueel aan te passen.

De finale doelstelling om een deels geautomatiseerde constructie te ontwerpen waardoor de productiesnelheid zal verhogen, is behaald en hiervan kan het volledige model teruggevonden worden in de bijhorende tekenbundel.

Met trots kan deze scriptie dus worden voorgelegd en gepresenteerd bij Kraker Trailers Axel B.V. en bij de Universiteit Gent.

Lijst met figuren en tabellen

Figuur 1: Frame gedraaid en onderdelen klaargelegd	8
Figuur 2: Fase drie, montage schokdempers	8
Figuur 3: Uitlijningssysteem	9
Figuur 4: Constructie op wielnaaf voor weergeven middelpunt en uitlijning (links)	10
Figuur 5: Notatie van het verschil in afstanden van kingpin tot wielnaaf (rechts)	10
Figuur 6: Systeem om as volledig te liften	10
Figuur 7: Vierde fase: draaien frame en plaatsen op steunen	11
Figuur 8: IU Luchtvering	12
Figuur 9: IO Luchtvering	12
Figuur 10: SAF IU-as met balgen	13
Figuur 11: SAF IO-as met balgen	13
Figuur 12: BPW schijfrem ophanging boven de as (trommelrem is gelijkaardig)	14
Figuur 13: BPW schijfrem ophanging onder de as	14
Figuur 14: BPW airlight II TSB, rode cirkel toont ophanging boven de as	15
Figuur 15: Mercedes as met balgen	15
Figuur 16: BPW ECO Air Compact schijfrem	16
Figuur 17: BPW ECO Air Compact met trommelrem	16
Figuur 18: BL9-22S-IO40/2505 42Q	17
Figuur 19: BLL9-22S-IO40/2505 42Q	17
Figuur 20: Positieve/negatieve camber	18
Figuur 21: Casterhoek	19
Figuur 22: Spoorstang	19
Figuur 23: Sporing	19
Figuur 24: Hydraulische stempel	20
Figuur 25: Quik-align systeem	21
Figuur 26: Scrub en thrust angle	22
Figuur 27: Dog tracking van een trailer	22
Figuur 28: Methode uitlijning	23
Figuur 29: Standaardkranen	24
Figuur 30: Doorsnede aandrijving	25
Figuur 31: Optimale aanpassing halgeometrie	26
Figuur 32: Optimale aanpassing halgeometrie	27
Figuur 33: Zwenkkranen	28
Figuur 34: Type D-MOS	29
Figuur 35: Optie verrijdbaar rijwerk	29
Figuur 36: KBK kolomzwenkkraan (links), Gegevens kolomzwenkkraan (rechts)	30
Figuur 37: Twee zwenkarmen combinaties	31
Figuur 38: Omgedraaid hulpframe huidig productieproces	34
Figuur 39: Opties balgen	35
Figuur 40: Vooraanzicht geheel achterste deellift voor inklemming	35
Figuur 41: Zijaanzicht lift met ingeklemd frame	36
Figuur 42: Zijaanzicht concept 2	37
Figuur 43: Verstelling van de ondersteuning naar gelang de asafstand	38
Figuur 44: Bovenaanzicht en beweegbaarheid kar	39
Figuur 45: Concept 2, frame verstelbaar in hoogte	40
Figuur 46: Bevestiging achterste as	41
Figuur 47: Bevestiging middenste as	41
Figuur 48: Bevestiging voorste as	41

Figuur 49: Concept 5	42
Figuur 50: Uitlijning via pneumatische cilinder	43
Figuur 51: Vooraanzicht uitlijningsstelsel op kar	44
Figuur 52: Uitlijning met spindel	44
Figuur 53: Totaal concept 1, stap 1	50
Figuur 54: Totaal concept 1, stap 2	51
Figuur 55: Totaal concept 1, stap 3	52
Figuur 56: Stap 2 totaal concept 2	54
Figuur 57: Voor- en schuinaanzicht ontwerp	56
Figuur 58: Uitlijningprofiel op mal	57
Figuur 59: Uitlijning bovenaanzicht	58
Figuur 60: Grafische voorstelling uitlijning (zijaanzicht), 2 bouten evenwijdig met het polyurethaan loopvlak waarrond dan naaldlagers zullen bevestigd worden.	58
Figuur 61: Geleidingsrail uitlijning	59
Figuur 62: Twee rails per uitlijningsprofiel	59
Figuur 63: Geleidingsblok	59
Figuur 64: CAD-weergave van de geleiding	60
Figuur 65: CAD-weergave van de twee centreercilinders per blok	61
Figuur 66: Eenvoudig pneumatisch schema van de centreercilinders	62
Figuur 67: Voorover vallen van de assen zonder ondersteuning	63
Figuur 68: Bokbevestiging BPW-as (links) en Mercedes-as (rechts)	63
Figuur 69: Centreeras	64
Figuur 70: (Rode) centreeras bevestigd in de as	64
Figuur 71: Centreerring wordt bevestigd in de cilinder en vastgezet met een locking pin	65
Figuur 72: Platform bevestigd op mal, ondersteund via vier rechthoekige profielen	66
Figuur 73: Bovenaanzicht centreerprofiel met drie paar sleuven	66
Figuur 74: Inzetstuk welke in de sleuven past	67
Figuur 75: Vooraanzicht geheel mal met centrering	67
Figuur 76: Bus voor de kingpin	68
Figuur 77: Frame met 2 parallelle I-profielen en dwarsliggers, ook de bokken zijn aanwezig	69
Figuur 78: Uiteinde frame met verduidelijking van de twee referentieboringen op een I-profiel	69
Figuur 79: Ontwerp ondersteuning van het frame in de mal met de referentiepin	69
Figuur 80: Positie van de ondersteuning in de mal, vast punt	70
Figuur 81: Vergelijking inzetblokje 265,5 mm tegenover 425 mm	70
Figuur 82: Positie en voorstelling van de meerstandencilinder	72
Figuur 83: Positie en voorstelling ondersteunende cilinders	73
Figuur 84: Positie en voorstelling centreercilinders	73
Figuur 85: Positie en schema profielcilinders	73
Figuur 86: Positie korteslag en stelschroefmoer	74
Figuur 87: Overzicht bedieningspaneel voor de beweegbare blokken links en het vaste blok rechts	74
Figuur 88: Ondersteuning ronde as links en rechthoekige as rechts	75
Figuur 89: Rechthoekig buisprofiel met bijhorende sleufparen per veerspoor + inzetblokken met verschillende hoogte voor de verschillende rijhoogtes.	76
Figuur 90: Stap 4: Beginposities	78
Figuur 91: Stap 4: Uitschuiven centreercilinders	78
Figuur 92: Stap 4: As brengen boven mal	79
Figuur 93: Stap 4: As laten zakken	79
Figuur 94: Stap 4: Uitschuiven ondersteuningscilinders	80

