

## *Woord Vooraf*

De scriptie maakt deel uit van onze masterproef, waaraan we gedurende het academiejaar 2013 – 2014 aan hebben gewerkt. De masterproef werd uitgevoerd voor het fermentatiegedeelte bij Citrique Belge. De Masterproef is een afronding voor onze opleiding als Master in de Industriële Ingenieurswetenschappen.

Tijdens onze masterproef hebben we niet enkel veel bijgeleerd over hoe het er aan toegaat in de bedrijfswereld, maar ook theoretische en vooral praktische vakkennis opgedaan. Met voldoening kijken we terug naar onze masterproef, waarin we ook onze beperkingen hebben leren kennen.

Graag zouden wij onze dank willen betuigen aan de personen die ons hebben bijgestaan gedurende het hele jaar, met hun raad en daad. Hierbij denken we extern aan Ing. Rudi Frederix en Ing. Rudy Verbruggen, zij hebben van onze Masterproef een leerrijke, maar ook plezierige ervaring gemaakt. Ze hebben ons voorzien van de nodige begeleiding en de praktische kennis. Intern zouden we Ing. Eric Claesen willen bedanken voor het bijstaan en begeleiden van de masterproef, als ook de praktische ervaring.

Vervolgens willen we Dhr. Jeroen Lievens bedanken om deze scriptie taalkundig te corrigeren, zodat het een samenhangend geheel geworden is.

Tot slot richten we het dankwoord aan Citrique Belge voor hun volle medewerking en steun tijdens het uitvoeren van onze Masterproef.



# ***Inhoudsopgave***

## **Tabellenlijst**

## **Figurenlijst**

## **Abstract**

## **Abstract in English**

<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>15</b>
1.1	Bedrijfsvoorstelling .....	15
1.2	Het productieproces .....	16
1.3	Probleemstelling .....	17
1.4	Doelstelling .....	18
1.5	Ontwerpmethode .....	19
<b>2</b>	<b>Theoretische ontwerpen .....</b>	<b>21</b>
2.1	Inleiding .....	21
2.2	Schoteldriepoot .....	22
2.3	Bufferplaat .....	25
2.4	Elektrisch transportsysteem .....	25
2.4.1	RVS Rollenbaan .....	25
2.4.2	RVS Kettingtransport .....	27
2.4.3	Transportbanden .....	28
2.5	Hydraulisch transportsysteem .....	30
2.6	Keuze transportsysteem .....	32
2.7	Bufferontwerpen .....	32
2.7.1	Bufferontwerp 1 .....	33
2.7.2	Bufferontwerp 2 .....	34
2.7.3	Bufferontwerp 3 .....	35
2.8	Trajectkeuze en eindbespreking .....	38

### **3 Mechanisch ontwerp..... 41**

3.1	Platenstopper .....	41
3.2	Centraliseermachine .....	42
3.2.1	Hydraulisch schema .....	44
3.3	Vulsysteem .....	45
3.4	Materiaalselectie.....	46
3.5	Spanningsanalyse .....	48

### **4 Automatiseringsvoorstellen van het bufferontwerp ..... 51**

4.1	Logica van de buffer, centraliseermachine en vulmachine .....	51
4.2	I/O-Connectie .....	54
4.2.1	Rechtstreekse verbinding met een PLC .....	54
4.2.2	ASI-bus in combinatie met PROFIBUS of PROFINET .....	54
4.3	Detectie met behulp van sensoren .....	58
4.3.1	Detectie van een bufferplaat op de buffer .....	59
4.3.2	Detectie van een in- en uitstaande hydraulische zuiger .....	59
4.3.3	Detectie van een heftruck voor de buffer .....	61
4.4	Detectie met behulp van visietechnologie.....	64
4.4.1	Belichting .....	65
4.4.2	Camera .....	65
4.4.3	Objectherkenning .....	67
4.4.4	Patroonherkenning .....	68
4.4.5	Velddetectie.....	70
4.4.6	Besluit.....	71
4.5	PLC-hardware en aansturing van motoren .....	71
4.5.1	Oplossing 1 – Ontwerp Citrique Belge .....	72
4.5.2	Oplossing 2 – Softstarters .....	74
4.5.3	Oplossing 3 – Geen analoge uitgangen .....	77

**5 Kostenanalyse..... 79**

5.1 Verplaatsen van wasinstallatie en kiepbak ..... 79  
5.2 Bijkomende kosten ..... 80  
5.3 Besparingen ..... 81

**6 Besluit..... 83**

6.1 Problemen..... 83  
6.2 Uitwerking..... 84  
6.3 Kwaliteit en verspilling ..... 84  
6.4 Resultaat ..... 85



## Tabellenlijst

Tabel 1	Overzicht van trajecten .....	38
Tabel 2	Overzicht ASI-bus en ET200s-modules.....	58
Tabel 3	Overzicht ET200m-kaarten .....	72
Tabel 4	Configuratie van M200-module – Oplossing 1 .....	73
Tabel 5	Overzicht aantal modules - Oplossing 1 .....	74
Tabel 6	Overzichtstabel ABB Softstarter functies .....	75
Tabel 7	Configuratie van softstarter – Oplossing 2.....	76
Tabel 8	Configuratie M200 - Oplossing 3 .....	77
Tabel 9	Overzicht aantal modules - Oplossing 3 .....	78
Tabel 10	Kostenanalyse A.....	79
Tabel 11	Kostenanalyse B.....	80





## Figurenlijst

Fig. 1 Citrique Belge Tienen .....	15
Fig. 2 Voorstelling site B1 .....	16
Fig. 3 Stapelomsluiting .....	17
Fig. 4 Ontwerpmethode .....	19
Fig. 5 Bovenaanzicht B1 .....	21
Fig. 6 Driepoot .....	22
Fig. 7 Vork van een heftruck om schotels op te nemen .....	23
Fig. 8 Draaitafel.....	24
Fig. 9 Bufferplaat .....	25
Fig. 10 Voorstelling elektrisch rollentransport in Google Sketchup.....	26
Fig. 11 Rollentransport.....	26
Fig. 12 Voorstelling aandrijving van rollen .....	26
Fig. 13 Rollenbaan kettingaandrijving .....	27
Fig. 14 RVS Rollenbaan binnen Citrique Belge .....	27
Fig. 15 Links: kettingtransport tussen transportrollen, positie omlaag (tijdstip A) .....	28
Fig. 16 Rechts: kettingtransport tussen transportrollen, positie omhoog (tijdstip B) .....	28
Fig. 17 Voorstelling kettingtransport in Google Sketchup .....	28
Fig. 18 Transportband .....	29
Fig. 19 Kunststof transportband .....	29
Fig. 20 Metalen transportband .....	30
Fig. 21 Hydraulisch transportsysteem (lijnvormig) in Google Sketchup.....	31
Fig. 22 Hydraulisch gesloten transportsysteem.....	31
Fig. 23 Bufferontwerp 1 .....	33
Fig. 24 Principeschema van bufferontwerp 2a.....	34
Fig. 25 Principeschema van bufferontwerp 2b.....	35
Fig. 26 Principeschema van bufferontwerp 3a.....	36
Fig. 27 Principeschema van bufferontwerp 3b.....	37
Fig. 28 Plattegrond gelijkvloers .....	37
Fig. 29 Mechanisch ontwerp van een platenstopper .....	41
Fig. 30 Platenstopper met spindelaandrijving .....	42
Fig. 31 Mechanisch ontwerp van een centraliseermachine.....	43
Fig. 32 Hydraulisch schema voor gelijklooploop van cilinders (optie 1) .....	44
Fig. 33 Hydraulisch schema voor gelijkloop van cilinders (optie 2) .....	45
Fig. 34 Bestaand vulsysteem .....	46
Fig. 35 Grafiek materiaalselectie .....	47
Fig. 36 Krachten die inwerken op de bufferplaat.....	48
Fig. 37 Spanningsanalyse van een bufferplaat .....	49
Fig. 38 Doorbuiging van een bufferplaat .....	50

Fig. 39 Logica van het bufferontwerp.....	51
Fig. 40 ASI-bus bekabeling.....	54
Fig. 41 I/O-connectie ASI met PROFIBUS .....	55
Fig. 42 Direct Interfacing ASI-bus.....	56
Fig. 43 ASI-bus subsysteem.....	56
Fig. 44 Netwerkopbouw ASI-bus, PROFIBUS .....	57
Fig. 45 Plaatsing van inductieve sensoren op het rollentransport .....	59
Fig. 46 Detectie van centraliseermachine .....	60
Fig. 47 Foutdetectie sensoren.....	60
Fig. 48 Detectie van een heftruck met gewicht (geen detectie) .....	61
Fig. 49 Detectie van een heftruck met gewicht (detectie).....	61
Fig. 50 Lichtdetectie.....	63
Fig. 51 Detectie van heftrucks met behulp van een lasersensor.....	63
Fig. 52 Maximale detectieafstand laser .....	64
Fig. 53 Hoogfrequent TL-verlichting en lederlichting.....	65
Fig. 54 Illustratie werkgebied van een camera.....	66
Fig. 55 Bovenaanzicht heftrucks visie .....	67
Fig. 56 Zijaanzicht heftrucks visie .....	67
Fig. 57 Perspectiefzicht achter de heftrucks met behulp van visie .....	68
Fig. 58 Reflectoren gemonteerd op heftruck, zichtbaar vast patroon .....	69
Fig. 59 Sick velddetectie .....	70
Fig. 60 Werkingsgebied met Sick S300 .....	70
Fig. 61 Unidrive M200 configuratie .....	73
Fig. 62 Motorcurves weergegeven van DOL, Ster/driehoek en Softstarter .....	74
Fig. 63 ABB PSR Softstarter instelmogelijkheden .....	75
Fig. 64 Danfoss MCD 100 connectie .....	76
Fig. 65 Finaal ontwerp .....	83

## Abstract

Citrique Belge Tienen produceert citroenzuur. Met behulp van oppervlaktefermentatie worden melasse omgezet in citroenzuur. Om de techniek van oppervlaktefermentatie rendabel te houden, moet het hele proces geautomatiseerd worden. In deze masterproef wordt een buffer ontworpen dat schotelstapels transporteert, centraliseert en opnieuw vult. Daarbij is het belangrijk dat zowel een wasinstallatie als heftrucks schotels opnemen van en plaatsen op de buffer. Het is ook belangrijk dat korte technische defecten van de wasinstallatie of heftrucks worden opgevangen.

Alle ontwerpen worden eerst op papier uitgetekend en kritisch beoordeeld. Zo worden er ontwerpen gemaakt om stapels eenvoudig te verplaatsen, bufferontwerpen worden met elkaar vergeleken op basis van kostprijs, grootte en implementatiemogelijkheid. Vervolgens worden de geselecteerde ontwerpen verder uitgetekend in PTC Creo en Google Sketchup. Met behulp van TIA worden PLC-netwerken getekend. Tot slot worden detectiesystemen van heftrucks, bufferplaten, ... besproken en vergeleken.

De buffer is een grote investeringskost, maar noodzakelijk in de toekomst. Het gekozen bufferontwerp is een aanbeveling en is de tweede stap in een volledig automatische fermentatie. Dankzij de buffer worden korte technische defecten van de wasinstallatie of heftrucks opgevangen, terwijl de oude installatie beschikbaar blijft. Het vullen en centraliseren op deze buffer verzekert een gestandaardiseerd proces binnen de fermentatie.



## **Abstract in English**

Citrique Belge Tienen produces citric acid. Through the process of surface fermentation, molasses is converted into citric acid. To keep the technique of surface fermentation profitable, the whole process should be automatized. In this thesis, a buffer is designed that transports, centralizes and refills dish stacks. It is important that a washing installation as well as forklift trucks can pick up the dishes and place them on the buffer. Moreover, it is necessary that short technical defects of the washing installation or the forklift trucks are supported.

All designs are first worked out on paper and critically reviewed. This leads to designs for transporting stacks easily, and designs of buffers that are compared for their price, height and implementation possibilities. Next, the selected designs are drawn in PTC Creo and Google Sketchup. With the help of TIA, PLC networks are designed. Finally, the detection systems of forklift trucks, buffer plates, ... are discussed and compared.

A buffer is a large investment, but one that will become necessary in the future. The suggested design is a recommendation and represents a second step towards a fully automated fermentation. With the buffer, short technical defects of the washing installation or forklift trucks are supported, while the older installation remains available. The filling en centralizing on this buffer ensures a standardized process during the fermentation.



# 1 Inleiding

## 1.1 Bedrijfsvoorstelling

Citrique Belge Tienen (CBT) staat bekend om zijn eindproduct citroenzuur. Het bedrijf is ontstaan in 1929 na een onderzoek van Dhr. Alphonse Cappuyns. Hij had succesvol onderzocht hoe je biologisch citroenzuur kan maken uit suiker.

Vroeger werd citroenzuur gemaakt op verschillende manieren. In het begin werd er citroenzuur gewonnen uit suiker, maar sinds 1947 is Citrique Belge overgegaan naar melasse. Melasse is een vloeibaar afval dat afkomstig is van het raffineren van bijvoorbeeld suikerbieten. Om de melasse om te vormen, wordt er gebruik gemaakt van oppervlaktefermentatie. (Citrique Belge Historiek, 2013). Naast citroenzuur biedt Citrique Belge ook verschillende bijproducten aan: mycelium, citrocol, gips, syngenite voor kunstmest, ... die elk verschillende doeleinden hebben. Fig. 1 toont de voorstelling van CB.



Fig. 1 Citrique Belge Tienen (CBT)

## 1.2 Het productieproces

Aangezien CBT werkt met oppervlaktefermentatie, neemt het raffineren een grote oppervlakte in. Het productieproces wordt vervolgens in stappen besproken.

Op twee verschillende plaatsen zijn er een 100-tal kamers met een oppervlakte van enkele 10-tallen m<sup>2</sup>. Die worden met behulp van heftrucks, met schoteltorens gevuld en geleegd. De schotels worden gevuld met substraat waarna de fermentatie start. Dit proces duurt ongeveer 200 uur.

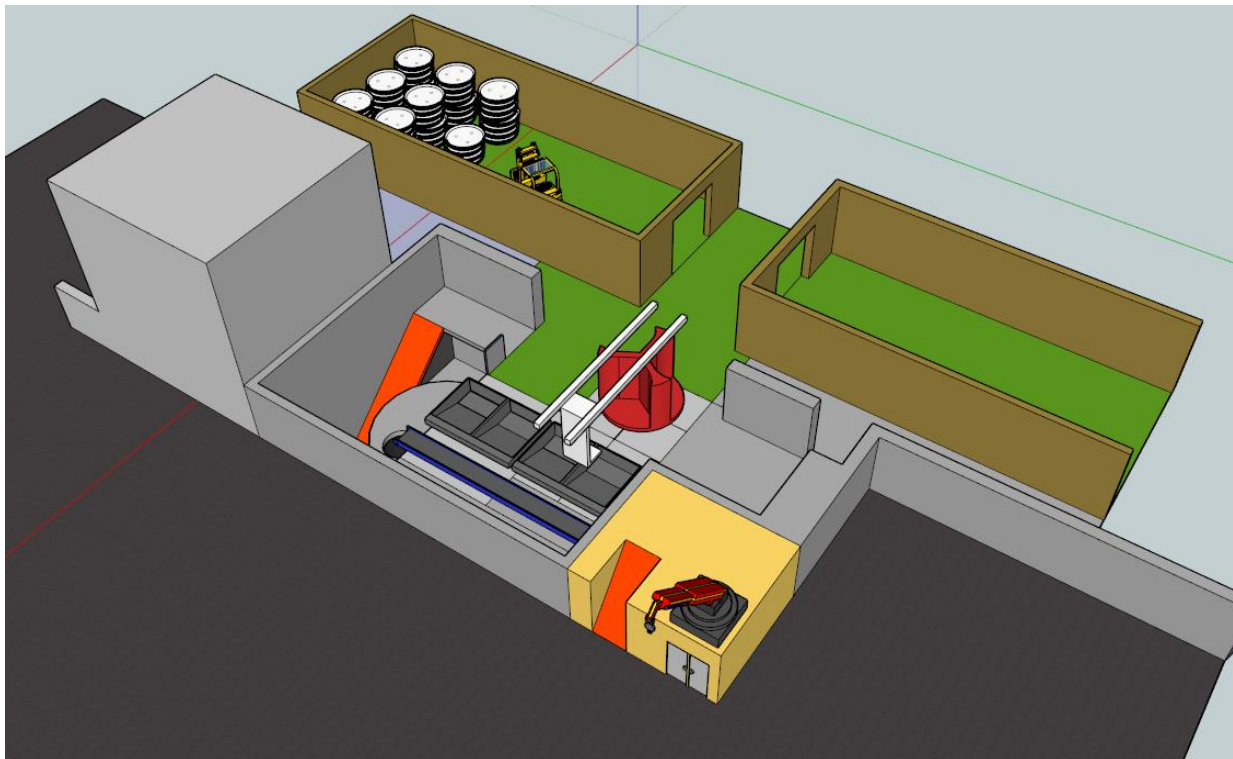


Fig. 2 Voorstelling site B1

De heftrucks nemen van de wasserij een schotelstapel op en plaatsen deze stapel in een kamer. In het gebouw “B1”, de locatie waarop onze masterproef focust, zijn de kamerdeuren laag. Hierdoor worden de stapels in 2 delen geplaatst. Wanneer het eerste gedeelte van de stapel wordt geplaatst, wordt dit vervolgens “gespied” vanwege de licht hellende vloeren. Hierdoor staan de schotels horizontaal en wordt er minder gemorst tijdens het vullen. Het gemorste zuur op de vloer kan weglopen zonder tussenkomst van mens of machine. Eens de onderste schoteltoeren gespied is, wordt de bovenste schoteltoeren hierop geplaatst.

Vervolgens worden de schotels gevuld met substraat. Het vullen gebeurt met een machine die verbonden is met een voedingslijn aan de vulgang. Hierna worden de stapels verder geplaatst en gevuld, tot de kamer vol staat met ongeveer 51 stapels.



Het is noodzakelijk dat de kamers gesteriliseerd worden voor fermentatie kan starten. Hierdoor klitten zware metaalionen samen in de schalen. Het steriliseren gebeurt door een stoombuis vlak naast de deur. Door een kleine opening in de deur worden er sporen binnen gespoten en bezaaien ze de oppervlakte in elke schotel. Tot slot begint het fermentatieproces.

Aangezien de kamers redelijk groot zijn, wordt er veel energie gebruikt om de kamer te steriliseren (opwarmen) en te koelen. Anderzijds leidt het continu opwarmen en afkoelen tot het barsten van vloeren en muren. Er zijn steeds twee tot vier kamers in reparatie tijdens productie.

Na het fermentatieproces wordt een groot deel van het zuur afgegoten in de kamers. Het zuur wordt meegenomen door heftrucks en tast zowel de kamers, heftrucks als uithaalgangen aan. De schoteltorens worden dan op een "draaitafel" geplaatst, waarop de schotels juist gepositioneerd worden voor de nieuwe wasinstallatie. De andere plaatsen op de draaitafel zijn bezet met lege schotels. Hierdoor kan een heftruckchauffeur ogenblikkelijk een propere schoteltoeren opnemen na het draaien van de draaitafel. De propere schotels worden naar een lege kamer vervoerd, waarna het fermentatieproces herstart voor deze kamer.

### 1.3 Probleemstelling

Citrique Belge heeft een moderne toekomstvisie, waarin de fermentatie volledig geautomatiseerd wordt. Dit is noodzakelijk om oppervlaktefermentatie rendabel te houden. De huidige uitvoering zorgt voor verschillende problemen.

Een eerste probleem wordt gevormd door de draaitafel. Bij het transporteren komt er een afsluitingsdoek rond de schoteltoeren, waardoor het transport zonder morsen gebeurt.

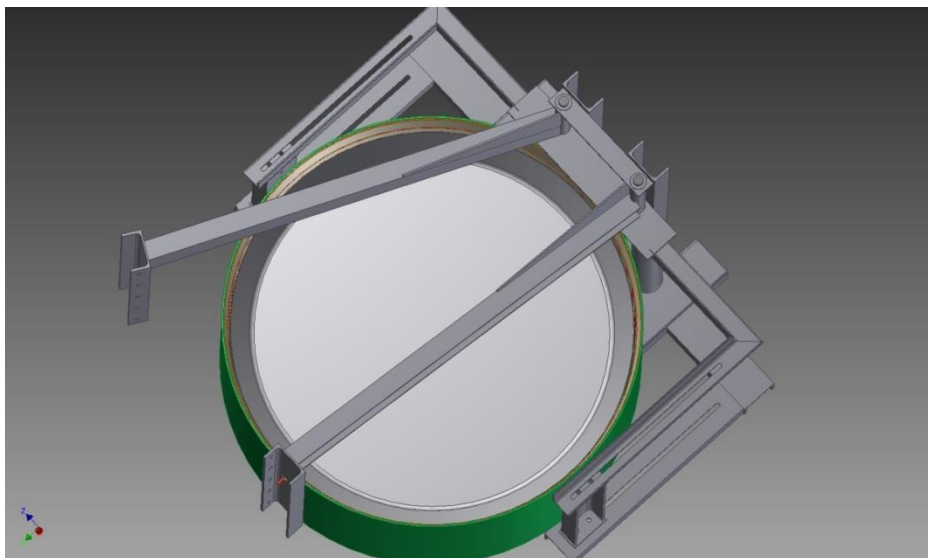


Fig. 3 Stapelomsluiting (Logistics, 2013)

Dit mechanisme wordt ontworpen door een extern bedrijf en maakt het niet meer mogelijk dat de schoteltoeren op de draaitafel wordt geplaatst. Dit komt omdat de machine voorzien is van roestvast stalen “stootplaten” om de schoteltoeren ongeveer uit te lijnen voor de wasinstallatie. Vanwege de stootplaten kan het mechanisme van de afsluitingsdoek niet meer opengaan en moet er een nieuw transportsysteem ontworpen worden.

Zolang de afsluitingsdoek niet implementeerbaar is, moeten de vloeren, gangen, kamers en heftrucks vaak gerepareerd worden vanwege het agressief zuur en steriliseren van de kamers. Dit is een grote hap uit het jaarlijks budget van CB.

Een tweede probleem zijn de technische defecten van de wasinstallatie en draaitafel. De machines worden op dit moment steeds verbeterd om zo veel mogelijk technische defecten te voorkomen. Omdat deze installaties in een zure en vochtige omgeving staan, zijn er regelmatig sensoren defect. Het positioneren van de schotels op de draaitafel is ook één van de meest voorkomende fouten. Hierdoor ligt het volledige productieproces stil, omdat de draaitafel enerzijds een beperkte voorzieet voor schotels.

Het laatste probleem wordt afgeleid uit probleem 2. Wanneer de heftrucks niet op tijd arriveren aan de draaitafel, of er is een technisch defect aan een heftruck, wordt de wasinstallatie gestopt. Dit komt omdat de draaitafel maar een bufferplaats voorziet van 1 schoteltoeren.

## 1.4 Doelstelling

Binnen fermentatie moet een bufferinstallatie ontworpen worden, die de mogelijkheid biedt om 4 schoteltoeren te bufferen. Deze buffer moet schoteltoeren verplaatsen binnen een vooropgestelde tijd. Een wasinstallatie moet een schoteltoeren opnemen en plaatsen op deze bufferzone. Deze worden automatisch gevuld en gecenterd na de wasinstallatie. Hierna omsluiten de heftrucks de schoteltoeren en worden ze getransporteerd naar de kamers. Wanneer het automatische gedeelte werkt, wil CBT de heftrucks vervangen door Automated guided vehicles (AGV).

Wanneer het vullen op de bufferinstallatie automatisch uitgevoerd kan worden, kan het bedrijf grote besparingen halen. Enkele voorbeelden:

- de kamers moeten niet meer gesteriliseerd worden, waardoor het opwarmen en afkoelen tot het verleden behoort. Hierdoor is er minder energieverbruik en leidt het tot een langere levensduur van elke kamer.
- het zuur wordt volledig mee getransporteerd naar de wasinstallatie. Zo blijven de kamers, heftrucks en uithalgangen “zuurvrij”. Hierdoor wordt de levensduur van een heftruck en vloer verlengd.
- het productieproces verloopt vlotter aangezien de heftrucks doorwerken zonder te wachten.

Om technische defecten (sensor of actuator kapot) van de wasinstallatie tijdelijk op te vangen moet er een buffer komen. Op dit moment is er maar een buffer van ongeveer 5 minuten voorzien wat overeenkomt met 1 schoteltoren op de draaitafel. Zo moet er een buffer ontworpen worden waar een 4-tal schoteltorens voor de wasinstallatie staan.

## 1.5 Ontwerpmethode

Het ontwerpen begint met een studie van de gebruikte voorwerpen, machines, standaarden, aanwezig zuur, technische afmetingen, etc. Hierna worden voorontwerpen gemaakt en besproken, zodat de doelstellingen worden gehaald. Elk ontwerp wordt samen met CB besproken en na overeenkomst verder ontworpen. Van het gekozen bufferontwerp wordt de volledige logica en detectiemethodes onderzocht om verschillende objecten te detecteren op deze buffer. Dit wordt ontworpen volgens gebruikte standaarden binnen CB. Hierop worden optimalisaties uitgevoerd om aankoopkosten te verminderen en een rendabeler systeem te maken. Tot slot worden de ontwerpen kritisch beoordeeld en in het besluit besproken.

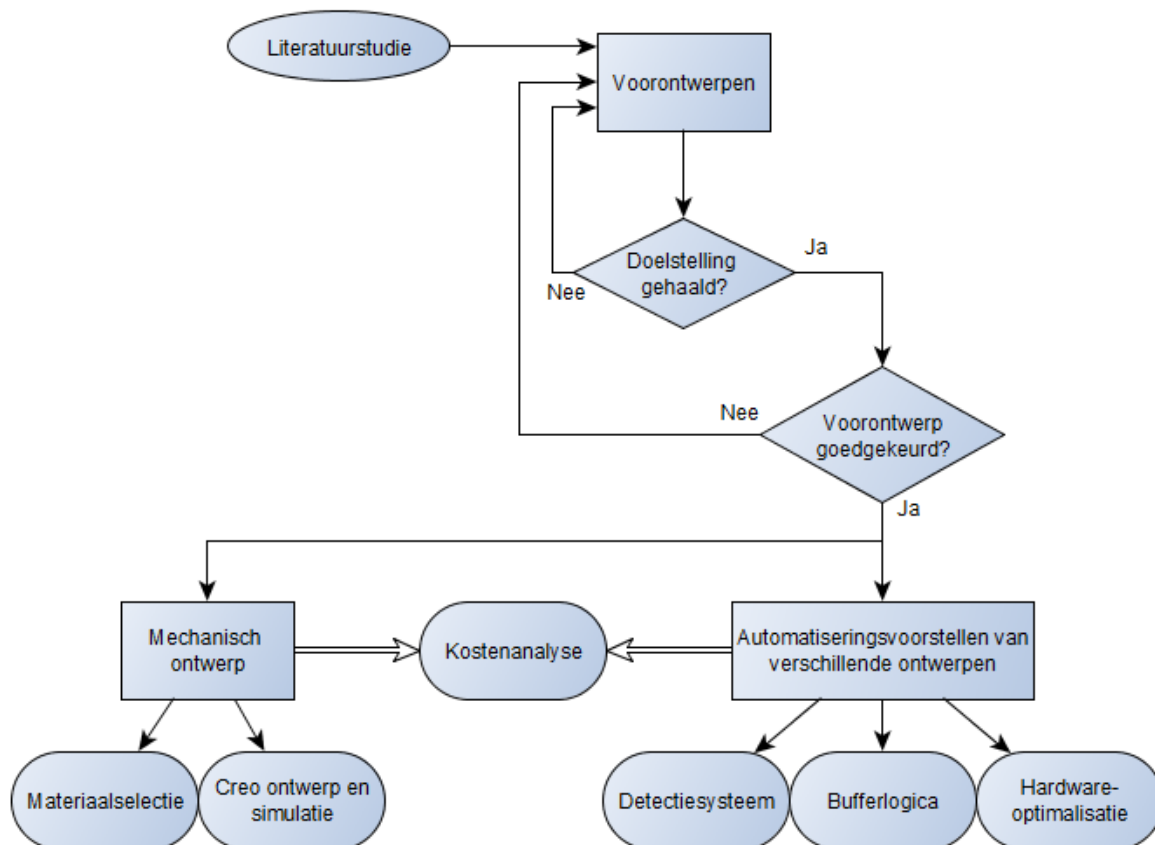


Fig. 4 Ontwerpmethode



## 2 Theoretische ontwerpen

### 2.1 Inleiding

Bij het theoretisch ontwerpen moet er rekening gehouden worden met verschillende problemen en limieten. Er wordt eerst de opname van de schotels besproken en hoe ze getransporteerd worden op een buffer. Een aantal transportsystemen worden hierbij besproken.

Ten tweede worden een aantal bufferontwerpen voorgesteld. Bij de bufferontwerpen is het belangrijk zo veel mogelijk ruimte te gebruiken, terwijl er aan de fermentatiekamers niets wijzigt. Ook onderhoudswerken aan de buffer moeten gemakkelijk uitgevoerd worden.

Vervolgens zijn er de gebouwen. De gangen zijn smal, het plafond is laag en de buitenmuren dienen als draagmuren voor het gebouw. De gangen kunnen niet verbreed of verhoogd worden, en je mag niet zomaar een muur openbreken. De grootte van het bijgebouw is afhankelijk van het gekozen bufferontwerp.

Tot slot worden alle ontwerpen vergeleken en wordt er een keuze gemaakt. De huidige industrieomgeving wordt in de volgende figuur weergegeven.

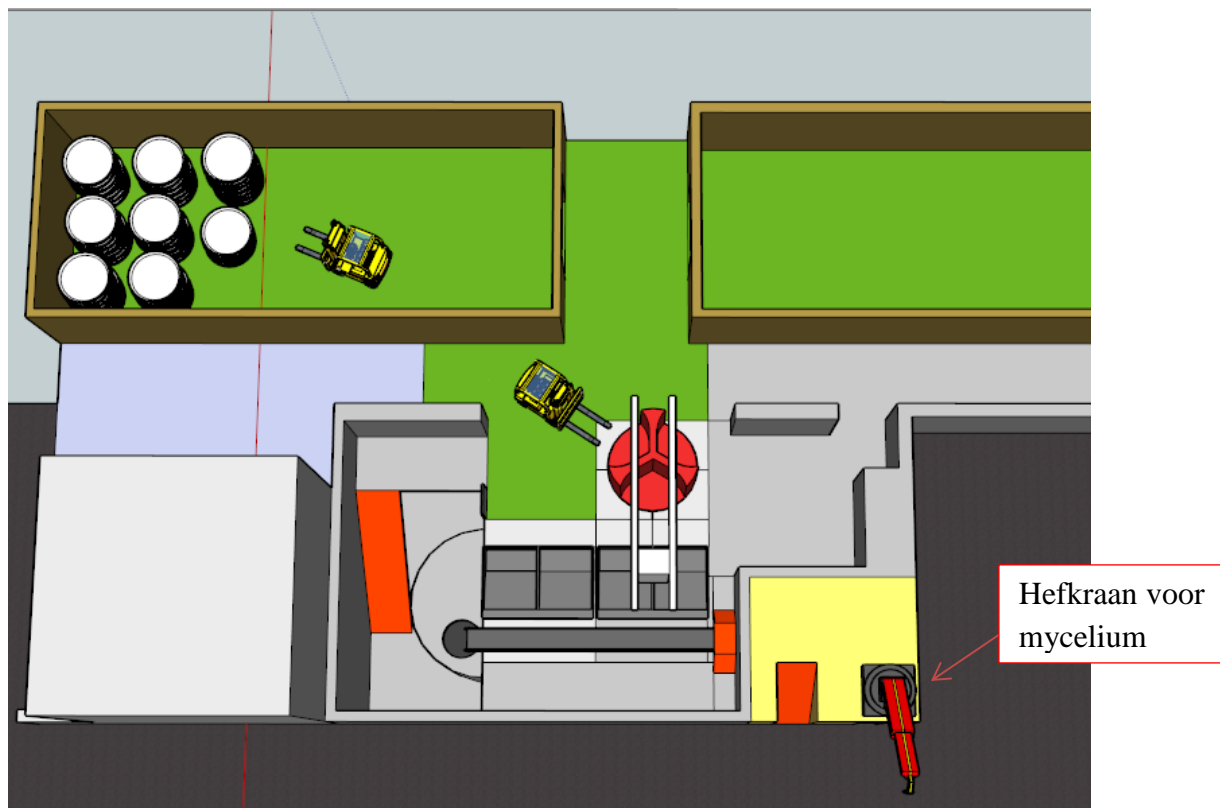


Fig. 5 Bovenaanzicht B1

## 2.2 Schoteldriepoot

Zoals eerder vermeld bestaat een volledige toren uit 2 schoteltorens. Er wordt een driepoot (Fig. 6) gebruikt om de toren stabiel op de werkvloer te plaatsen. De driepoot wordt ook tussen twee op elkaar gestapelde schoteltorens geplaatst.



