



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen

master in de handelswetenschappen

Masterthesis

Analyse van realistische beperkingen in de routepanning

Eva Vancauwenbergh

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de handelswetenschappen, afstudeerrichting supply chain management

PROMOTOR :

dr. Hanne POLLARIS



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

www.uhasselt.be

Universiteit Hasselt
Campus Hasselt:
Martelarenlaan 42 | 3500 Hasselt
Campus Diepenbeek:
Agoralaan Gebouw D | 3590 Diepenbeek

2019
2020



Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen

master in de handelswetenschappen

Masterthesis

Analyse van realistische beperkingen in de routeplanning

Eva Vancauwenbergh

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de handelswetenschappen, afstudeerrichting supply chain management

PROMOTOR :

dr. Hanne POLLARIS

Deze masterproef werd geschreven tijdens de COVID-19 crisis in 2020. Deze wereldwijde gezondheids crisis heeft mogelijk een impact gehad op het schrijf- en verwerkingsproces, de onderzoekshandelingen en de onderzoeksresultaten die aan de basis liggen van dit werkstuk.

Woord vooraf

Dit is een paper in het kader van de Masterproef voor de opleiding Handelswetenschappen met afstudeerrichting Supply Chain Management aan de UHasselt.

Dit thema is gekozen uit persoonlijke interesse voor de transportsector. Tijdens dit project heb ik dan ook veel nieuwe kennis kunnen vergaren over de routeplanning, de routeplanningssystemen en de beperkingen.

Dit project bevat zowel een literatuurstudie als een praktijkonderzoek met twee bedrijven.

Graag wil ik de volgende personen van harte bedanken voor hun medewerking en ondersteuning:

- Dr. Hanne Pollaris, mijn promotor, voor de algemene begeleiding tijdens deze masterproef
- Frederick Vandevenne, contactpersoon bij H.Essers, voor de medewerking aan het praktijkonderzoek
- Maarten Jacobs, contactpersoon bij Rotra Forwarding Kampenhout, voor de medewerking aan het praktijkonderzoek
- Mijn persoonlijke omgeving, voor de steun tijdens het schrijven van deze masterproef

Diest, mei 2020

Abstract

Softwareprogramma's voor routeplanning houden vaak geen rekening met dagelijkse beperkingen waarmee transporteurs te maken krijgen, zoals rij- en rusttijden van chauffeurs, ladingscapaciteit en files. Uit een rapport van het Vlaams Verkeerscentrum blijkt dat in 2017 er op de Belgische wegen tijdens de ochtend gemiddeld 158 km file stond. De avondfiles waren gemiddeld 124 km lang. Deze dagelijkse files leiden niet alleen tot tijdsverlies en meer verbruik van brandstof maar ook tot niet-directe, misschien wel minder voordehand liggende, kosten zoals het inzetten van extra voertuigen of het op het laatste moment aanpassen van de routeplanning. Tijdens piekuren duurt een bepaalde trip langer dan tijdens de daluren. Variabele reistijden zijn vaak niet opgenomen in de routeplanningssoftware.

Er is veel wetenschappelijke literatuur over het klassiek rittenplanningsprobleem of Vehicle Routing Problem (VRP) maar slechts een beperkt aantal van deze betreffen reële rittenplanningsproblemen met realistische beperkingen.

In de literatuur worden Rich Vehicle Routing Problems (RVRP) beschreven als: rittenplanningsproblemen met beperkingen die betrekking hebben op realistische en soms multi-objectieve optimalisatiefuncties, onzekerheid (stochastische data) en dynamiek gecombineerd met reële beperkingen zoals: tijds- en afstandsfactoren, gebruik van heterogene vloot, een koppeling met inventaris en planningsproblemen, ICT integratie of milieuvraagstukken.

Deze masterproef is opgedeeld in twee delen: een literatuurstudie en een praktijkonderzoek. In de literatuurstudie wordt een overzicht gegeven van alle realistische beperkingen die in de wetenschappelijke literatuur te vinden zijn. Daarnaast wordt er in een praktijkonderzoek nagegaan of bedrijven in de praktijk ook te maken krijgen met deze beperkingen.

In het eerste deel van de literatuurstudie wordt eerst kort een klassiek Vehicle Routing Problem en zijn meest voorkomende varianten besproken. Bij een VRP met een capaciteitsbeperking of Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP), is het de bedoeling om een rit samen te stellen zonder dat het laadvermogen van het voertuig wordt overschreden. Klanten hebben ook de mogelijkheid om een tijdsvenster te bepalen, met start- en einduur, waarin het leveren of ophalen van de goederen moet plaatsvinden. Dit is een VRP met tijdsvensters of een Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW). In een klassiek VRP worden goederen enkel geleverd of opgehaald. Bij een Vehicle Routing Problem with Pickups and Deliveries (VRPPD) of een VRP met ophalingen en leveringen, wordt er opgehaald en geleverd in één route.

In het tweede deel van de literatuurstudie worden de realistische beperkingen opgesomd. Deze beperkingen worden in twee groepen gecategoriseerd: strategisch/tactisch niveau en operationeel niveau. Strategische/tactische beslissingen gaan over een langere tijdshorizon: een meerjarenplan. Enkele voorbeelden hiervan zijn: een Stochastic VRP, Dynamic VRP of een Multiple-Depot VRP. Bij een Stochastic Vehicle Routing Problem (SVRP), is de data willekeurig en niet volledig gekend. Op die manier zouden de routes kunnen verschillen van de geplande routes. Bij een Dynamic Vehicle Routing Problem (DVRP) kunnen er nog transportverzoeken binnen komen in de loop van de dag en

worden deze eventueel nog geïntegreerd in een bestaande route. Een Multiple-Depot VRP (MDVRP), heeft meerdere depots. Hier moet bepaald worden welke klant beleverd zal worden vanuit welk depot.

Bij beslissingen op operationeel niveau is de tijdshorizon beperkt tot enkele dagen, weken of maanden. Zo zijn er beperkingen omtrent het voertuig of de chauffeur: een heterogeen wagenpark (HFVRP) of bijvoorbeeld de rij- en rusttijden. Maar ook compatibiliteitsproblemen kunnen er optreden, waarbij bijvoorbeeld bepaalde voertuigen of chauffeurs niet compatibel zijn met de klant en/of regio. Een variant van het VRPTW, is een VRP met meerdere tijdsintervallen, een Vehicle Routing Problem with Multiple Time Windows (VRPMTW). Daarnaast zijn er nog verschillende andere dagelijkse beslissingen in het besluitvormingsproces zoals: milieukwesties, uitbestedingen, logistieke beslissingen, prioriteiten voor bepaalde klanten of cross-docking.

Voor het praktijkonderzoek werden twee bedrijven geïnterviewd: Rotra Forwarding Kampenhout en H.Essers. Deze bedrijven worden besproken om na te gaan waarom sommige beperkingen wel of niet van toepassing zijn. Dan volgt er hoe ze bij de bedrijven de routeplanning opstellen en of ze gebruik maken van bepaalde routeplanningssoftware hiervoor. De beperkingen uit de literatuurstudie werden ondervraagd en dienden als basis voor het praktijkonderzoek. Uit dit onderdeel is gebleken dat, of een bedrijf al dan niet te maken heeft met bepaalde beperkingen, soms bedrijfsspecifiek is of bepaald is door hun werkwijze. Andere beperkingen zoals de rij- en rusttijden of de ladingsbeperkingen zijn bij wet bepaald en kunnen niet anders dan gevolgd worden. Beide bedrijven maken gebruik van een (hulp)programma bij het opmaken van de routeplanning. Echter vallen nog veel beslissingen bij de planner. Uit ervaring van één van de geïnterviewde bedrijven blijkt dat hoe meer de software rekening houdt met deze restricties, hoe vreemder de routes worden. Dus kiezen ze ervoor om de planner deze manueel te laten aanpassen.

Algemeen kan er geconcludeerd worden dat er bij het opmaken van de routeplanning softwareplanningssystemen worden gebruikt, maar dat veel beslissingen alsnog op de planner vallen. Dit omdat het integreren van de verschillende beperkingen in het systeem, de routeplanning kan beïnvloeden in de negatieve zin. Beperkingen die bij wet bepaald zijn, zoals de rij- en rusttijden, sommige ladingsbeperkingen of het schoonmaken van voertuigen, kunnen niet anders dan gevolgd worden. Beide bedrijven hebben ook te maken met stochastische bedienings- en reistijden. Ze hebben wel beide een optie in het routeplanningsprogramma om rekening te houden met de variabiliteit van de bedienings- en reistijden. Echter baseert de planner zich hiervoor op historische data en eigen kennis. Een optie in het routeplanningsprogramma dat ze wel gebruiken is die van de dynamische data. Beide hebben ook te maken met de beperking van een heterogene vloot, meerdere tijdsvensters en compatibiliteitsproblemen. Of een bedrijf al dan niet te maken heeft met bepaalde beperkingen is vaak bedrijfsspecifiek. Zo zijn er enkel beperkingen met een cross-dock of het uitbesteden als het bedrijf hiervan gebruik maakt. Omdat hun distributienetwerk al is opgezet, hebben zij ook niet te maken met een locatierouteringsprobleem.

Een andere piste die bekeken kan worden voor verder onderzoek is het interviewen van andere soort bedrijven voor een praktijkonderzoek. Omdat het vaak bedrijfsspecifiek is, of een bedrijf te maken heeft met bepaalde beperkingen. Bij dit gevoerde praktijkonderzoek is er gebruik gemaakt van een wegtransport bedrijf en een 3PL bedrijf. Eventueel kan er een 4PL of 5PL gebruikt worden, dit zorgt

ervoor dat andere beperkingen zoals voorraadbeheer bij de routeplanning, van toepassing zijn. Aangezien het praktijkonderzoek maar twee interviews bevat, mogen de conclusies niet veralgemeend worden. Toekomstig onderzoek zou dan ook best meerdere bedrijven interviewen voor een praktijkonderzoek, om resultaten te kunnen veralgemenen. Dit onderzoek is eerder beperkt, en geeft enkel de belangrijkste realistische beperkingen weer in de literatuur. Daar RVRP pas recent de focus is van onderzoek, zijn er nog veel pistes die hierbij bekeken kunnen worden.

Inhoud

Woord vooraf.....	1
Abstract	3
Tabellenlijst.....	9
Lijst met afkortingen	11
1 Probleemstelling.....	13
1.1 Praktijkprobleem	13
1.2 Onderzoeksvraag	15
1.3 Methodologie	15
2 Literatuurstudie.....	17
2.1 Inleiding.....	17
2.2 Klassiek VRP.....	18
2.2.1 Capaciteitsbeperkingen.....	18
2.2.2 Tijdsvensters.....	19
2.2.3 Pickups en deliveries	19
2.3 Realistische beperkingen	20
2.3.1 Strategisch en tactisch niveau	21
2.3.1.1 Gebruikte data	21
2.3.1.2 Locatieproblemen	22
2.3.1.3 Meerdere depots	23
2.3.1.4 Soort activiteit	23
2.3.1.5 Lading opsplitsen.....	24
2.3.1.6 Planningsperiode	24
2.3.2 Operationeel niveau	25
2.3.2.1 Voorraadbeheer bij routeplanning.....	25
2.3.2.2 Het voertuig.....	25
2.3.2.3 Meerdere tijdsvensters.....	27
2.3.2.4 Compatibiliteitsproblemen	27
2.3.2.5 Uitbesteden	28
2.3.2.6 Milieukwesties	28
2.3.2.7 Prioritaire klanten	28
2.3.2.8 Cross-docking	29
2.3.2.9 Open routes.....	29
2.3.2.10 Gelijktijdige voertuigen	29
2.3.2.11 Schoonmaken.....	30
2.3.3 Doelfunctie.....	30
2.3.4 Verder onderzoek.....	31
3 Praktijkonderzoek.....	33
3.1 Voorstelling bedrijven	33
3.1.1 Over H.Essers.....	33

3.1.1.1	Routeplanning	34
3.1.2	Over Rotra Forwarding	36
3.1.2.1	Routeplanning	36
3.2	Beperkingen in de routeplanning	38
3.2.1	Overzicht	38
3.2.2	Stochastische data (SVRP)	39
3.2.3	Dynamische data (DVRP)	40
3.2.4	Locatieproblemen (LRP)	40
3.2.5	Meerdere depots (MDVRP)	40
3.2.6	Routeplanningsprobleem met backhuls (VRPB)	41
3.2.7	Lading splitsen (SDVRP)	41
3.2.8	Planningsperiode (PVRP)	41
3.2.9	Voorraadbeheer bij routeplanning (IRP)	42
3.2.10	Heterogene vloot (HFVRP).....	42
3.2.11	Meervoudig gebruik van voertuigen (MTVRP).....	42
3.2.12	Ladingsbeperkingen (VRPLC)	43
3.2.13	Compartimenten (VRPC)	43
3.2.14	Rij- en rusttijden.....	44
3.2.15	Meerdere tijdsvensters (VRPMTW).....	44
3.2.16	Compatibiliteitsproblemen.....	44
3.2.17	Toegankelijkheidsbeperkingen (TTRP)	45
3.2.18	Uitbesteden.....	45
3.2.19	Milieukwesties (GVRP)	46
3.2.20	Prioritaire klanten	46
3.2.21	Cross-docking (VRPCD)	47
3.2.22	Open routes (OVRP)	47
3.2.23	Gelijktijdige voertuigen.....	47
3.2.24	Schoonmaken.....	48
3.2.25	Extra beperking	48
3.3	Conclusie praktijkonderzoek	49
4	Conclusie.....	51
	Bibliografie	55
	Wetenschappelijke bronnen.....	55
	Webbronnen.....	58

Tabellenlijst

Tabel 1. Overzicht beperkingen Literatuur	38
---	----

Lijst met afkortingen

CVRP	Capacitated Vehicle Routing Problem
DARP	Dial-A-Ride Problem
DVRP	Dynamic Vehicle Routing Problem
ETA	Estimated time of arrival
FTL	Full truckload
GVRP	Green Vehicle Routing Problem
HFVRP	Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem
IRP	Inventory Routing Problem
LRP	Location Routing Problem
LTL	Less-than-truckload
MDLRP	Multi-Depot Location Routing Problem
MDVRP	Multi-Depot Vehicle Routing Problem
MTRVP	Multi-Trip Vehicle Routing Problem
OVRP	Open Vehicle Routing Problem
PPDP	Practical Pick-up and Delivery Problem
PVRP	Periodic Vehicle Routing Problem
RVRP	Rich Vehicle Routing Problem
SDVRP	Split Delivery Vehicle Routing Problem
SVRP	Stochastic Vehicle Routing Problem
SVRPTW	Stochastic Vehicle Routing Problem with Time Windows
TMS	Transport Management System
TTRP	Truck and Trailer Routing Problem
VMI	Vendor-Managed Inventory
VRP	Vehicle Routing Problem
VRPB	Vehicle Routing Problem with Backhauls
VRPC	Vehicle Routing Problem with Compartments
VRPCD	Vehicle Routing Problem with Cross-Docking
VRPLC	Vehicle Routing Problem with Loading Constraints
VRPMTW	Vehicle Routing Problem with Multiple Time Windows
VRPPD	Vehicle Routing Problem with Pick-ups and Deliveries
VRPSD	Vehicle Routing Problem with Stochastic Demands
VRPTW	Vehicle Routing Problem with Time Windows

1 Probleemstelling

1.1 Praktijkprobleem

België is het land bij uitstek als het gaat over transport en logistiek. Een centrale ligging in Europa, een goed uitgebreid transportnetwerk, de aanwezige infrastructuur en de vaardigheden van de inwoners maken dat België de ideale keuze is om een distributiecentrum, logistieke basis of zelfs een hoofkwartier op te zetten ("Transport en Logistiek", z.d.).

