

2013•2014
FACULTEIT INDUSTRIËLE INGENIEURSWETENSCHAPPEN
master in de industriële wetenschappen: elektromechanica

Masterproef

Studie van een verwerkingsinstallatie voor palletkisten met bijhorende mobiele orderpicker

Promotor :
ing. Joseph THEUNISSEN

Promotor :
Dhr. MARC VALKENEERS
Dhr. ERWIN BEX

Rune Slingers , Toon Schoofs

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

Gezamenlijke opleiding Universiteit Hasselt en KU Leuven

2013•2014

Faculteit Industriële

ingenieurswetenschappen

master in de industriële wetenschappen: elektromechanica

Masterproef

Studie van een verwerkingsinstallatie voor palletkisten
met bijhorende mobiele orderpicker

Promotor :
ing. Joseph THEUNISSEN

Promotor :
Dhr. MARC VALKENEERS
Dhr. ERWIN BEX

Rune Slingers , Toon Schoofs

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

Voorwoord

Dit is de scriptie van onze masterproef “Studie van een verwerkingsinstallatie voor palletkisten met bijhorende mobiele orderpicker”. De masterproef vond plaats bij SKF Logistics Services Belgium NV te Tongeren.

Wij willen graag een dankwoord uitbrengen. In eerste plaats aan de heer Erwin Bex voor de goede samenwerking. Aan de heer Marc Valkeneers die ons deze kans gaf en de heer Jos Theunissen voor de goede opvolging. Ook de bereidwillige medewerking van de werknemers zorgde ervoor dat we deze masterproef tot een goed einde brachten.

Ten slotte vermelden we ook graag de heer Jeroen Lievens, docent communicatie.

Inhoud

Voorwoord	1
Inhoud	3
Figurenlijst.....	7
Verklarende woordenlijst	9
Abstract	11
Summary	13
1 Inleiding.....	15
1.1 Situering	15
1.2 Probleemdefinitie	18
1.3 Doelstellingen.....	20
1.4 Materiaal en Methode.....	21
2 Huidige installatie.....	23
2.1 Procesflow	23
2.2 Plattegrond.....	24
2.3 Transportbaanindeling.....	25
2.4 Tijdsinformatie van de huidige BOP-installatie	26
2.4.1 Taktijd	26
2.4.2 Invoer.....	26
2.4.3 Verwerking.....	27
2.4.4 Uitvoer.....	28
3 Nieuwe installatie.....	31
3.1 Eisenpakket	31
3.2 Onderzoek naar de uitvoermogelijkheden.....	33
3.3 Morfologisch overzicht	35
3.3.1 BOP-installatie	35
3.3.2 MOP-toestel.....	45
3.4 Vergelijking van de BOP-installatieplattegronden.....	48
3.4.1 Plattegrond A.....	48
3.4.2 Plattegrond B.....	49
3.4.3 Plattegrond C.....	50
3.4.4 Plattegrond D.....	51
3.4.5 Plattegrond E	52
3.4.6 Keuzecriteria van de plattegronden	53
3.4.7 De keuze	57
4 Voorgestelde BOP-installatie.....	59
4.1 Werking BOP-installatie	60
4.1.1 Invoer.....	60
4.1.2 Paktafels	61
4.1.3 Uitvoer, afkeur & P-pallettendoorvoer.....	62
4.1.4 Leegpallettenmagazijn.....	64
4.2 Transportbanen	64

4.2.1	Algemeen.....	64
4.2.2	Transportbaanindeling.....	66
4.2.3	Doorlooptijd	68
5	Voorgesteld MOP-toestel.....	69
5.1	Werking.....	69
5.2	Zwaartepunt van het MOP-toestel.....	72
5.2.1	Huidig MOP-toestel.....	72
5.2.2	Voorgesteld MOP-toestel	73
6	Energieanalyse	75
6.1	Huidige installatie.....	75
6.2	Voorgesteld ontwerp	77
6.3	Vergelijking.....	79
6.4	MOP-toestel.....	80
7	Kosten- batenanalyse	81
7.1	Kostprijs van het voorgesteld ontwerp.....	81
7.2	De batenanalyse.....	82
7.3	Terugverdientijd	84
8	Ombouwplanning	85
8.1	Planningsschema:	85
8.2	Stappen	86
9	Verbeteringen aan de huidige installatie.....	93
9.1	Plattegronden.....	94
9.1.1	Plattegrond X.....	94
9.1.2	Plattegrond Y.....	95
9.2	Vergelijking met de huidige installatie.....	96
9.3	Kosten-batenanalyse.....	97
10	Vergelijking tussen de nieuwe installatie en de verbeterde installatie.....	101
	Besluit	103
	Bibliografie.....	105

Lijst van tabellen

Tabel 1: de transportbaanindeling.	25
Tabel 2: de statistische gegevens van de afzetfrequentie.	26
Tabel 3: de statistische gegevens van de verwerking.	27
Tabel 4: de statistische gegevens van het wegbrengen.	28
Tabel 5: de statistische gegevens van de heftruckritten.	29
Tabel 6: het eisenpakket.	31
Tabel 7: morfologisch overzicht BOP.	35
Tabel 8: morfologisch overzicht MOP.	45
Tabel 9: de plattegrond scores.	53
Tabel 10: de transportbaanindeling.	67
Tabel 11: het huidig energieverbruik van een normale palletkist.	76
Tabel 12: het huidig energieverbruik van een P-pallet.	76
Tabel 13: het energieverbruik van palletkisten naar DA-zone in het voorgesteld ontwerp.	78
Tabel 14: het energieverbruik van palletkisten naar CON H in het voorgesteld ontwerp.	78
Tabel 15: het energieverbruik van de P-palletten in het voorgesteld ontwerp.	79
Tabel 16: de kostprijzen volledig nieuw ontwerp.	81
Tabel 17: de kosten-batenanalyse van het volledig nieuw ontwerp.	82
Tabel 18: de kosten-batenanalyse van het volledig nieuw ontwerp, vervolg.	83
Tabel 19: de kosten-batenanalyse van het volledig nieuw ontwerp, vervolg.	84
Tabel 20: de terugverdientijd van het volledig nieuw ontwerp.	84
Tabel 21: het planningsschema.	85
Tabel 22: de kosten-batenanalyse van de extra opdracht.	97
Tabel 23: de kosten-batenanalyse van de extra opdracht, vervolg.	98
Tabel 24: de terugverdientijd van de extra opdracht.	99

Figurenlijst

Figuur 1: één van de drie huidige BOP-installatie.	15
Figuur 2: een mobiele orderpicker met een MOP-toestel voor palletkisten.	16
Figuur 3: de palletkisten met 1 of 2 kragen.	16
Figuur 4: de speciale verpakkingen.	16
Figuur 5: het orderpickmagazijn.	17
Figuur 6: een volle uitvoerbuffer.	18
Figuur 7: een volle invoerbuffer.	18
Figuur 8: een lege palletkist opladen.	19
Figuur 9: de DA-zones.	19
Figuur 10: de flowchart van de huidige situatie.	22
Figuur 11: de plattegrond van de huidige installatie.	24
Figuur 12: de transportbaanindeling van de huidige installatie.	25
Figuur 13: de afzetfrequentie.	26
Figuur 14: de verwerkingsfrequentie.	27
Figuur 15: de wegbrengfrequentie van de BOP naar de DA-zone.	28
Figuur 16: de wegbrengfrequentie per rit van de BOP naar de DA-zone.	29
Figuur 17: de invoerbuffer.	39
Figuur 18: de uitvoerbuffer.	39
Figuur 19: de afkeurbuffer.	40
Figuur 20: de P-pallettenbuffer.	40
Figuur 21: de paktafel aan- en afvoer.	40
Figuur 22: plattegrond A.	48
Figuur 23: plattegrond B.	Error! Bookmark not defined.
Figuur 24: plattegrond C.	50
Figuur 25: plattegrond D.	51
Figuur 26: plattegrond E.	52
Figuur 27: de afmetingen van de voorgestelde BOP-installatie.	59
Figuur 28: de verschillende onderdelen van de voorgestelde BOP-installatie.	60
Figuur 29: de afzetposities, de invoerbuffer en de paktafels.	60
Figuur 30: de uitvoer, de afkeur & de P-pallettendoorvoer.	62
Figuur 31: een schets van de conveyor door de plafondconstructie.	63
Figuur 32: een schets van de conveyor verbonden met de lift van CON H.	63
Figuur 33: het leegpallettenmagazijn.	64
Figuur 34: de transportbaanindeling van het voorgesteld ontwerp.	66
Figuur 35: het voorgesteld MOP-toestel, perspectief.	69
Figuur 36: het voorgesteld MOP-toestel, aanzichten.	70
Figuur 37: één van de vier weegsensoren op het MOP-toestel.	71
Figuur 38: het zwaartepunt van het huidig MOP-toestel.	72
Figuur 39: de berekende route van de huidige installatie.	75
Figuur 40: de berekende route het voorgesteld ontwerp.	77
Figuur 41: het ombouwplan, de beginsituatie.	86
Figuur 42: het ombouwplan, stap 1.	86
Figuur 43: het ombouwplan, stap 2.	87
Figuur 44: het ombouwplan, stap 3.	87
Figuur 45: het ombouwplan, stap 4.	88

Figuur 46: het ombouwplan, stap 5.	89
Figuur 47: het ombouwplan stap 6.	89
Figuur 48: het ombouwplan, stap 7.	90
Figuur 49: het ombouwplan, stap 8.	90
Figuur 50: het ombouwplan, stap9.	91
Figuur 51: de plattegrond X.	94
Figuur 52: de plattegrond Y.	95
Figuur 53: de besparing per maand vergelijking van plattegrond X en plattegrond Y.	99
Figuur 54: de besparing per maand vergelijking van plattegrond Y en de nieuwe installatie.....	101

Verklarende woordenlijst

BOP:	Big Order Packaging, dit is de verwerkingsinstallatie voor palletkisten van + 17 kg.
SOP:	Small Order Packaging, dit is de verwerkingsinstallatie voor orders in dozen met een gewicht tot 17 kg.
Sorter:	de sorteerinstallatie voor de SOP.
MOP1:	Mobile Order Picker, dit is een orderpicktruck met een speciaal ontworpen toestel, dat op de vorken is bevestigd, om met dozen te werken.
MOP2:	Mobile Order Picker, dit is een orderpicktruck met een speciaal ontworpen toestel, dat op de vorken is bevestigd, om met palletten te werken.
DA-zone:	Dispatching Area, dit is de zone waar afgewerkte palletkisten gestockeerd worden totdat ze in vrachtwagens geladen worden.
CON H:	CONveyor Hub, dit is een conveyor die palletkisten van en naar het HUB gebouw brengt.
HPP:	Heavy Picking Packtable, hier verwerken ze producten die zwaarder zijn dan 17 kg met behulp van een takel.
Orderpickers:	arbeiders die de palletkisten verzamelen vanop hun MOP-toestel.
Orderpickmagazijn:	het magazijn waarin de orderpickers de palletkist vult met producten.
Scandata:	dit is tijdsinformatie afkomstig van de barcodescanners.
P-pallet:	dit is een palletkist, afkomstig van de heavy picking packtable, die nog verder verzamelt moet worden in het orderpickmagazijn.
Replenish truck:	een smallegangtruck die gebruikt wordt om het orderpickmagazijn bij te vullen.

Abstract

SKF Logistics Services Belgium NV in Tongeren wil onderzoeken of een nieuwe verwerkingsinstallatie voor de palletkisten winstgevend is. De oude installatie heeft verschillende bottlenecks. Deze masterproef is een studie naar een volledig nieuwe verwerkingsinstallatie die efficiënter en goedkoper werkt. Deze studie bevat een uitgewerkt concept, een energieanalyse, een kosten-batenanalyse en een ombouwplanning. Bijkomend is er ook onderzoek gedaan naar mogelijke verbeteringen aan de huidige installatie.

Eerst werd de huidige installatie grondig onderzocht en werden de verschillende flows in kaart gebracht. Voor de problemen die uit dit onderzoek bleken werden meerdere oplossingen uitgewerkt. Na grondig vergelijken en simuleren is het efficiëntste concept gekozen om verder uit te werken. Daarna is de energieanalyse, de kosten-batenanalyse en de ombouwplanning gemaakt. Het bijkomend onderzoek is apart gebeurd met een eigen kosten-batenanalyse.

Het uitgewerkt concept is energetisch geanalyseerd waaruit blijkt dat het energieverbruik verdubbelt tot 20 MW/jaar. Wat neer komt op een stijging van 732 euro/jaar. De kostprijs van het uitgewerkt concept is geschat op 1.420.000 euro, terwijl de besparing 405.000 euro/jaar bedraagt. Wat neerkomt op een terugverdientijd 3,6 jaar. De ombouwplanning beslaat een periode van 8 weken. Een “kleine” verbetering van de huidige installatie leidt tot een besparing van 235.000 euro/jaar. Deze aanpassing kost ongeveer 300.000 euro, waardoor de terugverdientijd 1,3 jaar is.

Summary

SKF Logistics Services Belgium NV in Tongeren wants to investigate if it's profitable to install a new processing unit for the SKF pallet crates. The old system has several bottlenecks that make the process inefficient. This master's thesis is a study of a completely new processing unit that is more efficient and cheaper to operate. It contains a detailed concept, an energy analysis, a cost-benefit analysis and a conversion plan. Additionally, possible improvements to the current system have also been researched.

First, the current system was thoroughly examined and the various flows were mapped. Then different solutions were made for all the problems. This resulted in many different concepts. Eventually, after a detailed comparison and simulation, the best concept was chosen. Subsequently, the energy analysis, the cost-benefit analysis and the conversion planning were made. The additional research for improvements to the current system is done separately with its own cost-benefit analysis.

The developed concept has an estimated energy consumption of 20 MW / year. The energy cost increases by 732 euros / year. The total cost of the developed concept is estimated at 1,420,000 euros and the savings are estimated at 405,000 euros / year. This ensures a payback period of 3.6 years. The conversion plan covers a period of 15 weeks with mostly work during the weekends. The additional research has shown that linking the three outputs for an estimated savings of 235,000 euros / year makes. This adjustment will cost around 300,000 euros. So the payback period is 1.3 years.

1 Inleiding

1.1 Situering

Als masterstudenten industrieel ingenieur elektromechanica kregen wij de mogelijkheid om deze studie als masterproef uit te voeren in samenwerking met SKF Logistics Services Belgium NV in Tongeren.

SKF is wereldleider in de lagertechnologie en produceert onder andere lagers, lagerhuizen, afdichtingen, actuatoren, smeersystemen en lineair motion systemen. SKF Logistics Services staat in voor de wereldwijde verdeling van deze producten. Wereldwijd biedt het werk aan meer dan 1200 mensen. De site in Tongeren is het Europese distributiecentrum. Hier worden ongeveer 350 personen tewerkgesteld.

SKF Logistics Services Belgium N.V. is een innovatief bedrijf en is steeds opzoek naar de meest efficiënte manier om hun producten te verhandelen. Deze masterproef bestaat erin een efficiëntere verwerkingsinstallatie, Big Order Packaging of BOP (figuur 1) genaamd, en een bijpassende mobiele orderpicker, Mobile Order Picker of MOP (figuur 2) genaamd, te ontwerpen. Hierbij hoort een kosten-batenanalyse, een energieanalyse en een ombouwplanning.



Figuur 1: één van de drie huidige BOP-installatie.

Binnen het distributiecentrum onderscheidt men vier soorten bestellingen:

- Een eerste soort zijn de kleine en lichte producten die in een doos worden verpakt. Bij die bestellingen verzamelen de orderpickers de producten uit het orderpickmagazijn. Ze gebruiken een speciaal ontworpen mobiele orderpicker (MOP1). De orderpickers verzamelen negen bestellingen tegelijk op één MOP-toestel. Daarna zetten ze de dozen af aan de Small Order Packaging installatie (SOP). De operatoren van de SOP-installatie maken de dozen klaar voor transport. Ten slotte brengt een sorteerinstallatie (sorter) de dozen tot aan de juiste palletdoos. Hierin groepeerd een arbeider de dozen alvorens een heftruck ze naar de juiste dispatching area (DA-zone) transporteert. In de DA-zones staan afgewerkte bestellingen per vrachtwagen gestockeerd.
- Een tweede soort bestelling is groter of zwaarder. De meeste van deze bestellingen worden in palletkisten verpakt (figuur 3). Deze palletkist heeft een formaat van een halve europallet met daarop één, twee en soms drie kragen. Ze hebben een maximuml gewicht van 500 kg. Er zijn ook andere verpakkingen mogelijk zoals grote dozen of kleinere houten kistjes (figuur 4). Deze speciale verpakkingen staan ook op een halve europallet. Hierdoor wordt er geen onderscheid gemaakt tussen een speciale verpakking en een palletkist. Voor deze grote of zware bestellingen is ook een speciale mobiele orderpicker (MOP2) ontworpen (figuur 2). Met behulp van dit toestel stelt de orderpicker de bestelling samen in het orderpickmagazijn. Er wordt één palletkist per MOP-toestel gevuld. Vervolgens zet de orderpicker de kist af aan één van de drie Big Order Packaging installaties (BOP). De operator van de BOP-installatie maakt de kist klaar voor transport. Tot slot brengt een heftruck de afgewerkte palletkisten van de BOP-installatie naar de juiste DA-zone of naar de CON H (Conveyor HUB). De CON H is een conveyor die de palletkisten naar het HUB-gebouw brengt.



Figuur 2: een mobiele orderpicker met een MOP-toestel voor palletkisten.



Figuur 3: de palletkisten met 1 of 2 kragen.



Figuur 4: de speciale verpakkingen.

- Een derde soort bestellingen is de heavy-picking. Die producten komen rechtstreeks uit het volautomatisch magazijn, de “hoogbouw”. De operator aan de Heavy Picking Packtable (HPP) plaatst producten zwaarder dan 17 kg in de palletkist met een takel. Een tweede operator maakt de kisten klaar voor transport. Nadien brengt een heftruck de kisten naar de juiste DA-zone of naar CON H.
- De laatste soort bestellingen zijn de P-palletten. Die bestaan uit één of meerdere producten zwaarder dan 17 kg maar ook uit lichte producten uit het orderpickmagazijn. Aan de HPP vult een operator een lege kist met zware producten. Daarna zet een heftruck die palletkist op een BOP-installatie. Een MOP-toestel laadt deze kist op en stelt die palletkist verder samen. Vanaf hier volgt de P-pallet dezelfde weg als de tweede soort bestelling.

Speciale heftrucks (replenish trucks) vullen het orderpickmagazijn (figuur 5) bij. Die toevoer komt uit de hoogbouw waar 7 kranen in totaal 60.000 palletkisten kunnen stockeren.



Figuur 5: het orderpickmagazijn.

1.2 Probleemdefinitie

Bij de huidige installatie zijn er enkele bottlenecks en verschillende vormen van tijdverlies zichtbaar. Deze paragraaf bespreekt ze allemaal apart.

Het grootste probleem is de uitvoer naar de DA-zone. De heftrucks kunnen de palletkisten vaak niet snel genoeg wegbrengen. De uitvoerbuffer komt vol te staan (figuur 6). Deze buffer bevat maar drie plaatsen per BOP-installatie. Als de uitvoerbuffer vol zit, kan de BOP-operator niet verder werken. Vervolgens loopt ook de invoerbuffer vol (figuur 7). Hierdoor kunnen de MOP-toestellen geen palletkisten afzetten op deze BOP-installatie. Er ontstaat een file. In deze situatie zijn er verschillende arbeiders aan het wachten omdat ze hun taak niet kunnen doen. In een ideale situatie werkt elke arbeider aan een normale constante snelheid.



Figuur 6: een volle uitvoerbuffer.



Figuur 7: een volle invoerbuffer.

Tijdverlies treedt op bij het laden van lege palletkisten en lossen van gepickte palletkisten. De MOP-toestellen moeten de laad- en losposities achterwaarts benaderen. Dit is een moeilijk en tijdrovend manoeuvre. Tijdens het laden van een lege palletkist gebeurt dit manoeuvre op de rijweg. Dit hindert het verkeer (figuur 8).



Figuur 8: een lege palletkist opladen.

Inefficiëntie is ook te wijten aan de ontbrekende samenwerking tussen de drie BOP-installaties. Ze staan los van elkaar. Elke BOP heeft zijn eigen lospositie, invoerbuffer, werkpost, uitvoerbuffer en uitvoer. De operator moet afwisselen tussen twee of drie werkposten. De tijd van het afwisselen is puur verlies en moet vermeden worden.

Iedere BOP-installatie heeft één lospositie. Normaal zijn twee BOP-installaties actief waardoor er ook maar twee losposities beschikbaar zijn. De derde BOP-installatie wordt enkel gebruikt bij piekmomenten. Het aantal losposities is dus afhankelijk van het aantal actieve BOP-installaties. Twee tot drie losposities is te weinig om piekmomenten op te vangen. Er ontstaat een file van MOP-toestellen.

Het gewicht van de palletkisten wordt gecontroleerd op de werkpost van de BOP-installatie. Is het gewicht niet correct, zal de kist via de uitvoerbuffer worden afgevoerd. Een heftruckchauffeur zet deze kist op de controletafel. De desbetreffende orderpicker kijkt de palletkist na en corrigeert ze. Iedere fout zorgt ervoor dat de orderpicker en de heftruckchauffeur niet hun normale werk doen.

De heftruck mag maximaal 2 palletkisten vervoeren indien deze naar dezelfde DA-zone (figuur 9) moeten. Het is echter niet mogelijk om palletkisten per twee en per DA-zone te sorteren in de uitvoerbuffer. Hierdoor is het aantal ritten naar de DA-zone niet minimaal. De palletkisten met dezelfde bestemming komen echter niet altijd na elkaar uit de uitvoerbuffer.



Figuur 9: de DA-zones.

1.3 Doelstellingen

De hoofddoelstelling van deze masterproef is een studie doen naar een efficiëntere en dus goedkopere verwerkingsinstallatie (BOP) met bijpassende mobiele orderpicker (MOP). De eisen aan deze installatie zijn:

- gemiddeld 5000 palletkisten verwerken per week (120 werkuren);
- een expreslijn moet aanwezig zijn;
- palletkisten met 1, 2 en 3 kragen alsook de diverse andere verpakkingen moeten verwerkbaar zijn;
- de beschikbare oppervlakte is 28 m bij 42 m (1148 m²), dit is inclusief de DA-zones en de wegstroken, tot een hoogte van 4.5 m is er vrije ruimte beschikbaar, tussen 4.5 m en 6,5 m zijn er obstakels aanwezig zoals verlichting, ventilatie, elektriciteitsgoten en stalen draagconstructies;
- het bijpassende MOP-toestel moet veilig te bedienen zijn en het laden en lossen moet veilig en snel gebeuren.

Dit project bestrijkt verschillende flows binnen de hal. De eerste flow is die van de MOP-toestellen. Vanaf het moment dat de MOP-toestellen uit het orderpickmagazijn komen tot ze er terug inrijden, met uitzondering van de batterijwissel. De tweede flow zijn de heftrucks. Die staan in voor het wegbrengen van de palletkisten afkomstig van de BOP-installatie en de heavy picking packtable, met uitzondering van de batterijwissel. Een derde flow is die van de palletkist zelf. Hierin zit het laadstation van de lege palletkisten en P-palletten, de BOP-installatie, de afkeurverwerking en de DA-zones.

Deelstellingen van dit project zijn:

- een energieanalyse,
- een kosten-batenanalyse,
- een ombouwplanning maken van de nieuwe installatie.

Een extra opdracht is een studie naar het aanpassen van de huidige BOP-installatie om een efficiënte werking te verkrijgen. Hierbij hoort ook een kosten-batenanalyse.

1.4 Materiaal en Methode

Met behulp van het boek "Methodische ontwerpen Volgens H.H. van den Kroonenberg van F.J. Siers" is een stappenplan opgesteld.

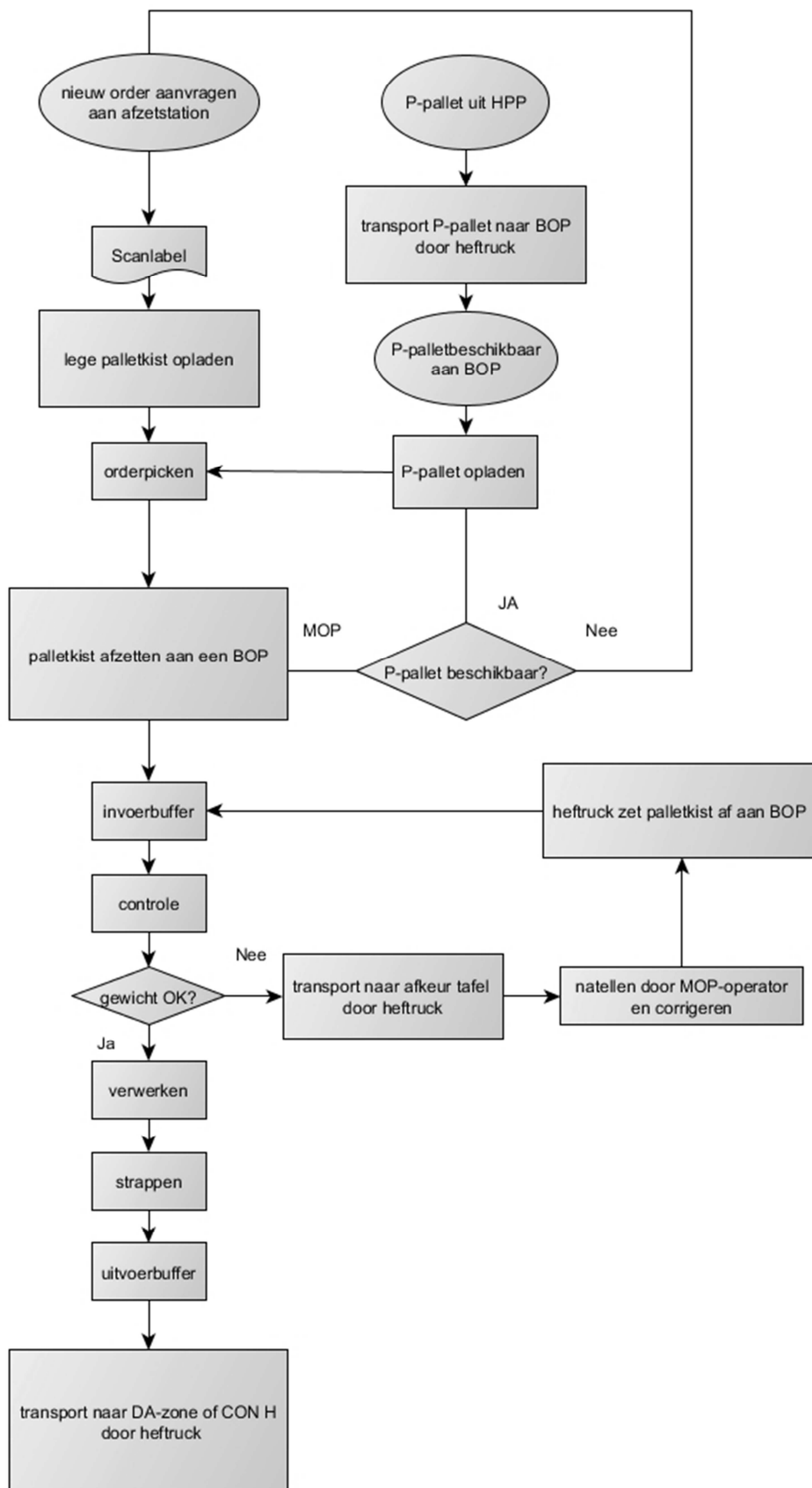
1. onderzoeken van huidige situatie;
2. kennis opdoen van nieuwe technologieën in deze industrie;
3. het eisenpakket opstellen;
4. functies bepalen van het MOP-toestel en de BOP-installatie;
5. het morfologisch overzicht van zowel de BOP-installatie als MOP-toestel opstellen;
6. mogelijke halindelingen onderzoeken en simuleren;
7. het beste concept kiezen;
8. dat concept verder uitwerken;
9. energieanalyse opstellen;
10. kosten-batenanalyse opstellen;
11. ombouwplanning opstellen.

Om een beter inzicht te krijgen in de huidige situatie zijn er scandata beschikbaar. Dit is tijdsinformatie van verschillende punten in de flow van de palletkisten. Die informatie is ook nuttig in simulaties van het nieuwe ontwerp.

EMPACK BRUSSELS 2013 en TRANSPORT & LOGISTICS ANTWERP 2013 zijn bezocht om kennis op te doen op vlak van nieuwe technologieën in de verpakking industrie. Echter was er niets specifiek toepasbaar in dit project.

Mogelijke halindelingen worden onderzocht door middel van schetsen, simulaties en meetings met Erwin Bex, Mark Valkeneers en de warehouse managers. Uiteindelijk wordt één halindeling gekozen en uitgewerkt.

Vervolgens wordt een energieanalyse en een kosten-batenanalyse opgesteld. Hierin wordt de huidige installatie vergeleken met het nieuwe ontwerp. Ten slotte wordt er een ombouwplanning gemaakt. Die bevat het stappenplan om van de huidige installatie over te schakelen op het nieuw ontwerp. Tijdens het ombouwen is het belangrijk dat er zo weinig mogelijk productieverlies is.



Figuur 10: de flowchart van de huidige situatie.

