

2011

Bacheloropdracht: C1000BV Amersfoort



Rick Ooms

Oktober 2011

Management Summary

In dit verslag wordt het onderzoek met betrekking tot de emballageafdelingen van de regionale distributiecentra (gevestigd in Breda, Gieten, Raalte en Woerden) besproken. Het was de bedoeling om te analyseren of de verschillende emballageafdelingen enerzijds over voldoende losdeuren beschikken en anderzijds of ze over voldoende bufferruimte beschikken om de containers met emballage tijdelijk op te slaan voor deze wordt gesorteerd of opgehaald door de leverancier. Het hoofdprobleem was daardoor als volgt:

- *Beschikken de emballageafdelingen van C1000 over voldoende capaciteit om de vrachtwagens met retouremballage binnen afzienbare tijd te kunnen lossen wanneer deze bij het distributiecentrum aankomen?*

Het eerste deel van het onderzoek bestond uit het verzamelen van data. Allereerst, zijn de aankomstintensiteiten van de vrachtwagens bij de distributiecentra geanalyseerd. Vervolgens is de inhoud van deze vrachtwagens bepaald, het gemiddelde aantal containers van elke soort emballage (biercontainers, bundels, etc.) dat een vrachtwagen bevat. Tenslotte was het ook nodig om de verwerkingscapaciteit van de sorteerafdelingen te bepalen.

Na het verzamelen van de data is een model gemaakt van de emballagestroom in een distributiecentrum. Met dit model en de data van de emballageafdelingen is vervolgens het emballageproces gesimuleerd door middel van een simulatie model dat is uitgevoerd in het programma Plant Simulation. Door middel van deze simulatie is bepaald of de distributiecentra in de huidige situatie over voldoende capaciteit beschikken (aantal losdeuren en oppervlakte van de buffer). Omdat de distributiecentra in Breda in Raalte te maken krijgen met een forse groei in het aantal te beleveren supermarkten, en als gevolg daarvan meer emballage te verwerken krijgen, is er ook gekeken naar de effecten van een stijging in het aantal vrachtwagens en het aantal containers per vrachtwagen op de benodigde capaciteit van de distributiecentra.

Uit deze simulaties is gebleken dat het distributiecentrum in Breda op dit moment al krap zit wat betreft de capaciteit. Daarnaast is de capaciteit in de toekomstige situatie zeker ontoereikend, het aantal losdeuren zal moeten worden vergroot en er is een grotere buffer nodig. Daarnaast dient de verwerkingscapaciteit vergroot te worden. Het distributiecentrum in Gieten beschikt in combinatie met de laadkuil op het buitenterrein over voldoende capaciteit om de groei in emballage op te kunnen vangen.

Het distributiecentrum in Raalte krijgt net als Breda te maken met een enorme groei. Echter, het aantal losdeuren blijft voorlopig voldoende om de vrachtwagens voldoende snel te kunnen lossen. De grootte van de buffer is hier daarentegen ontoereikend om tijdens de drukke dagen de emballage op te kunnen slaan. Aangezien dit distributiecentrum pas nieuw is gebouwd zal moeten worden onderzocht of sommige emballage tijdelijk elders kan worden opgeslagen. Het distributiecentrum in Woerden beschikt ook over voldoende losdeuren, maar ook hier zal de buffer moeten worden vergroot om op drukke dagen over voldoende capaciteit te beschikken.

Inhoudsopgave

Management Summary	1
Voorwoord	4
1. Inleiding	5
2. Probleemstelling.....	9
2.1 Formulering van het hoofdprobleem	9
2.2 Formulering van de deelvragen.....	11
2.3 Opzet verslag	12
3. Opzet van het onderzoek	14
3.1 Huidige situatie.....	14
3.2 Groei	15
3.3 Opzet data analyse	15
3.4 Simulatie.....	16
4. Data analyse	18
4.1 Aankomstintensiteiten vrachtwagens.....	18
4.2 Verdeling emballage per vrachtwagen.....	20
4.3 Verwerkingscapaciteit sorteerafdeling	22
5. Model	24
5.1 Aannames.....	24
5.2 Process flow model	25
5.3 Wiskundig model.....	26
6. Simulatiemodel.....	27
6.1 Plant Simulation	27
6.2 Opzet simulatiestudie m.b.t. aantal losdeuren	29
6.3 Opzet simulatiestudie m.b.t. de grootte van de buffer	30
7. Resultaten simulatie.....	33
7.1 Experimenten m.b.t. het aantal losdeuren	33
7.2 Experimenten m.b.t. de grootte van de buffer in Breda.....	35
7.3 Experimenten m.b.t. de grootte van de buffer in Gieten	37
7.4 Experimenten m.b.t. de grootte van de buffer in Raalte	38
7.5 Experimenten m.b.t. de grootte van de buffer in Woerden	38

8. Conclusies en aanbevelingen	40
8.1 Conclusies.....	40
8.2 Aanbevelingen.....	41
Referenties	42
Bijlagen	43
Bijlage A: Schematische weergave emballageafdeling Breda	43
Bijlage B: Aankomstintensiteiten	45
Bijlage C: Maximale aankomstintensiteiten	48
Bijlage D: Veranwoording verdeling aantal containers	50
Bijlage E: Bepaling aantal bundels per vrachtwagen	54
Bijlage F: Bepaling verdeling emballage	55
Bijlage G: Aantal medewerkers sorteerafdelingen	58
Bijlage H: Verklaring methodes in Plant Simulation.....	62
Bijlage I: Berekening aantal replicaties	64
Bijlage J: Benodigde capaciteit van de buffers.....	67

Voorwoord

Voor u ligt het eindverslag van mijn bacheloropdracht dat is geschreven als afronding van de bachelor Technische Bedrijfskunde aan de Universiteit Twente. In deze eindopdracht heb ik gedurende een periode van ongeveer drie maanden stage gelopen op het hoofdkantoor van C1000 te Amersfoort. In deze periode heb ik voor het eerst ervaren hoe het is om in een professionele omgeving bezig te zijn met logistiek en alles wat daarbij komt kijken. Nadat ik al ruim 5 jaar een bijbaantje heb in de lokale C1000-supermarkt was dit een unieke kans om eens te ervaren wat er zoal speelt in het centrale deel van de organisatie. In deze opdracht heb ik daarnaast gezien hoe het eraan toe gaat op de verschillende distributiecentra om de supermarkten van producten te voorzien. Met dit onderzoek hoop ik een bijdrage te hebben geleverd aan de verbetering van de emballageafhandeling bij de verschillende regionale distributiecentra van C1000.

Graag wil ik via deze weg mijn directe begeleider, de heer Van der Leest, bedanken voor zijn begeleiding en ondersteuning aan dit project. Ik heb deze tijd als een zeer plezierig en leerzaam ervaren. Daarnaast wil ik de heer De Hoop, hoofd Supply Chain Strategie en Bouw & Mechanisatie, bedanken voor de kans die hij mij heeft gegeven door deze stage en opdracht bij C1000 uit te mogen voeren. Ook wil ik een woord van dank richten aan de heer Mes voor het begeleiden van deze bacheloropdracht vanuit de Universiteit Twente. Ik wil hem met name bedanken voor de hulp bij de eerste opzet van het simulatiemodel en de implementatie ervan in het programma Plant Simulation. Verder wil ik ook de heer Van der Wegen bedanken voor het meelezen waardoor dit eindverslag zeker is verbeterd. Ook hen wil ik graag bedanken voor hun begeleiding en ondersteuning aan deze opdracht. Ten slotte wil ik ook de andere medewerkers op het hoofdkantoor en op de verschillende distributiecentra bedanken voor hun medewerking en de prettige werksfeer.

Enter, oktober 2011.

Rick Ooms
s0178004

1. Inleiding

Met ruim 400 supermarkten is C1000 de tweede supermarktketen van Nederland, daarnaast is C1000 de grootste keten van zelfstandige supermarktondernemers in Nederland. Het hoofdkantoor in Amersfoort ondersteunt de ondernemers in hun dagelijkse bedrijfsvoering. Dat gebeurt op verschillende vlakken waaronder marketing, category management, IT en vastgoed. De supermarkten van C1000 zijn in het hele land vertegenwoordigd, van Groningen tot Maastricht en van Den Haag tot Enschede. Om al deze winkels met producten te bevoorraden beschikt C1000 over vijf distributiecentra. Deze vijf distributiecentra zijn onder te verdelen in vier regionale distributiecentra die de winkels rechtstreeks beleveren en een landelijk distributiecentrum dat producten levert aan de supermarkten via een van de vier regionale distributiecentra. Het landelijke distributiecentrum staat in Elst (Gelderland), van hieruit worden producten op basis van de orders van de supermarkten geleverd aan de regionale distributiecentra. Deze distributiecentra zijn als volgt over Nederland verdeeld. Het distributiecentrum in Gieten levert aan de supermarkten in het noorden van het land. Het distributiecentrum in Raalte levert aan het midden en oosten. Het distributiecentrum in Woerden levert aan het westen en het distributiecentrum in Breda levert aan het zuiden.

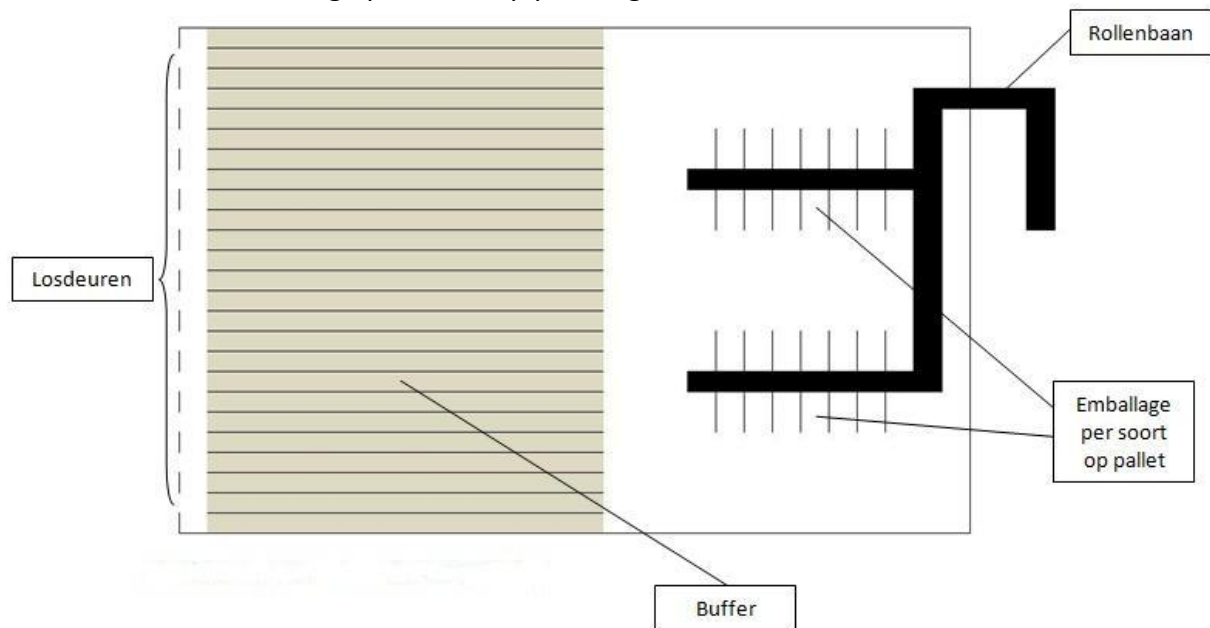
De distributie van de producten vindt als volgt plaats. De supermarkten bestellen dagelijks de producten die ze nodig hebben bij het distributiecentrum waarvandaan zij beleverd worden. Deze producten zijn afkomstig uit verschillende productgroepen, van zuivel tot groente en van vlees tot kruidenierswaren. In het distributiecentrum worden op basis van deze orders vrachtwagens geladen met producten. De meeste producten worden in het distributiecentrum bij elkaar gezocht. De medewerkers van het distributiecentrum pakken de benodigde producten en plaatsen deze op containers. Sommige producten worden echter al door de leveranciers op orderbasis van de supermarkt geleverd en kunnen daardoor direct bij de overige containers worden gezet.

Vervolgens komt er een vrachtwagen naar het distributiecentrum, waarna de chauffeur de gereed staande containers in de vrachtwagen laadt. Dit kan van een enkele supermarkt zijn, het is echter ook mogelijk dat meerdere (kleinere) orders in een rit samen worden gevoegd. De chauffeur rijdt de vrachtwagen daarna naar de supermarkt(en) om daar de containers te lossen. De distributiefunctie houdt hier echter niet op, er vinden ook retourstromen plaats van de supermarkten terug naar het distributiecentrum. Deze retourstromen bevatten verschillende vormen van emballage (containers, kratten, papier etc.). De chauffeur laadt deze emballage in de vrachtwagen en rijdt terug naar het distributiecentrum. Daar aangekomen laadt hij de emballage uit in het voor emballage gereserveerde gedeelte van het distributiecentrum. In deze emballageafdeling wordt de emballage vervolgens verder verwerkt.

In deze opdracht heb ik me gericht op de emballageafdelingen van de regionale distributiecentra. In feite zijn er twee verschillende vormen van emballage. Aan de ene kant heb je de emballage afkomstig van consumenten, verpakkingsmaterialen waar statiegeld voor wordt betaald door de consument (bierkratten, PET-flessen etc.). Daarnaast zijn er ook nog de verpakkingsmaterialen die overblijven nadat de producten in de schappen zijn gepakt en/of verkocht zijn (containers, kratten, karton, plastic folie etc.). De chauffeur van een met

emballage beladen vrachtwagen moet deze lossen bij de emballageafdeling van het distributiecentrum. Dit lossen gebeurt bij één van de daarvoor bestemde losdeuren (docks).

De emballageafdeling is in delen opgesplitst, de precieze indeling van de afdeling is verschillend voor alle vier de distributiecentra. In grote lijnen verloopt de emballagestroom binnen het distributiecentrum echter op dezelfde wijze (figuur 1). Aan de voorkant, direct na de docks, is er ruimte om de emballage tijdelijk op te slaan (de bufferruimte). Achterin de ruimte wordt de emballage per soort op pallets gesorteerd.



Figuur 1: Schematische weergave emballageafdeling

Om een specifiek beeld te krijgen van de processen binnen de afdeling zal het emballageproces binnen het distributiecentrum van Breda nader worden uitgelegd. Maar allereerst, zullen de verschillende soorten emballage worden besproken. De emballage kan worden opgedeeld in de volgende acht soorten emballage:

- *Lege containers*; rolcontainers en rolly's (containers die enkel uit een bodem met wielen bestaan). De rolcontainers komen voornamelijk binnen in bundels van vijf (de containers kunnen in- en uit elkaar worden gehaald). De rolly's komen voornamelijk binnen in stapels van tien.
- *Containers met bierkratten*; rolcontainers met lege bierkratten van alle denkbare verschillende merken. Deze rolcontainers bevatten elk ongeveer dertig lege kratten.
- *Containers met CBL-kratten*; rolcontainers met lege CBL-kratten van diverse afmetingen. Deze kratten worden gebruikt voor verschillende producten, zoals groente, vlees en kaas. Deze rolcontainers bevatten elk ook gemiddeld zo'n dertig lege kratten.
- *Containers met zakken PET-flessen*; rolcontainers met een grote zak (bigbag) met lege flessen.
- *Aardappelcontainers*; aparte containers, speciaal om aardappels te vervoeren.
- *Zuivelcontainers*; aparte containers, speciaal om pakken en/of kannen zuivel te vervoeren.
- *Dolly retoursets*; afkomstig van Coca-Cola. Deze cola wordt aangeleverd in four packs die als volgt worden opgestapeld. Eerst een platform op wielen (dolly), dan een laag

met zes four packs cola, vervolgens een soort van deksel van plastic (bled), dan weer een laag cola etc. Dolly retoursets bestaan uit vier dolly's en twintig bleds op elkaar gestapeld.

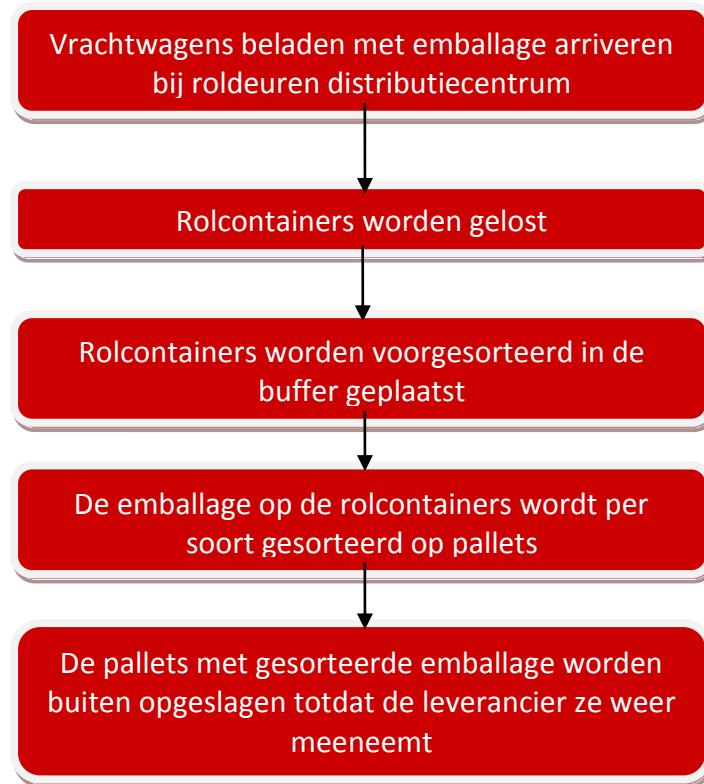
- *Containers met afval*; rolcontainers met afval materiaal zoals karton (gebaald of gewoon los) of plastic folie.

In Breda wordt het emballageproces als volgt uitgevoerd. De chauffeur sorteert de emballage voor zodat de emballage gesorteerd in de buffer staat. De bundels van lege containers worden direct in een andere trailer geplaatst die klaar staat bij een van de overige docks (er is echter nog wel ruimte in de buffer voor lege containers/bundels voor het geval de trailer vol is, deze ruimte wordt ook gebruikt om containers tijdelijk op te slaan nadat de emballage van de container verwijderd is). Ook de containers met bigbags worden niet in de buffer geplaatst, deze worden direct naar een apart gereserveerde ruimte gereden waar ze worden verwerkt voor verder transport terug naar de leveranciers. De overige emballage wordt wel de buffer ingereden. De bufferruimte is voorzien van banen door middel van metalen afscheidingen op de grond, hierdoor kan de emballage voorin de baan worden geplaatst en wordt deze vervolgens door volgende containers steeds verder de buffer in gereden. Het distributiecentrum in Breda beschikt over 33 banen waarin plaats is voor 30 containers. De verdeling van de emballage over deze banen staat in tabel 1.

De containers met karton en folie worden verwerkt door iemand die al het karton en al het plastic gescheiden verzamelt. De zuivelcontainers, aardappelcontainers en dolly retoursets blijven in de buffer staan totdat de leveranciers ze retour nemen. De lege containers in de buffer worden gebruikt door de medewerkers die de orders van de supermarkten op rolcontainers en/of roly's verzamelen. De containers met CBL- en bierkratten worden verwerkt door de medewerkers van de emballageafdeling. Deze kratten worden per soort op pallets gestapeld, de bierkratten van een bepaald merk komen op een pallet met andere kratten van hetzelfde merk en de CBL-kratten met een bepaalde afmeting komen op een pallet met alleen kratten van die bepaalde afmeting. De lege rolcontainers worden ofwel in de buffer geplaatst of ze worden doorgegeven aan de andere afdelingen binnen het distributiecentrum. De pallets met kratten worden zodra ze vol zijn, via een automatische rollenbaan, naar buiten verplaatst. Door middel van een heftruck worden ze vervolgens buiten gestald tot de leverancier zijn emballage retour neemt. Samengevat komt het emballageproces neer op het schema weergegeven in figuur 2. In bijlage A is een schematische weergave gegeven van de emballageafdeling in Breda.

Type emballage	Aantal banen
Containers met CBL-kratten	14
Containers met bierkratten	7
Lege containers	4
Containers met karton/folie	3
Aardappelcontainers	2
Dolly retoursets	2
Zuivelcontainers	1

Tabel 1: Indeling buffer Breda



Figuur 2: Emballageproces binnen distributiecentrum

2. Probleemstelling

In dit hoofdstuk wordt het hoofdprobleem besproken. Daarnaast worden de deelvragen opgesteld waarmee het hoofdprobleem zal worden beantwoord.

2.1 Formulering van het hoofdprobleem

De reden voor dit onderzoeksproject komt voort uit klachten van medewerkers van de emballageafdelingen van de verschillende regionale distributiecentra. Na gesprekken met de leidinggevendenden die het emballageproces bij de distributiecentra regelen is naar voren gekomen dat de situatie per distributiecentrum nogal verschilt. De distributiecentra in Breda, Gieten en Woerden beschikken volgens eigen zeggen over te weinig ruimte voor de afhandeling van de emballage. Het gaat hierbij niet enkel om de capaciteit van de buffer, maar ook om het aantal beschikbare losdeuren om vrachtwagens met emballage te lossen. Het distributiecentrum in Raalte zou in principe genoeg ruimte moeten hebben, hier is pas een nieuw distributiecentrum is gebouwd. Daarnaast krijgt C1000 te maken met een groei van het aantal supermarkten als gevolg van de overname van een groot aantal supermarkten van Super de Boer. Met name het distributiecentrum in Breda krijgt te maken met een grote groei van het aantal supermarkten dat beleverd moet worden (en waar dus ook emballage van terug zal komen).