Het verbaast dan ook niet dat het goederentransport een grote bijdrage levert aan het BBP. Uit het rapport van Truck & Business (z.d.) blijkt dat maar liefst 8% van het Belgische BBP in handen is van het goederentransport en zijn bijhorende activiteiten.

Volgens cijfers van de FOD Mobiliteit en Vervoer (2019), werd er in 2016 meer dan 50 miljard tonkm per jaar over de weg in België vervoerd. Als we dit vergelijken met de andere vervoersmodi, bedraagt dit 74% van het totale goederenvervoer. Dit succes is te danken aan de flexibiliteit en snelheid dat enkel wegtransport kan bieden. Dit is dan ook de enige transportmodus waarbij goederen kunnen vervoerd worden van deur tot deur (Truck & Business, z.d.).

Om dit transport in verschillende sectoren zo efficiënt en geschikt mogelijk te laten verlopen, wordt er gebruik gemaakt van een routeplanning (Drexl, 2012). Bij een routeplanningsprobleem of Vehicle Routing Planning (VRP) is het de bedoeling om alle of sommige transportaanvragen uit te voeren tegen een minimale kost, waarbij het aantal transportverzoeken en de grootte van de voertuigvloot zijn gegeven. Belangrijk is dat als de routes haalbaar moeten zijn, er ook moet rekening worden gehouden met welk voertuig welke transportaanvragen in welke volgorde zal afhandelen (Irnich, Toth, & Vigo, 2014).

Dit wordt niet alleen toegepast bij transport over openbare wegen maar ook bij lokaal transport binnen het bedrijfsterrein zelf. Naast het feit dat het voor de onderneming belangrijk is om de routeplanning zo geschikt en efficiënt mogelijk te maken, heeft het ook een grote macro-economische impact (Drexl, 2012).

Ondernemingen hebben dagelijks te maken met een groter wordende lijst van bestemmingen die zij elke dag moeten bereiken. Hierdoor kunnen er makkelijk fouten ontstaan. Een softwaresysteem kan hier een oplossing voor bieden en helpt zo bij een betere productiviteit (Shamir, 2018).

In de transportsector zijn de marges klein en het risico op faillissement groot ("Sector:transport", z.d.). Een softwaresysteem voor routeplanning is dan ook niet meer weg te denken. Deze systemen helpen bij het reduceren van de transportkost, het verbeteren van de klantenservice en de productiviteit. Dankzij route-optimalisatie kan er zowel tijd als brandstof worden bespaard. Uiteindelijk gaan de voertuigen ook minder snel slijten, waardoor de onderneming onrechtstreeks ook nog eens kan besparen op onderhoudskosten (Shamir, 2018).

Het verbeteren van de klanttevredenheid is cruciaal voor elke onderneming. Dankzij deze softwaresystemen worden de responstijden en leveringen sneller, waarbij laattijdige wijzigingen zonder problemen kunnen worden doorgevoerd, waardoor de klant een betere levering ondervindt (Shamir, 2018).

Sip-Well, de Belgische waterkoelerspecialist, koos voor een geschikte software met het oog op een betere routeplanning. Deze stap was nodig om de klant zo efficiënt mogelijk te kunnen beleveren, wat heeft geleid tot een hogere klanttevredenheid. Daarnaast optimaliseert het softwaresysteem de routes en geeft het een beter overzicht over deze routes, zodat de werklust beter kan worden verspreid over de werknemers. Dit leidt dan op zijn beurt tot een hogere tevredenheid onder de werknemers (Claeys, 2013).

Deze programma's houden echter vaak geen rekening met dagelijkse beperkingen waarmee transporteurs te maken krijgen, zoals rij- en rusttijden van chauffeurs en ladingscapaciteit. Deze restricties worden de realistische beperkingen genoemd doordat veel softwaresystemen voor routeplanning deze dagdagelijkse beperkingen niet opnemen (Drexl, 2012; Lahyani, Khemakhem, & Semet, 2015).

In de literatuur worden Rich Vehicle Routing Problems beschreven als: beperkingen die betrekking hebben op realistische en soms multi-objectieve optimalisatiefuncties, onzekerheid (stochastische data) en dynamiek gecombineerd met een reële beperkingen zoals: tijds- en afstandsfactoren, gebruik van heterogene vloot, een koppeling met inventaris en planningsproblemen, ICT integratie of milieuvraagstukken. Een RVRP wordt gezien als een samenvoeging van onafhankelijke problemen (Caceres-Cruz, Arias, Guimarans, Riera, & Juan, 2014).

Een van die dagelijkse problemen waar transporteurs mee te maken krijgen zijn de files. Uit een rapport van het Vlaams Verkeerscentrum (2018) blijkt dat in 2017 er op de Belgische wegen tijdens de ochtend gemiddeld 158 km stond. De avondfiles waren gemiddeld 124 km lang. Deze dagelijkse files leiden niet alleen tot tijdsverlies en meer verbruik van brandstof maar ook tot niet-directe, misschien wel minder voordehand liggende, kosten zoals het inzetten van extra voertuigen of het op het laatste moment aanpassen van de routeplanning (Flows, 2014). Tijdens piekuren duurt een bepaalde trip dus langer dan tijdens de daluren. Variabele reistijden zijn vaak niet opgenomen in de routeplanningssoftware en gaat het dus altijd om dezelfde reistijd.

Ondanks dat er veel papers zijn over een klassiek VRP, kunnen slechts enkele van deze worden toegepast bij een VRP met realistische beperkingen. Een beperkt aantal papers gaan zelf over deze realistische beperkingen omdat er pas de laatste decennia hierover wordt onderzoek gedaan (Caceres-Cruz et al., 2014).

Daarom wordt er in deze masterproef een overzicht gegeven van alle realistische beperkingen die in de wetenschappelijke literatuur te vinden zijn. Daarnaast wordt ook nagegaan of bedrijven in de praktijk ook te maken krijgen met deze realistische beperkingen. Dit om te kijken of er een onderscheid is tussen de praktijk en de literatuur.

1.2 Onderzoeksvraag

De centrale onderzoeksvraag van deze masterproef luidt als volgt: 'Met welke realistische beperkingen dient een transporteur rekening te houden bij het opstellen van de routeplanning?'. Het doel is om hier een opsomming te geven van alle dagelijkse beperkingen waarmee transporteurs te maken krijgen en waarmee rekening gehouden moet worden in de routeplanning. Om deze centrale onderzoeksvraag zo goed mogelijk te beantwoorden, zijn er drie deelvragen opgesteld.

De eerste deelvraag is 'Welke realistische beperkingen met betrekking tot de routeplanning komen voor in de literatuur?'. In dit deel worden de meest voorkomende realistische beperkingen in kaart gebracht en gecategoriseerd zoals deze in de literatuur te vinden zijn.

In het tweede deel zal er een praktijkonderzoek worden uitgevoerd. De (tweede) deelvraag die hierbij gesteld wordt is 'Hoe verloopt de routeplanning momenteel in de praktijk?'.
'Met welke realistische beperkingen krijgen bedrijven in de praktijk te maken?' is de laatste deelvraag. Hier zal besproken worden welke realistische beperkingen van toepassing zijn bij de bedrijven, hoe zij deze ervaren en hoe zij hiermee omgaan.

1.3 Methodologie

Deze masterproef bestaat uit twee delen: een literatuurstudie en een praktijkonderzoek. Om de eerste deelvraag te beantwoorden zal er een literatuurstudie worden gedaan op basis van wetenschappelijke artikels. Deze artikels worden gezocht via verschillende databanken zoals de website van de bibliotheek van Universiteit Hasselt en Google Scholar. Via een sneeuwbalmethode worden ook artikels geselecteerd. Dit betekent dat bij relevante artikels naar de referenties gekeken wordt om hier dan interessante artikels uit te halen en deze uiteindelijk ook te gebruiken. De gebruikte Engelstalige zoektermen in de databanken zijn hierbij: 'Vehicle routing problem with realistic constraints', 'Vehicle routing problems' en 'Rich Vehicle routing problems'. Moeilijke wiskundige modellen uit deze teksten worden overgeslagen, daar het toch enkel over een opsomming gaat van alle realistische beperkingen die er bij een routeplanning voorkomen. Uit deze teksten worden dus alle mogelijke beperkingen gefilterd en opgesomd.

Voor het praktijkonderzoek werden er twee bedrijven geïnterviewd, die gebruik maken van een routeplanning softwaresysteem of hulpprogramma voor het transporteren van goederen. Het doel van dit deel is om na te gaan met welke realistische beperkingen zij te maken krijgen, hoe zij deze ervaren en hoe ze deze kunnen oplossen. De realistische beperkingen, die uit de literatuurstudie zijn voortgevloeid worden hierbij ondervraagd via Skype of een telefonisch gesprek.

Aan het einde van het praktijkonderzoek volgt een conclusie over de resultaten van beide bedrijven. Een algemene conclusie is te vinden aan het einde van deze masterproef, in hoofdstuk vier.

2 Literatuurstudie

2.1 Inleiding

Een definitie van een Vehicle Routing Problem (VRP) of het rittenplanningsprobleem kan als volgt worden omschreven: Het bepalen van een set voertuigroutes om alle of sommige transportaanvragen uit te voeren tegen een minimale kost, waarbij het aantal transportverzoeken en de grootte van de voertuigvloot zijn gegeven. Belangrijk is dat als de routes haalbaar moeten zijn, er ook moet rekening worden gehouden met welk voertuig welke transportaanvragen in welke volgorde zal afhandelen (Irnich et al., 2014).

Tegenwoordig ligt de focus meer op de nieuwe varianten van het rittenplanningsprobleem, met nog complexere beperkingen en doelfuncties. Deze uitgebreide problemen worden vaak Rich Vehicle Routing Problems (RVRP's) genoemd (Lahyani et al., 2015). Waarbij de term 'Rich' terugslaat op beperkingen in de praktijk (Drexl, 2012). Deze realistische beperkingen zijn meestal op operationeel gebied zoals de arbeidswetgeving, contracten met klanten, politieke beslissingen en de markt- of milieuregeling (Kramer, Cordeau, & Iori, 2019).

In de literatuurstudie wordt de eerste deelvraag 'Welke realistische beperkingen met betrekking tot de routeplanning komen voor in de literatuur?' van deze masterproef behandeld. In de eerste sectie wordt eerst het klassieke VRP met zijn veel voorkomende varianten besproken. Daarna worden de realistische beperkingen in kaart gebracht en gecategoriseerd. Hiervoor wordt de taxonomie van Lahyani, Khemakhem, & Semet (2015) gebruikt voor de opbouw van deze literatuurstudie, mits aanpassingen.

Zo worden de realistische beperkingen opgedeeld in twee secties: beperkingen op strategisch/tactisch niveau en beperkingen op operationeel niveau. Bij beslissingen op operationeel niveau is de tijdshorizon beperkt tot enkele dagen, weken of maanden. Strategische/tactische beslissingen gaan over een langere tijdshorizon: een meerjarenplan. Hierop volgen nog enkele secties met specifieke kenmerken die dagelijks kunnen voorkomen in het besluitvormingsproces zoals: milieukwesties, uitbestedingen, logistieke beslissingen, prioriteiten voor bepaalde klanten of cross-docking. Als laatste volgt er in deze literatuurstudie nog een aanbeveling voor verder onderzoek.

2.2 Klassiek VRP

De oplossing van een rittenplanningsprobleem of Vehicle Routing Problem (VRP) bestaat uit het bepalen van een set routes, elk uitgevoerd door één enkel voertuig dat begint en eindigt in hetzelfde depot, zodat aan alle eisen van de klant en alle operationele beperkingen is voldaan, waarbij de transportkosten worden geminimaliseerd (Toth & Vigo, 2002).

Bij een VRP kunnen er verschillende doelfuncties in acht genomen worden. Zo kan het de bedoeling zijn om de transport kost te minimaliseren. Dit is afhankelijk van de afgelegde afstand en de vaste kosten per voertuig. Er kan ook worden gekozen om het aantal voertuigen om de klant te bedienen te minimaliseren, alle routes te balanceren op vlak van reistijd of lading van het voertuig, of het minimaliseren van de boetes door het uitvoeren van een gedeeltelijke service voor klanten. Het is ook mogelijk om bovenstaande mogelijkheden te combineren (Toth & Vigo, 2002).

Dit proces kan zowel manueel worden uitgevoerd door een routeplanner als door een routeplanningssoftware systeem, of door een combinatie van beide (Drexl, 2012).

2.2.1 Capaciteitsbeperkingen

De meest bekende variant van een VRP, is een VRP met een capaciteitsbeperking of Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP). Hierbij zijn er een beperkt aantal homogene voertuigen beschikbaar in een depot, die allemaal een beperkte ladingscapaciteit hebben, en een groep van klanten die allemaal een vraag hebben naar hetzelfde goed. Het doel van dit probleem is het vinden van een optimale route, waarbij de doelfunctie geoptimaliseerd is, zodat er een groep van routes bestaat waarbij er gespecificeerd wordt welke voertuigen zullen leveren bij welke klanten zodat elke klant slechts één keer bediend wordt en hun behoefte wordt bevredigd zonder het laadvermogen van het voertuig te schaden. De doelfunctie is hier net zoals bij een klassiek VRP het minimaliseren van de kosten of reisafstand (Drexl, 2012).

De meeste capaciteitsbeperkingen van een voertuig worden uitgedrukt in gewicht/laadvermogen, volume, laadmeters of aantal palletten. Het is mogelijk dat er met verschillende van deze beperkingen gelijktijdig rekening moet worden gehouden (Drexl, 2012; Lahyani et al., 2015).

