



Route optimalisatie

Britt Kirsten Bekkenutte

14 december 2016

Informatie pagina

Stagiair

Naam	Britt Kirsten Bekkenutte
Adres	Sonmansstraat 128 B2
Postcode	3039 DP
Stad	Rotterdam
Telefoon nr.	+31 612707175
E-mail	brittkb@gmail.com

Bedrijf

Naam	CGI Nederland
Adres	George Hintzenweg 89
Postcode	3068 AX
Stad	Rotterdam
Proces begeleider	Marieke de Bie
E-mail	marieke.de.bie@cgi.com
Dagelijks begeleider	Elmy van Tok
E-mail	elmy.van.tok@cgi.com

Opdrachtgever

Naam	DHL Express
Adres	Anchoragelaan 32
Postcode	3036 AX
Stad	Schiphol
Begeleider	Karsten Peereboom

School

Naam	De Haagse Hogeschool
Adres	Rotterdamseweg 137
Postcode	2628 AL
Stad	Delft
Begeleider	Sanjay Ramawadh
Stage coördinator	Edwin van Noort



Samenvatting

Dit afstudeerproject betreft een onderzoek voor DHL Express welke is uitgevoerd namens CGI. DHL Express is een koeriersdienst waarbij route optimalisatie een grote rol speelt. Er wordt getracht om zo veel mogelijk adressen te kunnen bezoeken in de tijdspanne van één route. Hierbij speelt de tijd die het kost om een pakket te bezorgen dan wel op te halen samen met de volgorde waarin de adressen worden bezocht een grote rol. De hoofdvraag die tijdens dit onderzoek onderzocht wordt luidt:

”Hoe kan je door gebruik van historische data van daadwerkelijk gereden routes een verbetering vinden in het optimalisatie algoritme van DHL waarbij een route in een minstens 5% kortere tijd gereden kan worden?”

Het voertuig routeringsprobleem is de theorie die oplossingen voor route optimalisatie beschrijft. Hierbij wordt wel duidelijk dat het daadwerkelijk optimaliseren van de route niet haalbaar is, maar gebruik gemaakt dient te worden van een algoritme welke een benadering van de oplossing zoekt. Variaties op het voertuig routeringsprobleem welke toepasbaar zijn voor DHL zijn:

- VRPPD (voertuig routeringsprobleem met pick-up en levering)
- VRPTW (voertuig routeringsprobleem met tijdsvensters)
- VRPMT (voertuig routeringsprobleem met meerdere trips)
- OVRP (open voertuig routeringsprobleem)
- DVRP (dynamisch voertuig routeringsprobleem)

Dit onderzoek is uitgevoerd op basis van historische routes. Door de data uit verschillende systemen te combineren zijn werkelijk gereden routes samengesteld. In deze routes zijn ook stops te zien waar geen pakket wordt afgeleverd. Door deze ”werkelijke” routes te optimaliseren en hierbij de geconstateerde wachttijd te gebruiken kan een vergelijking worden gemaakt tussen deze werkelijke routes en de geoptimaliseerde routes.

Voor het creëren van deze werkelijke routes is een koppeling gemaakt tussen het Operational Performance Management System (OPMS) en het Fleet Management System (FMS). Waarbij OPMS afkomstig is van DHL zelf en FMS van een extern bedrijf.

Onderzocht wordt hoe de reistijd in te korten is. Dit kan gedaan worden door de tijd die het kost om een pakket te bezorgen dan wel op te halen

(wachttijd) in te korten of door de volgorde van de route aan te passen.

Om de wachttijd in te kunnen korten dient meer inzicht verkregen te worden in deze wachttijd. Er zou dan gekozen kunnen worden om met dynamische wachttijden te werken in plaats van de wachttijd van drie minuten waar nu vanuit wordt gegaan. Uit de data blijkt dat er veel adressen zijn waarbij de gemiddelde wachttijd veel afwijkt van deze drie minuten. Deze afwijking kan negatief zijn, zodat er een gemiddelde wachttijd van bijvoorbeeld één minuut geldt, of positief, zodat er een wachttijd van bijvoorbeeld vijftig minuten geldt.

Door rekening te houden met dynamische wachttijden zou het mogelijk zijn om de tijd die het kost om een route te voltooien realistischer ingeschat worden. Op basis hiervan kan worden besloten om minder of zelfs meer adressen te bezoeken tijdens deze route.

Bij de optimalisatie tool die momenteel gebruikt wordt door DHL Express wordt door middel van algoritmen de volgorde van de adressen aangepast om de reistijd zo kort mogelijk te maken. Door de vergelijking te maken tussen de werkelijk gereden routes en de routes die op basis daarvan worden voorgesteld door de optimalisatie tool kan worden onderzocht of en waar er verbetering mogelijk is in de optimalisatie.

Op basis van dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat de optimalisatie tool de route optimalisatie op basis van de reistijd goed uitvoert. De koeriers die niet rijden volgens deze tool hebben een grote kans op een langere reistijd. Door de optimiser tool te volgen kan er, voor de routes gebruikt voor dit onderzoek, een tijdswinst behaald worden van gemiddeld 8,8%.

Voorwoord

Voor u ligt het afstudeerproject "Route optimalisatie", uitgevoerd als laatste onderdeel van mijn HBO opleiding Toegepaste Wiskunde aan de Haagse Hogeschool te Delft. Deze opdracht is uitgevoerd voor DHL Express, namens CGI Nederland. Ik ben door beide bedrijven zeer goed ondersteund tijdens dit onderzoek wat zeer bevorderlijk was voor de uitvoering van het onderzoek.

In het bijzonder wil ik mijn begeleiders van DHL Express, CGI en de Haagse Hogeschool bedanken voor alle hulp die ik tijdens deze periode heb mogen ontvangen. De wekelijkse voortgangsbespreking is erg behulpzaam gebleken waarbij ik ook direct terugkoppeling kreeg op eventuele vragen die ik had. Hierbij heeft mijn begeleider dhr. peereboom me altijd ondersteund en geholpen bij wat ik nodig had voor mijn onderzoek. Mijn mentor Elmy was praktisch altijd beschikbaar voor vragen waarbij ze ook echt de tijd heeft genomen om samen met mij tot de beste oplossingen te komen. De gesprekken die ik mijn proces begeleider mevr. de Bie heb gevoerd hebben me geholpen om altijd het grote plaatje in de gaten te houden en niet alleen stil te staan bij de details. Mijn docent begeleider dhr. Ramawadh heeft me erg geholpen met zijn kritische houding en goede feedback.

Hiernaast zou ik ook graag mijn collega's Robin, Paul, Miltiadis, Pieter, Corine en Thim willen bedanken voor hun tijd. Door de verscheidenheid aan specialisaties was er altijd iemand waarbij ik terecht kon met specifieke vragen. Dit geeft ertoe bijgedragen dat ik deze opdracht succesvol heb kunnen afronden.

Tevens zou ik dhr. Jeurissen en dhr. Hiemstra willen bedanken voor hun hulp bij het onderzoeksproces en de tijd die ze in dit afstudeerproject hebben geïnvesteerd.

Als laatste wil ik graag mijn vriend, Sybren, bedanken voor alle tijd die hij in de avonduren met mijn scriptie is bezig geweest. Ik ben hem erg dankbaar voor alle feedback die ik heb mogen ontvangen, waardoor ik mijn scriptie naar een hoger niveau heb kunnen tillen.

Britt Bekkenutte

Rotterdam, 14 december 2016

Inhoudsopgave

Informatie pagina	3
Samenvatting	7
Voorwoord	8
Woordenlijst	13
1 Inleiding	15
1.1 CGI Nederland	15
1.2 DHL Express	16
1.3 Achtergrond	17
1.4 Leeswijzer	17
2 Onderzoeksopzet	19
2.1 Probleemstelling	19
2.2 Opdrachtbeschrijving	19
2.3 Doelstelling	20
2.4 Afbakeningen	20
2.5 Onderzoeksvragen	21
2.6 Onderzoeksmethoden	22
3 Het voertuig routeringsprobleem	23
3.1 Handelsreizigersprobleem	23
3.2 Optimalisatie of benadering	24
3.3 Voertuig routeringsprobleem	24
3.3.1 Variaties	25
4 Data preparatie	28
4.1 Databronnen	28
4.1.1 OPMS	28
4.1.2 LRT	29
4.1.3 FMS	30
4.1.4 Registratie van stops	30

4.2	Data koppeling	31
4.2.1	Koppeling van OPMS met LRT	32
4.2.2	Koppeling van FMS met LRT	33
4.2.3	Koppeling van OPMS met FMS	36
4.2.4	Aan te brengen wijzigingen	37
4.3	Werkelijk gereden route creëren	37
5	Data analyse	39
5.1	Wachttijd analyse	39
5.1.1	Gemiddelde wachttijden	39
5.1.2	Wachttijden per locatie	41
5.2	Route analyse	43
5.2.1	Afwijking tussen de werkelijke data en de berekende data	43
5.2.2	Kwaliteit van de optimalisatie	44
6	Onderzoeksresultaten	48
6.1	Resultaten koppeling	48
6.1.1	Koppeling van OPMS met LRT	48
6.1.2	Koppeling van FMS met LRT	49
6.2	Resultaten wachttijd analyse	50
6.3	Resultaten route analyse	50
7	Conclusie	52
8	Aanbevelingen	56
8.1	Dynamische wachttijden	56
8.2	Route optimalisatie	56
8.3	DHL	57
	Referenties	58
	Bijlagen	59
I	Stroomdiagram koppeling FMS en LRT	60

II Testrapport koppeling FMS en LRT	61
III Handleiding datakoppeling	75
IV Gereden en geoptimaliseerde route (557)	102
V Gereden en geoptimaliseerde route (971)	103
VI Formulier toestemming afstudeeropdracht	105

Woordenlijst

OPMS	Operational Performance Management System
LRT	Labour Reporting Tool
FMS	Fleet Management System
RoutiGo	Modulair route optimalisatie product
TSP	Handelsreizigerprobleem (Traveling Salesman Problem)
VRP	Voertuig routeringsprobleem (Vehicle Routing Problem)
VRPPD	Voertuig routeringsprobleem met pick-up en levering
VRPTW	Voertuig routeringsprobleem met tijdsvensters
VRPMT	Voertuig routeringsprobleem met meerdere trips
OVRP	Open voertuig routeringsprobleem
DVRP	Dynamisch voertuig routeringsprobleem

1 Inleiding

Deze afstudeerstage wordt uitgevoerd bij CGI Nederland, op de locatie Rotterdam, in opdracht van DHL Express. De theoretische ondersteuning van de opdracht wordt verzorgd door CGI waar hulp geboden kan worden door software engineers en data scientists. Het vraagstuk dat behandeld gaat worden bij deze afstudeerstage is afkomstig van DHL Express. Tijdens de opdracht biedt DHL ondersteuning op praktisch vlak en zorgt zij voor een dieper begrip van de onderzoeksvraag.

Hiernaast wordt er ook samengewerkt met het bedrijf Esperanto. Dit bedrijf is verantwoordelijk voor het optimaliseringsalgoritme waarmee de bezorg routes van DHL momenteel worden berekend. Er wordt hierbij geen inzicht gegeven in het gebruikte algoritme.

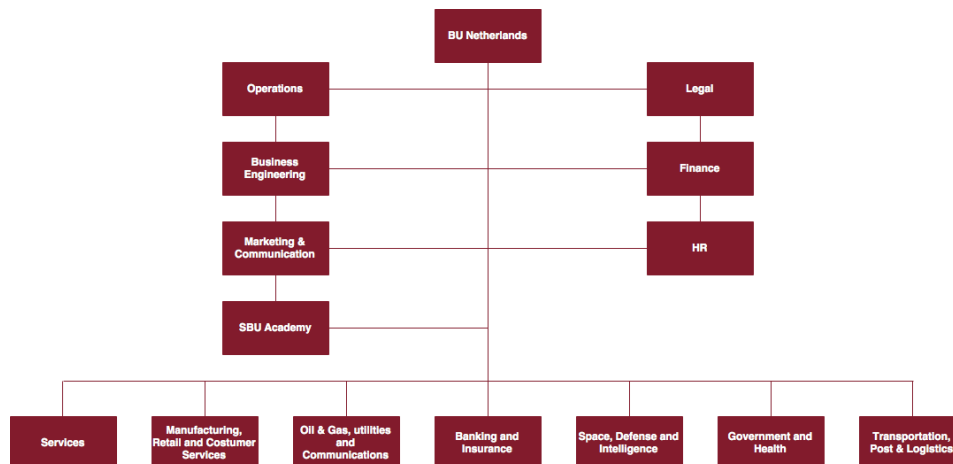
1.1 CGI Nederland

CGI werd opgericht in het Franstalige gedeelte van Canada en staat voor *Conseillers en gestion et informatique*, wat zich vertaald naar Consultants in management en informatie technologie. Momenteel is het bedrijf uitgegroeid tot een wereldwijd bedrijf met vestigingen in 40 landen en staat het simpelweg bekend als CGI. CGI Nederland is de Nederlandse business unit van CGI Group met zes verschillende vestigingen, waarbij het hoofdkantoor in Rotterdam is gevestigd.

Diensten die CGI levert zijn high-end IT en Business Consulting, Systeem integratie en IT en business Process Outsourcing en is hierbij actief in de volgende markten:

- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| • Communicatie | • Post en logistiek |
| • Energie | • Productie |
| • Financiële dienstverlening | • Retail- en consumentenmarkt |
| • Olie en gas | • Transport |
| • Overheid | • Zorg |

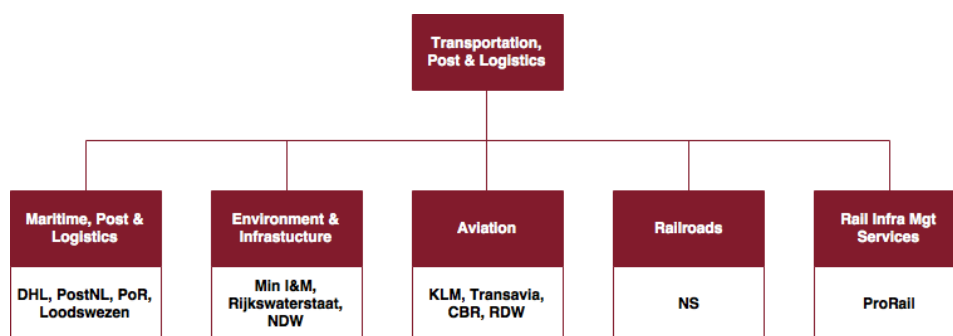
CGI Nederland bestaat uit verschillende marktgerichte en interne sectoren. Deze marktgerichte sectoren, welke te zien zijn aan de onderkant in het organogram van figuur 1, hebben ieder een focus op een bepaalde klantengroep.



Figuur 1: Organogram CGI Nederland

Onderaan het organogram zijn de zeven sectoren te zien waarbinnen CGI Nederland opereert. Deze sectoren zijn onderverdeeld in afdelingen welke een bepaalde klant of klantengroep ondersteunt. Binnen deze afdelingen zijn teams gevormd welke elk werkzaam zijn voor een eigen project of klant.

Dit onderzoek is bij CGI een onderdeel van de sector Transportation, Post & Logistics en wordt uitgevoerd bij het big data team welke in de afdeling "Environment & Infrastructure" valt. Het organogram van de sector Transport, Post & Logistics is weergegeven in figuur 2.



Figuur 2: Organogram Transport, Post & Logistics

1.2 DHL Express

DHL is een bedrijf welke aanwezig is in meer dan 220 landen en gebieden wereldwijd. DHL Express is een divisie binnen het bedrijf en is verantwoordelijk voor expressieleveringen en koeriersdiensten. DHL Express staat

voor betrouwbaarheid door wereldwijd op tijd van deur tot deur te kunnen leveren.

1.3 Achtergrond

Mathematische optimalisatie is een gebied van de wiskunde die toepasbaar is op veel verschillende praktijk problemen. Met optimalisatie wordt getracht één of meerdere factoren te maximaliseren of te minimaliseren, wat wordt gedaan aan de hand van algoritmes. Toepassingsgebieden zijn onder andere prijsoptimalisatie, productieoptimalisatie, procesoptimalisatie of routeoptimalisatie.

Routeoptimalisatie wordt bijvoorbeeld gebruikt bij navigatiesystemen. Hierbij kan vaak gekozen worden voor de snelste of de kortste route. Hierbij wordt de route dus geoptimaliseerd op respectievelijk snelheid en afstand. Het voertuig routeringsprobleem beschrijft de theorie achter deze optimalisatie. Routeoptimalisatie kan ook gebruikt worden bij koeriersdiensten waarbij het doel zou kunnen zijn om zo min mogelijk voertuigen te gebruiken of de reistijd van de routes, met de beschikbare voertuigen, zo kort mogelijk te maken.

Bij koeriersdiensten wordt vaak getracht om zoveel mogelijk adressen per uur in een route te krijgen. Dit betekent dat de koerier dan langs zoveel mogelijk adressen kan om pakketten af te leveren of op te halen. Hierbij kan worden gekeken naar de efficiëntie van de indeling van de routes waarbij er zoveel mogelijk locaties bezocht kunnen worden in de tijdspanne van een route. De voorspelling van de tijd die het kost om de bezorging te voltooien is hierbij van groot belang. Daarnaast kan ook gekeken worden naar de volgorde waarin deze pakketten bezorgt moeten worden, om ervoor te zorgen dat de reistijd van de route zo kort mogelijk is. Door op deze manier te optimaliseren kan geld bespaard worden op onder andere personeels- en brandstofkosten, omdat er in dezelfde tijd meer adressen kunnen worden aangedaan. Een kleine verbetering in de snelheid waarmee een route kan worden gereden kan voor grote bedrijven gelijk staan aan een grote besparing.

1.4 Leeswijzer

In het opvolgende hoofdstuk komt de opdracht aan bod waar de beschrijving, doelstelling en de afbakeningen besproken worden alsmede de onderzoeksvragen. De eerste deelvraag zal beantwoord worden in hoofdstuk 3 waarbij dieper wordt ingegaan op het voertuig routeringsprobleem en de variaties van dit probleem die toepasbaar zijn bij DHL. Vervolgens zal in hoofdstuk 4

de data preparatie worden toegelicht waar meer inzicht gegeven zal worden in de data die gebruikt wordt tijdens deze opdracht. Met behulp van deze data preparatie zal in hoofdstuk 5 de data-analyse aan bod komen, bestaande uit een analyse van de wachttijden en een route analyse. De resultaten die uit deze analyses volgen zullen uiteengezet worden in hoofdstuk 6. Hier worden alle onderzoeksresultaten besproken waarna er in hoofdstuk 7 een conclusie volgt. In hoofdstuk 8 worden vervolgens aanbevelingen gedaan op basis van dit onderzoek.

2 Onderzoeksopzet

In dit hoofdstuk wordt de probleemstelling en de opdracht uiteengezet. Op basis hiervan zijn de onderzoeksvragen met bijbehorende methoden tot stand gekomen.

2.1 Probleemstelling

Op basis van de postcode van de af te leveren zendingen, wordt een eerste route indeling gemaakt waarna door middel van een sorteersysteem de pakketten worden afgeleverd bij de juiste route. Een route bestaat uit verschillende locaties welke de afleveradressen van de pakketten voorstellen. De koerier scant de pakketten alvorens de route gereden wordt, waarna een optimale route wordt berekend voor de gescande pakketten, zodat de reistijd zo kort mogelijk wordt. Bij de berekening van de route wordt ook rekening gehouden met de tijd die het kost om het pakket te bezorgen, wat de *wacht-tijd* wordt genoemd. De route is gebaseerd op de locatie waar de koerier zich op dat moment bevindt. De koeriers rijden niet altijd de route die ze volgens de optimalisatie behoren te rijden. Het is niet duidelijk of de route die de koeriers uiteindelijk hebben gereden sneller is dan de route die van tevoren is gepland.

2.2 Opdrachtbeschrijving

Op basis van de achtergrond en de bovengenoemde probleemstelling kan de volgende opdrachtoomschrijving worden gegeven:

De koerier krijgt aan het begin van zijn shift een route toegewezen welke langs verschillende adressen gaat om pakketten af te leveren dan wel op te halen. Tijdens de rit is het mogelijk dat er nog adressen bijkomen waar pakketten opgehaald dienen te worden. Dit adres kan vervolgens worden toegevoegd aan de route waarna een nieuwe optimale route berekend wordt. De geplande route en de werkelijk gereden route komen niet altijd overeen. Er moet een analyse uitgevoerd worden naar de geplande en gereden route waarbij de afwijking in tijd wordt onderzocht. Bij afwijkingen zullen mogelijke oorzaken worden onderzocht.

Ook is het belangrijk om de wachttijd te analyseren die gehanteerd wordt. Momenteel wordt er wel rekening gehouden met een standaard wachttijd van drie minuten, maar de praktijk doet vermoeden dat dit per locatie erg kan verschillen. Een meer reële wachttijd zal eraan kunnen bijdragen om een route te kunnen samenstellen met zoveel mogelijk leveringen per uur.

Uit dit onderzoek zal een analyse komen van geplande en gereden routes

in en om Utrecht en zal advies worden gegeven over het verbeteren van de huidige optimalisatie van de te plannen routes. Eventuele vervolgstappen zullen worden toegelicht om verdere optimalisatie mogelijk te maken. Ook een wachttijd analyse zal helpen om meer inzicht te geven in de actuele wachttijden. Aan de hand van deze analyse zouden vervolgstappen gedaan kunnen worden om uiteindelijk dynamische wachttijden aan te houden. Het kunnen voorspellen van de wachttijden, waardoor dynamische wachttijden gebruikt kunnen worden, kan zorgen voor een realistisch aantal adressen per route. Aangezien routes gereden worden op vaste tijden zou het dus mogelijk zijn dat, door gebruik te kunnen maken van dynamische wachttijden, het aantal stops per uur toeneemt.

Om er voor te zorgen dat de opdracht goed uitgevoerd kan worden zijn er een aantal randvoorwaarden opgesteld waaraan voldaan moet worden:

- Er dient data beschikbaar te zijn van DHL (OPMS en LRT);
- Er dient data beschikbaar te zijn van RitAssist (FMS);
- Er dient te worden samengewerkt met Esperanto met betrekking tot RoutiGo ;
- Er dient regelmatig contact te zijn met DHL.