Het probleem dat hier speelt, is dat men op het hoofdkantoor niet weet welke capaciteit nodig is om de emballageafhandeling goed te laten verlopen. Voor men een beslissing kan nemen over eventuele uitbreiding van een of meerdere distributiecentra wil men weten of de capaciteit van de buffers inderdaad onvoldoende is, of dat er mogelijk andere oorzaken zijn voor de problemen met betrekking tot de capaciteit van de emballageafdelingen. Het centrale doel van deze opdracht is dus het achterhalen van de benodigde capaciteit voor de emballageafdelingen van de vier distributiecentra. Er zal hierbij rekening moeten worden gehouden met de setting, hierbij kan men denken aan het aantal te beleveren supermarkten, de omzet van deze supermarkten, de leveringsfrequentie etc. Om de benodigde capaciteit te kunnen bepalen is het noodzakelijk om de factoren/variabelen te achterhalen die het aantal containers in de buffer bepalen. De uitkomst van dit onderzoek maakt deel uit van een groter onderzoek naar het functioneren van de emballageafdeling binnen de verschillende distributiecentra.

Het hoofdprobleem van dit onderzoek kan dus als volgt worden geformuleerd:

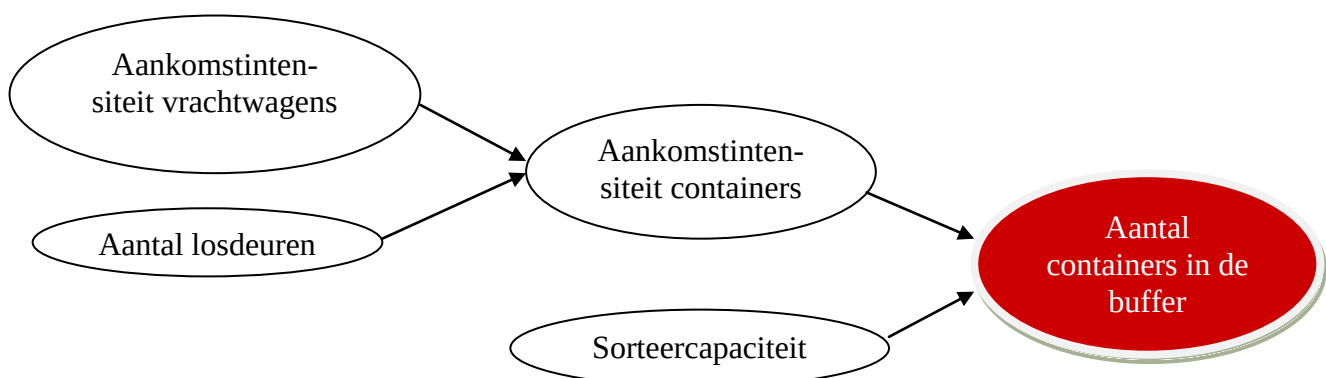
- *Beschikken de emballageafdelingen van C1000 over voldoende capaciteit om de vrachtwagens met retouremballage binnen afzienbare tijd te kunnen lossen wanneer deze bij het distributiecentrum aankomen?*

Onder capaciteit wordt het aantal losdeuren en de buffergrootte verstaan. Het aantal losdeuren spreekt voor zich, de buffergrootte is het aantal containers dat opgeslagen kan worden tot deze verder verwerkt worden. Het 'binnen afzienbare tijd' uit het hoofdprobleem houdt in dat de gemiddelde wachttijd van de vrachtwagens kleiner moet zijn dan enkele minuten.

Het is dus de bedoeling om te onderzoeken of de buffers voldoende capaciteit hebben om de vrachtwagens met retouremballage te kunnen lossen. Hierbij spelen er twee problemen. Het gaat erom dat er enerzijds een dock vrij is als er een vrachtwagen arriveert en dat er anderzijds voldoende vloerplaatsen in de buffer vrij zijn om de rolcontainers uit deze vrachtwagens op te slaan voor deze gesorteerd kunnen worden. Het is natuurlijk niet de bedoeling om de capaciteit van de buffer en het aantal losdeuren te bepalen zodat vrachtwagens nooit meer hoeven te wachten voor ze kunnen lossen, hiervoor zal het aantal losdeuren onrealistisch hoog moeten zijn (Winston, 2004), de wachttijd moet echter wel binnen de perken blijven.

Om het hoofdprobleem op te lossen is er besloten om de twee problemen afzonderlijk van elkaar te onderzoeken. Deze keuze is gemaakt zodat de analyse eenvoudiger is, zonder dat de resultaten hieronder lijden. De wachttijd van de vrachtwagens is afhankelijk van het aantal losdeuren en de aankomstintensiteit van vrachtwagens, er wordt aangenomen dat de buffer voldoende groot is zodat vrachtwagens altijd kunnen lossen als er een losdeur vrij is. Vervolgens wordt de capaciteit van de buffer geanalyseerd aan de hand van het aantal losdeuren. Eerst wordt dus het benodigde aantal losdeuren bepaald, waarna de benodigde capaciteit van de buffer zal worden bepaald. Het is uiteindelijk de bedoeling dat uit de kosten van de benodigde uitbreiding samen met de kosten van de wachttijd van de vrachtwagens een optimale balans wordt gevonden. Deze beslissing valt echter buiten dit onderzoeksproject.

Om een antwoord te kunnen geven op de probleemstelling zal er moeten worden gekeken naar de factoren die de benodigde capaciteit van de buffer beïnvloeden. Het aantal containers in de buffer is afhankelijk van de aankomstintensiteit van containers en de snelheid waarmee containers worden gesorteerd (sorteer capaciteit). De aankomstintensiteit van containers in de buffer is weer afhankelijk van de aankomstintensiteit van vrachtwagens bij het distributiecentrum en het aantal losdeuren van het distributiecentrum. Zolang het aantal vrachtwagens bij het distributiecentrum kleiner of gelijk is aan het aantal losdeuren is de aankomstintensiteit van containers in de buffer afhankelijk van de aankomstintensiteit van de vrachtwagens en de lostijd. Als er meer vrachtwagens zijn, dan speelt ook de wachttijd een rol. Een model van dit proces is weergegeven in figuur 3.



Figuur 3: Vereenvoudigd model voor de capaciteit van de buffer

De aankomstintensiteit is in dit geval het aantal containers dat per tijdseenheid wordt gelost (het aantal containers dat de buffer in wordt gereden), en de vertrekintensiteit is het aantal

containers dat per tijdseenheid kan worden gesorteerd (het aantal containers dat de buffer verlaat). In een stationair proces is de aankomstintensiteit gelijk aan de vertrekintensiteit. Dit is hier op de lange termijn ook het geval. Als er echter wordt gekeken naar een bepaald uur kan het best zijn dat deze intensiteiten van elkaar verschillen (de buffer stroomt vol of leeg). In overleg met de distributiecentra en het hoofdkantoor wordt in dit onderzoeksproject aangenomen dat de capaciteit om buiten pallets met gesorteerde emballage op te slaan voldoende groot is. De verwerkingscapaciteit in dit onderzoek is dus niet afhankelijk van de ruimte die buiten aanwezig is, er kunnen ongelimiteerd pallets naar buiten worden verplaatst. De emballage die buiten staat vertegenwoordigt een grote geldwaarde waarmee op dit moment niet kan worden geïnvesteerd, maar hoewel dit belangrijk is voor de financiële afdeling van C1000 doet dit voor dit onderzoek niet ter zake.

2.2 Formulering van de deelvragen

Om een antwoord te kunnen geven op het hoofdprobleem is het noodzakelijk om het hoofdprobleem op te delen in subproblemen (Heerkens, 2004). Deze subproblemen moeten zodanig worden geformuleerd dat door het beantwoorden van deze problemen het hoofdprobleem kan worden opgelost. Hieronder volgen de deelvragen die zijn opgesteld in samenwerking met Edgar van der Leest.

Deelvraag 1:

- *Wat is de aankomstintensiteit van vrachtwagens bij de distributiecentra op de verschillende dagen en tijdstippen?*

Door middel van deze deelvraag wil ik erachter komen of de aankomsten bij de distributiecentra gelijkmatig over de dag en de week verdeeld zijn, of dat er rekening moet worden gehouden met perioden met een grote piek. Als de aankomstintensiteit van de vrachtwagens is bepaald, kan worden bepaald wanneer de buffer te maken krijgt met de aankomst van emballage.

Deelvraag 2:

- *Wat is de gemiddelde wachttijd van een vrachtwagen bij een gegeven aantal losdeuren voordat deze kan lossen?*

Door middel van deze deelvraag wil ik de gemiddelde wachttijd van de vrachtwagens bepalen. De gemiddelde wachttijd is afhankelijk van het aantal losdeuren. Uit de combinaties van aantal losdeuren en gemiddelde wachttijd kan een keuze voor het aantal losdeuren worden gemaakt. Hierbij wordt aangenomen dat de lostijd van een vrachtwagen onafhankelijk is van de hoeveelheid emballage in de vrachtwagen. Deze aanname is te verdedigen doordat er veel tijd gaat zitten in het voorrijden van de vrachtwagen. Het is namelijk zo dat een vrachtwagen eerst achteruit naar de losdeur rijdt, waarna de chauffeur moet uitstappen om de losklep te laten zakken. Vervolgens moet de chauffeur de vrachtwagen nog een stukje achteruit rijden. Na afloop van het lossen volgt dezelfde procedure in omgekeerde volgorde.

Deelvraag 3:

- *Wat is de gemiddelde hoeveelheid emballage dat per vrachtwagen bij het distributiecentrum aan komt?*

Met behulp van deze deelvraag wil ik er achter komen hoeveel emballage een vrachtwagen gemiddeld bij zich heeft wanneer deze aankomt bij het distributiecentrum. Naast de totale hoeveelheid aan emballage, is het ook belangrijk om te weten hoe de hoeveelheid emballage is verdeeld over de verschillende soorten emballage. Door deze deelvraag wil ik dus het gemiddelde aantal containers weten per soort emballage dat in een vrachtwagen zit. Deze deelvraag hangt samen met het hoofdprobleem, omdat de verdeling van de emballage belangrijk is voor de hoeveelheid emballage van de verschillende soorten in de buffer.

Deelvraag 4:

- *Wat is de verwerkingscapaciteit van de sorteerafdeling voor de verschillende soorten emballage en op de verschillende dagen en tijdstippen?*

Deze deelvraag is opgesteld om de snelheid waarmee containers met bier- en CBL-kralen de buffer verlaten te bepalen. De verwerkingssnelheid hangt natuurlijk sterk samen met de benodigde capaciteit voor de buffer (zie figuur 3).

Deelvraag 5:

- *Hoeveel containers moet de buffer kunnen bevatten om op 95% van de dagen genoeg ruimte te hebben?*

Door te weten te komen hoeveel emballage er gedurende de dag in de buffer aanwezig is kan de benodigde grootte van de buffer worden bepaald. Het is natuurlijk erg moeilijk om ervoor te zorgen dat de buffer in alle gevallen groot genoeg is, extreme gevallen met veel emballage houdt je altijd. Er is gekozen om de grootte van de buffer te bepalen zodat men op 95 procent van de dagen over voldoende capaciteit beschikt. Om op 95% van de dagen voldoende capaciteit te hebben is het noodzakelijk om te kijken naar de maximale hoeveelheden en niet naar de gemiddelde hoeveelheden op een dag. Er moet voor worden gezorgd dat de moment van piek passen en niet dat het enkel gemiddeld past. De benodigde capaciteit kan worden vergeleken met de huidige capaciteit en vervolgens kan een antwoord worden gegeven op het hoofdprobleem.

De deelvragen 1 en 2 zijn gerelateerd aan de wachttijd van de vrachtwagens voor ze kunnen lossen. Deelvraag 1 is opgesteld om data te verzamelen die wordt gebruikt om deelvraag 2 te beantwoorden. De overige deelvragen hebben te maken met de benodigde capaciteit van de buffer. Hiervoor worden ook de resultaten van het eerste gedeelte van het onderzoek gebruikt. De deelvragen 3 en 4 zijn opgesteld om data te verzamelen waarmee deelvraag 5 kan worden beantwoord.

2.3 Opzet verslag

In hoofdstuk 3 volgt de opzet van het onderzoek. Hierin worden eerst de huidige en toekomstige situatie geschetst. Vervolgens wordt besproken hoe de data zal worden gegenereerd en geanalyseerd. In hoofdstuk 4 volgt de daadwerkelijke data analyse, hierin komen achtereenvolgens de aankomstintensiteiten van de vrachtwagens (deelvraag 1), de verdeling van de emballage per vrachtwagen (deelvraag 3) en de verwerkingscapaciteit van de sorteerafdeling aan bod (deelvraag 4). Daarna wordt in hoofdstuk 5 het wiskundige

model besproken waarmee de deelvragen twee en vijf kunnen worden beantwoord, dat in hoofdstuk 6 wordt vertaald naar een model geschikt voor het simulatieprogramma Plant Simulation. In hoofdstuk 7 volgen de resultaten van dit onderzoek voor de verschillende distributiecentra. Tenslotte worden in hoofdstuk 8 conclusies en getrokken en aanbevelingen gedaan.

3. Opzet van het onderzoek

In dit hoofdstuk wordt eerst de huidige situatie weergegeven. Vervolgens wordt de opzet van het onderzoek besproken.

3.1 Huidige situatie

De huidige situatie van de emballageafdelingen verschilt per distributiecentrum. De algemene layout is besproken in hoofdstuk 1. Als specifiek voorbeeld is daar de emballageafdeling van het distributiecentrum in Breda in kaart gebracht (zie ook bijlage A). Als we de verschillende distributiecentra met elkaar vergelijken valt op dat er toch nog wel enkele verschillen zijn. Allereerst is er het verschil in aantal losdeuren, deze staan in tabel 2.

DC	Aantal losdeuren
Breda	6
Gieten	5
Raalte	8
Woerden	11

Tabel 2: Aantal losdeuren in emballageafdelingen van de verschillende distributiecentra

Wanneer dit aantal losdeuren wordt vergeleken met de aantallen te verwerken vrachtwagens zien we dat het distributiecentra met de meeste vrachtwagens ook het grootste aantal losdeuren heeft. Ook heeft Gieten met de minste vrachtwagens, het kleinste aantal losdeuren. Het valt wel op dat Raalte meer losdeuren heeft dan Breda terwijl het minder vrachtwagens verwerkt. Dit valt te verklaren uit het feit dat het distributiecentrum in Raalte pas nieuw gebouwd is.

Ook de indeling van de buffer verschilt per distributiecentrum. De indeling van de buffer in Breda is al besproken in hoofdstuk 1. De indeling van de buffers in Raalte en Woerden komt in grote mate overeen met de indeling van de buffer in Breda, alleen de banen zijn hier korter (20 rolcontainers per baan). Ook is de verdeling over de verschillende soorten emballage iets anders. Van Raalte staat de indeling in banen in tabel 3.

Type emballage	Aantal banen
Containers met CBL-kralten (zwart)	13
Containers met CBL-kralten (blauw)	6
Containers met bierkralten	10
Containers met bigbag	8
Bundels	6
Zuivelcontainers	4
Lege containers	4
Containers met karton/folie	3
Aardappelcontainers	3
Dolly retoursets	3

Tabel 2: Aantal banen voor emballage in Raalte

De indeling in banen in Woerden was men aan het veranderen en was niet helemaal duidelijk. Ook kon de leidinggevende ons hier geen duidelijk antwoord geven over de totale

grootte van de buffer. De grootte van de buffer kwam ongeveer op 30 tot 40 banen met elk zo'n 25 rolcontainers. Daarnaast heeft het distributiecentrum in Woerden de beschikking over een 'loshaven' waar men kan lossen tijdens piekmomenten. De emballage wordt dan tijdelijk in oude trailers opgeslagen, welke tijdens rustige momenten worden gelost in het distributiecentrum. Dit vereist echter wel extra handelingen en is daarom niet ideaal. In dit onderzoek is besloten om deze ruimte niet mee te nemen als bufferruimte.

De buffer van het distributiecentrum in Gieten is wat anders ingedeeld dan de andere buffers. In Gieten wordt geen gebruik gemaakt van banen in de buffer, de containers worden wel enigszins gesorteerd neergezet. In totaal is er in de buffer ruimte voor ongeveer 625 rolcontainers. Daarnaast is er een bordes waar ook nog eens 175 rolcontainers neergezet kunnen worden. Buiten beschikt men hier ook nog over een laadkuil met ruimte voor 1500 rolcontainers en als het echt nodig is zet men de containers gewoon buiten op de grond. Dit is echter niet ideaal omdat hier veel extra werk in gaat zitten.

3.2 Groei

De verwachting is dat de aantallen supermarkten en de retouremballage gaan toenemen. Uit een onderzoek binnen C1000 is gebleken dat de verwachte groeicijfers zijn als in tabel 4. In de laatste kolom van deze tabel is de groei in het aantal te beleveren supermarkten te zien per distributiecentrum. In de tweede kolom staat de verwachte groei van de emballage per vrachtwagen.

DC	Emballage	Supermarkten
Breda	1,2%	37,4%
Gieten	8,6%	0,0%
Raalte	1,2%	32,4%
Woerden	5,6%	0,8%

Tabel 3: Verwachte groeicijfers

De distributiecentra in Breda en Raalte krijgen een forse toename in het aantal te beleveren supermarkten te verwerken. Dit komt enerzijds door de overname van supermarkten van Super de Boer, en anderzijds door het herindelen van de supermarkten over de distributiecentra. Naast de toename van het aantal supermarkten is het de verwachting dat ook de emballage dat per rit gaat stijgen. Afgesproken is dat de groei in emballage wordt vermenigvuldigd met de huidige emballage per rit, en dat de groei in te beleveren supermarkten wordt vermenigvuldigd met de huidige aankomstintensiteiten. Hierdoor wordt aangenomen dat de spreiding van de terugkomsten van de nieuw te beleveren supermarkten gelijk is aan de spreiding van de terugkomsten van de huidige supermarkten.

3.3 Opzet data analyse

Om de deelvragen één, drie en vier, opgesteld in paragraaf 2.2, te kunnen beantwoorden, waren er gegevens nodig uit verschillende databases en bestanden. Sommige van deze gegevens waren aanwezig op het hoofdkantoor, of konden van daaruit benaderd worden. Andere gegevens echter moesten bij de distributiecentra opgevraagd worden.

De eerste deelvraag met betrekking tot de aankomstintensiteit van de vrachtwagens bij de distributiecentra kan worden beantwoord door gebruik te maken van data uit de ritplanning

software. Het is hierbij belangrijk om de ritten kritisch te bestuderen omdat er soms ritten dubbel of zelfs driedubbel in staan. Dit komt doordat sommige ritten langs meerder supermarkten gaan. Deze ritten staan dan meerdere malen in de database, maar komen slechts één keer aan bij het distributiecentrum. Daarnaast moeten ook alle ritten die geen emballage retour hebben genomen worden geschrapt uit de analyse. Als vervolgens alle vrachtwagenaankomsten bekend zijn, kunnen deze worden ingedeeld in het uur waarin ze terug zijn gekomen. De aanname die hier wordt gedaan, is dat de aankomsten die in een bepaald uur voorkomen random over het uur verdeeld zijn. Als eindresultaat zal een tabel met aantallen vrachtwagens per uur per dag per distributiecentrum worden geconstrueerd.

De derde deelvraag over de hoeveelheid emballage (aantal containers van de verschillende soorten emballage) zal worden beantwoord door gebruik te maken van de data uit de ritplanning software in combinatie met de database met data afkomstig van de boardcomputers van de vrachtwagens. De vrachtwagens van C1000 beschikken over een boardcomputer waarop wordt ingetoetst wat de vrachtwagen op een bepaald tijdstip aan het doen is (lossen, rijden, file etc.). Het probleem is hier dat de informatie uit de boardcomputer niet helemaal correspondeert met de data uit de ritplanning software. Niet alle vrachtwagens beschikken over een boardcomputer, vooral ingehuurde vrachtwagens hebben deze lang niet altijd. De data uit de boardcomputer bevat het aantal vloerplaatsen met retouremballage, dus het totaal aantal emballage dat bij het distributiecentrum is gelost. De data uit de ritplanning software bevat het aantal retourcontainers, maar hierbij tellen bundels voor vijf en stapels met rollen voor tien. Door de data aan elkaar te koppelen kan het aantal bundels en rollen worden benaderd. Vervolgens kan uit de administratie informatie worden gehaald met betrekking tot de percentages emballage van de verschillende soorten. Uiteindelijk wordt voor elk distributiecentrum een tabel gemaakt met daarin de percentages van de verschillende soorten emballage op een bepaalde dag. Deze resultaten volgen in paragraaf 4.2.

Om een antwoord te verkrijgen op de vierde deelvraag, is gebruik gemaakt van verschillende soorten informatie. Vooral belangrijk waren de gesprekken met de leidinggevenden van de verschillende distributiecentra. Daarnaast is gebruik gemaakt van de planning tools die worden gebruikt om het beschikbare personeel in te plannen. De resultaten van deze analyse volgen in paragraaf 4.3.

3.4 Simulatie

In het begin van dit onderzoek was het de bedoeling om met een wiskundig model te komen waarmee de processen binnen de emballageafdelingen konden worden geoptimaliseerd. Al snel was echter duidelijk dat het exact oplossen van een voor dit probleem representatief model niet haalbaar was. In de literatuur zijn verschillende theorieën te vinden met betrekking tot tijdsafhankelijk aankomstintensiteiten, zoals in Kao & Chang (1988), Newell (1968) en Van de Ven (2005). Er is in dit probleem echter sprake van veel factoren (waaronder ook nog eens enkele stochastische), waardoor het zeer moeilijk zou zijn om een wiskundig model exact op te lossen.

Er is besloten om gebruik te maken van simulatie om het emballageproces in kaart te brengen. Door middel van het programma Plant Simulation is een model gemaakt van het

emballageproces. In dit model worden de aankomsten gegenereerd, worden de vrachtwagens gelost, komen de containers in de buffer en worden de containers gesorteerd.

4. Data analyse

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de data analyse weergegeven. Zoals in het vorige hoofdstuk is besproken, worden de deelvragen één tot en met drie beantwoord door middel van data analyse. Alle drie de deelvragen hebben in dit hoofdstuk een eigen paragraaf gekregen.