2.2.2 Tijdsvensters

Klanten hebben de mogelijkheid om een start- en einduur te bepalen waarin het leveren of ophalen van goederen moet plaatsvinden. Dit zijn zogenaamde tijdsvensters. Deze vooropgestelde tijdsvensters kunnen zowel 'hard' als 'zacht' zijn. Bij een zacht tijdsinterval, zal er een boete worden doorgerekend indien de dienstverlening niet plaats vindt binnen het afgesproken tijdsvenster. Bij een hard tijdsinterval, is het toegelaten dat een voertuig te vroeg is op de afgesproken plaats, en het is toegelaten om dan te wachten tot de klant vrij is. Maar in geen enkel geval is het toegestaan om te laat te komen. Hierdoor moet er tijdens de routeplanning rekening gehouden worden met de reistijd tussen de verschillende klanten, de tijd dat men bij een klant is om te laden en te lossen en de laad- en lostijden bij het depot. Het is ook mogelijk om een tijdsventer te bepalen voor het depot, dat de vroegste vertrektijd en de laatst mogelijke aankomsttijd weergeeft van elk voertuig (Bräysy & Gendreau, 2005; Lahyani et al., 2015; Pollaris, Braekers, Caris, Janssens, & Limbourg, 2015). Een Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW) wordt vooral toegepast in geldtransport, postbezorgingen, Just in time transport, routes voor schoolbussen, leveringen bij winkels door hun openingsuren en patrouilles (Bräysy & Gendreau, 2005).

2.2.3 Pickups en deliveries

In een klassiek VRP worden goederen enkel geleverd of opgehaald. Bij een Vehicle Routing Problem with Pickups and Deliveries (VRPPD) of een VRP met ophalingen en leveringen, is het nog steeds zo dat goederen van de ene locatie naar de andere worden getransporteerd, alleen bestaat een klantenorder hier uit twee delen: het ophalen gebeurt op één locatie, en het leveren op een andere locatie. Er wordt dus opgehaald en geleverd in één zelfde tour (Drexler, 2012; Xu, Zhi-Long, Rajagopal, & Sundar, 2003).

2.3 Realistische beperkingen

Tegenwoordig ligt de belangstelling echter bij de realistische VRP varianten, die meer bekend staan als Rich Vehicle Routing Problems (RVRP). Deze beperkingen hebben betrekking op realistische en soms multi-objectieve optimalisatiefuncties, onzekerheid (stochastische data) en dynamiek gecombineerd met een reële beperkingen zoals: tijds- en afstandsfactoren, gebruik van heterogene vloot, een koppeling met inventaris en planningsproblemen, ICT integratie of milieuvraagstukken. Een RVRP wordt gezien als een samenvoeging van onafhankelijke problemen (Caceres-Cruz et al., 2014).

Een RVRP is een VRP met verschillende strategische en tactische aspecten en/of een VRP met verschillende dagelijkse uitdagingen ofwel operationele aspecten (Caceres-Cruz et al., 2014). De beperkingen worden dan ook zo gecategoriseerd.

De realistische beperkingen zijn gekoppeld aan de beslissingsniveaus van de onderneming: operationeel, tactisch en strategisch. Het eerste niveau, het strategisch niveau, omvat beslissingen omtrent locaties, het aantal gebruikte depots en het gegevenstype. Op tactisch niveau zijn er de verschillende ordertypes en bezoekfrequenties van klanten. Als laatste is er dan het operationeel niveau, hier wordt er rekening gehouden met de dagelijkse uitdagingen zoals voertuigschema's en rij- en rusttijden (Caceres-Cruz et al., 2014). Om de realistische beperkingen te categoriseren, wordt het strategisch en tactisch niveau samengevoegd omdat deze beide over een langere tijdshorizon gaan. Bij beslissingen op operationeel niveau is de tijdshorizon beperkt tot enkele dagen, weken of maanden.

2.3.1 Strategisch en tactisch niveau

2.3.1.1 Gebruikte data

De data, die bij RVRP's gebruikt wordt, kan worden opgedeeld in twee groepen: stochastisch en dynamisch (Lahyani et al., 2015).

2.3.1.1.1 Stochastische data

Bij een klassiek VRP wordt er gebruik gemaakt van deterministische data. Dit wil zeggen dat alle data met zekerheid gekend is, zonder variabiliteit. Bij stochastische data daarentegen is de data willekeurig en niet volledig gekend. Op die manier zouden de routes kunnen verschillen van de geplande routes (Lahyani et al., 2015). Uiteindelijk zal dit leiden tot een slechte service bij de klanten. Dit probleem wordt Stochastic Vehicle Routing Problem genoemd (SVRP). Stochastische data maakt dat routeplanning veel realistischer wordt omdat het vaker voorvalt dat data stochastisch is dan deterministisch. Echter bemoeilijkt dit het oplossen van een routeplanningsprobleem (Goel, Maini, & Bansal, 2019).

De twee meest voorkomende stochastische problemen zijn: een stochastische klantvraag en stochastische bedienings- en reistijden (Lahyani et al., 2015).

Bij een VRP met stochastische klantvraag of Vehicle Routing Problem with Stochastic Demands (VRPSD), weet men de klantvraag niet zeker op het moment dat de route wordt gepland. Als gevolg hiervan kan het zijn dat er niet aan de klantvraag voldaan kan worden. Omdat de vraag van de klanten niet gekend is, zou het kunnen dat er voor een volledige route te weinig capaciteit beschikbaar is op de voertuigen, om alle klanten te bedienen. 'Omleiding naar het depot' is een van de meest gebruikte acties hiervoor, waarbij de voertuigen eerst terug gaan naar het depot om bij te laden en de route terug aanvangen vanaf het punt in de route, waar het door de capaciteitsproblemen is stopgezet. Maar ook een extra voertuig kan worden ingezet om de nog niet-bezochte klanten te kunnen bevoorraden. Deze acties kunnen dan wel worden ingezet om het probleem op te lossen, maar helaas leiden deze wel tot extra afstand en reistijd (Goel et al., 2019).

Wanneer rekening gehouden dient te worden met tijdsvensters, vormt een stochastische klantvraag een nog grotere uitdaging. Deze variant noemt VRPTW with stochastic demands and stochastic service times (SVRPTW). Indien er zich een probleem voordoet op de route bij een bepaalde locatie, omdat de klantvraag niet met zekerheid gekend is, kan dit moeilijkheden geven voor de volgende klant, waar er binnen bepaalde tijdsvensters geleverd dient te worden (Goel et al., 2019).

Reistijden worden gezien als stochastisch, omdat men nooit op voorhand exact kan voorspellen hoe lang een bepaalde rit zal duren door bepaalde invloeden zoals files, weercondities of ongevallen (Goel et al., 2019).

Als de klantvraag op voorhand niet gekend is, is de tijd dat een voertuig zich bij een bepaalde klant bevindt ook vaak onbekend. De bedieningstijden zijn vaak afhankelijk van de werkelijke vraag. Hoe groter de werkelijke vraag is van een klant, hoe langer de bediening zal duren (Goel et al., 2019).

2.3.1.1.2 Dynamische data

Bij een Dynamic Vehicle Routing Problem (DVRP) kunnen er transportverzoeken nog binnen komen in de loop van de dag. Routes zullen moeten worden berekend op de transportverzoeken die men al ontvangen heeft. Verzoeken die daarna nog binnen komen, kunnen aanvaard of geweigerd worden, afhankelijk of deze aanvraag nog kan verwerkt worden in een bestaande route (Sayez, 2017).

Om routes aan te passen, terwijl deze al worden uitgevoerd, is er real-time informatie nodig. Door te weten waar de voertuigen zich bevinden op de route en een vloeiende communicatie met de chauffeurs zullen deze wijzigingen makkelijk kunnen worden doorgevoerd (Pillac, Gendreau, Guéret, & Medaglia, 2013).

Bij een Klassiek VRP wordt er vooral gebruik gemaakt van statische data. Dit betekent dat alle informatie die nodig is, al gekend is voor dat er beslissingen worden genomen (Toth & Vigo, 2002).

2.3.1.2 Locatieproblemen

Bij een Location Routing Problem (LRP) of een locatie routeringsprobleem worden er twee basis planningstaken in de logistiek gecombineerd. Enerzijds worden er beslissingen genomen over de locatie van verschillende faciliteiten zoals magazijnen, depots of fabrieken. Anderzijds moeten er routes worden gevormd. Het is dus belangrijk dat deze twee taken gezamenlijk worden bekeken voor een optimale oplossing. Onafhankelijke beslissingen zullen leiden tot suboptimale planningsresultaten (Drexel & Schneider, 2015).

Het grootste deel van de totale kosten van een onderneming, zijn de logistieke kosten. Om deze te verminderen is het belangrijk om een gepast supply chain strategie en ontwerp te hebben. Het belangrijkste deel van de supply chain bevindt zich aan het einde: het distributienetwerk. Dit is zo belangrijk omdat er verschillende kleine goederenstromen naar de kleinhandel of de eindconsument gaan. Een LRP helpt bij het opstellen van dit optimale distributienetwerk (Prodhon & Prins, 2014).

2.3.1.3 *Meerdere depots*

Een andere uitbreiding van een VRP, is een Multiple-Depot VRP (MDVRP) of een VRP met meerdere depots. Dit is een rittenplanningsprobleem met meerdere depots. Meerdere depots betekent ook meerdere plaatsen waar goederen worden opgeslagen. De uitdaging hier is om te bepalen welke klanten beleverd zullen worden vanuit welk depot. Dit maakt dat dit probleem moeilijker en uitdagender is dan een VRP met slechts één depot. Hier worden er eerst nog clusters vooraf bepaald, vooraleer er naar de routeplanning kan gekeken worden (Ho, Ho, Ji, & Lau, 2008).

Het Multi-Depot Location Routing Problem (MDLRP) is een uitbreiding van het MDVRP. In een MDLRP worden zowel de locaties van de depots als de beleving van de verschillende klanten vanuit de depots behandeld (Ho et al., 2008).

2.3.1.4 *Soort activiteit*

In een klassiek VRP worden goederen enkel geleverd of opgehaald. Bij een PDP worden deze goederen zowel geladen als gelost. Bij een praktisch ophaal-en leveringsprobleem of Practical Pickup and Delivery Problem (PPDP) worden verschillende realistische beperkingen gecombineerd met een PDP, zo kunnen er bijvoorbeeld meerdere tijdsvensters of complexere kosten structuren bestaan (Xu, Zhi-Long, Rajagopal, & Sundar, 2003).

In een Vehicle Routing Problem with Backhauls (VRPB) of routeplanningsprobleem met backhauls, worden de klanten verdeeld in twee groepen. Enerzijds zijn er de klanten waar er geleverd moet worden, en anderzijds zijn er klanten waar er ophalingen moeten gebeuren. Belangrijk is hierbij dat eerst alle leveringen op de route moeten worden beëindigd, vooraleer men kan beginnen aan een terugrit voor ophalingen (Dominguez, Guimarans, Juan, & de la Nuez, 2016).

Bij een VRPPD is normaal gezien elk transportverzoek gedefinieerd door een ophaalpunt, een bijhorend leverpunt en een vraag om tussen deze twee locaties een transport uit te voeren. Meestal worden goederen getransporteerd. Soms worden er ook personen getransporteerd, in dat geval spreekt men van een Dial-A-Ride probleem (DARP) (Toth & Vigo, 2002).

Zolang de capaciteit van een voertuig niet bereikt is, kunnen gebruikers met verschillende verzoeken dit voertuig delen. Aan elk verzoek is er ook een maximale rijtijd gekoppeld. Het gaat over de maximale tijd dat het voertuig in beslag neemt om van het ophaalpunt naar het afleverpunt te rijden. Aangezien DARP meestal betrekking heeft op het personenvervoer moet er rekening worden gehouden met specifieke vereisten omtrent de kwaliteit en klantenservice van deze dienstverlening (Masson, Lehuédé, & Péton, 2014).

2.3.1.5 *Lading opsplitsen*

Bij een Split Delivery Vehicle Routing Problem (SDVRP) is het mogelijk dat elke klant meerdere keren wordt bezocht met verschillende voertuigen, indien er gesplitste leveringen zijn toegelaten (Archetti & Speranza, 2012).

2.3.1.6 *Planningsperiode*

Een distributieplanning kan opgemaakt zijn voor slechts één periode, of voor meerdere. Deze laatste wordt ook wel een Periodic Vehicle Routing Problem genoemd (PVRP). Dit is een routeplanningsprobleem waarbij de bediening voor klanten over verschillende periodes moet worden verleend. Hier wordt er aangenomen dat klanten volgens een bepaald schema met een bepaalde frequentie moeten worden bediend en dat ze hierbij altijd een vaste hoeveelheid goederen ontvangen (Archetti, Fernández, & Huerta-Muñoz, 2017).

2.3.2 Operationeel niveau

2.3.2.1 *Voorraadbeheer bij routeplanning*

Een Inventory Routing Problem (IRP) of een voorraad routeplanningsprobleem, is een combinatie van twee problemen: voorraadbeheer en routeplanning (Coelho, Cordeau, & Laporte, 2012). Gedurende een bepaalde planningsperiode levert een leverancier goederen aan klanten. Bij deze geïntegreerde aanpak heeft de leverancier zicht op de voorraadniveaus van de klant en kennis van hun vraagproces. Op basis van deze informatie maakt de leverancier een compleet distributieplan op, inclusief de bezoekdagen, de te leveren hoeveelheden en een routeplanning. Deze activiteiten worden ook wel Vendor-Managed Inventory (VMI) genoemd (Archetti & Speranza, 2016).

2.3.2.2 *Het voertuig*

2.3.2.2.1 *Heterogene vloot*

Een homogeen wagenpark is zelden te vinden in de werkelijkheid. Doorgaans is een beschikbare vloot al heterogeen, of zullen ze heterogeen worden als er in de loop van tijd nieuwe voertuigen met verschillende kenmerken worden opgenomen in het wagenpark. Daarenboven verschillen de verzekerings-, onderhouds- en operationele kosten afhankelijk van het afschrijvingsniveau of de gebruiksduur van het wagenpark (Penna, Subramanian, & Ochi, 2013).

Dit wordt het Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem (HFVRP) genoemd en is een variant van het klassieke VRP waarbij er dus voertuigen met verschillende capaciteiten worden toegelaten, in plaats van een homogeen wagenpark (Lahyani et al., 2015).

2.3.2.2.2 *Meervoudig gebruik van voertuigen*

Een VRP met meervoudig gebruik van voertuigen wordt ook wel Multi-Trip Vehicle Routing Problem (MTVRP) genoemd. Dit betekent dat één voertuig meerdere routes kan uitvoeren. Dit is een variant die heel belangrijk is, maar in de literatuur weinig aandacht heeft gekregen. Bij een MTVRP, kan elk voertuig meerdere routes uitvoeren tijdens een bepaalde werkperiode. Het meervoudig gebruik van voertuigen kan enkel werken als het aantal bestellingen binnen een route klein zijn, de reistijd kort is, of er gewoon weinig voertuigen ter beschikking zijn zodat deze meermaals moeten worden ingezet (Derigs & Pullmann, 2014).

