



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen

master in de handelswetenschappen

Masterthesis

Determinanten van onzekerheid in rittenplanningen op korte termijn

Denise Ramaekers

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

PROMOTOR :

Prof. dr. Kris BRAEKERS

BEGELEIDER :

Mevrouw Silia MERTENS



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

Determinanten van onzekerheid in rittenplanningen op korte termijn

Denise Ramaekers

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

PROMOTOR :

Prof. dr. Kris BRAEKERS

BEGELEIDER :

Mevrouw Silia MERTENS

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

Deze masterproef is het sluitstuk van de opleiding Handelswetenschappen met afstudeerrichting Supply Chain Management aan de Universiteit Hasselt. Ik koos voor dit onderwerp door mijn interesse in het logistieke domein en de verbetering hiervan. Ik heb mijn kennis betreffende goederentransport in Vlaanderen en het proces van rittenplanningen verhoogd en ik kan met trots terugblikken op het hele proces en het resultaat dat hieruit is voortgekomen.

Dit onderzoek is tot stand gekomen dankzij de samenwerking met mijn promotor Kris Braekers, wie ik graag wil bedanken voor het nalezen van deze masterproef, de constructieve feedback die me steeds werd gegeven en het aanreiken van nuttige literatuur. Ook Silia Mertens is een grote hulp geweest tijdens het schrijfproces, zij gaf me een bredere kijk op het onderwerp en reikte relevante informatie en duidelijke voorbeelden aan. Daarnaast is er een fijne samenwerking met Maarten Neyens van transportorganisatie H.Essers te Genk tot stand gekomen en is zijn hulp bij het praktijkgedeelte zeker van pas gekomen. Ook hem wil ik graag bedanken voor zijn tijd en bijdrage aan dit onderzoek.

Ik zou ook graag volgende personen in mijn persoonlijke omgeving willen bedanken voor de steun die ze mij hebben gegeven tijdens het schrijven van deze masterproef. Vooral mijn ouders, vriend en zus verdienen een vermelding. Ik wil hen bedanken voor de steun, het nalezen van deze masterproef en het geven van nuttige tips voor de verdere uitwerking van dit sluitstuk.

Denise Ramaekers

Pelt, juni 2020

Samenvatting

Deze masterproef wordt geschreven naar aanleiding van de interesse in onderzoek naar factoren die onzekerheid brengen in het planningsproces van transportritten op korte termijn. Dit onderzoek begint met het aanhalen van de relevantie van goederenvervoer in Vlaanderen en de effecten ervan.

Het belang van goederentransport in Vlaanderen bleef de laatste jaren sterk toenemen. Uit **de probleemstelling** wordt duidelijk dat transport zowel positieve als negatieve effecten met zich meedraagt voor een samenleving. Op economisch vlak is transport een goede zaak aangezien het de economische toestand van een land enorm vooruit stuwt. Daarnaast wordt de bestaande problematiek van goederentransport aangehaald op maatschappelijk vlak. Zo hebben logistieke activiteiten in Vlaanderen een negatieve invloed op het milieu, de verkeersveiligheid en de filezwaarte. Aan de keerzijde maakt transport het de consument mogelijk om goederen te bestellen bij een aanbieder die vervolgens, in de meeste gevallen, thuis bij de klant worden afgeleverd. Deze transactie is tegenwoordig zo ingeburgerd bij de consument dat aanbieders van goederen niet anders kunnen dan mee te gaan met deze stroming. Doordat transport deze evolutie heeft doorgemaakt, zullen de transportplanners een aantal onzekerheden tegenkomen. Deze onzekerheden worden uitvoerig onderzocht in de masterproef. De centrale onderzoeksvraag is dan ook *'Met welke onzekerheden moet een rittenplanner rekening houden bij het plannen van ritten op korte termijn en hoe kan hij hiermee omgaan?'*. Daarnaast worden een aantal deelvragen geformuleerd die helpen bij het beantwoorden van de centrale onderzoeksvraag: *'Wat is rittenplanning?'*, *'Wat zijn de concrete soorten van de onzekerheden?'* en *'Hoe kunnen transportbedrijven omgaan met onzekerheden in rittenplanningen?'*.

In het tweede hoofdstuk, **vehicle routing problem**, wordt het voertuigrouteringsprobleem (VRP) toegelicht aan de hand van een voorbeeld. Dit voorbeeld zal een leidraad vormen in het onderzoek. De definitie van een standaard VRP wordt hierbij volledig ontleed om ieder element te begrijpen: in het voertuigrouteringsprobleem moet de capaciteit van de vloot voldoen aan de vraag van klanten. Een voertuig begint en eindigt zijn route in hetzelfde depot en de som van de vraag van de klanten op een route mag de capaciteit van een voertuig niet overschrijden. Een klant moet zijn gehele vraag in één keer door één voertuig laten afleveren. Het doel is om de totale afstand die de vloot aflegt en de kosten te minimaliseren. Vervolgens wordt de term 'korte termijn' gedefinieerd. Het is belangrijk om te weten met welke tijdshorizon er wordt gewerkt bij het opstellen van een rittenplanning. Op korte termijn zijn er namelijk een aantal factoren die vaste gegevens zijn – waarop er dus beperkingen zijn – zoals investeringen, werkkrachten en wetgeving, terwijl andere dynamisch en onzeker zijn – zoals klantenvragen, weersomstandigheden en congestie. Echter moet het onderscheid tussen voorgaande factoren genuanceerd worden aangezien deze zowel dynamisch als statisch kunnen worden beschouwd. Het is belangrijk voor de rittenplanner dat hij weet welke factoren al dan niet een invloed hebben op de rittenplanning, zodat hij hier eventueel op kan anticiperen bij het opstellen van een route.

In theorie kan een VRP zeer eenvoudig gedefinieerd en opgelost worden. In de praktijk is dit echter niet zo eenvoudig. De rittenplanner krijgt tijdens het opstellen van de route en/of tijdens het

uitvoeren van de rit vaak onvolledige of onjuiste informatie waardoor de rittenplanning niet optimaal kan worden gemaakt voordat de rit van start gaat. Deze onzekerheden worden onderverdeeld in enerzijds statische problemen – waarbij de informatie vast en gekend is voor de rittenplanner - en dynamische problemen – waarbij de informatie pas later bekend wordt. Anderzijds zijn er dynamische problemen en stochastische problemen – waarbij er onzekerheid is met betrekking tot de beschikbare informatie, maar waarvoor een bepaalde kansverdeling beschikbaar is.

In het hoofdstuk **onzekerheid in VRP's** komen concrete vormen van onzekerheid aan bod die zich kunnen voordoen tijdens het uitvoeren van een rit en wordt onderzocht hoe een rittenplanner kan omgaan met deze onzekerheden. Voorbeelden van onzekerheid die zich kunnen voordoen in specifieke situaties zijn: veranderingen die worden doorgevoerd door de klant nadat de route reeds in uitvoering is – zoals het levertijdstip, de plaats van levering of het bestelde volume wijzigen – onzekerheid betreffende de beschikbare middelen of chauffeurs en onzekerheid met betrekking tot de soorten goederen, waarbij de voorgaande oorzaken van onzekerheid een invloed hebben op de reistijd, de beschikbare capaciteit van een vloot of de volgorde waarin de klanten worden bediend in de route. Hierbij worden voorbeelden weergegeven om te visualiseren welke effecten deze onzekerheden hebben op de rittenplanning. Daarnaast worden telkens oplossingsmethodes uit de literatuur toegepast op deze voorbeelden.

In het **praktijkgedeelte** worden de vormen van onzekerheid getoetst in de praktijk aan de hand van een interview met transportorganisatie H.Essers te Genk. Dit betekent dat de verschillende vormen van onzekerheid uit het derde hoofdstuk worden toegepast op de praktijk. Hier wordt duidelijk hoe transportplanners binnen H.Essers in de praktijk hun rittenplanningen kunnen aanpassen en anticiperen op onzekerheden. Uit het interview blijkt dat H.Essers de opgedane ervaring doorheen de jaren en goede communicatie met de klant combineert met bepaalde oplossingsmethoden die in de literatuur terug te vinden zijn. Zo zal H.Essers ook stochastische en deterministische gegevens gebruiken in het opstellen van de rittenplanning door bijvoorbeeld historische data op te nemen en zal het bedrijf proberen op deze manier te anticiperen op de wijzigingen van de klant. Er moet worden opgemerkt dat in dit geval transportbedrijf H.Essers zich op deze manier organiseert, maar dat andere transportorganisaties een andere aanpak kunnen toepassen.

De manieren van omgaan met onzekerheid uit de literatuur worden in de **discussie** vergeleken met de aanpak van transportbedrijf H.Essers. Er kan besloten worden uit het interview dat H.Essers zowel oplossingsmethodes opgedaan uit ervaringen in de praktijk als theoretische oplossingsmethodes toepast in het rittenplanningsproces.

In de **conclusie** worden de belangrijkste bevindingen beschreven voor wat betreft de oplossingsmethoden die kunnen worden toegepast in een rittenplanning en wordt een antwoord geformuleerd op de centrale onderzoeksvraag. Er zal ook een aanbeveling gedaan worden naar verder onderzoek en een meer uitgebreide onderzoeksaanpak.

Inhoudsopgave

Woord vooraf	1
Samenvatting	3
Inhoudsopgave	5
Lijst met figuren.....	7
Lijst met tabellen	7
Lijst met afkortingen.....	8
1 PROBLEEMSTELLING EN ONDERZOEKSAANPAK.....	9
1.1 Relevantie onderzoek	9
1.2 Probleemstelling	16
1.3 Centrale onderzoeksvraag en deelvragen	19
1.4 Onderzoeksaanpak.....	20
2 VEHICLE ROUTING PROBLEM	21
2.1 Handelsreizigersprobleem	21
2.2 Definitie voertuigrouteringsprobleem.....	22
2.2.1 Capaciteit van de vloot voldoet aan de vraag van de klanten	22
2.2.2 Start- en eindpunt.....	25
2.2.3 Eén voertuig per klant	25
2.2.4 Eén route per voertuig	25
2.2.5 Totale afstand minimaliseren	26
2.3 Bijkomende probleemkenmerken van een VRP	26
2.3.1 Lading	26
2.3.2 Afstand.....	27
2.3.3 Hergebruik van voertuigen	27
2.3.4 Tijdsvensters en rittenplanningsschema's.....	27
2.4 Korte termijn rittenplanningen.....	27
2.4.1 Vaste beperkingen	28
2.4.2 Dynamische factoren	29
3 ONZEKERHEID IN VRP'S.....	31
3.1 Onzekerheid.....	31
3.1.1 Dynamische en stochastische problemen.....	33
3.2 Soorten onzekerheden.....	38
3.3 Gevolgen en oplossingen	39
3.3.1 Oplossingen voor dynamische VRP's	40
3.3.2 Oplossingen voor stochastische VRP's	54
3.3.3 Oplossingen voor dynamische en stochastische VRP's	57
3.3.4 Gevolgen van onzekerheid	59
4 PRAKTIJKGEDEELTE	62
4.1 Aanpak interview	62
4.2 Uitvoering interview	62
4.2.1 Oorzaken van onzekerheid met betrekking tot dynamische klantaanvragen	63

4.2.2	Oorzaken van onzekerheid betreffende de reistijd	69
4.2.3	Oorzaken van onzekerheid betreffende het uitvallen van een voertuig/chauffeur	71
4.2.4	Oorzaken van onzekerheid betreffende de te transporteren goederen	72
4.2.5	Oorzaken van onzekerheid betreffende de uitbraak van een pandemie	73
4.3	<i>Resultaten interview</i>	74
5	DISCUSSIE	75
6	CONCLUSIE	79
	Lijst van geraadpleegde werken	81
	Bijlagen	85
	<i>Bijlage 1: tabel 1: aandeel sectoren in milieudruk (Vlaanderen, 2017)</i>	87
	<i>Bijlage 2: interview Maarten Neyens – H.Essers</i>	89

Lijst met figuren

Figuur 1: Tonkilometers van goederenvervoer in Vlaanderen.....	10
Figuur 2: Filezwaarte in Vlaanderen (2012 – 2019).....	12
Figuur 3: Aantal ongevallen per dag in Vlaanderen	14
Figuur 4: Wegen-, spoor- en waternetwerk Vlaanderen	16
Figuur 5: Klanten ten opzichte van elkaar en het depot	18
Figuur 6: Eenvoudig handelsreizigersprobleem	21
Figuur 7: Depot met klanten Figuur 8: Uitgestippelde ritten	24
Figuur 9: De nieuwe klanten Figuur 10: De nieuwe klanten ingepland.....	32
Figuur 11: Proces ontwerp rittenplanning.....	34
Figuur 12: Ritten met nieuwe klantaanvraag	45
Figuur 13: Ritten met afwijkende volumes	47
Figuur 14: Ritten met tijdsvensters	48
Figuur 15: Ritten met gewijzigde tijdsvensters	49
Figuur 16: Ritten met gewijzigde plaats van afhaling.....	50
Figuur 17: Ritten met geannuleerde klantaanvraag	51
Figuur 18: Ritten met congestie door verkeersongevallen	53
Figuur 19: Ritten met nieuwe chauffeur.....	54
Figuur 20: Ritten met gevaarlijke goederen	57
Figuur 21: Gevolgen onzekerheden tijdens rit zonder gebruik van stochastische gegevens	60
Figuur 22: Gevolgen onzekerheden tijdens rit met gebruik van stochastische gegevens	61
Figuur 23: Stappenplan robuustere rittenplanning	77

Lijst met tabellen

Tabel 1: Aandeel transport in milieudruk (Vlaanderen, 2017)	14
Tabel 2: Voorbeeld rittenplanning	23
Tabel 3: taxonomie van voertuigrouteringsproblemen door informatie-evolutie en -kwaliteit	37
Tabel 4: Onderscheid stochastische en dynamische onzekerheid	38
Tabel 5: Nieuwe klantaanvraag	45
Tabel 6: Afwijkende volumes	46
Tabel 7: Tijdsvensters	48
Tabel 8: Gewijzigde plaats van afhaling.....	50
Tabel 9: Geannuleerde klantaanvraag	51
Tabel 10: Congestie door verkeersongevallen.....	53
Tabel 11: Congestie door weersomstandigheden	58
Tabel 12: Vergelijking oplossingsmethoden literatuur en praktijk.....	76

Lijst met afkortingen

CVRP: capacitated vehicle routing problem

DVRP: dynamic vehicle routing problem

FPB: Federaal Planbureau

MSE: mean squared error

PVRP: periodic vehicle routing problem

SDVRP: split delivery vehicle routing problem

SVRP: stochastic vehicle routing problem

tkm: tonkilometer

TSP: traveling salesman problem

VRP: vehicle routing problem

VRPSD: vehicle routing problem with stochastic demands

VRPTW: vehicle routing problem with time windows

1 PROBLEEMSTELLING EN ONDERZOEKSAANPAK

In dit eerste hoofdstuk wordt onderzocht waarom de goederentransportsector in Vlaanderen doorheen de jaren in belang toeneemt. Hierbij wordt zowel de economische als de maatschappelijke context bestudeerd. De probleemstelling zal worden beschreven door specifiek te kijken naar de bestaande problematiek die heerst binnen het domein van goederentransport in Vlaanderen. Verder zal een centrale onderzoeksvraag geformuleerd worden en wordt er ook stilgestaan bij de bijbehorende deelvragen die een antwoord zullen bieden op de onderzoeksvraag. In de onderzoeksaanpak staat beschreven hoe deze antwoorden gezocht zullen worden.

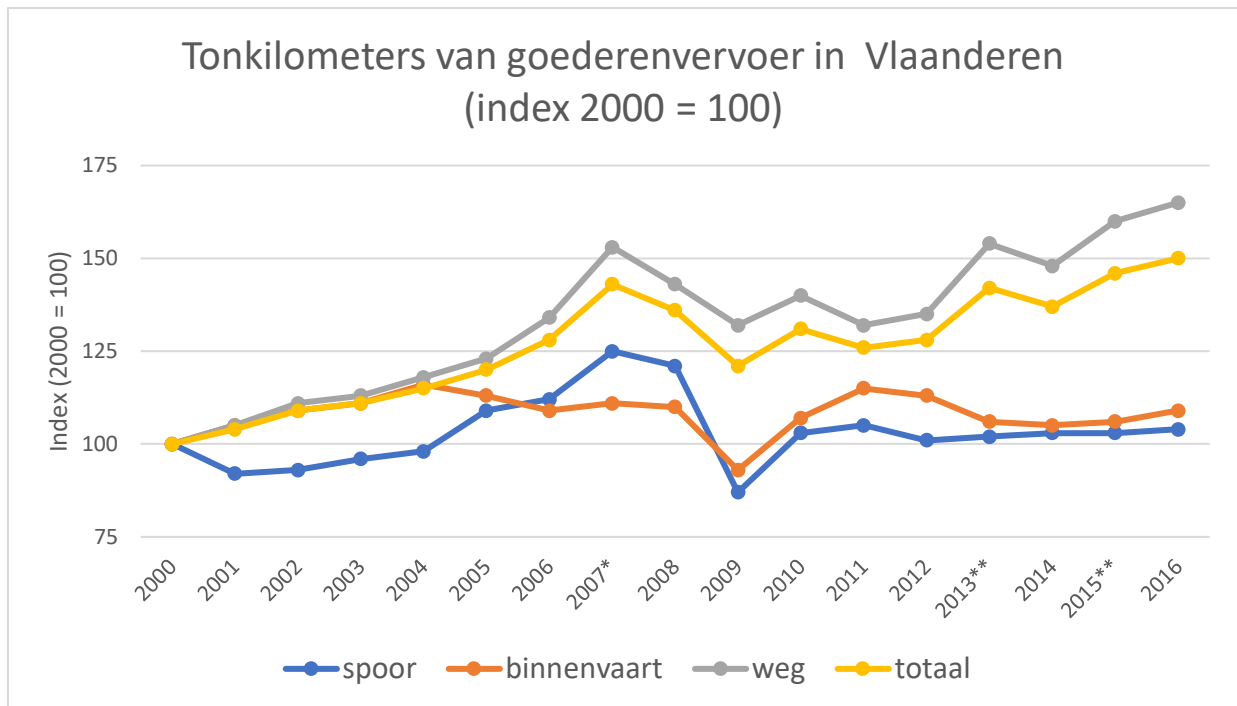
1.1 Relevantie onderzoek

Door de steeds evoluerende economie en maatschappij, neemt het belang van goederentransport in Vlaanderen sterk toe. Dit uit zich in een stijging in de vervoerde tonnages over de Vlaamse wegen. In de volgende paragrafen komen verschillende studies aan bod die allemaal dezelfde resultaten weergeven, namelijk dat het goederenvervoer in België – en met name in Vlaanderen – toeneemt. In deze studies worden echter de elementen van goederentransport en de bijbehorende data op een andere wijze besproken. Daarom is het moeilijk om deze studies met elkaar te vergelijken met de focus op dezelfde geanalyseerde elementen zoals het gebied of de periode waarover de studie gaat. Telkens wordt duidelijk vermeld wanneer de cijfers over België als geheel handelen, en wanneer ze op Vlaanderen betrekking hebben.

Uit cijfers van een milieurapport van De Coster (2019) blijkt dat in de periode van 2000 tot en met de economische crisis in 2007 een toename plaatsvond inzake het aantal tonkilometer¹ (tkm) afgelegd met de vrachtwagen, de trein of het binnenschip, waarbij wegtransport de sterkste stijger was. De evolutie per transportmodus doorheen de tijd is weergegeven in figuur 1 op de volgende pagina.

Het milieurapport (De Coster, 2019) maakt een onderscheid tussen enerzijds de periode voor de economische crisis in 2007, waar er een sterke groei was in de getransporteerde volumes, en anderzijds na 2007, waar een duidelijke afname van zo'n 15 % is waar te nemen in 2009. Tijdens de economische crisis is er duidelijk een dalperiode te onderscheiden. Sinds 2010 steeg het aantal tkm van goederenvervoer opnieuw, maar minder sterk dan voorheen. Nog een belangrijk punt is dat wegtransport, met inbegrip van buitenlandse vrachtwagens, met meer dan 46 miljard tkm in 2016 het grootste aandeel in het goederenvervoer heeft. Dit aandeel is 82 % (De Coster, 2019).

¹ Tonkilometers geven het aantal afgelegde kilometers per vervoerde ton weer, vermenigvuldigd met het aantal ton vervoerde goederen (De Coster, 2019).



Figuur 1: Tonkilometers van goederenvervoer in Vlaanderen²

Een studie van Mayeres (2008) voorspelde al eerder de toename van de getransporteerde volumes in België over een tijdspanne van vijftig jaar. Volgens het onderzoek zou de vervoerde tonnage in België toenemen met 45 % tussen 2005 en 2030. Deze groei in nationaal vervoer, de aanvoer en de afvoer zou afhankelijk zijn van de economische activiteit, welke bepaald wordt door import, export en binnenlandse productie in combinatie met de gemiddelde waarde per ton die zal worden vervoerd (Mayeres, 2008). Ook voorspelt de studie een toename van het aantal tonkilometer in België van 47 % over een periode van vijftig jaar. Het onderzoek werd gedaan om de impact van de toename van transport en vervoerde tonnage in België op de economie en de maatschappij te kunnen bepalen. Zaken zoals congestie, milieuverontreiniging en verkeersongevallen kwamen hierbij naar voren. Deze negatieve effecten van transport komen later in deze masterproef uitgebreid aan bod.

Daarnaast maakt het Federaal Planbureau (FPB) (Laine, Hoornaert, Daubresse, Franckx, Gusbin & Van Steenberghe, 2019) om de drie jaar langetermijnvooruitzichten voor de vraag naar transport in België. Deze voorspellingen zijn gebaseerd op historische data. Het FPB blikkt vooruit tot 2040, met als referentiejaar 2015. Uit het rapport blijkt dat de geprojecteerde groei van goederenvervoer 0,8 % per jaar zal bedragen, wat dubbel zo veel is in vergelijking met de geprojecteerde groei van personenvervoer, welke geschat wordt op 0,4 % per jaar. Ook volgens deze studie blijft vrachtwagenvervoer de belangrijkste transportmodus in termen van vervoerde tonnage op nationaal vlak, het aandeel bedraagt namelijk 79 %. Het FPB (Laine et al., 2019) voorspelt voor de periode

² Herdrukt van "Tonkilometers van goederenvervoer Vlaanderen (index 2000=100)" door De Coster, G., (2019, april). Geraadpleegd van <https://www.milieurapport.be/sectoren/transport/sectorkenmerken/tonkilometers-van-goederenvervoer>

2015 tot en met 2040 een stijging van de vervoerde tonnages voor vrachtwagenvervoer van 16 %, voor bestelwagens 14 %, voor spoor 62 %, voor binnenvaart 38 % en voor zeevervoer over korte afstand 36 %. Hieruit blijkt dat goederentransport nog steeds een groot deel inneemt van de economische activiteiten in België en dat zowel de vervoerde tonnages als de tonkilometers zullen blijven stijgen in de toekomst (Laine et al., 2019).

Daarbij wordt in de analyse van het FPB een nieuwe categorie geïntroduceerd, namelijk "bestelwagens". Dit komt omdat de opkomst van e-commerce de laatste jaren de verkoop van bestelwagens doet stijgen (Van Horenbeek, 2016). Minister Tommelein (2016) haalde de problematiek rond de stijging van het aantal bestelbussen aan in de krant De Morgen: "de opkomst van de e-commerce zal er alleen maar voor zorgen dat er nog meer bestelbusjes zullen rondrijden in de toekomst. We mogen zeker geen tijd verspillen". Met dat laatste bedoelt hij uiteraard dat deze bestelwagens een nefast effect hebben op het milieu. Daarbij spreekt de gewestelijke overheidsdienst Brussel Mobiliteit³ (2019) over een groei van 10 % meer bestelwagens ten opzichte van 2014.

De cijfers van De Coster (2019) bevestigen in grote lijnen dus wat de onderzoeken van Mayeres (2008) en het FPB (2019) reeds voorspelde: het wegtransport is intussen flink toegenomen over een periode van zestien jaar en het ziet er naar uit dat deze groei zich zal blijven verderzetten, onder andere door de groei van e-commerce. Toch moet er een kanttekening gemaakt worden wanneer het gaat over de periode of het gebied van de verschillende studies bij het vergelijken van de resultaten van de voorspellingen van Mayeres (2008) en het FPB (Laine et al., 2019) enerzijds en de werkelijke cijfers van De Coster (2019) anderzijds. Er moet worden opgemerkt dat de cijfers van Mayeres (2008) en het FPB (Laine et al., 2019) handelen over België als geheel, en de cijfers van De Coster (2019) zich richten op Vlaanderen. Ook de perioden waarin de data onderzocht werd, verschillen van elkaar. Verder kunnen de onderzoeken wel met elkaar vergeleken worden, aangezien ze handelen over hetzelfde onderwerp, namelijk goederenvervoer over de weg. Wat ook af te leiden is uit alle onderzoeken, is dat het goederenvervoer sterk afhankelijk is van de economische toestand van België, wat in figuur 1 duidelijk naar voren komt.

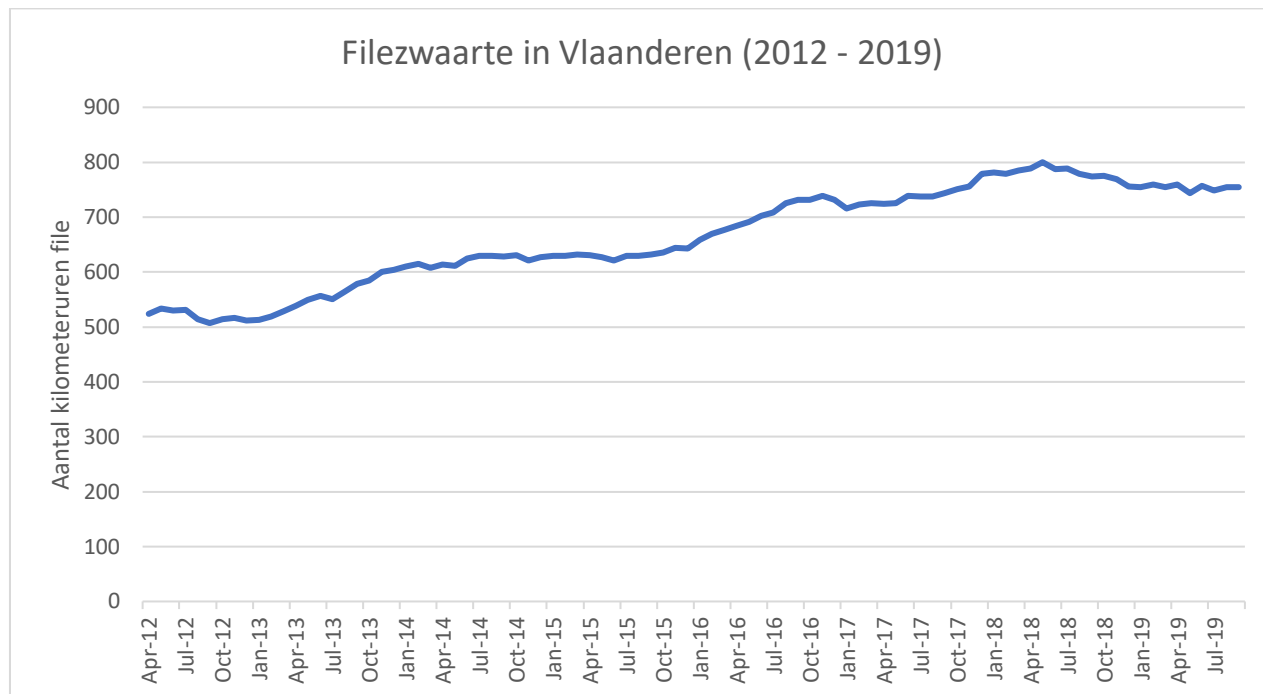
Hoewel de economische ontwikkeling van België door transport wordt mogelijk gemaakt, zal deze toename zoals reeds vermeld ook veel negatieve gevolgen met zich meebrengen. Congestie, milieuverontreiniging en verkeersongevallen staan hierbij bovenaan de lijst van negatieve effecten. Een rapport van Statistiek Vlaanderen⁴ handelt over de toenemende congestie in Vlaanderen, wat één van de grootste nadelige gevolgen van transport is waarmee Vlaanderen te maken krijgt. Congestie in een logistieke context betekent dat er files ontstaan op de wegen door het verkeer. De filezwaarte⁵ in Vlaanderen is de voorbije zeven jaren flink toegenomen met ongeveer 44 %. Het jaargemiddelde van deze filezwaarte bedroeg begin september van dit jaar op de hoofdwegen in het

³ <https://mobilite-mobiliteit.brussels/nl> (2019)

⁴ <https://www.statistiekvlaanderen.be/> (2019)

⁵ Filezwaarte geeft aan wat de gemiddelde omvang is van de files op een bepaalde verzameling van wegen. De indicator combineert filelengte met fileduur, en wordt uitgedrukt in kilometeruren. (www.statistiekvlaanderen.be, 2019)

Vlaamse Gewest 754 kilometeruren⁶ per werkdag. Dat betekent dat er elke werkdag in de 12 voorafgaande maanden gedurende 1 uur gemiddeld 754 kilometer file was. Figuur 2 geeft de evolutie sinds april 2012 weer. Na de piek in mei 2018, is er een afname in de filezwaarte, maar geen dramatische daling. In vergelijking met 2012 zijn er nu ruim 200 kilometeruren meer file⁷.



Figuur 2: Filezwaarte in Vlaanderen (2012 – 2019)⁸

Een ander ongewenst effect dat transport met zich meebrengt is milieuverontreiniging. Onderstaande tabel geeft per categorie weer welk aandeel de transportsector in milieudruk op Vlaanderen heeft (MIRA, 2017). Een volledige tabel met categorieën zoals huishoudens, industrie, energieproductie, landbouw en handel en diensten is op pagina 76 in bijlage 1 terug te vinden. Uit de tabel blijkt dat transport in 2017 vooral verantwoordelijk is voor emissies naar de lucht zoals koper (65,90 %), stikstofdioxide (52,40 %) en chroom (28,30 %). Daarnaast zijn er nog andere parameters met hoge waarden die voor overige vervuiling en hinder zorgen, zoals lichthinder (47,20 %) en geluidshinder (39,30 %).

⁶ Kilometeruur is een eenheidsmaat gebruikt bij de indicator filezwaarte. 100 kilometeruren is het equivalent van 100 kilometer file gedurende 1 uur of 200 kilometer file gedurende een half uur.

⁷ <https://www.statistiekvlaanderen.be/> (2019)

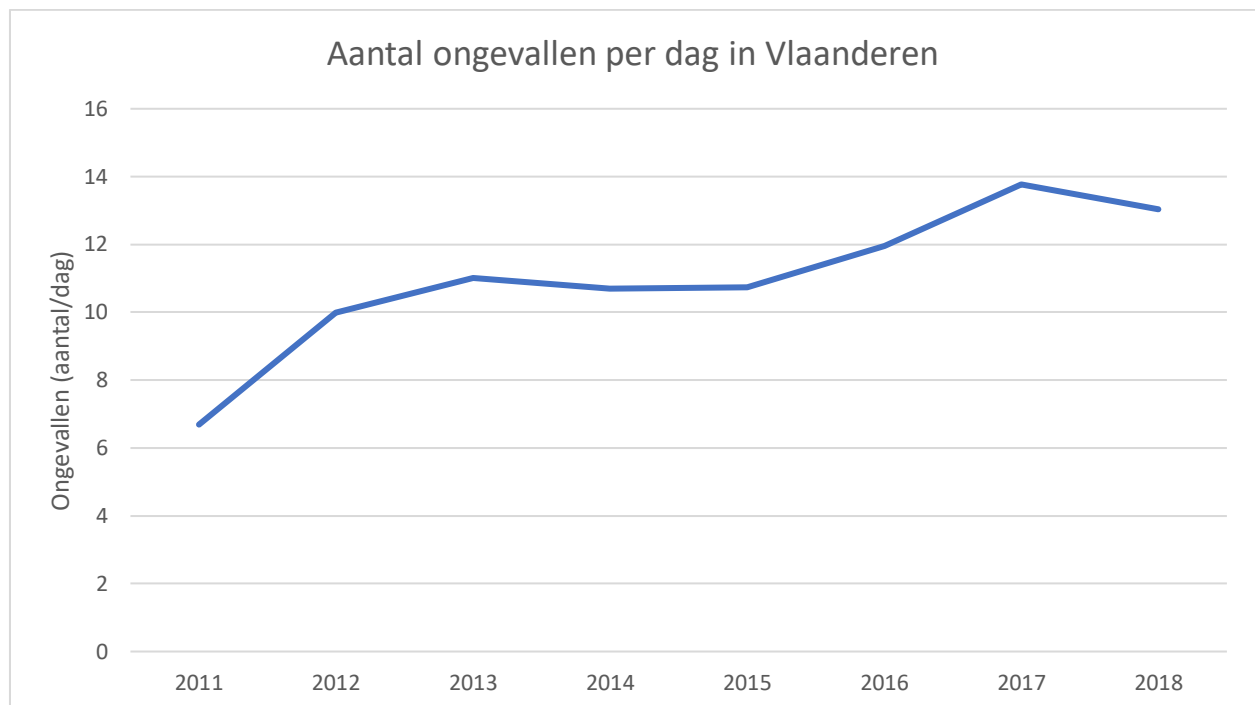
⁸ <https://www.statistiekvlaanderen.be/> (2019)

Tabel 1: Aandeel transport in milieudruk (Vlaanderen, 2017)

categorie	parameter	jaar	transport	
brongebruik	energiegebruik	2017	17,80 %	
	waterverbruik incl. koelwater	2017		
	waterverbruik excl. Koelwater	2017		
	ruimtegebruik	2018	8,60 %	
afval	productie primair afval	2016		
emissie naar lucht	antropogene broeikasgasuitstoot	2017	21,50 %	
	fijn stof PM2,5	2017	17,70 %	
	stikstofoxiden (NOx)	2017	52,40 %	
	niet-natuurlijke NMVOS	2017	6,90 %	
	ozonafbrekende stoffen	2017	8,90 %	
	ammoniak (NH3)	2017	1,20 %	
	zwaveldioxide (SO2)	2017	0,80 %	
	dioxines	2017	2,40 %	
	PAK's	2017	12,30 %	
	arseen (As)	2017	0,60 %	
	cadmium (Cd)	2017	5,30 %	
	chrom (Cr)	2017	28,30 %	
	koper (Cu)	2017	65,90 %	
	kwik (Hg)	2017	0,50 %	
	nikkel (Ni)	2017	8,80 %	
	lood (Pb)	2017	8,40 %	
	zink (Zn)	2017	34,60 %	
	netto-emissie naar water	nutriënt stikstof (N)	2018	
		nutriënt fosfor (P)	2018	
druk op waterleven door gewasbescherming		2015		
andere	niet-natuurlijke blootstelling ioniserende straling	2015		
	geluidshinder	2018	39,30 %	
	geurhinder	2018	24,60 %	
	lichthinder	2018	47,20 %	

Tabel 1: Aandeel transport in milieudruk (Vlaanderen, 2017)⁹

Een derde grote categorie die door de logistieke activiteiten een invloed heeft op de maatschappij zijn de verkeersongevallen. Door de drukte op de wegen komt de veiligheid van de chauffeurs in het gedrang. In 2018 waren er volgens verkeerscentrum.be (2019) gemiddeld 13,03 ongevallen per dag. Dat is een stijging van 95 % ten opzichte van 2011 met gemiddeld 6,69 ongevallen per dag¹⁰. Ook Statistiek Vlaanderen (2019)¹¹ heeft heel wat cijfers ter beschikking over verkeersongevallen. Zo schrijven ze dat het merendeel van de verkeersongevallen gebeurt op gemeente- of gewestwegen. Slechts 8 % van alle ongevallen vindt plaats op de autosnelwegen. Dit is een opmerkelijk laag cijfer aangezien 40 % van de gereden kilometers over deze wegen gaat. 60 % van de verkeersongevallen met doden of gewonden in België gebeuren in het Vlaamse Gewest. Gemiddeld komt dit neer op 3,6 ongevallen per 1 000 inwoners. De reden dat de meeste ongevallen gebeuren in Vlaanderen is omdat drukke steden waar veel verkeer langskomt, zoals Gent en Antwerpen, zich in Vlaanderen bevinden.