2 Huidige installatie

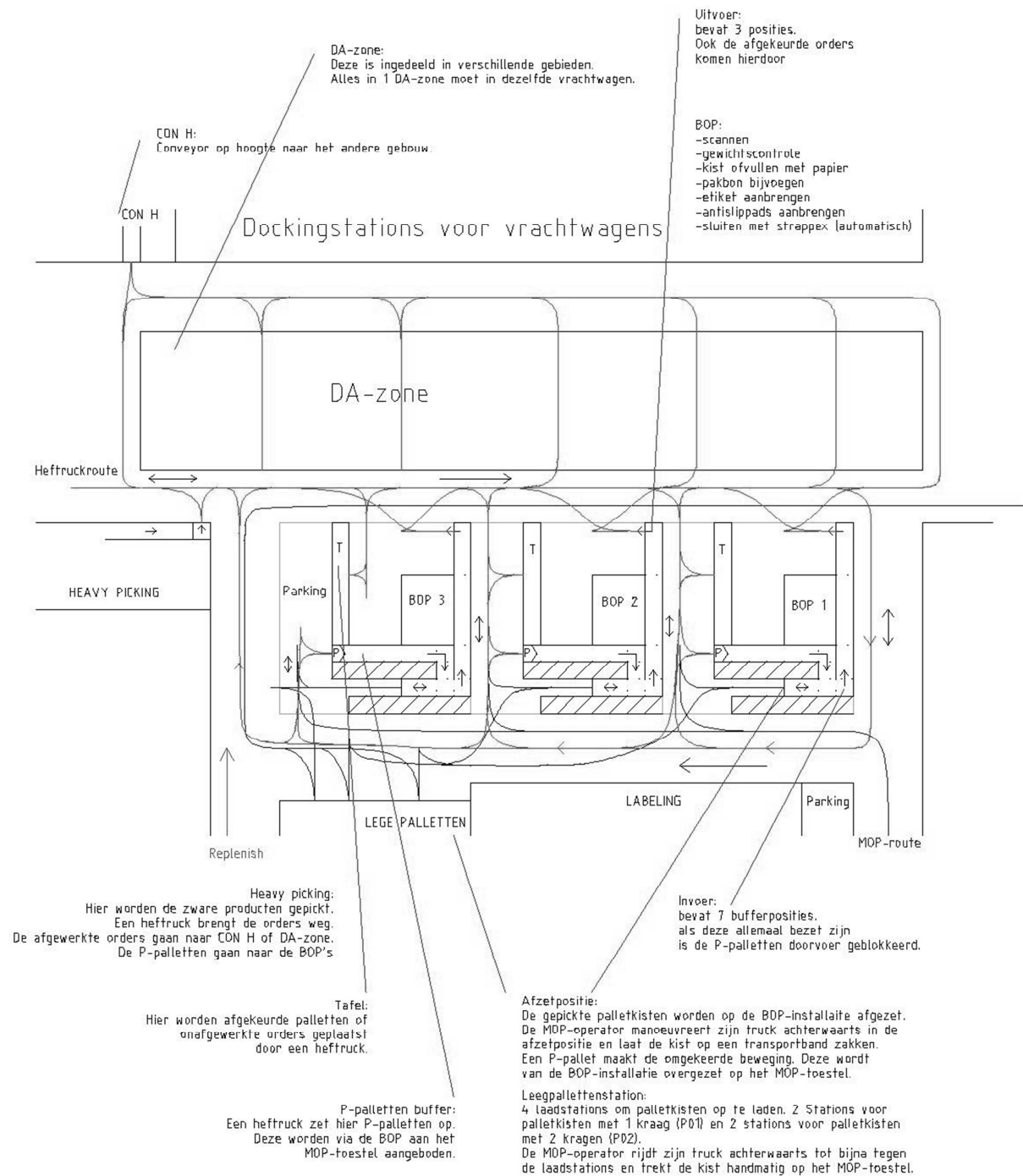
2.1 Procesflow

De procesflow van het huidig systeem staat weergegeven in figuur 10 op de voorgaande bladzijde. Aan het afzetstation van de BOP-installatie vraagt de MOP-operator een nieuwe pickopdracht aan in de vorm van een scanlabel. Hij scant het label. Het scherm op het MOP-toestel geeft het verpakkingstype aan. Met dit gegeven rijdt hij naar het leegpallettenstation of naar de speciale verpakkingen. Hij laadt het juiste type verpakking op en rijdt naar het orderpickmagazijn om de palletkist te verzamelen. Is er een P-pallet beschikbaar aan het afzetstation dan laadt hij deze op in plaats van een nieuwe pickopdracht aan te vragen. De P-pallet is afkomstig van de heavy picking. Een heftruck plaatst ze op de BOP-installatie om zo terecht te komen aan het afzetstation. De MOP-operator vervolledigt de palletkist in het orderpickmagazijn. Als de palletkist compleet is, wordt ze op een afzetstation van een BOP-installatie geplaatst. Dit proces herhaalt zich steeds opnieuw.

Op de BOP-installatie doorloopt de gevulde palletkist de invoerbuffer om vervolgens op de paktafel aan te komen. Eerst wordt er een gewichtscontrolle gedaan om de inhoud te controleren. Klopt dit niet dan wordt de palletkist naar de uitvoerbuffer gestuurd. Een heftruckchauffeur plaatst ze op de controletafel. De desbetreffende orderpicker wordt op de hoogte gebracht van zijn afgekeurde palletkist. Hij telt ze na en herstelt zijn fout. Hierna zet de heftruckchauffeur die kist terug op de BOP via de P-palettentransportbaan. Is het gewicht van een palletkist wel in orde, wordt de palletkist verder afgewerkt (etiket nieten, antislip-pads aanbrengen, ...). De kist gaat naar de strapexmachine en wordt gesloten. De palletkist komt vervolgens in de uitvoerbuffer. Een heftruck brengt de palletkist naar de DA-zone of naar de CON H.

2.2 Plattegrond

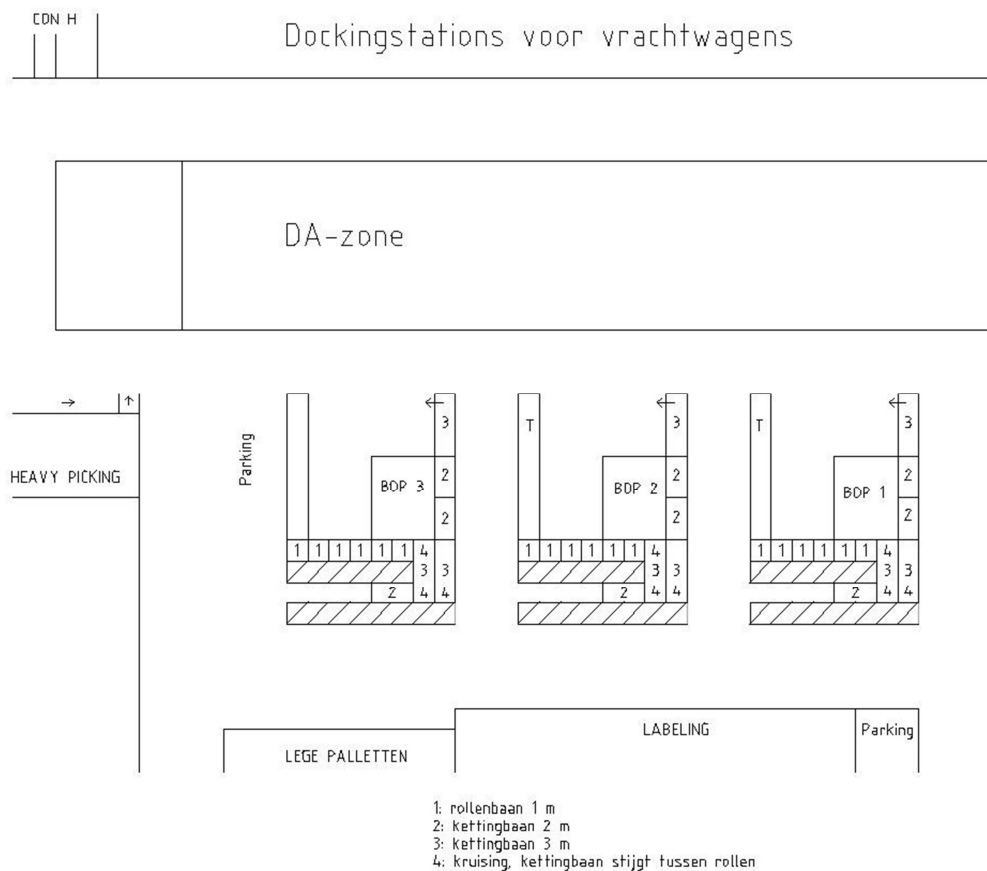
Figuur 11 geeft de plattegrond van de huidige installatie weer. Ook zijn de rijroutes van de heftruck en de orderpicktrucks aangeduid.



Figuur 11: de plattegrond van de huidige installatie.

2.3 Transportbaanindeling

Figuur 12 geeft voor elke positie het type transportbaan weer. In tabel 1 is dit samengevat.



Figuur 12: de transportbaanindeling van de huidige installatie

Tabel 1: de transportbaanindeling.

nr.	beschrijving	aantal
rollenbanen		
1	rollenbaan L = 1 m	18
	totaal	18
	totale afstand	18 m
kettingbanen		
2	kettingbaan L = 2 m	9
3	kettingbaan L = 3 m	3
	totaal	12
	totale afstand	27 m
kruisingen		
4 3 4	2 stijgende rollenbaan + 1 kettingbaan 3 m	3
4 3	1 stijgende rollenbanen + 1 kettingbaan 3 m	3
	totaal	6

2.4 Tijdsinformatie van de huidige BOP-installatie

Om de plattegronden correct te simuleren is statistische data nodig van de invoer-, verwerkings- en uitvoertijden. Die data komt uit de scaninformatie. Na een analyse kunnen er verschillende conclusies gemaakt worden in verband met de problemen in het proces.

2.4.1 Taktijd

De taktijd is de maximale tijdsduur van iedere activiteit in het proces.

$$\frac{120 \text{ uur} * 3.600 \text{ seconden}}{5.000 \text{ orders}} = 86,4 \text{ seconden per palletkist}$$

Dit wil zeggen er gemiddeld elke 86,4 seconden een afgewerkte palletkist wordt uitgevoerd om zo een totaal van 5000 palletkisten per week te verwerken.

2.4.2 Invoer

Bij de invoer is vooral de afzetfrequentie van belang. Om de hoeveel tijd wordt er een palletkist afgezet? Volgens de statistische data ligt dit beduidend lager dan de taktijd. Dit komt omdat de uitzonderlijke lange tijden zijn weggelaten. Op die manier is de data meer in lijn met de meest voorkomende situatie.

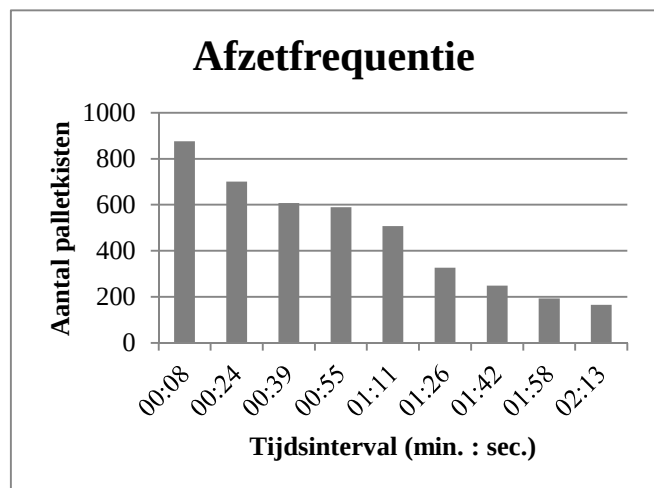
In het simulatiepakket wordt het gemiddelde, de standaarddeviatie en de soort verdeling ingegeven. In dit geval komt de exponentiële verdeling het meest overeen met het histogram in figuur 13. Het gemiddelde is 50 seconden en de standaarddeviatie is 37 seconden (deze resultaten zijn terug te vinden in tabel 2). Zodat de toevoer van de palletten in de simulatie zo goed mogelijk overeenkomt met de werkelijkheid.

Resultaat:

Aantal: 4.215 palletkisten

Tabel 2: de statistische gegevens van de afzetfrequentie.

	seconden
minimum	0
mediaan	46
gemiddeld	50
standaarddeviatie	37
klassenbreedte	16



Figuur 13: de afzetfrequentie.

2.4.3 Verwerking

Ook bij de verwerking is de taktijd van belang. Deze wordt berekend met de verwerkingstijden van twee opeenvolgende palletkisten. Om hier de uitzonderingen uit te halen is de maximale verwerkingstijd 10 minuten. De gemiddelde verwerkingstijd ligt met 2 minuten en 21 seconden (141 seconden) ver boven de algemene taktijd van 86,4 seconden. Dit is te wijten aan de volle uitvoerbuffer waardoor de BOP-operator niet kan verder werken.

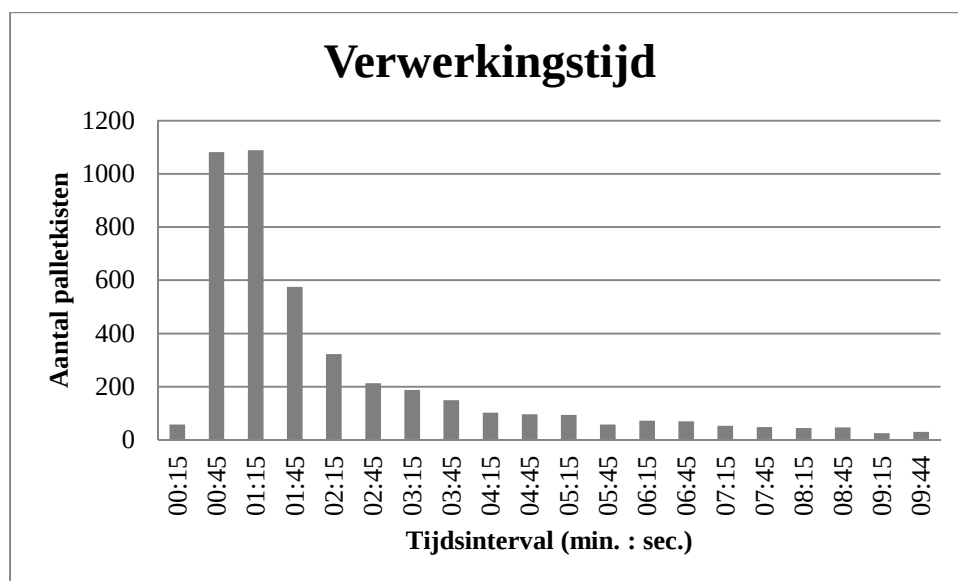
Resultaat:

Aantal: 4.413 palletkisten

Tabel 3: de statistische gegevens van de verwerking.

	minuten
minimum	00:01
mediaan	01:29
gemiddelde	02:21
maximum	09:59
standaarddeviatie	02:04

Uit figuur 14 is af te leiden dat de meeste verwerkingstijden tussen de 30 seconden en 2 minuten liggen. In het simulatiepakket wordt het gemiddelde en standaarddeviatie ingesteld zodat die simulatie een juist beeld geeft van de werkelijkheid.



Figuur 14: de verwerkingsfrequentie.

2.4.4 Uitvoer

Het scanmoment van de uitvoer is aan de DA-zone of CON H. Hierdoor kan de rijtijd vanaf de BOP-uitvoer naar de DA-zones of CON H niet onderzocht worden. De wegzetfrequentie kan echter wel bestudeerd worden. 2.130 palletkisten worden met een tussentijd van 5 seconden of minder in de DA-zone gezet. Dit zijn de kisten die per twee weggebracht worden. Dit betekent dat er twee conclusies zijn:

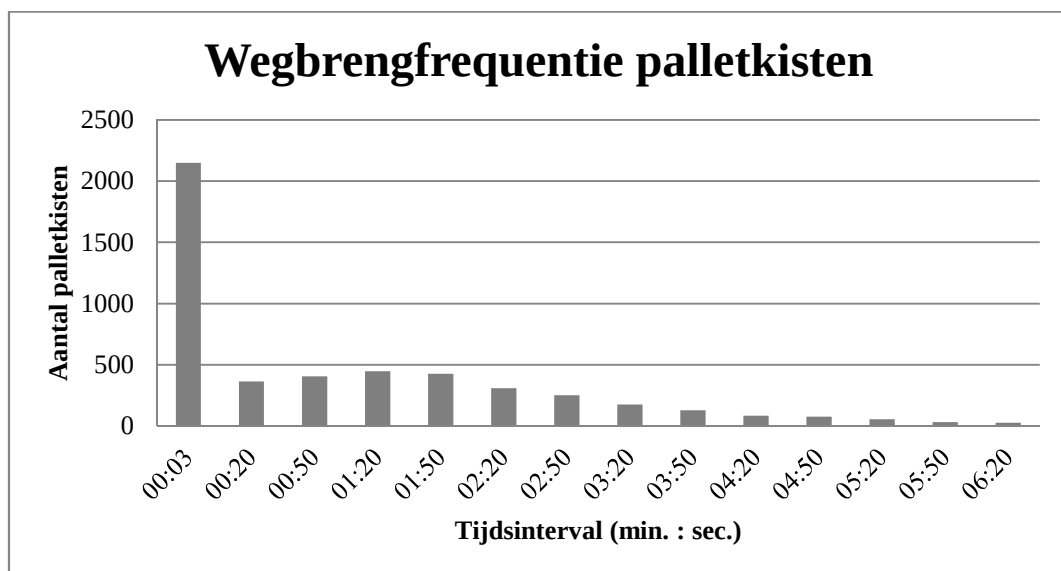
Voor de individuele palletkisten:

Aantal: 4.921 palletkisten

Tabel 4: de statistische gegevens van het wegbrengen.

	minuten
minimum	00:00
mediaan	00:36
gemiddelde	01:25
maximum	50:08
standaarddeviatie	01:23

Figuur 15 geeft de wegbrengfrequentie van individuele palletkisten weer. 2.130 van 5.065 (42%) palletkisten wordt per twee weggebracht. Dit wil ook zeggen dat die kisten achter elkaar uit de BOP-installatie komen zonder dat er gesorteerd wordt. Dit is mogelijk omdat de palletkisten meestal ook in volgorde worden vrijgegeven aan de orderpickers door het overkoepelend warehouse management systeem (WASS). Wordt er voor een sorteerinstallatie als uitvoerbuffer gekozen, kunnen maximaal 90% van de kisten per twee naar de DA-zone vervoerd worden. Dit is een stijging van 100%.



Figuur 15: de wegbrengfrequentie van de BOP naar de DA-zone.

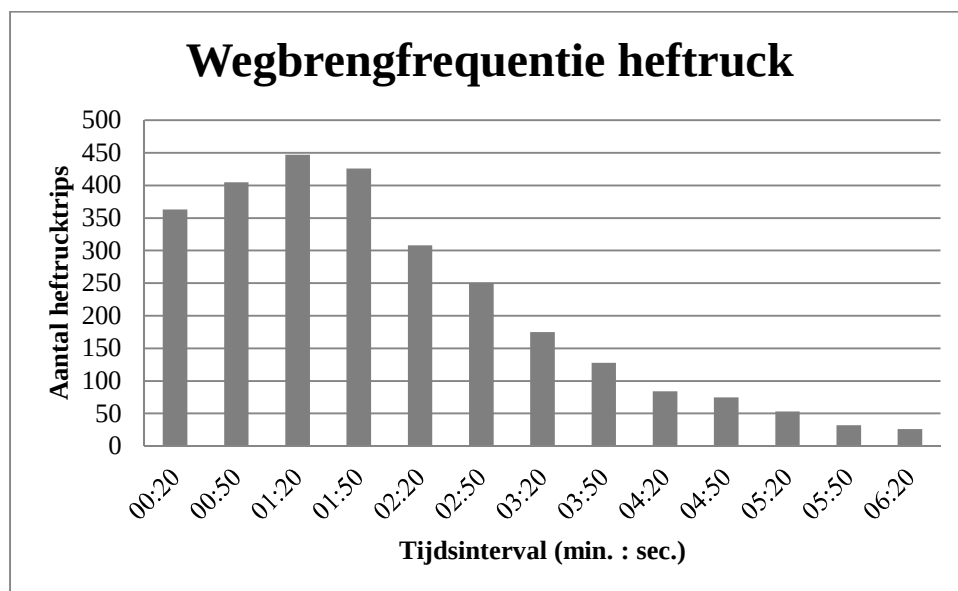
Voor de ritten van de heftruck:

Aantal: 2.916 ritten

Tabel 5: de statistische gegevens van de heftruckritten.

	minuten
minimum	00:05
mediaan	01:50
gemiddelde	02:27
maximum	50:08
standaarddeviatie	01:19

Figuur 16 geeft de wegbrengfrequentie per rit weer. Hierin is de rijtijd van de BOP-uitvoer naar de DA-zones en terug gemiddeld 2:30 minuten. In de nieuwe situatie is dit minder omdat de DA-zone korter bij de BOP-installatie ligt. Om dit in rekening te brengen wordt in de simulatie het gemiddelde verlaagd tot 2:10 minuten. De standaarddeviatie blijft 1:19 minuten. 2:10 minuten is echter nog veel te hoog t.o.v. de algemene taktijd. Dit is de traagste handeling in de procesflow en vertraagt ook de voorgaande stappen. In de nieuwe installatie moet de uitvoer efficiënter gebeuren.



Figuur 16: de wegbrengfrequentie per rit van de BOP naar de DA-zone.

3 Nieuwe installatie

3.1 Eisenpakket

In tabel 6 staat het eisenpakket dat bij de aanvang van deze studie is opgesteld. Hierin staan de voorwaarden waaraan de nieuwe installatie moet voldoen.

Tabel 6: het eisenpakket.

vaste eis	variabele eis	wens	
	x		palletkistafmetingen: P02: 600x800x540 mm, P01: 600x800x350 mm; 1, 2 of 3 kragen op een halve europallet (kraaghoogte: 210 mm)
x			de installatie moet geschikt zijn voor speciale verpakkingen (grote dozen, speciale kistjes, etc.)
x			speciale verpakkingen staan altijd op een halve europallet
	x		maximaal gewicht van een palletkist is 500kg
	x		maximaal 12 rijen op elkaar (P02: 3 rijen, 1 pallet en 2 kragen) tijdens stockeren stilstand
	x		maximaal 6 rijen tijdens transport met heftruck
x			beschikbare ruimte: 28 x 42m inclusief de rijstroken. hoogte: 4,5m tot draag constructie, 6,9m tot aan het plafond
x			er moet rekening gehouden worden met het vernieuwingsplan van de SOP-installatie
	x		geluid: max. 80db in de werkhal, machines 75db
x			het huidige scansysteem (WASS) moet behouden blijven
x			er moet een expreslijn aanwezig zijn voor spoedbestellingen
x			kist moet opgevuld worden met opvulpapier
x			de kist wordt afgesloten met strapexbanden
x			antislip-pads worden op de kist geniet
x			pakbon moet in kist komen
x			etiket moet op de kist bevestigd worden
x			gewichtscontrole vindt plaats bij de BOP-operator, deze is de eindverantwoordelijke
		x	eventueel bijkomende gewichtscontrole op MOP-toestel voor foutreductie
x			er moet een ruimte voorzien worden waar de orderpicker een afgekeurde palletkist kan corrigeren
x			er moet een station voorzien worden waar de MOP-trucks een lege pallet kunnen opladen
x			er moet een P-palletstation voorzien worden waar de MOP-trucks een P-pallet kunnen opladen
x			de afgewerkte kisten worden, afhankelijk van de palletkist, per vrachtwagen gesorteerd in een DA-zone of gaan naar CON H gebracht

vaste eis	variabele eis	wens	
x			de kisten worden met de heftruck in de vrachtwagen geplaatst
x			de huidige MOP-trucks blijven behouden, enkel het MOP-toestel (het opzetsuk) mag veranderen
x			afmetingen MOP trucks: hoogte: 3,5m; breedte: 1m; lengte: 2m (zonder MOP toestel); onderlinge vorkafstand: 420mm; vorkbreedte: 180mm; vorklengte: 1,15m; de vorken mogen niet uit het toestel steken
		x	minstens 7 vaste parkeerplaatsen voorzien
		x	in totaal moeten er 17 (incl. tijdelijke parkeerplaatsen) parkeerplaatsen voorzien zijn
	x		de installatie moet gemiddeld 5000 palletkisten per werkweek of 41,7 palletkisten per uur kunnen verwerken en ze moet de piekmomenten aan kunnen
x			er moet een verkeersplan opgesteld worden
	x		er worden maximum 24 MOP2-trucks ter beschikking gesteld
	x		er worden maximum 4 heftruck ter beschikking gesteld
x			in het verkeersplan moet ook rekening worden gehouden met de MOP1-trucks en de replenish trucks
		x	er moet een veilige wandelroute voorzien worden
x			er moet een energieanalyse gebeuren op de nieuwe installatie
x			er moet een kosten-batenanalyse gemaakt worden van de nieuwe installatie
x			er moet een ombouwplanning opgesteld worden

3.2 Onderzoek naar de uitvoermogelijkheden

Het grootste probleem in de huidige installatie ligt bij de uitvoer. Om dit probleem aan te pakken zijn de verschillende uitvoermogelijkheden onderzocht door middel van de scaninformatie. Er is vastgesteld hoeveel palletkisten, afkomstig van de BOP en HPP met OUTB (Outbound), naar de DA-zones gaan en hoeveel er naar de CON H gaan. Op deze manier zijn zowel de werklust op de heftrucks als de verbeterpunten bepaald.

Het aantal palletkisten dat verwerkt en weggezet wordt vanaf de BOP, de HPP en de OUTB is in totaal 8.700 per week of 120 uren. De BOP-installaties beslaan 5.000 palletkisten (57%). De palletkisten van de HPP en OUTB worden samengeteld omdat die palletkisten van hetzelfde verwerkingsstation komen. Dit beslaat 3.700 palletkisten (43%).

Er zijn drie mogelijke bestemmingen voor deze palletkisten: DA-zone, CON H en speciale gevallen. De DA-zone en de speciale gevallen worden samen gegroepeerd. Beide worden aangevoerd door een heftruck. In totaal gaan er 4.200 palletkisten (48%) naar de DA-zone. 2.040 van deze palletkisten komen van de BOP. Dat is 40% van alle kisten die de BOP verwerkt. 2.160 stuks komen van de HPP. Dat is 58% van alle kisten die dit verwerkingsstation doorlopen. 4550 palletkisten (52%) moeten naar CON H in plaats van naar de DA-zone. 2.980 palletkisten zijn afkomstig vanaf de BOP en 1.540 palletkisten komen van de HPP.

Het wegbrengen van de palletkisten kan op verschillende manieren efficiënter. In de huidige situatie brengt de heftruck alle palletkisten weg. Een mogelijke verbetering is palletkisten die naar CON H moeten rechtstreeks te transporteren met een conveyor op hoogte. Hierbij zijn een paar varianten:

- Als eerste kan zowel de BOP-installatie als de HPP met deze conveyor verbonden worden. De activiteit van de heftrucks neemt 52% af want de palletkisten voor CON H gaan automatisch naar daar via de conveyor. Hierbij moeten 2 liften voorzien worden, één aan de BOP-installatie en één aan de HPP. De meest aangewezen weg voor de conveyor van de BOP-installatie naar CON H komt voorbij HPP. Er moet dus geen extra conveyor aan de HPP voorzien worden.
- Als tweede wordt alleen de BOP-installatie aan deze conveyor verbonden. Dan zal de activiteit van de heftruck met 34% afnemen. Hierbij is maar één lift nodig, de af te leggen afstand blijft hetzelfde.
- Tot slot kan ook alleen de HPP aan de conveyor gekoppeld worden. Dit vermindert de activiteit van de heftrucks met 18%. Hierbij is de lengte van de conveyor het kortst en dus ook de kostprijs het laagst. Echter is ook de winst het laagst.

In voorgaande gevallen is er nog altijd een uitvoerbuffer nodig aan de BOP-installatie. De heftrucks moeten de wegstrook kruisen bij elke rit naar de DA-zone. Er zijn dan in totaal 2 uitvoerposities. Eén aan de BOP en één aan de HPP. Deze zijn relatief ver van elkaar verwijderd. Hierdoor is het moeilijk voor de heftruckbestuurder om de meest efficiënte volgorde van uitvoeren te kiezen. Dit kan opgelost worden met signalisatie of een softwaresysteem dat de heftruck begeleid.

Bij toepassing van zo een conveyorinstallatie is nog een uitbreiding mogelijk. Ook deze heeft enkele varianten:

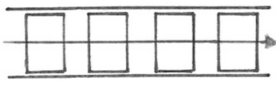
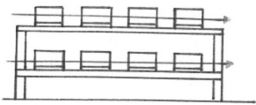
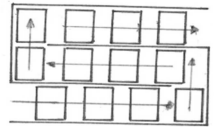
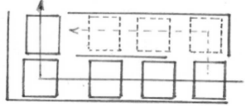
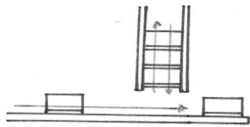
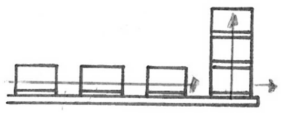
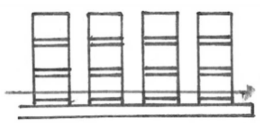
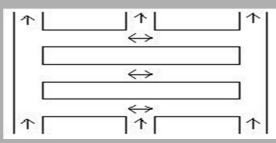
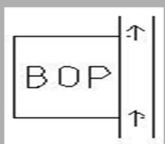
- Er kan een derde lift aan de conveyor gekoppeld worden. Deze bevindt zich in de DA-zone. Hier komen alle palletkisten, die niet naar CON H gaan, van de conveyor af en komen terecht in een uitvoerbuffer. Een eerste voordeel van deze uitbreiding is dat de route van de heftrucks niet meer kruist met de MOP-toestellen. Een tweede voordeel is dat dit ook een uitvoerbuffer voorziet voor de HPP. De huidige uitvoerbuffer van de HPP+OUTB bevat drie posities, dit is weinig. Een nadeel is dat de nuttige opslagruimte in de DA-zone kleiner wordt. Bijgevolg is de uitvoerbuffer om te sorteren ook kleiner waardoor er minder palletkisten per 2 weggevoerd worden. Een tweede nadeel is dat de palletkisten langer onderweg zijn. Ook is dit transport van HPP en BOP naar de DA-zone een bijkomende handeling. De palletkisten moeten nog altijd met de heftruck weggebracht worden.
- Een andere variant van die uitbreiding is om de palletkisten uit HPP, die niet naar CON H gaan, niet de conveyor op te sturen maar uit te voeren aan HPP zelf. Bij deze variant is de palletkistdatablok makkelijker te programmeren. Er is geen koppeling nodig tussen de PLC van de conveyor en de HPP. Er zijn twee uitvoerpunten waar de heftrucks moeten opladen. De uitvoer is afhankelijk van de keuze van de heftruckchauffeur. De efficiëntie daalt. Dit zorgt voor extra fluctuaties in de uitvoer. Met als gevolg dat de uitvoerbuffer groter dient te zijn.

