

2014•2015
FACULTEIT SCHOOL VOOR MOBILITEITSWETENSCHAPPEN
master in de mobiliteitswetenschappen

Masterproef
Voorspelling van de bezetting van carpoolplaatsen

Promotor :
Prof. dr. Davy JANSSENS

Joris Huijbregts
Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de mobiliteitswetenschappen

2014•2015
FACULTEIT SCHOOL VOOR
MOBILITEITSWETENSCHAPPEN
master in de mobiliteitswetenschappen

Masterproef

Voorspelling van de bezetting van carpoolplaatsen

Promotor :
Prof. dr. Davy JANSSENS

Joris Huijbregts
Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de mobiliteitswetenschappen

VOORWOORD

Voor u ligt mijn thesis “Voorspelling van de bezettingsgraad van carpoolplaatsen”. Deze thesis is een onderdeel van de masteropleiding Mobiliteitswetenschappen aan de Universiteit Hasselt. Het onderwerp zal zich kaderen binnen de subdiscipline van de mobiliteitsmanagement. De bedoeling van dit eindwerk is het voorstellen van oplossingen voor een concreet verkeerskundig probleem met de kennis en technieken die ik als student in de afgelopen jaren verworven heb in de diverse opleidingsonderdelen van zowel de bachelor- als de masteropleiding. Ik heb de masterproef dan ook ervaren als een mooie afsluiting van mijn periode in Diepenbeek.

In deze paper wordt voornamelijk het fenomeen carpoolen in Vlaanderen behandeld en dan vooral in de richting van het feit of men kan voorspellen wat de bezettingsgraad van de carpoolplaatsen is of gaat zijn. Dit zijn de plaatsen waar mensen zich verzamelen om vervolgens samen verder te rijden naar meestal de plaats waar ze moeten werken.

Ik zou graag mijn dank willen betuigen aan mijn begeleider dhr. Luk Knapen voor zijn ondersteuning in dit en het vorige academiejaar en het overbrengen van zijn enthousiasme en kennis gedurende deze gehele tijd bij de scriptie. Ook wil ik mijn promotor Prof.dr. Davy Janssens bedanken voor zijn advies gedurende het schrijven.

Ook mijn ouders en zusje wil ik graag bedanken, omdat ze altijd op het juiste moment klaarstonden om mij een zetje te geven als het eventjes niet mee zat.

Joris Huijbregts

Diepenbeek, 29 mei 2015

SAMENVATTING

Deze masterthesis start met een samenvatting van de relevante literatuur over de verschillende aspecten die betrokken zijn bij het onderwerp. De hoofdonderzoeksvraag die bij de masterproef beantwoord gaat worden is: *“Welke locaties van carpoolplaatsen in Vlaanderen zijn op dit moment de beste?”*. Hiermee wordt dan niet gekeken naar de fysiologische aspecten van een plaats, maar puur de locatie zelf. De degelijkheid van een carpoolplaatslocatie wordt hierbij beoordeeld via het aantal gebruikers en de baten die de gebruikers aan deze plaats hebben.

Het carpoolen wordt gedefiniëerd als het delen van iemands voertuig met een of meerdere passagiers, vaak bij het woon-werkverkeer, waarbij de overige passagiers meedelen in de kosten en zo onder andere ook de luchtvervuiling en congestie tegengaan. Carpooling valt dus, samen met openbaar vervoer, over het algemeen te kaderen binnen de duurzame mobiliteit in Vlaanderen. Hierbij kan er gekeken worden naar de verschillende determinanten van carpooling, de locaties en de ontwikkeling van plaatsen.

Uit de huidige carpoolinglocaties in België is het vaak moeilijk op te maken op welke steden deze plaatsen precies gericht zijn. De meeste plaatsen zijn dan ook aan de grote verkeersassen gelegen, waardoor ze aantrekkingspolen aan de beide einden van de weg kunnen bedienen. Aan de carpoollocaties worden qua inrichting natuurlijk door de gebruikers zelf ook eisen gesteld, al zijn deze minder van toepassing voor het uiteindelijke onderzoek.

Om onder andere antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag die in het begin gesteld is, gaat er gebruik worden gemaakt van een modelleringsmethode genaamd activity-based modelling, waarbij men autonome acties van individuen berekent op basis van voorspelde agenda's. Reguliere modelleringsmethodes zoals bijvoorbeeld vierstappenmodellen zullen voor het onderzoek niet goed genoeg zijn aangezien zij onder andere geen interacties van verschillende gezinsleden meenemen in de berekeningen. Tevens worden vaak inconsistente keuzes gemaakt voor individuen of verzamelingen daarvan, omdat men bij oude modellen niet het eerder gebruikte vervoersmiddel meeneemt in de overweging. Voor het onderzoek is het eveneens belangrijk dat de modellen om kunnen gaan met een hoge temporele resolutie, omdat het tijdsaspect bij carpooling een grote rol speelt.

Dit soort modellen geven zelf een samenhangend kader voor het analyseren van reisgedrag en het voorspellen van de verkeersvraag. Het is gebaseerd op het feit dat de opbouw van eventuele verkeersvraag start met het begrijpen hoe en waarom activiteiten doorheen de tijd worden gestart. Er wordt dus vanuit gegaan dat activiteiten niet los van elkaar gezien moeten worden omdat ze uiteindelijk allemaal aan elkaar gelinkt zijn.

Het gekozen activiteiten-gebaseerde model is FEATHERS. Dit model spitst zich toe op het voorspellen van activiteiten en verplaatsingen in Vlaanderen en is daarom ook het beste om te gebruiken bij het beantwoorden van de onderzoeksvraag. Als input van dit model zijn onder andere het Onderzoek Verplaatsingsgedrag (OVG) en diverse trackingsmethoden voor individuen zoals PARROTS en VEDETT gebruikt.

De data die uit FEATHERS is gehaald is in twee fases behandeld door middel van respectievelijk Microsoft Access en Postgres. Deze analyse vindt per software plaats op twee verschillende manieren. De eerste manier gaat ervan uit dat personen eerst een carpoolpartner zoeken op basis

van werklocatie en werktijden en vervolgens samen op zoek gaan naar een geschikte carpoollocatie. Methode twee heeft als insteek dat personen eerst de carpoollocatie zoeken die voor hen het meest geschikt is en daarna pas op zoek gaan naar een partner.

Bij beide analyses wordt gebruik gemaakt van een aantal variabelen die kunnen bepalen hoe goed een carpoollocatie is voor een individu of koppel. De *usage profit* is hier een maatstaf die concreet toont hoeveel er door de mensen uitgespaard wordt indien ze een bepaalde locatie gebruiken en de *gain* zet deze juist in een ratio met de totale kosten. Een criterium dat gebruikt wordt bij het matchen van individuen is de mogelijke afwijking van de start- en eindtijden van hun werkactiviteit. Aan al deze graadmeters kunnen minimum- of maximumeisen worden gesteld.

Door deze variabelen enigszins te variëren komen er steeds andere resultaten uit wat betreft de aantrekkingskracht van de carpoolplaatsen. De voorspelde scores, dus het aantal paren dat toegewezen is op een locatie, worden vervolgens getoetst door een regressie uit te voeren in vergelijking met de getelde gemiddelde bezetting in het jaar 2012. Bij het gebruiken van Microsoft Access zijn er bij het uitvoeren van de eerste methode door beperkingen van het programma echter enkele computertechnische problemen ontstaan, waardoor er alleen van de tweede methode resultaten beschikbaar zijn. In de tweede fase van de thesis is er dan ook voor gekozen om verder te werken met Postgres, waarmee complexere berekeningen mogelijk worden gemaakt. Een aantal van deze berekeningen zijn bijvoorbeeld loops en het aanmaken van indices.

Bij het gebruiken van Postgres bleek uiteindelijk dat de resultaten van de twee methodes dezelfde resultaten kregen indien de variabelen hetzelfde waren. Dit is vrij opvallend, aangezien dit twee verschillende benaderingen waren om het probleem op te lossen.

Er zijn met behulp van deze software uiteindelijk een aantal verschillende analyses uitgevoerd op de resultaten. Onder andere regressies op basis van de daadwerkelijke bezetting en de capaciteit worden besproken. Hierbij is er vervolgens per graadmeter, zowel voor de maximale tijdsafwijking als voor de minimale gain bekeken welke resultaten het meeste overeenkwamen met de getelde bezetting en welke het meest significant waren. Uiteindelijk bleek een minimale gain van 0.3 en een maximale tijdsafwijking van vijf minuten de beste scores te geven. Met deze grenzen werden uiteindelijk regressiepercentages van meer dan dertig procent behaald, wat voor een dusdanig eenvoudige onderzoeksprocedure een goed resultaat is.

Na het toewijzen van het aantal paren zijn de prestaties van de verschillende carpoollocaties bepaald op basis van de eerdergenoemde *usage profit* en *gain*. De locaties Breendonk en Gentbrugge-Oost kwamen bij de uitslagen vaak als beste uit de bus. Bij het toepassen van de getelde bezetting op de berekende *gain* en *usage profit* bleken de bekende carpoolplaatsen zoals Lummen, Kontich en Houthalen de hoogste scores te behalen. Op vlak van de gemiddelde *gain* en *usage profit* scores wat onbekendere locaties zoals bijvoorbeeld Walshoutem, Loenhout en Veurne het beste. Deze locaties zijn dus op basis van de toegekende scores het meest efficiënt per toegewezen paar.

Omdat in deze thesis alleen het bepalen van de aantrekkingskracht bekeken is en in mindere mate de effectieve bezetting, is er veel potentie om dit onderzoek uit te breiden om zo de nauwkeurigheid toe te laten nemen. Hierbij is het dan wel nodig om meer computerkracht en informatie te vergaren. Op dit laatste vlak zijn dit aspecten die zowel van toepassing zijn op de carpoolplaatsen zelf als de

betrokken individuen. Uiteindelijk zou het dan voor beleidsmakers mogelijk zijn om de gegevens uit deze vervolgonderzoeken te gebruiken om aanpak omtrent carpoolen uit te stippelen.

INHOUDSOPGAVE

1.	Inleiding	1
1.1	Probleemdefinitie	1
1.2	Doelstellingen	1
1.3	Kadering onderwerp	1
1.4	Kernvraag en deelvragen	1
2.	Literatuuronderzoek	3
2.1	Carpooling	3
2.2	Activiteiten-gebaseerde modellen	9
3.	Onderzoeksmethode	15
3.1	Methodiek	15
3.2	Beperkingen en uitbreidingsmogelijkheden	18
4.	Onderzoeksproces	21
4.1	Inventarisatie	21
4.2	Analysemethode 1	22
4.3	Analysemethode 2	25
4.4	Vervolgonderzoek via Postgres	27
5.	Analyse onderzoeksresultaten fases en methodes	29
5.1	Eerste fase onderzoek	29
5.2	Tweede fase onderzoek	32
5.3	Vergelijking methodes en fases	41
6.	Onderzoeksresultaten carpoolplaatsen	43
6.1	Prestaties carpoollocaties	43
6.2	Toekenning locaties zonder bekende bezetting	50
6.3	Overbezette locaties	51
6.4	Onderbezette locaties	53
7.	Conclusie	55
8.	Discussie	59
9.	Praktische aanbevelingen en toekomstig onderzoek	61

FIGURENLIJST

Figuur 1; Aandeel carpooling bij woon-werkverplaatsingen per gemeente (Vanoutrive, et al., 2012)..	5
Figuur 2; Klassieke vierstappenmodel (McNally, The Four Step Model, 2007)	11
Figuur 3; Relatie tussen complexiteit en realisme in modellen (Shiftan & Ben-Akiva, 2008).....	12
Figuur 4; Smpel overzicht input FEATHERS-model.....	14
Figuur 5; Visualisatie berekening	16
Figuur 6; Voorbeeld maximum weighted matching probleem	20
Figuur 7; Design-view van een <i>inner join</i>	24
Figuur 8; Design-view van een <i>unmatched-query</i>	27
Figuur 9; Fit plot methode 2 (minimale gain = 0, afwijking reistijd < 20).....	30
Figuur 10; Gemiddelde voorspellingspercentages daadwerkelijke bezetting	33
Figuur 11; Gemiddelde significanties daadwerkelijke bezetting	34
Figuur 12; Percentages bij verschillende minimale gain (volledige regressie).....	34
Figuur 13; Percentages bij verschillende minimale gain (10%-90% regressie)	35
Figuur 14; Percentages bij een gain van 0.3.....	36
Figuur 15; Verschillen bij max. afwijking 2.5 en gain 0.3	37
Figuur 16; Line fit (10%-90% regressie) bij max. afwijking 5 en gain 0.3	38
Figuur 17; Line fit (10%-90% regressie en zonder Breendonk) bij max. afwijking 5 en gain 0.3.....	39
Figuur 18; Percentages verschillende minimale gain op de capaciteit (volledige regressie).....	39
Figuur 19; Percentages verschillende minimale gain op de capaciteit (10%-90%).....	40

TABELLENLIJST

Tabel 1; Aandeel carpoolen OVG (Cools, Declercq, Janssens, & Wets, 2010)	5
Tabel 2; Regressiestatistieken methode na twee iteraties met alle carpoolplaatsen	31
Tabel 3; Regressiestatistieken methode 2 met carpoolplaatsen tussen 10% en 90% bezetting.....	32
Tabel 4; Voorspelde bezetting bij minimale gain van 0.3	36
Tabel 5; Werkelijke bezettingsgraad en toegekend aantal paren max. afwijking 5 en gain 0.3.....	40
Tabel 6; Rekestijden in minuten van methode 1.....	42
Tabel 7; Beste carpoolplaatsen qua totale usage profit	43
Tabel 8; Beste carpoolplaatsen qua gemiddelde usage profit per gebruiker	44
Tabel 9; Slechtste carpoolplaatsen qua totale usage profit.....	44
Tabel 10; Slechtste carpoolplaatsen qua gemiddelde usage profit	45
Tabel 11; Beste carpoolplaatsen qua totale gain	46
Tabel 12; Beste carpoolplaatsen qua gemiddelde gain	46
Tabel 13; Slechtste carpoollocaties qua totale gain.....	47
Tabel 14; Slechtste carpoollocaties qua gemiddelde gain	47
Tabel 15; Beste carpoolplaatsen qua bezetting	48
Tabel 16; Drukste carpoolplaatsen qua bezettingsgraad.....	49
Tabel 17; Slechtste carpoolplaatsen qua bezetting	49
Tabel 18; Slechtste carpoolplaatsen qua bezettingsgraad.....	50
Tabel 19; Locaties zonder bekende getelde bezetting met afwijking van 5 minuten.....	50

Tabel 20; Locaties boven 90% bezetting en bijbehorend toegewezen aantal paren	51
Tabel 21; Bezetting onderbezette carpoolplaatsen	53

LIJST VAN BIJLAGEN

Bijlage 1; Lijst met gebruikte carpoolplaatsen	69
Bijlage 2; Kaart België met Vlaamse carpoolparkings	71
Bijlage 3; Sample-data FEATHERS.....	72
Bijlage 4; Aantal gemiddelde overschattingen en onderschattingen bezetting	72
Bijlage 5; Basis-query methode 1	72

1. INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt gepoogd een overzicht te geven van de inhoud van deze scriptie. Dit gebeurt met het opstellen van onder andere de probleemstelling en de onderzoeksvragen. Op basis van deze probleemstelling en onderzoeksvragen kan dan vervolgens bekeken worden hoe het onderzoek verder zal verlopen.

1.1 Probleemdefinitie

Tot op dit moment zijn er weinig onderzoeken geweest in Vlaanderen die effectief de aantrekkingskracht van carpoolparkeerplaatsen wisten te voorspellen via modellen. De onderzoeken omtrent carpoolen focusten zich namelijk meer op het beslissingsproces rond het carpoolen en niet op welke carpoolplaatsen men daadwerkelijk zou gaan carpoolen en deze gegevens te totaliseren. Deze scriptie zal proberen een aantal effectieve methodes te introduceren om deze totalisatie wel te kunnen uitvoeren en aan te geven welke eisen aan deze methodes moeten worden gesteld. Hierbij zal gebruik worden gemaakt van activiteitendata voorspeld door het FEATHERS-model.

1.2 Doelstellingen

In deel 1 van de thesis is er gestart met het effectieve onderzoek naar de voorspelling van de bezettingsgraad van carpoolparkings. Er werden verscheidene onderzoeksmethoden opgesteld om de probleemstelling computertechisch op te kunnen lossen. Buiten dit onderzoekend deel, werd er ook nog gedeeltelijk verder worden gebouwd op de literatuurstudie waarmee in het vorige academiejaar gestart is bij het vak Academische Onderzoeksvaardigheden.

Op basis van feedback op het eerder ingediende deel 1 en nieuwe gekregen input werd in deel 2 voortgegaan met het verwerken en analyseren van de datasets en het finaliseren van het eindrapport.

1.3 Kadering onderwerp

Het hoofddoel van deze thesis is het voorspellen van de bezettingsgraad of aantrekkingskracht van parkeerplaatsen bestemd voor carpoolers. In de praktijk spreekt men vaak van carpooling wanneer een trip met de auto gedeeld wordt met meerdere mensen. Het meenemen van meerdere mensen in een auto zorgt vaak voor gereduceerde kosten en is logischerwijs ook beter voor het milieu omdat dit initiatief congestie en onnodige uitstoot van broeikasgassen tegengaat. Carpoolen kadert zich daarom ook binnen de duurzame mobiliteit (Goldman & Gorham, 2006).

Een parkeerplaats voor carpoolers is vaak een verzamelplaats waar meerdere personen, die vaak uit hetzelfde bedrijf of werkomgeving komen, samenkomen om in één auto verder te reizen. Meestal is een zodanige plaats gelegen aan een belangrijke weg of vlakbij een aansluiting op een autosnelweg (Traject, 2008).

1.4 Kernvraag en deelvragen

Op basis van het onderwerp “Voorspelling van de bezettingsgraad van carpoolparkings” is er een hoofdonderzoeksvraag opgesteld om het onderzoek beter en overzichtelijker te kunnen uitvoeren. Buiten deze hoofdonderzoeksvraag zullen er ook enkele deelonderzoeksvragen worden opgesteld.