Fig. 6 Driepoot

Een heftruck neemt de schoteltoeren op met een speciaal gemaakte vork die ook op de wasinstallatie gemonteerd staat. De arm past perfect rond de driepoot waardoor een schoteltoeren via drie kanten opgenomen kan worden. De vorm van de arm is weergegeven in “Fig. 7”.



**Fig. 7 Vork van een heftruck om schotels op te nemen**

Een schoteltoeren moet correct op de draaitafel geplaatst worden. Op het eerste zicht lijkt dit eenvoudig, maar de heftruckchauffeur heeft geen vrij zicht voor de heftruck. Om het manoeuvreren eenvoudiger te maken, werden patronen op de grond aangebracht die de heftruckchauffeur volgt. Zo wordt de heftruck begeleidt naar de draaitafel.

Er worden 2 hulpmiddelen gebruikt om de heftruck verder te begeleiden. Het eerste hulpmiddel zijn geleidingsplaten tussen de 3 poten op de draaitafel. De vork past hier perfect tussen en wordt zo begeleid naar de juiste positie (zie Fig. 8). Het tweede hulpmiddel zijn stalen gebogen platen die de schotels centrisch positioneert voor de wasinstallatie. De heftruckchauffeur rijdt met de schotels tegen de gebogen platen om ze zo uit te lijnen.



**Fig. 8 Draaitafel**

Dit is een eenvoudige oplossing voor de huidige situatie, maar geeft problemen in de toekomst. CB wil de kamers en gangen zuurvrij houden. Om dit te realiseren, ontwerpt een extern ingenieursbureau een mechanisme dat de schoteltorens afsluit. De afsluiting wordt op de bestaande heftrucks gemonteerd. Het ontwerp kan je terugvinden in figuur “Fig. 3 Stapelomsluiting (Logistics, 2013)”. Dankzij dit ontwerp wordt een schoteltoeren perfect omsloten. Wanneer een toren wordt opgenomen, sluit het mechanisme en wordt een balg opgeblazen. Dit voorkomt dat er zuur uit de schotels kan morsen.

Het plaatsen van een toren gebeurt uiteraard omgekeerd, maar op de draaitafel kan dit mechanisme niet meer openen wegens plaatsgebrek. Ook wordt er tegen de stalen platen gebotst om de schoteltoeren uit te lijnen, waardoor het sluitingsmechanisme wordt beschadigd. Hiervoor moet een nieuw systeem ontwikkeld worden zodat de heftruck deze toren veilig plaatst en dat de schotels centreert op een buffer.



## 2.3 Bufferplaat

De heftrucks en wasinstallatie moeten schoteltorens opnemen en plaatsen op de buffer. Er is een simpele oplossing ontworpen om dit mogelijk te maken (Fig. 9).

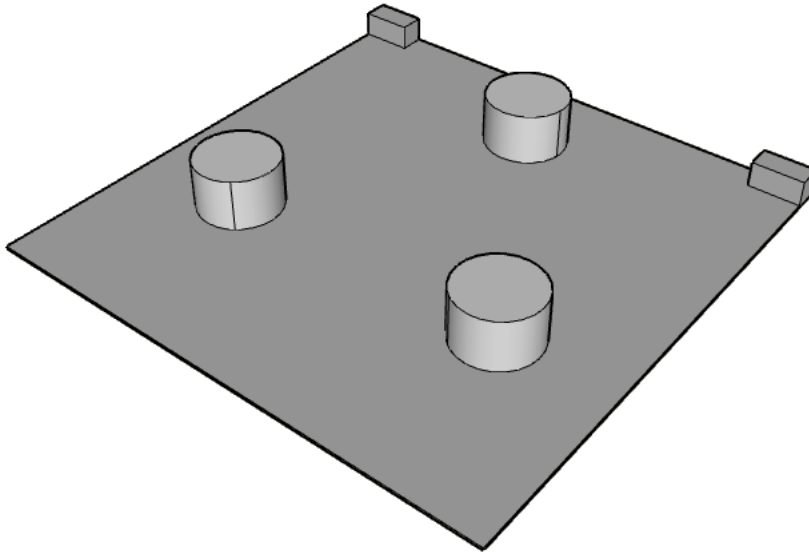


Fig. 9 Bufferplaat

De bufferplaat is 1000 x 1000 x 10 [mm] en wordt, net zoals op de draaitafel, voorzien van 3 steunpunten. Deze zijn ongeveer 10 centimeter hoog, wat ruim voldoende is voor de wasinstallatie- en heftruckvork. Dankzij de bufferplaat wordt een schotel eenvoudig getransporteerd op de buffer en komen de schotels niet rechtstreeks in het contact met draai-elementen.

## 2.4 Elektrisch transportsysteem

### 2.4.1 RVS Rollenbaan

Transportrollen worden veel toegepast in de industrie om grote, zware objecten te verplaatsen. De constructie is eenvoudig en robuust en wordt door een elektromotor aangedreven. In figuur 9 is een voorstelling van een RVS Rollenbaan weergegeven. Figuur 11, 13, en 14 geven een praktische voorstelling weer van transportrollen. De bufferplaten rollen op een hoogte die bepaald wordt door de wasinstallatie (660 mm).

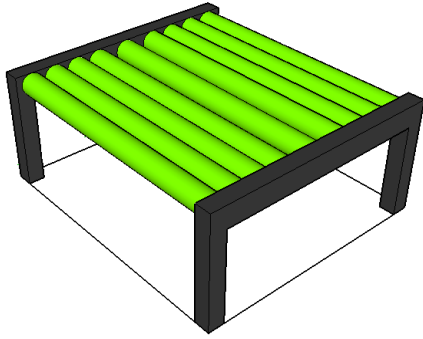


Fig. 10 Voorstelling elektrisch rollentransport in Google Sketchup



Fig. 11 Rollentransport (BV\_Beerepoot, 2014)

In onderstaande foto kan je zien hoe alle rollen worden aangedreven.

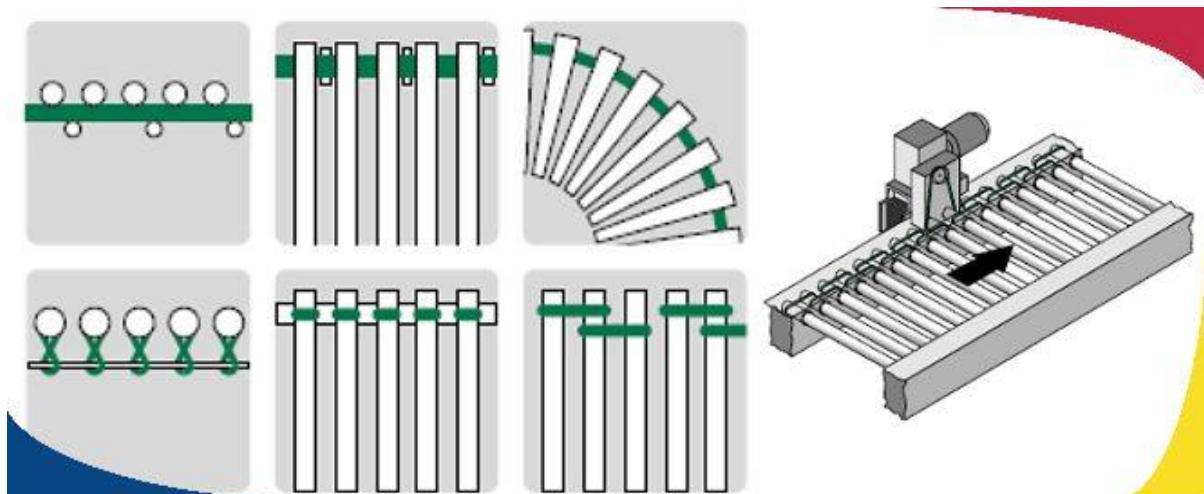


Fig. 12 Voorstelling aandrijving van rollen (Narviflex, 2014)

De aandrijvingen in “Fig. 12” werken met riemen. Voor de toepassing binnen CB is een riem niet aan te raden omdat er in een zure omgeving gewerkt wordt. Omdat het zuur de riem aantast, wordt er gekozen voor een RVS-kettingaandrijving. In “Fig. 13” drijven kettingen de rollen aan.



Fig. 13 Rollenbaan kettingaandrijving (Borst\_systems, 2014)



Fig. 14 RVS Rollenbaan binnen Citrique Belge

#### 2.4.2 RVS Kettingtransport

Om verplaatsingen onder een hoek van  $90^\circ$  mogelijk te maken op de transportrollen, wordt er een bestaand mechanisme gebruikt dat aanwezig is in CB. Dit mechanisme is een frame, met 3 aangedreven kettingen, dat omhoog geduwd wordt en vervolgens een object verplaatst. In “Fig. 15 en Fig. 16” wordt dit mechanisme op 2 tijdstippen weergegeven. In de linkse figuur wordt het object omhoog geduwd zodat het geen contact maakt met het rollentransport. De rechtse figuur verplaatst het object langs de rode pijlen.

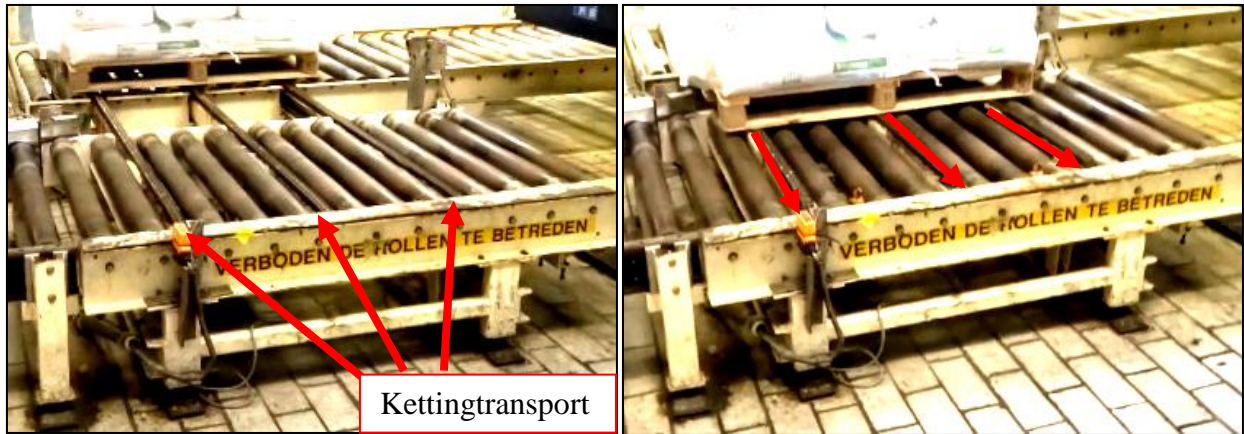


Fig. 15 Links: kettingtransport tussen transportrollen, positie omlaag (tijdstip A)

Fig. 16 Rechts: kettingtransport tussen transportrollen, positie omhoog (tijdstip B)

Dit mechanisme wordt gebruikt om transportpaletten haaks te verplaatsen. Wanneer het object juist gepositioneerd staat, wordt het frame omhoog geduwd. Vervolgens zorgen 3 kettingen voor het verplaatsen van een palet. In de volgende figuur is een voorstelling van het kettingtransport weergegeven.

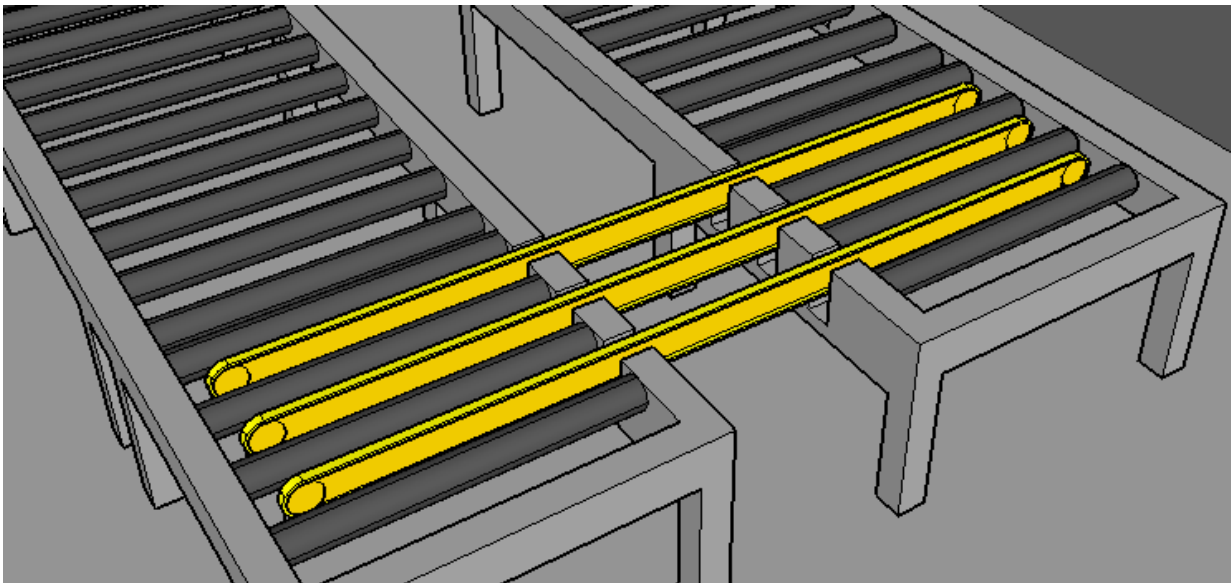


Fig. 17 Voorstelling kettingtransport in Google Sketchup

### 2.4.3 Transportbanden

Een transportband bestaat uit een aandrijvende motor dat aan een band / ketting trekt. Transportbanden verplaatsen vaak kleinere objecten die niet veel wegen. Er zijn ook tal van verschillende toepassingsmogelijkheden. Zo worden bijvoorbeeld in boerderijen transportbanden

gebruikt om bieten te verplaatsen, in de voedingsindustrie om voedsel te bakken in een industriële oven, in grote postbedrijven om postpakketten te verplaatsen, in een mijnindustrie om gesteente te verplaatsen, etc. Elk voorbeeld heeft een ander type transportband nodig. Transportbanden bestaan uit verschillende materialen (metaal, kunststof, rubber) en in verschillende uitvoeringen. Op de volgende figuren zijn verschillende transportbanden te zien. Hierna worden ze kort besproken.



Fig. 18 Transportband (Cleanroom, 2014)

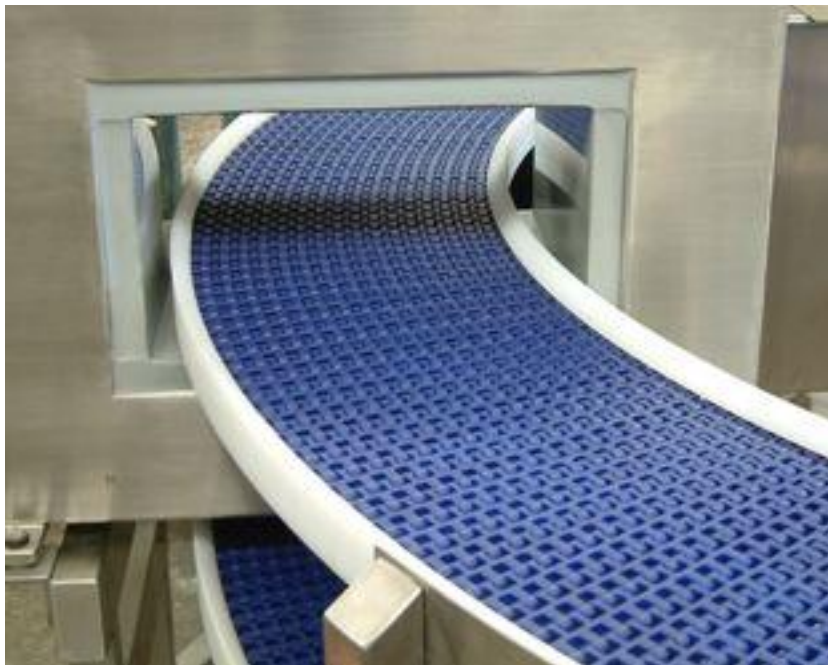


Fig. 19 Kunststof transportband (Conveyor-systems.co.uk, 2014)



**Fig. 20 Metalen transportband (Mesh, 2014)**

Fermentatie maakt gebruik van objecten (schoteltorens) die  $\pm 1050\text{kg}$  wegen en traag verplaatst worden. Wanneer een transportband gebruikt wordt om dit object te verplaatsen, zijn er enkele nadelen.

Ten eerste zijn de schotels te groot en te zwaar om te verplaatsen met een transportband. Het tweede nadeel is dat de transportbanden geen zijwaartse krachten opvangen. Hierdoor worden metalen elementen beschadigd, een rubberen of kunststoffen transportband kan opkrullen of er ontstaan scheuren. De zijwaartse krachten kunnen veroorzaakt worden door de heftrucks en wasinstallatie. Tot slot moet de transportband een hoge elasticiteitsmodulus hebben zodat het object wordt verplaatst wanneer de motor effectief draait. Bij een lage modulus zou het object blijven staan en de transportband uitgetrokken worden.

## **2.5 Hydraulisch transportsysteem**

Het hydraulisch transportsysteem is een eigen ontwerp waar de bufferplaten voortgeduwd worden met behulp van hydraulische cilinders. De cilinders duwen tegen een “aanslagstuk” op de bufferplaat, wat op zijn beurt weer tegen de volgende bufferplaat duwt. De bufferplaten rollen op een RVS-rollentransport dat niet wordt aangedreven. Het hydraulisch transportsysteem is interessant omdat het eenvoudig aan te sturen is. Op “Fig. 21” is een voorstelling weergegeven van dit hydraulisch transportsysteem.

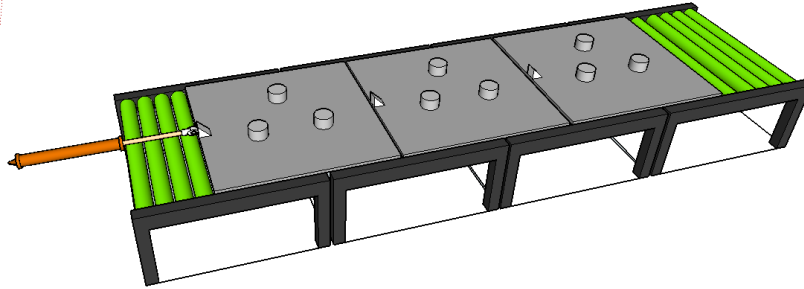


Fig. 21 Hydraulisch transportsysteem (lijnvormig) in Google Sketchup

Dit transportsysteem heeft wel een aantal nadelen. Ten eerste hebben de hydraulische cilinders een slaglengte van minstens 1500 mm waardoor de cilinder veel plaats inneemt. De slaglengte wordt op basis van de breedte van een bufferplaat en marge bepaald. De bufferplaten raken elkaar waardoor de schotels ook tegen elkaar komen. Hiervoor wordt er een marge van 30 cm bij de diameter van een schotel opgeteld. Bijkomend is het noodzakelijk om op elke hoek van de buffer een cilinder te plaatsen om de beweging verder te zetten.

Een tweede probleem is slijtage van elke plaat. De platen duwen tegen andere platen om verder te bewegen. Wanneer ze langs elkaar bewegen (op elke hoek), treedt er het meeste slijtage op. In de volgende figuur wordt de verplaatsing weergegeven.

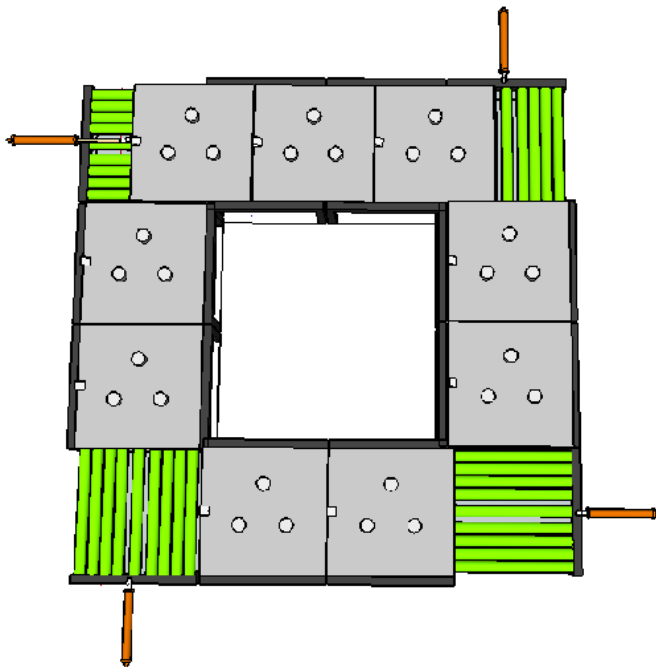


Fig. 22 Hydraulisch gesloten transportsysteem

Ten derde is er een bewegingsprobleem. Aangezien bijna alle beschikbare plaatsen op de transportband vol staan met bufferplaten, worden deze met of zonder schoteltoren samen

verplaatst. Zo kan het vullen van de schotels verstoord worden wanneer er aan de andere kant van de buffer een nieuwe schoteltoren wordt geplaatst. Hierdoor worden bufferplaatsen gecreëerd die afhankelijk zijn van elkaar.

Tot slot is de positionering beperkt. Op “Fig. 22” worden deze torens enkel langs onder op de buffer geplaatst en afgenomen. Dat komt vanwege de vorkvorm op een heftruck. Hierdoor benader je praktisch maar langs één kant de toren, waardoor alle machines (opname, afname, wasinstallatie) dezelfde oriëntatie hebben. Om dit op te lossen kunnen er rotatiemodules geïmplementeerd worden, die de platen en schoteltorens met een veelvoud van 90° draaien.

## 2.6 Keuze transportsysteem

Vanwege de problemen met de hydraulische uitvoering, wordt er besloten gebruik te maken het elektrisch aangedreven transportsysteem. De beperkte ruimte, afhankelijke buffers (de beweging van één bufferplaats zorgt voor een beweging van een andere bufferplaats) en moeilijkere regelingen zorgen er voor dat het hydraulisch ontwerp te duur en complex is.

Voor het elektrisch aangedreven transportsysteem is er gekozen voor RVS rollentransport in combinatie met RVS kettingtransport. Deze keuze wordt ondersteund op basis van volgende elementen:

- robuustheid,
- zuurbestendigheid,
- makkelijk aan te sturen,
- kan grote, zware objecten verplaatsen.

Het RVS kettingtransport zorgt voor de haakse verplaatsing van het rollentransport. Dit systeem is eenvoudig aan te sturen en moet voorzien worden van een hydraulische aansluiting. De hydraulische aansluiting dient om het volledige frame, waarop het kettingtransport gemonteerd staat, omhoog en omlaag te brengen. Het rollentransport wordt uitsluitend aangestuurd met elektrische motoren.

## 2.7 Bufferontwerpen

In dit hoofdstuk worden de bufferontwerpen besproken. Er worden met een paar aspecten rekening gehouden:

- er is weinig plaats om het bufferontwerp te plaatsen;
- de oude kiepbak moet beschikbaar blijven;



- de totaalkost van het bufferontwerp;
- de buffer wordt zo veel mogelijk uit RVS-316L gemaakt vanwege de zure omgeving;
- behouden van productiehoeveelheid (geen fermentatiekamers verkleinen);
- er moet een bufferplaats naar de wasinstallatie voorzien worden van ongeveer 3 à 4 plaatsen om tijdelijke uitvallen op te vangen.

Met bovenstaande punten worden 3 verschillende buffertrajecten opgesteld. Na de trajectvoorstellingen volgt de eindbespreking.

In elk traject wordt de draaitafel weggelaten omdat dit voor een overbodige beweging zorgt. Dit kost extra energie, tijdsverlies en er is kans op meer technische problemen. Hierdoor wordt de installatie eenvoudig weggelaten.

### 2.7.1 Bufferontwerp 1

In het 1<sup>e</sup> traject wordt de wasinstallatie en kiepbak 90° uurwijzerzin gedraaid. Hiervoor moet er een kleine transportband achter de kiepbak geplaatst worden. Bij de keuze van dit traject is er meer ruimte gecreëerd voor de heftrucks maar de oude installatie blijft bereikbaar. De volle stapels worden geplaatst op een bufferruimte van 4 stapels (inclusief de afnameplaats van de wasinstallatie). Dit wordt weergegeven in de volgende figuur.

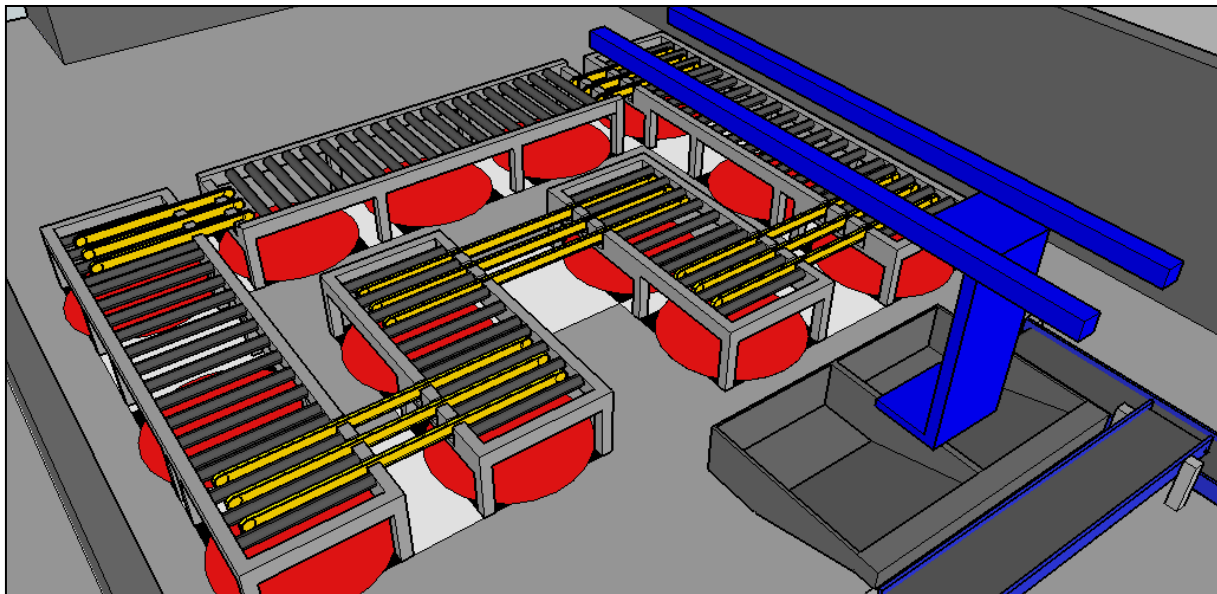


Fig. 23 Bufferontwerp 1

Om plaats te maken moet er een binnenmuur afgebroken worden en komt er een uitbreiding van het gebouw. Ook wordt er extra plaats voorzien waarin de stuurkasten komen. Na de

wasinstallatie is er plaats voor 8 bufferplaatsen. Op één van de 8 plaatsen wordt de stapel gevuld (zie hoofdstuk 4.1).

Met deze buffer kan je enerzijds veel bufferruimte creëren, anderzijds is er veel ruimte om onderhoudswerken uit te voeren. De buffers staan daarom ver uit elkaar en nemen hierdoor ook weer veel oppervlakte in. Dankzij de grote buffer, is het mogelijk om verschillende acties uit te voeren. Zo is het plaatsen van platenstoppers (zie hoofdstuk 3.1), een centraliseermachine (zie hoofdstuk 3.2) en vulsysteem eenvoudig.

Bij dit ontwerp moeten de schoteltorens niet gedraaid worden, voordat een heftruck of wasinstallatie ze opneemt. De oriëntatie blijft behouden waardoor de aansturing minder complex wordt en er tijd wordt bespaard. Het nadeel is dat er een grotere buffer wordt geplaatst om dit mogelijk te maken. Daarom is de prijs van dit bufferontwerp wellicht hoger dan andere trajecten.

### 2.7.2 Bufferontwerp 2

In het 2<sup>de</sup> traject wordt er ook een bijgebouw geplaatst. De hefkraan (zie Fig. 5) wordt ook bij dit traject verplaatst. De wasinstallatie en kiepbak worden 90° gedraaid en verplaatst naar het nieuw bijgebouw. Hierdoor wordt er veel ruimte gecreëerd en moet de kleine muur naast de buffer niet afgebroken worden. De grootte van de buffer is bepalend of de kleine muur al dan niet wordt afgebroken (zie Fig. 24 en Fig. 25). In het nieuwe bijgebouw is er een kleine locatie voorzien voor elektrische stuurkasten.

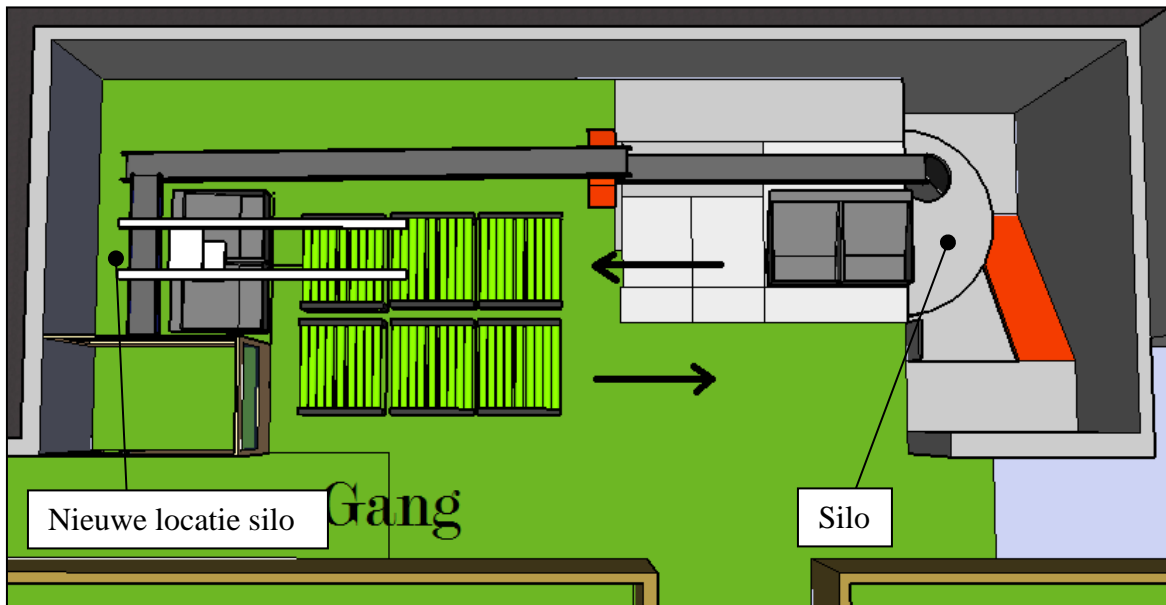


Fig. 24 Principeschema van bufferontwerp 2a

Het nadeel van dit ontwerp is de complete verplaatsing van de kiepbak. Hiervoor moet er een leiding geplaatst worden dat het vloeibaar zuur van de kiepbak naar de silo afvoert. Naast deze leiding moet er ook een transportband voorzien worden om de gewassen vellen te transporteren. CBT wenst ook geen lange transportbanden te gebruiken. Een alternatief voor deze oplossing is het verplaatsen van de silo naar de kiepbak. Om dit te realiseren wordt er een kelder gegraven, de silo wordt hiernaar verplaatst. Hierdoor staat de silo achter de verplaatste kiepbak. In de kostenanalyse worden hiervoor 2 oplossingen kort uitgewerkt.