Figuur 3: Aantal ongevallen per dag in Vlaanderen¹²

Naast alle negatieve gevolgen die goederenvervoer met zich meebrengt voor het milieu en de samenleving in Vlaanderen, kan er ook aandacht besteed worden aan het feit dat transport een invloed heeft op het specifieke koopgedrag van de samenleving of de consument. Doordat transport de consument het tegenwoordig zeer eenvoudig maakt om goederen en diensten te kopen, heeft dit

⁹ Herdrukt van "Aandeel van transport in milieudruk" door MIRA (2017). Geraadpleegd van <https://www.milieurapport.be/sectoren/transport>

¹⁰ <http://www.verkeerscentrum.be/> (2019)

¹¹ <https://www.statistiekvlaanderen.be/> (2019)

¹² Herdrukt van "Ongevallen (aantal per dag) door Vlaams Verkeerscentrum (2019). Geraadpleegd van <http://indicatoren.verkeerscentrum.be/vc.indicators.web.gui/indicator/index#/presentation-tab-graph>

een positief effect op het koopgedrag van consumenten. Zo kunnen er goederen online en in de fysieke winkels besteld worden en zal een transporteur deze tot bij de eindklant brengen. Echter wordt dit koopgedrag door de evoluerende economie en samenleving beïnvloed, wat dan weer negatieve gevolgen kan hebben. Het 'logistieke mes' snijdt dus aan twee kanten. Tegenwoordig kunnen consumenten overal goederen kopen. Zo kunnen ze, naast fysieke winkels bezoeken, ook online terecht bij veel webshops waarbij de goederen vaak de volgende dag aan huis door middel van bestelbussen geleverd worden. Door de opkomst van de e-commerce kopen consumenten steeds vaker online, omdat het een makkelijke transactie is en ze steeds meer vertrouwd zijn met online goederen kopen (stratics.be¹³). Tot zover is dit een positief verhaal voor zowel consument als aanbieder. Echter, indien de gekochte goederen de consument niet bevallen, stuurt hij deze – vaak zonder vergoeding voor de verkoper – weer terug. Doordat de consument deze diensten heel snel vanzelfsprekend is gaan vinden, kunnen de transporteurs en verkopers niet anders dan deze te blijven aanbieden en steeds te verbeteren. Wanneer deze diensten niet meer worden aangeboden, zullen veel consumenten, zowel particulieren als professionelen, overstappen naar andere aanbieders die dit wel nog doen. Daarom voelen veel transporteurs de druk om deze diensten te blijven aanbieden, wat dus bijdraagt aan de verkeersdruk. Hieruit blijkt dat er ook negatieve gevolgen verbonden zijn aan bijvoorbeeld e-commerce, wat mogelijk gemaakt wordt door het veranderende logistieke klimaat.

Daarnaast is Vlaanderen de ideale logistieke hub voor transportbedrijven in en rond Europa. Vlaanderen is de voorbije decennia uitgegroeid tot leider in logistieke en transportactiviteiten als het gaat om de Europese logistieke bezigheden¹⁴. De logistieke sector is daarmee één van de sterkst groeiende sectoren in Vlaanderen¹⁵. Met haar centrale ligging in Europa neemt Vlaanderen de beste positie in op vlak van logistieke bereikbaarheid. Door de uitstekende infrastructuur zijn de bijna 800 Europese distributiecentra bereikbaar en kunnen bedrijven rekenen op de logistieke expertise die Vlaanderen bezit. Wanneer transportbedrijven goederen wensen te distribueren in, door en rond Europa zijn snelheid en kosten cruciaal voor hun succes. Ter illustratie van de centrale ligging van Vlaanderen ten opzichte van de rest van Europa geeft figuur 4 op de volgende pagina het wegen-, spoor- en waternetwerk van Vlaanderen weer.

¹³ <https://www.stratics.be/> (2020)

¹⁴ <https://www.flandersinvestmentandtrade.com/> (2019)

¹⁵ <https://www.vlaanderen.be/> (2019)



Figuur 4: Wegen-, spoor- en waternetwerk Vlaanderen¹⁶

Zoals aangetoond speelt transport dus een zeer belangrijke rol in zowel het economische als het maatschappelijke domein, aangezien logistiek de meerderheid van de economische en sociale activiteiten in Vlaanderen en België bevordert en ondersteunt.

1.2 Probleemstelling

Uit de vorige sectie is duidelijk geworden waarom goederenvervoer in Vlaanderen een actueel en relevant onderwerp is. Goederentransport is tegenwoordig overal in Vlaanderen aanwezig. De bestelwagens van online grootwarenhuizen zoals Coolblue en Bol.com en de grote rode vrachtwagens van H.Essers zijn niet meer weg te denken uit het straatbeeld. Het is voor de consument gemakkelijk om, zonder het huis te moeten verlaten, goederen aan te kopen. Deze moeten echter ook liefst zo snel mogelijk en volgens de wensen van de klant op de juiste plek geraken. Transporteurs zijn tegenwoordig dus geacht veel flexibeler te zijn in het aanbieden van hun diensten, waarbij ze beter moeten kunnen inspelen op de wensen van de klant. Om aan alle wensen te kunnen voldoen, zijn rittenplanningen het ideale hulpmiddel voor een transporteur om ritten op te stellen, waarbij hij bepaalt in welke volgorde en met welke voertuigen hij de klanten bedient. De transporteur kan echter tijdens het plannen van de route en het alloceren van de voertuigen aan de klanten in aanraking komen met verschillende onzekere factoren. Het is dan aan de transporteur om de route te plannen, zodat er rekening kan worden gehouden met deze onzekerheden. Daarom wordt in deze masterproef onderzocht welke verschillende factoren er bestaan die onzekerheid in korte termijn rittenplanning veroorzaken bij transporteurs. Ook wordt er gekeken naar de gevolgen van deze onzekere factoren

¹⁶Herdruckt van "Flanders investment and trade" (2019). Geraadpleegd van <https://www.flandersinvestmentandtrade.com/invest/en/sectors/logistics-mobility-dynamics/logistics-ecosystem>

en welk effect ze veroorzaken op een reeds geplande route. Voordat er verder kan gegaan worden met deze onzekerheden en hun oorzaken te bespreken, zal eerst verduidelijkt worden wat rittenplanning inhoudt en waarom onzekerheid bestaat in rittenplanningen.

Een rittenplanning wordt door een transporteur opgemaakt omdat hij reeds voor de aanvang van de rit wil weten welke klant wordt bezocht met welk voertuig. Daarbij krijgt een transporteur in bijna alle gevallen te maken met capaciteitsbeperkingen. Dit betekent dat een voertuig slechts een beperkte vraag van klanten kan voldoen per gereden rit (Gulczynski, Golden & Wasil, 2011). Dit probleem wordt in de literatuur aangeduid met de Engelse term 'vehicle routing problem' of voertuigrouteringsprobleem (VRP). In deze masterproef zullen de termen rittenplanningsprobleem en voertuigrouteringsprobleem vaak met elkaar afgewisseld worden, aangezien ze hetzelfde betekenen. Bij het opmaken van een rittenplanning komt de transporteur ongetwijfeld problemen tegen die te maken hebben met timing, afstand, de capaciteit van het gebruikte voertuig en transportkosten. Het doel van de masterproef is om te achterhalen wat er door onzekerheid verandert in de rittenplanning en hoe een rittenplanner hier flexibel op kan inspelen. Een eenvoudig voorbeeld kan helpen om het doel en de werking van een rittenplanning beter te begrijpen. Dit voorbeeld vormt een rode draad doorheen de masterproef en zal steeds uitgebreider terugkeren om verdere zaken te verduidelijken.

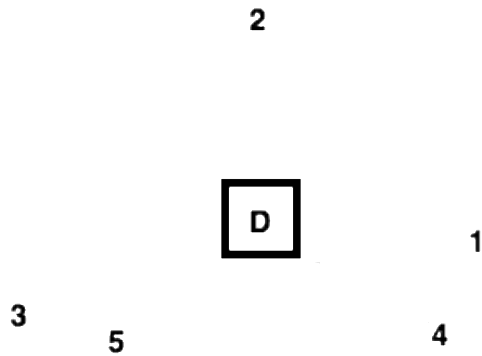
Voorbeeld

Stel dat een transporteur paletten met goederen wenst te transporteren van 5 verschillende klanten naar een centraal depot (D) dat fungeert als crossdock¹⁷. De klanten bevinden zich op 5 verschillende locaties. De chauffeur vertrekt en eindigt bij het depot op een bekende locatie. Dit depot heeft een onbeperkte capaciteit. De capaciteit van de vrachtwagens is 10 paletten per voertuig. De vraag van klant 1 tot en met klant 5 is gekend en bedraagt respectievelijk 4, 3, 1, 3 en 4 paletten. De vraag van de klanten zal over het algemeen de capaciteit van een voertuig overschrijden. Hierdoor zal er meer dan één voertuig nodig zijn om de goederen te transporteren. De klanten bevinden zich op volgende afstanden van elkaar en van het depot:

Tabel 2: Voorbeeld rittenplanning

	Depot	Klant 1	Klant 2	Klant 3	Klant 4	Klant 5
Depot	-	2	3	4	2	3
Klant 1	2	-	5	6	2	5
Klant 2	3	5	-	7	5	6
Klant 3	4	6	7	-	4	1
Klant 4	2	2	5	4	-	3
Klant 5	3	5	6	1	3	-

¹⁷ Een crossdock is een plaats waar goederen van een aanbieder worden verzameld en gegroepeerd om te verzenden naar de eindklant.



Figuur 5: Klanten ten opzichte van elkaar en het depot

De transporteur maakt een rittenplanning op waaruit een route voortkomt die hij zal volgen, zodat hij aan de vraag van alle klanten voldoet. Hierbij zal hij rekening houden met de afstanden tussen het depot en de klanten, de afstanden tussen de klanten onderling, de transportkosten en de capaciteit van zijn voertuig (Gulczynski et al., 2011). Het doel is om de transportkosten te minimaliseren. Er zijn oneindig veel oplossingen mogelijk voor één VRP, maar het is voor de transporteur van belang dat hij de optimale oplossing kan toepassen.

Daarbij moet opgemerkt worden dat een algoritme om een uitgebreid rittenplanningsprobleem exact op te lossen wel beschikbaar is, maar dat dit zeer tijdrovend en rekenkundig tamelijk moeilijk is. Kleine problemen waarbij weinig klanten betrokken zijn kunnen wel makkelijk op een exacte manier opgelost worden. Er bestaan heuristieken en meta-heuristieken die gebruikt kunnen worden om een benadering van de oplossing te verkrijgen voor grote voertuigrouteringsproblemen met veel klanten (Mirabi, Fatemi, Ghomi & Jolai, 2010). In de literatuur zijn er duizend-en-één verschillende soorten heuristieken of methoden beschikbaar die de transporteur hulp kunnen bieden bij het opmaken van een rittenplanning (Toth & Vigo, 2014). Deze heuristieken of methoden gaan telkens op een andere manier te werk, zodat de transporteur voldoende keuze heeft om een methode toe te passen op het specifieke VRP. Deze heuristieken zijn oplossingen om rittenplanningen op te stellen.

Het is van belang dat er een duurzame relatie kan worden opgebouwd en onderhouden tussen de klant en de transporteur. Helaas krijgen transporteurs tijdens het plannen en uitvoeren van ritten bijna altijd te maken met verschillende soorten – soms onvoorziene – omstandigheden, zijnde onzekerheden. Deze onzekerheden moeten ze opnemen in hun rittenplanningen zodat ze hierop quasi voorbereid zijn. Toch komt het voor dat transporteurs stuiten op onzekerheden waarop ze niet optimaal voorbereid kunnen zijn. Zo kan er gedacht worden aan onzekerheid van klanten die steeds veranderende wensen hebben, klanten die orders annuleren of extra in de planning komen, onzekere reistijden, onzekerheid die te maken heeft met de afgesproken volumes in vergelijking met de volumes die in de praktijk getransporteerd worden, onzekerheid met betrekking tot de bereikbaarheid van de klant enzovoort (Toth & Vigo, 2014). Deze verschillende soorten onzekerheden zijn vaak verbonden met elkaar en hebben ieder een of meerdere oorzaken. Het doel is om de oorzaken van onzekerheid aan het licht te brengen en zo tot een duidelijke opsomming te komen om deze op te kunnen nemen in de planning en de eerder besproken duurzame band met

het cliënteel te kunnen waarborgen. In een diepgaande literatuurstudie zullen deze onzekerheden bepaald worden en gevisualiseerd worden aan de hand van cijfervoorbeelden. Er wordt ook gezocht in de literatuur naar oplossingsmethodes om de onzekerheden op te nemen in de rit. Daarna zal er in het praktijkgedeelte een interview worden afgenomen met een rittenplanner waarin de oorzaken van onzekerheid besproken worden in een praktische context en hoe een rittenplanner hiermee omgaat. Tot slot worden de bevindingen uit de literatuur vergeleken met de aanpak die in de praktijk wordt toegepast.

1.3 Centrale onderzoeksvraag en deelvragen

De probleemstelling in het achterhoofd houdend, kan er nu overgegaan worden naar de centrale onderzoeksvraag en de deelvragen.

De centrale onderzoeksvraag van deze masterproef luidt als volgt: **'Met welke onzekerheden moet een rittenplanner rekening houden bij het plannen van ritten op korte termijn en hoe kan hij hiermee omgaan?'**. Deze masterproef heeft als doel om te onderzoeken met welke onzekerheden een rittenplanner te maken krijgt tijdens het plannen van zijn route op korte termijn, wat de specifieke oorzaken zijn van deze parameters waarbij hun effect op de planning duidelijk wordt en hoe hier rekening mee gehouden kan worden in de rittenplanning. De masterproef steunt hierbij op zowel een literatuurstudie waarin wordt gezocht naar bestaande oorzaken van onzekerheid en oplossingsmethoden als een interview dat verduidelijkt hoe in de praktijk kan worden omgegaan met deze onzekere situaties. Daarnaast wordt er een voorbeeld weergegeven dat steeds verder uitgebouwd zal worden door telkens meer complexe toevoegingen te doen. Op deze manier worden de verschillende onzekerheden ook aangehaald. Om de centrale onderzoeksvraag te beantwoorden wordt er gebruik gemaakt van een aantal deelvragen.

De eerste deelvraag is **'Wat is rittenplanning?'**. Het is belangrijk om eerst de essentie van een voertuigrouteringsprobleem te begrijpen, voordat er over onzekerheden in deze rittenplanningen gesproken kan worden. De definitie van een basisvoertuigrouteringsprobleem wordt weergegeven en aan de hand van een voorbeeld wordt deze definitie verduidelijkt. Deze eerste deelvraag komt in hoofdstuk 2 aan bod.

Hierna kunnen de tweede en de derde deelvraag aansluiten: **'Wat zijn de onzekerheden waarmee een transporteur te maken krijgt?'** en **'Wat zijn de concrete oorzaken van de onzekerheden?'**. Deze deelvragen worden in hoofdstuk 3 beantwoord. In de literatuur zal gezocht worden naar mogelijke oorzaken die aan de basis liggen van de onzekerheid van rittenplanningsproblemen. Ook wordt er een interview afgenomen met een medewerker van de transportafdeling van transportorganisatie H.Essers. Iedere globale parameter van onzekerheid zal verklaard worden met een aantal oorzaken en verduidelijkt worden met een voorbeeld.

De vierde deelvraag kan als volgt omschreven worden: **'Hoe kunnen transportbedrijven omgaan met onzekerheden in rittenplanningen?'**. Het doel van deze masterproef is, naast het determineren van oorzaken van onzekerheid, onderzoeken hoe een transportbedrijf kan omgaan met

factoren van onzekerheid en hoe het deze onzekerheid kan opnemen in de korte termijn rittenplanningen om uiteindelijk een betere planning op te maken. Om een antwoord te vinden op deze deelvraag, wordt er gekeken hoe hiermee wordt omgegaan in de literatuur. Daarnaast wordt er een interview afgenomen met een medewerker van H.Essers. Het is interessant om te onderzoeken of hetgeen er gezegd wordt in de literatuur al dan niet overeenkomt met de praktijk.

1.4 Onderzoeksaanpak

Door middel van een grondige literatuurstudie en een interview wordt er getracht een antwoord te vinden op de deelvragen. Met de verkregen antwoorden wordt de centrale onderzoeksvraag opgelost. Aangezien de actuele rittenplanningsproblematiek een steeds grotere rol speelt bij transportbedrijven is het relevant om bestaande literatuur te onderzoeken en zo de verschillende oorzaken van onzekerheden in rittenplanning te kunnen bepalen. De wetenschappelijke literatuur zal gezocht worden in boeken en met behulp van databanken die beschikbaar zijn gesteld door de Universiteit Hasselt. Enkele voorbeelden zijn: Google Scholar, ScienceDirect, ProQuest, Researchgate ... Via volgende Nederlandstalige en Engelstalige zoektermen wordt er gericht op zoek gegaan naar relevante wetenschappelijke artikelen: 'rittenplanningsprobleem', 'onzekerheid', 'soorten rittenplanningen', 'voertuigrouteringsprobleem', 'vehicle routing problem', 'beperkingen', 'uncertainty', 'constraints', 'stochastic', 'dynamic', 'stochastic vehicle routing problem', 'dynamic and stochastic vehicle routing'.

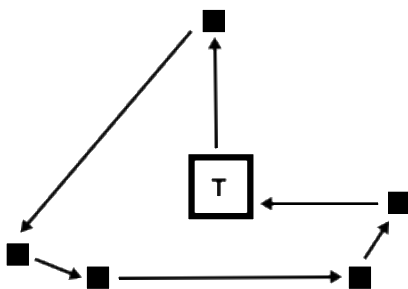
In de masterproef zal er voornamelijk gefocust worden op een literatuurstudie, die wordt aangevuld met een praktijkdeel. Dit wordt ondersteund door een interview dat werd afgenomen met een transportplanner van H.Essers. De literatuurstudie is onderverdeeld in drie grote hoofdstukken. Het eerste handelt over het voertuigrouteringsprobleem. In een eerste sectie zal het handelsreizigersprobleem besproken worden, waarna er een uitbreiding wordt aangehaald, namelijk het voertuigrouteringsprobleem. Dit probleem zal geschetst worden aan de hand van een cijfervoorbeeld. De definitie van een VRP wordt opgedeeld in verschillende segmenten en ieder segment wordt toegelicht. In deze masterproef wordt gefocust op korte termijn rittenplanning, wat wordt verduidelijkt in de volgende sectie. Daarna wordt een opsomming gemaakt van relevante parameters van onzekerheid in rittenplanningen. Vervolgens worden de mogelijke oorzaken van deze onzekerheden besproken. Er zal onderzocht worden hoe transportbedrijven met deze onzekerheden kunnen omgaan volgens de bestaande literatuur. Telkens wordt het voorbeeld dat gebruikt werd in het hoofdstuk rond VRP verder uitgewerkt en complexer gemaakt door er onzekerheden in te verwerken. Daarnaast wordt een praktijkdeel geïntroduceerd in dit onderzoek. Door een interview af te nemen met transportorganisatie H.Essers kan achterhaald worden hoe transportplanners en chauffeurs omgaan in dit bedrijf met onzekerheden in hun rittenplanning. H.Essers is een transportbedrijf dat gespecialiseerd is in het vervoeren van allerhande goederen, gaande van chemische goederen door gebruik te maken van eigen thermowagens tot auto-onderdelen waarvoor een normale vrachtwagen nodig is. In een slotsectie wordt onderzocht of de theorie uit de literatuurstudie ook in de praktijk wordt toegepast door transportbedrijf H.Essers en welke oplossingen ervoor zorgen dat een rittenplanning bij voorbaat goed wordt opgesteld zodat kan worden geanticipeerd op eventuele problemen.

2 VEHICLE ROUTING PROBLEM

Zoals eerder vermeld in de probleemstelling, wordt er in deze masterproef onderzocht welke factoren bestaan die onzekerheid in rittenplanning veroorzaken. Hierbij wordt enkel gefocust op de korte termijn rittenplanningen. Aan de hand van een duidelijke opsomming worden deze factoren opgesplitst, waarbij iedere factor een aantal oorzaken kent. Voordat deze opsomming gegeven kan worden, moet eerst de term 'rittenplanning' uitgelegd worden. Dit zal verklaard worden door het handelsreizigersprobleem kort aan te halen, wat nodig is om nadien het voertuigrouteringsprobleem te kunnen uitleggen en volledig te begrijpen. Het VRP zal tot slot worden verklaard aan de hand van een definitie die steeds terugkomt in de literatuur omtrent voertuigrouteringsproblemen.

2.1 Handelsreizigersprobleem

Een transporteur die goederen wenst te vervoeren naar klanten op een route moet tegenwoordig rekening houden met verschillende uiteenlopende factoren die een invloed kunnen hebben op de afstand, de duur en de kosten van de rit. Om deze onzekerheden en/of beperkingen in rittenplanningen te kunnen bepalen, zal eerst het handelsreizigersprobleem (traveling salesman problem) besproken worden. Het 'traveling salesman problem' (TSP) is een vereenvoudigde vorm van de vele varianten van rittenplanningen die tegenwoordig bestaan. Het probleem kan gezien worden als een metafoor waarbij een handelsreiziger een route langs meerdere steden wil maken. Hij vertrekt van thuis uit, wenst een aantal steden te bezoeken waarvan de afstanden onderling gekend zijn, om ten slotte weer huiswaarts te keren. De route is hieronder weergegeven in figuur 6. De handelsreiziger tracht hierbij de totaal af te leggen afstand te minimaliseren (Tijdeman, 1967). Hierbij moet worden opgemerkt dat er geen onderscheid wordt gemaakt tussen het minimaliseren van de afstand, de kosten of de levertijd. Het probleem dat zich stelt is de vraag hoe de handelsreiziger zijn route – een gesloten tocht langs alle steden – moet afleggen (Tijdeman, 1967). Wanneer de definitie van het TSP wordt ontleed, kan al snel worden opgemerkt dat dit probleem zeer simpel kan worden voorgesteld. Het probleem bevat enkel afstanden waarmee rekening moet worden gehouden bij het oplossen ervan. In realiteit moeten transporteurs met meerdere factoren rekening houden, zoals de capaciteit van een voertuig en de vraag van de klanten. Deze factoren kunnen wel opgenomen worden in een traditioneel VRP, waardoor vaak overgegaan wordt naar een VRP om het routeringsprobleem op te lossen.



Figuur 6: Eenvoudig handelsreizigersprobleem

2.2 Definitie voertuigrouteringsprobleem

In deze masterproef wordt er gefocust op het vinden van factoren van onzekerheid binnen het domein van zowel business-to-businesstransport (B2B-transport) als business-to-consumertransport (B2C-transport). B2B-transport houdt in dat een transporteur goederen zal vervoeren van en naar een aanbieder van producten die op zijn beurt deze goederen vervoert naar de eindklant. Een voorbeeld hiervan is dat verladers een beroep doen op de logistieke diensten van H.Essers. B2C-transport daarentegen betekent dat de transporteur goederen vervoert van een aanbieder die rechtstreeks naar de eindklant gaan. Zo kan er gedacht worden aan koerierdiensten zoals DPD of BPost die goederen transporteren naar de eindklant. Dit zijn verschillende opdrachten van transport waarbij de vraag naar transport sterk kan verschillen.

Het voertuigrouteringsprobleem is een uitbreiding op het handelsreizigersprobleem. Het voegt extra beperkingen toe. Een algemeen rittenplanningsprobleem, wat deze extra beperkingen opneemt, wordt als volgt gedefinieerd:

In het voertuigrouteringsprobleem (VRP) moet een wagenpark voldoen aan de vraag van klanten. Een voertuig begint en eindigt zijn route in hetzelfde depot en de som van de vraag van de klanten op een route mag de capaciteit van een voertuig niet overschrijden. Een klant moet zijn gehele vraag in één keer door één voertuig laten afleveren. Het doel is om de totale afstand die de vloot aflegt te minimaliseren (Gulczynski, Golden & Wasil, 2011, p. 648).

Het VRP is dus eigenlijk een netwerk waarin de knooppunten de locaties van de klanten voorstellen waar de goederen heen moeten worden gebracht. Het netwerk wordt dan ook wel een knooppuntrouteringsprobleem genoemd (Toth & Vigo, 2014). Het is nuttig dat de verschillende elementen van bovenstaande definitie toegelicht worden om het VRP volledig te begrijpen. In een standaard VRP krijgt de rittenplanner te maken met algemene beperkingen waarmee hij rekening moet houden tijdens het plannen van de routes. Deze algemene beperkingen komen hieronder aan bod. Verder in deze masterproef wordt er opgebouwd naar beperkingen en onzekerheden die van toepassing zijn op VRP's in specifieke situaties.

2.2.1 Capaciteit van de vloot voldoet aan de vraag van de klanten

Een eerste voorwaarde om van een rittenplanningsprobleem te kunnen spreken is dat het wagenpark van de transporteur moet voldoen aan de vraag van de klant (Gulczynski et al., 2011). Dit betekent dat de transporteur een of meerdere voertuigen moet bezitten in zijn vloot, die voldoende capaciteit hebben, zodat hij aan de vraag van alle klanten op zijn route kan voldoen. Een voorbeeld kan helpen om het voertuigrouteringsprobleem beter te schetsen.

Stel dat een transporteur paletten met goederen wenst te transporteren van 5 verschillende klanten naar een centraal depot (D). De klanten bevinden zich op 5 verschillende locaties. De transporteur vertrekt en eindigt bij het depot op een bekende locatie. Dit depot heeft een onbeperkte capaciteit.

De capaciteit van de vrachtwagens is 10 paletten per voertuig. De vraag van klant 1 tot en met klant 5 is gekend en bedraagt respectievelijk 4, 3, 1, 3 en 4 paletten. De vraag van de klanten zal over het algemeen de capaciteit van een voertuig overschrijden. Hierdoor zal er meer dan één voertuig nodig zijn om de goederen te transporteren. De klanten bevinden zich op volgende afstanden van elkaar en van het depot:

Tabel 2: Voorbeeld rittenplanning

	Depot	Klant 1	Klant 2	Klant 3	Klant 4	Klant 5
Vraag	-	4	3	1	3	4
Depot	-	2	3	4	2	3
Klant 1	2	-	5	6	2	5
Klant 2	3	5	-	7	5	6
Klant 3	4	6	7	-	4	1
Klant 4	2	2	5	4	-	3
Klant 5	3	5	6	1	3	-

Tabel 2: Voorbeeld rittenplanning

Onderstaand rooster geeft visueel weer hoe de klanten zich bevinden ten opzichte van elkaar en het depot:

				2			
				D		1	
	3	5			4		

In de rittenplanning moet bepaald worden welke klant door welk voertuig uit de vloot en in welke volgorde zal bediend worden en bovendien moet één klant door exact één voertuig bediend worden

(Gulczynski et al., 2011). Indien de transporteur een willekeurige volgorde kiest om zijn klanten te bedienen, zonder rekening te houden met de capaciteit van zijn vloot, ziet een willekeurige oplossing er als volgt uit:

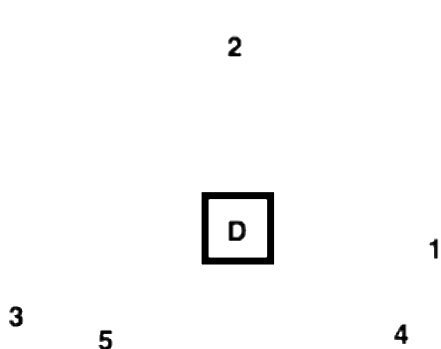
Rit 1: D - 1 - 2 - 3 - 5 - 4 - D Afstand: 20

Dit is eigenlijk geen oplossing, maar deze wordt enkel weergegeven om het voorbeeld te kunnen illustreren. Merk op dat bovenstaande oplossing in feite geen haalbare oplossing is, aangezien er rekening gehouden moet worden met de vraag van de klanten en de capaciteit van de voertuigen. Dit voorbeeld dient om aan te tonen dat bij een VRP altijd rekening gehouden moet worden met de beperkingen.

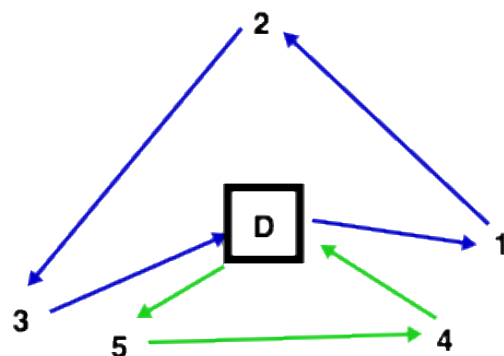
Wanneer de vraag van de klanten wel in acht wordt genomen, kan er opgemerkt worden dat één enkele vrachtwagen niet alle klanten kan bedienen in één enkele rit. Na klant 3 te hebben bediend, kan de transporteur geen extra klant meer bedienen met de capaciteit van zijn vrachtwagen. Klant 1, 2 en 3 hebben een vraag van respectievelijk 4, 3 en 1. De som van de vraag van die klanten is gelijk aan 8. Een extra bestaande klant bedienen zou een vraag van 3 of 4 extra paletten met zich meebrengen, wat niet mogelijk is voor de transporteur vanwege de capaciteitsbeperking van zijn voertuig. Hierdoor zal de transporteur een tweede vrachtwagen in moeten zetten met dezelfde capaciteit. Op deze manier rijden er twee vrachtwagens simultaan elk een andere rit en bedienen ze ook ieder hun eigen klanten.

Een nieuwe willekeurige en tevens haalbare oplossing, rekening houdend met de capaciteit van de voertuigen, wordt dan:

Rit 1: D - 1 - 2 - 3 - D	vraag: 8	afstand: 18
Rit 2: D - 5 - 4 - D	vraag: 7	afstand: 8
	totale vraag: 15	totale afstand: 26



Figuur 7: Depot met klanten



Figuur 8: Uitgestippelde ritten

In figuur 7 worden de verschillende klanten voorgesteld met de overeenkomende cijfers, het depot wordt aangeduid met de letter 'D'. Figuur 8 geeft de verschillende ritten weer die gereden worden met twee verschillende voertuigen. Merk op dat de totale afstanden van de twee ritten – de initiële rit met een afstand van 20 en de totale afstand van rit 1 en rit 2 van 26 – verschillen wanneer de capaciteit van de voertuigen in rekening wordt gebracht. Door rekening te houden met deze capaciteitsbeperking zal de totale af te leggen afstand langer zijn in vergelijking met het vorige resultaat, wat komt doordat beide voertuigen vertrekken naar klanten en ook weer terugkeren naar het depot. Dit voorbeeld is de klassieke versie van een rittenplanningsprobleem, namelijk het capacitated VRP (CVRP).

2.2.2 Start- en eindpunt

Daarnaast vereist een algemeen rittenplanningsprobleem dat de plek waar de transporteur zijn route aanvangt en weer naar terugkeert dezelfde is. Vaak is dat punt de locatie van het bedrijf waar ook het depot zich bevindt (Leung, Zhang, Zhang, Hua, & Lim, 2013). De transporteur vertrekt met een volle lading bij het bedrijf of vertrekt met een lege vrachtwagen om afhalingen te doen, bezoekt een aantal klanten en keert nadien weer terug naar het bedrijf (Gulczynski et al., 2011).

Wanneer er gekeken wordt naar de ritten uit het voorbeeld, zien we dat beide voertuigen starten en eindigen bij het depot (D).

2.2.3 Eén voertuig per klant

Vervolgens moet iedere klant in één keer zijn vraag laten afleveren door één voertuig (Gulczynski et al., 2011). Dit wil zeggen dat gedeelde leveringen en afhalingen niet zijn toegestaan volgens het standaard VRP, waarbij verschillende voertuigen goederen leveren aan één bepaalde klant (Leung, Zhou, Zhang & Zheng, 2011). Er bestaan ook andere VRP's, naast het standaard VRP, die gedeelde leveringen en afhalingen wel toelaten. Zo zijn gedeelde bedieningen enkel mogelijk wanneer de klant goederen bestelt die niet door één voertuig geleverd kunnen worden, door bijvoorbeeld capaciteitsbeperkingen van het voertuig (Clautiaux, Jouglet, Carlier & Mourkim, 2008).