2.3.2.2.3 Ladingsbeperkingen

Het is nog maar recent dat routeplannings- en ladingsproblemen gezamenlijk onderzocht worden. Een optimalisatie van beide leidt tot een Vehicle Routing Problem with Loading Constraints (VRPLC) waarbij er veel moeilijkere beperkingen in kaart worden genomen dan alleen gewicht of volume (Lahyani et al., 2015; Pollaris et al., 2015).

Logistieke dienstverleners wijzen erop dat ze met verschillende ladingsproblemen worden geconfronteerd bij het maken van een routeplanning. Problemen zoals beperkingen bij de laadvolgorde en stabiliteitsbeperkingen. Rekening houden met laadbeperkingen tijdens de routeplanning is van cruciaal belang, anders kan dit de planning in gevaar brengen door last-minute wijzigingen en dit leidt tot extra kosten die vermeden kunnen worden (Pollaris et al., 2015).

Beperkingen met de container, gaan over de container of trailer waar de goederen in worden geplaatst. Artikel beperkingen gaan over individuele items terwijl vracht gerateerde beperkingen verwijzen naar een set van items (Pollaris et al., 2015).

Om op transportkosten te besparen, maken ze vaak gebruik van voertuigen die opgedeeld zijn in verschillende compartimenten om verschillende goederen toch samen te transporteren op slechts één voertuig. Naast de capaciteitsbeperking van het voertuig, heeft elk compartiment ook een eigen capaciteitsbeperking. Deze compartimenten kun zowel flexibel, waarbij de scheidingswand verplaatst kan worden, als vast zijn waarbij er geen verandering kan worden aangebracht aan deze scheidingswanden. Dit wordt een Vehicle Routing Problem with Compartments (VRPC) genoemd (Derigs et al., 2011).

2.3.2.2.4 Rij- en rusttijden

Een ander belangrijk punt in de wegvervoer sector is de wetgeving omtrent de rij- en rusttijden van een bestuurder. In de Europese Unie zijn er strenge richtlijnen opgesteld omtrent rij-, werk-, pauze- en rusttijden. Deze richtlijnen worden opgevolgd door middel van een automatische tachograaf die aanwezig zijn de in de vrachtwagens. Deze regelgeving beperkt de uitvoerbaarheid van een route die verschillende dagen duurt waar slechts één bestuurder is aan toegewezen. Twee methodes kunnen hier gebruikt worden om een routeplanning om te maken. De eerste manier is om eerst een route te maken zonder rekening te houden met deze regelgeving, om deze dan later hieraan aan te passen. In een geïntegreerde methode daarentegen wordt er direct bij het maken van de routeplanning rekening gehouden met deze regelgeving. Deze methode is veel complexer maar levert meestal wel een goedkopere oplossing (Prescott-Gagnon, Desaulniers, Drexl, & Rousseau, 2010).

2.3.2.3 *Meerdere tijdsvensters*

Bij het klassiek VRP, is de variant met tijdsvensters besproken (VRPTW). Een variant van het VRPTW, is een VRP met meerdere tijdsintervallen (Vehicle Routing Problem with Multiple Time Windows, VRPMTW). Waarbij de klant verschillende tijdsintervallen heeft en moet worden bediend in één van de mogelijkheden (Belhaiza, Hansen, & Laporte, 2014).

2.3.2.4 *Compatibiliteitsproblemen*

Er zijn ook fysieke insluitings- en uitsluitingsbeperkingen. Zo is het mogelijk dat een klant enkel mag bediend worden door één bepaald depot, door één bepaald voertuig of één specifieke bestuurder (Lahyani et al., 2015).

Vereisten voor bepaalde voertuigen en kwalificaties van de bestuurder, zoals de vergunningen, certificaten voor het vervoer van specifieke materialen of kennis van een bepaald gebied kunnen de compatibiliteit tussen bestuurder en voertuig ook beperken (Lahyani et al., 2015).

Voertuigkenmerken of productkenmerken kunnen ook tegenstrijdig zijn. Sommige ladingen voor bijvoorbeeld grootwarenhuizen hebben specifieke temperatuur vereisten per product. Of bij het vervoeren van dieren kunnen niet alle diersoorten samen getransporteerd worden (Lahyani et al., 2015).

2.3.2.4.1 *Toegankelijkheidsbeperkingen*

Het Truck and Trailer Routing Problem (TTRP) is een voorbeeld van een toegankelijkheidsbeperking. Hier bestaat een voertuig uit een vrachtwagen en een aanhangwagen. Daarbij kunnen de klanten worden opgedeeld in twee groepen: die enkel door de vrachtwagen zonder aanhangwagen kunnen bediend worden en diegene die door het complete voertuig bediend kunnen worden.

Een voertuig kan een route starten met of zonder een aanhangwagen. Als een klant enkel kan bediend worden door de vrachtwagen zonder aanhangwagen, zal de aanhangwagen ergens ontkoppeld worden zodat er een soort van sub-tour kan starten met klanten die alleen bereikbaar zijn met vrachtwagen. Belangrijk is dat voor de vrachtwagen kan terugkeren naar het depot, de aanhangwagen wel terug moet worden aangekoppeld (Derigs, Pullmann, & Vogel, 2013).

2.3.2.5 *Uitbesteden*

Sommige bedrijven kiezen ervoor om het transport van de routes uit te besteden. Het transport wordt dan niet door het bedrijf zelf uitgevoerd maar door een derde partij (Lahyani et al., 2015).

Het aantal routes dat moet worden uitgevoerd geeft een beeld over het aantal chauffeurs dat er nodig is. Hier zal dan een beslissing moeten worden genomen of een werknemer van het bedrijf zelf deze route zal uitvoeren of dit door een leasingchauffeur of doormiddel van uitbesteding wordt gedaan. Met de toewijzingen van eigen chauffeurs moet er rekening worden gehouden of die aan het einde van de week niet over hun rijtijd gaan. Om dit te vermijden moet er de nodige kennis zijn voor de routes per week toe te toewijzen aan de chauffeurs, en sluit dit uit dat routes onafhankelijk van elkaar kunnen bekeken worden (Zäpfel & Bögl, 2008).

Door het uitbesteden van een bepaalde route, zal het bedrijf zelf geen vrachtwagens en chauffeurs voor deze route moeten voorzien. De kosten bestaan dan uit de duur van een bepaalde route vermenigvuldigd met een bepaalde kostenfactor (Zäpfel & Bögl, 2008).

2.3.2.6 *Milieukwesties*

Bij een Green Vehicle Routing Problem (GVRP) worden milieu-, ecologische en sociale effecten in acht genomen. Hierbij worden ecologische en economische kosten geharmoniseerd door effectieve routes te implementeren om zo te voldoen aan zowel milieukwesties als het financiële aspect. Bij een klassiek VRP ligt de focus op de economische impact van de routeplanning. GVRP houdt dus rekening met bredere doelstellingen en operationele beperkingen die betrekking hebben op duurzame logistieke problemen. Dit houdt in dat het transportschema zal moeten worden aangepast en er een verschuiving zal moeten plaatsvinden bij het distributienetwerk naar een duurzaam netwerk. Groene logistiek houdt zich bezig met het meten van effecten op het milieu van verschillende distributie strategieën, het verminderen van energie verbruik en het recycleren van afval. (Lin, Choy, Ho, Chung, & Lam, 2014)

2.3.2.7 *Prioritaire klanten*

Door onverwachte gebeurtenissen kan het zijn dat er extra dienstverzoeken binnenkomen. Dit gaat om situaties waarbij sommige klanten geen voorraad meer hebben of dat het voertuig defect is. Op dat moment moeten er prioriteit labels worden toegewezen aan bepaalde klanten. Deze bepalen welke klant eerst bedient zal worden (Lahyani et al., 2015).

2.3.2.8 Cross-docking

Bij een VRP with Cross-Docking (VRPCD) wordt een set van homogene voertuigen gebruikt om de bestellingen van de leveranciers via een cross-dock naar de overeenkomstige klanten te transporteren. De bestellingen kunnen worden geconsolideerd in het cross-dock, maar ze kunnen niet worden opgeslagen omdat een cross-dock niet dient voor een voorraad voor lange termijn. Hierdoor moeten er ook beslissingen gemaakt worden omtrent de consolidaties op het cross-dock (Wen, Larsen, Clausen, Cordeau, & Laporte, 2009).

Een cross-dock wordt gedefinieerd als de consolidatie van inkomende orders, zodat ze eenvoudig kunnen worden gesorteerd in een distributiecentrum voor uitgaande zendingen. In dit soort distributiecentrums of cross-docks wordt er dus geen voorraad gehouden, maar consolideren blijft nog steeds mogelijk. De goederen worden in een cross-dock niet uitgepakt, maar de palletten en pakketten die binnen komen van verschillende leveranciers worden opnieuw gegroepeerd en rechtstreeks in de trailer voor de klanten geladen zonder dat ze worden opgeslagen, zodat ze ook in dezelfde vorm terug buiten gaan. Inkomende zendingen brengen minder dan 24 uur door in een cross-dock, in sommige gevallen zelfs minder dan één uur. Dit maakt dat een cross-dock niet alleen goede klantenservice biedt, maar het levert ook voordelen op tegenover traditionele opslag: het verminderen van de voorraadkosten, minder nood aan opslagruimte, minder handelingskosten en een snellere cashflow (Wen et al., 2009).

2.3.2.9 Open routes

Bij een Open Vehicle Routing Problem (OVRP), moet de chauffeur niet terugkeren naar het depot als de laatste klant is bediend. Zo kan de route eindigen op een parkeerplaats of bij de chauffeur thuis. Toepassingen van een OVRP zijn vooral terug te vinden bij het leveren van pakketjes aan particulieren, de postdienst die de krant rondbrengt, wanneer de routes worden uitbesteed of chauffeurs een eigen voertuig in bezit hebben (Lahyani et al., 2015).

2.3.2.10 Gelijktijdige voertuigen

Bij sommige klanten in bepaalde sectoren moeten er veel bestellingen afzonderlijk bij de klant geleverd worden. Omdat er wachtrijen kunnen optreden, worden er limieten opgesteld met het aantal voertuigen dat tegelijkertijd op dezelfde locatie mag aanwezig zijn (Lahyani et al., 2015). Dit hangt af van de capaciteit bij de klanten en het depot zelf, hoeveel verschillende voertuigen er gelijktijdig geladen en gelost kunnen worden (Cruz Reyes et al., 2007).

Een voorbeeld hiervan is de productie en rondbrengen van kranten. Een aantal vaste vrachtwagens zullen tegelijkertijd hun route starten (Lahyani et al., 2015).

2.3.2.11 Schoonmaken

Om te voldoen aan bepaalde gezondheidsregels en om vervuiling te voorkomen tijdens het transport van olie, chemische producten, smeermiddelen en dieren te voorkomen, is het reinigen van het voertuig een dagelijkse taak (Lahyani et al., 2015).

Voor sommige volgorde van producten is het schoonmaken van een voertuig niet nodig. Voor de routeplanning is het van belang om te bepalen wanneer de voertuigen moeten worden schoongemaakt, volgens welke planning en wat de kosten hiervan zijn. Deze schoonmaak kan tijdens de route gebeuren, of nadien (Lahyani et al., 2015).

2.3.3 Doelfunctie

De doelfunctie is eerder al besproken bij het klassiek VRP. Er kunnen meerdere en diverse doelstellingen zijn. Meestal gaat het om het minimaliseren van de totale af te leggen afstand, de totale tijd, de totale kost van een route of het maximaliseren van de servicekwaliteit en de winst. Wanneer er meerdere tegelijkertijd van toepassing zijn, kunnen deze soms in conflict zijn met elkaar (Lahyani et al., 2015).

2.3.4 Verder onderzoek

De aandacht wordt tegenwoordig steeds meer gevestigd op het milieu. Omdat GVRP nog maar zeer recent is opgenomen in de literatuur blijft er een behoefte bestaan om dit verder te onderzoeken, hetzij door theoretische bijdragen, hetzij door praktijk toepassingen (Lin et al., 2014).

Bij een VRPC zijn er ook nog verschillende varianten die interessant zijn voor verder onderzoek: een geoptimaliseerde splitsing van één order, om toe te laten dat dit order in verschillende compartimenten wordt geleverd en het overwegen van voertuigen met verschillende compartimentsopstellingen (aantal en capaciteit van de compartimenten) in één model te overwegen (Derigs et al., 2011).

In praktijk hebben diegene die gebruik maken van een cross-dock te maken met verschillende problemen die gelijktijdig voorkomen. De meeste literatuur behandelt slechts één probleem ondanks dat deze problemen onderling afhankelijk zijn van elkaar. Zo zou het bijvoorbeeld interessant zijn om de vrachtwagen planning te combineren met de routeplanning. Aangezien de routeplanning van de inbound trucks de aankomsttijd bepaalt aan het cross-dock, zullen deze dus de planning om de vrachtwagens te laden bepalen. Ook zal de planning om de vrachtwagens te laden de vertrektijd bepalen. Doordat beide problemen afhankelijk zijn van elkaar, lijkt het logisch om deze te combineren. Dus er is verder onderzoek nodig waarbij er verschillende problemen worden onderzocht in één aanpak (Van Belle, Valckenaers, & Cattrysse, 2012).

Een combinatie van een VRP en ladingsbeperkingen is ook een recent onderzoek domein. Dit is een domein waar er al reeds onderzoek is gedaan maar er nog steeds interessante mogelijkheden zijn voor verder onderzoek. Zo hebben bijvoorbeeld de beperkingen van gewichtsverdeling bij VRP of een PDP met ladingsbeperkingen nog toekomstpotentieel voor nog verder onderzoek. (Pollaris et al., 2015).

3 Praktijkonderzoek

In de literatuurstudie is een overzicht gegeven van verschillende realistische beperkingen in de routeplanning. In het praktijkgedeelte van deze masterproef wordt nagegaan hoe de routeplanning in de praktijk verloopt en met welke realistische beperkingen de bedrijven in de praktijk te maken krijgen. Zoals in de methodologie beschreven is, worden de realistische beperkingen uit de literatuurstudie ondervraagd door middel van interviews met bedrijven. De bedrijven die besproken worden zijn H.Essers en Rotra Forwarding Kampenhout.

3.1 Voorstelling bedrijven

Om een goed beeld te krijgen waarom sommige beperkingen wel of net niet van toepassing zijn bij deze bedrijven, is het belangrijk om te weten in welke sector zij actief zijn en welke taken zij uitvoeren. Daarom volgt er eerst een kort overzicht van beide bedrijven. Na het overzicht volgt er nog een sectie over hoe de routeplanning wordt opgesteld binnen deze bedrijven.

