

2018 • 2019

Faculteit Industriële ingenieurswetenschappen  
master in de industriële wetenschappen: elektromechanica

## Masterthesis

Voorstudie automatisatie verpakkingslijn foamrollen

PROMOTOR :

Prof. dr. ir. Kris HENRIOULLE

PROMOTOR :

ir. Joris THEUNISSEN

**Maikel Clauwers, Tibo Dreesen**

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: elektromechanica

Gezamenlijke opleiding UHasselt en KU Leuven



**KU LEUVEN**



**KU LEUVEN**

2018 • 2019

Faculteit Industriële ingenieurswetenschappen  
master in de industriële wetenschappen: elektromechanica

## Masterthesis

Voorstudie automatisatie verpakkinglijn foamrollen

**PROMOTOR :**

Prof. dr. ir. Kris HENRIOULLE

**PROMOTOR :**

ir. Joris THEUNISSEN

**Maikel Clauwers, Tibo Dreesen**

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: elektromechanica



**KU LEUVEN**



## Woord vooraf

Als laatstejaarsstudenten van de opleiding Industriële ingenieurswetenschappen elektromechanica aan de UHasselt en de Katholieke Universiteit Leuven krijgen wij, Clauwers Maikel en Dreesen Tibo, de mogelijkheid een masterproef uit te werken bij Nitto Belgium. De opdracht omvat de automatisatie en optimalisatie van een bestaand verpakkingsproces voor rollen afdichtingsmateriaal, ook wel *foamrollen* genoemd.

De keuze voor de opdracht van Nitto Belgium is gebaseerd op twee argumenten. Enerzijds stijgt de vraag naar geautomatiseerde processen constant. Automatisatie is dan ook niet meer weg te denken in de huidige maatschappij en vormt een groot deel van de toekomst. Anderzijds sluit deze opdracht goed aan bij het takenpakket van een ingenieur. Het leek ons dan ook een goede voorbereiding op volgend jaar, met veel bijkomende groei- en leermogelijkheden.

Daarnaast willen wij ook nog enkele mensen bedanken voor de hulp doorheen het academiejaar. Eerst en vooral willen we onze externe promotor ir. Joris Theunissen (Nitto Belgium) bedanken voor al de hulp, medewerking, begeleiding, gedeelde kennis en positiviteit doorheen de thesis. Daarnaast willen we ook onze interne promotor Prof. dr. ir. Kris Henriouille (KULeuven/UHasselt) bedanken voor de goede begeleiding. Tot slot ook nog bedankt voor de fijne samenwerking aan alle andere betrokkenen van Nitto Belgium.



## Inhoudsopgave

Woord vooraf.....	1
Lijst van tabellen.....	5
Lijst van figuren.....	7
Verklarende woordenlijst .....	9
Abstract .....	11
Abstract in English .....	13
1. Inleiding.....	15
1.1. Situering .....	15
1.2. Probleemstelling.....	17
1.3. Doelstellingen.....	17
1.4. Methode .....	18
2. Bronnenstudie .....	19
2.1. Inleiding .....	19
2.2. Materiaal en verpakking.....	19
2.3. Opbouw van de verpakking .....	21
2.3.1. Bodem en deksel plooiën .....	21
2.3.2. Wand plooiën .....	24
2.4. Automatisatie .....	27
2.4.1. Transport .....	27
2.4.2. Plaatsen, positioneren en draaien .....	29
2.5. Besluit.....	30
3. Tijdsanalyse .....	31
3.1. Huidige taktijd gebaseerd op output .....	31
3.2. Toepassing van de eisen op de taktijd.....	31
3.3. Implementatie van automatisatie op huidige situatie (taktijd) .....	31
3.4. Haalbaarheid 1 operator minder.....	33
3.4.1. Huidige totale werktijd van de operator voor één pallet .....	33
3.4.2. Totale werktijd van de operator voor één pallet na de plaatsing van de camera .....	33
3.4.3. Werktijd nodig voor afname en voorbereiding .....	34
4. Conceptuele uitwerking .....	37
4.1. Grondplan .....	37
4.2. Concept 1: Opbouwtransportband .....	38
4.3. Concept 2: Verpakking rechtstreek op de pallet.....	40
4.4. Uiteindelijke keuze.....	41
5. Robotsimulatie .....	43
5.1. Vereenvoudigd 3D-model .....	43
5.2. Robot fanuc .....	44
5.3. Toepassing simulatie.....	44
5.4. Resultaten.....	44

6.	Uitwerking .....	45
6.1.	Volledig 3D-model .....	45
6.2.	Aanvoer .....	46
6.2.1.	Werkingsprincipe .....	46
6.2.2.	Tijdsanalyse .....	46
6.2.3.	Veiligheid .....	47
6.3.	Verpakking.....	48
6.3.1.	Aanvoer .....	48
6.3.2.	Robot en tool .....	48
6.3.3.	Buffers .....	50
6.3.4.	Afvoer.....	52
6.3.5.	Hulponderdelen.....	53
6.3.6.	Veiligheid .....	54
6.4.	Strapping .....	54
6.4.1.	Aanvoer .....	54
6.4.2.	Strappingmachine.....	55
6.4.3.	Palletmagazijn .....	55
6.4.4.	Veiligheid .....	56
7.	Kosten-batenanalyse.....	57
7.1.	Kosten.....	57
7.1.1.	Robot en tool .....	57
7.1.2.	Transportbanden/rollenbanen .....	58
7.1.3.	Buffers .....	58
7.1.4.	Veiligheid .....	58
7.1.5.	Strapping.....	58
7.1.6.	Implementatie .....	58
7.2.	Baten.....	59
7.3.	Conclusie.....	59
7.3.1.	Payback.....	59
7.3.2.	Net Present Value.....	59
8.	Besluit.....	61
	Literatuurlijst.....	63
	Bijlagen .....	65

## *Lijst van tabellen*

Tabel 1: Eisenpakket .....	17
Tabel 2: Huidige taktijden .....	31
Tabel 3: Theoretische situatie na automatisatie .....	32
Tabel 4: Resultaten simulatie .....	44
Tabel 5: Kosten robotgrijper .....	57
Tabel 6: Tabel vacuüm-grijper .....	58
Tabel 7: Payback .....	59





## Lijst van figuren

Figuur 1: Schematisch productieproces .....	15
Figuur 2: Huidige verpakingslijn (links boven) ; deksel + vel + rol (links onder) ; volledig verpakt (rechts).....	16
Figuur 3: Automatisatie verpakking .....	19
Figuur 4: Verpakking uit drie kartonnen delen.....	20
Figuur 5: Verpakking met lagere kwaliteit .....	20
Figuur 6: Plooiemachine Pro-engineering Co .....	21
Figuur 7: Plooiemachine Meca .....	22
Figuur 8: Plooiemachine Delkor .....	23
Figuur 9: Robotarm StanTech .....	24
Figuur 10: Wandplooiër aangepaste buffer .....	25
Figuur 11: Robotarm Fanuc .....	25
Figuur 12: Robotarm vacuümgreijper .....	26
Figuur 13: 90-gradentransferrollenbaan .....	28
Figuur 14: Tijdsanalyse operator.....	32
Figuur 15: Tijdsanalyse met camera.....	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Figuur 16: Tijdsanalyse met automatisatie.....	35
Figuur 17: Schema plaatsing machine.....	37
Figuur 18: Verpakking concept 1.....	38
Figuur 19: Strapping concept 1 .....	39
Figuur 20: Verpakking concept 2.....	40
Figuur 21: Strapping concept 2 .....	41
Figuur 22: Vereenvoudigd 3D-model .....	43
Figuur 23: Afgewerkt 3D-model.....	45
Figuur 24: Aanvoer van de rollen .....	46
Figuur 25: Grondplan karretje .....	47
Figuur 26: Vacuümgreijper van de tool .....	48
Figuur 27: Vingergreijper apart (links) en in de vacuümgreijper (rechts).....	49
Figuur 28: Buffer type 1 .....	50
Figuur 29: Buffer type 2.....	51
Figuur 30: Buffer type 3 .....	52
Figuur 31: Plooi trays.....	53
Figuur 32: Trayhouder .....	53
Figuur 33: Automatisch strappingmachine.....	55
Figuur 34: Palletmagazijn .....	56



## *Verklarende woordenlijst*

*bottleneck* = een knelpunt binnen een project of proces, wat de rest, bepalend voor taktijd

*blowing agent* = de component waardoor het materiaal schuimt

*laminatoren* = lamineermachine, voorziet de foam van een tapelaag door middel van warmte

*multidirectionele* = in meerdere richtingen

*foamrollen* = opgerolde rol van het gelamineerde schuimmateriaal

*strap* = omsnoeringband uit kunststof, houdt de pallet bij elkaar

*tray* = deksel of bodem

*taktijd* = tijd tussen twee opeenvolgende, afgewerkte producten



## *Abstract*

De productielijn van Nitto Belgium te Genk produceert versterkende, dempende en afdichtende schuimmaterialen gelamineerd met een kleef tape. Het materiaal wordt opgerold en vervolgens handmatig verpakt door een operator in een driedelige, kartonnen verpakking (bodem, wand en deksel). De snelheid van het huidige verpakkingsproces vormt de bottleneck van de volledige productie. Door de automatisatie en optimalisatie van het verpakkingsproces wil Nitto een kostreductie (aanschaffen weekendwerk) realiseren. Op basis van een tijdsanalyse en een marktonderzoek stelt deze masterproef één of meerdere conceptuele automatisatieoplossingen op. De kosten-batenanalyse toont de economische haalbaarheid voor Nitto Belgium aan.

De masterproef behelst een uitgewerkte voorstudie van een automatisch verpakkingsconcept op basis van een Fanuc robot. Een model in CREO geeft een 3D-voorstelling van het concept met alle onderdelen, inclusief veiligheid, weer. Een robotsimulatie van ROBOGUIDE bevestigt de opgelegde taktijden. Een kosten-batenanalyse op basis van offertes, geeft terugverdientijd aan van 2,5 jaar door besparing van één operator per shift. Nitto Belgium hanteert voor dit soort projecten een terugverdientijd van 3 jaar. Kortom, de voorstudie voldoet aan al de voorgelegde eisen van Nitto Belgium want het concept haalt de outputverhoging, kostenreductie en terugverdientijd.



## *Abstract in English*

The production line of Nitto Belgium in Genk produces reinforcing, damping and sealing foam materials laminated with an adhesive tape. The material is winded and then manually packed by an operator in a three-part cardboard packaging (base, wall and lid). The speed of the current packaging strategy is the bottleneck of the entire production process. Through automation and optimisation of the packaging process, Nitto wants to achieve a cost reduction (no weekend shifts). Based on a time analysis and market research, this master's thesis will draw up one or more conceptual automation solutions. The cost-benefit analysis shows the economic feasibility for Nitto Belgium.

This thesis contains a detailed preliminary study of an automatic packaging concept based on a Fanuc robot. A model in CREO shows a 3D-view of the concept with all components, including safety. A robot simulation in ROBOGUIDE confirms the imposed takt time. A cost-benefit analysis based on the quotations, results in a payback time of 2.8 years by saving one operator per shift. Nitto Belgium uses a payback period of 3 years for these types of projects. In short, the preliminary study meets all the requirements of Nitto Belgium because the concept achieves the output increase, cost reduction and payback time.



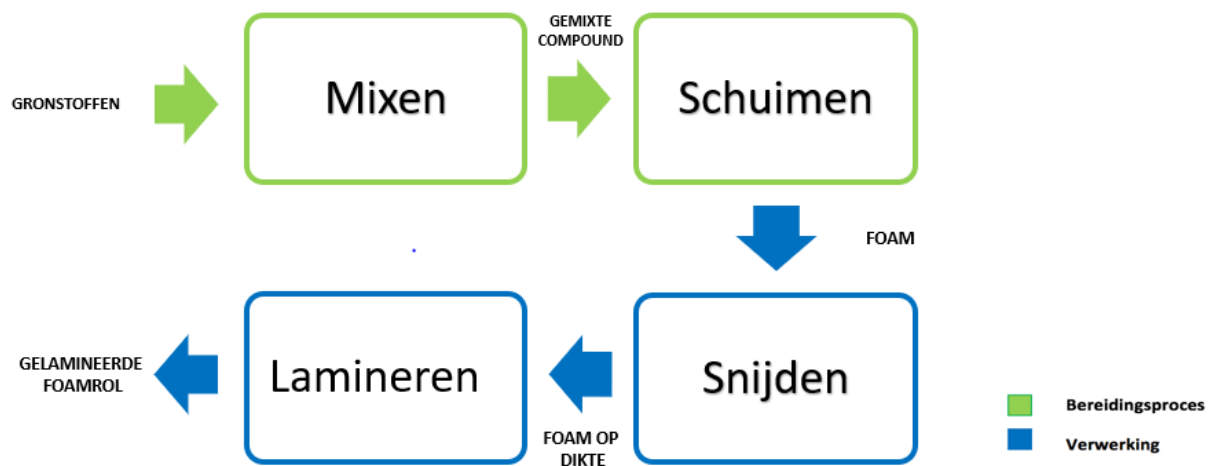


# 1. Inleiding

## 1.1. Situering

Nitto Belgium [2] maakt deel uit van de Nitto Group en is de grootste productiesite in de EMEA-regio. Het bedrijf is opgericht in 1974 te Genk en produceert afdichtingsmaterialen, versterkende en dempende materialen en diverse soorten industriële kleefbanden zoals dubbelzijdige tapes, oppervlaktebeschermingstapes en elektrische isolatietapes. Deze producten vinden hun toepassingen in wereldwijde markten zoals de automobiel-, elektronica-, meubel-, papierproductie-, lucht-, ruimtevaart- en metaalbewerkingsindustrie. Naast de site in België, bevat de Nitto Group ook bedrijven elders in Europa, in Amerika en Azië, het werelddeel waarin Nitto zijn origine vindt.

Figuur 1 geeft een schematische voorstelling van het productieproces [3] van de foamrollen, bestaande uit vier stappen: mixen, schuimen, snijden en lamineren.



*Figuur 1: Schematisch productieproces*

De eerste stap bestaat uit het mixen van de verschillende grondstoffen, namelijk: rubber, bitumen, olie, kalk en chemicaliën. Deze mixcyclus verloopt in twee stappen gestuurd op basis van tijd en temperatuur. Beiden mixprocessen verlopen in een eigen mixer, met een gemixte compound als resultaat.

In de tweede stap extrudeert een vacuümextrusiemachine de gemixte compound. Na extrusie gaat de mix via een oven binnen. De die-opening verzekert constante materiaalafmetingen net voor de oven. De warmte in de oven activeert de *blowing agent* in de compound waardoor dit schuimt en foam vormt. Aan het einde van de oven heeft de foam een dikte van 35 mm en een breedte van 1050 mm. De foam wordt op lege haspels gewikkeld (31m lengte) en vervolgens gestockeerd, in afwachting van verdere verwerking.

Het snijden van de foam op de juiste dikte behoort tot de derde productiestap. De snijmachine snijdt in eerst instantie de bovenste laag weg (skin) omdat deze skin andere materiaaleigenschappen heeft. Daarna snijdt de machine een tweede keer, nu tot de gewenste dikte voor de klant (3 mm – 30 mm). Uiteindelijk wordt de foam met gewenste dikte op een kartonnen buis (core) gewikkeld.

De vierde stap bestaat uit het lamineren van de foam met dubbelzijdige tape. Vier verwarmde rollen duwen de afgewikkelde foam- en taperol samen tot een gelamineerde component. Op basis van temperatuur en druk ontstaat een goede hechting tussen beide materialen. Na het lamineren snijdt een snijmachine de foam tot gewenste breedte (250 mm – 1000 mm).

Na het productieproces worden de foamrollen handmatig verpakt [3]. Dit verloopt momenteel grotendeels handmatig door één of twee operatoren en is weergegeven in Figuur 2.



*Figuur 2: Huidige verpakingslijn (links boven); deksel + vel + rol (links onder); volledig verpakt (rechts)*

Aan het einde van de lamineermachine wordt de foam automatisch op een kartonnen buis gewikkeld aan een snelheid van 10 m per minuut. Tegelijkertijd wordt een pallet klaargelegd met daarop één of meerdere (max. vier) vierkante deksels (560 mm) geplooid uit karton plaatmateriaal. In een deksel ligt steeds een silicone vel nodig voor de bescherming van de foam. Afhankelijk van de eerder aangehaalde breedtes levert het rolproces één tot vier rollen met een constante diameter van 50 cm. Deze rol (rollen) worden daarna handmatig van de wikkelmachine gehaald en vervolgens verticaal in een klaargelegd deksel geplaatst. Rollen met een breedte kleiner dan 1 m worden steeds op elkaar gestapeld met een vel ertussen, zodat de totale hoogte van de verpakking constant blijft. Daarna komt een kartonnen wand over de foam. Na het plakken van een sticker in de rol, wordt bovenop de wand een afdichtingskarton en vervolgens een deksel angebracht. De rol is dan volledig voorzien van zijn gevraagde verpakking. Het twee tot vier keer herhalen van dit proces per pallet resulteert in respectievelijk twee tot vier verpakte foamrollen. Om een veilig transport te garanderen, bindt een strappingmachine ten slotte automatisch de verschillende verpakte rollen vast met een lint.

Uit een analyse [4] van vijf jaar geleden bleek karton de meest geschikte verpakkingmogelijkheid. Enerzijds voldoet karton aan de beschermingseisen tijdens transport, noodzakelijk om de kwaliteit van de foam te behouden. Anderzijds hergebruiken verschillende klanten het karton om zo minder afval te creëren. Daarnaast toont de analyse aan dat de kostprijs van de huidige verpakking maar drie procent van de totale prijs inneemt, waardoor besparingen op de verpakking maar resulteren in een lage totale winstverhoging.

## 1.2. Probleemstelling

De vraag naar een automatisatie en optimalisatie [3] van het bestaande verpakkingsproces is volgens Nitto Belgium ontstaan uit de combinatie van een aantal factoren. Een eerste factor omvat de snelheid van het proces. Door de huidige verpakkingsmethode beschikt de operator niet over de mogelijkheid om tijdig een nieuwe rol voor te bereiden, waardoor de lamineermachine 30 tot 60 sec stil staat tijdens het verpakken. Deze stap vormt dan ook de *bottleneck* in de vraag naar een productieproces zonder tijdsverlies door onnodige stilstand van lamineermachine. Naast de verpakking zelf, neemt ook het voorbereiden van de verscheidene verpakkingsonderdelen kostbare tijd in beslag. Dit houdt bijvoorbeeld het handmatig plooiën van de deksels en wanden in, wat resulteert in een verlies van 10 s per onderdeel. Daarnaast controleert de operator ook het wikkelp proces op fouten of opstoppingen. Hiervoor heeft Nitto een camerasysteem aangekocht, waarvan de implementatie eind 2019 gebeurt. De thesis baseert zich dan ook op de situatie met controlecamera.

Een andere factor baseert zich op het ergonomisch aspect van het huidige proces. Een rol kan namelijk tot 60 kilo wegen. De afname en verplaatsing van de rollen naar de verpakkingplaats is daarom mogelijk belastend voor de operatoren. Momenteel staat er een hefarm ter beschikking, maar het gebruik hiervan blijkt te traag met opnieuw een afgebroken productieproces als resultaat. De scoop van de thesis behelst enkel de automatisatie van het verpakkingsproces en dus niet de afname van de wikkelaar. Dit blijft momenteel handmatig, maar een automatisatie hiervan staat wel op Nitto's toekomstplannen.

Beide probleemfactoren leiden tot een niet efficiënt gebruik van de machines en een duur, arbeidsintensief productieproces. De productie-output is gelimiteerd, waardoor de huidige orders met weekendwerk worden behaald. De huidige capaciteit bedraagt 12 verpakkingen per uur.

