

Herontwerp i-Collector

Scriptie



Ronald de Hoog

11009683

De Haagse Hogeschool

Delft, juni 2015



DE HAAGSE
HOGESCHOOL

Herontwerp i-Collector

Scriptie

Afstudeerder

Ronald de Hoog

Studentnummer: 11009683

11009683@student.hhs.nl

Opdrachtgever/Bedrijfsbegeleider

Dhr. Oscar van Buijtene

o.vanbuijtene@obsgroep.nl

Afstudeercoördinator/Stagecoach

Dhr. Ir. Bram van der Vlugt

A.vandervlugt@hhs.nl

Assessor

Dhr. Ing. Rob van Rest

r.n.vanrest@hhs.nl

Extern deskundige

Dhr. J.P.E.H. Plugge

VOORWOORD

Dit rapport heb ik geschreven in het kader van mijn afstudeerstage aan de Haagse Hogeschool. Hier heb ik de specialisatierichting Smart Manufacturing and Robotics gevolgd, als onderdeel van de studie Werktuigbouwkunde.

Na mijn eerdere stage bij OBS Constructie heb ik altijd contact gehouden met dit bedrijf. Toen ik aanklopte bij OBS Machinebouw, zusterbedrijf van OBS Constructie, werd mij direct een afstudeerstage aangeboden die perfect aansloot bij mijn specialisatierichting. Om deze reden ben ik vol enthousiasme aan deze afstudeerstage begonnen.

Dit rapport is bestemd voor begeleiders, medestudenten en alle andere mensen die geïnteresseerd zijn in het proces en de resultaten die ik deze stage heb doorlopen.

Graag zou ik nog even de mogelijkheid willen benutten om een aantal mensen te bedanken voor het mede mogelijk maken van deze afstudeerstage.

- Oscar van Buijtene, voor het beschikbaar stellen van de afstudeerstage en het begeleiden hiervan;
- Bram van der Vlugt, voor de begeleiding vanuit De Haagse Hogeschool.
- Verder wil ik alle niet genoemde personen ook bedanken voor hun begeleiding, feedback en tips.

Bergschenhoek, juni '15

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord	3
Verklarende woordenlijst.....	7
Samenvatting	8
1 Inleiding.....	1
1.1 bedrijfscontext.....	1
1.2 i-Collector	1
1.3 Opdracht omschrijving	2
1.4 Pakket van eisen	2
1.5 Projectgrenzen en randvoorwaarden.....	3
2 Onderzoek	4
2.1 Product omschrijving	4
2.2 Functie analyse	8
3 Conceptfase.....	10
3.1 Concepten stelling	10
3.2 Concepten hefkolommen	11
3.3 Conceptkeuze	14
4 Ontwerp	17
4.1 Stelling	17
4.2 liften.....	18
4.3 Totaal ontwerp	26
5 Detaillering	29
5.1 Doorbuiging horizontale geleider	30
5.2 Berekening tandriemen	31
5.3 Berekening aandrijf-as hefkolom.....	34
5.4 Berekening hefkolom op knik	36
5.5 Motorberekening hefkolom	38
6 Terugkoppeling pakket van eisen	40
7 Conclusie en aanbevelingen	42
7.1 Conclusie.....	42
7.2 Aanbevelingen	42
8 Reflectierapport	43
9 Bibliografie	44
A. Bijlagen Bij Tandriemberekening.....	45
B. Bijlagen bij asberekeningen.....	47
C. Kostenprijsanalyse.....	48

D. Competentieset vooraf aanvang stage	54
E. Competentieset na stage	55
F. Poster	56

LIJST MET AFBEELDINGEN

Figuur 1-1 - OBS Groep.....	1
Figuur 1-2 - Schematische weergave i-Collector	2
Figuur 2-1 - Overzicht belangrijkste onderdelen i-Collector Euro Gijbels	4
Figuur 2-2 - Liften i-Collector	5
Figuur 2-3 - Dwarsdoorsnede hefkolom	6
Figuur 2-4 - Pusher-device	7
Figuur 2-5 - Aandrijving hefkolommen	7
Figuur 2-6 - Functie analyse	8
Figuur 3-1 - Concept II-1.....	12
Figuur 3-3 - Concept II-2.....	13
Figuur 3-2 - Concept II-3.....	13
Figuur 3-4: Concept II-4.....	14
Figuur 3-5 - Concept II-5.....	14
Figuur 4-1 - Eindontwerp stelling.....	17
Figuur 4-2 - Vernieuwde lift	18
Figuur 4-4 - Belastingssituatie nieuw ontwerp	19
Figuur 4-4 - Belastingssituatie huidig ontwerp	19
Figuur 4-6 – Doorsnede bovenaanzicht hefkolom	20
Figuur 4-6 - Dwarsdoorsnede hefkolom	20
Figuur 4-7 - Horizontale geleider	21
Figuur 4-9 – Veermodule achterste hefkolom	21
Figuur 4-9 - Geleiding voorste hefkolom.....	21
Figuur 4-10 - Push beveiliging	22
Figuur 4-11 - Pusher-device	23
Figuur 4-13 - Zijaanzicht lagereenheid	23
Figuur 4-13 - Geleiding pusher-device	23
Figuur 4-14 - Tandriemspanner pusher-device	24
Figuur 4-15 - Aandrijving hefkolom.....	24
Figuur 4-16 - Kooiconstructie lift.....	25
Figuur 4-17 – 3D-aanzicht	26
Figuur 4-18 – Zij aanzicht	26

Figuur 4-19 – Pusher-device.....	27
Figuur 4-20 - Bovenaanzicht.....	27
Figuur 4-21 - Hekwerk i-Collector	28
Figuur 5-1 - Belastingssituatie	30
Figuur 5-2 - Overzicht hefkolommen	31
Figuur 5-3 - Overzicht benodigde gegevens.....	31
Figuur 5-4 - Vooraanzicht hefkolom aandrijfszijde	34
Figuur 5-5 - Vrijlichaamsschema aandrijf-as	34
Figuur 5-6 - Aandrijving voor de hefkolommen	38
Figuur A-1 - Overzicht tandriem types	45

LIJST MET TABELLEN

Tabel 3-1 - Morfologisch overzicht stelling.....	10
Tabel 3-2 - Morfologisch overzicht hefkolommen	11
Tabel 3-3 - Weegfactorbepaling.....	15
Tabel 3-4 - Conceptkeuze stelling	15
Tabel 3-5 – Conceptkeuze hefkolom.....	16
Tabel 4-1 - Montage overzicht	19
Tabel 6-1 - Terugkoppeling pakket van eisen.....	41
Tabel 8-1 - Overzicht competentie niveaus	43
Tabel A-1 - Overzicht pulley diameters	45
Tabel A-2 - Tooth resistance	46
Tabel A-3 - Traction resistance.....	46
Tabel B-1 - Spieën	47

VERKLARENDE WOORDENLIJST

Automated order-picking	geautomatiseerd verwerken van orders, voornamelijk in distributiecentra. Dit kan semi-automatisch, maar ook volledig automatisch, wanneer de I-Collector is geïntegreerd in een grote automatiseringslijn.
Pick-point	Werkplek voor de machine-operator, hier worden producten in- en uitgevoerd.
Conveyor	Engels begrip voor transportbanden.
Master-slave effect	Effect wat optreedt bij een tweetal samenwerkende elektromotoren die net niet gelijk lopen. De een moet hierbij de ander voortrekken.
Drive-components	Alle onderdelen binnen een bepaalde aandrijving.
Spare-parts lijst	Hierin worden alle slijtdelen opgenomen. Deze lijst wordt bij oplevering overhandigd aan de klant. De klant kan aan de hand van deze lijst bepalen welke onderdelen op voorraad worden gelegd om bij onderhoud snel onderdelen te kunnen vervangen.
SKU	Stock Keeping Units: aantal bufferplaatsen in de machine.
UPE profiel	U-profiel waarbij de wanden haaks aan elkaar zijn.

SAMENVATTING

Dit rapport beschrijft het ontwerpproces wat tijdens de afstudeerstage is doorlopen, met als doel het reduceren van de kostprijs van de i-Collector door middel van een herontwerp.

De achtereenvolgende hoofdstukken gaan in op alle relevante aspecten van het ontwerpproces:

- Inleiding; In welke context vindt de stage plaats, wat is de i-Collector en wat is het doel van de afstudeerstage.
- Onderzoek; De huidige i-Collector wordt onderzocht. Hoe werkt de machine, hoe is deze opgebouwd en waar zitten de grootste besparingen.
- Conceptfase; Hierin worden alle concepten besproken en uiteindelijk wordt er een eindconcept gekozen.
- Ontwerpfase; De gekozen concepten worden uitgewerkt tot een eindontwerp.
- Detaillering; In deze fase van het ontwerpproces worden de cruciale onderdelen van de machine berekend. Aan de hand van deze berekeningen worden de cruciale onderdelen bepaald.
- Reflectierapport; De student beoordeelt zichzelf op de te ontwikkelen competenties gedurende de stage.

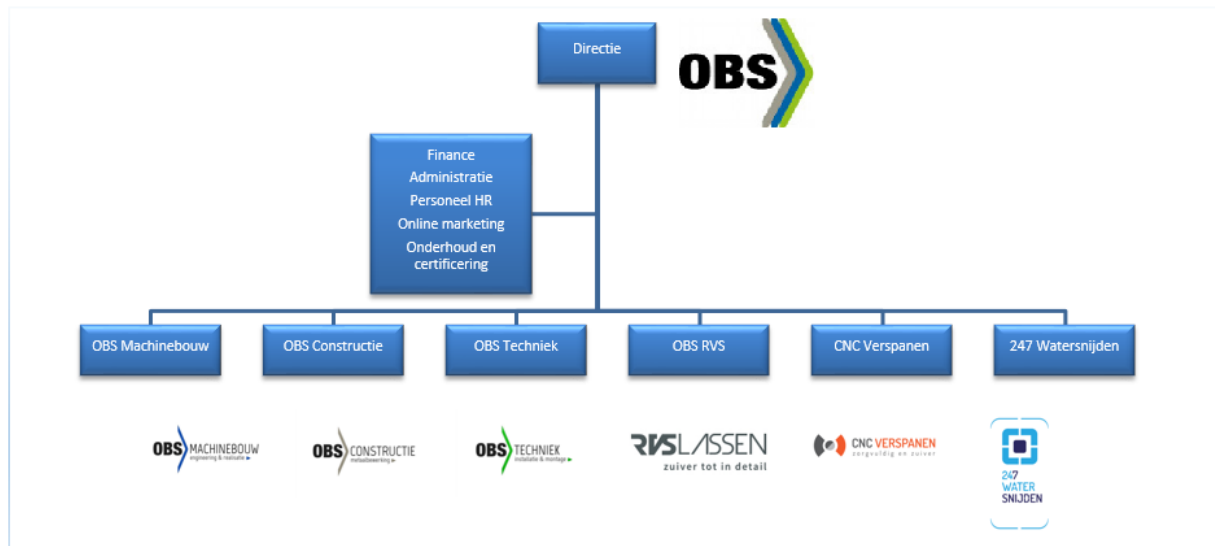
Conclusie van het rapport is dat de resultaten voldoende zijn in vergelijking met de beoogde resultaten van de opdrachtgever. De opdrachtgever is dan ook zeer tevreden over de behaalde resultaten en ziet toekomst in het product.

Aan de hand van het reflectierapport kan worden geconcludeerd dat de student voldoende competent is voor het behalen van de stage. Tijdens de stage zijn de beoogde competenties voldoende ontwikkeld tot een voldoende niveau, namelijk minstens niveau 3.

1 INLEIDING

1.1 BEDRIJFSCONTEXT

De afstudeerstage vindt plaats binnen het bedrijf OBS Machinebouw B.V.¹ Machinebouw is onderdeel van de overkoepelende organisatie; OBS Groep. Zoals is te zien in *Figuur 1-1*.



Figuur 1-1 - OBS Groep

De OBS Groep is door de combinatie van bedrijven in staat om projecten uit te voeren van engineering tot aan installatie/realisatie. Daarbij is het ontzorgen van de klant een belangrijk aspect. Hierbij gaat het voornamelijk om projecten binnen de machine- en constructiebouw. Deze worden vervolgens geplaatst in diverse sectoren zoals; offshore, voedselindustrie en tuinbouw.

Binnen de totale organisatie verzorgt OBS Machinebouw de engineering van alle projecten, daarbij sturen zij de zusterbedrijven aan binnen deze projecten.

Eén van de grootste klanten van OBS Machinebouw is i-Collector Europe B.V.². i-Collector is de rechthebbende op de patenten van de betreffende machine, op de werking van de machine wordt verder ingegaan in 2.1. De OBS Groep verzorgt het totale project van engineering tot aan realisatie, i-Collector draagt zorg voor de verkoop van de machines.

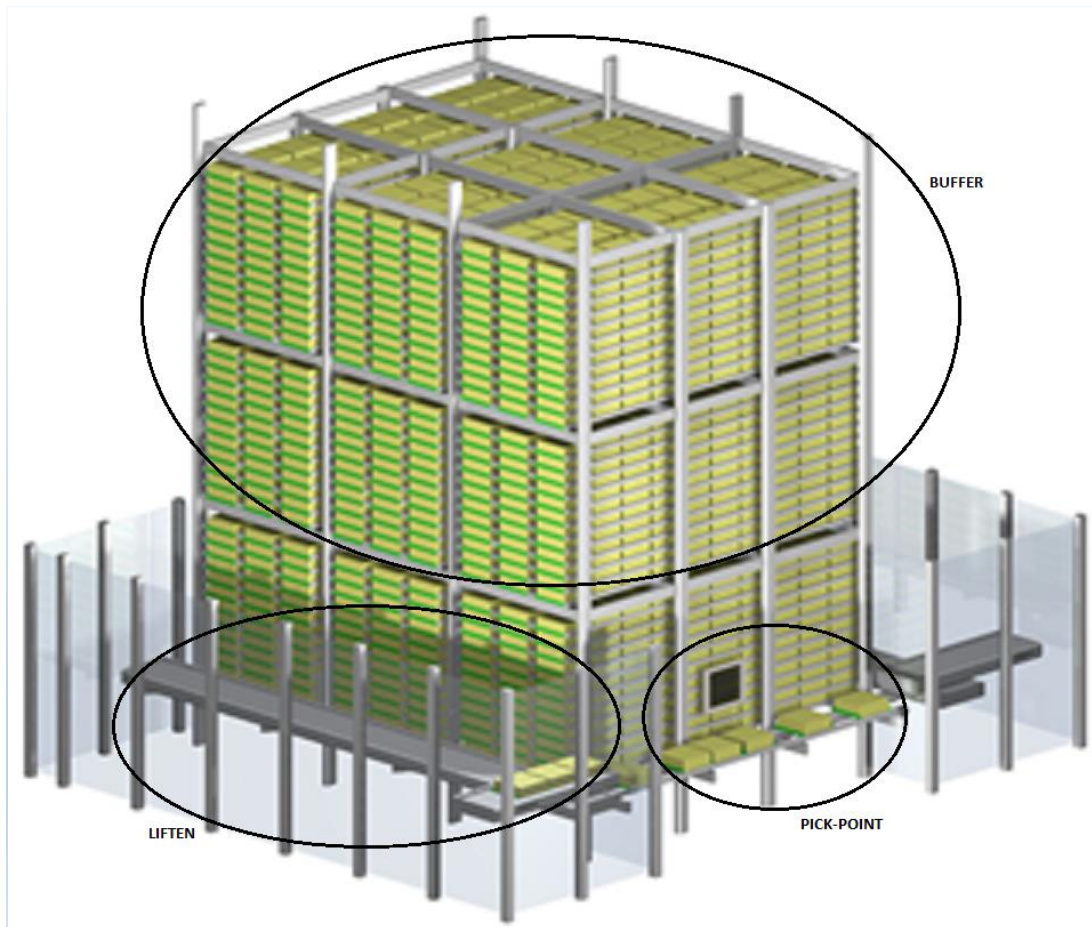
1.2 I-COLLECTOR

De i-Collector is een machine die ontwikkeld is voor automated order-picking. De i-Collector kan worden gezien als een blok welke beschikt over bufferkanalen, in deze bufferkanalen worden trays met producten gebufferd, totdat deze worden opgeroepen op het pick-point. Zoals te zien op *Figuur 1-2*, is het pick-point aan de voorzijde van de machine. Vanaf deze positie worden de trays opgehaald door de liften, die aan beide zijden van de machine parallel aan elkaar bewegen. In 2.1 wordt verder ingegaan op de werking van deze machine.

Naast het verwerken van de orders die gevraagd worden kan deze machine ook vooruit werken met de zogenaamde shuffle-functie. Wanneer van te voren een uitvoerlijst in de computer wordt ingevoerd, kan de machine deze lijst alvast op volgorde van uitvoer sorteren voordat er gewerkt wordt met de machine, op deze manier wordt de efficiëntie van de machine verhoogd.

¹ OBS Machinebouw B.V.: Hier na genoemd OBS Machinebouw.

² i-Collector Europe B.V.: Hier na genoemd i-Collector Europe



Figuur 1-2 - Schematische weergave i-Collector

1.3 OPDRACHT OMSCHRIJVING

De OBS Groep heeft al meerdere malen een zogenaamde i-Collector vervaardigd voor het bedrijf i-Collector Europe. Aan de hand van marktonderzoek, dat is uitgevoerd door i-Collector Europe, is gebleken dat wanneer zij de i-Collector 25% goedkoper kunnen maken, zij een groot marktaandeel aan kunnen spreken. Aangezien de OBS Groep de projecten verzorgt vanaf engineering tot en met realisatie, hebben zij aangegeven een onderzoek uit te willen voeren. Dit is de aanleiding geweest voor deze afstudeerstage.

Het doel van de afstudeerstage is het reduceren van de kostprijs door middel van het herontwerpen van de machine. Tijdens de afstudeerstage zal de i-Collector herontworpen worden aan de hand van de volgende drie aspecten:

- Productie
- Montage
- Transport

In de huidige vorm is het tekenen van elke nieuwe machine steeds een nieuwe uitdaging. Door kennis en expertise toe te passen binnen dit project kunnen grote delen van dit proces worden geautomatiseerd, om de klant hierin te overtuigen moet een goed onderbouwd plan worden neergelegd. Hiervoor zullen binnen het bedrijf een aantal nieuwe technieken moeten worden ontwikkeld om zo veel mogelijk te kunnen automatiseren.

Bij het herontwerpen van de i-Collector wordt een reeds vervaardigde i-Collector als uitgaansbasis aangehouden. Hierbij gaat het om i-Collector Euro Gijbels te België. Bij het herontwerp dient er mee rekening gehouden te worden dat de maten en belastingen van de machine kunnen variëren. Opschaalbaarheid is daarom gewenst.

1.4 PAKKET VAN EISEN

Om dit project tot een goed einde te brengen zijn er eisen opgesteld. Het resultaat van dit project dient te voldoen aan deze eisen. Deze eisen zijn opgesteld door OBS Machinebouw, aan de hand van het marktonderzoek van i-Collector Europe.

1.4.1 EISEN

Aan de stage wordt voldaan wanneer de volgende eisen worden behaald:

- Ontwerpen van een modulaire constructie die gemakkelijk te fabriceren, transporteren en te monteren is;
- Parametrisch opgebouwd tekeningenpakket, waarmee een 3D model te realiseren is uit slechts een aantal in te vullen waardes;
- Calculatiemodel voor de salesafdeling die een calculatie kan maken van de i-Collector. (Hierbij gaat het om de basis van de i-Collector, extra in- en of uitgangen en andere zogenaamde 'custom' oplossingen worden hierin niet meegenomen.);
- Werking van de machine dient hetzelfde te blijven, zodat er geen patenten komen te vervallen;
- Reductie van de kostprijs van 25%;
- Reductie in montagetijd van 35%;
- Besparing in transport van 25%;
- Maximaal gewicht van de trays: 10kg.

1.4.2 WENSEN

Tijdens het project moeten de wensen in het achterhoofd gehouden worden, er moet rekening mee gehouden worden dat deze wensen in zo groot mogelijke mate worden nagestreefd.

- Internationaal te verkopen, rekening houden met standaard inkoopdelen, die over heel de wereld verkrijgbaar zijn.

1.5 PROJECTGRENZEN EN RANDVOORWAARDEN

In dit hoofdstuk worden de projectgrenzen en randvoorwaarden voor dit project opgesteld.

1.5.1 PROJECTGRENZEN

Om dit project tot een succes te brengen zijn diverse projectgrenzen opgesteld om het project af te bakenen.

- Tijdens het project wordt uitsluitend tijd besteed aan het reduceren van de kostprijs door middel van het herontwerpen van de machine, daarbij wordt rekening gehouden met het automatiseren van het tekeningenpakket en het modulair opbouwen van het ontwerp. Tevens wordt de mogelijkheid bekeken om een automatisch prijscalculatie systeem te ontwikkelen;
- Binnen het project wordt niet gewerkt aan het realiseren van een machine en de programmering hiervan;
- De in- en uitvoer van de machine worden buiten beschouwing gelaten.

1.5.2 RANDVOORWAARDEN

- i-Collector Europe dient volledige openheid betreffende de machines te geven;
- Benodigde middelen (werkplek, software etc.) worden ter beschikking gesteld door OBS Machinebouw;
- 3D-modellen van eerder vervaardigde machines worden ter beschikking gesteld;
- Volledige begeleiding en medewerking van OBS Machinebouw en I-Collector Europe.