2.3 Doelstelling

Het doel van het onderzoek is om erachter te komen hoe de routeoptimalisatie, waar DHL zijn routes op baseert, verder kan worden geoptimaliseerd op reistijd en hoe dit kan worden gerealiseerd. Aan het einde van het onderzoek zal er een advies worden opgeleverd op basis waarvan DHL zijn routes verder kan optimaliseren op reistijd.

2.4 Afbakeningen

Tijdens dit onderzoek wordt alleen gekeken naar verbeteringen in de optimalisatie op basis van gereden routes.

Tevens wordt tijdens het onderzoek naar de verbetering van de optimalisatie enkel gekeken naar A (ochtend) en E (avond) routes, omdat er bij deze routes minder ad-hoc pick-ups worden toegevoegd. De koeriers die in de ochtend rijden kennen hun gebied vaak goed en zullen niet altijd volgens de voorgestelde route rijden. De koeriers die in de avond rijden kennen de gebieden vaak minder goed en zullen eerder geneigd zijn de voorgestelde route te volgen. DHL verwacht dat de vergelijking tussen deze twee routes ook

kan helpen met het onderzoek.

Bij dit onderzoek wordt de data van één servicecentrum gehanteerd, om zo de complexiteit van de analyse te verminderen. Door deze maatregel te nemen is dit onderzoek haalbaar binnen de tijd die ervoor wordt gesteld. Er is gekozen om het servicecentrum in Utrecht als onderzoek locatie aan te stellen. De reden hiervoor is dat er al eerdere projecten door CGI zijn uitgevoerd bij het servicecentrum in Utrecht waardoor hier al verscheidene connecties gemaakt zijn.

2.5 Onderzoeksvragen

Op basis van de doelstelling, probleemstelling en de opdrachtomschrijving is de volgende hoofdvraag geformuleerd:

"Hoe kan je door gebruik van historische data van daadwerkelijk gereden routes een verbetering vinden in het optimalisatie algoritme van DHL waarbij een route in een minstens 5% kortere tijd gereden kan worden?"

1. Wat is het voertuig routeringsprobleem en welke varianten kunnen een rol spelen in het vraagstuk van DHL?
2. Welke locaties hebben de grootste afwijking ten opzichte van de gemiddelde wachttijd?
3. Wat zijn mogelijke oorzaken voor de afwijking in tijd tussen de geplande routes en de gereden routes?

2.6 Onderzoeksmethoden

Deelvragen	Methode	Hoe	Resultaat
Deelvraag 1	Deskresearch	Literatuur-onderzoek	Een breder begrip van het voertuig routeringsprobleem en zijn variaties waardoor het mogelijk is om te beoordelen in hoeverre een advies voor de verbetering van de optimalisatie ook uitvoerbaar is. Tevens ontstaat hierdoor een volledig beeld van het vraagstuk.
Deelvraag 2	Deskresearch	Data analyse	Een beter inzicht in de gemiddelde wachttijd per cycle en routeID en een inzicht in wachttijden per locatie.
Deelvraag 3	Deskresearch, field research	Data analyse, gesprekken met experts	Een analyse van de routes, zowel gereden als geoptimaliseerd waarop het onderzoek naar de mogelijke oorzaken van de afwijking in tijd is gebaseerd.

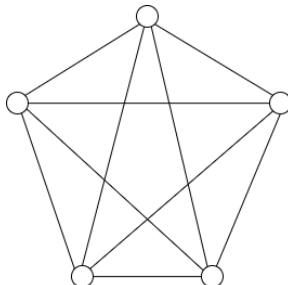
Tabel 1: De deelvragen met de onderzoeksmethoden en resultaten

3 Het voertuig routeringsprobleem

In dit hoofdstuk wordt de onderliggende theorie beschreven van het voertuig routeringsprobleem behorende bij dit onderzoek. Deze informatie zal helpen om een beter begrip te creëren over het probleem en zo het onderzoek een richting te geven. Deze kennis zal leiden tot een beter inzicht in de mogelijkheden die toepasbaar zijn voor de situatie bij DHL. Eveneens wordt hierdoor een volledig beeld verkregen van het vraagstuk wat zal resulteren in een uitvoerbaar advies.

3.1 Handelsreizigersprobleem

Het voertuig routeringsprobleem (VRP) komt voort uit het handelsreizigersprobleem (TSP). Het TSP is een zeer oud en veel besproken probleem in de literatuur en heeft toepassingen in veel gebieden waaronder de logistieke sector (D.L.applegate et al., 2007). Het probleem is gebaseerd op een netwerk waarbij kan worden gedacht aan een handelsreiziger die reist van stad naar stad. Een graaf is een schematische voorstelling van een netwerk, zoals te zien is in figuur 3. Hierbij worden de punten gezien als steden of locaties en de lijnen als wegen tussen deze locaties.



Figuur 3: Voorbeeld van een volledige graaf

Er zijn verschillende manieren mogelijk om in de graaf in figuur 3 de locaties te bezoeken. Zo kan er sprake zijn van een Euler pad wanneer er precies één keer gebruik wordt gemaakt van alle lijnen in de graaf. Een Eulercircuit stelt een route voor waarbij precies één keer gebruik wordt gemaakt van alle lijnen in de graaf en het begin- en eindpunt hetzelfde zijn (J.L.Martin, 2016). Er kan een waarde aan een punt worden toegekend wat aangeeft hoeveel lijnen er in het punt aankomen of vertrekken. Aangetoond is dat als er geen punten zijn met een oneven waarde, er een Eulercircuit bestaat mits het om een aangesloten graaf gaat. Dit houdt in dat een graaf niet uit één of meerdere losse delen mag bestaan.

Een ander principe is een Hamilton pad. Hierbij wordt de graaf op een andere manier bekeken door een pad te vinden waarbij alle punten precies één keer worden aangedaan. Men spreekt dan van een Hamilton pad. Een Hamiltoncircuit stelt dan een route voor waarbij alle punten precies één keer worden aangedaan en het begin- en eindpunt hetzelfde zijn (D.L.applegate et al., 2007).

Het TSP stelt het vinden van een Hamiltoncircuit voor waarbij er kan worden gezocht naar een zo kort of zo snel mogelijke route. Het grote verschil tussen het TSP en een Hamiltoncircuit is dat een Hamiltoncircuit geen optimaliseringsprobleem vormt. Bij het vinden van een Hamiltoncircuit gaat het immers niet om het vinden van het kortste pad.

3.2 Optimalisatie of benadering

Er bestaat geen algoritme welke constateert of een graaf een Hamiltoncircuit bevat. Wel is het eenvoudig te controleren of een gegeven route kan worden geclassificeerd als een Hamiltoncircuit. Indien wordt beweerd dat een bepaalde graaf géén Hamiltoncircuit bevat is er geen algoritme beschikbaar dat dit op een snelle manier kan verifiëren. De enige manier om te bewijzen dat er geen sprake is van een Hamiltoncircuit is door alle mogelijkheden af te gaan waarbij aan kan worden getoond dat geen van allen als een Hamiltoncircuit kan worden geclassificeerd (B.Hayes, 2008).

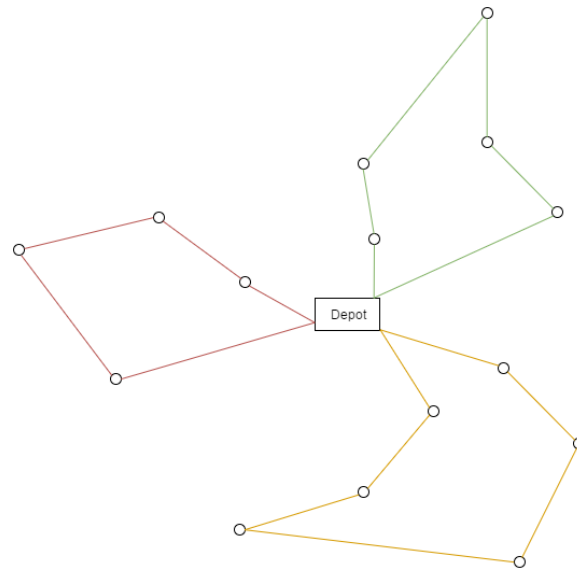
Als nu het TSP in beschouwing wordt genomen, kan worden gezegd dat het optimaliseren van dit probleem in de praktijk niet haalbaar is, omdat hier geen algoritme voor bestaat (J.F.Puget, 2013). De algoritmes die gebruikt worden voor dit soort problemen zoeken naar een benadering van de optimale oplossing.

3.3 Voertuig routeringsprobleem

Het VRP is een generalisering op het TSP. Ook optimaliseren van het VRP is in de praktijk niet haalbaar. Bij het VRP wordt uitgegaan van meerdere voertuigen die vanuit dezelfde locatie beginnen waarbij alle locaties één keer bezocht mogen worden alvorens ze weer terugkeren naar de beginlocatie waarbij wordt gezocht naar de snelste route per voertuig.

Als voorbeeld van een VRP is een bedrijf welke drie voertuigen tot zijn beschikking heeft. De doelstelling is om alle pakketten te bezorgen op de juiste locatie en daarmee een zo kort mogelijke afstand afleggen. Een oplossing hiervan is te zien in figuur 4, waar de punten de locaties voorstellen.

Hierbij zijn drie routes gedefiniëerd waarbij de voertuigen beginnen en eindigen in het depot en samen alle locaties precies één keer aandoen. De meest simpele variant houdt geen rekening met eventuele restricties en gaat alleen uit van de afstand tussen de verschillende locaties.



Figuur 4: Voertuig routeringsprobleem

3.3.1 Variaties

Het is mogelijk om rekening te houden met verschillende restricties wat leidt tot een variatie op het VRP. Een aantal variaties zijn specifiek toepasbaar voor DHL:

- VRPPD (voertuig routeringsprobleem met pick-up en levering)
- VRPTW (voertuig routeringsprobleem met tijdsvensters)
- VRPMT (voertuig routeringsprobleem met meerdere trips)
- OVRP (open voertuig routeringsprobleem)
- DVRP (dynamisch voertuig routeringsprobleem)

VRPPD

Een bekende variant is met pick-up en levering, waarbij niet alleen pakketten worden geleverd, maar ook kunnen worden opgehaald. Dit is een speciale variant, omdat er dan rekening gehouden moet worden met de maximale

capaciteit van het voertuig. De optimale route kan dan variëren, omdat het voor kan komen dat er eerst ruimte gemaakt moet worden in het voertuig door pakketten af te leveren voordat een ander pakket opgehaald kan worden (N.A.Wassan & G.Nagy, 2014).

VRPTW

Ook kan er rekening gehouden worden met tijdvensters. Bepaalde bedrijven hebben bijvoorbeeld vaste tijden waartussen ze bezorgingen accepteren. Ook kan het zo zijn dat er een tijd wordt aangegeven bij het bestellen waarbij de consument aangeeft wanneer ze in de gelegenheid zijn om het pakket aan te nemen. Deze tijdvensters geven dus aan tussen welke tijd het pakket kan worden opgehaald of geleverd.

Deze restrictie zorgt voor minder flexibiliteit, maar kan er wel voor zorgen dat de pakketten worden geleverd wanneer de consumenten daadwerkelijk beschikbaar zijn, zodat de levering sneller verloopt. Indien een persoon niet thuis is als er iets bezorgd wordt, kan het soms zo zijn dat het bij de burens wordt bezorgd, indien dit gewenst is en de burens wel aanwezig zijn. Ook kan het zo zijn dat de bezorging hierdoor een tweede keer moet plaatsvinden (S.N.Kumar & R.Panneerselvam, 2012).

VRPMT

Er bestaat ook een variatie van het VRP waarbij eenzelfde voertuig meerdere trips kan maken. Dit betekent dat het voertuig terugkeert naar het depot en daarop weer vertrekt om de volgende route te rijden. Indien dit niet wordt toegelaten zal er een nieuw voertuig nodig zijn voor elke route die op een dag gereden moet worden. Bij deze variatie kan er bij het berekenen van de routes een voertuig worden toegewezen aan een route als deze volgens de planning weer terug is in het depot op het moment dat deze route start (D.Cattaruzza, N.Absi & D.Feillet, 2016).

OVRP

Een variatie die hier erg op lijkt is het open VRP. Hierbij wordt gesteld dat een voertuig niet per se terug hoeft naar het depot aan het eind van de route. Soms kan het voorkomen dat de auto vanuit een ander punt wordt bevoorradat voordat een andere route start. Door niet terug te hoeven naar het depot kan de overgang naar de volgende route sneller worden gerealiseerd (C.D.Tarantilis et al., 2004).

In het routingsproblemen wordt doorgaans rekening gehouden met een enkel

depot. Indien er meerdere depots zijn moet hiervoor eerst een voorselectie gemaakt worden per depot. Wanneer er in het algoritme rekening gehouden wordt met meerdere depots kunnen de locaties die op de grens tussen verschillende depots liggen worden meegenomen in de optimalisatie (G.Nagy & S.Salhi, 2003).

DVRP

Ook is het mogelijk om het VRP dynamisch te bekijken. Hierbij wordt er real-time naar de routes gekeken. Indien er iets verandert in de route kan dit direct worden aangepast, zodat eventueel opvolgende routes hiervan geen hinder ondervinden. Dit kan wenselijk zijn als er van routes bekend is dat ze vertraging hebben opgelopen en specifieke pakketten niet meer kunnen worden bezorgd binnen de tijd dat het voertuig terug moet zijn bij het depot. Ook kan het voorkomen dat een voertuig tijdens een route uitvalt. Deze informatie kan dan worden meegenomen door real-time een nieuwe routeplanning te maken (A.Larsen, 2001).

4 Data preparatie

In dit hoofdstuk wordt een koppeling gemaakt tussen verschillende data bronnen om zo tot nieuwe inzichten te kunnen komen. Deze data preparatie is nodig, zodat de verbetering van de huidige optimalisatie onderzocht kan worden. Tevens zal de data preparatie inzicht geven in de huidige data en de kwaliteit hiervan.

Eerst worden de verschillende databronnen die worden gebruikt uiteengezet. Hieruit zal volgen welke data gekoppeld zal moeten worden en welke acties moeten worden ondernomen om dit tot stand te brengen.

4.1 Databronnen

Er zijn drie beschikbare data bronnen waarmee dit onderzoek wordt uitgevoerd. Deze drie databronnen worden hier uitgebreid uitgewerkt zodat de afkomst, het doel en de inhoud van de databronnen duidelijk zijn. Op basis van deze kennis wordt bepaald welke vervolgstappen nodig zijn om de data aan elkaar te koppelen.

4.1.1 OPMS

OPMS is een systeem van DHL Express waarin gegevens worden bijgehouden over de verschillende zendingen die bezorgd worden. Deze data kan onderverdeeld worden in zes verschillende categorieën. Om een globaal overzicht te geven van de inhoud zijn deze categorieën hieronder weergegeven:

- Omgeving (servicegebied, servicecentrum)
- Route (route id, cycle)
- Koerier (Naam, type)
- Afleverlocatie (klantnaam, adres)
- Zending (aantal stuks, gewicht)
- Aflevering (datum, tijd, coördinaten)

Naast deze categorieën kan tevens gekeken worden naar de soort informatie die wordt meegegeven aan het systeem. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt tussen achtergrond informatie (afleverlocatie en zending), planningsinformatie (omgeving, route en koerier) en handelingsinformatie (aflevering).

De basis bestaat uit de informatie over de zending en de afleverlocatie. Hier

is per zending bekend hoeveel stuks dit zijn, welk gewicht de zending heeft en bij welk adres deze zending afgeleverd dient te worden. Hieromheen vormt zich de rest van de data, beginnend bij de planningsinformatie. Allereerst wordt op basis van de afleverlocatie bepaald tot welk servicegebied en servicecentrum de zending behoort. Vervolgens wordt de zending in een route gepland. Later wordt de handelingsinformatie aangemaakt wanneer de route wordt gereden en de zending afgeleverd, waarbij de exacte locatie en het tijdstip van aflevering wordt meegegeven door het scannen van de zending.

Het kan voorkomen dat een zending niet wordt afgeleverd of bij de burens wordt afgeleverd. Deze informatie kan worden meegegeven bij het scannen van de zending. Zo zijn er een aantal uitzonderingen die bij het scannen aangegeven kunnen worden zoals: levering beschadigd, klant verhuisd, zending geweigerd of zending bij de burens geleverd. Dit zorgt voor specifieke kennis over de afhandeling van de zending.

4.1.2 LRT

LRT is een tool die gebruikt wordt om meer inzicht te krijgen in de gereden routes. Hierbij is voornamelijk informatie aanwezig die te maken heeft met de route. Hier kan de data worden onderverdeeld in vijf categorieën:

- Omgeving (servicegebied, servicecentrum)
- Route (route id, cycle)
- Koerier (Naam, Personeelsnummer)
- Planning (ingepland, uitgevoerd)
- Rit informatie (kilometerstand, vertrek- en aankomsttijd)

De LRT data geeft informatie over de route waarbij niet wordt gekeken naar de verschillende stops. Dit houdt in dat in deze data elke regel informatie bevat over één specifieke route.

De basis van de data in de LRT tool is een formulier welke met de hand wordt ingevuld door de koerier. Op dit formulier wordt onder meer het kentekennummer, de kilometerstand bij vertrek en bij aankomst ingevuld, evenals het tijdstip van vertrek en bij aankomst. Hier kunnen fouten in ontstaan doordat bijvoorbeeld de kilometerstand verkeerd wordt overgenomen. Dit formulier wordt later overgetypt in het systeem waarbij typefouten of leesfouten kunnen voorkomen. Wel wordt getracht hierop te controleren, maar uit de praktijk blijkt dat het geheel uitbannen van deze fouten niet

mogelijk is.

Doordat er fouten kunnen ontstaan bij het invullen van het formulier en bij het overtypen van dit formulier in het systeem is het evident dat er in het LRT systeem fouten voor zullen komen. Gegevens zoals de kilometerstand kloppen hierdoor niet altijd. Wel geeft het LRT, met betrekking tot de kilometerstand en het tijdstip, over het algemeen een goede indicatie.

4.1.3 FMS

FMS is een Fleet Management Systeem dat gebruikt wordt door veel verschillende bedrijven. DHL maakt gebruik van het FMS van het bedrijf RitAssist. Via de website van RitAssist zijn er verschillende rapporten te downloaden welke allen verschillende informatie bevatten. Zo kan er worden gekeken naar ritten met als uitgangspunt het voertuig of de bestuurder. De rapporten waar tijdens dit onderzoek mee wordt gewerkt zijn de rapporten met de ritten per bestuurder en de bezoeken per voertuig.

De enige reden dat er ook gekeken wordt naar de bezoeken per voertuig is, omdat hierin de coördinaten per stop vermeld staan. Verder wordt er voornamelijk gewerkt met het databestand over de ritten per bestuurder. De vijf data categorieën die hierin voorkomen zijn:

- Omgeving (servicecentrum)
- Route (cycle, datum)
- Koerier (Naam, Personeelsnummer)
- Locatie (vertreklocatie, aankomstlocatie)
- Rit informatie (kilometerstand, vertrek- en aankomsttijd)

Deze data is afkomstig van een zogenoemde "*black box*" welke in de voertuigen is geplaatst. Deze black box is een board computer welke verschillende informatie uit het voertuig zelf haalt. Deze ruwe data wordt vervolgens door RitAssist omgevormd tot bruikbare data. Zo wordt bijvoorbeeld met behulp van GPS signalen bepaald bij welk adres het voertuig is gestopt. Dit wordt gedaan door het dichtstbijzijnde adres te vinden vanaf het GPS signaal.

4.1.4 Registratie van stops

Een stop wordt bij FMS als zodanig geregistreerd als de motor wordt uitgezet. Het kan dus voorkomen dat een koerier bij een adres stopt en een pakket aflevert of ophaalt, maar de motor laat draaien. Dit zal dan in het

FMS bestand niet gerekend worden als stop, maar in het OPMS bestand zal deze stop wel te zien zijn, omdat hier een pakket is afgeleverd of opgehaald.

Andersom kan het ook voorkomen dat een stop niet voorkomt in OPMS, maar wel in FMS. De primaire reden hiervan is altijd dat er op dat moment geen pakket is afgeleverd of opgehaald. Hiervoor zijn meerdere oorzaken mogelijk:

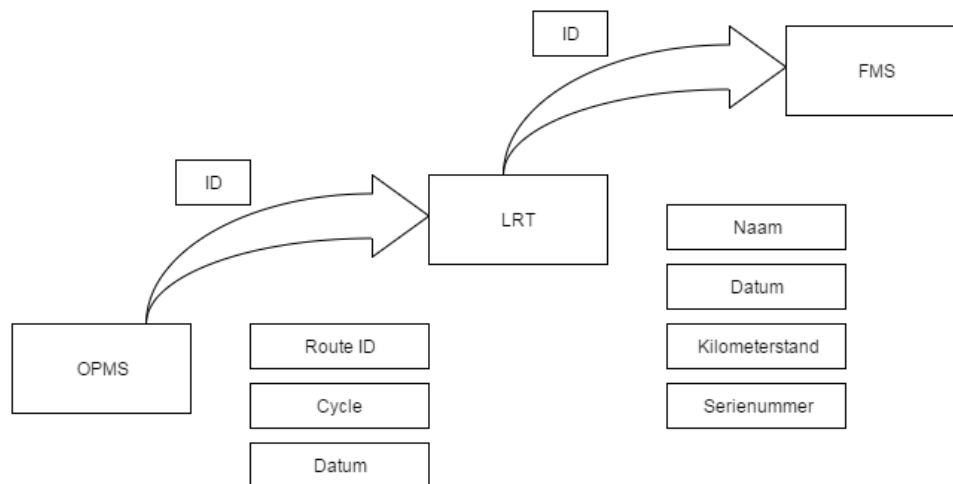
1. De koerier is gestopt, maar dit blijkt niet de juiste locatie te zijn.
2. De koerier is gestopt om persoonlijke redenen (bijvoorbeeld lunchen of toiletbezoek).
3. De koerier is gestopt om nieuwe pakketten aangeleverd te krijgen voor zijn route.