3.1.1 Over H.Essers

H.Essers is een logistieke dienstverlener die transport- en logistieke oplossingen biedt over heel Europa. Ze focussen zich vooral op het transport en de logistiek voor de chemie, farmaceutica en andere kwalitatief hoogstaande goederen. H.Essers telt momenten 73 vestigingen in West- en Oost-Europa, maar zijn hoofdzetel bevindt zich in België, Genk. Verder hebben zij een eigen magazijnen ter beschikking en een eigen vloot met trekkers en trailers. (H.Essers, z.d.)

Naast een eigen vloot wordt er ook gewerkt met vaste onderaannemers en charters. De vaste onderaannemers zijn andere transporteurs waarvan een aantal van hun wagens of chauffeurs voor H.Essers werken. Het aantal wagens die beschikbaar moeten worden gesteld of door H.Essers dienen ingeschakeld te worden, wordt op dag- of weekbasis met de onderaannemer afgestemd om in drukkeres periodes voldoende capaciteit beschikbaar te hebben. Charters worden gebruikt om spotvrachten aan te verkopen. Deze worden verkocht en gefactureerd op ritbasis per opbod. Eerst wordt er in het eigen charterbestand, van veel gebruikte firma's, prijs opgevraagd om zo de beste deal te kunnen vinden. Ook vrachtbeurzen als Timocom of Teleroute worden gebruikt om een vracht verkocht te krijgen. Sinds kort wordt er ook samengewerkt met TNX-logistics om het verkopen van vrachten slimmer en efficiënter aan te pakken. Dit is een AI platform dat op basis van historische data kan leren en slimmer vercharteren. Door de integratie van het eigen TMS kan de planner met enkele kliks een gemaakte rit naar het platform sturen. De charters kunnen via deze manier dan bieden op een rit.

Via Skype werd Frederick Vandevenne geïnterviewd. Hij heeft jaren gewerkt als routeplanner en is momenteel Business Analyst. Zo staat hij tussen de IT-afdeling en de werknemers in. Hij analyseert de organisatie en de manier van werken. Hij bepaalt hoe er efficiënter gewerkt kan worden en hoe het systeem kan worden aangepast om daaraan te voldoen.

3.1.1.1 *Routeplanning*

Voor de routeplanning maken ze bij H.Essers gebruik van twee programma's. Een planningssoftware systeem, THOR, voor de distributieritten en een eigen Transportmanagementsysteem (TMS) systeem, het Java Essers Framework (JEF), voor de andere ritten te plannen. In het JEF programma gebeurt alles manueel door de planner. Het order wordt er in aangemaakt, daarna kunnen de ritten worden aangemaakt. Ook kunnen de orders worden samengevoegd, voertuigen kunnen worden beheerd, ook het opvolgen van ritten en de facturatie zit allemaal in dat programma. De planner maakt dus zelf de route en alle beslissingen omtrent de routeplanning en de stops. Dit is een probleem waar H.Essers vaak tegenaan loopt. Wanneer een order wordt aangemaakt, gaat afhankelijk van bepaalde criteria deze terecht komen bij een bepaalde planner. Alles wordt geregeld door die specifieke planner, of deze naar het cross-dock gaat, of er een multi-modaal traject van moet worden gemaakt. Alle knowhow zit bij de planner, maar zodra deze specifieke planner niet meer beschikbaar is, is de kennis weg of maar heel beperkt doorgegeven. H.Essers verzorgt niet alleen transport, maar voorziet ook opslag en cross-docks, ook dit wordt volledig aangestuurd vanuit JEF. Een cross-dock wordt enkel gebruikt om verschillende zendingen te consolideren en opslag gebeurt enkel op vraag van de klant voor stockage of Value Added Services.

Het tweede programma is een planningssoftware systeem, THOR, dat ritten gaat maken voor de distributieplanning oftewel de stukgoedplanning. Voor deze software wordt samengewerkt met Conundra. Dit systeem zal proberen de afstand van een rit zo klein mogelijk proberen te maken met toch zo veel mogelijk zendingen. Alle orders worden dan via een XML naar het programma gestuurd, THOR gaat hier dan mee aan de slag en als de ritten berekend zijn stuurt THOR de XML waarop de ritten zitten terug, met welke orders op welke rit zitten. Op basis van deze input, van het XML bestand, worden de ritten automatisch aangemaakt in het eigen JEF systeem. De enige manuele actie hier is het XML bestand naar THOR doorsturen, THOR laten runnen en het bestand terug sturen. Hun ervaring leert dat ervaren planners het moeilijker hebben met dit soort systemen, omdat ze zich minder belangrijk voelen. Ervaren planners hechten veel belang aan hun kennis en werk. Daardoor hebben ze het moeilijker om zich enkel met data/gegevens bezig te houden. Onervaren planners daarentegen vinden dit soort programma's een fijne ervaring.

Om een order te kunnen aanmaken hebben ze bij H.Essers verschillende gegevens nodig. Een ophaal- en afleveradres zijn het belangrijkste. Daarnaast is er een afhaaldatum nodig. Met 90% van de klanten is er een vaste lead time afgesproken, dus als de afhaaldatum gekend is, dan is ook de afleverdatum gekend. Dan is er standaard informatie nodig over de te transporteren goederen. Het aantal laadmeters, het volume, de soort goederen, het type verpakking, of de goederen op palletten staan, of deze palletten gestapeld mogen worden, de hoogte van de geladen palet en de afmetingen

van de palletten. Daarnaast is het ook belangrijk te weten of er met een specifiek voertuigtype moet geleverd of afgehaald worden zoals temperatuurgeregeld transport. Maar ook of er een laadklep moet voorzien worden of kan er aan een kaai worden geladen. Als het ADR goederen zijn moet er een chauffeur worden voorzien met een ADR certificaat.

Gelukkig komen veel orders binnen via een Electronic data interchange, EDI, of via de webtool. Order aanmaken is niet zo zeer een manueel proces, maar de orderaanvragen worden bij ontvangst wel gecontroleerd. Een order waar niet alle informatie van gekend is zal nog niet gepland kunnen worden.

Daarnaast wordt er ook nog gewerkt met BTV Maps, als routeberekeningssoftware voor tracking. Dit wordt samen gebruikt met Google Maps, daar dit sterker is in streetview, maar minder goed in de routeberekening van de vrachtwagens.

Goed om te weten is, dat H.Essers bezig is met het ontwikkelen van een nieuw routeplanningssoftware systeem. Dit systeem zal veel duidelijker en meer visueel zijn. De planner gaat met dit nieuwe programma wel minder beslissingen moeten nemen.

3.1.2 Over Rotra Forwarding

Rotra Forwarding Kampenhout maakte tot voor kort deel uit van de Rotra Group. Sinds januari dit jaar zijn echter alle onderdelen die te maken hebben met wegvervoer overgenomen door Kuehne + Nagel. Ze bestaan nog steeds onder de naam Rotra, maar horen nu dus tot de Kuehne + Nagel group.

Rotra Forwarding in Kampenhout verzorgt het transport en vervoer binnen Europa. Op de site in Kampenhout is er ook een warehouse met cross-dock aanwezig. Omwille van de overname zijn er nu ook verschillende logistieke sites ter beschikking van Kuehne + Nagel. Verder doen zij het transport zowel met eigen trekkers als met trekkers van vaste charters. Deze vaste charters of onderaannemers worden aanzien als partners en voorzien zowel trekkers als distributiewagens. De gebruikte trailers zijn wel eigendom van Rotra. Voorbeelden van vaste partners zijn: Citydepot die voor de stadsdistributie zorgt of Euro Connection die levert binnen de provincie Luik, zij geven een bepaald postcode gebied door dat zij voor Rotra kunnen verzorgen. Rotra brengt de goederen naar hun depot, en de partners zorgen dan voor de uiteindelijke routes en uitleveringen binnen hun werkgebied. Ook losse charters worden gebruikt.

De persoon die telefonisch geïnterviewd werd, is Maarten Jacobs. Hij is teamleider binnen de Benelux afdeling en is vroeger zelf routeplanner geweest. Hij zorgt binnen België, Nederland en Luxemburg voor een fijnmazige distributieplanning.

3.1.2.1 Routeplanning

Voor de routeplanning maakt Rotra Forwarding Kampenhout gebruik van twee softwareprogramma's. iTMS is een programma dat enkele jaren geleden ontwikkeld is in eigen beheer. Binnen dit systeem, bevindt zich het programma iplanboard dat gebruikt wordt door de planners. Daarnaast hebben zij nog een aanvullend routeplanningssoftware systeem genaamd PTV route optimizer Smart Tour. Regelmatig wordt ook Google Maps/ Streetview geraadpleegd om te kijken of de locatie van de klant voldoende bereikbaar is met een grote vrachtwagen, of ze hiervoor een alternatief moeten zoeken.

De routeplanning zelf gebeurt in twee fasen. Rond de middag wordt er begonnen aan de planning voor de dag erna. In een eerste fase wordt gekeken welke wagens er beschikbaar zijn en welke zendingen er zijn binnen gekomen. Eerst worden grote zendingen, LTL en FTL, manueel gepland. Dit gebeurt in het iplanboard systeem. In dit systeem selecteert de planner de zendingen die een chauffeur gaat uitvoeren, op een handige kaart kunnen ze zien waar de locaties zijn, en welke zendingen ze nog eventueel kunnen toevoegen. De kennis hiervoor zit dus in het hoofd van de planner zelf. Sommige grote zendingen worden ook extern uitbesteed aan partners. Dit gaat meestal over volle vrachten, FTL. De transportopdracht wordt opgestuurd naar deze partners, en zij voeren dit transport uit in hun beheer. Deze eerste fase noemen ze zelf de manuele voorplanning.

Het inhouse systeem heeft enkele verplichte velden, alvorens een zending kan geaccepteerd worden. De benodigde data bestaat uit laad-en losadressen en de goederen specificaties zoals het aantal stuks, laadmeter, afmetingen, de soort goederen, of ze geladen zijn op een palet of een colli.

De zendingen die daarna nog overblijven zijn de kleinere zendingen, deze worden gepland op de overgebleven vrachtwagens. Deze worden via het inhouse systeem iTMS doorgestuurd naar PTV route optimizer Smart Tour. Het systeem biedt twee opties. Het programma zal de routes automatisch plannen op basis van alle ingestuurde data of de planner selecteert de zendingen die zeker samen moeten op één bepaalde rit. In dit programma kunnen er ook restricties ingegeven worden, waar rekening mee wordt gehouden tijdens het lopen van dat programma. Hij geeft uiteindelijk, met alle beschikbare data, de routes met een bepaalde volgorde van de stops. Deze tweede fase wordt aanzien als semiautomatisch. Er is nog steeds een planner nodig om de data door te sturen en restricties in te geven, eveneens als het goedkeuren van de ritten die uit het programma voortvloeien.

Uit hun ervaring is gebleken dat, hoe meer restricties en data er wordt ingegeven, hoe meer kans er is dat dit de routeplanning gaat beïnvloeden in de negatieve zin. Het programma gaat met zo veel elementen rekeningen houden, dat het soms allemaal niet meer logisch is voor een planner. Zo kunnen er bijvoorbeeld openingsuren worden ingegeven per klant. Als het programma gaat rekenen en die komt net één minuut te laat aan bij de klant gaat hij dit niet inplannen. Een menselijke planner zal dan zeggen dat het nog op tijd is, maar een programma kan dit onderscheid niet maken.

3.2 Beperkingen in de routeplanning

Om te weten te komen met welke beperkingen bedrijven in de praktijk te maken krijgen, werd de lijst met beperkingen uit de literatuur bevestigd. Daarna hadden de geïnterviewden nog de kans om eventueel bijkomende beperkingen aan te halen.

Sectie 3.2.1 bevat een tabel, dat een overzicht weergeeft met welke beperkingen deze twee bedrijven te maken krijgen. In sectie 3.2.2 tot en met sectie 3.2.25 bevatten een bespreking per beperking.

3.2.1 Overzicht

In tabel 1 is een overzicht weergegeven van de ondervraagde beperkingen uit de literatuur.

Beperking	H.Essers	Rotra Forwarding
Gebruikte data		
- Stochastische data (SVRP)	X	X
- Dynamische data (DVRP)	X	X
Locatieproblemen (LRP)		
Meerdere depots (MDVRP)		
Routeplanningsprobleem met backhauls (VRPB)	X	
Lading splitsen (SDVRP)	X	X
Planningsperiode (PVRP)		
Voorraadbeheer bij routeplanning (IRP)		
Heterogene vloot (HFVRP)	X	X
Meervoudig gebruik van voertuigen (MTVRP)	X	X
Ladingsbeperkingen (VRPLC)	X	X
Compartimenten (VRPC)	X	
Rij- en rusttijden	X	X
Meerdere tijdsvensters (VRPMTW)	X	X
Compatibiliteitsproblemen	X	X
Toegankelijkheidsbeperkingen (TTRP)	X	
Uitbesteden	X	X
Milieukwesties (GVRP)		
Prioritaire klanten	X	X
Cross-docking (VRPCD)	X	X
Open routes (OVRP)	X	
Gelijktijdige voertuigen	X	X
Schoonmaken	X	

Tabel 1. Overzicht beperkingen Literatuur

3.2.2 Stochastische data (SVRP)

Dat de reis- en bedieningstijd niet exact op voorhand gekend is, is iets waar ze bij H.Essers tegen aan lopen. Er wordt hiervoor een schatting gemaakt door de planner, die zich baseert op zijn eigen ervaring en historische data. Het huidige programma heeft wel een basis ETA of aankomsttijd, berekening. Deze houdt rekening met het aantal kilometers van de route, de rij- en rusttijden en de tijd per stop om te laden en te lossen. Maar het is moeilijk in te schatten hoeveel tijd de klant nu nodig heeft om te laden en te lossen, hiervoor baseert de planner zich op historische data, en gaat dus nagaan hoe veel tijd het de vorige keer in beslag nam.

H.Essers is bezig met een experiment hier rond: Geofencing. Zo kunnen ze erachter komen hoelang een vrachtwagen werkelijk op de site van de klant is. Dit gebeurt op basis van de posities van het voertuig. Rond de site van een klant wordt een Geo-fence gelegd, en als de coördinaten van het voertuig hier binnen vallen is het voertuig aangekomen. Van zodra deze coördinaten er terug buiten vallen, heeft het voertuig de site verlaten. Op termijn zal er dan geweten zijn hoe lang het werkelijk duurt bij de klant.

Het nieuwe software routeplanningsprogramma bij H.Essers zal er een veel uitgebreidere ETA berekening zijn, waarbij er ook rekening zal worden gehouden met files en wegblokkeringen. Maar het nieuwe systeem is nog niet klaar, en in het oude systeem is dit nog niet zo uitgebreid.