2 ONDERZOEK

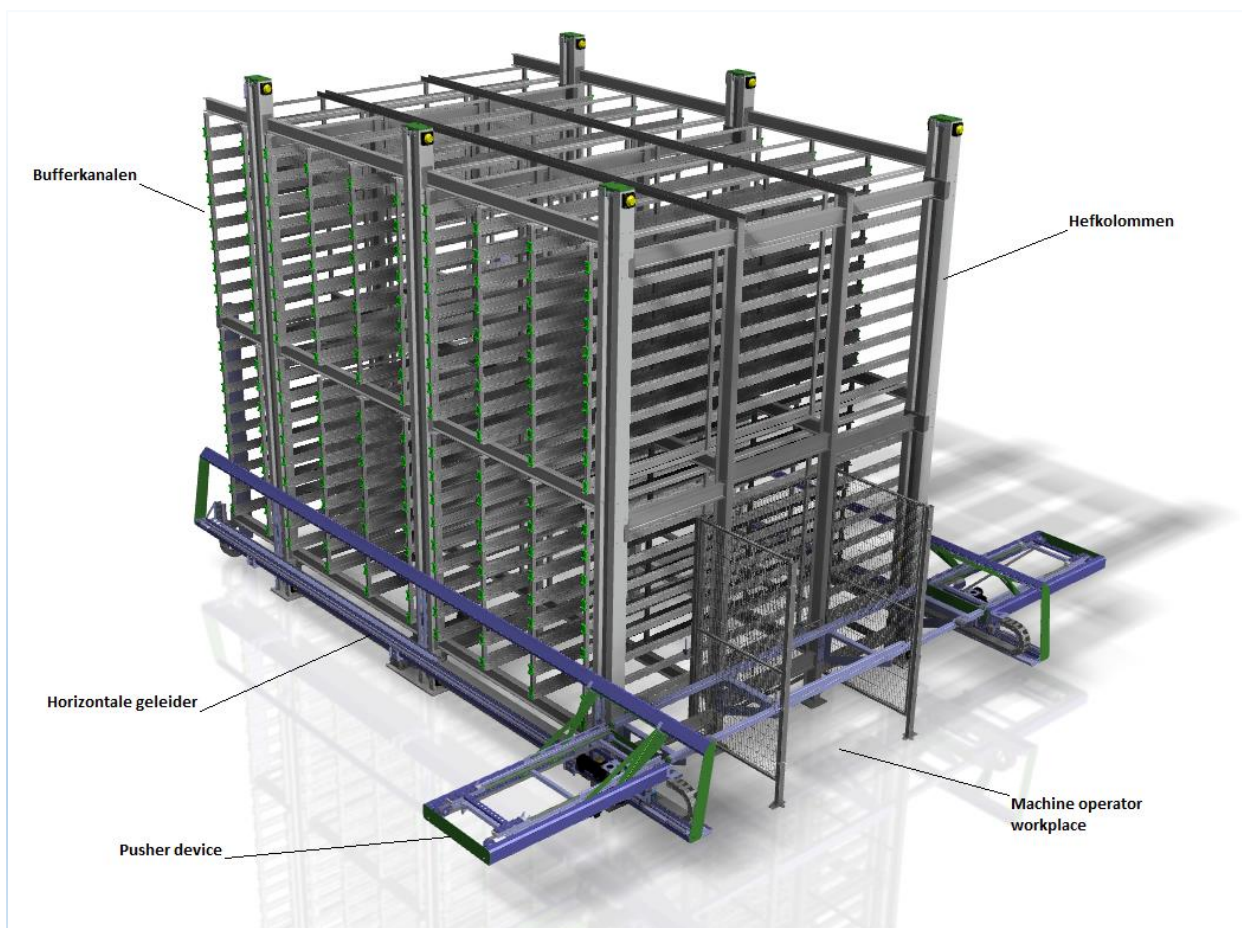
2.1 PRODUCT OMSCHRIJVING

In 1.3 is aangegeven dat tijdens de afstudeerstage een herontwerp gemaakt zal worden op basis van de i-Collector voor Euro Gijbels te België. In dit hoofdstuk wordt besproken hoe deze machine werkt en aan welke specificaties de machine voldoet.

De machine Euro Gijbels heeft de volgende specificaties:

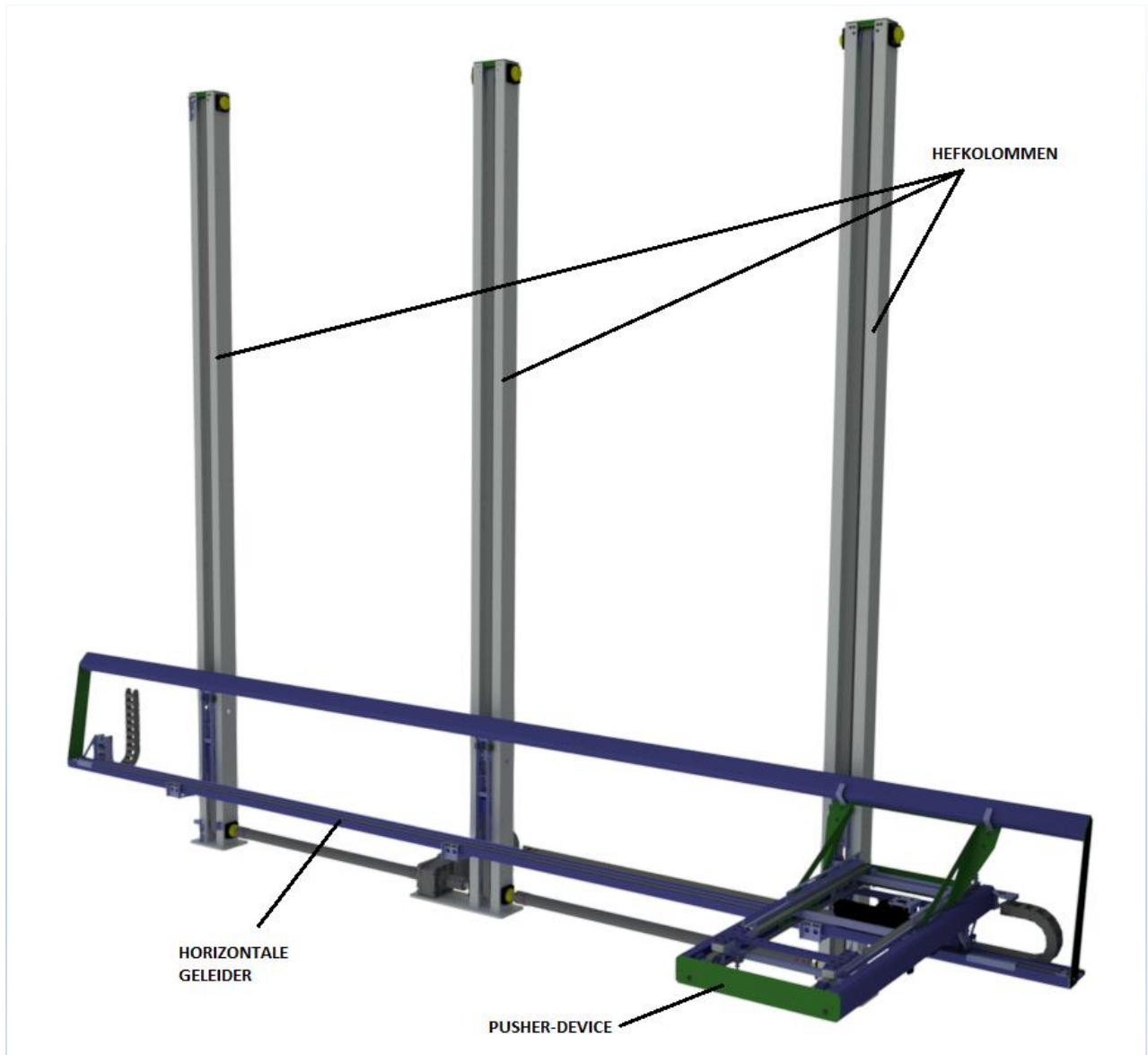
- Te verwerken trays: 640x425 mm
- Maximaal gewicht per tray: 6 kg
- Aantal bufferplaatsen: 1.260 SKU's
- Afmetingen machine: 7,3 x 7,5 x 5,2 meter

De operator zet de producten die dienen te worden opgeslagen weg in trays. Dit gebeurt op slechts één of indien gevraagd door de klant op meerdere posities. In de meeste gevallen zal dit zijn op de 'Machine operator workplace', zoals weergegeven in *Figuur 2-1*. Tevens wordt dit geregistreerd in een computer aan de hand van barcodes op de trays. Deze trays worden door de liften weggezet in de bufferkanalen.



Figuur 2-1 - Overzicht belangrijkste onderdelen i-Collector Euro Gijbels

De liften, die de trays verwerken, bestaan uit een drietal verschillende onderdelen; de hefkolommen, horizontale geleider en de pusher-device. De hefkolommen verzorgen de verticale verplaatsing, de horizontale geleider verzorgt, zoals de naam al doet vermoeden, de horizontale verplaatsing. Ten slotte is er nog de pusher-device, deze neemt de trays op zich en wordt vervolgens door de hefkolommen en horizontale geleider naar het juiste bufferkanaal verplaatst. Daar aangekomen pusht deze de trays de bufferkanalen in. In *Figuur 2-2* is één van de twee liften weergegeven.



Figuur 2-2 - Liften i-Collector

Eigenschap van de machine is dat er twee liften aan beide zijden van de bufferstelling geplaatst worden, deze werken vervolgens parallel om de trays door te kunnen pushen. Op deze manier is er altijd één van de twee pusher-devices die pusht en één van de twee die de trays aan de andere kant van de stelling opvangt. Door trays in twee nabijgelegen bufferkanalen te pushen en op te halen kan er een rondloop gecreëerd worden. Op deze manier kunnen ook trays uit het midden van de stelling gehaald worden.

In *Figuur 2-3* is de dwarsdoorsnede van de hefkolom weergegeven. De hefkolom is opgebouwd uit twee UPE profielen. Deze zijn gespiegeld aan elkaar geplaatst met de open kant naar elkaar toe. Aan de onder- en bovenzijde is een as geplaatst die worden ondersteund door twee lagerblokken per as. Op de assen worden, aan de onderzijde een getande pulley en aan de bovenzijde een tandloze pulley geplaatst. Op deze manier kan een tandriem om de pulleys geplaatst worden en is deze verstelbaar. Vanzelfsprekend wordt de onderste (getande) pulley aangedreven. Technisch gezien is het beter om de aangedreven pulley aan de bovenzijde te plaatsen. Helaas is dit niet mogelijk omdat er dan ook een onderhoudsbordes geplaatst dient te worden voor de motoren.

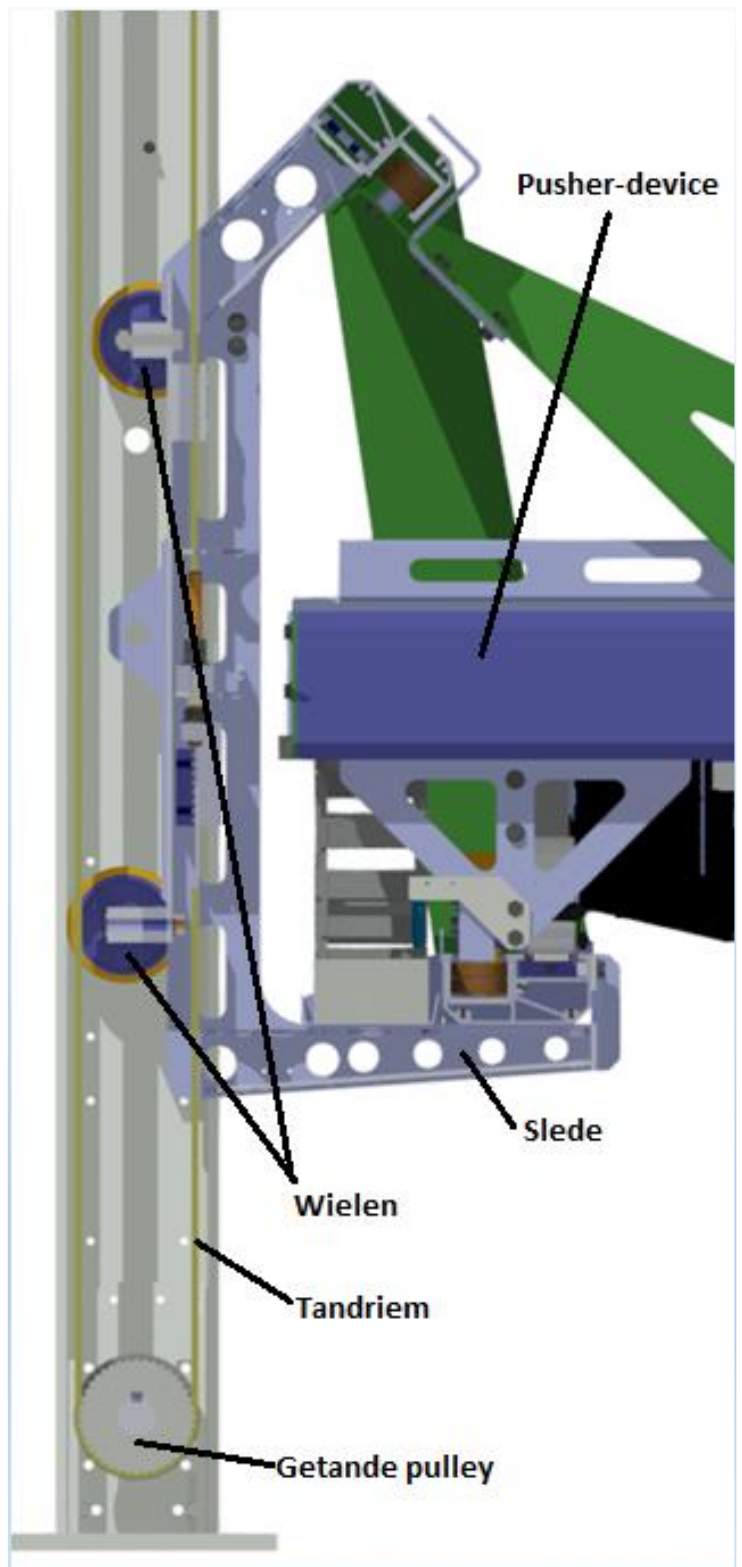
De horizontale geleider wordt door de hefkolommen geleid met behulp van een slede. Door elke hefkolom loopt een slede die bevestigd is aan de horizontale geleider. Op deze slede is een spanmechanisme aanwezig om de tandriem te spannen. Ook zijn er een aantal wielen in deze slede opgenomen om de krachten over te brengen op de hefkolom. Deze wielen hebben een onderlinge afstand van 500mm, in deze machine bij een belasting van maximaal 6 kg per tray is dit voldoende om het moment op de hefkolom te verdelen.

De pusher-device is het onderdeel in de machine die de trays verwerkt. Doordat aan beide zijden van de machine twee liften parallel werken en daarmee dus ook de pusher-devices, kunnen trays worden verwerkt in de stelling. Op de pusher-device is een aandrijving aanwezig die met een kracht van maximaal 1.000N de pusher naar voren en naar achteren kan laten bewegen. Deze kracht is nodig om de trays in de bufferkanalen door te kunnen drukken.

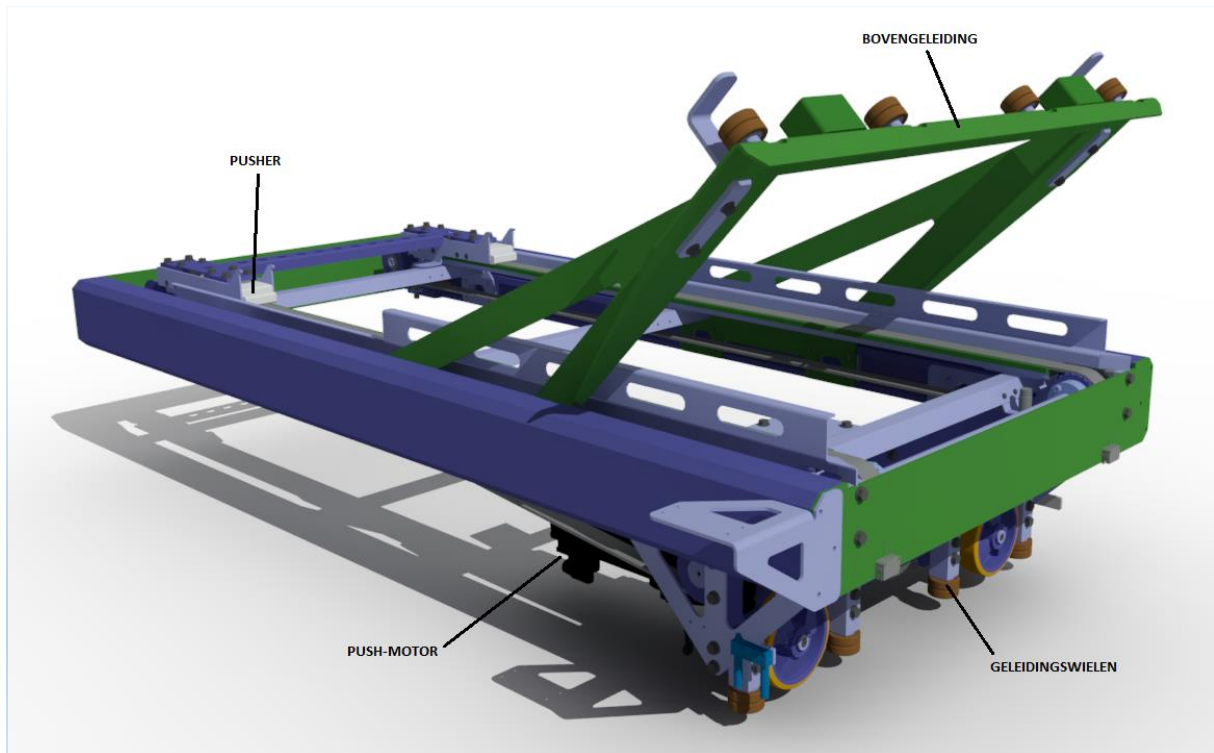
Aan de voorkant van de pusher-device zijn boven- en onderin geleidingswielen opgenomen. Met behulp van deze wielen wordt de pusher-device door de horizontale geleider geleid.

Tevens is op de pusher-device een motor opgenomen die de horizontale verplaatsing van de device zelf verzorgt. Door een rondloop van een tandriem wordt deze heen en weer bewogen.

In *Figuur 2-4* is de pusher-device weergegeven.



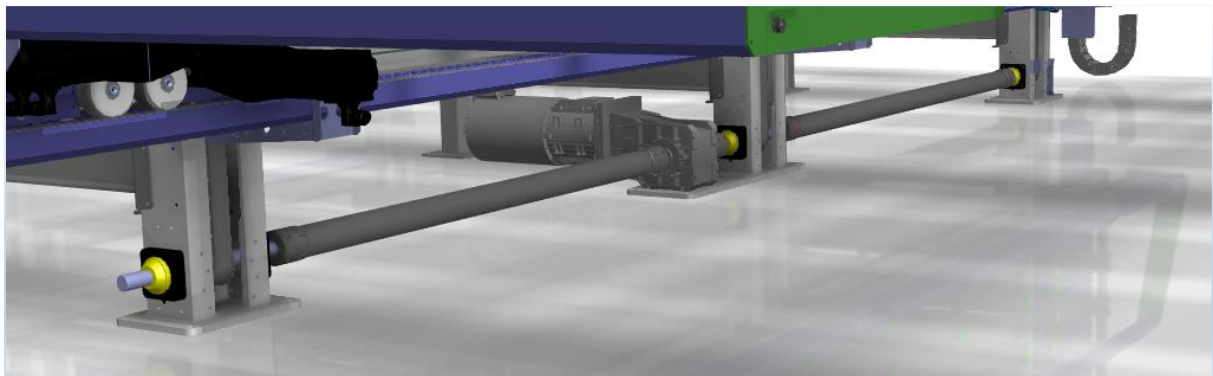
Figuur 2-3 - Dwarsdoorsnede hefkolom



Figuur 2-4 - Pusher-device

De aandrijving van de hefkolommen is weergegeven in *Figuur 2-5*. Zoals te zien is op het figuur, worden de hefkolommen aangedreven door een elektromotor, welke door gekoppeld wordt aan de andere hefkolommen door middel van torsiestijve assen.

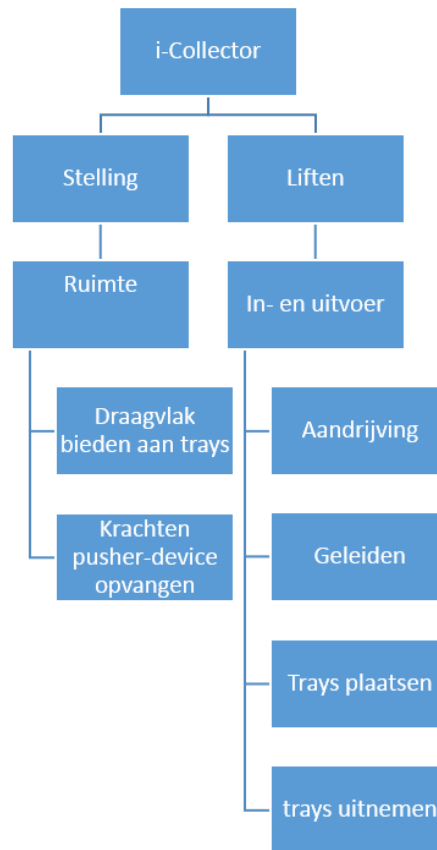
In grote lijnen is dit hoe de machine werkt. De benamingen zoals weergegeven in *Figuur 2-1*, zullen vaker terugkomen in dit rapport.



Figuur 2-5 - Aandrijving hefkolommen

2.2 FUNCTIE ANALYSE

Elke machine dient te voldoen aan een aantal functies. Alvorens een goed herontwerp van de machine neer te kunnen zetten, dient een functie analyse gemaakt te worden. De functie analyse is op te delen in twee onderdelen; de stelling en de liften. In *Figuur 2-6* is een overzicht van de functies te zien.



Figuur 2-6 - Functie analyse

2.2.1 DE STELLING

De stelling heeft twee belangrijke functies, deze worden hier onder beschreven.

Draagvlak bieden aan kratten

In de machine worden honderden, of zelfs duizenden trays geplaatst. Deze kratten dienen als bufferpositie voor de goederen. Het is daarom belangrijk dat de constructie bestand is tegen de massa van al deze kratten inclusief goederen. Aan de hand van de omvang van de machine wordt bepaald of er rollenlijsten worden geplaatst of dat de trays over strippen glijden. Rollenlijsten kunnen worden geplaatst om de wrijving door de trays over de strippen te verminderen. Rollenlijsten worden dan ook vooral in diepere machines (>6 meter) gebruikt, of bij grote (>10 kg per tray) gewichten van de te dragen producten. Naast deze eis aan de constructie is het vanzelfsprekend van belang dat dit allemaal zo compact mogelijk gebeurt, zodat er optimaal gebruik kan worden gemaakt van de benodigde ruimte.