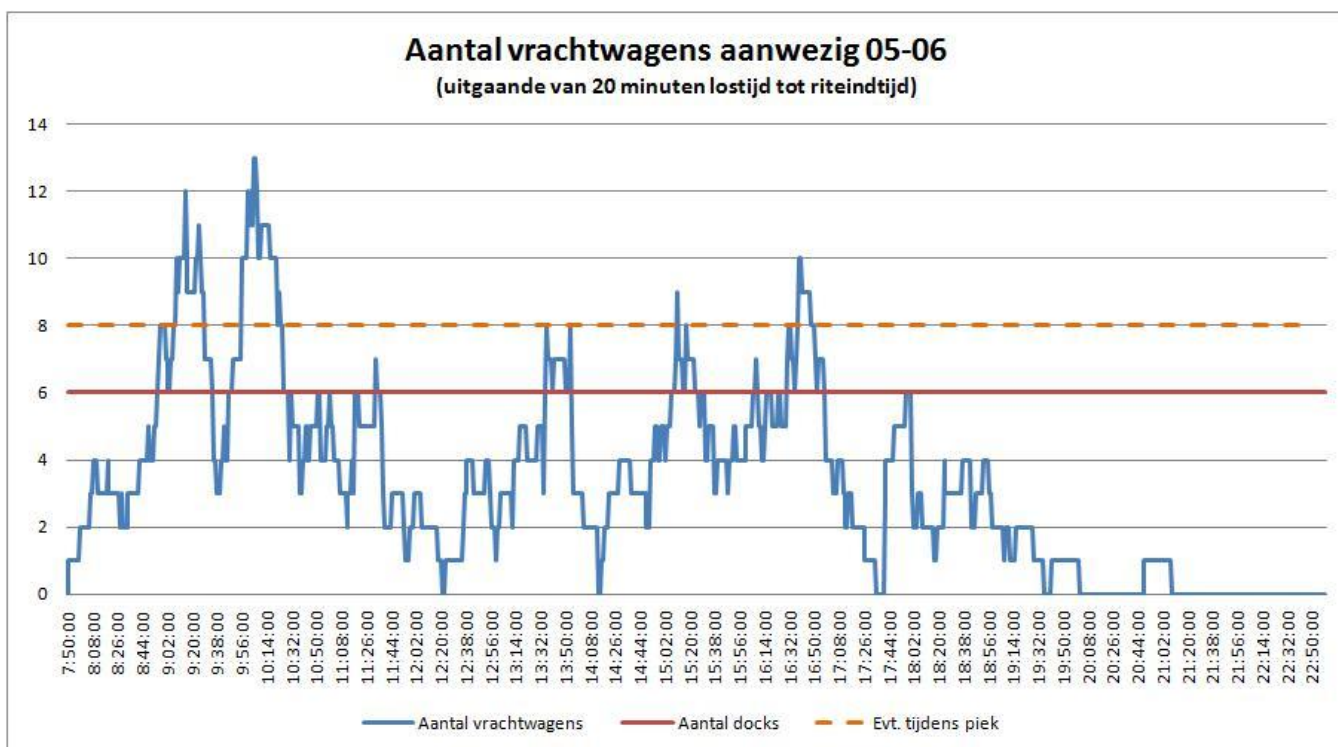
4.1 Aankomstintensiteiten vrachtwagens

Om een antwoord te krijgen op de eerste deelvraag met betrekking tot de aankomstintensiteit van de vrachtwagens bij de distributiecentra, is gebruik gemaakt van de data uit de ritplanning software. In deze database staan de gegevens van alle geplande ritten met onder andere de vertrektijd, de geschatte aankomsttijd bij het distributiecentrum en de hoeveelheid retourcontainers. Om de aankomstintensiteit te bepalen heb ik de ritten zonder retourcontainers eruit gefilterd en verwijderd, deze ritten zijn niet van belang voor de emballageafdeling. Ook de ritten die meerdere keren in de database voorkomen zijn verwijderd (ritten langs meerdere supermarkten staan er vaker in), de eindtijd van deze ritten moet slechts één keer worden meegenomen in de analyse. Uiteindelijk werd zo een lijst verkregen van ritten met hun eindtijden bij het distributiecentrum. De tijdshorizon die is gebruikt is de periode van januari 2010 tot 5 juni 2010. Deze gegevens waren het meest recent, en hebben dus een hogere mate van betrouwbaarheid. De data van de feestdagen is buiten beschouwing gelaten omdat niet alle supermarkten met zulke dagen geopend zijn. Ook zijn de dagen met onvolledige data buiten beschouwing gelaten.

Uit de gegevens blijkt direct dat er grote verschillen zijn per dag van de week. De vrijdagen en zaterdag hebben de meeste ritten, terwijl de dinsdagen en woensdagen een stuk rustiger zijn wat betreft terugkomsten van vrachtwagens. Ook valt direct te zien dat er 's morgens een piek is tussen 9 uur en 11 uur en dat er 's middags tussen 3 en 5 eveneens een hoger aantal terugkomsten te zien is. Om hier een beeld van te krijgen zijn de aankomsten in Breda van de laatste dag met informatie (5 juni 2010) uitgezet tegen de tijd per dag, er is hierbij uitgegaan van een lostijd van 20 minuten (een vrachtwagen heeft een losdeur dus 20 minuten nodig voordat het lossen klaar is). De grafiek staat in figuur 4.

Deze momenten van piek komen overeen met de informatie uit de gesprekken met de leidinggevenden van de emballageafdelingen. In overleg is besloten om het gemiddelde aantal vrachtwagens te bepalen per uur en per dag van de week. Omdat de aankomsten binnen een uur goed verspreid zijn, kunnen de aankomsten per uur per dag gemodelleerd worden met een Poisson-proces met als λ het gemiddelde aantal vrachtwagens. Er wordt aangenomen dat de aankomsten gedurende een bepaald uur onderling onafhankelijk zijn. De resultaten met aankomstintensiteiten voor de verschillende distributiecentra zijn te vinden in bijlage B.

De aankomstintensiteiten bij het distributiecentrum in Breda hebben een piek tussen 9 en 11 van ongeveer 20 vrachtwagens per uur, en tussen 3 en 5 van ongeveer 12 vrachtwagens per uur. Wat betreft het verschil op een bepaalde dag is het weekend (donderdag t/m zaterdag) het drukst met tussen de 135 en 145 vrachtwagens gemiddeld. De dinsdag is een relatief rustige dag met gemiddeld slechts 114 vrachtwagens.



Figuur 4: Aantal vrachtwagens aan het lossen

Het distributiecentrum in Gieten heeft minder te maken met verschil tussen de verschillende dagen. De dag met gemiddeld de minste vrachtwagens (dinsdag) heeft er gemiddeld 81, terwijl het hoogste gemiddelde aantal 95 is (vrijdag). Dit kleinere verschil valt te verklaren door het feit dat het distributiecentrum in Gieten relatief kleinere supermarkten van producten voorziet en dat er op een drukker dag dus nog wel wat extra vracht in dezelfde vrachtwagen kan. Wat verder opvalt, is dat er al vroeger (voor 6 uur) vrachtwagens met emballage bij het distributiecentrum aankomen. De piek voor Gieten ligt vooral tussen 9 en 10 met gemiddeld 14 à 15 vrachtwagens. Van een echte middagpiek is geen sprake.

De aankomstintensiteiten in Raalte kennen drie pieken. 's Morgens is er een grote piek tussen 9 en 11 met ongeveer 16 vrachtwagens per uur. Vervolgens is er tussen 12 en 1 een piek met ook ongeveer 16 vrachtwagens, en is er later 's middags tussen 4 en 5 een piek met ongeveer 12 vrachtwagens in een uur. De spreiding over de verschillende dagen is hier ook weer groter. De vrijdag is normaal gesproken het drukst met gemiddeld 115 vrachtwagens. De rustigste dag is ook hier de dinsdag met maar 81 vrachtwagens gemiddeld. Verder valt op dat de zaterdag voor Raalte een relatief rustige dag is, vergeleken met de andere distributiecentra, hierdoor is de maandag wel weer wat drukker.

Het distributiecentrum met de hoogste aankomstintensiteiten is Woerden. Er is hier sprake van een grote ochtendpiek tussen 9 en 10 met ongeveer 27 vrachtwagens per uur. Van een echte middagpiek is geen sprake, de vrachtwagens komen 's middags goed verspreid (wel in grote aantallen). Er is een groot verschil tussen de vrijdag en de dinsdag. Waar er op vrijdag gemiddeld 210 vrachtwagens komen, komen er op dinsdag gemiddeld maar 160. Iets wat hier verder nog opvalt, er vinden enkele ritten op zondag plaats.

Naast het kijken naar de gemiddelden over de periode januari-juni is er ook gekeken naar de drukste dag in deze periode. Deze dag laat ons zien wat de maximale hoeveelheid

vrachtwagens was dat bij het distributiecentrum is aangekomen op een dag. Zoals verwacht is voor elk distributiecentrum de drukste dag op een vrijdag geweest. Het aantal vrachtwagens op deze drukste dag is ongeveer 20 vrachtwagens groter dan op een gemiddelde dag. De aankomstintensiteiten op de drukste dag voor de verschillende distributiecentra zijn te vinden in bijlage C.

Uit een intern document is gebleken dat de tijd die nodig is om een vrachtwagen met emballage te lossen bij het distributiecentrum is vastgesteld op 18 minuten. Dit zal ook worden gebruikt in het vervolg van dit onderzoek.

4.2 Verdeling emballage per vrachtwagen

Binnen C1000 is geen systeem of database aanwezig, waar de precieze emballage op een bepaalde dag of afkomstig van een bepaalde rit of supermarkt uit bepaald kon worden. De informatie die aanwezig is, bestaat uit de volgende bronnen:

- *Totaal aantal containers retour van een bepaalde supermarkt (ritplanning software)*
Dit aantal bevat het totale aantal containers dat retour is gekomen van een bepaalde supermarkt. Een probleem hierbij is dat de bundels (vijf in elkaar gezette containers) en de rolly's (tien gestapelde platformen met wielen) hierin voor respectievelijk vijf en tien containers mee worden geteld. Het is niet duidelijk hoeveel bundels en rolly's er bij zaten, dus ook niet hoeveel rolcontainers met overige soorten emballage.
- *Totaal aantal vloerplaatsen met retouremballage in een bepaalde rit (boardcomputers vrachtwagens)*
Het aantal vloerplaatsen in een bepaalde vrachtwagen is het totaal aantal vloerplaatsen dat nodig was om de emballage te vervoeren. Hierin telt dus, in tegenstelling tot de ritplanning software, alle emballage maar een keer mee. Het totaal aantal emballage kan hieruit dus worden bepaald. De hoeveelheid van een bepaalde soort is hieruit niet te achterhalen
- *Emballage dat aan een supermarkt is vergoed in een bepaalde periode (administratie)*
Deze vergoeding is het totaal aantal containers van een bepaalde soort emballage gedurende een bepaalde periode. Deze informatie is echter niet beschikbaar voor een bepaalde dag, maar enkel gedurende een grotere periode. In overleg is echter besloten dat uit de totalen aan vergoede emballage en de totalen aan vrachtwagens met emballage een gemiddelde van elke soort per vrachtwagen kan worden bepaald. Een nadeel van deze gegevens is verder dat in deze vergoedingen, geen vergoedingen zitten voor bundels en stapels rolly's. Deze vergoedingen gaan via een ander systeem gekoppeld aan de ritplanning software.

Het aantal vloerplaatsen per rit is dus uit de boardcomputer te halen. Dit is de totale hoeveelheid emballage die is binnengekomen met die bepaalde rit. Er is hier uitgegaan van een normale verdeling met een bepaald gemiddelde en standaardafwijking. De verantwoording voor deze verdeling volgt in bijlage D. De gemiddeldes en standaardafwijkingen zijn uit de boardcomputers gehaald en uitgesplitst per dag en staan in tabel 5.

	Breda		Gieten		Raalte		Woerden	
	Gem.	St. Dev.	Gem.	St. Dev.	Gem.	St. Dev.	Gem.	St. Dev.
Maandag	24,81	9,84	29,11	13,31	28,99	11,99	29,59	14,05
Dinsdag	22,29	13,89	25,80	12,35	25,95	9,76	24,87	13,50
Woensdag	20,91	8,50	24,78	12,14	21,80	8,52	23,12	11,37
Donderdag	20,90	9,54	25,69	12,87	24,50	10,04	23,13	12,07
Vrijdag	24,87	11,85	29,25	14,03	26,64	11,99	26,49	13,88
Zaterdag	26,62	12,06	31,48	13,02	32,91	12,66	30,47	14,32
Zondag	X	X	X	X	X	X	39,25	20,32

Tabel 4: Hoeveelheid emballage per rit

In combinatie met het aantal retourcontainers uit de ritplanning software kan het percentage bundels worden bepaald. In overleg is besloten om de stapels met rollen gelijk aan bundels (bestaande uit vijf containers) te stellen omdat deze in een veel lagere frequentie voorkomen dan de bundels en de percentages dus een stuk minder beïnvloeden. De percentages bundels (per dag) voor de verschillende distributiecentra volgen in tabel 6.

	Breda	Gieten	Raalte	Woerden
Maandag	18,46%	14,80%	16,95%	15,13%
Dinsdag	17,80%	17,20%	21,68%	17,96%
Woensdag	27,85%	16,30%	30,04%	20,02%
Donderdag	30,81%	18,00%	26,93%	20,52%
Vrijdag	23,37%	16,80%	19,80%	18,92%
Zaterdag	16,45%	17,80%	12,90%	18,76%
Zondag	X	X	X	24,20%

Tabel 5: Percentage bundels per distributiecentrum

De bepaling van het percentage bundels per rit voor de verschillende distributiecentra staat in bijlage E.

Nadat het percentage bundels in de vrachtwagens bepaald is, is het percentage met overige emballage ook bekend. Alle vloerplaatsen in de vrachtwagen die niet bezet zijn door bundels, zijn immers bezet door de andere emballage. De verdeling over de verschillende soorten emballage kan worden gehaald uit de eerder genoemde administratie van vergoedingen van emballage aan de supermarkten. Hier wordt echter geen rekening gehouden met het aantal rolcontainers, maar met het aantal kratten. De aardappelcontainers, zuivelcontainers, dolly retoursets, containers met karton/folie, containers met bigbags kunnen echter wel één op één worden achterhaald. Na gesprekken met leidinggevend van de emballageafdelingen op de distributiecentra kan worden aangenomen dat er gemiddeld 28 bierkratten of 28 CBL-kratten op een rolcontainer worden geplaatst. Zoals eerder aangegeven, kan niet exact worden bepaald wanneer welke emballage terug is gekomen maar kan een percentage worden berekend over een bepaalde periode. De berekening van de verdeling over de verschillende soorten van emballage kan worden gevonden in bijlage F.

4.3 Verwerkingscapaciteit sorteerafdeling

In de emballageafdelingen van de distributiecentra is een sorteerafdeling aanwezig waar de bierkratten en CBL-kratten worden gesorteerd. In hoofdstuk 1 is reeds besproken dat de overige soorten emballage niet worden gesorteerd. De containers met karton en plastic worden verwerkt in een aparte ruimte waar het karton en plastic in grote containers wordt gegooid. In dit gedeelte is een medewerker aanwezig die deze verwerking uitvoert, hierdoor blijft het aantal containers met karton en plastic in de buffer vrij laag (zeker in vergelijking met de containers met bier- en verskratten). De containers met bigbags, de aardappelcontainers, de roll-ins en de dolly retoursets worden opgehaald door de desbetreffende leveranciers. Deze emballage wordt over het algemeen opgehaald wanneer de leverancier producten heeft afgeleverd bij een andere afdeling van het distributiecentrum of in de buurt is met een lege vrachtwagen. Hierdoor is het erg lastig om de afhandeling van deze emballage mee te nemen in het modelleren van de emballageafdeling. Er is gekozen om de hoeveelheden van deze soorten emballage wel te bepalen (zie ook paragraaf 4.2), maar de verwerking niet mee te nemen in het model vanwege de complexiteit. De bundels en lege containers worden naar de overige afdelingen van het distributiecentrum gebracht om opnieuw te gebruiken voor het leveren van producten aan de supermarkten.

De bierkratten worden gesorteerd op biermerk en de CBL-kratten op afmetingen en kleur (blauw/zwart). De tijd die nodig is om een bepaalde container met kratten te sorteren is echter niet eenvoudig te achterhalen. Allereerst is er in de meeste gevallen meer tijd nodig om een container met bierkratten te sorteren, dan om een container met CBL-kratten te sorteren. Dit omdat bierkratten simpelweg zwaarder zijn dan CBL-kratten, hierdoor kan men ook makkelijker meerdere CBL-kratten tegelijkertijd verplaatsen dan bierkratten. Daarbij komt dat de diversiteit van een container met kratten in grote mate de sorteertijd beïnvloed. Onder de diversiteit van een container moet men de verschillen tussen de kratten op een bepaalde container verstaan. Het is bijvoorbeeld makkelijker om 28 bierkratten van hetzelfde merk te sorteren dan om 28 bierkratten van verschillende merken (kriskras door elkaar) te sorteren, voor deze kratten moeten de medewerkers van pallet naar pallet rijden om de kratten op de juiste pallet te plaatsen. Ditzelfde geldt voor de containers met CBL-kratten. Uit gesprekken met de leidinggevenden van de emballageafdelingen is gebleken dat er gemiddeld 12 containers met kratten gesorteerd kunnen worden per medewerker per uur (dus gemiddeld zo'n 5 minuten per container). Een standaarddeviatie was hierbij niet beschikbaar. Door de grote hoeveelheid verwerkte containers per uur is er echter sprake van risk pooling (het langer duren van het sorteren van de ene container wordt gecompenseerd door de kortere sorteertijd van een andere container), waardoor geen verder onderzoek is gedaan naar de daadwerkelijke standaarddeviatie.

Het aantal medewerkers dat aanwezig is om te sorteren op een bepaald moment op de dag is voor het ene distributiecentrum makkelijker te achterhalen dan voor het andere distributiecentrum. Over het algemeen is echter wel bekend hoeveel medewerkers op een bepaald moment van de dag aan het sorteren zijn. Het is echter een stuk lastiger om te bepalen hoeveel medewerkers bierkratten sorteren en hoeveel er bezig zijn CBL-kratten te sorteren.

Om een simulatie mogelijk te maken is besloten om de sorteertijd van een container met bierkratten gelijk te stellen aan de sorteertijd van een container met CBL-kratten. Hierdoor kan worden aangenomen dat de verhouding tussen medewerkers die bierkratten sorteren en medewerkers die CBL-kratten sorteren gelijk is aan de verhouding tussen binnenkomende containers met bierkratten en binnenkomende containers met CBL-kratten. De verhouding tussen binnenkomende bierkratten en CBL-kratten staat in tabel 7.

	Bierkratten	CBL-kratten	Verhouding bier:CBL
Breda	14,56%	58,62%	0,248
Gieten	19,69%	59,32%	0,332
Raalte	17,66%	55,28%	0,320
Woerden	11,25%	57,95%	0,194

Tabel 6: Verhouding bierkratten ten opzichte van CBL-kratten

Uit deze tabel blijkt dat deze verhouding in Breda 1 staat tot 4 is. Dus voor elk bierkrat dat het distributiecentrum in Breda moet sorteren, moet het vier CBL-kratten sorteren. De overige verhoudingen zijn als volgt: in Gieten is de verhouding 1 staat tot 3, in Raalte is deze verhouding ook 1 staat tot 3 en in Woerden is de verhouding 1 staat tot 5. Door de aanname dat het aantal medewerkers in dezelfde verhouding aan het sorteren is, kan het aantal medewerkers voor beide soorten kratten worden bepaald. De aantallen medewerkers voor de verschillende kratsoorten bij de verschillende distributiecentra staat in bijlage G.

5. Model

In dit hoofdstuk zal een wiskundig model worden geformuleerd. Dit model zal vervolgens in hoofdstuk 6 naar een simulatiemodel in het programma Plant Simulation worden vertaald.