Bij het analyseren van de routes moet gerealiseerd worden dat ook deze stops moeten worden meegenomen. Deze stops horen namelijk bij de route zoals hij in werkelijkheid gereden is en het weglaten van deze stops zou de optimalisatie van de route kunnen beïnvloeden. Het kan voorkomen dat er een andere optimale route ontstaat, waarbij de route het snelst gereden kan worden, op het moment dat er op een specifieke locatie gestopt wordt om te lunchen.

4.2 Data koppeling

Het doel van het koppelen van de data is om de werkelijk gereden routes te bepalen waarbij per route alle stops te zien zijn. Dit betekent dat er ook stops bij de route zullen worden gerekend waarbij geen pakket wordt afgeleverd of opgehaald. Om dit te doen moet de data van FMS met OPMS gekoppeld worden en samengevoegd. Aangezien de OPMS en FMS data te weinig overeenkomsten hebben is de LRT data nodig om deze koppeling te maken.

Zoals eerder aangegeven, is de LRT data opgebouwd uit globale informatie over specifieke routes zonder hierbij in te gaan op de gemaakte stops. Elke specifieke route neemt hierbij één regel in. Dit zorgt ervoor dat er aan elke specifieke route een uniek getal gegeven kan worden. Dit unieke getal wordt hier *ID* genoemd. Door een koppeling te maken van de LRT data met zowel de FMS data als de OPMS data zullen de stops behorende bij de juiste route het bijbehorende ID krijgen. Vervolgens kan de FMS data aan de OPMS data gekoppeld worden door middel van dit ID. In figuur 5 is globaal te zien hoe de koppeling van de LRT data met de FMS en de OPMS data plaatsvindt.



Figuur 5: Het globale koppelschema

Hierbij is voor het koppelen van de LRT data met de OPMS data het route id, de cycle en de datum gebruikt. Bij de koppeling van de LRT data met de FMS data is de naam van de koerier, de datum, de kilometerstand en het serienummer van het voertuig gebruikt.

4.2.1 Koppeling van OPMS met LRT

De koppeling met OPMS en LRT is vrij eenvoudig. De reden hiervoor is dat de bron van de gegevens die nodig zijn voor het koppeling hetzelfde is. Om deze koppeling te maken is de route id, de cycle en de datum nodig.

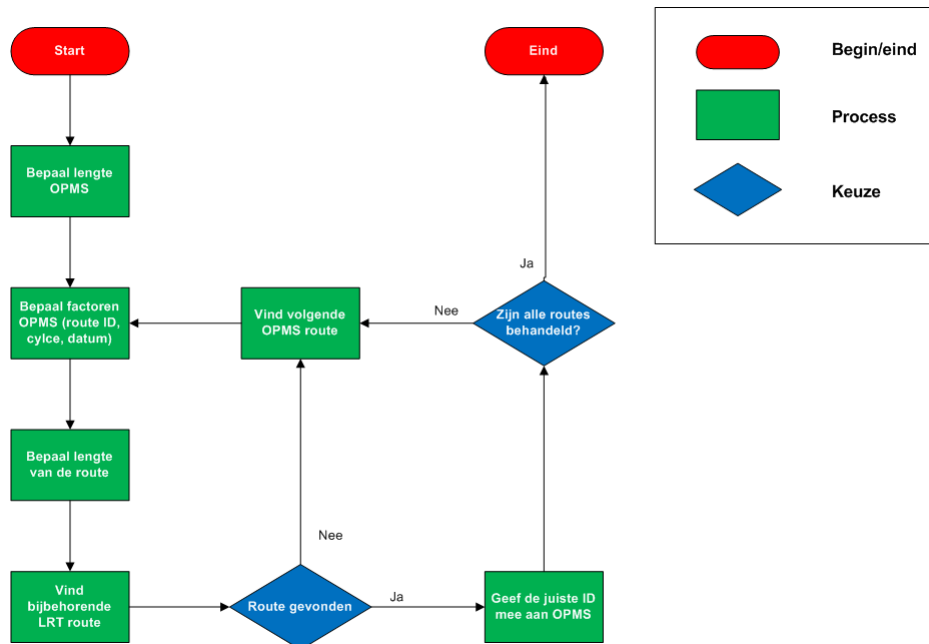
Een route id begint met twee letters gevolgd door twee getallen. De twee letters geven aan bij welk servicecentrum de route hoort. De combinatie van de letters en de getallen geven een gebied aan welke wordt aangedaan bij deze route. Het volledige route id geeft ook de cycle weer. Verschillende cycles bij dezelfde route id zullen in grote lijnen hetzelfde gebied aandoen, maar in de praktijk zijn hier wel verschillen te constateren.

De cycle geeft aan op welk moment van de dag de route gereden wordt. Er wordt onderscheid gemaakt tussen vijf vastgestelde cycles en één speciale cycle waar alle uitzonderingen onder vallen. Pakketten die voor 9 uur in de ochtend geleverd dienen te worden vallen bijvoorbeeld onder de speciale cycle. De verschillende cycles en het bijbehorende dagdeel zijn:

1. A (ochtend)
2. B (middag)

3. C (dag)
4. D (middag en avond)
5. E (avond)
6. X (speciale gevallen)

De datum geeft aan wanneer de route is gereden waarmee gezorgd wordt dat de combinatie van deze drie gegevens uniek zijn voor elke route. Door de uniciteit van deze combinatie kan hiermee de koppeling worden gemaakt tussen de LRT en de OPMS data. Met behulp van het stroomdiagram in figuur 6 is de koppeling tot stand gebracht.



Figuur 6: Stroomdiagram van de koppeling tussen OPMS en LRT

Wanneer er in het stroomdiagram wordt gesproken over lengte, dan wordt er bedoeld het aantal rijen. Een rij in OPMS stelt een stop voor dus de lengte van een route is het totaal aantal stops in de route inclusief het vertrek en de aankomst. In dit stroomdiagram wordt ervan uitgegaan dat het ID bepaald moet worden voor alle aanwezige OPMS stops.

4.2.2 Koppeling van FMS met LRT

De koppeling tussen FMS en LRT is niet zo eenvoudig te realiseren. Dit reden hiervoor is dat de twee data systemen afkomstig zijn van verschil-

lende bedrijven en dus verschillende bronnen. Denk bijvoorbeeld aan de kilometerstand op het moment van vertrek. De FMS data haalt deze gegevens rechtstreeks uit het voertuig waardoor de kans groot is dat deze data correct is. Bij de LRT data zijn deze gegevens afkomstig van een handgeschreven formulier, opgemaakt door de koerier en vervolgens overgetypt door een andere medewerker. Hierdoor kunnen er op verschillende punten fouten ontstaan.

Fouten komen voor in geautomatiseerde data evenals in persoonlijk beschreven data. De kans op een fout kan hierin wel verschillen. Doordat er in dit geval twee systemen gekoppeld moeten worden welke hun data beiden uit een andere bron halen zal het vaker voorkomen dat de gegevens niet overeenkomen. Indien dezelfde bron gebruikt wordt, komen de correcte gegevens met elkaar overeen evenals de foute gegevens, zodat de koppeling tussen de systemen makkelijker verloopt.

Er moet dus rekening gehouden worden dat er verschillende uitzonderingen zijn en dat het voor kan komen dat gegevens niet met elkaar overeenkomen. Om dan toch die koppeling te kunnen maken wordt er hier gebruik gemaakt van zoveel mogelijk data die in beide systemen aanwezig is. Als vuistregel wordt hier gebruikt dat als drie van deze gegevens overeenkomen er aangenomen mag worden dat het om dezelfde route gaat.

Hierbij kan het voorkomen dat er routes onterecht gekoppeld zullen worden, of routes niet gekoppeld zullen worden doordat er te weinig overeenkomsten zijn. Er wordt gestreefd naar zoveel mogelijk koppelingen tussen de routes in LRT en de routes in FMS, waarbij er zoveel mogelijk van deze koppelingen ook correct zijn.

In de praktijk komt het vaak voor dat er niet genoeg overeenkomsten zijn om de koppeling te kunnen maken. Om toch een zo groot mogelijk aantal routes te kunnen koppelen zijn er twee *koppelrondes* ingevoerd. Met een ronde wordt bedoeld dat er één keer naar alle FMS routes wordt gekeken om deze te koppelen. In het geval van meerdere rondes wordt dus vaker gekeken naar alle FMS routes.

Bij de eerste ronde zullen de strenge voorwaarden gelden waarbij drie gegevens overeen moeten komen. Als hierbij een overeenkomende is route gevonden wordt het ID, behorende bij deze route, meegegeven aan de FMS data. Vervolgens wordt bij de tweede ronde alleen gekeken naar de routes waarbij geen ID is bepaald en dus niet gekoppeld konden worden in de eerste ronde. Er wordt in dat geval gezocht naar een overeenkomende route in de LRT data waarbij het serienummer van de auto en de datum overeenkomen. Hierbij wordt nog wel een extra controle uitgevoerd door te bepalen of het

```

graph TD
    Start([Start]) --> Bepaal_lengte_FMS[Bepaal lengte FMS]
    Bepaal_lengte_FMS --> Bepaal_factoren[Bepaal factoren]
    Bepaal_factoren --> Keuze1{Is er sprake van een schadehersteller?}
    Keuze1 -- Ja --> Stel_ID_gelijk_aan_0[Stel het ID gelijk aan 0]
    Keuze1 -- Nee --> Bepaal_lengte_van_de_route[Bepaal de lengte van de route]
    Stel_ID_gelijk_aan_0 --> Bepaal_lengte_van_de_route
    Bepaal_lengte_van_de_route --> Keuze2{Is de koeler naam wel bekend in LRT?}
    Keuze2 -- Ja --> Bepaal_het_ID[Bepaal het ID]
    Keuze2 -- Nee --> Vind_route_in_LRT[Vind route in LRT]
    Vind_route_in_LRT --> Bepaal_het_ID
    Bepaal_het_ID --> Geef_het_ID_mee_aan_FMS[Geef het ID mee aan FMS]
    Geef_het_ID_mee_aan_FMS --> Keuze3{Zijn alle routes behandeld?}
    Keuze3 -- Ja --> Begin_bij_de_versie_FMS_route[Begin bij de eerste FMS route]
    Keuze3 -- Nee --> Vind_volgende_FMS_route[Vind volgende FMS route]
    Vind_volgende_FMS_route --> Bepaal_factoren
    Begin_bij_de_versie_FMS_route --> Bepaal_factoren
    Bepaal_factoren --> Keuze4{Is de waarde voor het ID leeg?}
    Keuze4 -- Ja --> Keuze5{Zijn alle routes behandeld?}
    Keuze4 -- Nee --> Vind_volgende_FMS_route
    Keuze5 -- Ja --> Eind([Eind])
    Keuze5 -- Nee --> Geef_het_ID_mee_aan_FMS
    
```

The flowchart illustrates the process of determining the FMS route. It begins with a 'Start' node, leading to 'Bepaal lengte FMS' and 'Bepaal factoren'. A decision point 'Is er sprake van een schadehersteller?' leads to 'Stel het ID gelijk aan 0' (Yes) or 'Bepaal de lengte van de route' (No). 'Bepaal de lengte van de route' leads to 'Is de koeler naam wel bekend in LRT?'. If 'Ja', it leads to 'Bepaal het ID'. If 'Nee', it leads to 'Vind route in LRT', which then leads to 'Bepaal het ID'. 'Bepaal het ID' leads to 'Geef het ID mee aan FMS'. 'Geef het ID mee aan FMS' leads to 'Zijn alle routes behandeld?'. If 'Ja', it leads to 'Begin bij de eerste FMS route'. If 'Nee', it leads to 'Vind volgende FMS route', which then leads to 'Bepaal factoren'. 'Bepaal factoren' leads to 'Is de waarde voor het ID leeg?'. If 'Ja', it leads to 'Zijn alle routes behandeld?'. If 'Nee', it leads to 'Vind volgende FMS route'. 'Zijn alle routes behandeld?' (Ja) leads to 'Eind'.

In het stroomdiagram in figuur 7 is te zien dat de functie om de overeenkomende route in LRT te vinden vier keer voorkomt. De reden hiervoor is, omdat er twee verschillende functies voor zijn en door de verschillende koppelrondes komen ze vaker voor. De twee verschillende functies zijn ontstaan om tijd te besparen waarbij één functie de route zoekt met de wetenschap dat de naam van de koerier uit FMS ook bekend is in LRT. De andere functie zoekt de route met de wetenschap dat dit niet het geval is en de koerier naam dus niet gevonden kan worden in de LRT data.

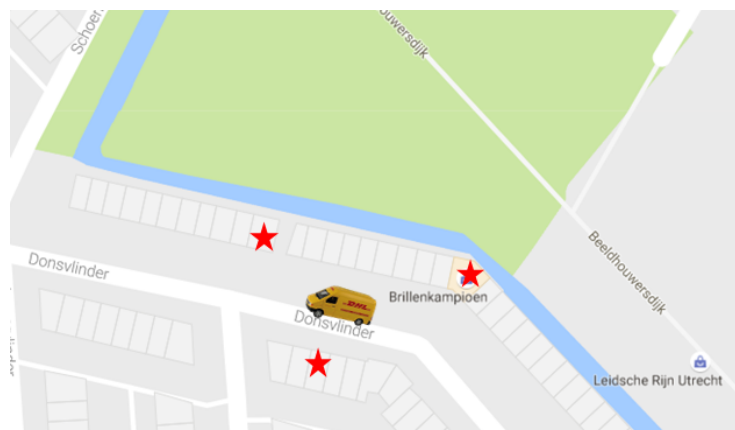
Route optimalisatie - 14 december 2016

4.2.3 Koppeling van OPMS met FMS

De OPMS en de FMS data is nu voorzien van een uniek ID voor elke stop waarbij dit ID aangeeft tot welke route deze stop behoort. Hierdoor is het nu makkelijk om OPMS en FMS aan elkaar te koppelen. Wel bestaat er bij de koppeling tussen deze twee data systemen de kans dat een route uit FMS niet altijd evenveel stops bevat als een route in OPMS.

Aangezien het doel is om uiteindelijk een route te hebben waar alle stops in te zien zijn die daadwerkelijk zijn uitgevoerd, moet er gezocht worden naar een combinatie van de OPMS en FMS data. De eerste stap hiervoor is om voor elke stop in FMS het tijdsinterval te bepalen aan de hand van de aankomst en de vertrektijd bij deze specifieke stop. Het kan, zoals eerder genoemd, voorkomen dat een koerier meerdere pakketten bezorgt of ophaalt waarbij hij tussendoor niet rijdt, maar loopt tussen de afleveradressen. Hierbij zal de FMS data dus één stop registreren terwijl de OPMS data meerdere stops geregistreerd heeft.

Een voorbeeld van een mogelijke situatie waarbij er meerdere OPMS stops zijn bij één FMS stop is te zien in figuur 8. Het DHL busje laat zien waar hij geparkeerd staat. Dit is dus de stop die geregistreerd wordt door FMS. De rode sterretjes laten hierbij zien waar de koerier de pakketten aflevert. Dit doet hij lopend, waarbij hij het DHL busje laat staan, waardoor er geen extra stops worden geregistreerd door het FMS systeem. Bij een klant, een rood sterretje, scant de koerier het pakket wat afgeleverd wordt. Bij het scannen wordt een stop aangemaakt in OPMS met de bijbehorende informatie. In dit voorbeeld zullen er dus drie OPMS stops zijn die alle drie in het tijdsinterval vallen die hoort bij de FMS stop.



Figuur 8: Voorbeeld van meerdere OPMS stops bij één FMS stop

Hiervoor werd bij de "registratie van stops" al uitgelegd dat een stop in FMS wordt geregistreerd indien de motor daadwerkelijk uit is gezet. Het komt voor dat een koerier de motor van het voertuig niet uitzet terwijl de koerier wel een pakket aflevert. Hier zal deze OPMS stop in geen enkel tijdsinterval vallen, omdat er geen FMS stop is geregistreerd. Wat er in zo'n geval wordt gedaan is dat er wordt gekeken bij welk tijdsinterval de OPMS stop het dichtst bij zit. Vervolgens zal dit worden geregistreerd zodat hier rekening mee gehouden kan worden.

Het probleem dat hierbij komt kijken is dat er dan geen stoptijd bekend is bij deze OPMS stop. De wachttijd is gelijk aan het aantal minuten in een tijdsinterval van een FMS stop. Aangezien de OPMS data deze tijden niet zodanig registreert kan er op basis van alleen OPMS data geen wachttijd worden bepaald. Daarom zal er in zo'n geval een standaard wachttijd worden gebruikt van 3 minuten.

Zoals al eerder genoemd bij de "registratie van stops" is het mogelijk dat de koerier ergens stopt en de motor uitzet, zonder dat er een pakket wordt afgeleverd. Hierbij is er echter wel een wachttijd bekend die kan worden berekend voor deze stop. Er zullen dus geen problemen ontstaan door deze stop in de werkelijk gereden route toe te voegen.

4.2.4 Aan te brengen wijzigingen

Om de koppelingen daadwerkelijk uit te kunnen voeren zijn er een aantal wijzigingen aan te brengen aan de databestanden. De wijzigingen staan beschreven in de handleiding voor koppeling. Deze is geschreven om medewerkers te helpen zelf deze koppeling te realiseren. Deze handleiding is terug te vinden in bijlage III.

4.3 Werkelijk gereden route creëren

Nu bekend is welke OPMS stops horen bij welke FMS stops kan de werkelijk gereden route worden gecreëerd. Hierbij zijn van tevoren een aantal afspraken gemaakt voor de uitzonderingen die hier naar boven komen. Door deze afspraken is achteraf goed te begrijpen wat de structuur van de data is en hoe deze tot stand is gekomen. Deze achterliggende kennis is nodig als er analyses uitgevoerd gaan worden op deze gecombineerde data. Door verkeerde interpretaties van de data zouden resultaten ook verkeerd geïnterpreteerd kunnen worden.

De afspraken die gemaakt zijn wat betreft de combinatie van de FMS en OPMS data:

- Indien er alleen een FMS stop aanwezig is in het tijdsinterval, geef dan de coördinaten mee van de FMS stop en de bijbehorende wachttijd.
- Indien er meerdere OPMS stops zijn die bij één FMS stop horen, geef dan de coördinaten van de OPMS stop mee indien die aanwezig zijn. Geef anders de coördinaten van de FMS stop mee. De gezamenlijke wachttijd voor deze stops moet gelijk zijn aan het aantal minuten in het tijdsinterval.
- Indien een OPMS stop niet behoort bij een FMS stop, geef dan de coördinaten mee van de OPMS stop indien die aanwezig is. Geef anders de coördinaten mee van de, qua tijd, dichtstbijzijnde FMS stop. De wachttijd wordt dan vastgesteld op drie minuten.

5 Data analyse

In dit hoofdstuk zal de data analyse worden weergegeven. Allereerst komt de analyse van de wachttijd aan bod. Het doel van de wachttijd analyse is om een eerste stap te zetten in de richting van dynamische wachttijden. Dit is belangrijk om een realistische voorspelling te kunnen maken van de verwachte reistijd. De gemiddelde wachttijden per route, route id en locatie worden hierbij uiteengezet.

Bij de route analyse zal eerst gekeken worden naar de afwijking tussen de data verkregen uit FMS en OPMS, en de data verkregen uit de optimiser tool. Hierbij wordt de afwijking onderzocht van de berekende reistijd en afstand van de routes. Vervolgens zal op basis van de afstand en reistijd van de optimiser tool een vergelijking worden gemaakt tussen de werkelijke route en de geoptimaliseerde route. Hieruit zal blijken of de koerier de route beter rijdt dan de optimiser tool als route voorstelt.

5.1 Wachttijd analyse

De wachttijd staat voor de tijd die het kost om vanaf het moment van parkeren een pakket te bezorgen of op te halen en weer weg te kunnen rijden. Momenteel wordt er gebruik gemaakt van een standaard wachttijd van drie minuten. Deze keuze is gebaseerd op het idee dat de wachttijd overal ongeveer hetzelfde is, waarmee een gemiddelde wordt verwacht van drie minuten.

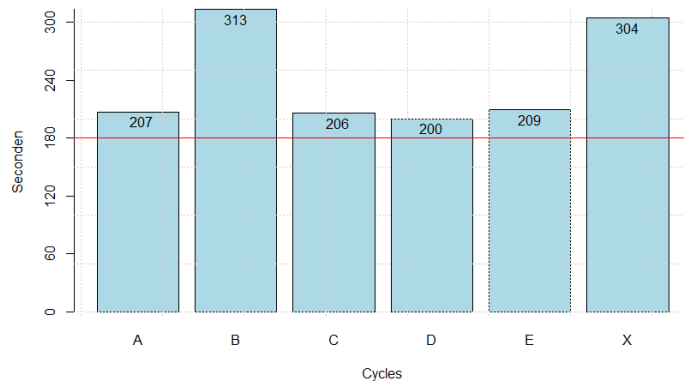
Deze theorie wordt echter tegenwoordig wel in twijfel getrokken. Indien er sprake is van een spreiding van wachttijden, waarbij het gemiddelde niet gelijk is aan drie minuten, is het niet mogelijk om een realistische voorspelling te maken van de tijd die het kost om een route te voltooien. Hierbij is het wenselijk om gebruik te maken van dynamische wachttijden.

Het is belangrijk om te verifiëren of de gemiddelde wachttijd gelijk is aan drie minuten. Hierbij kan gekeken worden naar de gemiddelde wachttijd per cycle en de gemiddelde wachttijd per route id. Deze gemiddelden zijn berekend op basis van de FMS data van de gehele maand augustus 2016 van het servicecentrum in Utrecht. Ook wordt er gekeken naar de wachttijd per locatie, om zo de mogelijkheid tot dynamische wachttijden te onderzoeken.