Krachten van pusher-device opvangen

De pusher-device kan krachten genereren tot 1.000N, deze is benodigd om de kratten in de bufferkanalen door te kunnen drukken. Dit houdt in dat hoe lichter de kratten, hoe langer de bufferkanalen geconstrueerd kunnen worden. De krachten die ontstaan bij het pushen moeten op een bepaalde manier opgevangen worden.

2.2.2 LIFTEN

De liften dienen een aantal functies te vervullen zoals hieronder beschreven.

In- en uitvoer van goederen

De in- en uitvoer is het belangrijkste onderdeel van de i-Collector. Door dit zo efficiënt mogelijk te doen, kunnen hogere capaciteiten worden behaald. De in- en uitvoer van de goederen geschiedt door middel van liften. Aan beide kanten van de machine bewegen parallel twee devices, die in samenwerking alle trays kunnen sorteren, invoeren en terughalen.

Aandrijving

De liften dienen zowel horizontaal als verticaal aangedreven te worden, zodat de lift zich voor elk bufferkanaal kan positioneren.

Geleiden horizontale geleiders en devices

Buiten dat deze delen aangedreven moeten worden, moet deze ook in de juiste richting worden geleid. Zonder geleiding zou de lift mogelijk niet juist uitgelijnd voor de bufferkanalen komen te staan.

Trays plaatsen

De trays worden door de lift bij het juiste bufferkanaal gebracht. Nu dienen de trays nog in de buffer geplaatst te worden. Er moet daarom een mechanisme zijn om dit uit te voeren.

Trays uitnemen

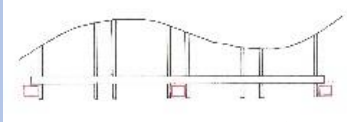
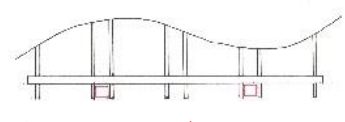
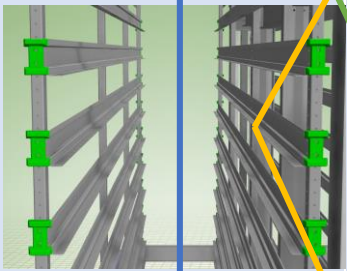
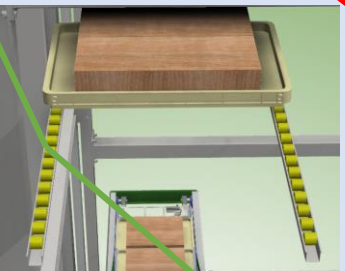
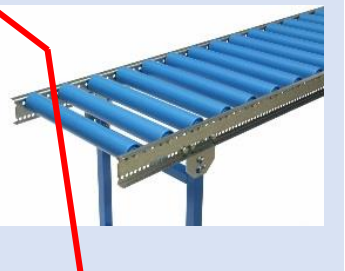
Nu de trays in de buffer staan, moeten deze er ook weer uitgehaald worden indien deze opgevraagd worden door de operator. Ook hier voor moet een bepaald mechanisme gemaakt worden.

3 CONCEPTFASE

Voor de diverse functies die deze machine moet vervullen, zijn functievervullers nodig. In *Tabel 3-1* en *Tabel 3-2* zijn morfologisch overzichten weergegeven. Door een combinatie tussen diverse functievervullers te maken, ontstaan er concepten. Wanneer er meerdere concepten gemaakt worden kunnen deze onderling getoetst worden aan de hand van de Kesselring-methode. De i-Collector bestaat uit twee grote onderdelen. De stelling en de liften, om deze reden is er voor gekozen om de concepten te splitsen voor deze beide onderdelen. Als eerste worden de concepten voor de stelling besproken, vervolgens zullen de concepten voor de liften worden besproken.

3.1 CONCEPTEN STELLING

Tabel 3-1 - Morfologisch overzicht stelling

Functie	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Indeling hefkolommen	lijn-opstelling 	Blok-opstelling 	
Draagvlak bieden	Glijstrippen 	Rollenlijsten 	Rollenbaan 
Krachten pusher-device opvangen	Framework 	Standaard stelling 	Op zichzelf staande liften 

De verschillende concepten zijn aangegeven met de gekleurde lijnen;

- Concept I-1;
- Concept I-2;
- Concept I-3;
- Concept I-4.

Bij het maken van concepten is er begonnen met het concept voor de stelling, aangezien de hefkolommen afhankelijk zijn van de stelling.

CONCEPT I-1

Concept I-1 is opgebouwd zoals de huidige i-Collector gebouwd is. Dit concept is opgenomen om zo een goede vergelijking te krijgen tussen huidig en nieuw ontwerp. Bij dit concept zijn de hefkolommen opgenomen in een lijn-opstelling, wordt er gebruik gemaakt van een custom framework en worden de trays gedragen door glijstrippen.

CONCEPT I-2

Bij concept I-2 zijn de hefkolommen ook opgenomen binnen de, in dit geval standaard, stelling. De hefkolommen zullen in lijn worden geplaatst. Elk kanaal wordt voorzien van twee rollenlijsten, waarover de trays bewegen. Dit komt de efficiëntie en te verwerken goederen ten goede. Hierdoor kunnen zwaardere producten worden gebufferd en hoeft er minder kracht te worden gegenereerd om de trays te pushen.

Door een standaard stelling te gebruiken kan er eenvoudig een modulair ontwerp neer worden gezet. Daarnaast kan er flink gekort worden op transport als deze internationaal verkrijgbaar is.

CONCEPT I-3

Concept I-3 is het eerste concept waarbij de hefkolommen buiten de stelling, als blok, geplaatst worden. Het plaatsen van de hefkolommen buiten de stelling kan diverse voordelen opleveren, mits dit goed ontworpen wordt. Daarnaast wordt er gebruik gemaakt van een standaard stelling en zullen de trays geplaatst worden op glijstrippen.

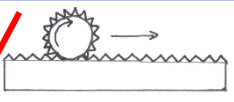
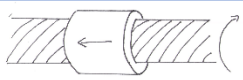
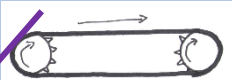
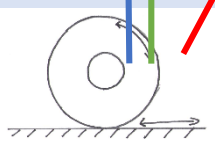
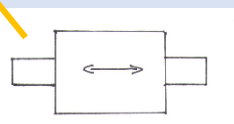
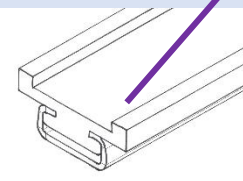
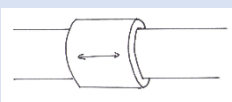
CONCEPT I-4

Ook bij concept I-4 worden de hefkolommen in blok-opstelling geplaatst. Dit heeft als voordeel dat de hefkolommen een afzonderlijk onderdeel wordt van de stelling. De liften kunnen namelijk op zichzelf staand worden. De liften kunnen nu als het ware binnen een kooi ontworpen worden, waardoor nagenoeg alle momenten op de hefkolom kunnen worden geëlimineerd. Verder worden de bufferkanalen van de stelling gevuld met rollenbanen om de wrijving te verkleinen.

3.2 CONCEPTEN HEFKOLOMMEN

In het huidige ontwerp zijn de hefkolommen geïntegreerd in de stelling. Dit zorgt voor een ongelijke steek in de stelling, in de toekomst gaat i-Collector Europe werken met een dubbele pusher-device. Een gelijke steek in de stelling zou dan zorgen voor een capaciteitsverhoging van 5-6% (Op aangeven van Hugo de Vries³). Om een gelijke steek in de stelling te bewerkstelligen is een compact ontwerp van de hefkolom gewenst.

Tabel 3-2 - Morfologisch overzicht hefkolommen

Functie	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3	Alternatief 4
Aandrijven liften	Tandriem 	Tandheugel 	Spindel 	Ketting 
Geleiding liften	Wielen 	Lineair geleiding 	HDPE profiel 	As geleiding 

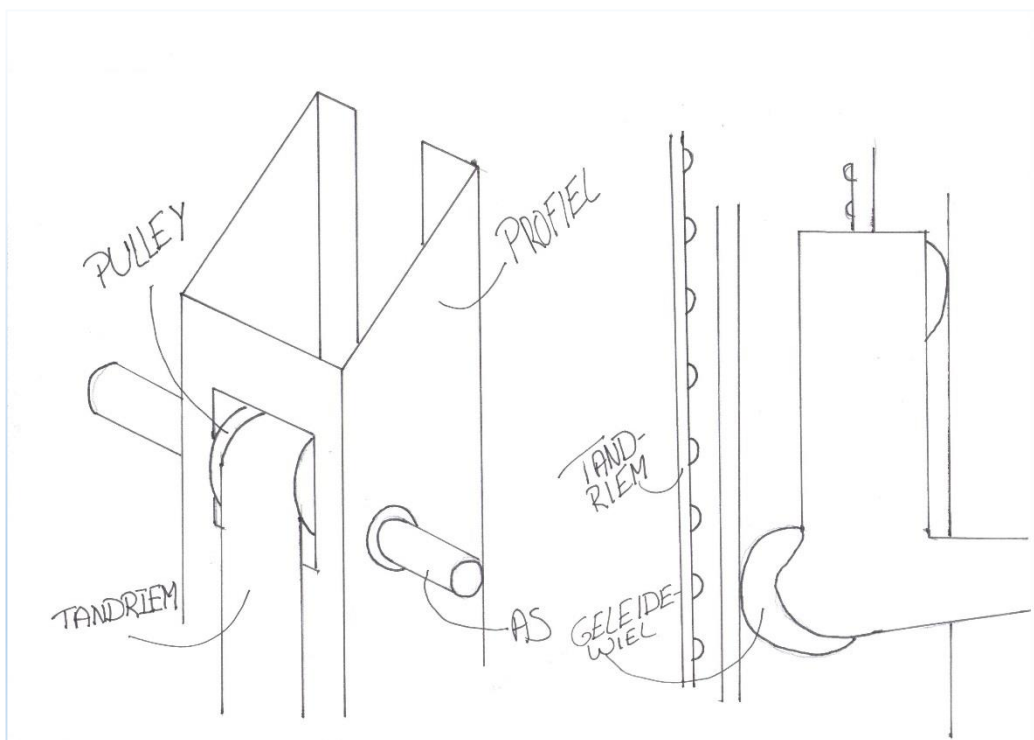
³ Hugo de Vries: Engineer bij i-Collector Europe

De concepten zijn met de volgende kleuren aangegeven:

- Concept II-1;
- Concept II-2;
- Concept II-3;
- Concept II-4;
- Concept II-5.

3.2.1.1 CONCEPT II-1

Concept I-1 is opgebouwd uit dezelfde koopdelen als de huidige i-Collectoren, dit houdt in: een tandriem voor de overbrenging en wielen ter geleiding. Het concept ziet er als volgt uit;

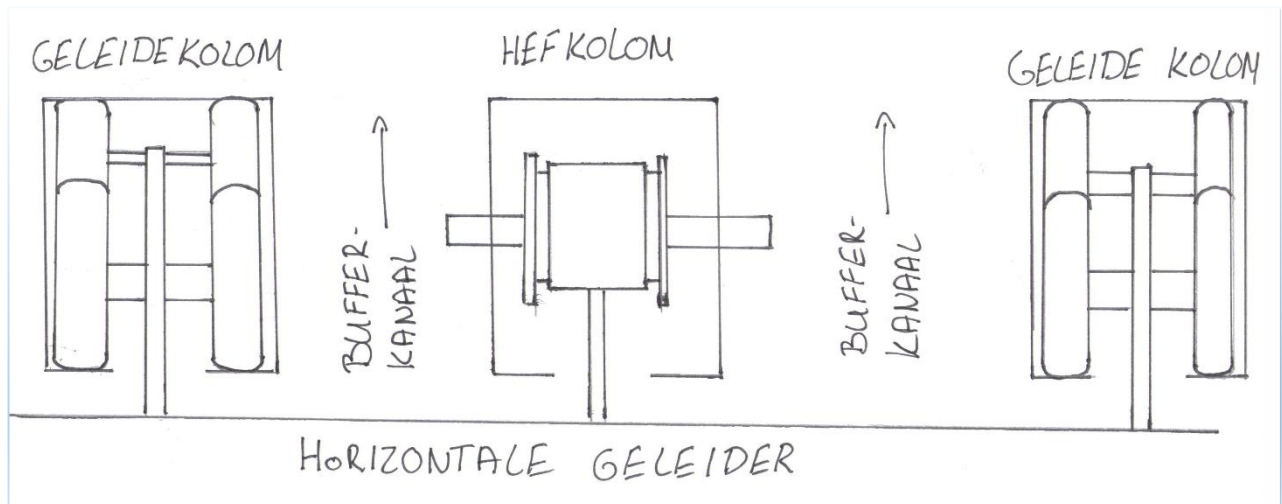


Figuur 3-1 - Concept II-1

Het profiel bestaat uit een rolgevormd of gezet profiel. Boven- en onderin zijn gaten gemaakt om de tandriem buitenlangs terug te voeren. Dit is nodig zodat de wielen zo compact mogelijk uitgevoerd kunnen worden. De verticale slede die door dit profiel heen rijdt is terug gebracht naar één dikke plaat, voorheen was dit een lassamenstelling. Dit scheelt in compactheid, maar ook in kostprijs(aantal bewerkingen).

3.2.1.2 CONCEPT II-2

Concept II-2 lijkt in veel opzichten op concept II-1, maar de uitvoering is compleet anders. Het concept is in *Figuur 3-3* weergegeven.

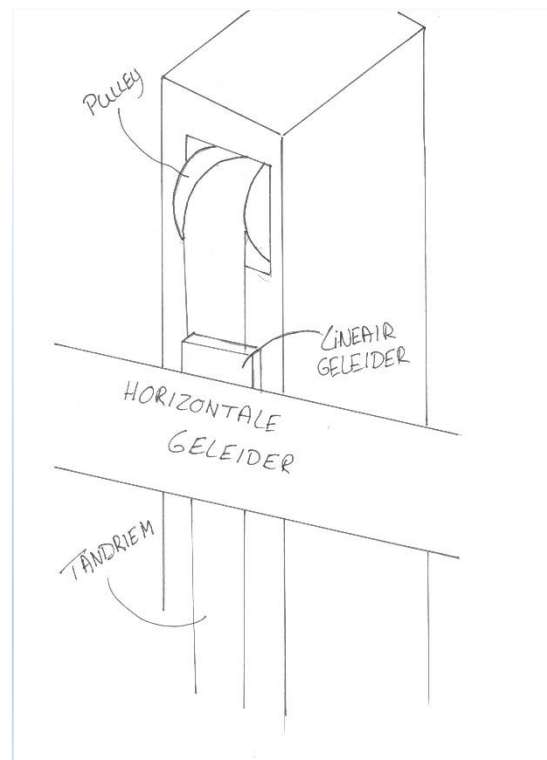


Figuur 3-2 - Concept II-2

Bij concept II-2 zijn dezelfde componenten gebruikt als concept II-1. Het grote verschil bij dit concept is dat de overbrenging en geleiding gescheiden zijn. Dit heeft als gevolg dat de uitvoering compacter en eenvoudiger is dan het voorgaande concept. Onderhoud en montage zijn ook eenvoudiger uit te voeren. Het is wel zo, dat elke hefkolom aan beide kanten ingesloten moet worden door een geleider kolom, zodat voorkomen wordt dat de horizontale geleiding gaat wringen in de kolommen.

3.2.1.3 CONCEPT II-3

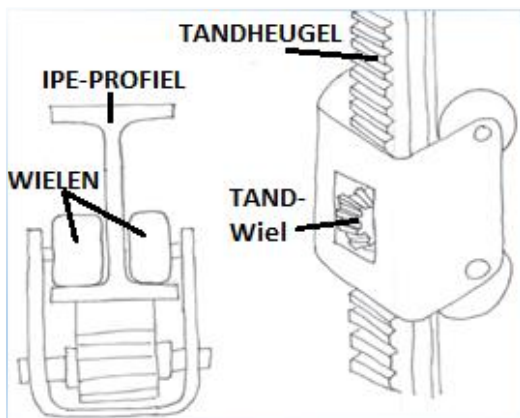
Dit concept heeft grote gelijkenissen met concept II-1. Echter het verschil zit hem in de geleiding. In dit concept is gekozen voor een lineair geleiding. Deze geleidingen verzorgen een vloeiende geleiding van de horizontale geleider. Daarbij zijn deze lineair geleidingen ook zeer compact, wat een groot voordeel is.



Figuur 3-3 - Concept II-3

3.2.1.4 CONCEPT II-4

Concept II-4 is compleet verschillend van de andere concepten. Ten eerste is er uitgegaan van een ander profiel. Er wordt gebruik gemaakt van een I-profiel, dit heeft als voordeel dat alle bewegende onderdelen aan de buitenkant gehouden kunnen worden, wat een groot voordeel oplevert voor montage/onderhoud.

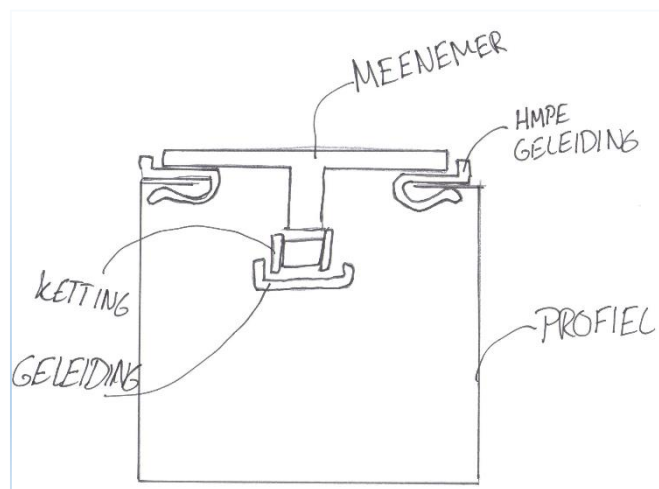


Figuur 3-4: Concept II-4

De aandrijving/overbrenging bij dit concept gebeurt middels een tandwiel/tandheugel. Voordeel hiervan is dat de tandheugel ook als geleiding kan fungeren, nadeel is dan weer dat de motor aanwezig is op het te verplaatsen onderdeel, waardoor de verschillende hefkolommen asynchroon kunnen komen te lopen, omdat dit moeilijk koppelbaar is.

3.2.1.5 CONCEPT II-5

Een groot gedeelte van concept II-5 is afkomstig uit de conveyor wereld. Hierbij is gebruik gemaakt van componenten van Rexnord⁴. Voordeel van dit concept is dat overbrenging en geleiding gecombineerd kunnen worden in een ketting. Vanuit de conveyor wereld bestaan er kettingen waar men meenemers op kan laten maken. Deze meenemers kunnen worden gebruikt om producten op te schroeven, die mee dienen te bewegen met de ketting. In dit geval wordt de ketting geleid door een zogenoemd Werkstoff S profiel, welke om de koker heen zit. Werkstoff S is een kunststof die veel toegepast wordt in geleidingstoepassingen. Deze kunststoffen komen voor in veel standaard toepassingen zo ook in deze toepassing, welke tevens is weergegeven in *Figuur 3-5*.



Figuur 3-5 - Concept II-5

3.3 CONCEPTKEUZE

3.3.1 WEEGFACTORBEPALING

Bij het maken van de conceptkeuze wordt gebruik gemaakt van de Kesselring-methode (Beer, 2010). Om te beginnen moeten weegfactoren bepaald worden aan de hand van het pakket van eisen. Door de eisen onderling

⁴ Rexnord: Leverancier van conveyor-componenten.

met elkaar te vergelijken kan een goed beeld worden verkregen van de mate van belangrijkheid van elke eis. Wanneer twee eisen met elkaar vergeleken worden, krijgt de belangrijkste eis een 1 en de minder belangrijke eis een 0. Uiteindelijk kan aan de hand van het totaal van de punten de weegfactor bepaald worden, met een maximum van 4. De weegfactorbepaling is in *Tabel 3-3* weergegeven.

Tabel 3-3 - Weegfactorbepaling

Eisen	In vergelijking met eis						Score	Weegfactor
	Kostprijs	Montage/Onderhoud	Produceerbaarheid	Transport	Efficiëntie	Modulair		
Kostprijs	1	1	1	1	0	1	5	3
Montage/Onderhoud	0	1	1	1	0	1	4	3
Produceerbaarheid	0	0	1	1	0	0	2	1
Transport	0	0	0	1	0	0	1	1
Efficiëntie	1	1	1	1	1	1	6	4
Modulair	0	0	1	1	0	1	3	2

Bron: (Beer, 2010)

3.3.2 CONCEPTKEUZE STELLING

Aan de hand van §3.3.1 kunnen scores worden gegeven aan de verschillende keuzecriteria. De scores per keuzecriteria per concept zijn weergegeven in *Tabel 3-4*. Alle scores zijn bepaald in overleg met interne specialisten binnen de OBS Groep.

Tabel 3-4 - Conceptkeuze stelling

	Weegfactor	Concept I-1	Concept I-2	Concept I-3	Concept I-4
Kostprijs	3	1	4	4	3
Montage/Onderhoud	3	2	3	5	3
Produceerbaarheid	1	4	4	4	3
Transport	1	2	4	3	3
Efficiëntie	4	1	2	3	3
Modulair	2	3	4	4	3
Totaal		25	45	54	42

Wanneer de scores per keuzecriteria worden vermenigvuldigd met de weegfactor en deze allemaal bij elkaar opgeteld worden, kan het beste concept gekozen worden. Aan de hand van *Tabel 3-4* kan worden geconcludeerd dat concept I-3 als beste uit de test komt. Deze zal dan ook verder worden besproken in *Hoofdstuk 5*.