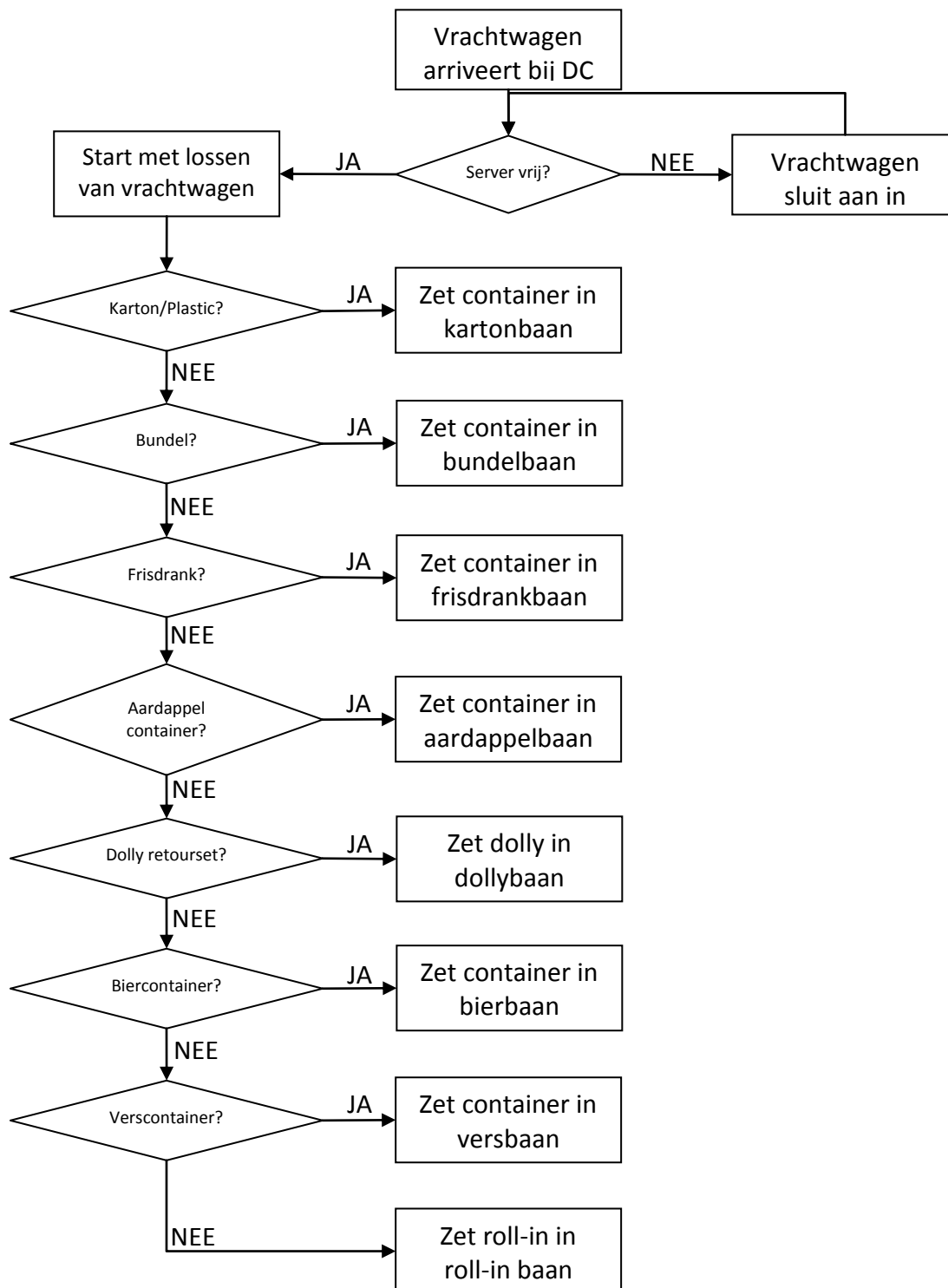
5.1 Aannames

Het is niet mogelijk om de werkelijkheid exact na te bootsen, daarom is het noodzakelijk om enkele aannames te doen zodat het probleem vereenvoudigd wordt en het wel na te bootsen is door middel van een model.. Het is echter wel zo dat de aannames voldoende realistisch moeten zijn om uit de resultaten van het model conclusies te kunnen trekken. In deze paragraaf worden de aannames vermeld die gemaakt zijn gedurende het onderzoek, de meeste aannames zijn al in eerdere hoofdstukken behandeld maar worden hier opgesomd ter verduidelijking.

- De afvoer van verwerkte emballage wordt genegeerd. Er wordt aangenomen dat dit geen invloed heeft op de overige processen in de emballageafdeling.
- De aankomstintensiteit van de vrachtwagens bij het distributiecentrum is Poisson-verdeeld.
- De hoeveelheden en verdelingen van de emballage zijn gesplitst per dag. Er wordt echter aangenomen dat deze hoeveelheden representatief zijn voor alle weken gedurende het jaar.
- De hoeveelheid emballage per vrachtwagen is normaal verdeeld met een bepaald gemiddelde en standaardafwijking per dag (zie bijlage D).
- De groei van het aantal te beleveren vrachtwagens resulteert in eenzelfde groei van het aantal ritten. Specifieker, de groei resulteert in eenzelfde groei van het aantal aankomsten van vrachtwagens bij het distributiecentrum per uur (de aankomstintensiteit per uur en per dag wordt vermenigvuldigd met de groeicijfers).
- De groei van de hoeveelheid emballage per vrachtwagen kan worden opgevangen in de huidige ritten (de hoeveelheid emballage in een vrachtwagen wordt vermenigvuldigd met de groeicijfers). Daarnaast wordt verondersteld dat de groei van de emballage voor de verschillende soorten emballage gelijk zal zijn.
- De lostijd van de vrachtwagens bij het distributiecentrum is 18 minuten, onafhankelijk van de inhoud van de vrachtwagen.
- De containers met bier- en verskratten zijn de belangrijkste soorten emballage. Deze emballage wordt immers gesorteerd. De verwerking van deze emballage wordt dan ook in het model opgenomen. Zoals vermeld in hoofdstuk 4, is de verwerking van de overige emballage in het model niet meegenomen.
- De sorteersnelheid is onafhankelijk van de soort emballage (bierkratten of verskratten), het aantal kratten op de container en de diversiteit van de kratten op de container. De sorteersnelheid is vastgesteld op 12 containers per uur per medewerker.
- De sorteersnelheid is onafhankelijk van de medewerker die sorteert en het tijdstip waarop gesorteerd wordt.

5.2 Process flow model

Om de deelvragen twee en vijf te kunnen beantwoorden is het noodzakelijk om het emballageproces in de distributiecentra te simuleren (zie ook paragraaf 3.4). Voordat we echter een simulatiemodel kunnen ontwerpen is het nodig om de emballagestromen binnen het distributiecentrum in kaart te brengen. Er is gekozen om het verwerken van de aankomsten van vrachtwagens weer te geven door middel van een flowchart, hiermee wordt het proces overzichtelijk weergegeven. De flowchart is weergegeven in figuur 5.



Figuur 5: Flowchart aankomstproces vrachtwagens

Als er een vrachtwagen arriveert bij het distributiecentrum wordt deze direct gelost als er een server (losdeur) vrij is. Is er op dat moment geen server vrij, dan sluit de vrachtwagen aan in de queue (wachtrij) voor de losdeuren. Wanneer een vrachtwagen wordt gelost wordt per rolcontainer bepaald in welke bufferbaan de rolcontainer moet worden gezet. Elke soort emballage heeft zijn eigen bufferbaan.

Zoals eerder in dit verslag is vermeld worden enkel de bier- en verscontainers verwerkt. Het verwerkingsproces is zo eenvoudig dat een flowchart in dit geval weinig toevoegt. Een container blijft net zo lang in de queue totdat deze verwerkt kan worden door een van de medewerkers. De overige containers blijven net zo lang in de queue totdat ze worden opgehaald.

5.3 Wiskundig model

Door middel van het simulatiemodel zal het aantal benodigde losdeuren en de benodigde capaciteit van de buffer worden bepaald. De beslissingsvariabelen in dit simulatiemodel zouden daarom het aantal losdeuren en de capaciteit van de buffer moeten zijn. Dit zou echter tot gevolg hebben dat er vele combinaties van deze beslissingsvariabelen zouden moeten worden geanalyseerd. In overleg is daarom besloten om het aantal losdeuren als de enige beslissingsvariabele te laten functioneren in het model omdat de benodigde capaciteit ook afhankelijk is van het aantal losdeuren. Eerst moet het aantal losdeuren worden bepaald waarmee een aanvaardbare wachttijd wordt bereikt. Vervolgens kan dit aantal losdeuren worden gebruikt om de benodigde capaciteit van de buffer te bepalen. De benodigde capaciteit van de buffer een resultaat afhankelijk van het aantal losdeuren en is het aantal losdeuren de beslissingsvariabele.

De benodigde capaciteit is dus een resultaat van het simulatiemodel. Er zal echter wel een restrictie moeten worden toegevoegd zodat de capaciteit op 95% van de dagen voldoende is (op 95% van de dagen is de capaciteit van de buffer op geen enkel moment van de dag onvoldoende om de containers op te slaan).

De parameters in het simulatiemodel zijn de data uit het voorgaande hoofdstuk. Voor de duidelijkheid worden deze hieronder nogmaals opgesomd:

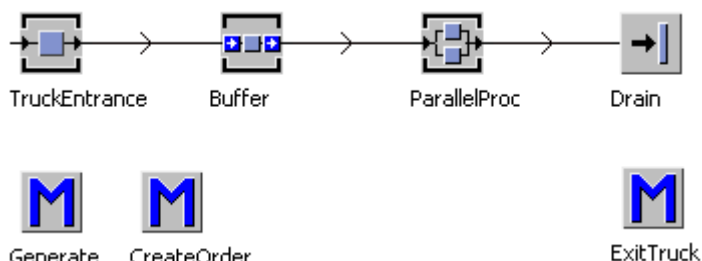
- Aankomstintensiteiten vrachtwagens (huidig en toekomstig)
- Lostijd per vrachtwagen
- Gemiddeld aantal containers in een vrachtwagen (huidig en toekomstig)
- Standaardafwijking aantal containers in een vrachtwagen
- Kans dat een container een bepaalde soort emballage bevat
- Aantallen medewerkers op de verschillende momenten van een dag om te sorteren
- Sorteertijd per container

6. Simulatiemodel

In dit hoofdstuk volgt de wijze waarop het simulatiemodel tot stand is gekomen, de vertaling van het in hoofdstuk 5 geformuleerde wiskundige probleem naar het simulatieprogramma Plant Simulation wordt besproken. In paragraaf 6.1 volgt de het simulatiemodel, waarna in de paragrafen 6.2 en 6.3 de opzet van de simulatiestudies naar respectievelijk het aantal losdeuren en de grootte van de buffer wordt besproken.

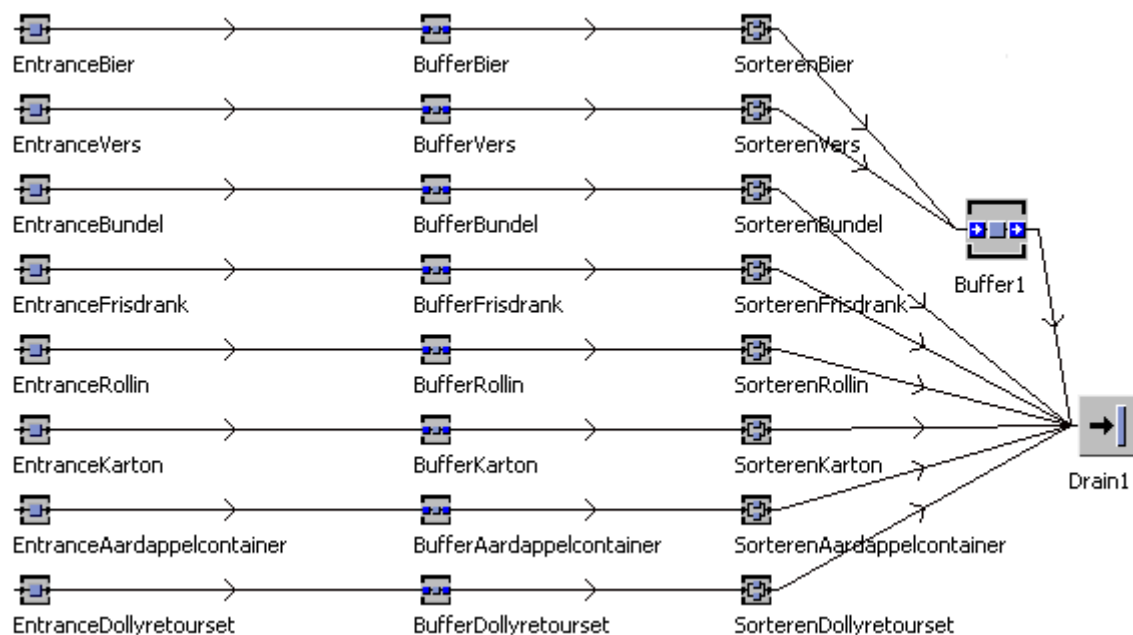
6.1 Plant Simulation

Om het wiskundige model in een simulatiemodel om te zetten is gebruik gemaakt van de flowchart uit hoofdstuk 5 (figuur 5). Het simulatiemodel start met het genereren van vrachtwagenaankomsten bij het distributiecentrum. Deze komen in een queue waar ze wachten tot ze kunnen lossen. Voor elke vrachtwagen wordt de inhoud gegenereerd, het aantal containers van de verschillende soorten emballage dat deze bij zich heeft. Een server geeft de losfunctie weer. De capaciteit van deze server is gelijk aan het aantal losdeuren. Nadat de vrachtwagen is gelost wordt de emballage die deze bij zich heeft gesorteerd over verschillende queues, een aparte containerbaan voor de acht verschillende soorten emballage. In Plant Simulation is dit gemodelleerd als in figuur 6. De TruckEntrance genereert vrachtwagen aankomsten door middel van de method Generate, en de method CreateOrder genereert de inhoud van de vrachtwagens. De Buffer functioneert als queue voor de vrachtwagens, terwijl de Parallelproc functioneert als server. ExitTruck is een method die de verschillende soorten emballage uit de vrachtwagens sorteert over de verschillende queues voor de soorten emballage.

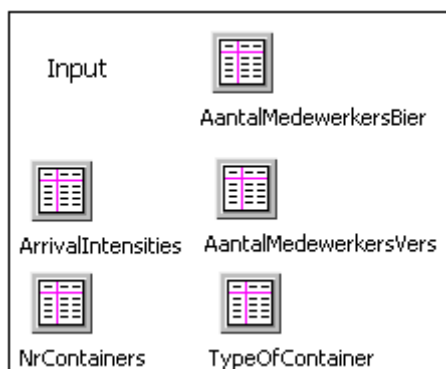


Figuur 6: Aankomstproces vrachtwagens

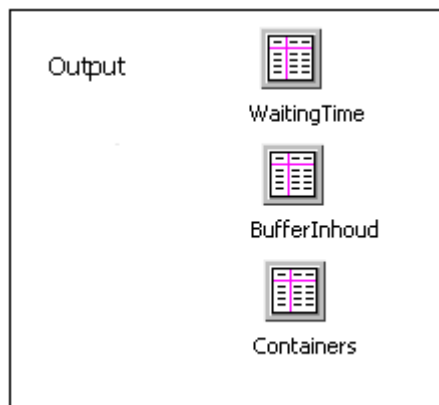
De vrachtwagen verdwijnt uit het systeem. Vervolgens worden de verschillende soorten emballage verwerkt door een enkele server en worden deze ook uit het systeem verwijderd. Dit proces is in Plant Simulation gemodelleerd als in figuur 7. De containers met emballage komen aan in de Entrance en worden direct door gestuurd naar de corresponderende buffer. Daar wachten de containers tot ze gesorteerd kunnen worden door de parallelproc die deze soort emballage verwerkt. Nadat de containers zijn verwerkt worden ze via de drain uit het model verwijderd. De containers met bier en CBL-kralen (verskratten) gaan via een extra server maar deze heeft verder geen invloed op het proces, deze heeft enkel een functie als hulpmiddel om gegevens te verzamelen.



Figuur 7: Verwerkingsproces emballage



Figuur 8: Input



Figuur 9: Output

Naast de bovenstaande processen wordt gebruik gemaakt van tabellen met verschillende soorten inputdata (zie figuur 8). De tabellen bevatten de in hoofdstuk 4 gevonden data. De aankomstintensiteiten staan in bijlage B, de aantallen containers in paragraaf 4.2, de aantallen medewerkers in bijlage G en de kans op een bepaalde soort emballage in bijlage F. In figuur 9 staan de tabellen met de verschillende soorten output data weergegeven. In de tabel TruckTimes staat data over de vrachtwagens (o.a. aankomsttijden, vertrektijden etc.). De tabel ContainerTimes bevat informatie over alle containers die verwerkt zijn (o.a. soort emballage, aankomsttijd, wachttijd, verwerkingstijd etc.). Verder bevatten de tabellen BufferBierInhoud en BufferVersInhoud de aantallen containers met respectievelijk bierkratten en CBL-kratten aanwezig in de buffer aan het eind van elk uur (voor alle gesimuleerde dagen).

Naast de daadwerkelijke processen en de tabellen met input- en outputdata is ook gebruik gemaakt van enkele hulpmethodes. Deze worden gebruikt om bijvoorbeeld de tijd in de gaten te houden, de dag in de gaten te houden, het model te resetten of het model te initialiseren. De verklaring en eventuele flowcharts van de belangrijkste gebruikte methodes is te vinden in bijlage H.

Om een simulatie met dit simulatiemodel uit te voeren is het van belang dat de resultaten van het simulatiemodel overeen komen met de resultaten uit de werkelijkheid, het valideren van het simulatiemodel. Door middel van het simuleren van de huidige situatie is duidelijk geworden dat het totaal aantal vrachtwagens en de totale hoeveelheid emballage overeen komen met de gegevens van de verschillende distributiecentra. Ook de gevonden wachttijden voordat een vrachtwagen kan beginnen met lossen is komen in orde van grootte overeen met wat de betreffende medewerkers verteld hebben (namelijk een grotere wachttijd in Breda in vergelijking met de overige distributiecentra).

Het simuleren kan in twee delen worden opgesplitst. Aan de ene kant heb je de vraag of het aantal losdeuren op dit moment voldoende is. Daarnaast is het de vraag of de buffer over voldoende capaciteit beschikt om de containers met emballage op te slaan. Er is besloten om deze simulaties apart van elkaar uit te voeren. In het ene experiment wordt gekeken wat de invloed van het aantal losdeuren is op de tijd dat een vrachtwagen gemiddeld moet wachten voordat deze kan lossen bij het distributiecentrum. De opzet van deze simulatiestudie volgt in paragraaf 6.2. In het andere experiment wordt bepaald wat de grootte van de buffer moet zijn om 95% van de dagen voldoende capaciteit te hebben om containers op te slaan, de opzet van deze simulatiestudie volgt in paragraaf 6.3.

6.2 Opzet simulatiestudie m.b.t. aantal losdeuren

De simulatie met betrekking tot het aantal benodigde losdeuren is een ‘terminating’ simulation (Law, 2007). Dit experiment is een eindigende simulatie omdat er gedurende de dag vrachtwagens arriveren, maar na de laatste vrachtwagen de dag eindigt. De volgende dag begint het proces opnieuw met andere aankomstintensiteiten. Als een week is afgelopen begint het hele aankomstproces weer van voor af aan. De lengte van een simulatierun is dus een week, er moet elke keer een week van aankomsten worden gesimuleerd om de gemiddelde wachttijd in deze week te bepalen. De gemiddelde wachttijd in de daarop volgende week is onafhankelijk van de gebeurtenissen in de week ervoor. De onafhankelijkheid van de simulatieruns wordt in het simulatiemodel verkregen door verschillende random nummers te gebruiken voor de verschillende replicaties (Law, 2007). Tijdens het simuleren worden de replicaties achter elkaar uitgevoerd, hierdoor gebruikt elke replicatie verschillende random nummers en zijn de replicaties onderling onafhankelijk.

Met het simulatiemodel zijn voor elk distributiecentrum verschillende experimenten gedaan. De variabele waarmee geëxperimenteerd wordt is dus het aantal losdeuren dat het distributiecentrum beschikbaar heeft om vrachtwagens met emballage te lossen. De experimenten worden beoordeeld op de gemiddelde wachttijd voor de vrachtwagens gedurende een week. Allereerst is voor de distributiecentra de huidige situatie gesimuleerd. Vervolgens is geëxperimenteerd met het huidige aantal losdeuren in combinatie met de groei in aantal ritten, zoals vermeld in paragraaf 3.2. Daarnaast is gekeken wat de invloed is van het vergroten van het aantal losdeuren op de gemiddelde wachttijd gedurende een week. Er is gekozen om te experimenteren met één, twee en drie losdeuren extra per distributiecentrum. De situaties met extra losdeuren zijn gesimuleerd in combinatie met de verwachte groei. De verschillende experimenten (configuraties) met betrekking tot het aantal losdeuren staan in tabel 8.

	Breda	Gieten	Raalte	Woerden
Experiment 1	6 (huidig)	5 (huidig)	8 (huidig)	11 (huidig)
Experiment 2	6 (groei)	5 (groei)	8 (groei)	11 (groei)
Experiment 3	7	6	9	12
Experiment 4	8	7	10	13
Experiment 5	9	8	11	14

Tabel 7: Experiment met betrekking tot het aantal losdeuren

Om ervoor te zorgen dat de resultaten betrouwbaar zijn, is het nodig om het aantal replicaties te berekenen. Om dit aantal te berekenen is gebruik gemaakt van de 'sequential method' (Law, 2007). Het idee hier is om een aantal onafhankelijke replicaties te doen zodat we met een betrouwbaarheid van 95% kunnen zeggen dat de gemiddelde wachttijd in een bepaald betrouwbaarheidsinterval ligt. De berekening van het aantal replicaties staat in bijlage I. De aantallen replicaties die nodig zijn voor de experimenten in elk distributiecentrum staan in tabel 9. Door de grote variabiliteit in aankomstintensiteiten van de vrachtwagens zijn de gemiddelde wachttijden ook erg variabel. Een voorbeeld hiervan is de situatie in Breda, na 1500 replicaties is het minimale gemiddelde 10 seconden en het maximale gemiddelde 260 seconden per vrachtwagen. Hierdoor is een zeer hoog aantal replicaties nodig.

DC	Aantal replicaties
Breda	1425
Gieten	1399
Raalte	1421
Woerden	1500

Tabel 8: Aantal replicaties voor de verschillende distributiecentra

De resultaten van deze experimenten volgen in paragraaf 7.1.