5.1.1 Gemiddelde wachttijden

Een wachttijd van 20 minuten of meer wordt gezien als een *lange stop*. Dit geldt voor ongeveer 2% van de totale stops. Deze lange stops worden hier niet meegenomen bij de berekeningen voor de gemiddelde wachttijd,

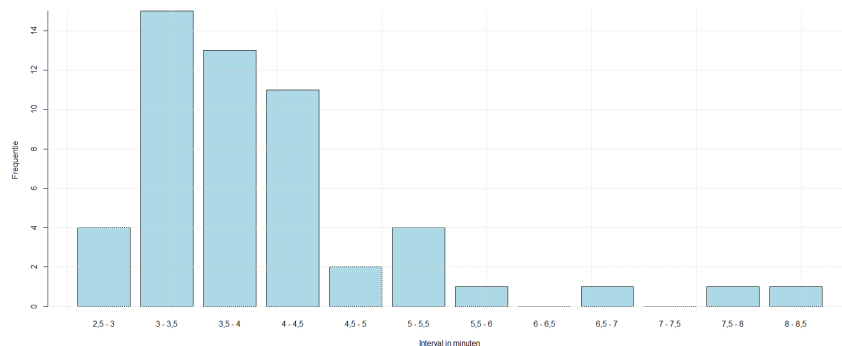
omdat dit zou kunnen zorgen voor afwijkende resultaten. In figuur 9 zijn de gemiddelde wachttijden te zien per cycle. De rode lijn staat voor de drie minuten die nu gebruikt worden als gemiddelde.



Figuur 9: De gemiddelde wachttijd per cycle in seconden

Uit deze cijfers blijkt dat de gemiddelde wachttijd bij elke cycle hoger ligt dan de wachttijd die nu gebruikt wordt als gemiddelde. De data is echter slechts afkomstig van één maand waardoor deze conclusies niet rechtstreeks getrokken kunnen worden. Wel is al te zien dat de gemiddelde wachttijden niet overal hetzelfde zijn en wel degelijk afwijken van de drie minuten.

Tevens is het goed om naar de gemiddelde wachttijd per route id te kijken. Het route id geeft een gebied aan waarbinnen de route gereden zal worden terwijl een cycle alleen het deel van de dag aangeeft wanneer de route gereden wordt. Er zijn in Utrecht 53 verschillende route id's actief. Per route id is de gemiddelde wachttijd berekend waarvan de verdeling in figuur 10 te zien is.



Figuur 10: De verdeling van de gemiddelde wachttijden per route id

Momenteel wordt uitgegaan van een gemiddelde wachttijd van drie minuten per stop. Aangezien de wachttijd in minuten nauwkeurig wordt gemeten kan er worden aangenomen dat deze drie minuten een afwijking mag hebben van een halve minuut. Opvallend is dat veel wachttijden zich boven dit gemiddelde bevinden. Slechts de eerste twee staven van de frequentietabel vallen binnen dit gemiddelde.

Ook bij de cycles was al te zien dat de gemiddelde wachttijd vaak boven het gekozen gemiddelde van drie minuten zit. Hier is te zien dat de meeste gemiddelden hoger liggen dan de verwachte gemiddelde wachttijd van drie minuten.

5.1.2 Wachttijden per locatie

Met de wachttijden per locatie kan iets specifieker gekeken worden naar de spreiding van de wachttijd. Hier zijn ook de lange stops van belang, om zo bijvoorbeeld te zien of deze vaker voorkomen bij dezelfde locaties.

De focus zou gelegd kunnen worden op belangrijke klanten of locaties die met grote frequentie worden aangedaan. Voor deze locaties kan een gemiddelde wachttijd worden bepaald. In tabel 2 is een top 10 te zien van de locaties met hoogste bezoeksfrequentie en de bijbehorende gemiddelde wachttijd.

Adres	Bezoeksfrequentie	Gemiddelde wachttijd
Utrecht, Proostwetering 90	452	04:32
Amersfoort, Basicweg 1-3	86	04:03
Naarden, Huizerstraatweg 28	81	05:43
Gorinchem, Arkelsedijk 46	78	03:56
Bunnik, Parallelweg 1	68	27:12
Veenendaal, Arsenaal 2	63	03:21
Bunnik, Vrumonaweg 2	63	03:21
Scherpenzeel, Industrielaan 19	60	04:39
Utrecht, Heidelberglaan 100	59	16:58
Hilversum, Liebergerweg 72	59	09:42

Tabel 2: De top 10 adressen met de hoogste bezoeksfrequentie

Indien de aard van het bezoek aan een locatie bekend is kan ook gekeken worden of dit van invloed is op de wachttijd. Momenteel is het voor locaties waar een pakket wordt bezorgd of opgehaald wel bekend wat de aard van het bezoek was. Dit kan een pick-up zijn of een levering. Voor de overige stops is dit echter niet bekend. Hier zou gedacht kunnen worden aan tanken, onderhoudsbeurt, pauze, verkeerde locatie. Door ook die overige stops

te classificeren kan met meer zekerheid een voorspelling gedaan worden van de wachttijden.

In tabel 3 is een top 10 te zien van locaties met de langste wachttijden. Hierbij wordt alleen gekeken naar locaties met een bezoekfrequentie van ten minste 10. Dit is gedaan om zo de eenmalige uitschieters die kunnen voorkomen meer uit te middelen. Indien er op een adres ooit één bezoek is gebracht waarbij de wachttijd 50 minuten duurde, wil dit nog niet zeggen dat dit de volgende keer ook weer zal gebeuren. Indien bekend is bij welke adressen een lange wachttijd wordt verwacht kan hiermee rekening gehouden worden bij het inplannen van deze stop.

Adres	Bezoekfrequentie	Gemiddelde wachttijd
Hilversum, Schietspoel 7	10	55:42
De Meern, Gessel 54	23	47:05
Almere, Kempphaanweg 14	20	41:30
Almere, Waterlandseweg	58	30:49
Bunnik, Parallelweg 1	68	27:12
Kapel Avezaath, Provincialeweg	50	22:34
Almere, Wormerweg 8	17	21:11
Nieuwegein, buizerdlaan 10	52	20:44
Utrecht, Meerndijk 59	23	20:03
Leusden, Randweg 4	22	19:25

Tabel 3: De top 10 adressen met de langste wachttijden (met een bezoekfrequentie van ten minste 10)

Wanneer voor één van de adressen uit deze top 10 uitgegaan wordt van een gemiddelde wachttijd van drie minuten is het mogelijk dat andere pakketten te laat bezorgd zullen worden. Hierom is het belangrijk om van deze locaties op de hoogte te zijn.

Zo zou er ook gekeken kunnen worden naar locaties waarbij de wachttijd juist heel kort is. De top 10 van deze locaties is te zien in tabel 4. Ook hierbij is gekeken naar locaties met een bezoekfrequentie van ten minste 10. Indien bekend is bij welke adressen een korte wachttijd wordt verwacht kan hier rekening mee worden gehouden. Dit zou kunnen resulteren in een kortere reistijd voor de gehele route, waardoor er eventueel extra adressen kunnen worden aangedaan.

Adres	Bezoekfrequentie	Gemiddelde wachttijd
Utrecht, Vleutensevaart 35	13	00:37
Vuren, Zeiving 35	21	00:57
Almere, Argonweg 135	13	01:00
Gorinchem, Papland 13	10	01:12
Utrecht, Kanaalweg 19	20	01:18
Almere, Transistorstraat 24	13	01:18
Nieuwegein, Utrechthaven 11	13	01:18
Barneveld, Stationsweg 121	12	01:20
Almere, Rondebeltweg 82	14	01:21
Almere, Camerastraat 2	11	01:22

Tabel 4: De top 10 adressen met de kortste wachttijden (met een bezoekfrequentie van ten minste 10)

5.2 Route analyse

De werkelijk gereden route wordt meegegeven aan de optimiser tool. Deze tool maakt gebruik van zijn eigen bron om de afstand en tijd tussen locaties te berekenen. Met deze reden wordt eerst alleen de afstand en de tijd berekend, zonder de route te optimaliseren. Op deze manier is de afstand en tijd van de geoptimaliseerde route te vergelijken met de afstand en tijd afkomstig vanuit dezelfde bron.

Eerst wordt gekeken of er een significante afwijking bestaat tussen de bronnen FMS en de optimiser tool welke beiden een afstand en reistijd meegeven voor de werkelijk gereden route. Vervolgens zal worden gekeken naar de afwijking tussen de werkelijke route en de geoptimaliseerde route, waarbij bij beiden de bron van de optimiser tool gebruikt zal worden. Op basis hiervan zal de route tot in detail worden bekeken om te kunnen ontdekken waarom de werkelijke route afwijkt van de optimalisatie.

In totaal zijn er 315 bruikbare routes, bestaande uit A en E cycles, waar gebruik van wordt gemaakt voor de verschillende analyses.

5.2.1 Afwijking tussen de werkelijke data en de berekende data

Van de routes zijn er twee variabelen bekend (afstand en tijd), waarbij deze variabelen van twee verschillende bronnen afkomstig zijn. Wat nu bepaald moet worden is, of deze bronnen significant van elkaar verschillen. Dit wordt gedaan door middel van een gepaarde t-toets.

Bij een gepaarde t-toets wordt rekening gehouden dat de twee variabelen

die getoetst worden horen bij dezelfde parameter. In dit geval is de parameter dus een specifieke route en de variabelen zijn de resultaten afkomstig uit de twee bronnen, respectievelijk het FMS en de optimiser tool.

De afstand en tijd per route kunnen erg van elkaar verschillen. Hierbij kan het voorkomen dat de afgelegde afstand volgens FMS groter is en de reistijd korter dan volgens de optimiser tool. Door de afstand en de tijd te combineren in een nieuwe variabele wordt de relatie tussen deze twee variabelen ook meegenomen. De nieuwe variabele is de gemiddelde snelheid van de route, welke verkregen kan worden door de afstand te delen door de tijd.

Eerst wordt een nulhypothese opgesteld. Deze nulhypothese wordt vervolgens getoetst waarna hij wordt geaccepteerd of verworpen. Voor deze toets is gekozen voor een betrouwbaarheidsinterval van 95%. Dit betekent dat er een kans is van 5% dat de nulhypothese onterecht wordt verworpen. Tijdens dit proces wordt ervan uitgegaan dat de nulhypothese waar is. Op basis van de resultaten van deze toets kan er een conclusie worden getrokken over de twee bronnen (A.Field, 2009).

$$H_0 : \mu_{fms} = \mu_{optimiser}$$

Omdat de nulhypothese stelt dat de twee gemiddelden gelijk zijn aan elkaar moet een tweezijdige t-toets gedaan worden. De reden hiervoor is dat het alternatief twee kanten op kan gaan. Het gemiddelde van FMS zou groter of kleiner kunnen zijn dan het gemiddelde van de optimiser, waarbij de gelijkstelling van beide gemiddelden zich in het midden bevindt.

Op basis van deze toets kan de nulhypothese worden verworpen en kan geconcludeerd worden dat de gemiddelden significant van elkaar afwijken. Wat dit wil zeggen is dat er een significante afwijking is tussen de afstand en tijd berekening van FMS en de optimiser tool.

5.2.2 Kwaliteit van de optimalisatie

Bij het bepalen van de kwaliteit van de optimalisatie wordt gekeken naar de afwijking tussen de berekende afstand en tijd van de optimiser tool op basis van de werkelijk gereden route en op basis van de geoptimaliseerde route. Er zijn 12 routes waarbij het verschil in tijd negatief is, bij deze routes zou de koerier de route dus sneller hebben gereden dan de optimiser tool voorstelt. Van de routes met een negatieve afwijking is de top 10 met, procentueel gezien, de grootste negatieve afwijking te zien in tabel 5.

ID	Cycle	Tijd	%	Afstand	%
557	A	-15	-8,96%	-16,28	-20,9%
1135	E	-3	-2,5%	-1,52	-2,9%
1369	A	-3	-1,8%	-2,47	-3,1%
456	E	-2	-1,4%	0,59	0,7%
181	E	-1	-1,4%	0,14	0,4%
1488	A	-2	-1,2%	-8,33	-10,6%
1196	E	-1	-1,0%	-1,14	-3,0%
682	E	-1	-1,0%	-1,13	-3,2%
460	E	-1	-0,8%	-4,56	-9,3%
432	E	-1	-0,7%	-1,03	-1,3%

Tabel 5: De top 10 van grootste negatieve afwijking voor de reistijd

De tijd wordt weergegeven in minuten waarbij de grootste afwijking 15 minuten bedraagt. De overige routes hebben maar een minimale afwijking van maximaal 3 minuten, wat 2,5% voorstelt van de oorspronkelijke route. In tabel 6 is de top 10 te zien van de routes met, procentueel gezien, de grootste positieve afwijking.

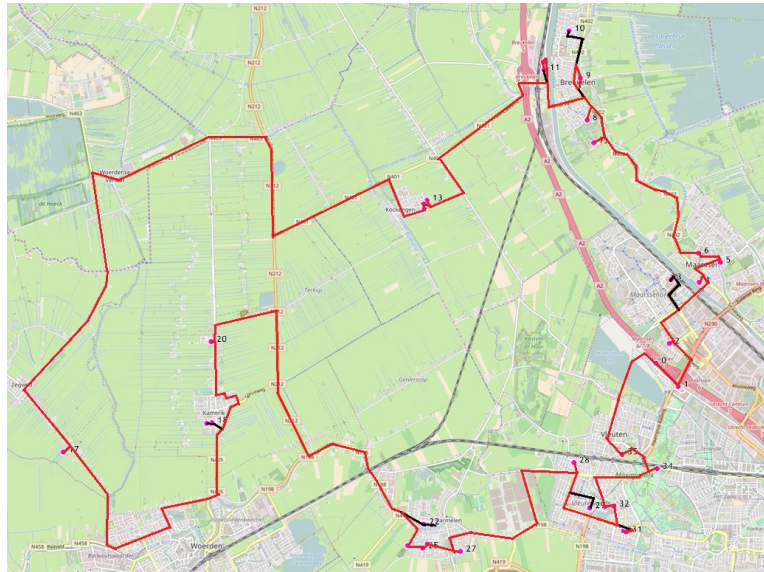
ID	Cycle	Tijd	%	Afstand	%
971	E	48	27,4%	71,6	49,1%
1690	A	55	22,5%	78,66	47,3%
101	A	13	22,0%	9,01	30,4%
1685	A	40	20,9%	7,47	8,3%
1026	A	48	19,1%	53,02	27,9%
430	A	87	17,4%	95,9	49,6%
1351	A	28	17,3%	26,81	37,2%
1520	A	45	17,1%	41,98	36,5%
691	A	23	16,9%	21,64	41,0%
615	A	6	16,2%	4,2	18,2%

Tabel 6: De top 10 van grootste positieve afwijking voor de reistijd

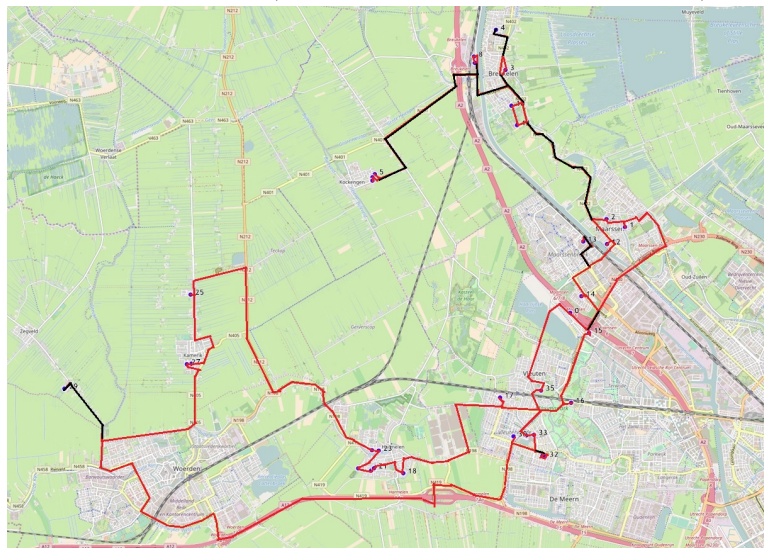
Uit tabel 6 is op te merken dat er veel tijd te winnen valt op hoe de routes nu gereden worden. Opvallend is dat er meer routes uit de E cycle terug te vinden zijn in de top 10 met een negatieve afwijking voor de reistijd terwijl de er meer routes uit de A cycle terug te vinden zijn in de top 10 met een positieve afwijking. Hieruit is op te merken dat er bij de routes uit de A cycle meer tijd te winnen is en de koeriers dus meer de route moeten volgen die de optimiser tool voorstelt.

In figuur 11 is een voorbeeld te zien van route 557, welke procentueel ge-

zien de grootste negatieve afwijking heeft op basis van de reistijd. Hier is dientengevolge de werkelijke route sneller dan de geoptimaliseerde route. De bovenste afbeelding betreft hier de route die werkelijk gereden is en de onderste afbeelding de voorgestelde route door de optimiser tool. In bijlage IV is een grotere versie te zien van deze afbeeldingen.



Werkelijke route (afstand=77,86 km, reistijd=175 min)



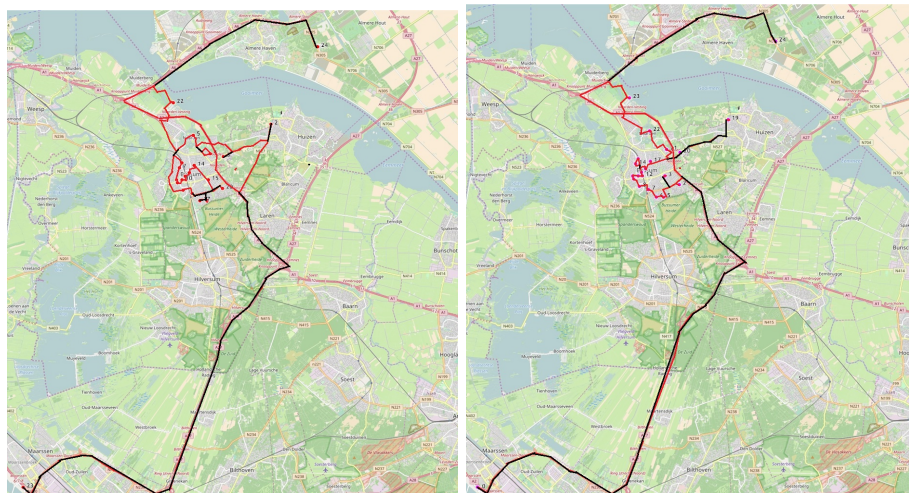
Geoptimaliseerde route (afstand=94,14 km, reistijd=190 min)

Figuur 11: De gereden en geoptimaliseerde route (557)

In figuur 11 wordt weergegeven hoe de route er globaal uit ziet. Met zwart

wordt aangegeven welke grotere stukken weg er dubbel wordt gereden. Aan de afstand en reistijd van beide varianten is al de conclusie te trekken dat de geoptimaliseerde route niet de beste keus is in dit geval. Eerst wordt hier ten noorden van het servicecentrum een ronde gereden en vervolgens wordt er weer bijna vanaf het beginpunt de ronde gereden ten zuiden van het servicecentrum. Dit zorgt ervoor dat er meer kilometers worden gemaakt, zonder dat het een tijdswinst oplevert.

In figuur 12 is een voorbeeld te zien van route 971, welke procentueel gezien de grootste positieve afwijking heeft op basis van de reistijd. Hierbij is dus de geoptimaliseerde route sneller dan de werkelijk gereden route. In bijlage V is een grotere versie te zien van deze afbeeldingen.



Werkelijke route (afstand=145,79 km, reistijd=175 min)
Geoptimaliseerde route (afstand=74,19 km, reistijd=127 min)

Figuur 12: De gereden en geoptimaliseerde route (971)

Te zien is dat de afwijkingen in de route plaatsvinden in het stedelijk gedeelte van de route.

6 Onderzoeksresultaten

Op basis van de data preparatie en analyse die is uitgevoerd zijn een aantal resultaten behaald. Allereerst zijn de resultaten te zien van de uitgevoerde koppelingen, op basis waarvan dit onderzoek is uitgevoerd. Vervolgens komen de resultaten van de wachttijd analyse en de route analyse aan bod. Op basis van de data analyse en deze resultaten zullen in het opvolgende hoofdstuk de conclusies van dit onderzoek beschreven worden.

6.1 Resultaten koppeling

Omdat het LRT als een schakel fungeert bij de koppeling van OPMS en FMS data wordt er voornamelijk gekeken naar het aantal gekoppelde routes vanuit de LRT data. De resultaten bij de koppeling met het LRT heeft dus invloed op het behaalde resultaat van de koppeling tussen FMS en OPMS.

6.1.1 Koppeling van OPMS met LRT

Niet alle routes uit OPMS konden gekoppeld worden met LRT. Dit komt doordat een aantal routes niet in LRT komen, omdat deze routes op inactief zijn gezet. Dit gebeurt met routes die (bijna) nooit gereden worden. Indien deze routes ingevoerd worden, worden ze niet in het systeem gezet, omdat ze op inactief staan. Er wordt hierbij gekeken naar de combinatie van route id en cycle. Zoals eerder uitgelegd stelt dit het gehele route id voor. In tabel 7 is te zien welke routes op inactief stonden in de maand augustus van 2016.

Route id	Cycle	Route id	Cycle
UT01	X	UT31	A
UT13	B	UT51	A
UT21	D	UT53	A
UT23	X	UT56	D
UT24	D	UT58	A
UT24	X	UT92	C
UT26	X	UT95	B
UT27	A		

Tabel 7: De routes die niet in het LRT systeem komen

Doordat de routes met de combinatie van route id en cycle uit tabel 7 niet voorkomen in LRT konden er vanuit OPMS 33 routes niet gekoppeld worden. Er staan 1513 gereden routes in het LRT, waarvan er 13 niet gekoppeld zijn met OPMS. De reden dat deze routes niet gekoppeld zijn is, omdat deze routes niet te vinden zijn in de OPMS data. Vanuit de LRT is het grootst

aantal routes gekoppeld waarbij de verdeling van de gekoppelde routes over de verschillende cycles is te zien in tabel 8.

Cycles	AM A	PM B	AM & PM C	PM & avond D	Avond E	Speciaal X
Totaal	380	266	644	103	245	73
Niet gereden	85	29	8	2	50	24
Wel gereden	295	237	636	101	195	49
Gekoppeld	291	233	635	101	191	49
% Gekoppeld	98,6%	98,3%	99,8%	100%	97,9%	100%

Tabel 8: Percentage van gekoppelde routes met OPMS per cycle

Te zien is dat er voor de A cycle 98,6% van de routes is gekoppeld en voor de E cycle is dit 97,9%. In getallen uitgedrukt betekent dit dat er voor de A en E cycles samen slechts 8 routes niet gekoppeld zijn en 482 wel gekoppeld zijn.