3.3.3 CONCEPTKEUZE HEFKOLOM

De conceptkeuze van de hefkolom gaat hetzelfde in zijn werk als de keuze van het concept voor de stelling. Dit gebeurt aan de hand van de zelfde keuzecriteria en weegfactoren.

Tabel 3-5 – Conceptkeuze hefkolom

	Weegfactor	Concept II-1	Concept II-2	Concept II-3	Concept II-4	Concept II-5
Kostprijs	3	3	2	1	2	2
Montage/Onderhoud	3	2	4	2	4	2
Produceerbaarheid	1	3	3	3	5	4
Transport	1	4	4	4	5	4
Efficiëntie	4	4	1	4	2	3
Modulair	2	3	2	2	2	3
Totaal		44	34	36	40	38

Aan de hand van de onderste rij van *Tabel 3-5* is op te merken dat concept II-1 de hoogste score heeft behaald bij de conceptkeuze. Ook dit concept zal verder worden besproken in *Hoofdstuk 4*.

4 ONTWERP

In het voorgaande hoofdstuk zijn twee concepten gekozen voor het eindontwerp. In dit hoofdstuk wordt het definitieve ontwerp toegelicht. Detaillering van het ontwerp, door middel van berekeningen, bevindt zich in hoofdstuk 5.

4.1 STELLING

Aan de hand van *Tabel 3-4* is het beste concept bepaald voor het eindontwerp. Door gebruik te maken van standaard stelling profielen is het mogelijk om een modulaire concept samen te stellen die ook nog eens goedkoper is dan de huidige stelling. Hier voor is het wel aan te raden om eens met een stellingleverancier de mogelijkheden te bekijken. In *Figuur 4-1* is het ontwerp voor de stelling te zien.



Figuur 4-1 - Eindontwerp stelling

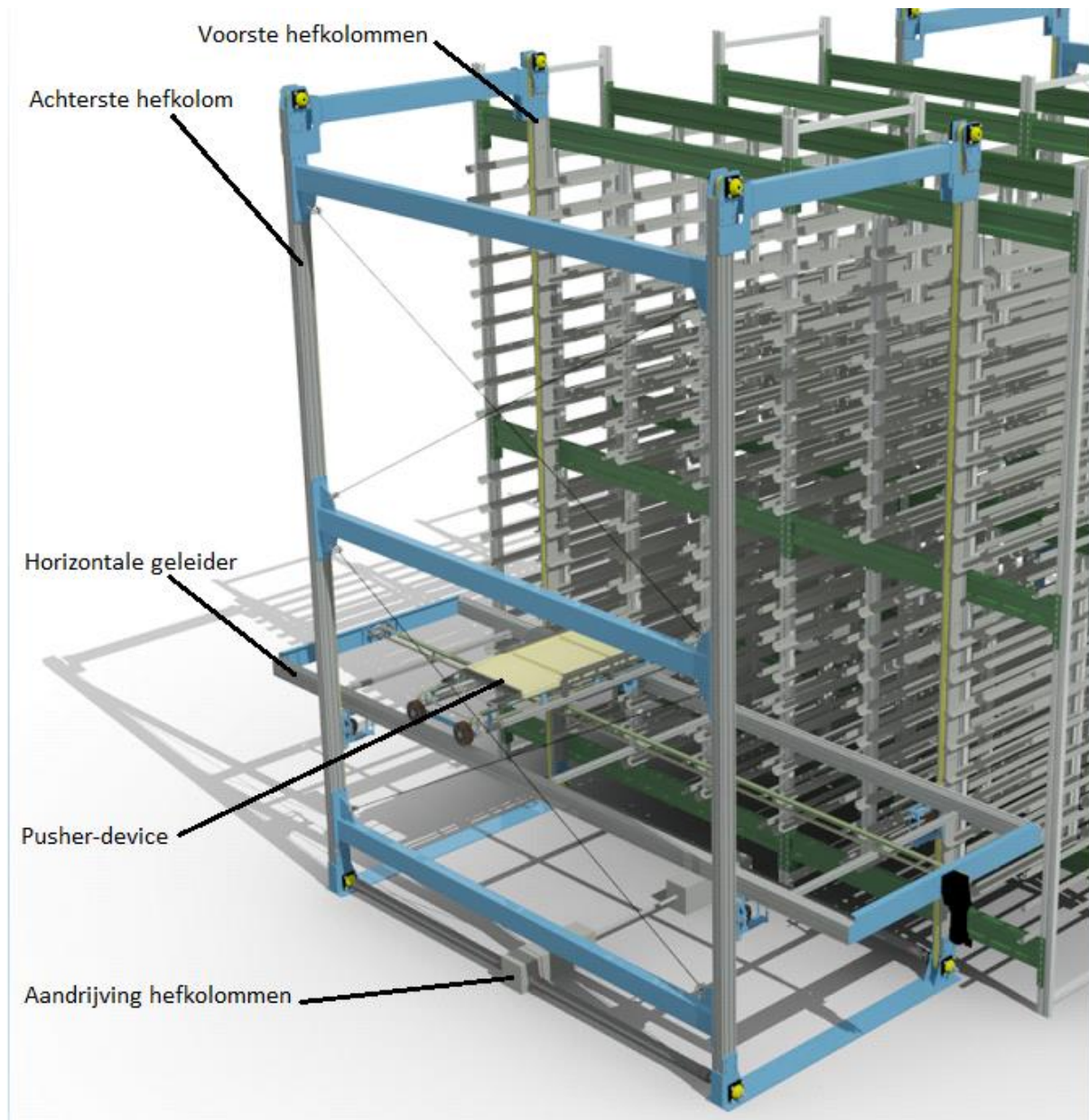
Nadat het ontwerp gemaakt is, is er contact geweest met NEDCON⁵. Bij NEDCON hebben ze het concept gecontroleerd en een offerte uitgeschreven. Het ontwerp bleek te voldoen aan de eisen en kan dus geïntegreerd worden in het ontwerp.

In het figuur is goed te zien hoe deze stelling is opgebouwd. Er worden jukken gebruikt om delen aan elkaar te verbinden en de belasting over te brengen op het vloeroppervlak. Om deze jukken te verbinden worden er liggers gebruikt, deze jukken zijn 200mm hoog om de doorbuiging te verkleinen tot maximaal 3mm, bij een belasting van maximaal 6kg per tray. Tussen deze liggers worden vervolgens weer staanders bevestigd welke als ophangpunt worden gebruikt voor de glijstrippen.

⁵ NEDCON: Internationale stellingbouwer.

4.2 LIFTEN

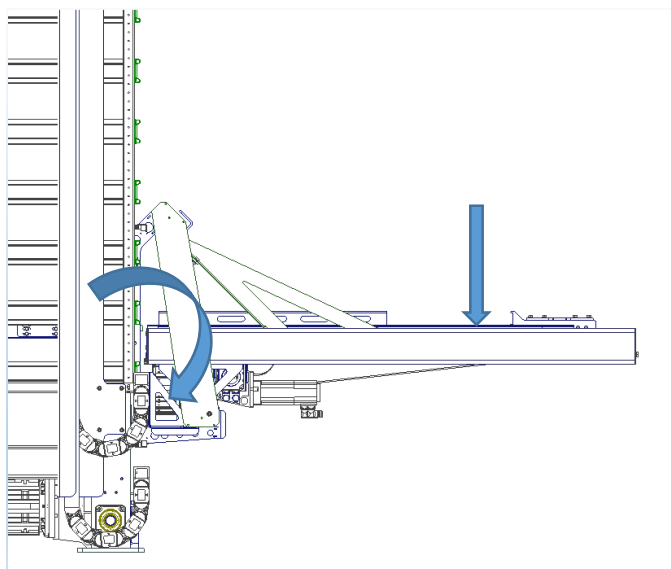
Het grootste verschil qua ontwerp in de vernieuwde i-Collector zit in het vernieuwde ontwerp van de liften. Bij de conceptkeuze kwam naar boven dat het plaatsen van de hefkolommen buiten de stelling diverse voordelen op zou leveren. Er is gekozen om de liften binnen een kooi te ontwerpen. Dit houdt in dat er aan de voor- en achterzijde van de liften hefkolommen zullen worden geplaatst. Dit heeft als voordeel dat alle krachten beter kunnen worden opgevangen. In de toekomst kunnen dan ook grotere lasten worden verwerkt, maar er kunnen eventueel ook meer trays op de pusher-device worden geplaatst om een hogere efficiëntie te behalen. Over het algemeen zal deze constructie dan ook meer voordelen dan nadelen leveren.



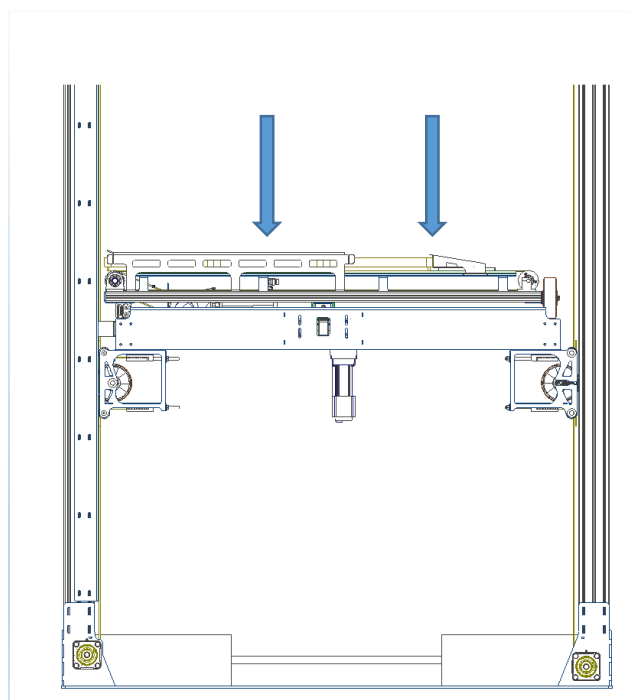
Figuur 4-2 - Vernieuwde lift

Een positief verschil tussen het huidige en het nieuwe ontwerp is de manier van belasten van de liften. Waar voorheen de pusher-device slechts aan één zijde werd ondersteund, ontstonden momenten op de hefkolommen. Hierdoor dienen de hefkolommen fors uitgevoerd te worden, om dit op te vangen. In het nieuwe ontwerp wordt de horizontale geleider op vier punten ondersteund, waarvan twee aan de voor- en twee aan de

achterzijde. Dit heeft een positieve uitwerking op de belasting van de liften. Op deze manier blijven namelijk alleen de neerwaartse krachten over, zoals is weergegeven in *Figuur 4-4* en *Figuur 4-4*.



Figuur 4-4 - Belastingssituatie huidig ontwerp



Figuur 4-4 - Belastingssituatie nieuw ontwerp

4.2.1 HEFKOLOMMEN

Weliswaar wordt er gebruikt gemaakt van een extra hef kolom, maar toch levert dit een kostprijsreductie op. Doordat alle momenten op de hef kolom komen te vervallen kunnen deze vele malen lichter worden geconstrueerd, wat al een kostprijsreductie per stuk geeft. Daarnaast is er voor gekozen om de constructie zo veel mogelijk uit standaard aluminium extrusie profielen van ITEM⁶ te construeren.

Uit de analyse van de kostprijs⁷ van de huidige I-Collector kwam naar boven dat met name de montage een grote kostenpost is binnen de kostprijs van het product. In *Tabel 4-1* is weergegeven welk percentage van de kostprijs van de machine wordt ingenomen door montage.

Tabel 4-1 - Montage overzicht

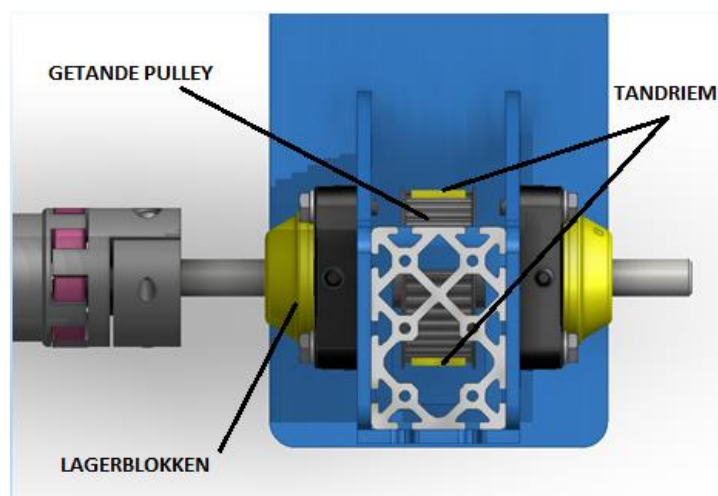
	Montage Bergschenhoek	Montage België
Huidige i-Collector	33,9%	51,4%
Nieuwe i-Collector	20,9%	34,8%
Reductie	38,3%	32,3%

⁶ ITEM: Bedrijf dat onder andere aluminium extrusie profielen vervaardigd voor eenvoudige montage doeleinden.

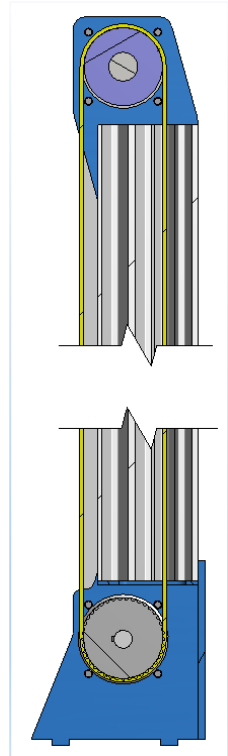
⁷ Analyse van de kostprijs: Terug te vinden in Bijlage C.

De hefkolommen bestaan uit 120x80 MB8 profielen. Dit profiel is mede gekozen door zijn sterkte en stijfheid, maar ook door de doorvoer door het profiel. Gezien er gewerkt wordt met een getande riem in een rondloopsysteem, moet de tandriem achterlangs terug kunnen lopen. In *Figuur 4-6* is een doorsnede van de hefkolom te zien. Hierin is goed te zien dat de terugloop van de tandriem door het profiel gaat. Hierbij hoeft geen rekening gehouden te worden met geleiding van de tandriem, aangezien deze onder een bepaalde spanning staat, zal deze rechtlijnig door het profiel bewegen. In de hefkolom is aan de aandrijfszijde een 32-tands pulley gebruikt, deze pulley heeft een effectieve diameter van 100,01mm (Caldic, 2014). Hier is voor gekozen omdat dit goed te integreren is in het ontwerp van de hefkolom. Aan de bovenzijde van de hefkolom is een tandloze schijf geconstrueerd, met een diameter van 100mm.

Verder is er gebruikt gemaakt van een 32mm brede AT10 tandriem, met stalen inlegkoorden. Deze tandriem voldoet aan alle eisen om de hefkolommen juist te laten fungeren. De wijze waarop dit bepaald is kan worden teruggevonden in *hoofdstuk 5*.



Figuur 4-6 – Doorsnede bovenaanzicht hefkolom



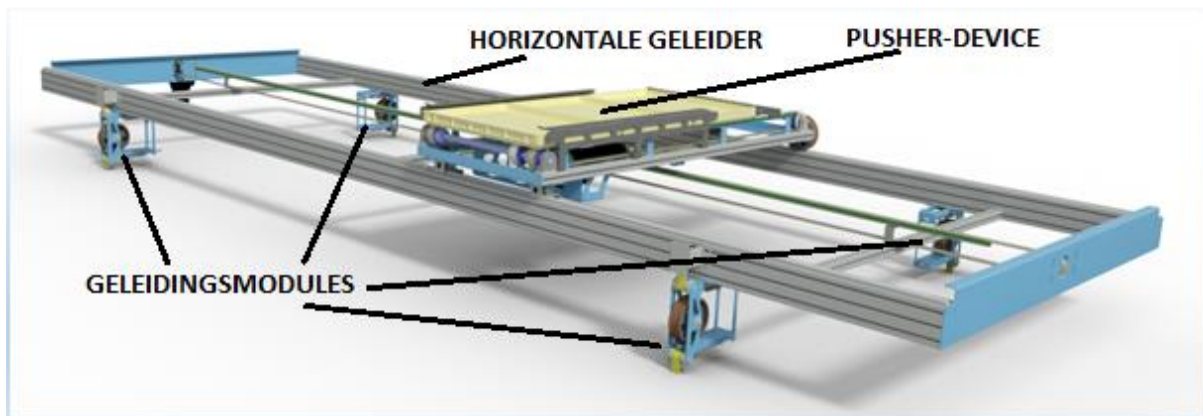
Figuur 4-6 - Dwarsdoorsnede hefkolom

4.2.2 HORIZONTALE GELEIDER

De horizontale geleider is ook voorzien van een nieuw ontwerp. Deze is ontworpen volgens een nieuw principe. Omdat de horizontale geleider nu wordt ondersteund op vier plekken, waarvan twee aan beide lange zijden, komen er geen grote momenten meer op de horizontale geleider en hefkolom. Om deze reden kan de horizontale geleider nu 'platter' ontworpen worden. Dat de momenten door het gewicht verdwenen zijn, wil nog niet zeggen dat alle krachten verdwenen zijn. Er wordt namelijk nog steeds kracht op uitgeoefend door de zwaartekracht en door het pushen. Er zijn hier voor twee voorwaardes opgesteld (Op aangeven van Hugo de Vries):

- Maximale doorbuiging van de horizontale geleider als gevolg van het gewicht van de pusher-device mag maximaal 3mm bedragen;
- De doorbuiging van de horizontale geleider als gevolg van het pushen mag maximaal 5mm bedragen.

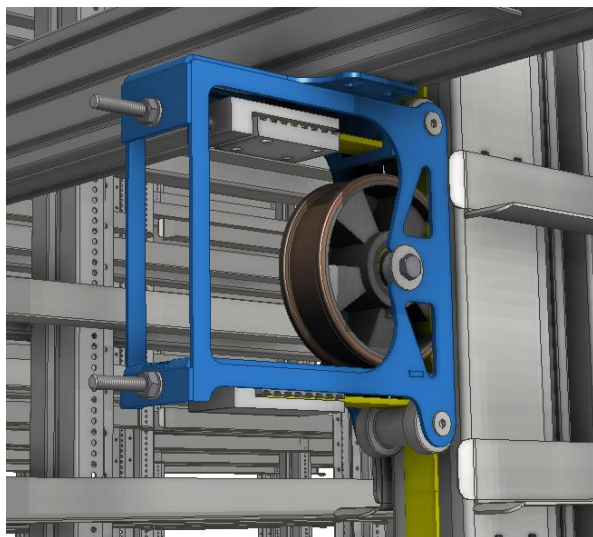
In 5.1 wordt berekend welk profiel volstaat aan deze eisen. Uiteindelijk is er gekozen voor een 120x80 ITEM profiel. In *Figuur 4-7* is het ontwerp van de horizontale geleider te zien. Er zijn in de lengte twee ITEM profielen opgenomen zoals hierboven genoemd. Daarbij is er voor gekozen om één van deze twee uit te voeren met een dichte bovenkant. Dit heeft als voordeel dat de pusher-device hier meer rakend oppervlak heeft om over heen te rijden.



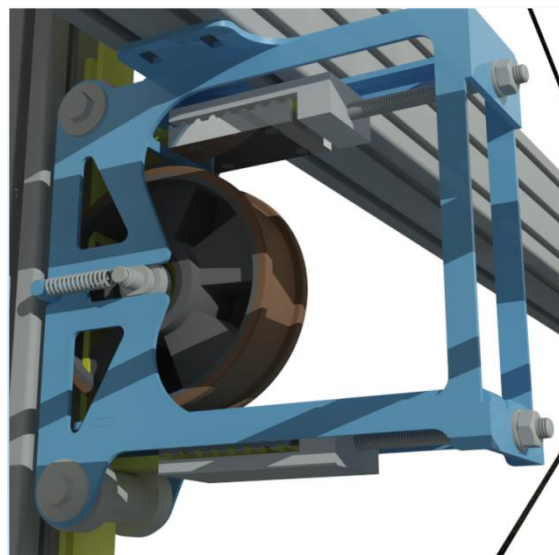
Figuur 4-7 - Horizontale geleider

Verder worden deze twee profielen tussentijds verbonden met 40x40 profielen en aan het uiteinde twee snijdelen, waar tevens ook de motor en pulleys op kunnen worden bevestigd voor de aandrijving.

Onder de horizontale geleider zijn vier geleidingsmodules opgenomen. Deze modules verzorgen de geleiding van de horizontale geleider, maar verzorgen ook het spannen van de tandriem. Deze is weergegeven in *Figuur 4-9* en *Figuur 4-9*.



Figuur 4-9 - Geleiding voorste hefkolom



Figuur 4-9 – Veermodule achterste hefkolom

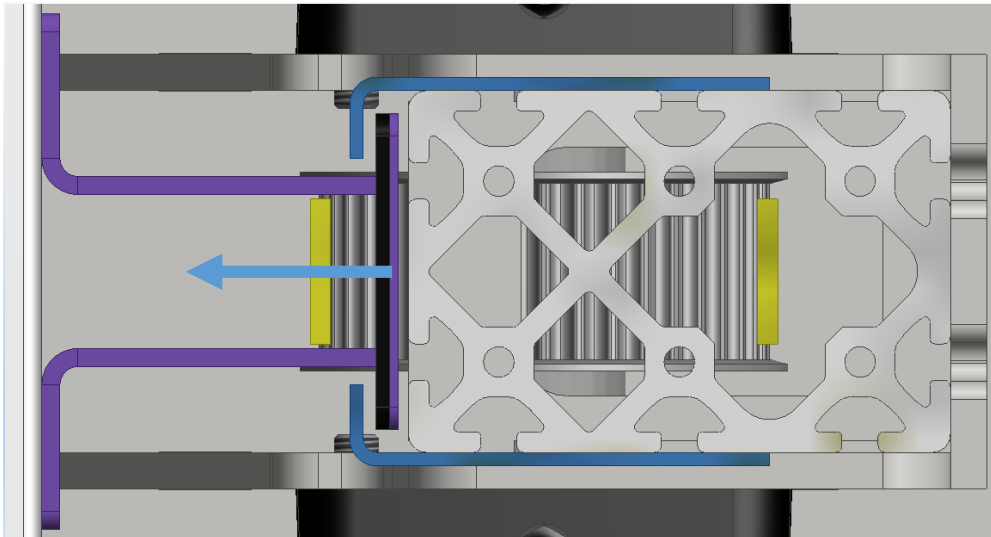
In de module is een wiel met vulkollan oplegging opgenomen. Deze zullen worden afgedraaid in de vorm van het profiel, zodat deze de horizontale geleider zijdelings, maar ook in de push-richting kan geleiden. Er is gekozen voor een vulkollan oplegging op de wielen om het geluid tot het minimum te beperken.