Hoofdonderzoeksvraag: Welke locaties van carpoolplaatsen in Vlaanderen zijn op dit moment de beste ?

Deelvraag 1: Kan men uit de voorspelde agenda's de bezettingsgraad voor carpoolparkings (CPP) bepalen? Zo ja, geeft dit dan representatieve resultaten?

Deelvraag 2: Hoe moet men de kwaliteit van een locatie als CPP bepalen?

Deelvraag 3: Als er een beperkt budget is, waar moet men dan carpoolparkings aanleggen of bij welke locaties moet men dan investeren in uitbreidingen?

Deelvraag 4: Is het ook mogelijk de optimale locaties voor CPP te bepalen o.b.v. de resultaten van een regulier vierstappenmodel? Waarom (niet)?

Een aantal van de deelvragen is al via literatuuronderzoek deels behandeld in het werk voor het opleidingsonderdeel Academische Onderzoeksvaardigheden. In deze thesis zal hier ook nog aandacht aan worden besteed en zo mogelijk uitgebreid. De belangrijkste deelvraag, namelijk vraag 1, zal de meeste tijd in beslag nemen. De overige vragen zullen gedeeltelijk via literatuur en theorie als ook via de berekeningen die volgen uit queries via Access op de voorspelde agenda's van FEATHERS beantwoord geprobeerd te worden. Tijdens het opstellen van het eerste deel van de thesis bleek echter dat Access niet voldeed als juiste software om dit onderzoek te doen. Daarom werd ervoor gekozen om het onderzoek verder te zetten met Postgres.

Er moet wel gesteld worden dat het opstellen van de onderzoeksvragen een lopend proces was. Deze konden naar gelang het onderzoek duurde eventueel nog aangepast worden. Uiteindelijk is er daarom ook voor gekozen om een van de eerder opgestelde deelvragen betreffende algoritmes uit het onderzoek te verwijderen. Deze is dan ook niet meer weergegeven in bovenstaande lijst.

2. LITERATUURONDERZOEK

Het literatuuronderzoek dat gebruikt wordt in deze thesis, zal grotendeels gebaseerd zijn op het eerdere verrichte werk in het opleidingsonderdeel Academische Onderzoeksvaardigheden. Bij dit opleidingsonderdeel werden al enkele voorbereidende taken uitgevoerd voor deze scriptie. Enerzijds zal er gefocust worden op het begrip carpooling, de impact van carpooling op de mobiliteit en kort de huidige locaties in Vlaanderen. Anderzijds zullen er activiteiten-gebaseerde (AB) modellen besproken worden en de redenen waarom deze modellen het beste zijn om te gebruiken. Het AB-model FEATHERS dat bij dit onderzoek gebruikt wordt, zal ook worden toegelicht.

2.1 Carpooling

Het is vrij lastig een enkele definitie te plakken op het begrip *carpooling*. Vaak worden dan ook de begrippen carpooling en car-sharing door elkaar gebruikt. Dit valt enigszins te verklaren aangezien ze beiden om het 'delen' van een auto gaan. In het geval van car-sharing gaat het vaak om het huren van een auto voor korte periodes wanneer het mensen uitkomt, om zo alsnog de totale kosten te kunnen delen. Met carpoolen wordt juist bedoeld dat mensen een deel van hun trip samen in een auto doorbrengen, al wordt in het Engels hiervoor soms ook het begrip car-sharing gebruikt (Bonsall, 1981). Carpooling is echter een beter begrip omdat het meer de vastigheid van een 'pool', dus een overeenkomst behelst.

Het carpoolen wordt dus uiteindelijk gedefinieerd als het delen van iemands voertuig met een of meerdere passagiers, waarbij overige passagiers de kosten mee dragen, eventueel door zelf ook eens te rijden en zo door het reduceren van het autoverkeer de luchtvervuiling te verminderen (Kulkarni, Nagare, More, & Tanwar, 2013). De Vlaamse overheid definieert het als "het samen in één auto van en naar het werk rijden van mensen die niet tot hetzelfde gezin behoren". Hierbij is het mogelijk dat zowel vertreklocatie als bestemming van elkaar verschillen (Traject, 2008).

Binnen het begrip carpooling zelf, wordt nog een onderscheid gemaakt tussen carpooling binnen huishoudens, ook wel bekend als *fampooling*, en erbuiten. Het verschil hiertussen is vrij duidelijk: binnen-huishoudelijke carpools hebben het voordeel dat er weinig tot geen tijdverlies zit in het ophalen van andere deelnemers, wat bij de andere vorm van carpoolen wel het geval is aangezien dan altijd minimaal een van de bestuurders een omweg zal moeten nemen of deze zo ervaart. Tevens is ook bij de eerste vorm van carpoolen het vertrouwen groter en worden de groepen ook makkelijker gevormd (Li, et al., 2007).

Er kan ook nog een ander onderscheid gemaakt worden, namelijk betreffende het vertrek- en aankomstpunt. Logischerwijs is de meest simpele vorm van carpooling deze waarbij zowel het punt van vertrek als van aankomst volledig hetzelfde zijn voor alle deelnemers. Het is een ander geval indien deze verschillen van elkaar en wanneer men elkaar dus ontmoet op een tussenlocatie, vaak een carpoolparking. In dat geval is dan ook enkel het punt van aankomst voor de carpoolers hetzelfde (Vanoutrive, et al., 2012).

Een laatste vergelijking tussen carpoolvormen is deze hoe het traject van de bestuurder bij regulier carpoolen verloopt. Er zijn hier drie verschillende vormen te onderkennen (Werkgroep Carpoolpleinen, 2007):

- De personen die meerijden met de bestuurder gaan allen naar het huis van de bestuurder en rijden vanaf daar verder mee met de bestuurder.
- De bestuurder haalt met zijn auto de personen die deelnemen aan de carpoolgroep op aan hun huis.
- De bestuurder en de personen die meerijden verzamelen zich allemaal op één punt, vaak een carpoolplaats of een andere ontmoetingsplaats, en rijden daarna vanaf daar gezamenlijk verder in het voertuig van de bestuurder.

Varianten op carpoolen

Doorheen de wereld zijn er een aantal varianten ontstaan wat betreft carpoolen. Dit gaat dan dus niet om het bekende standaard geplande woon-werkcarpoolen via carpoolparkings of dat iemand een ander persoon oppikt.

Een eerste variant is wordt casual carpooling oftewel *slugging* genoemd. Hierbij is het zo dat men de trips niet op voorhand plant en bovendien dat men de personen waarmee men carpoolt niet kent en er dus vaak ook geen band mee heeft. Bij *slugging* rijden bestuurders naar vaste plaatsen waar passagiers staan te wachten. De bestuurder maakt vervolgens zijn bestemming bekend, waarna mensen kunnen instappen. Hierbij is er sprake van voordeel voor zowel de bestuurder als de passagiers, die beiden sneller op hun bestemming kunnen geraken doordat men met passagiers gebruik mag maken van High-Occupancy Vehicle (HOV) rijstroken en zo de congestie in de spitsuren op de reguliere rijstroken kan vermijden (Spielberg & Shapiro, 2000; Ungemah, Goodin, Dusza, & Burris, 2007).

In Vlaanderen is er nog een andere variant bekend. Het zogenaamde *vanpooling* is vooral van toepassing bij grotere bedrijven die uit willen sparen op de kosten van mobiliteit. Het systeem is praktisch hetzelfde als bij het reguliere carpoolen alleen gaat het dan om voertuigen die groter zijn, *vans* of minibusjes, en dus meer personen met zich mee kunnen voeren. Vaak is dan ook het geval dat het bedrijf zelf een busje kan leasen, huren of aanschaffen, wat fiscaal redelijk aantrekkelijk wordt gemaakt. Het is natuurlijk ook mogelijk dat een van de werknemers al een zodanig voertuig in bezit heeft en door het bedrijf gecompenseerd kan worden voor het gebruik (Verleyen, 2006).

Dynamic ridesharing is een vorm van carpoolen dat gebruikt wordt voor enkele reizen die slechts een keer worden uitgevoerd. Dit in tegenstelling tot het reguliere carpoolen waarbij er meer gezocht wordt naar vastigheid. Bij deze vorm worden bij elke individuele trip personen aan een bestuurder gekoppeld, vaak via een soort van online boekingsysteem. De bestuurder kan hier ritten die hij of zij sowieso gaat uitvoeren aanbieden of een passagier kan hier een verzoek indienen of vragen of iemand een bepaalde rit aanbiedt. Deze verplaatsingen zijn dus vaak random en hebben ook geen specifiek doel voor ogen (Lefovsky & Greenberg, 2001).

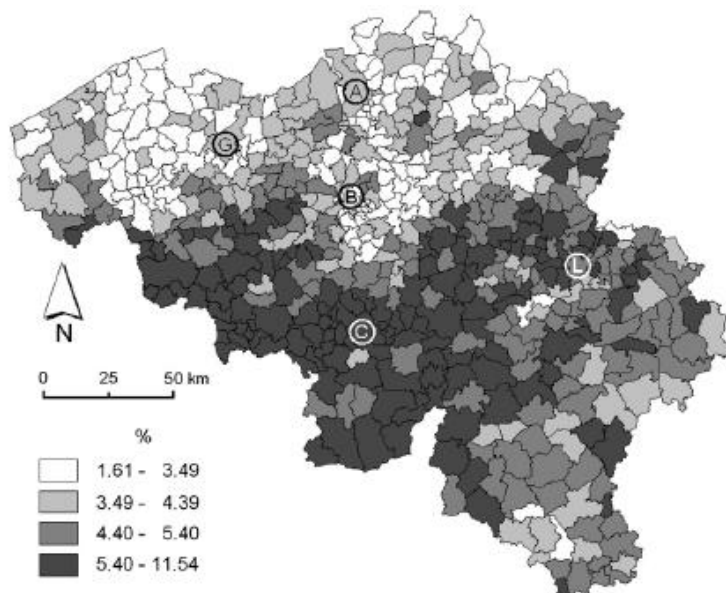
Carpooling in Vlaanderen

Het aandeel carpoolen in Vlaanderen is eerder bepaald geweest in het Onderzoek Verplaatsingsgedrag (OVG). Er is hierbij een onderscheid gemaakt tussen het carpoolen voor alle verschillende soorten trips (bijv. winkelen, studie, recreatie), waarbij bijvoorbeeld het wegbrengen

van een kind naar school al onder carpoolen verstaan wordt, en het 'pure' carpoolen in de zin van woon-werkverkeer. In tabel 1 zijn deze verdelingen weergegeven. Op verplaatsingsniveau kan ongeveer 52% van de verplaatsingen worden gezien als carpoolverplaatsingen in de breedste zin van het woord. Als de striktere definitie toegepast wordt, is dit slechts 20 %. Op persoonlijk niveau, waarbij er enkel gekeken is naar afgenomen persoonlijke enquêtes, zegt 11% van de respondenten deel te nemen aan carpoolen.

Tabel 1; Aandeel carpoolen OVG (Cools, Declercq, Janssens, & Wets, 2010)

Motief	Carpoolpercentage	Frequentie
Verplaatsingsniveau (alle respondenten)		
Alle autoverplaatsingen (bestuurder en/of passagier)	51.66%	3247
- Zaken	25.31%	293
- Werk	19.58%	527
- Winkelen	50.91%	670
- Niet-commercieel bezoek	62.10%	429
- Studie/school	80.75%	111
- Touren	83.27%	33
- Afzetten/oppikken	63.71%	442
- Recreatief	72.01%	444
- Diensten	55.31%	173
- Overig	62.46%	125
Persoonlijk niveau (respondenten met werk)		
- Werk	11.27%	662



Figuur 1; Aandeel carpooling bij woon-werkverplaatsingen per gemeente (Vanoutrive, et al., 2012)

Hoewel het klassieke Belgische pendelgedrag over lange afstand zich ideaal leent voor het carpoolen, is de gemiddelde bezettingsgraad van de carpoolplaatsen lang niet altijd rond de 100% (MINT nv, 2009). Dit kan komen door het feit dat de plaatsen niet altijd ideaal gelegen zijn voor de potentiële gebruikers. In sommige gebieden ligt het carpoolgehalte van de woon-werkverplaatsingen een stuk lager dan in andere delen van het land.

Zoals te zien in figuur 1, ligt het aandeel carpoolers per gemeente in Vlaanderen hoe dan ook al een stuk lager dan in Wallonië. Dit valt enigszins te verklaren door het verschil in inkomen tussen deze twee gewesten en het feit dat Wallonië minder dicht bevolkt is. De OV-mogelijkheden zijn door deze landelijkheid in dit gebied tevens beperkter (CERA, 2012) dan in de andere delen van het land. Er is namelijk ook geen decreet basismobiliteit, wat voor iedere bewoner OV-verbindingen moet garanderen. In Vlaanderen is dit decreet wel aanwezig. Ook valt op dat in de

noordwestelijke regionen en in het gebied rond Brussel het aandeel van carpooling ook een stuk lager is. Hier valt dit te verklaren door de korte woon-werkafstanden en in Brussel vooral door de beschikking van goede verbindingen met trein, tram, metro of bus.

Er zijn ook verschillen in de bedrijvensectoren op het gebied van carpoolaandelen in het verplaatsingsgedrag. In de bouwsector is het carpoolaandeel het hoogste, ondanks het feit dat er relatief gezien weinig positieve maatregelen genomen worden om dit af te dwingen. Dit komt waarschijnlijk doordat er in deze sector vaak veel vaste shiften zijn die gelijk met elkaar beginnen, waardoor het dus makkelijker is voor werknemers om geschikte partners te vinden. Het percentage hier ligt boven de 10 procent en steekt daarmee ruim boven de overige sectoren uit. Dat een shiftenregeling van belang is bij het carpoolen blijkt ook uit het feit dat de fabriekssector vrij goed scoort met bijna 7 procent. Het laagste percentage carpoolers ligt bij de studenten. Dit is te verklaren doordat het autobezit in deze groep veel lager is dan in de andere 'sectoren' en dat bovendien veel studenten het openbaar vervoer nemen, aangezien dit voor hen veel voordeliger is. Binnen deze groep wordt carpooling wel vrij veel gepromoot, maar dit mag schijnbaar niet baten (Vanoutrive, et al., 2012).

Bereidheid tot carpoolen

De bereidheid van personen tot het deelnemen aan carpooling is geen vooraf vastgesteld percentage van de bevolking. Dit varieert op basis van verschillende kenmerken. Carpoolen komt namelijk in bepaalde groepen of personen met bepaalde kenmerken vaker voor dan bij anderen. Jongere personen zijn bijvoorbeeld een stuk vatbaarder, alsook getrouwde personen en personen met een lager inkomen (Correia & Viegas, 2011). Elk van deze groepen heeft zijn eigen motivatie om deel te nemen aan carpoolen. Zoals al in de vorige paragraaf is gesteld, is er een sterk onderscheid tussen personen uit de arbeidersklasse en personen uit hogere klassen. Mensen uit de eerstgenoemde zijn namelijk sneller geneigd om deel te nemen aan carpoolen (Traject, 2008).

Buiten dat onderscheid is er ook nog verschil tussen de geslachten. Uit onderzoek is namelijk gebleken dat vrouwen sneller en makkelijker carpoolpartners of groepen vinden om zich aan te kunnen koppelen. Over de impact van de leeftijd op bereidheid van carpoolen bestaat nog altijd twijfel. Waar uit bepaalde enquêtes naar voren komt dat mensen met een hogere leeftijd meer en gemakkelijker carpoolen, komt uit andere onderzoeken juist het tegenovergestelde uit, zoals ook gesteld in de vorige alinea. De reistijd heeft wel een belangrijke impact: hoe langer mensen moeten reizen, hoe vaker dat deze personen daadwerkelijk carpoolen (Buliung, Soltys, Habel, & Lanyon, 2009; Tormans, Cools, Briers, Janssens, & Wets, 2013; Correia & Viegas, 2011).

Uit recent onderzoek onder carpoolers en pendelaars in de regio Thüringen in Duitsland is echter gebleken dat er grenzen zijn aan hoe ver een persoon bereid is om te reizen om te carpoolen en de overige betrokken afstanden. Trips die korter waren dan 25 kilometer of twintig minuten rijden, evenals trips waarbij het omreizen meer dan 10 kilometer bedroeg, bleken niet in aanmerking te komen voor carpooltrips.

Deze zelfde enquête geeft bovendien informatie over de doelgroepen van het carpoolen en het vormen van de groepen. Een merendeel van 81 procent deed aan carpoolen voor het werk, waar het overige deel van de carpoolers werd toegeschreven aan studenten of zelfstandigen. Deze getallen worden bevestigd door de cijfers over waar de personen hun medecarpoolers hadden ontmoet. In 78 procent van de gevallen was dit op de werkvloer, 16 procent van de deelnemers kenden elkaar al

voordat men begon met carpoolen en 11 procent had elkaar ergens anders ontmoet, bijvoorbeeld op een van de mogelijkheden om carpoolpartners te vinden op het internet (Heinitz & Blasco, 2014).

Carpoolmotivatie en -barrières

Achter carpoolgebruik zitten vaak een of meerdere redenen om het wel te doen of drempels waarom men het juist niet wil doen. Vaak gaat het hier om persoonlijke motivatie, maar ook solidariteit en milieu zijn soms belangrijke drijfveren.

De belangrijkste persoonlijke reden voor individuen om aan carpoolen deel te nemen, is het kostenaspect. Dit geldt dan voor zowel de brandstofkosten, maar ook kosten van bijvoorbeeld gebruikte tolwegen of parkeerfaciliteiten. Dit verklaart ook waarom het percentage mensen dat hieraan deelneemt uit de lagere inkomensklassen groter is. Voor hen zijn vervoerskosten vaak een relatief grotere kostenpost dan bij de hogere inkomensklassen en carpoolen is een gemakkelijke manier om hierop te besparen. Een groot deel van de carpoolers beweert dit tevens te doen zodat ze een bijdrage leveren aan de duurzame mobiliteit of het doen uit solidariteit met de mensen die zelf geen auto tot hun beschikking hebben. Ook het sociale aspect, zoals het onderlinge contact tijdens de reis, heeft een belangrijke invloed op de keuze van mensen om te gaan carpoolen. Buiten dat is soms de slechte bereikbaarheid met het openbaar vervoer een belangrijke beweegreden (Li, et al., 2007).