6.1.2 Koppeling van FMS met LRT

Door de complexiteit van de koppeling tussen FMS en LRT, zoals te lezen was in hoofdstuk 4, konden niet alle routes gekoppeld worden. In tabel 9 is te zien wat de verdeling is van de gekoppelde routes over de verschillende cycles. Deze tabel lijkt erg veel op de tabel over de koppeling met OPMS afgezien van een kleine toevoeging; een rij met omschrijving *et voertuig*. Deze rij staat voor het feit dat deze route is gereden door een DHL voertuig en niet door een fiets of een subcontractor. De data van een fietsroute en een route gereden door een subcontractor komen namelijk niet terug in de FMS data en kunnen bij voorbaat dus niet gekoppeld worden.

Cycles	AM A	PM B	AM & PM C	PM & avond D	Avond E	Speciaal X
Totaal	380	266	644	103	245	73
Niet gereden	85	29	8	2	50	24
Wel gereden	295	237	636	101	195	49
Met voertuig	207	233	635	101	195	6
Gekoppeld	175	198	545	83	187	5
% Gekoppeld	84,5%	85,0%	85,8%	82,2%	95,9%	83,3%

Tabel 9: Percentage van gekoppelde routes met FMS per cycle

Te zien is dat de koppeling percentages lager liggen dan bij de OPMS koppeling. Dit is een resultaat welke van tevoren al verwacht werd door de

complexiteit van de koppeling. Toch is er een koppel percentage behaald van 84,5% voor de A cycle en zelfs 95,9% voor de E cycle. Dit betekent dat er 40 routes niet gekoppeld zijn en 362 routes wel gekoppeld.

6.2 Resultaten wachttijd analyse

Bij de wachttijd analyse is voornamelijk gekeken naar de gemiddelde wachttijd. Allereerst is gekeken of de gemiddelde wachttijd per cycle of route id afwijkt van de drie minuten die nu gebruikt wordt. Uit de analyse blijkt duidelijk dat er een afwijking is op de standaard wachttijd van drie minuten. Dit wordt geïllustreerd in de figuren 9 en 10 uit hoofdstuk 5.

Naast de wachttijd per cycle en route id is gekeken naar de gemiddelde wachttijd per locatie. Hier wordt onderscheid gemaakt tussen drie categorieën.

- Locaties met een hoge bezoeksfrequentie;
- Locaties met een hoge gemiddelde wachttijd;
- Locaties met een lage gemiddelde wachttijd.

In de data analyse is inzicht gegeven in de gemiddelde wachttijd die geldt bij bepaalde locaties. Deze wachttijden worden getoond in de tabellen 2, 3 en 4 in hoofdstuk 5. Aan de hand van deze data is een model op te stellen om dynamische wachttijden te gebruiken.

6.3 Resultaten route analyse

De route optimalisatie wordt uitgevoerd door te optimaliseren op tijd. Dit wil zeggen dat het doel is om zo min mogelijk reistijd te hebben voor een route. Hierbij kan het voorkomen dat de afgelegde afstand groter wordt. Dit heeft onder andere te maken met het soort wegen waarop gereden wordt, waarop een andere maximum snelheid kan gelden.

Uit de analyse blijkt dat de negatieve afwijking in tijd slechts minimaal is, met één uitschieter waarbij een negatieve afwijking van de reistijd geldt van 8,96%. Ook komt naar voren in de analyse dat de positieve afwijking in tijd talrijker aanwezig is. De hoogste positieve uitwijking van 27,4% is dan ook geen uitschieter meer te noemen.

In tabel 10 zijn de resultaten van de A en E cycles wat betreft de afwijkingen uiteengezet. Bij een neutrale afwijking wordt hier geen marge aangehouden. Er wordt hier geen afwijking in tijd of afstand geconstateerd.

Tijd	A	E		Afstand (negatief)	A	E	
Negatief	3	9	12	(12)	3	7	10
Neutraal	5	26	31	(31)	0	3	3
Positief	143	129	272	(272)	7	12	19
Totaal	151	164	315	Totaal	10	22	32

Tabel 10: De verdeling van de verschillen met de tijd als basis

In tabel 10 wordt aan de linkerkant eerst gekeken naar de afwijking in de tijd. Hier is te zien dat van de 315 routes, 12 routes een langere reistijd kregen bij de optimiser tool. Bij de tabel aan de rechterkant wordt vervolgens alleen gekeken naar de specifieke routes die bij de linker tabel naar voren kwamen. Dus van de 12 routes waarvan het verschil in tijd negatief was, zijn er 10 waarvan het verschil in afstand ook negatief is. Hierbij was na het optimaliseren dus niet alleen de reistijd langer, maar ook de afgelegde afstand. Wat opvalt is dat er voor de A cycles vaker een kortere reistijd wordt gevonden bij de optimalisatie.

7 Conclusie

De doelstelling van dit onderzoek was om erachter te komen hoe de route optimalisatie verder kan worden verbeterd. Aangezien dit een erg breed doel is, zijn er een aantal afbakeningen opgesteld om zo een gericht onderzoek uit te kunnen voeren. Zo wordt er voor verbeteringen alleen gekeken naar de gereden routes, om zo een trend te kunnen ontdekken op basis waarvan de optimalisatie tool verbeterd kan worden. Ook is alleen gekeken naar de A en E cycles, zodat er zo min mogelijk sprake is van ad-hoc pick-ups in de routes.

De hoofdvraag voor dit onderzoek is als volgt:

”Hoe kan je door gebruik van historische data van daadwerkelijk gereden routes een verbetering vinden in het optimalisatie algoritme van DHL waarbij een route in een minstens 5% kortere tijd gereden kan worden?”

Deze hoofdvraag zal beantwoord worden aan de hand van de drie deelvragen die zijn opgesteld, welke de rode draad hebben gevormd tijdens het uitvoeren van dit onderzoek.

Deelvraag 1

Deelvraag 1 luidt: Wat is het voertuig routeringsprobleem en welke varianten kunnen een rol spelen in het vraagstuk DHL?

Het voertuig routeringsprobleem geeft inzicht in mogelijke oplossingen voor het route optimalisatie vraagstuk van DHL. Hierbij is duidelijk geworden dat een optimalisatie in de praktijk niet haalbaar is voor dit probleem en dat een algoritme op zoek gaat naar een benadering van de optimale oplossing.

Mogelijke varianten van het voertuig routeringsprobleem welke toepasbaar zijn voor DHL zijn:

- VRPPD (voertuig routeringsprobleem met pick-up en levering)

Hierbij wordt rekening gehouden dat er niet alleen leveringen plaatsvinden, maar er ook sprake kan zijn van een pick-up.

- VRPTW (voertuig routeringsprobleem met tijdsvensters)

Hierbij wordt rekening gehouden met tijdsvensters waarbinnen de levering gedaan moet worden. Vervolgens kunnen verschillende strategieën gebruikt worden indien er sprake is van vertraging. Gekozen kan

worden om ervoor te zorgen dat zo veel mogelijk pakketten binnen deze tijdsvensters geleverd worden. Dit wordt de "*minimale verlies*" aanpak genoemd.

- VRPMT (voertuig routeringsprobleem met meerdere trips)

Hierbij wordt rekening gehouden dat één voertuig meerdere routes kan rijden op eenzelfde dag.

- OVRP (open voertuig routeringsprobleem)

Hierbij wordt rekening gehouden met meerdere depots. Het grotere geheel wordt bekeken, zodat de locaties die zich op de randgebieden tussen de depots bevinden op de meest optimale wijze bedient kunnen worden.

- DVRP (dynamisch voertuig routeringsprobleem)

Hierbij wordt naar het probleem gekeken vanuit een real-time perspectief. Indien er op een specifieke route een vertraging kenbaar wordt gemaakt kan hier ad-hoc op gereageerd worden. Dit zorgt voor een meer flexibele houding ten opzichte van de routes.

Deelvraag 2

Deelvraag 2 luidt: Welke locaties hebben de grootste afwijking ten opzichte van de gemiddelde wachttijd?

De grootste afwijking van de gemiddelde wachttijd van drie minuten is te vinden in de positieve afwijkingen. De top 10 van de adressen met de grootste gemiddelde wachttijd en daarmee ook een grootste afwijking zijn te zien in tabel 11. Hierbij is wel rekening gehouden met een bezoekfrequentie van minimaal 10. Indien een adres slechts één keer is bezocht waarbij een lange wachttijd gold, wil dit niet gelijk zeggen dat dit de volgende keer ook weer zo zal zijn. Met een gemiddelde wachttijd op basis van meerdere bezoeken geldt een grotere kans dat het volgende bezoek een gelijkwaardige wachttijd zal hebben.

Adres	Bezoekfrequentie	Gemiddelde wachttijd
Hilversum, Schietspoel 7	10	55:42
De Meern, Gessel 54	23	47:05
Almere, Kempphaanweg 14	20	41:30
Almere, Waterlandseweg	58	30:49
Bunnik, Parallelweg 1	68	27:12
Kapel Avezaath, Provincialeweg	50	22:34
Almere, Wormerweg 8	17	21:11
Nieuwegein, buizerdlaan 10	52	20:44
Utrecht, Meerndijk 59	23	20:03
Leusden, Randweg 4	22	19:25

Tabel 11: De top 10 adressen met de langste wachttijden (met een bezoekfrequentie van ten minste 10)

Ook de adressen met de kortste wachttijden zijn van belang. Hoewel dit niet de grootste afwijking oplevert levert kan het wel een tijdswinst opleveren bij het uitvoeren van een route met veel van deze vergelijkbare korte wachttijden. Deze zijn te zien in tabel 12 en wederom is hier rekening gehouden met een bezoekfrequentie van ten minste 10.

Adres	Bezoekfrequentie	Gemiddelde wachttijd
Utrecht, Vleutensevaart 35	13	00:37
Vuren, Zeiving 35	21	00:57
Almere, Argonweg 135	13	01:00
Gorinchem, Papland 13	10	01:12
Utrecht, Kanaalweg 19	20	01:18
Almere, Transistorstraat 24	13	01:18
Nieuwegein, Utrechthaven 11	13	01:18
Barneveld, Stationsweg 121	12	01:20
Almere, Rondebeltweg 82	14	01:21
Almere, Camerastraat 2	11	01:22

Tabel 12: De top 10 adressen met de kortste wachttijden (met een bezoekfrequentie van ten minste 10)

Deelvraag 3

Deelvraag 3 luidt: Wat zijn mogelijke oorzaken voor de afwijking in tijd tussen de geplande routes en de gereden routes?

Door te kijken naar de verdelingen van de positieve, neutrale en negatieve afwijkingen in de reistijd is al een eerste beeld te vormen. Deze verdeling is te zien in tabel 13. Hier is te zien dat het grootste gedeelte van de routes een

positieve afwijkingen heeft. Dit betekent dat er in deze gevallen verbetering mogelijk is in de reistijd. De 12 routes met een negatieve afwijking hebben oorspronkelijk een kortere reistijd dan de optimiser tool als route voorstelt. Uit de analyse blijkt echter dat hierbij de afwijkingen minimaal zijn.

Tijd	A	E	
Negatief	3	9	12
Neutraal	5	26	31
Positief	143	129	272
Totaal	151	164	315

Tabel 13: De verdeling van de afwijkingen in de reistijd

Van tevoren was de verwachting bij DHL dat de koeriers die voornamelijk de E cycles rijden eerder geneigd zijn om de voorgestelde route uit de optimiser tool te volgen in tegenstelling tot de koeriers die voornamelijk de A cycles rijden. In tabel 13 is dit terug te zien doordat er vaker winst te halen is in de reistijd bij de A cycles.

Wel is er een beperking geconstateerd bij dit onderzoek. Dit onderzoek is uitgevoerd door de FMS en OPMS data te combineren en zo een werkelijk gereden route te creëren. Deze werkelijk gereden route word vervolgens door de optimiser gehaald om zo de afstand en reistijd te berekenen op basis van de bronnen die door deze tool worden gebruikt. Hier wordt met één fenomeen geen rekening gehouden namelijk dat er in de werkelijk gereden route ook pakketten te voet worden afgeleverd. Dit gebeurt als twee of meerdere adressen zo gelocaliseerd zijn dat het handiger is om dit te voet te doen in plaats van met het voertuig. De optimiser tool gaat er echter vanuit dat alle locaties met het voertuig worden aangedaan, waardoor een verschil in reistijd kan ontstaan.

De conclusie op basis van dit onderzoek is dan ook dat de optimiser tool de route optimalisatie op basis van de reistijd goed uitvoert. De koeriers die niet rijden volgens deze tool hebben een grote kans op een langere reistijd. Door de optimiser tool te volgen kan er, voor de routes gebruikt voor dit onderzoek, een tijds winst behaald worden van gemiddeld 8,8%.

8 Aanbevelingen

Bij het uitvoeren van dit onderzoek zijn een aantal afbakeningen gedaan en beperkingen geconstateerd. Mede op basis hiervan zijn een aantal aanbevelingen voor vervolgonderzoek.

8.1 Dynamische wachttijden

Uit het onderzoek is gebleken dat de gemiddelde wachttijden per locatie erg kunnen verschillen, en tevens afwijken van de huidige inschatting van drie minuten. Om de inschatting van de reistijd te kunnen verbeteren kan gebruik gemaakt worden van dynamische wachttijden. Hierbij is het van belang om een database bij te houden van de bezochte adressen waarbij de aard van het bezoek en de wachttijd bekend is. De aard van het bezoek zou kunnen zijn een levering, een pick-up of een pauze. Door rekening te houden met de aard van de stop en de gemiddelde wachttijd kan een voorspelling worden gemaakt voor de toekomst. Dit zou gedaan kunnen worden op basis van een *bewegend gemiddelde*. Hierbij worden alleen de recentere wachttijden meegenomen, zodat een eventuele verandering gemakkelijker gedetecteerd wordt.

Dit zou per adres apart gedaan kunnen worden of met een clustering van gelijksoortige gemiddelde wachttijden. Er dienen dan clusters te worden gemaakt met een bepaald bereik, zodat een adres in het cluster geplaatst wordt waarbinnen zijn gemiddelde wachttijd valt. Door het bijhouden van de database en gebruik makend van het bewegend gemiddelde kan met deze clusters ook dynamisch omgegaan worden. Deze clusters dienen niet te groot gemaakt te worden, omdat dan de kans bestaat dat er toch een grotere afwijking ontstaat dan gewenst.

8.2 Route optimalisatie

Ter verbetering van de route optimalisatie moet onderzocht worden hoe adressen geclusterd kunnen worden wanneer deze beter te voet bezocht kunnen worden in plaats van met een voertuig. Deze geclusterde adressen krijgen in dat geval één bezoeklocatie vanwaar er tussen de geclusterde adressen gelopen wordt. In vervolgonderzoek dient gekeken te worden vanaf wanneer een specifieke locatie sneller te bereiken is door te lopen gegeven de mogelijke voorafgaande bezorglocaties.

Dit zou een verbreding van de optimiser tool opleveren waarbij ook koeriers die het gebied niet goed kennen worden geholpen door de route met een zo kort mogelijke reistijd te voltooien.

8.3 DHL

Op basis van dit onderzoek is te zien dat de optimalisatie goed uitgevoerd wordt. Een aanbeveling aan DHL is dan ook om de koeriers meer te sturen op het volgen van de optimiser. Door de voorgestelde route van de optimiser tool te volgen is de verwachting dat de reistijd kan worden ingekort.

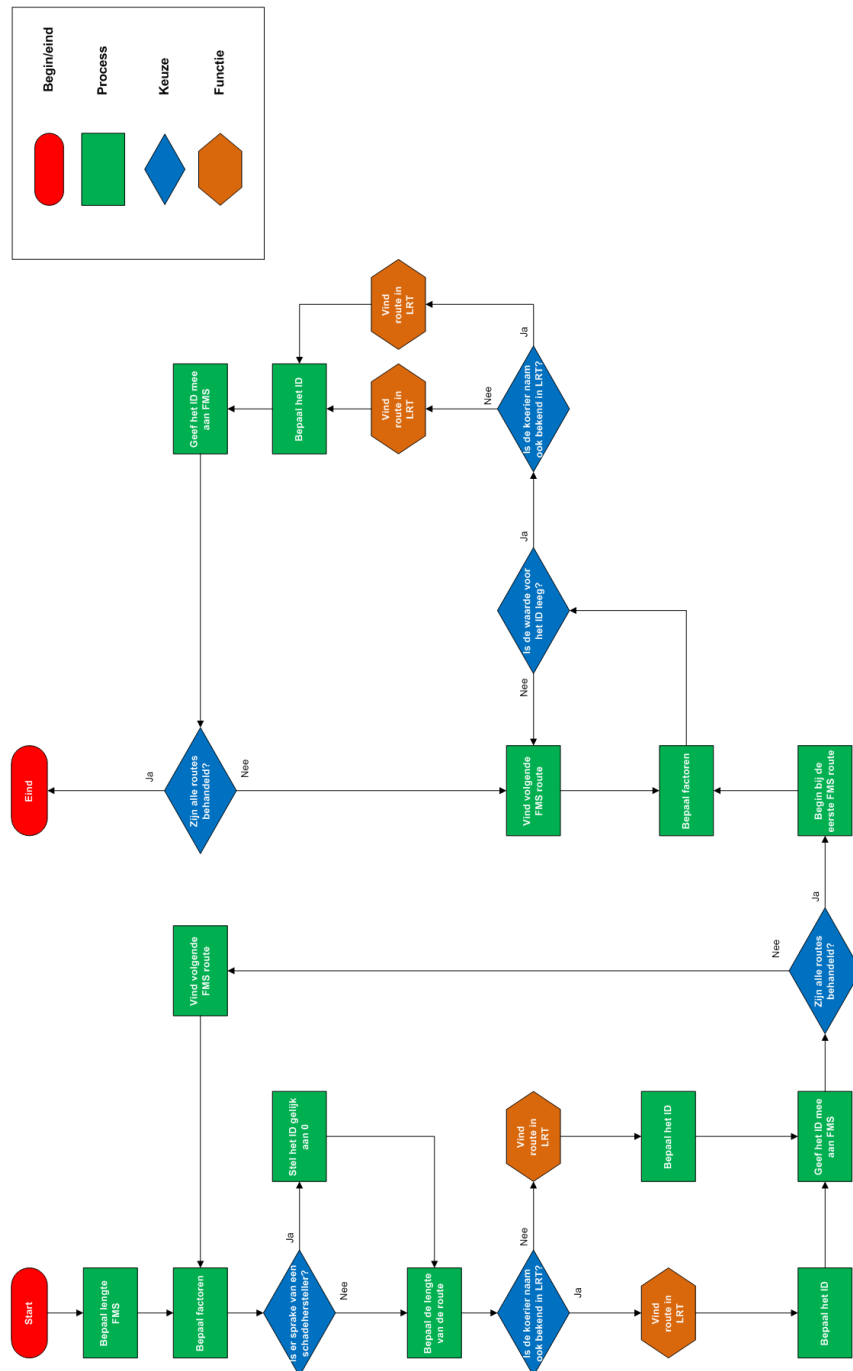
Indien de datakoppeling structureel gebruikt gaat worden is de aanbeveling om deze datakoppeling meer uit te werken en generiek te maken, zodat er niet alleen per servicecentrum de koppeling gemaakt kan worden tussen de OPMS en FMS data. Indien dit op een structurele manier gedaan wordt is aan te raden om de aanpassingen die nodig zijn in de OPMS en LRT data door te voeren om de koppeling op deze manier makkelijker uitvoerbaar te maken.

Referenties

- A.Field. (2009). *discovering statistics using spss* (3e dr.). SAGE.
- A.Larsen. (2001). The dynamic vehicle routing problem.
- B.Hayes. (2008). Accidental algorithms. *American Scientist*.
- C.D.Tarantilis, G.Ioannou, C.T.Kiranoudis & G.P.Prastacos. (2004). A threshold accepting approach to the open vehicle routing problem. *RAIRO Operations Research*, 38.
- D.Cattaruzza, N.Absi & D.Feillet. (2016). Vehicle routing problems with multiple trips.
- D.L.applegate, R.E.Bixbey, V.Chátal & W.J.Cook. (2007). *The traveling salesman problem*. Princeton University Press.
- G.Nagy & S.Salhi. (2003). Heuristic algorithms for single and multiple depot vehicle routing problems with pickups and deliveries.
- J.F.Puget. (2013). *No, the tsp isn't np complete*. IBM developerWorks. Op 5-10-2016 verkregen van https://www.ibm.com/developerworks/community/blogs/jfp/entry/no_the_tsp_isn_t_np_complete?lang=en
- J.L.Martin. (2016). *Euler paths and euler circuits*. University of Kansas. Op 21-09-2016 verkregen van <https://www.math.ku.edu/~jmartin/courses/math105-F11/Lectures/chapter5-part2.pdf>
- N.A.Wassan & G.Nagy. (2014). Vehicle routing problem with deliveries and pickups: Modelling issues and meta-heuristics solution approaches. *International Journal of Transportation*, 2.
- S.N.Kumar & R.Panneerselvam. (2012). A survey on the vehicle routing problem and its variants. *Intelligent Information Management*, 4.

Bijlagen

I Stroomdiagram koppeling FMS en LRT



II Testrapport koppeling FMS en LRT



Testrapport koppeling FMS en LRT

Britt Kirsten Bekkenutte

14 december 2016

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Testresultaten	4
3	Conclusie	5
	Bijlagen	6
I	Resultaten	7

1 Inleiding

Dit testrapport zal de kwaliteit van de koppeling beschrijven tussen FMS en LRT data van DHL Express. De data die gebruikt is voor deze koppeling betreft de data van de gehele maand augustus 2016 van het servicecentrum Utrecht.

De LRT data is afkomstig van een met de hand ingevuld formulier welke vervolgens overgetypt wordt waarna het in het LRT systeem wordt overgenomen. De FMS data wordt afgelezen vanuit de auto waardoor deze als correct wordt beschouwd.