In de geleidingsmodules bij de achterste hefkolommen is een veermechanisme opgenomen. In de praktijk is de kans namelijk nihil dat de hefkolommen kaarsrecht zijn. Om deze onvolkomenheden op te vangen is het veermechanisme opgenomen. Op deze manier zal de geleiding altijd volledig in contact zijn met de hefkolommen wat een goede geleiding garandeert.

Verder zijn er twee spanblokken in de module opgenomen waarbij de tandriem gespannen kan worden. Deze spanblokken zijn zo geconstrueerd dat deze horizontaal worden gespannen, waar dat voorheen verticaal gebeurde. Door dit horizontaal te doen wordt ruimte bespaard, wat in sommige gevallen kan leiden tot het gebruik van een extra verdieping opslag aan kratten.

Zoals de hefkolommen er nu bij staan zal bij het pushen altijd de achterste hefkolommen worden belast. Aangezien de voorste hefkolommen in verbinding staan met de stelling en om deze reden de voorste hefkolommen sterker zijn dan de achterste, is het gewenst dat de belasting bij het pushen juist op de voorste

hefkolommen terecht komt. Om dit op te lossen is het volgende mechanisme meegenomen in de installatie. In *Figuur 4-10* is te zien dat er aan beide kanten van de hef kolom een gezette hoeklijn is geplaatst (Met blauw aangegeven). Aan de horizontale geleider wordt vervolgens een beugel (Met paars aangegeven) bevestigd met daarop een kunststof slijtdeel (Met zwart aangegeven). Bij het pushen zal de horizontale geleider nu eerst 2,5mm naar achter gedrukt worden, daarna zal het kunststof deel en de gezette profielen elkaar raken. Vanaf dit punt wordt de kracht volledig opgevangen door de voorste hef kolom.

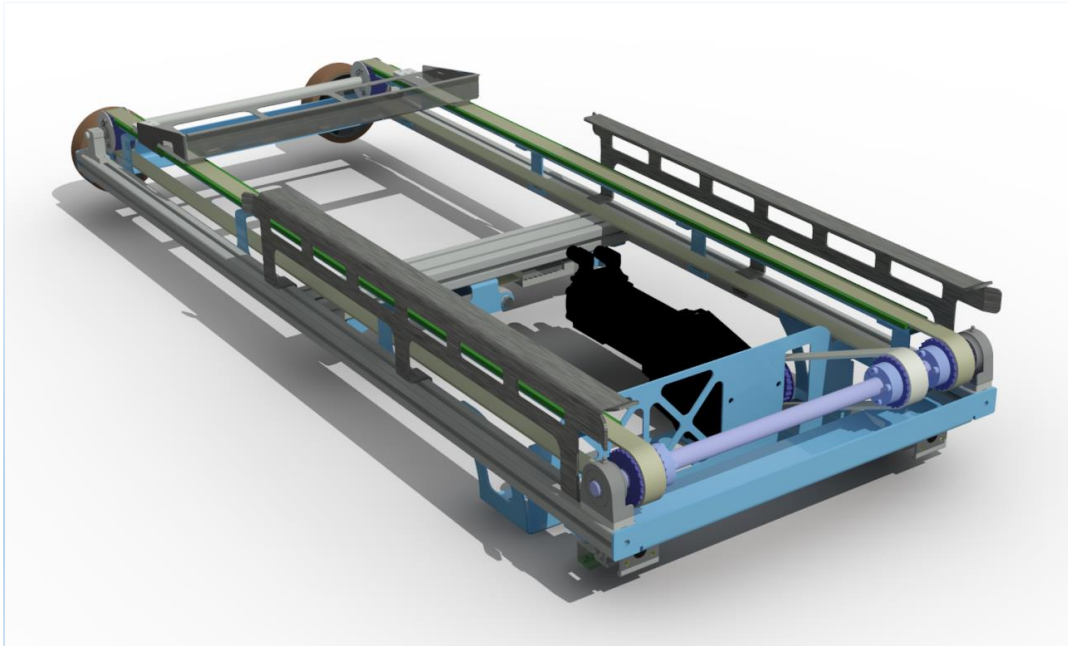


Figuur 4-10 - Push beveiliging

Omdat het kunststof deel naar verloop van tijd zal gaan slijten, is dit een slijtdeel en dient deze opgenomen te worden in de onderhoudshandleiding van het CE-rapport. Daarnaast moet worden vermeld in de onderhoudshandleiding hoe deze te vervangen is.

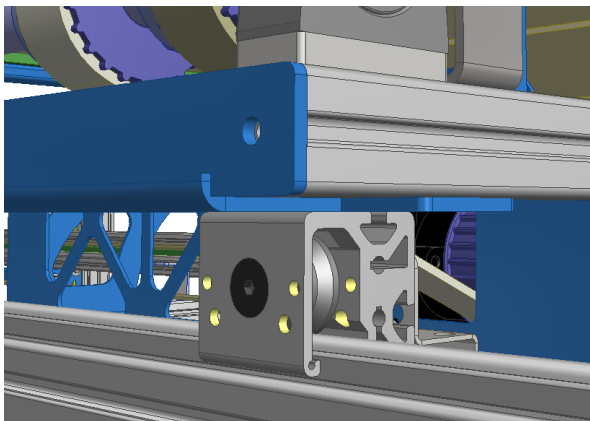
4.2.3 PUSHER-DEVICE

Ook de pusher-device is opnieuw ontworpen met het oog op montagereductie. De zogenaamde Drive-components zijn hetzelfde gebleven als in het huidige ontwerp, maar de opbouw heeft een nieuw uiterlijk gekregen. Hierbij is er op gelet dat de structuur zo open mogelijk is, zodat bij montage gaten en bouten makkelijk bereikbaar is. Daarnaast is het hoofdframe gemaakt van 40x40 ITEM profielen, om het aantal bewerkingen te reduceren. Naast de reductie van bewerkingen geeft dit ook extra flexibiliteit ten behoeve van de montage van onder andere meet apparatuur zoals sensoren.

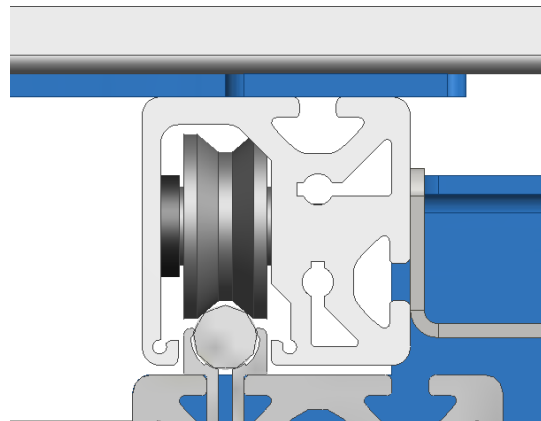


Figuur 4-11 - Pusher-device

Aan de werking van de pusher-device is nagenoeg niks veranderd. Alleen de manier van geleiden is veranderd in het nieuwe ontwerp. In het nieuwe ontwerp wordt de pusher-device namelijk geleid door een lagereenheid van ITEM. Dit product rijdt zeer nauwkeurig over een stalen as heen en zorgt hier bij voor de nodige geleiding, zoals te zien in *Figuur 4-13*. De as zit vast door middel van een klikverbinding in een klemprofiel. Alvorens de as hier in te klikken, dient het klemprofiel in de sleuf van het 120x80 profiel geplaatst te worden. Doordat de as in het klemprofiel klikt, klemt dit klemprofiel zich vast in het kokerprofiel.



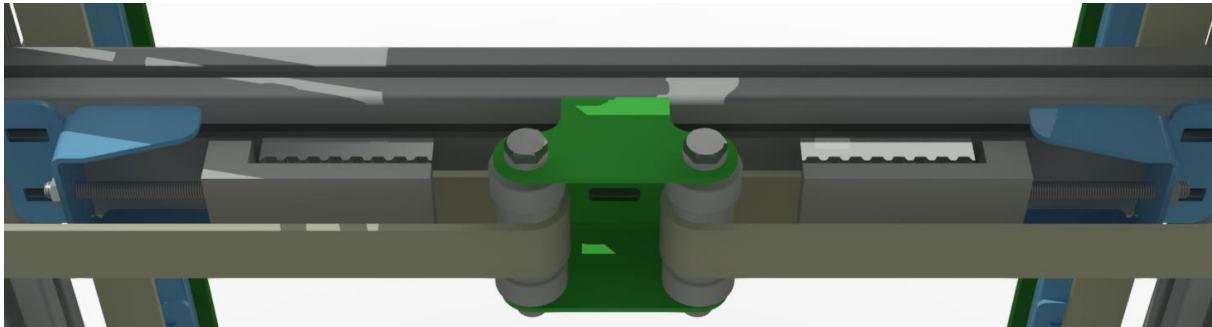
Figuur 4-13 - Geleiding pusher-device



Figuur 4-13 - Zijaanzicht lagereenheid

Aan de achterzijde van de pusher-device wordt de pusher-device slechts geleid door een tweetal wielen die ook weer een vulkollan oplegging hebben, om het geluid te reduceren.

De laatste verandering die nog is doorgevoerd in het nieuwe ontwerp is dat de motor voor verplaatsing van de pusher-device van de pusher-device af is gehaald, deze is nu geplaatst op de horizontale geleider. Dit komt de beweegbare massa ten goede. Om deze reden is er wel een nieuw span-mechanisme toegepast. Deze is weergegeven in *Figuur 4-14*.



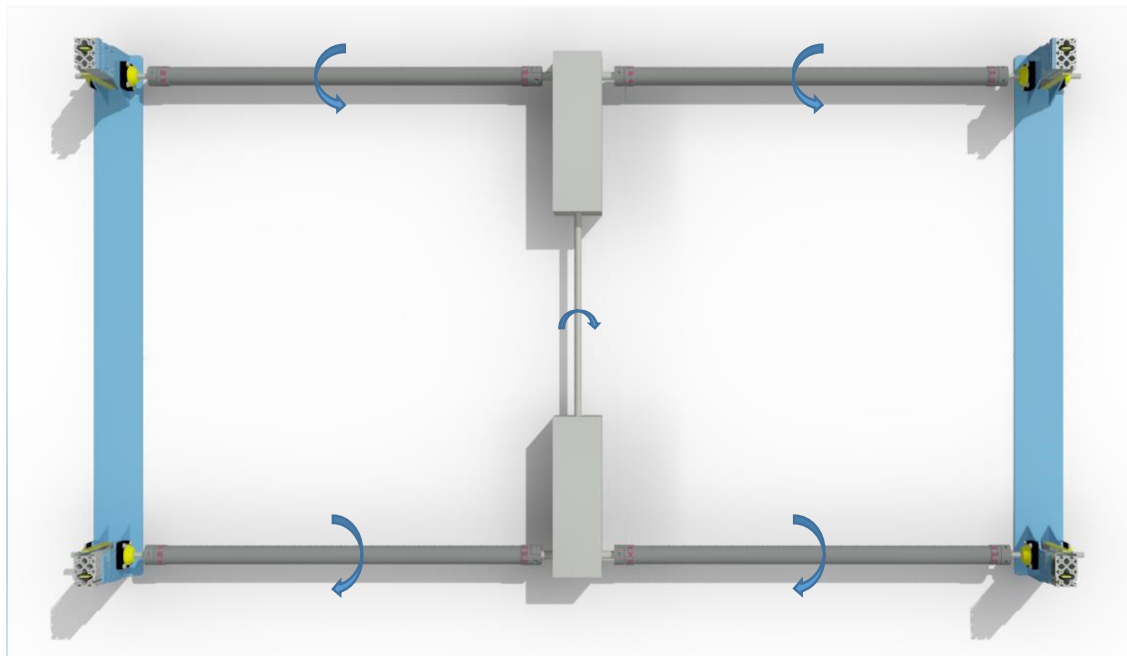
Figuur 4-14 - Tandriemspanner pusher-device

Het principe lijkt op het span-mechanisme van de tandriemen in de hefkolommen. In het midden van de pusher-device is een 80x40 ITEM profiel bevestigd, die tevens de haaksheid van de pusher-device dient te garanderen. Op dit extrusie profiel is een gezette plaat opgenomen (met groen aangegeven in *Figuur 4-14*), waarbinnen twee rollen bevestigd zijn. Deze rollen kunnen draaien om een kunststof glijlager, wat het spannen vergemakkelijkt. De tandriem komt onderlangs aan en dient te worden gelegd om de rol. Na dat de tandriem van de rol afkomt (180 graden draai) dient deze te worden bevestigd in het spanblok.

4.2.4 AANDRIJVING HEFKOLOMMEN

Door het nieuwe ontwerp van de liften dient ook een nieuwe aandrijving ontworpen te worden. Omdat de hefkolommen nu in blokvorm opgesteld staan moet er rekening mee gehouden worden dat de voorste en achterste hefkolommen tegenovergesteld aangedreven dienen te worden, zodat er binnen het blok gehesen kan worden.

Om deze reden is de aandrijving bedacht die is weergegeven in *Figuur 4-15*. Om een ingewikkelde overbrenging, met de daarbij behorende afstel mogelijkheden, te voorkomen is er gekozen om aan te drijven door middel van een tweetal motoren⁸. Deze motoren zullen door middel van een as mechanisch gekoppeld worden en aangestuurd worden door één regelaar. Dit zal zorgen voor een gelijkmatige aandrijving met minimale afwijking.



Figuur 4-15 - Aandrijving hefkolom

⁸ De motoren in het figuur zijn als blok opgenomen. De leverancier heeft aangegeven dat deze niet openbaar gemaakt mogen worden aangezien het hier een klant specifieke oplossing betreft.

De uitgaande assen van de motoren worden vervolgens door middel van torsiestijve assen gekoppeld aan de hefkolommen. De motoren zijn in het midden van het blok geplaatst zodat er naar alle hefkolommen een zelfde hoekverdraaiing in de aandrijfassen ontstaat. Op deze manier is de aandrijving het meest maatvast.

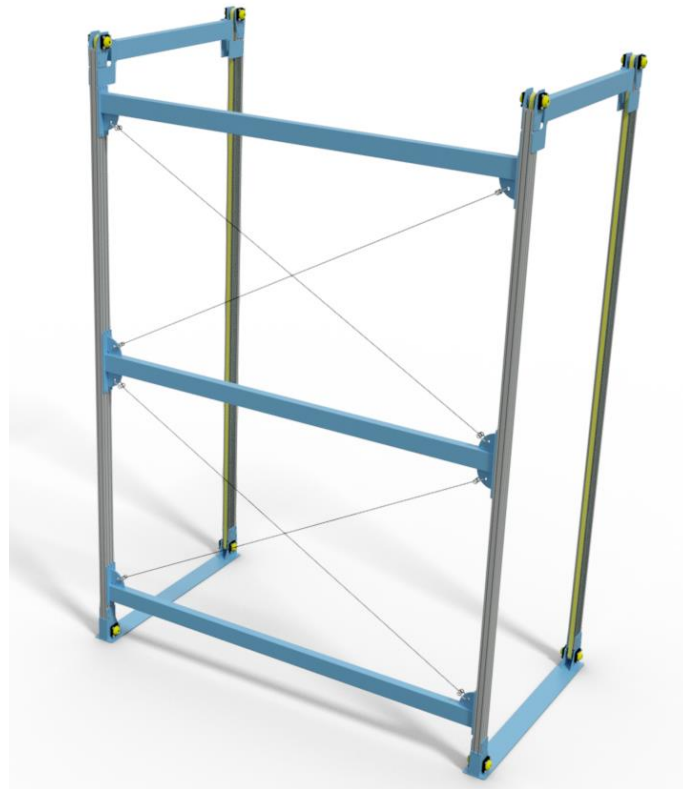
De berekening van de aandrijfjas is opgenomen in 5.3.

4.2.5 KOOICONSTRUCTIE

Zonder kooiconstructie zouden de vier hefkolommen nooit rechtop blijven staan. Door van de vier hefkolommen een statische constructie te maken zouden nagenoeg alle bewegingen, doorbuiging en afwijkingen geëlimineerd kunnen worden.

Om te beginnen worden de voorste hefkolommen bevestigd aan de stelling. Mits dit op de juiste manier gebeurt en de stelling de juiste sterkte meegekregen heeft, zal de doorbuiging door knik in het profiel minimaal zijn. De achterste hefkolommen kunnen boven- en onderin met de voorste hefkolommen worden gekoppeld zonder in het werkveld van de lift te komen.

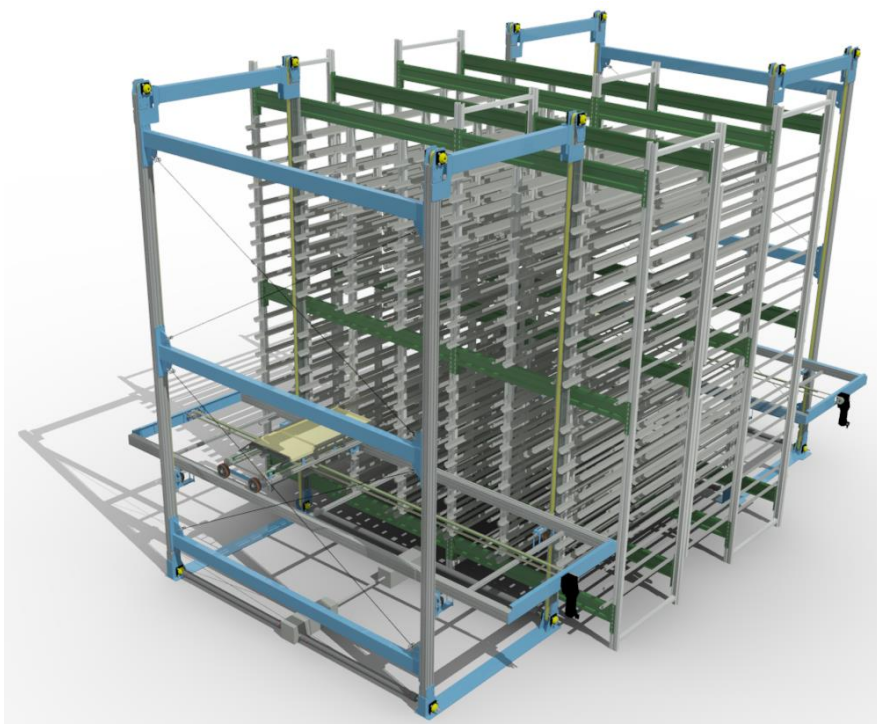
De laatste mogelijkheid om stevigheid te geven aan de constructie is het toevoegen van schoren tussen de achterste hefkolommen. In de lengte zijn een drietal verbindingskokers geplaatst en zullen ze worden geschoord door een windverband, van staaldraad.



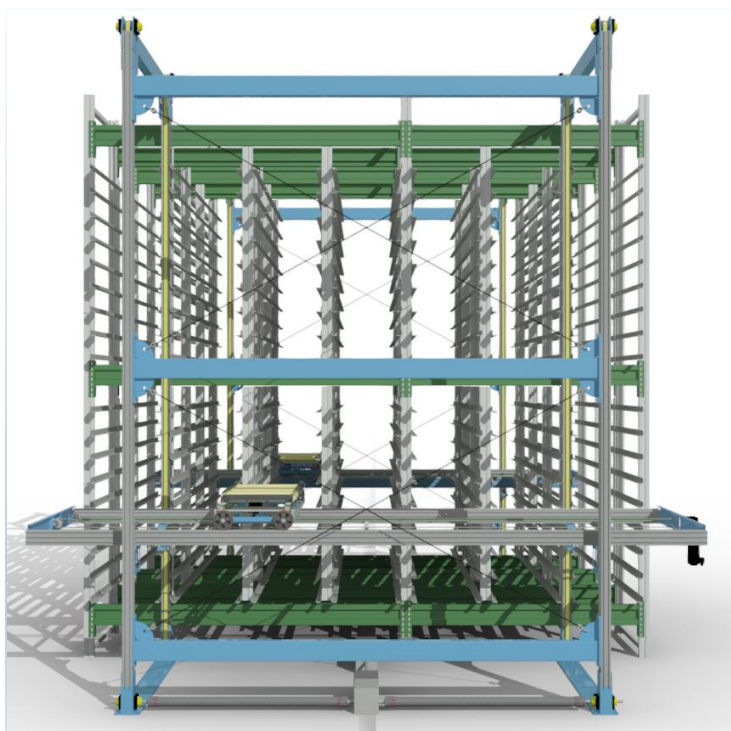
Figuur 4-16 - Kooiconstructie lift

4.3 TOTAAL ONTWERP

Door nu de stelling en de liften samen te voegen is de vernieuwde i-Collector compleet⁹. In onderstaande figuren is de machine vanuit een aantal aanzichten te zien.