## 1.3. Doelstellingen

Het doel van dit project is de automatisatie en optimalisatie van het verpakkingsproces van rollen foam, met een reductie van de kosten ten gevolge van een verhoging van de dagelijkse output en een terugverdientijd van maximum 3 jaar als algemene doelstellingen. Tabel 1 geeft het eisenpakket van Nitto Belgium weer.

*Tabel 1: Eisenpakket*

Doelstelling	
Geen weekendwerk	Hoofdeis
Terugverdientijd van 3 jaar	Hoofdeis
Doorgang in de hal behouden	Eis
Plaats voor de vellen	Eis
Afvoer richting magazijn	Eis
Eén operator minder achter lamineermachines	Toekomstgericht
Outputverhoging (25%)	Toekomstgericht
Ruimte: afname wikkelaar automatiseren	Toekomstgericht

Voor de kostenreductie oogt Nitto op een afschaffing van het weekendwerk op zaterdag. Een gevraagde verlaging van de huidige *taktijd* door automatisatie verhoogt de dagelijkse output. Hierdoor produceren de machines de wekelijkse output op 5 dagen in plaats van 6.

Ook is Nitto toekomstgericht geïnteresseerd naar een reductie van het aantal operatoren per machine en een verdere outputstijging van 25% per week. Dit mits verdere automatisaties doorheen het volledige productieproces. De automatisatie van de handmatige verpakking zorgt voor een tijdsbesparing voor de beide operatoren achter de twee lamineermachines, waardoor één operator potentieel overbodig wordt. De verdere outputverhoging baseert zich op toekomstplannen voor de automatisatie van andere delen van het proces (afnamen wikkelaar). Nitto voorziet dus graag een marge op de maximum outputcapaciteit van de automatisatieunit voor de verpakking.

Het uitgangspunt van de verwerking start bij opgerold foammateriaal nadat deze handmatig van de snijmachine wordt gehaald. Het beoogde eindresultaat bestaat uit één of meerdere volledige conceptuele uitwerkingen van verschillende automatische verpakkingsunits. Een uiteindelijke vergelijking van de huidige en eventuele nieuwe situatie op vlak van kosten, productiviteit, risico's, gebruikte machines en ergonomie staat centraal.

#### *1.4. Methode*

Een eerste stap omvat een marktstudie van de verschillende verpakkingsmogelijkheden. Indien er goedkopere vormen van verpakking mogelijk zijn, is dit zeer interessant. De analyse bekijkt hierbij zowel de verpakkingsmethode als het materiaal.

Een tweede stap is het maken van een tijdsanalyse. Zo is er een verschil te zien tussen de kosten van de huidige manier van werken en de eventuele automatisatie rekening houdend met: de loonkost van operatoren, stilstand van de lijn, tijdsduur van het verpakken, enz.

De derde stap bestaat uit een marktonderzoek naar bestaande oplossingen van verschillende machinebouwers. Hieruit kunnen machines of concepten volgen die toepasselijk zijn voor deze masterproef.

De vierde stap houdt het ontwerpen van één of meerdere concepten in. Deze concepten verpakken op verschillende manieren de rollen en voldoen elk aan de eisen van Nitto.

Een laatste stap is het maken van een kosten-batenanalyse. Op basis van verschillende offertes en inschattingen ontstaat een totaal investeringsbudget. De kostenreductie na implementatie van de oplossing leidt dan tot terugverdientijd. Hieruit bepaalt Nitto uiteindelijk of een eventuele implementatie van één van de concepten al dan niet interessant is.

## 2. Bronnenstudie

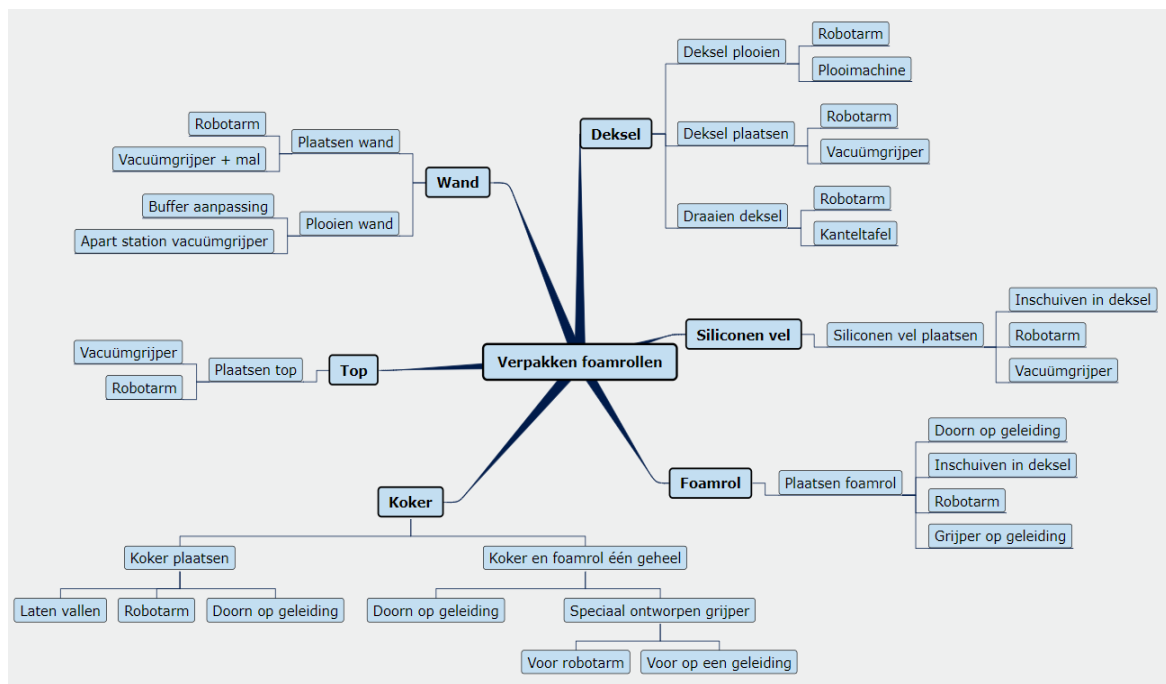
### 2.1. Inleiding

De automatisatie en optimalisatie van het verpakkingsproces start met een marktonderzoek naar bestaande verpakkingsmaterialen en -mogelijkheden. De opgelegde verpakkingseisen tijdens transport staan hierin centraal.

Het tweede gedeelte bespreekt het praktische opbouwproces van de verpakking. Niet alleen de uitvoeringsmogelijkheden van elk verpakkingsdeel (soort machines), maar ook de mogelijke uitvoerders (machinebouwers, bedrijven, enz.) maken hier deel van uit.

Tot slot onderzoekt de literatuurstudie ook de automatisatiemogelijkheden van de overige proceshandelingen. Het verpakkingsproces houdt namelijk meer in dan de opbouw van de verpakking. Denk hierbij aan transport, positioneringen, uitlijningen, enz.

Figuur 3 geeft een schematische voorstelling van alle automatisatietaken binnen het verpakkingsproces.



**Figuur 3: Automatisatie verpakking**

### 2.2. Materiaal en verpakking

De schuimmaterialen van Nitto bevatten zeer specifieke eigenschappen afkomstig van de zelf ontwikkelde celstructuren [3]. Afhankelijk van het soort schuimmateriaal (soort celstructuur) variëren niet alleen de eigenschappen, maar ook toepassing en de prijs ervan.

Behoud van de foamwerking na transport berust op een goede bescherming van de celstructuren. Het transport van Nitto naar de klant gebeurt steeds met vrachtwagens. Palletten met afgewerkte materialen worden langs elkaar in de vrachtwagen gestapeld en vervolgens met een spanriem

vastgebonden. De spankracht van de riem resulteert in een extra belasting op de verpakte producten. De verpakingskeuze bepaalt de mate van bescherming tegen deze belasting. Enerzijds speelt de stevigheid van het verpakkingsmateriaal een belangrijke rol. Hoe sterker het materiaal, hoe minder groot de indrukking van de foam. Anderzijds telt de soort verpakking ook mee. De spanningsverdeling op de rol hangt namelijk af van verpakkingsopbouw, -afmetingen en -ondersteuning.

Een ander aspect bij de verpakingskeuze berust op het milieu. De mogelijkheid tot recyclage of meerdere keren hergebruiken van de verpakking bepaalt mee de keuze.

Tot slot beïnvloedt de kostprijs ook de economische haalbaarheid.

Nitto gebruikt een verpakking bestaande uit drie kartonnen delen: een bodem, een deksel en een wand (fig. 4).



*Figuur 4: Verpakking uit drie kartonnen delen*

Nitto Belgium heeft in 2012 een studie uitgevoerd naar de bestaande verpakingsmethode [3] [4]. Het doel van de analyse bestond in eerste instantie uit twee delen. Enerzijds achterhalen wat de klant doet met de verpakking, anderzijds bepalen of de klant kartonnen dozen van lagere kwaliteit accepteert. Uit de resultaten bleek dat de meeste klanten van Nitto de verpakkingen hergebruiken in hun productieproces. Daarnaast bestond een voorkeur naar lagere kwaliteit dozen indien geen extra beschadigingen ontstonden. Een praktische uitbreiding van de analyse aan de hand van een testcase met lagere kwaliteit van verpakking leverde meer info. Figuur 5 geeft het resultaat weer.



*Figuur 5: Verpakking met lagere kwaliteit [4]*

Transport met lagere kwaliteit van verpakking resulteerde in ongewenste beschadigingen van de foam. Vooral aan de onderzijde van de verpakking ontstonden indrukkingen van het materiaal. Nitto besloot, rekening houdend met de feedback van de klanten en de resultaten van de proef, om de hoge kwaliteit van de verpakking te behouden. Op basis van deze analyse is in samenwerking met Nitto besloten om de huidige verpakking te behouden. Deze literatuurstudie onderzoekt daarom geen nieuwe verpakkingsmogelijkheden en -materialen.

### *2.3. Opbouw van de verpakking*

Het opbouwproces van de verpakking bestaat uit twee handelingen. Enerzijds de compositie van de bodem en het deksel, anderzijds de opbouw van de wand. Voor elk onderdeel bestaat de analyse uit een opsomming van de uitvoeringsmethodes van deze handeling aangevuld met bestaande machines en machinebouwers.

#### *2.3.1. Bodem en deksel plooiën*

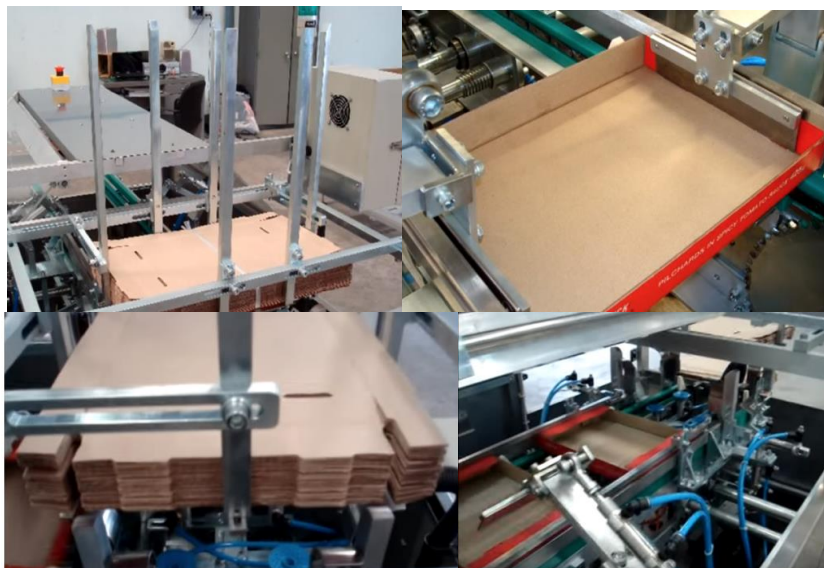
Een automatische plooiemachine vormt de eerste oplossingsmogelijkheid voor het plooiproces van de bodem en het deksel. Een tweede mogelijkheid berust op de werking van een robotarm.

##### *2.3.1.1. Plooiemachine*

De werking van de plooiemachine hangt af van machine tot machine. Hieronder volgen enkele mogelijkheden, vervolledigd met de producent en bijhorende voor- en nadelen.

#### **Pro-engineering Co**

Pro-engineering Co [5] uit Samutprakarn (Thailand) specialiseert zich in plooiemachines van deksels, ook wel *trays* genoemd. De machines maken gebruik van een lineair proces [6]. De verschillende bewerkingsstations liggen namelijk achter elkaar op een lijn, vertrekkend van een buffer van kartonnen platen (fig. 6).



*Figuur 6: Plooiemachine Pro-engineering Co [6]*



In de eerste stap trekt een vacuüm-grijper een kartonnen plaat door een mal. De uiteindes van de plaat (wanden) plooiën hierdoor naar binnen. Een transportband verplaatst de tray vervolgens naar een volgend station. Hier plooit een klep de wand verder tot hij zich vastzet in de voorziene opening. De aanwezige transportband verplaatst uiteindelijk de tray tot op een andere transportband.

Dit concept bevat enkele voor- en nadelen. De buffer laat toe om de machine bij te vullen tijdens de werking. De machine werkt hierdoor continu ook op zijn maximale capaciteit. De eenvoud van de machine behoort ook de voordelen.

Een groot nadeel berust zich op de omvang van het lineair proces. Bij een aanpassing van de machine tot trays van het formaat 560 mm x 560 mm neemt een lineair proces met verschillende stations enkele meters in beslag. Service en beschikbaarheid van reserveonderdelen vormt door de ligging van het bedrijf een tweede nadeel.

### **Meca-Systeme**

Een tweede fabrikant is Meca-Systeme [7] uit Holland, USA. Figuur 7 geeft het plooiproces van Meca-Systeme weer.



*Figuur 7: Plooi-machine Meca [8]*

Het werkingsprincipe [8] lijkt sterk op dit van Pro-engineering. Deze machine werkt nu volledig in de hoogte in plaats van deels lineair. Een vacuüm-grijper trekt eerst de tray van boven naar onder door de mal waardoor de wanden naar binnen plooiën. Op hetzelfde station vergrendelen een aantal klemmen de zijwand van de deksel. De vacuüm-grijper duwt de tray terug omhoog waarna een geleiding de deksel boven de mal weg duwt. Vervolgens transporteert een transportband de geplooid tray dan naar zijn afvoer.

Het grote voordeel van deze machine bestaat uit zijn snelheid en compactheid. Het gebruik van één station zorgt voor vermindering van de transporttijd en de grootte van de machine. De mogelijkheid tot ene continu aanvulling van de buffer zorgt voor minder stilstand tijdens zijn maximale capaciteit. De maximale capaciteit bedraagt 600 trays per uur of 10 trays per minuut. Het belangrijkste nadeel omvat de afmetingen van de gevraagde trays binnen de masterthesis. De bestaande machinecatalogus [9] bevat geen mogelijke plooi-machines voor 560x560 mm.

## Delkor

Delkor [10], een Amerikaans machinebouwer uit St Paul, maakt plooiachines zeer gelijkaardig aan de systemen van Meca. De Delkor machine (fig. 8) verschilt in de manier waarop de kartonnen plaat door de mal beweegt [11].



*Figuur 8: Plooiachine Delkor [11]*

Bij Meca gebeurt dit aan de hand van een zuignap aan de onderzijde, terwijl Delkor gebruik maakt van een stempel aan de bovenzijde. De twee bedrijven verschillen ook in aanvoer van de tray. Bij Delkor brengen de rollen de tray tot boven de mal, terwijl bij Meca zuignappen de trays verticaal uit de buffer trekken. Een laatste verschil heeft te maken met de manier van bufferen. De buffer bestaat uit een verticale stapeling van de trays. Een systeem met zuignappen neemt één voor één een tray uit de buffer en legt deze op de rollen. Het gebruik van de extra zuignappen heeft een invloed op de kostprijs van de machine. De afvoer gebeurt nadat de stempel de tray door de mal duwt. De tray valt onmiddellijk op een transportband.

Opnieuw behoren de snelheid en compactheid tot de voordelen van dit soort plooiachine. Ondanks de grotere buffer, is de omvang van deze machine kleiner dan voorgaande types. De eenvoudige afvoer zorgt daarnaast voor makkelijke integratie in een systeem met transportbanden.

## Becker

De Duitse machinebouwer Becker Gruppe [12] produceert verpakkingsmachines op maat van de klant. Een groot deel van hun productie bestaat uit plooiachines voor kartonnen dozen. Becker stelt de werking van de plooiachine volledig af op het voorgelegde probleem. Nitto Belgium werkt regelmatig met de Becker Gruppe samen.

Het grote voordeel van de Becker Gruppe berust op hun grote diversiteit aan mogelijkheden. Daarnaast kent Nitto Belgium de Becker Gruppe al van vorige samenwerkingen. Ook de ligging van het bedrijf vormt een voordeel. Een nadeel van de plooiachines van Becker heeft te maken met het soort verpakking. Becker specialiseert zich namelijk in het plooiën van verpakkingen die uit één deel bestaan. Dit leunt niet aan bij de driedelige verpakking van Nitto.

### 2.3.1.2. Robotarm

Bij deze oplossingsmogelijkheid voert een robot de plooihandelingen uit. Ook hier bestaan verschillende werkingsprincipes afhankelijk van de fabrikant.

## StanTech

StanTech [13] uit Marietta (USA) combineert zowel het plooiproces [14] als de verplaatsing van de trays (fig. 9).



*Figuur 9: Robotarm StanTech [14]*

De robotarm neemt eerst een tray uit een horizontaal gestapelde buffer aan de hand van zijn zuignappen aan het eind van de arm. De arm beweegt het karton verder en duwt deze vervolgens door een mal. De beweging door de mal vouwt de zijkanten omhoog. Twee hulpklemmen plooiën de traywanden verder tot in de eindpositie. Tot slot plaats de arm de geplooid deksel in een buffer.

Indien de arm de tray op verschillende plaatsen aflevert of zelf op de verpakking plaatst, bespaart dit een handeling ten opzichte van de plooi machines. Met behulp van de gemonteerde vacuümtool werkt dit principe ook bij andere delen van de verpakking zoals de top of het siliconen vel. De robotarm integreert dus verschillende stappen van het verpakken in één machine.

### *2.3.2. Wand plooiën*

De wand ondergaat verschillende bewerkingen tijdens het opbouwproces. In eerste instantie worden de wanden 180-graden open geplooid. Dit vermijdt een terugvering van het materiaal aan het eind van het plooi proces. Vervolgens worden de vier hoeken van 90 graden gecreëerd. Het volgende stuk bespreekt het plooi proces.

## Firma Independence Industrial Products

De eerste oplossingsmethode van de firma Independence Industrial Products [15] uit Spencerport (USA) hanteert een type buffers speciaal voor kartonnen wanden (fig. 10).



*Figuur 10: Wandplooiër aangepaste buffer [16]*

Een kleine haak of pin trek de wand uit de buffer en plooiit deze aan de hand van aanslagen aan de zijkant direct in de vorm van een vierkant. Dit principe integreert de buffer en het plooiproces in één.

Het voordeel van deze constructie berust op de eenvoud en aanpasbaarheid. Indien het karton te snel lost, bestaat de mogelijkheid tot verder uitbreiden van de haak of pin. Een nadeel treedt op wanneer de haak of pin het karton te stevig vasthoudt en zo het karton mogelijk beschadigt.

## Fanuc

De robotarmproducent Fanuc [17] hanteert een twee plooi methode voor de wand. Dit bedrijf past de buffer niet aan, maar implementeert een nieuwe statische zuignap. De zuignap werkt als aanslag en zorgt voor extra stevigheid tijdens het plooi proces (fig. 11).



*Figuur 11: Robotarm Fanuc [18]*

Deze zuignapmethode beschadigt de wand niet tijdens het proces. Wel neemt de zuignap plaats in omdat deze niet geïntegreerd zit in de buffer.