In totaal zijn er 1513 routes in het LRT systeem die gereden zijn en gekoppeld kunnen worden. Van deze routes zijn er 1193 gekoppeld met de data uit het FMS systeem. Dit is een kleine 80% van de data. De steekproef omvang, op basis van het aantal routes dat getest moet worden, moet minimaal 291 routes bevatten. Hiermee wordt dan een betrouwbaarheidsniveau van 95% gehaald.

Door het uitvoeren van een aselechte steekproef waarbij deze routes worden gecontroleerd kan er een conclusie worden getrokken over de verwachte kwaliteit van de koppeling. Deze 300 routes stelt 25% van de data voor. Bij de testresultaten zal per route te zien zijn wat bekend is van deze route in het LRT systeem en in het FMS systeem. In het meest ideale geval komt alles precies overeen. Door de aard van de data zal het voorkomen dat er verschillen te zien zijn, terwijl het wel gaat om dezelfde route. Dit zal gecontroleerd worden aan de hand van verschillende factoren. Hier zal dieper op ingegaan worden bij de testresultaten.

2 Testresultaten

Bij de test wordt gekeken of de route in FMS en de route met hetzelfde ID in LRT daadwerkelijk dezelfde route zijn. Dit wordt gedaan aan de hand van de vergelijking van bepaalde kenmerken. Op basis hiervan wordt bepaald of de route correct gekoppeld is of niet. Wanneer uit de test blijkt dat hij niet correct gekoppeld is zal er eerst nog handmatig naar deze routes gekeken worden voordat een definitief oordeel over de correctheid wordt gegeven. De kenmerken die worden vergeleken zijn:

- De datum
- De naam van de koerier
- Het serienummer van het voertuig
- De kilometerstand aan het begin en aan het eind van de route
- De begin en eindtijd van de route

Hierbij geldt dat indien er drie kenmerken niet hetzelfde zijn de route wordt gezien als niet correct gekoppeld. Ook als de kilometerstand en de tijd allebei niet correct zijn zal de route worden gezien als niet correct gekoppeld. In de bijlagen zijn de resultaten te zien uit deze test. Op basis van deze resultaten zijn 24 routes handmatig bekeken. Hierbij zijn 12 routes correct gebleken en 12 routes incorrect. Deze routes zijn te zien in tabel 1.

Correcte route (ID)	Niet correcte route (ID)
60	385
85	466
676	523
804	802
837	827
1114	936
1282	1220
1423	1252
1508	1424
1511	1579
1631	1619
1689	1657

Tabel 1: De handmatige bekeken routes

3 Conclusie

Het doel van deze test is het bepalen van de kwaliteit van de koppeling. Er is met een willekeurige 25% van de routes getest of de routes correct gekoppeld zijn. Hierbij kwamen er in eerste instantie 24 routes uit die niet goed gekoppeld zijn. Dit is staat voor 8% van het totaal aantal geteste routes. Hierbij is bij deze 24 routes handmatig gekeken of deze beoordeling klopt. Bij 12 van deze routes is gebleken dat dit klopte en er sprake is van een incorrecte koppeling. Dit betekend dat 4% van de geteste routes niet goed gekoppeld zijn wat betekend dat 96% wel goed is gekoppeld.

Hieruit kan worden geconcludeerd dat de koppeling in 96% van de gevallen een correct gekoppelde route oplevert.

Bijlagen

I Resultaten

ID	Datum	Naam	Serienummer	Kilometerstand	Tijd	Correct
25	x		x	x	x	x
32	x	x	x	x		x
39	x	x	x	x	x	x
42	x	x	x	x		x
46	x	x	x	x		x
47	x	x	x	x	x	x
48	x	x	x	x		x
50	x	x	x	x		x
60	x	x	x			
61	x	x	x	x	x	x
68	x		x	x	x	x
70	x	x	x	x	x	x
71	x		x	x	x	x
80	x	x	x	x	x	x
84	x	x	x	x		x
85	x	x	x			
87	x		x	x	x	x
99	x		x	x		x
101	x	x	x	x	x	x
102	x	x	x	x	x	x
134	x	x	x	x		x
164	x	x	x	x		x
177	x	x	x	x	x	x
180	x	x	x	x		x
183	x		x	x	x	x
188	x	x	x	x	x	x
196	x	x	x	x	x	x
197	x	x	x	x	x	x
199	x	x	x	x	x	x
202	x	x	x	x	x	x
205	x	x	x		x	x
206	x	x	x	x	x	x
211	x	x	x	x	x	x
212	x	x	x	x	x	x
232	x	x	x	x	x	x
233	x	x	x		x	x
235	x	x	x	x		x

Tabel 2: De testresultaten (tabel 1 van 8)

ID	Datum	Naam	Serienummer	Kilometerstand	Tijd	Correct
245	x	x	x	x	x	x
248	x	x	x	x	x	x
249	x	x	x	x	x	x
250	x	x	x	x		x
256	x	x	x	x	x	x
265	x	x		x	x	x
269	x	x	x	x	x	x
280	x	x	x		x	x
281	x	x	x	x		x
285	x	x	x	x	x	x
288	x	x	x	x	x	x
289	x	x	x	x	x	x
292	x	x	x	x	x	x
302	x	x	x	x	x	x
304	x	x	x	x		x
312	x	x	x	x		x
322	x	x	x	x	x	x
325	x		x	x	x	x
335	x	x	x	x	x	x
337	x	x	x	x	x	x
342	x	x	x	x	x	x
343	x	x	x	x	x	x
352	x	x	x	x	x	x
361	x	x	x	x	x	x
364	x	x	x	x	x	x
370	x	x	x		x	x
373	x	x		x		x
375	x	x	x	x		x
376	x	x	x	x		x
378	x	x	x	x		x
385	x	x	x			
388	x	x	x	x	x	x
399	x		x	x	x	x
400	x	x	x	x	x	x
405	x	x	x	x	x	x
410	x	x		x	x	x
414	x	x	x	x	x	x
416	x	x	x	x	x	x
420	x	x	x	x	x	x

Tabel 3: De testresultaten (tabel 2 van 8)

ID	Datum	Naam	Serienummer	Kilometerstand	Tijd	Correct
423	x	x	x	x		x
424	x	x	x	x		x
425	x	x	x	x	x	x
433	x	x	x	x	x	x
449	x	x	x	x	x	x
450	x	x	x	x	x	x
455	x	x	x	x	x	x
456	x	x	x	x	x	x
464	x		x	x		x
466	x	x	x			
476	x	x	x	x	x	x
478	x	x	x	x		x
523	x	x	x			
526	x	x	x	x	x	x
537	x	x	x	x		x
540	x		x	x	x	x
542	x	x	x	x	x	x
549	x	x	x	x	x	x
564	x		x	x	x	x
566	x	x	x	x	x	x
567	x	x	x	x	x	x
577	x	x	x	x	x	x
582	x	x	x		x	x
586	x	x			x	x
594	x	x	x	x	x	x
597	x	x	x	x	x	x
599	x	x	x	x	x	x
601	x		x		x	x
603	x	x	x	x	x	x
608	x	x	x	x	x	x
624	x	x	x	x		x
635	x	x	x	x	x	x
658	x	x	x	x	x	x
671	x	x	x	x		x
676	x	x	x			
681	x	x		x	x	x
688	x	x	x	x	x	x
705	x	x	x	x	x	x
715	x	x	x	x	x	x

Tabel 4: De testresultaten (tabel 3 van 8)

ID	Datum	Naam	Serienummer	Kilometerstand	Tijd	Correct
724	x	x	x	x	x	x
726	x	x	x	x	x	x
730	x	x		x	x	x
731	x	x	x	x	x	x
732	x	x	x	x	x	x
734	x	x	x		x	x
743	x	x	x	x		x
744	x	x	x		x	x
747	x	x	x	x	x	x
751	x	x	x	x	x	x
763	x	x	x	x	x	x
769	x	x	x	x	x	x
773	x	x	x	x	x	x
775	x	x	x	x	x	x
777	x	x	x	x	x	x
778	x		x	x		x
787	x	x	x	x		x
791	x	x	x	x	x	x
800	x	x	x	x	x	x
801	x		x	x		x
802	x	x	x			
804	x	x	x			
805	x	x	x	x		x
824	x	x	x	x		x
827	x		x			
836	x		x		x	x
837	x	x	x			
870	x	x	x	x	x	x
875	x	x	x	x	x	x
879	x	x	x	x	x	x
894	x	x	x	x		x
895	x	x	x	x	x	x
915	x	x	x	x		x
916	x	x	x		x	x
918	x	x	x		x	x
929	x	x	x	x		x
934	x		x	x	x	x
936	x	x	x			
953	x	x	x	x		x

Tabel 5: De testresultaten (tabel 4 van 8)

ID	Datum	Naam	Serienummer	Kilometerstand	Tijd	Correct
959	x		x		x	x
973	x		x	x	x	x
978	x	x	x	x	x	x
989	x	x	x	x	x	x
991	x		x	x	x	x
992	x	x	x	x	x	x
1005	x	x	x	x		x
1014	x	x	x	x	x	x
1022	x	x		x		x
1027	x	x	x	x	x	x
1035	x	x	x	x	x	x
1043	x	x	x	x	x	x
1054	x	x	x	x	x	x
1055	x	x	x	x	x	x
1058	x	x	x	x	x	x
1059	x		x	x		x
1069	x	x	x	x	x	x
1078	x	x	x	x		x
1083	x	x	x	x	x	x
1089	x		x	x		x
1096	x	x	x	x	x	x
1098	x	x	x	x	x	x
1110	x	x	x	x		x
1114	x	x	x			
1125	x	x	x	x	x	x
1129	x	x	x	x		x
1130	x	x	x	x	x	x
1135	x		x	x	x	x
1136	x	x	x	x	x	x
1137	x	x	x	x		x
1142	x	x	x	x	x	x
1143	x	x	x	x	x	x
1146	x	x	x	x	x	x
1147	x	x	x	x	x	x
1173	x	x	x	x	x	x
1187	x	x	x	x	x	x
1192	x	x	x	x	x	x
1203	x	x	x	x	x	x
1206	x	x	x	x	x	x

Tabel 6: De testresultaten (tabel 5 van 8)

ID	Datum	Naam	Serienummer	Kilometerstand	Tijd	Correct
1207	x	x	x	x	x	x
1209	x		x	x	x	x
1210	x	x	x	x	x	x
1213	x	x	x	x	x	x
1218	x	x	x	x	x	x
1220	x	x	x			
1226	x	x	x	x	x	x
1230	x	x	x	x	x	x
1232	x	x	x	x	x	x
1236	x	x	x	x		x
1246	x	x	x	x	x	x
1247	x	x	x	x	x	x
1252	x		x			
1267	x	x	x	x		x
1269	x	x	x	x	x	x
1270	x	x	x	x	x	x
1282	x	x	x			
1284	x	x	x	x	x	x
1288	x	x	x	x	x	x
1295	x	x	x	x	x	x
1302	x	x	x	x	x	x
1305	x	x	x	x	x	x
1310	x	x	x	x	x	x
1312	x	x	x	x	x	x
1316	x	x	x	x	x	x
1319	x	x	x	x	x	x
1327	x		x		x	x
1340	x	x	x	x	x	x
1353	x	x	x	x	x	x
1359	x		x	x	x	x
1360	x	x	x	x	x	x
1369	x	x	x	x	x	x
1376	x	x	x	x	x	x
1378	x	x	x	x	x	x
1379	x	x	x	x	x	x
1386	x	x	x	x	x	x
1391	x		x	x		x
1396	x	x	x	x	x	x
1399	x	x	x	x	x	x

Tabel 7: De testresultaten (tabel 6 van 8)

ID	Datum	Naam	Serienummer	Kilometerstand	Tijd	Correct
1400	x	x	x	x	x	x
1409	x	x	x	x	x	x
1410	x	x	x	x	x	x
1413	x	x	x	x	x	x
1422	x	x	x	x	x	x
1423	x	x	x			
1424	x	x	x			
1428	x	x	x	x	x	x
1429	x	x	x	x	x	x
1430	x	x	x		x	x
1435	x	x	x	x	x	x
1442	x		x	x	x	x
1453	x	x	x	x	x	x
1460	x	x	x	x		x
1465	x	x	x	x	x	x
1471	x	x	x	x		x
1487	x	x	x	x	x	x
1488	x	x	x	x	x	x
1493	x	x	x	x	x	x
1500	x	x	x	x	x	x
1502	x	x	x	x		x
1508	x	x	x			
1509	x		x	x		x
1511	x	x	x			
1512	x	x	x	x	x	x
1519	x	x	x	x	x	x
1531	x	x	x	x	x	x
1532	x	x	x	x	x	x
1534	x	x	x	x	x	x
1535	x	x	x	x	x	x
1536	x	x	x	x	x	x
1556	x	x	x		x	x
1571	x	x	x	x		x
1573	x	x	x	x	x	x
1578	x	x	x	x	x	x
1579	x		x			
1582	x	x	x	x	x	x
1583	x	x	x	x	x	x
1588	x	x	x	x	x	x

Tabel 8: De testresultaten (tabel 7 van 8)

ID	Datum	Naam	Serienummer	Kilometerstand	Tijd	Correct
1590	x	x	x	x	x	x
1591	x	x	x	x	x	x
1593	x	x	x	x	x	x
1601	x	x	x	x	x	x
1608	x	x	x	x	x	x
1619	x	x	x			
1624	x	x	x	x	x	x
1629	x	x	x	x	x	x
1630	x	x	x	x	x	x
1631	x	x	x			
1636	x		x		x	x
1641	x	x	x	x		x
1643	x	x	x	x		x
1649	x		x	x	x	x
1657	x	x	x			
1654	x	x	x	x		x
1658	x	x	x	x	x	x
1660	x	x	x	x	x	x
1665	x		x	x	x	x
1669	x	x	x	x		x
1675	x	x	x	x		x
1679	x	x	x	x	x	x
1683	x	x	x	x	x	x
1687	x	x	x	x	x	x
1688	x	x	x	x		x
1684	x	x	x	x	x	x
1689	x	x	x			
1690	x	x	x		x	x
1695	x	x	x	x		x

Tabel 9: De testresultaten (tabel 8 van 8)

III Handleiding datakoppeling



Handleiding data koppeling

Britt Kirsten Bekkenutte

14 december 2016

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Preparatie van de datasets	4
2.1	Datasets	4
2.2	Toevoeging van kolommen	4
2.2.1	LRT	5
2.2.2	FMS	6
2.2.3	OPMS	7
2.3	Verkeerde spelling	7
2.4	Data sortering	8
3	Koppeling datasets	10
3.1	Koppeling LRT / OPMS	10
3.2	Koppeling LRT / FMS	11
	Bijlagen	14
	I Script koppeling LRT / OPMS	14
	II Script koppeling LRT / FMS	16

1 Inleiding

In deze handleiding, voor het koppelen van de RitAssist dataset (FMS) aan de LRT en OPMS datasets, zal worden beschreven welke handelingen er nodig zijn om deze data zo goed mogelijk te koppelen. De handleiding is zo opgebouwd dat het een stap voor stap instructie betreft om ervoor te zorgen dat zoveel mogelijk routes aan elkaar kunnen worden gekoppeld.

De bestanden worden aan elkaar gekoppeld door middel van een unieke identifier per route. Op deze manier is het mogelijk om via deze unieke identifier de route uit een FMS database aan dezelfde route uit de OPMS database te linken.

Het is mogelijk dat niet alle routes aan elkaar gekoppeld kunnen worden. Dit kan verschillende oorzaken hebben welke in deze handleiding worden besproken.

De koppeling zal worden uitgevoerd in Microsoft Excel door gebruik te maken van Visual Basic for Applications.

Deze koppeling gaat om de koppeling van deze data sets voor één enkel servicecentrum.

2 Preparatie van de datasets

In dit hoofdstuk is te lezen welke datasets precies nodig zijn voor de koppeling. Tevens is te lezen welke veranderingen aangepast dienen te worden en moet worden gelet op de plaatsing van bepaalde gegevens.

2.1 Datasets

De juiste dataset van LRT en OPMS zijn uit de database bij DHL te halen. Het gaat erom dat de juiste dataset van RitAssist wordt gedownload. Volg de volgende stappen om de goede RitAssist dataset te krijgen:

1. Log in op de website www.ritassist.nl
2. Ga naar het tabblad 'Rapporten'
3. Selecteer links van het scherm 'Ritten per bestuurder'
4. stel het bestandsformaat in op Excel (.csv)
5. Selecteer de juiste Datum range die je wilt hebben
6. Filter op 'Groep(Medewerkers)' en vul als groep het servicecenter waar je de data van wilt hebben in
7. Maak nu het bestand aan door op 'Aanmaken' te klikken
8. De dataset wordt aangemaakt en zodra dit is gedaan kan het bestand worden gedownload

2.2 Toevoeging van kolommen

Om ervoor te zorgen dat het script werkt moeten de juiste gegevens in de daarvoor bestemde cellen staan. Per dataset zal worden beschreven welke kolommen toegevoegd zijn aan de bestaande dataset en voor welke kolommen het belangrijk is dat ze op de juiste plek te vinden zijn. Wel is het belangrijk dat de verschillende datasets in hetzelfde Excel Workbook staan, maar op aparte sheets in ditzelfde workbook. De sheets moeten de namen krijgen van de betreffende dataset dus FMS, LRT of OPMS.

Belangrijk is dat de eerste rij waarin de verschillende waarden per kolom staan (de waarden onder de kop van de betreffende kolom dus), in Excel index 2 heeft. Dit houdt in dat er slechts één kop mag staan boven de verschillende kolommen. Eventuele andere informatie boven de tabel moet worden weggehaald.

2.2.1 LRT

Bij de LRT dataset moeten een aantal kolommen toegevoegd worden. Allereerst de kolom met het ID welke in Excel in kolom C moet staan. Dit ID begint bij de eerste rij met de waarde 1. Elk volgend ID zal een waarde hebben die precies 1 hoger is dan zijn voorganger.

Er moet ook een kolom worden toegevoegd waarin alleen de naam de lezen is van de koerier. Om dit te doen zijn echter wel twee kolommen nodig. De reden hiervoor is dat voor het werken van de functie "Find" in Excel er geen formule in de cell mag staan, maar alleen de waarde (in dit geval de naam van de Koerier). Daarom wordt de eerste nieuwe kolom gebruikt om de naam te verkrijgen uit de kolom 'Resource ID' en de tweede kolom om deze waarden naartoe te kopiëren.

De resource ID (de naam en het personeelsnummer van de koerier) moet in kolom I staan en in de kolom J van komt de volgende formule:

$$= IFERROR(RIGHT(I2; (LEN(I2) - FIND(" "; I2))));$$

Alle waarden in kolom J kunnen nu worden gekopieerd waarbij alleen de *waarde* wordt geplakt in kolom K. Op deze manier is de inhoud van kolom K dus geen formule die een naam produceert zoals in kolom J, maar simpelweg een naam.

Er zijn nu dus drie kolommen toegevoegd aan de LRT dataset:

- Het unieke ID (kolom C)
- De naam van de koerier uit het resource ID te halen (kolom J)
- De weergave van enkel de naam van de koerier, zonder gebruik te maken van een formule (kolom K)

Ook moeten een aantal kolommen die al aanwezig waren in de dataset niet afwijken van bepaalde kolommen. Deze zijn hieronder te zien:

- Date (kolom A)
- Vehicle ID (Kolom L)
- Departure from facility mileage (kolom O)
- Arrival at facility mileage (kolom U)

2.2.2 FMS

Ook in het FMS bestand moeten er een aantal kolommen toegevoegd worden. Allereerst de kolom met het ID in kolom E. Deze wordt niet ingevuld, omdat dit gebeurt aan de hand van een script. Een andere kolom die wordt toegevoegd is een kolom voor de Cycle van de route. Deze komt in kolom F te staan en wordt wederom door een script ingevuld. Deze twee kolommen hoeven dus enkel aangemaakt te worden.

De volgende kolom die moet worden toegevoegd is een kolom voor het serienummer van de auto. Deze informatie staat al wel vermeld in de FMS dataset, maar de format verschilt met het format in de LRT dataset en er staat extra informatie in dus niet enkel het serienummer. De kolom 'SerialNumber' uit de FMS dataset hoort in kolom O te staan. In de kolom hiernaast, kolom Q, zal het serienummer in hetzelfde format komen te staan als in de LRT dataset. Dit door onderstaande formule te gebruiken in kolom Q:

$$= SUBSTITUTE(LEFT(O2; FIND(" "; O2) - 1); " - "; "")$$

De laatste kolom die moet worden toegevoegd is een kolom waarin staat of de koeriernaam uit de FMS dataset ook bekend is in de LRT dataset. Deze informatie moet in kolom R staan. Dit kan gedaan worden door de volgende in kolom R te plaatsen:

$$= IFERROR(IF(MATCH(A2; LRT!K : K; 0) > 0; "Y"; "N"); "N")$$

Er zijn nu dus vier kolommen toegevoegd aan de FMS dataset:

- Het unieke ID (kolom E)
- De cyclus behorende bij de route (kolom F)
- Het serienummer van de auto in hetzelfde format als in de LRT dataset (kolom Q)
- De controle of de naam bekend is in zowel de FMS dataset als in de LRT dataset (kolom R)

Ook moeten een aantal kolommen die al aanwezig waren in de dataset niet afwijken van bepaalde kolommen. Deze zijn hieronder te zien:

- Date (kolom D)
- DriverName (Kolom A)

- PersonnelNumber (kolom B)
- OdometerStart (kolom H)
- OdometerStop (kolom I)

2.2.3 OPMS

In de OPMS dataset hoeft slechts één kolom worden toegevoegd en dat is de kolom waarin het ID van de route komt te staan. Deze ID moet in kolom AF staan en zal worden ingevuld door een script dus dient leeg te worden gelaten na het aanmaken van de kolom.

Ook moeten een aantal kolommen die al aanwezig waren in de dataset niet afwijken van bepaalde kolommen. Deze zijn hieronder te zien:

- Act Dt (kolom K)
- PUD Rte (Kolom C)
- PUD Cycle (kolom D)

2.3 Verkeerde spelling

De OPMS dataset maakt geen gebruik van de koeriernaam dus hier wordt alleen gesproken over de LRT en de FMS dataset. Het komt voor dat een naam niet bekend is in beide datasets waardoor er in deze gevallen niet kan worden gematched op koeriernaam. Hier kan in de datasets niets aan worden gedaan, maar in het koppeling script wordt er wel rekening mee gehouden.