Om de stapel te draaien moet zowel op de aan- als afvoer één plaats opgeofferd worden. De buffergrootte wordt hierdoor beperkt. Een oplossing hiervoor is een bufferuitbreiding te voorzien richting de gang. Het principeschema van dit traject wordt in volgende figuur weergegeven.

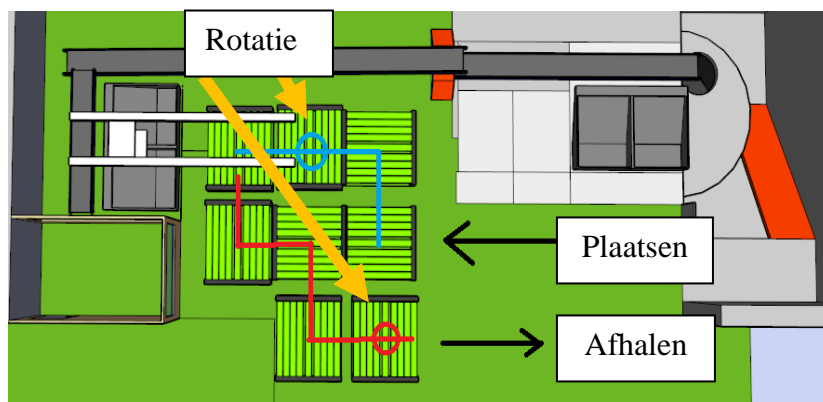


Fig. 25 Principeschema van bufferontwerp 2b

Bij het bovenstaande ontwerp zijn onderhoudswerken bij de middelste bufferplaats moeilijk. Daarom wordt het bufferontwerp uit elkaar getrokken om meer ruimte te maken. Dit zorgt op zijn beurt weer voor een grotere bufferplaats.

### 2.7.3 Bufferontwerp 3

Bij bufferontwerp 3 wordt er geen extra bijgebouw voorzien. Om de uitvoering op “Fig. 26” mogelijk te maken, moet een deel van de kamer opgeofferd worden. Hierdoor wordt de maandelijkse productie verminderd aangezien er minder schotels naar het wasstation gaan.

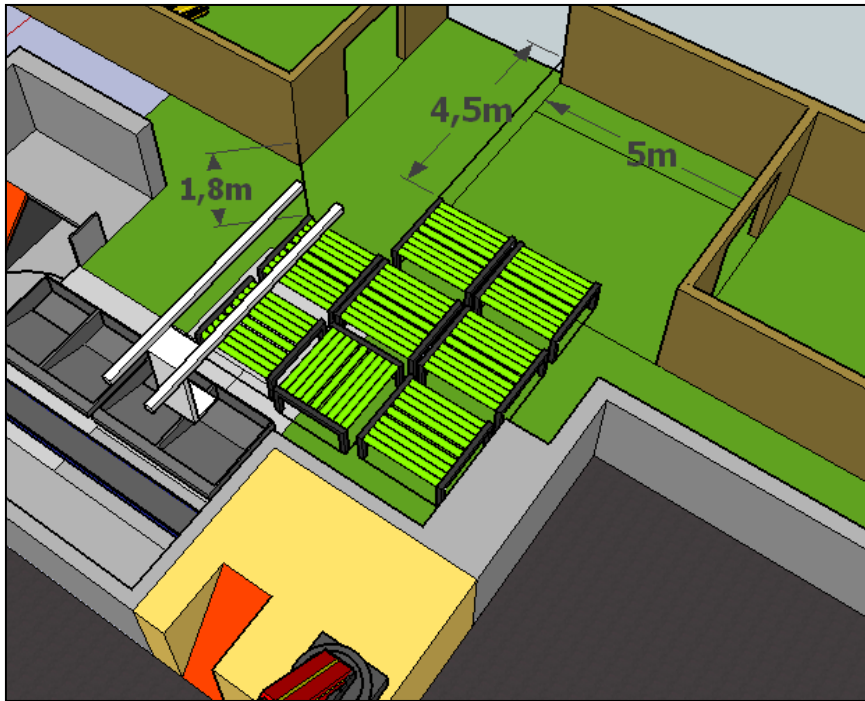


Fig. 26 Principeschema van bufferontwerp 3a

Er is een bijkomend probleem wanneer dit bufferontwerp gekozen wordt. Een kamer wordt leeggehaald en geplaatst op de buffer. De stapels worden in theorie op de buffer gevuld en teruggeplaatst in de volgende lege kamer. Vanaf hier is er een probleem aangezien de kleine kamer (bijvoorbeeld 30 stapels) een kamer moet vullen van 50 stapels. De overige 20 stapels worden op een andere locatie gestockeerd. Dit wil ook zeggen dat tijdens het leeghalen van de kleine kamer de 20 stapels gehaald worden uit de stockeerruimte. Deze moeten op hun beurt ook geplaatst worden op het buffertransport. Ook wanneer de kleine kamer gevuld wordt, worden de overige stapels niet gevuld. Deze worden naar de stockeerruimte gebracht en worden pas opgehaald wanneer een grote kamer gevuld wordt.

Bij traject 3a moet ook de kleine binnenmuur uitgebroken worden om plaats te maken voor de buffer. De ruimte is wel zeer beperkt in de breedte, in de lengte moet een kamer deels opgeofferd worden. Door de beperkte breedte en de voorziene ruimte voor buffers, is er niet veel plaats meer voor onderhoudswerken.

Een vaste eis is dat de oude installatie bereikbaar blijft. In “Fig. 26” zie je dat er maar 1,8 meter ruimte is tussen het bufferontwerp en een muur. Hierdoor is de kans groot dat een heftruck tegen de buffer botst. Om dit probleem en de variatie in het aantal stapels per kamer op te lossen, kan er gekozen worden voor het ontwerp in “Fig. 27”, traject 3b.



Fig. 27 Principeschema van bufferontwerp 3b

Bufferontwerp 3b is er een verkleining van 2 kamers. Dit maakt dat er in kamer 46 en 52 (zie Fig. 28) respectievelijk 2 en 3 meter wordt ingekort. Dit betekent ook dat in kamer 46 één of twee rijen schoteltorens niet geplaatst kunnen worden, in kamer 52 twee tot drie rijen.

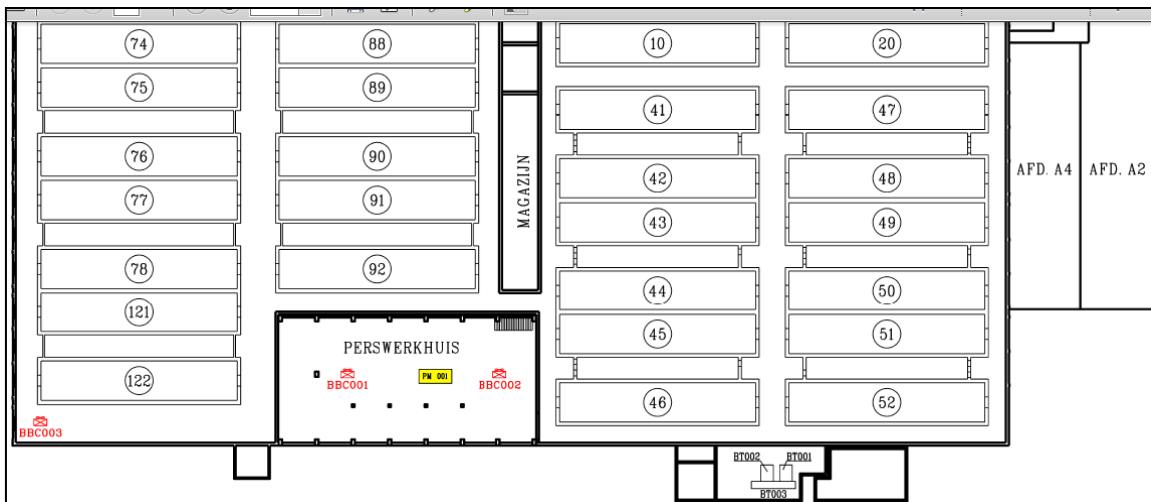


Fig. 28 Plattegrond gelijkvloers

## 2.8 Trajectkeuze en eindbespreking

Een traject wordt gekozen door de voor- en nadelen te vergelijken met elkaar. Hierin komen praktische implementatiemogelijkheden, kosten, tijd en haalbaarheid aan bod. De voor- en nadelen van elk bufferontwerp worden kort opgesomd:

Bufferontwerp	Voordelen	Nadelen
1	geen rotatiemodule nodig	kostprijs buffer
	geen lange transportbanden	kostprijs verplaatsing wasinstallatie en kiepbak
		kostprijs bijgebouw
2	lagere kostprijs t.o.v traject 1	rotatiemodule nodig
	veel keuzemogelijkheid (zie Kostenanalyse)	kostprijs verplaatsing wasinstallatie en kiepbak
		kostprijs bijgebouw
		kostprijs lange transportbanden
3	geen extra gebouw	rotatiemodule nodig
	geen verplaatsing van wasinstallatie en kiepbak	kamer(s) verkleinen
		beperkte ruimte voor toekomstige projecten en onderhoud

Tabel 1 Overzicht van trajecten

Het voordeel van traject 3 t.o.v. traject 1 en 2, zijn de kosten. De volledige installatie kan in de huidige omgeving gemaakt worden zonder uit te breiden. Ook de wasinstallatie en kiepbak worden niet verplaatst waardoor er een grote kost wordt bespaard. De verkleining van 1 of 2 kamers is een groot nadeel omdat dit een productieverlies is dat jaar na jaar meegenomen wordt. Ook bijkomende logica om overbodige lege stapels te stockeren, wordt aanschouwd als tijdsverlies. Daarom wordt er niet gekozen voor dit traject.

Trajecten 1 en 2 worden vervolgens vergeleken. Traject 2 heeft een kleinere buffer, wat de kostprijs vermindert t.o.v. traject 1. Traject 2 heeft als eerste nadeel dat er minder bufferplaatsen gecreëerd worden t.o.v. traject 1, op evenveel oppervlakte. Een tweede nadeel zijn de lange transportbanden. Aangezien de vellen en vloeibaar zuur het hoofdproduct waar heel het productieproces bij start, is het noodzakelijk dat dit proces bedrijfszeker is. Door één enkele transportband toe te passen verlaagt de bedrijfszekerheid. Bij bufferontwerp één wordt er enkel nog een kleine transportband achter de kiepbak geplaatst.

Traject 1 zorgt voor een grote buffer waar 4 plaatsen beschikbaar zijn om volle stapels te plaatsen. 7 bufferplaatsen na de wasinstallatie bieden een buffer om lege stapels te stockeren, voor ze gevuld worden. Bij dit traject is het ook eenvoudig de buffer te vergroten, zodat er extra ruimte gecreëerd wordt om een centralisatiemachine te maken. Op het einde van de buffer zijn er

2 plaatsen waar stapels gevuld worden. Deze buffer wordt groot omdat de oriëntatie om stapels op te nemen en te plaatsen behouden blijft. Hierdoor worden er geen rotatiemodules geplaatst waardoor de buffersnelheid verhoogt.

Om zo veel mogelijk bufferplaats te voorzien en tijdswinst te maken, wordt er gekozen voor traject 1. Dit traject zorgt voor een buffer waar de heftruckchauffeurs ruim de tijd hebben om een nieuwe schotel te plaatsen en op te nemen. De mogelijkheid om een centraliseermachine te plaatsen op deze buffer, wat niet direct implementeerbaar is bij de 2 andere trajecten, is ook een meerwaarde.





## 3 Mechanisch ontwerp

### 3.1 Platenstopper

De schotels worden geplaatst of opgenomen van de bufferplaten, terwijl deze niet verschuiven. Hiervoor is een platenstoppermechanisme ontworpen dat werkt met een hefboomprincipe. Het hefboomprincipe zorgt er voor dat de cilinder enkel axiaal belast wordt. De cilinder is aan de hand van verbindingspennen gemonteerd aan de scharnierpunten. Om de pennen en de cilinder te ontlasten, is er nog een extra ondersteuning voorzien.

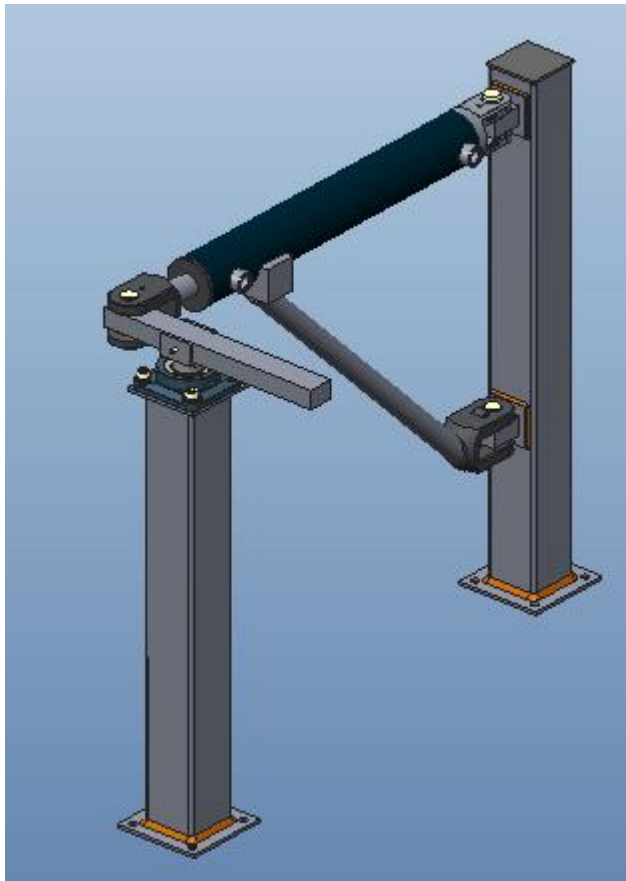
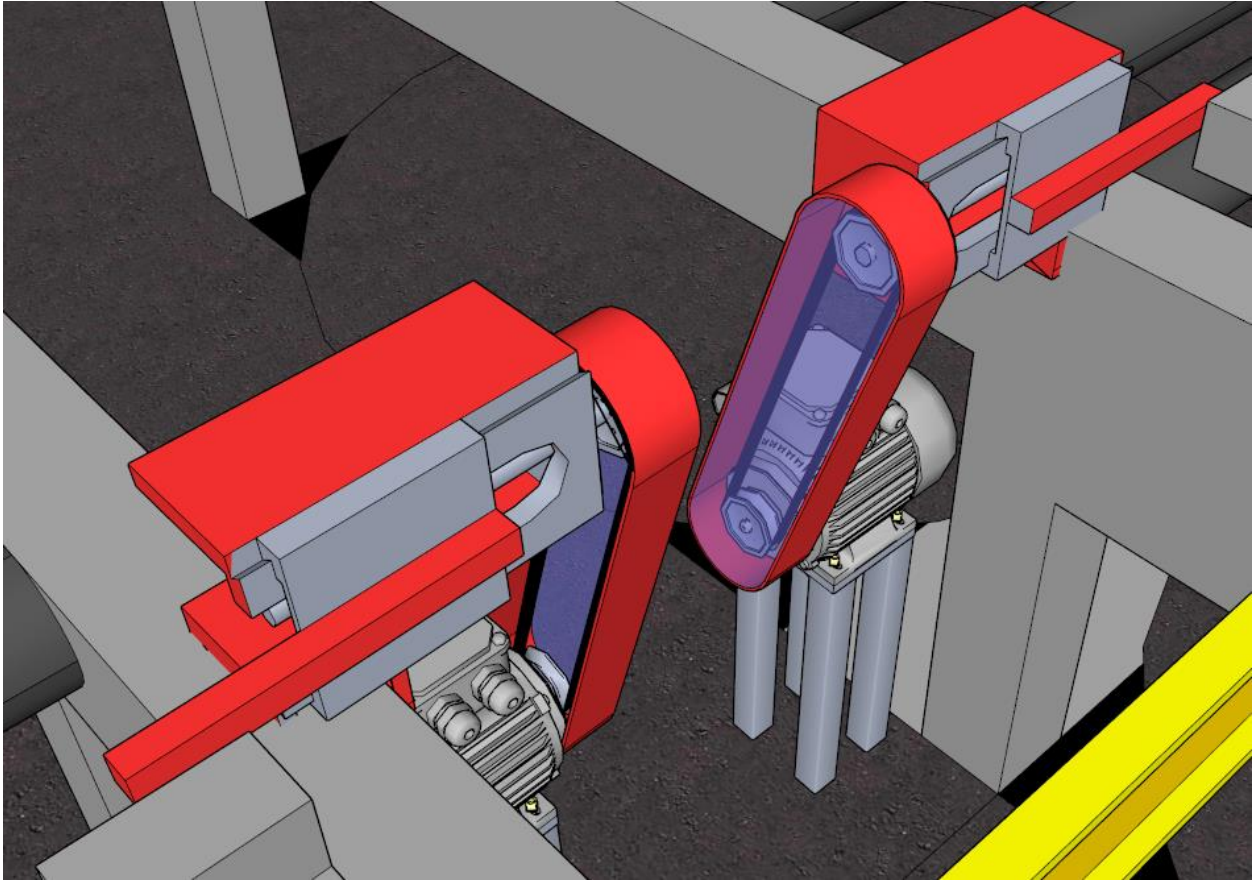


Fig. 29 Mechanisch ontwerp van een platenstopper

Wegens plaatsgebrek was het niet mogelijk deze platenstopper te implementeren. Hierdoor is er een nieuw concept ontworpen dat gebruik maakt van een zwaluwstaartverbinding. Deze zwaluwstaart wordt aangedreven door middel van een elektrische motor (met een riemoverbrenging). De riemoverbrenging wordt met behulp van een veiligheidskap afgeschermd, zodat alle bewegende delen buiten het bereik zijn van de arbeiders. Op de volgende figuur is een principetekening weergegeven van deze platenstopper.

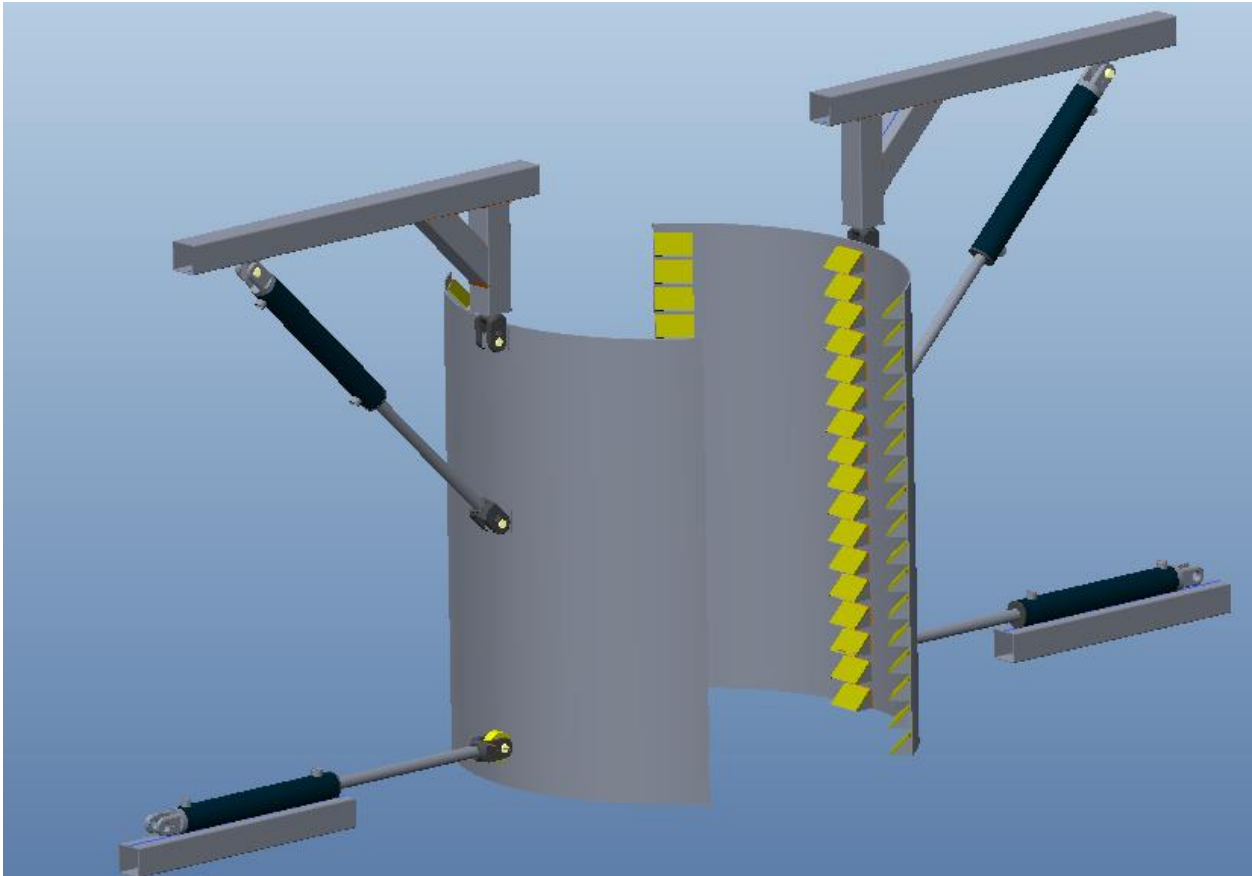


**Fig. 30 Platenstopper met spindelaandrijving**

In de zure omgeving is het belangrijk te kijken naar het direct contact tussen de zure omgeving, en de aandrijving van deze zwaluwstaart. De zwaluwstaart zorgt voor de geleiding van het bewegende onderdeel. Wanneer zuur in contact komt met de riemoverbrenging, zal de levensduur sterk verminderd worden. Het is daarom aangeraden een RVS-kettingoverbrenging te gebruiken. Op de figuur hierboven wordt een riemoverbrenging getekend om enkel aan te tonen dat er een onrechtstreekse aandrijving is.

### **3.2 Centraliseermachine**

Het principe van de centraliseermachine wordt in dit hoofdstuk besproken. Wanneer de schotels getransporteerd worden met een heftruck, is het mogelijk dat de schotels excentrisch ten opzichte van elkaar staan. De centraliseermachine zorgt er voor dat de stapel schotels opnieuw gecentraliseerd worden. Dit principe wordt afgebeeld op de volgende figuur.



**Fig. 31 Mechanisch ontwerp van een centraliseermachine**

De centraliseermachine is een eenvoudig mechanisme dat bestaat uit cilinders en gebogen platen met een diameter van 1250 mm. Op deze gebogen plaat zijn prisma's gelast, die er voor zorgen dat de schotels van boven naar onder opgenomen en terug gecentraliseerd worden. Indien de schotels niet gecentraliseerd worden, is het mogelijk dat bij het plaatsen of vervoeren de schotels omvallen. De prisma's zijn voorzien van teflon slijtageplaatjes. Dit materiaal is gekozen omwille van zelfsmurende eigenschappen, wat het glijden bevordert. De teflonplaatjes zijn gemonteerd met behulp van verzonken schroeven.

De gebogen platen zijn aan de hand van een penverbinding opgehangen aan een scharnierpunt. Halverwege is er een tweede penverbinding die de gebogen plaat via een scharnierpunt vastmaakt aan de hydraulische cilinder. Deze cilinder zorgt voor de kracht die nodig is om de schotels en gebogen plaat op te heffen. Indien de onderste schotels opgenomen worden, zal er een buigmoment ontstaan op deze gebogen plaat. Om het buigen tegen te gaan, wordt onderaan een hulpcilinder geplaatst.

### 3.2.1 Hydraulisch schema

Het is vanzelfsprekend dat de twee gebogen platen gelijktijdig bewegen. Hierdoor worden de schotels één voor één opgenomen en gecentraliseerd. Om dit te verzekeren worden twee hydraulische schema's opgesteld die gelijkloop van de cilinders veroorzaakt. Een nadeel van deze uitvoering is nauwkeurigheid. Voor deze toepassing is echter de nauwkeurigheid niet van groot belang.

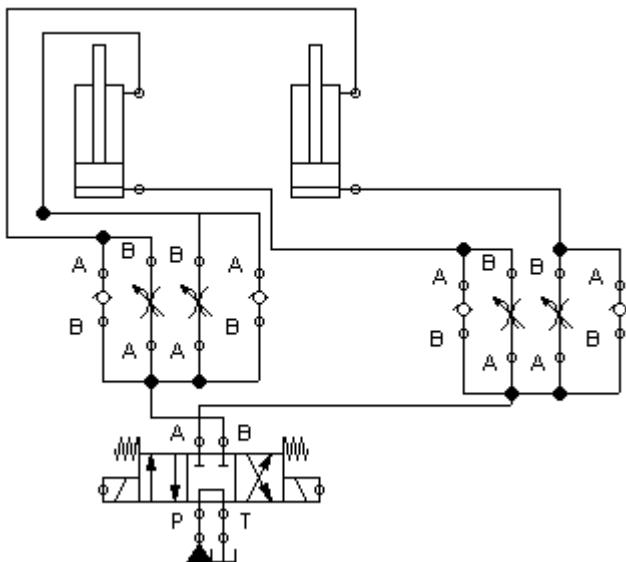


Fig. 32 Hydraulisch schema voor gelijklooploop van cilinders (optie 1)

Bovenstaand schema wordt gebruikt om gelijkloop van de cilinders te verzekeren. Hierbij wordt gebruikt gemaakt van het principe “gelijkvolume” dat naar beide cilinders wordt gestuurd. Dit wordt handmatig ingesteld met behulp van twee proportioneel kleppen. Hierdoor krijgen beide cilinders een gelijk volume toegestuurd. Het is noodzakelijk dat de in- en uitbeweging van de cilinders synchroon gebeuren. Daarom wordt de gelijkloopschakeling voor in- en uitgaande bewegingen gebruikt.

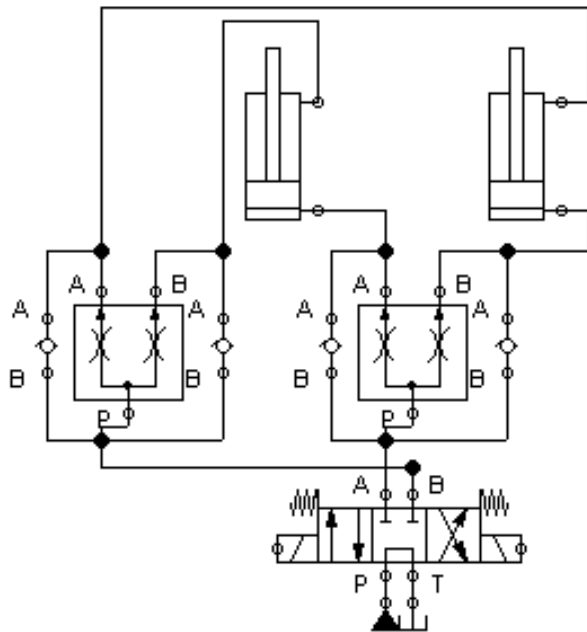
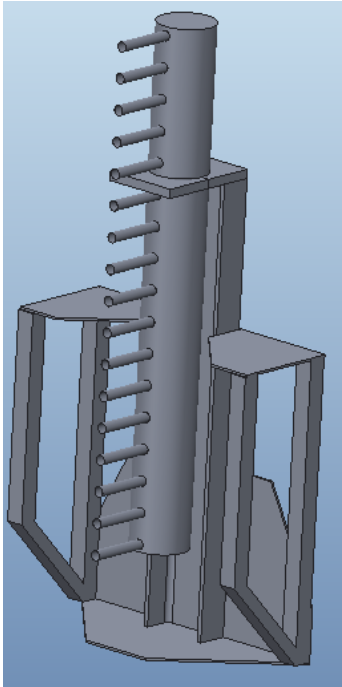


Fig. 33 Hydraulisch schema voor gelijkloop van cilinders (optie 2)

### 3.3 Vulsysteem

Het bestaande vulsysteem wordt vast gepositioneerd naast de bufferinstallatie. Wanneer de schotels het vulsysteem passeren, worden met behulp van flexibele darmpjes de schotels gevuld. Momenteel is er een variabele hoogte tussen de verschillende schotels per stapel. In de toekomst moet er een standaard komen om het automatisatieproces praktisch haalbaar te maken. De volgende tekening van het vulsysteem is dan ook enkel een principetekening.



**Fig. 34** Bestaand vulsysteem

### **3.4** Materiaalselectie

In Citrique is een algemene standaard vastgelegd voor het gebruik van roestvast staal, namelijk: AISI 316L. Proefondervindelijk werd een materiaalsoort bepaald dat het meest gunstige zou zijn in een citroenzurige omgeving. Met behulp van het CES pakket wordt theoretisch bepaald of dit materiaal ook het meest gunstige materiaal is. Er is rekening gehouden met de elasticiteitsmodulus in functie van de prijs en de massadichtheid. Op de volgende grafiek worden de resultaten weergegeven.