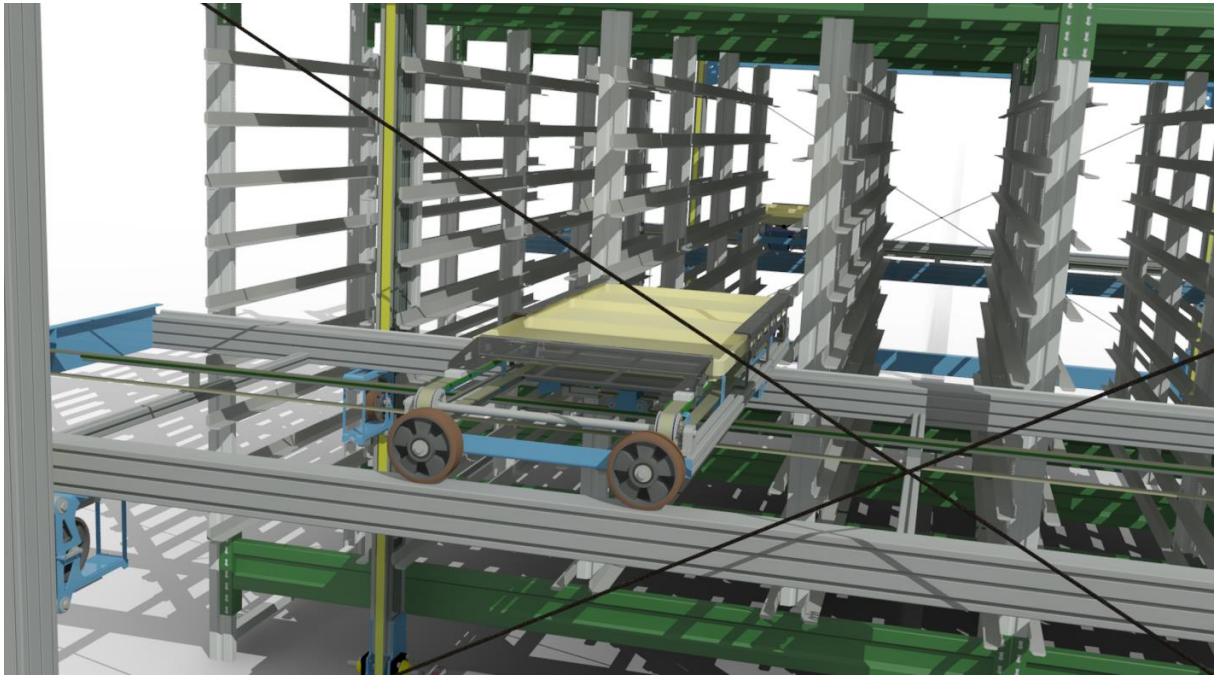


Figuur 4-17 – 3D-aanzicht



Figuur 4-18 – Zij aanzicht

⁹ Afgezien van de aan- en afvoerbanen die tijdens het afstudeertraject buiten beschouwing zijn gelaten.



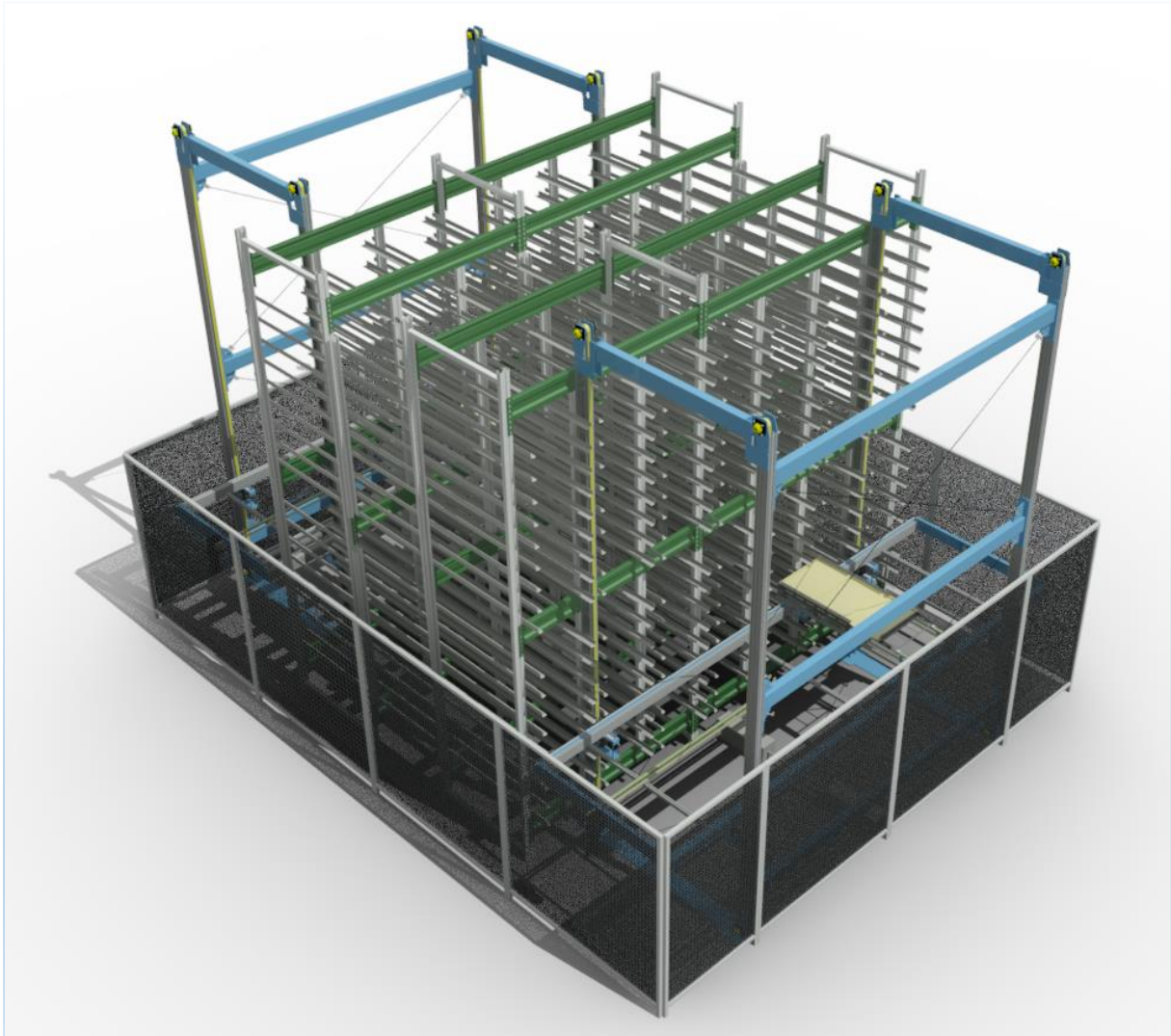
Figuur 4-19 – Pusher-device



Figuur 4-20 - Bovenaanzicht

4.3.1 VEILIGHEID

Tijdens het ontwerptraject is ook rekening gehouden met machineveiligheid. Een machine als deze moet altijd afgeschermd werken, indien dit niet gebeurt zou dit kunnen leiden tot letsel bij werknemers. Om deze reden zal er te allen tijden afscherming rondom de machine aanwezig moeten zijn.



Figuur 4-21 - Hekwerk i-Collector

Een bekend gezegde is: Je moet gebruik maken van je zwaktes. Dat is in dit geval ook gedaan. Dit nieuwe concept heeft als nadeel dat de achterste hefkolommen extra ruimte in zouden nemen. Maar indien er afscherming nodig is, kan dit juist als sterktepunt gebruikt worden. De afscherming kan nu bevestigd worden aan deze achterste hefkolommen waardoor de “verloren ruimte” te niet gedaan wordt.

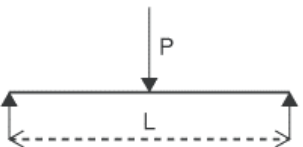
Voor het uiteindelijke ontwerp zullen diverse onderdelen berekend moeten worden. In dit hoofdstuk zullen deze berekeningen besproken worden, hierbij gaat het over de volgende berekeningen;

- Doorbuiging van de horizontale geleider;
- Tandriemen en pulleys;
- As berekening;
- Knikberekening;
- Motorberekening.

Aan de hand van deze berekeningen kunnen sommige cruciale onderdelen van deze machine definitief worden bepaald.

5.1 DOORBUIGING HORIZONTALE GELEIDER

Binnen de I-Collector zorgt de horizontale geleider, in combinatie met de hefkolommen voor de plaatsing van de pusher-device ten opzichte van de stelling. Hierbij is het belangrijk om te weten wat de doorbuiging van de horizontale geleider is. Dit moet namelijk beperkt blijven tot een maximum, om eventuele crashes zo veel mogelijk te voorkomen. In de berekening die volgt wordt berekend welke waarde voor het traagheidsmoment van de horizontale ligger benodigd is, om de maximale doorbuiging van 3 millimeter op te vangen.

Belastingssituatie		Max. moment	Doorbuiging
Vrij opgelegd op twee steunpunten met een puntbelasting in het midden.		$M = \frac{PxL}{4}$	$f = \frac{PxL^3}{48xEI}$

Figuur 5-1 - Belastingssituatie

De doorbuiging kan worden berekend met de volgende formule:

$$f = \frac{P * L^3}{48 * E * I}$$

In dit geval is de doorbuiging al bekend en is juist het traagheidsmoment (I) onbekend, dit leidt tot de volgende formule:

$$I_{xx} = \frac{P * L^3}{48 * E * f} * Veiligheidsfactor$$

Waarbij:

$I =$ Traagheidsmoment van de doorsnede;

$P =$ Belasting op het midden van de oplegging; 853,47 N

$L =$ Overspanning; 3.800 mm

$E =$ E-modulus van het gekozen materiaal; 70.000 MPa (Aluminium 6061)

$f =$ Max. doorbuiging. 3 mm (Op aangeven van Hugo de Vries)

$$I_{xx} = \frac{853,47 * 3.800^3}{48 * 70.000 * 3} * 1,3 = 6.039.790,4 \text{ mm}^4$$

Hieruit blijkt dat de horizontale ligger moet voldoen aan een waarde van 6.039.790,4 mm⁴ voor I_{xx}.

Naast de doorbuiging in verticale richting moet ook de doorbuiging in horizontale richting bepaald worden wanneer de pusher-device de kratten de stelling in pusht. Hierbij kan worden uitgegaan van de zelfde formule als hierboven, maar met andere waardes;

$P =$ Belasting op het midden van de oplegging; 1.000 (Op aangeven van Hugo de Vries)

$L =$ Overspanning; 3.800 mm

$E =$ E-modulus van het gekozen materiaal; 70.000 MPa (Aluminium 6061)

$f =$ Max. doorbuiging; 5 mm (Op aangeven van Hugo de Vries)

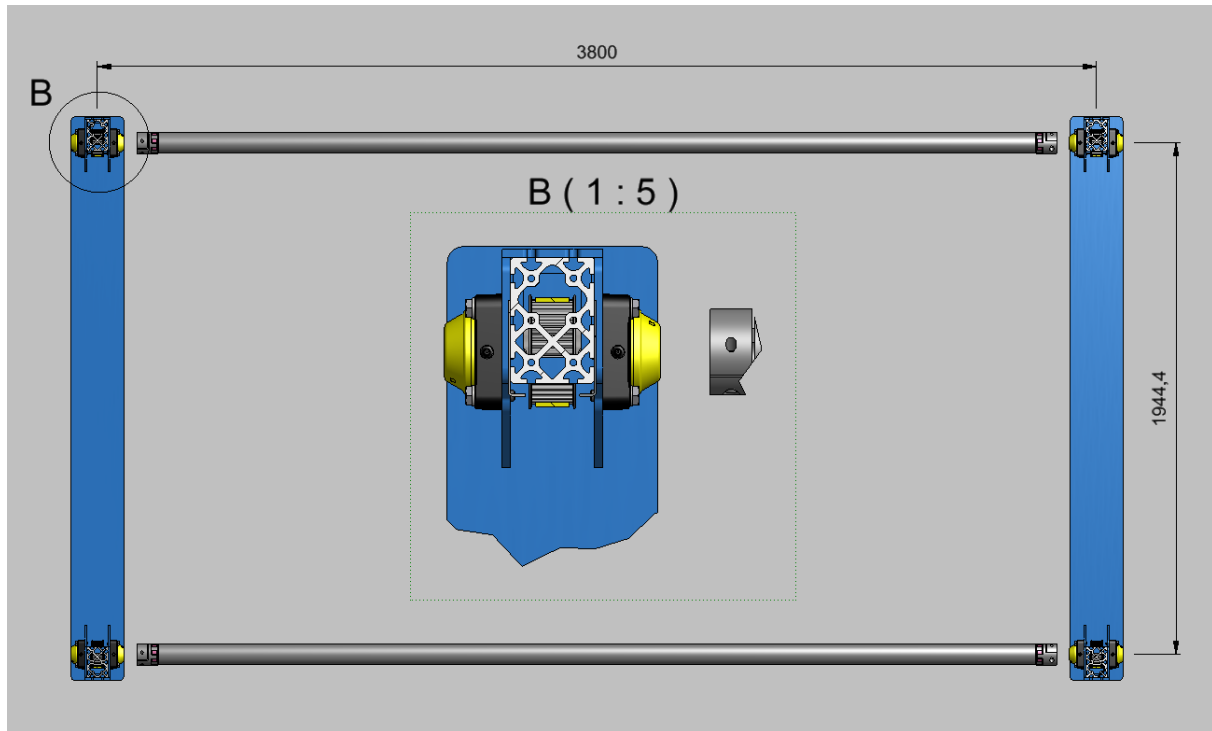
Dit leidt tot de volgende waarde;

$$I_{yy} = \frac{1.000 * 3.800^3}{48 * 70.000 * 5} * 1,3 = 4.246.047,6 \text{ mm}^4$$

De horizontale geleider dient te voldoen aan de waardes van 6.039.790,4mm⁴ voor I_{xx} en 4.246.047,6mm⁴ voor I_{yy}

5.2 BEREKENING TANDRIEMEN

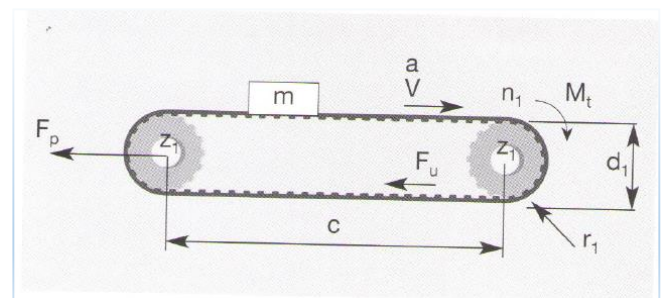
Voor de aandrijving van de hefkolommen is gekozen voor het gebruik van tandriemen. Om de juiste tandriemen te bepalen moeten deze berekend worden. In *Figuur 5-2* is een overzicht weergegeven van de hefkolommen, welke benodigd is bij de berekening. Bij deze berekening wordt gebruik gemaakt van de productcatalogus van Caldic.



Figuur 5-2 - Overzicht hefkolommen

Om te beginnen met de berekening is er eerst een overzicht van bepaalde data nodig, volgens *Figuur 5-3* - Overzicht benodigde gegevens:

Afstand pulley tot pulley	$C = 5.400 \text{ mm}$
Effectieve pulley diameter	$d_1 = 61,81 \text{ mm}$
Snelheid	$v = 2 \text{ m/s}$
Versnelling	$a = 2,2 \text{ m/s}^2$
Belasting	$Q = 82 \text{ kg}$



Waarbij d_1 bepaald is aan de hand van Tabel A-1 - *Figuur 5-3* - Overzicht benodigde gegevens

Overzicht pulley diameters, welke in A. Bijlagen Bij Tandriemberekening te vinden is. Hierbij is de diameter

Bron: (Caldic, 2014)

gekozen aan de hand van de beschikbare ruimte in de machine. Een diameter van 100,01mm bleek optimaal.

Om te beginnen dient de effectieve spanning op de tandriem uitgerekend te worden. Dit gebeurt als volgt:

$$F_u = (m \cdot a) + (m \cdot g \cdot \mu) = (82 \cdot 2) + (82 \cdot 9,81 \cdot 0,8) = 807,54 \text{ N}$$

Waarbij:

$$F_u = \text{Effectieve spanning}$$

$$\mu = \text{Wrijvingscoëfficiënt tussen tandriem en pulley}$$

Aan de hand van de effectieve spanning kan het type tandriem worden bepaald. Dit wordt gedaan aan de hand van Figuur A-1 - Overzicht tandriem types, uit A. Bijlagen Bij Tandriemberekening. Uiteindelijk is er gekozen voor een AT10 tandriem. De grootste reden voor dit besluit is dat er een smallere tandriem kan worden gebruikt. Zo is er meer vrijheid in het ontwerp.

De volgende stap is het bepalen van de tandriembreedte. Hiervoor wordt de volgende formule gehanteerd:

$$b = \frac{F_u \cdot C_s \cdot 10}{F_{p \text{ spec}} \cdot Z_m}$$

Waarbij:

$C_s =$ Safety factor (Bepaald, aan de hand van Caldic catalogus, op 1,8);

$F_{p \text{ spec}} =$ Weerstand van de pulley, te bepalen aan de hand van Tabel A-2 - Tooth resistance, uit A. Bijlagen Bij Tandriemberekening;

$Z_m =$ Aantal tanden per pulley in aanraking met de tandriem, met een maximum van 12.

Om $F_{p \text{ spec}}$ te kunnen bepalen is het toerental waarop de machine draait benodigd. Dit wordt als volgt uitgerekend:

$$n = \frac{v \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot \frac{d_1}{2}} = \frac{2200 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot \frac{100,01}{2}} = 420,17 \text{ n/min}$$

Aan de hand van de tabel kan nu worden geconcludeerd dat voor $F_{p \text{ spec}}$ een waarde van 58 kan worden ingevuld.

Nu in de formule voor b alle gegevens ingevuld worden kan de breedte van de band worden bepaald:

$$b = \frac{807,54 \cdot 1,8 \cdot 10}{58 \cdot 10} = 25,06 \text{ mm}$$

De dichtstbijzijnde breedte > 25,06 is dan 32mm.

De voorspanning in de tandriem kan nu worden berekend:

$$F_p = F_u = 807,54 \text{ N}$$

Er kan nu een controleberekening worden uitgevoerd om te zien of de gekozen tandriem voldoet aan de gestelde eisen:

$$\text{Max traction load} > \frac{F_p}{2} + (F_u \cdot C_s)$$

Waarbij:

$\text{Max traction load} =$ Maximale belasting van de tandriem, te bepalen aan de hand van Tabel A-3 - Traction resistance, uit A. Bijlagen Bij Tandriemberekening.

De controleberekening kan worden uitgevoerd:

$$4.510 \text{ N} > \frac{807,54}{2} + (807,54 \cdot 1,8) = 1.857,34 \text{ N}$$

De tandriem voldoet aan de verwachtingen omdat de bovenstaande berekening klopt.

Een laatste belangrijk onderdeel van de bepaling van de tandriem is het bepalen van de rek in de tandriem. De maximale rek in de tandriem mag 3mm bedragen. De rek in de tandriem kan op twee verschillende manieren worden vastgesteld. Dit kan door de rek bij de totale massa van de te heffen onderdelen te bepalen, maar dit

kan ook door de rek te bepalen door het verschil in massa tussen een volle en lege pusher-device. In dit geval is de laatste optie aan de orde, dit omdat de machine per kanaal wordt ingeleerd. De rek van de horizontale geleider en pusher-device zit in dit geval al in de tandriem. De rek die in dit geval bepalend is voor de werking van de machine, is de rek die wordt veroorzaakt door de extra massa na het inleren van de machine.

De rek van de tandriem wordt als volgt bepaald:

$$\Delta l / l_0 = \frac{(F_{u\ vol} - F_{u\ leeg}) \cdot 4}{Max\ traction\ load} = \frac{(807,54 - 689,36) \cdot 4}{4510} = 0,105\ mm/m$$

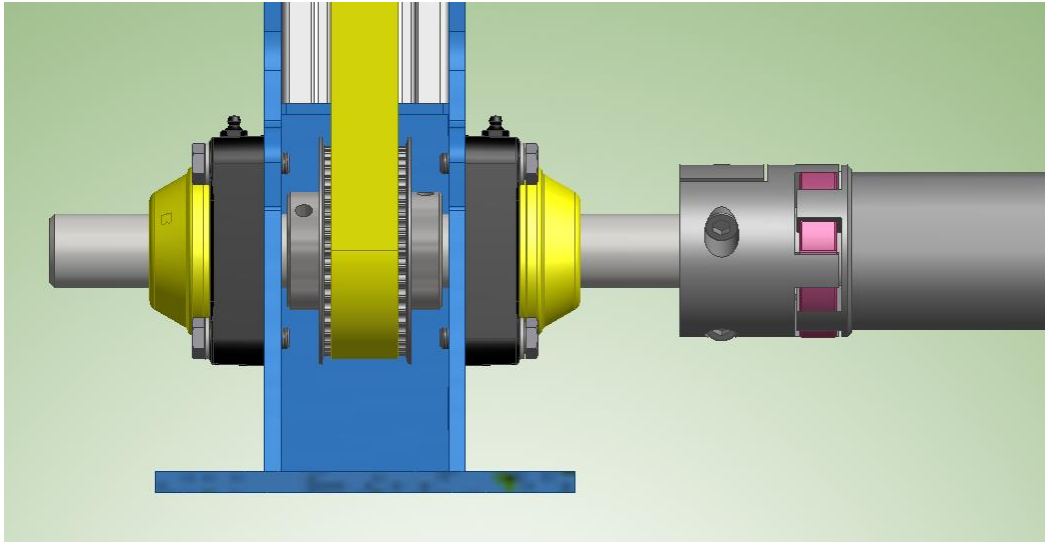
Aangezien de aandrijving beneden geplaatst is, moet deze rek berekent worden over de volledige lengte van de tandriem. Dit leidt tot de volgende rek:

$$Rek\ (mm) = 0,105 \cdot 10,8 = 1,134\ mm$$

Conclusie van deze berekening is dat er gebruik kan worden gemaakt van een AT10 tandriem met een breedte van 32mm.

5.3 BEREKENING AANDRIJFAS HEFKOLOM

De aandrijfjas is een belangrijk deel van de hefkolom. Het is daarom ook belangrijk dat deze as berekend wordt. In de berekening wordt uitgegaan van de situatie welke is weergegeven in Figuur 5-4 - Vooraanzicht hefkolom aandrijfzijde. Bij de berekening wordt assenstaal (C45) gebruikt als materiaal voor de aandrijfjas.