Toegepast op het algemene voorbeeld zal dit resulteren in routes waarbij meerdere klanten worden bediend door één voertuig, maar de vraag van één klant wel volledig in één voertuig moet passen, wat ook het geval is.

2.2.4 Eén route per voertuig

Bovendien stellen de onderzoekers Iori & Martello (2010) en Leung et al. (2013) in hun onderzoeken dat ieder voertuig dat wordt opgenomen in de rittenplanning maximaal één route mag afleggen. Dit wil zeggen dat de rit wordt beëindigd wanneer het voertuig terug toekomt bij het bedrijf. Ook hierop bestaan uitzonderingen, maar deze zijn niet relevant voor het onderzoek.

In het bovenstaande voorbeeld betekent dit dat de voertuigen steeds vertrekken bij het depot (D), een aantal klanten bezoeken en op het einde van de rit ook weer terugkeren naar dit depot.

2.2.5 Totale afstand minimaliseren

Het doel van een voertuigrouteringsprobleem is om de totale levertijd, de kosten en/of de totale afstand die de transporteur moet afleggen te minimaliseren. Wanneer een transporteur alle klanten bedient op zijn route, zal hij altijd de kortste weg kiezen. Dit staat in de logistieke literatuur bekend als het kortstepadprobleem. Het kortstepadprobleem stelt dat in een gegeven netwerk de kortste verbinding tussen twee knooppunten gezocht wordt (Tijdeman, 1967; Zhang & Khani, 2019). Er bestaan in de logistieke literatuur enorm veel verschillende algoritmes om de kortst mogelijke route te vinden om een VRP op te lossen. Op gebied van transport hebben algoritmen met het kortste pad brede toepassingen in problemen zoals voertuigrouting, verkeerstoeiwijzing en netwerkontwerp. Tot op zekere hoogte is het kortstepadprobleem het meest fundamentele component in een VRP en legt het de basis voor veel complexe en geavanceerde transportstudies (Zhang & Khani, 2019). In een VRP kan er altijd van worden uitgegaan dat het kortste pad gekend is.

Het voorbeeld wordt in dit geval opgelost op één bepaalde manier. De heuristiek die wordt toegepast is het sweep algoritme. Dit betekent dat de rit begint vanaf een niet-toegewezen klant met de kleinste afstand tot het depot. Dit is klant 1 in het voorbeeld. Daarna worden de volgende klanten toegewezen aan de rit waarbij een horizontale lijn op het netwerk wordt gelegd en 'geveegd' tegen de klok in zolang de capaciteit van het gebruikte voertuig wordt gerespecteerd. Dit wordt herhaald totdat alle klanten zijn toegewezen. Merk op dat er twee ritten zijn in het netwerk, omdat er rekening wordt gehouden met capaciteitsbeperkingen van de voertuigen. In de literatuur bestaan echter meerdere wijzen of heuristieken om een VRP op te lossen, die telkens rekening houden met het specifieke probleem en daarbij de kortste route of de laagste kosten zullen zoeken.

2.3 Bijkomende probleemkenmerken van een VRP

Het is belangrijk om te kunnen bepalen of een route al dan niet haalbaar is. Dit kan worden bepaald aan de hand van volgende bijkomende beperkingen waarmee rekening moet gehouden worden bij het uitvoeren van transporten. De beperkingen met betrekking tot het standaard VRP hebben te maken met het laden van goederen, de afstand tussen het depot en de klanten onderling, het herbruiken van voertuigen en tijdsschema's.

2.3.1 Lading

Een standaard VRP dat beperkt is tot voertuigen waarvan een bepaalde capaciteit bekend is, wordt een 'capacitated vehicle routing problem' (CVRP) genoemd (Rochat & Taillard, 1995). Deze capaciteitsbeperkingen zijn gerelateerd aan de afmetingen of het volume van goederen, het gewicht en de plaats die ze innemen met hun verpakking, waarmee bedoeld wordt of de goederen worden vervoerd door middel van paletten of in andere vormen. Daarnaast spreken Toth en Vigo (2014) over de 'item clustering beperking' die stelt dat de goederen die naar dezelfde klant gestuurd worden met hetzelfde voertuig moeten aankomen. Binnen het CVRP kan nog verder uitgeweid worden naar meer complexere voorwaarden en beperkingen. Dit is niet relevant voor dit onderzoek.

2.3.2 Afstand

Er zijn niet enkel beperkingen op de ruimtelijke afstand die gemodelleerd kunnen worden, ook bestaan er beperkingen op de duur van de gehele route, op de kosten van de route en op het aantal wegen binnen een bepaald netwerk.

2.3.3 Hergebruik van voertuigen

Een standaard VRP stelt dat één voertuig voor slechts één rit kan worden ingezet per planningshorizon. Hiervan kan worden afgeweken in het 'vehicle routing problem with multiple use of vehicles' (VRMP). Dit VRP maakt het mogelijk voor transporteurs om één enkel voertuig meerdere keren in te zetten om verschillende routes uit te voeren.

2.3.4 Tijdsvensters en rittenplanningsschema's

Nog andere relevante beperkingen van een VRP hebben te maken met planningen, waarbij reis-, service- en wachttijden een rol spelen alsook de tijdsvensters waarin een rit plaatsvindt. In het VRPTW, waarbij TW staat voor 'time windows' of tijdsvensters, wordt telkens de doortochtijd – dat is de tijd die een voertuig nodig heeft om tussen twee klanten te reizen – in rekening gebracht, samen met een tijdsvenster. Het tijdsvenster is de openingstijd van een klant waarin de goederen kunnen geleverd of afgehaald worden. Hierbij gelden alle beperkingen van het CVRP nog steeds. Daarbij wordt voor iedere klant apart een tijdsinterval bepaald. Deze klanten dienen binnen dat tijdsinterval bediend te worden. Dit betekent dat een levering niet meer op een willekeurig moment mag worden uitgevoerd, maar enkel binnen het vastgestelde tijdsinterval (Toth & Vigo, 2014). Hierbij zijn de onderlinge afstanden tussen de klanten van groot belang. Een rittenplanning is haalbaar, in combinatie met de vertrektijd, mits de tijd om een klant te bezoeken niet buiten het tijdsvenster valt. De aard van tijdsvensters wordt in de literatuur opgesplitst in 'hard time windows' en 'soft time windows' wat te maken heeft met de gevolgen wanneer een tijdsvenster niet gehaald kan worden. Wanneer er gesproken wordt over 'hard time windows' betekent dit dat deze beperking moet worden voldaan, terwijl 'soft time windows' geschonden mogen worden (Hashimoto, Ibaraki, Imahori & Yagiura, 2006). De overtreding van 'soft time windows' wordt meestal bestraft en opgenomen in de kostenberekening.

2.4 Korte termijn rittenplanningen

Het is belangrijk om de term 'korte termijn' verder toe te lichten. In deze masterproef zal een rittenplanning op korte termijn gelijk staan aan een planningstijdshorizon van één dag. Dit betekent dat wanneer een klant een order plaatst, deze de volgende dag moet worden uitgevoerd. Onderzoeken die betrekking hebben op het bepalen van onzekerheden kunnen zeer uiteenlopend zijn vanwege de tijdshorizon wanneer er gefocust wordt op de verschillende factoren. Er zijn een aantal factoren waarmee een transportbedrijf werkt die vast zijn, terwijl andere factoren variabel zijn. Op korte termijn zijn de investeringen, de werkkrachten en wetgevingen vaste beperkingen, maar zijn zaken zoals klantenwensen, weersomstandigheden en congestie dynamisch. Op deze

manier weet een rittenplanner welke variabelen zeker zijn in een rittenplanning en welke onzeker. De masterproef focust op het vinden van dynamische onzekerheden die zich voordoen in een rittenplanning op korte termijn. Hieronder worden eerst de vaste beperkingen weergegeven en vervolgens de dynamische. De dynamische factoren komen ook uitgebreid aan bod in hoofdstuk 3 waar dieper wordt ingegaan op onzekerheid in VRP's.

2.4.1 Vaste beperkingen

Bepaalde middelen waarmee een transportfirma werkt zijn vaste gegevens waarop het bedrijf geen invloed kan uitoefenen op korte termijn, maar wel op langere termijn. De rittenplanner weet op het moment van het opmaken van de planning dat deze factoren quasi zeker zijn en kan dus rekening houden met deze beperkingen. De lijst van beperkingen is niet limitatief, maar er wordt een opsomming gegeven van de meest relevante factoren.

Investeringsen

Volgens een basisbeginsel in de economie zijn investeringen op korte termijn een vast gegeven binnen een organisatie (De Clercq, 2015). Dit geldt voor een transportorganisatie in zekere zin ook. Een vloot van voertuigen kan niet zomaar worden uitgebreid, aangezien hiervoor kapitaal nodig is dat bij een financiële instelling moet worden geleend. De capaciteit van de voertuigen van transporteurs is ook niet variabel. Er gaat een lange periode over deze beslissing heen, vandaar dat de beschikbare vloot bij de vaste factoren worden gerekend. Dit moet echter genuanceerd worden, aangezien verladers van goederen wel een beroep kunnen doen op onderaannemingen die beschikken over voldoende voertuigen en werkkrachten die op korte termijn ingezet kunnen worden. Hierdoor zijn investeringen op korte termijn toch niet altijd vaste gegevens en kan een transporteur flexibele middelen inzetten indien er sprake is van onzekerheid.

Werkkrachten

Daarnaast is ook het personeel vast bepaald op korte termijn. Een transportorganisatie heeft niet altijd de mogelijkheid om op korte termijn vaste chauffeurs aan te werven, uitgezonderd indien gekwalificeerde chauffeurs op basis van oproeping kunnen worden ingezet, waarbij deze chauffeurs een stand-by functie hebben. Zo moeten chauffeurs een aantal testen afleggen en eventueel nog de nodige rijbewijzen halen voordat ze aangenomen kunnen worden bij de transportfirma. Ook vakbekwaamheid is een vereiste voor alle professionele bestuurders met een rijbewijs van de categoriegroepen C of D (FOD Mobiliteit en Vervoer, 2015)¹⁸. Het is tegenwoordig voor transportbedrijven moeilijk om voldoende geschikte professionele bestuurders te vinden om te voldoen aan de vraag naar transport (Van Dooren, 2018). Witlox & Notteboom (2003) spreken van een knelpuntberoep bij deze chauffeurs, wat weergeeft dat het vinden van geschikt personeel niet als vanzelfsprekend gaat. Echter ook in dit geval kan de transporteur een beroep doen op

¹⁸ <https://mobilit.belgium.be> (2015)

onderaannemingen die wel voldoende chauffeurs ter beschikking hebben. Hierdoor hebben de werkrachten ook een dynamische factor, maar zijn ze hoofdzakelijk een vaste beperking.

Wetgeving

Een derde beperking waaraan een transportorganisatie niets kan veranderen is de wetgeving. Regels worden enerzijds opgelegd door de wetgevende macht, wat dus een extern gegeven is voor de transportorganisatie. Anderzijds worden wetten op lange termijn gestemd en goedgekeurd. De wetgeving betreffende de rij- en rusttijden voor professionele bestuurders die verbonden zijn aan een transportfirma, is daarbij zeer streng geregeld (FOD Mobiliteit en Vervoer, 2015)¹⁹. Deze zal niet snel aangepast worden door de wetgevende macht. Omdat wetgeving een vast gegeven is, kan de transportfirma er in de meeste gevallen ook van uitgaan dat deze redelijk stabiel blijft. Dit is nog een reden waarom wetgeving een vast gegeven is op korte termijn.

2.4.2 Dynamische factoren

Klantenvraag

De wensen van de klant die de dienst van de transporteur vraagt zijn variabel op korte termijn. Wanneer er wordt teruggegrepen naar het voorbeeld van de toenemende flexibiliteit die transporteurs tegenwoordig moeten bezitten in hun rittenplanning, wordt duidelijk dat dit komt door enerzijds de diensten die ze zelf aanbieden aan de klant en anderzijds de klanten die deze vanzelfsprekend zijn gaan vinden. Transporteurs maken tegenwoordig de keuze of ze met elkaar concurreren op vlak van kosten of de diensten die ze aanbieden. In het geval van de opkomende e-commerce kan op bijna iedere website van een groot online warenhuis de volgende aanbiedingen teruggevonden worden: "voor 23.59u besteld, de volgende dag thuis bezorgd" of "gratis verzending"²⁰. Om relevant te kunnen blijven in de wereld van de e-commerce kan een aanbieder niet anders dan mee te gaan met deze stroom, wat resulteert in een sneeuwbaaleffect op de transporteurs die deze transporten uitvoeren voor de verladers. Dit betekent dat transporteurs op hun beurt zich moeten aanpassen aan hun klanten om steeds opnieuw gekozen te worden om de transporten uit te voeren.

Het is echter zeer moeilijk voor een transportfirma om op korte termijn in te spelen op wijzigingen aan reeds gemaakte bestellingen door klanten. Zo kunnen bijvoorbeeld de gevraagde volumes enerzijds verschillen met de werkelijk te transporteren volumes anderzijds. Deze verschillen kunnen een invloed hebben op het soort of het aantal voertuigen dat moet worden ingezet, wat opnieuw resulteert in het inzetten van de juiste gekwalificeerde chauffeur op deze rit – een chauffeur mag namelijk niet zomaar ieder soort goed vervoeren, maar moet hiervoor gekwalificeerd zijn – en dus een volledige rittenplanning wijzigt. Eveneens bestaan er tegenwoordig functies om preferenties met betrekking tot de leveringsplaats en het leveringstijdstip aan te passen nadat de bestelling gemaakt

¹⁹ <https://mobilit.belgium.be> (2015)

²⁰ <https://www.coolblue.be/nl> (2019)

werd. Op deze manier speelt de transportfirma opnieuw in op de wensen van de klant om relevant te blijven in de transportmarkt. Hoewel deze dynamische klantaanvragen het de transporteur moeilijker maken om een rittenplanning op te stellen, zullen ze toch ingaan op deze wijzigingen die de klanten doorvoeren, aangezien het de transporteur zelf is die deze diensten ter beschikking stelt van de klant. De gevolgen van dynamische klantaanvragen op de rittenplanning en de manier van omgaan met deze onzekerheid komen in sectie 3.3.1 aan bod.

Weersomstandigheden

Vervolgens hebben ook de weersomstandigheden een invloed op korte termijn rittenplanningen (van Berkum, Hagens & Weijermars, 2008). Weersomstandigheden zijn dan wel te voorspellen op een termijn langer dan één dag, toch worden ze bij de onzekere variabelen gerekend. Een transporteur kan zijn rit wel aanpassen aan het weer door op tijd te vertrekken bij regen of sneeuw, maar deze weersomstandigheden zullen in ieder geval een invloed hebben op de duur van de af te leggen rit. In sectie 3.4.1 worden de gevolgen die de weersomstandigheden hebben op de rittenplanning besproken.

Congestie

Daarnaast is congestie een variabele factor op korte termijn. Zoals eerder in het onderzoeksplan werd aangehaald is congestie een steeds groeiend probleem in Vlaanderen en zal dit ook een invloed hebben op de korte termijn rittenplanningen van een transporteur en de reistijd, omdat congestie de staat van het netwerk aantast (Jotshi, Gong & Batta, 2009). Files worden daarbij vaak veroorzaakt door verkeersongevallen, werkzaamheden op de baan of een gebrek aan de juiste infrastructuur voor een vlot verloop van het verkeer. Ook deze factoren brengen onzekerheid mee in het plannen van ritten op korte termijn. Transporteurs moeten op voorhand rekening houden met en inspelen op eventuele vertragingen die zich kunnen voordoen tijdens de rit. Hoewel congestie voor een deel voorspeld kan worden, heeft het ook een dynamisch karakter. In hoofdstuk 3 wordt de invloed die congestie heeft op een rittenplanning verduidelijkt.

3 ONZEKERHEID IN VRP'S

Het is reeds duidelijk geworden in hoofdstuk 2 dat in de meeste gevallen niet alle variabelen van een rittenplanning gekend zijn op voorhand en worden ze vaak pas duidelijk nadat de route reeds gepland is of zelfs reeds in uitvoering is (Toth & Vigo, 2014; Pillac, Gendreau, Guéret & Medaglia, 2013). Zowel de beperkingen van een rit als bepaalde onzekerheden die zich kunnen voordoen zullen bepalen of een route al dan niet uitgevoerd kan worden door de aanbieder van het transport. De meest frequente onzekerheden binnen een VRP hebben te maken met onzekerheid en variabiliteit van systeemcondities. Met systeemcondities wordt bijvoorbeeld de vraag van de klanten of de reistijd bedoeld (Toth & Vigo, 2014). Het doel van dit hoofdstuk is om oorzaken van onzekerheden die voorkomen in rittenplanningen op korte termijn in kaart te brengen en te onderzoeken hoe hiermee kan worden omgegaan volgens de literatuur.

3.1 Onzekerheid

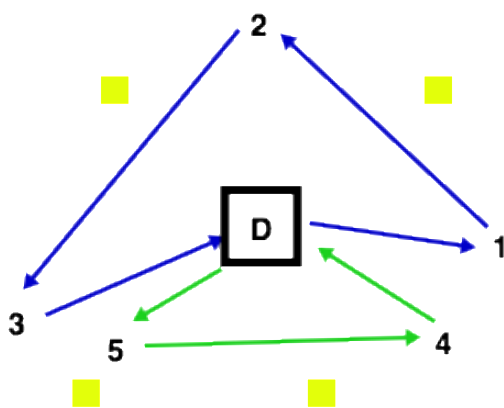
Eerder werd in hoofdstuk 2 al toegelicht hoe een VRP in theorie wordt gedefinieerd. In de praktijk is het opstellen van een rittenplanning echter niet zo eenvoudig aangezien een rittenplanning op basis van informatie wordt gemaakt. Vaak is die informatie niet volledig beschikbaar of kan deze nog veranderen en zal de rittenplanner bijgevolg de planning niet kunnen vervolledigen voordat de rit van start gaat. Om tijdens het opstellen van een rittenplanning rekening te kunnen houden met onzekerheden, zal eerst duidelijk moeten worden welke vormen van onzekerheden er bestaan. Wanneer de definitie van voertuigrouteringsproblemen in de praktijk wordt toegepast, en de onzekerheid bekend wordt, zijn er twee algemene dimensies van onzekerheid, namelijk (Pillac et al., (2013):

1. De *evolutie* van informatie, waarbij de informatie die de rittenplanner beschikbaar heeft verandert tijdens de uitvoering van de rit.
Een voorbeeld hiervan is dat er een nieuwe klantaanvraag is tijdens het uitvoeren van de rit, waarbij de nieuwe informatie geleidelijk aan bekend wordt.
2. De *kwaliteit* van informatie, waarbij er mogelijke onzekerheid bestaat betreffende de beschikbare data.
Een voorbeeld hiervan is dat de vraag van de klant enkel gekend is als schatting van de werkelijke vraag.

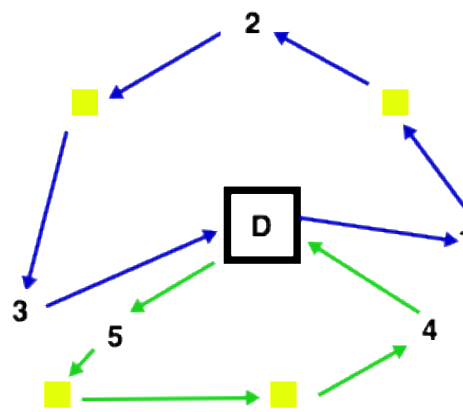
Bovendien verloopt het plannen van een route statisch of dynamisch (Toth & Vigo, 2014; Pillac et al., 2013). Dit is afhankelijk van het soort probleem dat zich voordoet en de technologie die voorhanden is om de planning te maken, zoals gps-systemen en 'real time' informatie uitwisselen tussen planner en chauffeur. Dit wil zeggen dat zowel planner als chauffeur in contact staan met elkaar via bijvoorbeeld een boordcomputer waar belangrijke wijzigingen in de planning naar kunnen worden verzonden. Uit sectie 2.4 van het vorige hoofdstuk blijkt dat er een verschil is tussen enerzijds rittenplanningsproblemen die statisch zijn – waarbij er dus vaste gegevens zijn – en anderzijds de dynamische problemen. Statische rittenplanningsproblemen worden als vaste onzekerheden beschouwd voor een transporteur. Hij weet wat de onzekerheden zijn en wat ze

betekenen voor de rittenplanning. Vanuit statisch perspectief is het doel om een reeks robuuste routes te ontwerpen, die tijdens hun uitvoering kleine veranderingen zullen ondergaan (Pillac et al., 2013). Met robuust wordt bedoeld dat de ritten op een dergelijke manier zijn ontworpen zodat deze minder gevoelig zijn voor onzekerheden die zich voordoen. Dit kan gedaan worden door met gegevens te werken die beschikbaar zijn of die voorspeld kunnen worden op basis van vorige of vergelijkbare periodes, zoals weersomstandigheden, congestie door normaal verkeer en de klantenvraag.

Daarentegen zijn dynamische voertuigrouteringsproblemen (DVRP) niet altijd volledig bekend voor een rittenplanner. De gegevens zijn in beperkte mate beschikbaar, zodat een volledige route uitstippelen niet mogelijk is op het moment dat het planningsproces begint. De informatie die relevant is om de planning te maken kan doorheen het planningsproces veranderen of vervolledigen nadat de eerste ritten berekend zijn (Larsen, 2000). Zo introduceerde Psaraftis (1980) het concept van onmiddellijke aanvraag, waarbij een klant die om service vraagt, altijd zo vroeg mogelijk wenst bediend te worden, wat onmiddellijke herplanning van de huidige voertuigroute vereist. Daarbij beschouwt Psaraftis (1988) een VRP als dynamisch indien de output geen set van routes is maar eerder een beleid dat beschrijft hoe de routes moeten evolueren in functie van de input die over de tijd evolueert. Hiermee laat hij blijken dat het dynamische karakter van de input van een rittenplanningsprobleem een aanzienlijke invloed heeft op de oplossing ervan. Onderstaande figuren geven een visueel voorbeeld van wat er bedoeld wordt met dynamische rittenplanningsproblemen. De problemen ontstaan doordat er onzekerheid is bij het plannen van de ritten. Zo zijn er in figuur 9 vier klanten die extra in de rit komen, welke aangeduid worden met gele vierkanten. Figuur 10 geeft weer hoe deze extra klanten in de rit kunnen worden opgenomen. Andere praktische voorbeelden zijn klanten die hun order aanpassen of juist hun order annuleren en uit de rit verdwijnen.



Figuur 9: De nieuwe klanten



Figuur 10: De nieuwe klanten ingepland

3.1.1 Dynamische en stochastische problemen

Naast het onderscheid tussen dynamische problemen en statische problemen kan er ook een onderscheid gemaakt worden tussen dynamische problemen en stochastische problemen (Toth & Vigo, 2014).

1. Er zijn *dynamische problemen* of onzekerheden wanneer bepaalde delen of de gehele relevante informatie over de systeemcondities bekend worden tijdens de uitvoering van de rit.
2. Bij *stochastische problemen* zijn de systeemcondities onzeker, maar de onzekerheid kan worden weergegeven door een kansverdeling.

Het verschil tussen een rittenplanning opmaken waarbij dynamische problemen naar voren komen ten opzichte van stochastische problemen, is dat bij onzekerheden waarvan dynamisme de oorzaak is, geen rekening wordt gehouden met een kans die gegeven wordt om de onzekerheid te voorspellen. Doordat stochastische onzekerheden met een bepaalde kans kunnen worden voorspeld, kan er beter worden geanticipeerd op deze soorten problemen in tegenstelling tot wanneer er sprake is van dynamische problemen. Hierdoor is het belangrijk voor een rittenplanner om op voorhand te weten met welke soort onzekerheid hij te maken heeft en dat hij voldoende informatie ter beschikking heeft op het moment dat de rittenplanning wordt opgesteld. Het onderscheid tussen dynamische en stochastische problemen is echter eerder een grijze zone. Een VRP kan dynamisch zijn met een stochastisch karakter. Dit wil zeggen dat er VRP's bestaan waarbij er – voordat de rit wordt uitgevoerd of zelfs tijdens de uitvoering van de rit – geen of onvolledige informatie beschikbaar is voor wat betreft de onzekere factor zoals nieuwe klantaanvragen of vertraging van een voertuig omwille van een technische panne, maar dat er binnen het VRP wel bepaalde gegevens beschikbaar zijn zodat voorspellingen gemaakt kunnen worden op basis van historische data, zoals het weer dat voorspeld kan worden voor een bepaald seizoen of de klantenvraag uit een vorige periode. Op deze manier kan een VRP zowel dynamisch als stochastisch benaderd worden en kan de rittenplanning voor een stuk robuuster gemaakt worden op basis van de beschikbare informatie. Het uiteindelijke doel is om te onderzoeken wat ervoor kan zorgen dat de initiële rittenplanning zo ongevoelig mogelijk wordt voor onzekere factoren zodat de planner geen al te ingrijpende aanpassingen moet doorvoeren op het moment dat de onzekerheden zich voordoen.

Het is duidelijk dat dynamische en stochastische modellen een steeds belangrijkere rol spelen in onzekere situaties: per definitie worden er beslissingen genomen voordat alle informatie die gewenst is beschikbaar wordt. Deze beslissingen moeten vervolgens gewijzigd worden wanneer nieuwe informatie beschikbaar is. Dit wordt weergegeven in onderstaand stappenplan. De visualisatie van het proces kan helpen bij het omgaan met de onzekerheden die zich voordoen in de praktijk, zodat de rittenplanner weet in welke fase van het proces er sprake is van onzekerheid en zo eventueel al kan anticiperen op oplossingen voor het verdere verloop van de rit.



Figuur 11: Proces ontwerp rittenplanning

1. De initiële planning waarbij de rittenplanner onvolledige informatie ter beschikking heeft.
2. De rit is in uitvoering.
3. De nieuwe informatie wordt bekend en er kan mee gewerkt worden.
4. De nieuwe informatie zal bepaalde gevolgen hebben voor de initiële rittenplanning.
5. De rittenplanner zal het verdere verloop van de rit moeten aanpassen op basis van de nieuwe beschikbare informatie.
6. De rittenplanner zal moeten nagaan met welke factoren op voorhand rekening moet worden gehouden zodat de initiële rittenplanning robuuster is en zodat de planner geen grote aanpassingen meer moet doorvoeren om te kunnen voldoen aan de nieuwe informatie.

Het verschil tussen dynamische VRP's en stochastische VRP's wordt in de volgende secties weergegeven.

3.1.1.1 Dynamische VRP's

De informatie die bij dynamische problemen geleidelijk aan bekend wordt voor de rittenplanner, heeft vaak te maken met de locaties van de klanten en hun vraag naar transport. Meestal is deze informatie reeds beschikbaar vóór de rit aanvangt, maar voor een klein aantal klanten zal er enkel geschatte informatie ter beschikking zijn (Toth & Vigo, 2014). Daarnaast kan er binnen de dynamische problemen ook een onderscheid gemaakt worden tussen enerzijds de reistijd en anderzijds de beschikbaarheid van voertuigen. Op vlak van reistijd wordt de snelheid van het voertuig niet enkel bepaald door files die gevormd worden door de variabele hoeveelheid verkeer die per dag aanwezig is op de wegen, maar zeker ook door congestie die ontstaat door onvoorziene omstandigheden zoals ongevallen, werkzaamheden en foutparkeren door voertuigen waardoor het verkeer wordt opgehouden. In het tweede geval is de beschikbaarheid van voertuigen een dynamische component aangezien ritten moeten worden verzet naar een ander moment wanneer voertuigen in panne staan, dubbel geboekt zijn of vertraging oplopen tijdens een vorige rit.

Dynamische modellen kunnen geformuleerd worden op twee manieren: deterministisch of stochastisch. Deterministische modellen zijn modellen die de input volgens een vast bepaalde wetmatigheid omzetten in output, zonder rekening te houden met onzekerheden. Deze modellen worden in de praktijk het meest gebruikt vanwege hun eenvoudige formulering en de beschikbaarheid van bestaande oplossingsalgoritmen. Er zijn echter verschillende redenen om het gebruik van stochastische modellen te ondersteunen, waaronder het feit dat deterministische modellen – in het algemeen – geen natuurlijke planningshorizon vertonen en dat afrondingsfouten met betrekking tot de tijd in de praktijk tot aanzienlijke gevolgen kunnen leiden. Het resultaat is dat deterministische modellen vaak erg groot en moeilijk op te lossen zijn, waardoor ze niet in een

operationele omgeving kunnen worden gebruikt. Daarnaast kunnen deterministische modellen 'nervositeit' vertonen als gevolg van gevoeligheid voor veranderingen in voorspelde informatie. De wijzigingen in de voorspelde informatie, hogere kosten en minder vertrouwen in het model kunnen adviezen om een initiële planning aan te passen hierdoor onnodig veranderen. Tot slot is een deterministisch model een benadering en kan het minder kwaliteitsvolle resultaten opleveren in vergelijking met modellen die expliciet omgaan met onzekerheid (Powell et al., 1995).

Afhankelijk van de keuze van de formulering – stochastisch of deterministisch – kan het opnemen van onzekerheid een model ingewikkeld maken, of juist compact en gemakkelijk op te lossen. Onzekerheid ontstaat in dynamische modellen volgens Powell et al. (1995) uit vijf bronnen:

1. Onzekerheid in vraagprognoses

Fouten in vraagprognoses kunnen vaak op een formele manier worden gekwantificeerd en gemodelleerd. Vraagvoorspellingen zijn over het algemeen afgeleid van tijdreeksmodellen en foutenpatronen uit het verleden kunnen een maat voor toekomstige fouten bieden. Het effect van deze soort onzekerheid op de rittenplanning is dat wanneer de juiste vraagprognose wordt gemaakt, de rittenplanner beter kan anticiperen op een toekomstige vraag van de klant en dat zo de initiële rittenplanning robuuster wordt.

2. Onzekerheid in voorspellingen van externe leveringen van middelen en chauffeurs

Onzekerheid in voorspellingen van externe leveringen van middelen of chauffeurs ontstaat meestal als gevolg van onzekerheid in reistijden voor ritten die eerder aan bod kwamen. Zo kan er gedacht worden aan een voertuig of een chauffeur die wordt ingepland voor een toekomstige rit, maar die reeds werd ingezet voor een eerdere rit. Indien deze rit vertraging oploopt, zal de geplande rit niet van start kunnen gaan voordat het voertuig of de chauffeur is teruggekeerd.

3. Willekeurigheid in de prestaties van het netwerk

Willekeurigheid in de prestaties van het netwerk kan betrekking hebben op onzekerheid in reistijden – door weer, congestie of douaneformaliteiten – of netwerkcapaciteit. Een effect van willekeur in netwerkprestaties is onzekerheid in stroomafwaartse voertuigbenodigdheden, dus dichter naar de klant toe. Een container die naar een verlader wordt verzonden, kan bijvoorbeeld een willekeurig aantal dagen worden vastgehouden voordat deze weer wordt vrijgegeven aan de vervoerder. Op deze manier loopt de gehele rittenplanning vertraging op.

4. Willekeurigheid in het beheer en de werking van het netwerk in toekomstige perioden

De vierde bron van onzekerheden is veel moeilijker te kwantificeren. Plannen op een bepaald tijdstip vereist anticiperen op hoe het systeem zal worden beheerd of gebruikt in latere tijdsperioden. Deze verwachte acties zullen niet altijd worden uitgevoerd zoals gepland, wat een andere bron van onzekerheid oplevert. Het ene probleem lukt het andere uit. Dit sneeuwbaaleffect zorgt ervoor dat de initiële rittenplanning minder robuust is, waardoor de rittenplanner meer werk heeft met het ontdekken van eventuele bijkomende onzekerheden waar initieel geen sprake van was. Indien een oplossingsmodel correct wordt gebruikt en toegepast, zullen deze bijkomende problemen zich minder snel voordoen.

5. Fouten in de gegevens die in het model worden verwerkt

Ten slotte moeten alle modellen de aanwezigheid van fouten in de invoergegevens erkennen. Dergelijke fouten zijn moeilijk te herkennen. De onzekerheden kunnen echter niet altijd

geëlimineerd worden uit het model en er moet erkend worden dat deze fouten bestaan. Het probleem bestaat er dus niet enkel in om de onzekerheden op te sporen en aan te pakken, maar het is daarbij ook een uitdaging om een model te ontwerpen dat ervoor zorgt dat er geen – of zo weinig mogelijk – fouten in de invoergegevens zijn.

3.1.1.2 Stochastische VRP's

In stochastische VRP's (SVRP) daarentegen worden probabilistische elementen opgenomen in de oplossingsmodellen (Powell, Jaillet & Odoni, 1995). Een stochastisch VRP is feitelijk een standaard VRP waarbij zaken zoals de vraag van de klant, weersomstandigheden of congestie eerder probabilistisch – op basis van voorspelde informatie – zijn dan deterministisch – op basis van feiten. Factoren waarmee rekening gehouden moet worden bij het opstellen van een rittenplanning, zoals de vraag van de klant, de weersomstandigheden en de reistijd, zijn onzeker en worden gezien als toevallige variabelen. Bijgevolg kunnen geplande ritten vertraging oplopen of vroegtijdig beëindigd worden doordat bijvoorbeeld de capaciteit van het voertuig reeds bereikt is (Toth & Vigo, 2014). Het probleem is dan om een vaste set van routes met een minimale verwachte totale lengte te bepalen, die overeenkomt met de verwachte totale lengte van de vaste set van routes plus de verwachte waarde van de extra reisafstand die nodig kan zijn. Die extra afstand zal mogelijk veroorzaakt worden doordat de vraag op een of meer routes af en toe de capaciteit van een voertuig overschrijdt en de chauffeur dwingt om terug te keren naar het depot voordat hij zijn route verder kan zetten (Powell, Jaillet & Odoni, 1995). De focus bij stochastische VRP's ligt daarom op het analyseren van de invloed van onzekerheid op de kosten en servicelevels van een transporteur. Door gebruik te maken van stochastische gegevens in een rittenplanning zal de planner de initiële rit beter kunnen ontwerpen en zal bijgevolg de rittenplanning robuuster zijn naargelang er zich onzekerheden blijven voordoen.