Figuur 95: Stap 4: As juist positioneren	80
Figuur 96: Stap 4: Uitschuiven centreercilinders	81
Figuur 97: Stap 5: Overzicht mal voor plaatsing frame	82
Figuur 98: Stap 5: Plaatsing frame	82
Figuur 99:ADNGF, dubbelwerkende cilinder met geleiding	85
Figuur 100: Vereenvoudigd schema	86
Figuur 101: Pneumatisch schema ondersteunende cilinders	89
Figuur 103: Smoorventiel met insteekkoppeling	90
Figuur 102: Insteekkoppeling.....	90
Figuur 104: Schematische weergave 5/3 ventiel, pneumatische gestuurd met gesloten middenstand	90
Figuur 105: ADNGF, dubbelwerkende cilinder met geleiding.....	91
Figuur 106: Hoogte bokbevestigingspunt mercedes-as	92
Figuur 107: Meerstandencilinder	94
Figuur 108: Verduidelijking gewichtsaanduiding geheel blok	94
Figuur 109: Vereenvoudigd schema	95
Figuur 110: Pneumatisch schema meerstandencilinders.....	98
Figuur 111: KTSOS20 geleidingsblok + vooraanzicht TSNW20 geleidingsas	100
Figuur 112: Gewichtsbeschrijving uitlijningsprofiel + vereenvoudigd schema	100
Figuur 113: Pneumatisch schema profieluitlijningscilinders	102
Figuur 114: Insteekkoppeling.....	102
Figuur 115: Smoorventiel.....	102
Figuur 116: Flens- en voetbevestiging	103
Figuur 117: Verduidelijking taak korteslagcilinder	103
Figuur 118: L-vormige aansluiting	104
Figuur 119: Mechanische eigenschappen van metalen	105
Figuur 120: Vloeispanning en treksterkte (http://www.werktuigbouw.nl/calculators/uts.htm#carbonsteel)	105
Figuur 121: Formule toelaatbare spanning.....	105
Figuur 122: Blok zonder geleiders: mesh, kracht op uitlijningsprofiel en constraints	106
Figuur 123: Blok zonder geleiders: maximale spanning.....	107
Figuur 124: Blok zonder geleiders, maximale doorzakking	107
Figuur 125: Blok zonder geleiders: kracht op ondersteuningscilinders	108
Figuur 126: Blok zonder geleiders: maximale spanning.....	108
Figuur 127: Blok zonder geleiders, maximale doorzakking	109
Figuur 128: Uitlijningssysteem met as.....	110
Figuur 129: Profiel ondersteuning uitlijning: mesh, krachten en constraints	111
Figuur 130: Uitlijningsprofiel: maximale spanning	111
Figuur 131: Uitlijningsprofiel: maximale doorzakking	112
Figuur 132: Profiel steun voorstelling met as	113
Figuur 133: Ondersteuningsprofiel: mesh, krachten en constraints	113
Figuur 134: Ondersteuningsprofiel: maximale spanning	114
Figuur 135: Ondersteuningsprofiel: maximale doorzakking	114
Figuur 136: Verduidelijking buisprofiel	115
Figuur 137: Krachtverdeling veerspoor 1300 mm	115
Figuur 138: Centreerprofiel 1300 mm: maximale spanning	116
Figuur 139: Centreerprofiel 1300 mm: maximale doorzakking.....	116
Figuur 140: Krachtverdeling veerspoor 980 mm	117
Figuur 141: Centreerprofiel 980 mm: maximale spanning	117
Figuur 142: Centreerprofiel 980 mm: maximale doorzakking.....	118

Figuur 143: Centreerondersteuning.....	119
Figuur 144: Centreerondersteuning: maximale spanning	120
Figuur 145: Centreerondersteuning: maximale doorzakking.....	120
Figuur 146: Ondersteuning frame	121
Figuur 147: I-Profiel ondersteuning frame: mesh, krachten en constraints	121
Figuur 148: I-Profiel: maximale spanning	122
Figuur 149: I-Profiel: maximale doorzakking.....	122
Figuur 150: Rechthoekig profiel: mesh, krachten en constraints.....	123
Figuur 151: Rechthoekig profiel: maximale spanning (links) en maximale doorzakking (rechts).....	123
Figuur 152: Ondersteuning kingpin: mesh, krachten en constraints.....	124
Figuur 153: Ondersteuning kingpin: maximale spanning (links) en maximale doorzakking (rechts).....	124
Figuur 154: Volledig overzicht 3D	125
Figuur 155: Overzicht enkel blok met as	126