Als ervaren barrières hebben vooral het gebrek aan flexibiliteit, dus ook het moeten aanpassen van de vertrektijden, en de locatie-afhankelijkheid de grootste impact. Een andere belangrijke motivatie is de ondervonden mogelijke vertraging wanneer personen te laat bij de verzamelplaats arriveren. Op vlak van sociale aspecten is het feit dat men graag alleen wil zijn en het feit dat men met vreemden de rit moet doorbrengen vaak een reden om er soms juist niet aan deel te nemen (Wilkowska, Farrokhiavi, Ziefle, & Vallée, 2014; Li, et al., 2007). Indien er wel sprake is van beperkt flexibele werktijden (lees: soepel gehandhaafde werktijden), wat bij niet elk bedrijf het geval is, is ook uit onderzoek gebleken dat deelname aan duurzame vervoersmodi zoals carpoolen en openbaar vervoer toeneemt. Indien bedrijven dus een vast rooster invoeren, vergemakkelijkt het carpoolproces binnen het bedrijf zelf. Als de roosters daarentegen te flexibel zijn, neem het aandeel carpoolers vaak weer af, aangezien personen zo zelf buiten de spits mogen reizen (Tacken & de Boer, 1990; Saelens, et al., 2000).

Huidige carpoollocaties

Door de ruimtelijke spreiding in België is het vaak lastig om te bepalen op welke steden een carpoolplaats gericht is. Locaties die langs de hoofdassen van Vlaanderen liggen bedienen vaak grote aantrekkingspolen aan beide kanten. Eveneens is het opmerkelijk dat de carpoolplaatsen die dicht bij de grote steden liggen vaak ook gebruikt worden in de spitsrichting zelf, zoals bijvoorbeeld het geval is bij Brugge en Antwerpen. Hierdoor is het aantal gecarpoolde kilometers vrij laag en lijkt het hier meer te gaan om mensen die vooral de parkeerdrukke en bijbehorende -kosten van de stad willen mijden.

Deze plaatsen hebben natuurlijk ook hun functie doordat ze het verkeer uit de stad houden, maar zijn in principe een stuk minder 'nuttig' aangezien het aantal gecarpoolde kilometers beperkt blijft en hierdoor de individuele impact van bestuurders op algemene congestieverlaging ook kleiner is. Het zou idealer zijn om plaatsen aan te leggen die vooral een reizigersgroep aanspreken die dagelijks eenzelfde grote afstand aflegt tussen hun woonplaats en werkplaats. Dit houdt in: een plaats die

toch nog op een grote afstand van een aantrekkingspool ligt, maar ook nog door het omringende wegennet aantrekkelijk is voor de omliggende dorpen en steden. Een goed voorbeeld hiervan is de locatie Houthalen aangezien deze vrij ver van potentiële bestemmingen, zoals bijvoorbeeld Brussel, Antwerpen en Leuven, afligt en toch nog een grote markt aanspreekt door bij een knooppunt van een belangrijke gewestweg en autosnelweg te liggen.

In bijlage 1 staat een overzicht gegeven van de beschikbare carpoollocaties in Vlaanderen. Deze zijn vervolgens geïmporteerd in de software Q-GIS over de later gebruikte layer van zones. Een resultaat hiervan is daaronder te zien in daaropvolgende bijlage 2.

Het netwerk van carpoolplaatsen in Vlaanderen is voorlopig nog absoluut niet volledig. Er zijn nog enkele 'gaten' te onderkennen in het carpoolnet. Een gebruiker is namelijk meer gebaat bij een netwerk van kleinere carpoolplaatsen en dit is op sommige belangrijke assen nog niet het geval. Met het uitbreiden van het netwerk van carpoolplaatsen in Vlaanderen kunnen er twee belangrijke doelstellingen wat betreft het verkeer bereikt worden (Technum, 2014):

- Verkeersveiligheid aan de op- en afritten wordt verhoogd door een verkeersveilig alternatief aan te bieden voor het huidige wildparkeren bij verzamelpunten.
- Het promoten van carpoolen als verplaatsingsmodus bij woon-werk verplaatsingen om zo het totale aantal kilometers dat wordt afgelegd met de auto te beperken en een bijdrage te kunnen leveren aan de luchtkwaliteit en het milieu.

Door het stimuleren van carpoolgebruik kan uiteindelijk de doorstroming op het hoofdwegennet verbeterd worden. Dit aangezien het carpoolen vooral gefocust is op woon-werkverkeer en dus een positief effect heeft op de verkeersafhandeling in de spitsuren (Technum, 2014).

Eisen aan carpoolplaatsen

Om carpoolplaatsen aantrekkelijk te houden voor de gebruiker, moet er natuurlijk ook aan een aantal eisen worden voldaan. Dit zijn zowel eisen aan de carpoollocatie zelf als aan de bedrijven die eventueel het carpoolgebruik kunnen stimuleren. De eisen aan de locatie zelf kunnen opgedeeld worden in een aantal aspecten, namelijk de locatiekeuze zelf, de inrichting van de parking en het beheer en onderhoud.

Op vlak van locatiekeuze zijn er een aantal kenmerken die het voor de potentiële gebruikers aantrekkelijk maken. Allereerst moet het een logische plaats zijn die voor de mogelijke carpooler redelijk binnen zijn verplaatsingspatroon ligt. Het is daarom ook het beste dat deze locatie vanuit alle richtingen eenvoudig bereikbaar is zonder een al te grote omreisfactor. Meestal wordt er dan ook gesproken over locaties nabij aansluitingen van het regionale of gemeentelijke wegennet op het nationale netwerk. Het is positief indien er nabij deze aansluiting ook OV-voorzieningen gelegen zijn, aangezien de gebruiker dan ook op andere manieren het terrein kan bereiken indien hij/zij, al dan niet tijdelijk, geen beschikking heeft over een auto. Wanneer de locatie dicht bij de bebouwde kom gesitueerd is, is er ook potentie om voetgangers en fietsers aan te trekken. Aangezien het potentieel publiek vaak woon-werkverkeer betreft, dient de locatie ook op een zodanig grote afstand van de bestemming gelegen te zijn dat de gebruikers er ook effectief voordeel uit behalen. Een carpoolgebruiker is daarom, zoals eerder gesteld, vaker gebaat bij een dicht netwerk van kleine carpoollocaties en niet bij slechts enkele grote voorzieningen. Dit gaat logischerwijs wel ten koste

van het budget. Het zal echter nog uit het uiteindelijke onderzoek moeten blijken of dat deze stelling klopt.

Op vlak van zowel de verkeersveiligheid als de gebruiksvriendelijkheid is het niet verantwoord om carpoolparkings binnen de verbindingswegen van aansluitingen en knooppunten van de auto(snel)wegen aan te leggen. Dit kan namelijk leiden tot ongewenste en onhandige verkeersbewegingen.

Uiteraard speelt ook capaciteit een rol bij de keuze van gebruikers. Indien er niet voldoende capaciteit beschikbaar is zullen de gebruikers óf gaan wildparkeren, wat niet optimaal is voor de omgeving, óf zullen ze stoppen met het gebruiken van deze voorziening. Het aantal potentiële gebruikers kan via bepaalde formules bepaald worden, waar bijvoorbeeld kenmerken van het rondliggende gebied en het passerende verkeer bij gebruikt kunnen worden. Natuurlijk moet er bij uitbreidingen ook rekening gehouden worden met het eventuele toekomstige gebruik van de parking (Werkgroep Carpoolpleinen, 2007).

Hoewel het minder van toepassing is voor dit onderzoek, is het ook degelijk nuttig om te weten welke inrichtingskenmerken van belang zijn voor de attractiviteit van een carpoolplaats. Om aan de basisbehoeften van de carpoolgebruiker te voldoen moet er met een aantal aspecten rekening worden gehouden.

Allereerst moet een aantrekkelijk carpoolplein bestaan uit een goed verharde ondergrond, zoals eventueel klinkers of asfaltering. Indien er ook voetgangers en fietsers zijn toegelaten op het carpoolplein is het zeer nuttig om hier een afwijkend type bestrating of kleur voor te kiezen. Een andere eis is dat de parkeervakken zichtbaar en duidelijk zijn aangegeven, zodanig dat elke vorm van onzekerheid van de reiziger over het feit waar hij zijn voertuig wel of niet mag parkeren wordt weggenomen. Het wegvak moet daarom dan ook zodanig breed zijn dat het in- en uitrijden van de vakken geen problemen moet opleveren.

De aansluiting van het carpoolplein op de openbare weg is ook een aspect waar aandacht aan moet worden besteed. Hierbij hoort natuurlijk ook fatsoenlijke bewegwijzering. De inrit dient altijd te voldoen aan de daarvoor gestelde eisen. Om gebruikers, al dan niet potentiële, naar de carpoolplaats te leiden dient er tevens gebruik gemaakt te worden van degelijke en consequente vooraanduidingen die bij voorkeur geplaatst zijn bij rustige verkeerssituaties.

Een belangrijk aspect voor het gevoel van de reiziger is het aspect van sociale veiligheid. Dit is vooral een kwestie van aanwezigheid van medereizigers en overige activiteit zoals het passeren van andere voertuigen en eventueel andere bron van bedrijvigheid op het plein, zoals bijvoorbeeld de aanwezigheid van een tankstation. Deze sociale controle is van cruciaal belang, omdat hierdoor andere mensen kunnen ingrijpen indien er iets gebeurt. Dit veiligheidsgevoel kan natuurlijk ook worden gecreëerd met een andere vorm van toezicht zoals bijvoorbeeld camerabewaking of regelmatige surveillance (Werkgroep Carpoolpleinen, 2007; MINT nv, 2009).

2.2 Activiteiten-gebaseerde modellen

In het hieropvolgende onderzoek zal er gebruik worden gemaakt van activiteiten-gebaseerde modellen. Om uit te leggen waarom er juist hiervan gebruik zal worden gemaakt zal in dit deel tevens

een vergelijking gemaakt worden met de traditionele modellen zoals onder andere het vierstappenmodel.

Introductie

Activity-Based Modelling is gebaseerd op het gebruiken van modellen voor het berekenen van (inter)acties van autonome individuen oftewel *agenten*. Het is nodig om te weten in welke omgeving deze individuen zich bevinden en hoe zij met elkaar omgaan in deze omgeving. Een agent zelf wordt in de meeste gevallen gedefiniëerd als iemand die in het betrokken studiegebied woont en die zijn of haar eigen 'persoonlijke agenda' of *schedule* heeft om aan de algemene behoeften te kunnen voldoen. In dit geval is een schedule een combinatie van een aantal trips die aan bepaalde activiteiten gekoppeld zijn. De omgeving waarin een agent zijn activiteiten uitvoert bestaat uit de plaats waar hij woont, de plaatsen waarin hij de rest van zijn bezigheden uitvoert (bijvoorbeeld dus waar hij/zij werkt, naar school gaat of de boodschappen doet) en het netwerk waarop zijn verplaatsingen tussen de activiteiten door op gemodelleerd kunnen worden.

Tijdens een bepaalde simulatierun van een AB-model is er een vast stramien dat de agenten volgen. Allereerst wordt er een doel gesteld, alsook een agenda van activiteiten opgesteld voor de individuen op basis van de omgeving en andere input¹ waarna als laatste deze agenda ten uitvoer zal worden gebracht (Cho, et al., 2012).

De activiteiten-gebaseerde benadering biedt uiteindelijk dus een samenhangend kader voor het analyseren van reisgedrag en het voorspellen van verkeersvraag. Deze benadering is vooral gebaseerd op het feit dat het begrijpen van de opbouw van verkeersvraag begint met het daadwerkelijk doorhebben van hoe en waarom activiteiten doorheen de tijd worden gestart. Hieruit kan dus opgemaakt worden dat activiteiten niet een voor een apart geanalyseerd kunnen worden omdat alle activiteiten die een individu uitvoert uiteindelijk allemaal op een bepaalde manier aan elkaar gelinkt zijn (Kitamura, 1996; Helbing, 2012).

Vergelijking met andere modellen

Er zijn in het verleden al veel modellen gepasseerd die zo goed mogelijk de verplaatsingen van mensen in kaart wilden brengen. Er zijn toen enkele 'best-practice'-principes ontwikkeld om zo goed mogelijk het verplaatsingsgedrag te kunnen voorspellen. De belangrijkste principes zijn hierbij:

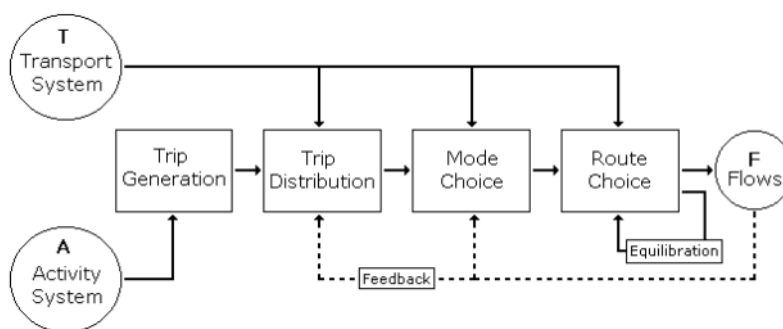
- Verplaatsingsbeslissingen moeten ieder apart gemodelleerd worden, dus individu per individu.
- Binnen het huishouden zelf moet er rekening gehouden worden met de verhoudingen die er liggen, dus dat onder andere verplaatsingen met meerdere personen kunnen worden uitgevoerd.
- Er moeten karakteristieken over zowel het individu als het huishouden worden meegenomen in de bepaling van de verplaatsingen.
- Verplaatsingskeuzes moeten op zowel korte als lange termijn kunnen worden bepaald.

De reguliere trip-based modellen, op basis van het vierstappenmodel, zitten echter aan hun limiet wat betreft de correcte implementatie van de principes die hierboven genoemd zijn. Dit komt bijvoorbeeld doordat niet alle normale verplaatsingsbeslissingen gedisaggregeerd van elkaar

¹ In het geval van FEATHERS zijn dit onder andere het Onderzoek Verplaatsingsgedrag en input gegeven door PARROTS en VEDETT

toegepast kunnen worden op het beslissingsniveau. Tevens is het niet mogelijk bij de reguliere oude modellen om verplaatsingsbeslissingen van verschillende leden van een huishouden met elkaar te linken. Dit houdt dus in dat interacties tussen verscheidene gezinsleden, die ook vaak van invloed zijn op het verplaatsingsgedrag van personen, niet of lastig te modelleren zijn door het klassieke model (McNally & Rindt, *The Activity-Based Approach*, 2007).

Een ander aspect waarin het vierstappenmodel tekort schiet is het feit dat er vaak inconsistente keuzes worden gemaakt voor individuen of verzamelingen individuen van een zone. Dit komt omdat het vierstappenmodel keuzes opeenvolgend laat maken en deze niet kan laten afhangen van de keuzes die deze personen uit de zone eventueel eerder gemaakt hebben. Zo kan het dus zijn dat een persoon op de heenreis het openbaar vervoer gebruikt, maar op de terugreis door andere variabelen voor de auto kiest.



Figuur 2; Klassieke vierstappenmodel (McNally, *The Four Step Model*, 2007)

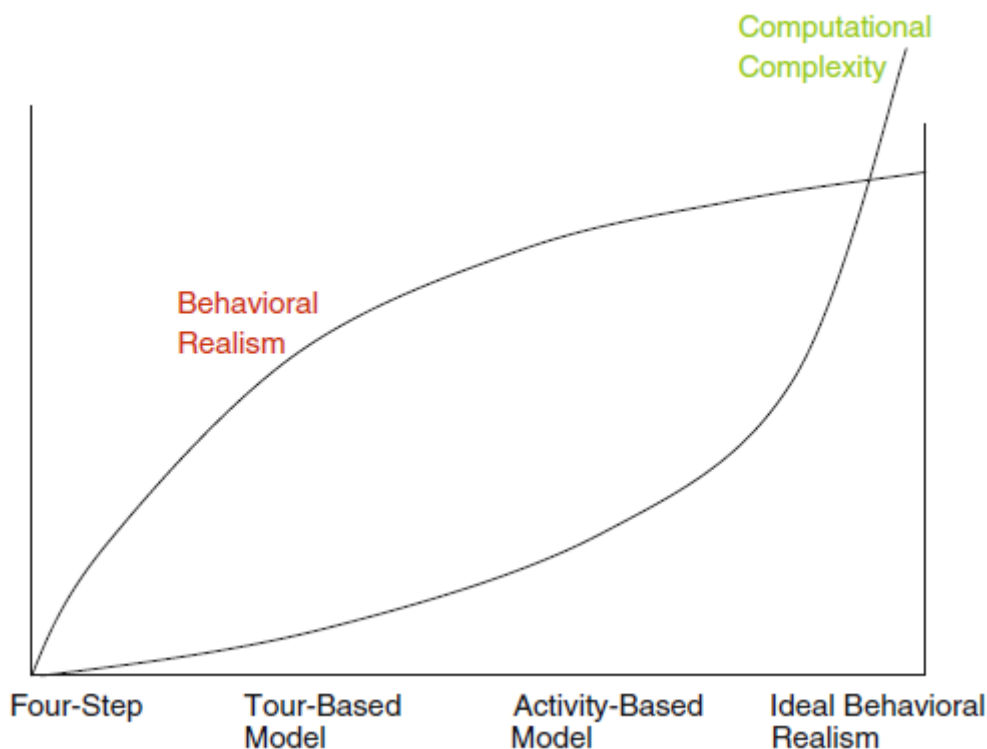
AB-modellen voegen uiteindelijk per stap iets toe aan het klassieke vierstappenmodel. Bij de eerste stap (*trip generation* of *trip production*) wordt het conventionele, simpele, model namelijk vervangen door een vrij uitgebreid patroon van de dagelijkse activiteiten van een individu dat veel meer effecten in rekening brengt dan de reguliere verplaatsingsproductie. Hierbij moet dan onder andere gedacht worden aan bijvoorbeeld substitutie-effecten of andere relaties tussen de verschillende *tours* en activiteiten van een persoon of huishouden.