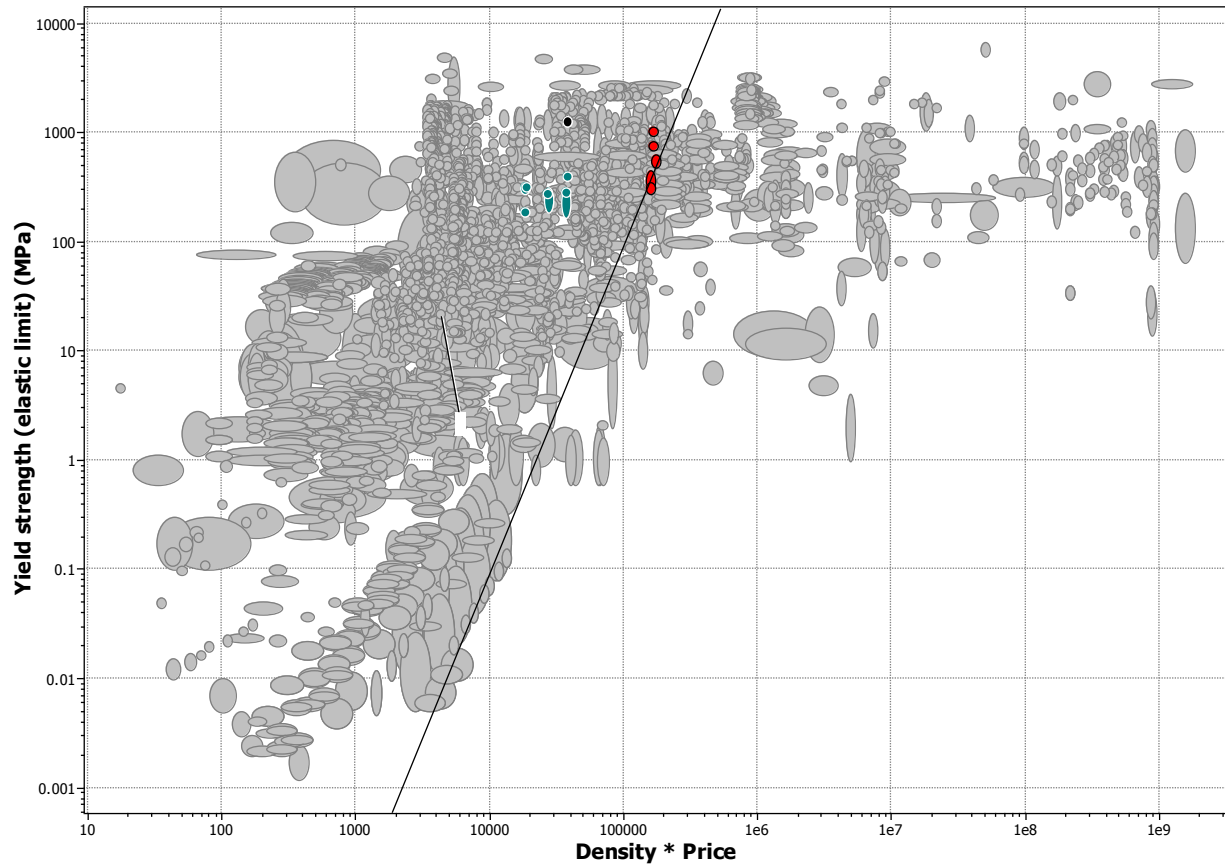


Fig. 35 Grafiek materiaalselectie

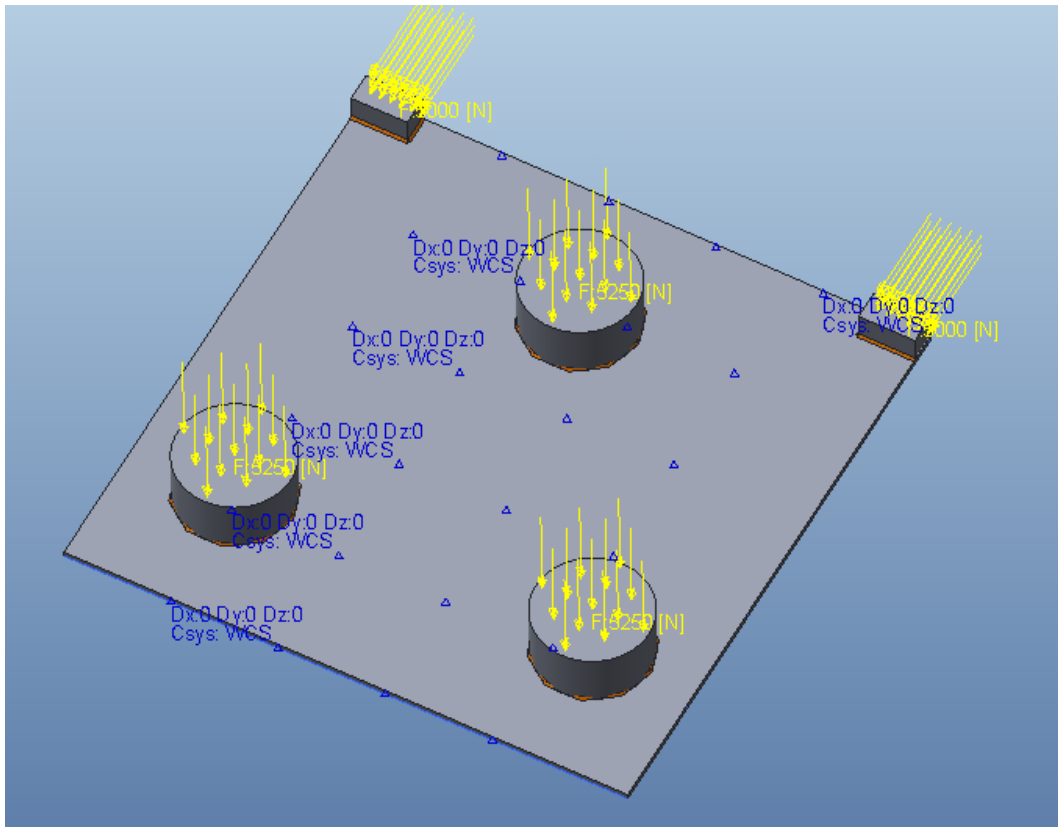
Vervolgens zijn de materialen gefilterd die niet zuur bestendig zijn. Zo blijven volgende materialen over die het best bruikbaar in deze omgeving:

- Nickel-chromium alloy, INCONEL 718
- Stainless steel, austenitic, AISI 201L
- Stainless steel, austenitic, AISI 201LN
- Stainless steel, austenitic, AISI 301L
- Stainless steel, austenitic, AISI 304L
- Stainless steel, austenitic, AISI 304LN
- Stainless steel, austenitic, AISI 316L
- Stainless steel, austenitic, AISI 316LN
- Stainless steel, austenitic, Nitronic 50, XM-19

Hieruit wordt afgeleid dat de standaard die in Citrique gebruikt wordt een geschikt materiaal is voor de toepassing. Verder zijn 2 materialen interessant om verder te bekijken: AISI 316LN en XM-19. De materiaallijsten van de drie materialen die als betere uit de selectie komen, zijn als bijlage toegevoegd aan de bundel (bijlage E, F en G).

### 3.5 Spanningsanalyse

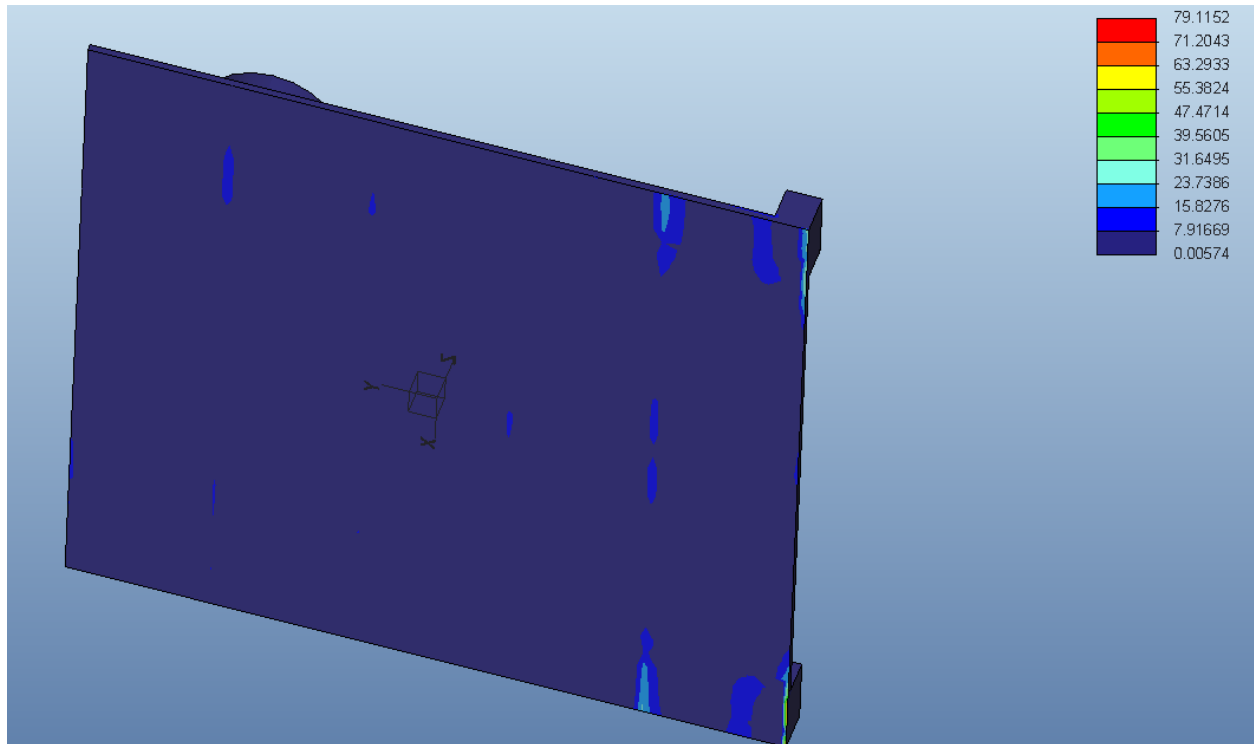
Er wordt een spanningsanalyse uitgevoerd op de bufferplaten om de doorbuiging te testen. Deze spanningsanalyse is in het simulatiepakket Creo uitgevoerd. Op de bufferplaten worden horizontale en verticale krachten aangebracht. De verticale kracht stelt het gewicht van de schotels voor, die gevuld zijn met vloeistof. Deze krachten zijn vermenigvuldigd met een factor van 1,5 om een grotere belasting mogelijk te maken. De horizontale kracht stelt de reactiekracht voor die de platenstopper uitoefent. Op de volgende figuur wordt een screenshot weergegeven van deze simulatie.



**Fig. 36 Krachten die inwerken op de bufferplaat**

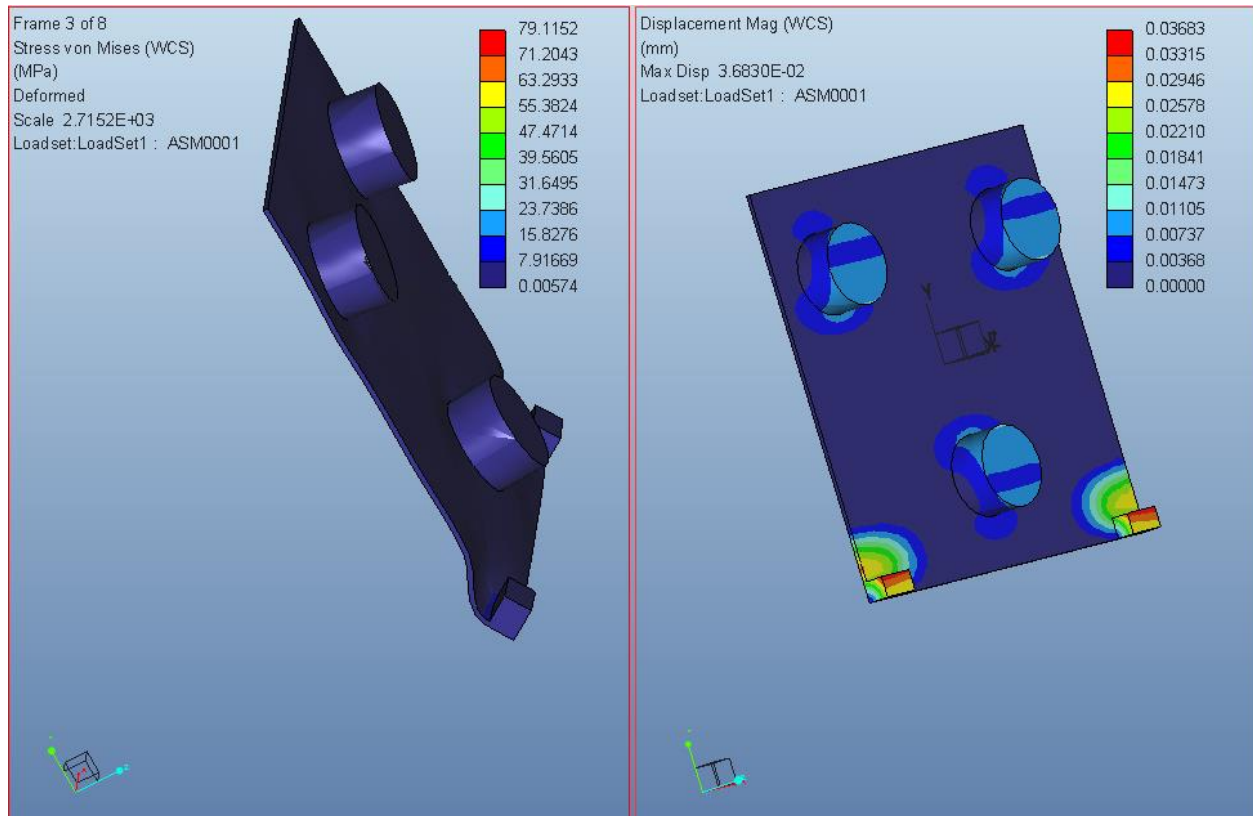
De verticale kracht is 15750N en wordt over drie oppervlaktes verdeeld. Hierdoor is de kracht op elke oppervlakte 5250N. De horizontale kracht is een reactie kracht van 5000N per oppervlakte waar deze kracht op ingrijpt. De constrains van de plaat zijn curve/line constrains die vastgelegd zijn op 200 mm van elkaar, dit is de afstand tussen de raakpunten van de roloplegging en de bufferplaat.





**Fig. 37 Spanningsanalyse van een bufferplaat**

Uit de spanningsanalyse blijkt dat de maximale spanningen ontstaan op de plaatsen waar de rollen de bufferplaat raken en aan de achterkant van de stootblokjes. Dit is een logisch resultaat aangezien de optredende krachten op deze locatie het grootst zijn. Deze spanningen liggen ook ver onder de vloeispanning, waardoor de gekozen diktes van de plaat zeker voldoende zijn.



**Fig. 38 Doorbuiging van een bufferplaat**

Wanneer een bufferplaat doorbuigt, is het moeilijker om dit te transporteren. Hierdoor is het belangrijk om de doorbuiging van deze bufferplaat te bepalen. De maximale doorbuiging van de plaat bedraagt bij de aangelegde krachten: 0,03683 mm.

## 4 Automatiseringsvoorstellen van het bufferontwerp

### 4.1 Logica van de buffer, centraliseermachine en vulmachine

In dit hoofdstuk wordt de logica achter de sturing van de buffer besproken. In de volgende figuur wordt een schema weergegeven met alle sensoren. Aan de hand van dit schema wordt de logica besproken. De codering in onderstaande figuur is als volgt:

- B1L1: **B**ufferplaats 1 **L**ichtsensoren 1
- B5E2: **B**ufferplaats 5 **E**indelooptschakelaar 2
- B2BA: **B**ufferplaats 2 **B**lokkeren A(-zuiger)
- B1S2: **B**ufferplaats 1 **S**chakelaar 2
- E1: Signaallamp 1

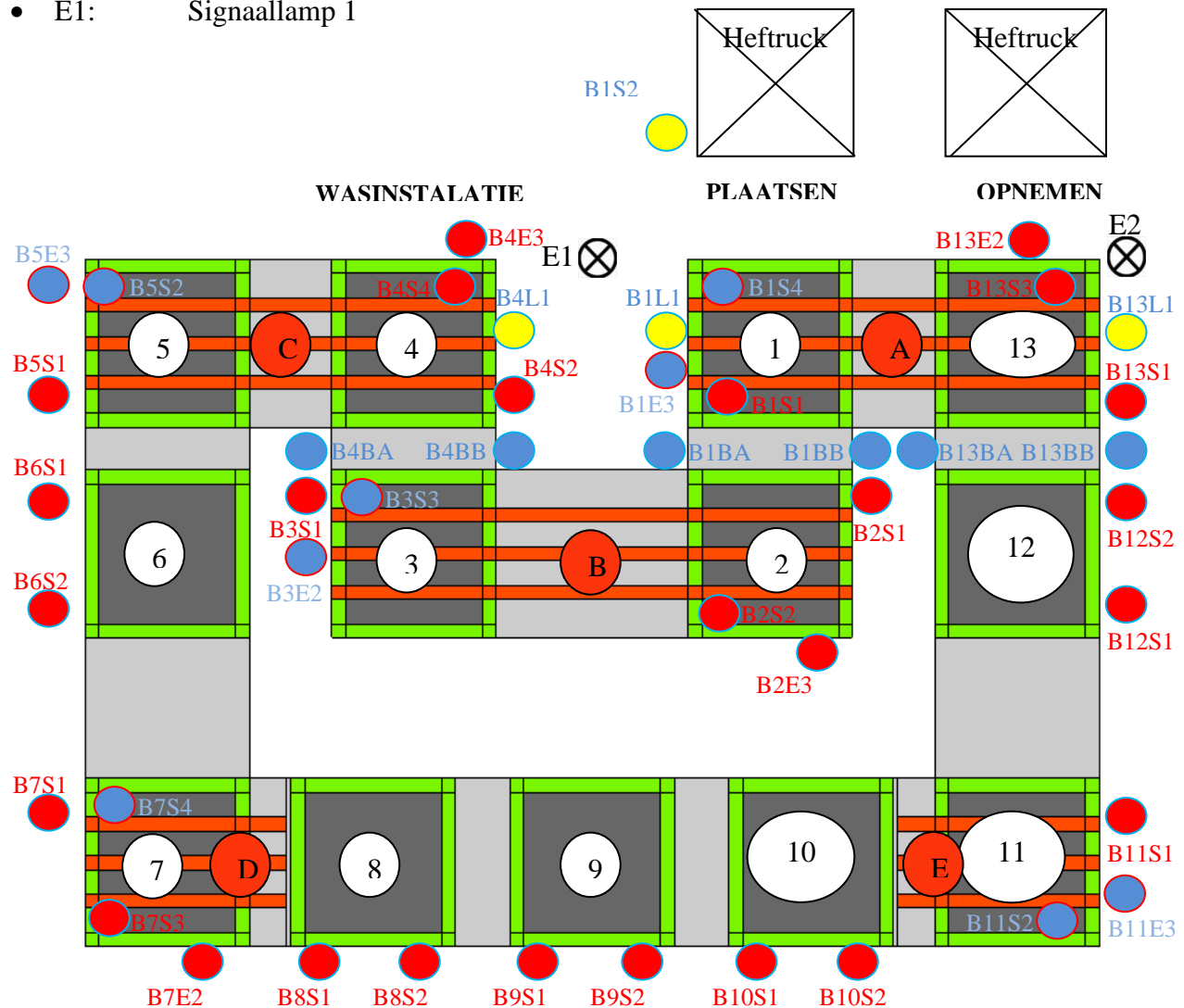


Fig. 39 Logica van het bufferontwerp

Een heftruck mag alleen een stapel plaatsen wanneer indicatorlicht (E1) groen is. Het groene licht betekent:

- buffer 1 onderneemt geen actie (geen beweging),
- kettingtransport A moet omlaag staan,
- bufferplaat aanwezig (eindeloopschakelaar B1E1 bedient),
- bufferplaat geblokkeerd door B1BA en B1BB.

Vervolgens wordt de bufferlogica in stappen besproken. Om dit overzichtelijk te houden wordt 1 stapel gevolgd over heel de buffer.

Wanneer de stapel geplaatst wordt, detecteert lichtsensoren B1L1 een stapel. De heftruck voert zijn beweging uit en bedient schakelaar B1S2 (schakelaar bevestigd aan het plafond met een trekkoord) wanneer de stapel correct op de buffer staat. Kettingtransport B moet omlaag staan, B1BA en B1BB deblokken de plaat vooraleer er een beweging plaatsvindt. Wanneer “B2S1 en B2S2” niet bedient zijn, kan de stapel van buffer 1 verplaatst worden naar buffer 2. Van het moment dat B2S2 detecteert moet de stapel vertragen en uiteindelijk tot stilstand komen. Wanneer B2E3 detecteert moet de stapel direct gestopt worden. Dit is als beveiliging wanneer B2S2 niet meer zou werken en dient ook als trigger voor kettingtransport B te activeren. Kettingtransport B gaat pas omhoog wanneer “B3S1 en B3E2” niet detecteren en “B2S1, B2S2 en B2E3” wel detecteren. Een eindeloopschakelaar detecteert wanneer het kettingtransport boven is en verplaatst de stapel naar buffer 3. B3S3 is bevestigd op het kettingtransport en werkt met dezelfde logica als buffer 2 (vertragen wanneer B3S3 detecteert). Vervolgens beweegt kettingtransport B naar omlaag zodat de stapel op de rollenbaan van buffer 3 staat. Hierdoor wordt schakelaar B3S1 bedient. Wanneer B4BA en B4BB niet blokkeren en er geen bufferplaat aanwezig is op bufferplaats 4 (sensoren B4S2 en B4S4) beweegt de stapel van bufferplaats 3 naar 4. Wanneer B4L1 een stapel detecteert en schakelaar B4S4 bedient is, moet de stapel vertragen. B4E3 moet de stapel uiteindelijk stoppen. De plaat wordt geblokkeerd met actuatoren B4BA en B4BB waarna de wasinstallatie de stapel mag opnemen. De wasprocedure verloopt volgens een ander stuurprogramma en wordt hier niet besproken.

Na het wassen plaatst de wasinstallatie een propere stapel op de buffer. Wanneer de vork van de wasinstallatie en B4BA en B4BB niet blokkeren, kan de stapel verplaatst worden naar buffer 5. Dit gebeurt wanneer er geen stapel staat op buffer 5 (B5S1 niet bedient), de wassing gedaan is en de stapel terug op de buffer staat (B4L1). Kettingtransport C beweegt omhoog en verplaatst de stapel. Wanneer B5S2 bedient is vertraagt de schotel en beweegt kettingtransport C omlaag. De stapel wordt naar buffer 6 gerold wanneer B6S1 en B6S2 niet bedient zijn. Er komen nu 2 mogelijkheden hoe de stapel beweegt. Indien B7S1, B7S3 of B7S4 bedient zijn, moet de stapel vertragen vanaf sensorsignaal B6S2. Wanneer geen enkele schakelaar bedient is (B7S1, B7S3 of B7S4), “B6S1 en B6S2” zijn niet bedient en kettingtransport D staat omlaag, wordt de stapel rechtstreeks van bufferplaats 5 naar 7 verplaatst. Wanneer een stapel juist tussen buffer 6 en 7 staat kan de vorige status “waar” zijn en leiden tot een botsing. Daarom moet op bufferplaats 6

identiek dezelfde voorwaarde gelden om de stapel naar buffer 7 te verplaatsen. De stapel vertraagt wanneer B7S3 detecteert en staat stil wanneer B7E2 bediend wordt. Vervolgens gaat kettingtransport D naar boven. De bufferplaatsen 8, 9 en 10 staan op dezelfde hoogte als kettingtransport D in zijn bovenste positie. Wanneer buffer 8 geactiveerd is en B8S2 enkel bediend is, kan de stapel van kettingtransport D verplaatst worden naar buffer 8. Als B9S1 niet bediend is hoeft de stapel niet te vertragen vanaf schakelaar B8S2. Hierdoor kan de stapel van buffer 7 rechtstreeks naar buffer 8. Tussen buffer 8 en 9 geldt dezelfde logica. Buffer 10 mag de stapel enkel plaatsen op kettingtransport E wanneer het in zijn bovenste positie staat en er geen schotel aanwezig is (B11S2 is niet bediend). De stapel vertraagd wanneer B11S2 bediend is en stopt op plaats B11E3. Vervolgens beweegt kettingtransport E omlaag en plaatst de stapel op buffer 11. Als B12S1 en B12S2 niet bedient zijn, mag de stapel verplaatst worden naar buffer 12. Van het moment dat B11S1 niet meer bediend is kan kettingtransport E terug omhoog bewegen. Wanneer B13S1 en B13S3 niet bedient zijn en kettingtransport A staat omlaag, kan de stapel verplaatst worden van buffer 12 naar 13. Bij het verplaatsen van buffer 12 naar 13 is er nog een bijkomende voorwaarde. Op bufferplaats 12 wordt een vulinstallatie geplaatst om de schotels op de buffer te vullen. Het vullen is voltooid na een vooropgestelde tijd en kan hierna verplaatst worden.

Wanneer de schotel gevuld is, buffer 13 en kettingtransport A niet meer actief zijn en de plaat op buffer 13 geblokkeerd is (B13BA en B13BB), heeft signaallamp E2 een groene kleur. Dit dient als indicatie dat de chauffeur een stapel mag opnemen. Wanneer de stapel weggenomen wordt detecteert lichtsensor B13L1 dat er geen stapel meer is en wordt de plaat gedeblokkeerd. Hierna wordt de bufferplaat getransporteerd naar buffer 1. Dit mag enkel gebeuren wanneer B1BA en B1BB niet blokkeren en er geen plaat aanwezig is (B1S1 en B1S4).

Tot slot worden de actuatoren op de buffer besproken om een algemeen schema op te bouwen. Elke buffer wordt voorzien van een aparte frequentiegestuurde motor. De kettingtransportbanden hebben elk 2 actuatoren: een hydraulische zuiger die het gehele frame (van de kettingtransportband) omhoog brengt en een frequentiegestuurde motor om de kettingen te laten draaien. In bijlage A tot en met D worden alle sensoren/actuatoren, in-/uitgangen, digitaal/analooch weergegeven.

## 4.2 I/O-Connectie

### 4.2.1 Rechtstreekse verbinding met een PLC

Het eerste automatiseringsvoorstel wordt opgebouwd door actuatoren en sensoren rechtstreeks met een PLC-in- en uitgangskaat te verbinden. In hoofdstuk 4.1 werd bepaald dat er minstens 61 digitale ingangen en 27 digitale uitgangen zijn. Dit wil zeggen dat er minstens 88 kabels geconnecteerd worden, voor enkel de sensoren en actuatoren. Hierbij komen nog extra digitale ingangen voor motorcontroles en temperatuurbewaking, digitale uitgangen voor het aansturen van motoren. Het totale aantal in- en uitgangen is afhankelijk van de aansturingkeuze (frequentieregelaar of softstarter) van een motor.

Wanneer de sensoren en actuatoren elk met een kabel verbonden worden, is de aansluiting eenvoudig en worden elektrische problemen eenvoudig opgemeten. Het nadeel is dat er minimum 450 meter bekabeling komt indien er gekozen wordt voor één-aderige kabels. Wanneer 2-, 3- of meeraderige kabels worden gekozen, is het belangrijk dat alle sensoren bereikt worden. Sommige sensoren staan wel dezelfde bufferplaats, maar daarom staan ze niet dichtbij elkaar.

### 4.2.2 ASI-bus in combinatie met PROFIBUS of PROFINET

Om het aantal kabels sterk te verminderen, wordt een netwerk opgebouwd met ASI-bus in combinatie met PROFIBUS of PROFINET. ASI staat voor “Actuator Sensor Interface”. Zo vertrekt één ASI-buskabel vanuit het ET200m-station, waarbij alle sensoren geconnecteerd worden. Om dit mogelijk te maken, moeten I/O-eilanden geïmplementeerd worden naast de buffer. Per I/O-eiland worden maximaal 4 digitale ingangen ingelezen en 4 digitale uitgangen aangestuurd. Met ASI-versie 1.0 worden maximaal 31 eilanden geconnecteerd. ASI-versie 2.0 biedt de mogelijkheid om het dubbele aan te sluiten. Dit zijn 248 ingangen en 148 uitgangen. De bekabeling van ASI is heel eenvoudig te herkennen en te monteren. Een ASI-kabel is een trapeziumvormige gele kabel met 2 elektrische draden.

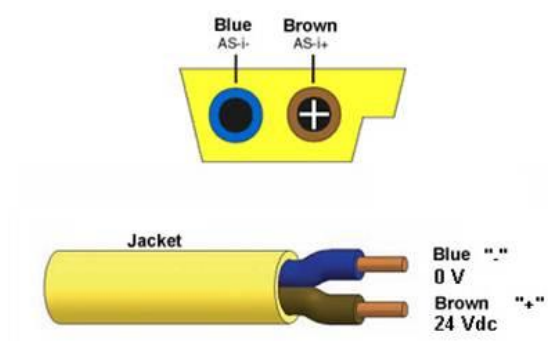


Fig. 40 ASI-bus bekabeling (Smart)

In elke aansluiting van een module zijn 2 mesjes die in de kabel snijden. De mesjes maken contact met de twee draden zodat de module verbonden wordt met de rest van het netwerk. Wanneer de kabel losgetrokken wordt, zorgt de rubber van de gele kabel er voor dat de opening sluit. Dit zorgt voor een goede elektrische isolatie.

Aangezien op sommige plaatsen van de buffer veel actuatoren en sensoren zijn, is er keuze tussen twee mogelijkheden. De eerste mogelijkheid is een extra ASI-module te plaatsen om meerdere I/O's lokaal te voorzien. De tweede mogelijkheid is gebruik te maken van PROFIBUS-DP of PROFINET. Hier kunnen ET200s-eilanden vlakbij een bufferplaats gemonteerd worden (zie volgende figuur) om lokaal meerdere I/O's ter beschikking te hebben. Dit zorgt voor een vermindering van het aantal elektrische kabels.

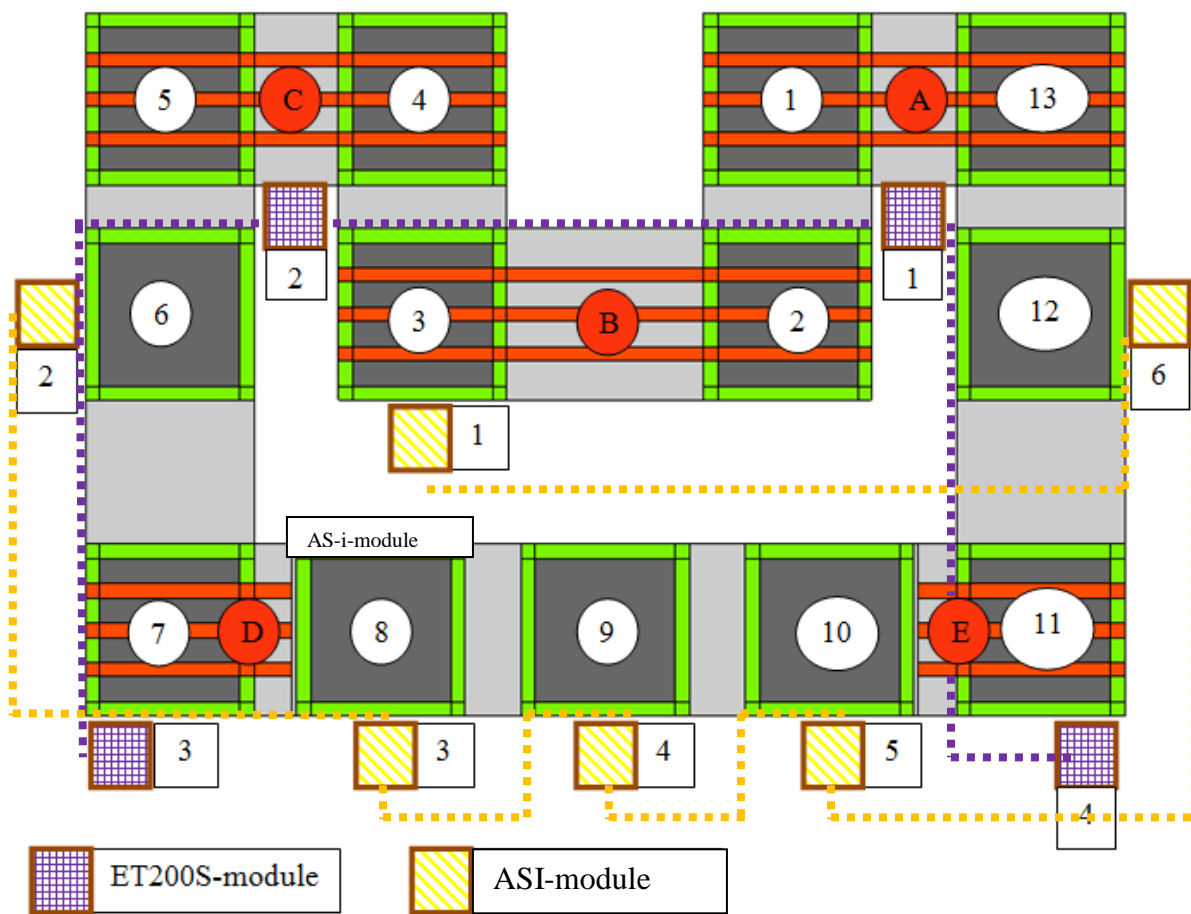


Fig. 41 I/O-connectie ASI met PROFIBUS

ASI-bus kan op twee manieren opgebouwd worden. Een eerste mogelijkheid is, volgens Siemens beschreven, "Direct Interfacing". Hier wordt een ASI-communicatiekaart op de rack geplaatst van de CPU. Direct Interfacing wordt in de volgende figuur weergegeven.