Tabel 1: Toleranties meettoestelen.....	23
Tabel 2: Gegevens type EKKE	25
Tabel 3: Gegevens type EPKE	26
Tabel 4: Gegevens type EPDE/EKDE	27
Tabel 5: Gegevens type D-MOS	29
Tabel 6: Gegevens kolomzwenkkraan D-GS	31
Tabel 7: Gegevens kolomzwenkkraan D-AS	32
Tabel 8: Gegevens kolomzwenkkraan D-TS	32
Tabel 9: Gegevens kolomzwenkkraan D-MS	32
Tabel 10: Gegevens wandzwenkkraan D-GW	33
Tabel 11: Resultaten SWOT-analyse concepten kar.....	45
Tabel 12: Resultaten SWOT-analyse concepten kraan	45
Tabel 13: Resultaten SWOT-analyse concepten uitlijning	46
Tabel 14: Catalogus waarden ADNGF-cilinder Festo	86
Tabel 15: Wrijvingsoëfficiënt van lagers	95
Tabel 16: Gegevens van de constructeur Festo	96

Bronvermelding en literatuurlijst en geraadpleegde literatuur

Demag, *Standaardkranen*. <http://demag.nl/content/standaardkranen>, geraadpleegd op 18 maart 2014.

Hendrickson, (April 2013), *Alignment procedure*, <http://www.hendrickson-intl.com/CMSPages/GetFile.aspx?guid=4d8076f7-2d84-44d3-8a3f-d2c0d57c9aa0>, geraadpleegd op 16 oktober 2013.

Lefebure, A., *Cursus voertuigtechnologie*, geraadpleegd op 20 oktober 2013.

Trailertotaal, *Kobus uitlijntechniek*, <http://www.trailertotaal.nl/services-en-onderhoud/kobus-uitlijntechniek/>, geraadpleegd op 16 oktober 2013.

Van Wijk, M., *Wieluitlijning*, <http://www.marcovw.nl/Motor/Wieluitlijning/wieluitlijning.htm>, geraadpleegd op 16 oktober 2013.

<http://www.kobusuitlijngroep.nl/apparatuur/>, geraadpleegd op 16 oktober 2013.

<http://automotive.lebon.nl/htdocs/subpage.asp?hid=1&id=23&sid=22>, geraadpleegd op 16 oktober 2013.

<http://automotive.lebon.nl/htdocs/subpage.asp?hid=1&id=23>, geraadpleegd op 16 oktober 2013

http://en.wikipedia.org/wiki/Wheel_alignment, geraadpleegd op 16 oktober 2013.

http://en.wikipedia.org/wiki/Caster_angle, geraadpleegd op 16 oktober 2013.

http://home.scarlet.be/elo_afd.em/5EM/Materiaalaanduiding%20bij%20technisch%20tekenen.htm, geraadpleegd op 20 februari 2014.

http://www.mcbboek.nl/MCB_h01/Constructiestaal_warmgewalste_kwaliteiten.htm, geraadpleegd op 20 februari 2014.

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Polyurethaan>, geraadpleegd op 15 april 2014.

Bijlagen

- **Bijlage A:** Berekening cilinders
- **Bijlage B:** Aangekochte componenten
- **Bijlage C:** Tekeningenbundel

Bijlage A: Berekening cilinders

Centreercilinders

Krachtberekening

De kracht die de centreer cilinders moet uitoefenen om de as op te duwen kan via volgende formule omschreven worden:

$$F_{tot} = G + F_a + F_w$$

- F_{tot} = Totaalkracht
- G = Gewicht = $300 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s} = 2943 \text{ N}$
- F_a = Versnellingskracht
- F_w = Wrijvingskracht

De cilinder moeten de belasting verticaal naar omhoog duwen waardoor men de wrijvingskracht F_w hier kan laten vallen. Dit reduceert de formule per cilinder naar:

$$F_{tot} = G + F_a$$

$$G = 150 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1472 \text{ N}$$

Aangezien men de versnelling nog niet kent kan men in eerste instantie stellen dat:

$$F_{tot} = G = 1472 \text{ N}$$

$$F = \frac{1472 \text{ N}}{0,75} = 1963 \text{ N}$$

(factor 0,75 cfr. Cursus pneumatica van de heer Jan De Strooper)

Wanneer men nu in de catalogus van Festo kijkt bij de cilinders van het type ADNGF, kan men merken dat bij een werkdruk van 6 bar en gewenste slaglengtes van 350 mm men een minimale zuigerdiameter heeft van 100 mm.

Catalogus waarden ADNGF-cilinder Festo

Forces [N] and impact energy [J]										
Piston Ø	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
Theoretical force at 6 bar, advancing										
–	68	121	188	295	483	754	1,178	1,870	3,016	4,712
S2	51	90	141	247	415	686	1,057	1,750	2,827	4,524
Theoretical force at 6 bar, retracting										
–	51	90	141	247	415	686	1,057	1,750	2,827	4,524
S2	51	90	141	247	415	686	1,057	1,750	2,827	4,524
Max. impact energy in the end positions										
–	0.07	0.15	0.2	0.3	0.4	0.7	1.0	1.3	1.8	2.5
S6	0.035	0.075	0.1	0.15	0.2	0.35	0.5	0.65	0.9	1.25

Uit bovenstaande tabel zou men kunnen opmerken dat een zuigerdiameter van 80 mm zou moeten volstaan. Maar aangezien men bij deze diameter maar kan gaan tot 300 mm slaglengte, is men verplicht over te schakelen naar een zuigerdiameter van 100 mm. Bij deze diameter is een slaglengte tot 400 mm mogelijk.