Ook komt het voor dat een naam verkeerd wordt gespeld, zodat deze naam niet wordt herkent als aanwezig in de andere dataset. Van de namen in tabel 1 is nu bekend dat deze niet hetzelfde gespeld worden in beide datasets. Door in één van de datasets de naam aan te passen kan dit worden opgelost.

LRT	FMS
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]

Tabel 1: Namen die verschillende geschreven worden in de LRT en FMS dataset, wegens vertrouwelijkheid kunnen deze niet getoond worden.

Indien de namen in Excel aangepast worden kan dit met de functie "Find and Replace" worden gedaan.

2.4 Data sortering

Het is erg belangrijk dat de data goed gesorteerd wordt, zodat het script goed kan werken. Indien dit niet juist wordt gedaan kan dit resulteren in het toewijzen van een verkeerde ID en het niet kunnen vinden van een ID voor bepaalde routes.

Het sorteren van de data kan in Excel door naar het tabblad "data" te navigeren. Hier is de knop "Sort" te vinden waarmee de data op verschillende lagen kan worden gesorteerd. Dit moet gedaan worden met de OPMS en de FMS dataset.

Als de "sort"functie wordt gebruikt moet als eerst de kolom worden gedefiniëerd waarop gesorteerd moet worden, dan waarop er gesorteerd moet worden en als laatst hoe er gesorteerd moet worden. Hierbij kan er gesorteerd worden op meerdere kolommen.

In figuur 1 is te zien hoe de sortering bij OPMS en FMS eruit moet zien.

Sort

☒ My data has headers

Column	Sort On	Order
Sort by Act Dt	Values	Smallest to Largest
Then by ID	Values	Smallest to Largest
Then by Act Tm	Values	Smallest to Largest

OK Cancel

OPMS

Sort

☒ My data has headers

Column	Sort On	Order
Sort by Vehicle ID	Values	A to Z
Then by Date	Values	Oldest to Newest
Then by RideNumber	Values	Smallest to Largest
Then by DriverName	Values	A to Z

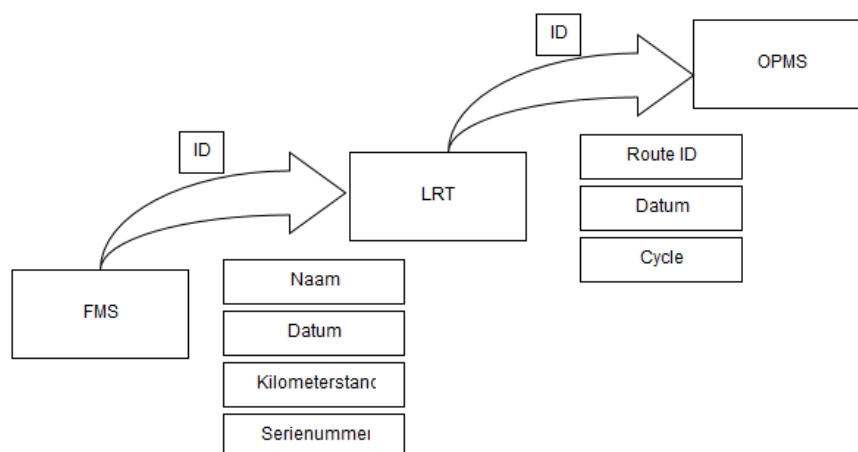
OK Cancel

FMS

Figuur 1: De sortering bij OPMS en FMS

3 Koppeling datasets

Zoals al eerder aangegeven wordt voor het koppelen van de verschillende datasets gebruikt gemaakt van een uniek ID nummer. Dit nummer wordt toegevoegd aan de datasets en op basis hiervan kunnen dezelfde routes uit de FMS en de OPMS dataset aan elkaar worden gelinkt. In figuur 2 is een schamtische tekening gezien van het koppelen van de verschillende datasets. Hier is te zien dat OPMS en LRT aan elkaar gekoppeld kunnen worden door gebruik te maken van de Route ID, datum en cycle. FMS en LRT zijn aan elkaar te koppelen door gebruik te maken van de naam, datum, kilometerstand en het serienummer.



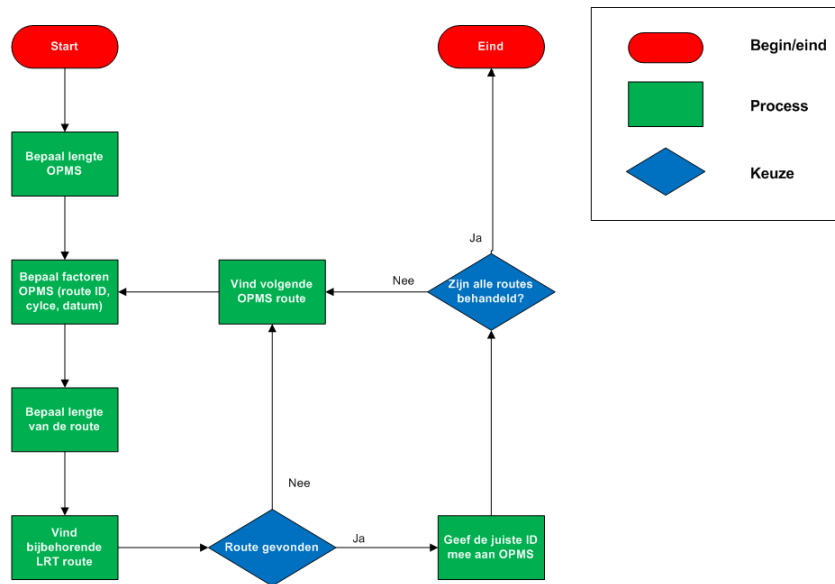
Figuur 2: Koppelschema

3.1 Koppeling LRT / OPMS

Het koppelen van LRT met OPMS gaat op zich vrij soepel. Wel kan het voorkomen dat niet alles gekoppeld wordt. De oorzaak hiervoor is dat niet alle data in de LRT dataset komt. Als een combinatie van een bepaalde route ID met Cycle niet vaak wordt gereden wordt deze in het DHL systeem op inactief gezet. Dit resulteert erin dat als deze specifieke route wel wordt gereden deze niet in de LRT dataset zal komen. De stop worden wel geregistreerd in OPMS, maar kunnen dus niet worden gekoppeld aan LRT, omdat deze route daarin niet bestaat. Daardoor zal het ook niet mogelijk zijn om deze route aan FMS te koppelen. De LRT dataset is namelijk de link tussen de OPMS en FMS datasets.

Het script welke gebruikt kan worden om LRT en OPMS te koppelen is in de bijlagen te zien. Dit script moet achter het LRT sheet worden gezet.

Dit kan gedaan worden door naar het developer tabblad te gaan en vervolgens op visual basic te klikken. Zorg nu dat de sheet genaamd "LRT" is geselecteerd en plak dan het script op het veld. Het script is gebaseerd op het stroomdiagram in figuur 3.



Figuur 3: Stroomdiagram voor de koppeling van OPMS en LRT

3.2 Koppeling LRT / FMS

Bij het koppelen van LRT aan FMS moet rekening gehouden met verschillende uitzonderingen welke nog besproken zullen worden. Het script dat gebruikt kan worden om deze twee datasets te koppelen is te vinden in de bijlagen. Het kan hier ook voorkomen dat een route niet gekoppeld kan worden. Dezelfde oorzaak als bij het koppelen met OPMS kan hier gelden, echter kunnen er hier meerdere oorzaken.

De LRT dataset is voornamelijk opgebouwd door met de hand ingevulde data welke later door een ander in de computer wordt gezet. Hierdoor kan er op verschillende punten fouten worden gemaakt, zodat de data in de LRT dataset niet geheel meer correct is. Hierdoor kan er dan misschien geen goede match worden gemaakt bij bepaalde routes. Dit zijn echter wel uitzonderingen en het grootste gedeelte van de routes zal met behulp van het script in de bijlagen gekoppeld kunnen worden. Dit script moet achter het FMS sheet worden gezet. Dit kan gedaan worden door naar het developer

[illegible]

Er is hier sprake van verschillende uitzonderingen. Hieronder wordt aangegeven welke uitzonderingen er zijn geconstateerd en met welke er wel of geen rekening gehouden worden.

- Een koerier kan in een auto met hetzelfde serienummer, op dezelfde dag twee verschillende routes rijden;
- Een route kan, volgens de FMS dataset, gereden worden door twee of drie verschillende koeriers;
- De kilometerstand kan te veel afwijken. Er wordt nu rekening gehouden met een mogelijke afwijken van plus of min 10 kilometer;
- Het serienummer van de auto in het FMS bestand komt niet overeen met het serienummer van de auto in het LRT bestand;
- De naam van de koerier in het FMS bestand is niet bekend in het LRT bestand;
- De naam van de koerier in het FMS bestand komt niet overeen met de naam in het LRT bestand op die route.

Uitzonderingen waar geen rekening mee wordt gehouden:

- Er kunnen in de eerste ronde niet minstens drie overeenkomstige factoren worden gevonden tussen het LRT en het FMS bestand. En er kunnen daarna in de tweede ronde niet minstens twee overeenkomstige factoren worden gevonden waarbij het ID nog niet is gebruikt voor een andere route;
- In het FMS bestand is slechts sprake van één stop;
- In het FMS bestand is slechts sprake van stops die alleen plaatsvinden op het servicenter.

Er kan wel iets gedaan worden om ervoor te zorgen dat zoveel mogelijk routes gekoppeld kunnen worden. Hierbij gaat het erom dat de data in de LRT dataset zo goed mogelijk is. Hierbij kan gekeken worden naar fouten in de serienummers van de auto's. Hierbij kan het bijvoorbeeld zijn dat er een letter verkeerd geschreven is of een getal of dat twee getallen of letters omgedraaid zijn. In tabel 2 zijn foute serienummers te zien die in de data van augustus 2016 voorkomen.

Verkeerd serienummer	Correct serienummer
██████████	██████████
██████████	██████████
██████████	██████████
██████████	██████████
██████████	██████████
██████████	██████████
██████████	██████████
██████████	██████████
██████████	██████████
██████████	██████████
██████████	██████████
██████████	██████████

Tabel 2: Serienummers van verkeerd geschreven nummerborden in het LRT bestand met de correcte schrijfwijze, wegens vertrouwelijkheid kunnen deze niet getoond worden.

Bijlagen

I Script koppeling LRT / OPMS

```
1 Sub connect_LRT_OPMS()
2
3 Dim rowsOPMS As Long
4 Dim rowsLRT As Long
5
6 i = 2
7 j = 2
8
9 Worksheets("OPMS").Activate
10 rowsOPMS = WorksheetFunction.CountA(ActiveSheet.Range("A:A"))
11
12 Worksheets("LRT").Activate
13 rowsLRT = WorksheetFunction.CountA(ActiveSheet.Range("A:A"))
14
15 Do While j < rowsOPMS + 1
16     Route = Worksheets("OPMS").Cells(i, 3).Value
17     Cycle = Worksheets("OPMS").Cells(i, 4).Value
18     DateOPMS = Worksheets("OPMS").Cells(i, 11).Value
19     D = CStr(DateOPMS)
20     y = Left(D, 4)
21     x = Right(D, 2)
22
23     If Left(x, 1) = 0 Then
24         Z = Right(x, 1) & "-" & 8 & "-" & y
25     Else
26         Z = x & "-" & 8 & "-" & y
27     End If
28
29     DateLRT = CDate(Z)
30
31     Do While Worksheets("OPMS").Cells(j, 11).Value =
        DateOPMS And Worksheets("OPMS").Cells(j, 3).
        Value = Route And Worksheets("OPMS").Cells(j, 4)
        .Value = Cycle
32         j = j + 1
33     Loop
34
35     found = 0
36     m = 2
37
38     Do Until found = 1
39         If Cells(m, 1).Value = DateLRT Then
40             If Cells(m, 4).Value = Route Then
41                 If Cells(m, 5).Value = Cycle Then
```

```

42             found = 1
43         End If
44     End If
45 End If
46     m = m + 1
47     If m = rowsLRT + 2 Then
48         found = 1
49     End If
50 Loop
51
52 ID = Cells(m - 1, 3).Value
53
54 For k = i To j - 1
55     Worksheets("OPMS").Cells(k, 32).Value = ID
56 Next
57
58     i = j
59 Loop
60 End Sub

```

II Script koppeling LRT / OPMS

```
1
2 Sub connect()
3
4 Dim DriverName As String
5 Dim Startmilage As Long
6 Dim Stopmilage As Long
7 Dim SerialNumber As String
8 Dim known As String
9 Dim Datum As Date
10 Dim ID As Integer
11 Dim j As Long
12 Dim rows As Long
13
14 i = 2
15 j = 2
16 t = 2
17 rows = WorksheetFunction.CountA(Range("A:A"))
18
19 Do While j < rows + 1
20
21 Worksheets("FMS").Activate
22 y = 1
23 DriverName = Cells(i, 1).Value
24 SerialNumber = Cells(i, 17).Value
25 known = Cells(i, 18).Value
26 Datum = Cells(i, 4).Value
27 PersonnelNumber = Cells(i, 2).Value
28 Startmilage = Cells(i, 8).Value
29
30 If PersonnelNumber = "SCHADEHERSTELLER" Then
31     ID = 0
32 Else
33
34 'Bepalen welke rijen uit het FMS bestand bij een enkele
    route horen. X kan aangeven dat er een tweede route is
    gereden door dezelfde koerier, op dezelfde datum met
    dezelfde auto.
35
36     j = Route(i, DriverName, SerialNumber, Datum)
37
38     Stopmilage = Cells(j - 1, 9).Value
39
40
41     If known = "Y" Then
42         ID = FindIDY(Datum, DriverName, SerialNumber,
            Startmilage, Stopmilage, j, y, rows)
43     Else
```

```

44         ID = FindIDN(Datum, SerialNumber, Startmilage,
45             Stopmilage, y, rows)
46     End If
47 End If
48
49
50
51 'Het toekennen van het ID en bijbehorende cycle voor
52 'de geselecteerde route.
53
54 If PersonnelNumber = "SCHADEHERSTELLER" Then
55     Cells(i, 5).Value = ID
56     j = i + 1
57 ElseIf ID <> 0 Then
58     For k = i To j - 1
59         Cells(k, 5).Value = ID
60         Cells(k, 6).Value = Worksheets("LRT").Cells(ID + 1,
61             5).Value
62     Next
63 End If
64
65 'i wordt gelijk gesteld aan j, welke het begin van een
66 'volgende route wordt aangegeven.
67 i = j
68
69 Loop
70
71 '-----* second round for the empty ID's
72     *-----
73
74 i = 2
75 j = 2
76 t = 2
77
78 Do While j < rows + 1
79     y = 0
80     If Cells(i, 5).Value = "" Then
81
82         Worksheets("FMS").Activate
83         DriverName = Cells(i, 1).Value
84         SerialNumber = Cells(i, 17).Value
85         known = Cells(i, 18).Value
86         Datum = Cells(i, 4).Value
87         PersonnelNumber = Cells(i, 2).Value
88         Startmilage = Cells(i, 8).Value

```

```

89
90 'Bepalen welke rijen uit het FMS bestand bij een enkele
    route horen. X kan aangeven dat er een tweede route is
    gereden door dezelfde koerier, op dezelfde datum met
    dezelfde auto.
91
92     j = Route(i, DriverName, SerialNumber, Datum)
93
94     Stopmilage = Cells(j - 1, 9).Value
95
96
97     If known = "Y" Then
98         ID = FindIDY(Datum, DriverName, SerialNumber,
            Startmilage, Stopmilage, j, y, rows)
99     Else
100         ID = FindIDN(Datum, SerialNumber, Startmilage,
            Stopmilage, y, rows)
101     End If
102
103 End If
104
105
106
107 'Het toekennen van het ID en bijbehorende cycle voor de
    geselecteerde route
108
109     If PersonnelNumber = "SCHADEHERSTELLER" Then
110         Cells(i, 5).Value = ID
111         j = i + 1
112     ElseIf y = 0 And Cells(i, 5).Value <> "" Then
113         j = i + 1
114     ElseIf ID <> 0 Then
115         For k = i To j - 1
116             Cells(k, 5).Value = ID
117             Cells(k, 6).Value = Worksheets("LRT").Cells(ID +
                1, 5).Value
118         Next
119     End If
120
121
122 'i wordt gelijk gesteld aan j, welke het begin van een
    volgende route wordt aangegeven.
123
124     i = j
125
126 Loop
127
128
129 End Sub

```

```

130
131
132 '***** De functies de gebruikt worden in het
      script *****
133
134 Function Route(ByVal i As Long, ByVal DriverName As String,
      ByVal SerialNumber As String, ByVal Datum As Date) As
      Long
135
136
137 x = i
138 t = 2
139 j = i
140
141 Do While Cells(j, 1).Value = DriverName And Cells(j, 17)
      .Value = SerialNumber And Cells(j, 4).Value = Datum
142 If (Cells(j, 13).Value = "Utrecht, de heldinnenlaan
      193" Or Cells(j, 13).Value = "Utrecht, De
      Heldinnenlaan") And Cells(j + 3, 4).Value =
      Datum And Cells(j + 3, 1).Value = DriverName
      Then
143     x = j
144     End If
145     j = j + 1
146 Loop
147
148 If Cells(j, 12).Value = Cells(j - 1, 13).Value And Cells
      (j - 1, 13).Value <> "Utrecht, de heldinnenlaan 193"
      And Cells(j - 1, 13).Value <> "Utrecht, De
      Heldinnenlaan" And Cells(j, 4).Value = Datum And
      Cells(j, 17).Value = SerialNumber Then
149     DriverName = Cells(j, 1).Value
150     Startmilage = Cells(j, 8).Value
151     Do While Cells(j, 1).Value = DriverName And
      Cells(j, 17).Value = SerialNumber And Cells(
      j, 4).Value = Datum
152     If (Cells(j, 13).Value = "Utrecht, de
      heldinnenlaan 193" Or Cells(j, 13).Value
      = "Utrecht, De Heldinnenlaan") And
      Cells(j + 3, 4).Value = Datum And Cells(
      j + 3, 1).Value = DriverName Then
153         x = j
154         End If
155         j = j + 1
156     Loop
157 End If
158
159 If Cells(j, 12).Value = Cells(j - 1, 13).Value And Cells
      (j - 1, 13).Value <> "Utrecht, de heldinnenlaan 193"

```

```

        And Cells(j - 1, 13).Value <> "Utrecht , De
        Heldinnenlaan" And Cells(j, 4).Value = Datum And
        Cells(j, 17).Value = SerialNumber Then
160     DriverName = Cells(j, 1).Value
161     Startmilage = Cells(j, 8).Value
162     Do While Cells(j, 1).Value = DriverName And
        Cells(j, 17).Value = SerialNumber And Cells(
        j, 4).Value = Datum
163         If (Cells(j, 13).Value = "Utrecht , de
            heldinnenlaan 193" Or Cells(j, 13).Value
            = "Utrecht , De Heldinnenlaan") And
            Cells(j + 3, 4).Value = Datum And Cells(
            j + 3, 1).Value = DriverName Then
164             x = j
165         End If
166         j = j + 1
167     Loop
168 End If
169
170 'Controle of er sprake is van ÃÃn of twee routes.
171 If j > x + 2 And rij <> x And rij < x - 4 Then
172     j = x + 1
173 End If
174
175 Route = j
176
177 End Function
178
179
180 Function FindIDY(ByVal Datum As Date, ByVal DriverName As
    String, ByVal SerialNumber As String, ByVal Startmilage
    As Long, ByVal Stopmilage As Long, j As Long, ByVal y As
    Integer, ByVal rows As Long) As Integer
181
182 Dim i As Range, x As Range
183 Dim Foundat As String
184 Dim count As Integer
185
186 Z = Round((rows / 850), 0)
187
188 If y = 1 Then
189
190     count = 0
191     Worksheets("LRT").Activate
192     Set i = ActiveSheet.Range("K:K").Find(What:=DriverName)
193
194     If i Is Nothing Then
195
196     Else

```

```

197         Foundat = i.Row
198         m = CInt(Foundat)
199
200 'Vind de route op basis van naam (bekend bij vertrek), datum
    en kilometerstand
201     Do Until found = 1 Or count = Z
202         If count > 0 Then
203             Set i = ActiveSheet.Range("K:K").FindNext(
                After:=i)
204             Foundat = i.Row
205             m = CInt(Foundat)
206         End If
207         If Worksheets("LRT").Cells(m, 1).Value =
            Datum And Worksheets("LRT").Cells(m, 15)
                .Value > Startmilage - 10 And Worksheets(
                    "LRT").Cells(m, 15).Value < Startmilage
                        + 10 Then
208             If Worksheets("LRT").Cells(m, 21).Value
                > Stopmilage - 10 And Worksheets("
                    LRT").Cells(m, 21).Value <
                        Stopmilage + 10 Then
209                 found = 1
210             End If
211         End If
212         count = count + 1
213     Loop
214 End If
215
216
217 'Als de route nog niet gevonden is, vind de route op basis
    van naam (bekend is bij aankomst), datum en
    kilometerstand
218     If count = Z Then
219         Drivename2 = Cells(j - 1, 1).Value
220         count = 0
221         Set i = ActiveSheet.Range("K:K").Find(What:=
            Drivename2)
222
223         If i Is Nothing Then
224
225         Else
226             Foundat = i.Row
227             m = CInt(Foundat)
228
229             Do Until found = 1 Or count = Z
230                 If count > 0 Then
231                     Set i = ActiveSheet.Range("K:K").
                        FindNext(After:=i)
232                     Foundat = i.Row