### **SWS Packaging**

SWS Packaging [19] uit York (USA) ontwikkelt een speciaal type robotvacuümgrijper (fig. 12) voor het plooiproces van wanden [20].



*Figuur 12: Robotarm vacuümgrijper [20]*

Met behulp van een kleine vacuümgrijper onder een hoek van 90 graden ten opzichte van de hoofdgrijper, plooi de robotarm de wand open tot een rechte hoek. Ook tijdens bewegingen blijft de vierkanten vorm van de wand hierdoor behouden.

## 2.4. Automatisatie

Naast de opbouw van de verpakking, beschrijft dit onderzoek ook de automatisatie van de overige proceshandelingen. Het eerste gedeelte bestudeert de transportmogelijkheden, terwijl het tweede gedeelte de rest van de beweging (uitlijnen, positioneren, opheffen, enz.) bekijkt.

### 2.4.1. Transport

Het transport van de onderdelen doorheen het verpakkingsproces verloopt momenteel handmatig. In de industrie gebeurt de automatisatie van eenvoudige transporttaken aan de hand van rollenbanen of transportbanden. Het eerste gedeelte bespreekt de standaard types met één bewegingsrichting. Het tweede gedeelte bestudeert de 90-gradentransferrollenbaan. Tot slot komen ook de *multidirectionele* varianten aan bod.

#### 2.4.1.1. Eenvoudige types

Zowel een transportband als een rollenbaan transporteren een object op basis van een contact tussen een rol en het object zelf. Bij een transportband ontstaat de beweging door een aangedreven band, terwijl bij een rollenbaan de rollen bewegen. De functie van een band hangt af van situatie tot situatie. Enerzijds helpt de band om goederen met niet perfect vlakke onderkant juist te transporteren. Ook voor kleine goederen gaat de voorkeur naar een transportband. Daarnaast zorgt een band, rekening houdend met juiste materiaal, ook voor meer grip met het product. Hierdoor lukken stijgingen en dalingen van een product ook.

Rollenbanen bezitten daarentegen wel eenvoudige uitbreidmogelijkheden en zijn meestal energie-efficiënter. Sorteersystemen gebeuren daarnaast ook meestal met een rollenbaan. Het onderhoud van beide systemen houdt ongeveer evenveel tijd in en bochten komen in beide systemen voor.

De Duitse machinebouwer Maytec [21] bezit een groot aanbod aan aangedreven transportbanden. Maytec biedt zowel verschillende aandrijfmogelijkheden, als diverse uitvoeringsmogelijkheden (bochten, verschillende hoogtes, enz.) aan.

Een tweede Duitse fabrikant *mf Fördertechnik GmbH* [22] maakt zowel transportbanden als rollenbanen. Binnen de transportbanden bestaat ook nog een onderscheid in het type band, namelijk: drukband, kunststofband, enz.

#### 2.4.1.2. 90-gradentransferrollenbaan

De 90-gradentransferrollenbanen veranderen de bewegingsrichting van een voorwerp met 90-graden op een compacte manier zonder hulp van een bocht. Een eerste werkingsprincipe staat weergegeven in figuur 13.



*Figuur 13: 90-gradentransferrollenbaan [23]*

Dit type rollenbaan bevat een tweede aandrijving (meestal een band of ketting) tussen oorspronkelijke rollen. De bewegingsrichting van deze extra aandrijving staat loodrecht op de bewegingsrichting van de rollenbaan. Als het voorwerp zich boven deze 2de aandrijving bevindt, tilt de extra aandrijving het voorwerp op tot net boven de rollen. De aangedreven band of ketting beweegt het voorwerp dan verder op een nieuwe rollenbaan 90-graden gedraaid ten opzichte van de oorspronkelijke aanvoer.

Hytrol Conveyor Co., Inc. [24] voert het transferprincipe uit met behulp van aangedreven kettingen. Voor grote lasten en pallets gaat de voorkeur naar dit principe.

Icon eninereering [25] maakt 90-gradentransferrollenbanen aan de hand van aangedreven riemen. Deze transporteren eerder kleine objecten.

Een tweede transferprincipe komt van Premier tech [26]. Aan het einde van het lineaire proces nemen een aantal aangedreven riemen het stuk over van de rollenbaan. De aangedreven riemen bewegen het stuk tegen een aanslag. Op dit moment komt een tweede rollenbaan met een bewegingsrichting loodrecht op de oorspronkelijke richting tussen de riemen uit. Deze rollen nemen het stuk opnieuw over en bewegen het verder.

#### *2.4.1.3. Multidirectioneel*

Naast de 90-gradentransfertypes, bestaan er ook transportvoorzieningen met bewegingsmogelijkheden in alle richtingen. Dit staat bekend als de multidirectionele varianten. Voor dit principe bestaat het transportoppervlak uit een grote hoeveelheid kleine balletjes met ieder een afzonderlijke aansturing. Aansturen van de juiste ballen op het juiste moment in een bepaalde richting zorgt voor een grote variatie aan bewegingsmogelijkheden van het object.

De Franse machinebouwer Intralox [27] specialiseert zich in dit soort transportbanden. Naast het grote aanbod, zorgt Intralox voor bewegingen in een kleine ruimtes zonder beschadigingen. Het principe vermindert ook storingen door zijn perfecte oriëntatie en dit voor een breed scala aan verpakkingsafmetingen.

Dorner Conveyor [28] uit Mexico past hetzelfde principe toe als Intralox. Ook dit bedrijf bevat een groot aanbod voor verschillende groottes van objecten.

#### *2.4.2. Plaatsen, positioneren en draaien*

##### *2.4.2.1. Robotarm/vacuümgreijper*

Een robotarm/vacuümgreijper vormt een eerste mogelijkheid om menselijke handelingen (positionering, plaatsing, uitlijning, enz.) automatisch uit te voeren. De beschrijving van enkele gespecialiseerde bedrijven staat in 2.3.1 en 2.3.2. Het voordeel van de robotarm/vacuümgreijper berust op de diversiteit van het product. Ook de snelheid en precisie van een robotarm behoort tot de voordelen. De sterke grijpkrachten van een robotarm maken het tot slot mogelijk om zware voorwerpen te verplaatsen.

De beweging van de foamrol met een grijpprincipe lukt niet. De buitenzijde van de gelamineerde laag bestaat namelijk uit een glad materiaal. Er ontstaat te weinig grip tijdens het hefproces wat resulteert in een afschuiving.

##### *2.4.2.2. Doorn*

Een andere bewegingsmogelijkheid voor de rollen maakt gebruik van een doorn. Deze klemt langs de binnenzijde (kartonnen koker).

Het Amerikaanse Positech [29] maakt grijparmen met verschillende type greijpers, inclusief een doorn. Het bedrijf werkt op maat van de klant.

Ook ASE systeem [30] past het principe van een doorn toe. In tegenstelling tot de doorn van Positech, werkt dit product niet aan het einde van een robotarm. De werking gebeurt aan de hand van een menselijk te besturen systeem. De doorn voert vooral horizontale bewegingen uit.

Manibo [31] hanteert een pneumatische variant van de doorn. Het inklemproces aan de binnenzijde gebeurt met drie uitstreckende kaken. De grijpdoorn werkt met kernen van verschillende afmetingen. Zowel de bedieningselementen voor het vast- en losmaken, als die voor het heffen en laten zakken van de last, bevinden zich op de bedieningshendel. Het maximaal draagvermogen bedraagt 500 kg. Het maximale werkbereik gaat tot 7 m. De maximale verticale slag bedraagt tot slot tot 2 m.

Het principe van Destaco [32] komt sterk overeen met Manibo. Ook dit bedrijf maakt pneumatische doorns voor verschillende toepassingen. De pneumatische doorns bestaan in verschillende groottes en uitvoeringen.

##### *2.4.2.3. Geleidingen*

Precisiebewegingen van een voorwerp of object gebeuren steeds aan de hand van geleidingen. Dit vindt niet alleen zijn toepassing voor het bewegen van een product, maar ook het beweegbaar maken van een machine.



De grootste Belgische verdeler van geleidingen staat bekend is Vansichen [33]. Dit bedrijf heeft een groot aanbod aan geleidingen. De producten van Vansichen zijn grotendeels afkomstig van Hiwin [34]. Deze Firma ligt in Duitsland en specialiseert zich in alle typen van geleidingen. Deze geleidingen vinden vooral hun toepassing voor kleine bewegingen van voorwerpen met een laag gewicht.

Voor zware voorwerpen (robotarm) vormen de geleidingen van Hepcomotion [35] een mogelijkheid. Deze firma biedt geleidingen aan speciaal voor hoge gewichten.

## *2.5. Besluit*

De uiteindelijke keuze gaat naar een robotarm. Ten eerste bezit een robotarm de mogelijkheid de driedelige verpakking volledig op te bouwen, mits enkele hulptools. Enerzijds een extra plooiplaat voor de bodem en de deksel, maar anderzijds ook een speciale zuignap voor de 90 graden hoek van de wand. Ook voor de positionering van een de onderdelen is een robot geschikt. Een doorn of zuignappen aan de grijptool van een robotarm maakt een nauwkeurige handeling van allerlei voorwerpen mogelijk. De robotarm automatiseert een groot deel van de menselijke voorbereidingen- en verpakkingshandelingen, met een hoge snelheid en nauwkeurigheid als voordelen.

Voor de andere transporthandelingen verkrijgen de eenvoudige rollenbanen en 90-gradentransferrollenbanen de voorkeur door de lage prijs en complexiteit.

### 3. Tijdsanalyse

Tijdens het ontwerp van het concept staat de gewenste taktijd, gebaseerd op de outputeisen (geen weekendwerk) gesteld door Nitto Belgium, centraal. De tijdsanalyse start bij de huidige situatie. Hierna volgt een toepassing van de eisen op de huidige situatie en het gevolg op de output.

#### 3.1. Huidige taktijd gebaseerd op output

De huidige output van de twee lamineermachines bedraagt 250 dozen per dag. Bij een werkdag van 20 uur, bestaande uit 3 shifts, komt dit neer op een gemiddelde gezamenlijke outputtaktijd van 5 min per verpakking voor de twee laminatoren. Momenteel werken de machines 6 dagen in de week. De wekelijkse output bedraagt 1500 dozen. Tabel 2 geeft een overzicht van de huidige situatie.

*Tabel 2: Huidige taktijden*

Aantal dozen per dag		Werkuren per dag		Outputtaktijd per machine	
Laminator 1	150	Laminator 1	20 uur	Laminator 1	8 min
Laminator 2	100	Laminator 2	13 uur 20 min	Laminator 2	8 min
<b>Totaal</b>	<b>250</b>	<b>Totaal</b>	<b>33 uur 20 min</b>	<b>Totaal</b>	<b>8 min</b>

De twee lamineermachines werken niet allebei continu. Per dag produceert laminator 1 ongeveer 150 dozen, terwijl laminator 2 de overige levert. Hierbij draait laminator 1 de volledige 20 uur rollen, terwijl laminator 2 maar 13 u en 20 min rollen levert. De overige tijd produceert de tweede laminator vellen of grote rollen. Aangezien laminator 1 constant werkt (20 uur), resulteert dit in een afzonderlijke outputtaktijd van 8 min per machine. Dit geldt ook voor laminator 2, aangezien deze theoretisch even snel werkt. In de huidige situatie werken er twee operatoren aan de twee lamineermachines, namelijk 1 operator per machine.

#### 3.2. Toepassing van de eisen op de taktijd

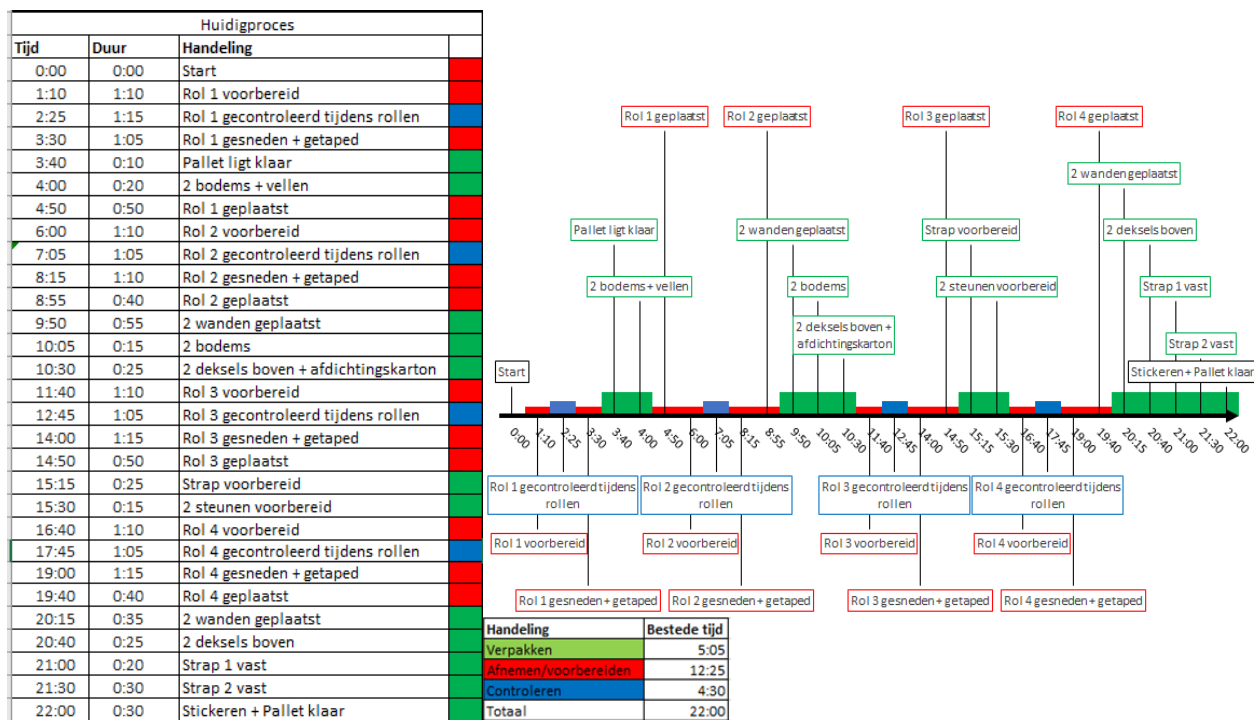
Het aantal werkdagen verlaagt van 6 naar 5 zonder weekendwerk. Om dezelfde de huidige output te behouden, stijgt de output per dag van 250 naar 300 dozen per dag.

De haalbaarheid van het geheel met één operator minder, hangt af van de verwerkingstijd van de operator per rol per lamineermachine. Wanneer één operator alleen werkt aan beide machines, is hij verantwoordelijk voor de voorbereiding en afname van beide machines. Het werk aan de ene machine, mag hierbij de taktijd van de andere niet beïnvloeden.

Rekening houdend met 25% productieverhoging, resulteert dit in een wekelijkse output 1875 dozen per week, of ook 375 dozen per dag zonder weekendwerk.

#### 3.3. Implementatie van automatisatie op huidige situatie (taktijd)

Een automatisatie van de verpakking resulteert in een tijdswinst voor de operator, maar ook voor het volledige verpakkingsproces. De tijdsanalyse van figuur 14 geeft een beeld van al de operatorhandelingen voor het verpakkingsproces van 4 dozen.



Figuur 14: Tijdsanalyse operator

De tijdsmeting houdt rekening met het proces bij vier rollen van 250 mm, met een rolsnelheid van 10 m/min. De automatisatie van de verpakking neemt de groene operatorhandelingen over. Dit houdt de opbouw (plooiproces) en de positionering van de verpakkingdelen in. Aangezien de operator nog steeds de rollen afneemt van de wikkelaar en aanvoert aan de automatisatieunit, horen deze handelingen niet de te automatiseren handmatige handelingen van de operator (groene gedeelte).

De handmatige verpakking duurt 5 min en 5 sec voor 4 verpakkingen, ook wel 1 minuut en 31 sec per verpakking. Een automatisatie van dit proces neemt deze tijd over van de operator. Uitgaand van het feit dat de automatisatie niet de bottleneck van het volledige proces vormt, bestaat theoretisch de mogelijkheid tot daling van de gemiddelde outputtaktijd per machine dus met 1 minuut en 31 sec. De verpakkingseenheid werkt namelijk aan de verpakking van een rol tijdens de voorbereidingsfase van de volgende rol (rode gedeelte). De gemiddelde outputtaktijd per lamineermachine na de automatisatie bedraagt theoretisch 6 min 30 sec. Tabel 3 geeft de theoretische situatie na automatisatie weer.

Tabel 3: Theoretische situatie na automatisatie

Aantal dozen per dag		Werkuren per dag		Outputtaktijd per machine	
Laminator 1	185	Laminator 1	20 uur	Laminator 1	6 min 30 sec
Laminator 2	124	Laminator 2	13 uur 20 min	Laminator 2	6 min 30 sec
<b>Totaal</b>	<b>309</b>	<b>Totaal</b>	<b>33 uur 20 min</b>	<b>Totaal</b>	<b>6 min 30 sec</b>

In de huidige situatie produceert laminator 1 de volledige 20 uur per dag rollen, terwijl laminator 2 maar gemiddeld 13 uur en 20 min rollen levert. Met de nieuwe gemiddelde outputtaktijd per machine van 6 min en 30 sec toegepast op de huidige werksituatie, levert dit samen 309 dozen per dag. De automatisatie van de huidige verpakking verhoogt theoretisch de dagelijkse output van 250 dozen naar 309 dozen. De 309 dozen leveren een gemiddelde gezamenlijke outputtaktijd van 3 min 52 sec.

De verlaging van de gemiddelde outputtaktijd maakt het dus theoretisch mogelijk om weekendwerk af te schaffen ( $309 > 300$  dozen dozen per dag). Dit uitgaande van het feit dat de automatisatieunit een rol in 3 min en 52 sec verpakt en de outputtaktijd haalt. Het besluit hierop volgt in deel 5.

### *3.4. Haalbaarheid 1 operator minder*

De situatie met één operator aan de twee laminatoren in plaats van twee, is enkel haalbaar indien dit de outputtaktijd niet vergroot. De operatorhandelingen (zonder handmatige verpakking) mogen in dit geval niet groter zijn dan de verpakkingstijd van één verpakking. In dit geval werkt de operator bijvoorbeeld aan laminator 1 (afnemen en voorbereiden), terwijl de automatisatieunit de rollen van laminator 2 verpakt. Is de verpakking klaar, heeft de operator ondertussen de rollen van laminator 1 afgehaald en aangevoerd aan de automatisatieunit. Deze verpakt de rollen van 1 dan, terwijl de operator begint aan de afname en voorbereiding van laminator 2. Als de operatorhandelingen (afname van de wikkelaar en voorbereiding van de volgende rol) steeds kleiner zijn de verpakkingstijd, bevat de operator steeds tijd genoeg. Een verdere tijdsanalyse van de operatorhandelingen geeft hier meer duidelijkheid over.

Onderstaande metingen bevatten drie situaties: de huidige totale werktijd van de operator voor één pallet, de totale werktijd van de operator voor één pallet na de plaatsing van de camera en de werktijd nodig voor afname en voorbereiding (zonder verpakking). De resultaten geven zowel de verbetering weer van de camera en een automatisatie, als de tijd nodig om een rol aan te bieden aan de robot. Deze metingen maken gebruik van het worstcasescenario, namelijk rollen van vier keer 250 mm. De tijdsbesteding van de operator is hier namelijk maximaal.

#### *3.4.1. Huidige totale werktijd van de operator voor één pallet*

De huidige situatie (figuur 14) is reeds deels besproken bij de studie naar de taktijd na automatisatie. Momenteel voert de operator alle handelingen uit tussen de afname van de wikkelaar en de volledig verpakte doos. Deze zijn onder te verdelen in drie delen.