Bij deze specificaties en 6 bar werkdruk gelden de volgende cijfers:

- $F_{\text{theoretisch}}$ uitgaand: 4712 N
- $F_{\text{theoretisch}}$ ingaand: 4525 N

$$F_{\text{dyn}} = 4712 * 0,75 = 3534 \text{ N (factor 0,75 cfr. Cursus pneumatica van meneer Jan De Strooper)}$$

Met deze gegevens kan men nu de versnellingskracht te weten komen:

$$F_{\text{dyn}} = G + F_a \Leftrightarrow F_a = F_{\text{dyn}} - G$$

$$F_a = 3534 \text{ N} - 1963 \text{ N} = 1571 \text{ N}$$

Hieruit kan men dan de versnelling a halen:

$$F_a = m * a \Leftrightarrow a = \frac{F_a}{m} = \frac{1571 \text{ N}}{150 \text{ kg}} = 10 \text{ m/s}^2$$

Luchtverbruik

De cilinders moeten hun slag (350 mm) in ongeveer vijf³⁸ seconden afgelegd hebben. Hierbij bedraagt het slagvolume:

$$V_{\text{slag}} = A * l$$

- $A = \text{zuigeroppervlakte} = \frac{(\pi * (10 \text{ cm})^2)}{4} = 78,54 \text{ cm}^2$
- $L = \text{slaglengte} = 350 \text{ mm}$

$$V_{\text{slag}} = 78,54 \text{ cm}^2 * 35 \text{ cm} = 2749 \text{ cm}^3$$

Om dit slagvolume te vullen bij 0,6 MPa heeft men een luchtvolume nodig dat men kan berekenen met de wet van Boyle en Mariotte:

$$V_1 * P_1 = V_2 * P_2$$

- $P_1 = \text{absolute atmosferische druk} = 0,1 \text{ MPa}$
- $V_1 = \text{het te berekenen Volume}$
- $P_2 = 0,7 \text{ MPa (Absolute druk} \rightarrow 0,6 + 0,1 \text{ MPa)}$
- $V_2 = 2749 \text{ cm}^3$

$$V_1 = \frac{V_2 * P_2}{P_1} = \frac{2749 \text{ cm}^3 * 0,7 \text{ MPa}}{0,1 \text{ MPa}} = 19243 \text{ cm}^3$$

³⁸ Deze tijd is gekozen om de beweging van de cilinder goed onder controle te houden.

Met de kennis dat de cilinders hun slaglengte binnen de 5 seconden afleggen kan men stellen dat het maximale debiet in normaalliter Q_n :

$$Q_n = \frac{19243 \text{ cm}^3}{5 \text{ sec}} = 3849 \text{ cm}^3 / \text{s} = 230940 \text{ cm}^3 / \text{min} = 230 \text{ l} / \text{min}$$

Profieluitlijningcilinders

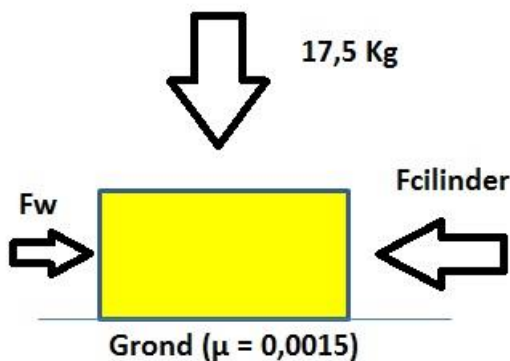
Krachtberekening

De kracht die een profieluitlijningcilinder moet kunnen uitoefenen om en uitlijningsprofiel te verplaatsen kan als volgt omschreven worden:

$$F_{\text{tot}} = G + F_a + F_w$$

- F_{tot} = Totaalkracht
- G = valt weg
- F_a = Versnellingskracht
- F_w = Wrijvingskracht

Aangezien de cilinder het profiel horizontaal zal moeten verschuiven kan men hier stellen dat de factor G kan wegvallen. Het uitlijningsprofiel heeft een totaal gewicht van 70 kg en steunt op de vier KTSOS20 geleidingsblokken. Dit zijn lineaire kogelgelagere geleidingen. Zoals eerder vermeld bij de berekening van de meerstandcilinders is de maximale wrijvingscoëfficiënt van een kogellager 0,0015. Per geleidingsblok geeft dit onderstaand vereenvoudigd figuur en formule:



Vereenvoudigd schema voor 1 geleidingsblok

$$F_{\text{wperblok}} = 17,5 \text{ kg} * 0,0015 = 0,026 \text{ kg} * 9,81 = 0,25 \text{ N}$$

Aangezien men per uitlijningsprofiel vier geleidingsblokken heeft zal het totaal aan wrijvingskracht=

$$F_w = 0,25 \text{ N} * 4 = 1 \text{ N}$$

Aangezien men de versnelling nog niet kent kan men in eerste instantie stellen dan:

$$F_{tot} = F_w = 1N$$

$$F = \frac{1N}{0,75} = 1,33N$$

(factor 0,75 cfr. Cursus pneumatica van de heer Jan De Strooper)

Men merkt nu dat deze benodigde kracht zeer klein is. Wanneer men de catalogus waarden van Festo bekijkt horende bij de vooropgestelde DSBC_EN cilinder vindt men volgende waarden:

Catalogus waarden Festo horende bij DSBC_EN cilinders

Forces [N] and impact energy [J]							
Piston Ø	32	40	50	63	80	100	125
Theoretical force at 6 bar, advancing	483	754	1,178	1,870	3,016	4,712	7,363
Theoretical force at 6 bar, retracting	415	633	990	1,682	2,721	4,418	6,881
Max. impact energy in the end positions							
DSBC-...	0.4 ¹⁾	0.7	1.0	1.3	1.8	2.5	3.3
DSBC-...-L/-U/-T1/-T3/-T4	0.2 ¹⁾	0.35	0.5	0.65	0.9	1.25	1.65

Hieruit kan men afleiden dat zelfs bij de kleinste diameter (32 mm) de kracht nog veel te hoog is dan de benodigde 1,33 N. Men kan nu besluiten om verder te zoeken naar een kleinere, goedkopere cilinder die nog steeds een slaglengte van 500 mm heeft maar misschien minder kracht uitoefent.

Dan komt men uit bij een ronde cilinder van het type DSN.

Catalogus waarde horende bij het DSN type

Forces [N]						
Piston Ø	8	10	12	16	20	25
Theoretical force at 6 bar, advancing	30	47	68	121	189	295
Theoretical force at 6 bar, retracting	23	40	51	104	158	247

Voor een slaglengte van 500 mm is de maximale zuigerstangdiameter van 25 mm nodig. Uit bovenstaande tabel haalt men volgende cijfers bij een werkdruk van 6 bar:

- $F_{\text{theoretisch uitgaand}}$: 295 N
- $F_{\text{theoretisch ingaand}}$: 247 N

Uiteraard is dat nog steeds veel meer dan 1,33 N, maar het is meer aanvaardbaar dan de waarden die minimaal rond de 500 N bij de DSBC_EN cilinders. Men werkt nu verder met de kleinste van de twee krachten, aangezien men voor de ingaande als de uitgaande beweging dezelfde krachtoverbrenging heeft.

$$F_{dyn} = 247 * 0,75 = 185,25N \text{ (factor 0,75 cfr. Cursus pneumatica van meneer Jan De Strooper)}$$

Met deze gegevens kan men nu de versnellingskracht te weten komen:

$$F_{dyn} = F_w + F_a \Leftrightarrow F_a = F_{dyn} - F_w$$

$$F_a = 185,25N - 1N = 184N$$

Hieruit kan men dan de versnelling a halen:

$$F_a = m * a \Leftrightarrow a = \frac{F_a}{m} = \frac{184N}{70kg} = 2,62m/s^2$$

Luchtverbruik

De cilinders moeten hun slag (500 mm) in ongeveer vijf³⁹ seconden afgelegd hebben. Hierbij bedraagt het slagvolume:

$$V_{slag} = A * l$$

- $A = \text{zuigeroppervlakte} = \frac{(\pi * (2,5cm)^2)}{4} = 5cm^2$
- $L = \text{slaglengte} = 500 \text{ mm}$

$$V_{slag} = 5cm^2 * 50cm = 250cm^3$$

Om dit slagvolume te vullen bij 0,6 MPa heeft men een luchtvolume nodig dat men kan berekenen met de wet van Boyle en Mariotte:

$$V_1 * P_1 = V_2 * P_2$$

- $P_1 = \text{absolute atmosferische druk} = 0,1 \text{ MPa}$
- $V_1 = \text{het te berekenen Volume}$
- $P_2 = 0,7 \text{ MPa}$ (Absolute druk $\rightarrow 0,6 + 0,1 \text{ MPa}$)
- $V_2 = 250 \text{ cm}^3$

$$V_1 = \frac{V_2 * P_2}{P_1} = \frac{250cm^3 * 0,7MPa}{0,1MPa} = 1750cm^3$$

Met de kennis dat de cilinders hun slaglengte binnen de 5 seconden afleggen kan men stellen dat het maximale debiet in normaalliter Q_n :

$$Q_n = \frac{1750cm^3}{5sec} = 350cm^3/s = 21000cm^3/min = 21l/min$$

³⁹ Deze tijd is gekozen om de beweging van de cilinder goed onder controle te houden.

Kortslagcilinders

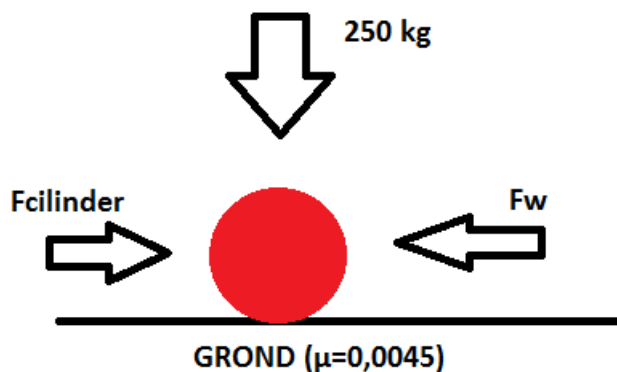
Krachtberekening

De kracht die een kortslagcilinder moet kunnen uitoefenen om een as te verschuiven kan als volgt omschreven worden:

$$F_{tot} = G + F_a + F_w$$

- F_{tot} = Totaalkracht
- G = valt weg
- F_a = Versnellingskracht
- F_w = Wrijvingskracht

Aangezien de cilinder de as horizontaal zal moeten verschuiven kan men hier stellen dat de factor G kan wegvallen. Een as met bijhorend gewicht van een bevestigd frame zal een totaal gewicht van 500 kg geven per uitlijningsprofiel en steunt op twee naaldlagers. De wrijvingscoëfficiënt van een naaldlager volgens tabel 15 is 0,0045. Per naaldlager geeft dit onderstaand vereenvoudigd figuur en formule:



Vereenvoudigd schema voor 1 naaldlager

$$F_{wperlager} = 250kg * 0,0045 = 1,125kg * 9,81 = 12N$$

Aangezien men per wielnaaf twee naaldlagers heeft zal het totaal aan wrijvingskracht zijn:

$$F_w = 12N * 2 = 24N$$

Aangezien men de versnelling nog niet kent kan men in eerste instantie stellen dat:

$$F_{tot} = F_w = 24N$$

$$F = \frac{24N}{0,75} = 32N$$

(factor 0,75 cfr. Cursus pneumatica van de heer Jan De Strooper)

Men merkt nu dat deze benodigde kracht klein is. Wanneer men de catalogus waarden van Festo bekijkt horende bij de vooropgestelde korteslag ADN cilinder vindt men volgende waarden:

Catalogus waarden Festo horende bij ADN cilinders

Forces [N] and impact energy [J]											
Piston Ø	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
Theoretical force at 6 bar, advancing											
–	68	121	188	295	483	754	1,178	1,870	3,016	4,712	7,363
S1	–	–	–	295	–	754	–	1,870	–	4,712	–
S2	51	90	141	247	415	686	1,057	1,750	2,827	4,524	7,069
Theoretical force at 6 bar, retracting											
–	51	90	141	247	415	686	1,057	1,750	2,827	4,524	7,069
S1	–	–	–	247	–	633	–	1,681	–	4,417	–
S2	51	90	141	247	415	686	1,057	1,750	2,827	4,524	7,069

Puur op kracht zou de kleinste diameter volstaan, maar aangezien men bij deze kleine diameter geen 50 mm slaglengte kan bereiken wordt verder gerekend met de korteslagcilinder welke een diameter heeft van 16 mm.

- $F_{\text{theoretisch uitgaand}}$: 121 N
- $F_{\text{theoretisch ingaand}}$: 90 N

$$F_{dyn} = 121 * 0,75 = 91N \text{ (factor 0,75 cfr. Cursus pneumatica van meneer Jan De Strooper)}$$

Met deze gegevens kan men nu de versnellingskracht te weten komen:

$$F_{dyn} = F_w + F_a \Leftrightarrow F_a = F_{dyn} - F_w$$

$$F_a = 91N - 24N = 67N$$

Hieruit kan men dan de versnelling a halen:

$$F_a = m * a \Leftrightarrow a = \frac{F_a}{m} = \frac{67N}{500kg} = 0,134m/s^2$$

Luchtverbruik

De cilinders moeten hun slag (50 mm) in ongeveer drie⁴⁰ seconden afgelegd hebben. Hierbij bedraagt het slagvolume:

⁴⁰ Deze tijd is gekozen om de beweging van de cilinder goed onder controle te houden.

$$V_{slag} = A * l$$

- $A = \text{zuigeroppervlakte} = \frac{(\pi * (1,6\text{cm})^2)}{4} = 2\text{cm}^2$
- $L = \text{slaglengte} = 50 \text{ mm}$

$$V_{slag} = 2\text{cm}^2 * 5\text{cm} = 10\text{cm}^3$$

Om dit slagvolume te vullen bij 0,6 MPa heeft men een luchtvolume nodig dat men kan berekenen met de wet van Boyle en Mariotte:

$$V_1 * P_1 = V_2 * P_2$$

- $P_1 = \text{absolute atmosferische druk} = 0,1 \text{ MPa}$
- $V_1 = \text{het te berekenen Volume}$
- $P_2 = 0,7 \text{ MPa}$ (Absolute druk $\rightarrow 0,6 + 0,1 \text{ MPa}$)
- $V_2 = 10 \text{ cm}^3$

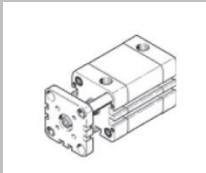
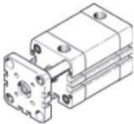
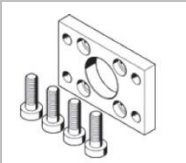
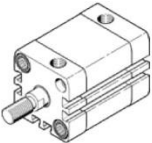
$$V_1 = \frac{V_2 * P_2}{P_1} = \frac{10\text{cm}^3 * 0,7\text{MPa}}{0,1\text{MPa}} = 70\text{cm}^3$$

Met de kennis dat de cilinders hun slaglengte binnen de 3 seconden afleggen kan men stellen dat het maximale debiet in normaalliter Q_n :

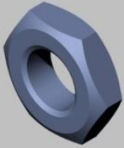
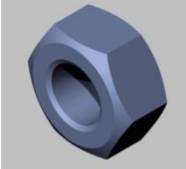
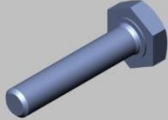
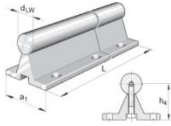
$$Q_n = \frac{70\text{cm}^3}{3\text{sec}} = 23,33\text{cm}^3 / \text{s} = 1400\text{cm}^3 / \text{min} = 1,4\text{l} / \text{min}$$

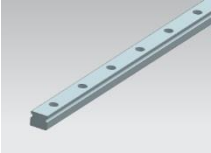
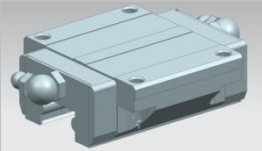
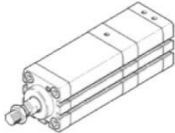
Bijlage B: Aangekochte componenten