Aangezien de informatie in het eerste stadium van de rittenplanning slechts geschat wordt, zal er ook rekening moeten worden gehouden met eventuele schattingsfouten. Er bestaan verschillende soorten schattingsfouten. Zo is er de algemene voorspellingsfout (E_t), waarbij de voorspelde waarde voor een periode 't' wordt verminderd met de werkelijke vraag van de periode. Algemeen geldt: hoe lager de waarde van de fout, hoe accurater de voorspelling. Daarnaast meet 'mean squared error' (MSE) het gemiddelde van de kwadraten van de fouten, dat wil zeggen het gemiddelde gekwadrateerde verschil tussen de geschatte waarden en de werkelijke waarde. Het feit dat MSE bijna altijd strikt positief is, is te wijten aan willekeur of omdat de schatter geen rekening houdt met informatie die een nauwkeurigere schatting zou kunnen opleveren (Lehmann & Casella, 1998). MSE kan nuttig zijn om de kwaliteit van een schatter te detecteren, waarbij waarden dicht bij nul beter zijn. Tot slot is een belangrijke indicator het vooroordeel ('*bias*'). *Bias* is nodig om te achterhalen of de werkelijke informatie al dan niet consequent wordt over- of onderschat en bijgevolg geen vertekend beeld geeft. Een eigenschap van een goede voorspelling is volgens Lim (2002) dat deze niet bevooroordeeld is. Ook het herkennen van fouten is een hulpmiddel voor de planner. Daarenboven moet de hij bovenstaande schattingsfouten combineren om de juiste inschatting te kunnen maken zodat de rittenplanning zo robuust mogelijk wordt opgesteld.

Op basis van de dimensies identificeert tabel 3 vier categorieën van routeringsproblemen waarbij voorgaande soorten van problemen worden gecombineerd (Powell et al., 1995):

		Kwaliteit van informatie	
		Deterministische input	Stochastische input
Evolutie van informatie	Input op voorhand gekend	Statisch en deterministisch	Statisch en stochastisch
	Input verandert	Dynamisch en deterministisch	Dynamisch en stochastisch

Tabel 3: taxonomie van voertuigrouteringsproblemen door informatie-evolutie en -kwaliteit²¹

In *statische en deterministische problemen* zijn alle invoergegevens op voorhand gekend en wijzigen de routes niet zodra ze worden uitgevoerd. Deze VRP's kunnen zeer gemakkelijk opgelost worden door middel van heuristieken of exacte wiskundige modellen.

Bij Statische en stochastische problemen worden gekenmerkt door invoergegevens die gedeeltelijk gekend zijn als willekeurige variabelen, waarbij slechts tijdens de uitvoering van de ritten de werkelijke informatie bekend wordt. Daarnaast wordt verondersteld dat de ritten op voorhand reeds zijn ontworpen en zijn daarna slechts kleine wijzigingen gepermitteerd. Deze wijzigingen houden bijvoorbeeld het plannen van een rit terug naar het depot in of het overslaan van een klant in het geval dat de capaciteitsbeperking reeds is gehaald. Om ritten uit te voeren in deze categorie is geen technologische ondersteuning vereist. Elk van de invoergegevens is onderworpen aan onzekerheid, maar de drie meest bestudeerde gevallen zijn stochastische klanten – waarbij een klant moet worden bediend met een bepaalde waarschijnlijkheid, stochastische tijden – waarin service- of reistijden worden gemodelleerd door willekeurige variabelen en ten slotte stochastische eisen.

Dynamische en deterministische problemen worden gekenmerkt doordat een deel of alle invoergegevens onbekend zijn. Deze gegevens worden dynamisch onthuld tijdens het ontwerp of de uitvoering van de routes. Voor deze problemen worden de ritten voortdurend opnieuw bepaald, wat technologische ondersteuning vereist voor *real time* communicatie tussen de chauffeurs en de rittenplanner. Zo kunnen mobiele telefoons en globale positioneringssystemen een hulpmiddel zijn. Deze klasse van problemen wordt door sommige auteurs ook wel *'online'* of *'real time'* genoemd.

Tot slot is een deel van de invoergegevens of alles bij *dynamische en stochastische problemen* onbekend en worden deze bekend tijdens de uitvoering van de routes. Echter, in dit geval is stochastische kennis beschikbaar over de dynamische informatie die bekend wordt. Net als voorheen kunnen de routes voortdurend opnieuw worden bepaald door het gebruik van technologische

²¹ Herdrukt van "A review of dynamic vehicle routing problems", door Pillac, V., Gendreau, M., Guéret, C. & Medaglia, A., 2013, *European Journal of Operational Research*, 225 (1), p. 18.

ondersteuning. In de volgende secties komen voorbeelden aan bod die zowel stochastische als dynamische onzekerheden combineren.

Dynamische en stochastische modellen vertegenwoordigen ongetwijfeld de 'golf van de toekomst' binnen voertuigrouteringsproblemen. Hun toenemende bekendheid wordt gedreven door technologie: de groei van de beschikbaarheid van 'real time' informatie over transport- en logistieke systemen wendt de focus van operationele onderzoekers af van de traditionele statische planningsmodellen. Vervoerders en verladers zijn op zoek naar de voordelen van de mogelijkheid om de werking van een transportsysteem snel en continu actueel te houden om de service te verbeteren of de kosten te verlagen. Bovendien hebben methodologische ontwikkelingen in de afgelopen decennia de ontwikkeling van modellen mogelijk gemaakt die de onzekerheid en de dynamische kenmerken van het transport- en logistieke domein beter opvangen, zelfs als het gaat om strategische planning.

3.2 Soorten onzekerheden

Om een rittenplanning te kunnen maken die rekening houdt met de onzekerheden, zal een rittenplanner eerst de verschillende concrete soorten van onzekerheid moeten kennen en begrijpen wat ze voor een rittenplanning betekenen. De voorbeelden van onzekerheden die aan bod zullen komen in volgende secties zullen een dynamisch of een stochastisch karakter hebben. In sommige voorbeelden zullen zelfs beide karakters voorkomen. Daarnaast wordt een tabel weergegeven waarin terug te vinden is onder welke categorie deze onzekerheden vallen. In de voorbeelden die in sectie 3.3 aan bod komen wordt duidelijk op basis van welke redenen deze classificatie is gemaakt.

Soort probleem		
Soort onzekerheid	<i>Dynamisch</i>	<i>Stochastisch</i>
<i>Dynamische klantaanvragen</i>	x	
<i>Reistijd</i>	x	x
<i>Beschikbaarheid van middelen</i>	x	
<i>Vraagonzekerheid</i>	x	x
<i>Locatie</i>	x	x
<i>Timing</i>	x	x

Tabel 4: Onderscheid stochastische en dynamische onzekerheid

Bij een dynamisch rittenplanningsprobleem is niet alle informatie die relevant is voor de planning van de verschillende ritten op voorhand bekend voor de planner. Tevens kunnen gegevens veranderen nadat de initiële routes reeds gevormd zijn. Volgens de literatuur worden drie belangrijke bronnen van dynamische gegevens onderscheiden (Pillac, Guéret & Medaglia, 2011). De meest gebruikelijke bron van dynamisme wordt gevormd door nieuwe bestellingen van klanten tijdens de

uitvoering van de initieel geplande routes. Een tweede bron wordt gevormd door de reistijden die afhankelijk zijn van de congestie binnen het verkeer. Op verschillende tijdstippen van de dag kan dezelfde route een heel verschillende verwachte reistijd hebben. Tijdens de spitsuren of in druk stadsverkeer kunnen voertuigen vaak minder vlot rijden. Een laatste bron van dynamisme komt voort uit het feit dat voertuigen in panne kunnen vallen en hierdoor tijdelijk niet meer operationeel kunnen zijn.

Deze drie meest frequente bronnen die Pillac et al. (2011) beschrijven komen overeen met de eerste, tweede en derde soort onzekerheden die Powell et al. (1995) aanhalen. Zij breiden deze selectie van onzekerheden nog uit met tijdsvensters en het feit dat het model dat gebruikt wordt de fouten moet kunnen herkennen die worden ingegeven. De dynamische onzekerheden waarover beide groepen van auteurs spreken worden in de volgende sectie ontleed. De soorten van onzekerheden worden samengevoegd en herleid naar volgende groeperingen:

1. Onzekerheid met betrekking tot dynamische klantaanvragen en -wensen.
2. Onzekerheid betreffende de reistijd, eventueel uitgebreid met tijdsvensters.
3. Onzekerheid omwille van het uitvallen van een chauffeur of voertuig.

3.3 Gevolgen en oplossingen

Het is voor de rittenplanner van groot belang dat hij weet wat de gevolgen van de verschillende onzekerheden zijn voor een rittenplanning. Deze gevolgen worden weergegeven aan de hand van onderstaande situaties waarbij de oorzaak van onzekerheid telkens een invloed heeft op de initiële rit uit het voorbeeld op pagina 23. Om met deze gevolgen om te kunnen gaan, worden er nieuwe ritten opgesteld aan de hand van oplossingsmethoden die in de literatuur worden aangereikt. Vele oplossingsmethoden zijn echter zeer wiskundig onderbouwd en te complex om toe te passen op de voorbeelden in deze masterproef. Deze zullen in woorden worden toegepast om het effect van de oplossingen te kunnen projecteren op de situaties waarin onzekerheid zich voordoet. De nieuwe ritten worden door middel van het *nearest neighbour*-algoritme opgesteld, waarbij klant 1 en klant 5 telkens als eerste worden bezocht. Dit wordt zo bepaald om de gevolgen op de initiële planning van ritten in uitvoering na te bootsen. Nadat klant 1 en klant 5 reeds zijn toegewezen aan een rit, wordt een willekeurige klant bezocht op basis van de kortste afstand tussen de reeds bezochte klant en de niet-bezochte klanten. Dit proces herhaalt zich zodat uiteindelijk alle klanten éénmaal worden bezocht. De oplossingen van de voorbeelden worden telkens benaderd op de meest gebruikelijke manier in de literatuur volgens Powell et al. (2000), namelijk dat de rittenplanning op voorhand – mits voldoende stochastische informatie beschikbaar – zo robuust mogelijk wordt opgesteld en naar mate meer (dynamische) informatie bekend wordt, de initiële oplossing mee zal evolueren naar een meer passende route. Bij het oplossen van deze routeringsproblemen wordt ervan uitgegaan dat de klantaanvragen en -wensen telkens worden voldaan en dat de rittenplanner in contact staat met iedere chauffeur via een boordcomputer. Daarnaast wordt bij het oplossen van de VRP's tevens rekening gehouden met de wijzigingen die zich voordoen zoals congestie en veranderende klantenpreferenties. Het is de bedoeling dat de best mogelijke ritten worden gezocht en bij het

opstellen ervan wordt telkens rekening gehouden met de beschikbare capaciteit en de vraag van de klanten. Tot slot kunnen de voorbeelden allemaal toegepast worden in zowel B2B- als B2C-scenario's.

3.3.1 Oplossingen voor dynamische VRP's

Volgens de literatuur is de meest gebruikelijke aanpak voor het oplossen van dynamische problemen om een model op te lossen met behulp van de gegevens zoals ze op een bepaald moment bekend zijn en vervolgens opnieuw te optimaliseren wanneer er nieuwe gegevens beschikbaar worden (Powell, Towns & Marar, 2000). Het is belangrijk om optimaliteit in de context van dynamische routing te definiëren. "Optimaliteit is een algemene technische praktijk om een wiskundig model te formuleren, meestal met tal van vereenvoudigingen om de traceerbaarheid te waarborgen en vervolgens te zoeken naar een optimale oplossing voor dit model" (Powell et al. 2000, p. 69). Deze oplossingsmethode is echter een algemene benadering van dynamische VRP's. Om nog beter te kunnen inspelen op onzekerheden, kunnen ook geautomatiseerde systemen, zoals gps en mobiele telefoons die planners kunnen gebruiken om chauffeurs aan te sturen, grote ondersteuning bieden tijdens het dynamisch planningsproces. Met de introductie van het globale positioneringssysteem in 1996, de ontwikkeling en het gebruik van mobiele telefoons en smartphones, gecombineerd met nauwkeurige geografische informatiesystemen, kunnen bedrijven hun kosten en vloot tegenwoordig in *real time* efficiënt beheren en opvolgen (Psaraftis, 1980).

In de dynamische context zullen expliciet drie modellen erkent moeten worden, namelijk het vervolg van subproblemen die in de loop van de tijd worden opgelost, waarbij elk model een eigen doelfunctie heeft, de grotere simulatie – met een eigen kostenstroom – en het nog grotere probleem dat zich in de praktijk afspeelt, dat gegevensfouten en andere vooroordelen moet weerspiegelen (Powell et al., 2000). Hoewel het een oplossingsproces in twee stappen is – zowel planning als uitvoering – kan de routeplanning van voertuigen nu dynamisch worden uitgevoerd, wat leidt tot meer mogelijkheden om de operationele kosten te verlagen, de klantenservice te verbeteren en de milieu-impact te verminderen. Pillac et al. (2013) illustreert daarbij dat, afgezien van de verbeteringen in servicekwaliteit, responstijd en routingsefficiëntie vanuit het perspectief van de aanbieder van transport, het gebruik van een geautomatiseerd systeem het mogelijk maakt om de vlootomvang los te koppelen van de behoefte aan meer rittenplanners. Op deze manier wordt er kostenefficiënt omgegaan met het inzetten van planners.

In het kader van dynamische problemen is het noodzakelijk om een reeks problemen in de tijd op te lossen als er nieuwe informatie bekend wordt en daarmee het echte planningsproces te simuleren. Doordat er in de loop van de tijd nieuwe informatie wordt onthuld, bieden exacte methoden alleen een optimale oplossing voor de huidige staat, maar garanderen ze niet dat de oplossing optimaal zal blijven zodra er nieuwe gegevens beschikbaar worden. Daarom vertrouwen de meeste dynamische benaderingen op heuristieken die snel een oplossing berekenen voor de huidige toestand van het probleem om daarna verder te gaan met het oplossen van problemen die zich voordoen in een verder stadium van de rit. Benaderingen voor dynamische voertuigrouteringsproblemen kunnen worden onderverdeeld in twee categorieën: die op basis van *periodieke heroptimalisatie* en die op basis van *continue heroptimalisatie*.

Periodieke heroptimalisatie

Periodieke heroptimalisatiebenaderingen beginnen over het algemeen met een eerste optimalisatie van de invoergegevens die een eerste reeks ritten oplevert. Deze eerste oplossing kan beschouwd worden als een statisch probleem omdat de gegevens op dat moment gekend zijn. Doorheen de dag wordt echter steeds meer informatie beschikbaar. De optimalisatieprocedure zal periodiek een statisch probleem dat overeenkomt met de huidige toestand oplossen, hetzij wanneer de beschikbare gegevens veranderen, hetzij op vaste tijdsintervallen - aangeduid als beslissingsperioden (Chen en Xu, 2006) of tijdsvensters (Kilby, Prosser & Shaw, 1998). Op deze manier wordt de dynamische informatie stelselmatig verwerkt en toegevoegd aan de oplossing zodat de route telkens wordt geoptimaliseerd naarmate meer informatie beschikbaar wordt. Het voordeel van periodieke heroptimalisatie is dat het kan worden gebaseerd op algoritmen die zijn ontwikkeld voor statische routing. Het belangrijkste nadeel is dat alle optimalisatie moet worden uitgevoerd voordat het routeplan wordt bijgewerkt, waardoor de vertragingen voor de rittenplanner toenemen.

Continue heroptimalisatie

Bij continue heroptimalisatiebenaderingen worden gedurende de dag optimalisaties uitgevoerd en informatie bijgehouden betreffende goede oplossingen in een aanpasbaar geheugen (Taillard et al., 2001). Telkens wanneer de beschikbare gegevens veranderen, verzamelt een beslissingsprocedure de informatie uit het geheugen om de huidige routing bij te werken. Het voordeel is dat de rekencapaciteit wordt gemaximaliseerd, mogelijk ten koste van een complexere implementatie. Hierbij kennen voertuigen hun volgende bestemming niet totdat ze klaar zijn met het afhandelen van een verzoek omdat de huidige route op elk moment kan worden gewijzigd.

Voorgaande methodes zijn oplossingen die toegepast kunnen worden op quasi ieder dynamisch VRP. Hierna komen oplossingen aan bod die toepasbaar zijn in specifieke situaties van onzekerheid veroorzaakt door dynamisme. De voorbeelden zullen opgelost worden door een combinatie toe te passen van de algemene oplossingsmethoden uit 3.3.1 en specifieke oplossingsmethoden die te vinden zijn in de literatuur gerelateerd aan de onzekerheden die aan bod komen in de voorbeelden.

3.3.1.1 Onzekerheid met betrekking tot dynamische klantaanvragen en -wensen

Een eerste vorm van onzekerheid in rittenplanningen is de onzekerheid betreffende aanvragen en wensen van de klant. Deze onzekerheid illustreert vier specifieke problemen die voor onzekerheid en beperkingen zorgen in de rittenplanning. Deze lijst is echter niet limitatief, maar geeft de meest frequente gevallen van dynamische onzekerheid weer betreffende dynamische klantaanvragen, namelijk:

- a. Nieuwe klantaanvragen
- b. Afwijkende volumes
- c. Wijziging afhaaltijdstip
- d. Wijziging afhaalplaats
- e. Annulering order

Bovenstaande situaties van onzekerheid in rittenplanning worden in de literatuur bestudeerd in verschillende onderzoeken. Hoewel volgende oplossingsmethoden algemeen gelden voor iedere situatie van dynamische onzekerheid, wordt telkens weergegeven in welke specifieke situatie de oplossingsmethoden het beste toegepast kunnen worden.

Oplossingen volgens de literatuur voor nieuwe klantaanvragen en afwijkende volumes

In een onderzoek van Moghaddam, Ruis en Sadjadi (2012) wordt de nadruk gelegd op de onzekerheid van klantaanvragen. Zo kan het bijvoorbeeld zijn dat er niet aan de eisen van klant(en) wordt voldaan, wat uiteindelijk tot winstverlies voor de transportorganisatie leidt. Wanneer een betrouwbare planning – en dus een reeks routes – wordt opgesteld door het VRP op te lossen, kunnen de kosten van het niet behalen van de klantaanvraag verminderen. Dit betekent dat de klanttevredenheid zal toenemen nadat het VRP is opgelost. Het onderzoek focust op een *particle swarm optimization*-algoritme (PSO). De deeltjeszwermoptimalisatie-methode optimaliseert een probleem door herhaaldelijk te proberen een mogelijke oplossing te verbeteren dat rekening houdt met een vooraf bepaald criterium. De methode lost een probleem op door een 'zwerm' van mogelijke deeltjes in het zoekgebied te bewegen volgens wiskundige formules voor wat betreft de positie en snelheid van de individuele deeltjes. De beweging van ieder deeltje wordt beïnvloed door de lokaal beste positie, maar wordt ook naar de beste posities in het zoekgebied geleid, en wordt bijgewerkt naarmate betere posities worden gevonden door andere deeltjes. De uitwisseling van informatie betreffende de positie en snelheid van de deeltjes zal naar verwachting de 'zwerm' naar de beste oplossing brengen. Het PSO-algoritme kan vervolgens gedecodeerd worden naar informatie betreffende een groep klanten en wordt gebruikt om klanten toe te wijzen aan voertuigen waarmee ze zullen bediend worden alsook de routes die de voertuigen zullen rijden. In het onderzoek van Moghaddam et al. (2012) wordt een probleem weergegeven dat wordt opgelost met het PSO-algoritme. Het oplossingsproces is echter zeer wiskundig onderbouwd en zou te complex worden om in deze masterproef toe te lichten en toe te passen op de gegeven voorbeelden in deze proef. Om deze oplossingsmethode concreet toe te passen op de situaties van deze masterproef, kan een klant toegevoegd worden aan de rit, waarbij deze nieuwe informatie zal verschaffen betreffende zijn locatie en vraag naar transport. Deze informatie wordt toegevoegd aan het oplossingsmodel, zodat dit model opnieuw geoptimaliseerd kan worden.

Daarbij spreken Bräysy en Gendreau (2005) in hun onderzoek van een zogenaamd '*route-first cluster-second*'-schema. De heuristiek houdt in dat de klanten initieel ingepland worden in één gigantische tour, die vervolgens wordt opgedeeld in een aantal kleinere routes. Op deze manier zal het proces van het toevoegen van een nieuwe klant aan de rit efficiënter verlopen. De initiële grote route kan bijvoorbeeld gegenereerd worden als een *traveling salesman* route zonder rekening te houden met de capaciteit en de tijdsdruk. Bij uitbreiding kan het VRP opgelost worden door wel rekening te houden met deze factoren. Een van de methoden om dit VRP op te lossen is een uitbreiding op de spaarheuristiek van Clarke en Wright (1964). De spaarmethode begint met een oplossing waarbij elke klant individueel via een aparte route wordt bevoorrad. Telkens wordt berekend hoeveel het kost om een extra klant toe te voegen aan de route. Het combineren van de

routes die klanten bedienen, levert een kostenbesparing op in vergelijking wanneer de transporteur iedere klant apart zou bezoeken en terugkeert naar het depot.

Vervolgens focussen Mándziuk en Zychowski (2016) in hun onderzoek op VRPTW, indien tijdsvensters worden ingevoerd door klanten. Wanneer een rittenplanner rekening moet houden met tijdsvensters van klanten, kan hij de werkdag opsplitsen in tijdsvensters van gelijke duur en wordt ieder tijdsegment als een statische versie van het VRP opgelost. Dit zal gebeuren met de beschikbare data en verzoeken van de bekende klanten. Nieuwe klantaanvragen die binnenkomen tijdens het huidige tijdsegment worden uitgesteld tot het einde van het tijdsvenster en geoptimaliseerd in de uitvoering van het volgende algoritme voor het volgende tijdsegment. Algemeen kan worden aangenomen dat als de tijdsperiode van een geplande route een 'veilige tijdreserve' toelaat – dan staat het voertuig stil – het over het algemeen voordelig is om op een ander tijdsegment te wachten en nieuwe verzoeken in de geplande oplossing op te nemen. Echter, te lang wachten brengt het risico met zich mee dat het niet mogelijk is om de duur van de route in toekomstige tijdsvensters te verlengen door nieuwe klanten – of wijzigingen – toe te voegen omdat het voltooiën van de route vóór de vereiste tijd niet mogelijk zou zijn. Mándziuk en Zychowski (2016) passen hierbij memetische optimalisatie toe, wat een soort verbeteringsproces is dat probleemgerelateerde kennis gebruikt om de oplossing te verbeteren. Tot slot kunnen deze oplossingsmethoden ook toegepast worden op een VRP waarin sprake is van afwijkende volumes. Wanneer een klant de gevraagde hoeveelheid goederen achteraf wijzigt, zal de rittenplanner bovenstaande oplossingsmethoden kunnen toepassen door te heroptimaliseren wanneer de wijziging wordt doorgevoerd en de afwijkende volumes te beschouwen als een klant die een nieuwe aanvraag doet.

Oplossingen volgens de literatuur voor wijzigingen preferenties in de aanvraag

Wanneer er aandacht wordt besteed aan wijzigingen van klantenpreferenties – zoals aanpassingen van het tijdstip of plaats van de afhaling en/of levering en klanten die hun order volledig annuleren waardoor ze wegvallen uit de rit – zullen eventuele tijdsvensters vroeg of laat relevant worden tijdens het oplossen van een VRP. Volgens Bräysy en Gendreau (2005) worden VRPTW-heuristieken meestal gemeten aan de hand van twee criteria: de kwaliteit van de oplossing in termen van objectieve functiewaarde en de snelheid waarmee het VRPTW kan worden opgelost. Daarnaast zijn flexibiliteit, eenvoud van implementatie en robuustheid ook essentiële kenmerken van goede heuristieken. Met flexibiliteit wordt de mogelijkheid om tegemoet te komen aan de verschillende nevenbeperkingen die in de meeste *real-life* applicaties voorkomen bedoeld. Wat betreft robuustheid, moet een algoritme nog steeds in staat zijn om resultaten te produceren onder moeilijke omstandigheden. Uit het onderzoek bleek dat samengestelde heuristieken het beste presteren in termen van oplossingskwaliteit. De meest efficiënte oplossingsmethoden waren die van Russell (1995) en Bräysy (2001). Zo is het basisidee van Russell (1995) om voertuigcapaciteitsinformatie te gebruiken om zones te creëren binnen het netwerk en de afstand van de klanten tot het depot binnen elke zone te bepalen. De oplossing steunt op drie bestelregels om de volgende klant te selecteren voor bediening, namelijk het vroegste tijdvenster, de verste afstand tot het depot en de breedte van het tijdvenster vermeerderd met de afstand vanaf het depot.

Zoals blijkt uit de meerderheid van de onderzoeken die handelen over oplossingsmethoden voor DVRP's, zijn benaderde heuristische gebaseerd op het concept van het herhaaldelijk verbeteren van de oplossing van een probleem door gelijkaardige problemen te onderzoeken. Om een oplossingsmethode te ontwerpen, moeten de volgende keuzes gemaakt worden: hoe een initieel haalbare oplossing wordt bepaald, welk mechanisme voor het genereren van bewegingen in het netwerk moet worden gebruikt, het acceptatiecriterium en de stoptest. Het mechanisme voor het genereren van bewegingen creëert de gelijkaardige oplossingen door één kenmerk of een combinatie van kenmerken van een bepaalde oplossing te wijzigen. Hier zou kenmerk bijvoorbeeld kunnen verwijzen naar routes die een aantal klanten verbinden. Zodra een oplossing is bepaald, wordt deze vergeleken met de huidige oplossing. Als de gelijkaardige oplossing beter is, vervangt deze de huidige oplossing en wordt er verder gezocht. Twee acceptatiestrategieën van gelijkaardige oplossingen zijn gebruikelijk in de VRPTW-context, namelijk *first-accept* (FA) en *best-accept* (BA). De *first-accept*-strategie selecteert de eerste buur die voldoet aan het vooraf gedefinieerde acceptatiecriterium. De *best-accept*-strategie onderzoekt alle burens die aan de criteria voldoen en selecteert de beste onder hen.

a. Nieuwe klantaanvragen met betrekking tot goederen die vervoerd moeten worden naar het depot.

- ⇒ Deze oorzaak heeft een invloed op de capaciteit van de vloot. Daarnaast zal ook de volledige initiële route gaandeweg wijzigen omdat er sprake is van een nieuwe klant terwijl de rit reeds in uitvoering is.

Het voorbeeld

Er is een nieuwe klant, klant 6, die een aanvraag doet bij de aanbieder van transport om goederen te vervoeren van hun locatie naar een centraal depot (D). Dat depot fungeert als een crossdock, waarbij de goederen opnieuw verzonden worden naar de eindbestemming. De aanvraag van klant 6 komt binnen bij de transporteur terwijl dat de chauffeurs van zowel rit 1 als rit 2 respectievelijk naar klant 1 en klant 5 zijn vertrokken. Klant 6 heeft een vraag van 4 paletten. De transporteur heeft twee wagens ter beschikking die elk een capaciteit hebben van 10 paletten.

Volgende tabel geeft de afstanden tussen de klanten en het depot weer alsook de vraag van iedere klant. Klant 6 is toegevoegd aan de tabel.

	Depot	Klant 1	Klant 2	Klant 3	Klant 4	Klant 5	Klant 6
Vraag	-	4	3	1	3	4	4
Depot	-	2	3	4	2	3	4
Klant 1	2	-	5	6	2	5	6
Klant 2	3	5	-	7	5	6	3
Klant 3	4	6	7	-	4	1	4

Klant 4	2	2	5	4	-	3	6
Klant 5	3	5	6	1	3	-	3
Klant 6	4	6	3	4	6	3	-

Tabel 5: Nieuwe klantaanvraag

De rittenplanner uit het voorbeeld moet nu op basis van de nieuwe informatie de ritten die in uitvoering zijn aanpassen zodat ook klant 6 kan bediend worden. Hij kan volgens de literatuur de informatie gebruiken die wel beschikbaar is en deze aanvullen met de nieuwe informatie om de onzekerheid op te nemen in de rittenplanning nadat deze reeds is opgesteld.

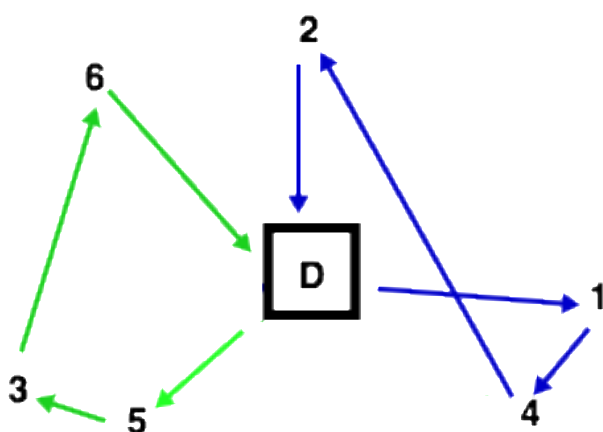
Rit 1 waarbij de chauffeur volgende locaties bezoekt: D – 1 – 2 – 6 – 3 – D is geen mogelijke oplossing aangezien de capaciteit van het voertuig slechts 10 paletten is en de som van de vraag van rit 1 telt 12 paletten. Daarbij is het ook niet mogelijk om klant 6 te laten aansluiten bij rit 2, aangezien ook hier de capaciteit wordt overschreden met 1 palet. Hierdoor zullen beide ritten, tijdens dat deze in uitvoering zijn, moeten wijzigen.

Een haalbare oplossing voor een nieuwe rittenplanning kan er als volgt uitzien. Bij rit 1 en rit 2 zijn respectievelijk klant 1 en klant 5 reeds bediend. Vanuit deze locaties vertrekken de chauffeurs naar de volgende klant die de rittenplanner zal doorgeven via een boordcomputer.

Rit 1: D – 1 – 4 – 2 – D vraag: 10 afstand: 12

Rit 2: D – 5 – 3 – 6 – D vraag: 9 afstand: 12

totale vraag: 19 totale afstand: 24



Figuur 12: Ritten met nieuwe klantaanvraag

- b. De volumes die de klant bepaalt wanneer hij het transport aanvraagt komen niet overeen met de werkelijk te transporteren volumes.**

⇒ Deze oorzaak heeft een invloed op de capaciteit van de vloot.

Het voorbeeld

Klant 1 doet een beroep op een transportfirma om vier paletten te transporteren van zijn bedrijf naar een depot. De volgende dag vindt het transport plaats en blijkt dat de klant niet vier, maar zeven paletten heeft klaargezet om getransporteerd te worden. Aangezien de transporteur hiervan op voorhand niet op de hoogte was, is er geen mogelijkheid om naar de transportfirma terug te keren om een ander voertuig in te schakelen. Het probleem dat zich stelt heeft te maken met volumebeperkingen van het voertuig enerzijds en de communicatie van de klant naar de transporteur anderzijds.

De aanbieder van het transport zal in dit geval eerst zijn vloot moeten raadplegen voor een voertuig dat minstens elf paletten kan vervoeren. Indien hij beschikt over zo'n voertuig, moet hij zich afvragen of hij dit voertuig kan inzetten om de vraag van de klant te voldoen. Het voertuig mag echter niet reeds ingepland zijn voor een rit op hetzelfde moment dat het is ingepland voor een andere rit. Indien de transporteur geen overlap heeft in zijn planning, kan het vervoer doorgaan. Indien niet, zal er een wachttijd ontstaan voor de klant (Toth & Vigo, 2014).

Volgende tabel geeft de afstanden tussen de klanten en het depot weer alsook de vraag van iedere klant. Klant 1 zijn vraag is aangepast van vier naar zeven paletten.

	Depot	Klant 1	Klant 2	Klant 3	Klant 4	Klant 5
Vraag	-	4	3	1	3	4
Depot	-	2	3	4	2	3
Klant 1	2	-	5	6	2	5
Klant 2	3	5	-	7	5	6
Klant 3	4	6	7	-	4	1
Klant 4	2	2	5	4	-	3
Klant 5	3	5	6	1	3	-

Tabel 6: Afwijkende volumes

Een oplossing voor het capaciteitsprobleem kan de volgende zijn:

Zowel rit 1 als rit 2 zijn reeds in uitvoering op het moment van de wijziging. Dit betekent dat zowel klant 1 als klant 5 als eerste bediend worden. Daarna kan de rittenplanner aanpassingen doorvoeren. Hierbij moet hij snel reageren op het probleem en beide chauffeurs zo snel mogelijk op de hoogte brengen van de wijziging.

Rit 1: D – 1 – 2 – D

vraag: 10

afstand: 10

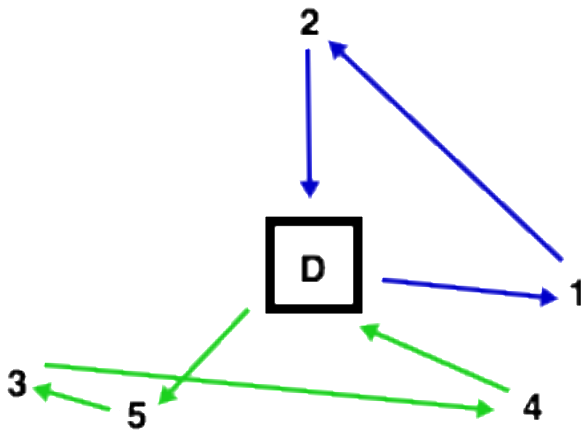
Rit 2: D – 5 – 3 – 4 – D

vraag: 8

afstand: 10

totale vraag: 18

totale afstand: 20



Figuur 13: Ritten met afwijkende volumes

c. De klant wenst het afhaaltijdstip te wijzigen dat hij tijdens de bestelling van het transport heeft aangegeven.

- ⇒ Deze oorzaak heeft een invloed op de route die de transporteur moet rijden – aangezien de volgorde van de klanten wijzigt – en het tijdstip waarop de rit van start gaat en eindigt.