Het eerste deel bestaat uit een kwaliteitscontrole van de foamrollen tijdens de automatische wikkeling op de doorn. De operator voert een controle uit van de dikte en kijkt voor eventuele beschadigingen aan de foam.

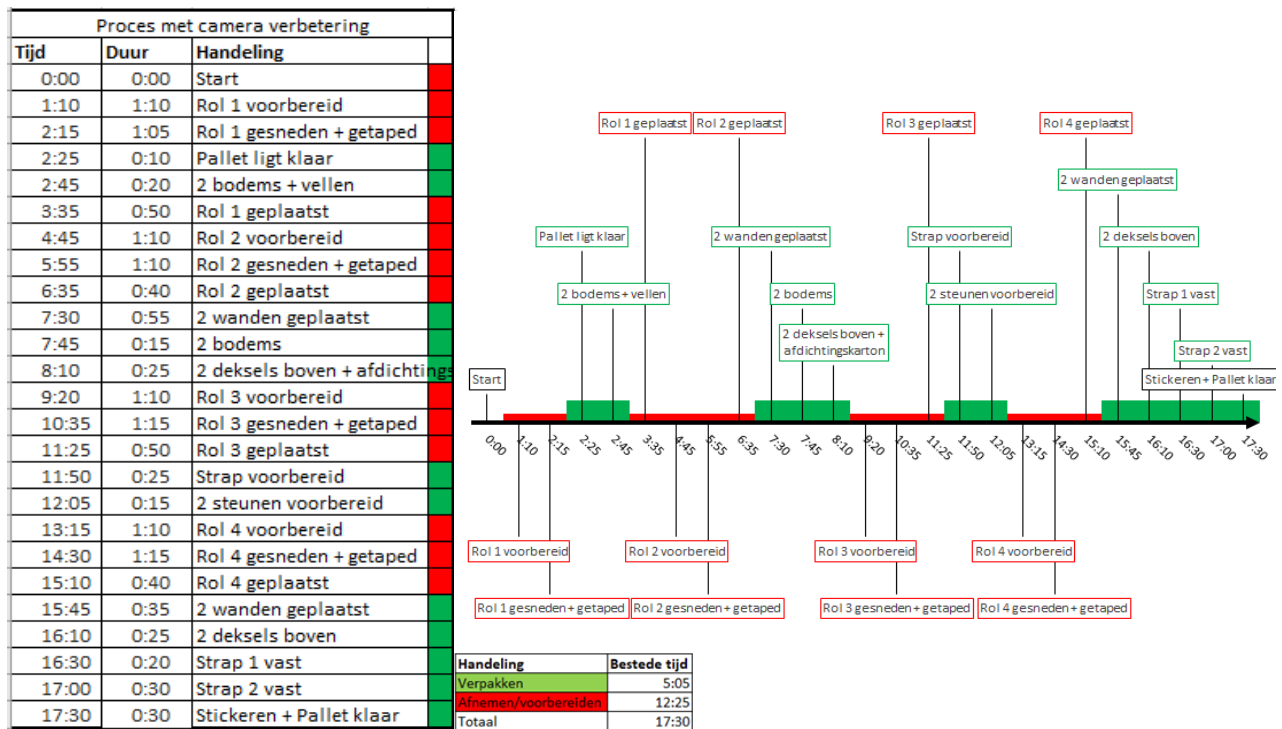
In het tweede deel worden de rollen afgenomen en opnieuw voorbereid. Eerst snijdt de operator de gerolde foam af van aangevoerde materiaal. Vervolgens kleeft hij het einde van de rol vast en plaats de gehele rol in de deksel. Dan brengt de operator een nieuwe koker aan op de doorn en verlijmt de foam op deze koker. Daarna wikkelt de machine de volgende rol.

In het derde deel gebeurt de verpakking zelf.

In totaal is de operator 22 min bezig met één pallet. Dit komt overeen met een totale tijd van 5 min en 30 sec per doos. De handmatige verpakking duurt in totaal ongeveer 5 min. Het grootste deel van de tijd neemt de operator de rol af en bereidt hij een nieuwe voor, samengeteld 12 min en 30 sec voor vier dozen.

#### *3.4.2. Totale werktijd van de operator voor één pallet na de plaatsing van de camera*

De toekomstige implementatie van de camera neemt het controlegedeelte van de operator over. Hierdoor verloopt de tijdlijn van de operator zoals in figuur 15.



Figuur 15: Tijdsanalyse met camera

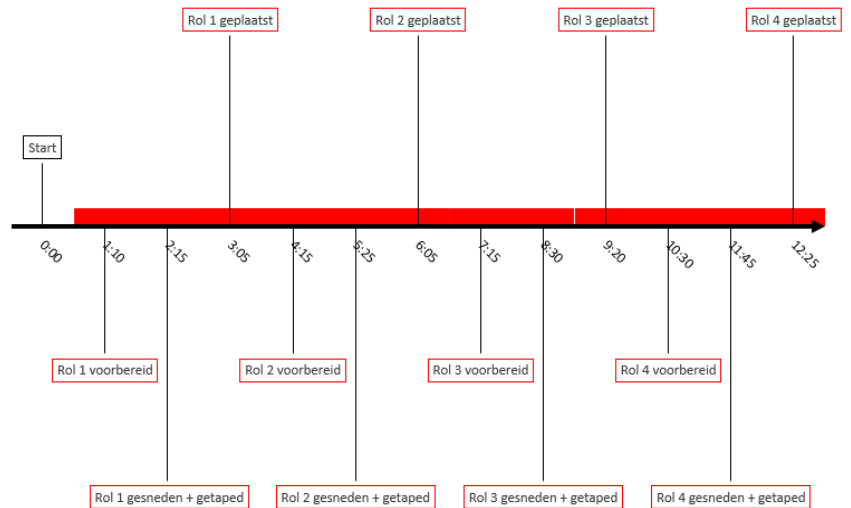
Door de installatie van een camera verkort de totale tijd voor de operator met 4 min 30 sec. De operator besteedt nog 17 min en 30 sec aan één pallet, of 4 min 23 sec per doos.

### 3.4.3. Werktijd nodig voor afname en voorbereiding

De laatste meting geeft het resultaat weer zonder verpakkingshandelingen van de operator. Figuur 16 geeft de gewenste situatie weer.

Proces met camera en verpakking verbetering		
Tijd	Duur	Handeling
0:00	0:00	Start
1:10	1:10	Rol 1 voorbereid
2:15	1:05	Rol 1 gesneden + getaped
3:05	0:50	Rol 1 geplaatst
4:15	1:10	Rol 2 voorbereid
5:25	1:10	Rol 2 gesneden + getaped
6:05	0:40	Rol 2 geplaatst
7:15	1:10	Rol 3 voorbereid
8:30	1:15	Rol 3 gesneden + getaped
9:20	0:50	Rol 3 geplaatst
10:30	1:10	Rol 4 voorbereid
11:45	1:15	Rol 4 gesneden + getaped
12:25	0:40	Rol 4 geplaatst

Conclusie	Totale tijd
Alle handelingen	22:00
Verbetering camera	17:30
Automatische verpakking	12:25



Handeling	Bestede tijd
Afnemen/vorbereiden	12:25
Totaal	12:25

**Figuur 16: Tijdsanalyse met automatisatie**

De automatisatie van het verpakkingsproces verkort tijdsbesteding van de operator met 5 min en 5 sec, samen met de camera komt dit neer op 9 min en 30 sec. Dit is een vermindering van 44% procent voor de werknemer. De totale werktijd voor de operator bedraagt dan 12 min en 25 sec voor een hele pallet.

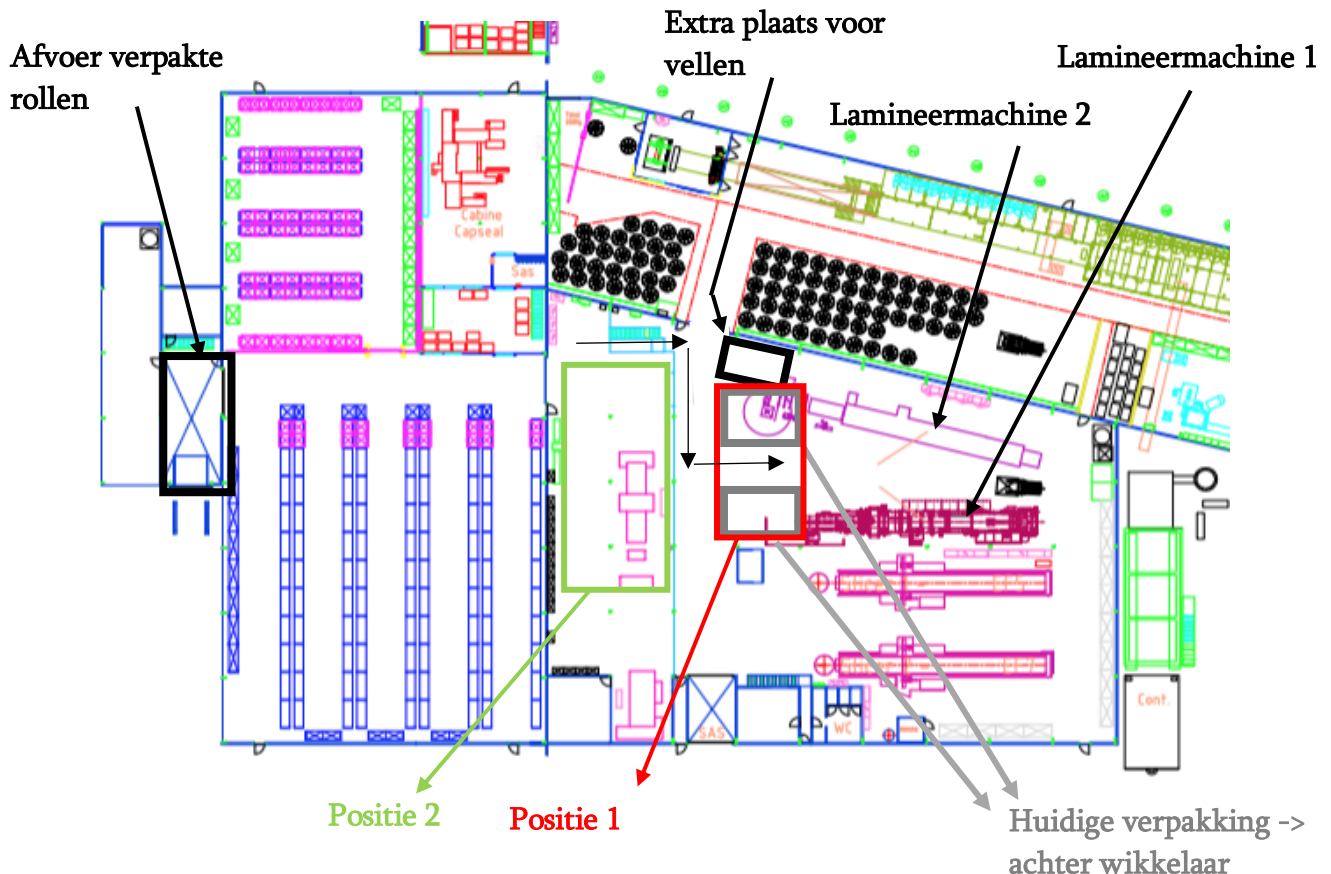
De operator geeft om de 3 min en 6 sec een rol aan de robot. Vier rollen van 250 mm vergt de maximale operatorhandelingen, dus het worstcasescenario. Rekening houdend met de theoretische outputtaktijd per machine van 6 min en 30 sec na automatisatie, heeft de operator dus voldoende tijd om beide laminatoren te besturen. Eén operator levert dus tijdig rollen van beide lamineermachines aan de automatisatieunit.



## 4. Conceptuele uitwerking

### 4.1. Grondplan

Het handmatige verpakkingsproces gebeurt momenteel achter de lamineermachines. Figuur 17 geeft het grondplan van de productiehal schematisch weer.



*Figuur 17: Schema plaatsing machine*

Voor de positie van de automatische verpakkingsunit bestaan twee mogelijkheden. Enerzijds achter de lamineermachines (rode kader), overeenkomstig met een gedeelte van de huidige verpakkingspositie (grijze kader). Anderzijds in een de, vanaf eind 2019 leegstaande, hal (groene kader).

De oppervlakte van de rode ruimte bedraagt 6 m op 12 m. Net zoals de huidige situatie, werkt de automatisatieunit rechtstreeks achter de laminator. Extra transport van de foamrollen is hierdoor niet noodzakelijk. Wel geeft het eisenpakket aan dat de ruimte tussen de twee laminatoren een doorgang vormt voor materiaallevering door handmatige heftrucks. Ook staat achter lamineermachine 2 een extra tafel voor de productie van vellen. De oppervlakte van de groene ruimte bedraagt 12 m op 18 m, maar staat niet rechtstreeks achter de lamineermachine. Indien de automatisatieunit zich hier bevindt, is een bijkomend transportgedeelte tussen de afwikkelpositie en de aanvoer van de automatisatieunit noodzakelijk.



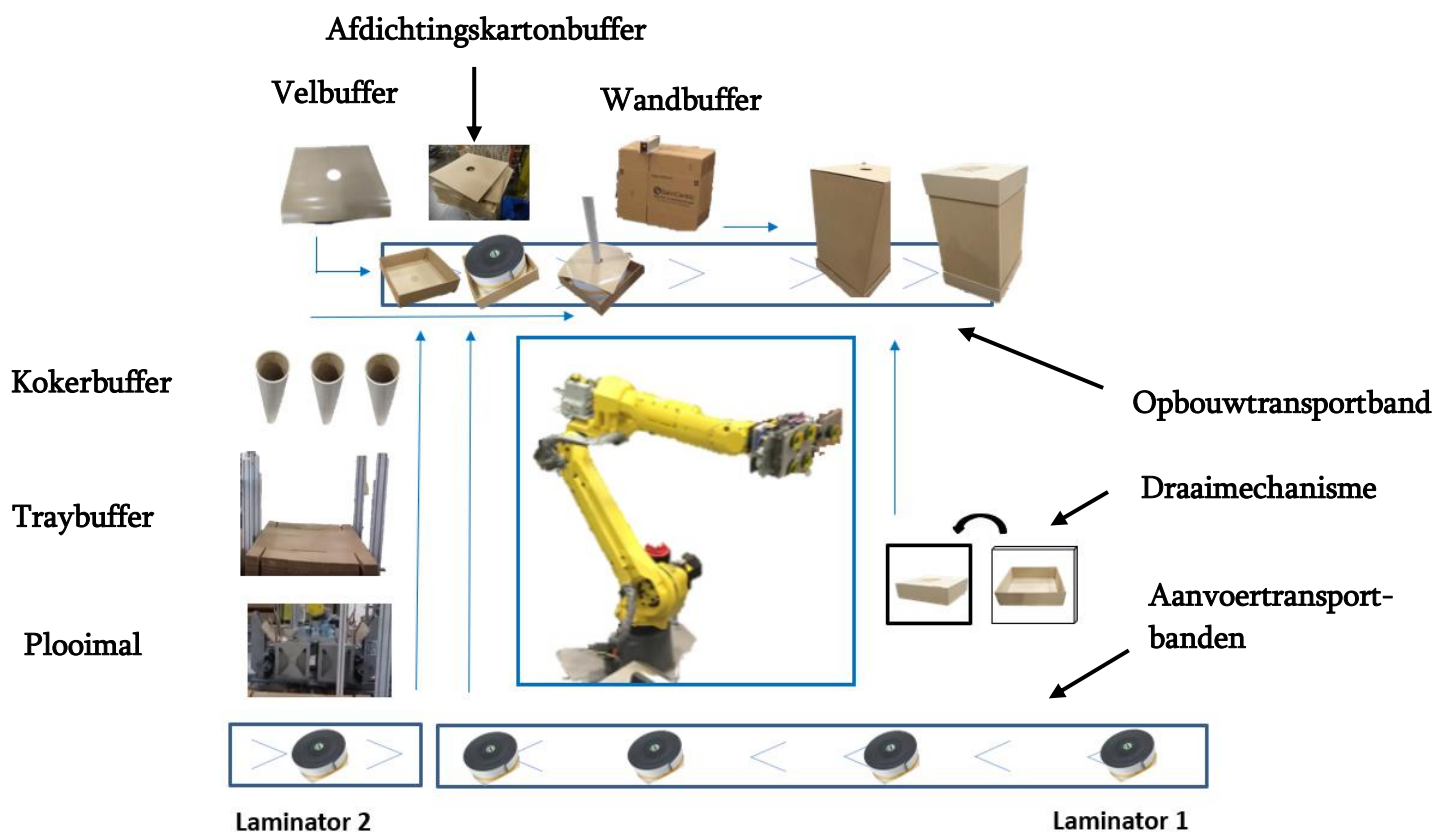
De eerste versies van het concept passen binnen de rode ruimte. Hierdoor passen ze, indien nodig, ook in beide ruimtes.

In het eerste concept gebeurt de opbouw van een verpakking door de robot op een aparte transportband. Deze transportband brengt een volledig verpakte rol verder naar een palletiserings- en strapgedeelte.

In het tweede concept bouwt de robot de verpakking rechtstreeks op de pallet. Een volledig gevulde pallet met verpakte rollen gaat tot slot verder naar het strapgedeelte.

#### 4.2. Concept 1: Opbouwtransportband

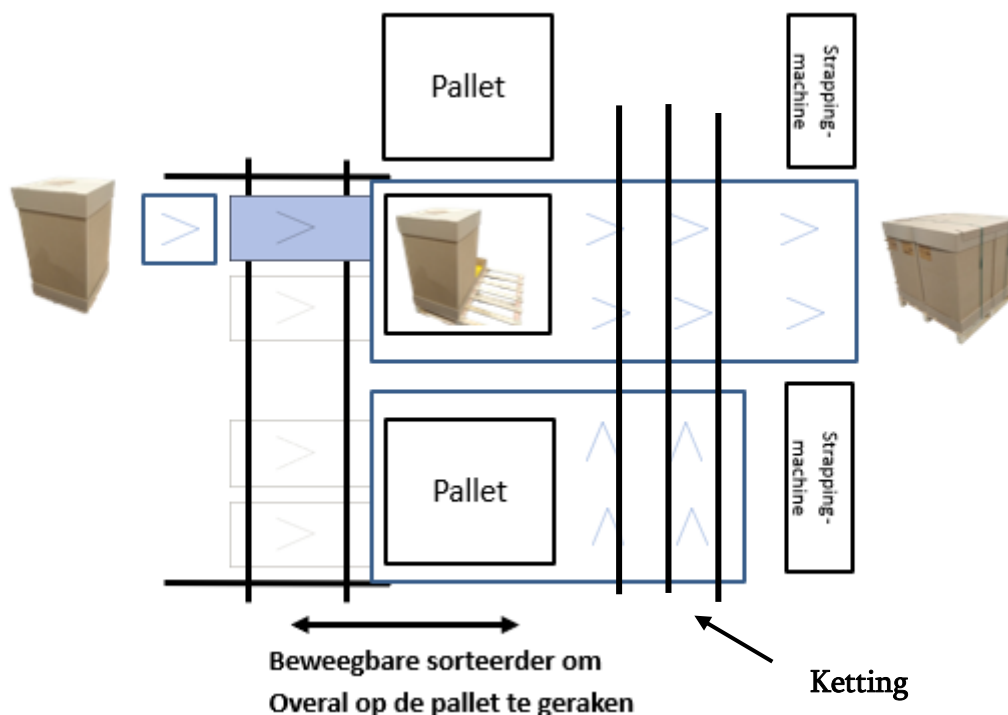
Figuur 18 geeft het verpakkingsgedeelte van het concept met de verpakking op een transportband weer.