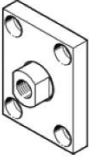
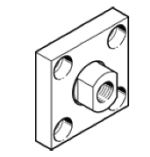
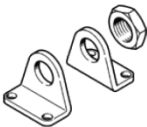
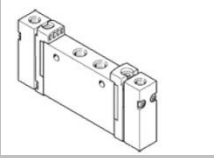
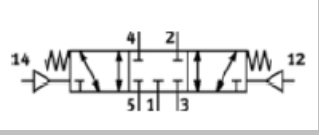
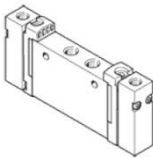
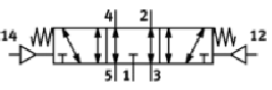
Deel 1: Algemene onderdelen

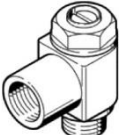
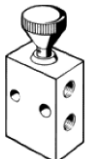
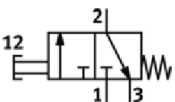
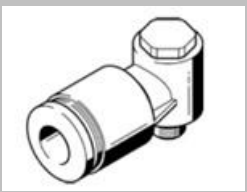
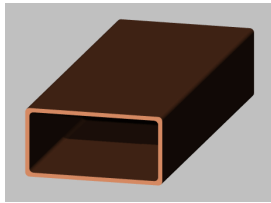
Component + toepassing	Fabrikant + info	Aantal
 ADNGF-100-300-A-P Ondersteunende cilinder	Festo Ondersteunde cilinder voor de assen Diameter: 100 mm Slaglengte: 300 mm Uitgaande kracht 6 bar: 4712 N Ingaande kracht 6 bar: 4524 N	6X
 ADNGF-100-350-A-P Centreercilinder	Festo Centreercilinder voor de assen Diameter: 100 mm Slaglengte: 350 mm Uitgaande kracht 6 bar: 4712 N Ingaande kracht 6 bar: 4524 N	6X
 FNC-100 Flensbevestiging	Festo Bevestiging ondersteunende cilinder op het blok	6X (ondersteun) ⁴¹ 6X (centreer)
 ADN-63-50-A-P-A Korteslagcilinder	Festo Korteslagcilinder voor de eigenlijke uitlijning Diameter: 63 mm Slaglengte: 50 mm Uitgaande kracht 6 bar: 1870 N Ingaande kracht 6 bar: 1750 N	6X

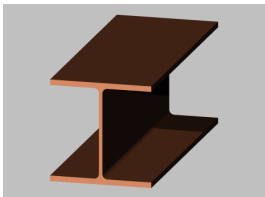
⁴¹ Hierbij wordt verwezen naar de hoeveelheid nodig per cilinder

 DSN-25-500-P Profieluitlijningscilinder	Festo Ronde cilinder voor beweging uitlijningsprofielen Diameter: 25 mm Slaglengte: 500m Uitgaande kracht 6 bar: 294,5 N Ingaande kracht 6 bar: 247,5 N	6X
 Hexagon nut DIN EN 28675 - M16 x 1.5 - 04	Dunne stelschroefmoer voor de uitlijning	6X
 Hexagon nut DIN EN 28673 - M16 x 1.5 - 6	Dikke stelschroefmoer voor de uitlijning	6X
 Hexagon head screw DIN EN 28676 - M16 x 1.5 x 70	Stelschroef voor uitlijning	6X
 TSNW20 Geleidingrail	Schaeffler Geleidingsrail voor de uitlijningsprofielen Eén uitlijningsprofiel geleid door twee van deze assen	12X

 KTSOS20-PP-AS Geleidingsblok	Schaeffler Verbinding tussen het uitlijningsprofiel en de geleidingsrails Twee per rail	24X
 Single row needle roller bearing with flanges with inner ring - for shaft Ø22	SKF Naaldlager om rond de bouten te bevestigen voor vergemakkelijking van de uitlijning Per wielschijf twee benodigd Binnendiameter: 22 mm	12X
 TKD20 Geleidingsrail blokken	Schaeffler Geleidingsrail voor de blokken (enkel de twee buitenste blokken) Twee per blok Lengte: 1500 mm	8X
 KUE20 Geleidingsblokken	Schaeffler Verbinding blokken en de rails Twee per rail aanwezig	16X
 ADNM-40-100-400 Meerstandencilinder	Festo Meerstandencilinder voor tussen de blokken 1^e afstand: 100 mm 2^e afstand: 400 mm Totale afstand 500 mm overbrugbaar Diameter: 40 mm	2X

 KSZ-M20X1,5 Flensbevestiging	Festo Flensbevestiging voor de meerstandencilinders aan de beweegbare blokken te kunnen bevestigen	2X
 KSG-M10X1,25 Flensbevestiging	Festo Flensbevestiging op de zuigerstang van de profieluitlijningscilinders voor bevestiging uitlijningsprofielen	6X
 HBN-20/25X2 Voetbevestiging	Festo Voetbevestiging voor de ronde profieluitlijningscilinders	6X
 VUWG-L10-P53C-M5 5/3 ventiel	Festo 5/3 pneumatisch bediend ventiel met gesloten middenstand. Wordt gebruikt bij de besturing van de ondersteunende en meerstanden cilinders 	14X 3X (ondersteun) 3X (centreer) 3X (profiel) 2X (meerstand) 3X (korteslag)
 VUWG-L10-P53E-M5 5/3 ventiel	Festo 5/3 pneumatisch bediend ventiel met ontluchte middenstand. Gebruikt bij de besturing van de meerstandencilinders 	2X