Op vlak van de attractie bij de eerste stap is het bij het klassieke model vooral gebaseerd op zones die door middel van verscheidene variabelen een bepaalde hoeveelheid verkeer aantrekken, waar bij de AB-modellen deze variabelen ook nog eens opgedeeld worden op basis van type van activiteit. Buiten deze opdeling op basis van type activiteit wordt hier ook nog een onderscheid gemaakt tussen primaire en secundaire activiteiten binnen een agenda van een persoon, waarbij primaire activiteiten een grote attractie uitoefenen en secundaire activiteiten er vaak enkel bij betrokken worden door hun goede bereikbaarheid. Reguliere vierstappenmodellen maken dit onderscheid niet aangezien ze alleen met achtereenvolgende schattingsprocessen attractie en distributie modelleren (McNally & Rindt, *The Activity-Based Approach*, 2007).

Ook in de distributiestap is er aanzienlijke vooruitgang geboekt, aangezien hier verplaatsingen niet los van elkaar worden gezien zoals in het klassieke model, maar juist als onderdeel van een hele agenda van een persoon, wat ervoor zorgt dat de begin- en eindlocaties secuurder bepaald kunnen worden. Een ander voordeel van de op de agenda gebaseerde modellen is dat hierdoor de keuze van het vervoersmiddel consistent zal zijn bij alle verplaatsingen binnen een tour.

Dit zorgt er uiteindelijk voor dat er een mogelijkheid is om via de activiteiten-gebaseerde modelleringsmethode een volledig correcte afspiegeling van de werkelijke keuzes van een persoon op het gebied van mobiliteit te maken. Dit vergemakkelijkt het simuleren van beleidsmatige invloeden op de keuze van modus voor personen. Bij conventionele modellen is dit praktisch onmogelijk aangezien er een groot aantal effecten bijgenomen zouden moeten worden en dat deze ook niet in staat zijn om de gevoeligheid van bepaalde personen ten aanzien van eventueel veranderende factoren te meten.

Een ander pluspunt van de activiteiten-gebaseerde modellen is dat deze om kunnen gaan met een zeer hoge temporele resolutie van ongeveer 15 tot 30 minuten-intervallen of zelfs kleiner, wat ervoor zorgt dat er een ideale input voor microsimulaties gecreëerd kan worden. Dit is vooral van belang bij dit onderzoek, aangezien secure tijdsindicaties nodig zijn om carpoolpartners aan elkaar te koppelen en zo ook de vraag naar carpoolparkeerplaatsen beter bepaald kan worden (Davidson, et al., 2007; McNally & Rindt, *The Activity-Based Approach*, 2007; Sivakumar, 2007; Algers, Eliasson, & Mattsson, 2005).



Figuur 3; Relatie tussen complexiteit en realisme in modellen (Shiftan & Ben-Akiva, 2008)

Zoals weergegeven in figuur 3 zijn activiteiten-gebaseerde modellen de gunstigste afweging als het gaat om modelkeuze. Waar de oude modellen wel goedkoper (gezien qua complexiteit) in gebruik zijn, zijn ze echter niet realistisch als het gaat om het werkelijke gedrag van de gemodelleerde personen, zoals hiervoor al is aangekaart. Activiteiten-gebaseerde modellen nemen dit gedrag beter mee en liggen daardoor dicht bij de werkelijkheid.

FEATHERS

Bij het uiteindelijke onderzoek zal er gebruik worden gemaakt van het FEATHERS activiteiten-gebaseerde model. Hierin wordt het gedrag, dus de uitgevoerde trips en activiteiten van individuele

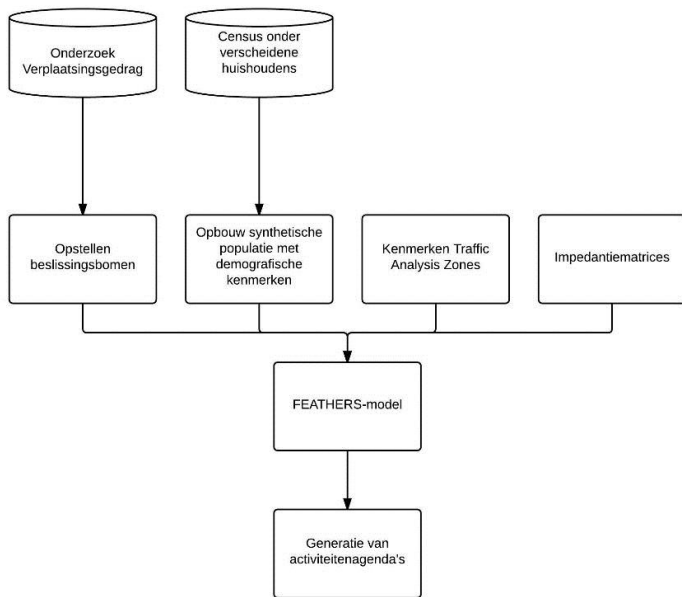
personen, agenten, en hun interacties met elkaar gesimuleerd. De gedragingen van al deze agenten vormen samen het totale model.

Omdat activiteiten-gebaseerde modellen om meer data vragen dan reguliere modellen, werd er omwille van de datavergaring voor het FEATHERS-model een speciaal gps-systeem ontwikkeld dat automatisch bijhield waar de personen zich bevonden. De betrokken personen konden op de pda waarop dit systeem draaide informatie geven over de activiteiten die gedaan werden bij eventuele verplaatsingen. Dit systeem, ook wel PARROTS genaamd, verzamelde bij negenhonderd mensen de volgende informatie: type activiteit, datum, aanvangs- en eindtijden, locatie, gebruikte transportmodus, reistijd en –gezelschap. Deze informatie kon vervolgens gebruikt worden binnen FEATHERS voor het modelleren van de verscheidene activiteiten (Kochan, Bellemans, Wets, & Janssens, 2006).

Buiten dit nieuwe datavergaringsysteem werd er ook een regulier schriftelijk onderzoek, het Onderzoek Verplaatsingsgedrag (OVG), gehouden om aan informatie te komen van bepaalde huishoudens. Er werden in totaal circa 8.000 personen bevraagd over de gezinskenmerken waar ze uit kwamen, over henzelf en hun verplaatsingen. Het was vooral belangrijk dat de kenmerken van de huishoudens goed bekend waren. Dit aangezien interacties tussen personen en dus ook binnen een gezin in een activiteiten-gebaseerd model van vitaal belang zijn. Na het interview werd aan de deelnemers een verplaatsingsboekje gegeven waarin zij op een willekeurige dag hun activiteiten en verplaatsingen moesten bijhouden. Deze gegevens werden vervolgens in de computer ingevoerd. Deze data kon in FEATHERS gebruikt worden om de beslissingsbomen voor het model op te stellen (Janssens, Declercq, & Wets, 2014).

Waar de informatie van het OVG en PARROTS vooral diende als basis voor de statische beginfase van het model werd voor de dynamische componenten van het FEATHERS-model vooral informatie vergaard door middel van zogezegde *stated adaptation experiments* en het VEDETT-systeem. Bij de eerste van de twee werd er via internet extra onderzoek gedaan naar verplaatsingen die vooral op korte termijn gepland en uitgevoerd werden, aangezien dit uit alleen de ingevulde agenda's lastig was op te maken. In het geval van het VEDETT-systeem werden er bij veertien voertuigen voor een lange termijn (ongeveer een jaar) loggers geplaatst om zo real-time informatie te kunnen vergaren. Dit gaf de mogelijkheid om de impact van bijvoorbeeld belangrijke levensgebeurtenissen terug te kunnen zien in verplaatsingsgedrag, iets wat met enkel met informatie van het OVG niet mogelijk was. Deelnemers konden bovendien via een website inloggen en de redenen achter de verplaatsingen geven met eventuele extra informatie (Bellemans, et al., 2010).

Vlaanderen heeft in totaal meer dan zes miljoen inwoners. Om het model een zo realistisch mogelijk beeld van dit gebied te laten schetsen, vertegenwoordigt één agent in het model één werkelijk individu uit de Vlaamse bevolking. Om uiteindelijk de agenda's te verkrijgen vindt er 'scheduling' plaats op basis van beslissingsbomen. Deze beslissingsbomen zijn gebaseerd op de data die verzameld is uit het OVG, zoals hierboven al vermeld. Er zijn 26 van deze beslissingsbomen nodig om de agenda's van de individuele agenten te bepalen. De beslissingsbomen werken met onder andere een aantal kenmerken van het huishouden, van de zone waarin ze wonen en natuurlijk van het individu zelf.



Figuur 4; Simpel overzicht input FEATHERS-model

Ook werden er impedantiematrices opgesteld die de reistijd en -afstand tussen de verscheidene zones in verschillende tijdsperioden met de diverse modi specificerden.

Op basis van de attributen van de zone, kan bepaald worden waar de agenten uit het model hun activiteiten gaan uitoefenen. Deze attributen kunnen variëren van reistijd, inclusief eventuele congestie, tot aan de toegankelijkheid van een zone. Attributen zoals deze worden mee in rekening gebracht, aangezien individuen in het echt hier ook weet van hebben en deze dus zelf ook mee in rekening brengen.

Met de informatie van de gesimuleerde agenda's en de attractiviteit van zones kunnen uiteindelijk OD-matrices van verschillende tijdvakken worden opgesteld, op basis waarvan de effectieve verkeersvraag kan worden gebaseerd. In totaal zijn er binnen het FEATHERS-model ongeveer 2400 TAZ van ongeveer 5 km² waar de verschillende activiteiten van de agenten kunnen plaatsvinden (Ramaekers, Kochan, Bellemans, Janssens, & Wets, 2008; Galland, et al., 2014).

Buiten deze input van beslissingsbomen is er nog andere data die gebruikt wordt om de individuele agenda's te kunnen voorspellen. Allereerst wordt de synthetische populatie, in dit geval zes miljoen individuen, van het model opgesteld op basis van diverse socio-economische en demografische data zoals bijvoorbeeld opleidingsniveau, inkomens- en leeftijdscategorie. Daarnaast werd Vlaanderen opgedeeld in zogenoemde TAZ (Traffic Analysis Zones) met bijbehorende kenmerken, zoals bijvoorbeeld de verdeling van het aantal werkende personen in de verschillende sectoren binnen het gebied.

3. ONDERZOEKSMETHODE

De onderzoeksmethode is enigszins gewijzigd ten opzichte van de methode die vorig academiejaar gesuggereerd werd bij het opleidingsonderdeel Academische Onderzoeksvaardigheden in Mobiliteit. In die voorgaande paper was voorgesteld om te gaan werken met het programma DTALite. Na overleg is echter besloten om over te gaan op een methode gebaseerd op basis van een database en de SQL-taal, wat een op programmeringsvlak minder intensieve methode is.

Bij deze nieuwe methode zal gebruik worden gemaakt van de eerdergenoemde Traffic Analysis Zones (TAZ), waar Vlaanderen fictief in opgedeeld zal zijn. In dit geval heeft de gemiddelde TAZ een oppervlakte van 5 km². Voor al deze zones zijn meerdere impedantiematrices opgesteld voor verschillende modi en tijdstippen, waar dus de reistijd/afstand en dus kosten tussen de zones aangegeven wordt. In deze matrix zijn de kosten gebaseerd op de afstanden tussen de centroïden van de TAZ. Dit zal ook het geval zijn in het vervolg van het onderzoek.

Voor het onderzoek zal er enkel gekeken worden naar woon-werkverkeer, aangezien dit soort verkeer het grootste aandeel heeft binnen carpoolen, zoals blijkt uit het literatuuronderzoek. De voorspellingen die gebruikt worden in het onderzoek zijn verkregen via het FEATHERS activiteiten-gebaseerde model. In dit model wordt dus het gedrag van individuen en hun onderlinge interacties gesimuleerd. De gedragingen van al deze agenten samen vormen het totale model. Ook zal er in het begin van het onderzoek vanuit worden gegaan dat het ook mogelijk is voor personen die niet in dezelfde zone woonachtig zijn dat zij met elkaar af te spreken om samen te carpoolen. De werklocatie van de personen moet echter wel in dezelfde zone zijn. Tevens wordt er bij dit onderzoek slechts uitgegaan van paren van individuen die samen reizen. Dit kan eventueel later in vervolgonderzoek nog uitgebreid worden.

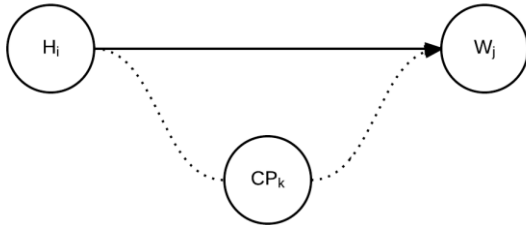
De basis waar het onderzoek op steunt is het feit dat mensen carpoolen om te besparen op de kosten en daarvoor zo min mogelijk af willen wijken van hun reguliere tijden. Deze besparingen zijn enerzijds de besparingen op de rijkosten, zoals benzinekosten en tolkosten, en anderzijds de besparing op de kosten voor bijvoorbeeld het parkeren op locatie zelf. Met dit uitgangspunt zal er via SQL-queries op een database geprobeerd worden om carpoolplaatsen scores te geven en ze te vergelijken met de telgegevens die beschikbaar zijn.

3.1 Methodiek

In deze paragraaf zal de meer gedetailleerde werkwijze toegelicht worden. Zoals al eerder gesteld werd zal er gebruik worden gemaakt van de TAZ binnen Vlaanderen. Er wordt van elke huidige carpoollocatie (CP) in Vlaanderen bekeken in welke zone deze ligt. Deze locaties worden vervolgens in het open-source GIS-programma Q-GIS overgezet om de zones te bepalen. Omwille van het feit dat het anders veel rekenkracht zou kosten om te bekijken hoe ver zij van een centroïde van een zone af liggen wordt ervanuit gegaan dat deze locaties zich in het midden van de zones bevinden. Dit omdat bij de berekeningen er geen gebruik wordt gemaakt van een wegennetwerk, omdat locaties binnen FEATHERS ook op deze zones zijn toegewezen. Een andere reden hiervoor is aangezien de impedantiematrix uit het model ook op de afstanden tussen de centroïden is gebaseerd.

Vervolgens zullen via FEATHERS voorspellingen van woon-werkverplaatsingen tussen de zones opgehaald worden, dus de H(ome)-W(ork) relaties. Deze voorspellingen zijn individueel en worden dus niet geaggregeerd. De reiskosten voor deze verplaatsingen zullen tevens bepaald worden door

de impedantiematrix. Hierdoor kan voor elke individuele rit niet alleen de reistijd, maar ook de kosten en de afstand worden verkregen. Bij elke relatie $H_i - W_j$ wordt er daarna een virtuele omweg via carpoollocaties toegevoegd. Voor de verbinding $H_i - CP_k - W_j$ is er dan een nieuwe reiskost (TC) beschikbaar, die vergeleken kan worden met de reguliere reiskost $H_i - W_j$, zoals weergegeven in figuur 5. Zo kan dus de zogeheten *usage profit* (UP) voor een individu wonend in H_i bepaald worden, die als volgt gesteld wordt: $UP = TC_{(H_i - W_j)} - (TC_{(H_i - CP_k)} + \frac{1}{2}TC_{(CP_k - W_j)})$.



Figuur 5; Visualisatie berekening

Omdat elke carpoollocatie in Vlaanderen bij elke individuele woon-werkverplaatsing betrokken wordt, is het ook logisch dat er vreemde gevallen tussen zitten in deze berekeningen. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer de kosten voor $H_i - CP_k$ al groter zijn dan de kosten voor de reguliere verplaatsing ($H_i - W_j$). Uiteindelijk zullen deze gevallen eruit gefilterd kunnen worden op basis van onrealistische usage profit. Een onhaalbare usage profit is dus het geval wanneer deze negatief is.

Buiten de maat van de usage profit, zal er ook gebruik gemaakt worden van de zogenaamde *gain*. Deze variabele kan als volgt berekend worden: de reguliere reiskosten van huis naar werk wordt gesteld als $\alpha d(H_i, W_j)$. Als men een zekere carpoolplaats kiest, kan de kost van de thuislocatie via deze parking naar het werk gedefiniëerd worden als $\alpha d(H_i, CP_k) + \frac{\alpha}{2} d(CP_k, W_j)$ waarin alpha de kosten per kilometer is. Deze is identiek voor elk voertuig. Hierdoor kan de gain van deze persoon a, dus de reiskostenwinst die hij boekt door de carpoolplaats te gebruiken, worden bepaald als:

$g_a = 2 * \left(1 - \frac{\alpha d(H_i, CP_k) + \frac{\alpha}{2} d(CP_k, W_j)}{\alpha d(H_i, W_j)} \right)$ met $g_a > 0$. De gain is dus gegeven als één min de ratio van de gecarpoolde reiskosten over de reguliere reiskosten vermenigvuldigd met twee. Hierdoor zal bij het optimale geval (alle kilometers gecarpoold) een gain van 1 worden gevonden. Indien de gain hoger is dan 1, wat waarschijnlijk niet voor zal komen, betekent dat dat de reiskosten via de carpoolplaats sowieso al minder zijn dan de reguliere reiskosten. Tevens door deze eis te stellen zullen hierdoor locaties die niet rendabel zijn direct afvallen aangezien zij een ratio >1 hebben, waardoor g_a kleiner is dan 0. Een 'ideaal' paar, dus de gain van twee individuen bij dezelfde carpoollocatie ($g_a + g_b$) zal dus een totale gain hebben van 2.

Om de 'keuze' van een paar vast te leggen, zijn er dus twee verschillende mogelijkheden waarop zij hun keuze voor een bepaalde carpoolparking kunnen baseren, namelijk de gain en de usage profit. Hierbij wordt bij de gain als het ware een ratio gemaakt terwijl in het geval van de usage profit sprake is van de reguliere winst, zonder de totale lengte van het traject in ogenschouw te nemen. De usage profit bepaalt dus in principe de concrete besparing van het gebruiken van een carpoolplaats. Ook deze twee methodes zullen uiteindelijk met elkaar vergeleken worden om te bekijken in hoeverre de uitslagen van elkaar verschillen.