## Direct Interfacing

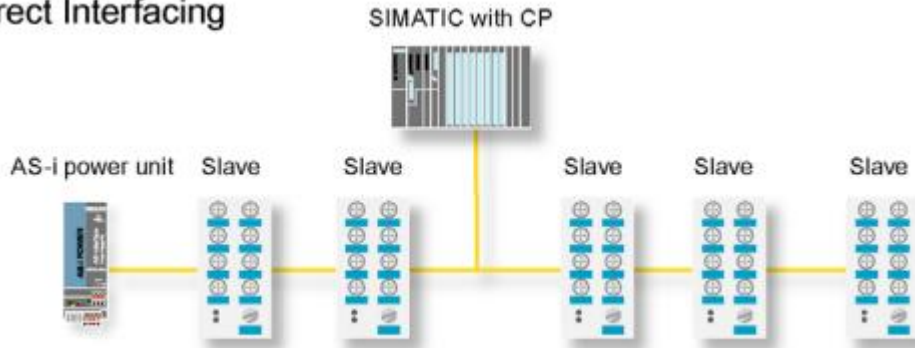


Fig. 42 Direct Interfacing ASI-bus (Siemens, 2006)

De tweede mogelijkheid is te werken met een subsysteem. Met behulp van een PROFIBUSkabel wordt een ASI-master verbonden met de PLC. Deze opstelling is ook mogelijk op het PROFINET-niveau. In de volgende figuur wordt een voorstelling gegeven van een subsysteem, waarin zowel PROFIBUS als PROFINET wordt gebruikt.

## AS-INTERFACE as Subsystem

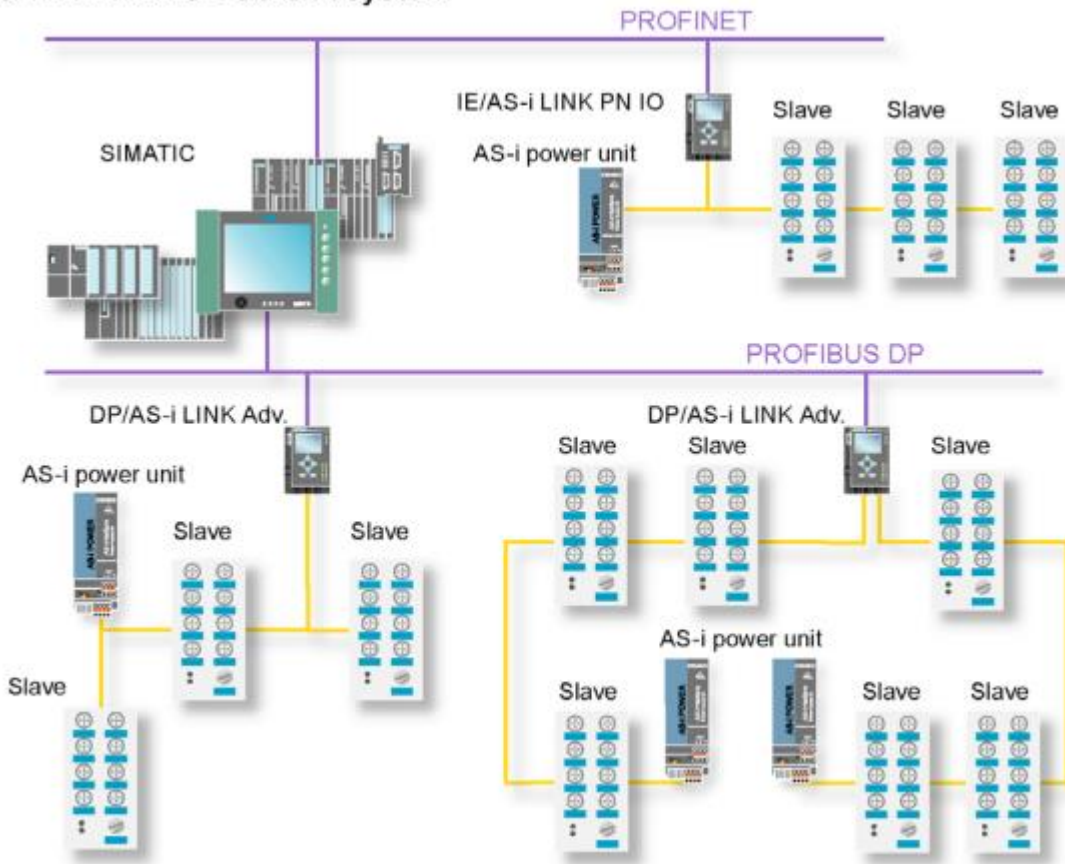
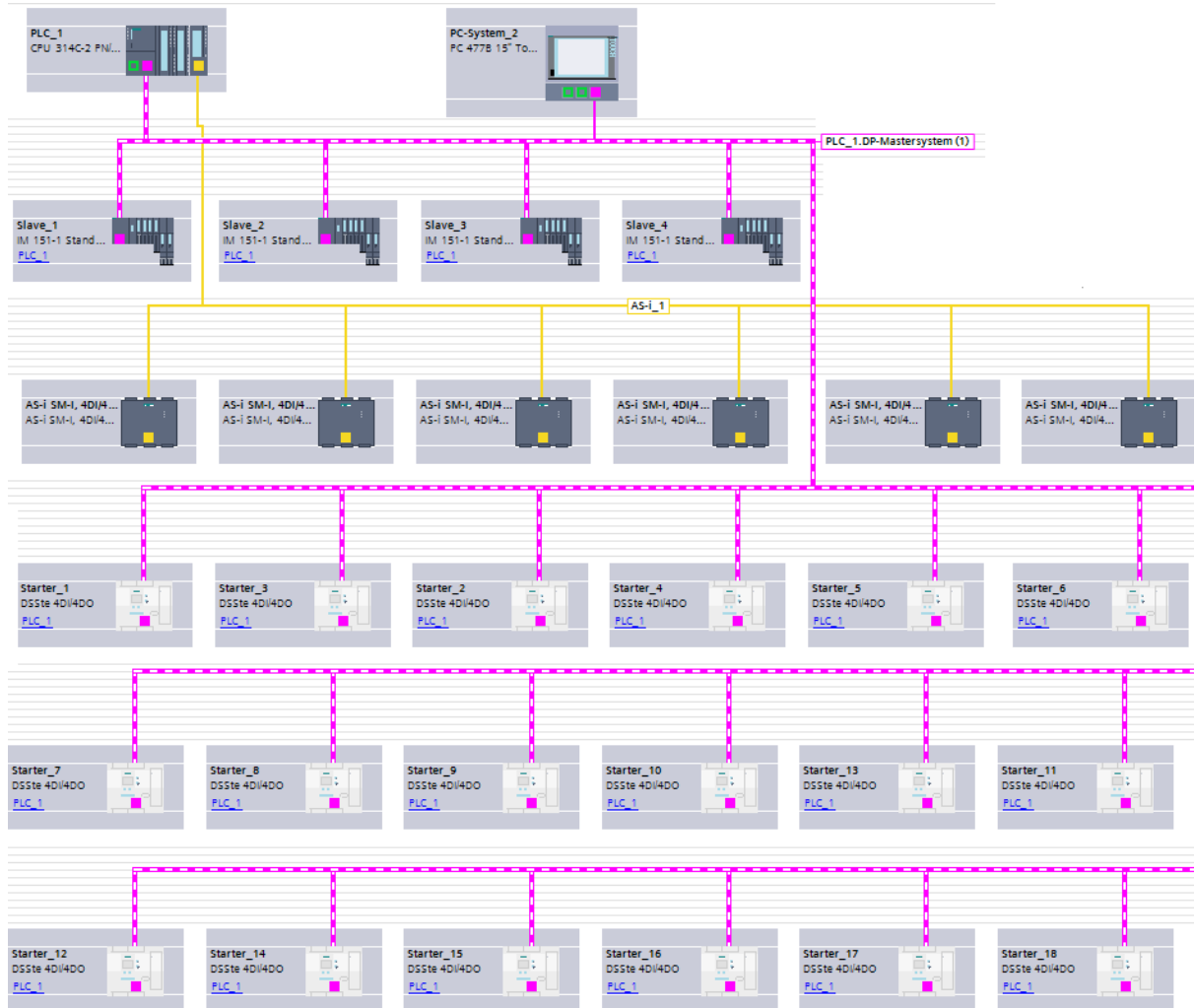


Fig. 43 ASI-bus subsysteem (Siemens, 2006)



Vervolgens wordt dit netwerk toegepast op de buffer. Op de volgende figuur worden frequentieregelaars en een visualisatiescherm opgenomen in het netwerk.



**Fig. 44 Netwerkopbouw ASI-bus, PROFIBUS**

In de 2<sup>de</sup> rij op bovenstaande figuur, worden de ET200s-modules weergegeven. De 3<sup>de</sup> rij heeft enkel de ASI-modules. Met dit schema wordt een overzicht gemaakt hoeveel in- en uitgangen er nodig zijn per ET200s-module, als ook het aantal ASI-modules.

Communicatie Module	Locatie buffer:	# ingangen	# uitgangen	# Ingangskaarten		# Uitgangskaarten		
				8 DI	4 DI	8 DO	4 DO	2 DO
ET200S 1	1-2-A-13	24	13	3		2		
ET200S 2	4-C-5	13	6	2		1		
ET200S 3	7-D	6	2	1				1
ET200S 4	11-E	5	2	1				1
ASI-module 1	3	3						
ASI-module 2	6	2						
ASI-module 3	8	2						
ASI-module 4	9	2	2					
ASI-module 5	10	2						
ASI-module 6	12	2	2					
				7	0	3	0	2
				Totaal # ingangskaarten ET200S				

**Tabel 2** Overzicht ASI-bus en ET200s-modules

Wanneer deze oplossing gebruikt wordt, wordt de kabellengte naar elke sensor en actuator sterk verminderd. Vanop afstand is het mogelijk diagnose uit te voeren op het netwerk. Zo kunnen netwerkfouten gevonden worden door een PLC-techniker. Het nadeel is dat de ASI- en ET200s-modules vlakbij de buffer worden geplaatst. Dit kan in deze zure omgeving voor problemen zorgen. Met behulp van kleine geïsoleerde, roestvaststalen kasten worden deze kwetsbare componenten verwijderd van de gevaarlijke omgeving.

### 4.3 Detectie met behulp van sensoren

Sensoren geven de status van een proces of object terug aan een verwerkingseenheid. Aan de hand van deze sensoren wordt een actie uitgevoerd of een meetwaarde zichtbaar gemaakt. Er zijn veel verschillende soorten sensoren, maar voor de toepassingen binnen CB wordt er een selectie gemaakt. De belangrijkste detectietoepassingen worden opgesomd:

- detectie van een bufferplaat op de buffer;
- detectie van een in- en uitstaande hydraulische zuiger;
- detectie van een heftruck voor de buffer.

Bovenstaande opsomming worden in de volgende hoofdstukken besproken.

### 4.3.1 Detectie van een bufferplaat op de buffer

De detectie op de buffer moet aan de verwerkingseenheid doorgeven waar een bufferplaat (met of zonder stapel) op de buffer staat. In hoofdstuk 4.1 bladzijde 51 werd de bufferlogica besproken en was het duidelijk dat er minstens 2 sensoren zijn per buffermodule. Dit werd gekozen om een bewegende of aankomende bufferplaat te detecteren.

De bufferplaten zijn vervaardigd uit RVS-316L en worden eenvoudig gedetecteerd met een inductieve sensor. Deze sensor is meestal gepositioneerd tussen het rollentransport of in de zijgeleiding.

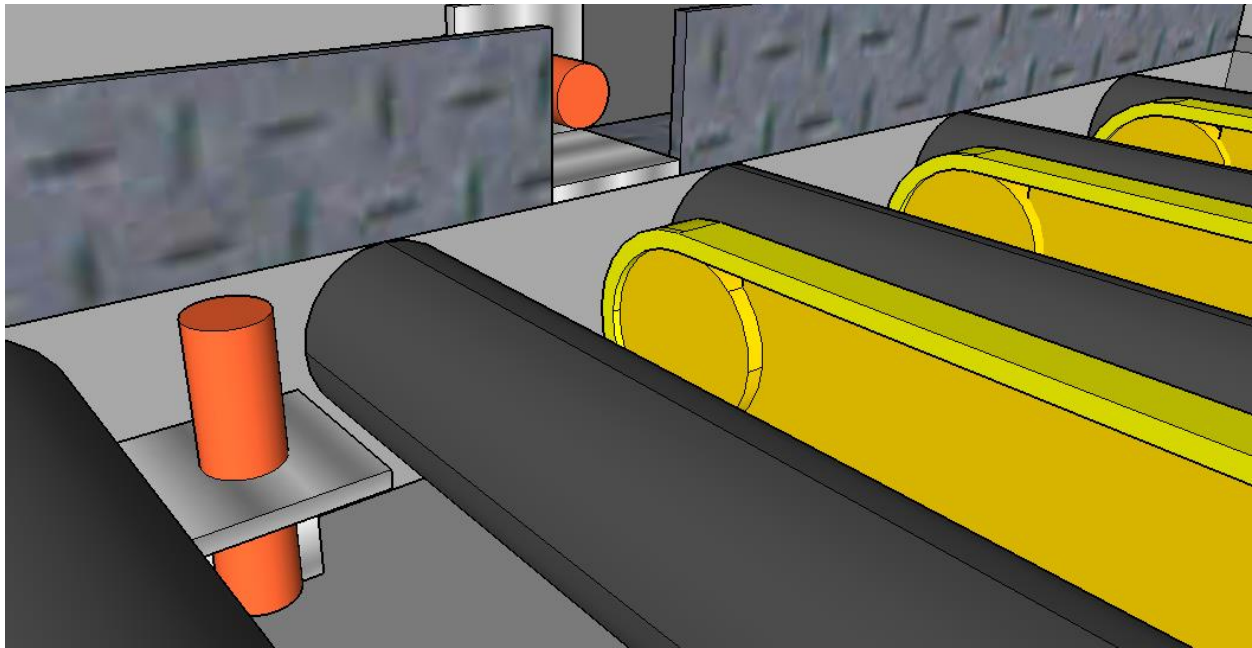


Fig. 45 Plaatsing van inductieve sensoren op het rollentransport

Op sommige locaties worden deze sensoren gemonteerd op het frame van het kettingtransport. Het frame van het kettingtransport wordt niet weergegeven op de figuur, omdat dit sterk kan verschillen van het ontwerp van het gecontacteerde bedrijf. De monterlocaties zijn per sensor gedefinieerd in bijlage A.

### 4.3.2 Detectie van een in- en uitstaande hydraulische zuiger

Op de bufferinstallatie worden een aantal hydraulische actuatoren gebruikt, namelijk bij de centraliseermachine en alle kettingframes. Voor pneumatische toepassingen worden reedcontacten gebruikt. Hierin zitten kleine metalen plaatjes die naar elkaar worden getrokken in de nabijheid van een magnetisch veld. Voor hydraulische actuatoren zijn hier geen componenten

voor, de makkelijkste manier is gebruik te maken van inductiesensoren. De sensoren meten het bewegend object (zie volgende figuur).

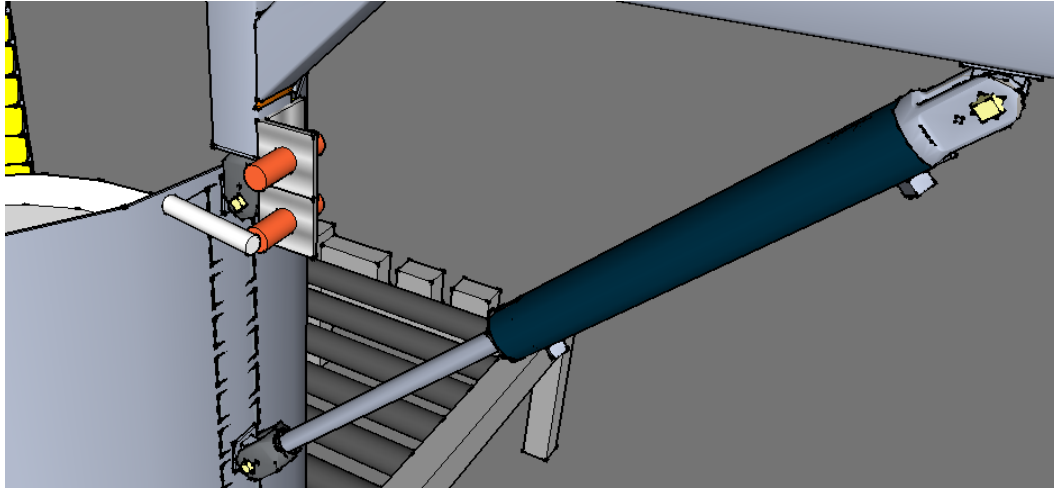


Fig. 46 Detectie van centraliseermachine

De hydraulische zuiger zal geactiveerd en gestopt worden aan de hand van inductieve sensoren. Aangezien er in een zure omgeving gewerkt wordt, is het noodzakelijk beveiligingen te implementeren of programmeren. Zo is het aan te raden “Normal Closed” sensoren te gebruiken. Wanneer deze sensor niets waarneemt, zal de PLC-ingang hoog zijn. Wanneer de kabel of sensor defect is, zal de PLC-ingang laag zijn en automatisch het ventiel deactiveren. Op eenvoudige wijze wordt een alarm geprogrammeerd.

Sensor A en B zijn normal closed. Wanneer beide sensoren detecteren (I30.0 en I30.1 zijn laag), is er een fout met 1 van de sensoren.

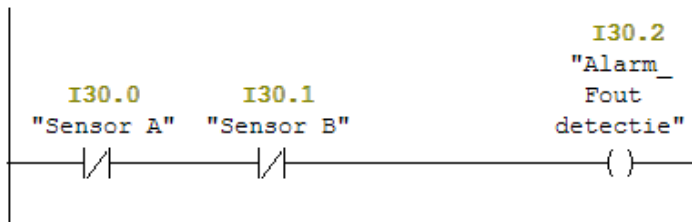


Fig. 47 Foutdetectie sensoren

Wanneer de hydraulische zuiger in de startpositie staat, zal bijvoorbeeld sensor A detecteren. Hierdoor zal het PLC-sigitaal laag zijn en verder verwerkt worden in de interne stuurlogica. Wanneer sensor B defect is of er een kabelbreuk optreedt, zijn beide sensoren laag zijn en wordt er een alarm gegeven.

Om de beweging van de hydraulische zuiger te stoppen, deactiveren de sensoren het monostabiel 3/4-ventiel. Bij alarm vallen de stuursignalen op het ventiel weg waardoor het ventiel in middenstand komt. Hierdoor stopt de zuigerbeweging. De operator zal een alarm waarnemen en

het defect repareren. De ventielen worden voorzien van manuele sturingen, zodat elke zuiger manueel verplaatst kan worden wanneer er geen stuursignaal aanwezig is.

### 4.3.3 Detectie van een heftruck voor de buffer

Een heftruck detecteren is op verschillende manieren mogelijk. Zo kan een heftruck rijden op een plaat en effectief een gewichtsverschil gemeten worden, een lichtstraal die onderbroken wordt, afstandsmetingen, visietechnologie, etc. Er moet natuurlijk wel rekening gehouden worden met de omgevingstoestand. Op de locatie zelf is het vochtig, warm en wordt er gewerkt in een zurige omgeving. Voor de heftruckdetectie worden 3 mogelijkheden besproken: gewichtsdetectie, optische sensoren / afstandsmeting en visietechnologie.

#### 4.3.3.1 Gewichtsdetectie

Een eerste mogelijkheid is gewichtsdetectie. Hier wordt een RVS-plaat onder een hoek op de grond gelegd. Deze wordt ondersteund door een veer waarover de heftruck kan rijden. Onderaan de plaat zijn metalen balken gemonteerd/gelast. Dit is om buiging van de plaat te verminderen wanneer er een heftruck over rijdt. De balk dient als trigger voor de inductieve sensor. Op de volgende figuren zijn twee tijdstippen weergegeven wanneer een heftruck over de plaat rijdt.

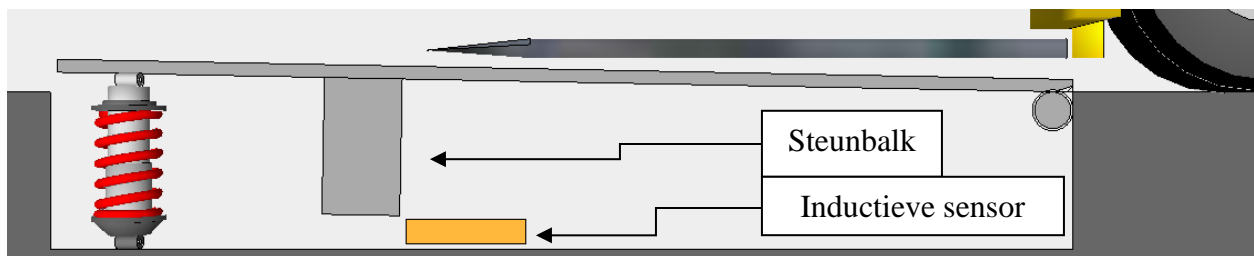


Fig. 48 Detectie van een heftruck met gewicht (geen detectie)

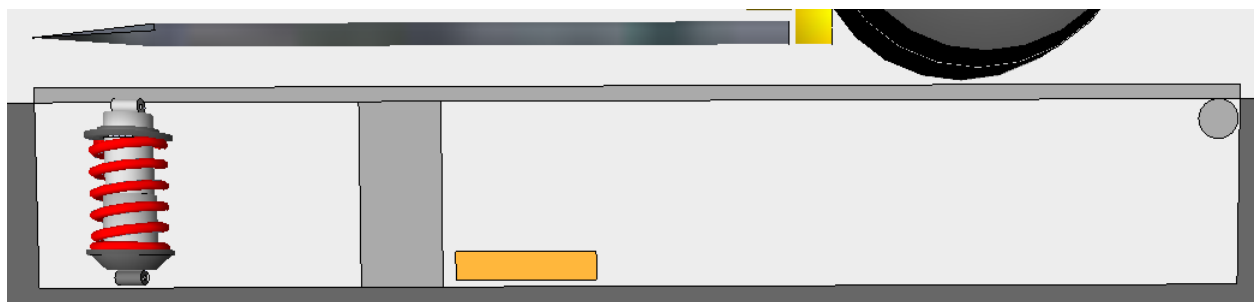


Fig. 49 Detectie van een heftruck met gewicht (detectie)

Een inductieve sensor detecteert wanneer de plaat wordt ingedrukt. De detectie is eenvoudig, robuust en kan eenvoudig gerepareerd worden wanneer er defecten zijn. De “kwetsbare” componenten zijn ook van de omgeving verwijderd waardoor mechanische beschadigingen niet direct gaan optreden. Door gebruik te maken van "de wet van Hooke" wordt de veerconstante berekend die minimum nodig is om enkel de plaat omhoog te heffen. De heftruck zelf wordt ondersteund door de steunbalken.

Basisgegevens:

- massa van plaat (afmeting 1,5 m 1,5m, 0,01m) : 176,6 kg
- lengte van veer (zonder heftruck aanwezig): 0,15 m
- lengte van veer (heftruck aanwezig): 0,1 m

$$k = \frac{F}{\Delta l} = \frac{176,6 [kg] * 9,81[m/s^2]}{(0,15 - 0,1)[m]} = 34648,92 N/m$$

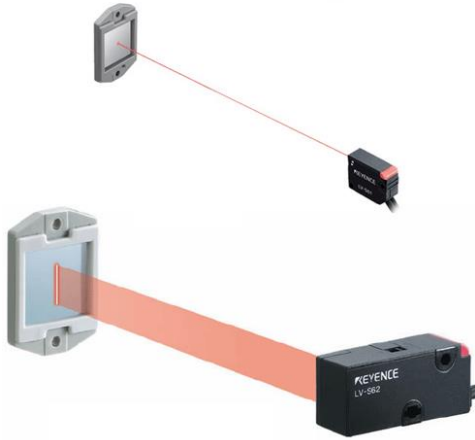
Door 3 veren parallel te plaatsen, wordt de stijfheid met een drievoud verminderd. Zo is 1 veer nog maar 11549,6 N/m of 11,6 N/mm. Het is ook belangrijk dat de veer 5 centimeter ingedrukt wordt. Dit is een eenvoudig ontwerp om een heftruck te detecteren.

#### 4.3.3.2 Optische detectie

Een tweede mogelijkheid is te werken met optische sensoren. Volgende uitvoeringen sommen de keuze van optische detectie op:

- zender/ontvanger zijn elk in een aparte behuizing gemonteerd;
- zender/ontvanger in één behuizing, detectie met behulp van een reflector;
- lichtgordijn detecteert met behulp van laserstralen
- zender/ontvanger in één behuizing, gebruik maken van een diffuse sensor.

Dit laatste analyseert het reflecterend licht op het object. Vanaf een ingestelde waarde schakelt deze sensor een uitgang.



**Fig. 50 Lichtdetectie (Techno Skills, 2014)**

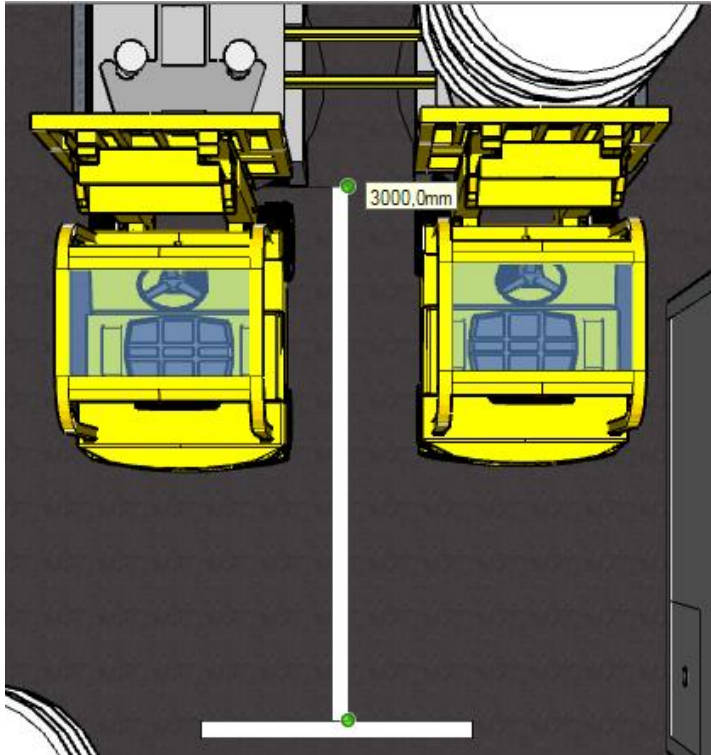
Deze sensoren staan ver van het te detecteren object. Zo worden ze best ergens geplaatst waar de kans op mechanische defecten minimaal is. Het nadeel is wel dat de lens of reflector besmeurd of beschadigd wordt door het zuur, waardoor valse metingen gebeuren.

Op de bestaande draaitafelinstallatie wordt een detectie van heftrucks uitgevoerd met ongeveer hetzelfde principe. Hierbij wordt een lasermeting gebruikt waarbij een digitale uitgang ingeschakeld wordt bij een vooropgestelde afstand.



**Fig. 51 Detectie van heftrucks met behulp van een lasersensor**

Voor dit detectiesysteem geïmplementeerd werd, detecteerde een lichtgordijn de heftrucks. In bovenstaande figuur gebruikt Citrique Belge de sensor OY2P303A0135 van het bedrijf Wenglor. De datasheet van deze sensor staat in de bijlage. Het detectieniveau wordt in de praktijk manueel ingesteld met behulp van een “teach”. De heftruck wordt gedetecteerd wanneer het binnen deze ingestelde afstand rijdt. De maximale detectieafstand van deze sensor bedraagt 3 meter.



**Fig. 52 Maximale detectieafstand laser**

Deze afstand komt halverwege de uithalgangen uit. Het is daarom belangrijk de maximale detectieafstand te verkleinen naar de afstand tot de uithalgangen. Zo kunnen mensen, heftrucks, etc. vrij passeren terwijl de buffer verder werkt.

Tot slot zijn er nog afstandsmetingen dat op hetzelfde principe werken. Een laserstraal reflecteert op het object en wordt terug ontvangen. Inwendige metingen en logica zetten het golflengteverschil tussen de uitstralende en ingelezen laser om in een afstand. Met behulp van een analoge ingangskaat wordt deze afstand in een PLC gelezen.

#### **4.4 Detectie met behulp van visietechnologie**

Visietechnologie is een detectiemethode op basis van een opgenomen beeld. Dit beeld wordt door software geïnterpreteerd waarna bijvoorbeeld uitgangen worden gestuurd. De opbouw van een visiesysteem is echter niet gemakkelijk. Zo zijn er bij visietechnologie hoofdzakelijk 4 componenten nodig:

- belichting,
- camera,
- visiesoftware,
- outputmodule.



Belichting is vrijwel het belangrijkste, maar moeilijkst te bepalen bij visie. Met behulp van belichting worden accenten op oppervlaktes en 3D-objecten weergegeven. In de toepassing binnen Citrique Belg is het vooral belangrijk objecten te detecteren. Omdat dit een moeilijke opgave is om op papier uit te werken en het vooral praktisch vastgesteld wordt, worden de voornaamste belichtingen kort besproken.

#### 4.4.1 Belichting

Wanneer TL-verlichting gebruikt wordt, is het aan te raden dat nabijgelegen TL-verlichting hoogfrequent uitgevoerd worden. Gewone TL-verlichting schakelt tegen 50 Hz, wat namelijk relatief traag is. Wanneer de beeldopname rond 50 fps (frames per second) ligt, is de kans groot dat er een donker beeld wordt opgenomen. Dit is niet wenselijk wanneer er gewerkt wordt met visietechnologie. Hoogfrequente TL-verlichting schakelt 1000 keer per seconde (sommige uitvoeringen schakelen met hogere frequenties), waardoor de kans op donkere beelden klein is. In plaats van TL-verlichting kan ledverlichting gebruikt worden. Ledverlichting geeft helder licht en heeft een lange levensduur met een laag verbruik. Tegenwoordig bestaat er een combinatie van TL- en ledverlichting. Op de volgende figuur wordt dit principe weergegeven.

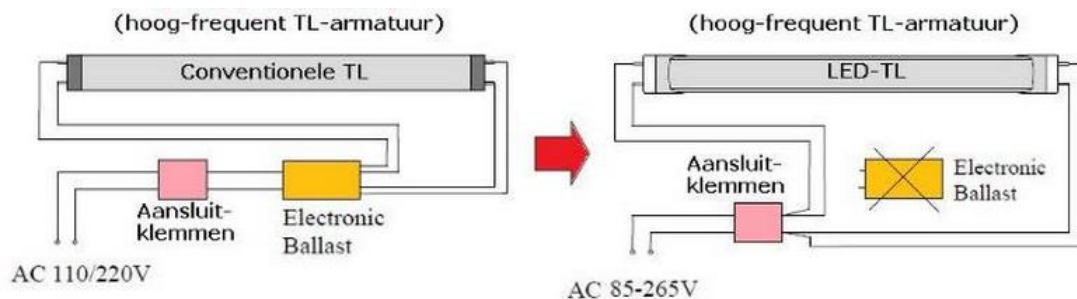


Fig. 53 Hoogfrequent TL-verlichting en ledverlichting (Ledstunter)

#### 4.4.2 Camera

Na belichting wordt de camera bepaald. Bij de keuze van de camera is het belangrijk dat het object zich binnen een bepaald werkgebied bevindt. Het werkgebied is de maximale grootte dat de camera nog nauwkeurig kan waarnemen. Aan de hand van volgende figuur wordt het principe van werkgebied, werkafstand en brandpuntsafstand uitgelegd.