```

```

233         m = CInt(Foundat)
234     End If
235     If Worksheets("LRT").Cells(m, 1).Value =
        Datum And Worksheets("LRT").Cells(m
        , 15).Value > Startmilage - 10 And
        Worksheets("LRT").Cells(m, 15).Value
        < Startmilage + 10 Then
236         If Worksheets("LRT").Cells(m, 21).
            Value > Stopmilage - 10 And
            Worksheets("LRT").Cells(m, 21).
            Value < Stopmilage + 10 Then
237             found = 1
238         End If
239     End If
240     count = count + 1
241     Loop
242 End If
243 End If
244
245 'Als de route nog niet gevonden is, vind de route op basis
    van naam (bekend is bij aankomst), datum en serienummer
246     If count = Z Then
247         Drivename2 = Cells(j - 1, 1).Value
248         count = 0
249         Set i = ActiveSheet.Range("K:K").Find(What:=
            Drivename2)
250
251         If i Is Nothing Then
252
253         Else
254             Foundat = i.Row
255             m = CInt(Foundat)
256
257             Do Until found = 1 Or count = Z
258                 If count > 0 Then
259                     Set i = ActiveSheet.Range("K:K").
                        FindNext(After:=i)
260                     Foundat = i.Row
261                     m = CInt(Foundat)
262                 End If
263                 If Worksheets("LRT").Cells(m, 1).Value =
                    Datum And Worksheets("LRT").Cells(m
                    , 12).Value = SerialNumber Then
264                     found = 1
265                 End If
266                 count = count + 1
267             Loop
268         End If
269     End If

```

```

270
271
272 'Als de route nog niet gevonden is , vind de route op basis
    van naam (bekend is bij vertrek), datum en serienummer
273     If count = Z Then
274         count = 0
275         Set i = ActiveSheet.Range("K:K").Find(What:=
            DriverName)
276         Foundat = i.Row
277         m = CInt(Foundat)
278
279     Do Until found = 1 Or count = Z
280         If count > 0 Then
281             Set i = ActiveSheet.Range("K:K").FindNext(
                After:=i)
282             Foundat = i.Row
283             m = CInt(Foundat)
284         End If
285         If Worksheets("LRT").Cells(m, 1).Value =
            Datum And Worksheets("LRT").Cells(m, 12)
            .Value = SerialNumber Then
286             found = 1
287         End If
288         count = count + 1
289     Loop
290 End If
291
292
293 'Als de route nog niet gevonden is , vind de route op basis
    van serienummer , datum en kilometerstand
294     If count = Z Then
295         count = 0
296         Set i = ActiveSheet.Range("L:L").Find(What:=
            SerialNumber)
297
298     If i Is Nothing Then
299
300     Else
301
302         Foundat = i.Row
303         m = CInt(Foundat)
304
305     Do Until found = 1 Or count = Z
306         If count > 0 Then
307             Set i = ActiveSheet.Range("L:L").
                FindNext(After:=i)
308             Foundat = i.Row
309             m = CInt(Foundat)
310         End If

```

```

311             If Worksheets("LRT").Cells(m, 1).Value =
                  Datum And Worksheets("LRT").Cells(m
                  , 15).Value > Startmilage - 10 And
                  Worksheets("LRT").Cells(m, 15).Value
                  < Startmilage + 10 Then
312             If Worksheets("LRT").Cells(m, 21).
                  Value > Stopmilage - 10 And
                  Worksheets("LRT").Cells(m, 21).
                  Value < Stopmilage + 10 Then
313                 found = 1
314             End If
315         End If
316         count = count + 1
317     Loop
318
319     End If
320 End If
321
322 Else
323 'Als het ID leeg is nadat het programma al eens is doorlopen
    , vind de route op basis van serienummer en datum
324     Worksheets("LRT").Activate
325     count = 0
326     Set i = ActiveSheet.Range("L:L").Find(What:=SerialNumber
        )
327
328     If i Is Nothing Then
329
330     Else
331
332         Foundat = i.Row
333         m = CInt(Foundat)
334
335         Do Until found = 1 Or count = Z
336             If count > 0 Then
337                 Set i = ActiveSheet.Range("L:L").FindNext(
                    After:=i)
338                 Foundat = i.Row
339                 m = CInt(Foundat)
340             End If
341             If Worksheets("LRT").Cells(m, 1).Value =
                Datum Then
342                 found = 1
343             End If
344             count = count + 1
345         Loop
346
347     End If
348

```

```

349 'Controleer of het ID wat daaruit komt niet al eerder is
      gebruikt
350     Worksheets("FMS").Activate
351     Set i = ActiveSheet.Range("E:E").Find(What:=m - 1)
352
353 End If
354
355
356 If i Is Nothing And y = 0 And count < Z And m <> 0 Then
357     FindIDY = m - 1
358 ElseIf count = Z Or count = 0 Then
359     FindIDY = 0
360 ElseIf y = 1 Then
361     FindIDY = m - 1
362 End If
363
364 End Function
365
366
367 Function FindIDN(ByVal Datum As String, ByVal SerialNumber
      As String, ByVal Startmilage As Long, ByVal Stopmilage
      As Long, ByVal y As Integer, ByVal rows As Long) As
      Integer
368
369 Dim i As Range, x As Range
370 Dim Foundat As String
371 Dim count As Integer
372
373 Z = Round((rows / 850), 0)
374
375 If y = 1 Then
376
377     count = 0
378     Worksheets("LRT").Activate
379
380 'Vind de route op basis van serienummer, datum en
      kilometerstand
381     Set i = ActiveSheet.Range("L:L").Find(What:=SerialNumber
      )
382
383     If i Is Nothing Then
384
385     Else
386         Foundat = i.Row
387         m = CInt(Foundat)
388
389         Do Until found = 1 Or count = Z
390             If count > 0 Then
391                 Set i = ActiveSheet.Range("L:L").FindNext(

```

```

392         After:=i)
393         Foundat = i.Row
394         m = CInt(Foundat)
395     End If
396     If Worksheets("LRT").Cells(m, 1).Value =
        Datum And Worksheets("LRT").Cells(m, 15)
        .Value > Startmilage - 10 And Worksheets
        ("LRT").Cells(m, 15).Value < Startmilage
        + 10 Then
397         If Worksheets("LRT").Cells(m, 21).Value
        > Stopmilage - 10 And Worksheets("
        LRT").Cells(m, 21).Value <
        Stopmilage + 10 Then
398             found = 1
399         End If
400     End If
401     count = count + 1
402 Loop
403 End If
404 Else
405
406 'Als de route nog niet gevonden is, vind de route op basis
    van serienummer en datum
407     Worksheets("LRT").Activate
408     count = 0
409     Set i = ActiveSheet.Range("L:L").Find(What:=SerialNumber
        )
410
411     If i Is Nothing Then
412
413     Else
414         Foundat = i.Row
415         m = CInt(Foundat)
416
417         Do Until found = 1 Or count = Z
418             If count > 0 Then
419                 Set i = ActiveSheet.Range("L:L").FindNext(
                    After:=i)
420                 Foundat = i.Row
421                 m = CInt(Foundat)
422             End If
423             If Worksheets("LRT").Cells(m, 1).Value =
                Datum Then
424                 found = 1
425             End If
426             count = count + 1
427         Loop
428     End If

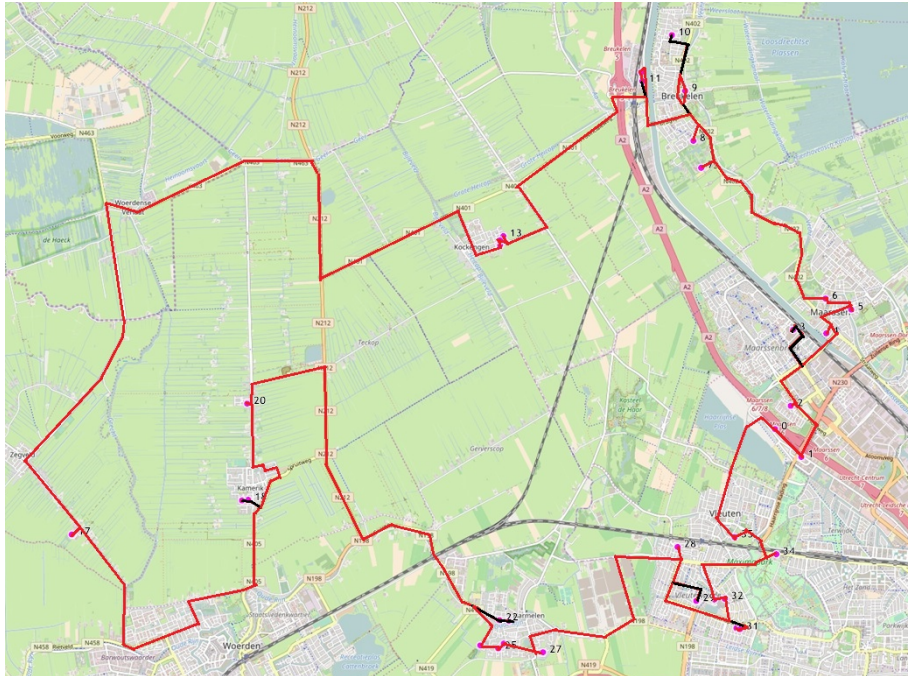
```

```

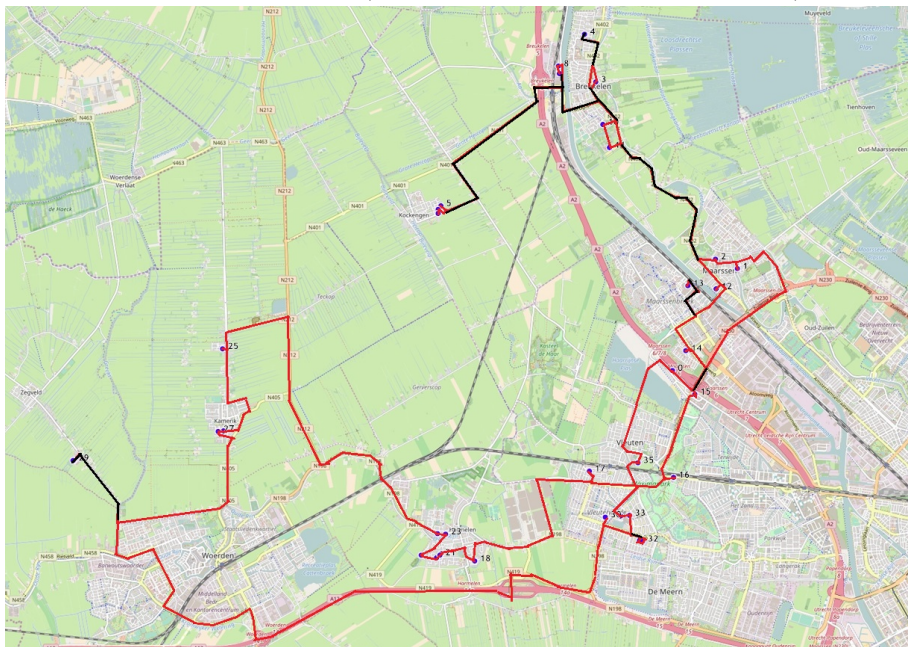
429
430
431 'Controleer of het ID wat daaruit komt niet al eerder is
      gebruikt
432     Worksheets("FMS").Activate
433     Set i = ActiveSheet.Range("E:E").Find(What:=m - 1)
434
435 End If
436
437
438     If i Is Nothing And y = 0 And count < Z And m > 0 Then
439         FindIDN = m - 1
440     ElseIf count = Z Or count = 0 Then
441         FindIDN = 0
442     ElseIf y = 1 Then
443         FindIDN = m - 1
444     End If
445
446 End Function

```

IV Gereden en geoptimaliseerde route (557)

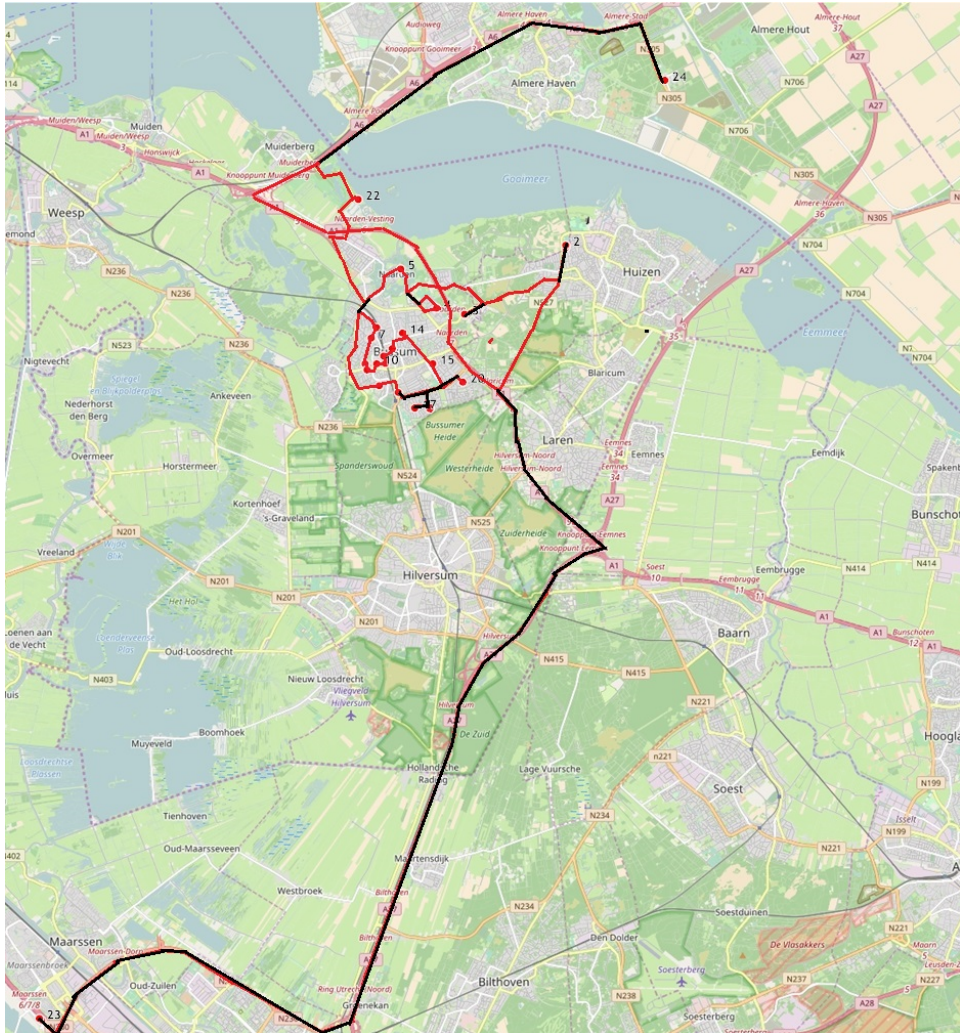


Werkelijke route 557 (afstand=77,86 km, reistijd=175 min)

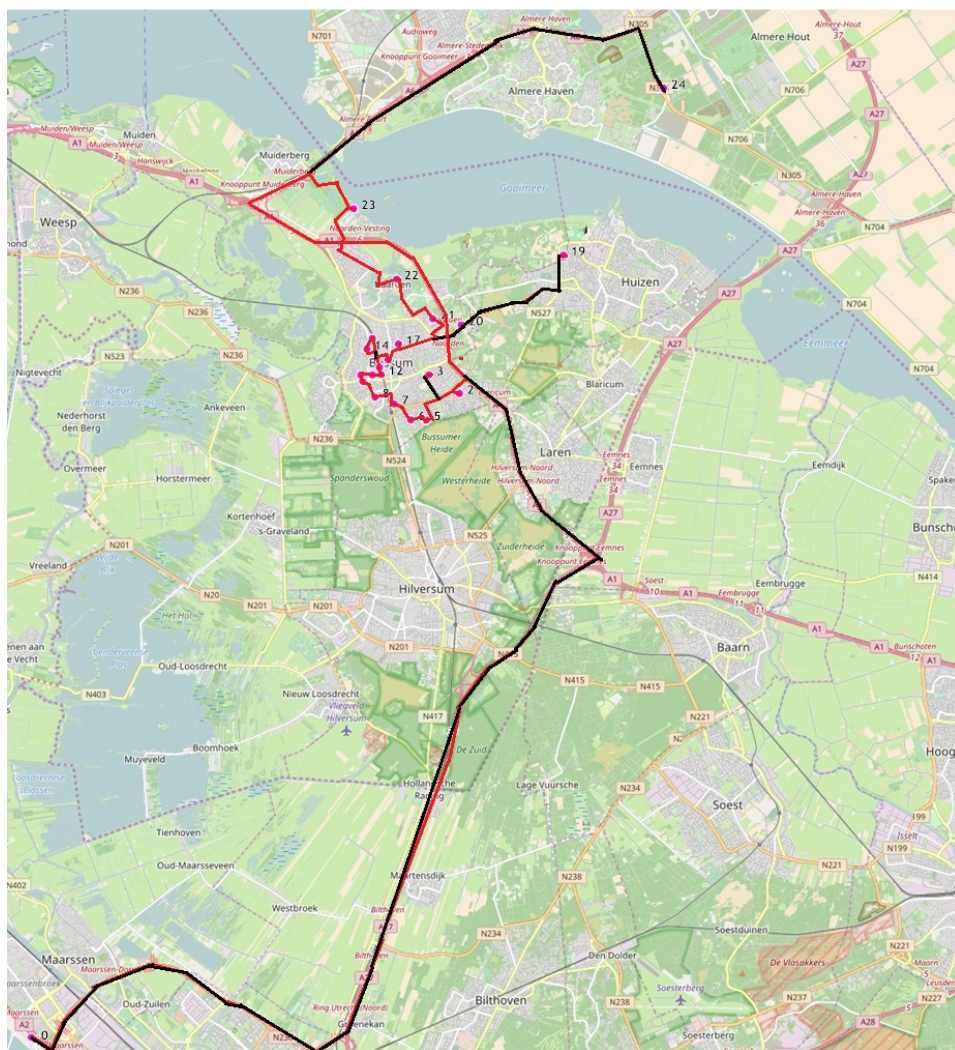


Geoptimaliseerde route 557 (afstand=94,14 km, reistijd=190 min)

V Gereden en geoptimaliseerde route (971)



Werkelijke route 971 (afstand=145,79 km, reistijd=175 min)



Geoptimaliseerde route 971 (afstand=74,19 km, reistijd=127 min)

VI Formulier toestemming afstudeeropdracht

Bedrijfsgegevens

Bedrijfsnaam	CGI		
Website	http://www.cginederland.nl/		
Soort bedrijf	Informatie technologie	Aantal werknemers	2500
Afdeling	Infrastructuur, post & logistics	Grootte afdeling	
Functie bedrijfsmentor	Director Consulting Services		
Bedrijfsmentor	Opleidingsniveau: WO	Kennisgebied(en):	
Inhoudelijke begeleiding van bedrijfsmentor	☐ Ja ☐ Nee X Van andere begeleider met opleidingsniveau WO en kennisgebied(en) Wiskunde, Data analyse		

Opdracht (maximaal 300 woorden)

Kennisgebied: ☐ Actuarieel ☐ Statistiek ☒ Operations research ☐ Informatica
Data beschikbaar: ☒ Ja ☐ Nee ☐ Per ☐ Niet van toepassing <u>Beschrijving van de benodigde data:</u> NDW data zoals verkeersintensiteit op de verschillende meetpunten aanwezig op het hoofdwegennetwerk. Data afkomstig van de BestDriver applicatie waar het onderzoek op gebaseerd is. Hierin wordt de route geregistreerd en verschillende aspecten van brandstofverbruik zoals hard remmen, toerental en stationair draaien.
<u>Beknopte beschrijving van de eindproduct:</u> Een analyse over de optimalisatie van de routes met als eindproduct de optimale route en de daarbij geboekte winst aan brandstofverbruik.
<u>Opdrachtsomschrijving (maximaal 300 woorden):</u> Het doel van de opdracht is om te kijken of de routes die gereden wordt door de DHL bestuurders de meest optimale routes zijn vanuit brandstofperspectief. Dit gebeurt aan de hand van verschillende data bronnen. In december 2015 is DHL begonnen met de BestDriver applicatie, welke is ontwikkeld door CGI. Met de data die voorkomt uit deze applicatie wordt gekeken waar op de route clustering bepaalde accessen voorkomen, zoals hard optrekken, hard remmen of hard door de bocht, met als doel deze locaties eventueel te kunnen mijden om zo de route te optimaliseren vanuit brandstofperspectief. Hiernaast wordt ook gekeken naar historische drukte op de weg. Deze data wordt verkregen van het NDW waarbij gekeken wordt of de drukte op de weg invloed moet hebben op de te plannen routes. Indien dit het geval is kan gedacht worden aan dynamische routing om zo drukte op de weg te mijden en op die manier het brandstofverbruik te verminderen

Concrete onderzoeksvraag (één zin)

Ritassist (FMS) data uit de auto's vergelijken met de geplande routes (OPMS/LRT) met als doel: kijken of de geplande routes de meest optimale routes zijn vanuit brandstof perspectief.

Competenties	Niveau		
☐ analyseren	1	2	<u>3</u>
☐ ontwerpen	1	2	<u>3</u>
☐ realiseren	1	2	3
☐ adviseren	1	<u>2</u>	3
☐ onderzoeken	1	2	<u>3</u>
☐ professionaliseren	1	2	<u>3</u>

Een afstudeeropdracht behoort een bepaalde mate van complexiteit te hebben. Beschrijf hieronder waarom de opdracht volgens jou voldoende afstudeerwaardig is (max. 100 woorden)

Deze opdracht is voldoende afstudeerwaardig om de volgende redenen. Het gaat om een opdracht die direct vanuit een klantvraag is ontstaan. Hierbij dienen de juiste vragen bij de klant neergelegd te worden om zo tot het beste resultaat te komen. Deze opdracht zal regelmatig contact met de klant vereisen om zo aan de eisen en wensen te voldoen aan de hand van feedback op het onderzoek. Een goede beheersing en begrip van de gebruikte technieken is hierbij vereist om zo de gemaakte keuzes te kunnen onderbouwen tegenover de klant. Het verminderen van het brandstofverbruik is een actueel onderwerp en er zijn veel aspecten die hier invloed op hebben wat de complexiteit van de optimalisatie verhoogd. Het resultaat van deze opdracht zal in de praktijk worden gebruikt, omdat er een directe samenwerking is met de klant, wat ook veel verantwoordelijkheid met zich meebrengt.