6.3 Opzet simulatiestudie m.b.t. de grootte van de buffer

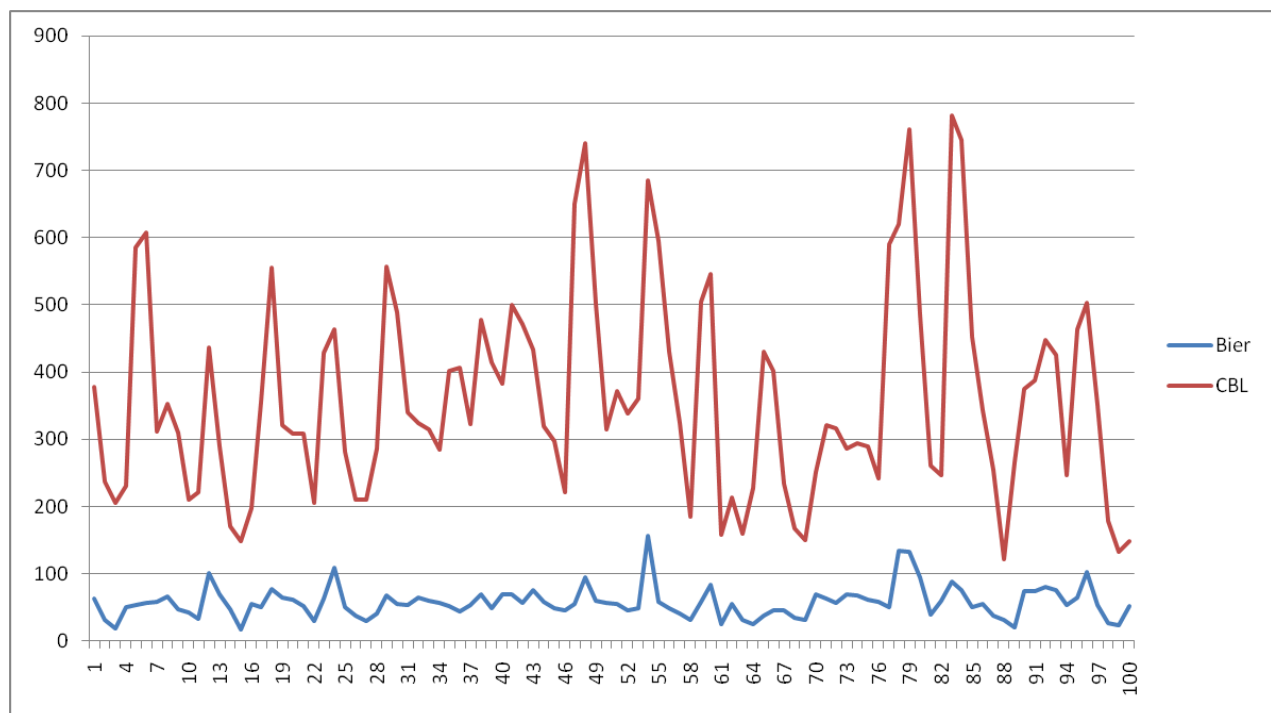
De simulatie van de grootte van de buffer is wat ingewikkelder dan de simulatie van het aantal losdeuren, deze simulatie heeft meer factoren die van invloed zijn. Allereerst is er de aankomstintensiteit in combinatie met het aantal losdeuren dat de aankomst van containers in de buffer bepaald. Deze aankomstintensiteiten verschillen per dag en per uur. Daarnaast is er de verwerkingscapaciteit die ook afhankelijk is van het tijdstip en de dag. Dit samen zorgt ervoor dat deze simulatie wat moeilijker is. Er is voor gekozen om enkel de containers met bierkratten en de containers met CBL-kratten in deze simulatie mee te nemen (zie hoofdstuk 4).

De simulatie is een 'non-terminating simulation' (Law, 2007), wat wil zeggen dat het proces eigenlijk nooit zal eindigen. Er blijven vrachtwagens komen die emballage lossen. Natuurlijk komen er 's nachts geen vrachtwagens, maar dan wordt er ook niet gewerkt. Daarnaast blijven containers die aan het eind van een bepaalde dag nog in de buffer staan in het systeem. Deze staan de volgende morgen nog steeds in de buffer. Gedurende de nachten en weekenden is de buffer vrijwel nooit leeg omdat de medewerkers die 's morgens vroeg beginnen met simuleren dan niet wat te doen hebben. De simulatie loopt dus van 's

morgens als de eerste medewerkers beginnen met sorteren tot 's avonds als de laatste medewerkers stoppen met sorteren.

Uit een 'non-terminating simulation' kan een steady-state parameter worden gehaald, een variabele die het gemiddelde aangeeft. Echter, aan een gemiddelde hebben we hier weinig omdat er een serieus probleem is als het aantal containers gemiddeld in de buffer past maar dat de buffer elke dag om 11 uur helemaal vol is. In dat geval is het gemiddelde wel goed, maar zit de emballageafdeling elke dag met een groot probleem. Het is dus beter om te kijken naar het maximaal aantal containers dat op een bepaalde dag aanwezig is. Ook uit dit maximale aantal containers aanwezig in de buffer valt op den duur een steady-state parameter te halen. Hiermee kunnen we aangeven wat het gemiddelde van de maxima's gedurende een bepaalde periode is.

In deze simulatie is ervoor gekozen om voor alle distributiecentra eerst de huidige situatie te simuleren. Omdat er sprake is van een 'non-terminating simulation', moet gekeken worden of er rekening moet worden gehouden met een opwarmperiode (een periode totdat de steady-state wordt bereikt). Het analyseren van de opwarmperiode is gedaan met behulp van de methode van Welch (Law, 2007). Er zijn 10 replicaties uitgevoerd en het gemiddelde maximale aantal containers per dag is uitgezet tegen de tijd in figuur 10. In deze grafiek zijn de eerste honderd dagen voor het distributiecentrum in Breda meegenomen.



Figuur 10: Maximaal aantal containers in de buffer gedurende eerste honderd dagen in Breda

Uit figuur 10 wordt duidelijk dat er geen sprake is van een opwarmperiode. De steady-state wordt eigenlijk direct bereikt voor zowel de bier- als de CBL-kraan. Op dezelfde wijze is bepaald dat voor de overige distributiecentra ook geen opwarmperiode nodig is. Nu we weten dat er geen opwarmperiode nodig is, kunnen we het aantal replicaties op dezelfde wijze berekenen als het aantal replicaties voor de simulatiestudie met betrekking tot het aantal losdeuren. De berekening van het aantal replicaties volgt in bijlage I.

Naast het simuleren van de huidige situatie zal ook de toekomstige situatie worden gesimuleerd. Uit de simulatie van de gemiddelde wachttijd is gebleken dat de groei voor de distributiecentra in Gieten, Raalte en Woerden geen reden is om het aantal losdeuren te vergroten (zie hoofdstuk 6). Daarom is ervoor gekozen om de situatie met groei te doen met het huidige aantal losdeuren. Voor het distributiecentrum in Breda is gebleken dat het aantal losdeuren in de situatie met groei niet langer volstaat. Er is gekozen om in deze simulatiestudie de toekomstige situatie met acht losdeuren te nemen. De experimenten worden met de aantallen losdeuren gedaan die in tabel 10 staan. De resultaten van deze simulatiestudie volgen in de paragrafen 7.2 tot en met 7.5.

DC	huidig	groei
Breda	6	8
Gieten	5	5
Raalte	8	8
Woerden	11	11

Tabel 9: Aantal losdeuren waarmee de simulatie van de buffer zal worden gedaan

7. Resultaten simulatie

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de experimenten met het simulatiemodel besproken.

7.1 Experimenten m.b.t. het aantal losdeuren

De experimenten met betrekking tot het aantal losdeuren zijn uitgevoerd met het simulatiemodel besproken in paragraaf 6.1 en de experimenten beschreven in paragraaf 6.2.

Breda:

Voor het distributiecentrum in Breda zijn de resultaten met de gemiddelde wachttijden voor de verschillende configuraties te vinden in tabel 11.

Aantal losdeuren	Gemiddelde wachttijd	Betrouwbaarheids-interval		Maximale gemiddelde	Minimale gemiddelde
6 (huidig)	0:02:23	0:02:20	0:02:26	0:06:57	0:00:29
6 (groei)	0:11:44	0:11:35	0:11:53	0:27:01	0:05:19
7	0:05:18	0:05:13	0:05:23	0:13:11	0:01:42
8	0:02:25	0:02:22	0:02:27	0:07:36	0:00:31
9	0:01:05	0:01:04	0:01:07	0:04:18	0:00:11

Tabel 10: Resultaten m.b.t. aantal losdeuren in Breda

Uit de simulatie is gebleken dat de gemiddelde wachttijd in de huidige situatie 2 minuten en 23 seconden is. Op dit moment is de wachttijd volgens de leidinggevendenden aan de hoge kant maar nog acceptabel. Als we vervolgens kijken naar de situatie met de verwachte groei, dan zien we dat de gemiddelde wachttijd enorm zal stijgen als het aantal losdeuren gelijk blijft. De gemiddelde wachttijd is in dit geval bijna 12 minuten. Dit is zeer hoog, in sommige weken ligt de gemiddelde wachttijd zelfs op 27 minuten. Deze wachttijd zal niet wenselijk zijn en in de toekomstige situatie voldoet dit aantal losdeuren dus niet.

Om de gemiddelde wachttijd weer gelijk te krijgen aan de huidige situatie, is een uitbreiding nodig naar een distributiecentrum met acht losdeuren. Maar als men besluit om uit te breiden, moet ook zeker gekeken worden naar een situatie met negen of zelfs meer losdeuren. Als we kijken naar het verschil tussen acht en negen losdeuren, dan zien we dat de gemiddelde wachttijd meer dan halveert. Deze daling in gemiddelde wachttijd kan best opwegen tegen de extra kosten van uitbreiding naar negen in plaats van acht losdeuren.

Aantal losdeuren	Gemiddelde wachttijd	Betrouwbaarheids-interval		Maximale gemiddelde	Minimale gemiddelde
5 (huidig)	0:00:46	0:00:45	0:00:47	0:03:04	0:00:07
5 (groei)	0:01:03	0:01:01	0:01:04	0:03:39	0:00:07
6	0:00:24	0:00:23	0:00:24	0:02:02	0:00:02
7	0:00:09	0:00:09	0:00:09	0:01:15	0:00:00
8	0:00:03	0:00:03	0:00:04	0:00:45	0:00:00

Tabel 11: Resultaten m.b.t. aantal losdeuren in Gieten

Gieten:

Voor het distributiecentrum in Gieten zijn de gemiddelde wachttijden voor de verschillende configuraties te vinden in tabel 12. In de huidige situatie met vijf losdeuren is de gemiddelde wachttijd 46 seconden, dit is aanzienlijk minder dan de distributiecentra in Breda. Er is dan ook geen enkele reden om te veronderstellen dat dit in de huidige situatie onvoldoende zou zijn. Als we de huidige situatie in Gieten vergelijken met de huidige situatie in Raalte of Woerden dan blijkt er wel een aanzienlijk verschil te zijn. In de toekomstige situatie met de groei stijgt de gemiddelde wachttijd naar ruim een minuut. Dit is nog steeds geen onacceptabele wachttijd vergeleken met de wachttijden in de overige distributiecentra. Als we dan kijken naar een eventuele uitbreiding, dan valt op dat de gemiddelde wachttijden dalen tot bijna verwaarloos. De extra kosten van zo'n uitbreiding wegen waarschijnlijk echter niet op tegen de daling in wachttijden. In de toekomstige situaties liggen de wachttijden in Gieten en Raalte vrij dicht bij elkaar.

Raalte:

De gemiddelde wachttijden voor het distributiecentrum in Gieten voor de verschillende configuraties staan in tabel 13.

Aantal losdeuren	Gemiddelde wachttijd	Betrouwbaarheids-interval		Maximale gemiddelde	Minimale gemiddelde
8 (huidig)	0:00:11	0:00:11	0:00:12	0:00:58	0:00:00
8 (groei)	0:00:50	0:00:48	0:00:51	0:03:14	0:00:08
9	0:00:22	0:00:22	0:00:23	0:01:52	0:00:01
10	0:00:10	0:00:10	0:00:10	0:01:06	0:00:00
11	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:05	0:00:00

Tabel 12: Resultaten m.b.t. aantal losdeuren in Raalte

In de huidige situatie is de gemiddelde wachttijd slechts elf seconden. Dit is weinig, wat ook niet verwonderlijk is aangezien het distributiecentrum in Raalte net nieuw gebouwd is. In de situatie met de verwachte groei stijgt de gemiddelde wachttijd aanzienlijk, de verwachte groei is ook zo'n 34%. De gemiddelde wachttijd wordt nu ongeveer 50 seconden. Om weer op hetzelfde niveau te komen als in de huidige situatie is een uitbreiding nodig naar tien losdeuren.

Woerden:

Voor het distributiecentrum in Woerden staan de gemiddelde wachttijden voor de verschillende configuraties in tabel 14. De zondagen zijn niet meegenomen in de simulatie omdat dit aantal erg klein is, soms maar 1 op een dag en de wachttijd eigenlijk altijd nul is.

Aantal losdeuren	Gemiddelde wachttijd	Betrouwbaarheids-interval		Minimale gemiddelde	Maximale gemiddelde
11 (huidig)	0:00:07	0:00:07	0:00:07	0:00:34	0:00:00
11 (groei)	0:00:10	0:00:10	0:00:11	0:00:40	0:00:00
12	0:00:05	0:00:05	0:00:05	0:00:25	0:00:00
13	0:00:02	0:00:02	0:00:03	0:00:16	0:00:00
14	0:00:01	0:00:01	0:00:01	0:00:11	0:00:00

Tabel 13: Resultaten m.b.t. aantal losdeuren in Woerden

In de huidige situatie is de gemiddelde wachttijd slechts 7 seconden. In de situatie inclusief de verwachte groei is de wachttijd weliswaar iets groter, maar gemiddeld ook maar 10 seconden. Als er meer losdeuren zouden zijn, zou de gemiddelde wachttijd nog wat kleiner zijn, maar dat weegt niet op tegen de extra kosten die in dat geval gemaakt zouden moeten worden.

7.2 Experimenten m.b.t. de grootte van de buffer in Breda

De experimenten met betrekking tot de grootte van de buffer zijn uitgevoerd met het simulatiemodel beschreven in paragraaf 6.1 en de experimenten beschreven in paragraaf 6.3.

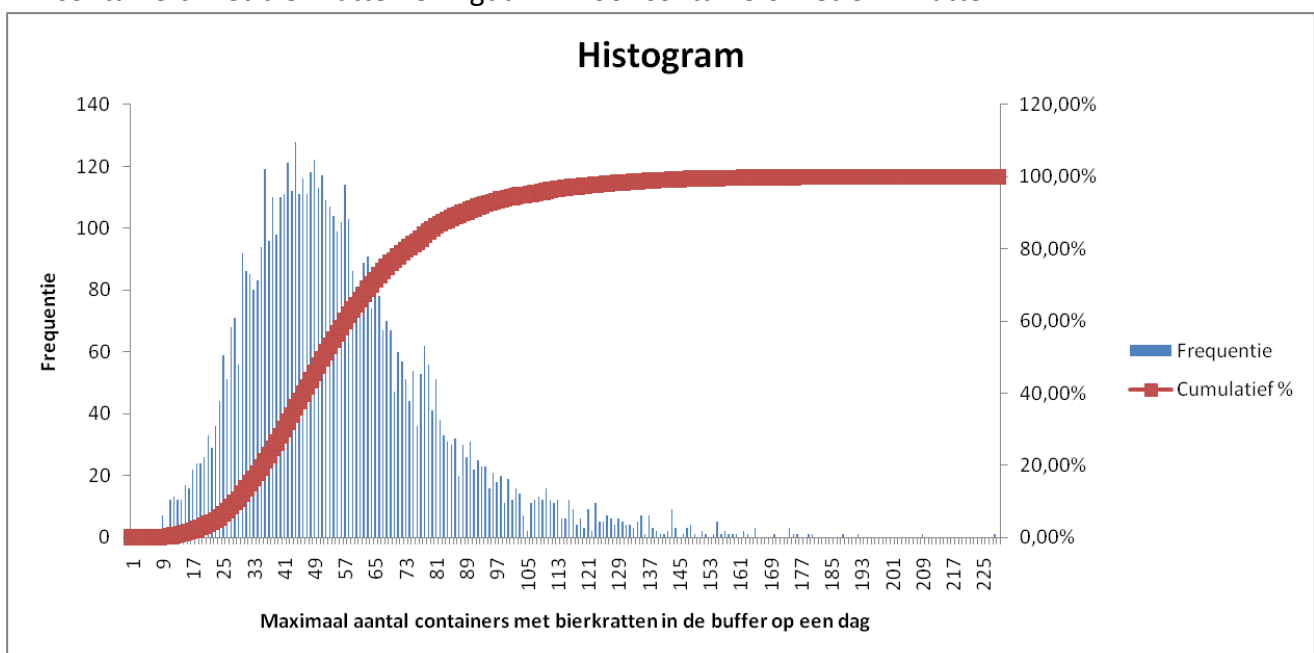
Huidige situatie:

Voor de huidige situatie in Breda zijn 1391 replicaties uitgevoerd. De resultaten staan in tabel 15.

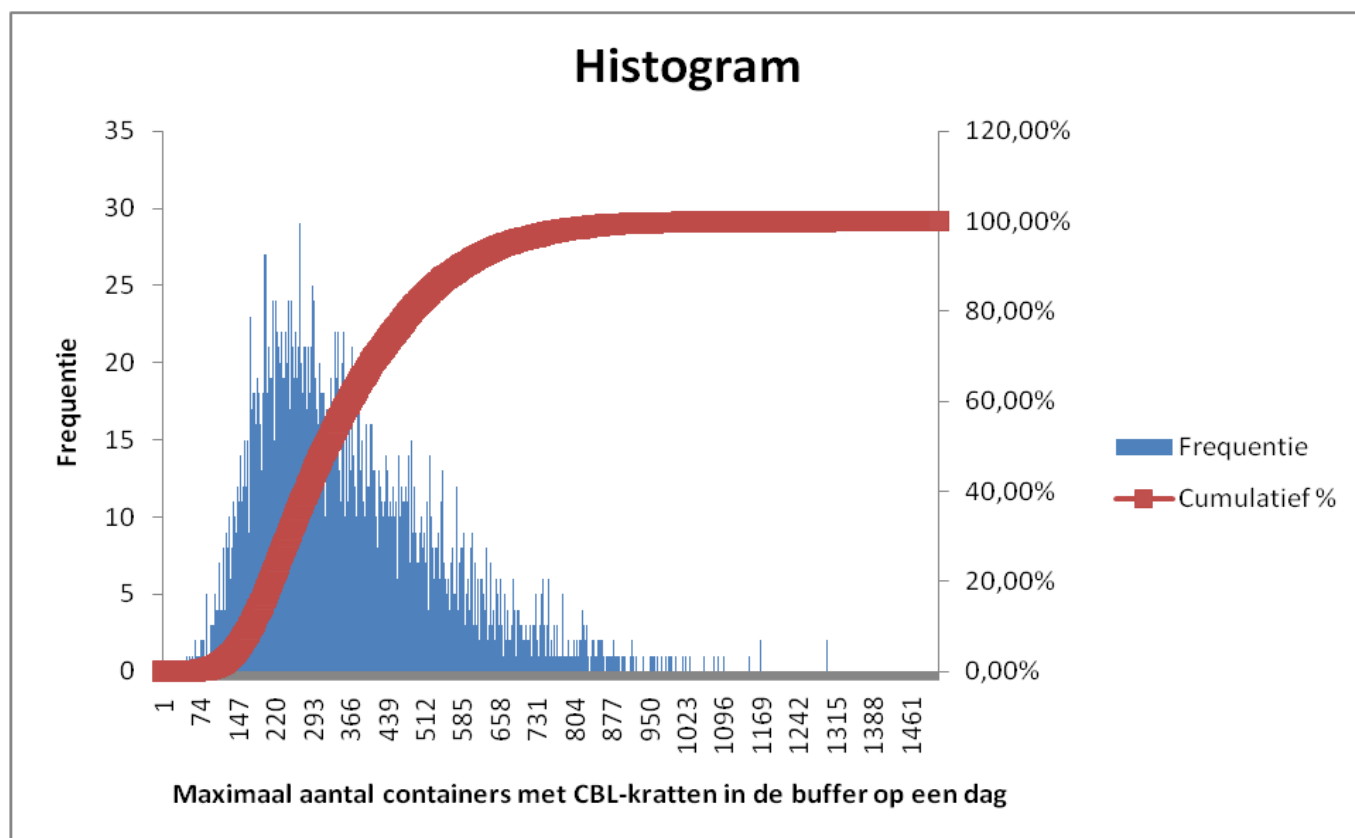
	Gemiddelde	Betrouwbaarheidsinterval	
bier	56,43	[55,11	57,78]
CBL	358,25	[349,51	366,98]

Tabel 15: Gemiddeld maximum aantal containers in de buffer in Breda

Gemiddeld genomen is het maximum aantal biercontainers op een dag dus 56 containers en het aantal containers met CBL-katten ongeveer 358. Dit betekent dat gemiddeld genomen op de helft van de dagen genoeg is aan een buffer voor 414 containers. De huidige buffer in Breda heeft ruimte voor $(14 + 7) * 30 = 630$ containers met bier- en CBL-katten. We hebben echter nog niet genoeg informatie om te zeggen dat in 95% van de gevallen de huidige bufferruimte genoeg is. Om hier wat over te kunnen zeggen zijn 1000 weken gesimuleerd en is gekeken hoe groot de buffer moet zijn om op 95% van de dagen de containers op te kunnen slaan. Histogrammen van deze resultaten staan in figuur 11 voor containers met bierkatten en figuur 12 voor containers met CBL-katten.



Figuur 11: Histogram met maximale aantallen containers met bierkatten in de buffer



Figuur 12: Histogram met maximale aantallen containers met CBL-kralen in de buffer

Uit figuur 11 blijkt dat om op 95% van de dagen voldoende capaciteit te hebben een buffer nodig is die 105 rolcontainers met bierkralen kan opslaan. Voor de containers met CBL-kralen is een buffer met een capaciteit van 674 containers nodig om op 95% van de dagen voldoende capaciteit te hebben. Dit totaal van 779 containers past niet in de huidige buffer.

Toekomstige situatie:

De toekomstige situatie voor het distributiecentrum in Breda wordt gesimuleerd met het aantal vrachtwagenaankomsten per uur vermenigvuldigd met de groei in supermarkten. Daarnaast wordt het aantal containers per vrachtwagen vermenigvuldigd met de groei in emballage. Ten slotte zal er zoals in paragraaf 6.3 is besproken met acht losdeuren worden gesimuleerd.