*Figuur 18: Verpakking concept 1*

Het verpakkingsconcept uit figuur 18 bestaat uit: twee transportbanden voor de aanvoer van de foamrollen, een robot voor de uitvoering van de verpakkingshandelingen, een aantal buffers aan de buitenkant voor de verpakkingsonderdelen, een mal voor de opbouw van de bodem, een kantelmechanisme voor de positionering van de deksel en een alleenstaande transportband voor de opbouw en afvoer van de verpakking. De robot bevat een speciale tool (zuignappen met klepedeelte en een doorn, hierover in hoofdstuk 6 meer) om alle onderdelen te hanteren.

Het verpakkingsproces verloopt stapsgewijs. De robotarm grijpt eerst een ongeplooid tray met zijn zuignappen en duwt deze door een mal. De beweging door de mal vouwt de zijkanten omhoog. Vervolgens plooiën twee hulpklemmen van de mal de traywanden verder tot in de eindpositie. De robotarm positioneert de geplooid bodem het begin van de opbouwtransportband. Dan plaatst de robotarm een siliconen vel in de geplooid bodem, opnieuw met de zuignappen. Daarna gebruikt de robot het andere deel van de tool, namelijk een grijpdoorn, om de rol van de aanvoertransportband in de deksel te plaatsen. Indien er meerdere rollen in één doos komen, stapelt de robot achtereenvolgens opnieuw een silicone vel (zuignap) en rol (doorn). Vervolgens brengt de robot met zijn doorn de koker door de rollen. Identiek aan de siliconen vellen, legt de robot de positioneerkaart bovenaan op het rollen. Voor de wand gebruikt de robot het klepedeelte van de tool om een zuignapsysteem van 90 graden te verkrijgen (zie 2.3.3.1). De arm schuift de uitgeklapte wand over het geheel. Het laatste gedeelte van de verpakking bestaat uit het deksel. Hiervoor voert de robot dezelfde handeling uit als bij de bodem. Om de grijppositie van de zuignappen aan de juiste kant te verkrijgen, wordt een draaimechanisme voorzien. De transportband verplaatst de volledige verpakking verder naar het strapgedeelte, weergegeven in figuur 19.



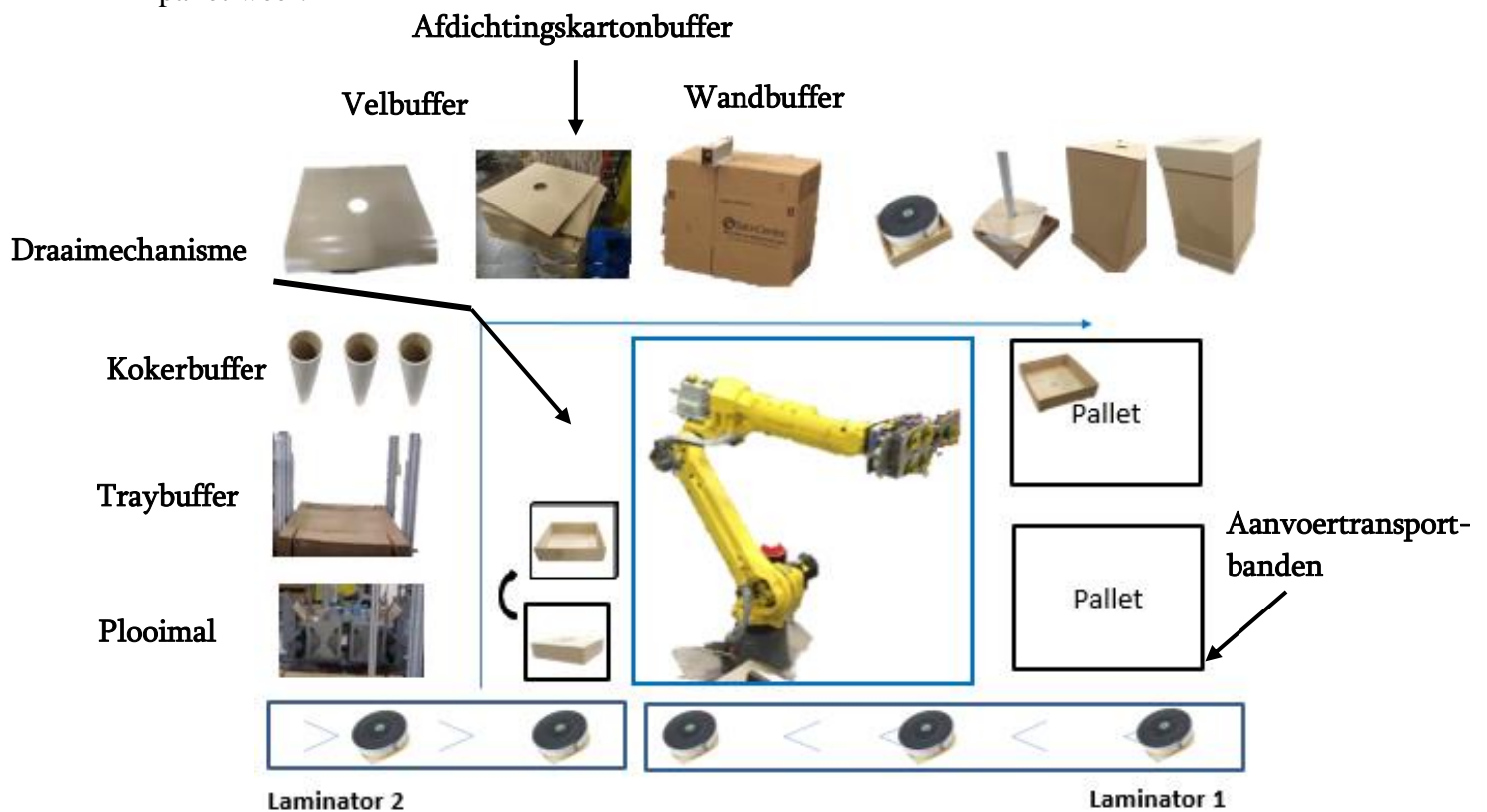
*Figuur 19: Strapping concept 1*

Het stapgedeelte bestaat uit een sorteermecanisme voor de juiste positionering van de verpakking, twee aanvoertransportbanden met elk één pallet (voor elke laminator één) voor de palletisering, een ketting tussen de transportbanden om tot 1 afvoer te komen en een automatische strappingmachine.

De rollen van de twee lamineermachines worden steeds gescheiden door twee verschillende palleten. De orders en labeling verschillen namelijk per lamineermachine, of dus ook per pallet en niet per verpakking. Deze palletten bewegen daarna één voor één door naar een gezamenlijke afvoer met behulp van een ketting (2.4.1.2). Een automatische strappingmachine voorziet het geheel dan van een strap.

### 4.3. Concept 2: Verpakking rechtstreek op de pallet

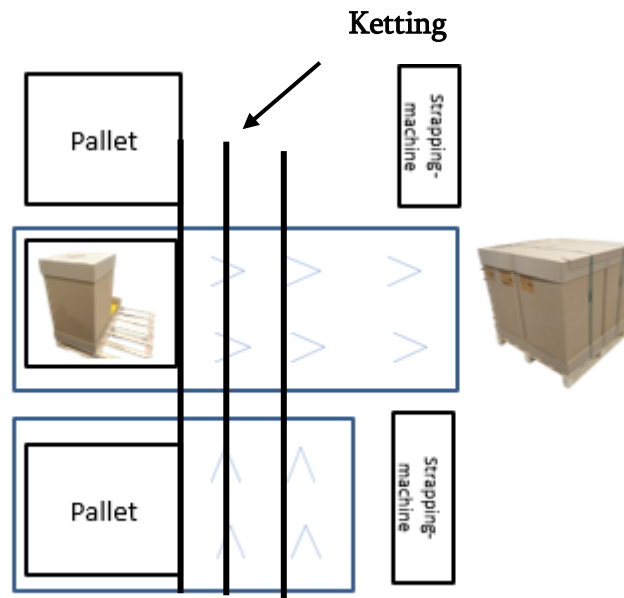
Figuur 20 geeft het verpakkingsgedeelte van het concept met de verpakking rechtstreeks op de pallet weer.



*Figuur 20: Verpakking concept 2*

Het verpakkingsconcept uit figuur 20 bestaat uit: twee transportbanden voor de aanvoer van de foamrollen, een robot voor de uitvoering van de verpakkingshandelingen, een aantal buffers aan de buitenkant voor de verpakkingsonderdelen, een mal voor de opbouw van de bodem, een kantelmechanisme voor de positionering van de deksel en twee palletten opbouw en afvoer van de verpakking. De robot bevat opnieuw dezelfde speciale tool.

Het verpakkingsproces verloopt zeer gelijklopend met het vorige concept. Enkel de positie van opbouw is anders. In tegenstelling tot het vorige concept met een opbouwtransportband, bouwt de robot de verpakking al rechtstreeks op de juiste positie op de pallet. De robot vult de pallet volledig met verpakkingen. Daarna beweegt de gevulde pallet door naar het strapgedeelte, weergegeven in figuur 21.



*Figuur 21: Strapping concept 2*

Het stapgedeelte bestaat uit twee aanvoertransportbanden met twee palletten (voor elke laminator 1), een ketting tussen de transportbanden om tot 1 afvoer te komen en een automatische strappingmachine.

In tegenstelling tot het vorige concept, zorgt de verpakking op de pallet zelf voor een eenvoudiger strapping. Het sorteermecanisme is hierdoor namelijk overbodig. Opnieuw bewegen de gevulde palletten daarna één voor één door naar een gezamenlijke afvoer met behulp van een ketting. De automatische strappingmachine voorziet het geheel dan van een strap.

#### *4.4. Uiteindelijke keuze*

De uiteindelijke keuze bestaat uit het concept met de verpakking rechtstreeks op de pallet, gepositioneerd in de extra hal (groene ruimte).

Het concept uit 4.3 krijgt de voorkeur om twee redenen. Enerzijds is het verpakkingsgedeelte compacter door de afwezigheid van de extra transportband. De buffers hebben hierdoor meer plaats en zijn eenvoudiger bereikbaar. Anderzijds maakt dit concept, in tegenstelling tot het concept met een opbouw op de transportband, geen gebruik van een extra sorteermecanisme. Ook dit is plaats- en kostenbesparend.

Voor de plaats gaat de voorkeur naar de extra hal (groene ruimte). De doorgang naar het gebied tussen de twee laminatoren is noodzakelijk voor de werking van de machines. De ruimte van de doorgang is te klein om een poort voor heftrucks te voorzien. De huidige infrastructuur staat vast en voorziet geen mogelijkheid om langs een andere zijde materiaal aan te brengen.

De oplossing om de foamrollen naar de extra hal te transporten, komt terug in de uitwerking van het concept (deel 6).



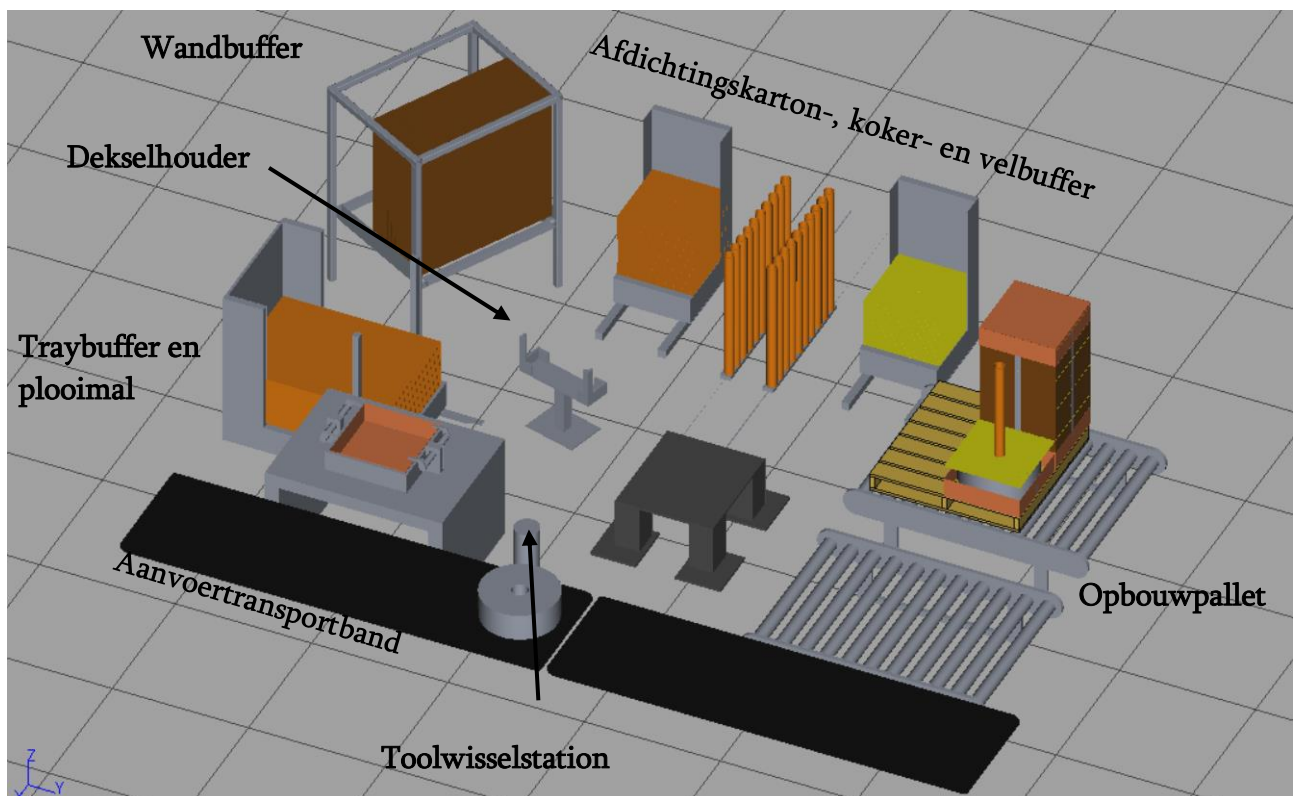
## 5. Robotsimulatie

Uit de tijdsanalyse van deel 3 volgt een maximaal toegelaten, gemiddelde outputtaktijd van 3 min en 52 sec per verpakte doos. Dit heeft betrekking op de bottleneck van de installatie, namelijk het verpakkingsgedeelte. De automatische verpakkingsunit moet dus voldoen aan deze taktijd. In het concept voert de robot alle handelingen uit. De snelheid van het verpakkingsproces hangt dus rechtstreeks af van de snelheid van de robot.

Nitto belgium werkt voor dit soort installaties samen met Fanuc. Het simulatieprogramma ROBOTGUIDE van Fanuc maakt het mogelijk om het automatische verpakkingsproces te simuleren. Dit levert een benadering voor de opbouwtijd van de verpakking door de robot en bevestigt zo de haalbaarheid van het concept.

### 5.1. Vereenvoudigd 3D-model

De simulatie vereist een 3D-model van het verpakkingsconcept. Figuur 22 geeft een vereenvoudigd concept, gemaakt in CREO en geïmporteerd in ROBOGUIDE, weer.



*Figuur 22: Vereenvoudigd 3D-model*

De nadruk van de simulatie ligt op de bestede tijd van de robot. De gedetailleerde uitwerking van de rest van de onderdelen is hierdoor niet noodzakelijk. Figuur 22 geeft de belangrijkste onderdelen voor de simulatie weer, namelijk: twee transportbanden voor de aanvoer van de rollen, de buffer en plooiimal voor de trays, de buffer voor de wand, de buffer van de siliconen

vellen, de buffer voor de kokers, de buffers met afdichtingskartonnen, een extra houder voor de oriëntatie van de deksel en tot slot nog een wisselstation voor de toolwissel.

Voor de complexe handeling (bijvoorbeeld; de toolwissel van de robottool, het plooiproces van de deksel, het uitplooiën van de wand) wordt een pauze in gecalculleerd.

## 5.2. Robot fanuc

Uit de datasheets Fanuc wordt de R-2000iC/125L gekozen (bijlage A).

Het gewicht en de reikwijdte behoren tot de doorslaggevende factoren. Het gewicht van de zwaarste rol bedraagt 60 kg. Fanuc adviseert een veiligheidsfactor in te rekenen, met als resultaat minimum draagkracht van 100 kg van de robot. Om beide palletten te vullen, bedraagt de nodige reikwijdte 2.70 m. De R-2000iC/125L voldoet aan beide eisen, met een draagkracht van 120 kilo en een reikwijdte van 3,1 m.

## 5.3. Toepassing simulatie

De doorslaggevende simulatie berekent de tijd nodig voor de meest complexe verpakking, namelijk vier keer rollen van 250 mm. Hier herhaalt de robot namelijk viermaal de beweging van de rol en het siliconen vel van de buffers naar de opbouwpositie. Als deze taktijd onder de theoretische outputtaktijd blijft, geldt dit ook voor de rest van de situaties.

## 5.4. Resultaten

De simulaties resulteren in filmpjes waarbij de robot de verschillende verpakkingshandelingen uitvoert. Tabel 4 geeft een samenvatting van de resultaten.

*Tabel 4: Resultaten simulatie*

Simulatie met ROBOTGUIDE				
Aantal rollen in de doos	1	2	3	4
Gesimuleerde taktijd (min)	1 min 20 sec	1 min 50 sec	2 min 10 sec	2 min 30 sec

De resultaten geven een maximaal gesimuleerde taktijd van 2 min 30 sec. De verpakkingseenheid haalt de minimaal vereiste taktijd uit de tijdsanalyse van 3 min en 52 sec dus ruim.

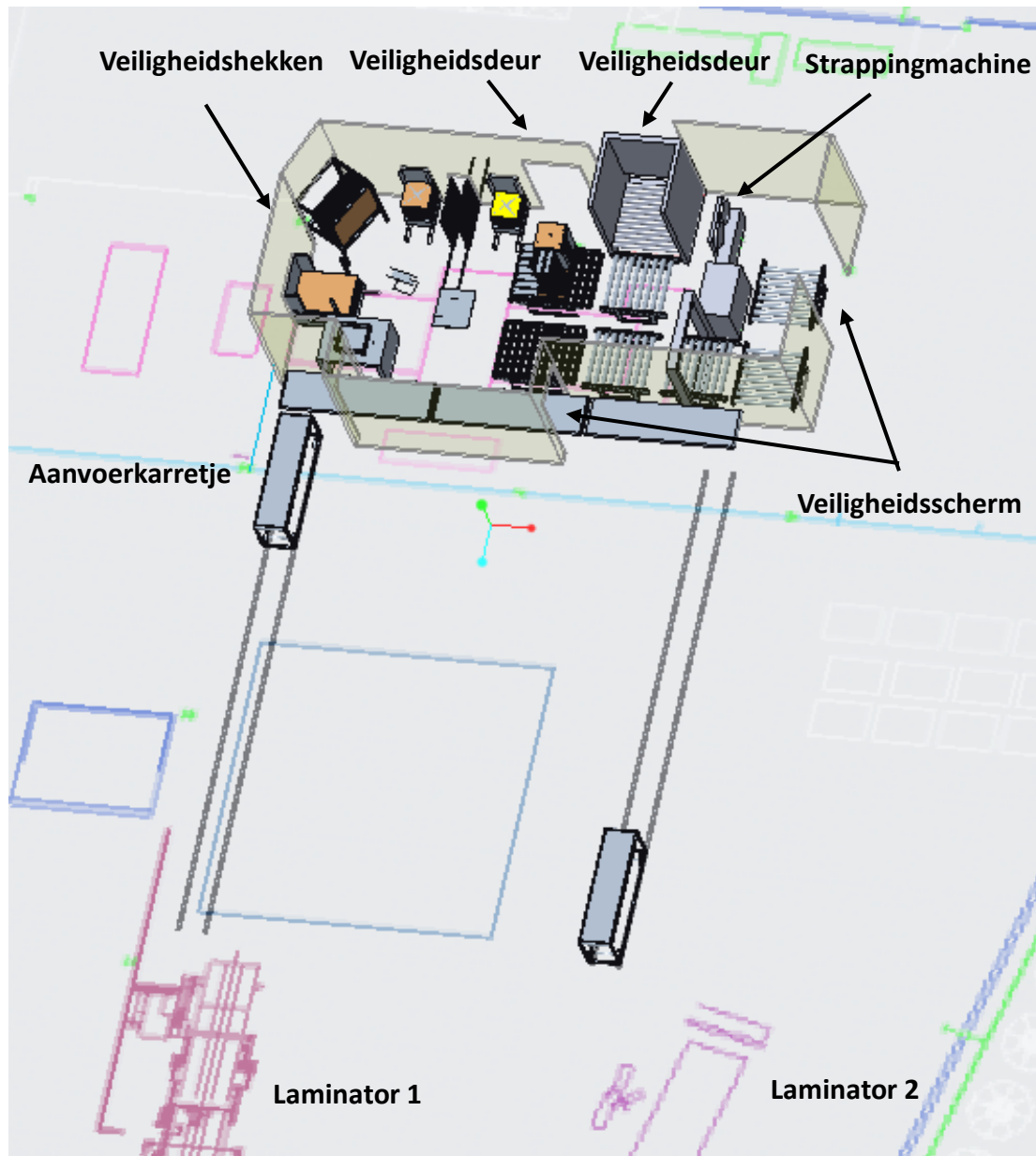
De verpakkingen van Nitto bestaan nu voor 90% uit dozen met 1 of 2 rollen en maar 10% uit dozen met 3 of 4 rollen. Voor de verpakkingseenheid afzonderlijk is het dus mogelijk om een lagere gemiddelde taktijd te realiseren. Het vormt dus geen bottleneck meer voor het volledige proces, waardoor de verpakkingseenheid mogelijkheid biedt tot eventueel verdere outputverhoging. Natuurlijk hangt dit opnieuw af de rest van het proces. Een verder onderzoek naar nieuwe bottlenecks geeft hier meer info over. Dit behoort niet tot de eisen van de thesis, maar de mogelijkheid tot outputverhoging bestaat met deze verpakkingseenheid.