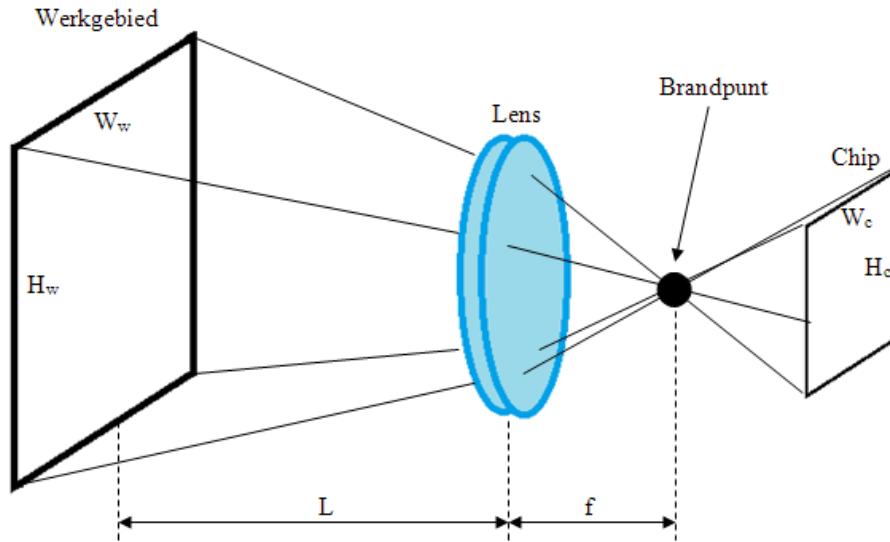


Fig. 54 Illustratie werkgebied van een camera

$$\frac{f}{L} = \frac{w}{W} = \frac{h}{H}$$

Hierin zijn:

- f: brandpuntafstand
- L: werkafstand
- $W_c$ : breedte van de camerachip
- $W_w$ : breedte van het werkingsgebied
- $H_c$ : hoogte van de camerachip
- $H_w$ : hoogte van het werkingsgebied

(Beckers, 2013)

Er is een vaste verhouding tussen het werkingsgebied, chipgrootte, brandpuntafstand en werkafstand. Wanneer het werkingsgebied groter wordt, moet de verhouding van de brandpuntafstand en werkafstand hetzelfde blijven. Dit kan alleen door een andere lens te gebruiken zodat de brandpuntafstand wijzigt of de camera te verplaatsen. De focus (naar voor en achter brengen van de camerachip) moet ook opnieuw ingesteld worden, afhankelijk van de brandpuntafstand.

Condenseren van de cameralens is een bijkomend aandachtspunt. In fermentatie is het warm en vochtig, wat de ideale omgeving is voor condensvorming op de lens. Tegenwoordig bestaan er camera's met lensverwarming. Een "Air Barrier" is een andere mogelijkheid. Hier wordt er continu perslucht geblazen voor de cameralens, waardoor waterdruppels en stof weggeblazen worden.

### 4.4.3 Objectherkenning

Binnen fermentatie worden grote objecten continu verplaatst (heftrucks, schotels) waardoor het werkgebied direct groot wordt. Om dit te beperken wordt in de volgende figuur een camera boven de heftrucks gehangen.

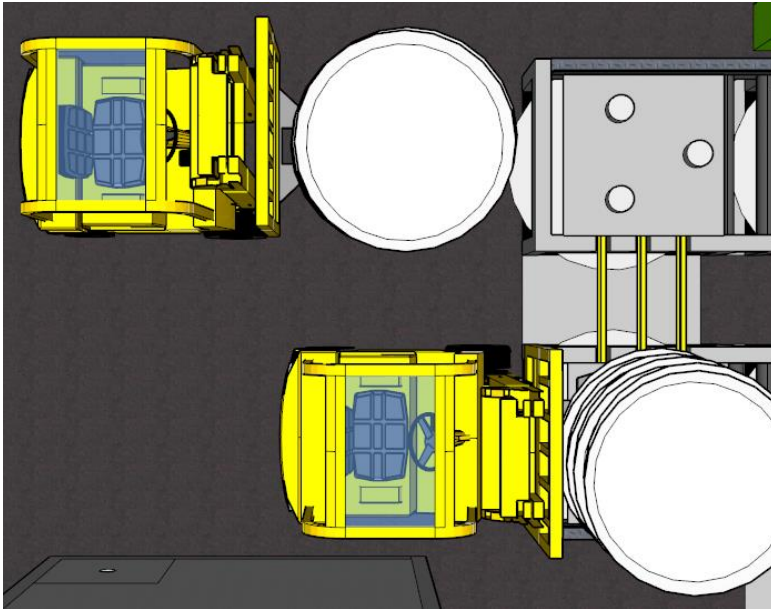


Fig. 55 Bovenaanzicht heftrucks visie

Wanneer de camera gemonteerd staat boven de heftrucks, beperk je het werkgebied. Bij deze opstelling is de monterhoogte beperkt. Een andere mogelijkheid is de camera in de muur te monteren zodat objecten zijwaarts worden herkend. Perspectiefzicht biedt de beste oplossing.

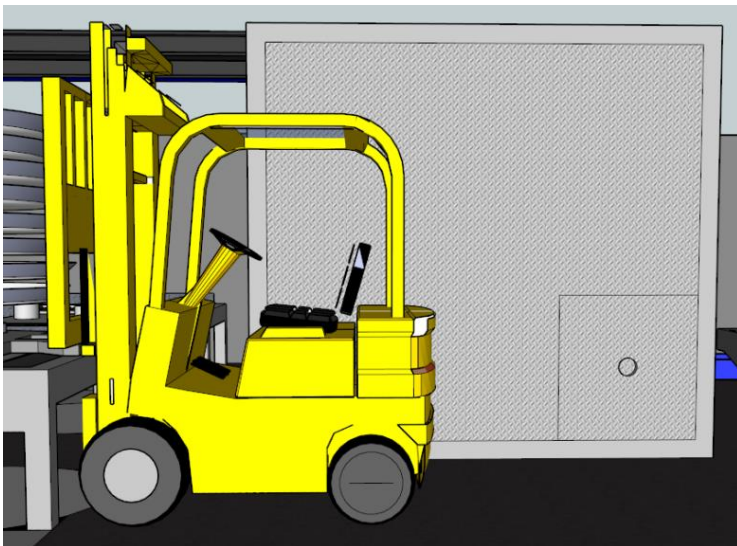


Fig. 56 Zijaanzicht heftrucks visie

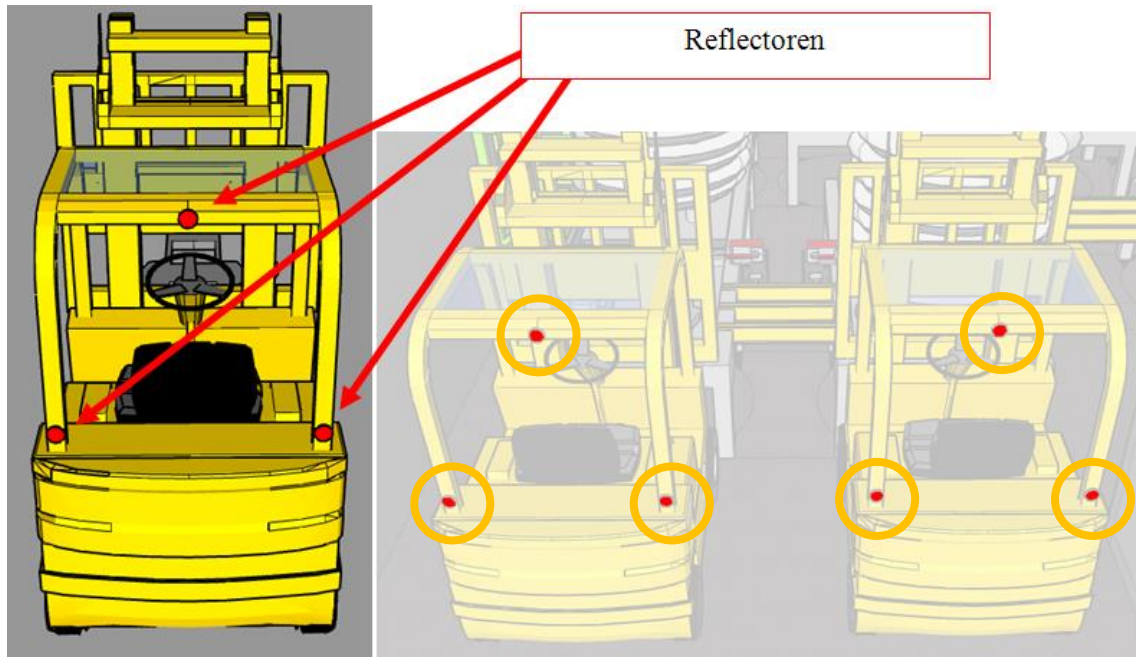


Fig. 57 Perspectiefzicht achter de heftrucks met behulp van visie

Objecten herkennen is één mogelijkheid om met visietechnologie te werken. Een andere mogelijkheid is een beeld nemen, dit beeld filteren en hierop instructies uitvoeren. Een mogelijke instructie: *“omzetten naar grijstinten, contrast verhogen en vervolgens naar zwart/wit beeld. Vervolgens afstanden meten tussen zwarte objecten”*. Objectherkenning wordt uitgevoerd met een zogenaamde “3D sensor”. Deze sensoren meten de afstand tot het object en interpreteren ze met een 3D beeld. (IFM)

#### 4.4.4 Patroonherkenning

In de industrie wordt vaak patroonherkenning toegepast. Hier worden 2D-sensoren gebruikt om vaste patronen in het werkgebied te herkennen. De patronen worden op vorm en kleur gedetecteerd. Door vaste patronen te vergelijken met het 2D-beeld, wordt dat object gedetecteerd. Als patroon wordt er een ronde reflector gebruikt. Reflectoren zijn goed zichtbaar bij sterk en zwak licht. De reflectoren vormen een driehoekig patroon, wat op zijn beurt een patroon vormt voor de visietechnologie. In de volgende figuur worden de heftrucks weergegeven met het reflectorpatroon.



**Fig. 58 Reflectoren gemonteerd op heftruck, zichtbaar vast patroon**

Met behulp van dit patroon en zogenaamde “kleur van reflector” worden heftrucks gedetecteerd. De oranje cirkels stellen een marge voor. Vanaf het moment dat dit patroon binnen de marge valt, wordt er een digitale uitgang gestuurd (bijvoorbeeld een digitale uitgang van de camera dat ingelezen wordt in de PLC) wanneer er een heftruck staat.

#### 4.4.5 Velddetectie

Sick is een bedrijf dat gespecialiseerd is in visie en detectiesystemen. In dit hoofdstuk wordt de toepassing van een S300 of S3000 besproken. Deze sensoren gebruiken een “field protective method”. Dit wil zeggen dat een bepaalde omgeving/veld wordt bewaakt.

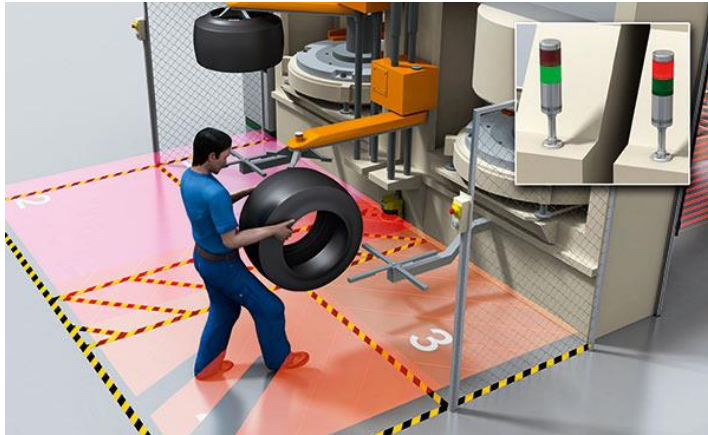


Fig. 59 Sick velddetectie (Sick\_Insight)

De sensoren hebben respectievelijk een scanradius van 3 en 7 meter over een hoek van 270° en 180°. Met behulp van een “Flexi Soft safety controller” wordt dit werkingsgebied in verschillende kleinere werkingsgebieden verdeeld. In de volgende figuur wordt de sensor geïmplementeerd weergegeven aan de bufferinstallatie. Hierbij wordt het werkingsgebied opgesplitst in 3 werkzones.

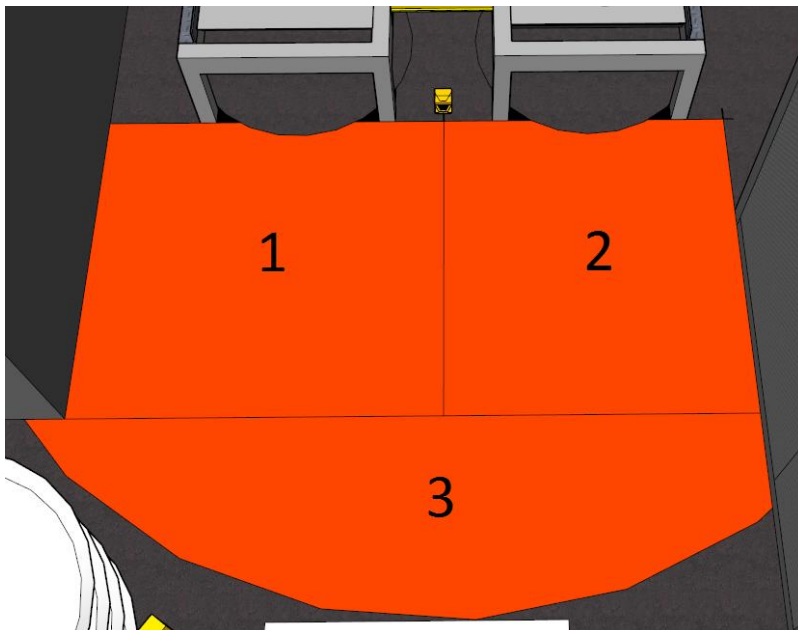


Fig. 60 Werkingsgebied met Sick S300

De Sick S300, met een scanradius van 3 meter, is voldoende om voor de bufferinstallatie te plaatsen. De oranje weergave is het totale zichtbare veld van de sensor. Dit veld is opgedeeld in 3 veiligheidszones. Veiligheidszone 1 monitort de stapelopname terwijl zone 2 de stapelplaatsing monitort. Zone 3 kan eventueel gebruikt worden om extra waarschuwingssignalen te activeren. Zo kan bijvoorbeeld een oranje pulserende lamp geactiveerd worden wanneer veiligheidszone 3 betreden wordt.

#### 4.4.6 Besluit

Visietechnologie is mogelijk op deze site, al wordt de cameralocatie en plaatsing van belichting een uitdaging. De lichtkappen zijn na verloop van tijd besmeurd waardoor de lichtintensiteit wijzigt. Verder moet de camera een groot werkgebied monitoren, zodat de software een heftruck waarneemt. Wanneer met visietechnologie wordt gewerkt, is het daarom aangeraden om met patroonherkenning te werken aangezien de lichtintensiteit beperkt wijzigt en de parameters eenvoudig in te stellen zijn. Het is wel belangrijk dat de markers (de reflectoren) zichtbaar blijven.

Werken met velddetectie is zeer goed implementeerbaar aan de bufferzone. Hierbij is het wel belangrijk dat de sensor veilig geïmplementeerd wordt, zodat de kans op mechanische- of zuurbeschadiging zo veel mogelijk wordt beperkt. Een combinatie van velddetectie en cameravisie kan een optimale oplossing bieden, omdat een camera in een robuuste behuizing geplaatst kan worden, zodat beschadiging of aantasting niet direct invloed hebben op het detectieonderdeel.

### 4.5 PLC-hardware en aansturing van motoren

In het hoofdstuk PLC worden geen stuurprogramma's geschreven, maar algemeen een hardware-overzicht gegeven. Dit wordt opgebouwd door standaard PLC-modules te gebruiken die in Citrique Belge aanwezig zijn. Zo worden drie oplossingen besproken. In de oplossingen worden de CPU en communicatiekaarten in het PLC-lokaal geplaatst. Hieruit communiceren alle CPU's met de PROFIBUS- en PROFINETmodules. Deze modules, bijvoorbeeld een ET200m-module, zijn vlakbij de sensoren en actuatoren geplaatst die men wenst te gebruiken. De CPU en 2 communicatiekaarten zijn vast bepaald door Citrique Belge, namelijk:

- CPU: 6ES7 416-2XN05-0AB0
- CP-PROFINET: 6GK 7443-1EX30-0XE0
- CP-PROFIBUS: 6GK 7443-5DX05-0XE0

De PROFINETkaart wordt gebruikt om communicatie te maken tussen intranet en de PLC. De ET200m-module wordt gebruikt op de locatie “Fermentatie B1” en wordt verbonden met de PLC. In de volgende tabel wordt een overzicht gegeven met de gebruikte modules binnen CB. Elke module kan gekoppeld worden op een ET200m-module.

Beschrijving	Code	#ingangen	#uitgangen
Rack	6ES7 195-1GF30-0XA0	/	/
DP-slave	6ES7 153-1AA03	/	/
DI/DO-kaart	6ES7 323-1BH01-0AA0	8	8
AI-kaart	6ES7 331-7KB02	2	/
AO-kaart	6ES7 332-5HD01	/	4
DI-kaart	6ES7 321-1BH02	16	/
DI-kaart	6ES7 321-1BL00	32	/
DO-kaart	6ES7 322-1BH01	/	16
DO-kaart	6ES7 322-1BL00	/	32
AI-kaart	6ES7 331-7KF02	8	/
AO-kaart	6ES7 332-5HB01	/	2
Repeater	972-0AA01 RS485	/	/

Tabel 3 Overzicht ET200m-kaarten

Uit de lokale stuurkast vertrekken alle kabels naar sensoren en actuatoren. Er kan ook gekozen worden om AS-i link, PROFIBUS-DP of Ethernet-modules naast de buffer te plaatsen om het aantal kabels te verminderen (zie hoofdstuk “I/O-Connectie” bladzijde 54).

#### 4.5.1 Oplossing 1 – Ontwerp Citrique Belge

In oplossing 1 worden alle motoren aangestuurd met een frequentiesturing. CB gebruikt in de nabije toekomst de Unidrive M200-modules van Emerson. Deze modules zijn voorzien met een aantal D/A-I/O’s en worden voorzien van PROFIBUS- of PROFINETcommunicatie.



Feature		M100	M200
		Parameter back-up	Serial/Ethernet port cloning (using AI-485 Adaptor on M200, M300 & M400)
SD card and adaptor	Opt		Opt
Smartcard reader support			
Electronic motor nameplate parameter storage (EnDat, HIPERFACE, BISS encoders)			
Feedback	Encoder Input 1		
	Encoder Input 2		
	Simulated encoder output		
Onboard I/O	Analog Inputs/Outputs	1/0	2/1
	Digital Inputs/Outputs/Bidirectional Inputs or Outputs	3/0/1	4/0/1
	Relay Output	1	1

Fig. 61 Unidrive M200 configuratie

Deze frequentiemodules hebben standaard een aantal in en uitgangen. Aan de hand van deze gegevens en in samenspraak met CB, werd een tabel opgesteld hoeveel D/A I/O's er nodig zijn per motor.

Configuratie van M200			
Configuratie	Van	Naar	Opmerking
AO	PLC	AI M200	Gewenste frequentie
DO	PLC	DI M200	Vrijgave motor
DI/DO	M200	DI PLC	Controle Motor Draait
1 DI		PLC	PTC-bewaking motor
1 DO	PLC		M200-onder spanning plaatsen
Algemeen overzicht aantal Digi/Ana - I/O's per motor			
Totaal aantal DI PLC:		2	
Totaal aantal DO PLC:		2	
Totaal aantal AI PLC:		0	
Totaal aantal AO PLC:		1	

Tabel 4 Configuratie van M200-module – Oplossing 1

Uit deze tabel blijkt dat er in totaal 36 DI, 36 DO en 18 AO nodig zijn om alle motoren aan te sturen en te controleren. De rest van de communicatie gebeurt via PROFINET of PROFIBUS-DP. In totaal zijn er 97 digitale ingangen, 63 digitale uitgangen, 4 analoge ingangen en 18 analoge uitgangen voor de complete buffer. De analoge uitgangen sturen de snelheid analoog door naar de frequentieregelaar. Dit ontwerp werd op aanvraag van CB ontworpen. Bijlage A, B, C en D geven een compleet overzicht over de gebruikte in- en uitgangen, met bijbehorende bit toewijzingen. Het totaal aantal in- en uitgangen kan nog wijzigen, zowel digitaal als analoog. Dit aantal hangt af van de detectiekeuzes, bijkomende sensoren, schakelaars, indicatielampen, etc.

Met al deze gegevens wordt een minimumaantal in- en uitgangen weergegeven. In onderstaande tabel wordt vervolgens een overzicht gegeven van de gebruikte hardware.

Beschrijving	Code	Totaal aantal	Totaal aantal D ingangen	Totaal aantal D uitgangen	Totaal aantal A ingangen	Totaal aantal A uitgangen
Rack	6ES7 195-1GF30-0XA0	2	/	/	/	/
DP-slave	6ES7 153-1AA03	2	/	/	/	/
DI-kaart	6ES7 321-1BL00	4	128	/	/	/
DO-kaart	6ES7 322-1BL00	2	/	64	/	/
AI-kaart	6ES7 331-7KF02	1	/	/	8	/
AO-kaart	6ES7 332-5HD01	5	/	/	/	20

Tabel 5 Overzicht aantal modules - Oplossing 1

De ET200m-modules die gebruikt wordt binnen CB, kunnen maximaal 8 modules aankoppelen. Hierdoor moeten voor deze oplossing 2 DP-slaves en racks gebruikt worden.

#### 4.5.2 Oplossing 2 – Softstarters

In oplossing 3 worden de motoren niet aangestuurd met frequentiesturingen, maar met softstarters. Dit zijn driefasige wisselstroominstellers die de aanloopstroom beperken en de spanning over de motor regelen. Hierdoor wordt het koppel van een motor geregeld. De volgende figuur geeft deze 3 parameters naast elkaar weer.

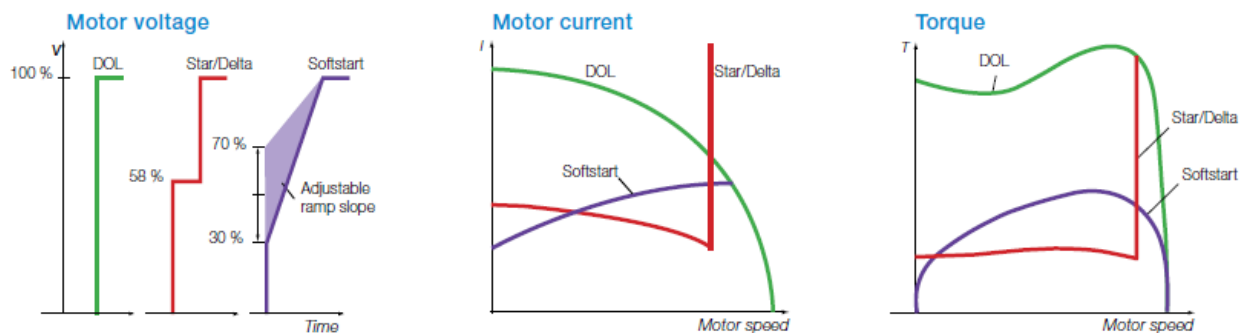


Fig. 62 Motorcurves weergegeven van DOL, Ster/driehoek en Softstarter (ABB, 2014)

De ramp-up en -down time worden ook (beperkt) geregeld met een softstarter. Dit is interessant omdat met 1 digital out van de PLC een motor gestuurd kan worden. Het is hierbij belangrijk dat de ramp-down time zo gekozen wordt, dat de bufferplaat niet verder rolt. Daarom wordt op elk uiteinde van de buffer een sensor geplaatst om dit te detecteren. Dit signaal moet natuurlijk de motor direct stoppen. Op de volgende figuur zie je de instelmogelijkheden van een ABB PSR Softstarter.

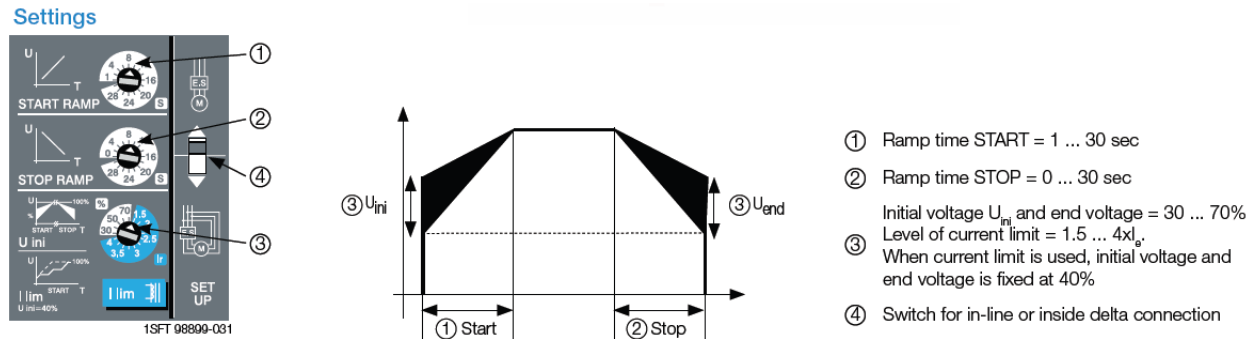


Fig. 63 ABB PSR Softstarter instelmogelijkheden (ABB, ABB PSR Softstarter, 2014)

In principe is de aansturing volledig mogelijk met één enkele digitale uitgang. Hierdoor zijn de 18 motoren bestuurbaar met 18 digitale uitgangen. In de volgende tabel is er meer informatie terug te vinden van 3 gebruikte softstarters van ABB.

PSR	PSE	PST(B)	• Standard   O Opional   – Not available
•	•	•	Built-in by-pass
–	–	•	Inside delta connection
–	•	O	Coated PCBs
–	•	•	Display and keypad
–	•	•	Torque Control
–	•	•	Settable current limit function
–	•	•	Electronic motor overload protection
–	–	•	PTC input for motor protection
–	–	•	Phase imbalance protection
–	–	•	Phase reversal protection
–	•	•	Locked rotor protection
–	•	•	Thyristor overtemperature protection
–	•	•	Underload Protection
–	–	•	Programmable warning functions
–	•	•	Analog output
O	O	•	Fieldbus communication
–	O	•	Event log
–	O	O	External keypad

Tabel 6 Overzichtstabel ABB Softstarter functies (ABB, 1SFC132009B0201, 2014)

ABB spreekt over een maximum aantal opstarten / uur. Standaard is dit 10 keer opstarten per uur, wat neerkomt op 5 minuten per stapel. Wanneer geforceerde koeling gebruikt wordt, spreekt ABB over maximum 20 keer opstarten per uur. (ABB, 1SFC132009B0201, 2014) Dit komt neer op 3 minuten per stapel. Wanneer deze tijden vergeleken worden met de snelheid van de wasinstallatie, is dit natuurlijk niet haalbaar.

Fabrikant Siemens heeft de Siriusmodules, waarbij geen maximaal aantal schakelingen / uur staan. Fabrikant Danfoss biedt met zijn VLT Softstarter MCD100 ook onbeperkt schakelen aan. Deze softstarters zijn hetzelfde instelbaar als de ABB-softstarters.

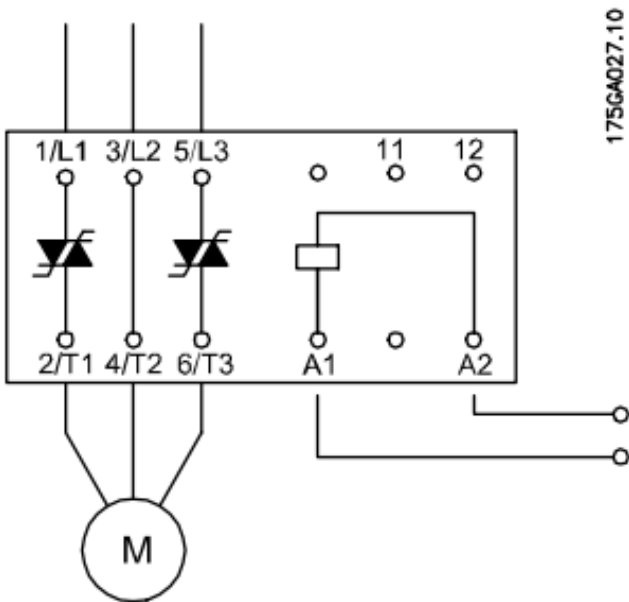


Illustration 1.2 MCD 100 - 007 / MCD 100 - 011

Fig. 64 Danfoss MCD 100 connectie (Danfoss)

Met enkel 1 digitale uitgang van de PLC wordt deze motor gestart. Voor de verdere oplossing wordt de Danfoss-component MCD100 gekozen. Naast een softstarter te activeren, moeten nog andere elementen gecontroleerd worden. Dit wordt weergegeven in volgende tabel.

Configuratie van Softstarter			
Configuratie	Van	Naar	Opmerking
DI		PLC	Controle motor draait
DI		PLC	PTC Bewaking
DO	PLC		Motor spanningsvoorziening
DO	PLC		Motor activeren
Algemeen overzicht aantal D/A - I/O's per motor			
Totaal aantal DI PLC:			2
Totaal aantal DO PLC:			2

Tabel 7 Configuratie van softstarter – Oplossing 2

Voor alle motoren van de buffer zijn er ook 36 digitale ingangen en 36 digitale uitgangen nodig. Er worden dus evenveel in- en uitgangen gebruikt als bij de frequentieregelaars.

### 4.5.3 Oplossing 3 – Geen analoge uitgangen

De tweede oplossing is een verbetering van de eerste oplossing. Hierbij worden de analoge uitgangen niet meer gebruikt, maar wordt de snelheid via PROFIBUS-DP of PROFINET doorgegeven. Hierdoor worden direct 18 analoge uitgangen gespaard. De 200M-modules hebben 3 digitale ingangen die vrij gebruikt worden en 1 bi-directionele input/output. Dit maakt het interessant om alle signalen, die normaal door een PLC ingelezen of gestuurd worden, aan de 200M-module te koppelen. Zo wordt 1 digitale ingang bespaard. Deze opstelling wordt weergegeven in de volgende tabel:

Configuratie van M200 - Wijziging			
Configuratie	Van	Naar	Opmerking
DO ==> DI	PLC	DI M200	Vrijgave motor
DO ==> DI	M200	DI PLC	Controle Motor Draait
1 DI		DI M200	PTC-bewaking motor
1 DO	PLC		M200-onder spanning plaatsen
Algemeen overzicht aantal D/A - I/O's per motor			
Totaal aantal DI PLC:			1
Totaal aantal DO PLC:			2

Tabel 8 Configuratie M200 - Oplossing 3

Zo zijn er in totaal 18 digitale ingangen en 36 digitale uitgangen nodig om de buffer te sturen. Dit geeft in totaal 85 digitale ingangen, 63 digitale uitgangen en 4 analoge ingangen. Dit geeft volgende hardware configuratie:

Beschrijving	Code	Totaal aantal	Totaal aantal D ingangen	Totaal aantal D uitgangen	Totaal aantal A ingangen	Totaal aantal A uitgangen
Rack	6ES7 195-1GF30-0XA0	1	/	/	/	/
DP-slave	6ES7 153-1AA03	1	/	/	/	/
DI-kaart	6ES7 321-1BL00	3	96	/	/	/
DO-kaart	6ES7 322-1BL00	2	/	64	/	/

AI-kaart	6ES7 331-7KF02	1	/	/	8	/
----------	----------------	---	---	---	---	---

Tabel 9 Overzicht aantal modules - Oplossing 3

Bij deze oplossing worden er op 18 analoge uitgangen, een ET200m-module (met Rack) en een digitale ingangskaat bespaard.