Bij Rotra Forwarding hebben ze de mogelijkheid om een stoptijd per laad- of losadres in te geven in hun iTMS programma. Standaard staat die op 10 minuten. Het automatisch planprogramma Smart Tour gaat hier dan ook automatisch rekening mee houden. Helaas wordt deze optie niet gebruikt, en blijft alles op de standaard tijden staan. Dit omdat er uit ervaring is gebleken, als ze die tijden aanpassen voor bepaalde klanten er heel vreemde routeplanningen gemaakt worden, met minder stops waardoor de kostprijs van de route ook beïnvloed wordt. Op dit moment is het dan ook de ervaring en kennis van de planner, die bepaalt of een rit haalbaar is voor een bepaalde chauffeur, met behulp van het programma voor een juiste rit of volgorde te bepalen. De planner draagt uiteindelijk wel de eindverantwoordelijkheid. Dit geldt ook voor de reistijden. In het programma kan er ook wel een bepaalde rijtijd factor worden aangepast, dit is de gemiddelde snelheid die een chauffeur zou halen op één dag. Bij rustigere periodes wordt die omhoog aangepast en kan er meer worden gepland, bij drukere periodes wordt die omlaag aangepast zodat er realistische plannings kunnen gemaakt worden.

De klantvraag voor de leveringen is exact gekend bij Rotra Forwarding. Er is gekend hoeveel goederen, palletten, stuks of kilogram er geleverd moet worden. Bij de ophalingen is dit anders. Daar is niet exact geweten hoeveel de klant zal laden, soms zal dit minder zijn en is het een uitdaging om nog een zending bij te zoeken om de wagen toch zo vol mogelijk te krijgen. Het kan ook meer zijn, dat moet er bijvoorbeeld een extra trailer worden voorzien.

3.2.3 Dynamische data (DVRP)

Bijkomende transportverzoeken als de route al is gestart, waardoor de route nog kan worden aangepast is iets dat eerder beperkt voorkomt bij H.Essers. Er zijn duidelijke en vaste afspraken gemaakt met klanten. Dag A bestelt voor 16u is dag B afhalen en Dag C leveren, afhankelijk van de afstanden. Soms kan er worden beslist om toch een bestelling aan te nemen, deze beslissing ligt bij de planner. De planner zal de aanpassing ook zelf doen, maar er zijn heel wat dingen waarmee er rekening gehouden moet worden. Een track en trace systeem is aanwezig in elke wagen, zo kan er gecontroleerd worden waar exact die zich bevindt en wat de laatste communicatie met de planner is geweest via de boordcomputer. Bovendien moet er rekening worden gehouden met de rij- en rusttijden van de chauffeur en de stops die hij nog moet doen.

Ook bij Rotra Forwarding proberen ze dit te vermijden. Maar als er toch een vraag van de klant binnenkomt worden de mogelijkheden wel bekeken. Ze beschikken ook over real-time informatie zodat ze precies weten waar de vrachtwagen zich bevindt. Als er nog een wagen is met plaats, wordt dit gedaan maar er worden geen tien ritten aangepast. In principe geldt ook hier de regel: dag A bestellen, dag B ophalen en dag C, afhankelijk van de looptijden, leveren. Uitzondering is er voor klanten die zich dichtbij de site bevinden en er toch elke dag verschillende wagens langs rijden.

3.2.4 Locatieproblemen (LRP)

Voor Rotra Forwarding is dit niet van toepassing, zij hebben hun magazijn en cross-dock in Kampenhout.

Ook bij H.Essers is dit momenteel geen beperking die voorkomt.

Beide bedrijven zijn niet bezig met het bepalen van een locatie van een nieuw magazijn, depot, hub of fabriek.

3.2.5 Meerdere depots (MDVRP)

Rotra Forwarding heeft slechts één depot en cross-dock in België en dat is in Kampenhout. Zij hebben dus geen problemen om te bepalen welke klant door welk depot beleverd zal worden.

Ook H.Essers heeft niet met deze beperking te maken. De klant kan wel meerdere locaties hebben binnen één depot, maar de goederen zullen nooit verspreid zijn over meerdere depots. Er wordt wel aangehaald dat er toch wel problemen zijn met de verschillende cross-docks. Momenteel worden de zendingen verdeeld op basis van type goederen. Zo gaan bijvoorbeeld gepalletiseerde goederen, general cargo of sommige chemicaliën naar het cross-dock in Genk. In totaal zijn er zes of zeven cross-docks over heel België. Het nieuwe routeplanningssoftware systeem zal aan het licht brengen of het bijvoorbeeld veel gunstiger is om de verdeling niet op basis van type goederen te doen maar

op een andere manier. Met dit nieuwe systeem zal er getest worden of de cross-docks efficiënter benut kunnen worden.

3.2.6 Routeplanningsprobleem met backhauls (VRPB)

H.Essers heeft met deze beperking te maken bij de FTL en groupage zendingen. Voor distributie zijn er verschillende stops waar ophalingen en leveringen door elkaar gebeuren. Bij volle ritten kan er dus beter gewacht worden tot de wagen leeg is om terug te laden. De planner maakt de planning ook gewoon zo op en zorgt dat de wagen op het verste punt van het cross-dock leeg is.

Bij Rotra Forwarding gebeuren de ophalingen en leveringen door elkaar op één route. Met de voorwaarde dat er eerst een aantal zendingen moeten worden geleverd, om zo genoeg plaats te hebben om te kunnen ophalen. Hierdoor hebben zij dus niet te maken met deze beperking.

3.2.7 Lading splitsen (SDVRP)

Bij H.Essers worden de orders gesplitst als de te vervoeren hoeveelheid niet op één wagen past. Ook als de klant bijvoorbeeld één palet per vier uur wilt ontvangen, worden deze order gesplitst en beschouwd als aparte orders bij de routeplanning.

Ook bij Rotra Forwarding wordt de lading gesplitst als het volume te groot is voor één vrachtwagen. Bij kleine zendingen wordt altijd geprobeerd om deze zendingen samen op één vrachtwagen te zetten. Hiervoor wordt er dagelijks een document, met eventuele zendingen die nog openstaan voor dezelfde klant met hetzelfde adres, nagekeken. Zo kunnen deze zendingen gecentraliseerd en samen uitgeleverd worden. Dit is beter om de kosten te drukken.

3.2.8 Planningsperiode (PVRP)

Bij beide bedrijven is dit niet van toepassing. De klanten moeten eerst zelf een order versturen, alvorens deze in de planning wordt gezet. Voor Rotra Forwarding gelden hierbij dezelfde regels: dag A bestellen is dag B ophalen en dag C leveren. Bij H.Essers kan de klant wel aan het begin van de maand de orders voor de hele maand doorgeven, maar dan zal de klant zelf die bepaalde frequentie in de orders moeten verwerken.

3.2.9 Voorraadbeheer bij routeplanning (IRP)

Bij beide bedrijven is deze beperking niet van toepassing. Ook hier moeten de klanten zelf orders aanvragen. De bedrijven houden geen rekening met de voorraden bij de klant.

3.2.10 Heterogene vloot (HFVRP)

Beide bedrijven hebben een heterogene vloot ter beschikking.

Bij Rotra Forwarding hebben ze zelf een eigen vloot met trekkers en trailers. Daarnaast zijn er ook charters met distributiewagens en trekkers. Ook zijn er nog verschillende soorten trailers: city trailers, trailers met een laadklep, een frigotrailer, box trailers en huifwagens. In de manuele voorplanning worden de soorten trailers toegewezen door de planner. Als een bepaalde klant een laadklep nodig heeft, kan dit wel in het systeem worden ingegeven per adres.

Ook bij H.Essers zijn er verschillende soorten: distributiewagens, dual temp trailers, frigowagens, wisselbakwagens, vrachtwagen- aanhangwagens en wagens met een laadklep. De planner zal eerst de ritten samenstellen en daarna pas bepaalde vereisten aan de rit koppelen. Zo zou er bijvoorbeeld alleen een zending met de laadklep geleverd kunnen worden. Daarna wordt er pas een capaciteit gekoppeld aan de rit op basis van de beschikbare capaciteit (soort wagen). Als dan blijkt dat er een beperking zit op vlak van capaciteit, dus teveel gepland op een rit en past niet allemaal op de wagen of maar één frigowagen ter beschikking en twee routes voor gekoeld transport, dan zal de planner de planning aanpassen. De routeplanningssoftware houdt dus geen rekening met een heterogene vloot, de planner moet dit manueel doen.

3.2.11 Meervoudig gebruik van voertuigen (MTRP)

Bij beide bedrijven worden bepaalde voertuigen voor meerdere routes in een bepaalde werkperiode gebruikt. Eenzelfde wagen kan bij H.Essers door twee binnenlandse chauffeurs gebruikt worden. Zo kan er overdag een of meerdere routes worden uitgevoerd door één chauffeur en s' nachts ook door een andere chauffeur. Bij chauffeurs die in het binnenland rijden, komt het meervoudig gebruik voor. Voor ritten naar het buitenland is de afstand te groot. Ook wordt een terugrit met ophalingen, als alle afhalingen gebeurd zijn, gezien als een nieuwe rit.

Ook Bij Rotra Forwarding komt het voor dat één chauffeur in dezelfde wagen verschillende routes heeft, als dit kleinere routes zijn. In het iplanboard gaat de planner selecteren welke chauffeur welke rit gaat uitvoeren. De routeplanningssoftware houdt hier dus geen rekening mee. Het is de planner die bepaald of een rit of een combinatie van ritten haalbaar zijn voor de chauffeur.

3.2.12 Ladingsbeperkingen (VRPLC)

Bij H.Essers is het de planner die aan de ladingsbeperkingen moet denken en oplossen. Zo mogen de zware ladingen nooit als eerste geladen worden, deze zorgen voor te veel gewicht op de trek as, waardoor de asbelasting niet meer zal kloppen. Soms kan het dan voorvallen dat een zending van vijf laadmeters verspreid wordt over meerdere laadmeters, gewoon om te zorgen dat het gewicht beter verdeeld is. Ook de laadvolgorde is belangrijk, wat als laatste op de route gelost moet worden, zal als eerste op de wagen geladen worden. Dit zijn allemaal beperkingen waar de planner manueel rekening mee houdt bij het opmaken van de route, omdat de huidige routeplanningssoftware hiervoor geen opties heeft.

De laadvolgorde is ook enorm belangrijk bij Rotra Forwarding. Zo kunnen er bijvoorbeeld in de Benelux ophalingen worden gedaan die voor de andere sites zijn in Europa. Die bepaalde zendingen moeten dan eerst opgehaald worden, zodat deze op de trailer kunnen blijven en niet nog eens moeten worden overgeladen op het cross-dock. Deze volgorde wordt bepaald in een dagelijks overleg tussen de planner van de Benelux afdeling, de planner van andere afdelingen en de fleet supervisor. Dit om een volgorde te bepalen en alles vlot te laten verlopen. In het algemeen wordt voor de ladingsbeperkingen, bij Rotra, gerekend op de ervaring en kennis van de planner. Hiervoor maakt de planner momenteel geen gebruik van een extra software programma. De planner geeft door op hoeveel laadmeter een bepaalde zending geladen moet worden. Maar de eindverantwoordelijkheid, hoe de palletten exact geplaatst worden, ligt bij de vrachtwagenchauffeur. Die moet toezien, dat er goed geladen wordt.

3.2.13 Compartimenten (VRPC)

Bij Rotra Forwarding worden wel verschillende soorten goederen samen geladen maar dit zonder duidelijke compartimentering. In het iTMS systeem wordt ook met een speciaal icoontje aangegeven of het om voeding gaat. ADR goederen krijgen hierbij een ander icoontje. Zo weet de planner dat deze niet gecombineerd mogen worden.

H.Essers heeft bijvoorbeeld Bitemp-trailer ter beschikking. Deze beschikken over een speciale tussenwand zodat gekoelde goederen samen getransporteerd kunnen worden met andere soorten. De planner gaat dan bepalen welke zendingen in welke temperatuur in het eerste deel komen, en welke zendingen in het tweede deel tegen welke temperatuur. Dan moet er ook nog beslist worden op hoeveel meter de tussenwand geplaatst moet worden. Belangrijk hierbij is dat de planner er ook rekening mee moet houden dat alles wat in het eerste compartiment zit als laatste gelost zal moeten worden.

3.2.14 Rij- en rusttijden

Bij wet moet er rekening gehouden worden tijdens het plannen met de rij- en rusttijden. De bedrijven geven ook aan dat dit noodzakelijk is voor de veiligheid en om hoge boetes tegen te vermijden.

Bij H.Essers is het de planner die tijdens het maken van de ritten, rekening moet houden met deze rij- en rusttijden. Uit ervaring weten ze dat er binnen België geen enkele rit is die niet binnen de rij- en rusttijden valt. Op het programma kan ook gekeken worden hoeveel uur de chauffeurs nog kunnen werken. Maar alles valt terug op de kennis van de planner.

Ook bij Rotra Forwarding zijn er geen problemen met ritten die binnen België gebeuren. Soms valt het voor dat een chauffeur een laatste stop niet meer kan doen omdat hij anders over zijn rijtijd gaat. Via de tracking kan er worden nagegaan hoeveel beschikbare rijtijd de chauffeurs nog hebben en is er nooit discussie mogelijk. Bij de externe kan dit niet gecontroleerd worden, en wordt er een print van de tachograaf gevraagd om misbruik te voorkomen.

3.2.15 Meerdere tijdsvensters (VRPMTW)

Bij H.Essers kunnen de klanten meerdere tijdsintervallen aangeven. Dit geeft geen problemen indien het om volle vrachten gaat. Dan moeten er geen stops gepland worden en moet er enkel gekeken worden dat de wagen aankomt binnen een van de tijdsvensters. Maar als het een wagen is met verschillende zendingen, waarbij sommige zendingen binnen een tijdsinterval moeten vallen, wordt hierbij rekening gehouden bij het opmaken van de route.

Bij Rotra kunnen in het systeem de verschillende openingsuren of sluitingsdagen worden ingegeven. Ook afspraken per uur kunnen per klant worden ingegeven. Het routeplanningsprogramma gaat hier dan rekening mee houden. De tijdsleveringen zijn wel in de minderheid, wat het makkelijker maakt om te plannen.

3.2.16 Compatibiliteitsproblemen

Bij Rotra Forwarding is deze beperking slechts in beperkte mate van toepassing. Het komt voor dat klanten moeilijk bereikbaar zijn doordat ze in het centrum liggen of aan een smalle weg. Dit maakt dat sommige voertuigen niet compatibel zijn, om te gebruiken tijdens bepaalde routes. De vraag naar een specifieke chauffeur omdat er bepaalde kennis voor die route nodig is valt veel minder voor. Dit omdat elke chauffeur een eigen regio krijgt toegewezen. Ze doen dus niet altijd dezelfde ritten maar zitten wel altijd rond dezelfde regio's. Dit wordt toegewezen door de planner. Hiervoor wordt een handig werkdocument gebruikt waarin de gegevens staan van de chauffeurs, de geldigheid van het ADR-certificaat en hun regio.