## 6. Uitwerking

Dit hoofdstuk bespreekt het uiteindelijke concept van de automatisatieunit in detail.

### 6.1. Volledig 3D-model

Figuur 23 geeft een schematische voorstelling van de volledige automatisatieunit op de plattegrond van de Nitto hal.



*Figuur 23: Afgewerkt 3D-model*

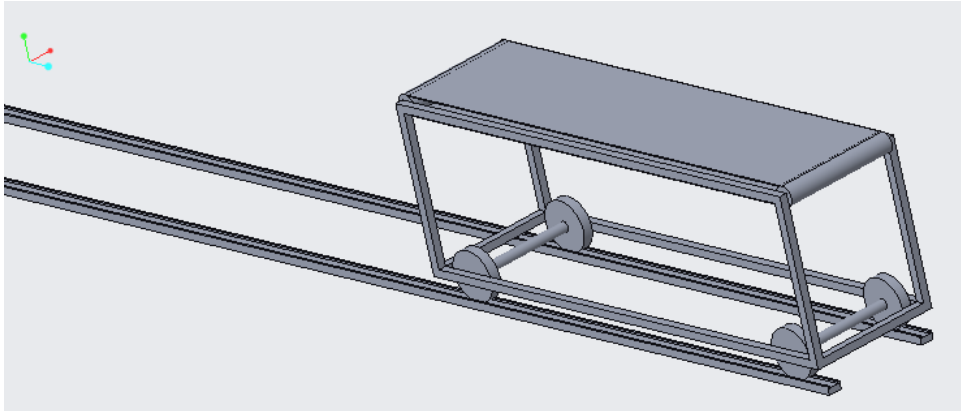
De automatisatieunit bestaat uit drie delen: de aanvoer van de rollen, de verpakkingsunit en een strapgedeelte met afvoer.



## 6.2. Aanvoer

### 6.2.1. Werkingsprincipe

Een extra transportgedeelte brengt de rollen van het eind van de lamineermachines naar de aanvoer van de automatisatieunit. Figuur 24 geeft het concept weer.

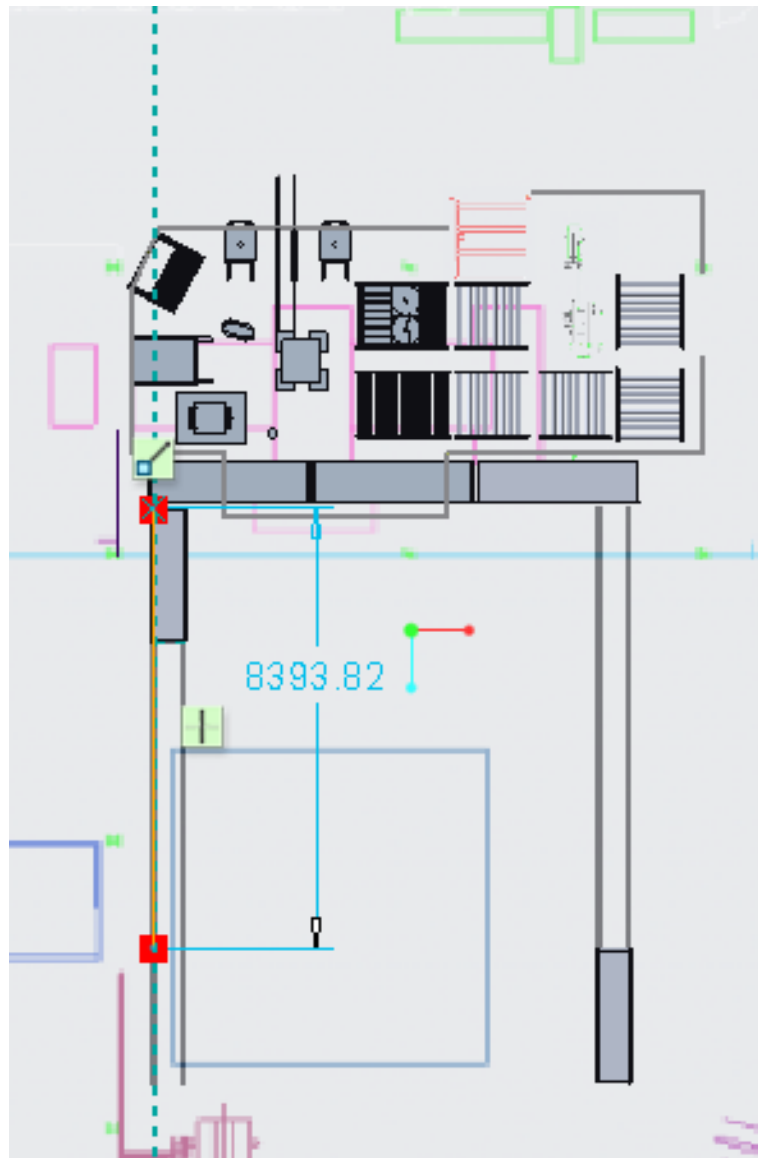


*Figuur 24: Aanvoer van de rollen*

Twee aangedreven karretjes op rail overbruggen de afstand tussen afnameplaats achter de twee laminatoren en de aanvoertransportbanden van de automatisatieunit. De karretjes bevatten zelf ook elk een transportband. Deze dient enerzijds als draagplatform (buffer) voor de rollen, maar anderzijds ook voor de overzetting van het karretjes naar de aanvoertransportband van de automatisatieunit. Het railsysteem ligt in de grond, zodat de doorgang naar de rest van de hal openblijft tijdens op- en aflaadproces. De transportband op het karretje ligt, net zoals de aanvoertransportband van de verpakkingseenheid, 0,8 m boven de grond.

### 6.2.2. Tijdsanalyse

Een tijdsanalyse bepaalt de minimale snelheid van het aanvoersysteem zodat het geen nieuwe bottleneck van de installatie vormt. Figuur 25 geeft het grondplan van Nitto, met de karretjes in op- en aflaadpositie.



*Figuur 25: Grondplan karretje*

Een karretjes legt 8,4 m af tussen beide posities. De transportband zelf heeft een lengte van 2,8 m. De opgaande beweging, aflossing en een teruggaande beweging zorgen samen voor een afgelegde weg van 19,2 m. Nitto gebruikt voor een gelijkaardig project AGV's met een snelheid van 0,3 m/s. Deze snelheid resulteert in een totale tijd 64 s, wat ruim voldoet voor deze situatie. Daarnaast werken de AGV's met een gewicht van 1000 kg, terwijl de rollen maar maximum 60 kg wegen. De aanvoerkarretjes vormen dus geen bottleneck.

### *6.2.3. Veiligheid*

De karretjes steken een doorgang voor heftrucks en personen over. Een goede werking tussen mens en machine vraagt om een veilige omgeving.

Ten eerste zorgen twee bewegingssensoren voor een detectieveld rondom de karretjes. Bij een beweging aan de buitenkant van het veld remt het karretje geleidelijk af, maar het beweegt wel verder. Hoe dichter personen of voorwerpen komen, hoe meer het karretje afremt met uiteindelijke stilstand als gevolg. Dit systeem heeft een aantal voordelen. Enerzijds stopt het karretje niet bij eendere welke beweging in zijn nabijheid, maar anticipeert het op de situatie. Dit voorkomt voortdurende stilstand en zo blokkering van de doorgang bij bewegingsinteractie tussen de karretjes en de omgeving. Anderzijds verhindert dit systeem abrupte stilstand, met omvalgevaar voor de rollen als resultaat. Daarnaast geeft een rood licht (eventueel een geluidssignaal) aan beide zijden van de doorgang aan wanneer de karretjes bewegen.

### 6.3. Verpakking

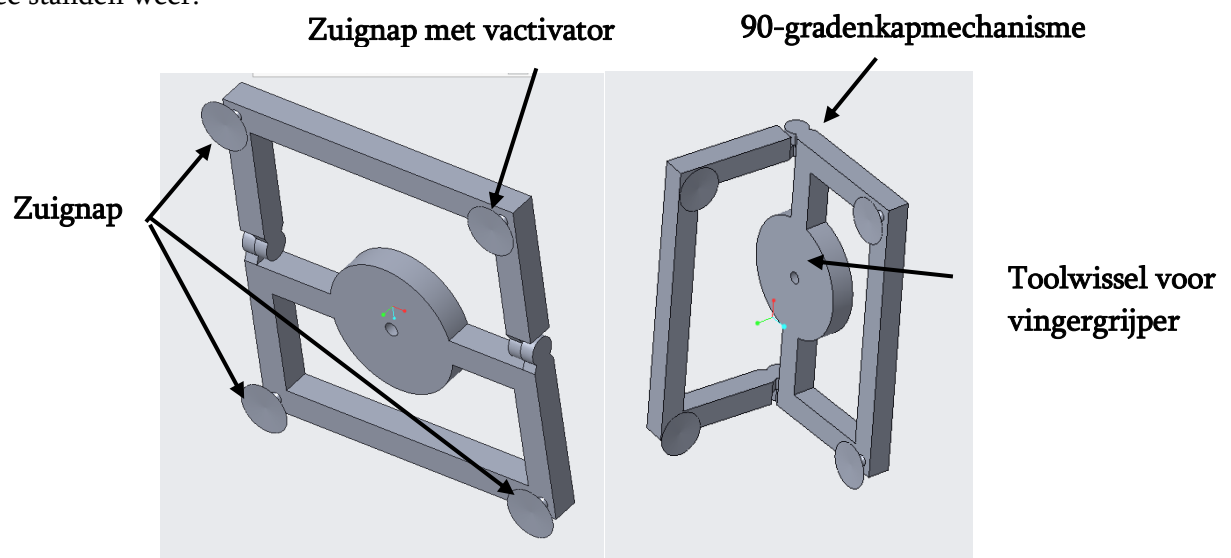
#### 6.3.1. Aanvoer

Twee aanvoertransportbanden verplaatsen de rollen van de aanvoerkarretjes naar de grijppositie van de robot. De transportbanden hebben een hoogte van 0,8 m en behoren tot standaard koopdelen.

#### 6.3.2. Robot en tool

Hoofdstuk 5 bespreekt de keuze van de robot, namelijk het R-2000iC/125L van Fanuc.

De robot wordt voorzien van een speciale tool, bestaande uit twee onderdelen: een vacuümgrijper en een vingergrijper. Figuur 26 geeft een vereenvoudigd 3D-model van de vacuümgrijper in zijn twee standen weer.



*Figuur 26: Vacuümgrijper van de tool*

De vacuümgrijper bestaat vereenvoudigd uit vier gestuurde zuignappen op de uiteindes van een vierkantig kantelmechanisme. Tussen de vier zuignappen bevindt zich een koppelstuk voor het

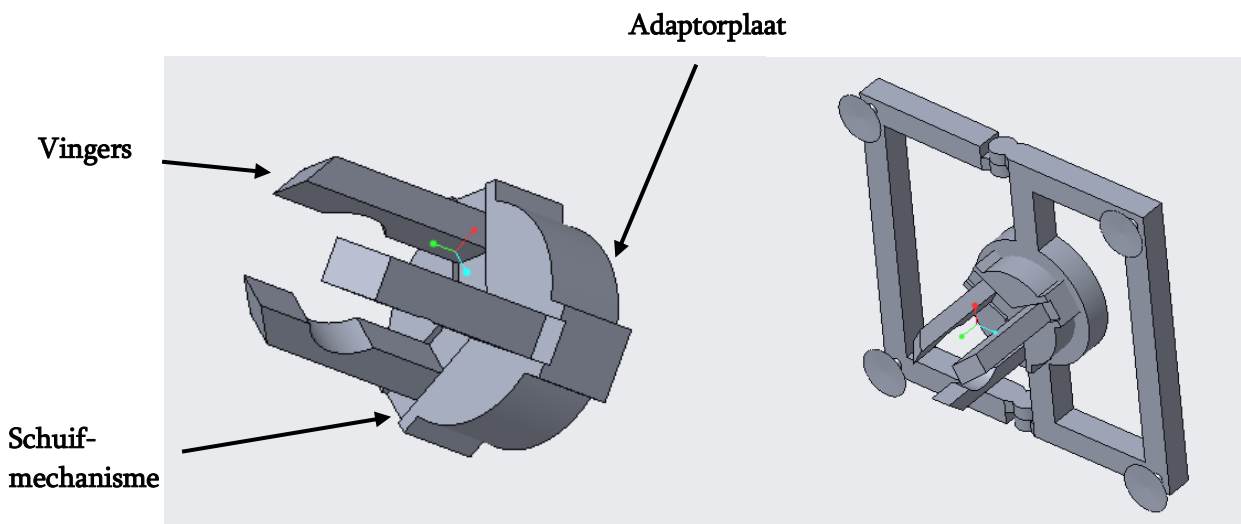
twee onderdeel, namelijk de vingergrijper. De vacuüm-grijper neemt de deksel, de bodem, het afdichtingskarton, het siliconen vel en de wand op.

Voor de eerste drie onderdelen gebruikt de vacuüm-grijper de vier zuignappen. Een vacuüm tussen de zuignap en het desbetreffende kartonnen onderdeel zorgt voor de draagkracht.

Bij het silicone vel is een extra hulponderdeel, namelijk de vactivator, noodzakelijk. De statische energie bij een stapeling van siliconen vellen zorgt voor extra aantrekkingskracht tussen de vellen. Hierdoor plakken de vellen aan elkaar. Met een gewone vacuüm-grijper worden steeds meerdere vellen in een keer opgenomen. Een vactivator onder één van de vier zuignappen lost dit probleem op. Een vactivator is een geleiding die bij afwezigheid van een vacuüm uit gaat. Wanneer de zuignap een vacuüm creëert, trekt de vactivator zich terug in. De zuignap trekt hierdoor één van de hoeken van het siliconen vel omhoog. Dit zorgt voor een afpellend effect waardoor slechts één vel wordt genomen.

Het 90-gradenkantelmechanisme plooit de wand in een rechte hoek. De grijper pakt een ongeplooid wand steeds tussen twee zijdes vast (twee zuignappen per zijde). De vacuüm-grijper kantelt vervolgens, tijdens het vacuüm met de wand, van zijn startpositie naar een 90 graden positie en plooit zo automatisch de wand open. De vacuüm-grijper houdt deze rechte hoek doorheen de positionering van de wand. Dit verzekert een vormvastheid van de wand tijdens de verpakking. Voor gedetailleerde info over de zuignappen en sensoren wordt verwezen naar Nitto Belgium en de aangevraagde offertes.

Figuur 27 geeft vingergrijper op twee manieren weer. Enerzijds apart, maar anderzijds ook ingeklemd in het koppelgedeelte van de vacuüm-grijper.



*Figuur 27: Vingergrijper apart (links) en in de vacuüm-grijper (rechts)*

De vingergrijper bestaat uit 3 vingers in een schuifmechanisme met twee verschillende standen. In de binnenste stand klemmen de vingers de koker van buitenaf, terwijl de buitenste stand wordt gebruikt voor een inwendige klemming van de rollen. Een adaptorplaat koppelt de verschillende onderdelen aan elkaar. De robot haalt de vingergrijper op aan een toolwisselstation, gepositioneerd tussen de robot en de aanvoertransportbanden. De sensors op het wisselstation en op de grijper zelf verzekeren een goede aansluiting.

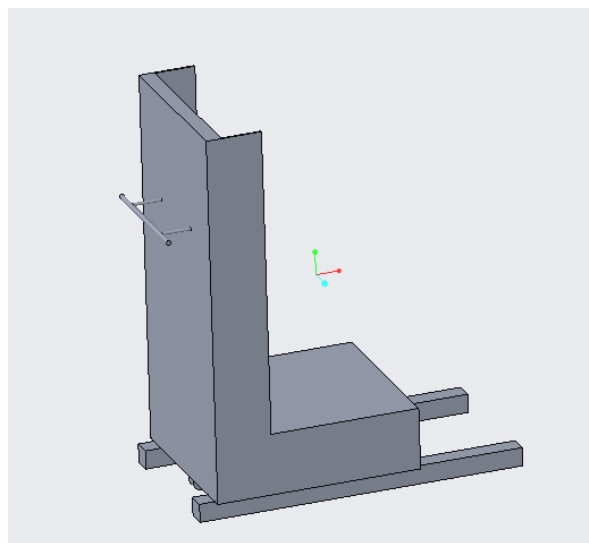
Rekening houdend met een maximumgewicht van 60 kg en versnelling van 1,5 m/s<sup>2</sup>, voldoet een GPD5030 van ZVS aan de eisen van de maximale draagkracht. De aangevraagde offertes zijn te vinden bij Nitto Belgium.

### 6.3.3. Buffers

De buffers van de verpakkingsonderdelen worden onderverdeeld in vier types. Het eerste type gebruikt een schuifstelsel op rails en buffert de strays, siliconen vellen en de afdichtingskarton horizontaal in bak. Het tweede type maakt gebruik van een aangedreven geleidingssysteem en buffert de kokers verticaal. De derde buffervorm hanteert een aangedreven klep- en geleidingssysteem op een balkframe voor de buffering van de wanden. Tot slot bufferen de aanvoertransportbanden de rollen.

#### ***Buffer type 1: Schuifstelsel***

Figuur 28 geeft een vereenvoudigd 3D-model van het eerste buffertype op basis van een schuifstelsel weer.