Er zijn twee verschillende methodes mogelijk om de carpoolparen te maken. De eerste methode baseert zich op het feit dat personen pas gaan carpoolen indien men daar de geschikte partner al voor gevonden heeft. Het paar wordt dus gevormd op basis van de werklocatie W en de gestelde marge voor de aankomsttijd bij deze werkzone en de vertrektijd. Pas wanneer deze paren gevormd zijn op basis van de minimale afwijking van de vertrek- en aankomsttijden, wordt voor dit paar de beste carpoolplaats CP_k gekozen. Deze carpoolplaats is dan voor minimaal een van de twee personen uit het paar de beste optie.

De tweede methode gaat er juist van uit dat een persoon al een ideale carpoolplaats gevonden heeft en daarna op zoek gaat naar een partner. Hierdoor wordt er een zogenaamd ideaal *tuple* gemaakt van (H_i, W_j, CP_k) : een individu i die werkt op locatie j en gebruikmaakt van carpoollocatie k . Vervolgens worden twee individuen gekoppeld op basis van werklocatie j en carpoollocatie k . Omdat carpoolen ook van de tijdstippen van de deelnemers afhangt, moet dit tuple aangepast worden, zodat er een aspect van tijd in wordt meegenomen. Hierdoor wordt een paar individuen verkregen: $(H_i^a, W_j, t_{ja}^a, CP_k)$ met $(H_i^b, W_j, t_{ja}^b, CP_k)$, waarbij dus de werklocatie, carpoollocatie en vertrek- en aankomsttijd op het werk min of meer hetzelfde zijn. Meer concrete uitleg over de precieze stappen van de methodes zullen in het hieropvolgende hoofdstuk behandeld worden.

Bij de tijdstippen zal er, zoals eerder gesteld, wel gebruik moeten worden gemaakt van een bepaalde marge, zodat het bijvoorbeeld niet het geval is dat personen die slechts enkele minuten van elkaar op hun werk in dezelfde zone aanwezig moeten zijn, niet gekoppeld worden. Uiteraard is er ook een voorwaarde die stelt dat de vertrektijden van het werk terug naar de carpoolparking van beide individuen uit een paar ook niet ver van elkaar mogen afliggen, met dezelfde marge als de heenreis.

Per carpoollocatie kan er zo uiteindelijk bepaald worden hoeveel fictieve paren van deze plaats gebruik maken. Omdat er hier sprake is van een behoorlijke vereenvoudiging van het beslissingsproces tot carpoolen, zal er verder in de thesis eerder gesproken worden van score of toegewezen/voorspelde paren. Hierbij worden namelijk alle potentiële paren onder ruime voorwaarden toegewezen. Onder deze voorwaarden wordt bijvoorbeeld verstaan dat men altijd wil gaan carpoolen bij een bepaalde winst of dat de persoon waarmee gereden wordt altijd te vinden is. Dit wordt in de volgende paragraaf nog verder uitgelegd. De resultaten van deze voorspellingen kunnen dan vervolgens vergeleken worden met de telcijfers die bekend zijn van deze carpoolplaatsen van onderzoeksbureau MINT uit 2012. Zij hebben van elke carpoolplaats in dat jaar de gemiddelde bezetting bepaald. Hierop kan dan een regressie op worden uitgevoerd². Er moet dan wel in acht worden genomen dat er in het echt ook gebruikers kunnen zijn die uit het Brussels of Waals Gewest kunnen komen of uit andere landen. Bovendien zullen de eerdergenoemde beide methodes van het paren naast elkaar beoordeeld worden.

Op basis van het feit of de voorspellingen wel of niet in de buurt komen van de actuele bezetting kunnen er aan de verschillende carpoolplaatsen scores worden toegekend in welke mate zij bijdragen aan de vermindering van de congestie; gebaseerd op de gain en de usage profit. Hoe verder de gemiddelde gebruiker vanaf deze locatie carpoolt, hoe beter de score van deze locatie.

² Dit geldt niet voor de carpoollocaties Middelkerke, Menen, Oudenburg aangezien hier nog geen gegevens van zijn. Voor Melsele-Noord geldt dat er geen enkele gebruiker was gesignaleerd tijdens de observaties. Deze locaties zijn allen te zien in de bijlage.

3.2 Beperkingen en uitbreidingsmogelijkheden

Uiteraard worden er bij deze onderzoeksmethodes een aantal aannames gedaan om het rekenwerk van het onderzoek te vergemakkelijken. Zoals al eerder aangegeven wordt er uitsluitend gebruik gemaakt van zones. Hierdoor valt voor bijvoorbeeld personen die binnen dezelfde zone wonen als een carpoolplaats, geen extra reiskost te berekenen, aangezien er enkel vanuit de centroïdes van de zones gerekend wordt.

Ook is het zo dat er bij de een van de twee gestelde methodes vanuit wordt gegaan dat er enkel een paar gevormd kan worden indien beide personen een bepaalde carpoollocatie als beste optie hebben. Dit is natuurlijk niet altijd het geval, individuen kunnen ook altijd naar een minder ideale locatie rijden indien men daar wel kan carpoolen met iemand anders. Er wordt daarom gesteld dat minimaal een van de twee personen uit de gestelde paren deze carpoolplaats als optimale heeft.

Tevens wordt er bij deze beide methodes omwille van de complexiteit enkel vanuit gegaan dat hoogstens twee personen met elkaar carpoolen. Rekentechnisch is het namelijk vrij onhaalbaar om van drie of vier personen uit te gaan. Het aantal te onderzoeken combinaties wordt dan zodanig groot dat het niet meer te berekenen is met de computerkracht die voor handen is. Dit valt te verklaren door het feit dat het aantal mogelijkheden dan exponentieel toeneemt.

Een andere optie is ook om er al op voorhand vanuit te gaan dat slechts een deel van de personen ook daadwerkelijk gaat carpoolen, in plaats van dit na afloop te bepalen of bij de eisen te stellen. Dit zal enerzijds een voordeel zijn voor de rekenintensiteit, aan de andere kant moet er dan wel *a priori* bepaald worden welke personen of welk vastgesteld percentage van de personen daadwerkelijk zal gaan carpoolen. Dit percentage kan dan eventueel gebaseerd worden op de data van het OVG, te zien in tabel 1. Natuurlijk zijn er ook andere factoren waar de bereidheid tot carpoolen van af kan hangen, zoals in de literatuurstudie al gesteld is. Dit zijn bijvoorbeeld de inkomensklasse waar de persoon uit komt, de mate van stedelijkheid van de zone waaruit hij/zij komt, en leeftijd en geslacht. Deze cijfers worden in eerste instantie niet meegenomen in het onderzoek, maar worden wel gebruikt in FEATHERS, dus kunnen later nog erbij genomen worden bij verdere onderzoeken omtrent dit onderwerp.

Bij de originele methodiek is het uitgangspunt dat er door paren een bepaalde carpoolplaats gekozen zal worden waar de gain het hoogst is. Het aantal toegewezen carpoolparen dat gebruik maakt van de CP geeft de score voor de kwaliteit van de desbetreffende carpoolplaats. Hierbij wordt er wel vanuit gegaan dat het gemeenschappelijke deel van het traject volledig kostendelend zal zijn. Dit hoeft niet per se zo te zijn, wanneer een van de twee personen uit een paar een auto gebruikt die meer kost of verbruikt.

Zoals al in het begin van deze paragraaf werd aangekaart, wordt er in dit onderzoek enkel vanuit de centroïde gerekend. Dit heeft niet alleen consequenties voor het feit dat mensen waarvan de thuislocatie in dezelfde zone als een carpoolparking gesitueerd hebben geen reiskost wordt aangerekend, maar ook bij verplaatsingen naar buiten de zone kunnen hierdoor een hogere of lagere reistijd toegewezen krijgen, terwijl dit in het echt misschien niet het geval is. Deze kwestie heeft vooral een nadelig effect op het reizen van en naar de carpoollocaties. Aangezien veel van deze locaties langs een autosnelweg liggen, wat ook vaak een zonegrens is, is de reistijd of zijn de reiskosten naar deze parkings in het model vaak groter dan in werkelijkheid het geval.

Een ander risico wat betreft reistijden is het feit dat er gewerkt gaat worden met een vaste impedantiematrix. Niet alleen worden dan de reistijden vereenvoudigd door middel van de centroïden, ook kan er hier geen onderscheid worden gemaakt tussen daluren en spitsuren, waarin de reistijd op bepaalde trajecten aanzienlijk kan toenemen. Deze impedantiematrices zijn wel beschikbaar, maar zullen vanwege de rekencomplexiteit niet mee worden genomen in het onderzoek. Een ander probleem met vaste tijden is er vanuit gaan dat mensen elke dag een vaste reistijd hebben. Omdat het anders rekenkundig erg lastig wordt om partners te vinden, worden er enkel voor het bepalen van paren enkel trips op maandag in acht genomen. Voor mensen die in vaste ploegendienst werken is dit natuurlijk geen probleem. Echter, voor personen met wisselende start- en eindtijden binnen de week kan dit wel complicaties geven.

Ook wordt er, met het bepalen van het aantal carpoolparen, vanuit gegaan dat er een vaste bereidheid tot afwijking van deze werktijd is. Dit hoeft natuurlijk niet het geval te zijn. Uit het literatuuronderzoek blijkt namelijk dat het echt afhankelijk is van waar personen werken, of zij tijdens het werk zelf de auto nodig hebben en hoeveel flexibiliteit het bedrijf hen biedt in de werkroosters.

Met betrekking tot de uit te voeren regressie zijn er ook nog enkele moeilijkheden. Tot nu toe is de enigste recente data om de voorspellingen mee te vergelijken deze van tellingen van MINT uit 2012. In deze teldata komen echter speciale gevallen voor, bijvoorbeeld carpoolplaatsen met een zware onderbezetting, bijvoorbeeld carpoolplaats Vilvoorde met een bezetting van 5 van de 107 beschikbare plaatsen, of carpoolplaatsen die eigenlijk al boven hun capaciteit opereren, bijvoorbeeld locatie Zoersel met een bezetting van 72 en capaciteit van 50. Dit laatste is natuurlijk wel mogelijk doordat gebruikers hier wildparkeren, maar betekent dat de vraag erg groot is en de plaats hier dus niet aan kan voldoen. Voor de plaatsen waar de bezetting zeer laag is kan het zo zijn dat deze plaatsen nog niet bekend zijn bij het publiek. Zowel de onderbezette als overbezette plaatsen geven dus hoogstwaarschijnlijk een vertekend beeld van wat de exacte vraag is binnen de zone waarin ze gelegen zijn. Daarom is het een optie om de locaties waarbij de bezetting boven of onder een bepaald percentage komt niet mee te nemen in de analyses. Dit wordt later in het onderzoek ook overgenomen.

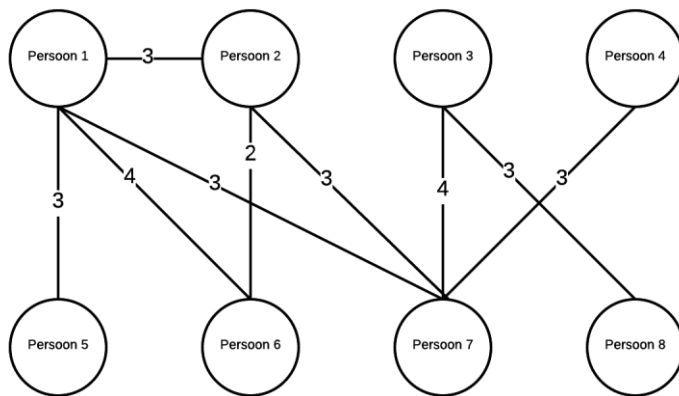
De gebruikte tellingen van MINT stammen zoals eerder gesteld, uit 2012. Hoewel dit niet zo heel lang geleden is, zouden recentere gegevens toch de voorkeur krijgen. Dit aangezien er elk jaar een groei te zien is in de mobiliteit en dit ook zijn invloed kan hebben op carpoolgebruik³. Bovendien zijn er sinds dat jaar enkele plaatsen bijgekomen of hebben uitbreidingen plaatsgevonden die niet in de tellingen zijn opgenomen.

Het probleem van het koppelen van individuen voor een carpoolpaar is het zogenoemde *maximum matching* probleem. Dit komt voor wanneer er voor een persoon meerdere mogelijkheden zijn om mee te carpoolen, maar er verschillende maatstaven⁴ zijn hiervoor. Specifiek gezien gaat het dan om een *maximum weighted matching* probleem. In figuur 6 is dit probleem eenvoudig weergegeven.

³ FOD: Kilometers afgelegd door Belgische voertuigen (2013): http://www.mobilit.belgium.be/nl/binaries/Kilometers_2013_tcm466-260946.pdf

⁴ In het geval van dit onderzoek de *gain, usage profit* en maximale werktijdafwijking; verder uitgewijd in hoofdstuk 4.

In de wiskunde wordt dit probleem ook wel gekarakteriseerd als een zogenoemd *NP-hard probleem*. Waar sommige problemen in polynomiale tijd opgelost kunnen worden, is dit bij een NP-hard vraagstuk niet het geval. Voldoende kleine problemen zijn wel oplosbaar, maar problemen met realistische afmetingen, bijvoorbeeld in dit geval met een groot aantal carpoolkandidaten zijn praktisch onoplosbaar omdat de rekentijd veel te snel groeit met de afmeting van het probleem. Er kan met de gebruikte werkwijze slechts een benadering worden gegeven van de optimale oplossing. Problemen van dergelijke complexiteit kunnen slechts benaderend worden opgelost met behulp van heuristieken. De vereiste rekentijd om de optimale oplossing te vinden kan oplopen tot duizenden jaren. De twee methoden die in dit onderzoek werden gebruikt zijn voorbeelden van dergelijke heuristieken (Hartman, et al., 2014).



Figuur 6; Voorbeeld maximum weighted matching probleem

Bovenstaande figuur stelt een matching probleem voor. Het getal naast de verbinding tussen twee personen geeft de waarde (gewicht) die ontstaat door de personen te koppelen. In dit geval is het de bedoeling om de personen te koppelen tot paren zodat de totale waarde (gewicht) maximaal is. Een klein probleem met enkele tientallen personen is oplosbaar; gevallen met enkele honderden personen vergen ondoenbaar grote rekentijden (Hartman, et al., 2014).

4. ONDERZOEKSPROCES

In dit hoofdstuk zal dieper in detail worden getreden over het precieze proces wat achter de onderzoeksmethode zit. Hier zal dus elke stap in het te volgen onderzoeksproces beschreven worden. Binnen het onderzoeksproces zelf zijn er een aantal stappen te onderscheiden. Allereerst is er de inventarisatie van de gebruikte data. Dit geldt voor zowel de data gegenereerd via FEATHERS, als de gegevens over de carpoolplaatsen. Bij de verplaatsingsdata worden er twee verschillende methodes gehanteerd, beiden behandeld in aparte paragrafen.

Tevens valt het onderzoek op te delen in twee fases. Toen in de eerste onderzoeksfase van Access bleek dat dit programma aan de limiet zat en niet om kon gaan met benodigde queries, is er uiteindelijk overgegaan op Postgres. De techniek achter de totdantoe gebruikte queries uit de eerste fase is een op een overgenomen in de tweede fase. Hier zijn echter wel stappen aan toegevoegd die in de eerste fase nog niet mogelijk waren om zo het koppelproces van individuen eenvoudiger te laten verlopen. De stappen van Postgres worden in de laatste paragraaf van dit hoofdstuk behandeld.

4.1 Inventarisatie

Alvorens van start te gaan met de activiteiten-gebaseerde data via een database, is het eerst nodig om de aanwezige carpoolplaatsen van Vlaanderen te inventariseren. De informatie over de carpoolplaatsen wordt allereerst vergaard uit een rapport betreffende carpoolparkings gedaan door onderzoeksbureau MINT in 2009. Informatie uit dit verslag is vervolgens geüpdated met de meest recente informatie van o.a. OpenStreetMap (OSM).

Via OSM is daarna handmatig van elke carpoollocatie de geografische locatie (*Latitude* en *Longitude*) bepaald en bijgehouden. Vervolgens kon deze data geïmporteerd worden in het eerdergenoemde programma Q-GIS. Onder deze locaties werd een layer gelegd van de Traffic Analysis Zones (TAZ), de zones die ook gebruikt worden in FEATHERS wanneer men daar een activiteit voorspelt en die dus ook als referentie gelden in het verdere onderzoek. Met behulp van de ruimtelijke query *spatial join* kon per carpoollocatie bepaald worden in welke TAZ deze zich bevond. Indien er meerdere carpoolplaatsen zich in dezelfde zone bevonden, werd de capaciteit van deze plaatsen bij elkaar geteld. Dit bleek o.a. het geval te zijn bij de parkings Oelegem-Oost en -West en Kortrijk en Kortrijk-Oost. De resultaten van deze analyse zijn weergegeven in bijlage 1 en bijlage 2.

Zoals al in het vorige hoofdstuk besproken is, wordt er bij het onderzoeksproces gebruik gemaakt van twee verschillende basiswerkwijzen. Deze methodes zullen met hun stappen en queries beide afzonderlijk besproken worden. De data waarbij in de eerste fase van het onderzoek gebruik wordt gemaakt, zijn voorspellingen van agenda's op een maandag door FEATHERS⁵. Er is voor gekozen om alleen deze data te gebruiken, aangezien anders de rekentijden van de queries nodeloos langer zouden worden. Bovendien verschillen de agenda's van de werkende mensen voor hun woon-werkverplaatsingen op de doordeweekse dagen weinig van elkaar. Alvorens dat deze data is ingeladen, wordt deze nog gefilterd op enkel de eerste en de laatste woon-werkverplaatsing (en andersom) van de dag, waar in dit onderzoek op gefocust wordt en waarvoor carpoolen ook het meest gebruikt wordt. Een voorbeeld van de gebruikte data is weergegeven in bijlage 3.

⁵ Het gaat hier niet om rechtstreekse FEATHERS-data, maar data die via een Java-programma geëxtraheerd is uit de FEATHERS-voorspellingen en vervolgens is omgezet om deze gemakkelijker te kunnen gebruiken voor dit onderzoek.

In deze tabel van de FEATHERS-data zijn een aantal zaken benoemd per verplaatsing. Allereerst is er de *houseHoldId*, die een nummer geeft waarmee men het huishouden waaruit de persoon die de verplaatsing doet komt, kan worden geïdentificeerd. Als tweede is er dan ook logischerwijs de *personID*, waarmee de persoon zelf een ID toegewezen heeft gekregen. De TAZ waarin het huis staat wordt gegeven met de *homeLocId*.