 GRLA-1/8-PK-6-B GRLA-M5-B GRLA-M5-QS-6-D One-way control valve	Festo Smoorventiel, snelheid in- en uitschuiven cilinders beperken en controleren, dit vanwege de veiligheid 	12X (1/8-PK-6) 6X (ondersteun) 6X (centreer) 6X (profiel) 4X (M5-B) 6X (M5-QS-6-D)
 QS-G1/8-6-l QS-M5-6-l Insteekkoppeling	Festo Insteekkoppelingen, verbindingstukken tussen bijvoorbeeld ventiel en slang. Allebei met een insteekkoppeling 6 mm, maar verschillend in schroefdraad: • G1/8 • M5	18X (G1/8) 6X (ondersteun) 6X (centreer) 6X (profiel) 210X (M5) 39X (ondersteun) 54X (meerstand) 39X (centreer) 39X (profiel) 39X (korteslag)
 K-3-M5 3/2-ventiel	Festo 3/2 handbediend ventiel met knopschakelaar voor de aansturing van de 5/3-ventielen 	32X 6X (ondersteun) 8X (meerstand) 6X (centreer) 6X (profiel) 6X (korteslag)
 GSLV-M5-6 L-vormige insteekkoppeling	Festo Gebruikt bij de korteslagcilinders	6X
 UNI 7813 b 50 x h 30 x e 4 - l 0.685 Buisprofiel	Bovenste en onderste delen van het uitlijningsprofiel	12X

UNI 7813 b 50 x h 30 x e 4 - l 0.500 Buisprofiel	Zijkanten van het uitlijningsprofiel	12X
UNI 7813 b 200 x h 100 x e 5 - l 1.5 Buisprofiel	Centreerondersteuning profiel	3X
UNI 7813 b 140 x h 90 x e 5 - l 0.75 Buisprofiel	Ondersteuningsprofiel midden	3X
 DIN HD 260x260x73 I Profiel	Ondersteuning Frame achter	1X
UNI 7813 b 250 x h 150 x e 12.5 - l 1.775 Buisprofiel	Ondersteuning Frame achter	2X
UNI 7812 b 150 x e 8 - l 1.9 Buisprofiel	Ondersteuning Frame Kingpin	1X
UNI 7812 b 40 x e 4 - l 0,5 Buisprofiel	Ondersteuning centreerplatform	12X

Deel 2: Lijst bouten, moeren en sluitringen

Onderstaande lijst is een richtlijn voor het gebruiken van de bouten. Wegens het enkel beschikbaar zijn van zeskantbouten, ongeborgde moeren en normale sluitringen, zijn ook deze gebruikt in het ontwerp. Er wordt ten sterkste aangeraden om op elke plaats borgmoeren te gebruiken en per bout minimaal 1 verende sluitring. De lengtes in onderstaande lijst zijn correct, in het 3D-ontwerp zijn er op enkele plaatsen andere lengtes gebruikt, dit komt omdat er enkel bouten vanaf die bepaalde afmeting beschikbaar zijn in de voor ons beschikbare herbruikbare bibliotheek.

Werkstuk	Bouten	Sluitring	Moeren
8x Geleidingsrail blok	200x Inbus M5x30	/	/
12x Geleidingsrail uitlijning	192x Hex M8x35	384x M8	192x M8
16x Geleidingsblok blok	64x Hex M6x25	64x M6	/
24x Geleidingsblok uitlijning	96x Hex M8x40	96x M8	/
6x Profielcilinder bevestiging	24x Hex M6x30	48x M6	24x M6
6x Profielcilinder uitlijningsprofiel tussenflens bevestiging	24x Hex M6x35	24x M6	24x M6
6x Ondersteuningscilinder bodem	24x Hex M14x60	48x M14	24x M14
6x Ondersteuningscilinder top	12x Hex M8x20	12x M8	/
6x Profielen ondersteuning	12x Hex M8x30	12x M8	12x M8
6x Centreringscilinder bodem	24x Hex M14x 50	48x M14	24x M14
6x Centreringscilinder top	12x Hex M10x20	12x M10	/
1x Frame ondersteuning	6x Hex M30x130	6x M30	/
1x Frame ondersteuning kingpin	4x Hex M30x130	4x M30	/
2x Meerstandencilinder bodem	8x Hex M10x45	8x M10	/
2x Meerstandencilinder top	8x Hex M5x35	16x M5	8x M5
6x Korte slagcilinder	12x Hex M8x30	12x M8	/
6x Polyurethaanvlak	12x Countersunk M8x20	/	/

Bijlage C: Tekeningenbundel

Exploded views

1. Overzichtstekening geheel + bijhorende partslist
2. Exploded view bevestiging uitlijningsprofiel en uitlijningscilinders
3. Exploded view uitlijningsprofiel
4. Exploded view middenste ondersteuning
5. Exploded view ondersteuningsprofiel en inzetstukken
6. Exploded view centreerprofiel

2D-tekeningen

1. Ondersteuning frame achterkant
2. Inzetblokken voor rijhoogte
3. Kingpinondersteuning
4. Kingpinhoogte inzetstuk
5. Vooraanzicht blok op geleiders
6. Bovenaanzicht blok op geleiders
7. Onderaanzicht blok op geleiders
8. Blok zonder geleiding (middenste blok)
9. Opbouw ondersteuning uitlijningsprofiel
10. Opbouw frame uitlijningsprofiel
11. Samenzetting ondersteuning en frame uitlijningsprofiel
12. Inzetstukken ondersteuning vierkante assen
13. Inzetstukken ondersteuning ronde assen
14. Centreerplatform
15. Centreerprofiel
16. Centreerinzetstukken