## 5 Kostenanalyse

### 5.1 Verplaatsen van wasinstallatie en kiepbak

In de kostenanalyse wordt eerst gekeken hoeveel een aanpassing aan de wasinstallatie en kiepbak kost in functie van het gekozen traject. Er wordt met volgende punten rekening gehouden:

- kostprijs bijgebouw,
- mechanische werkuitvoeringen,
- transportbandkost (lang),
- transportbandkost (kort),
- silo verplaatsen.

Kost	Kolom1	Traject 1	Traject 2	Traject 3	Eenheid
Bijgebouw		270000	270000	/	€
Verplaatsing wasinstallatie & kiepbak	Arbeidskost/uur	35	35	35	€/u
	# personen	4	4	0	/
	# werkuren / dag	8	8	8	u/dag
	# dagen werkuitvoering	21	21	21	/
	Totale kost	23520	23520	0	€
Silo verplaatsen		/	60000	/	€
Kost 1 transportband		10000	20000	/	€
Kost 2 transportbanden		/	40000	/	€
Totale kost 1 transportband		303520	373520	/	€
Totale kost 2 transportbanden		/	393520	/	€
Totale kost 1 transportband zonder silo		/	313520	/	€
Totale kost 2 transportbanden zonder silo		/	333520	/	€

Tabel 10 Kostenanalyse A

De verplaatskosten van de silo is exclusief de technische aspecten. Met andere woorden wordt er geen rekening gehouden met de kosten van extra leidingen, buizen, communicatie en energie. Recent werd er een gebouw bijgeplaatst van 4 x 10 m met 2 verdiepingen. Dit is ongeveer even

groot als het bijgebouw uit traject 1 en 2 waardoor deze kost overgenomen wordt. In deze prijs zitten ook de zuurbestendige vloeren en isolatie.

Uit de tabel kan je afleiden dat traject 3 geen kosten heeft aan de wasinstallatie en kiepbak. Voor traject 1 en 2 zijn er wel kosten aangezien de kiepbak en de bijhorende wasinstallatie verplaatst of geroteerd worden. Traject 1 kost op het eerste zicht minder dan traject 2 omdat er minder (en kortere) transportbanden gebruikt worden. Traject 2 komt duurder uit, maar er zijn meer keuzeopties:

- wordt de opvangsilo verplaatst of niet;
- wordt er een nieuwe silo bijgeplaatst;
- wordt er een dubbele transportband geplaatst bij traject 2.

## 5.2 Bijkomende kosten

Naast de kostenvergelijking tussen de verschillende trajecten, is er ook een kost die grotendeels hetzelfde is voor alle trajecten. In deze kost zitten led-tubes, veiligheidsdeuren en hekken, ... In onderstaande tabel wordt een kostenschatting weergegeven van traject 3.

Kost	Aantal	Prijs	Totale prijs	Opmerking
Led-tubes	20	50	1000	
Veiligheidsdeuren	1	250	250	
Veiligheidshek	3	150	450	
Sensoren	4	70	280	
Buffersysteem	1	300000	300000	Prijsschatting voor de totale bufferzone. (Egemin)
Elektriciteitskast	1	700	700	
			302680	

Tabel 11 Kostenanalyse B



### 5.3 Besparingen

Onderhoudskosten worden niet opgenomen in de kostenanalyse. Onderhoudskosten zijn te abstract te bepalen om op te nemen in een kostenanalyse. Het concept is wel zodanig ontworpen dat het geheel onderhoudsvriendelijk is. Er kunnen wel een aantal besparingen opgesomd worden.

De grootste besparing die met deze buffer gecreëerd wordt is tijdswinst. Dit komt omdat de schotels op de buffer gevuld worden. De schotels worden in theorie niet meer deels leeggegoten in een fermentatiekamer, waardoor deze vloeren in de toekomst horizontaal worden geplaatst. Hierdoor creëer je twee tijdswinsten. Enerzijds moet de heftruckchauffeur het vulsysteem niet meer positioneren en anderzijds worden de stapels niet meer gespied. Deze 2 acties werden vervolgens opgemeten. Zo werd er gemiddeld 2 minuten per stapel vastgesteld. Dit wil zeggen dat men  $2 \text{ [min.]} \times 52 \text{ [stapels / kamer]} = 104 \text{ minuten}$  bespaart. Per dag worden er praktisch drie kamers per uithaalgang gevuld. Aan elke gang staat een wasinstallatie. De totale tijdsbesparing is dus  $2 \text{ [min.]} \times 52 \text{ [stapels / kamer]} \times 3 \text{ [kamers]} = 312 \text{ min/dag} = 5,2 \text{ uur/dag}$ , per uithaalgang.

Naast deze tijdswinst kunnen korte pannes van de wasinstallatie opgevangen worden, de heftruckchauffeur zal namelijk niet meer stilstaan dankzij de bufferinstallatie. Na de wasinstallatie zijn er namelijk 9 plaatsen die vol kunnen staan met stapels. Wanneer op de buffer een maximale verplaatsingstijd van 2 minuten genomen wordt per stapel, creëert deze installatie een buffer van 18 minuten. Hierdoor zal de heftruckchauffeur gedurende korte pannes niet meer stilstaan. Uit statistieken heeft Citrique Belge vastgesteld dat de huidige uitvoering van de wasinstallatie en draaitafel, gedurende vijf procent van de tijd stil staat. Hierdoor worden heftruckchauffeurs opgehouden en kunnen ze niet verder werken. Met een bufferinstallatie kunnen de heftruckchauffeurs wel verder werken. Anderzijds creëert de buffer een oplossing voor de heftruckchauffeurs. Wanneer er een probleem is met de heftrucks, werknemers, fermentatiekamers, ... blijft de wasinstallatie gewoon verder werken. Stel dat de buffer voor de wasinstallatie (4 plaatsen) volledig vol staat, blijft de wasinstallatie gedurende 8 minuten verder werken om deze 4 stapels te wassen. De technische defecten worden tijdelijk opgevangen, de productie gaat gewoon verder.



## 6 Besluit

In het besluit wordt alles kort besproken wat in deze bundel aan bod is gekomen. Stap voor stap wordt uitgelegd wat de probleemstelling is, hoe dit ontwerp is ontstaan om tot slot over te gaan naar het eindresultaat en eigen mening. Het finale resultaat wordt in onderstaande figuur weergegeven.

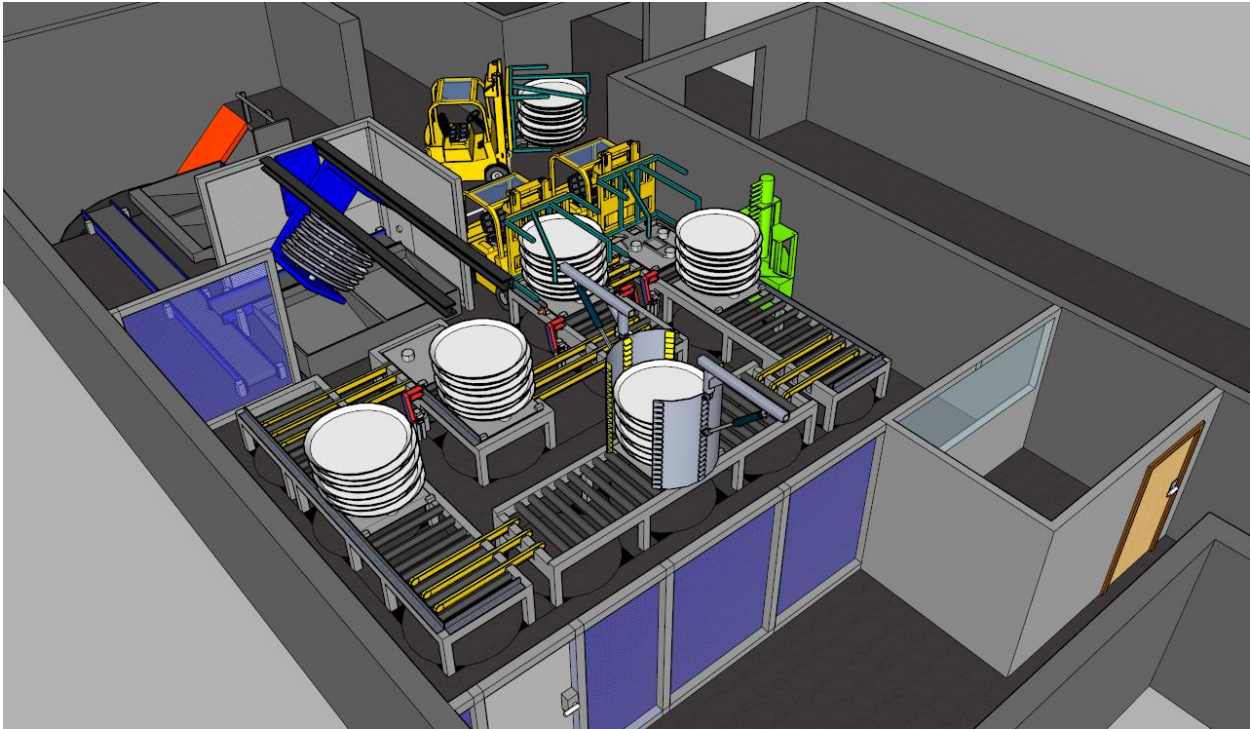


Fig. 65 Finaal ontwerp

### 6.1 Problemen

Citrique Belge maakt gebruik van oppervlaktefermentatie. Dit is een duur proces en heeft dankzij het vloeibaar zuur nadelige gevolgen voor de omgeving. Heftrucks, kamers en vloeren worden aangetast en worden regelmatig gerepareerd. Deze masterproef vormt één onderdeel voor het volledig automatisch ontwerp van fermentatie. Dit ontwerp is een vervolg op stap één: “de stapelomsluiting”. Wanneer stap één geïmplementeerd wordt, kunnen de stapels niet meer op de bestaande draaitafels werken. Om dit probleem op te lossen, wordt in deze masterproef een buffer ontworpen. Het bufferontwerp ontwerpen was het moeilijkste onderwerp van deze masterproef.

## 6.2 Uitwerking

Een buffer moet objecten verplaatsen zonder problemen. De eerste uitdaging was om schoteltorens eenvoudig te verplaatsen op elk mogelijk transportsysteem. Zo ontstond de bufferplaat waarop heftrucks een schoteltoren plaatsen en terug afnemen. Vervolgens werden verschillende transportsystemen besproken: elektrische en een zelf ontworpen hydraulisch transportsysteem.

Na de keuze van het transportsysteem werden verschillende bufferontwerpen opgesteld. Deze trajecten werden kritisch beoordeeld en er werd een kostenanalyse uitgevoerd. Traject 1 werd gekozen en verder uitgewerkt. Zo werden de platenstopper en centraliseermachine ontworpen en geplaatst op deze buffer. Tijdens dit ontwerp werden verschillende sensorprincipes uitgelegd en programmering/logica van de buffer besproken. Er werd niet geprogrammeerd omdat dit een ontwerp is en geen uitvoering. Alle gebruikte sensoren worden overzichtelijk weergegeven in de bijlage. Naast de oplossing dat voor Citrique Belge werd opgesteld, worden optimalisaties ontworpen met dezelfde functionaliteit. Voor de aansturing van motoren werden 3 oplossingen uitgewerkt. Tot slot werd er een kostenanalyse uitgevoerd van het gekozen traject.

## 6.3 Kwaliteit en verspilling

Vervolgens wordt kwaliteit en verspilling besproken. Wanneer de volledige buffer leeg is, plaatst een heftruckchauffeur een stapel. Vervolgens haalt hij direct een nieuwe volle stapel om opnieuw op de buffer te plaatsen. Het duurt 5 – 10 minuten wanneer de eerste stapel terug gewassen en gevuld is op de buffer. Vanaf het moment dat bufferplaats 13 vol staat, plaatsen de heftrucks een stapel op de buffer en nemen direct een nieuwe gevulde stapel op. De gevulde stapel wordt dan naar een nieuwe kamer gebracht. Hierdoor wordt het oude principe van “kamer A leeghalen → kamer B vullen” opnieuw gebruikt. Omdat fermentatie een continu proces is, gebeurt deze tijdsvertraging enkel wanneer de volledige bufferinstallatie leeg is.

Volgens Value Stream Mapping is de buffer een “Niet waarde toevoegende actie”. De buffer voorziet enkel dat tijdelijke defecten opgelost worden en dat de stapels automatisch worden gevuld.

## 6.4 Resultaat

In dit hoofdstuk wordt het resultaat van een bufferinstallatie besproken aan de hand van enkele kritische vragen. Deze vragen worden stelselmatig beantwoord om de eindbespreking te ondersteunen.

### Waarom zou een bufferinstallatie dan wel nuttig zijn?

De buffer maakt deel uit van een groter plan om de volledige fermentatie te automatiseren. Zoals in hoofdstuk “5.3 Besparingen” wordt besproken, zorgt enkel het vullen op de bufferinstallatie voor een tijds winst.

### Als de tijds winst enkel van het vullen komt, is het dan niet interessant om de schotels op de draaitafel te vullen?

Achter de bufferinstallatie zit een aaneensluiting van positieve gevolgen. Het eerste positieve gevolg is dat de omsluiting op de heftruck gebruikt wordt op een automatische installatie. De omsluiting zorgt er net voor dat er geen zuur wordt gemorst in gangen, kamers, etc. Met de draaitafel is het namelijk niet mogelijk de schotels te omsluiten. Daarom wordt de draaitafel verwijderd en een bufferinstallatie geplaatst. Het tweede positieve punt is natuurlijk het vullen op de bufferinstallatie. Het derde positieve punt is een gevolg van deze omsluiting op de omgeving. Zuur wordt niet meer gemorst, installaties, heftrucks, vloeren en fermentatiekamers gaan langer mee. Dit is geen rechtstreeks gevolg van de bufferinstallatie, maar deze installatie maakt het wel mogelijk dat deze omsluiting gebruikt wordt in een automatische installatie. Het vierde punt is het ontwerp van een centraliseermachine. Het gekozen traject voorziet veel ruimte voor toekomstige uitbreidingen. Eén uitbreiding is een centraliseermachine om de schotels uit te lijnen.

Het laatste punt zijn de technische defecten. De wasinstallatie en draaitafel zijn onderhevig aan grote mechanische belastingen en zurige vloeistoffen. Deze 2 machines werken volledig automatisch en staan daarbij vol met sensoren en actuatoren. Er treden regelmatig problemen op met beide installaties, waardoor de heftruckchauffeurs niet verder kunnen werken. De draaitafel zelf biedt een buffer van 1 plaats. Als deze installatie defect is stopt de productie. Dit is natuurlijk ook met de buffer die voorgesteld wordt. Het is daarmee noodzakelijk dat er een bufferinstallatie gemaakt wordt, dat zeer robuust en eenvoudig uitgevoerd wordt. Technische defecten moeten eenvoudig en snel opgelost worden. Van het moment dat de wasinstallatie defect is of heftrucks niet rijden, stopt de productie niet direct. Wanneer de wasinstallatie stopt met werken, kunnen nog 4 stapels geplaatst worden op de buffer. Anderzijds wanneer de heftrucks niet rijden, zal de buffer verder kunnen werken en maximaal 4 stapels wassen. Dit is ook een oplossing van het eerder vermelde probleem: *“Omdat fermentatie een continu proces is, gebeurt deze*

*tijdsvertraging enkel wanneer de volledige bufferinstallatie leeg is.*” De bufferinstallatie zal gewoon verder werken en niet leeg draaien indien het defect snel gemaakt is. Wanneer het defect van de wasinstallatie wel langer duurt, bestaat de mogelijkheid dat deze installatie leeg draait. De heftruckchauffeurs kunnen bij lange pannes gebruik maken van de oude kiepbak, waar alles manueel gebeurt. Hierdoor voorkomen ze dat de bufferinstallatie leeg geraakt.

#### Wat is negatief aan het implementeren van een bufferinstallatie?

Een negatief punt is de investeringskost. Het bufferontwerp zorgt niet voor een personeelsvermindering, maar is enkel een kost om verdere automatisering in de toekomst mogelijk te maken. De draaitafel beperkt namelijk het aantal ontwerpen. Omdat deze installatie geen kostenwinsten maar enkel tijdswinsten geeft, zal de investeringskost en terugverdientijd enkel afgeleid worden wanneer het totaalontwerp af is. De buffer is namelijk één onderdeel van een groter ontwerp.

Als laatste punt wordt het standaardiseren aangekaart. Niet elke schotelstapel is dezelfde, wat tot problemen kan leiden in de centraliseermachine en vulinstallatie. Daarom is het noodzakelijk dat er een eenheidsmaat komt waaraan alle schoteltorens gerefereerd worden. Indien schotels buiten de opgestelde tolerantie vallen, kan de werking van de centraliseermachine of vulinstallatie niet verzekerd worden.

## Literatuurlijst

ABB. (2014, April 30). 1SFC132005C0201.

ABB. (2014, April 30). 1SFC132009B0201.

ABB. (2014, April 30). ABB PSR Softstarter.

Beckers, K. D. (2013). 18. Machinevisie: Praktische aspecten. In G. D. Saey, *Elektrotechniek en Automatisering Capita Selecta* (p. 788). Gent: Academia Press.

Borst\_systems. (2014, April 4). *Borst\_systems*. Opgehaald van <http://www.borstsystems.com/intern-transport/rollenbaan/>

BV\_Beerepoot. (2014, April 4). *Beerepoot BV*. Opgehaald van <http://www.beerepoot.nl/rollenbaan/1495-Rollenbaan>

*Citrique Belge Historiek*. (2013). Opgeroepen op November 13, 2013, van <http://www.citriquebelge.com/history.aspx>

Cleanroom. (2014, April 4). *Cleanroom*. Opgehaald van <http://cleanroom.net/?p=2907>

Conveyor-systems.co.uk. (2014, April 4). *Conveyor-systems.co.uk*. Opgehaald van <http://www.conveyor-systems.co.uk/images/metal%20detector%20.JPG>

Danfoss. (sd). *MCLiterature*. Opgeroepen op Mei 1, 2014, van MCLiterature: [http://mcliterature.danfoss.com/WebPublish/doc\\_MG12A202.pdf](http://mcliterature.danfoss.com/WebPublish/doc_MG12A202.pdf)

Dual\_Logistics. (2011). *POR Washing unit*. Tienen: Dual Logistics.

[http://t0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQkz9OJg\\_5xlCF0Nvruph7OTkwpaQz9g5BIek7qslU440SfAeqOA](http://t0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQkz9OJg_5xlCF0Nvruph7OTkwpaQz9g5BIek7qslU440SfAeqOA). (2014, Maart 4).

IFM. (sd). *3D-sensoren Systeembeschrijving*. Opgeroepen op April 30, 2014, van IFM: [https://www.ifm.com/ifmbenl/web/pinfo020\\_020\\_040.htm](https://www.ifm.com/ifmbenl/web/pinfo020_020_040.htm)

Ledstunter. (sd). *Installatie van led tl*. Opgeroepen op April 29, 2014, van Ledstunter: <http://www.ledstunter.nl/installatie-van-led-tl/>

Logistics, D. (2013, Augustus 26). Testgrijper dd 26-08-2013. België.

Mesh, P. (2014, April 4). *PFM Mesh*. Opgehaald van <http://www.pfmmesh.com/img/stainlesssteelconveyorbelt.jpg>

Moderniek\_B.V. (2012, November 28). Gebruikershandleiding Citrique Wasinrichting (11034-locatie A) V.3.doc. Beckeringhstraat 23, Soest, Nederland.

- Narviflex. (2014, April 4). *Narviflex*. Opgehaald van [http://www.narviflex.be/website/narviflex/assets/images/productsadvcatimages/rollenbaan\\_aandrijving\\_riemen\\_665x272.jpg](http://www.narviflex.be/website/narviflex/assets/images/productsadvcatimages/rollenbaan_aandrijving_riemen_665x272.jpg)
- Sick\_Insight. (sd). *Sick Inisght*. Opgeroepen op 5 1, 2014, van Sickinsight-online: <http://www.sickinsight-online.com/sim-4-safety-worlds-first-safety-design-allows-monitoring-of-up-to-four-protective-fields-simultaneously/>
- Siemens. (2006, April). *Industrial Communication*. Opgeroepen op April 29, 2014, van Siemens Automation: [http://www.automation.siemens.com/mcms/industrial-communication/en/support/ik-info/Documents/SYH\\_asi\\_grundlagen-76.pdf](http://www.automation.siemens.com/mcms/industrial-communication/en/support/ik-info/Documents/SYH_asi_grundlagen-76.pdf)
- Smart. (sd). *Smar*. Opgeroepen op April 29, 2014, van [http://www.smar.com/Images/clip\\_image002\\_0008.jpg](http://www.smar.com/Images/clip_image002_0008.jpg)
- Techno Skills*. (2014, 04 25). Opgeroepen op 04 25, 2014, van Techno-skills.nl: [http://www.techno-skills.nl/SCORM/TS064\\_Pneumatiek\\_IV\\_Elektrische\\_besturing\\_van\\_ventielen\\_PO000\\_/card/Sensoren1000x7001.png](http://www.techno-skills.nl/SCORM/TS064_Pneumatiek_IV_Elektrische_besturing_van_ventielen_PO000_/card/Sensoren1000x7001.png)



## Bijlage

Bijlage A: Overzicht digitale ingangen .....	90
Bijlage B: Overzicht digitale uitgangen .....	93
Bijlage C: Overzicht analoge ingangen.....	95
Bijlage D: Overzicht analoge uitgangen .....	96
Bijlage E: Datasheet van laserdetectie OY2P303A0135 .....	97
Bijlage F: Materiaal AISI 316LN.....	99
Bijlage G: Materiaal AISI 316L.....	102
Bijlage H: Materiaal Nitronic 50, XM-19 .....	105

## Bijlage A: Overzicht digitale ingangen

Digitale INGANGEN						
Buffer	Omschrijving	Opmerking	Bevestigen op module:			Ingang
			Rollen	Ketting	Andere locatie	
1	B1S1	Naderingssensor	X			E0.0
	B1S2	Schakelaar			Plafond naast heftrucks	E0.1
	B1E3	Eindeloop		X		E0.2
	B1S4	Naderingssensor		X		E0.3
	B1L1	Lichtsensoren			Hoogte 50 [cm] boven rollen	E0.4
	B1BA +	Inductiesensor			Plaatstopper cil. A	E0.5
	B1BA -	Inductiesensor			Plaatstopper cil. A	E0.6
	B1BB +	Inductiesensor			Plaatstopper cil. B	E0.7
	B1BB -	Inductiesensor			Plaatstopper cil. B	E1.0
	B1M-Con	Controle motor draait	/	/	/	E1.1
	B1M-PTC	PTC-controle	/	/	/	E1.2
A	KAE1	Eindeloop		X		E1.3
	KAE2	Eindeloop		X		E1.4
	BAM-Con	Controle motor draait	/	/	/	E1.5
	BAM-PTC	PTC-controle	/	/	/	E1.6
2	B2S1	Naderingssensor	X			E1.7
	B2S2	Naderingssensor	X			E2.0
	B2E3	Eindeloop	X			E2.1
	B2M-Con	Controle motor draait	/	/	/	E2.2
	B2M-PTC	PTC-controle	/	/	/	E2.3
B	KBE1	Eindeloop		X		E2.4
	KBE2	Eindeloop		X		E2.5
	BBM-Con	Controle motor draait	/	/	/	E2.6
	BBM-PTC	PTC-controle	/	/	/	E2.7
3	B3S1	Naderingssensor	X			E3.0
	B3E2	Eindeloop		X		E3.1
	B3S3	Naderingssensor		X		E3.2
	B3M-Con	Controle motor draait	/	/	/	E3.3
	B3M-PTC	PTC-controle	/	/	/	E3.4
4	B4L1	Lichtsensoren			Hoogte 50 [cm] boven rollen	E3.5
	B4S2	Naderingssensor	X			E3.6
	B4E3	Eindeloop	X			E3.7
	B4S4	Naderingssensor	X			E4.0

	B4BA +	Inductiesensor			Plaatstopper cil. A	E4.1
	B4BA -	Inductiesensor			Plaatstopper cil. A	E4.2
	B4BB +	Inductiesensor			Plaatstopper cil. B	E4.3
	B4BB -	Inductiesensor			Plaatstopper cil. B	E4.4
	B4M-Con	Controle motor draait	/	/	/	E4.5
	B4M-PTC	PTC-controle	/	/	/	E4.6
C	KCE1	Eindeloop		X		E4.7
	KCE2	Eindeloop		X		E5.0
	BCM-Con	Controle motor draait	/	/	/	E5.1
	BCM-PTC	PTC-controle	/	/	/	E5.2
5	B5S1	Naderingssensor	X			E5.3
	B5S2	Naderingssensor		X		E5.4
	B5E3	Eindeloop		X		E5.5
	B5M-Con	Controle motor draait	/	/	/	E5.6
	B5M-PTC	PTC-controle	/	/	/	E5.7
6	B6S1	Naderingssensor	X			E6.0
	B6S2	Naderingssensor	X			E6.1
	B6M-Con	Controle motor draait	/	/	/	E6.2
	B6M-PTC	PTC-controle	/	/	/	E6.3
7	B7S1	Naderingssensor	X			E6.4
	B7E2	Eindeloop	X			E6.5
	B7S3	Naderingssensor	X			E6.6
	B7S4	Naderingssensor		X		E6.7
	B7M-Con	Controle motor draait	/	/	/	E7.0
	B7M-PTC	PTC-controle	/	/	/	E7.1
D	KDE1	Eindeloop		X		E7.2
	KDE2	Eindeloop		X		E7.3
	BDM-Con	Controle motor draait	/	/	/	E7.4
	BDM-PTC	PTC-controle	/	/	/	E7.5
8	B8S1	Naderingssensor	X			E7.6
	B8S2	Naderingssensor	X			E7.7
	B8M-Con	Controle motor draait	/	/	/	E8.0
	B8M-PTC	PTC-controle	/	/	/	E8.1
9	B9S1	Naderingssensor	X			E8.2
	B9S2	Naderingssensor	X			E8.3
	B9M-Con	Controle motor draait	/	/	/	E8.4
	B9M-PTC	PTC-controle	/	/	/	E8.5
10	B10S1	Naderingssensor	X			E8.6
	B10S2	Naderingssensor	X			E8.7
	B10M-Con	Controle motor draait	/	/	/	E9.0

	B10M-PTC	PTC-controle	/	/	/	E9.1
E	KEE1	Eindeloop		X		E9.2
	KEE2	Eindeloop		X		E9.3
	BEM-Con	Controle motor draait	/	/	/	E9.4
	BEM-PTC	PTC-controle	/	/	/	E9.5
11	B11S1	Naderingssensor	X			E9.6
	B11S2	Naderingssensor		X		E9.7
	B11E3	Eindeloop		X		E10.0
	B11M-Con	Controle motor draait	/	/	/	E10.1
	B11M-PTC	PTC-controle	/	/	/	E10.2
12	B12S1	Naderingssensor	X			E10.3
	B12S2	Naderingssensor	X			E10.4
	B12M-Con	Controle motor draait	/	/	/	E10.5
	B12M-PTC	PTC-controle	/	/	/	E10.6
13	B13S1	Naderingssensor	X			E10.7
	B13E2	Eindeloop	X			E11.0
	B13S3	Naderingssensor	X			E11.1
	B13L1	Lichtsensor			Hoogte 50 [cm] boven rollen	E11.2
	B13BA +	Inductiesensor			Plaatstopper cil. A	E11.3
	B13BA -	Inductiesensor			Plaatstopper cil. A	E11.4
	B13BB +	Inductiesensor			Plaatstopper cil. B	E11.5
	B13BB -	Inductiesensor			Plaatstopper cil. B	E11.6
	B13M-Con	Controle motor draait	/	/	/	E11.7
	B13M-PTC	PTC-controle	/	/	/	E12.0

## Bijlage B: Overzicht digitale uitgangen

Digitale UITGANGEN			
Buffer	Code	Opmerking	Uitgang
1	B1BA +	Plaatstop A	A0.0
	B1BA -	"	A0.1
	B1BB +	Plaatstop B	A0.2
	B1BB -	"	A0.3
	E1	Indicator 1	A0.4
	B1M-Vm	Vrijgave van motor	A0.5
	B1M-Vs	Vrijgave spanning M200	A0.6
A	KA +	Kettingtransport A omhoog	A0.7
	KA -	Kettingtransport A omlaag	A1.0
	BAM-Vm	Vrijgave van motor	A1.1
	BAM-Vs	Vrijgave spanning M200	A1.2
2	KB +	Kettingtransport B omhoog	A1.3
	KB -	Kettingtransport B omlaag	A1.4
	B2M-Vm	Vrijgave van motor	A1.5
	B2M-Vs	Vrijgave spanning M200	A1.6
B	BBM-Vr	Vrijgave van motor	A1.7
	BBM-Vs	Vrijgave spanning M200	A2.0
3	B3M-Vr	Vrijgave van motor	A2.1
	B3M-Vs	Vrijgave spanning M200	A2.2
4	B4BA +	Plaatstop A	A2.3
	B4BA -	"	A2.4
	B4BB +	Plaatstop B	A2.5
	B4BB -	"	A2.6
	B4M-Vr	Vrijgave van motor	A2.7
	B4M-Vs	Vrijgave spanning M200	A3.0
C	KC +	Kettingtransport C omhoog	A3.1
	KC -	Kettingtransport C omlaag	A3.2
	BCM-Vr	Vrijgave van motor	A3.3
	BCM-Vs	Vrijgave spanning M200	A3.4
5	B5M-Vr	Vrijgave van motor	A3.5
	B5M-Vs	Vrijgave spanning M200	A3.6
6	B6M-Vr	Vrijgave van motor	A3.7
	B6M-Vs	Vrijgave spanning M200	A4.0
7	B7M-Vr	Vrijgave van motor	A4.1
	B7M-Vs	Vrijgave spanning M200	A4.2
D	KD +	Kettingtransport D omhoog	A4.3

	KD -	Kettingtransport D omlaag	A4.4
	BDM-Vr	Vrijgave van motor	A4.5
	BDM-Vs	Vrijgave spanning M200	A4.6
8	B8M-Vr	Vrijgave van motor	A4.7
	B8M-Vs	Vrijgave spanning M200	A5.0
9	CM	Centraliseermachine	A5.1
	Reserve		A5.2
	B9M-Vr	Vrijgave van motor	A5.3
	B9M-Vs	Vrijgave spanning M200	A5.4
10	B10M-Vr	Vrijgave van motor	A5.5
	B10M-Vs	Vrijgave spanning M200	A5.6
E	KE +	Kettingtransport E omhoog	A5.7
	KE -	Kettingtransport E omlaag	A6.0
	BEM-Vr	Vrijgave van motor	A6.1
	BEM-Vs	Vrijgave spanning M200	A6.2
11	B11M-Vr	Vrijgave van motor	A6.3
	B11M-Vs	Vrijgave spanning M200	A6.4
12	Vuller A	Programma A	A6.5
	Vuller B	Programma B	A6.6
	B12M-Vr	Vrijgave van motor	A6.7
	B12M-Vs	Vrijgave spanning M200	A7.0
13	B13BA +	Plaatstop A	A7.1
	B13BA -	"	A7.2
	B13BB +	Plaatstop B	A7.3
	B13BB -	"	A7.4
	B13M-Vr	Vrijgave van motor	A7.5
	B13M-Vs	Vrijgave spanning M200	A7.6

## Bijlage C: Overzicht analoge ingangen

Analoge INGANGEN	
Omschrijving	Uitgang
Temperatuurbewaking voor hydraulische olie van de centraliseermachine	PIW180
Optioneel: Detectie van heftruck op bufferplaats 1	PIW182
Optioneel: Detectie van heftruck op bufferplaats 13	PIW184
Debietmeting van vulinstallatie	PIW186
Reserve	
Reserve	
Reserve	
Reserve	

## Bijlage D: Overzicht analoge uitgangen

Analoge UITGANGEN			
Buffer	Code	Opmerking	Uitgang
1	B1M-Fr	Gewenste frequentie	PAW100
A	BAM-Fr	"	PAW102
2	B2M-Fr	"	PAW104
B	BBM-Fr	"	PAW106
3	B3M-Fr	"	PAW108
4	B4M-Fr	"	PAW110
C	BCM-Fr	"	PAW112
5	B5M-Fr	"	PAW114
6	B6M-Fr	"	PAW116
7	B7M-Fr	"	PAW118
D	BDM-Fr	"	PAW120
8	B8M-Fr	"	PAW122
9	B9M-Fr	"	PAW124
10	B10M-Fr	"	PAW126
E	BEM-Fr	"	PAW128
11	B11M-Fr	"	PAW130
12	B12M-Fr	"	PAW132
13	B13M-Fr	"	PAW134



## Bijlage E: Datasheet van laserdetectie OY2P303A0135

### High-Performance Distance Sensor

## OY2P303A0135 LASER

Part Number

WinTec

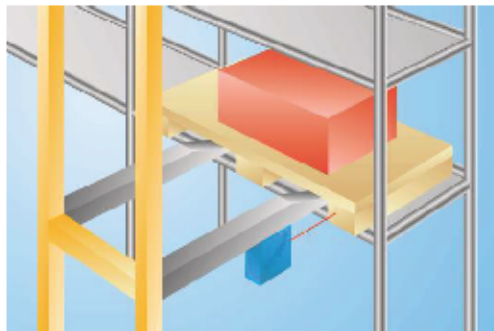


- Interference-free towards gloss in the background with WinTec
- No mutual interference with WinTec
- Reliable in case of glossy objects with WinTec
- Secure detection of black objects also in extremely inclined positions with WinTec

These sensors have scratch-resistant optics and the emitted light can be switched off. They use the transit time measurement principle to measure the distance between the sensor and the object.

wenglor interference-free technology (WinTec) has revolutionized sensor technology:

It makes it possible to mount several sensors directly next to, or opposite each other without the sensors influencing each other. The sensors reach a very high switching frequency and use laser class 1, which is safe for the human eye.