De informatie die in de kolommen ernaast gegeven wordt hebben enkel betrekking op de woon-werkverplaatsingen van de persoon, *tHW*: van huis naar werk en *tWH*: van werk naar huis. Over de verplaatsingen wordt allereerst gegeven in welke zone deze persoon werkt of vandaan komt als hij/zij naar huis gaat met respectievelijk de *tHW_workLocId* en *tWH_workLocId*. Dit hoeven niet per se dezelfde zones te zijn, aangezien het hier om de eerste en laatste werkverplaatsing van de dag gaat en er dus meer mogelijkheden op dit vlak zijn.

Ook wordt er informatie gegeven over de activiteiten die personen hebben uitgevoerd voor of na hun woon-werktrip. Het gaat hierbij om het type (*tHW_predAct* en *tWH_succAct*) en de tijdsduur van deze activiteit (*tHW_predActDur* en *tWH_succActDur*). De belangrijkste informatie wordt gegeven in de kolommen *startTime*, *tripDur* en *mode*, waar respectievelijk de initiële start van de werktijd, tijdsduur van de trip en gebruikt vervoersmiddel van de verplaatsing wordt gegeven. Deze tijdsduur wordt echter niet gebruikt bij de berekeningen; er zal namelijk gebruik worden gemaakt van de gestandaardiseerde impedantiematrix, omdat tevens bijkomende afstanden tussen woonplaatsen en carpoolparkings vereist zijn.

Voor beide methodes worden uit de gegeven dataset allereerst de verplaatsingen gefilterd via een eenvoudige select-query, zodat er enkel verplaatsingen gebruikt worden die sowieso al met de auto gebeuren, als bestuurder of als passagier. Dit is nodig zodat de mensen die op een andere manier naar het werk gaan en waarvan autogebruik dus niet is vastgesteld niet mee worden genomen in het onderzoek. In diezelfde query worden ook nog andere zaken gefilterd, zoals personen die in dezelfde zone wonen en werken. Dit gebeurt omdat alle toekomstige berekeningen uit zullen gaan van de centroïden van de zones en mensen die in dezelfde zone wonen en werken krijgen dan overal een nulwaarde.

Als laatste worden in deze query de personen eruit gehaald die niet bij dezelfde locatie in de namiddag of avond vertrekken als waar ze bij het begin van hun werk in de ochtend waren aangekomen. Omdat het hier een simpele select-query betreft, is de rekentijd relatief klein. Het resultaat van deze query werd in de eerste fase van het onderzoek vervolgens als een nieuwe tabel opgeslagen. Dit maakt het voor Access gemakkelijker om ermee door te rekenen, aangezien hij dan niet de eerdere queries die er eventueel aan gekoppeld zijn overnieuw moet laten lopen. Daarom zal dit ook vaker worden gedaan als er een belangrijke tussenstap berekend is. Bij de tweede fase met Postgres is dit niet meer van toepassing.

4.2 Analysemethode 1

Bij de eerste methode wordt, zoals eerder gesteld, ervan uit gegaan dat er eerst paren worden gevormd op basis van werklocatie en werktijd en dat dit paar dan vervolgens samen als het ware 'op zoek' gaat naar de beste carpoolplaats voor hen beiden.

Om een koppel van twee personen te kunnen maken, die beiden in dezelfde tabel staan, moet er gebruik worden gemaakt van een zogenoemde *self join* van de tabel. Dit statement zorgt ervoor dat

de tabel zich met zichzelf joint door tijdelijk de tabel twee verschillende namen te geven (in dit geval a en b), als ware het twee aparte tabellen. Er moet geen speciale syntax gevormd worden om deze query uit te voeren; een self join werkt via een iets gecompliceerdere select-query.

Binnen deze query kan bovendien de limiet worden gesteld van de tijd waartoe mensen bereid zijn af te wijken van hun standaard werktijden om met iemand te kunnen carpoolen. In de eerste fase van het onderzoek staat deze limiet nog op 20 minuten, maar deze wordt in de tweede fase met Postgres verlaagd naar maximaal 15 minuten. Bij deze fase wordt er dan systematisch teruggewerkt in stappen van 2.5 tot 2.5 minuten⁶.

Er wordt in deze queries achtereenvolgens geselecteerd op het feit of mensen dezelfde werklocatie hebben en dat, in dit geval, de absolute waarde van het verschil in de werktijden, dus zowel de begin- en eindtijd, niet groter is dan 20. Om te vermijden dat er dubbele koppels komen, bijvoorbeeld een koppel met persoon a als ID 1 en persoon b 2 en dan nog eens een paar met persoon a als ID 2 en persoon b 1, wordt er in de query gesteld dat de ID-waarde van persoon a kleiner moet zijn dan deze van persoon b. Hierdoor zal hij als het ware alleen van 'beneden' naar 'boven' koppels zoeken en niet nog eens andersom. Logischerwijs kan het hier dus wel zo zijn dat een persoon met meerdere personen gekoppeld wordt als de werktijden binnen de limiet liggen. Dit probleem wordt echter in de tweede fase van het onderzoek verholpen door hierop te gaan sorteren.

Vervolgens kunnen van deze geselecteerde woon-werkverplaatsingen de kosten⁷ worden bepaald door de impedantiematrix via een *inner join* op de thuislocatie en de aankomstlocatie te koppelen aan het resultaat van de voorgaande query. Dit moet twee keer gebeuren om zodanig de tijdsduur van de woon-werkverplaatsingen zowel aan persoon a uit een paar te kunnen koppelen als aan persoon b.

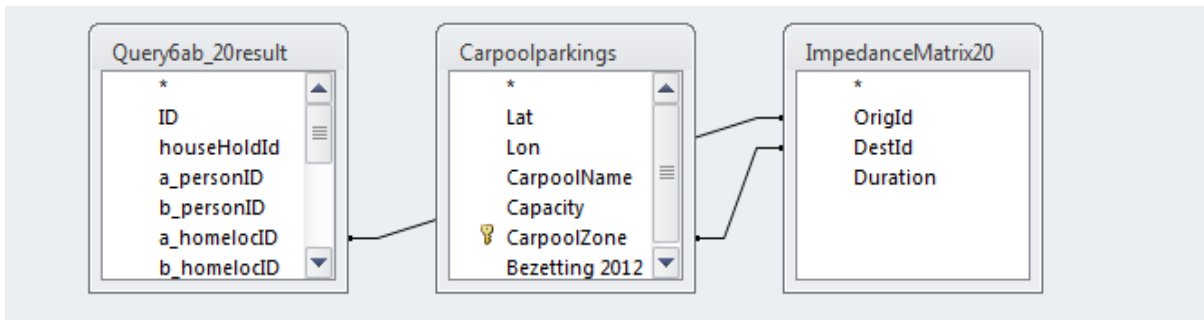
Hierna wordt de lijst de eerder verkregen lijst van de carpoollocaties en de bijbehorende zones en capaciteit erbij betrokken. Alle beschikbare locaties worden aan de lijst van de carpoolparen toegevoegd, dus ook hele onrealistische gevallen, bijvoorbeeld een persoon die in Brussel werkt, in Gent woont en in Brugge carpoolt. Deze zullen in een latere stap automatisch uit de lijst van de carpoolparen worden gehaald wanneer op een minimale gain of een vastgestelde usage profit gefilterd wordt.

Om deze gain en usage profit te kunnen bepalen, moeten eerst de verschillende tijdsduren bepaald worden. Het gaat hier om de afstanden tussen zowel huis en carpoolparking (*Duration_HC*)⁸, carpoolparking en werk (*Duration_CW*), de eerder al berekende reguliere tijdsduur tussen huis en werk (*Duration_HW*) en de totale reistijd naar de werkzone via de carpoolplaats (*Duration_HCW*) door de eerste twee tijdsduren bij elkaar te tellen. Dit kan eveneens worden gedaan door de impedantiematrix via een *inner join* te koppelen aan de lijst van de carpoolparen en parkings. Deze stappen zullen gedaan worden voor beide personen die in het carpoolpaar zitten.

⁶ Omdat er binnen de voorspellingen van FEATHERS met hele minuten wordt gewerkt, worden eisen op de halve minuut als het ware naar beneden afgerond.

⁷ In de eerste fase van het onderzoek is er door het ontbreken van een impedantiematrix op basis van afstand/kosten, een matrix gebruikt op basis van de reistijd.

⁸ Zoals bij 7 al vernoemd, is dit begrip enkel in de eerste fase van het onderzoek gebruikt, in de tweede fase is er gebruikt gemaakt van de *Cost_HC*, *Cost_HW*, etc.



Figuur 7; Design-view van een inner join

Via deze berekende gegevens kunnen vervolgens de gain en de usage profit via formules bepaald worden. In dit geval zijn dus beide variabelen gebaseerd op de reistijd. Zoals al eerder gesteld in paragraaf 3.1, kan uit de gain opgemaakt worden of het reizen met een carpoolpartner vanaf een gestelde carpoolplaats winst kan opleveren voor een persoon en in welke ratio deze staat met de totale kosten of tijd. Indien deze namelijk kleiner is dan nul, levert het namelijk geen winst op. In het meest ideale geval is de gain van een persoon gelijk aan 1; dit is zo wanneer de persoon alle kilometers carpoolt. De formule hiervoor wordt als volgt in SQL ingevoerd en apart uitgevoerd voor

$$\text{beide personen binnen een carpoolpaar: } gain = 2 * \left(1 - \left(\frac{Duration_{HC} + \left(\frac{1}{2} * Duration_{CW} \right)}{Duration_{HCW}} \right) \right).$$

De formule voor de usage profit is iets eenvoudiger. Dit komt doordat hier slechts de extra reistijd van belang is en deze niet in verhouding wordt gezet met de totale reistijd: $Duration_{HW} - \left(Duration_{HC} + \frac{1}{2} * Duration_{CW} \right)$. Deze methode zal net als de gain worden toegepast op de beide personen uit het carpoolpaar.

Daaropvolgend moeten alle combinaties van carpoolparen en carpoollocaties weggehaald worden die onrealistisch zijn. Met onrealistisch wordt hier bedoeld dat er minimaal één persoon uit het paar er geen baat bij heeft om gebruik te maken van het carpoolen. Concreet houdt dit dus in dat alle combinaties met een negatieve gain of een negatieve usage profit via een eenvoudige select-query verwijderd worden. Deze grenzen zijn net als de afwijkende werktijd flexibel dus er worden later ook hogere eisen worden gesteld aan deze variabelen. Het is namelijk goed voor te stellen dat een persoon niet meteen gaat carpoolen bij bijvoorbeeld een gain van slechts 0.1 of bij een usage profit-winst van 1.

Deze variabelen kunnen vervolgens ook getotaliseerd worden per carpoolpaar. De totale gain van een paar wordt als volgt berekend: $total\ gain = gain_a + gain_b$. Hierbij wordt er gebruikgemaakt van een optelling aangezien het hier in beide gevallen een ratio betreft. In tegenstelling tot bij een vermenigvuldiging, is het onderscheid tussen verschillende koppels zo beter te maken. Bij de usage profit kunnen deze twee waarden eveneens gewoon bij elkaar opgeteld worden om zo de totale winst van een koppel te kunnen bepalen. Deze variabelen worden later gebruikt om scores toe te kennen aan de carpoolplaatsen.

Hier kan dan daarna wel een probleem optreden indien een persoon nog meerdere partnermogelijkheden of carpoolplaatsmogelijkheden heeft om te carpoolen. In dat geval zal met een complexe index-query gepoogd worden het koppel te vinden met het minimale verschil in werktijden. Dit is een lastig en langdurig proces aangezien er bij bepaalde personen logischerwijs

meer mogelijkheden kunnen zijn als carpoollocatie of -partner en bij anderen niet. In paragraaf 4.4 zal meer toelichting op dit proces worden gegeven, aangezien dit in de eerste fase van het onderzoek niet mogelijk was.

Als deze koppels gevonden zijn, kan er per carpoolplaats een overzicht gegeven worden hoeveel paren er aan deze plaats zijn toegewezen. Dit kan dan later in vervolgonderzoek ook per tijdstip gebeuren, zodat de algemene bezetting van de parking doorheen de dag zichtbaar wordt. Deze scores worden dan daarna binnen Excel gekoppeld aan de originele capaciteit van de carpoolplaats alsook aan de beschikbare telgegevens.

Om vervolgens te bepalen in welke hoedanigheid de voorspelde score van een carpoolplaats in lijn ligt met de huidige bezetting wordt er via Excel een simpele regressie⁹ toegepast. Met de uitslag van de regressie-analyse kan bekeken worden of dat deze methode uiteindelijk geschikt is om de aantrekkingskracht van carpoolplaatsen te voorspellen. Om de beste methode te kunnen bepalen kan er gevarieerd worden met de verschillende minimale gain en usage profit of afwijking van de werktijden.

Indien de grenzen gevonden zijn waarbij het aantal toegekende paren het meest in lijn liggen met de werkelijkheid, kunnen er aan de carpoollocaties scores worden toegekend op basis van het aantal gebruikers en de totale baten voor de maatschappij.

4.3 Analysemethode 2

In het geval van de tweede methode is de volgorde iets anders. Hier wordt namelijk eerst voor individuen de ideale carpoollocatie bepaald, dus deze die in dit geval de beste score voor de gain heeft, alvorens paren te maken. Er zijn hier dus wel al eerst dezelfde voorbereidingsstappen uitgevoerd als bij methode 1.

De eerste stap is dan ook het koppelen van de impedantiematrix via een *inner join* aan de verplaatsingen die in de voorbereiding geselecteerd zijn. Hiermee kan de gestandaardiseerde reistijd van een persoon van thuis naar zijn/haar werk bepaald worden. Deze is later nodig om de gain en de usage profit te kunnen berekenen.

Zoals in methode 1 ook het geval was, worden aan al deze verplaatsingen alle verschillende carpoollocaties gekoppeld. Ook hier worden dan vervolgens direct via een andere join de reistijden tussen de thuislocaties en de verschillende parkings bepaald. Eveneens wordt dan ook van de link tussen de parkings en de werklocaties via een join de reistijd gekoppeld. Deze twee worden daarna opgeteld om zo de totale reistijd van de thuislocatie, via de carpoolparkings, naar de werkzones te kunnen verkrijgen.

Via dezelfde formules als die bij de vorige methode gebruikt zijn, kunnen dus daarna de gain en de usage profit bepaald worden. Het verschil is echter wel dat het hierbij puur voor individuen wordt berekend en niet voor twee personen in een al op voorhand gevormd paar.

Nadat deze variabelen bepaald zijn, kan op basis van de maximale gain of usage profit per individu een carpoolplaats toegewezen worden. Dit kan gedaan worden door de *max*-functie binnen Access op een van deze twee variabelen toe te passen. Als deze plaatsen dan bekend zijn kan er, net als bij

⁹ Indien niet anders gesteld, worden deze altijd uitgevoerd met een betrouwbaarheidsniveau van 95%

methode 1, via een join een carpoolkoppel worden gevormd. Deze keer gebeurt dat echter op basis van carpoolplaats, werklocatie en start- en eindtijd. Ook bij deze paarvorming is de afwijking van de start en het einde van de werktijd variabel.

Hier traden er dan vervolgens wel problemen op in de eerste fase van het onderzoek, aangezien er binnen Access geen mogelijkheid is om via een join ervoor te zorgen dat er slechts twee personen aan elkaar gekoppeld worden die als het ware samen voor elkaar het beste zijn. Via de *self join* kunnen er weldegelijk paren worden gevormd, echter, een persoon krijgt dan wel meerdere mogelijkheden op basis van de criteria. Persoon 1 kan hier dan bijvoorbeeld gekoppeld worden aan persoon 2, 3 en 4, die zelf ook andere mogelijkheden kunnen hebben. Een oplossing hiervoor is het toepassen van een aantal opeenvolgende stappen die werken als een soort cyclus, waarbij telkens het aantal overgebleven individuen met een steeds kleiner wordend aandeel daalt.

Deze methode kan als volgt beschreven worden. Hierbij moet wel rekening gehouden worden dat bij een *self join* de kenmerken van een paar apart worden benoemd in bijvoorbeeld *a.personID* en *b.personID*. Zoals al eerder gesteld is het dus niet mogelijk om een enkel koppel te maken en dan vervolgens de overigen van de individuen met elkaar te laten koppelen. Rechtstreeks dubbele matches, een match tussen bijvoorbeeld 1 en 2 en vervolgens tussen 2 en 1, worden omzeild door als criterium te stellen dat $a.personID < b.personID$, evenals in methode 1.

Wanneer deze lijst met matches als output gegeven wordt van de *self join*, worden vervolgens de beste opties voor elk paar bepaald om zo al een aantal 'dubbele' (een persoon a die aan meerdere personen b gekoppeld is) eruit te filteren. Dit gebeurt door twee nieuwe kenmerken te introduceren, *t.afwijking* en *totalgain / totalusage_profit*. Deze zijn het resultaat van het respectievelijk maximum nemen van de afwijking in start- en eindtijd van het werken en het optellen van de gain of usage profit van beide personen uit een koppel. Op basis van de minimale totale afwijking en de maximale totale gain of usage profit toe behorende aan een persoon a kan het aantal dubbele matches aanzienlijk worden teruggebracht.