Ook bij H.Essers rekenen ze op de kennis van de planner. Specifieke instructies worden opgenomen in de 'special instructions' document per adres. Zo is er dan geweten met welk type wagen er bij een bepaald adres geleverd moet worden. Deze instructies helpen de planner en dwingen voertuigtypes op voorhand af. Bij moeilijke klanten stuurt de planner een specifieke chauffeur. Iemand die de regio kent en de taal spreekt als de klant zich bijvoorbeeld in Wallonië bevindt. Dit maakt de opvolging voor de planner ook makkelijker, als er minder problemen voor komen.

3.2.17 Toegankelijkheidsbeperkingen (TTRP)

Bij H.Essers is dit wel een beperking die voorkomt. Sommige klanten zijn enkel bereikbaar met de vrachtwagen en zal de aanhangwagen ergens in de buurt worden afgezet. Maar het is veel werk voor de planner. Zo moet er doorgegeven worden aan het cross-dock welke zendingen er op de vrachtwagen moeten geladen worden en welke er op de aanhangwagen mogen. De planner moet hier ook rekening mee houden in zijn planning, dat niet eerst de zendingen in de vrachtwagen gelost worden. Met een lege vrachtwagen en volle aanhangwagen rijden is niet aangenaam en zelfs gevaarlijk.

Bij Rotra Forwarding is deze beperking niet van toepassing, daar ze niet beschikken over vrachtwagen-aanhangwagen in hun wagenpark.

3.2.18 Uitbesteden

Bij Rotra Forwarding wordt er gewerkt met losse charters voor FTL en LTL. Groupage wordt uitgevoerd door vaste onderaannemers. De losse charters krijgen enkel een transport opdracht toegewezen: laden op punt A, leveren op punt B. Vaste onderaannemers rijden dagelijks voor Rotra en krijgen een uitgewerkte route. In drukke periodes kan het ook zijn dat er wordt uitbesteed aan partners, waar nog nooit mee is samengewerkt. Bij de partner die stadsdistributie verzorgt, Citydepot of Euro connection voor de provincie Luik, worden de zendingen in hun depot geleverd. Dit zit dus mee in de routeplanning van Rotra Forwarding. De eigenlijke verdeling valt dan onder de routeplanning van bijvoorbeeld Citydepot zelf.

Ook bij H.Essers wordt er uitbesteed. De vaste transporteurs, waarvan hun chauffeurs/wagens, voor H.Essers werken worden beschouwd als eigen vloot in de routeplanning. Deze krijgen dan ook hun rit gecommuniceerd door de planners van H.Essers zelf. Ook bij de spotvrachten, die aan de laagste bieder worden verkocht, is de rit al opgemaakt. De transporteur die de vracht mag uitvoeren krijgt de transport opdracht met alle details doorgestuurd.

3.2.19 Milieukwesties (GVRP)

Bij beide bedrijven wordt er tijdens het opmaken van de routeplanning geen rekening gehouden met milieukwesties.

H.Essers heeft momenteel bijna allemaal voertuigen met de euro 6 norm. Die mogen dus ook gewoon de lage emissiezones in. Enkel bij overnames, als daar nog verouderde voertuigen zijn, rijden die nog wel een tijd mee alvorens deze vervangen worden. Hier moet dus in de planning wel rekening mee gehouden worden. Maar het is niet zo dat dit grote problemen geeft.

Bij Rotra Forwarding bestaat het wagenpark momenteel uit euro 5. In de planning hoeft er met milieukwesties geen rekening te houden omdat de steden waar er restricties gelden, zelden door Rotra zelf wordt uitgeleverd. In steden zoals Brussel, Antwerpen en Gent verzorgt de partner Citydepot de verdere uitlevering. Rotra Forwarding levert dan in een depot aan de rand van de stad. Er wordt dus wel rekening mee gehouden, maar niet in de eigen routeplanning.

3.2.20 Prioritaire klanten

Bij Rotra Forwarding worden enkel bepaalde klanten met prioriteit behandeld tijdens drukke periodes die overflow geven. In normale omstandigheden worden alle klanten gelijk behandeld. Dan wordt alles ingepland en uitgeleverd van alle klanten.

Ook H.Essers kent enkel prioriteiten toe aan bepaalde klanten tijdens capaciteitstekort. Dus als er veel vraag naar transport is, en er weinig beschikbare capaciteit is. Het is de planner die bepaalt welke klanten voorrang krijgen. In het systeem zijn wel enkele tools, die daarbij kunnen helpen. Zo komen ze te weten welke zendingen belangrijk zijn. Zo zijn er de 'star shipments', deze zendingen moeten op tijd geleverd worden anders volgen er boetes. Boetes moeten ten alle tijden vermeden worden. Daarnaast zijn er bepaalde 'red carpet' klanten die een voorkeursbehandeling krijgen op het moment dat er een beperkte capaciteit beschikbaar is.

3.2.21 Cross-docking (VRPCD)

Beide bedrijven maken gebruik van een cross-dock.

Bij Rotra Forwarding zal de planner beslissen welke zendingen samen op één vrachtwagen moeten. Van zodra die planning klaar is, krijgt het cross-dock de juiste informatie toe gestuurd. Zo kunnen zij beginnen klaarzetten per rit en per locatie.

Ook bij H.Essers is het bepalen van de rit de consolidatie. Bedoeling is om per uitlevergebied zoveel mogelijk samen te vervoeren om zo weinig mogelijk kilometers leeg te moeten rijden. Door te consolideren wordt er marge en dus winst gecreëerd. Het is de taak van de planner om een efficiënte route hiervoor uit te stippelen. Zendingen groter dan acht of negen palletten blijven op de trailer zitten en worden dus niet uitgeladen op het cross-dock. Op die trailer worden dan de kleinere zendingen bijgeladen. Dit zorgt voor extra complexiteit tijdens het plannen.

3.2.22 Open routes (OVRP)

Bij Rotra Forwarding komt deze beperking niet voor. Elke route start en eindigt op de site in Kampenhout. Dit is wel specifiek voor de Benelux planning.

Bij H.Essers komt dit wel voor. Meestal gaat dit wel over routes vanuit de klant en niet vanuit het cross-dock. Er worden ook routes uitgevoerd, die de klant zelf heeft samengesteld, en dus niet eindigen op hetzelfde punt. Ook ritten naar het buitenland kunnen zo eindigen. De chauffeur moet in het buitenland dan wachten tot deze een nieuwe rit krijgt toegekend.

3.2.23 Gelijktijdige voertuigen

Bij H.Essers hebben ze deze beperking aangepakt op twee manieren. Als een klant vaak last heeft van wachttijden voor het laden en lossen op de eigen site, gaat die uiteindelijk toch opteren om voor een slotboekingsysteem te gaan. Dan zal er een laad of los slot moeten geboekt worden. Anderzijds wordt er bij grotere klanten gewerkt met standtrailers. De trailers worden dan op de site van de klant afgezet, tegen een kaai of op een parkingplaats. Zo kan de klant deze dan vullen wanneer hij tijd heeft. De trailers worden dan gewisseld op afroep, dus als hij vol is of op vaste tijdstippen. Dan brengt de chauffeur een lege trailer om opnieuw te vullen, en neemt de geladen trailer mee.

Bij Rotra valt dit alleen maar voor bij grote volumes. Dan kan het voorvallen dat er twee trailers bij dezelfde klant zijn. De klant moet dan doorgeven dat er een extra trailer nodig is om het volume te laden en dit twee uur voor de lading plaats zal vinden.

3.2.24 Schoonmaken

Bij Rotra wordt hiervoor geen tijd ingepland in de routeplanning. Er wordt zowel van de chauffeur als van de medewerkers van het cross-dock verwacht dat als de laadvloer niet meer schoon is, deze uitgeborsteld moet worden. Als dit voorvalt wanneer een chauffeur aan zijn route begint en dit redelijk wat tijd in beslag zal nemen, moet de chauffeur zich melden bij de planner. Dan wordt er gekeken hoe lang die daarmee bezig zal zijn, en wordt er nagekeken of de route nog haalbaar is.

H.Essers heeft in Tessenderlo een eigen gecertificeerd spoelstation. Op een rit kunnen spoelacties worden toegevoegd. Dit kan het eigen spoelstation zijn of spoelstations die onderweg op de route liggen. Soms zijn deze spoelingen nodig alvorens de chauffeur een nieuwe vracht mag laden maar soms kan hij ook gaan spoelen in afwachting tot zijn volgende vracht.

3.2.25 Extra beperking

Rotra Forwarding haalde nog een extra beperking aan, waarmee zij regelmatig te maken krijgen bij het opstellen van de routeplanning: de taal van de chauffeur. Veel chauffeurs spreken tegenwoordig geen Engels, Frans of Nederlands meer. Dit maakt dat er slecht gecommuniceerd kan worden over bepaalde belangrijke aspecten bij een route. Deze chauffeurs kunnen niet worden ingezet op bepaalde routes als sommige klanten eisen dat er een test wordt afgenomen alvorens men de site mag betreden. Bij andere klanten zijn enkel chauffeurs toegelaten die Nederlands, Frans of Engels spreken. Dit maakt dat de opvolging van deze routes veel tijd vergt omdat er vaker problemen zijn door de taalbarrière.

3.3 Conclusie praktijkonderzoek

In het praktijkgedeelte van deze masterproef werd nagegaan hoe de routeplanning in de praktijk verloopt en met welke realistische beperkingen de bedrijven in de praktijk te maken krijgen. De rich VRP's vanuit de literatuurstudie werden getoetst aan de praktijk door middel van interviews met twee bedrijven: H.Essers en Rotra Forwarding Kampenhout.

Of een bedrijf al dan niet te maken heeft met bepaalde beperkingen is soms bedrijfsspecifiek of bepaald door hun werkwijze. Zo is de beperking van een cross-dock enkel van toepassing als het bedrijf gebruik maakt hiervan. Zo hebben beide bedrijven niet te maken met een locatieprobleem, daar ze hun logistiek netwerk momenteel niet aan het uitbreiden zijn. Omdat Rotra maar één depot heeft en H.Essers de goederen per klant in hetzelfde magazijn stockeert is ook een MDVRP niet van toepassing. Bij Rotra bestaan alle ritten uit zowel ophalingen als leveringen in één route en hebben dus niet te maken met een VRPB. Beide hadden niet te maken met een PVRP of een IRP, omdat ze deze diensten niet aanbieden. Bij Rotra hadden ze geen beperkingen in verband met OVRP of schoonmaken omdat ze dit niet opnemen in hun routeplanning. Ze hebben geen vrachtwagen-aanhangwagens in hun vloot en dus niet te maken met een TTRP. Met milieukwesties wordt er in beide bedrijven geen rekening gehouden.

Andere beperkingen zoals de rij- en rusttijden, het schoonmaken van het voertuig of de ladingsbeperkingen zijn bij wet bepaald en kunnen niet anders dan gevolgd worden.

Beide bedrijven hebben te maken met stochastische bedienings- en reistijden. Beide hebben wel een optie in het routeplanningsprogramma om rekening te houden met de variabiliteit van de bedienings- en reistijden. Echter baseert de planner zich hiervoor op historische data en eigen kennis.

In het routeplanningsprogramma van beide bedrijven is er rekening gehouden met dynamische data. Zo beschikken ze over real-time informatie van de vrachtwagens, en kunnen ze bekijken of ze bijkomende transportverzoeken nog kunnen geïntegreerd worden in de rit.

Beide bedrijven beschikken over een heterogene vloot. Bij Rotra kan er in het systeem wel worden ingegeven of een bepaalde klant een bepaald voertuig nodig heeft, maar uiteindelijk worden de voertuigen manueel toegewezen in de voorplanning. Bij H.Essers wordt er ook pas na het manueel ontwerpen van de route rekening gehouden met de soort wagen en kan het voorvallen dat de route moet worden aangepast.

Meerdere tijdsvensters kunnen in de routeplanningssoftware van Rotra worden ingegeven en zal de software bij het plannen hier rekening mee houden. Bij H.Essers moet de planner hier zelf rekening mee houden tijdens de manuele planning.

Beide hebben te maken met de beperking dat bepaalde voertuigen niet compatibel zijn voor bepaalde klanten. Beide hebben hier een apart document met instructies voor, om dit manueel te kunnen aanpassen.

Beide bedrijven maken dus gebruik van een (hulp)programma bij het opmaken van de routeplanning. Echter vallen nog veel beslissingen bij de planner. Bij H.Essers is dit omdat in het huidige

routeplanningsprogramma de meeste beperkingen niet zijn geïntegreerd. Bij Rotra kunnen er wel een aantal restricties geïntegreerd worden in de routeplanningsprogramma's. Maar hoe meer de software rekening houdt met deze restricties, hoe vreemder de routes worden. Dus kiezen ze ervoor om de planner deze manueel te laten aanpassen.

4 Conclusie

Binnen deze masterproef werd getracht een antwoord te vinden op de centrale onderzoeksvraag. Deze luidde als volgt: 'Met welke realistische beperkingen dient een transporteur rekening te houden bij het opstellen van de routeplanning?'. Het antwoord op deze centrale onderzoeksvraag werd gevonden door het beantwoorden van drie deelvragen.

Om een antwoord te vinden op deze (deel)vragen werd deze masterproef opgebouwd in een literatuurstudie en een praktijkonderzoek. In de literatuurstudie werd eerst een klassiek VRP met zijn varianten besproken. Daarna werd er een overzicht gegeven van de belangrijkste rich VRP's. In het praktijkonderzoek werden deze rich VRP's uit de literatuurstudie getoetst aan de praktijk door middel van interviews. De geïnterviewde bedrijven zijn: Rotra Forwarding Kampenhout en H.Essers.

Deelvraag 1: Welke realistische beperkingen met betrekking tot de routeplanning komen voor in de literatuur?

In de literatuurstudie werden de belangrijkste realistische beperkingen opgesomd die te vinden zijn in de wetenschappelijke literatuur. Omdat deze beperkingen afhangen van het beslissingsniveau binnen een bedrijf, werden ze opgesplitst in twee categorieën. Het strategisch en tactisch niveau zijn samengevoegd omdat deze beide over een langere tijdshorizon gaan. Bij beslissingen op operationeel niveau is de tijdshorizon beperkt tot enkele dagen, weken of maanden.

Op strategisch en tactisch niveau is de gebruikte data een belangrijk component. Stochastische en dynamische data leiden tot onzekerheid, en maken het moeilijk om een routeplanning op te stellen. Locatieproblemen zijn dan weer belangrijk voor bedrijven die een optimaal distributienetwerk willen opstellen.