Figuur 5-4 - Vooraanzicht hefkolom aandrijfzijde

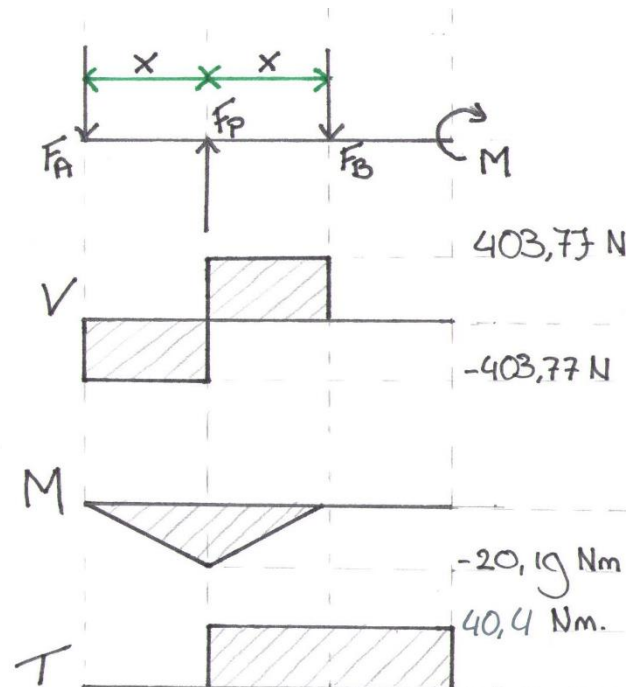
Om de berekening te kunnen maken dient er eerst een vrijlichaamsschema gemaakt te worden, met de daarbij behorende dwarskrachten, momenten en wringingslijnen. Deze zijn geplaatst in Figuur 5-5 - Vrijlichaamsschema aandrijfjas. Bij de figuur gelden de volgende waarden:

$$F_P = 807,54 \text{ N}$$

$$F_A = F_B = \frac{F_P}{2} = 403,77 \text{ N}$$

$$X = 0,05 \text{ m}$$

$$M = \frac{F_P \cdot D_{\text{pulley}}}{2} = \frac{807,54 \cdot 0,10001}{2} = 40,4 \text{ Nm}$$



Figuur 5-5 - Vrijlichaamsschema aandrijfjas

Om de diameter van de as te bepalen moet de volgende formule worden gebruikt:

$$D_e = 2 \left(\frac{2}{\pi \cdot \tau_{toel}} \cdot \sqrt{M^2 + T^2} \right)^{1/3} \cdot S_f$$

Waarbij:

D_e = Effectieve diameter van de as
 τ_{toel} = Toelaatbare schuifspanning
 M = Buigend moment op de as
 T = Wringend moment op de as
 S_f = Veiligheidsfactor

Om τ_{toel} te bepalen moet het belasting type bepaald worden. τ_{toel} wordt namelijk bepaald door:

$$\tau_{toel} = f \cdot \tau_{tWN}$$

Waarbij:

f = Belastingsfactor, afhankelijk van belastingstype;

Constante belasting =	1
Schommelende belasting =	2/3
Sprong belasting =	1/2
Wisselende belasting =	1/3

τ_{tWN} = Afschuifspanning van het materiaal

In deze toepassing wordt de as wisselend belast. De formule kan nu worden ingevuld:

$$D_e = 2 \left(\frac{2}{\pi \cdot (230 \cdot 10^6 \cdot 1/3)} \cdot \sqrt{20,19^2 + 40,4^2} \right)^{1/3} \cdot 1,2 = 0,0178 \text{ m} = 17,8 \text{ mm}$$

De volgende stap is om de juiste spie te kiezen bij de as. Dit kan worden gedaan aan de hand van Tabel B-1 - Spieën, uit B. Bijlagen bij asberekeningen. Voor het bepalen van de asdiameter wordt de volgende formule aangehouden:

$$D = D_e + t_1$$

De berekende D_e valt binnen de range 17-22mm, dit leidt tot een spie afmeting van 6x6mm, waarbij $t_1 = 3,5\text{mm}$. Uiteindelijk kan de asdiameter bepaald worden:

$$D = 17,8 + 3,5 = 21,3\text{mm}$$

De aandrijfas dient een diameter te hebben groter of gelijk aan 21,3mm. Aangezien 21,3mm geen standaard asmaat is, wordt er gekozen voor een asmaat van 22mm.

5.4 BEREKENING HEFKOLOM OP KNIK

In het nieuwe concept zijn er twee hefkolommen 'naar buiten gehaald'. Deze twee hefkolommen kunnen nauwelijks worden ondersteund en dienen daarom stevig genoeg te zijn om de krachten van de horizontale geleider op te vangen. In het ontwerp is gekozen voor een 120x80 Profil8 aluminium extrusieprofiel van Item, hier is voor gekozen omdat dit profiel binnen de nauwe ruimtes past binnen de stelling, maar ook omdat de tandriem door de kern van het profiel gestuurd kan worden, wat vervolgens weer ruimtebesparing oplevert.

In de volgende berekening zal worden gekeken of dat deze kolom niet zal knikken en wat de maximale doorbuiging van de hefkolom is.

Om te beginnen kan aan de hand van de formule van Euler de kritische belasting worden bepaald:

$$P_x = \frac{\pi^2 EI_x}{(KL)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 70 \cdot 10^3 \cdot 2,75 \cdot 10^6}{3.780^2} = 260,6 \text{ kN}$$

Waarbij:

- P_x = Kritische belasting in x-richting waarbij de kolom instabiel wordt, waarbij de kracht in lijn staat met het massamiddelpunt van het profiel;
- E = E-modulus van het materiaal;
- I_x = Traagheidsmoment in de x-richting;
- K = Effectieve lengtefactor aan de hand van
- L = Lengte van de hefkolom.

Nu de kritische last in de x-richting is bepaald, kan deze ook worden bepaald in de y-richting, zodat deze met elkaar kunnen worden vergeleken.

Omdat de y-richting excentrisch wordt belast, moet er gebruikt gemaakt worden van de secansformule:

$$\sigma_v = \frac{P_y}{A} \left[1 + \frac{ec}{r_y^2} \sec \left(\frac{(KL)_y}{2r_y} \sqrt{\frac{P_y}{EA}} \right) \right]$$

Waarbij:

- σ_v = Vloeigrens van het materiaal;
- P_y = Kritische belasting in y-richting waarbij de kolom instabiel wordt;
- A = Oppervlakte van de dwarsdoorsnede van het profiel;
- e = Excentriciteit van de belasting;
- c = Afstand van de neutrale lijn tot de buitenste vezel waar de grootste drukspanning optreedt;
- r_y = Gyrostraal van het profiel;
- K = Effectieve lengtefactor;
- L = Lengte van de hefkolom;
- E = E-modulus van het materiaal.

De gyrostraal van het profiel kan worden bepaald aan de hand van de volgende formule:

$$r_y = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{5,7486 \cdot 10^6}{4.005}} = 37,89 \text{ mm}$$

Door de secansformule in te vullen met de bekende waarden en deze op te lossen kan de volgende waarde voor P_y worden verkregen:

$$P_y = 113,5 \text{ kN}$$

Aangezien $P_y > P_x$, zal de kolom het eerste bezwijken in de y-richting. De belasting op de hefkolom is bekend en levert daarom de volgende vergelijking op:

$$P < P_{kr,y}, \text{ levert: } 824,04 \text{ N} < 113,5 \text{ kN}$$

De kolom zal niet knikken met de bekende belasting, als volgt kan de doorbuiging van de kolom worden bepaald:

$$v_{max} = e \left[\sec \left(\sqrt{\frac{P}{EI_y}} \frac{L}{2} \right) - 1 \right] = 80 \left[\sec \left(\sqrt{\frac{824,04}{70 \cdot 10^3 \cdot 5,7486 \cdot 10^6}} \frac{5400}{2} \right) - 1 \right] = 0,601 \text{ mm}$$

Waarbij:

$V_{max} =$ Maximale doorbuiging van de kolom;

$e =$ Excentriciteit van de belasting;

$P =$ Belasting op de kolom;

$E =$ E-modulus van het materiaal;

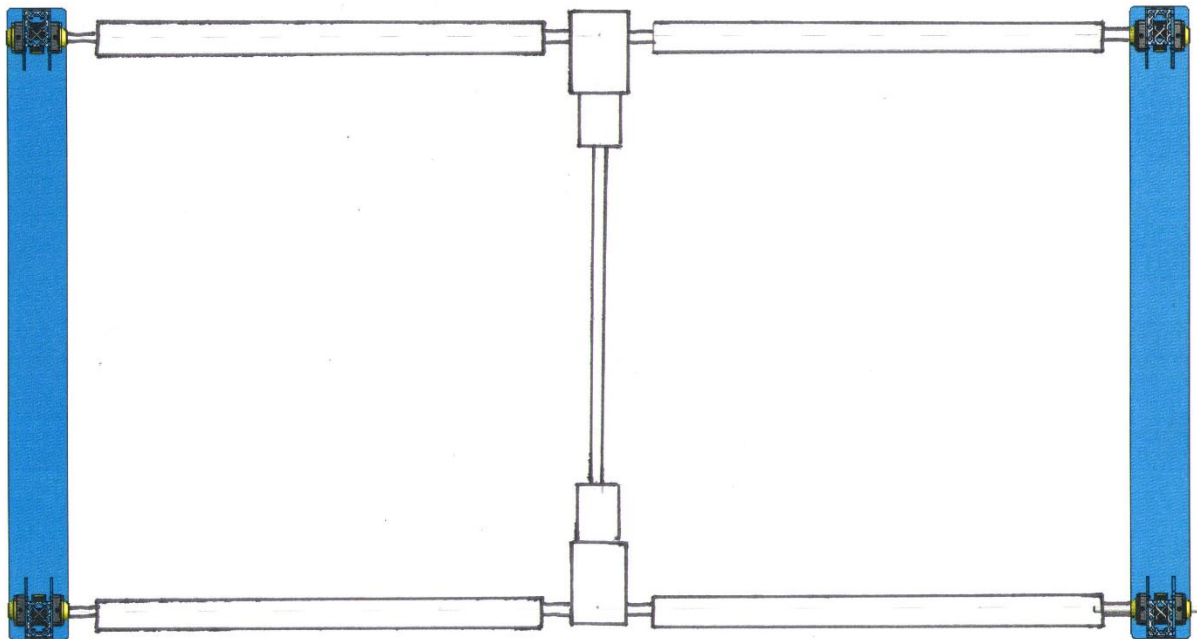
$I_y =$ Traagheidsmoment in de y-richting;

$L =$ Lengte van de hefkolom.

5.5 MOTORBEREKENING HEFKOLOM

Om de juiste motor bij deze toepassing te kiezen is het van belang dat de benodigde specificaties berekend worden. In de komende paragraaf zal deze berekening gemaakt worden.

Alvorens de aandrijving berekend kan worden, moet er een motorconfiguratie bedacht worden. Aangezien de tegenover elkaar gestelde hefkolommen ook tegenovergesteld moeten draaien is er voor de configuratie gekozen zoals aangegeven in Figuur 5-6 - Aandrijving voor de hefkolommen.



Figuur 5-6 - Aandrijving voor de hefkolommen

Om extra overbrengingen en stelmogelijkheden te voorkomen is er gekozen voor een tweetal motoren, deze zullen mechanisch gekoppeld worden door een as om het master-slave effect¹⁰ te voorkomen. Hierbij is het wel van belang dat beide motoren aangestuurd worden door de zelfde regelaar. De motoren staan in het midden tussen de hefkolommen in de breedte, van daaruit wordt de beweging door middel van torsie stijve assen naar de hefkolommen overgebracht.

Voor de berekening zijn de volgende waardes bekend:

$$\begin{aligned} m &= 254,5 \quad kg \\ v &= 2,2 \quad m/s \\ a &= 2 \quad m/s^2 \\ D_{pulley} &= 100,01 \quad mm \end{aligned}$$

Aangezien er een tweetal motoren worden gebruikt, mag m gehalveerd worden in de berekening.

Om te beginnen wordt het toerental berekend op de uitgaande as:

$$n = \frac{v \cdot 60}{\pi D} = \frac{2,2 \cdot 60}{\pi \cdot 0,10001} = 420,127 \text{ tpm}$$

¹⁰ Master-slave effect: Effect wat optreed bij een tweetal samenwerkende elektromotoren die net niet gelijk lopen. De een moet hierbij de ander voortrekken.

Om een motor te kunnen kiezen moet ook het benodigde koppel bekend zijn:

$$Koppel_{totaal} = Koppel_{versnelling} + Koppel_{last}$$

Het versnellingskoppel wordt als volgt bepaald:

$$Koppel_{versnelling} = \frac{F_{versnelling} \cdot D}{2}$$

Waarbij het versnellingskracht met de volgende formule berekend kan worden:

$$F_{versnelling} = a \cdot m = 2 \cdot 127,25 = 254,5 \text{ N}$$

$$Koppel_{versnelling} = \frac{F_{versnelling} \cdot D}{2} = \frac{254,5 \cdot 0,10001}{2} = 12,726 \text{ Nm}$$

Het lastkoppel wordt als volgt bepaald:

$$Koppel_{last} = \frac{F_{hijs} \cdot D}{2}$$

Waarbij de hijskracht met de volgende formule berekend kan worden:

$$F_{hijs} = m \cdot g = 127,25 \cdot 9,81 = 1.248,32 \text{ N}$$

$$Koppel_{last} = \frac{F_{hijs} \cdot D}{2} = \frac{1.248,32 \cdot 0,10001}{2} = 62,42 \text{ Nm}$$

$$Koppel_{totaal} = Koppel_{versnelling} + Koppel_{last} = 12,726 + 62,42 = 75,146 \text{ Nm}$$

Als laatste dient nog het vermogen bepaald te worden:

$$P = \frac{F_{(hijs+versnelling)} \cdot v}{\eta} = \frac{1527 \cdot 2,2}{0,8} = 4.200 \text{ W} = 4,2 \text{ kW}$$

Waarbij:

$\eta =$ Rendement van de motor en overbrengingen

Aan het begin van het afstudeertraject is een pakket van eisen voor de stage opgesteld. In dit hoofdstuk wordt een terugkoppeling gegeven op dit pakket van eisen; Hoe en in welke mate zijn deze eisen behaald:

6.1.1 VASTE EISEN

- Ontwerpen van een modulaire constructie die gemakkelijk te fabriceren, transporteren en te monteren is;
 - Er is een herontwerp van de machine I-Collector Euro Gijbels gemaakt. Dit ontwerp kan niet 100% modulaair gemaakt worden, omdat de maat van de trays flexibel is. Het overgrote deel van deze onderdelen zijn modulaair, slechts een aantal dienen custom-made te zijn. Echter is het wel gemakkelijk om de machine op te schalen.
- Parametrisch opgebouwd tekeningenpakket, waarmee een 3D model te realiseren is uit slechts een aantal in te vullen waardes;
 - In het ontwerp is rekening gehouden met het parametrisch opbouwen van het 3D-model, helaas is dit nog niet volledig doorgevoerd. Een aantal onderdelen zijn tot op het laatste moment van de stage nog onzeker geweest en daarom is er te weinig tijd geweest om dit volledig te integreren. Het 3D-model is wel zo opgebouwd dat dit in de toekomst zeer gemakkelijk kan worden gedaan.
- Calculatiemodel voor de salesafdeling die een calculatie kan maken van de I-Collector. (Hierbij gaat het om de basis van de I-Collector, extra in- en of uitgangen en andere zogenaamde 'custom' oplossingen worden hierin niet meegenomen.);
 - Tijdens de stageperiode zijn een aantal geautomatiseerde calculatiemodellen gemaakt met behulp van Microsoft Excel. Dit zijn voornamelijk calculatiemodellen voor het berekenen van bepaalde onderdelen. Aan de hand van deze resultaten kan zeer snel en eenvoudig de prijscalculatie aangevuld worden zoals deze in *Bijlage C* staat. Op deze manier kan snel een richtprijs worden gegenereerd.
- Werking van de machine dient hetzelfde te blijven, zodat er geen patenten komen te vervallen;
 - De werking van de machine zoals in het nieuwe ontwerp is hetzelfde als het huidige ontwerp van de i-Collector, er verandert dus niks aan de patenten.
- Reductie van de kostprijs van 25%;
 - Aan de hand van *Tabel 6-1* kan de kostprijsreductie worden afgelezen. Wanneer de machine opgebouwd wordt in de fabriek, dus wanneer de kostprijs berekend wordt onafhankelijk van de plaats van opbouwen is de kostprijsreductie ruim 23%. Dit is nog niet het beoogde resultaat. Echter zal in de praktijk deze machine nooit in de fabriek opgebouwd worden. Wanneer er wordt uitgegaan van het opbouwen van de machine in België (zoals i-Collector Euro Gijbels) loopt de reductie hoger op tot bijna 32%. Daarbij geldt de regel dat hoe verder vanaf de fabriek de machine opgebouwd wordt, hoe groter deze reductie wordt.
- Reductie in montagetijd van 35%;
 - Uit *Tabel 6-1* blijkt dat de reductie in montagetijd maar liefst 47% is. Deze eis is dus ruim behaald.
- Besparing in transport van 25%;
 - Doordat er in het ontwerp gebruik gemaakt wordt van een standaard stelling, hoeft er minder materiaal getransporteerd te worden doordat deze profielen slanker zijn en beter te stapelen zijn ten opzichte van de huidige i-Collector. Dit geeft een reductie van 50% aangezien er met één vrachtwagen(of zeecontainer) getransporteerd kan worden in plaats van twee.

- Maximaal gewicht van de kratten: Lichte uitvoering - 10kg
 - In het ontwerp is hier rekening mee gehouden.

6.1.2 WENSEN

Tijdens het project moeten de wensen in het achterhoofd gehouden worden, er moet rekening mee gehouden worden dat deze wensen in zo groot mogelijke mate worden nageleefd.

- Internationaal te verkopen, rekening houden met standaard inkoopdelen, die zo veel mogelijk verkrijgbaar zijn over heel de wereld.
 - Het gebruik van de standaard stelling geeft een grote reductie van de kostprijs wanneer er naar een ander continent getransporteerd moet worden. De stelling kan namelijk in elk continent verkregen worden, waardoor deze over minder grote afstand getransporteerd hoeft te worden.

Tabel 6-1 - Terugkoppeling pakket van eisen

	Huidig Euro Gijbels	Concept Euro Gijbels	Resultaat
Prijs België	€ 129.237,29	€ 88.034,83	31,88%
Prijs Bergschenhoek	€ 95.080,42	€ 72.807,33	23,43%
Montagetijd	70 dagen	37 dagen	47,14%
Transport	2000	1000	50,00%
Doorlooptijd productie	8 weken	6 weken	25,00%
Efficiëntieverhoging	-	5-6%+	5-6%+
Bewegende massa verticaal	215 kg	230 kg	6,5%
Bewegende massa horizontaal	70 kg	63 kg	10%
Compactheid	0,207 m ³ / tray	0,1907 m ³ / tray	7,87%

7 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

7.1 CONCLUSIE

Naar aanleiding van de vraag van i-Collector of de machine 25% goedkoper gemaakt zou kunnen worden is dit afstudeeronderzoek uitgevoerd. Uit analyse van de kostprijs van de huidige i-Collector kwam naar boven dat het framework van de stelling en de montage van de totale machine een grote kostenpost zijn. Tijdens het maken van een nieuw ontwerp is hier dan ook rekening mee gehouden en is er een nieuw ontwerp opgeleverd. Bij het maken van het ontwerp stond kostprijsreductie dan ook hoog in het vaandel, montage en transport is daarvan een onderdeel en moest dus ook gereduceerd worden.

Het opgeleverde ontwerp heeft ruim voldaan aan de vooraf gestelde eisen, de volgende reducties zijn bereikt in het nieuwe ontwerp:

- Kostprijs: 30%+
- Montage tijd: 47%
- Transport: 50%

Buiten dat het ontwerp voldoet aan de gestelde eisen is er ook rekening gehouden met de toekomst. Doordat de liften nu in blokform geconstrueerd zijn kunnen deze grotere lasten verwerken, ook kan er voor gekozen worden om meer kratten achter elkaar op de device te plaatsen, zo kan de capaciteit verhoogd worden.

7.2 AANBEVELINGEN

Het enige punt waarop het nieuwe ontwerp is achteruitgegaan is de verticaal te verplaatsen massa. Dit komt voornamelijk door het gewicht van de 120x80 extrusie profielen in de horizontale geleider. Wanneer deze horizontale geleider nog eens herontworpen wordt en er wordt gebruik gemaakt van raamwerken, dan zal deze vermoedelijk lichter en stijver geconstrueerd kunnen worden, wat het ontwerp ten goede komt.

Verder kunnen de inkoopdelen nog vergeleken worden bij diverse leveranciers om zo de kostprijs nog verder te verlagen.

8 REFLECTIERAPPORT

Tijdens de afstudeerstage worden een drietal taakrollen vervuld. De taakrol van ontwerper is hierbij de belangrijkste taakrol en zal de meeste tijd kosten. Daarnaast zullen ook de taakrollen van onderzoeker en projectleider ingevuld worden. Bij deze taakrollen horen de volgende werktuigbouwkundige competenties:

- Projectmanagement uitvoeren
- Een onderzoeksopdracht uitvoeren
- Het kunnen opstellen van een productdefinitie
- Realiseren van een functioneel duurzaam product of voortbrengingsproces
- Realiseren van een detailontwerp van een functioneel duurzaam product of voortbrengingsproces
- Voorbereiden van een voortbrengingsproces
- Beheren of onderhouden van een product of proces

Naast de beroepsspecifieke competenties dient de afstudeerder ook algemene hbo-competenties te ontwikkelen tot het vereiste niveau:

- Kritisch handelen
- Systematisch een probleem aanpakken
- Samenwerken
- Persoonlijke en professionele ontwikkeling
- Zelfverantwoordelijk werken

De hierboven beschreven competenties dienen tijdens de stage te worden ontwikkeld tot op zijn minst niveau 3. Dit niveau wordt bepaald door de mate van complexiteit van de opdracht en de mate waarin dit zelfstandig gebeurt. In Tabel 8-1 is de bepaling van competentieniveaus weergegeven.