***Figuur 28: Buffer type 1***

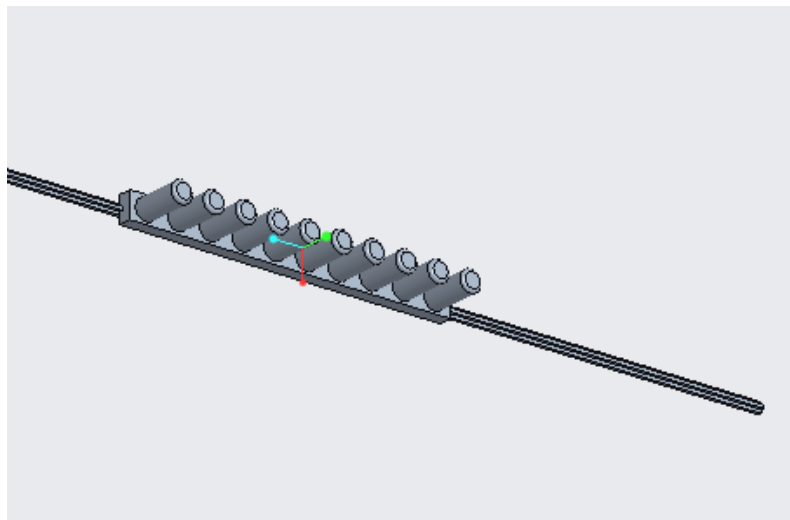
Dit type buffer bestaat uit een bak met een verhoogde achterzijde en twee geleidingspalen aan de voorzijde. De voorkant van de buffer beweegt op een railsysteem, terwijl de achterzijde rolt op grond met twee wielen. Op deze manier beweegt de buffer zich tussen zijn twee standen. Op de werkstand bevindt de buffer zich volledig binnen de verpakkingseenheid (tussen de hekken). De achterste wielen staan dan tegen het einde van de rails, terwijl de voorkant op het voorste gedeelte van het railsysteem staat. In deze positie grijpt de robot de nodige onderdelen uit de buffer. De verhoogde achterzijde van de buffer past net tussen de hekken, waardoor de verpakkingseenheid afgesloten blijft. De robot bepaalt zelf de diepte van de onderdelen in de buffer aan de hand van sensoren.

In de bijvulstand wordt de buffer uit de verpakkingseenheid getrokken aan de hand van een handvat op de achterzijde. De wielen en het railsysteem geleiden de volledige buffer dan naar de eindpositie van het railsysteem. De operator vult nu handmatig de buffers bij via de voorkant. In

deze fase werkt de robot niet, aangezien er een doorgang ontstaat naar de verpakingsunit. Een sensor detecteert wanneer de buffer open en dicht gaat en geeft die aan met een geluid- of lichtsignaal. Voor de afkortingskartonnen en de trays worden er een honderdtal stuks gebufferd. Voor de siliconen vellen geldt tweehonderd stuks. De redenering achter deze bufferhoeveelheden volgt aan het einde van deze paragraaf.

### ***Buffer type 2: Aangedreven geleidingssysteem voor kokers***

Figuur 29 geeft een vereenvoudigd 3D-model van het tweede buffertype voor de kokers weer.



***Figuur 29: Buffer type 2***

De robot pakt de kokers langs de buitenkant vast met zijn vingergrijper. Een verticale één per één buffer met steeds dezelfde beginpositie is daarom gewenst. De buffer gebruikt hiervoor een aangedreven lineair geleidingssysteem met hierop tien verticale, cilindervormige houders. De binnenkant van een koker past nu net over een houder, met een verticale buffering als resultaat. Een volledige gevulde buffer bevindt zich net binnen de verpakingsunit. Opnieuw past de buffer net door het hekwerk en blijft de verpakingsunit afgesloten. De eerste koker zit dan in werkpositie. Als de robot de eerste koker grijpt, schuift het aangedreven railsysteem één plek naar voor. Hierdoor komt de tweede koker in de grijppositie. Dit proces herhaalt zich voor al de kokers in buffer. De grootte van de opening van deze buffer in het hekwerk belet intrede in de verpakingsunit tijdens dit proces. Het aangedreven geleidingssysteem beweegt de buffer nu automatisch naar de bijvulstand buiten het hekwerk. Eén buffer resulteert in een beperkt buffervolume van tien kokers. De robot gebruikt 10 kokers per uur, wat resulteert in een stilstand van de robot om het uur. Een bijvultijd van enkele minuten verlaagt de werktijd van de robot met 5-10%. Daarom zijn er twee identieke buffersystemen langs elkaar geplaatst. De robot werkt in dit systeem eerst buffer 1 volledig af en gaat vervolgens over naar buffer 2. In de tijd dat robot met buffer 2 werkt, vult de operator buffer 1 aan buiten de verpakingsunit. De beweging van de lege buffer naar de bijvulpositie beïnvloedt de werking van de robot niet. De robot werkt dus verder met één buffer tijdens het bijvulproces van buffer de andere. Opnieuw geeft een licht of geluidssignaal van sensor de status van de buffer aan. Met een bijvulproces om het 1 uur, wordt de robot genoeg gevoed om continu te werken (zonder stilstand door een tekort aan onderdelen).

### *Buffer type 3: Klep- en geleidingssysteem*

Figuur 30 geeft het principe van het derde buffertype op basis van een bestaand buffersysteem weer.



*Figuur 30: Buffer type 3 [36]*

De buffer bestaat uit een balkvorm frame in de vorm van de ongeplooid wand, met aan de voorzijde een selectiepin en aan de achterzijde een klemsysteem. Twee transportbanden bewegen de wanden naar voor. Het klemsysteem beweegt samen met de transportbanden naar voor en houdt al de wanden bij elkaar tijdens het transport naar de voorkant. Aan de voorkant bepaalt een selectiepin de positie van de voorste wand. De robot trekt de voorste wand met een bepaalde kracht uit de buffer en duwt zo de selectiepin even naar onder. De transportbanden en klemmen duwen vervolgens het volledige pak naar voor. De volgende wand komt hierdoor tegen de selectiepin en in de werkpositie. In de buffer worden een vijftigtal wanden gestockeerd. Het bijvulproces gebeurt handmatig in een paar stappen. Eerst worden de klemmen naar buiten en achter geplaatst met een schroef. Daarna worden de wanden verticaal op de transportbanden geplaatst, zo ver mogelijk naar de voorkant. Tot slot worden de klemmen opnieuw in positie gebracht. Tijdens dit proces werkt de robot niet.

De aanvoertransportbanden bedragen samen ongeveer 8 m. Met een breedte per rol van 0,5 m, levert dit een buffervolume voor ongeveer 15 rollen. De robot werkt sneller als de lamineermachines, waardoor dit buffervolume voor noodgevallen is.

Rekening houdend met een gemiddelde outputtaktijd van ongeveer 4 min, levert dit een bijvultijd om de 3,5 uur voor de wanden en de trays. Voor de afdichtingskartonnen en de vellen geldt een bijvultijd van respectievelijk 7 uur en ongeveer dagelijks. Bij een goede afstelling staat de robot dus om de 3,5 uur even stil. De aanvulling van kokers gebeurt om het uur, maar wel zonder stilstand van de robot.

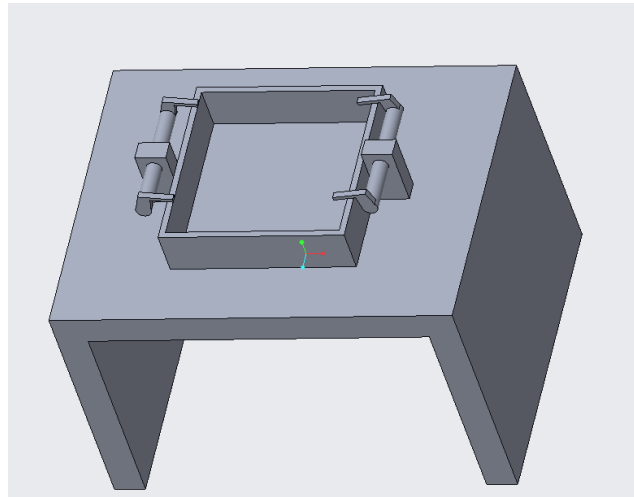
#### *6.3.4. Afvoer*

De robot verpakt de foamrollen rechtstreeks op de pallet. De verpakkingsunit gebruikt hiervoor twee palletten, namelijk één per lamineermachine. Hierdoor blijven de ordes van beide lamineermachines gescheiden. De palletten liggen elk op een aparte rollenbaan. Zowel de afvoer van pallet met verpakking, als de aanvoer van nieuwe palletten naar verpakkingspositie gebeurt aan de hand van de rollenbanen. De rollenbanen zijn daardoor aangedreven in twee richtingen.

### 6.3.5. Hulponderdelen

De verpakingsunit bevat twee extra hulponderdelen, namelijk de ploimal van de trays en de trayhouder voor de oriëntatie van de deksel.

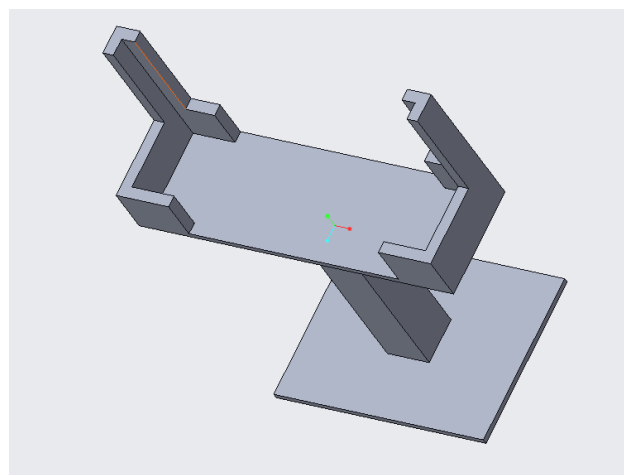
Figuur 31 geeft een vereenvoudigd 3D-model van de ploimal weer.



*Figuur 31: Ploimal trays*

De ploimal bestaat uit twee delen, enerzijds de mal zelf en anders twee hulpklemmen. De mal neemt de buitenvorm van een geplooid tray over en plooit de vier zijden naar boven. Er ontstaat een tray met twee lange en twee korte, naar bovenstaande, zijden. De hulpklemmen bevinden zich op twee overstaande zijdes van de mal overeenkomstig met de lange zijden. Met behulp van een automatisch draaimechanisme duwen de klemmen de lange zijden naar binnen in de voorziene opening. Het principe staat ook beschreven in paragraaf 2.3.1.1.

Figuur 32 geeft het 3D-model van de extra trayhouder weer.



*Figuur 32: Trayhouder*

De houder neemt de helft van de vorm van een geplooid tray over. De robot grijpt de een deksel oorspronkelijk aan de binnenzijde na het plooiproces. De robot schuift de tray nu in de mal. Vervolgens grijpt de robot deze langs de andere zijde terug vast.



### *6.3.6. Veiligheid*

Figuur 23 geeft een groot gedeelte van de veiligheidsvoorzieningen schematisch weer. De veiligheidsinstallatie vermijdt een interactie tussen mens en robot. De volledige verpakingsunit wordt daarom langs de buitenkant afgesloten van de omgeving. Dit gebeurt aan de hand van veiligheidshekken, één veiligheidsdeur, twee lichtschermen en bewegingssensoren bij de buffers.

De doorzichtige wanden op figuur 23 stellen het hekkenwerk voor. Dit hekkenwerk sluit overal perfect aan op de buffers. Er ontstaan zo geen doorgangsmogelijkheden langs de buffers tijdens het verpakingsproces. Daarnaast detecteren extra bewegingssensoren de bewegingen van de buffers bij het bijvulproces (achteruitschuiven van de buffer). De robot stopt dan met werken, aangezien er openingen ontstaan naar het werkgebied van robot. Dit wordt extra aangegeven met een geluid- of lichtsignaal.

Het hekkenwerk bevat hiernaast twee openingen voor de twee aanvoertransportbanden. Hier bewegen de rollen namelijk langs twee kanten de verpakingsunit in. Op deze posities schermen speciale detectieschermen de verpakingsunit af van de omgeving. De detectieschermen detecteren een verschil tussen een menselijke beweging en een beweging van een rol. Bij een menselijke beweging geeft de sensor een geluidssignaal en stop de robot met werken, bij een beweging van een rol niet. De werking van de sensor baseert zich op een verschil in materiaal.

Tot slot staat naast de buffer van siliconen vellen nog een veiligheidsdeur. De doorgang wordt enkel gebruikt bij onderhoud of problemen aan de unit. De veiligheidsdeur werkt met een dubbele beveiliging door een speciale sleutel. De sleutel opent de deur en zet de robot af. Daarnaast gaat ook een geluidssignaal af. Indien de deur wordt gesloten en de sleutel aan de binnenzijde in een slot wordt gestoken in deze volgorde, stop het geluidssignaal. De sleutel bevindt zich op deze manier zeker binnen de automatisatieunit. Na het onderhoud, gaat de deur langs de binnenzijde terug open met dezelfde veiligheidsleutel. De robot wordt tot slot opnieuw gestart aan de buitenkant met de sleutel en een gesloten deur.

## *6.4. Strapping*

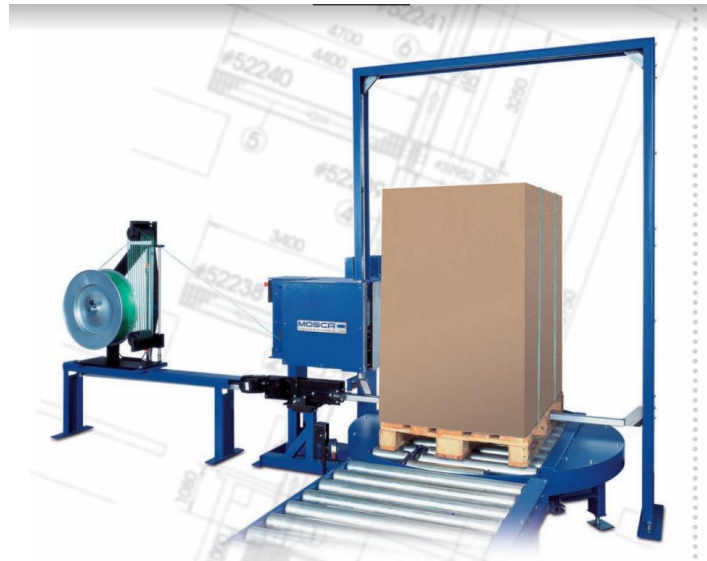
### *6.4.1. Aanvoer*

De afvoer van de verpakingsunit loopt over in de aanvoer van het strappinggedeelte. Twee aangedreven rollenbanen achter de verpakingsunit voeren de pallet verder naar de de strappingmachine. Naast de afvoer van de palletten, gebeurt de aanvoer van nieuwe palletten naar verpakingspositie ook via deze rollenbanen. Ook deze rollenbanen bevatten een aandrijving in twee richtingen. De aanvoertransportbanden van het palletgedeelte bezitten ook een ketting, loodrecht op de bewegingsrichting van de rollen. De ketting heeft twee functie, enerzijds de

aanvoer van nieuwe palletten van het palletmagazijn naar de nodige aanvoerrollenbaan (principe uit 2.4.1.2) en anderzijds de dubbele afvoer van de verpakkingsunit samenbrengen naar een enkele invoer van de strappingmachine.

#### 6.4.2. Strappingmachine

Een automatische strappingmachine voorziet een pallet van de nodige strap. De voorkeur gaat naar MOSCA-machine van het type KZV 311 (bijlage B). Figuur 33 geeft de machine weer.



*Figuur 33: Automatische strappingmachine*

De machine omkadert de pallet via een vast blauw kader en een automatische vork. Aan de hand van sensoren positioneert de rollenbanen de aankomende pallet onder het vaste kader. Daarna schuift de vork automatisch onder de eerste vorkopening van de pallet en omsluit het samen met het vaste kader de volledige pallet. Een motor stuurt vervolgens een strap door de omkadering en trekt deze aan. Daarna beweegt de transportband de pallet verder tot de tweede positie. Het volledige proces herhaalt zich, maar nu met de automatische vork door de tweede vorkopening. Dit proces resulteert in twee evenwijdige straps rond de pallet.

#### 6.4.3. Palletmagazijn

Een automatisch palletmagazijn buffert enerzijds nieuwe palletten, maar voert ze anderzijds ook aan naar de aanvoertransportbanden van de strapedeelte. Deze zetten de palletten dan over naar de verpakkingsunit. De SOCO SYSTEM PalManager Fixed E 1200 wordt geselecteerd. Figuur 34 geeft de machine weer.



*Figuur 34: Palletmagazijn*

Het magazijn wordt langs de achterzijde (voorkant op de figuur) langs boven gebufferd. De machine schift automatisch de onderste pallet van de rest en voert deze langs de voorkant af op een transportband. Het buffervolume bedraagt 14 palletten, wat opnieuw overeenkomt met een bijvultijd van 3,5 uur. Hiervoor stopt de robot ook niet. Voor verdere info wordt verwezen naar de offerte van Nitto Belgium.

#### *6.4.4. Veiligheid*

De veiligheidsinstallatie rond het strapgedeelte vermijdt een interactie tussen mens en machine. Dit houdt opnieuw een volledige afscherming van de afgeving langs de buitenkant in. De veiligheidsinstallatie bevat hier veiligheidshekken, een lichtschermband en een stootrand.

Het hekwerk van het strapgedeelte sluit aan op dat van de verpakkingseenheid en ook rond het palletmagazijn.

Het hekwerk bevat hiernaast een extra opening voor de afvoer van een volledig verpakt pallet. Een heftruck haalt hier namelijk de pallet op. Opnieuw sluit een speciaal detectieschermband het afvoergedeelte van de automatisatieunit af van de omgeving. De detectieschermen detecteren een verschil tussen een menselijke beweging en een beweging van een heftruck of pallet. Bij een menselijke beweging geeft de sensor een geluidssignaal en stopt de robot met werken. Bij een beweging van de pallet met de heftruck gebeurt dit niet. De werking van de sensor baseert zich op een verschil in materiaal.

Een slootrand aan voor de afvoertransportband verzekert de veiligheid van de strappingmachine. De stootrand voorkomt dat de vorken van de heftruck de strappingmachine raken.

## 7. Kosten-batenanalyse

### 7.1. Kosten

De businesscase start met een uitwerking van de investeringskosten. Offertes en inschattingen op basis van expertise van Nitto Belgium engineering bepalen het noodzakelijke investeringsbudget.

#### 7.1.1. Robot en tool

Het belangrijkste deel van de verpakingsunit bestaat uit de robot en zijn tool. De robotsimulatie leidde tot de keuze voor de robot R-2000iC/125L. De prijs van deze robot bedraagt ongeveer 50 000 euro volgens Fanuc. De externe kosten (programmatie, communicatie, PLC's, enz.) volgen in het deel implementatie.

De tool bestaat uit twee delen. Het frame met de vacuümgreepers en de toolchange met de gripper. Een vergadering met ZVS resulteerde in een opsomming van de benodigde delen voor de gripper met een correcte prijs (tabel 5). Voor meer info omtrent de delen, zie offerte Nitto Belgium.

*Tabel 5: Kosten robotgripper*

Gripper	
GPD5013N-00-A : 3-punts-gripper	€ 1 066,00
UB5013ST : universele bek	€ 168,00
MFS204SKHC : magneetveldsensor	€ 130,00
KAG500 : aansluitkabel voor sensor	€ 38,00
Toolchange robotzijde	
WWR125F-B : toolchanger, robotzijde	€ 2 108,00
NJR04E2SK : sensor los-deel aanwezig	€ 63,00
ZUB0020 : sensor zuigerstand	€ 417,00
KAG500 : aansluitkabel voor sensor	€ 57,00
Toolchange gripperzijde	
WWR125L-B : toolchanger, gripperzijde	€ 604,00
ALSR13125 : aflegstation	€ 552,00
NJ8-E2S : inductieve sensor	€ 78,00
KAG500 : aansluitkabel voor sensor	€ 19,00
Totaal	€ 5 300,00
Totaal na +-20% projectkorting	€ 4 500,00

De totale kostprijs van de gripper bedraagt 4500 euro. Dit is enkel voor de gripper en de toolchange. ZVS levert echter niet de vacuümgreepers en de extra benodigdheden hiervoor. Een meeting met Pnevamo, leverancier in vacuüm en robottoepassingen, leverde in een opsomming van delen. Deze zijn weergegeven in tabel 6.