Uit de simulatie is gebleken dat met de huidige aantallen personeel het niet mogelijk is om alle emballage te verwerken. De aantallen containers in de buffer blijven stijgen. Het aantal containers met bierkralen stijgt met ongeveer 250 containers per week en het aantal containers met CBL-kralen stijgt met ongeveer 2500 containers per week. Het is dus duidelijk dat de sorteercapaciteit moet worden vergroot.

Voor de simulatie is het aantal medewerkers vermenigvuldigd met de groei in het aantal containers (groei in vrachtwagens + groei in emballage). De aantallen medewerkers zijn vervolgens afgerond op gehele getallen. Er waren 2922 replicaties nodig en de resultaten volgen in tabel 16.

	Gemiddelde	Betrouwbaarheidsinterval	
Bier	58,41	[56,98	59,83]
CBL	434,65	[427,72	441,57]

Tabel 16: Gemiddeld maximum aantal containers in de buffer in de toekomst in Breda

Nu is er dus gemiddeld genomen een buffer nodig die 58 biercontainers en 437 containers met CBL-katten kan opslaan. Op dezelfde manier als in de huidige situatie is het de benodigde grootte van de buffer bepaald om op 95% van de dagen alle containers op te kunnen slaan. Het blijkt dat er nu 140 biercontainers en 783 containers met CBL-katten opgeslagen moeten kunnen worden, een totaal van 923 containers.

7.3 Experimenten m.b.t. de grootte van de buffer in Gieten

De experimenten voor de distributiecentra in Gieten, Raalte en Woerden zijn op dezelfde wijze uitgevoerd als voor het distributiecentrum in Breda.

Huidige situatie:

Voor de huidige situatie in Gieten zijn 2132 replicaties uitgevoerd. De resultaten van deze replicaties volgen in tabel 17.

	Gemiddelde	Betrouwbaarheidsinterval	
bier	79,92	[78,06	81,78]
CBL	200,79	[195,90	205,69]

Tabel 17: Gemiddeld maximum aantal containers in de buffer in Gieten

Om op 95% van de dagen genoeg ruimte te hebben voor de containers met bier- en CBL-katten is een buffer nodig die 153 biercontainers en 420 containers met CBL-katten kan bevatten (totaal 573 containers). In combinatie met de overige emballage zal dit binnen niet passen. In combinatie met de laadkuil is er echter wel genoeg ruimte.

Toekomstige situatie:

Voor de toekomstige situatie zijn 2813 replicaties uitgevoerd. De resultaten volgen in tabel 18.

	Gemiddelde	Betrouwbaarheidsinterval	
bier	171,17	[167,00	175,35]
CBL	317,07	[309,82	324,32]

Tabel 18: Gemiddeld maximum aantal containers in de buffer in de toekomst in Gieten

Om op 95% van de dagen genoeg ruimte te hebben, moeten 355 biercontainers en 649 containers met CBL-katten kunnen worden opgeslagen tijdens het drukste moment van de dag. Dit maakt een totaal van 1004 containers. In combinatie met de laadkuil zijn deze aantallen handelbaar.

7.4 Experimenten m.b.t. de grootte van de buffer in Raalte

Huidige situatie:

Voor de huidige situatie in Raalte zijn 2132 replicaties uitgevoerd. De resultaten van deze replicaties volgen in tabel 19.

	Gemiddelde	Betrouwbaarheidsinterval	
bier	102,36	[100,11	104,62]
CBL	267,31	[260,80	273,83]

Tabel 19: Gemiddeld maximum aantal containers in de buffer in Raalte

Om op 95% van de dagen voldoende ruimte te hebben, moeten 223 biercontainers en 617 containers met CBL-katten opgeslagen kunnen worden. In totaal moet er tijdens deze piekmomenten ruimte zijn voor 840 containers. In de huidige baanindeling (29*20 containers) is dit niet mogelijk. In de totale bufferruimte is dit wel mogelijk, echter zal de overige emballage in deze situatie vaak worden opgehaald door de leveranciers.

Toekomstige situatie:

Als de groei in vrachtwagens en emballage is zoals de verwachting, dan zal de emballage niet kunnen worden verwerkt met de huidige bezetting voor het sorteren. Per week komen er ongeveer 464 biercontainers en 1440 containers met CBL-katten bij in de buffer.

In de simulatie is de verwerkingscapaciteit vermenigvuldigd met de totale groei in aantallen emballage (groei aantal supermarkten * groei emballage). Er zijn 3309 replicaties uitgevoerd, wat heeft geleid tot de resultaten in tabel 20.

	Gemiddelde	Betrouwbaarheidsinterval	
bier	86,87	[84,95	88,80]
CBL	292,93	[285,79	300,08]

Tabel 20: Gemiddeld maximum aantal containers in de buffer in de toekomst in Raalte

Om in de toekomstige situatie op 95% van de dagen voldoende capaciteit te hebben, zal ruimte moeten zijn voor 202 biercontainers en 697 containers met CBL-katten. In totaal is er ruimte nodig voor 899 containers om aan deze voorwaarde te voldoen.

7.5 Experimenten m.b.t. de grootte van de buffer in Woerden

Huidige situatie:

Voor de huidige situatie in Woerden zijn 1554 replicaties uitgevoerd. De resultaten van deze replicaties volgen in tabel 21.

	Gemiddelde	Betrouwbaarheidsinterval	
Bier	84,26	[82,21	86,32]
CBL	414,02	[406,41	421,64]

Tabel 21: Gemiddeld maximum aantal containers in de buffer in Woerden

Om op 95% van de dagen voldoende capaciteit te hebben, moeten in totaal 850 containers kunnen worden opgeslagen (158 biercontainers en 692 containers met CBL-kralen). Dit is in de huidige situatie niet mogelijk omdat er nu in totaal slechts ruimte is voor zo'n 1000 containers. In combinatie met de loshaven is het wel mogelijk, maar een ideale situatie is het niet.

Toekomstige situatie:

Om tot resultaten te komen voor de toekomstige situatie waren 1364 replicaties nodig. De resultaten volgen in tabel 22.

	Gemiddelde	Betrouwbaarheidsinterval	
Bier	116,74	[113,90	119,59]
CBL	579,50	[566,49	592,51]

Tabel 22: Gemiddeld maximum aantal containers in de buffer

In totaal moet er ruimte zijn voor 986 containers met bier- en CBL-kralen om op 95% van de dagen voldoende capaciteit te hebben. Dit aantal bestaat uit 207 biercontainers en 649 containers met CBL-kralen. Dit is in de huidige emballageafdeling niet mogelijk en zal ook in combinatie met de loshaven lastig gaan worden.

In bijlage J staat de benodigde ruimte om nog vaker voldoende ruimte te hebben. Hier staan de gegevens voor alle vier de verschillende distributiecentra.

8. Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk volgen de conclusies uit dit onderzoek en de aanbevelingen richting het management.

8.1 Conclusies

In de huidige situatie in Breda is de gemiddelde wachttijd voordat de vrachtwagens emballage kunnen lossen ruim twee minuten. Deze gemiddelde wachttijd is vrij hoog maar volgens de leidinggevenden op dit moment nog acceptabel. Het distributiecentrum in Breda krijgt te maken met een enorme groei en hierdoor zal de gemiddelde wachttijd stijgen naar bijna twaalf minuten bij een gelijk aantal losdeuren. Om weer op een gemiddelde wachttijd te komen van ruim twee minuten zal het aantal losdeuren moeten toenemen naar acht. Indien het aantal losdeuren wordt vergroot moet echter ook worden gekeken naar nog meer losdeuren om de gemiddelde wachttijd nog verder te verkleinen. De grootte van de buffer is in de huidige situatie ontoereikend om op 95 procent van de dagen de momenten van piek in emballage op te kunnen vangen. In de toekomstige situatie is de huidige verwerkingscapaciteit niet voldoende om alles te kunnen sorteren. Indien de verwerkingscapaciteit wordt vergroot evenredig met de groei in emballage is een buffer nodig die 900 containers op kan slaan om op 95 procent van de dagen voldoende groot te zijn. Hiervoor zal de buffer vergroot moeten worden.

In Gieten is de gemiddelde wachttijd voor de vrachtwagens op dit moment zo'n 46 seconden, dit is geen reden om het aantal losdeuren te moeten vergroten. In de toekomstige situatie zal deze wachttijd groeien naar ruim een minuut, dit is wel iets hoger dan op dit moment maar nog geen reden om direct uit te breiden. Op dit moment is er binnen onvoldoende ruimte om de emballage op te kunnen slaan. In combinatie met de laadkuil buiten is er echter wel voldoende ruimte. Het aantal containers met emballage zal stijgen in de toekomst maar op 95 procent van de dagen zal er voldoende capaciteit zijn om de emballage op te kunnen slaan.

In de huidige situatie is de gemiddelde wachttijd voor vrachtwagens bij het distributiecentrum in Raalte erg laag, slechts elf seconden. Dit zal in de toekomstige situatie toenemen naar vijftig seconden. Dit is wel een aardige stijging maar nog geen reden om het pas nieuwgebouwde distributiecentrum uit te breiden. De capaciteit van de buffer houdt niet over, het is twijfelachtig of de buffer groot genoeg is om op 95% van de dagen alle containers op te kunnen slaan. Dit hangt af van de frequentie waarmee de leveranciers de overige emballage op komen halen. In de toekomstige situatie is de huidige verwerkingscapaciteit ontoereikend om de emballage te kunnen sorteren. Dit zal moeten toenemen om de groei in emballage op te kunnen vangen. Indien de verwerkingscapaciteit evenredig toeneemt met de groei in emballage zal er ruimte moeten zijn voor zo'n 900 containers om op 95 procent van de dagen voldoende ruimte te hebben.

De gemiddelde wachttijd voor vrachtwagens bij het distributiecentrum in Woerden is in de huidige en toekomstige situatie erg klein. Deze zijn respectievelijk zeven en tien seconden. Gemiddeld gezien is dit dus geen enkel probleem. De capaciteit van de buffer is echter in de huidige situatie al ontoereikend om op 95 procent van de dagen voldoende ruimte te

hebben om de containers op te kunnen slaan. In de toekomstige situatie zal er ruimte moeten zijn voor zo'n 1000 containers met bier- en CBL-katten om op 95 procent van de dagen voldoende ruimte te hebben

8.2 Aanbevelingen

De aanbevelingen ten aanzien van het aantal losdeuren en de capaciteit van de buffer kunnen als volgt worden samengevat:

- Breda: Het is dus nodig om de emballageafdeling van het distributiecentrum in Breda uit te breiden, zowel qua bufferruimte als het aantal losdeuren.'
- Gieten: Geen uitbreiding noodzakelijk
- Raalte: De huidige buffer is te klein om de groei in emballage op te kunnen vangen. Hier zal dus uitgebreid moeten worden. Omdat er net nieuw gebouwd is zal er moeten worden onderzocht of een uitbreiding ook op een andere manier kan plaatsvinden, bijvoorbeeld door een gedeelte van de overige emballage tijdens piekmomenten tijdelijk elders op te slaan.
- Woerden: De capaciteit van de buffer is ook hier een probleem, zelfs in combinatie met de loshaven is er onvoldoende capaciteit. Omdat het aantal losdeuren hier net als in Raalte wel voldoende is, kan ook worden gekeken of er andere mogelijkheden zijn om de emballage tijdelijk op te slaan.

Uit de gesprekken met de leidinggevenden van de emballageafdelingen van de distributiecentra is daarnaast ook gebleken dat er problemen zijn met de afvoer van containers nadat de emballage van deze containers is verwijderd. Men zal hier ook rekening mee moeten houden in het vervolg van dit onderzoek.

In dit onderzoek is geen rekening gehouden met eventuele mogelijkheden tot het verhogen van de lossnelheid van vrachtwagens en de verwerkingsnelheid van de containers. Het zou kunnen lonen om dit in een eventueel vervolgonderzoek te analyseren.

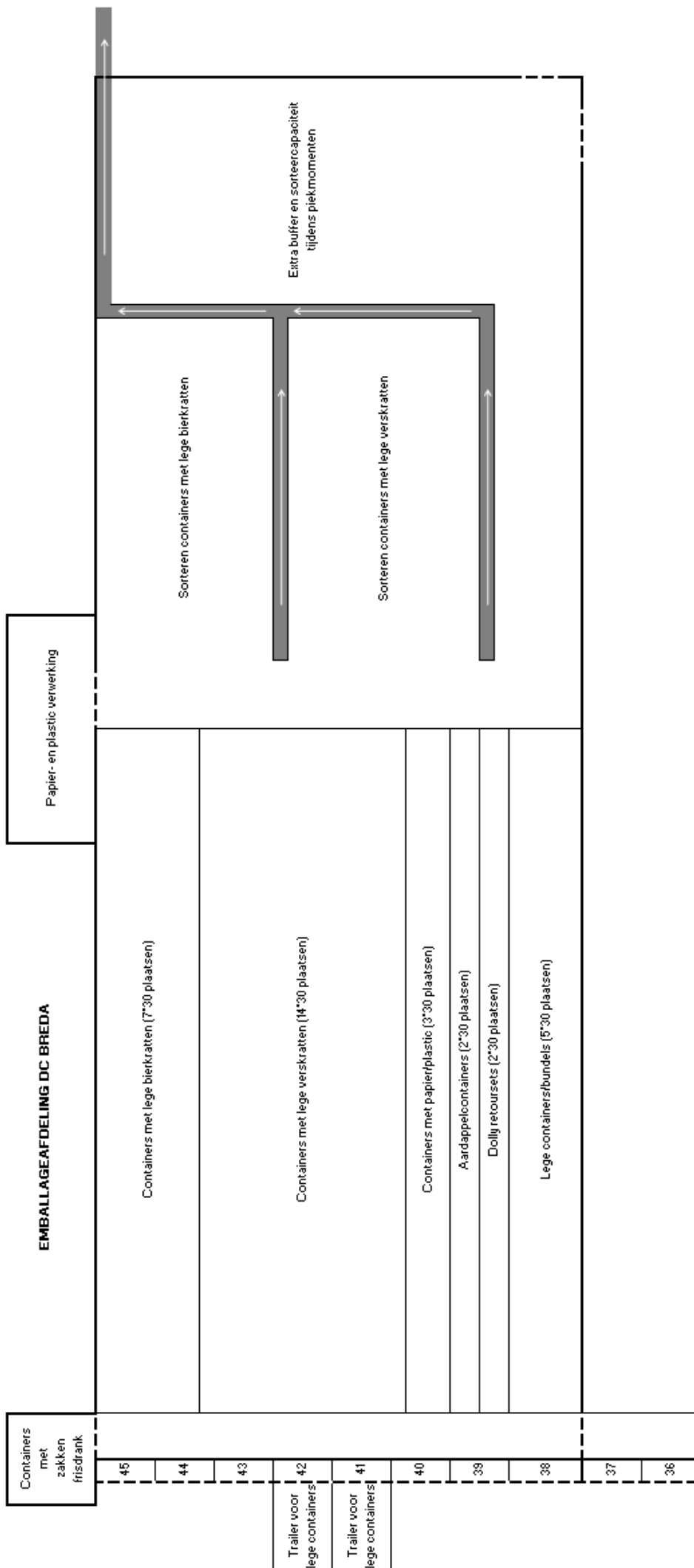
Referenties

- Heerkens, H. (2004). *A Methodological Checklist for the High-Tech Marketing Project*. Enschede: TSM Business School.
- Kao, E. P., & Chang, S.-L. (1988). Modeling Time-Dependent Arrivals to Service Systems. *Management Science*, Vol. 34, No. 11, 1367-1379.
- Law, A. M. (2007). *Simulation Modeling & Analysis*. New York: McGraw-Hill.
- Newell, G. (1968). Queues with time-dependent arrival rates I - The transition through saturation. *Journal of Applied Probability*, Vol. 5, 436-451.
- Newell, G. (1968). Queues with time-dependent arrival rates II - The maximum queue and the return to equilibrium. *Journal of Applied Probability*, Vol. 5, 579-590. Vol. 22, 397-407.
- Van de Ven, P. (2005). *Tijdsafhankelijk gedrag in wachtrijen*. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.
- Winston, W. L. (2004). *Operations Research: Applications and Algorithms, International Edition*. Belmont, USA: Brooks/Cole - Thomson Learning.

Bijlagen

Bijlage A: Schematische weergave emballageafdeling Breda

Een schematische weergaven van de emballageafdeling in Breda volgt op de volgende pagina.



Bijlage B: Aankomstintensiteiten

In deze bijlage staan de aankomstintensiteiten (per uur en per dag) bij de verschillende distributiecentra. In de tabellen staan de gemiddelde aankomsten binnen dat tijdsinterval.

Breda:

	7:00-8:00	8:00-9:00	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00
Maandag	0.25	8.08	19.17	21.58	9.83	4.25	9.17	9.75	10.00
Dinsdag	0.50	7.21	19.00	18.21	10.36	3.57	7.00	8.07	7.36
Woensdag	0.54	8.15	18.92	15.85	11.85	5.54	9.54	8.69	11.46
Donderdag	0.77	6.46	18.92	21.62	8.85	4.15	9.85	9.77	10.23
Vrijdag	0.00	7.92	15.92	20.08	13.31	5.85	9.69	11.23	10.15
Zaterdag	0.14	9.29	19.07	20.00	15.14	5.43	11.00	11.43	12.07

	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	20:00-21:00	21:00-22:00	22:00-23:00	23:00-24:00	TOTAAL
Maandag	9.00	8.58	7.33	5.83	4.83	1.92	0.50	0.00	130.08
Dinsdag	8.00	8.36	6.71	4.43	3.93	0.86	0.00	0.00	113.57
Woensdag	8.85	8.54	6.38	5.23	4.54	1.15	1.00	0.00	126.23
Donderdag	10.08	8.38	8.15	7.38	6.85	2.08	1.38	0.00	134.92
Vrijdag	12.00	9.15	9.62	9.15	5.92	3.85	1.23	0.15	145.23
Zaterdag	15.00	10.50	7.29	2.57	0.86	0.07	0.00	0.00	139.86

*De data zijn afkomstig van de periode van maandag 1 maart tot en met zaterdag 5 juni, de gegevens van maandag 5 april (Tweede Paasdag), vrijdag 30 april (Koninginnedag), woensdag 5 mei (Bevrijdingsdag), donderdag 13 mei (Hemelvaartsdag) en maandag 24 mei (Tweede Pinksterdag) zijn niet meegenomen.

Gieten:

	4:00-5:00	5:00-6:00	6:00-7:00	7:00-8:00	8:00-9:00	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00
Maandag	0	4,75	4	1,75	7,21	15,42	2,92	7,38	8,17
Dinsdag	0,08	2,42	3,81	1,58	9,15	13,35	3,23	6,77	8,81
Woensdag	0,04	3,84	4,64	3,2	7,04	14,88	3,32	6,96	8,6
Donderdag	0,04	3,88	4,2	2,72	7,08	14,08	3,84	5,8	8,36
Vrijdag	0	4,52	6,8	4,2	7	15,76	3,84	7,8	7,92
Zaterdag	0,08	4,96	5,77	4	11,23	11,58	4,12	9,31	8,31

	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	20:00-21:00	21:00-22:00
Maandag	6,29	5,54	7,63	4,83	3,29	3,67	1,38	1,13	0,25
Dinsdag	5,38	3,88	5,38	5,04	4,46	2,73	2,54	1,12	0,81

Woensdag	4,64	4,92	6,84	4,80	2,64	3,16	2,96	2,40	0,96
Donderdag	7,72	3,52	6,88	4,96	3,32	3,96	3,44	2,52	1,24
Vrijdag	7,12	5,08	6,64	4,52	3,80	3,72	2,68	1,96	1,44
Zaterdag	4,27	4,92	8,19	4,54	2,77	2,77	1,69	0,77	0,35

	22:00-23:00	23:00-24:00	TOTAAL
Maandag	0,08	0,00	85,67
Dinsdag	0,15	0,04	80,73
Woensdag	0,08	0,08	86,00
Donderdag	0,24	0,16	87,96
Vrijdag	0,24	0,16	95,20
Zaterdag	0,08	0,00	89,69

*De data zijn afkomstig van de periode van maandag 4 januari tot en met zaterdag 3 juli, de gegevens van vrijdag 30 april (Koninginnedag) en woensdag 5 mei (Bevrijdingsdag) zijn niet meegenomen.

Raalte:

	6:00-7:00	7:00-8:00	8:00-9:00	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Maandag	0.09	2.61	14.74	13.83	1.43	9.78	12.96	4.96	1.74
Dinsdag	0.00	2.13	14.17	13.42	1.71	4.83	14.04	4.38	1.50
Woensdag	0.24	1.48	15.68	15.24	1.88	7.12	16.72	6.64	1.24
Donderdag	0.21	1.21	13.54	16.96	2.17	8.33	17.04	5.92	2.21
Vrijdag	0.00	1.88	15.75	16.50	2.21	10.58	16.00	6.67	2.29
Zaterdag	0.04	2.44	9.92	20.16	2.52	4.08	16.40	10.88	5.24

	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	20:00-21:00	21:00-22:00	22:00-23:00	TOTAAL
Maandag	6.70	12.48	3.04	2.65	6.96	2.57	0.17	0.00	97.43
Dinsdag	4.63	8.33	0.75	0.63	7.29	1.75	0.25	0.00	81.42
Woensdag	4.72	10.92	1.48	1.16	7.08	2.08	0.48	0.04	94.24
Donderdag	6.17	14.17	1.92	2.96	8.29	2.50	0.29	0.00	104.25
Vrijdag	7.83	13.21	4.67	1.42	10.54	5.58	0.46	0.13	115.79
Zaterdag	6.64	9.16	2.76	0.64	0.28	0.04	0.00	0.04	91.36

*De data zijn afkomstig van de periode van maandag 4 januari tot en met zaterdag 3 juli, de gegevens van maandag 5 april (2^e Paasdag), vrijdag 30 april (Koninginnedag), woensdag 5 mei (Bevrijdingsdag), donderdag 13 mei (Hemelvaartsdag) en maandag 24 mei (2^e Pinksterdag) zijn niet meegenomen. De tijden van vrijdag 8 januari, zaterdag 9 januari, dinsdag 16 februari, donderdag 11 maart, maandag 10 mei en dinsdag 15 juni ontbreken volledig en konden dus niet worden meegenomen.