Het voorbeeld

Een transporteur wordt gevraagd om goederen te vervoeren waarbij klant 3 reeds via de bestelling heeft aangegeven dat hij deze de volgende dag tussen 13.00u en 17.00u wenst te verzenden naar het depot. De transporteur zal deze informatie opnemen in zijn rittenplanning. Achteraf blijkt dat klant 3 via het bestelplatform zijn bestelling heeft gewijzigd naar een vroeger tijdstip, hij wenst namelijk de goederen te verzenden stipt om 8.00u. Aangezien de transporteur het toelaat om aanpassingen door te voeren na het plaatsen van de bestelling, zal hij hierop moeten kunnen anticiperen en de rittenplanning aanpassen aan de wens van de klant.

Volgende tabel geeft de afstanden tussen de klanten en het depot weer, alsook de tijdsvensters waarin de klanten bezocht moeten worden. In dit voorbeeld wordt ervan uit gegaan dat de klanten allen 'soft time windows' hebben, wat wil zeggen dat deze geschonden mogen worden, mits hier een vergoeding tegenover staat voor de klant (Hashimoto et al., 2005). De vraag van klant 1 tot en met klant 5 is gekend en bedraagt respectievelijk 4, 3, 1, 3 en 4 paletten. De transporteur heeft twee voertuigen met elk een capaciteit van 10 paletten. Klant 3 heeft zijn tijdsvenster aangepast van 13.00u – 17.00u naar 8.00u.

	Depot	Klant 1	Klant 2	Klant 3	Klant 4	Klant 5
Tijdsvenster	-	8u-16u	12u-18u	13u-15u → 8u	8u-12u	8u-12u
Vraag	-	4	3	1	3	4
Depot	-	2	3	4	2	3
Klant 1	2	-	5	6	2	5
Klant 2	3	5	-	7	5	6
Klant 3	4	6	7	-	4	1
Klant 4	2	2	5	4	-	3
Klant 5	3	5	6	1	3	-

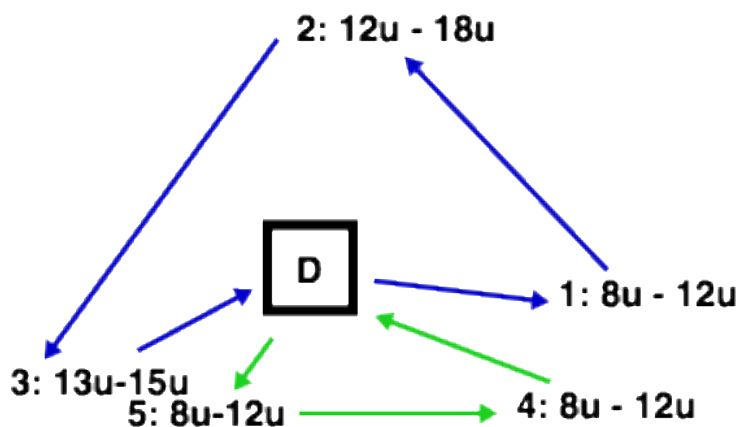
Tabel 7: Tijdsvensters

De initiële rittenplanning ziet er als volgt uit, waarbij rekening wordt gehouden met de oorspronkelijke tijdsvensters en de capaciteit van de voertuigen:

Rit 1: D – 1 (8u) – 2 (12u) – 3 (14u) – D vraag: 8 afstand: 18

Rit 2: D – 5 (12u) – 4 (13u) – D vraag: 7 afstand: 8

totale vraag: 15 totale afstand: 26

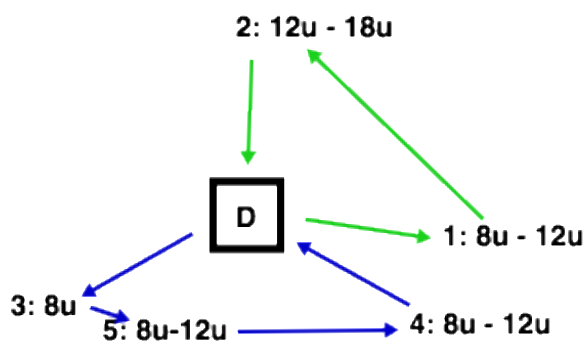


Figuur 14: Ritten met tijdsvensters

Omdat de klanten 'soft time windows' hebben, zal de transporteur er alles aan doen om de klanten toch te kunnen bedienen binnen hun aangegeven tijdsvensters om enerzijds de service te waarborgen en anderzijds de verschuldigde vergoeding te vermijden indien het tijdsvenster niet gehaald wordt.

Een aangepaste rittenplanning kan er dan als volgt uitzien:

Rit 1: D – 3 (8u) – 5 (9u) – 4 (10u) – D	vraag: 8	afstand: 10
Rit 2: D – 1 (8u) – 2 (12u) – D	vraag: 7	afstand: 10
	totale vraag: 15	totale afstand: 20



Figuur 15: Ritten met gewijzigde tijdsvensters

d. De klant wenst de plaats van de afhaling te wijzigen nadat de bestelling reeds geplaatst werd.

⇒ Deze oorzaak heeft een invloed op de route die de transporteur moet rijden.

Het voorbeeld

Klant 5 beslist om de plaats van de afhaling aan te passen. De nieuwe locatie van waaruit klant 5 zijn goederen wenst te verzenden is weergegeven in onderstaand diagram.

				2			
					5		
				D		1	

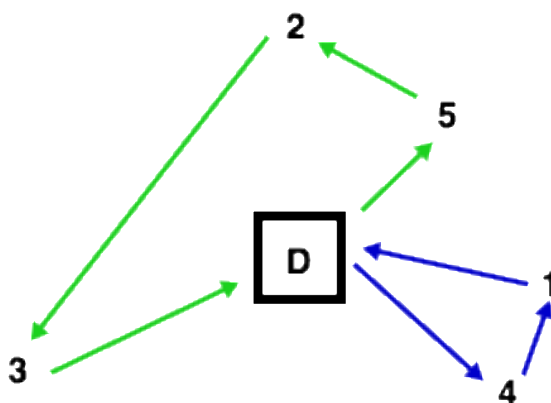
	3				4		
--	----------	--	--	--	----------	--	--

Tabel 8: Gewijzigde plaats van afhaling

Doordat klant 5 beslist om een andere plaats van afhaling in te voeren, zal de volgorde van beide ritten volledig wijzigen en zullen bijgevolg de andere klanten in de ritten op een ander tijdstip worden bezocht. Ook hiermee moet een rittenplanner rekening houden en zal hij de klanten op de hoogte moeten stellen.

De nieuwe planning kan er als volgt uitzien:

Rit 1: D – 4 – 1 – D	vraag: 7	afstand: 6
Rit 2: D – 5 – 2 – 3 – D	vraag: 8	afstand: 16
	totale vraag: 15	totale afstand: 22



Figuur 16: Ritten met gewijzigde plaats van afhaling

e. De klant annuleert zijn order en valt weg uit de rit.

⇒ Deze oorzaak heeft een invloed op de reistijd van de chauffeur.

Het voorbeeld

Klant 2 beslist, nadat de rittenplanning reeds is opgemaakt, dat hij zijn goederen niet op de afgesproken dag wil verzenden, maar pas de volgende week.

Onderstaande tabel geeft de afstanden tussen de klanten en het depot weer alsook de vraag van iedere klant.

	Depot	Klant 1	Klant 2	Klant 3	Klant 4	Klant 5
Vraag	-	4	3	1	3	4
Depot	-	2	3	4	2	3
Klant 1	2	-	5	6	2	5
Klant 2	3	5	-	7	5	6
Klant 3	4	6	7	-	4	1
Klant 4	2	2	5	4	-	3
Klant 5	3	5	6	1	3	-

Tabel 9: Geannuleerde klantaanvraag

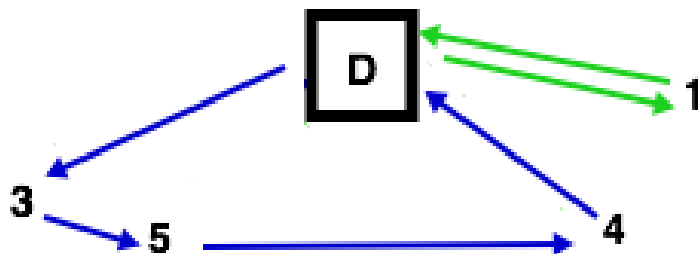
Wanneer klant 2 zijn order annuleert betekent dit dat de rit korter zal zijn omdat klant 2 volledig wegvalt uit de rit. Ook in deze situatie verandert de volgorde waarin de klanten worden bezocht en zal de rittenplanner de wijzigingen naar de overige klanten moeten communiceren.

De nieuwe rittenplanning kan er als volgt uitzien:

Rit 1: D – 3 – 5 – 4 – D vraag: 8 afstand: 10

Rit 2: D – 1 – D vraag: 4 afstand: 4

totale vraag: 12 totale afstand: 14



Figuur 17: Ritten met geannuleerde klantaanvraag

3.3.1.2 Onzekerheid betreffende de reistijd

Oplossingen volgens de literatuur voor congestie

Het onderzoek van Sabar, Bhaskar, Chung, Turkey & Song (2019) bespreekt congestie als een factor van onzekerheid in DVRP's. In realiteit hangt de reistijd tussen klanten af van de verkeerssituatie van het huidige wegverkeer. Dit betekent dat niet voor alle voertuigen een vooraf bepaalde snelheid is ingesteld. Verkeer kan aanzienlijk variëren, afhankelijk van het tijdstip van de dag. De reistijd tijdens de spits kan bijvoorbeeld meerdere keren hoger zijn dan de reistijd om middernacht. Daarom is het zeer wenselijk om een effectief optimalisatie-algoritme voor VRP te hebben dat deze veranderingen kan opvangen en snel oplossingen kan vinden voor nieuwe situaties. Bestaande oplossingen voor DVRP kunnen worden onderverdeeld in twee typen: methoden voor heroptimalisatie en aanpassing van oude oplossingsmethoden. Bij methoden voor heroptimalisatie wordt nieuwe informatie beschouwd als een nieuw probleem dat vanaf het begin moet worden opgelost. Re-optimalisatiemethoden zijn echter onpraktisch voor toepassingen in de praktijk, omdat oplossen van problemen vanaf nul tijdrovend is. Dit betekent dat de oplossing voor het nieuwe probleem niet erg mag verschillen en een zeer kleine verandering niet als een nieuw probleem mag worden beschouwd. Aanpassing van oude oplossingsmethoden probeert daarentegen de complexiteit van DVRP's te verminderen door de kennis uit het verleden opnieuw te gebruiken om nieuwe veranderingen in de bestaande oplossing mogelijk te maken. Dit betekent dat er veel meer praktische oplossingen voorhanden zijn voor DVRP's. Dat wil zeggen dat zodra een verandering zich voordoet, de methode reeds een aantal oplossingen heeft gegenereerd die kunnen worden gebruikt om de complexiteit te verminderen en de nieuwe aanpassingen te helpen toepassen in de oplossing.

a. Congestie door verkeersongevallen

⇒ Deze oorzaak heeft een invloed op de reistijd van de chauffeur.

Het voorbeeld

In dit voorbeeld worden de tijdsvensters opnieuw toegevoegd, waarbij iedere klant een 'soft time window' heeft. De chauffeur van rit 2 staat na het bezoeken van klant 5 in de file doordat er een verkeersongeval is gebeurd. Hij zal hierdoor een vertraging oplopen en kan klant 4 bijgevolg ten vroegste om 13.00u bereiken. Onderstaande tabel geeft de afstanden onderling alsook de tijdsvensters weer:

	Depot	Klant 1	Klant 2	Klant 3	Klant 4	Klant 5
Tijdsvenster	-	8u-16u	12u-18u	13u-15u	8u-12u	8u-12u
Vraag	-	4	3	1	3	4
Depot	-	2	3	4	2	3
Klant 1	2	-	5	6	2	5
Klant 2	3	5	-	7	5	6

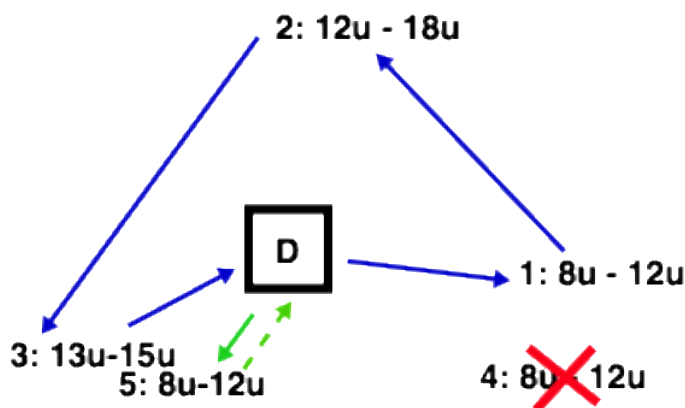
Klant 3	4	6	7	-	4	1
Klant 4	2	2	5	4	-	3
Klant 5	3	5	6	1	3	-

Tabel 10: Congestie door verkeersongevallen

Het is voor de transporteur niet mogelijk om in dit geval de goederen van klant 4 over te laden van de vrachtwagen van rit 1 naar die van rit 2, vanwege de capaciteitsbeperking van de voertuigen. Rit 2 heeft reeds een capaciteit van 8 paletten en de vraag van klant 4 bedraagt 3 paletten.

De initiële rit verandert niet op vlak van de volgorde waarin de klanten worden bezocht, maar het tijdsvenster van klant 4 zal niet gehaald kunnen worden. Dit betekent dat klant 4 na 12.00u gesloten is, waardoor de chauffeur moet terugkeren naar het depot. Ook zal klant 4 op de hoogte moet worden gesteld door de rittenplanner.

In het begin van deze sectie werd gezegd dat de vraag van de klanten telkens werd voldaan. In deze situatie kan deze belofte echter niet worden waargemaakt, omdat het tijdsvenster van klant 4 dit niet toelaat. Dit betekent voor de transporteur dat hier een vergoeding voor de klant aan vasthangt.



Figuur 18: Ritten met congestie door verkeersongevallen

3.3.1.3 Onzekerheid omwille van het uitvallen van een chauffeur of voertuig

Ook op vlak van de algemene beschikbaarheid van de middelen bestaat er onzekerheid binnen een rittenplanning. Zo kan er gedacht worden aan voorbeelden zoals een chauffeur die ziek is, niet komt opdagen wanneer hij wel is ingepland of zijn voorgaande rit uitloopt door andere onvoorziene omstandigheden. De vraag die zich stelt is wie dan het transport voor zijn rekening zal nemen.

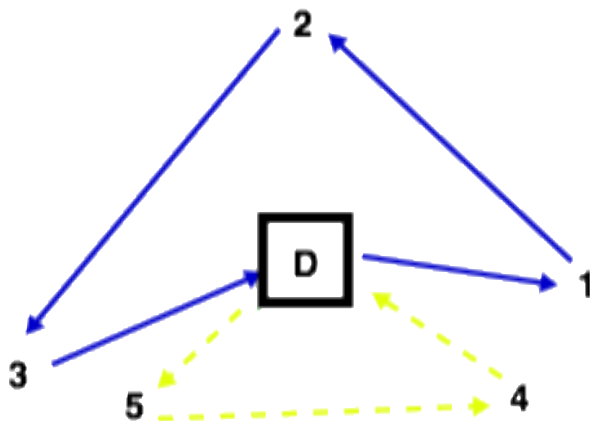
Het voorbeeld

De chauffeur van rit 2 heeft zich ziek gemeld en komt niet opdagen. Dit heeft een gevolg voor klanten 4 en 5 die hun goederen niet tijdig zullen ontvangen als de rittenplanner hier niet op inspeelt. De

rittenplanner zal in ieder geval de betrokken klanten op de hoogte moeten stellen van de situatie. Het is zeker geen optie om de goederen van klanten 4 en 5 met de chauffeur van rit 1 mee te geven aangezien de capaciteit van zijn vrachtwagen dit niet toelaat.

In dit geval zal de rittenplanner een andere chauffeur op de rit moeten zetten. Het vinden van een geschikte chauffeur is echter zeer moeilijk wanneer dit last minute moet gebeuren. Bij het vinden van een chauffeur moet een planner de lege kilometers in evenwicht brengen, de beschikbaarheid van de chauffeur – sommige chauffeurs zijn mogelijk pas laat op de dag beschikbaar –, de ophaal- en afleveringsvensters van de lading, waar de chauffeur woont en of de lading hem op tijd thuis zal brengen, de vaardigheid en ervaring van de chauffeur – sommige verladers hebben chauffeurs van topkwaliteit nodig –, of de chauffeur een enkele chauffeur is – die slechts 10 uur achter elkaar kan rijden – of een team – die bijna continu kan rijden –, en nog andere karakteristieken (Powell et al., 2000).

Indien de rittenplanner een geschikte chauffeur heeft gevonden die de rit kan overnemen, zal deze de rit – na enige vertraging voor klanten 4 en 5 – kunnen uitvoeren. Rit 2, die door de nieuwe chauffeur zal worden uitgevoerd, is weergegeven met een gele stippellijn. Hoewel rit 2 dus enige vertraging oploopt, zal er verder niets veranderen aan de rit, zoals de volgorde waarin de klanten bezocht zullen worden.



Figuur 19: Ritten met nieuwe chauffeur

3.3.2 Oplossingen voor stochastische VRP's

Naast de oplossingsmethoden van dynamische routeringsproblemen, zijn er in de literatuur ook oplossingsmethoden voor stochastische VRP's beschikbaar waarop een rittenplanner een beroep kan doen. Er zijn verschillende redenen waarom het belangrijk is om probabilistische elementen op te nemen in een rittenplanning. Een eerste reden is dat stochastische modellen gebruikt kunnen worden om modellen toe te passen die geschikter zijn voor problemen die zich voordoen in de praktijk waarin willekeur aanwezig is en voor grote problemen kan zorgen. Daarnaast kunnen bij stochastische VRP's voorspelbare onzekerheden op basis van stochastische informatie in rekening gebracht worden om een planning te maken waarbij de kans dat zulke problemen zich voordoen veel kleiner is (Powell et

al., 1995). Met andere woorden zorgt het gebruik van probabilistische informatie ervoor dat de oplossingsmodellen robuuster zijn om zo de optimale oplossing te vinden.

Een algemene benadering voor het oplossen van een stochastisch routeringsprobleem is om te proberen elk potentieel probleem van het oorspronkelijke probleem optimaal – of benaderend optimaal door middel van een heuristiek – op te lossen, ook wel gekend als de re-optimalisatiestrategie (Powell et al., 1995). De volgende twee methodes voor het re-optimaliseren van oplossingen kunnen worden gedefinieerd. Bij de eerste methode bezoekt het voertuig alle klanten in dezelfde vaste volgorde als bij de route die initieel werd opgesteld, maar bedient het alleen klanten die bezocht moeten worden tijdens dat specifieke probleem. De totale verwachte afgelegde afstand komt overeen met de vaste lengte van de initiële route plus de verwachte waarde van de extra afstand die moet worden afgelegd wanneer de vraag op de route de voertuigcapaciteit overschrijdt. De tweede methode wordt op dezelfde manier gedefinieerd – maar met het enige verschil dat klanten zonder vraag naar een oplossing van een bepaalde onzekerheid van de voertuigtour eenvoudig worden overgeslagen (Powell et al., 1995).

Daarnaast bestaat ook de wachtstrategie waarbij beslist wordt of een voertuig moet wachten na het inwilligen van een verzoek van een eerder bezochte klant, voordat het vertrekt naar de volgende klant. Dit kan praktisch worden gedaan door een wachttijd te plannen op een strategische locatie van waar de chauffeur kan vertrekken naar een nieuwe klant op basis van zijn klantaanvraag. Deze strategie is met name belangrijk bij problemen met tijdvensters, waarbij tussen aanvragen vertragingen optreden. Mitrović-Minić et al. (2004) bewees dat het in alle gevallen beter is om te wachten na het bedienen van een klant, maar een meer verfijnde strategie kan tot verdere verbeteringen leiden. Het probleem is in het algemeen om de waarschijnlijkheid van een nieuw verzoek in de buurt van een bediende klant te evalueren en overeenkomstig een wachttijd te plannen. Afgezien van het wachten na of voor het bedienen van een klant, kan een voertuig worden verplaatst naar een strategische positie, waar waarschijnlijk nieuwe verzoeken zullen aankomen. Deze strategie is de hoeksteen van de inzet van een noodvloot, ook wel bekend als Dispatching-Emergency of Redeployment-Emergency Vehicle-probleem (Taillard et al., 2001; Haghani en Yang, 2007).

Tot slot beschrijft een recenter onderzoek van Dinh, Fukasawa en Luedtke (2017) dat het deterministische voertuigrouteringsprobleem routes zoekt voor een vloot van identieke voertuigen met vaste capaciteit die bekende hoeveelheden goederen van klanten verzamelen. Wanneer de eisen van klanten willekeurige variabelen zijn, wordt dit het probleem het 'vehicle routing problem with stochastic demands' (VRPSD) genoemd. In een optimalisatiemodel voor het VRPSD moet worden bepaald hoe moet worden omgegaan met de mogelijkheid dat de eisen op een geplande route de capaciteit van een voertuig overschrijden. Een benadering is om een regresmodel te overwegen, waarbij de mogelijkheid bestaat om terug te keren naar een vorige geldige oplossing indien de capaciteit van een voertuig wordt overschreden. Dit leidt tot een tweeledige stochastische formulering, waarbij enerzijds routes worden bepaald voordat de willekeurige eisen gekend zijn en anderzijds wanneer de routes worden geïmplementeerd en de eisen worden nageleefd, worden regresacties ondernomen als de capaciteit van een voertuig wordt overschreden. Het doel is om de

verwachte reiskosten, inclusief reizen in de regresfase, te minimaliseren. Om de beoordeling van de verwachte regreskosten traceerbaar te maken, worden meestal restrictieve aannames gedaan over de vorm van het regres dat wordt genomen (bijvoorbeeld dat het een reis van / naar het depot betreft) en over de willekeurige eisen. In het bijzonder veronderstelt bijna al het bestaande werk dat de willekeurige eisen onafhankelijk zijn van elkaar.

In het onderzoek wordt een alternatief model, het 'chance-constrained VRP' (CCVRP) bestudeerd dat niet expliciet modelleert welke regresacties moeten worden genomen wanneer de capaciteit van een voertuig wordt overschreden, en vereist in plaats daarvan dat een dergelijke gebeurtenis met een lage waarschijnlijkheid plaatsvindt. Dit type model leidt tot operationele voordelen, zoals een consistentere service en minder noodzaak voor het nemen van complexe regresacties.

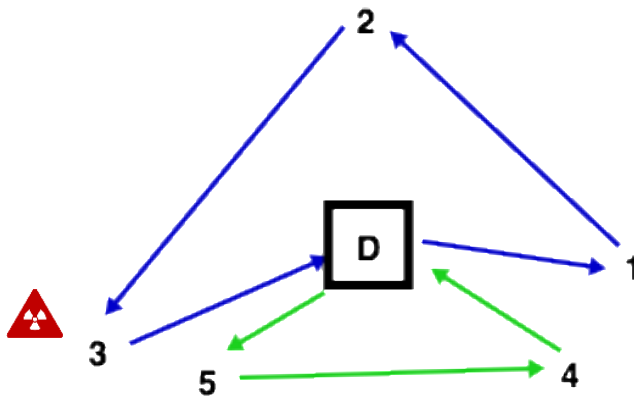
3.3.2.1 Onzekerheid betreffende de soorten goederen

Deze soort onzekerheid houdt verband met het eerder vernoemde CVRP uit sectie 2.3.1 die handelt over de lading van goederen. Het is belangrijk voor een rittenplanner om te weten welk type van goederen er getransporteert dient te worden.

Het voorbeeld

Klant 3 wenst gevaarlijke (chemische) goederen te transporteren en doet een beroep op een gespecialiseerde transportfirma die thermowagens ter beschikking heeft. Wanneer er sprake is van transport van gevaarlijke goederen, zal de transportfirma de wetgeving hieromtrent juist moeten opvolgen. De transportfirma weet dat de rit niet te lang mag duren om de goederen op zijn eindbestemming te krijgen en dat de condities in de laadruimte optimaal moeten zijn om de chemische goederen niet te beschadigen.

In dit geval zal de rittenplanner een oplegger moeten reserveren voor rit 1 die geschikt is om de goederen te transporteren. Bovendien moet de rittenplanner een chauffeur inplannen die gekwalificeerd is om met deze soort goederen te rijden. Daarnaast moet er rekening gehouden worden met de overige klanten die ingepland worden op rit 1. Indien klant 1 of 2 goederen wenst te vervoeren die niet samen vervoerd mogen worden met chemische stoffen, zal de rittenplanner ook hier een oplossing voor moeten zoeken.



Figuur 20: Ritten met gevaarlijke goederen

3.3.3 Oplossingen voor dynamische en stochastische VRP's

Dynamische en stochastische routeringsproblemen kunnen worden gezien als een verlengstuk van hun deterministische tegenhangers, waar aanvullende (stochastische) kennis beschikbaar is in de dynamisch onthulde input. Benaderingen voor deze klasse van problemen kunnen worden onderverdeeld in twee categorieën: die op basis van steekproeven en die op basis van stochastische modellering. Steekproefstrategieën nemen stochastische kennis op door scenario's te genereren op basis van realisaties die zijn getrokken uit willekeurige variabele verdelingen. Elk scenario wordt vervolgens geoptimaliseerd door het statische en deterministische probleem dat ze definiëren op te lossen. Aan de andere kant integreren benaderingen op basis van stochastische modellering stochastische kennis analytisch. Het voordeel van bemonstering is de relatieve eenvoud en flexibiliteit op basis van verdelingsveronderstellingen, terwijl het nadeel de massale generatie van scenario's is om de werkelijkheid nauwkeurig weer te geven. Als alternatief leggen stochastische modelleerstrategieën formeel de stochastische aard van het probleem vast, maar ze zijn zeer technisch in hun formulering en vereisen het efficiënt berekenen van mogelijk complexe verwachte waarden.

Een onderzoek van Ichoua, Gendreau & Potvin (2006) stelt dat informatie met betrekking tot toekomstige klantaanvragen gebruikt kan worden om de prestaties van dynamische rittenplanningsproblemen te verbeteren. In hun onderzoek wordt gebruik gemaakt van vloot van voertuigen die zo georganiseerd is, dat ze rekening houden met de probabilistische kennis van eventuele toekomstige klantaanvragen. Hierbij worden dummy-klienten ingepland bij de voertuigroutes. De dummy-klienten representeren de voorspelling van de mogelijke klantaanvragen. Op deze manier kan een rittenplanner dus op voorhand al rekening houden met eventuele dynamische onzekerheid voor wat betreft nieuwe klantaanvragen. Daarnaast handelt een ander onderzoek van Hvattum, Løkketangen & Laporte (2006) ook over de planning van dynamische rittenplanningsproblemen. Hierin wordt bestudeerd hoe dynamische rittenplanningen worden opgesteld waarbij goederen zowel worden geleverd als opgehaald. De leveringen zijn reeds op voorhand vastgelegd door de klant, waardoor deze op een statische wijze worden ingepland. Daarentegen zijn de mogelijke klantafhalingen niet op voorhand gekend. De klanten bellen gedurende de dag waardoor deze gegevens op een dynamische manier beschikbaar worden.

3.3.3.1 Onzekerheid betreffende de reistijd

Een beperking binnen een dynamisch-stochastische context is de reistijd waarmee rekening moet worden gehouden. De reistijd van een rit is afhankelijk van verschillende zaken die dezelfde soort onzekerheid veroorzaken. Zo kan er gedacht worden aan congestie op bepaalde tijdstippen van de dag, weersinvloeden die congestie veroorzaken en de staat van de wegeninfrastructuur. Congestie door normaal verkeer kan enigszins voorspeld worden omdat hierover stochastische informatie beschikbaar is. Ook kan een rittenplanner de weersverwachtingen in acht nemen. Met deze vormen van onzekerheid kan dus op voorhand reeds rekening gehouden worden in bij het opstellen van de rittenplanning. Aangezien zowel congestie door normaal verkeer als door weersinvloeden op dezelfde manier benaderd kunnen worden, zal er voor beide situaties slechts één voorbeeld worden gegeven.

- a. Congestie door normaal verkeer
- b. Congestie door weersinvloeden

Het voorbeeld

In dit voorbeeld worden de tijdsvensters opnieuw toegevoegd, waarbij iedere klant een 'soft time window' heeft. De rittenplanner kan de weersverwachtingen voor de komende dagen raadplegen. Hij stelt vast dat er hevige sneeuw op komst is. Onderstaande tabel geeft de afstanden onderling alsook de tijdsvensters weer:

	Depot	Klant 1	Klant 2	Klant 3	Klant 4	Klant 5
Tijdsvenster	-	8u-16u	12u-18u	13u-15u	8u-12u	8u-12u
Vraag	-	4	3	1	3	4
Depot	-	2	3	4	2	3
Klant 1	2	-	5	6	2	5
Klant 2	3	5	-	7	5	6
Klant 3	4	6	7	-	4	1
Klant 4	2	2	5	4	-	3
Klant 5	3	5	6	1	3	-

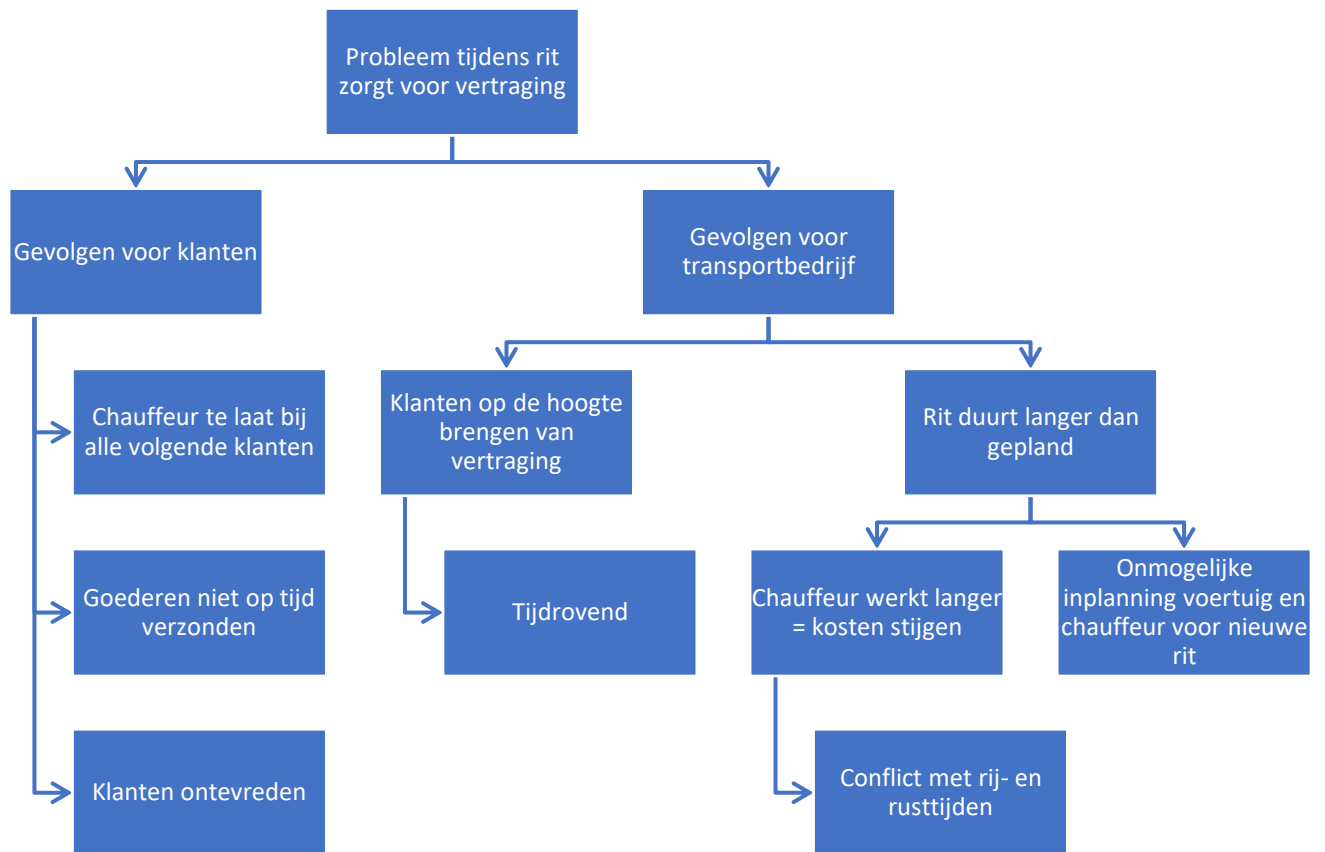
Tabel 11: Congestie door weersomstandigheden

Door kennis over het weer en files door normaal verkeer op voorhand mee te nemen tijdens het plannen van een route kan de rittenplanner anticiperen op eventuele vertragingen. Hij kan zijn chauffeurs vragen om de ochtend voor hun ritten van start gaan vroeger te vertrekken. Op deze manier kan de rittenplanner anticiperen op file die ontstaat door zowel de weersomstandigheden als file door normaal verkeer en zullen de initieel geplande routes niet – of niet drastisch – veranderen ten gevolge van deze voorspelbare onzekerheden.

Andere voorbeelden van dynamische en stochastische problemen zijn combinaties uit 3.3.1 en 3.3.2 waarbij sprake is van dynamische problemen enerzijds en stochastische problemen anderzijds in één voertuigrouteringsprobleem. Deze VRP's worden in de literatuur algemeen opgelost door een combinatie toe te passen van zowel dynamische oplossingsmethodes als stochastische oplossingsmethodes. Een overzicht van de oplossingen per specifieke situatie en tevens een vergelijking met de oplossingen uit de praktijk wordt weergegeven in hoofdstuk 5: discussie.