Tabel 8-1 - Overzicht competentie niveaus

Overzicht Competenties Niveaus				
		Taakrol		
		Geleid	Zelfstandig	Sturend
Context	Simpel	1	2	3
	Lastig	2	3	4
	Complex	3	4	5

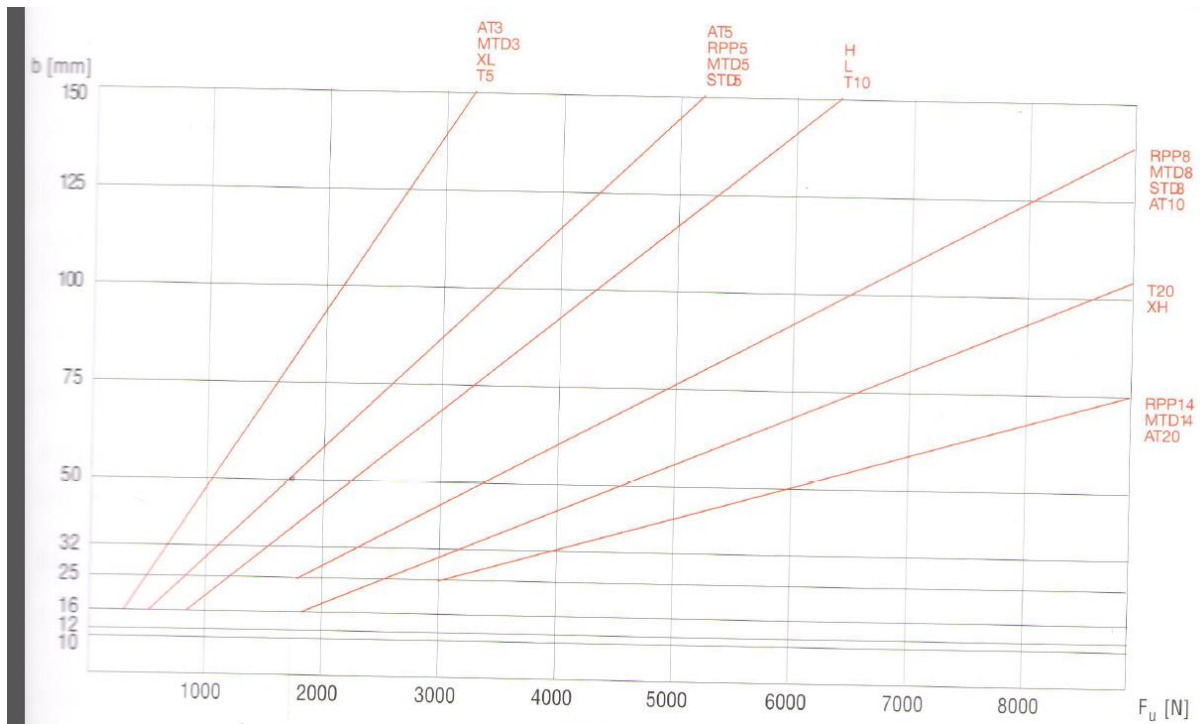
Om een goede indruk van de ontwikkeling te krijgen wordt deze competentietabel vooraf en achteraf aan de afstudeerperiode ingevuld. Deze tabellen zijn te vinden in respectievelijk Bijlage D en Bijlage O.

Conclusie reflectierapport

Aan de hand van de bijlagen zoals hierboven beschreven is op te merken dat er een ontwikkeling heeft plaatsgevonden binnen de competentietabel. Alle gewenste competenties zijn ontwikkeld tot het gewenste niveau, namelijk niveau 3. In sommige gevallen is dit zelfs niveau 4 door de mate waarin de opdracht zelfstandig is uitgevoerd.

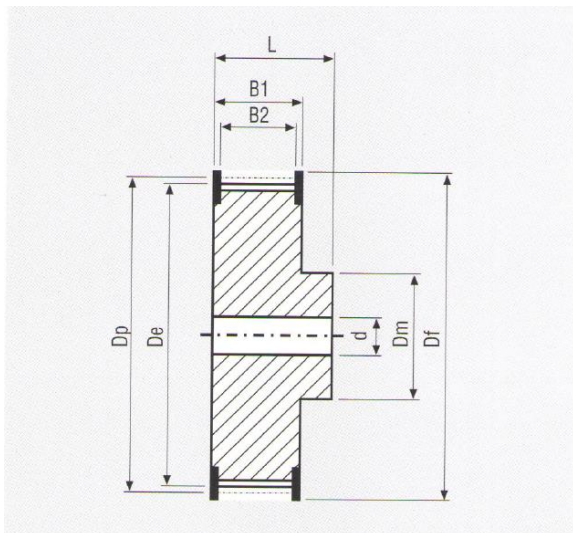
- Beer, J. d. (2010). *Methodisch ontwerpen*. Den Haag: Academic Service.
- Bootsma, J. (2010). *Solid Modeling met Autodesk Inventor 2011*. Den Haag: Academic Service.
- Caldic. (2014). *MEGALINEAR*.
- Herwijnen, e. a. (2010). *Polytechnisch zakboek*. Doetinchem: Reed Business.
- Hibbeler, R. C. (2006). *Sterkteleer*. Amsterdam: Pearson Education.
- MCB. (2007). *MCB Boek*. Valkenswaard.
- Motorkoppel*. (sd). Opgehaald van www.timloto.org
- Muhs, e. a. (2011). *Roloff/matek machine onderdelen*. Den Haag: Academic Service.
- Souren, e. a. (2012). *Ontwerpen van technische innovaties*. Groningen: Noordhoff.
- Vries, H. d. (2015, Februari). Engineer I-Collector Europe. (R. d. Hoog, Interviewer)

A. BIJLAGEN BIJ TANDRIEMBEREKENING



Figuur A-1 - Overzicht tandriem types

Tabel A-1 - Overzicht pulley diameters



N° Teeth	Dp	De	N° Teeth	Dp	De
15	47,75	45,90	27	85,94	84,10
16	50,93	49,08	28	89,13	87,28
18	57,30	55,45	30	95,49	93,65
19	60,48	58,63	32	101,86	100,01
20	63,66	61,81	36	114,59	112,74
22	70,03	68,18	40	127,32	125,48
24	76,39	74,55	44	140,06	138,21
25	79,58	77,73	48	152,79	150,94
26	82,76	80,91	60	190,99	189,14

Tabel A-2 - Tooth resistance

RPM (1/min)	0	20	40	60	80	100	200	300	400	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	5000	8000
$F_{p\ spec}$ (N/cm)	74	72	71	71	70	69	65	62	60	58	53	50	44	40	35	30	27	20

Minimum suggested number of teeth in clamp for linear movement: 7 - HP/HPF cords minimum suggested number of teeth in clamp: 10

Tabel A-3 - Traction resistance

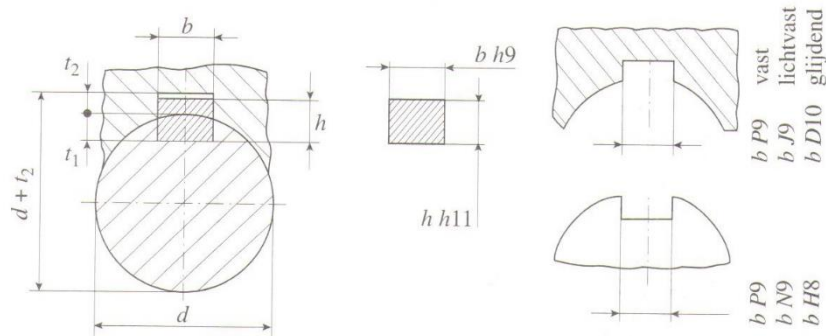
	Belt width (mm)	16	25	32	50	75	100	150
Steel	Max Traction Load (N)	2030	3610	4510	7670	12350	16625	26815
	Breaking Strength (N)	8120	14440	18050	30685	46930	63175	93860
	Elongation at MTL (mm/m)	4	4	4	4	4	4	4

Bron: (Caldic, 2014)

Tabel B-1 - Spieën

4.1 Spieën

Tabel 4.1 Spieën (maten in mm; materiaal meestal St60 of C45k)



as diameter boven t/m	spieafmetingen $b \times h$	spiebaan in as		spiebaan in naaf	
		t_1	tolerantie	$d + t_2$	tolerantie
6– 8	2×2	1,2		1	
8– 10	3×3	1,8		1,4	
10– 12	4×4	2,5	+ 0,1	$d + 1,8$	+ 0,1
12– 17	5×5	3		2,3	
17– 22	6×6	3,5		2,8	
22– 30	8×7	4		3,3	
30– 38	10×8	5		3,3	
38– 44	12×8	5		3,3	
44– 50	14×9	5,5		3,8	
50– 58	16×10	6		4,3	
58– 65	18×11	7	+ 0,2	$d + 4,4$	+ 0,2
65– 75	20×12	7,5		4,9	
75– 85	22×14	9		5,4	
85– 95	25×14	9		5,4	
95– 110	28×16	10		6,4	
110– 130	32×18	11		7,4	
130– 150	36×20	12		8,4	
150– 170	40×22	13		9,4	
170– 200	45×25	15		10,4	
200– 230	50×28	17	+ 0,3	$d + 11,4$	+ 0,3
230– 260	56×32	20		12,4	
260– 290	63×32	20		12,4	
290– 330	70×36	22		14,4	
330– 380	80×40	25		15,4	
380– 440	90×45	28		17,4	
440– 500	100×50	31		19,5	

Bron: (Herwijnen, 2010)

C. KOSTPRIJSANALYSE

Kostprijsoverzicht huidige I-Collector:

	Pusher device 2014024a021	Omschrijving	Materiaal	Kostprijs OBS C	Kostprijs p.s.	Aantal	Kosten totaal
		<i>Maakdelen</i>					
2014024	p265/266	Zijprofiel	Aluminium		€ 30,91	4	123,64
		Inkoop		€ 17,41	€ 17,41	4	
		Boren		€ 10,00	€ 13,50	4	
2014024	p115	Geleidingsplaat boven	Staal	€ 25,00	€ 33,75	2	50,00
2014024	p121	Draaideel geleidingswielen	Staal	€ 13,28	€ 17,93	8	106,24
2014024	p118	Draaideel geleidingswielen	Staal	€ 32,02	€ 43,23	8	256,16
2014024	p129	Kopplaat snijdeel 4mm	Staal	€ 5,00	€ 6,75	4	20,00
2014024	p128	Snijdeel 12mm rijgeleiding	Staal		€ 213,54	2	427,08
		Snijden		€ 56,00	€ 75,60	2	
		Nabewerken CNC			€ 137,94	2	
2014024	p070/071	Zijplaat rijgeleiding 4mm	Staal	€ 27,50	€ 37,13	4	110,00
2014024	p119	Beveiliging bovengeleiding 6mm	RVS	€ 9,00	€ 12,15	4	36,00
2014024	p109	Snijdeel 8mm	Staal	€ 12,00	€ 16,20	20	240,00
2014024	p073	Snijdeel 4mm	Staal	€ 12,50	€ 16,88	4	50,00
2014024	p206	Snijdeel 12mm	Staal		€ 96,34	2	192,67
		Snijden		€ 22,50	€ 30,38	2	
		Nabewerken CNC			€ 65,96	2	

2014024	p207	Snijdeel 8mm	Staal	€ 12,50	€ 16,88	2	25,00
2014024	p064	Snijdeel 6mm	RVS	€ 15,00	€ 20,25	2	30,00
2014024	p123	Snijdeel 2mm	Staal	€ 22,50	€ 30,38	2	45,00
	<i>Inkoop</i>						
	100-45VP	Wielen vulkollan Ø45mm			€ 6,00	32	192,00
	Serie_65_AL_CC_652103.1	Wielen vulkollan Ø125mm			€ 12,00	4	48,00
	Lagerblok	GESCHAT			€ 15,00	2	30,00
	Horizontale geleider 2014024a039						
2014024	p330	Extrusieprofiel 3 meter	Aluminium		€ 63,07	8	504,56
		Inkoop			€ 56,32	8	
		Zagen/boren		€ 5,00	€ 6,75	8	
2014024	p152	Snijdeel 4mm	Staal	€ 22,50	€ 30,38	4	90,00
2014024	p163	Snijdeel 2mm	rvs	€ 32,50	€ 43,88	4	130,00
2014024	p164	Snijdeel 3mm	rvs	€ 54,00	€ 72,90	4	216,00
2014024	p328	Snijdeel 1,5mm	Staal	€ 7,50	€ 10,13	2	15,00
2014024	p040	Snijdeel 8mm	Staal	€ 14,50	€ 19,58	2	29,00
2014024	p039	Snijdeel 8mm	Staal	€ 20,50	€ 27,68	2	41,00
2014024	p027	Snijdeel 4mm	Staal	€ 6,50	€ 8,78	2	13,00
	Hefkolom 2014024a019						
	Maakdelen						
2014024	p295	UPE profiel boren	staal		€ 795,60	12	9.547,20
		Inkoop materiaal UPE			€ 417,60	12	

		Boren		€ 280,00	€ 378,00	12	
2014024	a010	Voetplaat hefkolom	staal	€ 60,00	€ 81,00	6	360,00
2014024	a011	kopplaat hefkolom	staal	€ 20,00	€ 27,00	6	120,00
2014024	p060	Draaideel keeras	aluminium		€ 29,75	6	178,50
2014024	p059	Snijdeel 3mm	staal	€ 5,00	€ 6,75	12	60,00
2014024	p058	Afstandsbus	staal	€ 5,00	€ 6,75	12	60,00
2014024	p057	As Ø35mm aandrijving tandriem	rvs	€ 17,50	€ 23,63	12	210,00
	Inkoop						
	UCFX207-35MCEC	Lagerhuis			€ 25,73	24	617,52
	Verticale slede 2014024a012						
	Maakdelen						
2014024	a013	Body slede	staal	€ 275,00	€ 371,25	6	1.650,00
2014024	a014	Geleiding wielophanging	rvs	€ 52,50	€ 70,88	2	105,00
2014024	p039	Snijdeel 8mm	Staal	€ 20,50	€ 27,68	2	41,00
2014024	p041	Draaideel wielen	rvs		€ 65,00	12	780,00
2014024	p047	Klemblok tandriemspanner	staal		€ 32,50	6	195,00
	Inkoop						
	Serie_65_AL_CC_652102	Vulkollan wiel Ø100mm			€ 9,60	24	230,40
	Serie_65_AL_CC_652101	Vulkollan wiel Ø80mm			€ 6,45	12	77,40

	Stelling			€ 6.250,00	€ 8.437,50	1	8.437,50
	RVS Hoeklijn			€ 9.000,00			9.000,00
	RVS buislaserkokers			€ 2.800,00	€ 3.780,00		3.780,00
	Hoekprofiel boven-onderin						500,00
	Inloopblokje				€ 15,45	360	5.562,00
	OVERIG						
	Torsiestijve assen	Vario drive assen			€ 327,00	4	1.308,00
	Flexkoppelingen				€ 113,90	2	227,80
	Motoren				€ 935,00	2	1.870,00
	Montage incl. elektra				€ 25.802,66	1	25.802,66
	NABEHANDELING				€ 0,00	0	0,00
	Poedercoaten			€ 80,00	€ 108,00	3	324,00
	Verzinken				€ 0,00	0	0,00
	Stralen				€ 0,00	0	0,00
	Transport België				€ 1.000,00	2	2.000,00
Totaal inkoop							76.064,33

Verkoopprijs
onafhankelijk
van plaats

95.080,42

Incl. reis en verblijf

€ 27.325,50

1

27.325,50

Verkoopprijs

129.237,29

Kostprijsoverzicht nieuwe I-Collector:

	Pusher device	Omschrijving	Materiaal	Kostprijs OBS C	Kostprijs p.s.	Aantal	Kosten totaal
	<i>Maakdelen</i>						
2015011c-	066p	Snijdeel 5mm	Staal		€ 13,73	4	€ 54,92
	072p	Snijdeel 2mm	RVS		€ 45,00	2	€ 90,00
	068p	Snijdeel 4mm	Staal		€ 20,72	2	€ 41,44
	077p	Snijdeel 3m	Staal		€ 5,40	16	€ 86,40
	070p	Snijdeel 5mm	RVS		€ 55,00	4	€ 220,00
	<i>Inkoop</i>						
ITEM	Profiel 8 40x40 Economy	Liggers	Aluminium		€ 24,32	4	€ 97,28
		Tappen profiel 40x40			€ 1,00	8	€ 8,00
	<i>Lagereenheid 8D14</i>				€ 43,78	8	€ 350,24
	<i>Lagerblok</i>	GESCHAT			€ 15,00	4	€ 60,00
	Horizontale geleider						
	116w	Lassamenstelling	Staal		€ 55,00	2	€ 110,00
	081p	Snijdeel 4mm	Staal		€ 33,84	2	€ 67,68
	092p	Snijdeel 5mm	Aluminium		€ 27,34	6	€ 164,04
	<i>Inkoop</i>						
ITEM	<i>Profil 8 120x80</i>	Profiel horizontale geleider			€ 450,78	4	€ 1.803,12
	<i>Profiel 8 40x40 Economy</i>				€ 21,21	6	€ 127,26
	<i>Asklemprofiel 8D14</i>				€ 22,43	8	€ 179,46
	<i>As D14 RVS</i>				€ 108,23	8	€ 865,86
	<i>Lagerblok</i>				€ 15,00	2	€ 30,00
	Hefkolom						
	<i>Profil 8 120x80</i>	Profiel hefkolom			€ 450,78	8	€ 3.606,24

	Geleidingsmodule				€ 75,00	8	€ 600,00
	Geleidingswielen	Vulkollan wiel Ø100mm			€ 9,60	8	76,80
	NEDCON stelling	All inclusive			€ 30.000,00	1	€ 30.000,00
	OVERIG						
	Torsiestijve assen	Vario drive assen			€ 280,00	8	€ 2.240,00
	Aandrijfmotoren				€ 935,00	4	€ 3.740,00
	Montage incl elektra				€ 12.303,13	1	€ 12.303,13
	NABEHANDELING				€ 0,00	0	€ 0,00
	Poedercoaten			€ 80,00	€ 108,00	3	€ 324,00
	Verzinken				€ 0,00	0	€ 0,00
	Stralen				€ 0,00	0	€ 0,00
	Transport België				€ 1.000,00	1	€ 1.000,00
	Totaal inkoop						€ 58.245,87

Verkoopprijs
onafhankelijk van plaats

€ 72.807,33

Incl. reis en verblijf

€ 12.182,00

1

€ 12.182,00

Verkoopprijs

€ 88.034,83

D. COMPETENTIESET VOORAF AANVANG STAGE

Competentie set ten behoeve van de stage

Mogelijke competenties per taakrol

Student naam	Ronald de Hoog
nummer	11009683

Taakrollen		Onderzoeker	Ontwerper	Adviseur	Beheerder	Projectleider	Ondernemer
Competentieset Werktuigbouwkunde & HBO Algemeen							
nr.	Competentieset Werktuigbouwkunde						
1	Projectmanagement uitvoeren (organiseren, uitvoeren, verslag opstellen)					2	
2	Een onderzoeksopdracht uitvoeren	2	3				
3	Het kunnen opstellen van een productdefinitie, PVA en PVE voor een duurzaam product of proces					3	
4	Het realiseren van een functioneel duurzaam product of voortbrengingsproces	2	3			3	
5	Het realiseren van een detailontwerp van een duurzaam product of voortbrengingsproces		3				
6	Het realiseren van een prototype/model van een duurzaam product of voortbrengingsproces						
7	Het voorbereiden van een voortbrengingsproces		2				
8	Het produceren van een duurzaam product						
9	Het beheren of onderhouden van een product of proces					2	
nr.	Algemene HBO competenties						
10	Kritisch handelen (analytisch en probleemoplossend vermogen en het onderbouwen van keuzen, oordeelsvorming)	2				2	
11	Systematisch een probleem aanpakken (creatieve, plan- en projectmatige werkhouding)	3				3	
12	Samenwerken (sociaal communicatieve vaardigheden)					3	
13	Persoonlijke en professionele ontwikkeling	3	3			3	
14	Zelfverantwoordelijk werken	2	3			3	
15	Kunnen functioneren in een internationale en/of multiculturele context						

Overzicht Competenties Niveaus				
		Taakrol		
		Geleid	Zelfstandig	Sturend
Context	Simpel	1	2	3
	Lastig	2	3	4
	Complex	3	4	5

Competentie set ten behoeve van de stage

Mogelijke competenties per taakrol

Student naam	Ronald de Hoog
nummer	11009683

Taakrollen		Onderzoeker	Ontwerper	Adviseur	Beheerder	Projectleider	Ondernemer
Competentieset Werktuigbouwkunde & HBO Algemeen							
nr.	Competentieset Werktuigbouwkunde						
1	Projectmanagement uitvoeren (organiseren, uitvoeren, verslag opstellen)					3	
2	Een onderzoeksopdracht uitvoeren	3	4				
3	Het kunnen opstellen van een productdefinitie, PVA en PVE voor een duurzaam product of proces					3	
4	Het realiseren van een functioneel duurzaam product of voortbrengingsproces	3	3			3	
5	Het realiseren van een detailontwerp van een duurzaam product of voortbrengingsproces		4				
6	Het realiseren van een prototype/model van een duurzaam product of voortbrengingsproces						
7	Het voorbereiden van een voortbrengingsproces		3				
8	Het produceren van een duurzaam product						
9	Het beheren of onderhouden van een product of proces					3	
nr.	Algemene HBO competenties						
10	Kritisch handelen (analytisch en probleemoplossend vermogen en het onderbouwen van keuzen, oordeelsvorming)	3				3	
11	Systematisch een probleem aanpakken (creatieve, plan- en projectmatige werkhouding)	3				3	
12	Samenwerken (sociaal communicatieve vaardigheden)					3	
13	Persoonlijke en professionele ontwikkeling	3	4			3	
14	Zelfverantwoordelijk werken	3	3			3	
15	Kunnen functioneren in een internationale en/of multiculturele context						

Overzicht Competenties Niveaus				
		Taakrol		
		Geleid	Zelfstandig	Sturend
Context	Simpel	1	2	3
	Lastig	2	3	4
	Complex	3	4	5