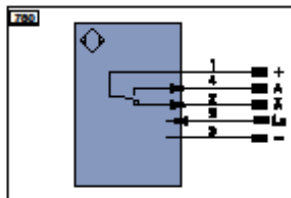
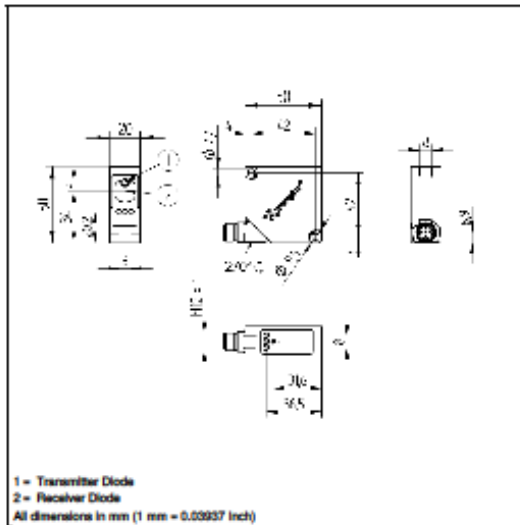


#### Technical Data

Optical Data	
Working Range	0...3000 mm
Adjustable Range	200...3000 mm
Switching Hysteresis	< 15 mm
Light Source	Laser (red)
Wave Length	660 nm
Service Life (T = +25 °C)	100000 h
Laser Class (EN 60825-1)	1
Beam Divergence	< 2 mrad
Max. Ambient Light	10000 Lux
Light Spot Diameter	see Table 1
Electrical Data	
Supply Voltage	10...30 V DC
Current Consumption (U <sub>b</sub> = 24 V)	< 50 mA
Switching Frequency	1000 Hz
Response Time	0,5 ms
Temperature Drift (-10 °C < T <sub>u</sub> < 50 °C)	< 1 %
Temperature Drift (T <sub>u</sub> < -10 °C, T <sub>u</sub> > 50 °C)	< 2,5 %
Temperature Range	-40...60 °C
Switching Outputs	2
Switching Output Voltage Drop	< 2,5 V
PNP Switching Output/Switching Current	200 mA
Short Circuit Protection	yes
Reverse Polarity Protection	yes
Overload Protection	yes
Protection Class	III
Mechanical Data	
Adjustment	Teach-in
Housing Material	Plastic
Optic Cover	PMMA
Degree of Protection	IP68
Connection	M12 x 1; 4/5-pin
PNP NO/NC anti-valent	●
Connection Diagram No.	780
Control Panel No.	P10
Suitable Connection Technology No.	2   35
Suitable Mounting Technology No.	380



Photoelectronic Sensors



Legend			
+	Supply Voltage +	nc	not connected
-	Supply Voltage 0 V	U	Test Input
~	Supply Voltage (AC Voltage)	D	Test Input inverted
A	Switching Output (NO)	W	Trigger Input
X	Switching Output (NC)	o	Analog Output
V	Contamination/Error Output (NO)	o-	Ground for the Analog Output
o	Contamination/Error Output (NC)	BC	Block Discharge
E	Input (analog or digital)	AM	Valve Output
T	Teach Input	a	Valve Control Output +
Z	Time Delay (activation)	b	Valve Control Output 0 V
b	Shielding	SY	Synchronization
RD	Interface Receive Path	g+	Receiver-Line
TD	Interface Send Path	g-	Emitter-Line
RDY	Ready	g	Grounding
SD	Ground	SR	Switching Distance Reduction
CL	Clock	Rx+	Ethernet Receive Path
OD	Output/Input programmable	Rx-	Ethernet Send Path
MD-Link	Power over Ethernet	B+	Interface-Bus A(+)/B(-)
IV	Safety Input	L	Emitted Light dimmable
SSO	Safety Output	Mg	Magnet activation
opt.	Signal Output	PK	Input confirmation
		mu	Contactor Monitoring

Wire Colors according to DIN IEC 757	
BK	Black
BR	Brown
RD	Red
OR	Orange
YL	Yellow
GR	Green
BL	Blue
VT	Violet
GY	Grey
WH	White
PK	Pink
BYE	Green Yellow

Table 1

Working Distance	0 m	3 m
Light Spot Diameter	5 mm	9 mm

### Complementary Products

Protection Housing Set ZSP-NN-02  
Protection Housing ZSV-0x-01

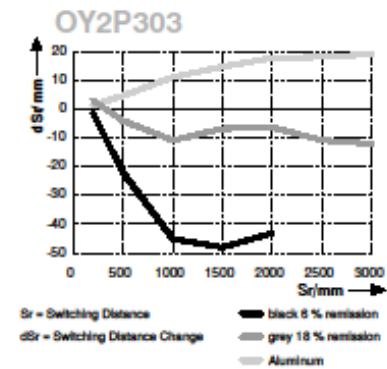
### Ctrl. Panel



01 = Switching Status Indicator  
02 = Contamination Warning  
03 = Teach Button  
04 = Supply Voltage Indicator

### Switching Distance Deviation

Typical characteristic curve based on Kodak white (90 % remission)



Specifications are subject to change without notice

# Bijlage F: Materiaal AISI 316LN



## Identification

### Designation

AISI 316LN

### Condition

Solution annealed

### UNS number

S31653

### US name

ASTM TP316LN, ASTM S31654, ASTM S31653, ASTM MT316L, ASTM Alloy Group A4, ASTM Alloy Group 2, ASTM 316LN, ~SAE 316, ~ASTM S31603, ~ASTM F316L, ~ASME 316L

### EN name

X3CrNiMoN17-13-3, X3CrNiMoBN17-13-3, X2CrNiMoN17-13-3, X2CrNiMoN17-11-2, X2CrNiMo18-14-3, ~X2CrNiMoN18-12-4, ~X2CrNiMo17-12-3, ~X2CrNiMo17-12-2

### EN number

1.4910, 1.4429, 1.4406, ~1.4435, ~1.4434, ~1.4432, ~1.4404

### ISO name

X3CrNiMoN17-13-3, X2CrNiMoN17-13-3, X2CrNiMoN17-13, X2CrNiMoN17-12-3, X2CrNiMo17-13, ~X2CrNiMoN18-12-4, ~X2CrNiMo18-14-3, ~X2CrNiMo17-12-3, ~X2CrNiMo17-12-2, ~X2CrNiMo17-12, ~X2CrNiMo18-14-3, ~19N

### GB (Chinese) name

00Cr17Ni14Mo2, 00Cr17Ni13Mo2N, 00Cr17Ni13Mo2N

### JIS (Japanese) name

SUSF316LN, SUS316LN

## General Properties

Density	8e3		kg/m <sup>3</sup>
Price	* 4.37	- 4.81	EUR/kg

## Composition overview

### Composition (summary)

Fe/16.5-18.5Cr/10-14Ni/2-3Mo/<2.0Mn/<1.0Si/0.12-0.22N/<0.045P/<0.03C/<0.015S

Base Fe (Iron)

## Composition detail (metals, ceramics and glasses)

C (carbon)	0	- 0.03	%
Cr (chromium)	16.5	- 18.5	%
Fe (iron)	61.2	- 71.4	%
Mn (manganese)	0	- 2	%
Mo (molybdenum)	2	- 3	%
N (nitrogen)	0.12	- 0.22	%
Ni (nickel)	10	- 14	%
P (phosphorus)	0	- 0.045	%
S (sulfur)	0	- 0.015	%
Si (silicon)	0	- 1	%

## Mechanical properties

Young's modulus	195	- 205	GPa
Flexural modulus	* 195	- 205	GPa
Shear modulus	* 75	- 85	GPa
Shape factor	60.5		
Yield strength (elastic limit)	280	- 300	MPa
Tensile strength	580	- 780	MPa
Compressive strength	* 280	- 300	MPa
Flexural strength (modulus of rupture)	* 280	- 300	MPa

Values marked \* are estimates.  
No warranty is given for the accuracy of this data

Elongation	35	-	50	% strain
Hardness - Vickers	* 214	-	237	HV
Hardness - Rockwell B	90	-	100	
Hardness - Rockwell C	* 15	-	19	
Hardness - Brinell	208	-	228	MPa
Fatigue strength at 10 <sup>7</sup> cycles	* 291	-	321	MPa
Fatigue strength model (stress range)	* 167	-	261	MPa
<u>Parameters:</u> Stress Ratio = 0, Number of Cycles = 1e7				
Fracture toughness	* 53	-	72	MPa.m <sup>0.5</sup>

### Thermal properties

Melting point	1.38e3	-	1.4e3	°C
Maximum service temperature	750	-	925	°C
Minimum service temperature	-273	-		°C
Thermal conductivity	14.4	-	15.6	W/m.°C
Specific heat capacity	500	-		J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	16.5	-	17.5	µstrain/°C
Latent heat of fusion	* 378	-	457	kJ/kg

### Processing properties

Cold forming	Good			
Hot forming	Good			
Machinability - speed	18.3	-	21.3	m/min
Weldability - MIG	Excellent			
Weldability - plasma	Excellent			
Weldability - SAW	Excellent			
Weldability - TIG	Excellent			
Carbon equivalency	4.37	-	5.73	
Brazeability	Good			

### Electrical properties

Electrical resistivity	73.5	-	76.5	µohm.cm
Galvanic potential	* -0.17	-	-0.09	V

### Magnetic properties (ambient temperature)

Ferromagnetic?	×			
----------------	---	--	--	--

### Optical properties

Transparency	Opaque			
--------------	--------	--	--	--

### Durability: flammability

Flammability	Non-flammable			
--------------	---------------	--	--	--

### Durability: fluids and sunlight

Water (fresh)	Excellent			
Water (salt)	Excellent			
Weak acids	Excellent			
Strong acids	Excellent			
Weak alkalis	Excellent			
Strong alkalis	Excellent			
Organic solvents	Excellent			
UV radiation (sunlight)	Excellent			
Oxidation at 500C	Excellent			

### Corrosion resistance (relative to other metals)

Pitting resistance equivalent number (PREN)	25	-	31.9	
Pitting and crevice corrosion	Medium		(20-30)	

Values marked \* are estimates.  
No warranty is given for the accuracy of this data

Stress corrosion cracking	Moderate
Intergranular (weld line) corrosion	Good
Inorganic acids	Moderate
Organic acids	Good
Alkalis	Moderate
Humidity / water	Excellent
Sea water	Moderate
Sour oil and gas	Moderate

**Primary material production: energy, CO2 and water**

Embodied energy, primary production	* 96.3	- 106	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	* 5.98	- 6.61	kg/kg
Water usage	* 145	- 160	l/kg

**Material processing: energy**

Rough rolling, forging energy	* 2.58	- 2.85	MJ/kg
Extrusion, foil rolling energy	* 4.87	- 5.39	MJ/kg
Wire drawing energy	* 17.5	- 19.3	MJ/kg
Metal powder forming energy	* 36.4	- 40.3	MJ/kg
Vaporization energy	* 1.66e4	- 1.83e4	MJ/kg
Coarse machining energy (per unit wt removed)	* 0.819	- 0.905	MJ/kg
Fine machining energy (per unit wt removed)	* 3.92	- 4.33	MJ/kg
Grinding energy (per unit wt removed)	* 7.36	- 8.13	MJ/kg
Non-conventional machining energy (per unit wt removed)	* 166	- 183	MJ/kg

**Material processing: CO2 footprint**

Rough rolling, forging CO2	* 0.193	- 0.214	kg/kg
Extrusion, foil rolling CO2	* 0.366	- 0.404	kg/kg
Wire drawing CO2	* 1.31	- 1.45	kg/kg
Metal powder forming CO2	* 2.91	- 3.23	kg/kg
Vaporization CO2	* 1.24e3	- 1.38e3	kg/kg
Coarse machining CO2 (per unit wt removed)	* 0.0614	- 0.0679	kg/kg
Fine machining CO2 (per unit wt removed)	* 0.294	- 0.325	kg/kg
Grinding CO2 (per unit wt removed)	* 0.552	- 0.61	kg/kg
Non-conventional machining CO2 (per unit wt removed)	* 12.4	- 13.8	kg/kg

**Material recycling: energy, CO2 and recycle fraction**

Recycle	✓		
Embodied energy, recycling	* 19.3	- 21.4	MJ/kg
CO2 footprint, recycling	* 1.52	- 1.68	kg/kg
Recycle fraction in current supply	35.5	- 39.3	%
Downcycle	✓		
Combust for energy recovery	✗		
Landfill	✓		
Biodegrade	✗		
A renewable resource?	✗		

**Links**

ProcessUniverse

Producers

Reference

Shape

Values marked \* are estimates.  
No warranty is given for the accuracy of this data

# Bijlage G: Materiaal AISI 316L



## Identification

### Designation

AISI 316L

### Condition

Solution annealed

### UNS number

S31603

### US name

SAE 316, ASTM TP316L, ASTM S31603, ASTM MT316L, ASTM F316L, ASTM Alloy Group A4, ASTM Alloy Group 2, ASME 316L, ~ASTM TP316LN, ~ASTM S31654, ~ASTM S31653, ~ASTM F316LN

### EN name

X2CrNiMo17-12-2, ~X3CrNiMo17-13-3, ~X3CrNiMoBN17-13-3, ~X2CrNiMoN18-12-4, ~X2CrNiMoN17-13-3, ~X2CrNiMoN17-11-2, ~X2CrNiMo18-14-3, ~X2CrNiMo17-12-2

### EN number

~1.491, ~1.4439, ~1.4435, ~1.4434, ~1.4432, ~1.4429, ~1.4406, ~1.4404

### ISO name

X2CrNiMo17-13, X2CrNiMo17-12, ~X3CrNiMoBN17-13-3, ~X2CrNiMoN18-12-4, ~X2CrNiMoN17-13-3, ~X2CrNiMoN17-13, ~X2CrNiMoN17-12-3, ~X2CrNiMoN17-11-2, ~X2CrNiMo18-14-3, ~X2CrNiMo17-12-3, ~X2CrNiMo17-12-2, ~X2CrNiMo18-14-3, ~19N

### GB (Chinese) name

00Cr17Ni14Mo2, ~00Cr17Ni13Mo2N

### JIS (Japanese) name

SUSF316L, SUS316L, ~SUSF316LN, ~SUS316LN

### Tradenames

ARGESTE 4435 LA, Stahlwerk Ergste Westig GmbH (GERMANY); SPARTAN REDHEUGH 320S33, Spartan Redheugh Ltd (UK); SPARTAN REDHEUGH 316S13, Spartan Redheugh Ltd (UK); SPARTAN REDHEUGH 316S33, Spartan Redheugh Ltd (UK); ARGESTE 4436 PA, Stahlwerk Ergste Westig GmbH (GERMANY); ACX 300, Acerinox, S.A. (SPAIN); EASTERN STAINLESS TYPE 316, Eastern Stainless Corp. (USA); PROJECT 70 STAINLESS TYPE 316, Carpenter Technology Corp. (USA); SPARTAN REDHEUGH 320S31, Spartan Redheugh Ltd (UK); PROJECT 7000 STAINLESS TYPE 316, Carpenter Technology Corp. (USA); ALLEGHENY LUDLUM TYPE 316, Allegheny Ludlum Steel (USA); EASTERN STAINLESS TYPE 316L, Eastern Stainless Corp. (USA); PROJECT 70 STAINLESS TYPE 316L, Carpenter Technology Corp. (USA); ARGESTE 4404 LA/SB/VC, Stahlwerk Ergste Westig GmbH (GERMANY); SPARTAN REDHEUGH 316S11, Spartan Redheugh Ltd (UK); PROJECT 7000 STAINLESS TYPE 316L, Carpenter Technology Corp. (USA); ALLEGHENY LUDLUM TYPE 316L, Allegheny Ludlum Steel (USA); ARGESTE 4571 TB/SA/TA, Stahlwerk Ergste Westig GmbH (GERMANY); ARGESTE 4401 PA/LA/PC/SB/VC, Stahlwerk Ergste Westig GmbH (GERMANY); SPARTAN REDHEUGH 316S31, Spartan Redheugh Ltd (UK); ALLEGHENY LUDLUM TYPE 321, Allegheny Ludlum Steel (USA); EMPIRE TYPE 316EZ, Empire Specialty Steel Inc. (USA); ACX 290, Acerinox, S.A. (SPAIN); ACX 260, Acerinox, S.A. (SPAIN); RDN 280, Roldan S.A. (SPAIN); ACX 280, Acerinox, S.A. (SPAIN); RDN 255, Roldan S.A. (SPAIN); RDN 270, Roldan S.A. (SPAIN); ACX 250, Acerinox, S.A. (SPAIN); ACX 270, Acerinox, S.A. (SPAIN); SANDVIK SANMAC 316L, Sandvik Steel Co. (USA); RDN 250, Roldan S.A. (SPAIN); APMZ, Acciaierie Valbruna SpA (ITALY); SANDVIK 2R61, Sandvik Steel Co. (USA); SANDVIK 3R65, Sandvik Steel Co. (USA);

## General Properties

Density	7.87e3	-	8.07e3	kg/m <sup>3</sup>
Price	* 4.35	-	4.79	EUR/kg

## Composition overview

### Composition (summary)

Fe/16-18.5Cr/10-14Ni/2-3Mo/<2.0Mn/<1.0Si/<0.045P/<0.03C/<0.03S

Base Fe (Iron)

## Composition detail (metals, ceramics and glasses)

C (carbon)	0	-	0.03	%
Cr (chromium)	16	-	18.5	%

Values marked \* are estimates.  
No warranty is given for the accuracy of this data

Fe (iron)	61.4	- 72	%
Mn (manganese)	0	- 2	%
Mo (molybdenum)	2	- 3	%
Ni (nickel)	10	- 14	%
P (phosphorus)	0	- 0.045	%
S (sulfur)	0	- 0.03	%
Si (silicon)	0	- 1	%
<b>Mechanical properties</b>			
Young's modulus	190	- 205	GPa
Flexural modulus	* 190	- 205	GPa
Shear modulus	74	- 82	GPa
Bulk modulus	134	- 152	GPa
Poisson's ratio	0.265	- 0.275	
Shape factor	63		
Yield strength (elastic limit)	170	- 310	MPa
Tensile strength	480	- 620	MPa
Compressive strength	* 170	- 310	MPa
Flexural strength (modulus of rupture)	170	- 310	MPa
Elongation	30	- 50	% strain
Hardness - Vickers	170	- 220	HV
Hardness - Rockwell B	75	- 83	
Hardness - Rockwell C	* 0	- 18.8	
Hardness - Brinell	146	- 217	MPa
Fatigue strength at 10 <sup>7</sup> cycles	* 258	- 307	MPa
Fatigue strength model (stress range)	* 151	- 225	MPa
<small>Parameters: Stress Ratio = 0, Number of Cycles = 1e7</small>			
Fracture toughness	53	- 72	MPa.m <sup>0.5</sup>
Mechanical loss coefficient (tan delta)	* 9.5e-4	- 0.00148	
<b>Thermal properties</b>			
Melting point	1.38e3	- 1.4e3	°C
Maximum service temperature	750	- 925	°C
Minimum service temperature	-273		°C
Thermal conductivity	13	- 17	W/m.°C
Specific heat capacity	490	- 530	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	15	- 18	µstrain/°C
Latent heat of fusion	* 260	- 285	kJ/kg
<b>Processing properties</b>			
Cold forming	Good		
Hot forming	Good		
Machinability - speed	* 30.5	- 36.6	m/min
Weldability - MIG	Excellent		
Weldability - plasma	Excellent		
Weldability - SAW	Excellent		
Weldability - TIG	Excellent		
Carbon equivalency	4.27	- 5.73	
Brazeability	Good		
<b>Electrical properties</b>			
Electrical resistivity	69	- 81	µohm.cm
Galvanic potential	* -0.17	- -0.09	V
<b>Magnetic properties (ambient temperature)</b>			
Ferromagnetic?	×		

Values marked \* are estimates.  
No warranty is given for the accuracy of this data

**Optical properties**

Transparency Opaque

**Durability: flammability**

Flammability Non-flammable

**Durability: fluids and sunlight**

Water (fresh)	Excellent
Water (salt)	Excellent
Weak acids	Excellent
Strong acids	Excellent
Weak alkalis	Excellent
Strong alkalis	Excellent
Organic solvents	Excellent
UV radiation (sunlight)	Excellent
Oxidation at 500C	Excellent

**Corrosion resistance (relative to other metals)**

Pitting resistance equivalent number (PREN)	22.6 - 28.4
Pitting and crevice corrosion	Medium (20-30)
Stress corrosion cracking	Moderate
Intergranular (weld line) corrosion	Good
Inorganic acids	Moderate
Organic acids	Good
Alkalis	Moderate
Humidity / water	Excellent
Sea water	Good
Sour oil and gas	Moderate

**Primary material production: energy, CO2 and water**

Embodied energy, primary production	* 95.7	- 106	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	* 5.95	- 6.58	kg/kg
Water usage	* 144	- 159	l/kg

**Material processing: energy**

Rough rolling, forging energy	* 2.11	- 2.33	MJ/kg
Extrusion, foil rolling energy	* 3.93	- 4.35	MJ/kg
Wire drawing energy	* 14	- 15.4	MJ/kg
Metal powder forming energy	* 37	- 40.6	MJ/kg
Vaporization energy	* 1.09e4	- 1.2e4	MJ/kg
Coarse machining energy (per unit wt removed)	* 0.749	- 0.827	MJ/kg
Fine machining energy (per unit wt removed)	* 3.21	- 3.55	MJ/kg
Grinding energy (per unit wt removed)	* 5.95	- 6.57	MJ/kg
Non-conventional machining energy (per unit wt removed)	* 109	- 120	MJ/kg

**Material processing: CO2 footprint**

Rough rolling, forging CO2	* 0.158	- 0.175	kg/kg
Extrusion, foil rolling CO2	* 0.295	- 0.328	kg/kg
Wire drawing CO2	* 1.05	- 1.16	kg/kg
Metal powder forming CO2	* 2.96	- 3.25	kg/kg
Vaporization CO2	* 815	- 900	kg/kg
Coarse machining CO2 (per unit wt removed)	* 0.0561	- 0.0621	kg/kg
Fine machining CO2 (per unit wt removed)	* 0.241	- 0.266	kg/kg
Grinding CO2 (per unit wt removed)	* 0.446	- 0.493	kg/kg
Non-conventional machining CO2 (per unit wt removed)	* 8.15	- 9	kg/kg

**Material recycling: energy, CO2 and recycle fraction**

Values marked \* are estimates.  
No warranty is given for the accuracy of this data



# Bijlage H: Materiaal Nitronic 50, XM-19



Stainless steel, austenitic, Nitronic 50, XM-19, wrought,  
annealed (nitrogen strengthened)

Page 1 of 3

## Identification

### Designation

S-steel: N-strengthened austenitic, UNS S20910

### Condition

Solution annealed; nitrogen strengthened

### UNS number

S20910

### Tradenames

Nitronic 50, XM-19

## General Properties

Density	7.74e3	-	7.9e3	kg/m <sup>3</sup>
Price	* 4.58	-	5.04	EUR/kg

## Composition overview

### Composition (summary)

Fe/20.5-23.5Cr/11.5-13.5Ni/4-6Mn/1.5-3Mo/<1.0Si/<0.75Cu/0.2-0.4N/0.1-0.3Nb/0.1-0.3V/<0.15W/<0.1Ta/<0.06C/<0.04P/<0.03S/<0.03

### Base

Fe (Iron)

## Composition detail (metals, ceramics and glasses)

Al (aluminum)	0	-	0.02	%
B (boron)	8e-4	-	0.0025	%
C (carbon)	0	-	0.06	%
Cr (chromium)	20.5	-	23.5	%
Cu (copper)	0	-	0.75	%
Fe (iron)	50.8	-	62.1	%
Mn (manganese)	4	-	6	%
Mo (molybdenum)	1.5	-	3	%
N (nitrogen)	0.2	-	0.4	%
Nb (niobium)	0.1	-	0.3	%
Ni (nickel)	11.5	-	13.5	%
P (phosphorus)	0	-	0.04	%
S (sulfur)	0	-	0.03	%
Si (silicon)	0	-	1	%
Sn (tin)	0	-	0.03	%
Ta (tantalum)	0	-	0.1	%
V (vanadium)	0.1	-	0.3	%
W (tungsten)	0	-	0.15	%

## Mechanical properties

Young's modulus	192	-	197	GPa
Flexural modulus	* 192	-	197	GPa
Shear modulus	71.5	-	74.7	GPa
Bulk modulus	* 130	-	179	GPa
Poisson's ratio	0.255	-	0.316	
Shape factor	52.6			
Yield strength (elastic limit)	363	-	434	MPa
Tensile strength	680	-	827	MPa
Compressive strength	* 363	-	434	MPa
Flexural strength (modulus of rupture)	781	-	835	MPa
Elongation	20	-	50	% strain
Hardness - Vickers	* 226	-	254	HV
Hardness - Rockwell B	95.8	-	99.8	
Hardness - Rockwell C	* 17	-	23	
Hardness - Brinell	* 210	-	234	MPa

Values marked \* are estimates.  
No warranty is given for the accuracy of this data

Fatigue strength at 10 <sup>7</sup> cycles	* 317	- 342	MPa	
Fatigue strength model (stress range)	* 190	- 272	MPa	$L_{fe}$
<i>Parameters: Stress Ratio = 0, Number of Cycles = 1e7</i>				
Fracture toughness	* 100	- 160	MPa.m <sup>0.5</sup>	
Mechanical loss coefficient (tan delta)	* 6.9e-4	- 7.62e-4		

### Thermal properties

Melting point	1.37e3	- 1.4e3	°C
Maximum service temperature	* 750	- 790	°C
Minimum service temperature	-273		°C
Thermal conductivity	15.4	- 15.8	W/m.°C
Specific heat capacity	497	- 507	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	16	- 19.7	µstrain/°C
Latent heat of fusion	* 378	- 458	kJ/kg

### Processing properties

Cold forming	Good		
Hot forming	Good		
Machinability - speed	9.14	- 13.7	m/min
Weldability - MIG	Excellent		
Weldability - plasma	Excellent		
Weldability - SAW	Excellent		
Weldability - TIG	Excellent		
Carbon equivalency	5.85	- 8.23	
Brazeability	Good		

### Electrical properties

Electrical resistivity	81.2	- 82.8	µohm.cm
Galvanic potential	-0.28	- -0.2	V

### Magnetic properties (ambient temperature)

Ferromagnetic?	×
----------------	---

### Optical properties

Transparency	Opaque
--------------	--------

### Durability: flammability

Flammability	Non-flammable
--------------	---------------

### Durability: fluids and sunlight

Water (fresh)	Excellent
Water (salt)	Excellent
Weak acids	Excellent
Strong acids	Excellent
Weak alkalis	Excellent
Strong alkalis	Excellent
Organic solvents	Excellent
UV radiation (sunlight)	Excellent
Oxidation at 500C	Excellent

### Corrosion resistance (relative to other metals)

Pitting resistance equivalent number (PREN)	28.7	- 39.8
Pitting and crevice corrosion	High (30-40)	
Stress corrosion cracking	Moderate	
Intergranular (weld line) corrosion	Excellent	
Inorganic acids	Moderate	
Organic acids	Good	

Values marked \* are estimates.  
No warranty is given for the accuracy of this data

Alkalis	Moderate
Humidity / water	Excellent
Sea water	Excellent
Sour oil and gas	Good

**Primary material production: energy, CO2 and water**

Embodied energy, primary production	* 122	- 135	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	* 7.48	- 8.27	kg/kg
Water usage	* 175	- 194	l/kg

**Material processing: energy**

Rough rolling, forging energy	* 3.5	- 3.87	MJ/kg
Extrusion, foil rolling energy	* 6.71	- 7.42	MJ/kg
Wire drawing energy	* 24.4	- 27	MJ/kg
Metal powder forming energy	* 36.4	- 40.3	MJ/kg
Vaporization energy	* 1.66e4	- 1.84e4	MJ/kg
Coarse machining energy (per unit wt removed)	* 0.957	- 1.06	MJ/kg
Fine machining energy (per unit wt removed)	* 5.3	- 5.85	MJ/kg
Grinding energy (per unit wt removed)	* 10.1	- 11.2	MJ/kg
Non-conventional machining energy (per unit wt removed)	* 166	- 184	MJ/kg

**Material processing: CO2 footprint**

Rough rolling, forging CO2	* 0.262	- 0.29	kg/kg
Extrusion, foil rolling CO2	* 0.504	- 0.557	kg/kg
Wire drawing CO2	* 1.83	- 2.02	kg/kg
Metal powder forming CO2	* 2.91	- 3.23	kg/kg
Vaporization CO2	* 1.25e3	- 1.38e3	kg/kg
Coarse machining CO2 (per unit wt removed)	* 0.0718	- 0.0793	kg/kg
Fine machining CO2 (per unit wt removed)	* 0.397	- 0.439	kg/kg
Grinding CO2 (per unit wt removed)	* 0.759	- 0.839	kg/kg
Non-conventional machining CO2 (per unit wt removed)	* 12.5	- 13.8	kg/kg

**Material recycling: energy, CO2 and recycle fraction**

Recycle	✓		
Embodied energy, recycling	* 23.2	- 25.6	MJ/kg
CO2 footprint, recycling	* 1.82	- 2.01	kg/kg
Recycle fraction in current supply	35.5	- 39.3	%
Downcycle	✓		
Combust for energy recovery	✗		
Landfill	✓		
Biodegrade	✗		
A renewable resource?	✗		

**Links**

ProcessUniverse

Producers

Reference

Shape

Values marked \* are estimates.  
No warranty is given for the accuracy of this data

## Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:  
**Ontwerp van een buffersysteem voor het wassen van fermentatieschalen**

Richting: **master in de industriële wetenschappen: energie-automatisering**  
Jaar: **2014**

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

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

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

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

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

Voor akkoord,

**Bangels, Dries**

**Nossin, Nick**

Datum: **5/06/2014**