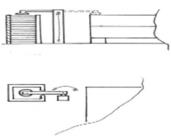
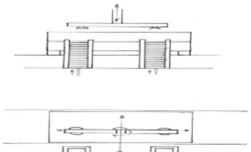
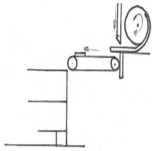
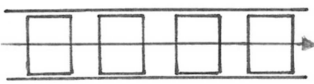
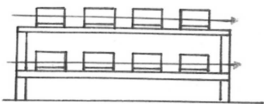
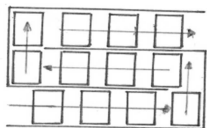
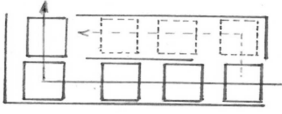
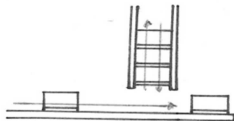
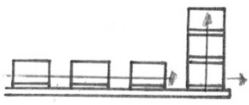
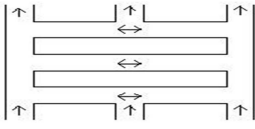
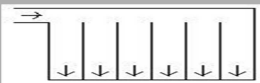
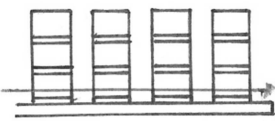
De palletkistdatablok bevat informatie van die bepaalde palletkist op een bepaalde positie in de installatie. De installatie weet waar elke kist zich bevindt en waar ze naartoe moet. Dit is mogelijk omdat er op de verwerkingsposities gescand wordt. Hier wordt via de PC de informatie doorgestuurd naar de PLC. Die weet dan welke palletkist op de verwerkingspositie staat en plant de route binnen de installatie.

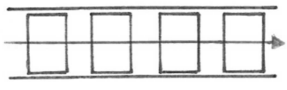
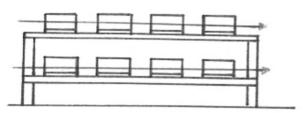
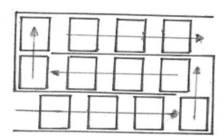
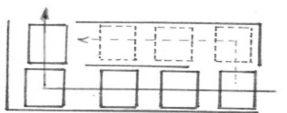
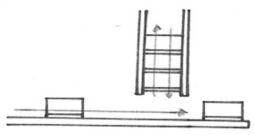
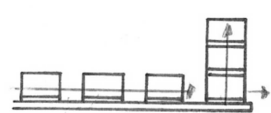
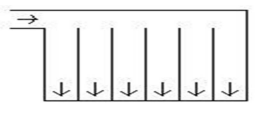
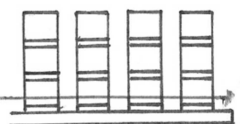
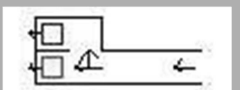
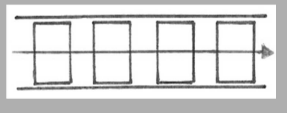
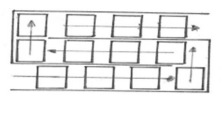
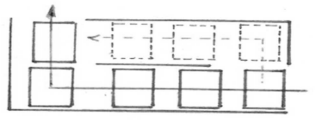
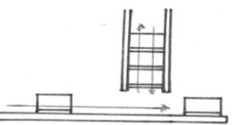
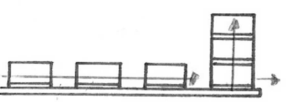
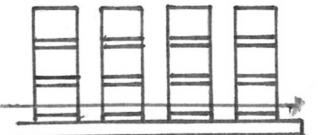
3.3 Morfologisch overzicht

3.3.1 BOP-installatie

Tabel 7: morfologisch overzicht BOP.

Morfologisch overzicht BOP-installatie				
	Funcities	Methode		
1	laden/lossen	invoerschets 1	invoerschets 2	invoerschets 3
		invoerschets 4	invoerschets 5	invoerschets 6
		invoerschets 7	horizontaal kettingtransport	
2	scannen	scanpistool (handmatig)	automatische scanner	
3	invoerbuffer			
				
			carrousellift	
4	aanvoer/ afvoer paktafel	(kan als buffer) etage 1: aanvoer (normaal + expres) etage 2: afvoer. aanvoerszijde = afvoerszijde	(kan als buffer) etage 1: aanvoer etage 2: afvoer + expres aanvoer. aanvoerszijde = afvoerszijde	(zonder buffer) één niveau voor aanvoer (normaal + expres) en afvoer (normaal + expres). afvoerszijde = aanvoerszijde
		(zonder buffer) één niveau voor aanvoer (normaal + expres) en afvoer (normaal + expres). afvoerszijde = aanvoerszijde		
5	gewichtscot role paktafel	operator beslist: ok/nok	systeem beslist	1 weegschaal voor invoerbuffer
		1 weegschaal na invoerbuffer	1 weegschaal per werkstation	
6	operator instructies	computer + toetsenbord	touch panel	geluidssignalen
7	scanlabel verwijderen	handmatig	automatisch	
8	elastiek verwijderen	handmatig	automatisch	
9	afvullen	papier	luchtzakjes	schuimschilfers
		pu-schuimzakjes	handmatig	automatisch
10	pakbon in kist	handmatig	automatisch	
11	plastic zak in kist	handmatig	automatisch	

	Funcities	Methode		
12	aanvoer deksel	meeleveren met kist	op pallet	in kar
		automatisch aanvoersysteem		
13	deksel aanbrengen	etiketteermachine		
		handmatig	robot	pick-and-place
14	etiket aanbrengen	handmatig	handmatig plakken	automatisch nieten
15	pakbon op kist (afgekeurde palletkist)	handmatig nieten	handmatig plakken	automatisch nieten
		etiketteermachine		
16	antislip-pads aanbrengen	handmatig		
				
17	antislip-pads bevestigen	handmatig nieten (nietpistool)	nieten met robot	industriële nietmachine (eigen ontwerp)
		scara-robot		
18	kist dichtmaken	strapex	plakband	binden
		stalen band gezaamenlijke machine na werkstations	1 machine per werkstation	machine na afvoerbuffer
19	uitvoer-buffer			
				
		carroussellift		
				
20	bop → da-zone	heftruck	conveyor op hoogte + heftruck	conveyor op hoogte + sorteerinstallatie
21	bop → con h	heftruck	conveyor op hoogte	

	Funcities	Methode		
22	transport afkeur-palletten	transportbaan	heftruck	
23	afgekeurde pallet bufferen	aparte buffer	gelijk met goedgekeurde palletten (huidige situatie)	
				
				
				
24	expreslijn invoer	apart afzetstation achteraan afzetstation	intelligent softwaresysteem	vooraan afzetstation
25	expreslijn uitvoer	apparte uitvoer	intelligent softwaresysteem	niet apart
26	buffer p-pallet			
				
				
27	opladen p-pallet	aan het bop-station	aan het leegpallettenmagazijn	apart station
28	kisten transport	aangedreven rollen	niet aangedreven rollen	kettingen
		ball rollers	transportband	
29	lift	carroussellift	enkel lift	enkele lift met continue doorloop
		enkele lift met doorloop hulp		

3.3.1.1 Functie 1: Laden/lossen

Horizontaal kettingtransport

Het laden en lossen op het MOP-toestel gebeurt zijdelings (zie hoofdstuk 5). Op deze manier is het benaderen van het laad- en losstation makkelijker en sneller. Op het MOP-toestel staat een horizontale kettingtransportbaan. De batterij van de truck drijft deze aan en wordt bediend door de operator van het MOP-toestel. Sensoren beveiligen dit zodat de transportbaan enkel in de juiste richting, aan de specifieke stations bediend kan worden. De afzetstations hebben ook een kettingtransportbaan die bediend wordt als een palletkist gedetecteerd wordt. Ook de afzetstations zijn voorzien van de nodige sensoren om ongewenst gedrag te voorkomen en een veilige werking te garanderen.

Voordelen:

- horizontaal: de kist zal niet van zelf bewegen in tegenstelling tot een vaste hoek of met een kantelmechanisme;
- aangedreven: de operator moet geen kracht uitoefenen, dit is ergonomisch;
- zijdelings: is een makkelijker manoeuvre en gaat sneller;
- beveiliging d.m.v. sensoren: is een hoge graad van veiligheid en controle.

Nadeel:

- aangedreven: energie van de batterij nodig, dit is echter een kleine hoeveelheid;
- aangedreven: elektrische schakeling nodig met sensoren en dergelijke;
- zijdelings: leegpallettenmagazijn moet aangepast worden zodat de kisten er in de juiste richting uitkomen;
- beveiliging d.m.v. sensoren: hoe meer sensoren, hoe meer kans op storingen. Dit is echter minimaal indien de sensoren stevig bevestigd zijn en de correcte aansluitmethodes toegepast worden.

3.3.1.2 Functie 2: scannen

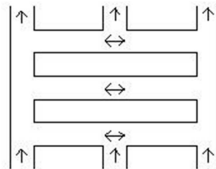
Handmatig of automatisch. Bij automatisch scannen is het belangrijk dat de barcode bij elke palletkist op dezelfde positie zit. Doordat er diverse soorten verpakkingen zijn, is het niet zeker dat elke verpakking gescand kan worden. Dit geeft problemen. De voorkeur gaat naar handmatig scannen.

3.3.1.3 Functie 3,19,23,26: invoer-, uitvoer-, afkeur-, P-pallettenbuffer.

Er zijn verschillende buffermethodes. Om een keuze te maken zijn er een paar voorwaarden. Als eerste moet voldaan worden aan het First-In-First-Out-principe. Als tweede moet de af te leggen weg zo klein mogelijk zijn. Dit wil zeggen dat de buffergrootte aanpasbaar moet zijn. Hiervoor gebruiken we kortsluiting van bufferbanen. Meerdere ingangen en meerdere uitgangen zijn een pluspunt aangezien we gebruik willen maken van meerdere afzetstations en meerdere verwerkingsposities. Indien de buffergrootte niet voldoende is kunnen er transportbanen gestapeld worden om zo verschillende etages te verkrijgen. Hierbij zijn liften nodig om de kisten naar die etages te brengen.

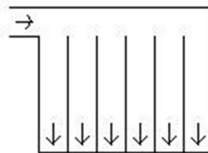
Stapelen is ook een vorm van bufferen. Dit is enkel toepasbaar in de uitvoerbuffer. Alleen kisten die naar dezelfde DA-zone gaan, mogen gestapeld worden. Hierdoor is een stapelaar maar in beperkte situaties nuttig.

Invoerbuffer: De gekozen buffer (figuur 17) is heel flexibel en instelbaar doormiddel van het PLC programma. Hierdoor voldoet deze buffer aan alle gestelde voorwaarde (first-in-first-out, aanpasbare buffer-grootte, meerdere in- en uitgangen, voldoende groot).



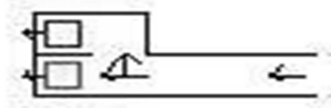
Figuur 17: de invoerbuffer.

Uitvoerbuffer: Deze buffer (figuur 18) kan de palletten sorteren. Zo staan er telkens 2 palletkisten van dezelfde DA-zone achter elkaar op de transportbaan. De sorteermogelijkheden zijn echter afhankelijk van het aantal banen. Er moet een compromis gesloten worden tussen buffergrootte of sorteermogelijkheid en gebruikte ruimte.



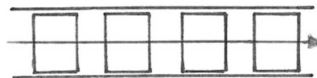
Figuur 18: de uitvoerbuffer.

Afkeurbuffer (figuur 19): Dit kan afzonderlijk van of samen met de goedgekeurde palletten gebeuren. Indien dit afzonderlijk gebeurt, nemen de afgekeurde palletten geen plaats in van de uitvoerbuffer. Er is meer buffer voor de goedgekeurde palletten. De grootte van de afkeurbuffer is afhankelijk van de hoeveelheid afkeur. Deze kan sterk verlaagd worden door op elk MOP-toestel een weegstelsel te plaatsen. Deze controleert het gewicht tijdens het orderpicken. De afkeur en de buffergrootte zullen minimaal zijn. De gekozen buffer is ook het controlestation van de afkeur. Deze bevat twee palletposities. In één positie staat altijd een lege pallet, in de andere staat de afgekeurde pallet. De controle gebeurt door de inhoud van de afgekeurde pallet over te tasten naar de lege pallet. Na het overtasten wordt ook het label overgezet. De MOP-operator weet wat er te veel of te weinig in de kist zit. Hij laadt de pallet op en gaat deze corrigeren.



Figuur 19: de afkeurbuffer.

P-pallettenbuffer (figuur 20): Een heftruck plaatst de P-palletten op de buffer. Het MOP-toestel laadt de P-pallet op om bij te vullen. Dit komt relatief weinig voor (100 palletten / 120u). Een enkele baan is voldoende.

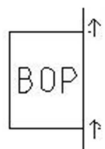


Figuur 20: de P-pallettenbuffer.

3.3.1.4 Functie 4: paktafel aan- en afvoer

De keuze is afhankelijk van de positie van de aan- en afvoer. Bevindt deze zich aan de zelfde kant, treden er kruisingen op. Dit geeft enkel problemen als de verwerkingshoeveelheid verdubbeld tot 10.000 palletten per 120 uur. Etages kunnen een oplossing bieden. Eén etage is dan de aanvoer en de andere etage is de afvoer. Op deze manier zijn er geen kruisingen.

Is de aan- en afvoer niet aan dezelfde kant (figuur 21), dan zijn er geen kruisingen tussen aan- en afvoer. De verwerkingsinstallatie wordt dan wel omringd door transportbanen wat de bevoorrading (opvulpapier, antislip-pads,...) bemoeilijkt. Een poort tot de paktafel lost dit probleem op. Deze buffermethode is gekozen omdat er dan redundantie is tussen de 3 paktafels. Er is ook ruimte voor een automatische strapexmachine bij elke paktafel.



Figuur 21: de paktafel aan- en afvoer.

3.3.1.5 Functie 5: gewichtscontrole aan paktafel

De gewichtscontrole gebeurt door middel van een weegsysteem onder de transportbaan. Deze controle moet op het werkstation gebeuren kort bij het sluiten van de verpakking. Dit is noodzakelijk omdat de BOP-operator de eindverantwoordelijkheid van de palletkist draagt. Indien de verpakking aangepast is (bv. extra kraag) zal het gewicht niet meer overeenkomen met wat is vooropgesteld. De palletkist is echter correct. De BOP-operator keurt de kist goed en past de orderinformatie aan.

3.3.1.6 Functie 6: operator instructies

Dit zal gebeuren door middel van een PC met toetsenbord. Het toetsenbord krijgt de voorkeur boven een touch panel. Omdat een touch panel slecht en onprecies reageert bij gebruik van handschoenen. Er kunnen ook geluidsignalen worden toegevoegd. Die kunnen echter een storende werking hebben.

3.3.1.7 Opmerking in verband met de verwerkingsfunctie

De volgende functies zijn handelingen om de palletkist klaar te maken voor transport:

- pakbon in kist plaatsen,
- deksel aanbrengen,
- antislip-pads bevestigen
- ...

In de huidige installatie voert de operator deze handelingen uit. Het is aanlokkelijk om deze zoveel mogelijk te automatiseren. Dit is echter niet vanzelfsprekend omdat:

- er verschillende soorten verpakkingen zijn, vb.: palletkisten, grootte dozen, houten kistjes, etc.;
- de machines zullen meer plaats innemen dan de huidige werkpost;
- deze machines moeten bijgevuld worden waardoor een operator nog steeds nodig is;
- al deze machines moeten in serie staan, de verwerking valt stil als één van die machines defect raakt, dit kan opgelost worden door meerdere productielijnen te voorzien, hier is echter geen plaats voor;
- als maar een gedeelte van de handelingen geautomatiseerd wordt, blijven er minder acties over voor de arbeider en wordt het werk eentoniger.

3.3.1.8 Functie 7: scanlabel verwijderen

Dit gebeurt handmatig omdat het scanlabel zich niet altijd op dezelfde positie bevindt.

3.3.1.9 Functie 8: elastiek verwijderen

Dit gebeurt handmatig meestal door de MOP-operator, soms door de BOP-operator. De elastiek is moeilijk automatisch te verwijderen zonder de plastic zak te beschadigen.

3.3.1.10 Functie 9: afvullen

De verpakking af- of opvullen gebeurt met papier. Dit is het milieuvriendelijkst. Dit is zeer moeilijk te automatiseren omdat dit bij elke palletkist anders is.

3.3.1.11 Functie 10: pakbon in kist plaatsen

De BOP-operator plaatst de pakbon in de verpakking. Dit is moeilijk te automatiseren vanwege de verschillende soorten verpakkingen. Het is moeilijk om het blad papier te grijpen zonder het te beschadigen. Ook mag de machine geen hindernis vormen voor de BOP-operator.

3.3.1.12 Functie 11: plastic zak in kist plooien

Deze plastic zak wordt dicht geplooid voordat de verpakking wordt afgevuld. Dit gebeurt handmatig door de BOP-operator.

3.3.1.13 Functie 12: deksel aanvoer

In het huidige systeem wordt de deksel meegevoerd met de palletkist. Dit blijft zo in het nieuwe ontwerp. Omdat er dan alleen een dekselvoorraad bij het leegpallettenwerkstation nodig is.

3.3.1.14 Functie 13: deksel aanbrengen

Het deksel ligt altijd los op de palletkist als ze op de BOP-installatie staat. Bij de verwerking wordt de deksel even verwijderd. De BOP-operator legt het deksel terug op de palletkist net voor het dichtstrappen.

3.3.1.15 Functie 14: Etiket aanbrengen

Het etiket wordt aangebracht alvorens het scanlabel verwijderd wordt. Zo is de palletkist altijd te identificeren. Omdat de positie van het etiket afhankelijk is van de soort verpakking is het moeilijk om deze handeling te automatiseren.

3.3.1.16 Functie 15: indien afgekeurd, pakbon op verpakking plaatsen

Bij een afgekeurde palletkist wordt de pakbon op de verpakking bevestigd. De orderpicker gebruikt deze bij het natellen en corrigeren. Zo ziet ook iedereen dat het order afgekeurd is. De snelste manier om de pakbon te bevestigen is nieten. Omdat er verschillende verpakkingen zijn, is dit moeilijk te automatiseren.

3.3.1.17 Functie 16: antislip-pads aanbrengen

De BOP-operator brengt de antislip-pads aan op de deksel van de verpakking. Dit vermindert de kans op schuiven in de vrachtwagen. Om het aanbrengen van de pads automatisch te laten gebeuren is een machine nodig die met de pads kan omgaan. Dit is echter niet zo vanzelfsprekend. De pads worden los in een grote doos geleverd. Een operator zal deze machine moeten vullen met pads.

3.3.1.18 Functie 17: antislip-pads bevestigen

De BOP-operator niet de antislip-pads op het deksel.

3.3.1.19 Functie 18: Kist dichtmaken

Een automatische strapexmachine sluit de palletkisten met een strapexband. Per verpakking zijn er 2 banden nodig. De machine doet dit om de beurt. Indien de verwerkingshoeveelheid zodanig stijgt dat de strapexmachine een bottleneck is, kan dit opgelost worden door een machine bij te plaatsen zodat twee banden gelijktijdig aangebracht worden.

Strapexband is sterker dan plastic tape en goedkoper dan stalen band. Het is dus de aangewezen keuze.

3.3.1.20 Functie 20,21: uitvoer DA / CON-H

Zie paragraaf 3.2.

3.3.1.21 Functie 22: afkeuropalletekisten transport

Afkeuropalletekisten gaan naar het afkeurcontrolestation. In het huidige systeem doet een heftruck dat. Een transportbaan is echter efficiënter. De heftrucks moeten enkel wegbrengen.

3.3.1.22 Functie 24: invoer expreslijn

Een voorrangsweg of expreslijn is gewenst. Hiervoor is een aparte baan voorzien als afzetstation. Om plaats te besparen staat deze kort bij een normale afzetpositie. Hierdoor is die positie niet bruikbaar wanneer een MOP-toestel aan de expreslijn staat. Dit geeft een groot probleem omdat de expreslijn niet veel gebruikt zal worden.

3.3.1.23 Functie 25: uitvoer expreslijn

Om exprespalletekisten snel te verwerken is een aparte expreslijn voorzien. Deze uitvoerbaan wordt softwarematig voorbehouden voor exprespalletekisten.

3.3.1.24 Functie 27: opladen P-palletten

De plaats waar de P-palletten worden opgeladen door de MOP-toestellen is van belang. In het huidige systeem moeten deze door de invoerbuffer van de BOP. Dit is nefast voor de capaciteit van die buffer. Een apart laadstation is aangewezen. Een melding zal de orderpickers verwittigen dat er een P-pallet beschikbaar is. Dit kan visueel door een signalisatie aan het P-palletlaadstation of door een signalisatie aan elk afzet-station. Indien men voor simpele signalisatie aan het laadstation zelf kiest, is het noodzakelijk dat dit laadstation ook kort bij het afzetstation staat. Dit heeft een kruising met de afkeurtransportbaan tot gevolg. Dit is niet noodzakelijk een probleem omdat beide transportbanen niet veel gebruikt zullen worden.

3.3.1.25 Functie 28: pallettransport

Om palletten te transporteren zijn er verschillende mogelijkheden. Deze keuze is afhankelijk van de transportrichting. In één richting zijn aangedreven rollen het meest aangewezen. Indien de richting 90° draait, zijn transportkettingen het meest aangewezen. Bij transportrollen is het ook mogelijk om gebruik te maken van een helling zodat deze niet aangedreven moeten worden.

3.3.1.26 Functie 29: lift

Om hoogteverschillen te overbruggen zijn liften nodig. Een enkele lift die één of twee palletkisten tegelijk verplaatst, heeft de voorkeur. Dit is een simpele constructie die toch snel genoeg werkt.

De lift aan de HPP om de conveyor aan te voeren dient in sommige ontwerpen als horizontaal transport. Deze baan wordt onderbroken wanneer de lift beneden is. Dit kan opgelost worden met behulp van een doorloop baan die een stukje meebeweegt met de lift.

3.3.2 MOP-toestel

Tabel 8: morfologisch overzicht MOP.

Morfologisch overzicht MOP-toestel				
	Funcities	Methode		
1	nieuwe palletkist ophalen	aan bop-toestel	aan leegpalletten-magazijn	apart station
		op mop-toestel		
2	gewichtscontrolle	systeem beslist	operator beslist	geen gewichtscontrolle
		weegschaal		
3	orders/operatorinstructies input	scanpistool	touch panel	toetsenbord
4	orders/operatorinstructies output	scherm	geluid	
5	inrijden van los- en laadstation	achterwaarts	voorwaarts	
6	laden/lossen	duw-, treksysteem	op bop laten zakken, van bop heffen	kantelsysteem
		pallet altijd gekanteld	horizontaal	aangedreven zijdelings
		handmatig	rollen	
7	plastic zak in kist bevestigen	kettingen		
		elastiek	plakband	nieten
		handmatig		

3.3.2.1 Functie 1: nieuwe palletkist ophalen

Een nieuwe palletkist wordt, zoals in de huidige installatie, opgehaald aan de BOP-installatie. Wanneer de MOP-operator zijn palletkist heeft afgezet aan het losstation, krijgt hij een nieuwe pickopdracht in de vorm van een scanlabel met een barcode. Elke afzetpositie wordt voorzien van een labelprinter.

Een tweede mogelijkheid is om het scanlabel uit te printen op het MOP-toestel. Elk MOP-toestel moet dan voorzien worden van een printer. Dit leidt tot extra kosten maar niet tot een meerwaarde.

Een derde optie is een apart station met één printer te maken. Elke orderpicker rijdt dan langs dit station om zijn nieuw etiket op te halen. Een voordeel is dat er maar één printer moet bekostigd worden. Maar de extra stopplaats kan tot filevorming leiden en het zorgt zeker niet voor een vlotter verkeer.

Een vierde mogelijkheid is een nieuwe pickopdracht ophalen aan de laadposities van het leegpallettenmagazijn dit is geen goede oplossing omdat de orderpicker het verpakkingstype van de palletkist moet kennen voordat hij naar het leegpallettenmagazijn rijdt. Het scanlabel geeft deze informatie aan de orderpicker.

3.3.2.2 Functie 2: gewichtscontrole

Om de afkeur drastisch te verlagen is een weegstelsel op elk MOP-toestel aangewezen. Op enkele MOP-toestellen is dit al gebeurd. Een gewichtscontrole gebeurt bij die MOP-toestellen al tijdens het verzamelen van de producten. De orderpicker wordt meteen gewaarschuwd bij een foutief gewicht. De orderpicker kan meteen corrigeren. vindt de orderpicker geen fout, negeert hij de waarschuwing. Als dit gebeurt, moet de weegschaal terug op nul gezet worden zodat bij de volgende producten een juiste meting plaatsvindt.

3.3.2.3 Functie 3: pc-input

De producten, scanlabels en afzetposities worden gescand met een scanpistool. Wijzigingen, aantallen, etc. worden ingevoerd met een toetsenbord. Een touch panel is niet geschikt omdat sommige orderpickers werkhandschoenen gebruiken. Door de handschoenen reageert het aanraakscherm slecht of niet.

3.3.2.4 Functie 4: pc-output

Een scherm geeft de instructies (gegevens van de orderlijnen, gewichtscontrole, etc.) voor de orderpicker weer.

3.3.2.5 Functie 5: inrijden van het los- en laadstation

De manieren waarop het MOP-toestel de lospositie kan in rijden zijn voorwaarts of achterwaarts. Voorwaarts benaderen is het snelst en makkelijkst. Dit zorgt voor vlotter verkeer en beperkt het aantal manoeuvres. Het laden en lossen moet dan wel zijdelings gebeuren. Dat is mogelijk. In het huidige stelsel nadert het MOP-toestel de lospositie achterwaarts. Dit is een moeilijk manoeuvre en kost tijd.

3.3.2.6 Functie 6: laden/Lossen

Er is gekozen om voorwaarts de lospositie in te rijden. Zijdelings lossen is dan noodzakelijk. De beste oplossing is een aangedreven kettingtransportbaan gevoed door de batterij van het MOP-toestel. Dit is ook de meest ergonomische oplossing. Sensoren en vergrendelingen beveiligen het stelsel.

Een andere mogelijkheid was een duw- of trekstelsel dat de palletkist op of van het MOP-toestel verplaatst. Dit stelsel heeft een in- en uitgaande beweging nodig om de palletkist te laden en te lossen. Dit neemt meer tijd in beslag dan het kettingtransport. Bij een duwstelsel neemt de duwcilinder veel plaats in. Het trekstelsel heeft veel bijkomende bewegingen zoals bv. het klemmen van de pallet. Dit resulteert in een complexe en tijdrovend handeling.

Transportrollen kantelen door middel van een hefboom of actuator werd ook bestudeerd. Dit heeft als probleem dat de laad- en losstations verschillende hoogtes moeten hebben. Een ander nadeel is de mindere controle over de palletkist. Een variant hierop is om de palletkist onder een vaste hoek op het MOP-toestel te plaatsen. Dit heeft enkel het voordeel dat er geen aandrijving nodig is. Er gelden echter dezelfde nadelen als bij het kantelsysteem. Bijkomend nadeel aan deze variant is dat de producten op een andere manier in de verpakking getast moeten worden.

Omdat de kisten tot 500kg kunnen wegen is handmatig afduwen, met behulp van horizontaal opgestelde rollen, niet mogelijk.

In de huidige situatie rijden de MOP-toestellen achterwaarts in het losstation en laten ze de pallet op de BOP-installatie zakken. Deze manier van lossen is enkel mogelijk als het MOP-toestel achterwaarts de lospositie inrijdt.