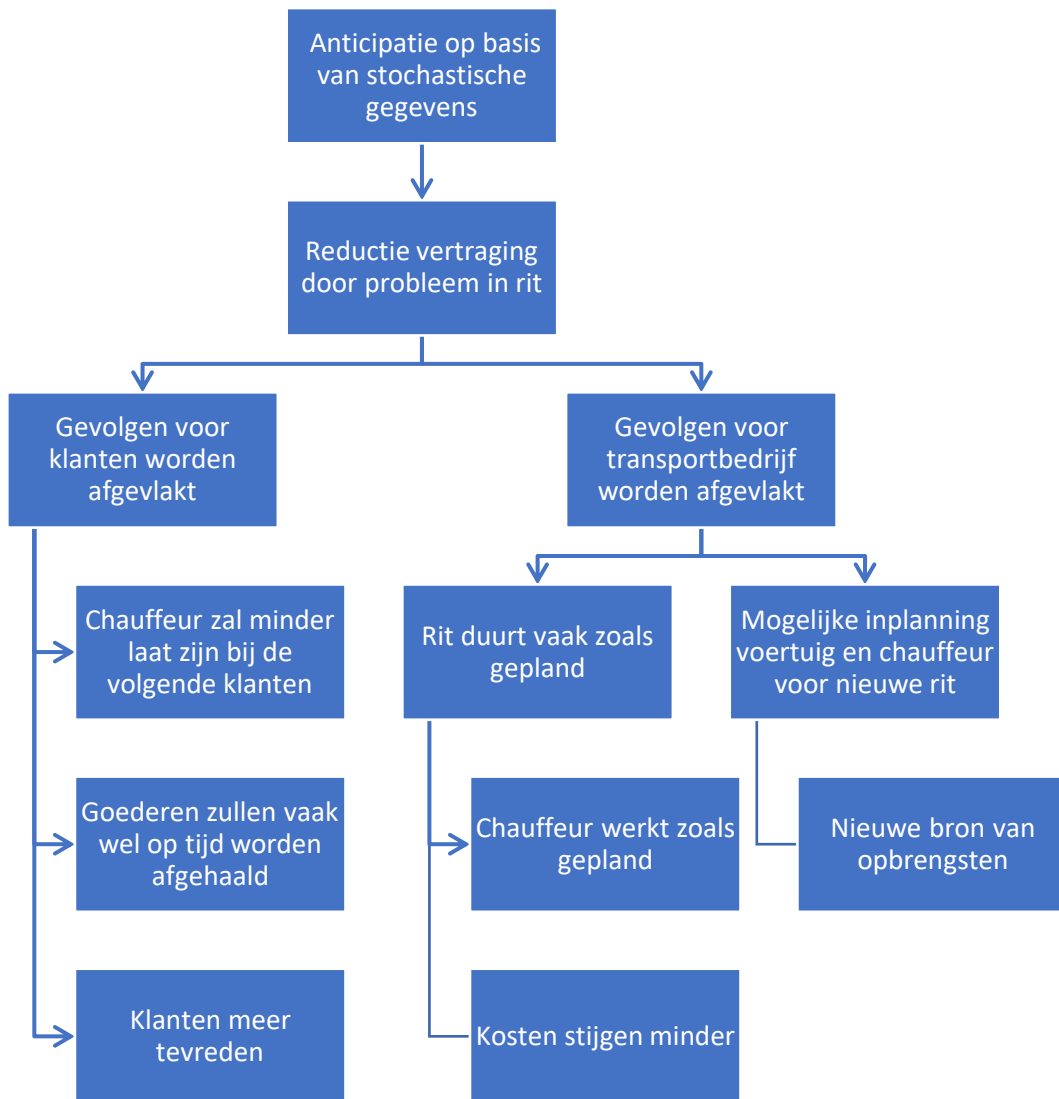
3.3.4 Gevolgen van onzekerheid

Er kan op basis van de voorbeelden besloten worden dat over het algemeen de gevolgen voor de rittenplanning door onzekerheid voor de klant dezelfde zijn in zowel situaties met dynamische problemen als situaties met stochastische problemen en een combinatie van beiden. De gevolgen voor de klanten hebben meestal te maken met de reistijd die wijzigt waardoor de klanten niet op het afgesproken tijdstip worden bezocht, wat ontevredenheid bij de klanten veroorzaakt. Daarnaast zijn er ook gevolgen voor het transportbedrijf. Zo moet de rittenplanner iedere klant op de hoogte brengen van eventuele wijzigingen. Vaak neemt dit veel tijd in beslag, aangezien de klanten vooral telefonisch zullen gecontacteerd worden en een geldige uitleg wensen van de rittenplanner waarom de rit wordt aangepast. Hierdoor zal de rittenplanner minder tijd overhebben om zijn kernactiviteit uit te voeren. Doordat een rit vaak moet worden gewijzigd kan het zijn dat deze langer zal duren waardoor de chauffeur langer moet werken en er hogere kosten voor het transportbedrijf aan vasthangen. Ook kan zowel de chauffeur als het voertuig dat hij bediend niet voor een andere rit worden ingezet of ingepland. Onderstaande flowchart geeft een duidelijk beeld van wat de gevolgen zijn voor zowel de klant als het transportbedrijf indien er vertraging is in de uitvoering van de rit.



Figuur 21: Gevolgen onzekerheden tijdens rit zonder gebruik van stochastische gegevens

Op basis van figuur 21 kan besloten worden dat kennis van informatie voordat een rittenplanning aanvangt van groot belang is en bij voorbaat veel problemen kan verhelpen. Volgende flowchart (figuur 22) laat zien hoe een transportbedrijf kan inspelen op de gevolgen van onzekerheid volgens de literatuur. Zo kan de rittenplanner heel wat problemen voorkomen of onzekerheid wegfilteren uit de rittenplanning door op voorhand te anticiperen op deze onzekerheden. Dit kan hij doen door met stochastische gegevens te werken die op voorhand beschikbaar zijn.



Figuur 22: Gevolgen onzekerheden tijdens rit met gebruik van stochastische gegevens

4 PRAKTIJKGEDEELTE

4.1 Aanpak interview

Om na te gaan welke onzekerheden in rittenplanningen zich in de praktijk voordoen, werd er een interview afgenomen met Maarten Neyens, Teamleader Planning bij transportorganisatie H.Essers te Genk. Er werd een vragenlijst opgesteld waarin de verschillende situaties van onzekerheid die gevonden worden in de literatuur aan bod komen. Dit zijn situaties die ook zeker kunnen voorkomen in de praktijk. Het doel van de vragenlijst is tweeledig. Het is interessant om te onderzoeken welke effecten bepaalde oorzaken van onzekerheid hebben op factoren waarmee een rittenplanner rekening moet houden bij het plannen van transportritten over de weg. Daarnaast kunnen er gerichte vragen gesteld worden aan het transportbedrijf betreffende oplossingen die zij doorvoeren in dergelijke onzekere situaties en hoe zij hier al dan niet op kunnen anticiperen om de rittenplanningen naar de toekomst toe robuuster te maken. De verschillende situaties waarin onzekerheden aan bod komen worden hieronder weergegeven. Er wordt telkens een antwoord gegeven vanuit het perspectief van de werkwijze bij H.Essers. Er moet worden opgemerkt dat dergelijke situaties bij andere transportbedrijven op een andere manier benaderd kunnen worden. Uit het interview worden de belangrijkste bevindingen gehaald en beschreven. Het volledige interview is terug te vinden in bijlage 2 op pagina 88.

4.2 Uitvoering interview

In het interview wordt gefocust op vier verschillende oorzaken van onzekerheid, namelijk:

1. Onzekerheid met betrekking tot dynamische klantaanvragen.
2. Onzekerheid betreffende de reistijd.
3. Onzekerheid het uitvallen van een chauffeur of voertuig.
4. Onzekerheid met betrekking tot de te transporteren goederen.

Per oorzaak van onzekerheid worden een aantal situaties weergegeven en wordt beschreven welk effect de onzekerheid heeft op de rittenplanning en hoe H.Essers hiermee omgaat in de praktijk. Deze specifieke situaties worden telkens beoordeeld aan de hand van 3 vragen, namelijk:

Vraag 1: Wat is het effect van onzekerheid in volgende situaties met betrekking tot...?

- de reistijd
- de soorten voertuigen die worden ingezet
- het aantal voertuigen dat wordt ingezet en de capaciteit van de voertuigen
- de andere klanten in de rit
- tijdsvensters

Vraag 2: Wat kan een transportplanner in geval van onzekerheid doen om de problemen op te lossen op het moment dat deze situaties zich voordoen?

Vraag 3: Wat kan een transportplanner doen om te anticiperen op deze onzekerheden?

4.2.1 Oorzaken van onzekerheid met betrekking tot dynamische klantaanvragen

Situatie 1: Nieuwe klantaanvragen met betrekking tot goederen die vervoerd moeten worden.

Nieuwe klantaanvragen hebben eerst en vooral een invloed op de capaciteit die moet worden ingezet, waarbij er rekening moet gehouden worden met de beschikbare capaciteit. Indien H.Essers niet over voldoende capaciteit beschikt om aan de nieuwe klantaanvraag te voldoen, zal het bedrijf een beslissing moeten nemen. Deze beslissing wordt genomen aan de hand van de factoren die hieronder aan bod komen. Eerst wordt een algemene procedure weergegeven van hoe H.Essers nieuwe klantaanvragen opneemt in hun klantenbestand. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen A-, B- of C- klanten. Het is belangrijk om dit onderscheid te kennen, zodat gezien kan worden dat H.Essers naargelang de klasse iets anders reageert op de situatie.

Volgend stappenplan wordt uitgevoerd als H.Essers nieuwe klantaanvragen binnenkrijgt:

- Op voorhand probeert H.Essers een inschatting te maken van het volume dat de nieuwe klant met zich meebrengt:
 - o H.Essers vraagt het volume op van de klant wat hij het afgelopen jaar – of minstens de afgelopen drie maanden – heeft verzonden naar zijn eigen klanten. Op deze manier kan H.Essers een inschatting maken hoeveel capaciteit ze per dag vrij moeten houden voor deze nieuwe klant. Dit is reeds een indicator voor het gebruik van historische gegevens om te kunnen inspelen op de noden van de klant en zal de rittenplanner beter rekening houden met het opstellen van de rittenplanning.
 - o Indien het volume van de klant vrij weinig is, zal H.Essers de beslissing nemen om de klant erbij te nemen in de planning, omdat hiervoor geen extra capaciteit nodig is.
 - Dit kan in het begin een uitdaging zijn voor de operationele planners, aangezien zij rekening moeten houden met het extra volume dat in het planningsstelsel komt, zonder dat hier een extra wagen tegenover staat.
 - o Indien deze klant een belangrijke klant is, die wel een groot volume met zich meebrengt en thermowagens nodig heeft, zal H.Essers er alles aan doen om deze klant te bedienen. Zulke klanten worden binnen H.Essers aangeduid als A-klanten. Deze klanten passen overigens het beste binnen de strategie van het bedrijf, welke de volgende is: H.Essers wil chemische goederen vervoeren binnen Europa door eigen thermowagens in te zetten. H.Essers zal meer maatregelen nemen om deze klanten binnen te halen omdat ze zeer goed binnen de strategie passen en omdat de kans groter is dat hier meer capaciteit tegenover wordt gezet. Ook naar de toekomst toe zal deze klant de neiging hebben om voor H.Essers te kiezen op basis van de investeringen H.Essers doet voor deze klant.

- Indien het gaat om C-klienten, wat dus het tegenovergestelde is van A-klienten, zullen deze klienten minder goed binnen de strategie passen van het bedrijf. Deze klienten hebben vaak ook minder volume in vergelijking met een A-klient. Hierdoor is het moeilijker voor H.Essers om zich in die mate aan te passen aan het volume en zal het bedrijf vaak minder investeringen doen. Ook zullen de ritten gepland en gereden worden met de wagens die H.Essers ter beschikking heeft. Indien dit niet haalbaar is, zal H.Essers toch nog proberen de juiste oplossing te vinden voor deze C-klienten, door ze eventueel door te verwijzen naar een organisatie die beter aan de noden van de klienten kan voldoen.

Situatie 2: De rittenplanning is reeds in uitvoering, maar er komt dezelfde dag een nieuwe klantaanvraag binnen die dringend moet worden uitgevoerd.

In deze situatie is de dringendheid van het transport een bepalende factor voor H.Essers. Aangezien H.Essers een groot transportbedrijf is dat veel capaciteit en tools ter beschikking heeft, zal het vaak een late aanvraag toch nog kunnen verwerken en uitvoeren.

In eerste instantie is het belangrijk te zoeken naar een oplossing die het meest rendabel is. H.Essers zal kijken of er die dag chauffeurs onderweg zijn die nog plaats hebben in hun voertuig om de extra klient te bedienen. Niet elke wagen zit namelijk altijd volledig vol. Dus het kan zeker voorkomen dat er wagens zijn die nog plaats hebben. Zo gaan ze kijken wie van de eigen chauffeurs aan het rijden is en waar er nog plaats beschikbaar is. Indien er bijvoorbeeld een klient, die op de route van de chauffeur ligt, een afhaling wenst te laten uitvoeren door het transportbedrijf, zal de rittenplanner trachten deze uit te voeren. Dit houdt in dat de rittenplanner de klient bij de rit zal nemen indien deze op de route ligt. Daarbij kan de klient maar bediend worden indien de capaciteit van het voertuig dit toelaat. De chauffeur zal op de hoogte gebracht worden via Transics – een smartphone-app die chauffeurs kunnen installeren zodat ze in contact staan met de planner – en zal hij instructies krijgen van de planner om de extra klient te bedienen. Wanneer H.Essers de nieuwe klantaanvraag aanvaard zal dit een invloed hebben op de reistijd. De lengte van de rit zal hierbij niet drastisch wijzigen aangezien het mogelijk is dat de nieuwe klient zich op de bestaande route bevindt. De duur van de rit zal wel wijzigen, omdat de chauffeur vaker moet stoppen onderweg en de laad- en lostijden in acht moet nemen. Indien de rit langer wordt, moet uiteraard rekening gehouden worden met de rij- en rusttijden van de chauffeurs die de wettelijk bepaalde uren niet mogen overschrijden. Een tweede optie is om collega's van andere vestigingen van H.Essers te contacteren om te vragen of zij nog plaats hebben en de extra klantaanvraag kunnen uitvoeren. De werkwijze in dit geval is gelijkaardig aan die van de eerste optie.

Indien beide alternatieven geen haalbare oplossingen zijn, kan H.Essers een beroep doen op de eigen express-afdeling. Dit is een optie die eerder duur is, maar dit betekent wél dat het transportbedrijf toch flexibel kan inspelen om aan de evoluerende noden van de klient te voldoen. Doordat H.Essers over deze express-afdeling beschikt zal de duur van de bestaande niet-express-ritten niet wijzigen omdat er een extra wagen wordt ingezet. Het is de verantwoordelijkheid van de rittenplanner om in de gaten te houden welke chauffeurs en wagens nog beschikbaar zijn om in te zetten voor een extra

rit. De beschikbaarheid van de wagens is dus afhankelijk van wat er nog mogelijk is op de dag van het transport.

Er werd reeds vermeld dat capaciteit een grote rol speelt in het kunnen voldoen aan de verwachtingen van de klant. In het interview wordt een voorbeeld gegeven dat het verschil kan aangeven tussen een groot transportbedrijf zoals H.Essers en een klein transportbedrijf, waarbij wordt weergegeven hoe H.Essers kan inspelen op onzekerheden ten opzichte van een klein transportbedrijf op vlak van capaciteitsproblemen. Stel nu dat een klein transportbedrijf – dat tien voertuigen ter beschikking heeft – voor de volgende dag ook tien ritten heeft opstaan. In principe zit de rittenplanning dan vol en zal dit bedrijf moeilijker flexibel kunnen optreden om toch te voldoen aan de extra klantaanvraag. H.Essers is een veel grotere organisatie en kan wel flexibel inspelen op zulke situaties. Op het moment zelf wordt beslist of het transport al dan niet uitgevoerd kan worden. Indien niet, dan zal H.Essers tegen de klant moeten zeggen dat het transport pas de volgende dag kan worden uitgevoerd.

Er is echter wel een verschil tussen een bestaande klant die één extra wagen wenst te vervoeren en een nieuwe klant die een aanzienlijke omzet met zich meebrengt voor H.Essers. In het laatste geval betekent dit dat de klant een nieuwe zal zijn voor H.Essers voor langere termijn. Het bedrijf zal procesmanagers inschakelen die alles voorbereiden voor de nieuwe klant. Er wordt met de klant rond de tafel gezeten en er wordt zoveel mogelijk informatie uitgewisseld. Deze informatie betreft de plaats van de lading, welk materiaal hiervoor nodig is, wat de openingsuren zijn van de klant, over welke soort goederen het gaat enzovoort. Daarnaast worden er afspraken gemaakt over hoe de orders worden aangemaakt. Zal dit automatisch gebeuren via EDI ('electronic data interchange') of wordt dit handmatig ingegeven? Bij EDI zal een klant zijn transportorders invoeren in Excel, deze worden geüpload en automatisch omgezet in een TMS-order (transport management system) in het systeem van H.Essers. Deze informatie wordt dus onderling gedeeld tussen de klant en H.Essers. Vervolgens kan er onderling een akkoord opgezet worden en er een timing worden afgesproken. Met betrekking tot nieuwe en grote klanten is het belangrijk dat deze zaken op voorhand geweten zijn, zodat er duidelijke afspraken gemaakt worden en alles goed voorbereid kan worden. Vooral nieuwe en grote klanten hebben hierbij een invloed op de organisatie, aangezien dit door vele partijen moet geregeld worden. Dit is echter een oplossing voor klantaanvragen op de langere termijn, aangezien er afspraken aan te pas komen die eerst moeten worden onderhandeld, maar zeker niet onbelangrijk in het oplossingsproces van H.Essers. Deze oplossingsmethode verduidelijkt het belang van informatie die gedeeld moet worden. Iedere klantaanvraag bij H.Essers moet op voorhand worden overlopen, om eventuele onzekerheden te voorkomen die zich na het plaatsen van het order kunnen voordoen. Door op voorhand zoveel mogelijk informatie te vergaren, kan H.Essers beter beslissingen nemen en voorspellen welke problemen voor wijzigingen in de rittenplanning kunnen zorgen.

Situatie 3: De volumes die de klant bepaalt wanneer hij het transport aanvraagt komen niet overeen met de werkelijk te transporteren volumes.

Zoals reeds in de literatuurstudie besproken werd, is het kennen van stochastische informatie voordat een rit van start gaat voor een rittenplanner van groot belang. Dit is niet anders in het geval

van H.Essers. Wanneer klanten orders plaatsen bij H.Essers, gebeurt dit in quasi 80 % van de gevallen voordat de rit van start gaat. Hierdoor weet de rittenplanner welke capaciteit hij moet vrijmaken en welk voertuig hij bijgevolg moet inzetten om aan de klantenvraag te voldoen. Daarnaast zijn er een aantal grote klanten waarvoor H.Essers bepaalde vaste orders per dag kan inplannen. Dit houdt in dat H.Essers op voorhand weet van deze klanten dat ze een of twee wagens per dag vragen en op hetzelfde tijdstip. Hierdoor kan de rittenplanner reeds rekening houden met deze orders door wagens en chauffeurs beschikbaar te houden. Door op voorhand kennis te hebben over deze orders, zal H.Essers bij voorbaat een betere planning kunnen maken. Nadat de rittenplanning opgemaakt is – en de specifieke informatie over de orders bekend wordt – zal de rittenplanner kleine aanpassingen moeten doorvoeren, omdat er reeds geschatte informatie beschikbaar was omtrent het te transporteren volume en het start- en einduur van het transport.

De reistijd zal in deze situatie quasi dezelfde blijven, aangezien er geen extra klant bijkomt in de rit. Wel kan het zijn dat het laden bij de klant in kwestie langer of korter zal duren aangezien hij meer of minder paletten wenst te vervoeren. De reistijd is dus afhankelijk van het verschil in volume dat de klant wenst te vervoeren. Bij het opmaken van de rittenplanning wordt er aan de rit meteen een chauffeur en een type oplegger gekoppeld. Uiteraard kan de capaciteit van een gekozen oplegger niet veranderd worden omdat deze vast is. Wel kan de rittenplanner een andere oplegger met een andere capaciteit inplannen, maar dan moet hij eerst nagaan of deze niet voor een andere rit is ingepland. Indien de chauffeur meer of minder paletten moet laden bij een klant dan afgesproken, dan heeft dit gevolgen voor de klanten die na de klant in kwestie komen. Het is mogelijk dat de overige klanten vroeger of later worden bezocht door de aanpassing van de planning.

Klanten van H.Essers weten op voorhand meestal welke hoeveelheden ze wensen te verzenden. Op basis van deze informatie kan H.Essers een prijs vaststellen. Indien de klant hiermee instemt, zal hij vaak ook standvastig blijven bij zijn vraag naar transport en kan de planner er voor een stuk vanuit gaan dat de planning niet drastisch zal wijzigen. Het gebeurt in de praktijk uiteraard dat klanten toch afwijken van hun orders, maar uit ervaring blijkt dat ze niet ver afwijken. Zo is een marge van 1 tot 3 paletten te verwachten. Het komt zeer zelden voor dat een klant plotseling 10 paletten zal afwijken van de oorspronkelijke transportvraag. Door kennis te hebben van deze informatie kan de rittenplanner een planning maken die ongevoeliger is voor eventuele wijzigingen. De verwachte vraag naar transport wordt doorheen de jaren bijgehouden en op basis van deze informatie kan de planner een betere route opstellen. Opnieuw kan er een stappenplan gevolgd worden om flexibel in te spelen op deze onzekerheid:

- Indien de chauffeur van dienst met een lege vrachtwagen aankomt bij de klant in kwestie zal hij alle paletten – dus ook de paletten die te veel zijn – laden en meenemen. Dit heeft echter gevolgen voor de klanten die na deze klant bezocht moeten worden. Hierdoor moeten er instant wijzigingen aangebracht worden in de planning door de rittenplanner.
- Het kan ook zijn dat de chauffeur reeds bij een klant is geweest en goederen heeft geladen. Dan is er te weinig plaats in de wagen voor de volgende klant en moet er gecommuniceerd worden naar de klant in kwestie dat de afgesproken hoeveelheid wel past – want dat was eerder zo gepland – maar dat de overige paletten niet meer mee kunnen.

- Indien de planning verandert door een wijziging in de volumes nadat de planning reeds gemaakt is, zullen de transportplanner en de chauffeur in overleg toch proberen om de klant te bedienen. Dit wil zeggen dat ze oplossingen zullen zoeken voor de klanten die nadien bezocht moeten worden. Het gebeurt wel eens dat H.Essers tegen een klant moet zeggen dat hij niet kan bediend worden. In de praktijk wordt de klant toch bediend en worden er oplossingen gezocht voor de rest van de klanten op de route. Een oplossing kan zijn dat H.Essers een extra vrachtwagen zal inzetten om de klant in kwestie of de klanten die volgen te bedienen.

In het interview wordt echter benadrukt dat het niet de bedoeling is dat H.Essers alle onzekerheden in acht gaat nemen tijdens het opstellen van een planning. Het is wel de bedoeling dat er bij voorbaat zoveel mogelijk informatie vergaard wordt, zodat hiermee de best mogelijke route kan worden opgesteld. Eventuele wijzigingen die door de klant worden aangebracht in hun order zullen pas in acht worden genomen wanneer deze zich voordoen. H.Essers anticipeert op de onzekerheden door op voorhand duidelijke afspraken te maken en zodat voldoende gegevens bekend zijn om een robuuste rittenplanning op te stellen.

Situatie 4: De klant wenst het levertijdstip te wijzigen dat hij tijdens de bestelling van het transport heeft aangegeven.

Indien de klant een wijziging doorvoert nadat de planning is gemaakt, zal dit een grote invloed hebben op de rit. De wagen die is ingepland voor de rit is vertrokken, de goederen in die wagen zijn op een bepaalde manier geladen zodat de klant die eerst op de planning staat, ook als eerste zijn goederen uit de wagen kan lossen. Deze goederen zitten logischerwijs dan ook vooraan. Indien de laatste klant vraagt om vroeger te komen lossen, zal H.Essers communiceren dat er goederen van andere klanten voor die van de klant in kwestie zitten. Dan stelt H.Essers de vraag of ze eventueel ook langs de zijkant kunnen komen lossen bij de klant met het verzoek. Indien deze klant hierop voorzien is en het juiste materiaal voorhanden heeft, kan dit. Op deze manier probeert H.Essers toch steeds flexibel te zijn en passende oplossingen voor te stellen. Daarnaast moet er ook rekening gehouden worden met de plaats waarop deze klant zich bevindt in de route. Stel dat een rit wordt gereden vanuit Zonhoven naar Houthalen en eindigt in Lummen, en de klant met het verzoek om eerst bij hem te komen lossen is gevestigd in Houthalen, dan zal de chauffeur eerst naar Houthalen moeten rijden, daarna terug naar Zonhoven en opnieuw over Houthalen naar Lummen. Dit betekent dat de rit langer zal duren en het kan zijn dat er een extra kost verbonden is aan de rit die de klant in kwestie dan zal moeten betalen. Indien de klant akkoord gaat met deze prijswijziging wordt de aangepaste rit uitgevoerd. Indien hij niet akkoord gaat, zal de rit gereden worden zoals deze initieel werd gepland.

Daarnaast stelt er zich nog een ander probleem. Indien de chauffeur eerst de klant met het verzoek bedient, zal H.Essers zorgen dat de klanten die op voorhand gepland zijn niet in het gedrang komen. Hier houdt de rittenplanner reeds rekening mee bij het aanbieden van de oplossing aan de klant met het verzoek om het levertijdstip te wijzigen. De klanten die gepland zijn rekenen er namelijk op dat H.Essers op het afgesproken tijdstip komt leveren. Indien deze klanten toch later bediend zullen

worden, zal de rittenplanner de volgende klanten telefonisch op de hoogte brengen. Hierbij moet echter rekening gehouden worden met de openingsuren van de overige klanten aangezien deze opschuiven naar een later tijdstip. Indien de chauffeur aankomt bij een klant die reeds gesloten is, heeft de chauffeur voor niets gereden en zal hij de volgende dag moeten terugkeren. Dit is tweemaal een kost voor H.Essers waar er maar eenmalig een opbrengst tegenover staat. Ook hiermee moet rekening worden gehouden bij het wijzigen van levertijdstoppen en de aanpassing van ritten.

Situatie 5: De klant wenst de plaats van de levering te wijzigen nadat de bestelling reeds geplaatst werd.

Deze situatie is gelijkaardig aan die van het wijzigen van het levertijdstop en wordt dan ook op een gelijkaardige manier benaderd door H.Essers. Indien de plaats gewijzigd wordt voordat de route van start gaat, zal dit nog aangepast kunnen worden. Indien het de dag zelf gevraagd wordt, moet er eerst gekeken worden of dit praktisch mogelijk is. Dit is afhankelijk van waar deze nieuwe plaats van levering zich bevindt binnen de route. Opnieuw staat hier een andere kostprijs tegenover. Indien het nieuwe leveradres een straat verder is, dan wordt het transport gewoon uitgevoerd. Het is een afweging die gemaakt moet worden op een dagelijkse basis.

In deze situatie kan opnieuw de volgorde van de klanten wijzigen aangezien de rit afhankelijk is van de nieuwe plaats van levering. Opnieuw zullen de overige klanten op de hoogte gebracht moeten worden en zal hierbij rekening gehouden moeten worden met de openingsuren van die klanten zodat de chauffeur iedereen in de rit kan bezoeken.

Situatie 6: De klant valt weg uit de rit of er komt een andere klant bij.

In dit geval wordt er teruggevallen op het grote volume dat H.Essers bezit. Indien de chauffeur al bezig is met het laden van een wagen en de klant zegt dat ze de levering niet vandaag willen ontvangen, maar de dag erna, dan is dit geen probleem en wordt de klant ingepland in de volgende rittenplanning. Een kleine transporteur zal hierbij wel problemen ondervinden. Deze beschikt namelijk niet over grote volumes, waardoor dit een invloed zal hebben op de vulgraad van de wagens. Voor ieder transportbedrijf geldt dat leegrijden geld kost en dus een invloed heeft op de rendabiliteit van een bedrijf. H.Essers kan dit opvangen doordat ze grote volumes kunnen inzetten. De impact van een klant die wegvalt is dan minder voelbaar.

Vraag 3 kan beantwoord worden voor alle situaties samen:

Anticiperen op onzekerheden die zich voordoen zoals in bovenstaande situaties is moeilijk. Er wordt eerder in het moment zelf gereageerd op de situaties die zich voordoen. Bij de start van de planning is het moeilijk om al rekening te gaan houden met eventuele wijzigingen die doorgegeven kunnen worden. Volgens de literatuur kan er echter wel op voorhand geanticipeerd worden. Zo kan een rittenplanner bijvoorbeeld een voertuig stil laten staan om te wachten op eventuele extra klantaanvragen. Deze kunnen dan nog uitgevoerd worden door de transporteur. H.Essers is het met deze strategie niet eens. Het is volgens hen beter om te starten met een planning zoals de orders binnenkomen en dan tijdens het opmaken van de planning de wijzigingen doorvoeren die

binnenkomen. Stel dat een planner een rit rond Kortrijk plant. Dan zal hij geen rekening houden met eventuele wijzigingen die zich kunnen voordoen door plaats vrij te houden op deze wagen. Bij H.Essers wachten ze eerder de wijzigingen af en gaan ze ermee om op het moment dat deze zich voordoen. Er moet vanuit gegaan worden dat de orders die er zijn en de wagens die er tegenover staan, op een zo correct mogelijke manier worden ingepland. Eventuele wijzigingen worden op het moment zelf wel opgelost wanneer ze zich voordoen.

Een goede transportplanner zal zulke onzekerheden wel zo goed mogelijk proberen te vermijden door op voorhand goede afspraken te maken met de klanten en bij voorbaat zoveel mogelijk informatie te vergaren met betrekking tot de klantenvraag, soorten goederen die vervoerd moeten worden en de openingsuren. Als het voorkomt dat een specifieke klant elke dag wijzigingen zou doorgeven, is het moeilijk om iedere dag een rendabele planning te maken. In dat geval zal de transportplanner die verantwoordelijk is voor de klant deze zo snel mogelijk uitnodigen voor een gesprek om afspraken te maken. Er wordt gekeken hoe er oplossingen kunnen doorgevoerd worden als deze wijzigingen dagelijks voorkomen, want dat is een teken dat de planning niet optimaal is voor de klant. De afspraken die gemaakt worden met de klant op voorhand kunnen gezien worden als anticiperen op wijzigingen in een rittenplanning.

4.2.2 Oorzaken van onzekerheid betreffende de reistijd

Situatie 1: Congestie veroorzaakt door normaal verkeer.

H.Essers definieert congestie als structurele files, deze zijn er door het normale verkeer dat op de weg aanwezig is. Indien een chauffeur bijvoorbeeld vanuit Genk vertrekt zodat hij om 8u in de haven van Antwerpen arriveert, dan zal de transportplanner een half uur tot een uur extra reistijd moeten inplannen voor de chauffeur vanwege de structurele files. Dit betekent dat de chauffeur langer moet rijden waardoor hij minder klanten per dag kan bezoeken. Dit kost meer geld, omdat de chauffeur langer onderweg is en dus langer werkt. Ook moet hierbij rekening gehouden worden met de wettelijke rij- en rusttijden die niet overschreden mogen worden. Dit zijn zaken waarmee een transportplanner rekening moet houden in het opmaken van de planning. Op het moment dat een chauffeur in de file staat door normaal verkeer, kan de chauffeur nog maar weinig veranderen aan de situatie. Indien hij de file wil vermijden, zal hij op voorhand moeten anticiperen op deze onzekerheid. De chauffeur kan rekening houden met de structurele files door op tijd te vertrekken om op die manier zo weinig mogelijk tijd te verliezen tijdens de rit. Het is echter moeilijk voor de rittenplanner om te voorspellen wanneer de chauffeur exact moet vertrekken. Hiervoor bestaan handige tools, zoals routeplanners en gps-systemen of applicaties die alternatieve wegen voorstellen om files te vermijden. Op deze manier kan de routeplanner inschatten hoelang de rit zal duren en voor de chauffeur berekenen hoe laat hij moet vertrekken om toch nog op tijd te arriveren bij de klant.

Situatie 2: Verkeersongevallen die congestie veroorzaken.

Als er onderweg een ongeval gebeurt, kan H.Essers hier moeilijk rekening mee houden aangezien het gaat om onvoorziene omstandigheden. Toch brengt dit heel wat problemen met zich mee, omdat klanten en zendingen opschuiven in de planning. In dit geval zal H.Essers zijn klanten op de hoogte brengen van de opgelopen vertraging. Indien mogelijk zal de chauffeur zijn rit na de vertraging verderzetten om de klanten te bedienen. Indien de klanten niet bediend kunnen worden omwille van hun openingsuren, zal de chauffeur tweemaal moeten rijden, wat de kost van transport naar de klanten in kwestie verdubbelt, terwijl hier echter maar eenmalig een opbrengst tegenover staat. De goederen moeten namelijk terugkomen naar het depot en de volgende dag opnieuw verzonden worden naar de klanten die de dag voordien niet bezocht konden worden. Stel dat bij een klant voor 16.00u geleverd moet worden, maar dat de chauffeur door de congestie pas om 16.30u arriveert. Dan staat H.Essers zelf in voor deze extra kost, aangezien het niet de fout van de klant is. Wanneer de klant echter om 15.45u de deuren sluit, kan H.Essers de klant vragen om de levering opnieuw te betalen, want dan lag het probleem bij de klant zelf die niet beschikbaar was.

Dit is een situatie waarmee een transportplanner geen rekening kan houden bij het opmaken van de planning. Hij gaat ervan uit dat wat er vandaag gepland wordt, de volgende dag ook uitgevoerd kan worden. Anticiperen is in dit geval zeer moeilijk.

Situatie 3: Weersomstandigheden die congestie veroorzaken.

Deze situatie heeft een andere oorzaak van onzekerheid, maar de gevolgen zijn dezelfde als in situatie 1 en deze situatie kan op dezelfde manier geïnterpreteerd worden. De transportplanner kan ook in deze situatie rekening houden met de weersvoorspellingen die worden gemaakt voor de komende dagen. Indien nodig zal hij de chauffeur instructies geven om vroeger te vertrekken.

Situatie 4: Aanwezigheid van bestaande slechte infrastructuur en/of het gebrek aan goede infrastructuur.