Woerden:

	6:00-7:00	7:00-8:00	8:00-9:00	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Zondag	0.00	0.00	0.05	0.05	0.18	0.27	1.05	0.45	0.05
Maandag	1.00	4.67	13.83	30.21	11.17	9.42	11.17	17.29	15.71
Dinsdag	0.62	3.65	13.19	24.58	10.62	10.00	8.77	14.38	15.73
Woensdag	0.96	2.36	14.04	27.80	9.64	9.08	8.28	14.68	17.84
Donderdag	0.88	4.24	12.56	26.40	10.92	10.96	12.28	14.92	16.72
Vrijdag	0.88	3.28	13.28	27.80	11.24	12.64	16.04	19.00	17.76
Zaterdag	0.96	3.65	11.88	27.12	11.08	9.15	13.04	19.15	19.73

	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	20:00-21:00	21:00-22:00	22:00-23:00	23:00-24:00
Zondag	0.14	0.23	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maandag	17.38	15.75	14.17	9.33	7.42	3.50	1.33	0.00	0.00
Dinsdag	17.15	13.50	10.81	8.12	6.88	3.12	0.58	0.00	0.00
Woensdag	15.76	14.04	12.52	9.68	10.44	5.04	1.16	0.92	0.08
Donderdag	16.00	15.40	14.04	12.08	9.04	5.48	2.56	0.48	0.08
Vrijdag	16.08	16.56	18.00	15.56	11.04	7.08	2.84	0.84	0.04
Zaterdag	14.38	10.88	12.08	11.27	7.96	3.50	1.00	0.08	0.00

	TOTAAL
Zondag	2.59
Maandag	183.96
Dinsdag	161.96
Woensdag	175.00
Donderdag	185.80
Vrijdag	210.44
Zaterdag	177.65

*De data zijn afkomstig van de periode van maandag 4 januari tot en met zondag 4 juli, de gegevens van maandag 5 april (2^e Paasdag), vrijdag 30 april (Koninginnedag), woensdag 5 mei (Bevrijdingsdag), donderdag 13 mei (Hemelvaartsdag) en 24 mei (2^e Pinksterdag) zijn niet meegenomen.

Bijlage C: Maximale aankomstintensiteiten

In deze bijlage staan de aankomstintensiteiten (per uur) op de drukste dag gedurende de periode waarvan ik data tot mijn beschikking had.

Breda:

Vrijdag 21 mei – 166 vrachtwagens met emballage

Tijds- periode	7:00- 8:00	8:00- 9:00	9:00- 10:00	10:00- 11:00	11:00- 12:00	12:00- 13:00	13:00- 14:00	14:00- 15:00	15:00- 16:00
Aantal vrachtwagens	0	10	21	21	15	3	16	10	14

Tijds- periode	16:00- 17:00	17:00- 18:00	18:00- 19:00	19:00- 20:00	20:00- 21:00	21:00- 22:00	22:00- 23:00	23:00- 24:00	TOTAAL
Aantal vrachtwagens	12	13	7	17	2	4	1	0	166

Gieten:

Vrijdag 4 juni – 109 vrachtwagens met emballage

Tijds- periode	5:00- 6:00	6:00- 7:00	7:00- 8:00	8:00- 9:00	9:00- 10:00	10:00- 11:00	11:00- 12:00	12:00- 13:00	13:00- 14:00
Aantal vrachtwagens	4	9	4	5	22	3	3	10	9

Tijds- periode	14:00- 15:00	15:00- 16:00	16:00- 17:00	17:00- 18:00	18:00- 19:00	19:00- 20:00	20:00- 21:00	21:00- 22:00	22:00- 23:00
Aantal vrachtwagens	3	6	11	1	3	6	4	4	0

Tijds- periode	23:00- 24:00	TOTAAL
Aantal vrachtwagens	2	109

Raalte:

Vrijdag 4 juni – 134 vrachtwagens met emballage

Tijds- periode	7:00- 8:00	8:00- 9:00	9:00- 10:00	10:00- 11:00	11:00- 12:00	12:00- 13:00	13:00- 14:00	14:00- 15:00	15:00- 16:00
Aantal vrachtwagens	2	17	13	2	12	22	7	3	10

Tijds- periode	16:00- 17:00	17:00- 18:00	18:00- 19:00	19:00- 20:00	20:00- 21:00	21:00- 22:00	22:00- 23:00	TOTAAL
Aantal vrachtwagens	17	7	1	13	6	0	2	134

Woerden:

Vrijdag 2 april – 232 vrachtwagens met emballage

Tijds- periode	6:00- 7:00	7:00- 8:00	8:00- 9:00	9:00- 10:00	10:00- 11:00	11:00- 12:00	12:00- 13:00	13:00- 14:00	14:00- 15:00
Aantal vrachtwagens	0	3	12	34	10	13	16	22	25

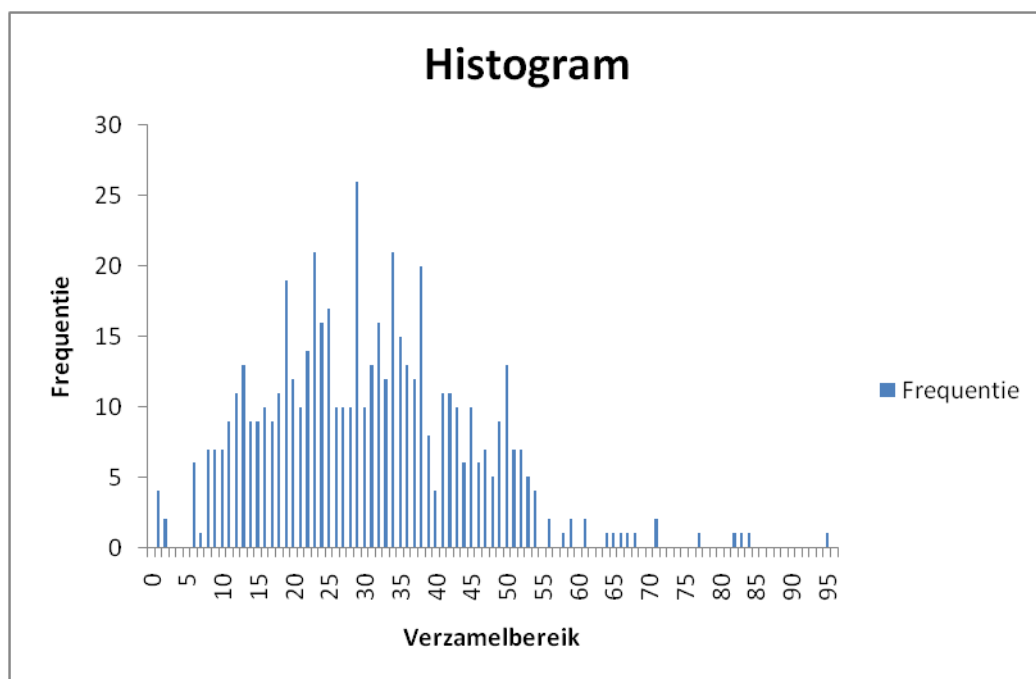
Tijds- periode	15:00- 16:00	16:00- 17:00	17:00- 18:00	18:00- 19:00	19:00- 20:00	20:00- 21:00	21:00- 22:00	TOTAAL
Aantal vrachtwagens	15	16	20	20	17	7	1	232

Bijlage D: Verantwoording verdeling aantal containers

In deze bijlage volgt een verantwoording voor de verdeling van het aantal containers dat een vrachtwagen bij zich heeft wanneer deze bij het distributiecentrum aankomt om emballage te lossen. Als voorbeeld is hier het distributiecentrum in Woerden genomen, met de aankomsten op de zaterdagen. We nemen aan dat de verdeling over de verschillende dagen en voor de verschillende distributiecentra gelijk zijn.

Allereerst is een tabel gemaakt met verschillende statistieken van de aankomsten op de zaterdagen en daarnaast is een histogram gemaakt.

Gemiddelde	30,47
Mediaan	29
Modus	29
Standaarddeviatie	14,32
Kurtosis	0,97
Scheefheid	0,64
Minimum	2
Maximum	95
Som	16879
Aantal	554



Uit de tabel met statistieken is geen reden om aan te nemen dat de aantallen containers niet normaal verdeeld zijn. De mediaan ligt bijvoorbeeld dicht bij het gemiddelde. Daarnaast zijn de kurtosis en de scheefheid ook niet extreem hoog. In de histogram zijn wel enkele uitschieters te zien aan de rechterkant. De herkomst van deze aantallen is niet helemaal duidelijk omdat deze aantallen containers niet in een normale vrachtwagen passen. Het kan

zijn dat dit dubbele ritten zijn geweest, dit is echter niet meer te achterhalen. In overleg is besloten om deze waarden maar gewoon mee te nemen in de analyse.

Om te testen of de verdeling ook daadwerkelijk een normale verdeling is, is gebruik gemaakt van de chi-kwadraat test (Law, 2007). Allereerst is het aantal klassen bepaald met de wortel van het aantal waarnemingen, $\sqrt{554} \approx 24$. Vervolgens is de grootte van de klassen bepaald met de inverse van de normale verdeling (met als input de kans (1/24, 2/24, etc.), het gemiddelde en de standaardafwijking. Daarnaast is de frequentie berekend die een perfecte normaling zou hebben ($554/24 \approx 23.08$). Vervolgens is de chi-kwadraat waarde berekend met de volgende formule:

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(N_j - np_j)^2}{np_j}$$

met N_j als frequentie uit de gegevens en np_j als frequentie wat het zou moeten zijn in een normale verdeling.

De resultaten volgen in onderstaande tabel:

Klasse	N _j	np _j	χ ²
5,67	6	23,08	12,64
10,66	28	23,08	1,05
13,99	33	23,08	4,26
16,61	28	23,08	1,05
18,84	20	23,08	0,41
20,81	31	23,08	2,72
22,61	24	23,08	0,04
24,30	37	23,08	8,39
25,90	17	23,08	1,60
27,45	20	23,08	0,41
28,97	10	23,08	7,42
30,47	36	23,08	7,23
31,97	13	23,08	4,40
33,48	28	23,08	1,05
35,03	36	23,08	7,23
36,64	13	23,08	4,40
38,32	32	23,08	3,44
40,13	12	23,08	5,32
42,10	22	23,08	0,05
44,32	16	23,08	2,17
46,94	16	23,08	2,17
50,27	34	23,08	5,16
55,27	23	23,08	0,00
Meer	19	23,08	0,72

De som van de laatste kolom is de chi-kwadraat waarde en deze is hier gelijk aan 83.34. Op basis van deze waarde zouden we niet kunnen bewijzen dat de verdeling normaal verdeel is,

uit de chi-kwadraat tabel (Law, 2007) blijkt dat deze chi-kwadraat waarde te hoog is om er 90% of 95% zeker van te zijn dat dit een normale verdeling is.

Dit valt te verklaren uit het feit dat de normale verdeling een continue verdeling is en de aantallen containers discreet zijn. Hierdoor zijn er klassen die net teveel waarden toegewezen hebben gekregen en sommige die er net te weinig hebben gekregen. Een voorbeeld is de klasse [33,48 ; 35,03], deze klasse bevat de frequentie van de vrachtwagens met 34 of 35 containers. Kijken we vervolgens naar de klasse [35,03 ; 36,64], dan bevat deze slechts de frequentie van vrachtwagens met 36 containers.

Vervolgens heb ik handmatig de klassen afgerond en nogmaals de Chi-kwadraat toets uitgevoerd. De kansen om in een bepaalde klasse te komen zijn nu niet (554/24), maar zijn bepaald door middel van de kans met de normale verdeling om in die klasse terecht te komen. $P(X \leq \text{bovengrens}) - P(X \leq \text{ondergrens})$. De resultaten volgen in onderstaande tabel (hierin bevat de eerste klasse de waarden tot en met 3 $(-\infty, 3]$, de tweede klasse de waarden 4 tot en met 11 $(3, 11]$, etc.).

Klasse	Nj	npj	χ^2
3	12	15,26	0,70
11	31	32,94	0,11
14	33	21,10	6,72
17	28	26,82	0,05
19	30	21,13	3,73
21	22	23,62	0,11
23	35	25,90	3,19
24	16	13,71	0,38
26	27	28,68	0,10
27	10	14,85	1,58
29	36	30,39	1,04
30	10	15,40	1,89
32	29	30,82	0,11
33	12	15,28	0,70
35	36	29,92	1,24
37	25	28,63	0,46
38	20	13,68	2,92
39	12	13,19	0,11
42	22	36,19	5,56
44	16	21,04	1,21
47	23	26,69	0,51
50	27	20,98	1,73
55	23	23,79	0,03
Meer	19	24,01	1,05

Nu is de som van de chi-kwadraten slechts 35.23. Deze waarde zorgt ervoor dat de we op basis van deze test niet kunnen bewijzen dat we de hypothese van de normale verdeling moeten verwerpen. Hoewel de aangepast uitgevoerde chi-kwadraat toets niet helemaal

volgens de regels is, is er besloten dat een normale verdeling gerechtvaardigd is. In overleg is besloten dat een normale verdeling een aanname is, die gebruikt kan worden gedurende dit onderzoek. In Plant Simulation zal ervoor worden gezorgd dat het aantal niet negatief kan zijn (in theorie kan de normale verdeling negatief worden). Daarnaast zal het random gekozen aantal containers in een vrachtwagen worden afgerond naar het dichtstbijzijnde gehele getal.

Bijlage E: Bepaling aantal bundels per vrachtwagen

In deze bijlage staan tabellen met gegevens met betrekking tot het aantal bundels in een bepaalde vrachtwagen. Het percentage bundels is voor elk distributiecentrum afzonderlijk bepaald.

Breda:

Dag	# Vloerplaatsen	# Retourcontainers	% Bundels
Maandag	10617	18462	18,5%
Dinsdag	8151	13919	17,8%
Woensdag	8332	17584	27,9%
Donderdag	9411	20995	30,8%
Vrijdag	11376	21998	23,4%
Zaterdag	12309	20414	16,5%

Gieten:

Dag	# Vloerplaatsen	# Retourcontainers	% Bundels
Maandag	8901	14182	14,8%
Dinsdag	7393	12466	17,2%
Woensdag	7562	12488	16,3%
Donderdag	7504	12895	18,0%
Vrijdag	8926	14926	16,8%
Zaterdag	9539	16330	17,8%

Raalte:

	# Vloerplaatsen	# Retourcontainers	% Bundels
Maandag	9451	15857	16,95%
Dinsdag	7189	13422	21,68%
Woensdag	7085	15599	30,04%
Donderdag	7424	15422	26,93%
Vrijdag	9965	17859	19,80%
Zaterdag	9115	13819	12,90%

Woerden:

	# Vloerplaatsen	# Retourcontainers	% Bundels
Maandag	18415	29561	15,13%
Dinsdag	13480	23163	17,96%
Woensdag	13828	24902	20,02%
Donderdag	14245	25940	20,52%
Vrijdag	18858	33131	18,92%
Zaterdag	16879	29547	18,76%
Zondag	157	309	24,20%

Bijlage F: Bepaling verdeling emballage

In deze bijlage wordt de procedure verklaard die gebruikt is om de verdeling van de emballage over de verschillende soorten te bepalen. Als voorbeeld wordt het distributiecentrum in Breda genomen, de bepaling voor de overige distributiecentra is echter op dezelfde wijze uitgevoerd.

Uit de analyse van de data afkomstig van de retouremballage-bonnen komen de volgende aantallen naar voren voor de verschillende soorten emballage. Hoewel de data niet 100 procent betrouwbaar is qua datum etc. kan hier wel een percentage uit worden gehaald waarmee containers de diverse soorten emballage binnenkomen. In de administratie komen de verschillende codes voor in de hieronder volgende frequenties.

Code	Frequentie	Code	Frequentie
8700	621	47000	320
15800	12846	49000	0
15900	2860378	160000	4995
16000	186753	160100	1084
16200	19137	160200	96
16300	5324	160300	432
17000	10	160500	323
17200	14	161000	289
19100	21	161400	140
19200	7	162000	34
20600	6	162500	2229
22700	0	163000	1
22800	1142	170000	3
33100	552	171000	1
33400	132	172000	12302
38000	218564	172500	4266
38100	56	173000	3687
43000	522156	173600	3207
44000	1784	206000	2051
44200	2085	Totaal	3867864

De codes kunnen in de volgende categorieën worden ingedeeld:

- Bierkratten: 15800 – 22800 – 33100 – 38000 – 43000 – 44000 – 44200 – 47000 – 49000
- CBL-kratten: 8700 – 15900 – 16000 – 19100 – 19200 – 33400 – 160000 – 160100 – 160200 – 160300 – 160500 – 161000 – 161400 – 162000 – 162500 – 163000
- Bigbag: 16200
- Roll-in container: 16300
- Ongesorteerde/vuile emballage: 170000 - 171000
- Container met karton/folie: 172000 – 172500 – 173000

- Aardappelcontainer: 173600
- Dolly retourset: 206000

Van de containers met ongesorteerde of vuile emballage kon niet achterhaald worden wat het precies inhield. Dit aantal (vier in totaal) is echter verwaarloosbaar ten opzichte van het totaal en wordt verder niet meegenomen. In overleg met de leidinggevenden van de emballageafdelingen is besloten om aan te nemen dat bier- en CBL-kraten per 28 kratten op een container arriveren. Zo kom je op de hieronder volgende aantallen containers en percentages uit:

Soort emballage:	Aantal	Aantal containers	Percentage
Bierkratten	759449	27123	14,56%
CBL-kratten	3057535	109198	58,62%
Bigbags	19137	19137	10,27%
Zuivelcontainer	5324	5324	2,86%
Container met karton/folie	20255	20255	10,87%
Aardappelcontainer	3207	3207	1,72%
Dolly retourset	2051	2051	1,10%
Totaal	3866958	186295	100,00%

Het is niet mogelijk om de soorten emballage per dag te bepalen omdat daar geen voldoende betrouwbare gegevens voor zijn. In bijlage E hebben we echter wel de percentages bundels bepaald per dag. Om de percentages met een bepaalde soort emballage te bepalen per dag zijn de percentages uit bovenstaande tabel vermenigvuldigd met het percentage overige emballage (100% - percentage bundels uit bijlage E). De resultaten staan in de onderstaande tabel.

	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Zaterdag
Bundels	18,46%	17,80%	27,85%	30,81%	23,37%	16,45%
Container met bierkratten	11,87%	11,97%	10,50%	10,07%	11,16%	12,16%
Container met CBL-kratten	47,80%	48,18%	42,29%	40,56%	44,92%	48,97%
Container met bigbag	8,38%	8,44%	7,41%	7,11%	7,87%	8,58%
Zuivelcontainer	2,33%	2,35%	2,06%	1,98%	2,19%	2,39%
Container met karton/folie	8,87%	8,94%	7,84%	7,52%	8,33%	9,08%
Aardappelcontainer	1,40%	1,42%	1,24%	1,19%	1,32%	1,44%
Dolly retourset	0,90%	0,90%	0,79%	0,76%	0,84%	0,92%

De resultaten voor de overige distributiecentra zijn op dezelfde wijze verkregen en staan op de volgende pagina.

Gieten:

	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Zaterdag
Bundels	14,83%	17,15%	16,29%	17,96%	16,80%	17,80%
Container met bierkratten	16,77%	16,31%	16,48%	16,15%	16,38%	16,18%
Container met CBL-kratten	50,52%	49,14%	49,66%	48,66%	49,35%	48,76%
Container met bigbag	8,72%	8,49%	8,58%	8,40%	8,52%	8,42%
Zuivelcontainer	0,60%	0,59%	0,59%	0,58%	0,59%	0,58%
Container met karton/folie	6,87%	6,68%	6,75%	6,62%	6,71%	6,63%
Aardappelcontainer	0,60%	0,58%	0,59%	0,58%	0,59%	0,58%
Dolly retourset	1,08%	1,05%	1,06%	1,04%	1,06%	1,05%

Raalte:

	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Zaterdag
Bundels	16,95%	21,68%	30,04%	26,93%	19,80%	12,90%
Container met bierkratten	14,67%	13,83%	12,35%	12,90%	14,16%	15,38%
Container met CBL-kratten	45,91%	43,30%	38,67%	40,39%	44,33%	48,14%
Container met bigbag	9,10%	8,58%	7,67%	8,01%	8,79%	9,55%
Zuivelcontainer	4,96%	4,68%	4,18%	4,37%	4,79%	5,21%
Container met karton/folie	6,11%	5,76%	5,14%	5,37%	5,90%	6,40%
Aardappelcontainer	1,03%	0,97%	0,86%	0,90%	0,99%	1,08%
Dolly retourset	1,28%	1,21%	1,08%	1,13%	1,24%	1,34%

Woerden:

	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Zaterdag	Zondag
Bundel	15,13%	17,96%	20,02%	20,52%	18,92%	18,76%	24,20%
Container met bierkratten	9,55%	9,23%	9,00%	8,95%	9,13%	9,14%	8,53%
Container met CBL-kratten	49,18%	47,54%	46,35%	46,06%	46,98%	47,08%	43,92%
Container met bigbag	8,56%	8,28%	8,07%	8,02%	8,18%	8,19%	7,65%
Zuivelcontainer	8,55%	8,27%	8,06%	8,01%	8,17%	8,19%	7,64%
Container met karton/folie	7,05%	6,81%	6,64%	6,60%	6,73%	6,75%	6,30%
Aardappelcontainer	0,66%	0,64%	0,63%	0,62%	0,64%	0,64%	0,59%
Dolly retourset	1,31%	1,27%	1,24%	1,23%	1,25%	1,26%	1,17%

Bijlage G: Aantal medewerkers sorteerafdelingen

In deze bijlage staat het aantal medewerkers dat bierkatten danwel CBL-katten sorteert op een bepaalde dag en tijd.