3.3.2.7 Functie 7: plastic zak in kist bevestigen

De plastic zak wordt door de orderpicker handmatig in de kist geplaatst en om de rand geplooid. Een elastiek houdt de zak op zijn plaats. Voordelen zijn:

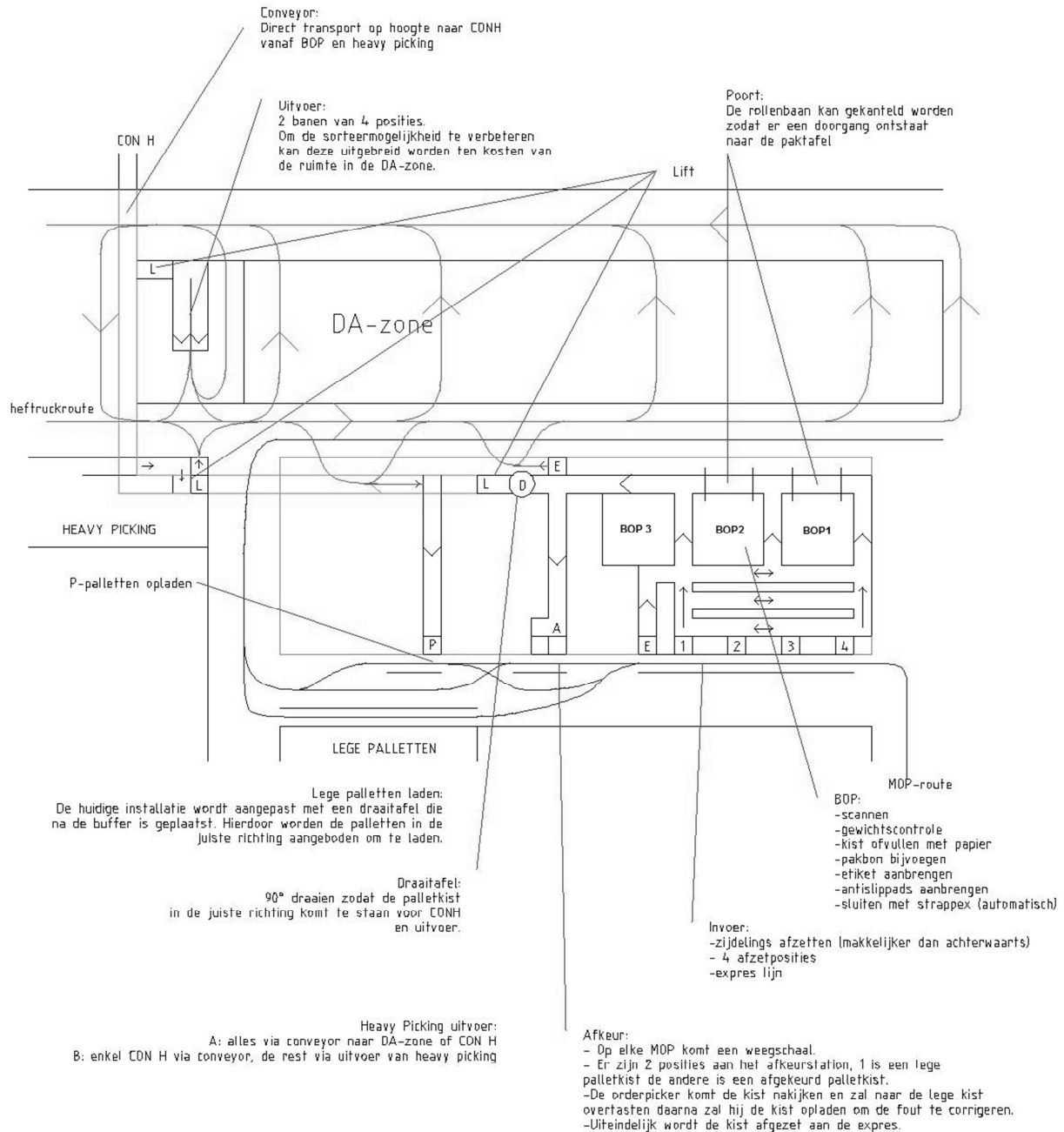
- dat je het elastiek opnieuw kan gebruiken;
- het is een snelle handeling;
- het elastiek is makkelijk te verwijderen.

Om tijd van de orderpicker te besparen kan deze handeling gebeuren op de werkpost van het leegpallettenstation. Ter vervanging van de elastiek kan tape of nietjes een oplossing zijn. Dit is echter langzamer en maakt het pakproces trager.

3.4 Vergelijking van de BOP-installatieplattegronden

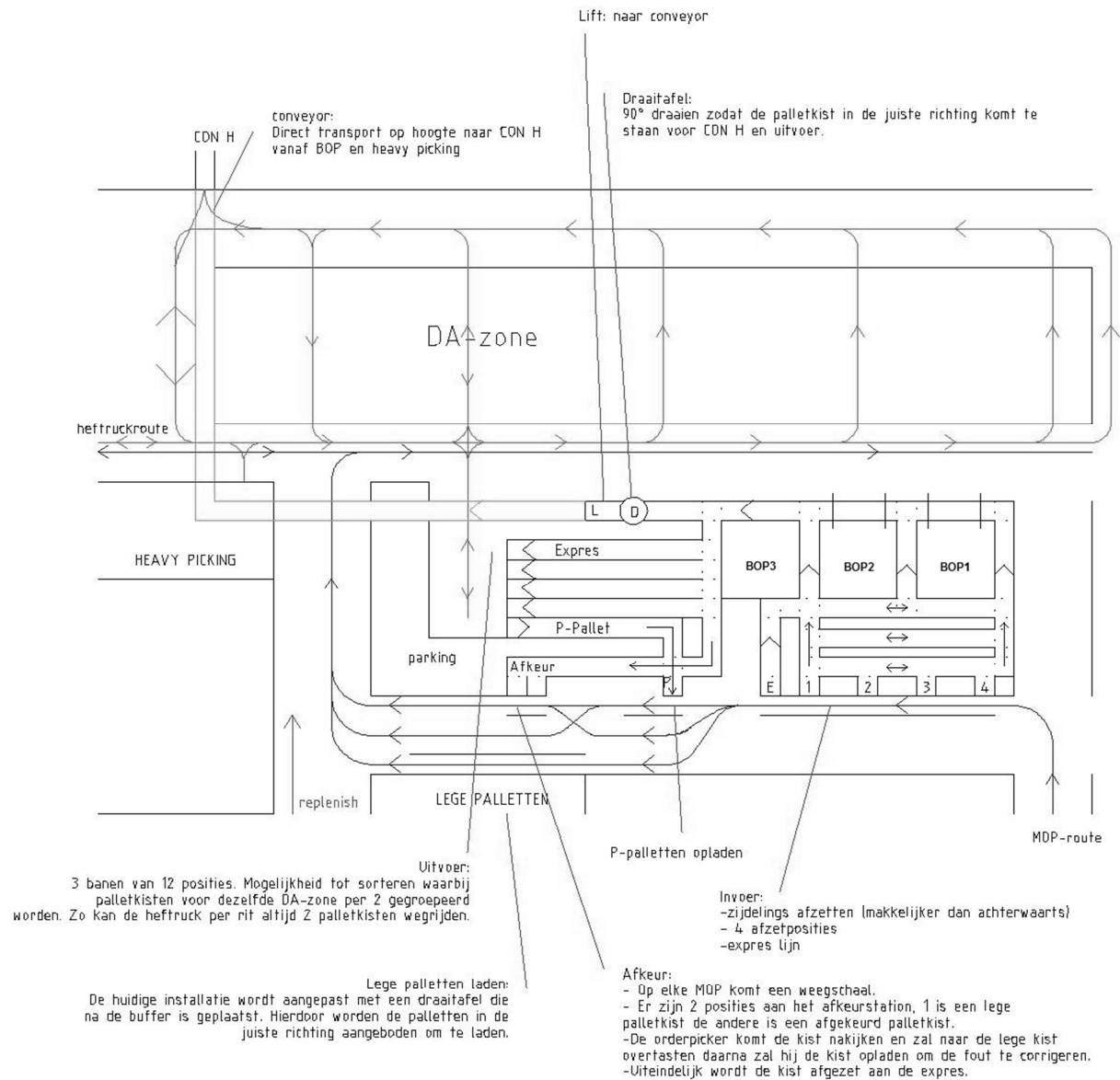
Nadat de keuzes in het morfologisch overzicht gemaakt werden, bleven er nog vijf concepten over. Van elk concept werd een plattegrond met verkeersplan getekend. In dit hoofdstuk worden de vier plattegronden met elkaar vergeleken a.d.h.v. enkele keuzecriteria. Uiteindelijk zal het beste concept gekozen worden.

3.4.1 Plattegrond A



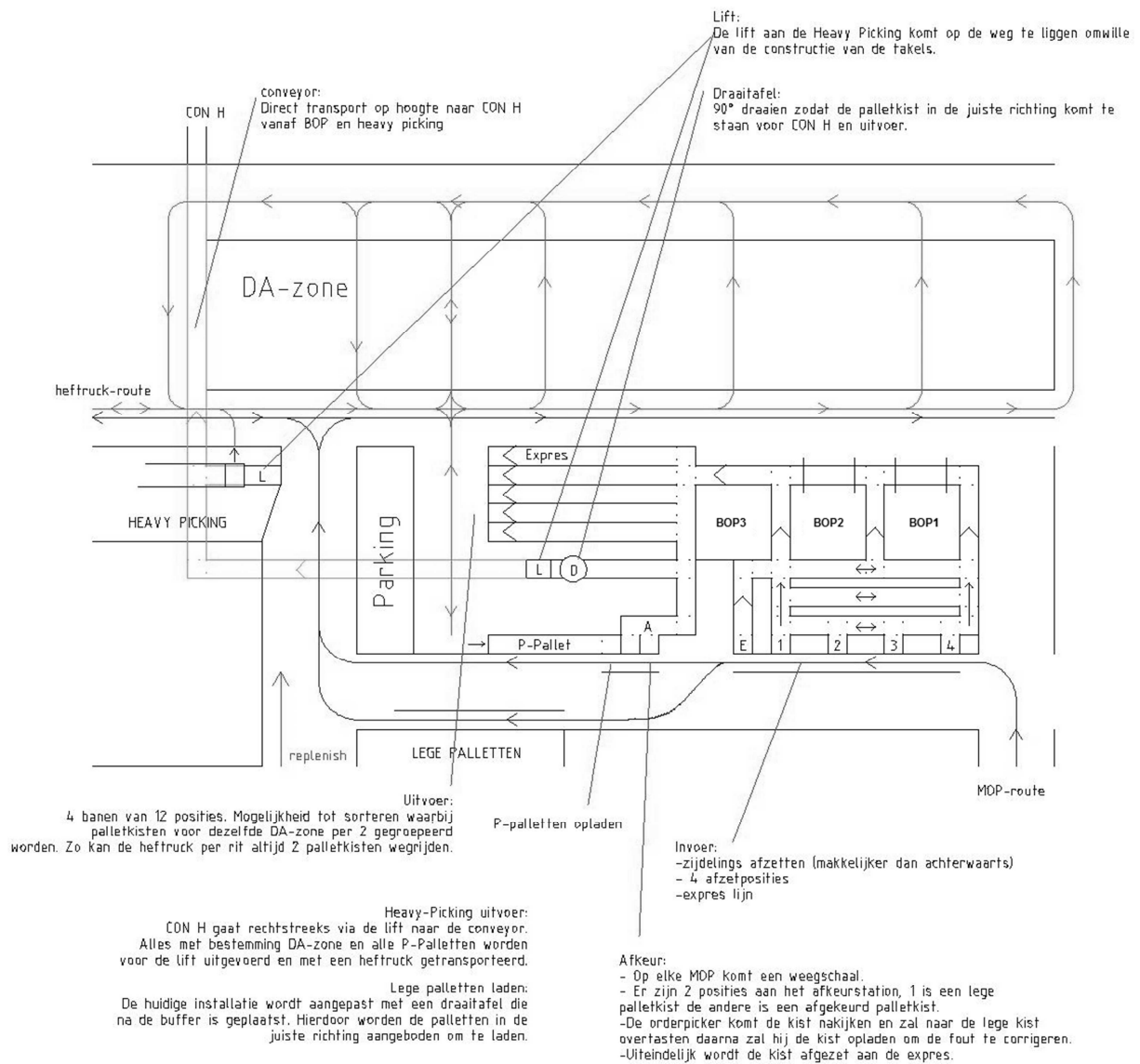
Figuur 22: plattegrond A.

3.4.2 Plattegrond B



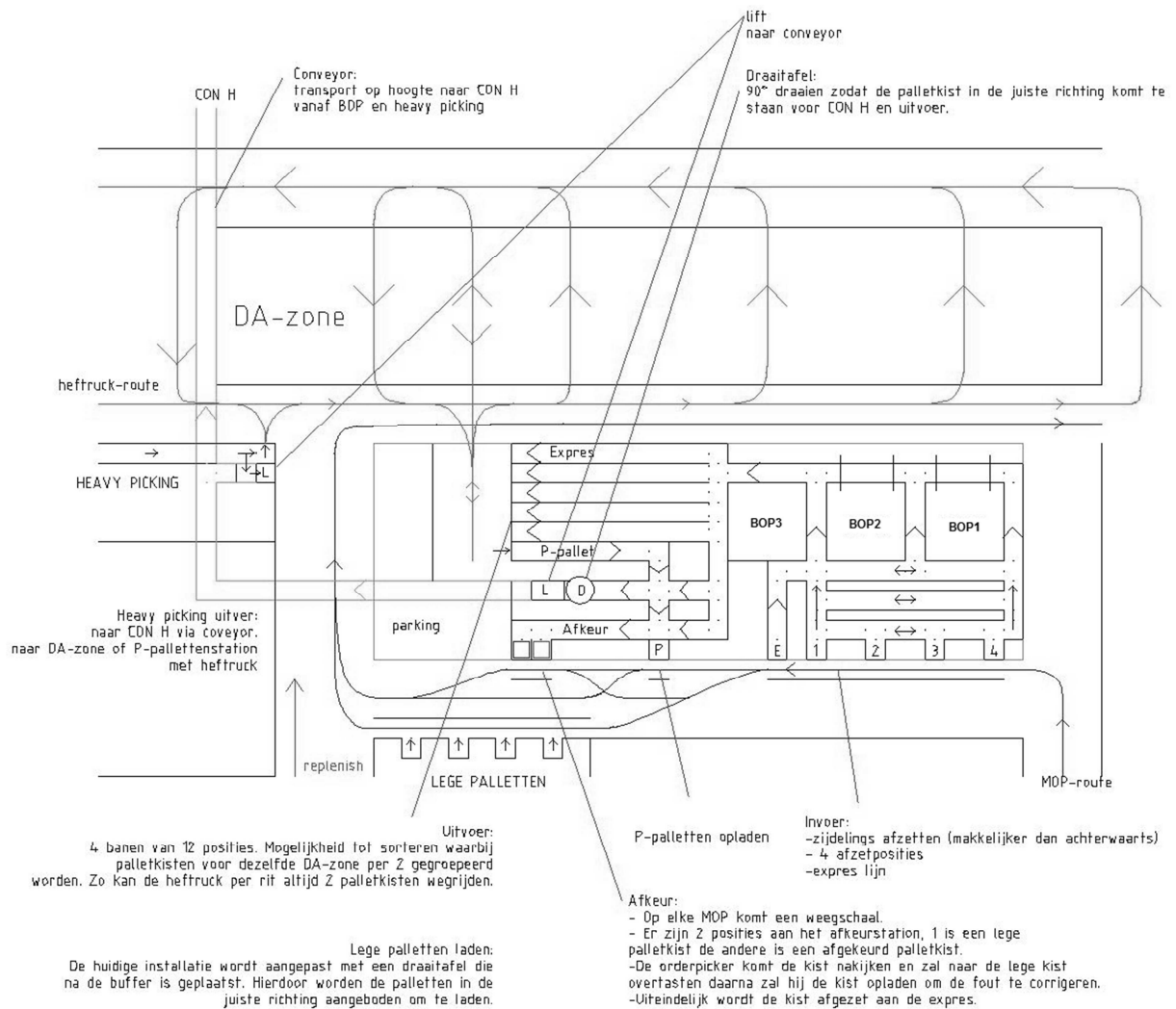
Figuur 23: plattegrond B.

3.4.3 Plattegrond C



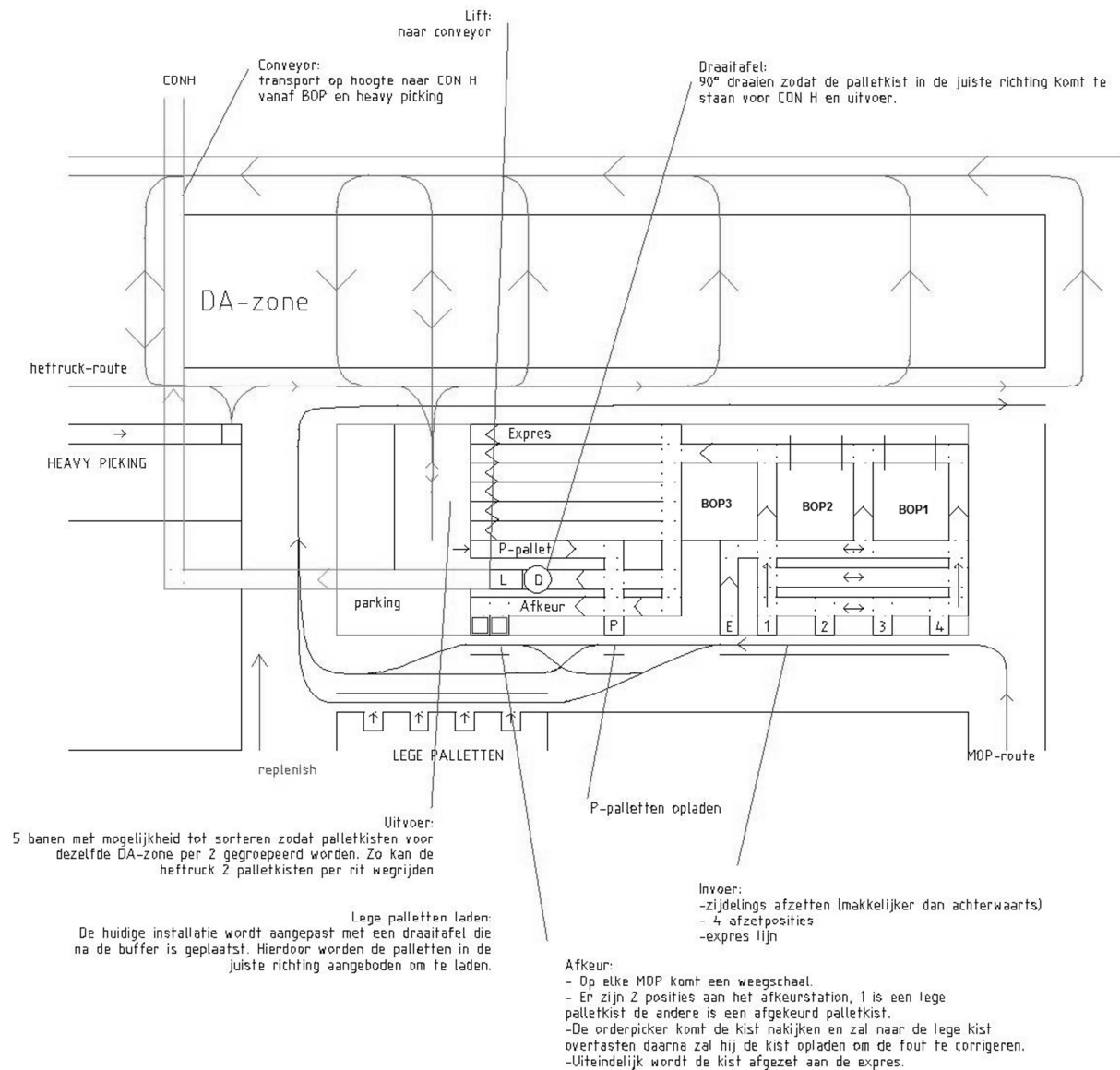
Figuur 24: plattegrond C.

3.4.4 Plattegrond D



Figuur 25: plattegrond D.

3.4.5 Plattegrond E



Figuur 26: plattegrond E.

3.4.6 Keuzecriteria van de plattegronden

Voor elke plattegrond gaan we onderstaande keuzecriteria een score geven. De score geeft aan in hoeverre iedere plattegrond voldoet aan de verschillende keuzecriteria. In tabel 9 staan de scores weergegeven. De puntenverdeling is als volgt: 1 is de hoogste score en 4 is de laagste score.

Tabel 9: de plattegrond scores.

Keuzecriteria		plattegrond				
		A	B	C	D	E
1	rijafstand van uitvoer naar DA-zone	1	3	2	2	2
2	rijafstand voor heftruck met P-pallet	1	3	2	2	2
3	kruisingen tussen MOP en heftruck	1	2	2	2	2
4	totale lengte van het proces	4	2	1	1	1
5	lengte conveyor	1	1	3	3	3
6	conveyor obstakels (lift)	3	1	1	1	1
7	software moeilijkheidsgraad (conveyor)	4	1	1	1	1
8	aantal liften	3	1	2	2	1
9	liftpositie HPP	2	4	4	2	1
10	HPP ombouw nodig	3	1	2	3	1
11	grootte uitvoerbuffer BOP	4	3	2	2	1
12	BOP uitvoer in batches mogelijk	4	2	1	1	1
13	sorteermogelijkheid BOP	4	3	1	1	1
14	grootte uitvoerbuffer HPP	4	1	1	1	1
15	sorteermogelijkheid HPP	4	1	1	1	1
16	grootte DA-zone	4	1	1	1	1
17	expresuitvoer	4	3	1	1	1
18	aantal afnameposities	1	2	2	2	2
19	positie van P-palletlaadstation	4	1	2	1	1
20	beschikbaarheid P-pallettenstation	1	1	4	1	1
21	beschikbaarheid afkeurstation	1	1	4	1	1
22	hoeveelheid transportbanen	1	3	4	4	4

3.4.6.1 Rijafstand van uitvoer naar DA-zone

De heftruck, die de afgewerkte kisten van de uitvoerbuffer naar de DA-zone brengt, moet een zo kort mogelijke afstand afleggen. De rijafstand in plattegrond A (figuur 22) is minimaal. In plattegronden C (figuur 24), D (figuur 25) en E (figuur 26) is de rijafstand iets langer. Plattegrond B (figuur 23) scoort het slechtst.

3.4.6.2 Rijafstand voor heftruck met P-pallet

Dit geeft de lengte van de rijafstand van de heftruck aan vanaf de HPP tot de laadplaats van het P-pallettenstation. Plattegrond A scoort op dit criterium het beste, de af te leggen weg is het kortste. Plattegrond B heeft de langste af te leggen weg en scoort het slechtst.

3.4.6.3 Kruisingen MOP en heftruck

Er wordt gestreefd naar zo weinig mogelijk kruisingen tussen de MOP-toestellen en de heftrucks. Dit om een vlotte doorgang van het verkeer te bekomen. Plattegrond A heeft het minste kruisingen. De andere plattegronden scoren hier minder op door de kruising bij het in- en uitrijden aan de uitvoerbuffer.

3.4.6.4 Totale lengte van het proces

Deze eigenschap geeft de afgelegde weg van een palletkist vanaf het pakstation tot in de DA-zone aan. Omdat de palletkist eerst via de conveyor moet gaan en vervolgens nog met de heftruck moet getransporteerd worden, is deze in plattegrond A het langst. In plattegrond B zorgt de ligging van de uitvoerbuffer voor extra af te leggen weg. In plattegrond C, D en E is de af te leggen weg het kleinst. Zij scoren dus het beste.

3.4.6.5 Lengte conveyor

De lengte van de conveyor bepaalt de doorlooptijd van een palletkist naar CON H. In plattegrond A is ook de doorlooptijd naar de uitvoer afhankelijk van de lengte van de conveyor. Plattegrond A en B scoren het beste. Daar is de conveyor korter dan bij plattegrond C, D en E.

3.4.6.6 Conveyor obstakels (lift)

Hiermee wordt bedoeld of de lift aan de HPP een onderdeel is van de conveyor of niet. Is dit het geval dan wordt het als negatief ervaren omdat het transport van CON H-palletkisten, afkomstig van de BOP-installatie, gehinderd worden. Deze onderbreking doet zich voor als de lift een CON H-palletkist van de HPP naar boven verplaatst. De doorvoer van de palletkisten van de BOP-installatie naar CON H is dan niet meer mogelijk. De palletkisten zijn langer onderweg. In plattegronden C en D wordt dit vermeden en in plattegrond B en E is er geen lift aan HPP.

3.4.6.7 Softwaremoeilijkheidsgraad

De programmering van de conveyor in plattegrond A is moeilijker omdat de PLC's van de BOP-installatie en de HPP gekoppeld moeten worden aan de PLC van de conveyor. Bij de andere plattegronden is dit niet nodig.

3.4.6.8 Aantal liften

Het aantal liften heeft invloed op de kostprijs. Plattegronden B en E hebben 1 lift, plattegrond C en D hebben twee liften en plattegrond A heeft drie liften. Plattegrond A scoort hier slecht.

3.4.6.9 Liftpositie HPP

In sommige concepten is er een lift voorzien aan de HPP. In plattegronden C komt deze op de weg te liggen. Dit zorgt voor een versmalling van de weg op een plaats waar de trucks een bocht maken. De trucks zwenken uit bij het maken van een bocht. Dit vraagt extra aandacht van de chauffeurs. In plattegrond A ligt de lift niet op de weg en in plattegrond B en E is er geen lift aan HPP. Plattegrond A scoort op dit criterium het slechtst.

3.4.6.10 Grootte uitvoerbuffer BOP naar DA

Om pieken op te vangen is een grote uitvoerbuffer vereist. Plattegrond A heeft echter een kleine uitvoerbuffer en voldoet het minst aan deze eigenschap. Plattegrond E scoort hier het hoogst.

3.4.6.11 BOP-uitvoer in batches mogelijk

Een grote uitvoerbuffer met verschillende banen aan de BOP-installatie geeft de mogelijkheid om de verpakte palletkisten in batches vrij te geven. De palletkisten worden dan per bestemming gesorteerd in de uitvoerbuffer. Als een baan volledig bezet is, wordt deze vrijgegeven en worden de palletkisten naar de desbetreffende DA-zone gebracht. Het voordeel is dat er niet constant een heftruckchauffeur beschikbaar moet zijn om de uitvoerbuffer van de BOP-installatie te ledigen. Deze kan in tussentijd iets anders doen zoals pakken, uitvoer van de HPP, ... Plattegrond E leent zich het best tot uitvoeren in batches.

3.4.6.12 Sorteermogelijkheid BOP

Hiermee bedoelen we in welke mate het mogelijk is om de kisten per twee te sorteren in de uitvoerbuffer van de BOP-installatie. De palletkisten worden dan per twee per DA-zone gesorteerd. Zo kan de heftruck telkens twee palletkisten vervoeren. In plattegrond E is de mogelijkheden hier het grootst omdat er meer uitvoerbanen zijn. In plattegrond A is de sorteermogelijkheid minimaal.

3.4.6.13 Grootte uitvoerbuffer HPP naar DA

In plattegrond A vormt de conveyor een uitvoerbuffer voor de HPP. Dit is een voordeel omdat de HPP minder snel zal vastlopen. Bij de ander plattegronden is de uitvoer van de HPP zeer beperkt. Zij scoren slecht op deze eigenschap.

3.4.6.14 Sorteermogelijkheid HPP

Hiermee bedoelen we in welke mate het mogelijk is om de kisten per twee te sorteren in de uitvoerbuffer van de HPP. In plattegrond A is er deze mogelijk, al is deze zeer beperkt. In de andere plattegronden is dit niet mogelijk.

3.4.6.15 Grootte DA-zone

In plattegrond A is de uitvoerbuffer van de palletkisten, die bestemd zijn voor de DA-zone, in de DA-zone geplaatst. De DA-zone wordt kleiner wat uiteraard nadelig is. Plattegrond A scoort hier slecht t.o.v. de andere.

3.4.6.16 Expresuitvoer

De expresuitvoer van plattegronden C, D en E liggen bij de uitvoerbuffer en zijn dus goed merkbaar voor de heftruckchauffeur. In plattegronden A en B liggen de expresuitvoeren apart. De expresbestellingen kunnen onnodig blijven staan omdat ze niet opgemerkt worden. Plattegrond A en B scoren slecht.

3.4.6.17 Aantal afnameposities

Dit wijst op het aantal afnameposities om de palletkisten naar de DA-zone te brengen. In plattegrond A komen de uitvoer van de HPP en de BOP-installatie samen in één afnamepositie. Dit wil zeggen dat de heftruckchauffeur maar één station in het oog moet houden. In de andere plattegronden zijn er dit twee, aan de HPP en de BOP-uitvoer. Dit kan leiden tot vastlopen van de HPP of de BOP-installatie als de heftruckchauffeur één van de twee afnameposities niet bedient.

3.4.6.18 Positie P-pallettenstation

De beschikbare P-palletten dienen opgemerkt te worden door de MOP-operator. De ligging van het P-pallettenstation bepaalt de zichtbaarheid van de P-palletten. Hoe dichter het P-pallettenstation bij de afzetposities staan hoe beter. Plattegronden B en D voldoen het best aan dit criterium.

3.4.6.19 Beschikbaarheid P-pallettenstation

In plattegrond C is het P-pallettenstation niet beschikbaar als een orderpicker een afgekeurde pallet aan het controleren is. In de andere plattegronden is het P-pallettenstation altijd beschikbaar. Zij halen op dit criterium een hoge score.

3.4.6.20 Beschikbaarheid afkeurstation

In plattegrond C is het afkeurstation niet beschikbaar als het P-pallettenstation bezet is. In alle andere plattegronden is het afkeurstation altijd beschikbaar.

3.4.6.21 Hoeveelheid transportbanen

Het aantal transportbanen is een belangrijke factor in de kostprijsbepaling. Het is voordeliger om het aantal transportbanen te beperken. Plattegrond A heeft de minste transportbanen en scoort dus goed op deze eigenschap.

3.4.7 De keuze

Plattegronden A, B en C zijn concepten waarbij de palletkisten vanaf HPP ook via de conveyor naar CON H gaan. Dit is echter niet haalbaar zonder grote aanpassingen van de takelconstructie en de transportbanen aan de HPP. Dit laatste betekent dat heel het proces van de HPP herzien moet worden. Die studie in verband met de HPP valt buiten het bestek van deze masterproef.