Enkele belangrijke beperkingen, op operationeel niveau, zijn er die bij wet bepaald zijn. Beperkingen omtrent de rij- en rusttijden, het schoonmaken van voertuigen of sommige ladingsbeperkingen kunnen niet anders dan gevolgd worden en zullen dus optreden bij het opmaken van de routeplanning. Meerdere tijdsvensters bij klanten, waarbij de klant in één van deze vensters bediend moeten worden bemoeilijken de routeplanning. Door de toenemende interesse voor milieuproblemen, zal er tijdens het opstellen van de routeplanning ook meer rekening moeten worden gehouden met de milieukwesties naast het financiële aspect.

Deelvraag 2: Hoe verloopt de routeplanning momenteel in de praktijk?

Om een oplossing te vinden op deze deelvraag werden twee bedrijven geïnterviewd: H.Essers en Rotra Forwarding Kampenhout. Beide bedrijven maken gebruik van (hulp)routeplanningsprogramma's. Rotra beschikt hierbij over een uitgebreid routeplanningsprogramma, waarbij er verschillende restricties kunnen worden ingegeven. Daar is echter gebleken dat, hoe meer de software rekening moet houden met restricties, hoe meer dit de routeplanning gaat beïnvloeden in de negatieve zin. Zo is het alsnog die planner die met restricties rekeningen moet houden. H.Essers heeft ook een eigen TMS systeem, maar in dit programma gebeurt alles manueel door de planner. De meeste kennis voor de routeplanning zit dus gewoon in het hoofd van de planner.

Beide maken ook gebruik van een aanvullend routeplanningssoftware systeem, waarbij de routes automatisch gegenereerd worden op basis van ingestuurde data. Ook Google Maps/ Streetview wordt door beide regelmatig geraadpleegd om te kijken of een klant voldoende bereikbaar is met een bepaald voertuig, of hier een alternatief voor moet worden voorzien.

Om de routeplanning te kunnen opstellen zijn er verschillende gegevens nodig. De laad- en losadressen zijn hierbij het belangrijkste. Ook goederenspecificaties zijn nodig, zoals het aantal stuks, laadmeter, afmetingen, de soort goederen of ze geladen zijn op een palet of colli.

Deelvraag 3: Met welke realistische beperkingen krijgen bedrijven in de praktijk te maken?

De realistische beperkingen, die uit de literatuurstudie zijn gekomen, zijn bevraagd aan de twee bedrijven. Beperkingen zoals de rij- en rusttijden, sommige ladingsbeperkingen of het schoonmaken van voertuigen zijn bij wet bepaald, en kunnen beide bedrijven niet anders dan deze te volgen. Beide hebben ook te maken met stochastische bedienings- en reistijden. Ze hebben wel beide een optie in het routeplanningsprogramma om rekening te houden met de variabiliteit van de bedienings- en reistijden. Echter baseert de planner zich hiervoor op historische data en eigen kennis, in plaats van deze optie in het routeplanningsprogramma te gebruiken. Een optie, in het routeplanningsprogramma, dat ze wel gebruiken is die van de dynamische data. Zo beschikken ze over real-time informatie van de vrachtwagens, en kunnen ze bekijken of bijkomende transportverzoeken nog kunnen geïntegreerd worden in de rit.

Beide bedrijven beschikken over een heterogene vloot. Bij Rotra kan er in het systeem wel worden ingegeven of een bepaalde klant een bepaald voertuig nodig heeft, maar uiteindelijk worden de voertuigen manueel toegewezen tijdens de voorplanning. Bij H.Essers wordt er ook pas na het manueel ontwerpen van de route rekening gehouden met de soort wagen en kan het voorvallen dat deze route moet worden aangepast.

Meerdere tijdsvensters kunnen in de routeplanningssoftware van Rotra worden ingegeven en zal de software bij het plannen hier rekening mee houden. Bij H.Essers moet de planner hier zelf rekening mee houden bij de manuele planning.

Compatibiliteitsproblemen, dat bepaalde voertuigen niet compatibel zijn voor bepaalde klanten, is ook een beperking waarmee ze beide te maken hebben. Dit wordt manueel opgelost door de planner dankzij een apart instructie document.

Of een bedrijf al dan niet te maken heeft met bepaalde beperkingen is soms bedrijfsspecifiek of bepaald door hun werkwijze. Zo zijn er enkel beperkingen met een cross-dock of het uitbesteden als het bedrijf hiervan gebruik maakt. Omdat hun distributienetwerk al is opgezet, hebben zij ook niet te maken met een locatierouteringsprobleem.

Beperkingen en aanbevelingen voor verder onderzoek

Of een bedrijf al dan niet te maken heeft met bepaalde beperkingen is soms bedrijfsspecifiek of bepaald door hun werkwijze. Bij dit gevoerde praktijkonderzoek is er gebruik gemaakt van een wegtransport bedrijf en een 3PL bedrijf. Door andere soort bedrijven, bijvoorbeeld een 4PL of 5PL, te onderzoeken hadden er andere beperkingen, zoals voorraadbeheer bij de routeplanning, van toepassing geweest. Dit is een piste dat zeker bekeken kan worden voor verder onderzoek.

Deze thesis is een kwalitatief explorerend onderzoek om de bevindingen vanuit de literatuur af te toetsen aan de praktijk. Aangezien het praktijkonderzoek maar twee interviews bevat, mogen de conclusies niet veralgemeend worden. Toekomstig onderzoek zou dan ook best meerdere bedrijven interviewen voor een praktijkonderzoek, om resultaten te kunnen veralgemenen.

Dit onderzoek is eerder beperkt, en geeft enkel de belangrijkste realistische beperkingen weer in de literatuur. Daar RVRP pas recent de focus is van onderzoek, zijn er nog veel pistes die hierbij bekeken kunnen worden.

Anderzijds door veranderingen in de logistieke sector zullen er andere of nieuwe beperkingen belangrijk worden en andere zullen verdwijnen. Een algemene trend is toch wel de groene logistiek. Hierdoor zal een GVRP nog veel mogelijkheden bieden voor verder onderzoek.

Bibliografie

Wetenschappelijke bronnen

- Archetti, C., Fernández, E., & Huerta-Muñoz, D. L. (2017). The Flexible Periodic Vehicle Routing Problem. *Computers & Operations Research*, 85, 58-70. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cor.2017.03.008>
- Archetti, C., & Speranza, M. G. (2012). Vehicle routing problems with split deliveries. *International Transactions in Operational Research*, 19(1-2), 3-22. doi:10.1111/j.1475-3995.2011.00811.x
- Archetti, C., & Speranza, M. G. (2016). The inventory routing problem: the value of integration. *International Transactions in Operational Research*, 23(3), 393-407. doi:10.1111/itor.12226
- Belhaiza, S., Hansen, P., & Laporte, G. (2014). A hybrid variable neighborhood tabu search heuristic for the vehicle routing problem with multiple time windows. *Computers & Operations Research*, 52, 269-281. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cor.2013.08.010>
- Bräysy, O., & Gendreau, M. (2005). Vehicle Routing Problem with Time Windows, Part I: Route Construction and Local Search Algorithms. *Transportation Science*, 39(1), 104-118. doi:<http://dx.doi.org/10.1287/trsc.1030.0056>
- Caceres-Cruz, J., Arias, P., Guimarans, D., Riera, D., & Juan, A. A. (2014). Rich Vehicle Routing Problem: Survey. *ACM Comput. Surv.*, 47(2), Article 32. doi:10.1145/2666003
- Coelho, L. C., Cordeau, J.-F., & Laporte, G. (2012). The inventory-routing problem with transshipment. *Computers & Operations Research*, 39(11), 2537-2548. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cor.2011.12.020>
- Cruz Reyes, L., González Barbosa, J. J., Romero, D., Fraire-Huacuja, H., Rangel-Valdez, N., Herrera, J.-A., . . . Orta, J. F. (2007). *A Distributed Metaheuristic for Solving a Real-World Scheduling-Routing-Loading Problem*.
- Derigs, U., Gottlieb, J., Kalkoff, J., Piesche, M., Rothlauf, F., & Vogel, U. (2011). Vehicle routing with compartments: applications, modelling and heuristics. *OR Spectrum*, 33(4), 885-914. doi:10.1007/s00291-010-0194-3
- Derigs, U., & Pullmann, M. (2014). Solving multitrip vehicle routing under order incompatibilities: A VRP arising in supply chain management. *Networks*, 64(1), 29-39. doi:10.1002/net.21554
- Dominguez, O., Guimarans, D., Juan, A. A., & de la Nuez, I. (2016). A Biased-Randomised Large Neighbourhood Search for the two-dimensional Vehicle Routing Problem with Backhauls. *European Journal of Operational Research*, 255(2), 442-462. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.05.002>
- Drexel, M. (2012). Rich vehicle routing in theory and practice. *Logistics Research*, 5(1-2), 47-63. doi:<http://dx.doi.org/10.1007/s12159-012-0080-2>
- Drexel, M., & Schneider, M. (2015). A survey of variants and extensions of the location-routing problem. *European Journal of Operational Research*, 241(2), 283-308. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.08.030>

- Goel, R., Maini, R., & Bansal, S. (2019). Vehicle routing problem with time windows having stochastic customers demands and stochastic service times: Modelling and solution. *Journal of Computational Science*, 34, 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jocs.2019.04.003>
- Ho, W., Ho, G. T. S., Ji, P., & Lau, H. C. W. (2008). A hybrid genetic algorithm for the multi-depot vehicle routing problem. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 21(4), 548-557. doi:<https://doi.org/10.1016/j.engappai.2007.06.001>
- Irnich, S., Toth, P., & Vigo, D. (2014). Chapter 1: The Family of Vehicle Routing Problems. In (pp. 1-33).
- Kramer, R., Cordeau, J.-F., & Iori, M. (2019). Rich vehicle routing with auxiliary depots and anticipated deliveries: An application to pharmaceutical distribution. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 129, 162-174. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.07.012>
- Lahyani, R., Khemakhem, M., & Semet, F. (2015). Rich vehicle routing problems: From a taxonomy to a definition. *European Journal of Operational Research*, 241(1), 1-14. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.07.048>
- Lin, C., Choy, K. L., Ho, G. T. S., Chung, S. H., & Lam, H. Y. (2014). Survey of Green Vehicle Routing Problem: Past and future trends. *Expert Systems with Applications*, 41(4, Part 1), 1118-1138. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.07.107>
- Masson, R., Lehuédé, F., & Péton, O. (2014). The Dial-A-Ride Problem with Transfers. *Computers & Operations Research*, 41, 12-23. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cor.2013.07.020>
- Pillac, V., Gendreau, M., Guéret, C., & Medaglia, A. L. (2013). A review of dynamic vehicle routing problems. *European Journal of Operational Research*, 225(1), 1-11. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.08.015>
- Pollaris, H., Braekers, K., Caris, A., Janssens, G. K., & Limbourg, S. (2015). Vehicle routing problems with loading constraints: state-of-the-art and future directions. *OR Spectrum*, 37(2), 297-330. doi:<http://dx.doi.org/10.1007/s00291-014-0386-3>
- Prescott-Gagnon, E., Desaulniers, G., Drexler, M., & Rousseau, L.-M. (2010). European Driver Rules in Vehicle Routing with Time Windows. *Transportation Science*, 44, 455-473. doi:10.1287/trsc.1100.0328
- Prodhon, C., & Prins, C. (2014). A survey of recent research on location-routing problems. *European Journal of Operational Research*, 238(1), 1-17. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.01.005>
- Sayez, N. (2017). *Dynamic and Stochastic Vehicle Routing Problem with Time Windows : comparison between state-of-the-art methods*. . (Computer Science and Engineering), Université catholique de Louvain, Ecole polytechnique de Louvain
- Toth, P., & Vigo, D. (2002). *The Vehicle Routing Problem*.
- Van Belle, J., Valckenaers, P., & Cattrysse, D. (2012). Cross-docking: State of the art. *Omega*, 40(6), 827-846. doi:<https://doi.org/10.1016/j.omega.2012.01.005>
- Wen, M., Larsen, J., Clausen, J., Cordeau, J. f., & Laporte, G. (2009). Vehicle routing with cross-docking. *The Journal of the Operational Research Society*, 60(12), 1708-1718. doi:<http://dx.doi.org/10.1057/jors.2008.108>
- Xu, H., Zhi-Long, C., Rajagopal, S., & Sundar, A. (2003). Solving a practical pickup and delivery problem. *Transportation Science*, 37(3), 347.

Zäpfel, G., & Bögl, M. (2008). Multi-period vehicle routing and crew scheduling with outsourcing options. *International Journal of Production Economics*, 113(2), 980-996.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.11.011>

Webbronnen

Business Dictionary. (z.d.). Geraadpleegd op 12 oktober 2019, van <http://www.businessdictionary.com/definition/route-planning.html>

Claeys, T. (2013, 19 juni). Bron van transportoptimalisering: Sip-Well maakt werk van tactische routeplanning. Value Chain. Geraadpleegd van <https://www.valuechain.be/nl/nieuws/detail/2142/bron-van-transportoptimalisering>

De Vos, B. (2014, 5 mei). Royal Canin Frankrijk rolt routeplanning van Descartes verder uit. Value Chain. Geraadpleegd van <https://www.valuechain.be/nl/nieuwsbrief/detail/2836/royal-canin-frankrijk-rolt-routeplanning-van-descartes-verder-uit>

Federale Overheidsdienst Mobiliteit en Vervoer. (2019). Kerncijfers van de Mobiliteit 2018. Geraadpleegd van https://mobilit.belgium.be/sites/default/files/kerncijfers_mobiliteit_2018.pdf

H.Essers. (z.d.). H.Essers. Geraadpleegd op 1 april 2020, van <https://www.essers.com/over-ons/over-h-essers/>

Minder files 'dankzij meer asfalt'. (2014, 24 november). Flows. Geraadpleegd van <https://www.flows.be/nl/nieuws/nederland-minder-files-2013-dankzij-meer-asfalt>

Sector:transport. (z.d.). Geraadpleegd op 9 maart 2020, van <https://graydon.be/wiki/sector-transport>

Shamir, S. (2018, 16 augustus). Why Route Planning is Important For Your Business. Supply Chain Management Review. Geraadpleegd van https://www.scmr.com/article/why_route_planning_is_important_for_your_business

Transport en logistiek. (z.d.). Geraadpleegd op 17 oktober 2019, van https://www.business.belgium.be/nl/investeren_in_belgie/sleutelsectoren/transport_en_logistiek

Truck & Business. (z.d.). Transport.Belgium. Geraadpleegd van http://www.febiac.be/documents_febiac/2015/mmm-final.pdf

Vlaams Verkeercentrum. (2018, 9 maart). Rapport Verkeersindicatoren Snelwegen Vlaanderen 2017. Geraadpleegd op 10 oktober 2019, van <http://www.verkeerscentrum.be/pdf/rapport-verkeersindicatoren-2017-v1-1.pdf>