Breda:

Voor Breda is het totale aantal medewerkers achterhaald uit de planningsdatabase van de leidinggevende van de emballageafdeling. Uit deze planning in combinatie met de in paragraaf 4.3 bepaalde verhouding kan de verdeling over de dag worden bepaald.

Het aantal medewerkers op de bieraafdeling is als volgt verdeeld:

	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Zaterdag
6:00-7:00	2	2	2	2	2	3
7:00-8:00	2	2	2	2	2	3
8:00-9:00	2	2	2	2	2	3
9:00-10:00	3	3	3	3	3	3
10:00-11:00	3	3	3	3	3	3
11:00-12:00	3	3	3	3	3	3
12:00-13:00	3	3	3	3	3	3
13:00-14:00	3	3	3	3	3	3
14:00-15:00	3	3	3	3	3	3
15:00-16:00	1	1	2	1	2	3
16:00-17:00	1	1	2	1	2	3
17:00-18:00	2	1	1	1	2	3
18:00-19:00	2	1	1	1	2	3
19:00-20:00	2	1	1	1	2	3
20:00-21:00	2	1	1	1	2	3
21:00-22:00	2	1	1	1	2	3

Het aantal medewerkers op de versafdeling is als volgt verdeeld:

	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Zaterdag
6:00-7:00	6	6	5	6	5	11
7:00-8:00	6	6	5	6	5	11
8:00-9:00	6	6	5	6	5	11
9:00-10:00	10	10	10	11	10	11
10:00-11:00	10	10	10	11	10	11
11:00-12:00	10	10	10	11	10	11
12:00-13:00	10	10	10	11	10	11
13:00-14:00	10	10	10	11	10	11
14:00-15:00	10	10	10	11	10	11
15:00-16:00	4	4	4	5	4	11
16:00-17:00	4	4	4	5	4	11
17:00-18:00	10	3	5	3	6	11
18:00-19:00	10	3	5	3	6	11
19:00-20:00	10	3	5	3	6	11
20:00-21:00	10	3	5	3	6	11
21:00-22:00	10	3	5	3	6	11

Gieten:

Voor het distributiecentrum in Gieten is het de verdeling van de medewerkers gehaald uit de planningsgegevens van de leidinggevende daar.

Het aantal medewerkers op de bierafdeling is als volgt verdeeld:

	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Zaterdag
6:00-7:00	2	2	2	2	2	2
7:00-8:00	2	2	2	2	2	2
8:00-9:00	2	2	2	2	2	3
9:00-10:00	3	2	2	2	3	3
10:00-11:00	3	2	2	2	3	3
11:00-12:00	3	2	2	2	3	3
12:00-13:00	3	2	2	2	3	3
13:00-14:00	3	2	2	2	3	3
14:00-15:00	3	2	2	2	3	3
15:00-16:00	3	2	2	2	3	3
16:00-17:00	3	2	2	2	3	3
17:00-18:00	2	2	2	2	2	3
18:00-19:00	2	2	2	2	2	3
19:00-20:00	2	2	2	2	2	3
20:00-21:00	2	2	2	2	2	0
21:00-22:00	2	2	2	2	2	0

Het aantal medewerkers op de versafdeling is als volgt verdeeld:

	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Zaterdag
6:00-7:00	5	5	5	5	5	7
7:00-8:00	5	5	5	5	5	7
8:00-9:00	5	5	5	5	5	9
9:00-10:00	8	8	8	8	8	9
10:00-11:00	8	8	8	8	8	9
11:00-12:00	8	8	8	8	8	9
12:00-13:00	8	8	8	8	8	10
13:00-14:00	8	8	8	8	8	10
14:00-15:00	8	7	7	7	8	10
15:00-16:00	8	7	7	7	8	10
16:00-17:00	8	7	7	7	8	10
17:00-18:00	8	7	7	7	8	10
18:00-19:00	7	6	6	6	7	10
19:00-20:00	7	6	6	6	7	10
20:00-21:00	7	6	6	6	7	0
21:00-22:00	7	6	6	6	7	0

Raalte:

Voor het distributiecentrum in Raalte is gebruik gemaakt van de planningstool die gebruikt wordt om te bepalen hoeveel medewerkers nodig zijn van het uitzendbureau.

Het aantal medewerkers op de bierafdeling is als volgt verdeeld:

	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Zaterdag
6:00-7:00	2	2	1	1	1	2
7:00-8:00	2	2	1	1	1	2
8:00-9:00	4	2	2	2	1	4
9:00-10:00	4	2	2	2	1	4
10:00-11:00	4	2	2	2	1	4
11:00-12:00	4	2	2	2	2	6
12:00-13:00	4	2	2	2	2	6
13:00-14:00	4	2	2	2	2	6
14:00-15:00	3	1	2	3	2	4
15:00-16:00	3	1	2	3	2	4
16:00-17:00	3	1	2	3	2	3
17:00-18:00	1	1	1	1	2	3
18:00-19:00	1	1	1	1	2	3
19:00-20:00	1	1	1	1	2	0
20:00-21:00	1	1	1	1	2	0
21:00-22:00	1	1	1	1	2	0

Het aantal medewerkers op de versafdeling is als volgt verdeeld:

	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Zaterdag
6:00-7:00	7	6	4	4	4	5
7:00-8:00	7	6	4	4	4	5
8:00-9:00	11	7	7	7	4	12
9:00-10:00	11	7	7	7	4	12
10:00-11:00	11	7	7	7	4	12
11:00-12:00	11	7	7	7	6	19
12:00-13:00	11	7	7	7	6	19
13:00-14:00	11	7	7	7	6	19
14:00-15:00	9	4	6	7	8	14
15:00-16:00	9	4	6	7	8	14
16:00-17:00	9	4	6	7	8	6
17:00-18:00	5	3	3	4	5	6
18:00-19:00	5	3	3	4	5	6
19:00-20:00	5	3	3	4	5	0
20:00-21:00	5	3	3	4	5	0
21:00-22:00	5	3	3	4	5	0

Woerden:

De leidinggevende van de emballageafdeling van het distributiecentrum in Woerden had geen plannings voor ons beschikbaar. In overleg is besloten dat het aantal medewerkers in een ander distributiecentrum kon worden vermenigvuldigd met de extra te sorteren containers. Er is gekozen voor het distributiecentrum in Breda omdat hier sprake is van het grootste overeenkomst in de te beleveren supermarkten (ligging en grootte).

Het aantal medewerkers op de bierafdeling is als volgt verdeeld:

	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Zaterdag
6:00-7:00	2	2	2	2	2	4
7:00-8:00	2	2	2	2	2	4
8:00-9:00	2	2	2	2	2	4
9:00-10:00	3	2	3	3	3	4
10:00-11:00	3	2	3	3	3	4
11:00-12:00	3	2	3	3	3	4
12:00-13:00	3	2	3	3	3	3
13:00-14:00	3	2	3	3	3	3
14:00-15:00	3	2	3	3	3	3
15:00-16:00	3	2	2	2	2	3
16:00-17:00	3	2	2	2	2	3
17:00-18:00	3	2	2	2	2	3
18:00-19:00	3	2	2	2	2	3
19:00-20:00	3	2	2	2	2	3
20:00-21:00	3	2	2	2	2	3
21:00-22:00	3	2	2	2	2	3

Het aantal medewerkers op de versafdeling is als volgt verdeeld:

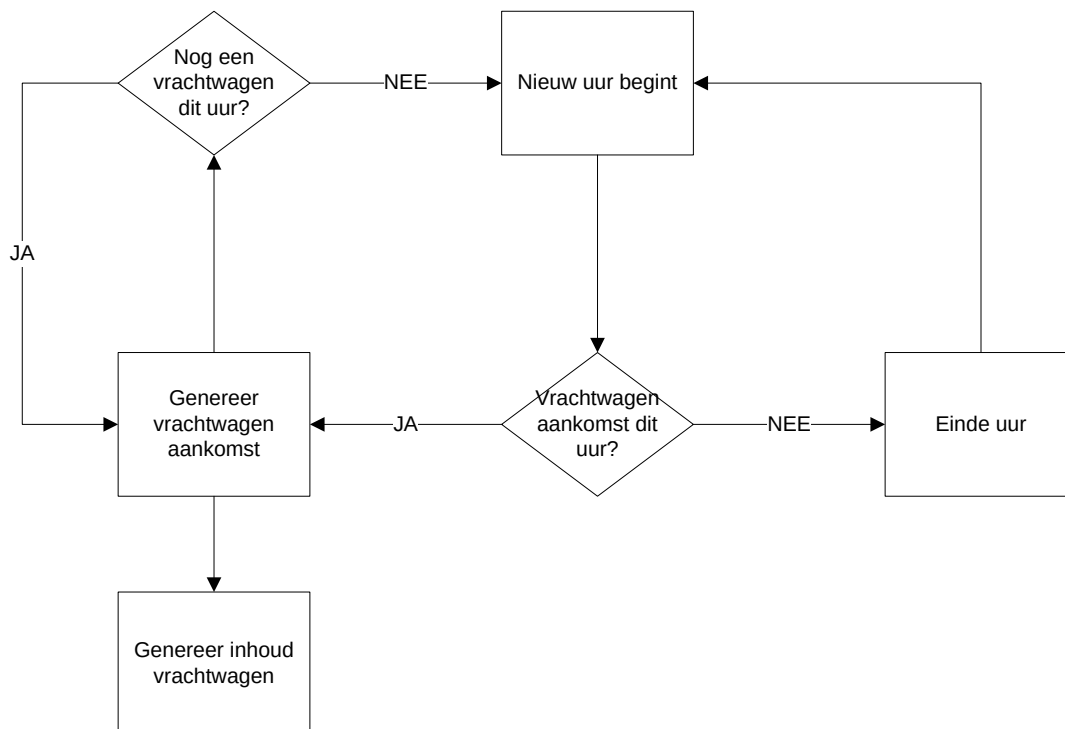
	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Zaterdag
6:00-7:00	10	10	10	10	10	16
7:00-8:00	10	10	10	10	10	16
8:00-9:00	10	10	10	10	10	16
9:00-10:00	17	15	15	17	17	16
10:00-11:00	17	15	15	17	17	16
11:00-12:00	17	15	15	17	17	16
12:00-13:00	17	15	15	17	17	17
13:00-14:00	17	15	15	17	17	17
14:00-15:00	17	15	15	17	17	17
15:00-16:00	15	6	10	10	10	17
16:00-17:00	15	6	10	10	10	17
17:00-18:00	15	6	6	10	10	17
18:00-19:00	15	6	6	10	10	17
19:00-20:00	15	6	6	10	10	17
20:00-21:00	15	6	6	10	10	17
21:00-22:00	15	6	6	10	10	17

Bijlage H: Verklaring methodes in Plant Simulation

In deze bijlage volgt de verklaring van de belangrijkste methodes van het gebruikte simulatiemodel in Plant Simulation.

Generate

Deze methode bepaalt het tijdstip dat de volgende vrachtwagen bij het distributiecentrum arriveert. De data wordt uit de tabel met aankomstintensiteiten gehaald. Als de nieuw gegenereerde aankomst binnen dit uur valt dan wordt een vrachtwagen gegenereert en wordt vervolgens gekeken of er dit uur nog een vrachtwagen arriveert. Arriveert deze niet binnen dit uur, dan wordt een nieuw uur begonnen en wordt er verder gegaan met nieuwe data.



CreateOrder

Deze method wordt aangeroepen op het moment dat de method Generate een vrachtwagen genereert. Deze method creëert een vrachtwagen in het model en bepaalt de inhoud van deze vrachtwagen. De begintijd van de vrachtwagen wordt vastgelegd. Het aantal containers dat een vrachtwagen bij zich heeft is normaal verdeeld met het gemiddelde en de standaardafwijking uit de tabel NrContainers. Het aantal dat een vrachtwagen bij zich heeft ligt tussen 1 (minimum) en 54 (volle vrachtwagen). Vervolgens wordt voor elke container een random getal getrokken tussen nul en één en wordt daarmee bepaald welke soort emballage deze container bij zich heeft. Tenslotte wordt de truck naar de buffer verplaatst.

StartLossen

Deze method wordt aangeroepen als de vrachtwagen begint met lossen, het is de entrance-control van de parallelproc. De tijd wordt vastgelegd als begintijd van het lossen.

ExitTruck

De method wordt aangeroepen als een vrachtwagen klaar is met lossen, het is de entrance-control van de drain. De eindtijd van de vrachtwagen wordt vastgelegd. Vervolgens wordt de emballage gesorteerd over de verschillende buffers. De vrachtwagen wordt uit het systeem verwijderd en de gegevens van de vrachtwagen worden opgeslagen in de TruckTimes-tabel.

NextHour

Deze method wordt elke keer aan het einde van een uur aangeroepen om het volgende uur te laten beginnen. De bufferstanden worden opgeslagen in de tabel BufferInhoud. Het aantal medewerkers dat dit uur moet sorteren wordt uit de medewerkers-tabellen gehaald en de parallelprocs krijgen dit uur dat aantal parallelle servers.

NextDay

Deze method wordt elke dag aan het einde van de dag aangeroepen om de volgende dag te starten. De maximum bufferstanden worden opgeslagen in de tabel Containers. Als het de laatste dag van een week is, dan wordt de gemiddelde wachttijd van de vrachtwagen berekend en opgeslagen in de WaitingTime tabel.

Tabellen met input-data

- ArrivaIntensities; aankomstintensiteiten van de vrachtwagens per uur per dag
- NrContainers; gemiddelde en standaardafwijking aantal containers in een vrachtwagen per dag
- TypeOfContainer; kansen op een bepaalde soort emballage voor een container op een bepaalde dag
- AantalMedewerkersBier; aantal medewerkers dat containers met bierkratten sorteert per uur per dag
- AantalMedewerkersVers; aantal medewerkers dat containers met CBL-kratten sorteert per uur per dag

Tabellen met output-data

- WaitingTime; gemiddelde wachttijden in een bepaalde week
- BufferInhoud; bufferstand van de verschillende soorten emballage aan het einde van elk uur op een dag
- Containers; maximale bufferstand op een bepaalde dag

Bijlage I: Berekening aantal replicaties

In deze bijlage staat de berekening van het aantal replicaties dat nodig is om resultaten te krijgen die 95% betrouwbaar zijn.

Simulatiestudie met betrekking tot het aantal losdeuren

Het aantal replicaties is voor de verschillende experimenten bepaald. Hieronder volgt een uitgebreide uitleg voor de bepaling van het aantal replicaties in de configuratie met negen losdeuren in de toekomstige situatie (met verwachte groei). Er is gekozen om deze configuratie als voorbeeld te nemen omdat de benodigde replicaties hier waarschijnlijk het grootst zullen zijn. Dit komt doordat de gemiddelde wachttijd hier het kleinst zal zijn en enkele uitschieters dus de waarnemingen ernstig zullen verstoren (Law, 2007).

Om te beginnen zijn er veel weken gesimuleerd (genoeg om met de hieronder beschreven procedure tot voldoende betrouwbaarheid te komen) en zijn de resultaten naar een Excel-bestand geschreven. Vervolgens is met de 'sequential method' het aantal benodigde replicaties berekend (Law, 2007). Deze methode is als volgt uitgevoerd:

n	Gemiddelde wachttijd	Cumulatief gemiddelde	Cumulatieve variantie	T.inv	Relatieve fout
10	43,29	56,44	461,23	2,262	0,27222
11	68,76	57,56	428,90	2,228	0,24173
12	97,39	60,88	522,13	2,201	0,23849
13	21,76	57,87	596,34	2,179	0,25501
14	88,99	60,09	619,64	2,160	0,23918
..	..	..	..	..	..
1422	48,90	65,16	935,94	1,962	0,02442
1423	56,07	65,16	935,34	1,962	0,02441
1424	46,87	65,14	934,92	1,962	0,02440
1425	96,02	65,17	934,93	1,962	0,02438
1426	94,86	65,19	934,89	1,962	0,02437
1427	95,00	65,21	934,86	1,962	0,02435

- In de eerste kolom staat het aantal replicaties.
- In de tweede kolom volgt de observatie van de gemiddelde wachttijd tijdens de replicatie.
- In de derde kolom is het cumulatieve gemiddelde berekend met de volgende formule:

$$\bar{X}_n = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_j$$

- In de vierde kolom volgt de variantie, berekend met de volgende formule:

$$S_n^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n [X_j - \bar{X}_n]^2$$

- In de vijfde kolom staat de corresponderende waarde van de student-verdeling met een betrouwbaarheid van 95% ($\alpha=0.05$) en als aantal vrijheidsgraden het aantal replicaties min één.
- In de laatste kolom tenslotte, staat de relatieve fout. Deze is berekend met de volgende formule:

$$\text{Relatieve fout} = \frac{t_{n-1, \frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{S^2}{n}}}{\bar{X}_n}$$

Tenslotte is het aantal replicaties bepaald, door de relatieve fout te vergelijken met

$$\gamma' = \frac{\gamma}{1 + \gamma} = \frac{0.025}{1 + 0.025} = 0.02439$$

waarin de waarde van γ , de waarde van α gedeeld door twee is.

De eerste waarde die kleiner is dan deze waarde, is de relatieve fout behorend bij 1425 replicaties. Dit is dus het aantal benodigde replicaties. Dit aantal zal worden gebruikt voor alle configuraties in Breda. De aantallen replicaties voor de overige configuraties staan in onderstaande tabel. Uit de tabel blijkt dat de configuratie met negen losdeuren inderdaad de meeste replicaties nodig heeft.

Aantal losdeuren	Aantal replicaties
6 (oud)	947
6 (nieuw)	424
7	593
8	973
9	1425

Voor het distributiecentrum in Gieteren zal de configuratie met acht losdeuren de meeste replicaties nodig hebben. Na het doen van simulaties blijkt het niet mogelijk om voor deze configuratie een betrouwbaarheid van 95% te krijgen in een aanvaardbare tijd. De wachttijden zijn hierbij ook nog eens enorm klein. Ook voor de configuraties met zeven en zes losdeuren is na 1500 replicaties (30 jaar) nog geen aantal replicaties gevonden dat betrouwbaar genoeg is. Hierom is ervoor gekozen om voor alle configuraties het hoogste aantal replicaties te nemen uit onderstaande tabel.

Aantal losdeuren	Aantal replicaties
5 (oud)	1399
5 (nieuw)	1231

Ook voor het distributiecentrum in Raalte geldt dat de configuraties met extra losdeuren niet snel een goede betrouwbaarheid krijgen. De betrouwbaarheid dat de gemiddelde wachttijd binnen het betrouwbaarheidsinterval valt gaat van ongeveer 60% (elf losdeuren) naar ongeveer 90% (negen losdeuren) bij 1500 replicaties. Hierdoor is ook hier gekozen om het aantal replicaties van de huidige situatie te nemen, zoals in de onderstaande tabel is vermeld.

Aantal losdeuren	Aantal replicaties
8 (oud)	1421
8 (nieuw)	1099

Voor het distributiecentrum in Woerden geldt dat alle configuraties zo'n lage gemiddelde wachttijd hebben dat er met 1500 replicaties nog geen 95% betrouwbaarheid is bereikt. Door de lage gemiddelde wachttijd maakt het niet zoveel uit als de echte waarde een bepaald percentage hoger zal liggen. In het geval er een paar seconden bijkomen is dat nog steeds geen probleem. Daarom worden voor deze configuraties 1500 replicaties uitgevoerd.

Simulatiestudie met betrekking tot de grootte van de buffer

Nadat duidelijk was dat er geen opwarmperiode nodig was (zie paragraaf 6.3), kon het aantal replicaties op dezelfde wijze worden berekend als voor de eerste simulatiestudie.

Een voorbeeld van het maximale aantal containers dat op een bepaalde dag aanwezig is in de buffer volgt in de onderstaande tabel.

n	Gemiddelde wachttijd	Cumulatief gemiddelde	Cumulatieve variantie	T.inv	Relatieve fout
10	47	48,50	220,72	2,26	0,21913
11	42	47,09	220,49	2,23	0,21184
12	33	51,58	442,63	2,20	0,25914
13	101	52,92	429,08	2,18	0,23652
14	69	52,50	398,58	2,16	0,21956
..	..	..	..	..	..
1278	85	56,47	630,83	1,96	0,02441
1279	23	56,44	631,21	1,96	0,02442
1280	73	56,46	630,93	1,96	0,02440
1281	43	56,45	630,58	1,96	0,02438
1282	43	56,44	630,23	1,96	0,02437
1283	42	56,42	629,90	1,96	0,02436

Voor deze simulatie zijn dus 1281 replicaties nodig om tot een 95% betrouwbare steady-state parameter te komen. De benodigde aantallen replicaties voor de overige situaties volgen in onderstaande tabel.

		huidig	groei
Breda	bier	1281	2922
	vers	1391	1257
Gieten	bier	1958	2813
	vers	2132	2511
Raalte	bier	2307	2731
	vers	2844	3309
Woerden	bier	1554	1364
	vers	871	1190

Bijlage J: Benodigde capaciteit van de buffers

In deze bijlage volgt de benodigde capaciteit van de buffers in de distributiecentra om op 96%, 97%, 98% en 99% van de dagen de containers op te kunnen slaan. De totalen van de biercontainers en de containers met CBL-kralen volgen in de onderstaande tabel.

DC	Situatie	96%	97%	98%	99%
Breda	Huidige	812	856	908	988
	Toekomstig	956	996	1053	1134
Gieten	Huidige	596	627	672	756
	Toekomstig	1056	1119	1204	1374
Raalte	Huidige	875	912	959	1042
	Toekomstig	928	965	1012	1090
Woerden	Huidige	875	909	950	1029
	Toekomstig	1233	1282	1362	1496