*Tabel 6: Tabel vacuümgrijper*

Onderdeel	hoeveelheid	Prijs
F75 NPV50 SUC.CUP F1/2"	4	€ 183,48
LC20-F1425 LEVEL COMPENSATOR	4	€ 200,36
REDUCING NIPPLE M1/4"-M1/2"	4	€ 10,52
V18/40 VACTIVATOR	1	€ 183,78
F30-2 CR50 SUC.CUP M1/8"	1	€ 12,44
VGS3010.AB.01.BA VACUUM GRIPPER	5	€ 706,50
VACUUM SWITCH VS4016 -50kPa NO/NC	1	€ 32,99
CABLE FOR VACSWITCH VS4 M8 3-PIN FE	1	€ 20,52
Totaal		€ 1 350,59

De totaalprijs voor de vacuümdelen bedraagt 1350 euro. Voor de implementatie van de vacuümgrijpers en de robotgrijper wordt voor de kostprijs naar 7.1.7 verwezen.

### *7.1.2. Transportbanden/rollenbanen*

De kostprijs van de transportbanden en de rollenbanen van zowel de input als de rollenbanen met of zonder ketting zijn in overleg met engineering van Nitto geschat. Deze komt neer op een bedrag van ongeveer 60 000 euro.

### *7.1.3. Buffers*

Voor de buffers voldoet ook enkel een schatting. Een machinebouwer plakt nooit een exact bedrag op de buffers maar telt deze gewoon mee in de totaalprijs van de uitvoering. Daarom is een ruim bedrag van 20 000 euro gekozen.

### *7.1.4. Veiligheid*

De Safety-afdeling van Nitto Belgium schat het bedrag voor implementatie van veiligheidsvoorzieningen zoals hekken en sensoren op 45 000 euro. Dit bevat al de veiligheidsvoorzieningen van hoofdstuk 6.

### *7.1.5. Strapping*

Het strappinggedeelte bestaat uit 3 delen. De strappingmachine, de rollenbanen en het palletmagazijn. De rollenbanen behoren 7.1.2. De prijs voor de strappingmachine en het palletmagazijn volgen uit offertes geleverd door Antalis en bedragen respectievelijk 42650 euro en 18 860 euro.

### *7.1.6. Implementatie*

De combinatie van al de onderdelen tot één geheel brengt ook een kost met zich mee. De programmatie, communicatie en afstelling van de verschillende onderdelen gebeurt via een netwerk van PLC's en computers. Ook extra sturingen, bekabeling, transportkosten, opbouwkosten, enz. van de installatie behoren tot de implementatie. Dit behoort tot de externe

kosten van een machinebouw en is daarom niet precies afzonderlijk te bepalen. In samenwerking met Amec wordt dit bedrag geschat op 140 000 euro. Hier zitten ook eventuele onvoorziene kosten in.

De thesis bespreekt een voorstudie en vraagt een verdere afwerking door Nitto Belgium. De uitwerking van het concept en de programmatie van de sturing zorgen voor engineeringuren. Deze zijn geschat op 50 000 euro, wat overeenkomt met 1000 uren.

## 7.2. Baten

Het totale investeringsbedrag wordt geraamd op 450 000 euro. Het rendement van de investering hangt af van de baat van die implementatie. Deze volgt uit een stopzetting van weekendwerk.

Momenteel bestaat het weekendwerk uit twee shiften van 12 uur met telkens één laminator. Omdat maar één laminator rollen produceert, werken er twee operatoren per shift. Afschaffing van het weekendwerk bespaart twee keer twee operatoren. Vier operatoren minder per jaar is een besparing van 240 000 euro loonkost.

## 7.3. Conclusie

### 7.3.1. Payback

Nitto Belgium hanteert een payback periode van 3 jaar voor investeringen. Tabel 7 geeft de berekening van de payback periode weer aan de hand van een investering van 450 000 euro en een besparing van 240 000 euro.

**Tabel 7: Payback**

	Payback								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Investering	-450000								
Cashflow		240000	240000	240000	240000	240000	240000	240000	240000
	-450000	240000	240000	240000	240000	240000	240000	240000	240000
Payback	-450000	-210000	30000	270000	510000	750000	990000	1230000	1470000
			1,9						

De bekomen payback bedraagt 1,9 jaar en ligt onder de opgelegde 3 jaar.

### 7.3.2. Net Present Value

De NPV bepaalt de rentabiliteit van de investering rekeninghoudend met de tijdswaarde van geld. De waarde van een geldsom nu en over een aantal jaar verandert mee met de economie. Een bijhorende discontering werkt het verschil in waarde tussen nu en binnen enkele jaren weg. Nitto Belgium disconteert op 7%. De afschrijving van de investering gebeurt over 8 jaar. De NPV-tabel houdt ook rekening met het belastbare deel. Alle waarden zijn in euro.

**Tabel 8 geeft de berekeningen weer.**

NPV ( Net Present Value)									
Jaar	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Investing	-450000								
Cashflow (besparing)		240000	240000	240000	240000	240000	240000	240000	240000
	-450000	240000	240000	240000	240000	240000	240000	240000	240000
Afschrijving		-56250	-56250	-56250	-56250	-56250	-56250	-56250	-56250
Belaste deel		183750	183750	183750	183750	183750	183750	183750	183750
Belastingen (33,99%)		-62456,6	-62456,6	-62456,63	-62456,6	-62456,6	-62456,6	-62456,6	-62456,625
Werkingskosten (schatting)		-10000	-10000	-10000	-10000	-10000	-10000	-10000	-10000
		167543,4	167543,4	167543,38	167543,4	167543,4	167543,4	167543,4	167543,375
Disconteren op 7%	1	0,935	0,873	0,816	0,763	0,713	0,666	0,623	0,582
PV (Present Value)	-450000	156653,1	146265,4	136715,39	127835,6	119458,4	111583,9	104379,5	97510,24425
NPV ( Net Present Value)		550401,4921							

De Net Present Value bedraagt 550 401 euro. Een investering is rendabel bij een NPV groter dan 0 euro. Bovenstaande investering voldoet dus volgens de NPV.

## 8. Besluit

Een tijdsanalyse geeft theoretische de outputverhogingsmogelijkheid van een automatisatieunit weer. De automatisatie van het handmatige verpakkingsproces verlaagt de taktijd met 1 min en 30 sec. Toegepast op de huidige werksituatie resulteert dit in outputtaktijd van 3 min 52 sec. Dit komt overeen met 309 dozen per dag, wat voldoet aan de opgelegde outputeisen voor stopzetting van het weekendwerk. De 3 min en 52 seconde vormt daarom de minimaal vereiste taktijd van de thesis.

Daarna is de eerst versie van concept uitgewerkt, rekening houdend met veiligheid, plaats, snelheid en efficiëntie. Een 3D-model van dit concept geeft in een robotsimulatie een benadering van de haalbare taktijd van de verpakkingsunit. De simulatie kwam uit op een tijd van maximum 2 min 30 seconden. De unit haalt de minimaal vereiste taktijd dus ruim. De theoretische verhoging van de output van 250 dozen naar 309 dozen per dag, genoeg voor de stopzetting van het weekendwerk, wordt hierdoor mogelijk met de automatisatieunit.

Een businesscase is opgesteld aan de hand van opgevraagde offertes en inschattingen op basis van expertise van Nitto Belgium engineering. De besparing van de automatisatie volgt uit een stopzetting van het weekendwerk. In de businesscase resulteert dit in een payback van 1,9 jaar en een NPV van 550 000 euro. De voorstudie is afgerond en vormt een goede basis voor een budgetaanvraag. Voor de werkelijke implementatie van het project, is een verdere uitwerking van het concept door Nitto Belgium nodig.

De Snelheid van de verpakkingsunit maakt een toekomstige outputverhoging mogelijk. Een extra studie naar de rest van de productielijn is nodig.






## Literatuurlijst

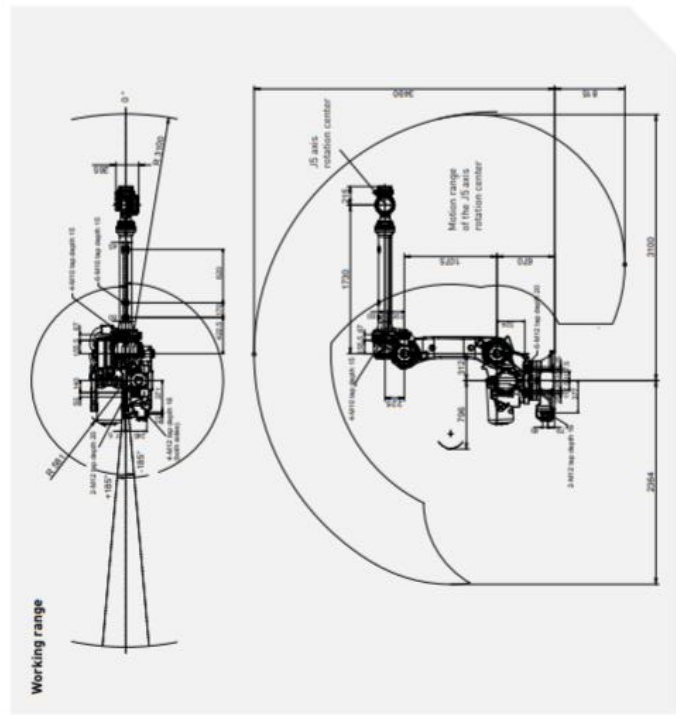
- [1] Nitto Belgium, „Opstart MP-EM+ENE Voorstellen,” [Online]. Available: [https://p.cygnus.cc.kuleuven.be/webapps/blackboard/content/listContent.jsp?course\\_id=\\_501844\\_1&content\\_id=\\_218662](https://p.cygnus.cc.kuleuven.be/webapps/blackboard/content/listContent.jsp?course_id=_501844_1&content_id=_218662). [Geopend 25 September 2018].
- [2] Nitto Belgium, „Nitto Belgium NV - Profile,” [Online]. Available: [https://www.nitto.com/eu/en/about\\_us/corporate/group/europe/ne/](https://www.nitto.com/eu/en/about_us/corporate/group/europe/ne/). [Geopend 25 September 2018].
- [3] J. Theunissen en J. Leten, Interviewees, *Kennismaking huidig productie- en verpakkingsproces*. [Interview]. 3 Oktober 2018.
- [4] P. Mertens, Interviewee, *Meeting productmanager*. [Interview]. 24 Oktober 2018.
- [5] Pro-Engineering, „proengineeringinc.net/,” [Online]. Available: <http://www.proengineeringinc.net/>. [Geopend 7 11 2018].
- [6] proengineeringcoltd, „PE-998T Automatic Tray Folding & Locking Machine.mpg,” Thailand, 2012.
- [7] Meca-Systeme, „MECA SYSTEME,” [Online]. Available: <http://www.meca-systeme.com>. [Geopend 7 11 2018].
- [8] Meca-systeme, „Compact self locking tray erector,” Amerika, 2016.
- [9] Meca-Systeme, „Self Locking Tray Erector,” [Online]. Available: [http://www.meca-systeme.com/documentation-10\\_en-self-locking-erectors-multiformat.pdf](http://www.meca-systeme.com/documentation-10_en-self-locking-erectors-multiformat.pdf). [Geopend 7 11 2018].
- [10] Delkor Systems, Inc, „Single-Source Pckaging Equipment Solutions,” Delkor Systems, [Online]. Available: <https://www.delkorsystems.com/packaging-equipment>. [Geopend 7 11 2018].
- [11] Delkor Systems Inc., „Case Erector Machine | Form Cartons, Cases, & Trays!,” Amerika, 2018.
- [12] Becker Gruppe, „Becker Gruppe,” [Online]. Available: <https://beckergruppe.de/>. [Geopend 7 11 2018].
- [13] StanTech, „About us,” 2013. [Online]. Available: <http://www.stantech.rs/en/o-nama>. [Geopend 11 11 2018].
- [14] StanTech Packaging Machines, „Random Robotic Tray Former,” Atlanta, 2016.
- [15] Independence Industrial Products, „Independence Industrial Products,” [Online]. Available: <http://www.iip423.com/>. [Geopend 11 11 2018].
- [16] A. Zamaria, „www.iip423.com - Hamrick Tri-Pak Case Erector, Case Packer, Case Closer,” 2009.
- [17] Fanuc, „The factory automation company,” Fanuc, [Online]. Available: <https://www.fanuc.eu/be/nl>. [Geopend 21 11 2018].
- [18] Fanuc America Corporation, „End-of-Line Robotic Case Packer & Palletizer - Schneider Packaging,” 2016.
- [19] SWS Packaging, „Combi RCE Robotic Random Case Erector installed by SWS Packaging,” 2017.
- [20] Stretch Wrap Systems, „Expert technicians, all encompassing service & robust equipment,” 2018. [Online]. Available: <https://swspackaging.com/about/>. [Geopend 30 11 2018].
- [21] MayTec Aluminium Systemtechnik GmbH, „MayTes,” [Online]. Available: <http://maytec.com.de/index.php?id=14&L=0/index.php>. [Geopend 1 12 2018].
- [22] mf Fördertechnik GmbH, „mf Fördertechnik GmbH Fördenbänder und Anlagenbau,” [Online]. Available: <https://www.mf-foerdertechnik.de/>. [Geopend 1 12 2018].

- [23] Arnott Conveyors Limited, „arottconveyers,” [Online]. Available: <http://www.arnott-conveyors.co.uk/powerd-roller-conveyor.html>. [Geopend 1 12 2018].
- [24] Hytrol Conveyor Company, Inc, „HYTROL,” 2018. [Online]. Available: <https://hytrol.com/>. [Geopend 4 12 2018].
- [25] Icon engineering, „90 Degree Powered Roller Conveyor,” 2018. [Online]. Available: <https://icon-eng.co.uk/products/90-degree-powered-roller-conveyors?variant=957238345748>. [Geopend 4 12 2018].
- [26] Premier Tech Chronos, „90-Degree Pallet Transfer Conveyor for pallet of boxes,” Duitsland, 2015.
- [27] Intralox, „ARB 90-Degree Transfers,” Intralox, 2018. [Online]. Available: <http://www.intralox.com/90-degree-transfers.aspx>. [Geopend 5 12 2018].
- [28] BIOSA Motion Technologies SA de CV, „BIOSA,” 2017. [Online]. Available: <http://www.biosa.mx/portfolio/dorner-conveyors/>. [Geopend 5 12 2018].
- [29] Positech Corporation, „PosiTech corporation,” 2018. [Online]. Available: <https://positech.com/>. [Geopend 5 12 2018].
- [30] Ase Systems, „Battery Powered Roll Lifter, Tilter, Rotator,” 2016. [Online]. Available: <http://www.asesystems.com/expanding-mandrel-id-gripping/?fbclid=IwAR0ct6Q-XXQ0Xu1twjZRe6einTUfVZzOVLVcu2D75UAKfavWsScTgC3aICs>. [Geopend 5 12 2018].
- [31] Direct industry, „Pneumatic rope balancer with pneumatic gripping mandrel for reels,” 2018. [Online]. Available: <http://trends.directindustry.com/manibo/project-28446-134019.html>. [Geopend 9 12 2018].
- [32] Destaco, „PPC SERIES,” [Online]. Available: <https://media.destaco.com/assetbank-destaco/assetfile/2542.pdf>. [Geopend 9 12 2018].
- [33] Vansichen Lineartechniek bvba, „VANSICHEN LINEAR TECHNOLOGY,” [Online]. Available: <https://vansichen.be/>. [Geopend 9 12 2018].
- [34] Hiwin GmbH, „Herzlich Willkommen bei HIWIN,” [Online]. Available: <https://www.hiwin.de/de/index.html>. [Geopend 9 12 2018].
- [35] Hepcomotion, „HDS2 Heavy Duty Linear Guide,” 2018. [Online]. [Geopend 9 12 2018].
- [36] Lantech, „It's About The Case,” [Online]. Available: [file:///C:/Users/Maikel%20Clauwers/Downloads/Uitleg\\_Werking\\_Buffer\\_Wand.pdf](file:///C:/Users/Maikel%20Clauwers/Downloads/Uitleg_Werking_Buffer_Wand.pdf). [Geopend 15 3 2018].

# Bijlagen

A)

R-2000iC/125L (Long arm)																			
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Max. load capacity at wrist: <b>125 kg</b></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Max. reach: <b>3100 mm</b></p> </div> </div>																			
Controlled axes	Repeatability (mm)	Mechanical weight (kg)	Motion range [°]						Maximum speed [°/s]										
			J1	J2	J3	J4	J5	J6	J1	J2	J3	J4	J5	J6					
6	± 0.05*	1115	370	136	301	720	720	250	720	130	115	125	180	180	260	710/72	710/72	J5 Moment/Inertia (Nm/kgm <sup>2</sup> )	J6 Moment/Inertia (Nm/kgm <sup>2</sup> )
																		355/40	



- Robot**
- Robot footprint [mm] 771 X 610
- Mounting position Floor
- Mounting position Upside down
- Mounting position Angle
- Controller**
- Open air cabinet R30iB Plus
- Mate cabinet
- A-cabinet
- B-cabinet
- Pendant Touch
- Electrical connections**
- Voltage 50/60Hz 3phase [V] 380-575
- Voltage 50/60Hz 1 phase [V] -
- Average power consumption [kW] 2.5
- Integrated services**
- Integrated signals on upper arm In/Out 8/8
- Integrated air supply 2
- Environment**
- Acoustic noise level [dB] 70.5
- Ambient temperature [° C] 0-45
- Protection**
- Body standard/optional IP54/IP56
- Wrist & J3 arm standard/optional IP67

MDS-00048-EN Technical information subject to change without prior notice. All rights reserved. ©2017 FANUC Europe Corporation. \*Based on ISO9283

B)

**For proposal only**    **Nur für Angebotszwecke**    **Other frame sizes on Request**  
**Modifications on request**    **Änderungen auf Anfrage**    **Weitere Rahmengrößen auf Anfrage**

<b>Antalis Nitto</b>		Material: 1:20		Scale: (1:1)	
Allgemeintoleranz nach ISO 2768 - mK		Modellierung: KZV-311-18		Drawing No.: 190320cg1	
Date: 20.03.18		Date: 20.03.18		Date: 20.03.18	
Author: [Name]		Author: [Name]		Author: [Name]	
Check: [Name]		Check: [Name]		Check: [Name]	
Drawn: [Name]		Drawn: [Name]		Drawn: [Name]	
Title: [Name]		Title: [Name]		Title: [Name]	
Date: [Date]		Date: [Date]		Date: [Date]	
Scale: [Scale]		Scale: [Scale]		Scale: [Scale]	
Sheet: [Sheet]		Sheet: [Sheet]		Sheet: [Sheet]	
Part: [Part]		Part: [Part]		Part: [Part]	
Project: [Project]		Project: [Project]		Project: [Project]	
Customer: [Customer]		Customer: [Customer]		Customer: [Customer]	
Company: [Company]		Company: [Company]		Company: [Company]	
Address: [Address]		Address: [Address]		Address: [Address]	
City: [City]		City: [City]		City: [City]	
Country: [Country]		Country: [Country]		Country: [Country]	
Phone: [Phone]		Phone: [Phone]		Phone: [Phone]	
Fax: [Fax]		Fax: [Fax]		Fax: [Fax]	
E-Mail: [E-Mail]		E-Mail: [E-Mail]		E-Mail: [E-Mail]	
Web: [Web]		Web: [Web]		Web: [Web]	
Logo: [Logo]		Logo: [Logo]		Logo: [Logo]	