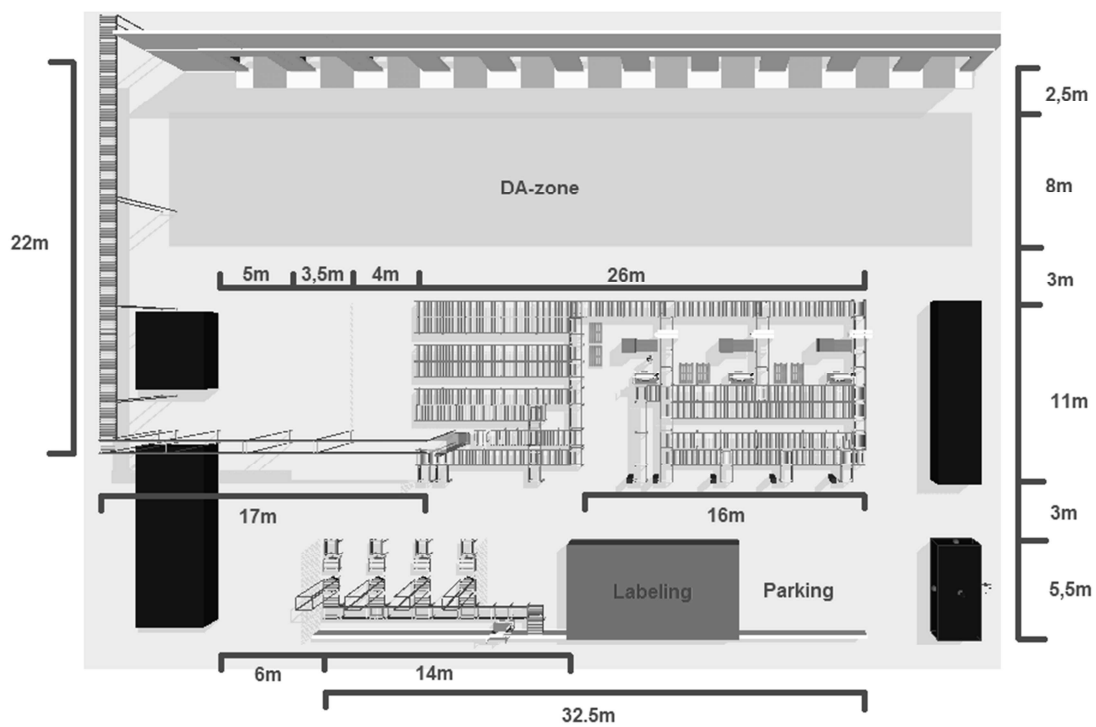
Uiteindelijk kwam plattegrond E het beste uit de vergelijking. De doorslaggevende factoren waren:

- de grote uitvoerbuffer met sorteermogelijkheid;
- de korte weg tot de DA-zone;
- de ligging van het P-pallettenstation;
- de constante uitvoer van de palletkisten naar CON H via de conveyor.

Een nadeel is het groot aantal transportbanen, dit drijft de kostprijs natuurlijk omhoog. Deze plattegrond hebben we verder uitgewerkt en wordt in hoofdstuk 4 besproken.

4 Voorgestelde BOP-installatie

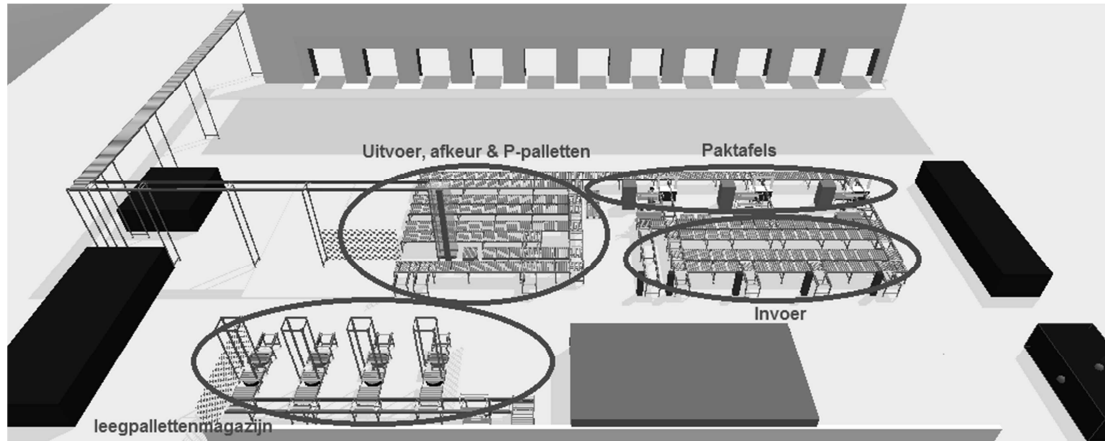
Figuur 27 geeft het bovenaanzicht van het voorgesteld ontwerp met de basisafmetingen weer.



Figuur 27: de afmetingen van de voorgestelde BOP-installatie.

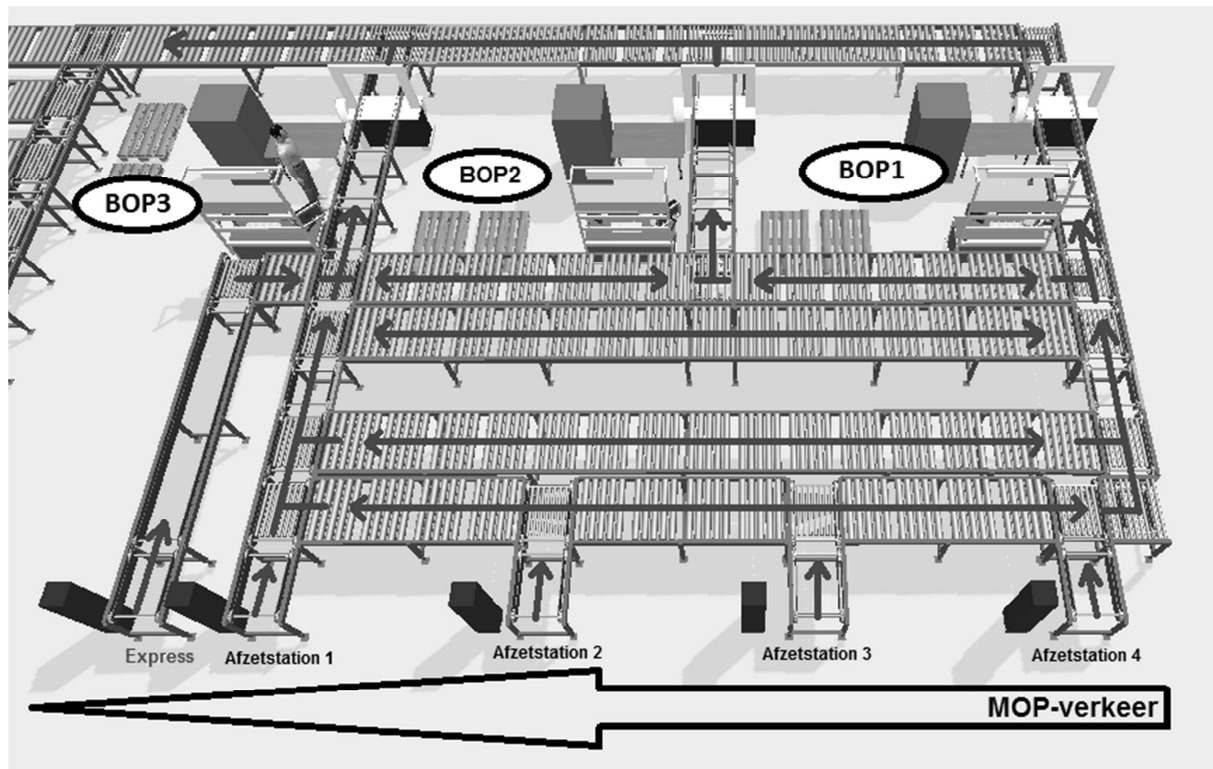
4.1 Werking BOP-installatie

In deze paragraaf wordt de werking van ieder deel van de gekozen BOP-installatie besproken. Zo wordt de werking van de installatie duidelijk. De verschillende delen zijn zichtbaar in figuur 28. De rijroutes van de heftrucks en MOP-toestellen zijn te zien op plattegrond E (figuur 26) in paragraaf 3.4.6.



Figuur 28: de verschillende onderdelen van de voorgestelde BOP-installatie.

4.1.1 Invoer



Figuur 29: de afzetposities, de invoerbuffer en de paktafels.

Figuur 29 geeft de afzetposities, de invoerbuffer, de expreslijn en de paktafels weer. De pijlen geven de bewegingsrichtingen van de pallet weer. De werking is als volgt, de MOP-operator vult de palletkist zet het af aan één van de vier afzetposities van de BOP-installatie. De MOP-operator rijdt altijd tot het verste normale afzetstation (tweede van links). Het meest linkse afzetstation is het expresstation. Dit mag enkel gebruikt worden voor exprespalletkisten. Aan de afzetpositie bedient de MOP-operator de transportketting op zijn toestel. De pallet wordt overgezet. Het overzetten is beveiligd met de nodige sensoren. De MOP-operator vraagt een nieuwe pickopdracht aan, tenzij er een P-pallet beschikbaar is aan het P-palletten-laadstation (zie paragraaf 4.1.3). Bij een nieuwe pickopdracht hoort een lege palletkist (zie paragraaf 4.1.4) of een andere verpakking.

Nadat de palletkist is afgezet aan de BOP-installatie komt het in de invoerbuffer. Deze bestaat uit vier transportbanen in totaal 52 posities. Aan elk uiteinde zijn ze met elkaar verbonden. Dit zorgt voor een snelle doorvoer als de buffer niet nodig is en redundantie. De grootte van deze buffer is gecontroleerd met behulp van de simulatie. Enkel bij uitzonderlijk drukke momenten zal hij vol komen te zitten. De expresinvoer komt meteen uit aan de vierde horizontale transportbaan en heeft altijd voorrang. Tussen de transportbanen is voldoende ruimte voorzien om eventuele onderhoudswerken uit te voeren. Die vrije zone is via de omsluitende kettingtransportbanen bereikbaar. Hier zijn trapjes voorzien en de ruimte tussen de kettingen is opgevuld. Zodat het mogelijk is om over de transportbaan te stappen.

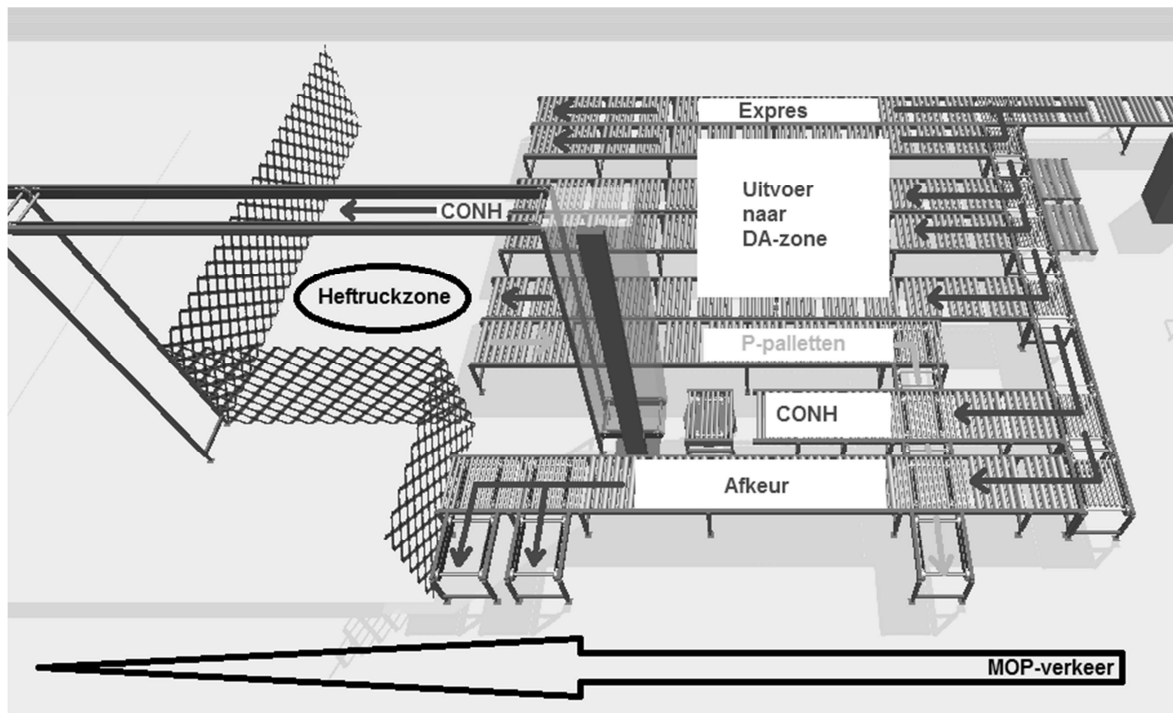
4.1.2 Paktafels

Aan de vierde horizontale transportbaan zijn er drie aftakkingen naar een paktafel (BOP) (figuur 29). Aan deze paktafel wordt de palletkist klaargemaakt voor verzending op dezelfde manier als in het huidige systeem. Het label wordt gescand en de gewichtscontrole vindt plaats. Nu weet de BOP-installatie via de pc wat de bestemming is van die palletkist (expresuitvoer, normale uitvoer, conveyor of afkeur).

Iedere paktafel heeft ook nog altijd zijn eigen strapexmachine en opvulpapiermachine. De grote blokken in figuur 29 zijn de opvulpapiermachines. Er is plaats voorzien om de papierrollen en de antislippads te stockeren. De verwerkte palletkisten komen na de drie paktafels samen op één transportbaan. Op het einde van deze baan wordt besloten waar de palletkist naartoe moet. Zijn bestemming is toegekend na het scannen van het label aan de paktafel. De BOP1 en BOP2 zijn bereikbaar via de poorten van rollenbanen in de afvoerbaan. BOP3 is altijd bereikbaar via de vrije doorgang.

De indeling van deze werkpost is aangepast. Zo staat de pc en printer rechts en het opvulpapier staat links, in plaats van achter de operator. Hierdoor moet de operator slechts 90° in plaats van 180° draaien om de verschillende handelingen uit te voeren. Dit 180° draaien kan oplopen tot 10 keer per palletkist, afhankelijk van de hoeveelheid opvulpapier in de kist moet.

4.1.3 Uitvoer, afkeur & P-pallettendoorvoer



Figuur 30: de uitvoer, de afkeur & de P-pallettendoorvoer.

In figuur 30 is de uitvoer, afkeur en P-pallettendoorvoer weergegeven. De uitvoer bestaat uit:

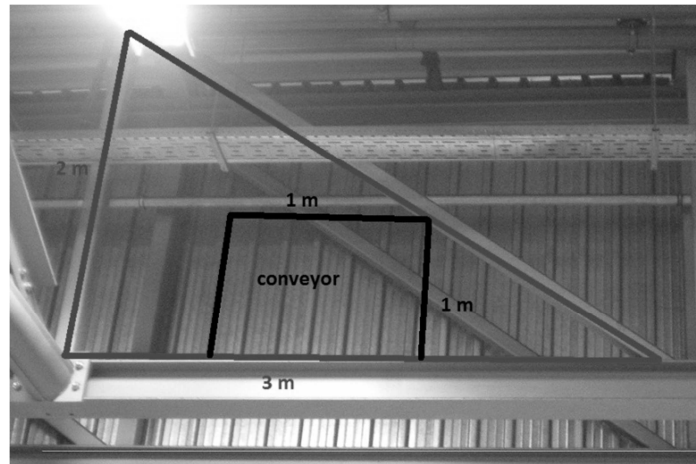
- de expresuitvoer, die het kortste bij de rijweg ligt en dus ook bij de DA-zone;
- normale uitvoer door middel van vier banen met elk dertien posities, hier worden de palletkisten niet alleen gebufferd maar ook gesorteerd, zodat twee palletkisten die naar dezelfde DA-zone moeten, achter elkaar uit de uitvoerbuffer komen, zo kan de heftruck die kisten tegelijk naar hun DA-zone brengen.
- uitvoer naar CON H via een draaitafel en een lift naar de conveyor op hoogte die ondersteund wordt door verschillende pijlers, deze conveyor is rechtstreeks verbonden met CON H, de draaitafel positioneert de palletkisten in de juiste richting zodat het etiket zichtbaar is voor de heftruckbestuurders aan de uitgang van CON H.

Het afkeurstation ligt tegen de rijweg en is goed bereikbaar voor de MOP-toestellen. Het is ook ver genoeg van het P-pallettenlaadstation verwijderd zodat de MOP-toestellen elkaar niet hinderen. Bijkomend is er tussen al deze transportbanen ruimte voorzien om het onderhoud te vergemakkelijken.

Het P-palletteninvoerstation ligt langs de normale uitvoer. Hier zet de heftruckchauffeur een P-pallet, afkomstig van de HPP, af. Via de transportbaan komt de P-pallet aan het P-pallettenlaadstation. Een MOP-operator laadt die kist op om het verder samen te rapen.

De zone links van en voor de heftruckzone is parking voor de MOP-trucks.

Aan het plafond waar de conveyor naar CON H moet komen, zijn er enkele obstakels (figuur21). Het is niet haalbaar om de dragende constructie aan te passen. Dus moet de conveyor langs de staalprofielen. Hier is echter rekening mee gehouden in de plattegrond. De conveyor zal volgens onderstaande foto door de dragende constructie gaan. Palletkisten met drie kragen moeten met een heftruck naar de CON H gebracht worden. De software stuurt ze niet naar de lift maar naar de normale uitvoer. Andere obstakels zoals: verlichting, elektriciteitsgoten, regenwaterafvoer en ventilatiebuizen zijn wel aan te passen.



Figuur 31: een schets van de conveyor door de plafondconstructie.

Er moet ook rekening gehouden worden met de veiligheid en bereikbaarheid van de conveyor. Een net moet gespannen worden onder de conveyor, zodat er niets naar beneden kan vallen. Die netten moeten sterk genoeg zijn om een palletkist van 500 kg op te vangen en ze moeten geschikt zijn om personen op te vangen tijdens onderhoud. Voor dat onderhoud moet de conveyor bereikbaar zijn. Een loopbrug, op de moeilijk bereikbare plaatsen, langs de conveyor is hiervoor aangewezen. Elders biedt een hoogtewerken een oplossing.

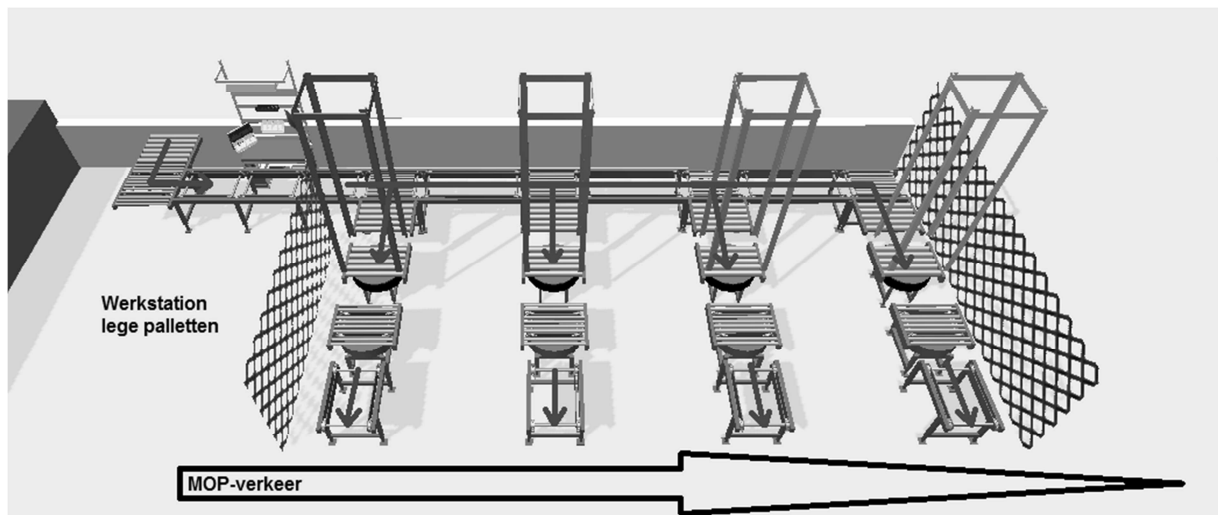
Figuur 32 geeft weer hoe de conveyor aansluit op de lift van CON H. Deze optie tot verbinding was voorzien in het ontwerp van CON H.



Figuur 32: een schets van de conveyor verbonden met de lift van CON H.

4.1.4 Leegpallettenmagazijn

Als de MOP-operator een nieuwe pickopdracht ontvangt, rijdt hij naar het leegpallettenmagazijn (figuur 33). De lege palletkisten komen nog altijd op dezelfde manier uit hun magazijn. Alleen is er een draaimodule bijgezet die zijdelings laden mogelijk maakt. Er zijn nog altijd twee laadposities voor zowel P01- als P02-palletkisten. Deze kunnen niet alle vier tegelijk gebruikt worden. Daarvoor staan ze te kort bij elkaar. Om dit te verbeteren moet heel het leegpallettenmagazijn uitgebreid worden. Hiervoor is niet voldoende plaats beschikbaar waardoor de tussenafstand hetzelfde blijft.



Figuur 33: het leegpallettenmagazijn.

4.2 Transportbanen

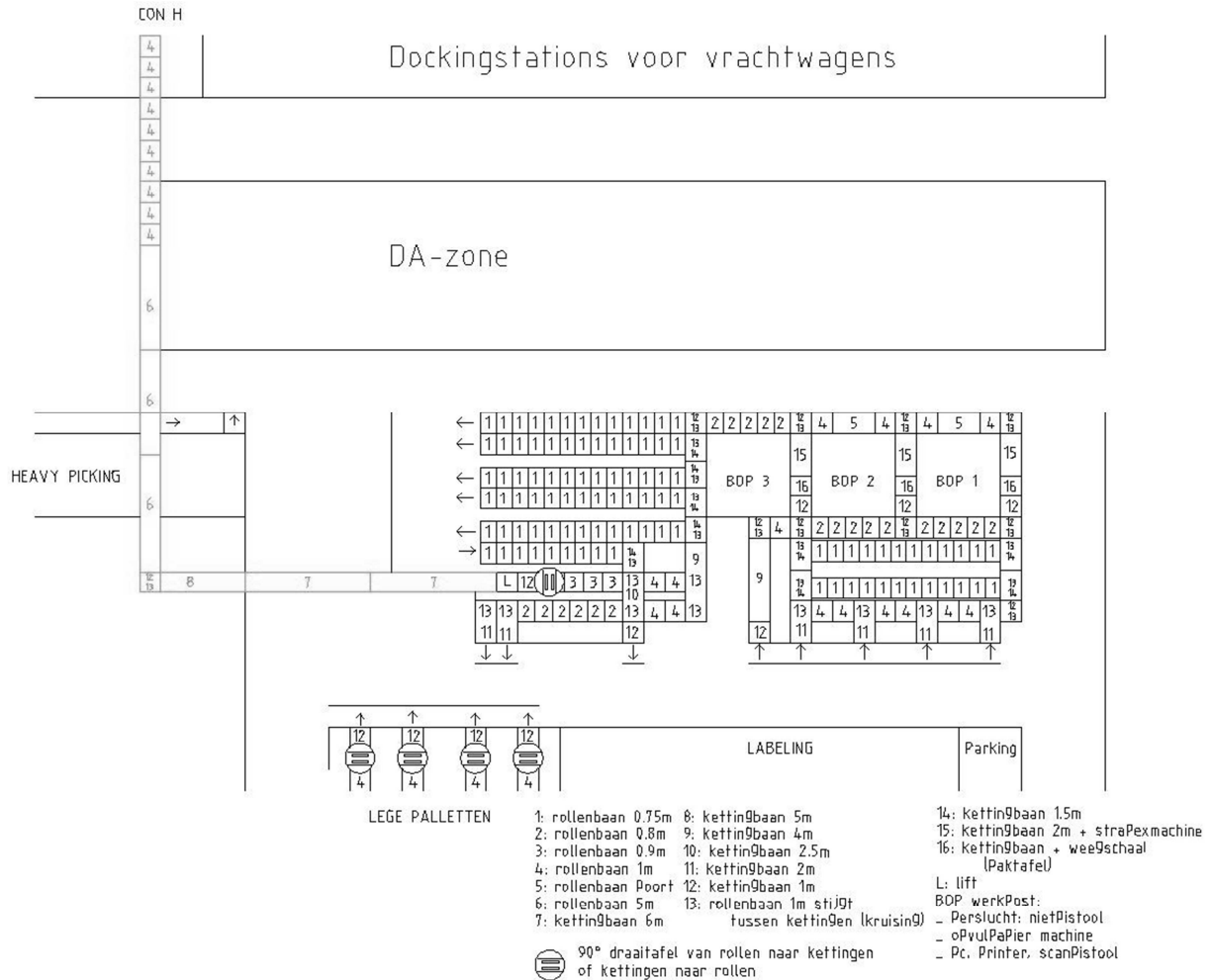
4.2.1 Algemeen

Alle rollenbanen en kettingbanen worden aangedreven. Een hellende rollenbaan in de uitvoer is aantrekkelijk vanwege de energiezuinigheid, maar is niet geschikt voor palletkisten. De palletkisten staan tegen elkaar vanwege het hellend vlak. Daardoor is het gevaarlijker om ze van de rollenbaan te heffen. De kragen schuren tegen elkaar en kunnen in elkaar haken. De aanleunende kist wordt meegesleurd door de heftruck. Dit mag niet gebeuren.

De lengte van de rollenbaan of kettingbaan aangedreven door één motor is bepaald door de eisen aan de doorvoer. Indien de transportbaan moet bufferen is het aangewezen dat iedere positie afzonderlijk aangedreven wordt. Zo kan de palletkist telkens aansluiten. Indien de transportbaan niet moet bufferen maar enkel de palletkist moet verplaatsen, kan één motor meerdere posities aandrijven. Er zullen lege posities voorkomen maar dit is geen probleem. Het voordeel hiervan is dat er minder motoren gebruikt worden. Met als gevolg dat de kostprijs daalt.

4.2.2 Transportbaanindeling

In figuur 34 is de uitgewerkte plattegrond getekend. Op elke positie is aangeduid welke soort transportbaan er staat. Daarna staat in tabel 10 het aantal en de lengte van elk onderdeel opgegeven. Dit is het uitgangspunt voor de energie analyse en de kosten- batenanalyse.



Figuur 34: de transportbaanindeling van het voorgesteld ontwerp.

Tabel 10: de transportbaanindeling.

nr.	beschrijving	aantal
rollenbanen		
1	rollenbaan L = 0,75 m	98
2	rollenbaan L = 0,8 m	21
3	rollenbaan L = 0,9 m	3
4	rollenbaan L = 1 m	28
6	rollenbaan L = 5 m	3
5	rollenbaan poort 2m	2
	totaal	155
	totale afstand	140 m
kettingbanen		
7	kettingbaan L = 6 m	2
8	kettingbaan L = 5 m	1
9	kettingbaan L = 4 m	1
12	kettingbaan L = 1 m	10
	totaal	14
	totale afstand	28 m
kruisingen		
9 13 13	2 stijgende rollenbanen + 1 kettingbaan 4 m	1
13 10 13	2 stijgende rollenbanen + 1 kettingbaan 2.5 m	1
13 11	1 stijgende rollenbaan + 1 kettingbaan 2 m	6
13 12	1 stijgende rollenbaan + 1 kettingbaan 1 m	9
13 14	1 stijgende rollenbaan + 1 kettingbaan 1.5 m	9
	totaal	26
speciale onderdelen		
	draaitafel met rollen-ketting-overgang	5
15	2 kettingbanen L = 1 m + strapexmachine	3
16	kettingbaan + weegschaal (paktafel)	3
L	lift	2
	afbakening	13 m
	geleidingsrail	39 m
conveyor		
	afstand	43 m
	belasting	500 kg/m

4.2.3 Doorlooptijd

De snelheid van de transportbanen bepaalt voor een deel de doorlooptijd van de installatie. Hiervan wordt de som gemaakt. Er zijn echter verschillende routes in de installatie mogelijk. De afstand die een palletkist aflegt over de transportbanen varieert.

De kortste afstand die een palletkist voor de DA-zone kan afleggen is 17 meter. Hierin zit één kruising, de verwerking van de paktafel en het strappen. De transportbanen bewegen aan een snelheid van 0,16 m/s.

De tijdsduur van het verplaatsen is:

$$t_v = \frac{17}{0.16} = 106 \text{ s}$$

Hierbij moet 5 seconden opgeteld worden van de kruising, wat het totaal op 111 seconden brengt.

Daarbij wordt de pak- en straptijd opgeteld worden:

$$t = 111 + 90 + 20 = 221 \text{ s}$$

De kortste doorlooptijd is 3 minuten en 41 seconden.

De tijd om de palletkist naar de DA-zone te brengen kan variëren maar is gemiddeld 90 seconden.

De tijd van het moment dat de palletkist is afgezet aan de BOP-installatie totdat die in zijn DA-zone staat is 5 minuten en 11 seconden. Om deze tijd te halen moet de kist in elke positie meteen doorschuiven zonder te wachten op de voorgaande kist.

Indien er palletkisten in de invoerbuffer staan zal de tijd oplopen. Dit wordt in rekening gebracht door voor elk kist die zich voor de palletkist bevindt, de taktijd van de paktafel op te tellen met de minimale doorlooptijd. De taktijd van de paktafel is ook afhankelijk van het aantal paktafels dat actief zijn. Als er twee paktafels actief zijn zal de taktijd voor de palletkisten dalen tot 45 seconden.