Een extra vorm van onzekerheid, die niet meteen terug te vinden is in de literatuur, is de onzekerheid betreffende de bereikbaarheid van de klant. Volgens H.Essers kan dit soms ook voor problemen zorgen en kan het de chauffeur belemmeren om tijdig te lossen. Stel dat er een gebrek is aan goede infrastructuur bij de klant, zoals een poort waaraan de chauffeur niet veilig kan lossen of geen heftruck ter beschikking heeft bij de klant om de goederen te laden, dan duurt het langer om daar te leveren, wat extra servicetijd betekent voor H.Essers. Ook de veiligheid van de chauffeur kan hierbij in het gedrang komen. Dit kan bijvoorbeeld liggen aan gedateerd materiaal dat wordt gebruikt bij de klant. Er kan niet veel gedaan worden op het moment dat deze situatie zich voordoet. De chauffeur moet evenzeer lossen of laden bij de klant in kwestie en dit zal meer moeite kosten dan bij een klant waar de infrastructuur wel in orde is. Ook indien het wegdek in slechte staat is, kan hier weinig aan gedaan worden, het transport wordt evenzeer uitgevoerd. Dit kan gelijkgesteld worden aan de situatie bij vertraging door een verkeersongeval. In geval van slechte infrastructuur bij de klant kan H.Essers met de klant in kwestie overleggen om bepaalde investeringen te doen zodat de chauffeur efficiënter kan leveren. Hiervoor moeten gesprekken plaatsvinden tussen beide partijen, zodat de kosten en de voordelen van de investeringen worden afgewogen.

4.2.3 Oorzaken van onzekerheid betreffende het uitvallen van een voertuig/chauffeur

Situatie 1: Een voertuig dat operationeel is, is defect.

Zowel de duur van de rit als de gehele planning wordt beïnvloed door het feit dat er een voertuig in panne staat. De rit zal abrupt – voor onbepaalde tijd – beëindigd worden, afhankelijk van de omvang van de panne. Indien de panne snel verholpen is, zal de chauffeur verder kunnen rijden. Indien de wagen gedepanneerd moet worden, zal de rit verdergezet moeten worden met een andere wagen. Dit betekent dat de goederen van de wagen die stuk is overgeladen moeten worden naar een vervangwagen, wat opnieuw een negatief effect heeft op de totale reistijd. In voorgaande gevallen loopt de rit vertraging op en zullen alle klanten in de rit op een later tijdstip bezocht worden. De klanten zullen een bericht ontvangen dat ze niet op het afgesproken tijdstip bediend zullen worden.

Om te kunnen inspelen op de panne is de organisatie bij H.Essers volledig uitgetekend. Een chauffeur heeft een boordcomputer waarop hij op een knop kan drukken die de panne meldt aan de controletoren binnen H.Essers. Daar gaan ze meteen de chauffeur contacteren om te vragen wat er precies aan de hand is en wat de omvang van de schade of panne is en vervolgens zullen ze een oplossing zoeken. Indien er sprake is van een kleine panne, zal de chauffeur deze zelf op kunnen lossen of eventueel naar de dichtstbijzijnde garage rijden om daar de wagen te herstellen. Daarna zal de chauffeur de rit verder kunnen afwerken, mits vertraging. De klanten worden altijd op de hoogte gebracht van de vertraging. Indien er echter sprake is van een groot probleem, zal de chauffeur de rit niet kunnen afwerken. De wagen zal getakeld worden of er zal een depannageteam ter plaatse moeten komen. Dit zijn voorbeelden van oplossingen voor het probleem van de panne.

Daarnaast moeten er oplossingen voor handen zijn voor de klanten die moeten wachten of niet bezocht kunnen worden. De transportplanner moet de klanten informeren dat ze die dag niet bezocht zullen worden. Dit betekent dat de chauffeur de dag nadien opnieuw moet uitrijden, wat de kosten verdubbelt, maar waar er dus maar éénmalig een opbrengst tegenover staat.

Bij H.Essers werken ze, naast de rittenplanners die de chauffeurs aansturen, ook met 'driver mentoren'. Deze mensen nemen het technische aspect van de rit op zich. Dit betekent dat ze de chauffeurs op regelmatige basis opleidingen laten volgen omtrent juist en veilig rijden, het verbruik onder controle houden en hoe ze kleine problemen zelf kunnen oplossen of herstellen. Ook houden de 'driver mentoren' bij wanneer een voertuig op onderhoud moet in de garage. De rittenplanner weet op zijn beurt dan weer wanneer een bepaalde chauffeur of een bepaald voertuig niet beschikbaar is om in te plannen. Daarnaast kan een panne vermeden worden door met recent materiaal te rijden en te werken en op regelmatige basis het materiaal te onderhouden. Zo worden elke vier jaar nieuwe trekkers geïntroduceerd via leasing bij H.Essers. Bovendien hebben ze een eigen werkplaats waar het onderhoud van de voertuigen kan plaatsvinden. Deze opleidingen en investeringen in middelen zijn zeer belangrijk en verhelpen veel problemen.

Situatie 2: Een chauffeur is ziek en kan niet verder werken of komt niet opdagen op het afgesproken tijdstip.

Indien een chauffeur niet komt opdagen om de rit uit te voeren en dit niet op tijd laat weten aan de rittenplanner, zal de start van de rit vertraging oplopen of zal de rit helemaal niet gereden worden. De reistijd van de rit zal niet wijzigen doordat de lengte van de rit niet verandert, maar het vertrek uur zal wel wijzigen. Dit heeft een rechtstreeks effect op alle klanten in de route die later dan gepland bezocht zullen worden. In dit geval moet de planner inschatten welke rit de chauffeur heeft en kijken of er eventueel een andere chauffeur deze rit kan overnemen. Dan moet de vervangchauffeur zijn eigen rit laten liggen, zodat hij de rit van de zieke chauffeur kan opvangen. Deze beslissing wordt genomen op basis van de dringendheid van de goederen. Indien er niet meteen een andere chauffeur ter beschikking is, zal de transportplanner de klanten in kwestie op de hoogte moeten stellen en proberen te overtuigen van een latere levering – later op de dag of de dag nadien.

Wanneer een chauffeur zich ziek meldt, hebben ze bij H.Essers niet zomaar een andere chauffeur ter beschikking om de rit op te vangen. Het komt wel eens voor dat er een chauffeur op overschot is, omdat op dat moment alle trekkers in gebruik zijn. In dit geval kan de chauffeur in kwestie wel als stand-by opgeroepen worden. Indien er echter niet meteen stand-by's ter beschikking zijn, zal de klant moeten wachten. Daarnaast is het moeilijk om op voorhand bepaalde chauffeurs als stand-by in te plannen. Omdat er met mensen gewerkt wordt is het voor de stand-by's niet optimaal dat ze zich de hele dag vrijhouden voor het geval er een chauffeur niet kan komen werken.

4.2.4 Oorzaken van onzekerheid betreffende de te transporteren goederen

Situatie 1: Uitzonderlijke goederen, zoals goederen die bederfelijk zijn en goederen die gevaarlijk en/of schadelijk zijn.

Aangezien H.Essers focust op een strategie waarbij ze klanten willen bedienen die thermowagens nodig hebben om chemische goederen in te vervoeren, zal de vloot van H.Essers ook hierop voorzien moeten zijn. Zo hebben ze binnen H.Essers een waaier aan verschillende soorten opleggers die ingezet kunnen worden voor alle soorten vervoer. Voor het vervoeren van chemische en/of gevaarlijke goederen zijn er speciale thermowagens en ADR-wagens ter beschikking die voorzien zijn op lange-afstandsritten om het transport veilig uit te voeren. De reistijd van de chauffeur die uitzonderlijke goederen vervoert zal vrijwel hetzelfde blijven. Opnieuw verandert er in deze situatie niets aan de rit en zal de lengte dus ook dezelfde blijven. Tijdsvensters zijn in geval van bederfelijke en/of gevaarlijke goederen, zoals chemische stoffen in principe niet heel belangrijk aangezien H.Essers werkt met thermowagens – wagens waarvan ze de temperatuur kunnen regelen. Een voorbeeld van zo'n goed is verf die op kamertemperatuur moet getransporteerd worden. Of de verf nu 's ochtends of 's avonds getransporteerd wordt, is niet van belang. Het belangrijkste is dat de temperatuur in de thermowagen stabiel blijft. Het is essentieel om op voorhand alles goed voorbereid te hebben. Het materiaal moet in orde zijn en het is hierbij belangrijk om op voorhand zoveel mogelijk onzekerheden weg te werken.

Indien er een panne optreedt onderweg en de frigo van de thermowagen uitvalt, dan worden tijdsvensters wel belangrijk. Indien de panne niet op korte termijn te herstellen is, zullen de goederen niet meer leverbaar zijn aan de klant omdat de temperatuur voor een te lange periode veranderd is. In dit geval zullen beide partijen terugvallen op de verzekering. Indien de panne van korte duur is, zal de chauffeur de frigo opnieuw kunnen opstarten zodat de goederen toch nog geleverd kunnen worden met de juiste kwaliteit. De transportorganisatie moet klaar zijn om zulke goederen te kunnen transporteren. Het is belangrijk dat het juiste materiaal aanwezig is, dat er chauffeurs ter beschikking staan die met deze soort goederen mogen rijden en gespecialiseerd zijn in het transporteren van zulke goederen. Alles – chauffeurs, trekkers en opleggers – wordt erop voorzien binnen H.Essers om ADR – gevaarlijke goederen – te stockeren en te transporteren. Binnen H.Essers wordt er een onderscheid gemaakt tussen gevaarlijke goederen en niet-gevaarlijke goederen. Deze soorten goederen dienen in de meeste gevallen apart gehouden te worden en kunnen dus vaak niet samen vervoerd worden.

4.2.5 Oorzaken van onzekerheid betreffende de uitbraak van een pandemie

Situatie 1: Het coronavirus.

Deze onzekerheid kan gedeeltelijk vergeleken worden met situatie 2 uit sectie 4.2.3, maar in dit geval gaat het om extreme omstandigheden waarbij veel werknemers op hetzelfde moment uitvallen door ziekte.

H.Essers sloot zijn deuren niet tijdens de uitbraak van het coronavirus dat sinds maart 2020 in België is. Wel heeft het bedrijf maatregelen genomen om de verspreiding van het virus zo goed mogelijk in te perken en haar werknemers en klanten zo goed mogelijk te beschermen tegen het virus. Zo werd er in iedere ruimte minstens één verdeelpompje van alcoholgel geplaatst. Aan de loketten werden schermen geplaatst zodat de chauffeurs verder van het loket verwijderd staan en zo dus ook verder van de medewerkers staan. De mensen van afdelingen die van thuis uit kunnen werken werden ook verplicht om dit te doen. Echter, dit is moeilijk om te implementeren voor iedere afdeling in het geval van H.Essers, aangezien alle medewerkers voor de business unit General Cargo (transport) in één gezamenlijke ruimte werken. Toch wordt deze maatregel zo goed mogelijk opgevolgd en kunnen de meeste transportplanners en medewerkers van facturatie en de klantendienst thuiswerken. Daarentegen moeten de medewerkers van het loket wel aanwezig zijn om de chauffeurs verder te helpen door de juiste documenten te voorzien zodat deze op hun beurt kunnen laden of lossen in de magazijnen en bij de klanten. De magazijniers komen niet met elkaar in nauw contact, waardoor ze kunnen blijven werken. Toch kon opgemerkt worden dat er onrust heerste op iedere afdeling tijdens deze pandemie. Na verloop van tijd meldden steeds meer werknemers zich ziek, uit voorzorg voor de algemene gezondheid. Dit had een invloed op het aantal ritten dat werd gereden per dag. Ook omdat sommige klanten van H.Essers veel minder vraag naar transport hadden, werd het rustiger op de afdelingen.

4.3 Resultaten interview

Zoals eerder vermeld zijn de antwoorden uit dit interview bindend aan transportorganisatie H.Essers. Een ander transportbedrijf kan deze situaties op een andere manier benaderen. Er kan worden besloten dat het algemene effect van de onzekerheden zorgt voor vertraging in quasi iedere situatie. De reistijd is een zeer belangrijke factor voor transportbedrijven in het algemeen, omdat hier veel andere factoren van afhangen zoals de andere klanten in de rit, het aantal voertuigen die moeten worden ingezet, eventuele tijdsvensters waarmee rekening moet worden gehouden en de kosten hieraan verbonden.

Daarnaast kan besloten worden op basis van bovenstaande stappenplannen dat nieuwe klantaanvragen zeker een invloed hebben op het aantal voertuigen dat wordt ingezet bij H.Essers en bijgevolg het aantal ritten dat gereden wordt waardoor meer chauffeurs worden ingezet.

Uit het interview blijkt dat H.Essers een beroep doet op de methoden die in de literatuur worden aangereikt. In sectie 3.3 staat dat de meest gebruikelijke aanpak voor het oplossen van dynamische problemen is door te werken met de gegevens zoals ze op een bepaald moment bekend zijn en vervolgens opnieuw te optimaliseren wanneer er nieuwe gegevens beschikbaar worden. H.Essers hanteert deze aanpak ook in hun rittenplanningen. Daarnaast gebruikt H.Essers ook informatie die uit het verleden reeds gekend is om voorspellingen te doen met betrekking tot congestie veroorzaakt door het weer of normaal verkeer en de klantenvraag.

Tot slot is H.Essers op de meeste situaties goed voorbereid door enerzijds op voorhand met de klant goede afspraken te maken en voldoende informatie te vergaren zodat er reeds stochastische gegevens voorhanden zijn om de rit beter te plannen en anderzijds de situaties die zich kunnen voordoen op voorhand te definiëren en hiervoor procedures op te stellen. Zo kan het bedrijf anticiperen op deze onzekerheden in de mate van het mogelijke. Indien er zich toch nog situaties voordoen die onvoorzien waren, zal H.Essers er alles aan doen om deze onzekere factoren zo snel mogelijk te erkennen en op te lossen, zoals in het geval van de uitbraak van het coronavirus.

5 DISCUSSIE

In dit hoofdstuk worden de oplossingen uit de literatuur vergeleken met oplossingen die H.Essers toepast in onzekere situaties. Beide hoofdstukken focussen op een gemeenschappelijk doel: achterhalen hoe een rittenplanning kan worden opgesteld die rekening houdt met de onzekerheden die er zijn. Dit kan volgens de literatuur op verschillende wijzen gedaan worden. Per onzekerheid wordt onderzocht of H.Essers deze oplossingsmethoden toepast in de praktijk of dat het transportbedrijf andere oplossingsmethoden toepast. De oplossingsmethoden die in onderstaande tabel worden weergegeven worden in hoofdstuk 3 en hoofdstuk 4 uitgebreid toegelicht.

Soort onzekerheid	Literatuur	H.Essers
Dynamische problemen	Heroptimalisatie op basis van beschikbare en nieuwe gegevens	Heroptimalisatie op basis van beschikbare en nieuwe gegevens
- Klantaanvragen/-wensen		
o Nieuwe aanvraag	<i>Particle swarm algorithm, Route-first cluster-second</i> -schema, stilstand voertuig → wachten op nieuwe klantaanvragen	Capaciteit wagens op de weg controleren, expressdienst, Transics
o Afwijkende volumes		Anticiperen door volumes van klanten op te vragen, klanten zijn zeker van de volumes, kostprijs transport zorgt voor vast karakter van order
o Wijziging tijdstip	Samengestelde heuristische, onderlinge afstanden klanten in rekening brengen in zones, drie regels om klanten toe te wijzen aan route, <i>first-accept</i> versus <i>best-accept</i>	Flexibel inspelen, klant verder helpen, heldere communicatie
o Wijziging plaats		
o Annulering order		H.Essers valt terug op capaciteit en grote volumes, geen grote invloed op vulgraad
- Reistijd		
o Congestie door verkeersongevallen	Re-optimalisatiemethoden versus aanpassing oude oplossingsmethoden door gebruik van kennis uit het verleden	Na de vertraging rit verderzetten of de volgende dag de klant bezoeken

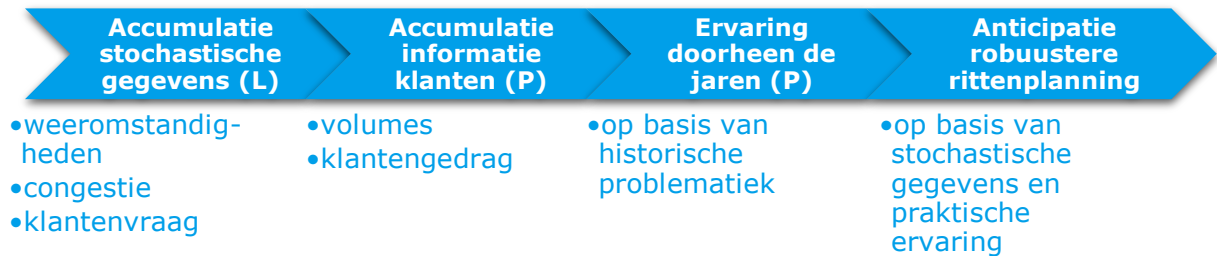
<ul style="list-style-type: none"> ○ Uitvallen van chauffeur/voertuig 	Hierover wordt niets gezegd in de literatuur. Dit is een nieuwe soort onzekerheid die voortkwam uit het interview met Maarten Neyens van H.Essers.	Rittenplanner moet ander voertuig zoeken voor chauffeur, inhoud overladen op nieuw voertuig, inspelen op panne door middel van opleiding geven aan chauffeurs om veilig en correct te rijden
Stochastische problemen	Probabilistische elementen uit vorige periodes opnemen in de planning om voorspellingen te kunnen doen naar de toekomst	Probabilistische elementen uit vorige periodes opnemen in de planning om voorspellingen te kunnen doen
- Soorten goederen		
Dynamische en stochastische problemen	Combinatie van oplossingsmethoden voor SVRP's en DVRP's	Combinatie van opgedane ervaring in onzekere situaties en voorgaande oplossingsstrategieën
- Reistijd		
<ul style="list-style-type: none"> ○ Congestie door normaal verkeer ○ Congestie door weersomstandigheden 	Re-optimalisatiemethoden versus aanpassing oude oplossingsmethoden door gebruik van kennis uit het verleden	Bekend voor H.Essers door ervaring, rekening houden met langere reisduur door chauffeur op tijd te laten vertrekken

Tabel 12: Vergelijking oplossingsmethoden literatuur en praktijk

Er kan besloten worden op basis van bovenstaande tabel dat H.Essers in de meeste gevallen de situaties waarin zich onzekerheid voordoet benaderd op een gelijkaardige manier die terug te vinden is in de literatuur. Uit het interview blijkt dat de rittenplanners toch bepaalde literaire oplossingsmethoden toepassen. In het geval van H.Essers komt er echter een extra factor bij waarover in de literatuur niet wordt gesproken, namelijk de ervaring die rittenplanners doorheen de jaren hebben opgedaan in de praktijk. Door een combinatie van zowel theoretische oplossingsmodellen als praktische ervaringen toe te passen op een VRP waarin specifieke onzekerheden voorkomen, kan een rittenplanner zijn routes bij voorbaat veel beter plannen en zal het aanpassingsproces na het kennen van de onzekerheden minder moeizaam verlopen. Wanneer er zich bepaalde onvoorziene omstandigheden voordoen – zoals een verkeersongeval of een chauffeur die niet komt opdagen – kan de rittenplanner toch flexibel inspelen op deze problemen door

bijvoorbeeld de klant op de hoogte te brengen van de vertraging en een stand-by chauffeur in te schakelen of express-levering uit te voeren wanneer het transport zeer dringend is.

Onderstaande figuur geeft een stappenplan weer om tot een robuustere rittenplanning te komen door zowel oplossingsmethoden uit de literatuur toe te passen als uit de praktijk.



Figuur 23: Stappenplan robuustere rittenplanning

6 CONCLUSIE

Goederenvervoer is in Vlaanderen onmisbaar geworden aangezien het de economische activiteit en het koopgedrag van consumenten positief beïnvloedt. Mede door de opkomst van e-commerce zijn transacties tussen aanbieders en consumenten makkelijker dan ooit. Deze transacties van goederen moeten echter ook fysiek vervoerd worden tot bij de klant, wat dan weer negatieve gevolgen heeft voor de samenleving. Zo kan er gedacht worden aan milieuverontreiniging en de toenemende filezwaarte op de Vlaamse en Belgische wegen. Door de evolutie die goederenvervoer heeft doorgemaakt en de talrijke aanwezigheid van voertuigen op de weg zullen transporteurs vroeg of laat te maken krijgen met onzekerheden tijdens het uitvoeren van deze ritten. Vandaar de onderzoeksvraag *'Met welke onzekerheden moet een rittenplanner rekening houden bij het plannen van ritten op korte termijn en hoe kan hij hiermee omgaan?'*. Om een rittenplanning volledig te begrijpen werd reeds in hoofdstuk 2 de definitie toegelicht. Op basis van de definitie kan besloten worden dat er in een standaard VRP veel beperkingen zijn waarmee een rittenplanner rekening moet houden. Naast deze vaste beperkingen zijn er ook onzekere factoren die de rittenplanning in de war kunnen sturen.

In theorie kan een VRP zeer helder gedefinieerd worden. Dit is echter niet het geval in de praktijk, aangezien de rittenplanner in de meeste gevallen over onvolledige of onjuiste informatie beschikt bij het opstellen van een rittenplanning. Zo kunnen de onzekerheden volgens in de literatuur opgesplitst worden in dynamische VRP's – waarbij de informatie dynamisch onthuld zal worden, stochastische VRP's – waarbij de onzekerheid met een bepaalde kansverdeling kan worden voorspeld, en dynamische en stochastische VRP's. Dit onderscheid is nodig om beter te begrijpen wat de onzekerheden concreet betekenen voor de rittenplanning. Zo kan een wijziging die een klant doorvoert gevolgen hebben voor de gehele planning – bijvoorbeeld de reisduur die verandert of de overige klanten in de rit die niet tijdig bezocht zullen worden. Deze gevolgen hebben een invloed op de klanttevredenheid enerzijds en het servicelevel en de kosten van de transporteur anderzijds.

Om deze gevolgen te minimaliseren, bestaan er in de literatuur voor iedere vorm van onzekerheid specifieke oplossingsmethoden. Aangezien deze masterproef focust op kwalitatief onderzoek, werden de wiskundige formuleringen van de oplossingsmethoden achterwege gelaten. De gevonden oplossingsmethoden stellen een rittenplanner in staat om beter rekening te houden met onzekerheden die zich kunnen voordoen tijdens het uitvoeren van goederentransport en in te spelen op het moment dat deze problemen zich voordoen. Zo worden er in hoofdstuk 3 per classificatie van rittenplanningsproblemen oplossingen weergegeven. Om te kunnen omgaan met dynamische problemen kan een rittenplanner een VRP oplossen met behulp van de gegevens zoals ze op een bepaald moment bekend zijn en vervolgens opnieuw te optimaliseren wanneer er nieuwe gegevens beschikbaar worden. Daarnaast worden stochastische problemen volgens de literatuur het beste benaderd door in het oplossingsproces gebruik te maken van probabilistische informatie die beschikbaar is betreffende de onzekere factoren. Doordat deze gegevens met een bepaalde kans voorspeld kunnen worden, kan er beter worden geanticipeerd op deze soorten problemen in tegenstelling tot wanneer er sprake is van dynamische problemen. Het uiteindelijke doel is om te onderzoeken wat ervoor kan zorgen dat de initiële rittenplanning zo ongevoelig mogelijk wordt voor

onzekere factoren zodat de planner geen al te ingrijpende aanpassingen moet doorvoeren op het moment dat de onzekerheden zich voordoen. Vervolgens kunnen beide groepen van oplossingsmethoden gecombineerd worden met elkaar.

Bovendien kan geconcludeerd worden uit het interview met een transportplanner van H.Essers dat oplossingen ondersteund kunnen worden door opgedane ervaring in de praktijk. Oplossingsmethoden die reeds in het verleden werden toegepast op problemen zijn nog steeds relevant wanneer gelijkaardige problemen zich voordoen. Ook wordt benadrukt dat communicatie met de klant op voorhand van groot belang is, zodat er duidelijkheid is betreffende de wensen en het bestelgedrag van de klant voor wat betreft de te transporteren volumes. Dat wil zeggen dat alle relevante informatie die een klant de transporteur kan verschaffen moet worden opgenomen in voorspellingen die gemaakt kunnen worden voor wat betreft de vraag en de preferenties van de klant. Daarnaast is het aangewezen om te begrijpen welke gevolgen de problemen meedragen voor de rittenplanning. Een uitgebreide opsomming van oplossingsmethoden uit de literatuur en uit de praktijk wordt weergegeven in hoofdstukken 3 en 4, en tevens in hoofdstuk 5, waar beide hoofdstukken worden vergeleken met elkaar.

Op basis van hoofdstuk 3 en 4 kan besloten worden dat de beste manier van omgaan met onzekerheden in rittenplanningen, is door de specifieke oplossingsmethoden uit de literatuur te combineren met die uit de praktijk.

Tot slot kan er een kleine aanbeveling gedaan worden voor verder onderzoek. Zo kan er een simulatie van een voorbeeld dat de reistijd exact kan berekenen worden opgesteld. De voorbeelden die werden voorgesteld in deze masterproef zijn beperkt tot het weergeven van de gevolgen voor de ritten op een kwalitatieve manier. Het kan zeker interessant zijn om deze gevolgen te kwantificeren, door bijvoorbeeld te onderzoeken wat de invloed van onzekerheid is op de reistijd en vervolgens het aantal minuten dat de rit langer of korter duurt te berekenen.

Lijst van geraadpleegde werken

- Brandao, J. (2011). A tabu search algorithm for the heterogeneous fixed fleet vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*, 38(1), pp. 140-151
- Bräysy, O. & Gendreau, M. (2005). Vehicle Routing Problem with Time Windows, Part I: Route Construction and Local Search Algorithms. *Transportation Science*, 39(1), pp. 102-118
- Chen H.-K., Hsueh C.-F., & Chang M.-S. (2008). Production scheduling and vehicle routing with time windows for perishable food products. *Computers and Operations Research*, 36(1), pp. 2311 - 2319
- Chen, S., Golden, B, Wasil, E. (2007). The split delivery vehicle routing problem: applications, algorithms, test problems, and computational results. *Networks*, 49(4), pp. 318-329
- Chen, Z. and Xu, H. (2006). Dynamic column generation for dynamic vehicle routing with time windows. *Transportation Science*, 40(1), pp. 74-88.
- Clarke, G. & Wright, J. W. (1964). Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points. *Operations Research* 12(4), pp 519-643
- Clautiaux, F., Jouglet, A., Carlier, J., Moukrim, A. (2008). A new constraint programming approach for the orthogonal packing problem. *Computers and Operations Research*, 35(3), pp. 944-959
- Dantzig G. B. & Ramser J. H. (1959). The truck dispatching problem. *Management Science*, 6(1), pp. 80-91
- De Clercq, M. (2015). Economie toegelicht
- De Coster, G. (2019, april). Tonkilometers van goederenvervoer. Geraadpleegd van <https://www.milieurapport.be/sectoren/transport/sectorkenmerken/tonkilometers-van-goederenvervoer>
- Dinh, T., Fukasawa, R., Luedtke J. (2017). Exact algorithms for the chance-constrained vehicle routing problem. *Mathematical Programming*, 172, pp. 105-138
- Dror, M. & Trudeau, P. (1989). Savings by split delivery routing. *Transportation Science*, 23(2), pp. 141-145
- Gendreau, M., Laporte, G., Musaraganyi, C., Taillard, E.D. (1999). A tabu search heuristic for the heterogeneous fleet vehicle routing problem. *Computers & Operation Research*, 26, pp. 1153-1173
- Gérard G., Struyf E., Sys C., Van de Voorde E. & Vanelslender T. (2015). Congestiekost voor wegvervoer: ontwikkeling generiek model en toepassing voor Vlaanderen

- Golden, B., Assad, A., Levy, L., Gheysens, F. (1984). The fleet size and mix vehicle routing. *Computers & Operations Research*, 11(1), pp. 49-66
- Gulczynski D., Golden B. & Wasil E. (2011). The period vehicle routing problem: New heuristics and real-world variants. *Transportation Research Part E Logistics and Transportation Review*, 47(5), pp. 648-668
- Haghani, A. & Yang, S. (2007). Real-Time Emergency Response Fleet Deployment: Concepts, Systems, Simulation & Case Studies. *Dynamic fleet management*, pp. 133-162
- Hashimoto H., Ibaraki T., Imahori S. & Yagiura M. (2006). The vehicle routing problem with flexible time windows and traveling times. *Discrete Applied Mathematics*, 154 (16), pp. 2271-2290.
- Ho, W., Ho, T.S., Ji, P., Lau, C.W. (2008). A hybrid genetic algorithm for the multi-depot vehicle routing problem. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 21(4), pp. 548-557
- Hvattum, L. M., Løkketangen, A., & Laporte, G. (2006). Solving a dynamic and stochastic vehicle routing problem with a sample scenario hedging heuristic. *Transportation Science*, 40(4), pp. 421-438.
- Ichoua, S., Gendreau, M., & Potvin, J. Y. (2006). Exploiting knowledge about future demands for real-time vehicle dispatching. *Transportation Science*, 40(2), pp. 211-225.
- Jotshi, A., Gong, Q., & Batta, R. (2009). Dispatching and routing of emergency vehicles in disaster mitigation using data fusion. *Socio-economic planning sciences*, 43(1), pp. 1-24
- Kilby, P., Prosser, P., and Shaw, P. (1998). Dynamic VRPs: a study of scenarios. Technical Report APES-06-1998, University of Strathclyde, Glasgow, Scotland.
- Kolen, A.W.J., Rinnooy Kan, A.H.G., Trienekens, H.W.J.M. (1987). Vehicle routing with time windows. *Operations Research*, 35 (2), pp. 266-273
- Laine B., Hoornaert B., Daubresse C., Franckx L., Gusbin D. & Van Steenbergen A. (2019). Vooruitzichten van de transportvraag in België tegen 2040
- Larsen, A. (2000). The dynamic vehicle routing problem. Doctoral dissertation, Institute of Mathematical Modelling, Technical University of Denmark.
- Lehmann, E.L. & Casella, G. (1998). Unbiasedness. *Theory of Point Estimation*, pp. 83-146
- Leung, S.C.H., Zhang, Z., Zhang, D., Hua, X. & Lim, M.K. (2013). A meta-heuristic algorithm for heterogeneous fleet vehicle routing problems with two-dimensional loading constraints. *European Journal of Operational Research*, 225(2), pp. 199-220

- Leung, S.C.H., Zhou, X., Zhang, D., Zheng., J. (2011). Extended guided tabu search and a new packing algorithm for the two-dimensional loading vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*, 38(1), pp. 205-215.
- Li, X. (2015). *Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows: A Case Study on Pickup of Dietary Products in Nonprofit Organization*
- Lim, T. (2002). Rationality and Analysts' Forecast Bias. *The Journal of Finance* 56 (1).
- Lima, C.M.R.R., Goldberg, M.C, Goldberg, E.F.G. (2004). A memetic algorithm for the Heterogeneous fleet vehicle routing problem *Electronic Notes in Discrete Mathematic*. *Electronic Notes in Discrete Mathematics* 18(1), pp. 171-176.
- Mándziuk, J., Zychowski, A. (2016). A memetic approach to vehicle routing problem with dynamic requests. *Applied Soft Computing* 48, pp. 522–534
- Mayeres I. (2008). *Langetermijn vooruitzichten van transport in België: Referentiescenario en twee beleidsscenario's*
- Mirabi M., Fatemi Ghomi, S.M.T., Jolai, F. (2010). Efficient stochastic hybrid heuristics for the multi-depot vehicle routing problem. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 26(6), pp. 564-569.
- Mitrovic-Minic, S., Krishnamurti, R. & Laporte, G. (2004). Double-horizon based heuristics for the dynamic pickup and delivery problem with time windows. *Transportation Research Part B: Methodological*, 38(8), pp. 669-685.
- Moghaddam B. F., Ruiz R., Sadjadi, S. J. (2012). Vehicle routing problem with uncertain demands: An advanced particle swarm algorithm. *Computers & Industrial Engineering*, 62, pp. 306-317.
- Pillac, V., Gendreau, M., Guéret, C., Medaglia, A. (2013). A review of dynamic vehicle routing problems. *European Journal of Operational Research*, 225(1), pp. 17-41.
- Pillac, V., Guéret, C., Medaglia, A. (2011). *Dynamic Vehicle Routing Problems: State of the art and Prospects*.
- Powell, W.B., Jaillet, P. & Odoni, A. (1995). Chapter 3 Stochastic and dynamic networks and routing. *Handbooks in Operations Research and Management Science*, 8, pp. 141-295.
- Prins, C. (2009). Two memetic algorithms for heterogeneous fleet vehicle routing problems. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 22(6), pp. 916-928.
- Psaraftis, H. (1980). A dynamic-programming solution to the single vehicle many-to-many immediate request dial-a-ride problem. *Transportation Science*, 14(2), pp. 130–154.

Psaraftis, H. N. (1988). Dynamic vehicle routing problems. *Vehicle routing: Methods and studies*, 16, pp. 223-248.

Rochat, Y., Taillard, E.D. (1995). Probabilistic diversification and intensification in local search for vehicle routing *Journal of Heuristics*, 1(1), pp. 147-167.

Sabar, N. R., Bhaskar, A., Chung, E., Turkey, A. & Song, A. (2019). A self-adaptive evolutionary algorithm for dynamic vehicle routing problems with traffic congestion. *Swarm and evolutionary computation* 44, pp. 1018-1027.

Taillard, E. D., Gambardella, L. M., Gendreau, M., and Potvin, J.-Y. (2001). Adaptive memory programming: A unified view of metaheuristics. *European Journal of Operational Research*, 135(1), p. 1.

Tijdeman, R. (1967). Het handelsreizigersprobleem [The travelling salesman problem]: een literatuuronderzoek. Stichting Mathematisch Centrum. Statistische Afdeling. Stichting Mathematisch Centrum.

Toth, P. & Vigo, D. (2014). *Vehicle Routing Problems, Methods, and Applications*, Second Edition

van Berkum, E. C., Hagens, A., & Weijermars, W. (2008). De invloed van het weer op korte ritten in Nederland. *Tijdschrift vervoerswetenschap*, 44(1), pp. 24-28.