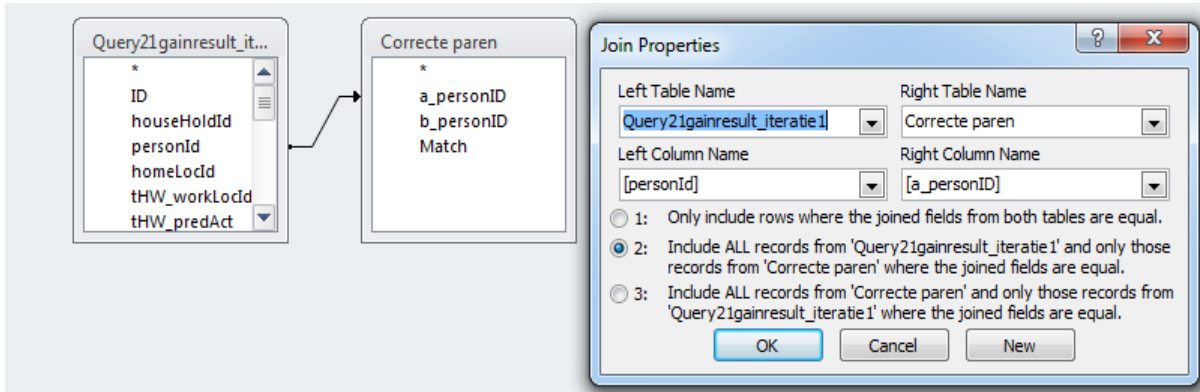
Er is dan nog altijd een mogelijkheid dat er voor een persoon meerdere mogelijkheden zijn, waar dus de totale afwijking en totale *gain/usage_profit* nog altijd dezelfde waarden kunnen hebben. Daarom wordt er hierna random geselecteerd¹⁰ zodat er aan één persoon a er ook maar één persoon b gekoppeld is. Het laatste risico is dan vervolgens dat er een paar bestaat waarvan de persoon b 'later' ook nog zelf in een ander koppel als persoon a wordt gezien.

Om dit risico te elimineren wordt de lijst met koppels geëxporteerd naar Excel, waar vervolgens via een *Lookup*-functie bepaald kan worden of een persoon dubbel wordt gebruikt. Indien dit het geval is worden via een filter al deze gevallen eruitgehaald. De lijst met 'succesvolle' paren wordt gelinkt met Access om zo met behulp van een *unmatched* query de lijst van individuen en hun carpoollocatie te updaten. Vervolgens kunnen met deze individuen opnieuw carpoolparen gevormd worden en begint het proces weer opnieuw. Een zo'n cyclus wordt gezien als een iteratie¹¹. Naar mate het aantal iteraties toeneemt zal het totale aantal personen dat onderdeel wordt van een koppel stijgen. De hoeveelheid personen die per iteratie toegewezen wordt neemt echter wel af. Hier moet wel gesteld

¹⁰ In feite wordt er gesteld dat voor een bepaalde *a.personID* *b.personID* minimaal moet zijn en andersom

¹¹ Na twee iteraties werden van de 213.392 individuen aan het begin er in totaal al 81.320 personen binnen een carpoolpaar gezet

worden dat ook deze aantallen afhankelijk zijn van de minimale gain of usage profit die gesteld wordt. Logischerwijs zullen er ook individuen overblijven die ondanks een aantal iteraties nog altijd geen match gevonden hebben doordat hun werktijd teveel afwijkt of er simpelweg geen carpoollocatie voor is waar deze persoon winst boekt.



Figuur 8; Design-view van een *unmatched-query*

Daaropvolgend kan dezelfde stap worden gemaakt als in de vorige methode, namelijk het sommeren van het aantal koppels per carpoolplaats en het uitvoeren van een regressie. Dit zal ook weer gedaan worden met variabele gain/usage profit en afwijking van werktijden en in dit geval ook het aantal uitgevoerde iteraties om te kijken welke variabelen het beste resultaat geven. Ook hier kunnen er daarna aan de verschillende carpoollocaties scores worden gegeven op basis van de individuen en hun bijbehorende gain of usage profit om te kijken welke het beste functioneren.

4.4 Vervolgonderzoek via Postgres

Uit het onderzoek in het eerste deel van de thesis bleek dat het gebruikte softwarepakket Access aan de limiet zat wat betreft databasegrootte en ook niet geschikt was om de finale stappen uit het analyseproces uit te voeren. Daarom werd besloten om in het tweede deel de analyses te doen via het programma Postgres. Dit programma had namelijk als voordeel dat er meerdere queries achter elkaar gezet konden worden en het daardoor mogelijk was om alle verwerkingen in een keer te doen. In Access moesten vaak nog tussenresultaten opgeslagen worden. Het tweede voordeel was dat de verwerkingen die in de SQL-versie van Access niet gedaan konden worden, wel in de SQL-variant van Postgres¹² gebruikt kon worden.

Een van deze verwerkingen was het creëren van een *loop*-systeem, waarbij voor methode 2 individuen aan elkaar gekoppeld moesten worden en de overgeblevenen weer opnieuw aan elkaar, als vervanging van het eerdergenoemde iteratieproces. Aan het einde van de Access-fase van methode 2 is dit dus nog deels handmatig gedaan via Excel, maar met behulp van Postgres kon dit proces volledig geautomatiseerd worden.

Voordat deze loop kon worden gemaakt moest uiteraard ook de bestaande data in Postgres ingeladen worden. Er werd deze keer bij beide methodes een impedantiematrix van de afstand/kosten gebruikt, die nu wel beschikbaar was. Omdat er binnen dit programma geen *user interface* beschikbaar is, moesten alle bestaande queries die betrekking hadden op onder anderen het inladen en het matchen, gedeeltelijk herschreven en handmatig ingevoerd worden.

¹² In dit onderzoek is versie 9.4 van het softwarepakket gebruikt binnen een 64-bits Linux systeem

Voor de eerste methode werden dan eerst de gevonden koppels, dus waar personen nog meerdere mogelijkheden hadden, gesorteerd op het maximum verschil in begin- en eindtijden van het werk, van laag naar hoog en in een tijdelijke tabel gezet. Hierdoor zou bijvoorbeeld een koppel tussen persoon 1 en 2 met een maximum verschil van werktijd van 0 bovenaan komen te staan. Vervolgens werd dan dit 'topkoppel' in een aparte tabel gezet, waarna een query ervoor zou zorgen dat indien een van beide personen nog in de eerste tijdelijke tabel aanwezig zou zijn, alle betrokken koppels verwijderd zouden worden. Dan werd de tijdelijke tabel opnieuw gesorteerd en zal het topkoppel in de aparte tabel worden bijgezet. Dit proces blijft doorgaan totdat de eerste tijdelijke tabel geen personen meer bevat. Op dat moment zijn zoveel mogelijk personen toebedeeld aan carpoolplaatsen. Deze loop is tevens weergegeven in de basis-query van methode 1 in bijlage 5. Zoals al in de beperkingen van het onderzoek werd vermeld, zal deze oplossing echter niet de optimale zijn. De tweede methode werd op een soortgelijke manier uitgevoerd. Hier werden dan alleen geen koppels in de loop gedaan, maar individuen.

Zoals al eerder gesteld was het mogelijk binnen Postgres om meerdere queries ononderbroken achter elkaar te laten lopen. Hierdoor kon er gemakkelijk met een lange code verschillende output opgevraagd worden. In dit geval werd er dan de output gevraagd van de maximale werktijdafwijking van 15 tot 0 minuten in stappen van 2.5 minuten met respectievelijke minimale gains tussen 0 en 1 met stappen van 0.1. Hierbij wordt er dus afgeweken van de analyse in de eerste fase, waarbij er door inflexibiliteit van het systeem maar een eis per keer kon worden gesteld; in dit geval was dat 20 minuten werktijdafwijking en een minimale gain van 0.

5. ANALYSE ONDERZOEKSRISULTATEN FASES EN METHODES

In dit deel worden de resultaten van het onderzoek geanalyseerd en besproken. Er kan hierbij een onderscheid gemaakt worden tussen de eerste fase van het onderzoek, waarbij Access gebruikt is, en de tweede fase van het onderzoek, waarbij Postgres gebruikt is. Tevens werd in de tweede fase van het onderzoek de impedantiematrix van de afstand/kosten gehanteerd, in plaats van deze die gebaseerd was op de tijd. Omdat bij Postgres het veel gemakkelijker was om output op te vragen, zullen daar de besprekingen ook een stuk uitgebreider zijn.

5.1 Eerste fase onderzoek

Bij de eerste methode konden via Access door rekenkundige problemen geen uitkomsten worden getoond. In het geval van de tweede methode zijn er al wel enkele resultaten bekend. Deze resultaten waren echter gebaseerd op een analyse met zeer ruime eisen wat betreft de variabelen gain en de afwijking van de reistijd. Bovendien waren deze resultaten nog gebaseerd op de impedantiematrix met de reistijd in plaats van de afstand en reiskost. Ze dienden in dit geval dus meer om de methode te testen dan om daadwerkelijk een significant resultaat neer te zetten.

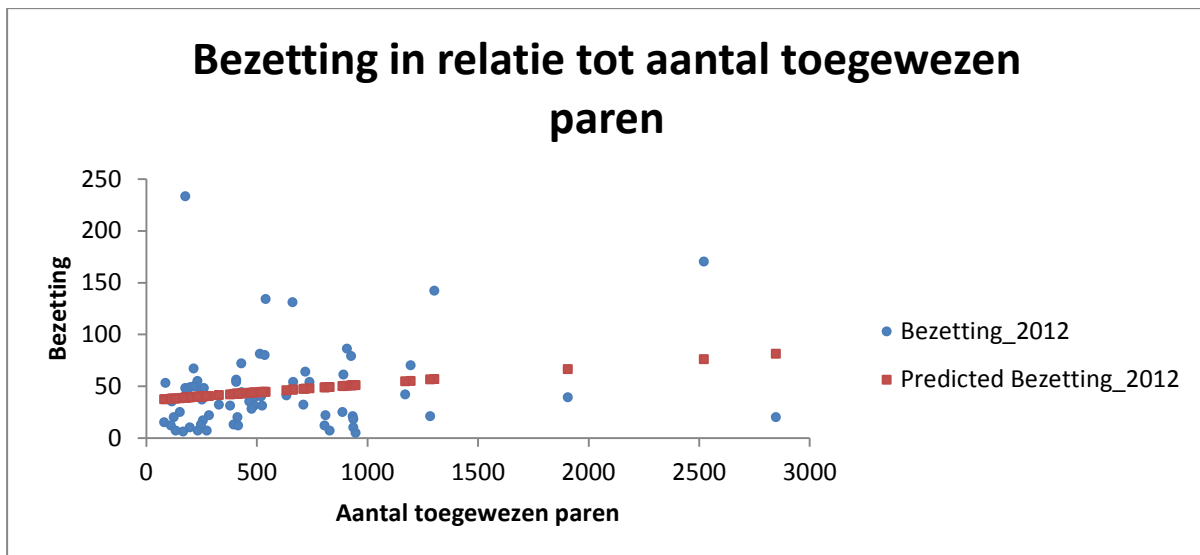
Methode 1

Van methode 1 konden via Access geen resultaten worden weergegeven. Zoals al eerder in de tekst is gesteld komt dit door het feit dat door de complexiteit van de queries en de grootte van de databases het limiet van Access en de voorhanden computerkracht bereikt was. Mogelijke oplossingen hiervoor waren het overschakelen op een eventueel ander programma, een andere analysewijze bepalen dat minder intensief is of overschakelen op een medium met meer computerkracht. Een alternatief softwarepakket dat nog gebruikt kon worden is bijvoorbeeld MySQL, dat wel kan omgaan met grotere databases en ingewikkeldere queries die gebaseerd zijn op een geavanceerdere variant van SQL. Zoals al eerder in het verslag gemeld is, werd ervoor gekozen om gebruik te maken van Postgres.

Een nadeel van het overschakelen naar een ander softwarepakket was dat hierbij nog wel gekeken moest worden hoe met dit pakket om te gaan. Daarom ging de voorkeur eigenlijk ook in eerste instantie uit naar een variant van methode 2, waarbij via stelselmatige filtering het aantal mogelijkheden steeds kleiner zou worden.

Methode 2

De resultaten van onderzoeksmethode 2 waren in de Access-fase ook redelijk beperkt. Er waren in totaal tot dusver twee iteraties uitgevoerd op de gain-variant, waarbij de eis voor de minimale gain op nul was gezet en de maximale afwijking van de start- of eindtijd van het werk op twintig minuten. Dit zijn redelijk ruime eisen, maar ze konden goed gebruikt worden om het onderzoek mee te starten. Er zijn vervolgens twee verschillende regressies uitgevoerd. Een op alle carpoollocaties waar telgegevens van beschikbaar waren en een andere op de carpoolparkings waar de bezettingsgraad tussen de 10% en 90% lag, een limiet die al eerder voorgesteld is in paragraaf 3.2. Door deze laatstgenoemde grens te stellen blijven er van de 71 carpoolplaatsen in Vlaanderen er 51 over om mee te vergelijken. Een overzicht van welke locaties hier dan niet meegenomen werden, wordt gegeven in bijlage 1.



Figuur 9; Fit plot methode 2 (minimale gain = 0, afwijking reistijd < 20)

In bovenstaande figuur 9 is de eerste fit plot weergegeven van het aantal toegewezen paren (*predicted Bezetting_2012*, schaal op de x-as) met de gestelde methode en de gemiddelde bezetting in 2012 (*Bezetting_2012*, schaal op de y-as) na twee iteraties. Aan de schaalverdeling valt al af te leiden dat de scores tot nu toe relatief ver van de daadwerkelijke bezetting liggen. Als er puur naar de factoren gekeken wordt (*predicted Bezetting_2012* gedeeld door *Bezetting_2012*) zit ongeveer een kwart van de scores van de carpoolplaatsen tussen de 1x en 10x van de echte getelde waarden. Circa 30% zit tussen de 10x en 20x. De rest ligt nog op meer dan 20x dan de getelde bezetting.

Bij degene die in de laatste categorie vallen zitten ook enkele excessen, waaronder bijvoorbeeld het aantal toegekende paren voor de locaties Strombeek-Bever en Vilvoorde. Waar het onderzoeksbureau hier, ondanks het feit dat ze kort aan belangrijke verbindingswegen gelegen zijn, respectievelijk slechts 20 en 5 gebruikers telde, kwamen hier bij de scorepredicties aantallen van 2849 en 948 potentiële gebruikers uit. Dit kan enigszins verklaard worden door het feit dat deze locaties al zeer dicht bij Brussel liggen, wat de belangrijkste attractiepool in de buurt is, en dat de totale baten dus voor de gebruikers niet echt groot zullen zijn. Omdat de grens van minimale gain in deze fase echter nog op nul ligt, worden in dit geval er heel veel personen aan toegewezen. Wanneer in de toekomstige analyses de grens voor minimale gain hoger gesteld wordt, zal hier waarschijnlijk een kleiner en realistischere score op worden toebedeeld.

Deze gegevens geven echter wel aan dat het aantal gebruikte iteraties in dit geval voldoende was. Extra iteraties zouden alleen maar als gevolg hebben dat het aantal carpoolers bij een locatie toeneemt. Aangezien er bij de eerste iteratie circa 65.000 personen binnen een koppel geplaatst werden en bij de tweede iteratie dit er slechts 15.000 waren kan worden afgeleid dat het aantal bij de derde iteratie niet groot gaat zijn. Bovendien is er een aanzienlijke kans dat deze overgebleven individuen grotendeels zullen zorgen voor een groei van de populariteit van de al grote carpoollocaties, omdat bij de filterstap van de iteratie er dubbele mogelijkheden uitgehaald worden, een fenomeen dat bij de grotere locaties vaker voorkomt dan bij de kleinere.

De verhoudingen tussen de scores van de carpoolplaatsen onderling liggen als men naar de locaties kijkt wel redelijk voor de hand. Locaties die bij een belangrijke autosnelweg gelegen zijn en

bovendien ook dicht bij grote agglomeraties liggen, zoals bijvoorbeeld Gentbrugge en Kontich, krijgen een stuk groter aantal paren toegewezen dan die aan rustigere assen liggen, zoals bijvoorbeeld het geval is bij de locatie Nieuwpoort. De score blijkt ook tevens af te hangen van hoeveel locaties er in de omtrek gelegen zijn. In het geval van de E314 waar er meerdere locaties aanwezig zijn, onder andere Maasmechelen, Houthalen, Lummen en Halen, is het aantal toegewezen paren beter verspreid dan in het geval van bijvoorbeeld Kontich, wat buiten Vilvoorde praktisch de enigste locatie langs de E19 Brussel-Antwerpen is.

Tabel 2; Regressiestatistieken methode na twee iteraties met alle carpoolplaatsen

SUMMARY OUTPUT						
<i>Regression Statistics</i>						
Multiple R		0.202387294				
R Square		0.040960617				
Adjusted R Square		0.026206165				
Standard Error		40.22433885				
Observations		67				
<i>ANOVA</i>						
		<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression		1	4491.808478	4491.808478	2.776153027	0.100490205
Residual		65	105169.8333	1617.997436		
Total		66	109661.6418			

Via de verscheidene regressiestatistieken kan afgeleid worden hoe goed de scores de werkelijke bezettingswaarden matchen. In het geval van deze eerste poging zijn deze niet optimaal. De R^2 -score is zeer laag (0.04), wat wil zeggen dat slechts 4% van de bezettingsgraden in lijn ligt met de toegewezen score. Als er dan verder gekeken wordt naar het significantieniveau, is te zien dat deze vrij hoog is (0.1). Dit wil zeggen dat de resultaten die gegeven zijn als onbetrouwbaar moeten worden gezien en er naar moet gekeken worden om enkele factoren uit het model te halen.

Wanneer vervolgens, zoals voorgesteld wordt in paragraaf 3.2, enkele carpoolplaatsen met een specifieke bezettingsgraad eruit worden gehaald bij het vergelijken, komen er aanzienlijk betere resultaten uit. In dit geval is ervoor gekozen om alleen carpoollocaties mee te nemen met een gemiddelde bezettingsgraad tussen de 10% en 90%. Hierdoor is er geen sprake van overbezetting waardoor mensen deze plaats negeren, omdat hij dus volledig gebruikt wordt, of van onderbezetting waarbij de vraag gesteld kan worden of mensen wel op de hoogte zijn van deze locatie.

Tabel 3; Regressiestatistieken methode 2 met carpoolplaatsen tussen 10% en 90% bezetting

SUMMARY OUTPUT					
<i>Regression Statistics</i>					
Multiple R	0.42395038				
R Square	0.179733925				
Adjusted R Square	0.162993801				
Standard Error	31.73107852				
Observations	51				
<i>ANOVA</i>					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	10810.38238	10810.38238	10.73671409	0.001933857
Residual	49	49336.20586	1006.861344		
Total	50	60146.58824			

Met deze nieuwe eisen is de R^2 -score bij dit model namelijk een stuk beter; er wordt ongeveer 18% van de data verklaard door het model. Dit is vrij logisch, aangezien de carpoolplaatsen met een minder betrouwbare getelde bezetting uit de data zijn gehaald. Bovendien zijn de waarden deze keer wel degelijk beduidend significanter. Een score van 0.001 op dit vlak is namelijk uitstekend.