Bijvoorbeeld: De invoerbuffer is voor de helft gevuld, dat zijn 26 palletkisten en er is één paktafel actief. De totale doorlooptijd van een palletkist die op dat moment afgezet wordt aan de BOP-installatie is:

$$26 * 90 + 311 = 2651 \text{ s} = 44 \text{ min } 11 \text{ s}$$

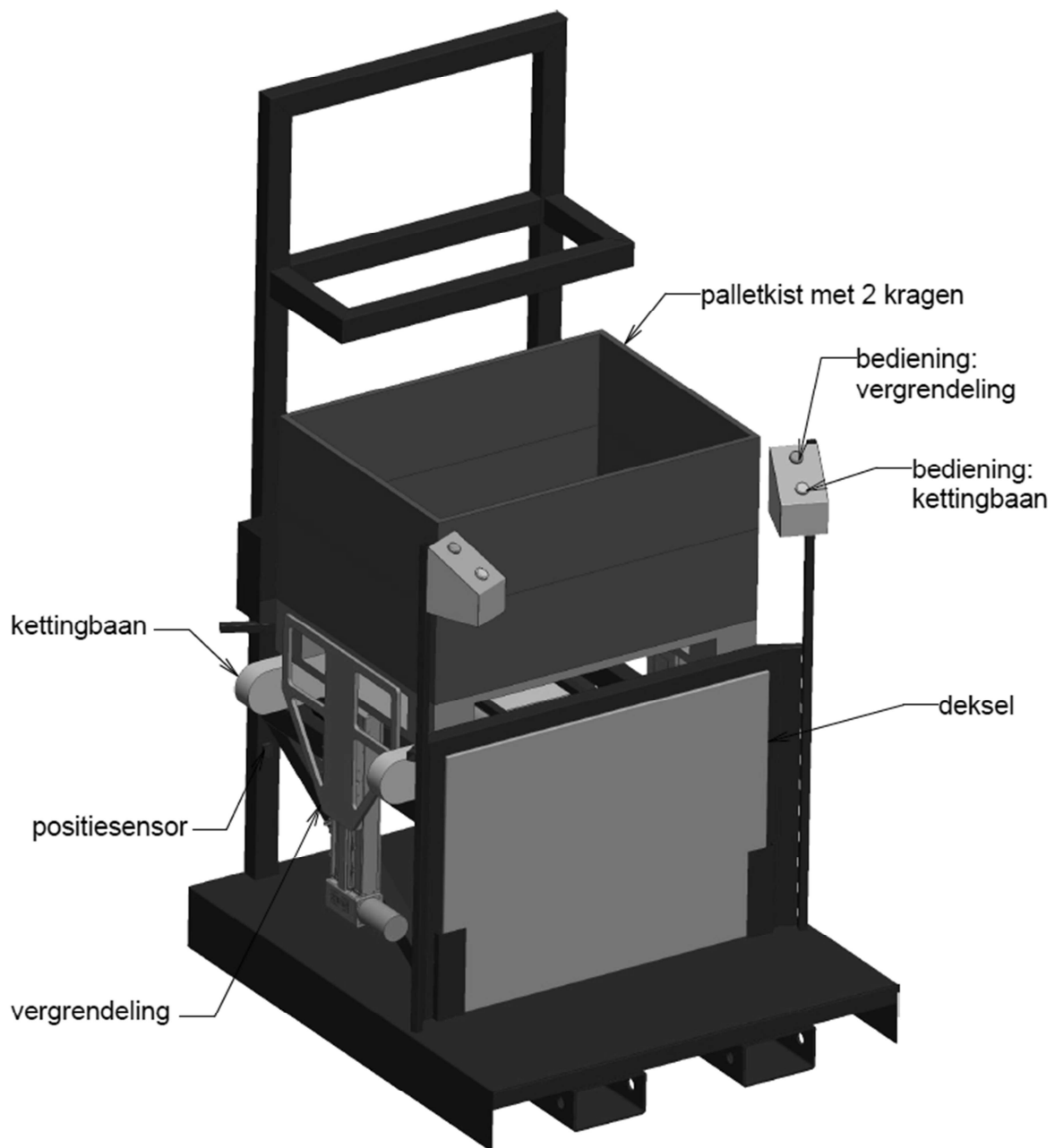
De huidige installatie heeft een gemiddelde doorlooptijd van 14 min voor BOP 3. De invoerbuffer heeft echter maar 7 plaatsen. Als er 7 palletkisten in de buffer staan van de nieuwe installatie dan is de doorlooptijd 15 min 41 s.

5 Voorgesteld MOP-toestel

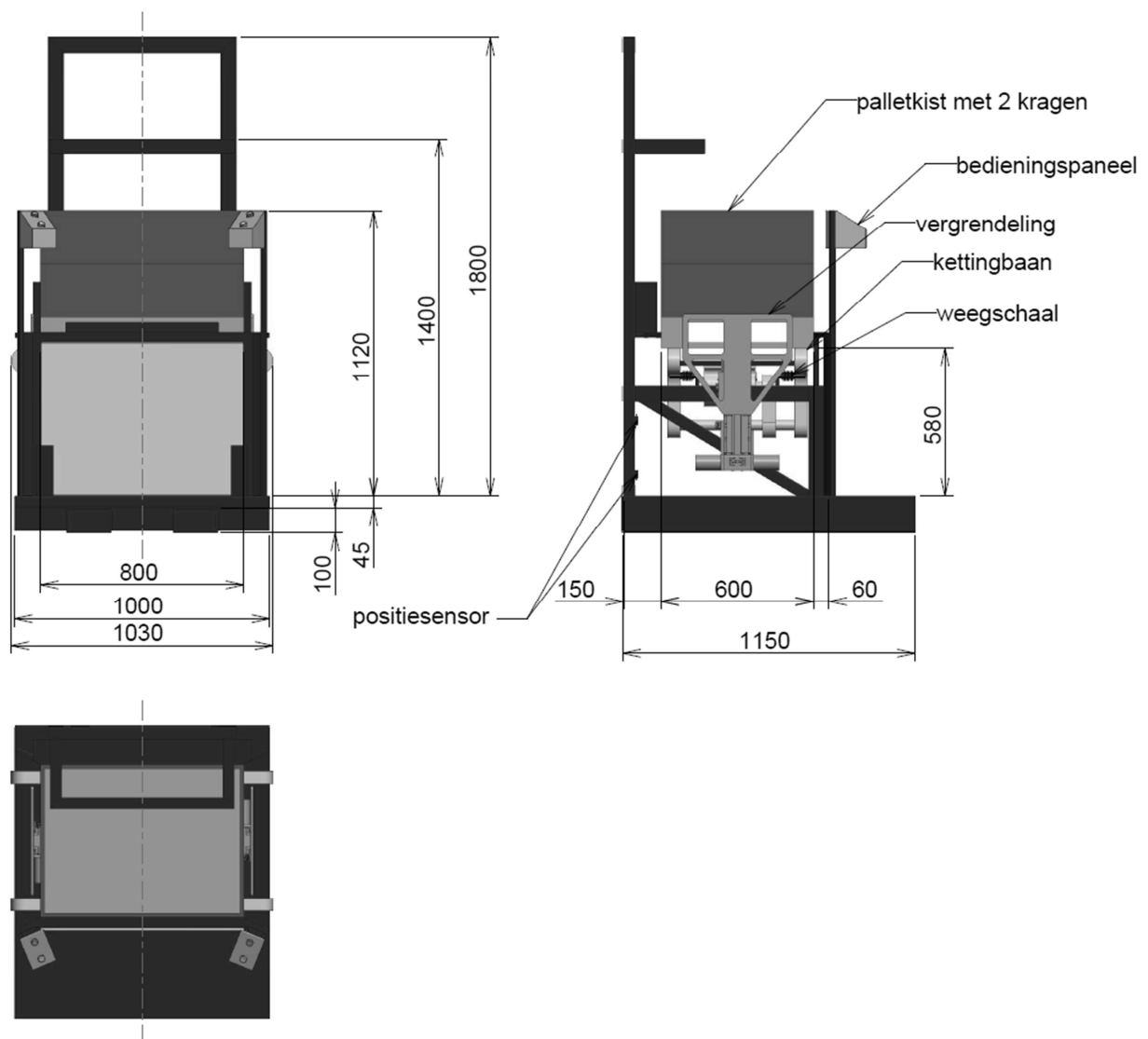
Dit is enkel een concept. Een volledig uitgewerkt ontwerp valt niet binnen het bestek van deze masterproef.

5.1 Werking

In de nieuwe BOP-installatie is gekozen om zijdelingse te lossen. Er moeten dus nieuwe MOP-toestellen gemaakt worden. In figuur 35 en 36 staat een concept van het MOP-toestel dat resulteert uit het morfologisch overzicht. Onderdelen zoals het scherm, het toetsenbord, de palletdetectie, het scanpistool en het schakelkastje met de sturingen zijn echter niet getekend.



Figuur 35: het voorgesteld MOP-toestel, perspectief.



Figuur 36: het voorgesteld MOP-toestel, aanzichten.

De vorken van de orderpicktruck gaan door de onderste profielen van het MOP-toestel dat geborgd wordt door pennen. Op deze profielen is de rest van het frame gelast. Het frame ondersteunt de kettingbaan via vier weegsensoren (figuur 37). Samen controleren ze het gewicht van de palletkist tijdens het verzamelen van de producten. De palletvergrendeling bestaat uit een aangedreven lineaire geleidingsunit. Daarop is een stalen plaat bevestigd. Die verzekert de pallet op de kettingbaan zodat deze zeker niet kan wegschuiven. Het model van de aangedreven geleidingsunit is afkomstig van www.traceparts.com.



Figuur 37: één van de vier weegsensoren op het MOP-toestel.

De kettingbaan wordt bediend door zowel de linkse als de rechtse onderste knop ingedrukt te houden. Dit is een tweehandensturing en bevordert de veiligheid. De twee vergrendelingen worden door de bovenste knop aan de desbetreffende zijde geschakeld. Deze acties worden beveiligd zodat de kettingbaan enkel kan werken op de laad- en losposities en de vergrendeling enkel naar beneden kan indien de MOP-truck stilstaat. Optische sensoren en een spiegeltje aan de laad- en losstations detecteren deze stations. Afhankelijk van welke sensor zijn spiegeltje detecteert, beweegt de kettingbaan in de juiste richting om de pallet te laden of te lossen. Het model van die sensor is afkomstig van www.sick.com. Dat van de drukknop is afkomstig van www.traceparts.com.

Aan de linkerkant van het MOP-toestel staat één sensor, deze detecteert de leegpalletlaadpositie. Aan de rechterkant van het MOP-toestel staan twee sensoren. Eén detecteert de afzetposities. De andere detecteert de P-pallettenlaadpositie en de afkeurpositie. Om te detecteren of de MOP stil staat moet de orderpicktruck een signaal sturen naar de kettingbaansturing.

De orderpicktruck heeft een 48V batterij. De motoren, de sturingselementen van de kettingbaan en vergrendelingen moeten hiervoor geschikt zijn. Om naar 24V te transformeren is een DC-DC converter nodig.

Tijdens het ontwerp van dit MOP-toestel is er veel aandacht besteed aan de ergonomie voor de MOP-operator. Er is voor gezorgd dat de pallet zo kort mogelijk bij de operator staat. De reikwijdte is dan minimaal. Anderzijds is de hoogte van de pallet, het scherm en toetsenbord dezelfde gebleven. Ook het deksel wordt nog steeds vastgehouden door twee U-profielen. Voor het deksel van de dozen is een vak voorzien achter de kist. Verder zorgt het plaatwerk voor bescherming tegen de bewegende onderdelen.

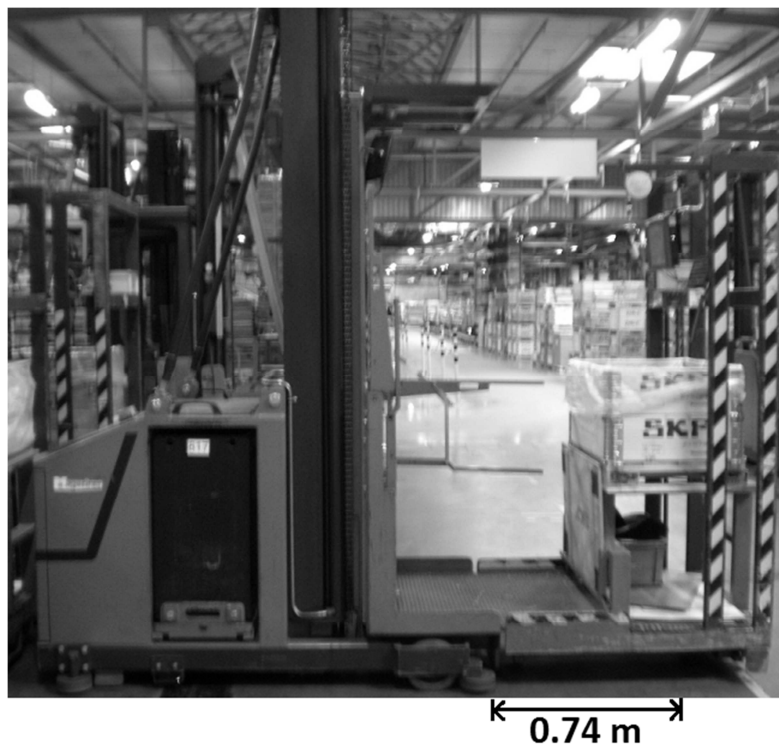
5.2 Zwaartepunt van het MOP-toestel

5.2.1 Huidig MOP-toestel

Bij het ontwerpen van het nieuwe MOP-toestel moet rekening worden gehouden met het lastconstructiepunt en de maximale belasting. Het eigengewicht van het huidige MOP-toestel is 240kg, exclusief de MOP-operator (130 kg). Het MOP-toestel mag dan maximaal belast worden met een palletkist van 350kg. De zwaartepuntafstand bedraagt 0,74m (figuur 38). Het maximaal optredende buigmoment op de vork is bijgevolg:

$$M = 0,74 \cdot 9,81 \cdot (240 + 350 + 130) = 5227 Nm$$

Met dit moment wordt rekening gehouden in de berekeningen van het nieuwe MOP-toestel.



Figuur 38: het zwaartepunt van het huidige MOP-toestel.

5.2.2 Voorgesteld MOP-toestel

Het frame van het nieuwe toestel weegt 125 kg. Het bestaat uit stalen profielen. Deze zijn overgedimensioneerd om zeker voldoende sterk te zijn. De volledige sterkteberekeningen behoorden niet tot het takenpakket van deze masterproef. De accessoires zoals het scherm, het toetsenbord, ... zijn geschat op een gewicht van 30 kg. Bijkomend is de kettingbaan, die op 75 kg geschat is, en de vergrendeling die ongeveer 50 kg weegt. Dit resulteert in een totaal gewicht van 280 kg voor het nieuwe MOP-toestel. Dit is 40 kg zwaarder dan het huidige MOP-toestel. Voor de orderpicker nemen we opnieuw 130 kg. Zonder palletkist wordt het MOP-toestel belast met 410 kg.

Het nieuwe MOP-toestel is anders opgebouwd. Het lastconstructiepunt is verschoven. Het maximaal toelaatbaar moment is 5227 Nm. Dit is afhankelijk van de afstand tot het lastconstructiepunt en de belasting. De ligging van het lastconstructiepunt staat vast. Om te voldoen aan het maximale moment is het enkel mogelijk om de belasting te veranderen. Het gewicht van het MOP-toestel is constant. Hierdoor zal het maximale gewicht van een palletkist beperkt worden. Dit is de enige factor die we kunnen beïnvloeden. Het nieuwe lastconstructiepunt en de maximale massa van een palletkist worden uit onderstaand stelsel berekend.

$$\begin{cases} M = (m_{order} + m_{MOP}) \cdot g \cdot x \\ x = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot x_i + m_{order} \cdot x_{order}}{m_{MOP} + m_{kist}} \end{cases}$$

x: ligging lastconstructiepunt (mm) = onbekende,

$m_{palletkist}$: maximale massa van een palletkist (kg) = onbekende,

M: maximum moment = 5227 Nm,

g: valversnelling = 9,81 m/s²,

m_{MOP} : het eigengewicht van het MOP-toestel, inclusief orderpicker = 410 kg,

$\sum_{i=1}^n m_i \cdot x_i$: de som van alle producten van de massa en de afstand tot het nulpunt van ieder onderdeel = 256196*10⁻³ kgm.

Als we deze gegevens invullen in het stelsel en het stelsel oplossen, krijgen we volgend resultaat:

$$\begin{cases} m_{order} = 371 \text{ kg} \\ x = 680 \text{ mm} \end{cases}$$

Een palletkist weegt dus maximaal 371 kg om het maximum moment niet te overschrijden. Dit is een positief verschil van 21 kg met het huidige MOP-toestel. Met het nieuwe toestel kan men 21 kg meer aan producten verzamelen in één palletkist. Dit positief verschil is te wijten aan de kortere zwaartepuntafstand. Veiligheidshalve wordt een marge ingebouwd. Het maximaal toelaatbare palletkistgewicht blijft 350 kg.

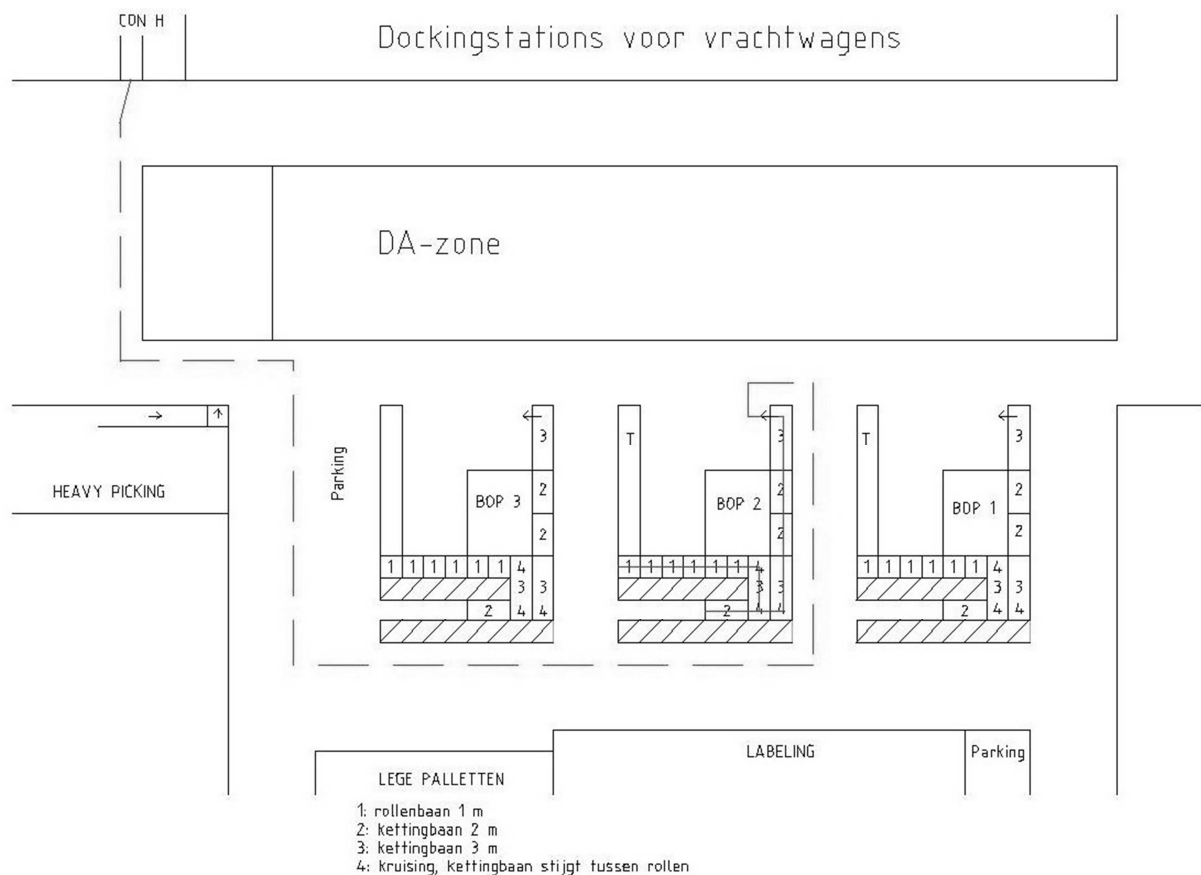
6 Energieanalyse

De energieanalyse vergelijkt het energieverbruik van het voorgesteld concept met de huidige installatie. Het doorslaggevend verschil tussen de twee installaties is het aantal transportbanen. De overeenkomsten zoals de strapexmachines en de paktafels worden niet onderzocht, deze blijven immers onveranderd.

Het energieverbruik van de transportbanen is berekend volgens de formule: $\text{Energie} = \text{vermogen} \times \text{tijd}$. Dit is een schatting omdat versnellingen en vertragingen verwaarloosd zijn. Maar het is zo wel mogelijk om de installaties met elkaar te vergelijken. Er wordt ook rekening gehouden met het energieverbruik van de heftrucks. Deze moeten niet meer naar de CON H rijden in de voorgestelde installatie. Dat resulteert in een vermindering van energiegebruik. Het aantal ritten naar de DA-zone wordt door de sorteerbuffer gehalveerd. Het energiegebruik hiervan wordt ook in rekening gebracht.

6.1 Huidige installatie

Het energieverbruik kan per palletkist bepaald worden afhankelijk van welke transportbanen deze gebruikt. In figuur 39 zijn die transportbanen doorstreept om de afgelegde weg van de kist aan te duiden. In de huidige installatie is er enkel een verschil tussen normale palletkisten en P-palletten.



Figuur 39: de berekende route van de huidige installatie.

De normale palletkisten verplaatsen zich over de transportbanen uit tabel 11.

Tabel 11: het huidige energieverbruik van een normale palletkist.

beschrijving	nr.	lengte (m)	snelheid (m/s)	tijd (s)	vermogen (kW)	aantal	energie (kj) per palletkist
kettingbaan	2	2	0.16	12	0.5	3	18
rollenbaan	1 / 4	1	0.16	6	0.16	2	2
kettingbaan	3	3	0.16	18	0.5	2	18
transportbaanheffer (kruising)	4			4	0.5	1	2
totaal							40

Voor de P-palletten komt er dan nog een klein deel bij dat is weergegeven in tabel 10.

Tabel 12: het huidige energieverbruik van een P-pallet.

beschrijving	nr.	lengte (m)	snelheid (m/s)	tijd (s)	vermogen (kW)	aantal	energie (kj) per palletkist
rollenbaan	1 / 4	1	0.16	6	0.16	7	7
kettingbaan	3	3	0.16	18	0.5	1	9
transportbaanheffer (kruising)	4			4	0.5	2	4
totaal							20

Om een correcte vergelijking te maken met de voorgestelde installatie, moet ook het energieverbruik van de heftruck naar CON H in rekening gebracht worden.

De heftrukeigenschappen zijn:

- Snelheid: 4 m/s
- Rijvermogen: 4 kW

De afstand van de uitvoer van BOP2 tot CON H is 75 meter. BOP2 is gebruikt als gemiddelde omdat deze in het midden ligt tussen BOP1 en BOP3. De tijd is geschat op 20 seconden. De terugweg is iets korter. Samen met de manoeuvres aan de CON H bekomen we een terugrijtijd van 20 seconden.

$$E = 4 * (2 * 20) = 160 \text{ kj}$$

Het aantal verwerkte palletkisten per week is 5000 waarvan 2% (100 stuks) een P-pallet is. 60% van alle palletkisten gaat naar de CON H in plaats van de DA-zone.

In het huidige systeem zijn er 1600 ritten naar de DA-zone. De gemiddelde afstand die de hefrtruck hierbij aflegt is voor de voorgestelde en de huidige installatie hetzelfde. Heen en terug bedraagt deze 85 m. Dat komt overeen met een ritduur van 25 seconden, inclusief het manoeuvreren in de DA-zone. Het energieverbruik van één rit bedraagt:

$$E = 4 * (25) = 100 \text{ kJ}$$

Het energieverbruik per week in de huidige installatie is:

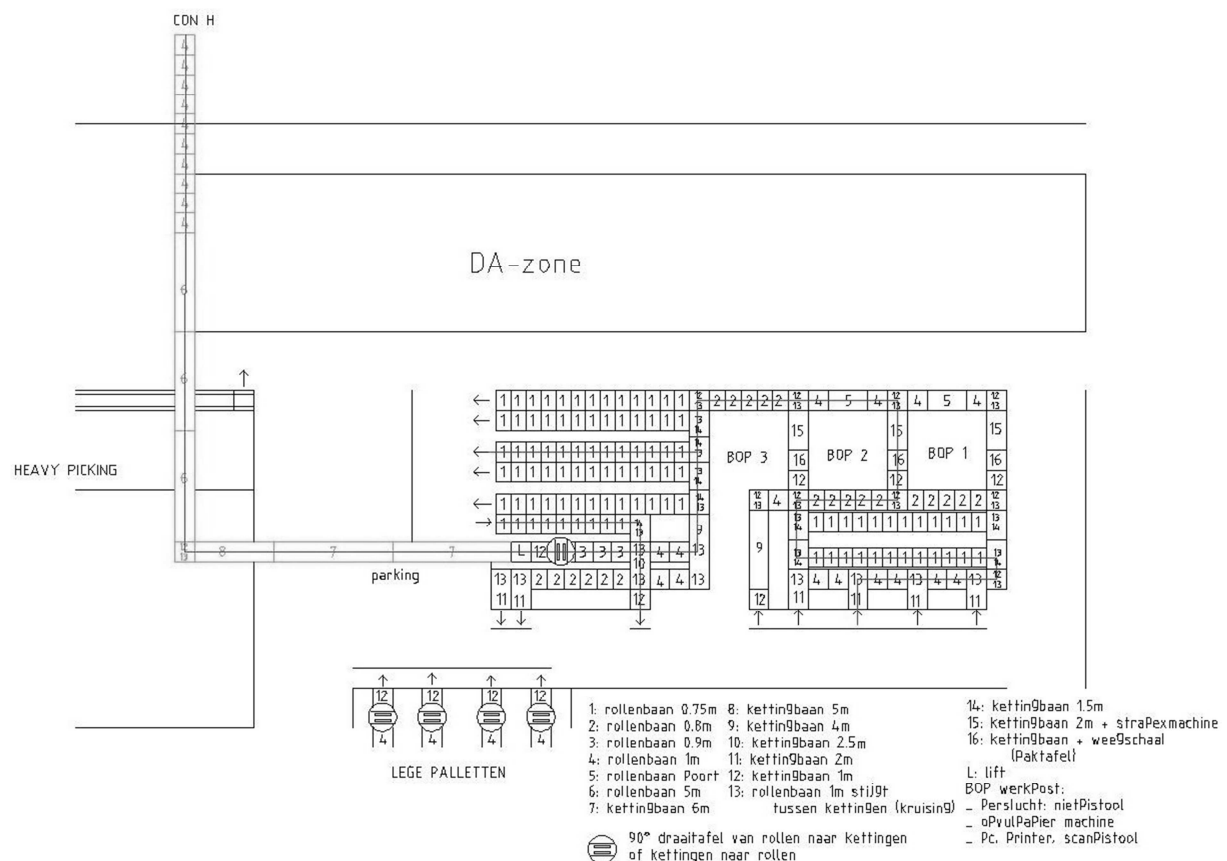
$$E = 2000 * 40 + 1600 * 100 + 40 * 20 + 3000 * (40 + 160) + 60 * 20 = 842\,000 \text{ kJ}$$

Dit komt overeen met een energieverbruik van 234 kWh per week

Per jaar is dat: $234 * 52 = 12162 \text{ kWh}$

6.2 Voorgesteld ontwerp

Bij het voorgesteld ontwerp zijn er meerdere variaties in transportbanen mogelijk. Om toch een schatting te kunnen maken wordt de helft van de in- en uitvoerbuffer ingeschakeld. De transportbanen die voor deze berekening zijn gebruikt, zijn aangeduid in figuur 40.



Figuur 40: de berekende route het voorgesteld ontwerp.

De palletkisten voor de DA-zones gebruiken de transportbanen uit tabel 13.

Tabel 13: het energieverbruik van palletkisten naar DA-zone in het voorgesteld ontwerp.

beschrijving	nr.	lengte (m)	snelheid (m/s)	tijd (s)	vermogen (kW)	aantal	energie (kJ) per palletkist
kettingbaan	12	1	0,16	6,2	0,5	10	31
kettingbaan	14	1,5	0,16	9,4	0,5	3	14
kettingbaan	11	2	0,16	12,5	0,5	1	6
rollenbaan	1	0,75	0,16	4,7	0,16	25	19
rollenbaan	2	0,8	0,16	5	0,16	10	8
rollenbaan	4 / 13	1	0,16	6,2	0,16	18	18
Transportbaanheffer (kruising)	13			4	0,5	9	18
draaitafel				5	0,5	1	3
totaal							117

De palletkisten voor CON H gebruiken de transportbanen uit tabel 14.

Tabel 14: het energieverbruik van palletkisten naar CON H in het voorgesteld ontwerp.

beschrijving	nr.	lengte (m)	snelheid (m/s)	tijd (s)	vermogen (kW)	aantal	energie (kJ) per palletkist
kettingbaan	12	1	0,16	6,25	0,5	13	41
kettingbaan	14	1,5	0,16	9,4	0,5	3	14
kettingbaan	11	2	0,16	12,5	0,5	1	6
kettingbaan	7	6	0,16	37,5	0,5	2	38
kettingbaan	8	5	0,16	31,2	0,5	1	16
rollenbaan	1	0,75	0,16	4,7	0,16	12	9
rollenbaan	2	0,8	0,16	5	0,16	10	8
rollenbaan	3	0,9	0,16	5,6	0,16	3	3
rollenbaan	4 / 13	1	0,16	6,2	0,16	30	30
rollenbaan	6	5	0,16	31,2	0,16	30	150
transportbaanheffer (kruising)	13			4	0,5	10	20
draaitafel				5	0,5	2	5
totaal							339

Voor de P-palletten komen er de transportbanen van tabel 15 bij.

Tabel 15: het energieverbruik van de P-palletten in het voorgesteld ontwerp.

beschrijving	nr.	lengte (m)	snellheid (m/s)	tijd (s)	vermogen (kW)	aantal	energie (kJ) per palletkist
kettingbaan	12	1	0,16	6,2	0,5	1	3
kettingbaan	11	2	0,16	12,5	0,5	1	6
kettingbaan	10	3	0,16	18,7	0,5	1	9
rollenbaan	1	0,75	0,16	4,7	0,16	9	7
rollenbaan	4 / 13	1	0,16	6,2	0,16	1	1
transportbaanheffer (kruising)	13			4	0,5	3	6
totaal							33

2% van alle palletkisten zijn een P-pallet en 40% van alle palletkisten gaan naar de DA-zone de rest gaat naar CON H.