Van Dooren, P. (2018). Vervoerders Benelux verhogen tarieven in 2019 met 1 à 5 %. Geraadpleegd

Van Horenbeek J. (2016, 30 juli). 'Massa bestelwagens op Vlaamse wegen stoot bijzonder veel schadelijke stoffen uit'. *De Morgen*. Geraadpleegd van <https://www.demorgen.be/tech-wetenschap/massa-bestelwagens-op-vlaamse-wegen-stoot-bijzonder-veel-schadelijke-stoffen-uit~b21147a5/>

van <https://www.flows.be/nl/transport/vervoerders-benelux-verhogen-tarieven-2019->

Witlox F. & Notteboom T. (2003). Eerlijke concurrentie in het wegvervoer: realiteit of mythe?

Zhang, Y. & Khani, A. (2019). An algorithm for reliable shortest path problem with travel time correlations. *Transportation Research Part B: Methodological*, 121, pp. 92-113.

Bijlagen

Bijlage 1: tabel 1: aandeel sectoren in milieudruk (Vlaanderen, 2017)

Tabel 1: Aandeel sectoren in milieudruk (Vlaanderen, 2017)

categorie	parameter	jaar	huishoudens	industrie	energieproductie	landbouw	transport	handel & diensten	niet verder opsplitsbaar
brongebruik	energiegebruik	2017	15,2%	31,0%	25,5%	2,3%	17,8%	8,2%	
	waterverbruik incl. koelwater	2017	8,9%	31,1%	56,1%	2,5%		1,5%	
	waterverbruik excl. Koelwater	2017	34,1%	39,6%	11,6%	9,5%		5,2%	
	ruimtegebruik	2018	12,3%	3,1%	0,2%	45,3%	8,6%	4,2%	26,4%
afval	productie primair afval	2016	16,9%	63,8%	4,4%	0,9%		14,1%	
emissie lucht	naar antropogene broeikasgasuitstoot	2017	12,5%	28,3%	22,7%	9,8%	21,5%	5,2%	
	fijn stof PM2,5	2017	58,0%	16,1%	1,5%	5,6%	17,7%	1,1%	
	stikstofoxiden (NOx)	2017	5,3%	19,9%	9,5%	10,5%	52,4%	2,5%	
	niet-natuurlijke NMVOS	2017	23,2%	34,9%	6,3%	26,4%	6,9%	2,4%	
	ozonafbrekende stoffen	2017	9,5%	49,4%			8,9%	32,3%	
	ammoniak (NH3)	2017	1,6%	1,8%	0,1%	95,4%	1,2%	0,0%	
	zwaveldioxide (SO2)	2017	10,2%	51,0%	34,2%	3,0%	0,8%	0,8%	
	dioxines	2017	48,9%	43,4%	3,0%	2,0%	2,4%	0,4%	
PAK's	2017	71,3%	1,1%	0,1%	11,6%	12,3%	3,6%		

	arseen (As)	2017	3,3%	65,8%	20,3%	0,9%	0,6%	9,2%	
	cadmium (Cd)	2017	24,2%	55,5%	13,2%	1,2%	5,3%	0,6%	
	chrom (Cr)	2017	14,5%	42,5%	10,7%	1,8%	28,3%	2,2%	
	koper (Cu)	2017	20,7%	10,2%	0,9%	2,0%	65,9%	0,4%	
	kwik (Hg)	2017	6,7%	68,2%	20,7%	1,5%	0,5%	2,4%	
	nikkel (Ni)	2017	2,9%	56,2%	24,1%	5,7%	8,8%	2,4%	
	lood (Pb)	2017	2,1%	87,2%	1,4%	0,7%	8,4%	0,2%	
	zink (Zn)	2017	19,1%	40,6%	3,6%	1,9%	34,6%	0,3%	
netto-emissie naar water	nutriënt stikstof (N)	2018	20,0%	3,3%	0,3%	60,0%		0,7%	15,8%
	nutriënt fosfor (P)	2018	52,7%	8,7%	0,5%	36,1%		2,0%	
	druk op waterleven door gewasbescherming	2015				98,9%			1,2%
andere	niet-natuurlijke blootstelling ioniserende straling	2015			0,0%				100,0%
	geluidshinder	2018	20,5%	17,8%		7,0%	39,3%	15,5%	
	geurhinder	2018	35,0%	23,5%		14,3%	24,6%	2,5%	
	lichthinder	2018	14,0%	10,0%		4,8%	47,2%	24,0%	

Tabel 1: Aandeel sectoren in milieudruk (Vlaanderen, 2017)²²

²² Herdrukt van "Aandeel van transport in milieudruk" door MIRA (2017). Geraadpleegd van <https://www.milieurapport.be/sectoren/transport>

Bijlage 2: interview Maarten Neyens – H.Essers

In het kader van het onderzoek met masterproefonderwerp “Determinanten van onzekerheid in rittenplanningen op korte termijn”, worden hieronder een aantal situaties weergegeven die voorbeelden zijn uit de praktijk. Het doel van deze vragenlijst is om enerzijds te onderzoeken welk effect bepaalde oorzaken van onzekerheid hebben op factoren waarmee een rittenplanner rekening moet houden bij het plannen van transportritten over de weg, en anderzijds om te achterhalen wat een transportplanner kan doen in geval van onzekerheid en hoe hij deze kan opnemen in de rittenplanning. Volgende deelvragen kunnen aan bod komen bij de verschillende situaties:

- **Vraag 1: Wat is het effect van onzekerheid in volgende situaties met betrekking tot...?**
 - o **De reistijd**
 - o **De soorten voertuigen die worden ingezet**
 - o **Het aantal voertuigen dat wordt ingezet en de capaciteit van de voertuigen**
 - o **De andere klanten in de rit**
 - o **Tijdsvensters**
- **Vraag 2: Wat kan een transportplanner in geval van onzekerheid doen om de problemen op te lossen op het moment dat deze situaties zich voordoen?**
- **Vraag 3: Wat kan een transportplanner doen om te anticiperen op deze onzekerheden?**

1. Volgende vragen gaan over onzekerheid met betrekking tot dynamische klantaanvragen en -wensen.

a. Nieuwe klantaanvragen met betrekking tot goederen die vervoerd moeten worden.

Maarten: “Als er nieuwe klantaanvragen binnenkomen, heeft dit natuurlijk een invloed op de voertuigen die je moet inzetten en de capaciteit die je beschikbaar hebt. Wat is natuurlijk voor transport heel belangrijk? Het moment dat je met te veel capaciteit rijdt, ben je bijna onmiddellijk verlieslatend. De oorzaak hiervan is dat de marges vrij klein zijn in de sector. Als je je kosten niet onder controle houdt, word je er zeker niet rijk van. Dat is een hele belangrijke afweging die je dagelijks moet maken. Er wordt gekeken naar het aantal ritten dat gemaakt wordt en hoeveel wagens daar tegenover gezet worden. Maar in de praktijk komt het erop neer dat je met net iets te weinig capaciteit rijdt. Je creëert schaarste. Dat is nodig omdat transportkosten hoog zijn en daarbij ook snel hoog kunnen oplopen. En daar moet je mee opletten. In eerste instantie is het belangrijk te zoeken naar een oplossing die het meest rendabel is. We gaan kijken of er die dag chauffeurs onderweg zijn die nog plaats hebben in hun voertuig om de extra klant te bedienen. Niet elke wagen zit altijd volledig vol. Dus het kan zeker voorkomen dat er wagens zijn die nog plaats hebben. Zo gaan we kijken wie van onze eigen chauffeurs er aan het rijden is en waar er nog plaats beschikbaar is. Een tweede optie is om collega’s van andere vestigingen van H.Essers te contacteren om te vragen of zij nog plaats hebben en de extra klantaanvraag kunnen uitvoeren.

Als er bijvoorbeeld nieuwe klantenaanvragen binnenkomen in een organisatie, moet je op voorhand al weten over hoeveel volume dit ongeveer zal gaan. Stel als dit bijvoorbeeld vrij weinig is, dan kan H.Essers de beslissing nemen om deze erbij te nemen, omdat we hiervoor geen extra capaciteit nodig hebben. Dit kan in het begin een uitdaging zijn voor de operationele planners, want dan moet je rekening houden met extra volume dat in het systeem komt, zonder dat hiervoor een extra wagen tegenover staat. Er is ergens het kantelpunt. Het ligt enerzijds aan het volume waarover het gaat en anderzijds aan de soort klant waarmee je te maken krijgt. Zo spreken we hier bij H.Essers van A-, B- of C-klanten. Daarbij komt dan ook nog eens de strategie die eigen is aan de transportorganisatie. De strategie van H.Essers is dat we chemische goederen willen vervoeren binnen Europa in eigen thermowagens. Als er een A-klant is – dus een klant die binnen die strategie past – gaat H.Essers ook meer maatregelen nemen om deze binnen te halen en is de kans ook groter dat hiervoor meer capaciteit tegenover gezet wordt. Hiertegenover staat een C-klant. Een C-klant is nog steeds een belangrijke klant voor H.Essers, maar zal minder goed binnen de hoofdstrategie passen. Een C-klant heeft meestal ook minder volume in vergelijking met een A-klant. Hierdoor is het moeilijker voor ons om ons in die mate aan te passen aan het volume en zullen we vaak minder investeringen doen en de ritten plannen en rijden met de wagens die we ter beschikking hebben. Wat er gedaan wordt met nieuwe klantenaanvragen – van ieder niveau - wordt allemaal heel goed voorbereid vanuit de organisatie zelf. Deze nieuwe klanten hebben dus absoluut een invloed op het aantal voertuigen dat wordt ingezet.”

b. Stel nu dat de rittenplanning is opgemaakt voor de komende dag, maar er is een nieuwe klantaanvraag die vandaag binnenkomt. Hoe wordt hiermee omgegaan binnen H.Essers?

Maarten: “H.Essers is vrij flexibel om deze klantaanvraag toch te kunnen uitvoeren. Omdat het een grote organisatie is, hebben ze redelijk wat tools voorhanden om nog een late aanvraag uit te voeren. Een klein transportbedrijf dat tien voertuigen beschikbaar heeft en voor de volgende dag ook tien aanvragen heeft, is een voorbeeld van een transportbedrijf waarbij deze extra klantaanvraag een probleem kan zijn. In principe zit de rittenplanning volledig vol. Dit bedrijf zal het moeilijker hebben om flexibel op te treden en toch te voldoen aan de extra klantaanvraag. H.Essers is veel groter en kan beter inspelen op deze zaken. Zo beschikken we over een express-afdeling. Deze diensten zitten over heel België. Dit maakt het H.Essers makkelijker om flexibeler in te spelen op deze extra klantaanvragen en een oplossing te vinden. Voor een stuk wordt deze verantwoordelijkheid gegeven aan de transportplanner. Hij weet welke wagens er beschikbaar zijn en welke klanten hij moet bedienen met welke voertuigen en chauffeurs. Hij zal daarbij nagaan wat er nog mogelijk is de dag van het transport. Op dat moment zelf wordt beslist of het nog uitgevoerd kan worden of dat H.Essers tegen de klant moet zeggen dat het transport pas de volgende dag kan worden uitgevoerd. Er is echter wel een verschil tussen een bestaande klant die één extra wagen wenst te vervoeren en een nieuwe klant die een aanzienlijke omzet met zich meebrengt voor H.Essers. In het laatste geval zal H.Essers processmanagers inschakelen die alles voorbereiden voor de nieuwe klant. Er wordt met de klant rond de tafel gezeten en er wordt zoveel mogelijk informatie uitgewisseld. Deze informatie betreft de plaats van de lading, welk materiaal hiervoor nodig is, wat de openingsuren zijn van de klant, over welke soort goederen het gaat enzovoort. Daarnaast worden er afspraken gemaakt over hoe de orders worden aangemaakt. Zal dit automatisch gaan via EDI (electronic data interchange) of wordt dit handmatig ingegeven? Een klant zal zijn

transportorders invoeren in Excel, kunnen deze uploaden en worden automatisch omgezet in een TMS order in het systeem van H.Essers. Deze informatie wordt dus onderling gedeeld tussen de klant en H.Essers. Dan kan er onderling een akkoord opgezet worden en er een timing op gezet worden. Met betrekking tot nieuwe en grote klanten is het belangrijk dat deze zaken op voorhand geweten zijn, zodat er duidelijke afspraken gemaakt worden en alles goed voorbereid kan worden. Vooral nieuwe en grote klanten hebben hierbij een invloed op de organisatie, aangezien dit door vele partijen moet geregeld worden.”

c. De volumes die de klant bepaalt wanneer hij het transport aanvraagt komen niet overeen met de werkelijk te transporteren volumes.

Maarten: “Dit kan soms wel voor problemen zorgen. Stel dat een klant zegt dat H.Essers maandag 6 paletten moet komen laden. Dan nemen de transportplanners dit zo op in de planning. Maar die maandag blijkt dat er 15 paletten klaarstaan. Indien de chauffeur met een lege vrachtwagen aankomt bij de klant, dan is er geen probleem en passen de paletten op de wagen. Dan is er enkel een gevolg voor de volgende klanten die nog bediend moeten worden. Hierdoor moeten er wijzigingen aangebracht worden in de planning.

Het kan ook zijn dat de chauffeur reeds bij een klant is geweest en goederen heeft geladen. Dan is er wel te weinig plaats in de wagen voor de volgende klant en moet je wel tegen die klant zeggen dat de afgesproken hoeveelheid wel past – want dat was eerder zo gepland – maar dat de overige paletten niet meer mee kunnen. Gelukkig gebeurt dit niet te veel in de praktijk, zeker niet in grote marges. Het komt vaker voor dat een klant 6 paletten besteld, en dat dit dan 5 of 7 paletten blijken. Deze marges zijn veel kleiner. Echter, als een klant 10 paletten bestelt en de chauffeur komt toe bij het bedrijf en het blijken 30 paletten te zijn, dit komt zeer zelden voor. Dit komt omdat een klant meestal ook precies weet welke hoeveelheden hij wenst te verzenden. Ze krijgen een prijs om een bepaalde hoeveelheid te verzenden. Dan weten ze natuurlijk ook dat het extra zal kosten om meer te verzenden. Deze nieuwe prijzen moeten dan berekend worden. Hierdoor blijft de klant meestal standvastig bij zijn vraag naar transport.

Indien de planning dus in de war raakt door een wijziging in de volumes nadat de planning reeds gemaakt is, zullen de transportplanner en de chauffeur in overleg toch proberen om de klant te bedienen. Dit wil zeggen dat ze oplossingen zullen zoeken voor de klanten die nadien bezocht moeten worden. Het valt wel eens voor dat H.Essers tegen een klant moet zeggen dat we hem echt niet kunnen bedienen. In de praktijk wordt de klant toch bediend en worden er oplossingen gezocht voor de rest van de klanten op de route. Een oplossing kan zijn dat H.Essers een extra vrachtwagen zal inzetten om de klant in kwestie of de klanten die volgen te bedienen.

H.Essers is een groot bedrijf dat de middelen ter beschikking heeft. Dit zorgt ervoor dat we korter op de bal kunnen spelen en zo onze klanten toch kunnen bedienen, ook al doen er zich onzekerheden voor. Deze oplossingen worden standaard doorgevoerd. Wat wel belangrijk is, is dat de klant te allen tijden moet geïnformeerd worden over de prijs die kan wijzigen indien hij een volumewijziging doorvoert.”

d. De klant wenst het levertijdstip te wijzigen dat hij tijdens de bestelling van het transport heeft aangegeven.

Maarten: "Indien de klant de wijziging doorvoert voordat de planning er is, is H.Essers zeer flexibel. Dit verzoek zal nog aangepast kunnen worden in de planning. Het is de bedoeling dat klanten voor een bepaald tijdstip – vaak is dit voor acht uur 's avonds – de gewenste levertijd doorgeven. Hierbij moet H.Essers rekening houden bij de openingsuren van het bedrijf. Maar indien de klant een wijziging doorvoert nadat de planning is opgemaakt, zal dit een grote invloed hebben op de rit die de chauffeur moet rijden. De wagen is vertrokken, de goederen in die wagen zijn op een bepaalde manier geladen zodat de klant die eerst op de planning staat, ook als eerste zijn goederen uit de wagen kan lossen. Deze goederen zitten logischerwijs dan ook vooraan. Indien de klant vraagt om vroeger te komen lossen, zal H.Essers communiceren dat er goederen van andere klanten voor deze van de klant in kwestie zitten. Dan stelt H.Essers de vraag of we eventueel ook langs de zijkant kunnen komen lossen bij de klant met het verzoek. Indien deze klant hierop voorzien is en het juiste materiaal voorhanden heeft, kan dit. Op deze manier probeert H.Essers toch steeds flexibel te zijn en passende oplossingen voor te stellen. Daarnaast moet er ook rekening gehouden worden met de plaats waarop deze klant zich bevindt in de route. Stel dat een rit wordt gereden vanuit Zonhoven naar Houthalen en eindigt in Lummen en de klant met het verzoek om eerst bij hem te komen lossen is gevestigd in Houthalen. Dan zal de chauffeur eerst naar Houthalen moeten rijden, daarna terug naar Zonhoven en opnieuw over Houthalen naar Lummen. Dit betekent vaak dat er een extra kost zal verbonden zijn aan de rit die de klant in kwestie moet betalen. Indien de klant akkoord gaat met deze prijswijziging wordt de aangepaste rit uitgevoerd. Indien hij niet akkoord gaat, zal de rit gereden worden zoals deze initieel werd gepland."

e. De klant wenst de plaats van de levering te wijzigen nadat de bestelling reeds geplaatst werd.

Maarten: "Het gebeurt zeer zelden dat de klant de plaats van levering wijzigt. Maar opnieuw heeft dit een grote invloed op de planning als dit toch gebeurt. Het is gelijkaardig aan een wijziging van het levertijdstip. Als de plaats gewijzigd wordt wanneer de planning nog in proces is, zal dit nog aangepast kunnen worden. Indien het de dag zelf gevraagd wordt, moet er eerst gekeken worden of dit praktisch mogelijk is. Dit is afhankelijk van waar deze nieuwe plaats van levering zich bevindt binnen de route. Opnieuw staat hier een andere kostprijs tegenover. Indien dit een straat verder is, dan wordt het transport gewoon uitgevoerd. Het is een afweging die gemaakt moet worden op een dagelijkse basis."

f. De klant valt weg uit de rit of er komt een andere klant bij.

Maarten: "In dit geval wordt er teruggevallen op het grote volume dat H.Essers bezit. Indien je al bezig bent met het laden van een wagen en de klant zegt dat ze de levering niet vandaag willen ontvangen, maar de dag erna, dan is dit geen probleem en wordt de klant ingepland in de volgende rittenplanning.

Een kleine transporteur zal hierbij wel problemen ondervinden. Aangezien hij niet over grote volumes beschikt, zal dit een invloed hebben op de vulgraad van de wagens. Voor ieder transportbedrijf geldt dat leegrijden geld kost en dus een invloed heeft op de rendabiliteit van een bedrijf. H.Essers kan dit

opvangen doordat we grote volumes kunnen inzetten. De impact van een klant die wegvalt is dan minder voelbaar.

Anticiperen op zulke onzekerheden is moeilijk. Er wordt eerder in het moment zelf gereageerd op de situaties die zich voordoen. Bij de start van de planning is het moeilijk om al rekening te gaan houden met eventuele wijzigingen die doorgegeven kunnen worden. Het is beter om te starten met een planning zoals de orders binnenkomen en dan tijdens het opmaken van de planning de wijzigingen doorvoeren die binnenkomen. Stel dat een planner een rit rond Kortrijk plant, dan gaat hij geen rekening houden met eventuele wijzigingen die zich kunnen voordoen door plaats vrij te houden op deze wagen. Bij H.Essers "wachten" we eerder de wijzigingen af en dealen we ermee op het moment dat deze zich voordoen. Je moet ervan uitgaan dat de orders die je hebt en de wagens die er tegenover staan, dat deze op een zo correct mogelijke manier worden gepland. Eventuele wijzigingen worden op dat moment wel opgelost.

Een goede transportplanner zal zulke zaken wel zo goed mogelijk proberen te vermijden door op voorhand goede afspraken te maken met de klanten. Als het voorkomt dat een specifieke klant elke dag wijzigingen zou doorgeven, is moeilijk om iedere dag een rendabele planning te maken. In dat geval zal de transportplanner die verantwoordelijk is voor de klant zo snel mogelijk de klant uitnodigen voor een gesprek om afspraken te maken. Er wordt gekeken hoe er oplossingen kunnen doorgevoerd worden als deze wijzigingen dagelijks voorkomen, want dat is een teken dat de planning niet optimaal is voor de klant. De afspraken die gemaakt worden met de klant op voorhand kunnen gezien worden als anticiperen op wijzigingen en dergelijke onzekere factoren in een rittenplanning.

Als H.Essers net opgestart is met een klant, zal de transportplanner snel zien waaraan er meer aandacht besteed of bijgeschaafd moet worden op vlak van afspraken. Het is een leerproces voor de transportplanner. Hierin willen we bij H.Essers ook sterk zijn, de zogenaamde *customer intimacy*. Elke grote klant bij H.Essers heeft een single point of contact, wat wil zeggen dat de communicatie van één bepaalde klant via één persoon gaat. Op deze manier blijft de klant vertrouwd met de mensen die voor hen diensten uitvoeren en wordt een band gecreëerd met de klant waardoor er een wederzijds vertrouwen wordt opgebouwd. Dit zorgt er op zijn beurt weer voor dat H.Essers ook veel gedaan krijgt van haar klanten, wat dan weer de processen verbetert. H.Essers probeert zich op deze manier ook te onderscheiden van andere transportorganisaties. Er bestaan genoeg transporteurs die zich bezighouden met transportactiviteiten die zeer gestandaardiseerd zijn. Dit houdt in dat deze transporteurs niet snel geneigd zijn om tot verre lengtes te gaan voor hun klanten, maar zullen ze de klanten eerder doorverwijzen naar een transportorganisatie die wel bepaalde specifieke wensen van de klant kan voldoen.

Stel dat een klant H.Essers contacteert om een zeer grote bouwconstructie te vervoeren. H.Essers heeft hiervoor de middelen niet, maar zal er toch alles aan doen om deze klant verder te helpen door hem door te verwijzen naar een andere transporteur die dit wel kan. Dit is de strategie die H.Essers over de jaren heen heeft uitgebouwd. Het is belangrijk om de contacten met de klanten op te bouwen. In de toekomst kan dit nog leiden tot een samenwerking.

Dit is een duidelijk voorbeeld van de vele standaard transportbedrijven die klanten niet overal bij kunnen helpen ten opzichte van H.Essers die toch probeert de klant verder te helpen.”

2. Onzekerheid betreffende de reistijd waarbij de oorzaken een invloed hebben op de reistijd.

a. Congestie door normaal verkeer

Maarten: “Congestie doorheen de dag door normaal verkeer zijn structurele files. Hiermee kun je rekening houden door op tijd te vertrekken. Het is moeilijk te voorspellen wanneer de chauffeur exact moet vertrekken. Handige tools die hierbij kunnen helpen zijn routeplanners die een inschatting kunnen maken hoelang het duurt om van het ene punt naar het andere punt te geraken. Als een klant bijvoorbeeld vanuit Genk vertrekt zodat hij om 8u in de haven van Antwerpen arriveert, dan zal de transportplanner een half uur tot een uur extra reistijd in moeten plannen voor de chauffeur vanwege de structurele files. Dit betekent dat de chauffeur langer moet rijden waardoor hij minder klanten per dag kan bezoeken. Dit kost meer geld, omdat de chauffeur langer onderweg is en dus langer werkt. Ook moet hierbij rekening gehouden worden met de wettelijke rij- en rusttijden die niet overschreden mogen worden. Dit zijn zaken waarmee een transportplanner rekening moet houden in het opmaken van de planning.”

b. Verkeersongevallen die congestie veroorzaken

Maarten: “Hier kan weinig aan gedaan worden, terwijl ze redelijk wat problemen veroorzaken, omdat klanten en zendingen opschuiven in de planning. Ook kost dit geld aan H.Essers. De chauffeur moet twee keer rijden, wat de kosten verdubbelt, terwijl hier tegenover slechts éénmalig de opbrengst staat. De goederen moeten namelijk terugkomen en de volgende dag opnieuw verzonden worden. Stel dat de klant tot 16.00u open is zodat daar geleverd kan worden, maar dat deze om 15.45u al gesloten is. Dan kan H.Essers de klant vragen om de levering opnieuw te betalen, want dan lag het aan de klant zelf die niet beschikbaar was.

Als er onderweg een ongeval gebeurt, dan kan de chauffeur er niets aan doen. Dit kost veel geld voor het transportbedrijf, maar helaas kan er niets aan gedaan worden. Dit zijn dingen waarmee een transportplanner geen rekening kan houden bij het opmaken van de planning. Hij gaat ervan uit dat wat er vandaag gepland wordt, de volgende dag ook uitgevoerd kan worden.”

c. Weersomstandigheden die congestie en/of verkeersongevallen veroorzaken

Maarten: “Het antwoord op deze vraag is eigenlijk hetzelfde als het antwoord op vraag b.”

d. Aanwezigheid van bestaande slechte infrastructuur of het gebrek aan goede infrastructuur

Maarten: “De bereikbaarheid van de klant kan soms ook voor problemen zorgen en de chauffeur belemmeren om tijdig te lossen. Stel dat er een gebrek is aan goede infrastructuur bij de klant, dan

duurt het langer om daar te leveren. Ook de veiligheid van de chauffeur kan hierbij in het gedrang komen. Dit kan bijvoorbeeld liggen aan gedateerd materiaal dat wordt gebruikt bij de klant.

Indien het wegdek in slechte staat is, kan hier weinig aan gedaan worden, het transport wordt evenzeer uitgevoerd. Dit kan gelijkgesteld worden aan de situatie bij een verkeersongeval.”

3. Onzekerheid betreffende het uitvallen van een voertuig/chauffeur (de oorzaken hebben een invloed op de reistijd)

a. Een voertuig dat operationeel is, is defect

Maarten: “Ook dit heeft een invloed op de gehele planning. Bij H.Essers is de hele organisatie uitgetekend. Een chauffeur heeft een boordcomputer waarop hij op een knop kan drukken die de panne meldt aan de controletoren binnen H.Essers. Daar gaan ze meteen de chauffeur contacteren om te vragen wat er precies aan de hand is en wat de omvang van de schade of panne is. Ze gaan dan een oplossing zoeken. Indien er sprake is van een kleine panne, zal de chauffeur deze zelf kunnen oplossen of eventueel naar een dichtbijzijnde garage rijden om daar de wagen te herstellen. Daarna zal de chauffeur de rit verder kunnen afwerken, mits vertraging. De klanten worden altijd op de hoogte gebracht van de vertraging.

Indien er echter sprake is van een groot probleem, zal de chauffeur de rit niet kunnen afwerken. De wagen zal getakeld worden of er zal een depannageteam ter plaatse moeten komen. Bovenstaande oplossingen zijn oplossingen voor het probleem van de panne.

Daarnaast moeten er oplossingen voor handen zijn voor de klanten die moeten wachten of niet bezocht kunnen worden. Als transportplanner moet je de klanten informeren dat ze die dag niet bezocht zullen worden. Dit betekent dat de chauffeur de dag nadien opnieuw moet uitrijden, wat de kosten verdubbelt, maar waar er dus maar éénmalig een opbrengst tegenover staat. Een panne kan vermeden worden door met modern materiaal te rijden en te werken, dus up-to-date te blijven. Ook onderhoud is zeer belangrijk. Voorbeelden hiervan zijn dat om de 4 jaar nieuwe trekkers worden geïntroduceerd via leasing. H.Essers heeft een eigen werkplaats en er worden onderhoudsplannen aangehouden. Ook worden de chauffeurs ieder jaar opnieuw opgeleid over hoe ze op een juiste en veilige manier rijden, het verbruik onder controle kunnen houden en zelf kleine zaken kunnen oplossen of herstellen. Deze opleidingen zijn zeer belangrijk en verhelpen veel problemen.”

b. Een chauffeur is ziek en kan niet verder werken of komt niet opdagen op het afgesproken tijdstip

Maarten: “In dit geval moet de planner inschatten welke rit de chauffeur heeft en kijken of er eventueel een andere chauffeur deze rit kan overnemen. Dan moet de chauffeur zijn eigen rit laten liggen, zodat hij de rit van de zieke chauffeur kan opvangen. Deze beslissing wordt genomen op basis van de dringendheid van de goederen. Indien er niet meteen een andere chauffeur ter beschikking is, zal de transportplanner de klanten in kwestie op de hoogte moeten stellen en proberen te overtuigen of de goederen later op de dag nog geleverd mogen worden of de dag nadien.

Als een chauffeur zich ziek meldt, hebben we bij H.Essers niet zomaar een andere chauffeur ter beschikking om de rit op te vangen. Het komt wel eens voor dat er een chauffeur op overschot is, omdat op dat moment alle trekkers in gebruik zijn. In dit geval kan de chauffeur in kwestie wel als stand-by opgeroepen worden. Maar indien iedere beschikbare chauffeur aan het rijden is of als iemand verlof heeft, zijn er niet meteen stand-by's ter beschikking en zal de klant moeten wachten."

4. Onzekerheid betreffende de transporteren goederen waarbij de oorzaken een invloed hebben op de tijdsvensters waarin klanten moeten bezocht worden, de reistijd en het soort voertuig

a. Goederen die bederfelijk zijn, goederen die gevaarlijk/schadelijk zijn

Maarten: "Als transportorganisatie moet je klaar zijn om zulke goederen te kunnen transporteren. Je moet over het juiste materiaal beschikken, een chauffeur hebben die met deze soort goederen mag rijden en gespecialiseerd zijn in het transporteren van zulke goederen. Alles wordt erop voorzien binnen H.Essers om ADR (dus gevaarlijke goederen) te stockeren en te transporteren. De opleggers, trekkers en chauffeurs worden erop voorzien om zulke goederen te transporteren. Binnen H.Essers wordt er een onderscheid gemaakt tussen gevaarlijke goederen en niet-gevaarlijke goederen. Deze soorten goederen dienen apart gehouden te worden en kunnen dus niet samen vervoerd worden.

Een voorbeeld van een gevaarlijk goed is verf die op kamertemperatuur moet getransporteerd worden. In principe maken tijdsvensters niets uit. Of de verf nu 's ochtends of 's avonds getransporteerd wordt, is niet van belang. Het belangrijkste is dat de temperatuur in de thermowagen stabiel blijft. Het is belangrijk om op voorhand alles goed voorbereid te hebben. Je materiaal moet in orde zijn en het is hierbij belangrijk om op voorhand zoveel mogelijk onzekerheden weg te werken. Stel dat er een panne is onderweg en de frigo is uitgevallen. Indien dit niet op korte termijn te herstellen is, zullen de goederen niet meer leverbaar zijn aan de klant. Dan vallen beide partijen terug op de verzekering."

Zijn er nog zaken die H.Essers kan doen om op voorhand in te spelen op onzekere factoren?

Maarten: "Bij opstart van iedere klant vragen we hun volume op van het afgelopen jaar, of toch zeker de afgelopen drie maanden. Op deze manier kunnen we zelf uitrekenen hoeveel zij per dag ongeveer verzenden en weten we welke capaciteit wij nodig zullen hebben om aan hun vraag te kunnen voldoen. Ook zullen we bij de opstart een aantal wagens vrijhouden per klant, zodat we zeker geen risico lopen om niet genoeg capaciteit beschikbaar te hebben. Na een aantal maanden leren we de klant beter kennen alsook de volumes die hij dagelijks bestelt. Op basis van deze ervaringen kunnen we beter inschatten hoe deze volumes zullen evolueren naar de toekomst toe. Dit is voor een stuk 'al doende leert men'. Bij bestaande klanten weten we heel goed wat het volume is. Indien er dan toch meer volume is, is het heel belangrijk dat er goed gecommuniceerd wordt.

Bijkomende vraag over pick-up and delivery: hoe wordt dit geregeld? Kan dit op voorhand reeds gepland worden?

Maarten: "De pick-ups kunnen op voorhand al gepland worden, maar in beperkte mate. De transportplanner zou hiervoor alle informatie ter beschikking moeten hebben in verband met waar de

chauffeur morgen moet leveren en waar de chauffeurs hun rit opstarten en wat de openingsuren van de klanten zijn. Daaraan moeten de afhalingen gekoppeld worden. Helaas ga je door congestie niet precies weten op welk moment van de dag de wagen van de chauffeur leeg gaat zijn. Je kan het aantal pickups niet inplannen omdat je chauffeur misschien nog niet leeg is. Dit is dus veel moeilijker om te voorspellen. Als een chauffeur een pick-up kan doen om 12.00u bij een klant, maar de chauffeur is pas om 12.30u daar, dan loopt hij de pick-up mis. Dus dit kan een transportplanner beter laten liggen tot de dag zelf.

Het is wel van groot belang dat een wagen die 's ochtends vol vertrekt, 's avonds ook vol terugkeert. Op deze manier verdient een transporteur geld. Leeg rijden is nooit goed! H.Essers heeft zelf veel ladingen binnen de Benelux. Het planningssysteem gaat deliveries en pick ups samen plannen in de rit. Daarbij is de menselijke hand is nog steeds nodig! Indien een chauffeur vertraging oploopt ergens, moet hij dit melden aan de transportplanner. Door goede communicatie kan dit beter opgevolgd worden en kan de transportplanner de chauffeur beter sturen."

Conclusie

Maarten: "Ik denk dat quasi ieder transportbedrijf op dezelfde manier omgaat met congestie en panne. Er is echter een verschil in aanpak bij klantgerelateerde vragen die onzekerheid met zich meebrengen. Hierbij probeert een transportbedrijf zijn eigen strategie door te voeren.

Daarnaast speelt automatisatie van planningssystemen tegenwoordig ook een grote rol bij het oplossen van problemen op voorhand. Bij H.Essers maken we gebruik van een planningstool waarin alle informatie over orders gezet kan worden die de klanten per dag doorgeven. De tool ontwerpt dan zelf de optimale rit. Hierdoor zitten er minder *errors* in dan wanneer een persoon dit handmatig zou doen. Ook plant dit planningssysteem voor H.Essers '*delivery and pick ups*' op één rit. Toch blijft de menselijke hand belangrijk. Indien er klantaanvragen binnenkomen die veranderen nadat de planning gemaakt is, zal de transportplanner dit zelf moeten aanpassen, aangezien de computer dit niet zelf kan. Transportplannen komt met ervaring op te doen 'on the job' en door met de planning bezig te zijn."