In de voorgestelde installatie zijn er 1100 ritten naar de DA-zone. De gemiddelde afstand die de heftruck hierbij aflegt is voor de voorgestelde en de huidige installatie hetzelfde. Heen en terug bedraagt deze 85 m. Dat komt overeen met een ritduur van 25 seconden, inclusief het manoeuvreren in de DA-zone. Het energieverbruik van één rit bedraagt:

$$E = 4 * (25) = 100 \text{ kJ}$$

Het energieverbruik per week is:

$$(2.000 * 117 + 40 * 33) + (1.100 * 100) + (3.000 * 339 + 60 * 33) = 1.364.300 \text{ kJ} = 379 \text{ kWh}$$

En het energieverbruik per jaar is: $379 * 52 = 19.707 \text{ kWh}$

6.3 Vergelijking

Het geschatte energieverbruik is 12.162 kWh per jaar voor de huidige installatie en 19.707 kWh per jaar voor de voorgestelde installatie. Dat is een stijging van 7545 kWh per jaar. Het verschil was te verwachten aangezien de nieuwe installatie veel meer transportbanen bezit. Echter is het energieverbruik van de heftrucks moeilijk in te schatten en is dat één van de grote pluspunten van het voorgesteld ontwerp.

De elektriciteit heeft een kostprijs van 97 euro / MWh. Dit betekent dat de energiekost zal stijgen tot 1912 euro per jaar ten opzicht van 1180 euro per jaar bij de huidige installatie. De nieuwe installatie zal per jaar 732 euro meer aan energie kosten.

6.4 MOP-toestel

De batterij van de orderpicktruck heeft een capaciteit van 30kWh. Deze moet de kettingtransportbaan, de vergrendeling en de sensoren aandrijven. Dit energieverbruik is onderzocht.

Gemiddeld kan een orderpicker 4 palletkisten per uur verzamelen. Dit betekent dat de kettingtransportbaan en de vergrendeling 8 keer per uur werken. Dit energieverbruik wordt geschat op 0.014 kWh. De sturing van dit systeem verbruikt ook energie en wordt geschat op 0.1kWh. Het extra energieverbruik van het nieuwe systeem met laden en lossen is 0.114kWh. Dit is 0.4% van de totale capaciteit van de batterij. Dit extra verbruik zal niet voor beduidend meer batterijwissels zorgen.

7.2 De batenanalyse

Om de verbeteringen van het voorgesteld ontwerp in kaart te brengen, worden de nodige manuren van die installatie vergeleken met de nodige manuren van de huidige installatie. Informatie van de huidige installatie beslaat een periode van twee weken en is afkomstig van de supervisors. De manuren per week worden uiteindelijk omgerekend naar manuren per jaar. Voor het voorgesteld ontwerp zijn de manuren berekend vanuit het aantal palletkisten, 10.000 per week, en de verwerkingstijd. Deze batenanalyse is weergegeven in tabel 17 en 18.

De tijdswinst vanwege minder afgekeurde palletkisten is niet bekend. In het huidig systeem wordt geen informatie in verband met de afgekeurde palletkisten bijgehouden. Hierdoor is het onmogelijk om deze winst in de batenanalyse te plaatsen.

Tabel 17: de kosten-batenanalyse van het volledig nieuw ontwerp.

constanten			
aantal palletkisten	10.000		
betaalde uren per shift	7,5 uren/shift		
loon interimmer (paktafels + heftruckchauffeurs)	28,57 euro/uur		
loon vaste arbeider (MOP-operator)	22,97 euro/uur		
Performantie uren (8uur - 50 min pauze)	7,167 uren/shift		
huidige installatie			
	manuren/jaar	gem. pers. / shift	loonkost/jaar
MOP	115.774	20,7	2.782.896 euro
BOP (paktafel + heftrucks)	25.454	4,55	761.019 euro
De heftrucks brengen ook palletkisten van de heavy pick naar de DA-zone. In deze analyse moeten dus ook die ritten meegerekend worden om een juiste vergelijking te kunnen maken.			
De loonkost/jaar berekenen gebeurt als volgt:			
$\frac{\text{manuren}}{\text{jaar}} * \frac{\text{betaalde uren per shift}}{\text{performantie uren}} * \frac{\text{loon}}{\text{uur}} =$			
$vb. \text{ huidige MOP: } 115.774 * \frac{7,5}{7,167} * 22,97 = 2.782.896 \text{ euro}$			

Tabel 18: de kosten-batenanalyse van het volledig nieuw ontwerp, vervolg.

voorgesteld ontwerp	
<i>winst nieuwe MOP t.o.v. oude MOP</i>	
24 s/palletkist	
Deze 24 s tijdwinst komt door het zijdelings lossen, het grotere aantal afzetposities en de gezamenlijke invoerbuffer (geen files van MOP-toestellen). In de huidige installatie duurt het lossen gemiddeld 37 s. Bij de nieuwe installatie is dit geschat op 15 s (vergrendeling: 4 s, transportbaan: 8 s, positioneren: 3 s). Bij het laden is een tijdwinst van 2 seconden geschat t.o.v. de huidige installatie.	
$24 * \frac{5.000}{3.600} = 33,5 \text{ uren/week}$	
$33,5 * 52 = 1.742 \text{ uren/jaar}$	
Dit komt overeen met een besparing van 0,3 orderpickers per shift:	
$\frac{1.742 \text{ uren/jaar}}{52 \text{ weken} * 15 \text{ shiften/week} * 7,167 \text{ performantieuren}} = 0,3 \text{ pers./shift}$	
$1.742 * \frac{7,5}{7,167} * 22,97 = 41.873 \text{ euro/jaar}$	
manuren voor de paktafels	
paktijd	93 s
arbeiders per shift	$\frac{93 * 5.000 \text{ palletten}}{3.600 * 7,165 * 5 \text{ dagen} * 3 \text{ shiften per dag}} = 1,2$
manuren per jaar	$93 * \frac{5.000}{3.600} * 52 = 6.717 \text{ uren}$
loonkost per jaar	$6.717 * \frac{7,5}{7,165} * 28,57 = 200.877 \text{ euro}$
De paktijd is verlengd tot 93s om rekening te houden met de slechtst mogelijke situaties. 1,2 arbeiders per shift betekent dat één paktafel altijd actief is. De tweede paktafel is 1/5 ^{de} van de tijd actief om de invoerbuffer terug vrij te maken.	
manuren van de heftruckchauffeurs	
rijtijd	150 s
ritten per jaar	$3.000 * 52 = 156.000$
chauffeurs per shift	$\frac{150 * 3.000 \text{ palletten}}{3.600 * 107,5 \text{ werkuren per week}} = 1,2$
manuren per jaar	$150 * \frac{3.000}{3.600} * 52 = 6.500 \text{ uren}$
loonkost per jaar	$6.500 * \frac{7,5}{7,165} * 28,57 = 194.388 \text{ euro}$
- Ook de geschatte rijtijd is wat verlengd om rekening te houden met onvoorziene vertragingen. Het aantal ritten (3.000) is drastisch gedaald in vergelijking met de huidige installatie (6.750) omdat 60% van alle palletkisten via de conveyor naar CON H gaan. Hierdoor is de conveyor verantwoordelijk voor 35% van de totale besparing (190.000 euro/jaar). De sorteermogelijkheid van de uitvoerbuffer is op zijn beurt verantwoordelijk voor 10% van de besparing. Opmerking: het huidige aantal ritten is 6.750 omdat de heftrucks ook de palletkisten van HPP+Outbound moeten wegbrengen. - 1,2 chauffeurs per shift betekent dat de rest van de tijd de tweede heftruckchauffeur kan pakken aan de tweede paktafel.	

Tabel 19: de kosten-batenanalyse van het volledig nieuw ontwerp, vervolg.

<i>totale manuren paktafels + heftrucks</i>		
manuren per jaar	$6.717 + 6.500 =$	13.217 uren/jaar
loonkost per jaar	$200.877 + 194.388 =$	395.265 euro/jaar
<i>verschil met de huidige installatie</i>		
huidige installatie		25.454 uren/jaar
voorgesteld ontwerp		13.217 uren/jaar
verschil		12.238 uren/jaar
besparing per jaar	$761.019 - 395.265 =$	365.754 euro/jaar
Persoonbesparing per shift	$4,55 - 1,2 - 1,2 =$	2,15 pers./shift
totale besparing incl. winst MOP		
besparing per jaar	$365.754 + 41.873 =$	407.627 euro/jaar
persoonbesparing per shift	$2,15 + 0,3 =$	2,45 pers./shift

7.3 Terugverdientijd

Het voorgesteld ontwerp heeft een totale kostprijs van 1.420.000 euro en een zorgt voor een besparing van 405.000 euro per jaar. In een periode van 3,6 jaar is de installatie terugverdiend (tabel 20). Hier wordt geen rekening gehouden met energiekost die gestegen is met 790 euro/jaar. Dit is verwaarloosbaar ten opzichten van de kostprijs en de totale besparing per jaar.

Tabel 20: de terugverdientijd van het volledig nieuw ontwerp.

Kostprijs	1.420.000 euro
Besparing jaar 1	405.000 euro
Besparing jaar 2	810.000 euro
Besparing jaar 3	1.215.000 euro
Besparing jaar 4	1.620.000 euro
terugverdientijd	3,6 jaar

8 Ombouwplanning

8.1 Planningsschema:

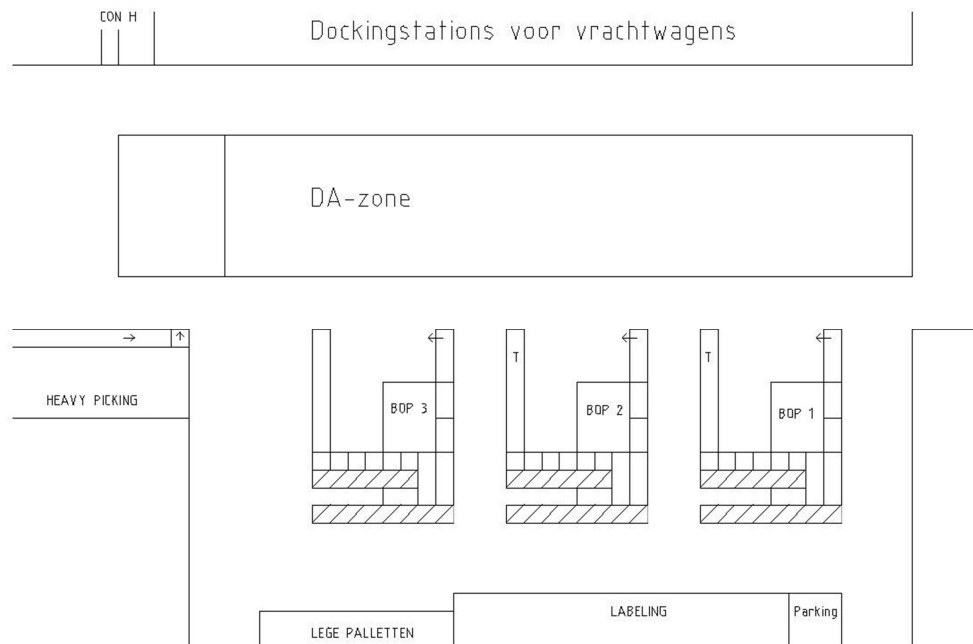
In tabel 21 staan de verschillende stappen. Op weekdays wordt de oude installatie afgebroken of de nieuwe installatie aangesloten en in gebruik genomen. Het wegbrengen van oude onderdelen of het plaatsen van nieuwe onderdelen gebeurt in het weekend. Dan is er geen andere activiteit in de fabriekshal en kunnen de onderdelen veilig verplaatst worden zonder dat de productie hinder ondervindt. De ombouw van de BOP-installatie en de MOP-toestellen duur 4 weken. Het plaatsen van de conveyor op hoogte neemt nog eens 4 weken in beslag. De conveyor is bijkomend. De installatie kan ook geplaatst worden zonder conveyor.

Tabel 21: het planningsschema.

Stap	Taak	Periode (week)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	de oude BOP 1 afbreken en wegbrengen	x	x						
2A	de nieuwe BOP 1 en BOP 2 plaatsen	x							
2B	de nieuwe BOP 1 en 2 aansluiten en in gebruik nemen		x						
3	2 leegpallettenstations ombouwen			x					
4	de oude BOP 2 afbreken en wegbrengen			x					
5	de nieuwe BOP 3, de express invoer en een deel van de uitvoer en het P-pallettenstation plaatsen, aansluiten en in gebruik nemen			x					
6	de oude BOP 3 verwijderen, laatste MOP-toestellen ombouwen en de andere 2 leegpallettenstations ombouwen				x				
7A	de afkeur plaatsen en het P-pallettenstation vervolledigen				x				
7B	de afkeur aansluiten en in gebruik nemen				x				
8	de uitvoerbuffer vervolledigen, aansluiten en in gebruik nemen					x			
	de MOP-toestellen ombouwen in samenspraak met orderpick supervisors		x	x	x	x			
9	de conveyor plaatsen						x	x	x
	weekend								
	weekdagen								
x: geeft aan wanneer de stap gebeurt									

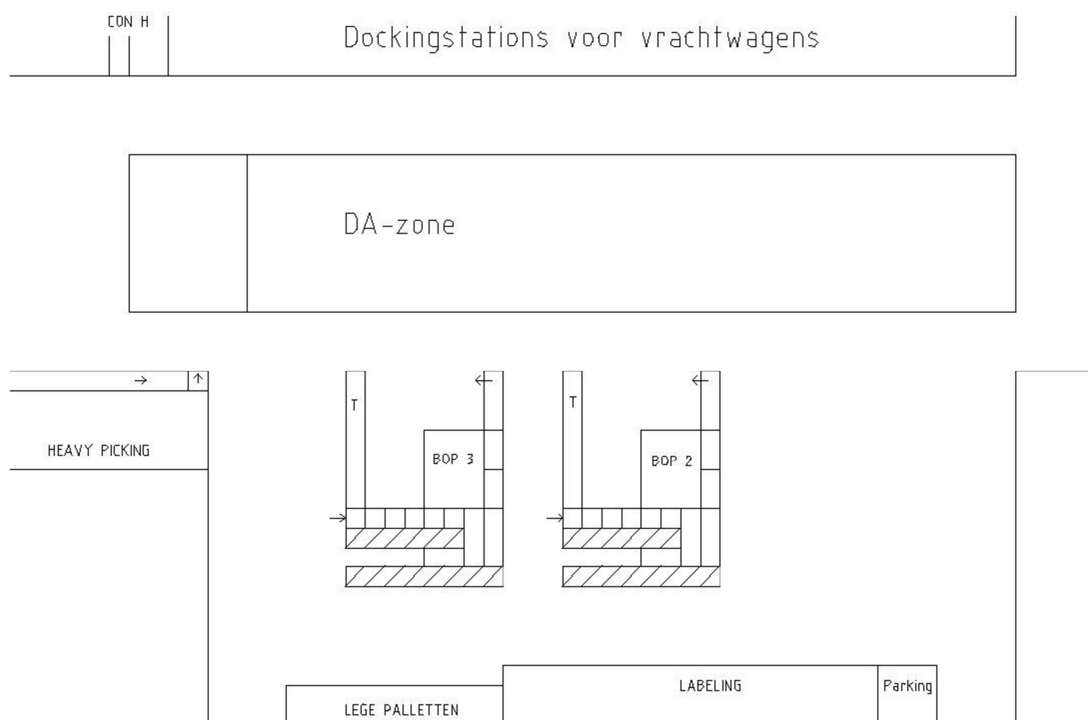
8.2 Stappen

De beginsituatie (figuur 41):



Figuur 41: het ombouwplan, de beginsituatie.

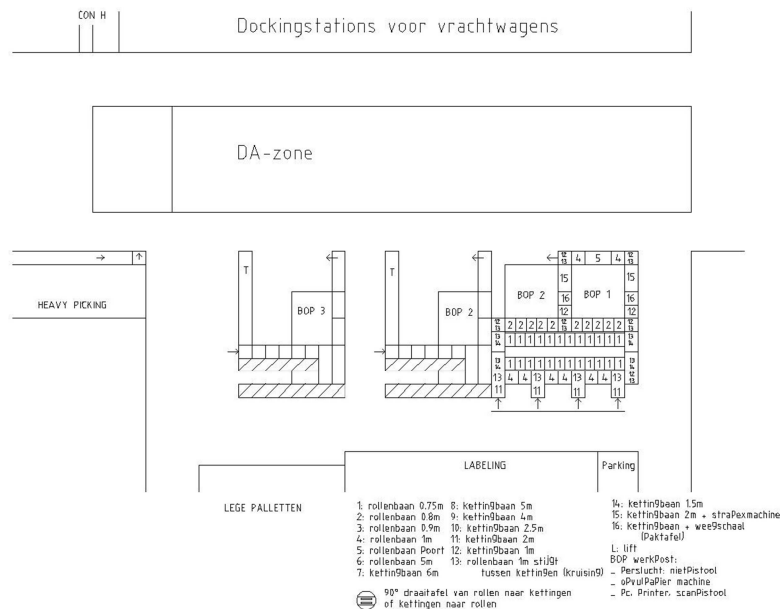
Stap 1 (figuur 42): BOP1 afbreken tijdens de weekdagen en wegbrengen in het weekend. Omdat deze BOP wegvalt, zal de capaciteit licht dalen. Dit is aanvaardbaar omdat deze BOP enkel actief is tijdens piekmomenten.



Figuur 42: het ombouwplan, stap 1.

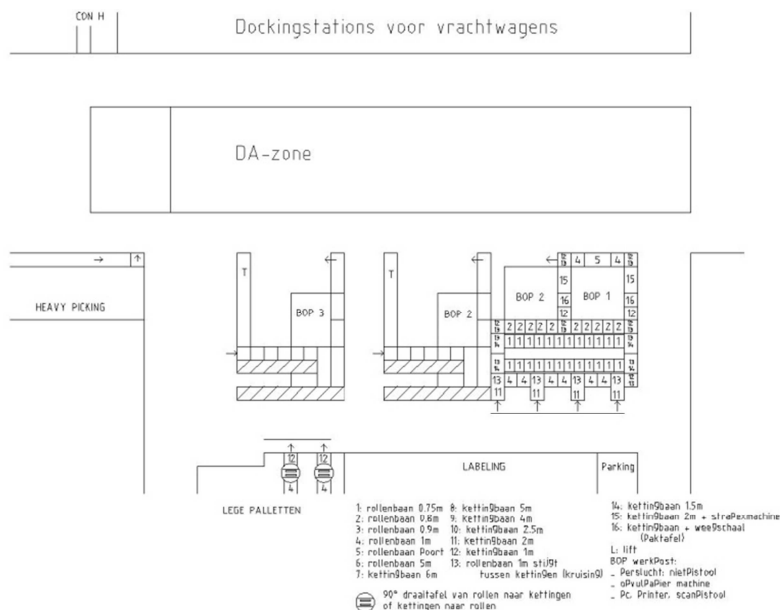
Stap 2 (figuur 43): het invoerstation en de nieuwe BOP1 en 2 plaatsen in het weekend. Het aansluiten en in gebruik nemen van deze deelinstallatie gebeurt tijdens de week.

De verwerking van de palletkisten gebeurt op de oude BOP2 en BOP3. Enkele MOP-toestellen worden omgebouwd. Als dit nieuwe gedeelte klaar en getest is, kan er overgaan worden tot de volgende stap.



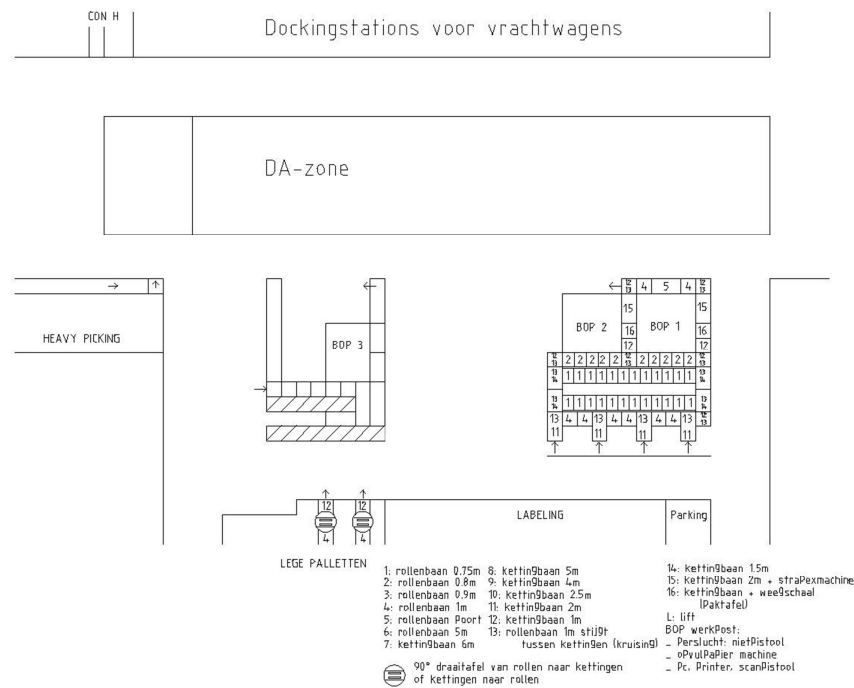
Figuur 43: het ombouwplan, stap 2.

Stap 3 (figuur 44): de twee leegpallettenstations en extra MOP-toestellen ombouwen. De omgebouwde MOP-toestellen zetten hun palletkisten af aan de nieuwe invoerstations en halen een lege pallet aan de vernieuwde leegpallettenstations. De palletkisten komen terecht bij BOP1 om een grotere uitvoerbuffer te hebben. De oude MOP-toestellen zetten hun palletkisten af aan BOP3 en nemen een lege pallet op de oude leegpallettenstations. De oude BOP2 wordt geleidelijk uit dienst genomen.



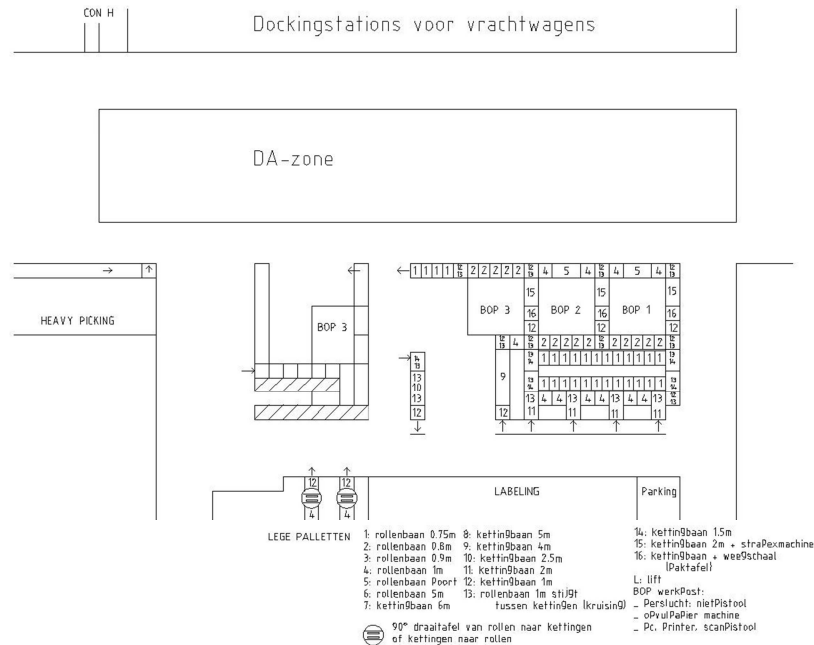
Figuur 44: het ombouwplan, stap 3.

Stap 4 (figuur 45): de oude BOP2 wordt verwijderd.



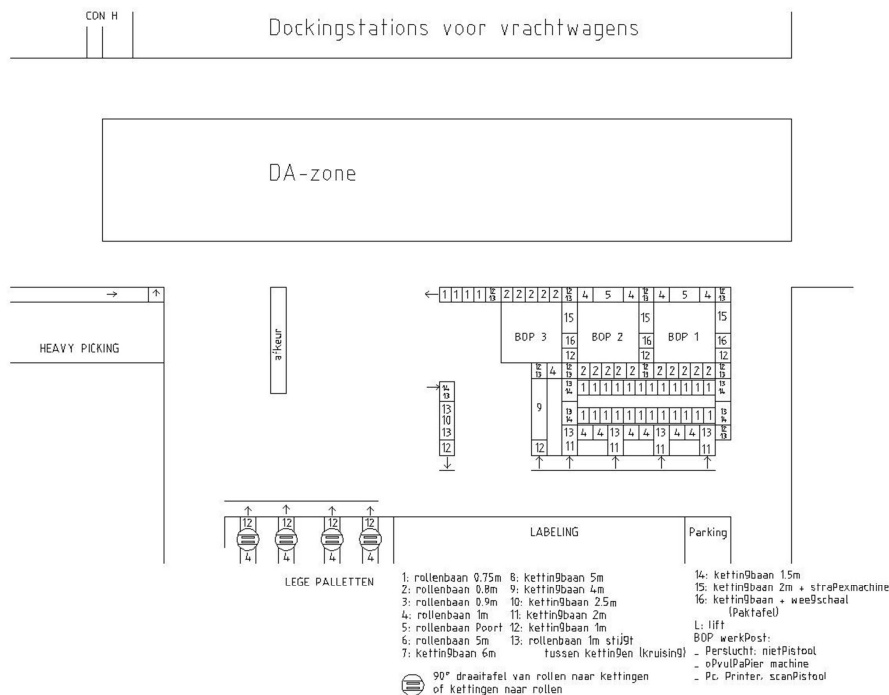
Figuur 45: het ombouwplan, stap 4.

Stap 5 (figuur 46): BOP3, de expresbaan, een stuk uitvoerbaan en een stuk van het P-pallettenstation worden geplaatst. Dit moet in een weekend gebeuren om dat BOP1 en BOP2 tijdelijk niet meer kunnen gebruikt worden. Nadat deze delen zijn opgebouwd kan ook de nieuwe BOP3 in dienst genomen worden. Er zijn echter wel nog oude MOP-toestellen in gebruik. Deze zetten af aan de oude BOP3. Ondertussen worden er weer enkele MOP-toestellen omgebouwd.



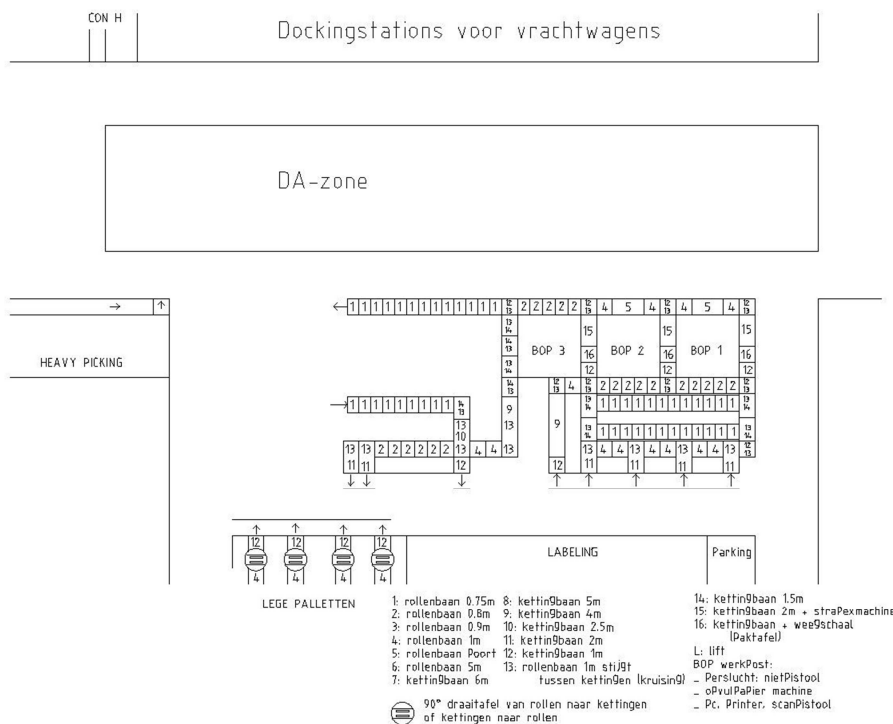
Figuur 46: het ombouwplan, stap 5.

Stap 6 (figuur 47): Oude BOP3 wordt afgebroken. Enkel de afkeurtafel blijft staan. De laatste MOP-toestellen en de twee andere leegpallettenstations worden omgebouwd.



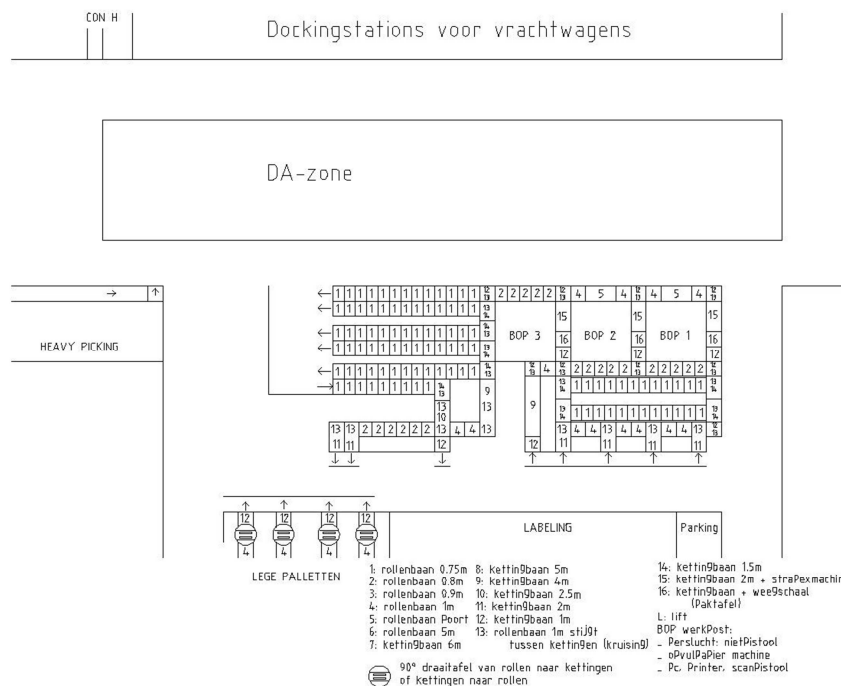
Figuur 47: het ombouwplan stap 6.

Stap 7 (figuur 48): het afkeurstation wordt opgebouwd en met de BOP-installatie gekoppeld. De oude afkeurtafel is niet meer nodig en wordt afgebroken. Ook de rest van de transportbanen voor de P-palletten worden geplaatst.



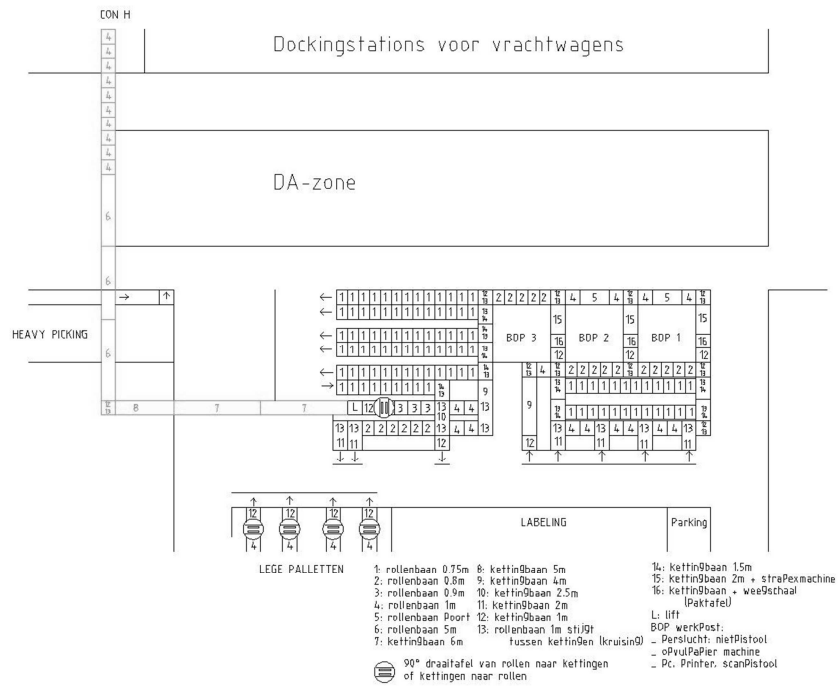
Figuur 48: het ombouwplan, stap 7.

Stap 8 (figuur 49): de rest van de uitvoerbufferbanen plaatsen en in bedrijf nemen.



Figuur 49: het ombouwplan, stap 8.

Stap 9 (figuur 50): de transportbaan naar CON H wordt geïnstalleerd. Totdat deze volledig is geïnstalleerd brengen heftrucks de palletkisten naar CON H.



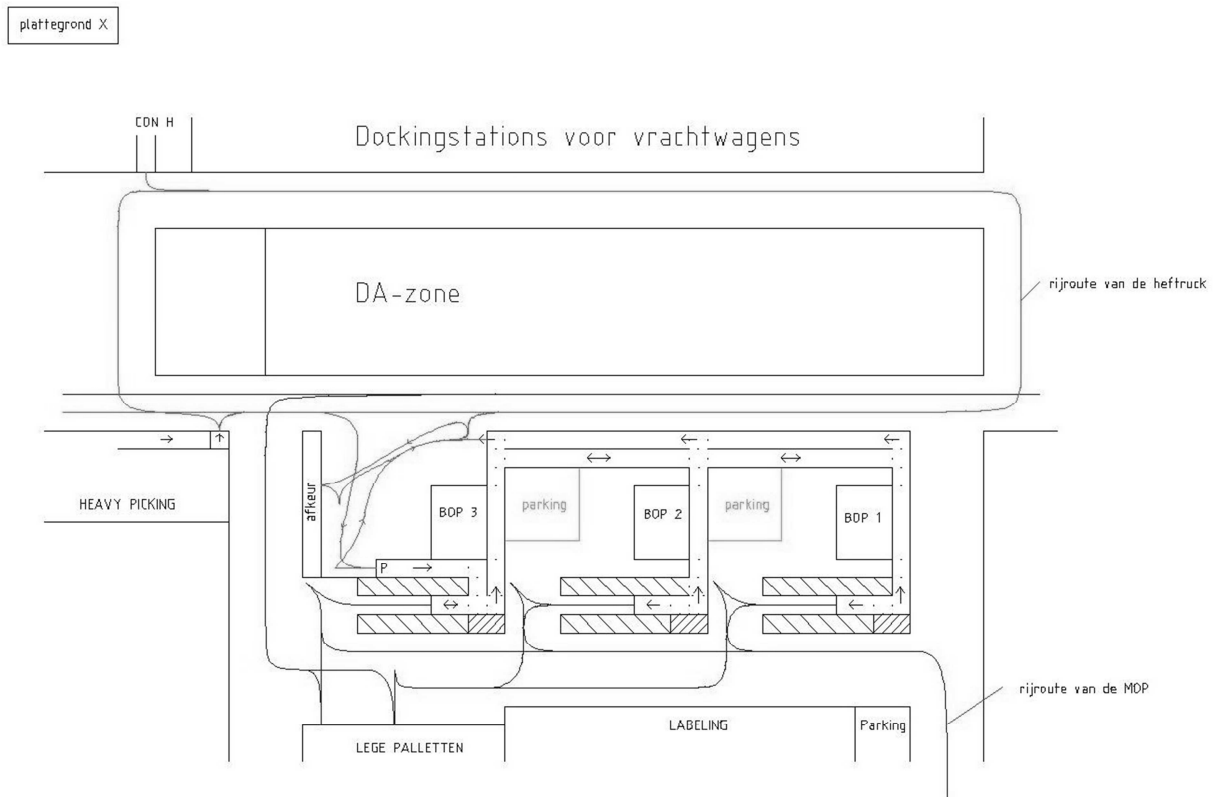
Figuur 50: het ombouwplan, stap9.

9 Verbeteringen aan de huidige installatie

Na de bespreking met de warehouse manager op woensdag twee april, is besloten om mogelijke verbeteringen aan de huidige installatie te bestuderen. Uit de studie van de huidige installatie bleek al dat het grootste de inefficiëntie aan de uitvoer is. Deze inefficiëntie is te wijten aan de heftrucks. Om dit probleem op te lossen aan een lage kostprijs zal een groot deel van de BOP-installatie en het volledige MOP-toestel onveranderd blijven. Dit deelonderzoek heeft enkele plattegronden als resultaat gehad.

9.1 Plattegronden

9.1.1 Plattegrond X



Figuur 51: de plattegrond X.

Om de efficiëntie van de heftrucks te verbeteren is de uitvoer van de drie BOP-installaties met elkaar verbonden, dit is te zien in figuur 51. Er is maar 1 uitvoerpositie waar de heftrucks palletkisten opladen. De uitvoerbuffer is vergroot tot 54 posities. Drie kortsluitpunten laten de palletkisten geen onnodige afstand afleggen. De binnenste transportbaan van de uitvoerbuffer kan in de twee richtingen verplaatsen. Dit zorgt voor een even grote uitvoerbuffer, ongeacht welke BOP in dienst is.

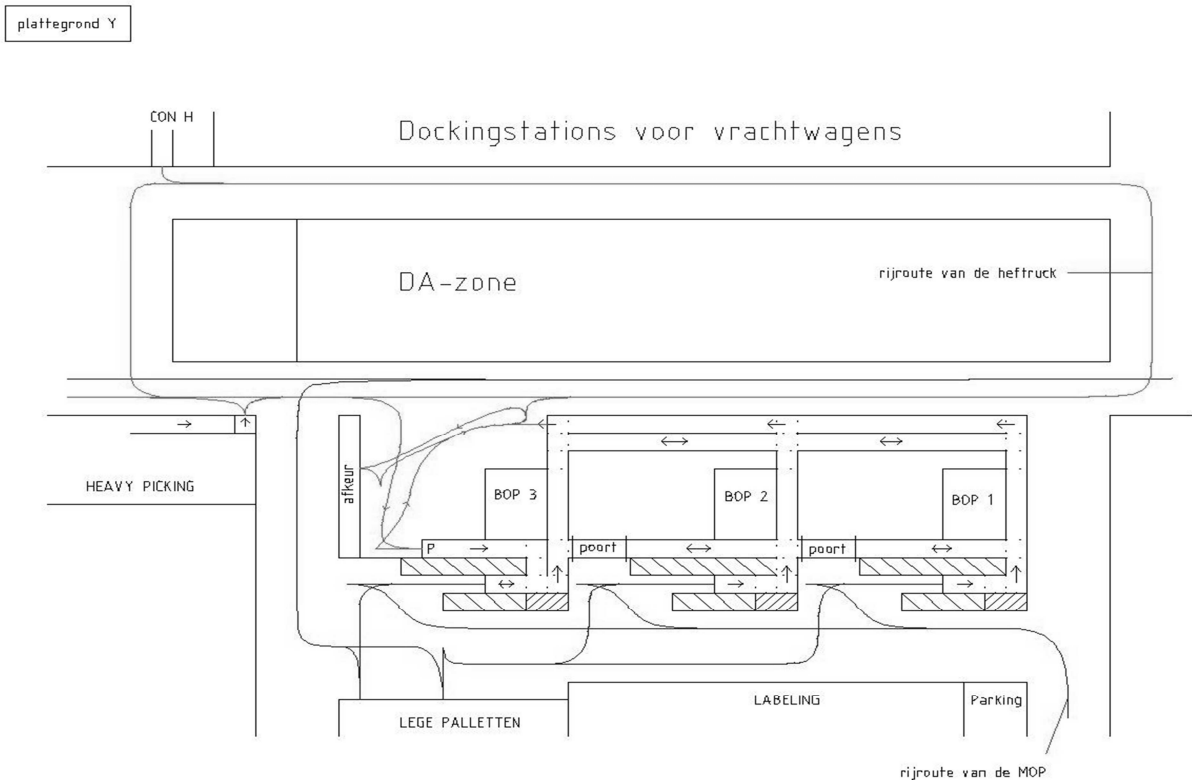
Het is niet meer mogelijk om P-palletten af te zetten aan BOP1 en BOP2. Dit is geen probleem. Het P-pallettenstation aan BOP3 is voldoende om de huidige hoeveelheid P-palletten op te vangen. De tafel aan BOP3 waar de afgekeurde palletkisten terechtkomen, dient ook als scheiding tussen de rijweg van de heftrucks en die van de MOP-toestellen. Hierdoor moeten de heftrucks niet meer volledig rond de BOP-installatie rijden, nadat ze een P-pallet hebben afgezet. Door deze tafel te verschuiven gaan er parkeerplaatsen verloren. Er is echter plaats vrijgekomen tussen de 3 paktafels.

De invoer, die nog steeds gescheiden is, is een nadeel. Hierdoor zal de BOP-operator moeten wisselen tussen de paktafels zodat de losstations beschikbaar zijn om files voor de MOP-toestellen te vermijden. Deze files zullen echter nog steeds kunnen voorkomen.

De toegevoegde onderdelen zijn:

- 6 kruisingen door een rollenbaan ($L = 1\text{m}$) die tussen kettingen ($L = 2\text{m}$) omhoog komt;
- 4 x 10 meter rollenbaan met 12 posities.

9.1.2 Plattegrond Y



Figuur 52: de plattegrond Y.

Plattegrond Y (figuur 52) is een uitbreiding op plattegrond X. De drie BOP-invoeren zijn met elkaar verbonden. Hierdoor zijn altijd 3 afzetposities bruikbaar onafhankelijk van hoeveel BOP-installaties in dienst zijn. Ook is de invoerbuffer vergroot tot 30 posities. Deze transportbaan kan in twee richtingen verplaatsen zodat de invoerbuffer even groot blijft ongeacht welke BOP in dienst is.

Er is wel een poort nodig om BOP1 en BOP2 te bereiken. Omdat die poorten zo weinig mogelijk open mogen staan kan de vrije ruimte tussen de BOP-installaties geen parking meer zijn. Ook is er te weinig plaats om de afzetpositie in te rijden. Om dit op te lossen is één geleidingsrail ingekort. De afzetpositie inrijden is nog steeds een moeilijke manoeuvre. Om dit te vergemakkelijken kan de ideale rijlijn op de vloer geschilderd worden.

De toegevoegde onderdelen zijn:

- 2 x Poort (3 m rollenbaan met 3 posities die kantelt om een doorgang te vormen);
- 3 kruisingen door een rollenbaan ($L = 1\text{m}$) die tussen kettingen ($L = 1\text{m}$) omhoog komt;
- 2 x 7 meter rollenbaan met 9 posities.

9.2 Vergelijking met de huidige installatie

Ten opzichte van de huidige installatie is de uitvoer van die twee concepten veel efficiënter. De rijroutes van de heftruck zijn korter en minder afwisselend dan in de huidige situatie, omdat er maar één uitvoerpositie en één P-palletteninvoer is. De heftrucks komen niet meer aan de kant van de afzetstations voor de MOP-toestellen. Daar zal het verkeer vlotter verlopen.

Er is nog maar één tafel om de afgekeurde palletkisten te controleren. Het aantal afgekeurde palletkisten kan echter dalen door elk MOP-toestel uit te rusten met een weegschaal zodat er tijdens het verzamelen van de palletkisten al een gewichtscontrole kan gebeuren. Er is echter geen informatie beschikbaar in verband met de afgekeurde palletkisten en is dus niet bestudeerd.

9.3 Kosten-batenanalyse

De geschatte kostprijs voor de aanpassingen, weergegeven op plattegrond X, is 150.000 euro, die voor plattegrond Y is 300.000 euro. In tabel 22 en 23 staat de batenanalyse van plattegrond X en Y. Zoals in de andere kosten-batenanalyse is de huidige loonkost per jaar 761.019 euro.

Tabel 22: de kosten-batenanalyse van de extra opdracht.

constanten		
aantal palletkisten	10.000 (2 weken)	
betaalde uren per shift	7,5 uren/shift	
loon interimmer (paktafels + heftruckchauffeurs)	28,57 euro/uur	
loon vaste arbeider (MOP-operator)	22,97 euro/uur	
performantie uren (8uur - 50 min pauze)	7,167 uren/shift	
plattegrond X		
manuren voor de paktafels		
arbeiders per shift		1,5 pers./shift
manuren per jaar	$1,5 * 7,167 * 3 * 5 * 52 =$	8.383 uren
loonkost per jaar	$8.383 * \frac{7,5}{7,165} * 28,57 =$	250.702 euro
Door de gezamenlijke uitvoer moet de BOP-operator minder wachten. Hij zal echter wel nog steeds van paktafel moeten wisselen zodat de invoerbuffers niet vol komen te zitten. Hierdoor zijn er 1,5 pers./shift nodig. Deze waarde is geschat rekeninghoudend met de scandata van de huidige installatie.		
manuren van de heftruckchauffeurs		
rijtijd		150 s
ritten per jaar	$5.000 * 52 =$	260.000 ritten
chauffeurs per shift	$\frac{150 * 5.000 \text{ palletten}}{3.600 * 107,5 \text{ werkuren per week}} =$	2 pers./shift
manuren per jaar	$150 * \frac{5.000}{3.600} * 52 =$	10.833 uren
loonkost per jaar	$10.833 * \frac{7,5}{7,165} * 28,57 =$	323.879 euro
Door de gezamenlijke uitvoer zijn 2 pers./shift voldoende om de palletkisten naar de DA-zone en de CON H te brengen.		
totale manuren paktafels + heftrucks		
manuren per jaar	$8.383 + 10.833 =$	17.550 uren
loonkost per jaar	$250.702 + 323.879 =$	574.581 euro
verschil met de huidige installatie		
huidige installatie		25.454 uren
voorgesteld ontwerp		19.216 uren
verschil		6.238 uren

Tabel 23: de kosten-batenanalyse van de extra opdracht, vervolg.

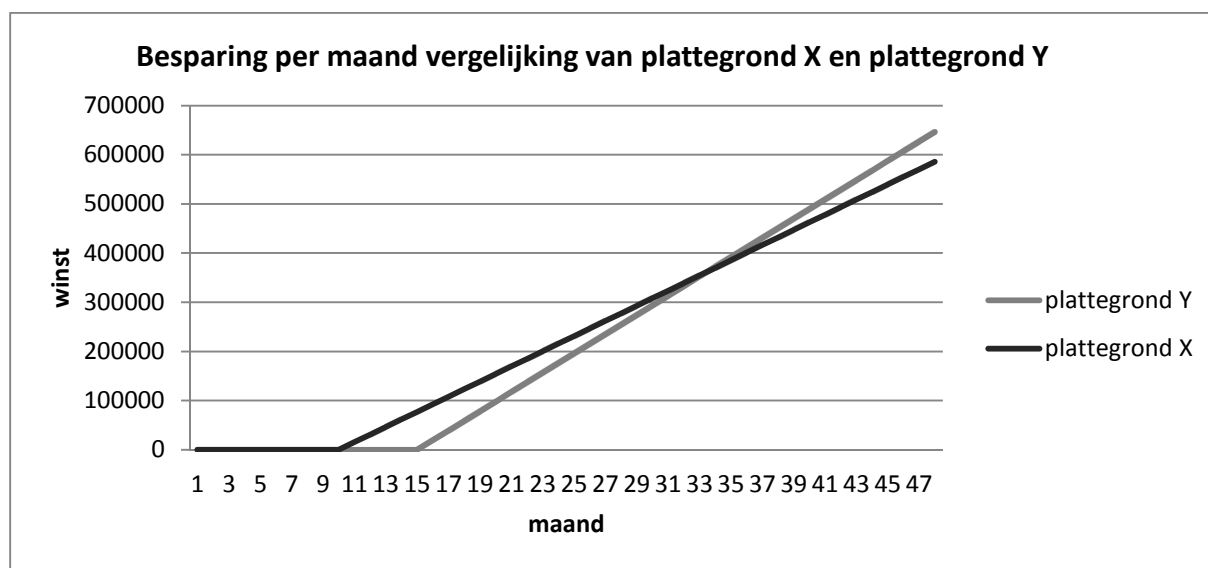
Besparing plattegrond X		
besparing per jaar	$761.019 - 574.581 =$	186.438 euro
persoonsbesparing per shift	$4,55 - 2 - 1,5 =$	1,05 pers./shift
plattegrond Y		
manuren voor de paktafels		
paktijd		93 s
arbeiders per shift	$\frac{93 * 5.000 \text{ palletten}}{3.600 * 7,165 * 5 \text{ dagen} * 3 \text{ shiften per dag}} =$	1,2 pers./shift
manuren per jaar	$93 * \frac{5.000}{3.600} * 52 =$	6.717 uren
loonkost per jaar	$6.717 * \frac{7,5}{7,165} * 28,57 =$	200.877 euro
Door het verbinden van de uitvoerbuffer wordt verwacht dat dit hetzelfde effect heeft voor de paktafels als bij de volledig nieuwe installatie. Hiervoor worden dus de cijfers van de kosten-batenanalyse van de nieuwe installatie gebruikt		
manuren van de heftruckchauffeurs		
rijtijd		150 s
ritten per jaar	$5.000 * 52 =$	260.000 ritten
chauffeurs per shift	$\frac{150 * 5.000 \text{ palletten}}{3.600 * 107,5 \text{ werkuren per week}} =$	2 pers./shift
manuren per jaar	$150 * \frac{5.000}{3.600} * 52 =$	10.833 uren
loonkost per jaar	$10.833 * \frac{7,5}{7,165} * 28,57 =$	323.879 euro
totale manuren paktafels + heftrucks		
manuren per jaar	$6.717 + 10.833 =$	17.550 uren
loonkost per jaar	$200.877 + 323.879 =$	524.756 euro
verschil met de huidige installatie		
huidige installatie		25.454 uren
voorgesteld ontwerp		17.550 uren
verschil		7.904 uren
besparing		
besparing per jaar	$761.019 - 524.756 =$	236.263 euro
persoonsbesparing per shift	$4,55 - 2 - 1,2 =$	1,35 pers./shift

De terugverdientijd is uitgerekend in tabel 24.

Tabel 24: de terugverdientijd van de extra opdracht.

Plattegrond X	
kostprijs	150.000 euro
besparing jaar 1	185.000 euro
terugverdientijd	10 maanden
Plattegrond Y	
kostprijs	300.000 euro
besparing jaar 1	235.000 euro
terugverdientijd	1,3 jaar

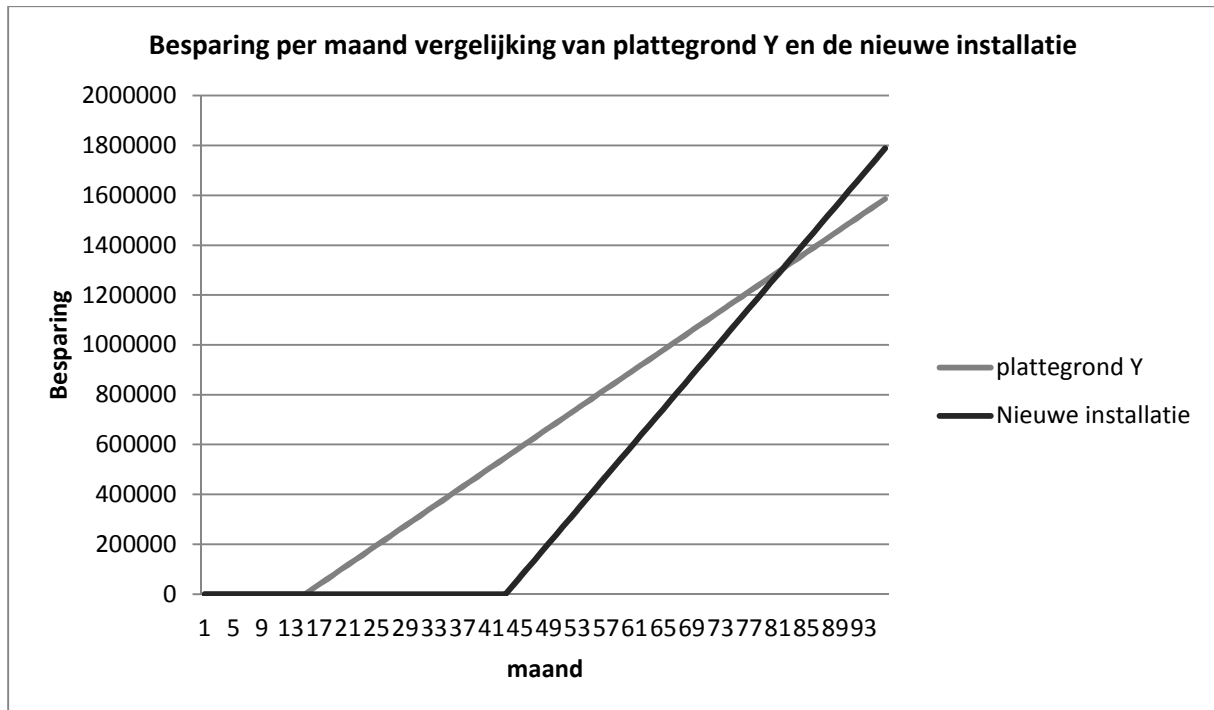
In figuur 53 is de winst per maand van zowel plattegrond X als plattegrond Y weergegeven. Er is te zien dat de totale besparing van plattegrond Y vanaf de 34^{ste} maand (± 3 jaar) hoger is dan de besparing van plattegrond X. Hierdoor is plattegrond Y de beste keuze.



Figuur 53: de besparing per maand vergelijking van plattegrond X en plattegrond Y.

10 Vergelijking tussen de nieuwe installatie en de verbeterde installatie

Om de twee concepten met elkaar te vergelijken is de besparing per maand van de verbeterde installatie en de nieuwe installatie weergegeven in figuur 54. Er is te zien dat de nieuwe installatie pas na 82 maanden (± 6 jaar en 10 maanden) een grotere besparing oplevert t.o.v. de verbetering van de huidige installatie. Dit betekent dat de volledig nieuwe installatie langer dan 6 jaar en 10 maanden in gebruik moet zijn vooraleer er opnieuw een vernieuwing kan gebeuren. Deze berekening houdt echter geen rekening met onderhoudskosten waardoor die periode nog langer zal worden. Of de volledig nieuwe installatie rendabel is hangt af van de toekomstplannen van SKF.



Figuur 54: de besparing per maand vergelijking van plattegrond Y en de nieuwe installatie.

Besluit

Deze studie naar een nieuwe verwerkingsinstallatie voor palletkisten resulteerde in een realiseerbaar concept. Het is op verschillende manieren efficiënter, en dus goedkoper, dan de huidige installatie. Bij deze studie hoorde ook een kosten-batenanalyse, een energieanalyse en een ombouwplanning. De nodige sterkteberekeningen van o.a. de conveyor en de mobiele orderpicker behoorde niet tot deze studie en moeten gebeuren bij het uitgebreid ontwerp. Een bijkomende opdracht was, de huidige installatie verbeteren met een relatief kleine aanpassing en hier een kosten-batenanalyse op doen.

De voorgestelde installatie vergt een geschatte investering van 1.420.000 euro en heeft een terugverdientijd van 3,6 jaar door de jaarlijkse besparing van 405.000 euro. Deze besparing is hoofdzakelijk het gevolg van:

- de rechtstreekse uitvoer naar CON H zodat de heftrucks die palletkisten niet meer moeten wegbrengen;
- de grotere in- en uitvoerbuffer om piekmomenten op te vangen en zo files te vermijden;
- de sorterende uitvoerbuffer zodat de heftrucks steeds twee palletkisten per rit wegbrengen;
- het zijdelings lossen dat tijdswinst oplevert voor de orderpickers.

Het energieverbruik van dit concept is 19.707 kWh aan een energiekost van 1.912 euro per jaar, dat is 1,6 keer het energieverbruik van de huidige installatie. Dit komt overeen met een extra kost van 732 euro per jaar.

De overgang van de huidige naar de nieuwe installatie is gepland in een periode van 8 weken. Hierbij werken ze vooral in het weekend zodat de productiehinder minimaal is.

Indien men verder deze nieuwe verwerkingsinstallatie wil realiseren zijn er nog enkele acties die zeker moeten gebeuren:

- een studie over het verlagen van het aantal afgekeurde palletten;
- een detailontwerp van alle deelinstallaties en de mobiele orderpicker;
- een sterkteberekening op de mobiele orderpicker;
- een sterkteberekening van de conveyor;
- een studie doen over de flow van de afgekeurde orders.

Omdat er geen procesgegevens van de afkeur geregistreerd worden, hebben we deze flow niet kunnen bestuderen.

De oplossing van de bijkomende opdracht is een aanpassingen aan de huidige installatie. Deze is het verbinden van de in- en uitvoerbuffers van de drie verwerkingsinstallaties. Dit kost 300.000 euro en levert een besparing van 235.000 euro per jaar op. Hierbij is de terugverdientijd 1,3 jaar.

Uit de vergelijking tussen de volledig nieuwe installatie en de verbeterde installatie blijkt dat de volledig nieuwe installatie pas na 7 jaar voordeliger is dan de verbeterde installatie. Welke van de twee concepten de beste oplossing is, is afhankelijk van de langetermijnvisie van SKF.

Tijdens deze masterproef hebben we geleerd om een groot project op een gestructureerde manier aan te pakken en goed in te schatten op zowel technisch als economisch vlak. Bovendien was het een interessante denkoefening om verschillende oplossingen te vinden en deze te vergelijken om uiteindelijk tot de beste oplossing te komen.

Bibliografie

Siers, F.J. (2004). *Methodisch ontwerpen Volgens H.H.van den Kroonenberg* (3^{de} dr.). Groningen / Houten: Noordhoff Uitgevers

TraceParts S.A. (2014). *CAD-bestanden SNR:AXL110S parallelmodule met kogelomloopspindel*.
Geraadpleegd op 7 april 2014 via
[http://www.tracepartsonline.net/\(S\(djpjfm55h1qv3onckskfhjze\)\)/partdetails.aspx?PartFamilyID=32-29052007-053836&PartID=32-29052007-053836&sk_Reference=&Class=TRACE&ClsID=/ROOT/C21/C21.T03/C21.T03.T05/&fwsid=GLOBALV3&ManId=SNR](http://www.tracepartsonline.net/(S(djpjfm55h1qv3onckskfhjze))/partdetails.aspx?PartFamilyID=32-29052007-053836&PartID=32-29052007-053836&sk_Reference=&Class=TRACE&ClsID=/ROOT/C21/C21.T03/C21.T03.T05/&fwsid=GLOBALV3&ManId=SNR)

TraceParts S.A. (2014). *CAD-bestanden drukknop*.
Geraadpleegd op 7 april 2014 via
[http://www.tracepartsonline.net/\(S\(mtfwkc55umkxuh5541s4rjzr\)\)/partdetails.aspx?PartFamilyID=10-10042012-096013&PartID=10-10042012-096013&sk_Reference=&Class=TRACE&ClsID=/ROOT/C29/C29.120/C29.120.T04/&fwsid=GLOBALV3&ManId=RS_COMPONENTS](http://www.tracepartsonline.net/(S(mtfwkc55umkxuh5541s4rjzr))/partdetails.aspx?PartFamilyID=10-10042012-096013&PartID=10-10042012-096013&sk_Reference=&Class=TRACE&ClsID=/ROOT/C29/C29.120/C29.120.T04/&fwsid=GLOBALV3&ManId=RS_COMPONENTS)

Sick AG (2014). *CAD-bestanden GTB6-N1211 optische sensor*.
Geraadpleegd op 7 april 2014 via
<https://www.mysick.com/eCat.aspx?go=FinderSearch&Cat=Row&At=Fa&Cult=Dutch&FamilyID=425&Category=Produktfinder&Selections=56601>

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

Studie van een verwerkingsinstallatie voor palletkisten met bijhorende mobiele orderpicker

Richting: **master in de industriële wetenschappen: elektromechanica**

Jaar: **2014**

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

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

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

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

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

Voor akkoord,

Slingers, Rune

Schoofs, Toon

Datum: **1/06/2014**