5.2 Tweede fase onderzoek

In de tweede fase van het onderzoek, waarbij er uiteindelijk voor gekozen werd om gebruik te maken van Postgres, bleek dat de scores van de carpoolplaatsen die in methode 2 berekend werden hetzelfde waren als deze van methode 1. Daarom zal er ook maar één bespreking van de resultaten plaatsvinden. Er zijn in deze fase van het onderzoek twee verschillende regressies toegepast, namelijk een tussen de voorspelde score en de daadwerkelijke bezetting en een tussen de voorspelde score en de capaciteit. Zoals al eerder gesteld is, zijn de analyses uitgevoerd bij verschillende minimale gains (0, 0.1, ..., 1)¹³ en verschillende maximale afwijkingen in start- en eindtijd van het werk (15, 12.5, ..., 2.5)¹⁴. Hoe hoger de minimale gain en hoe lager de maximale afwijking, hoe minder koppels er toegewezen zullen worden. Evenals in de eerste fase van het onderzoek, zal er een regressie uitgevoerd worden op alle plaatsen, als ook deze met de eerder gestelde 10%-90% regel waarvan de precieze plaatsen zijn weergegeven in bijlage 1.

Analyse van de daadwerkelijke bezetting

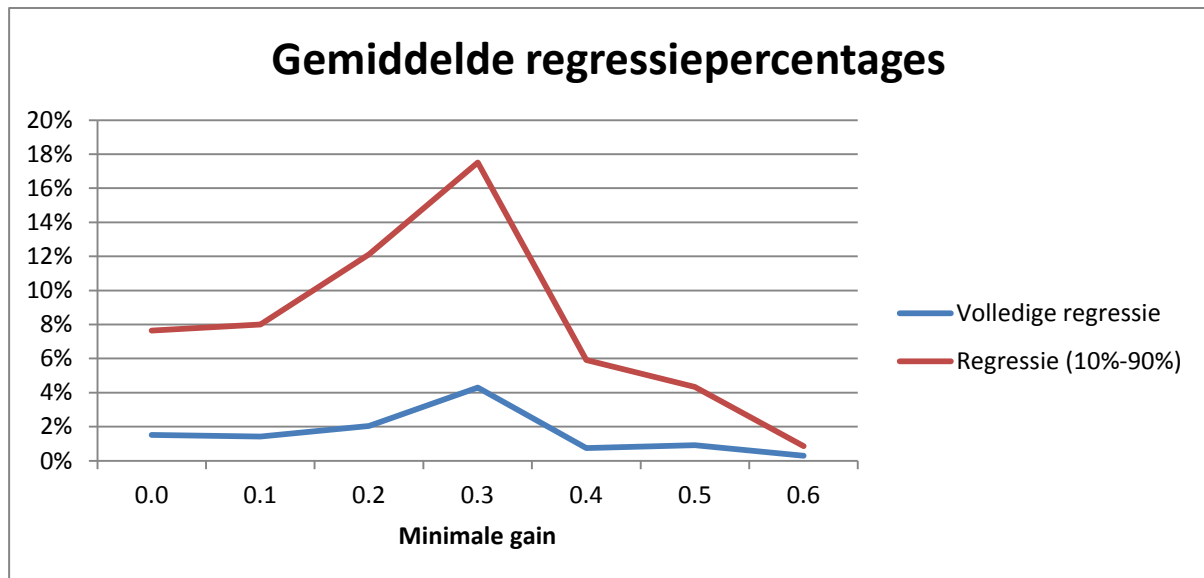
De regressie op de daadwerkelijke bezetting is een van de belangrijkste onderdelen van dit onderzoek. Hiermee moet namelijk worden aangetoond in welke mate de voorspelde score in lijn ligt met de getelde bezetting.

In figuur 10 is het percentage, gebaseerd op de R^2 -scores, weergegeven van de verschillende minimale individuele gain. Hoe hoger deze percentages, hoe meer de toegekende scores in lijn liggen met de daadwerkelijke bezettingen. Hierbij is in figuur 10 een gemiddelde genomen van alle waarden van maximale tijdsafwijking binnen deze gain. Dit zijn dus de gemiddelde percentages van alle tijdsafwijkingen bij een bepaalde gainwaarde. Tevens is er een onderscheid gemaakt tussen de

¹³ Uiteindelijk zijn er na een gain van 0.6 geen regressies meer uitgevoerd, het aantal nog overgebleven carpoolplaatsen met een voorspelling was namelijk te laag geworden om representatief te zijn

¹⁴ Hierbij is er pas beginnen tellen vanaf een verschil van 15, aangezien bij hogere waarden het aantal koppels voor de applicatie te hoog werd om weg te schrijven

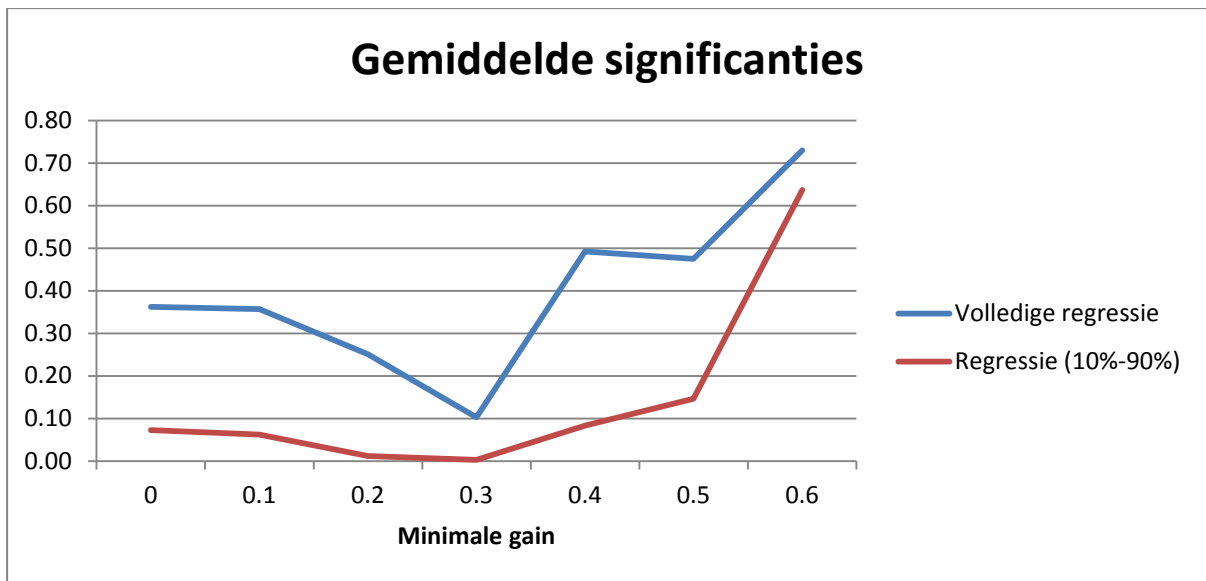
volledige regressie en de regressie met de 10%-90% regel. Het valt meteen op dat de laatstgenoemde regressie een stuk beter scoort dan de volledige. Dit was ook al in de eerste fase via Access opgemerkt. Verder is het tevens duidelijk dat bij een minimale gain van 0.3 het hoogste gemiddelde voorspellingspercentage van bijna 18% bereikt wordt. In de resultaten die lopen tot de minimale gain van 0.3 is er vaak sprake van zware positieve verschillen tussen de score en bezetting, terwijl bij hogere gains dit juist andersom ligt.



Figuur 10; Gemiddelde voorspellingspercentages daadwerkelijke bezetting

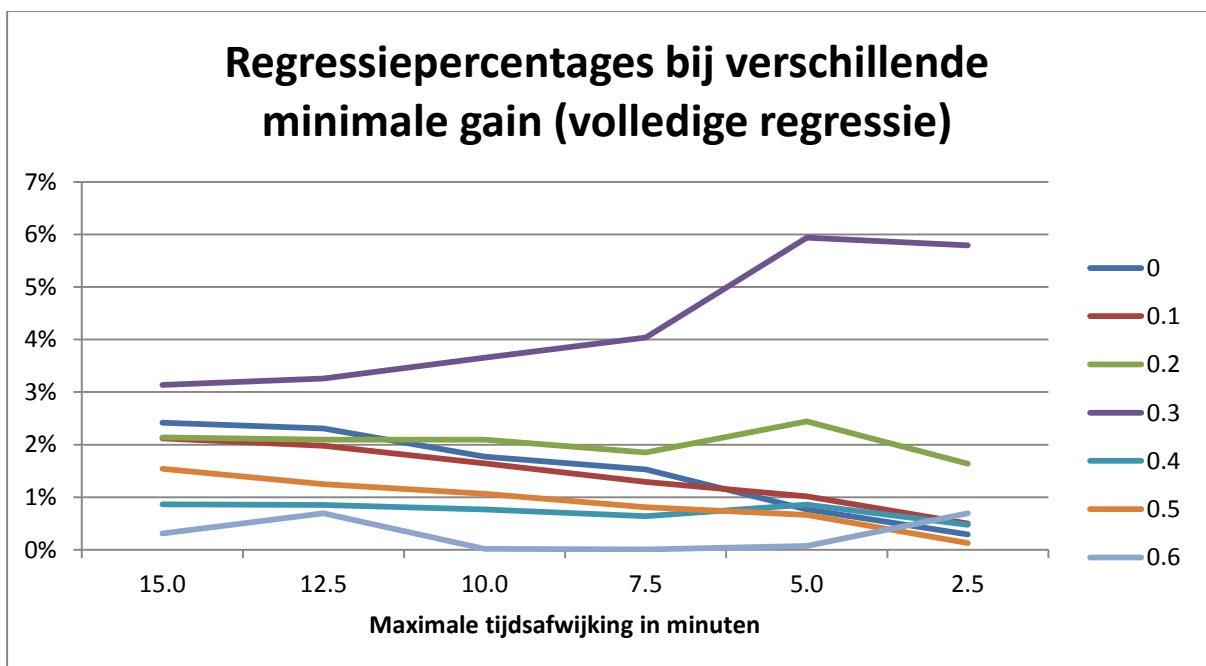
Uiteraard moet er van deze waarden ook de significantie bekeken worden, een goed percentage zonder een goede significantiewaarde (<0.05) is ook geen representatieve weergave. Ook hier in figuur 11 is te zien dat de tweede regressie, degene waarbij de 10%-90% regel toegepast is, een stuk beter scoort. Deze figuur kan gezien worden als een bevestiging van de goede en slechte scores, zoals ze al te zien waren in de vorige grafiek. Hierdoor zijn ze als het ware ook het omgekeerde van de lijnen van de regressiepercentages.

De scores van de volledige regressie zijn hier gemiddeld gezien praktisch nergens significant te noemen, waar deze van de 10%-90% variant bij zowel een minimale gain van 0.2 als 0.3 zeer goed scoren. Praktisch alle waarden liggen hier onder de 0.05 en sommigen zelfs onder de 0.01. Dit wil namelijk dus zeggen dat de voorspellingsgraad die hierbij bepaald is niet door toeval is ontstaan, waar dit dus bij de volledige regressie vaak niet het geval is. De betrouwbaarheid van de 10%-90% regressie ligt daarom ook een stuk hoger.



Figuur 11; Gemiddelde significanties daadwerkelijke bezetting

Als er meer op detailniveau naar de percentages gekeken gaat worden, zoals in figuur 12 en figuur 13, is het vrij duidelijk te zien dat er weinig logica in de resultaten te vinden is. Ook hieruit is eveneens duidelijk op te merken dat de scores voor de volledige regressie vrij laag liggen. Een fenomeen dat wel vaak terugkeert is de daling van de predictiegraad bij de overgang tussen de maximale tijdsafwijking van 5 en deze van 2.5.

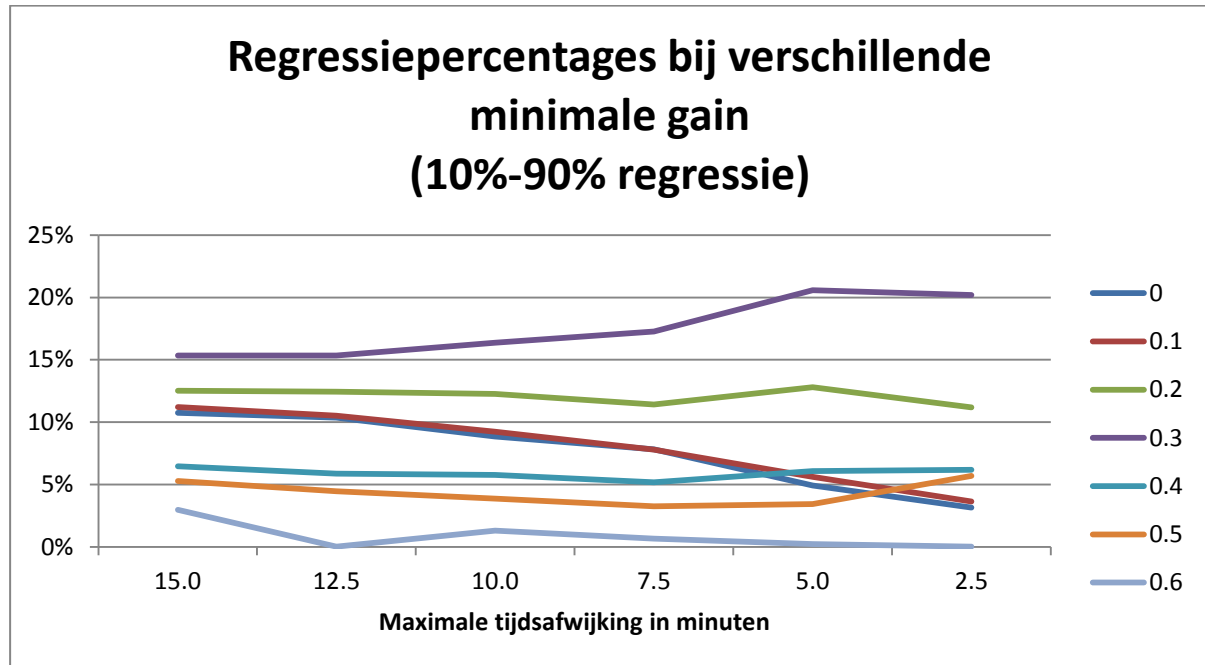


Figuur 12; Percentages bij verschillende minimale gain (volledige regressie¹⁵)

Dit verschijnsel valt deels te verklaren door het feit dat bij deze overgang het aantal verschillen tussen het toegekende aantal paren en de werkelijke bezetting sterk toeneemt, zoals weergegeven is

¹⁵ Hier moet wel bij gesteld worden dat de meeste resultaten, zoals blijkt uit figuur 11, hier niet significant waren

in de tabel van bijlage 4. Na de vijf-minutengrens draaien het aantal gemiddeld aantal positieve verschillen, overschattingen, en negatieve verschillen, onderschattingen, bijna geheel om. Er is hier dus weldegelijk sprake van een kantelpunt en dit heeft dus een impact op de predictiegraad en de significantie.



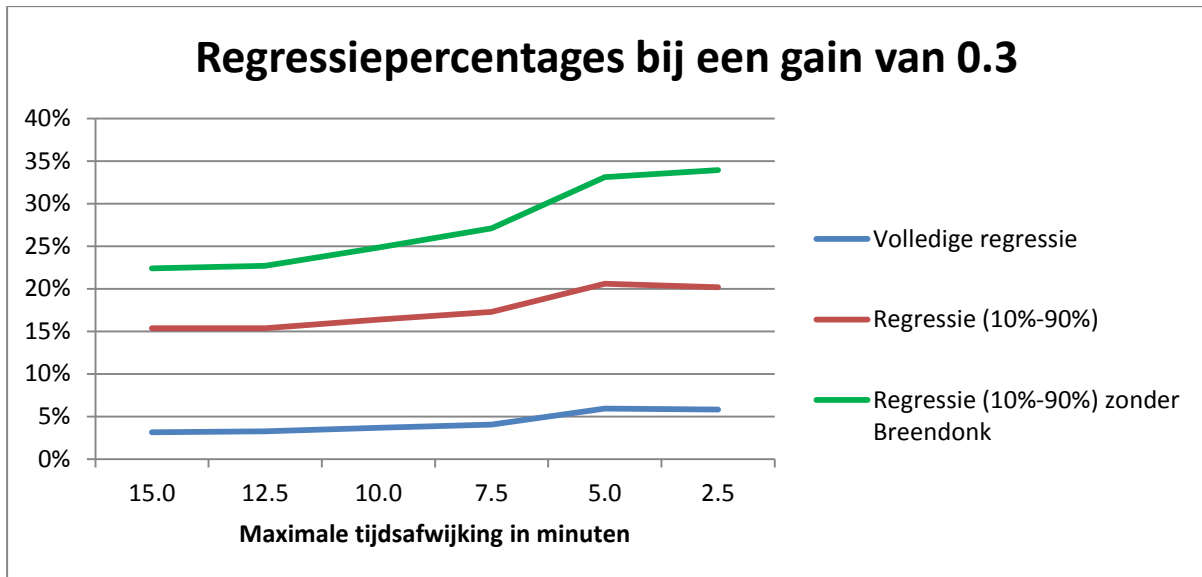
Figuur 13; Percentages bij verschillende minimale gain (10%-90% regressie)

De predictiegraden bij de alternatieve regressie kennen een soortgelijk verloop als bij de volledige regressie. Het verschil ligt er hier wel in dat over het algemeen de lijnen een stuk hoger liggen¹⁶ dan bij de vorige figuur. Overduidelijk is echter dat de beste score behaald wordt bij een minimale gain van 0.3 en een bijbehorende maximale tijdsafwijking van vijf minuten. Een ander onderscheid dat hierbij tevens van toepassing is, is het feit dat bij de gedeeltelijke regressie praktisch alle waarden een goede significantiescore hebben.

Bij de analyse van de minimale gain van 0.3 bleek vooral de bezetting van carpoollocatie Breendonk zwaar overschat te zijn met het toegekende aantal paren. Zelfs met de maximale tijdsafwijking op 2.5, was de score nog altijd excessief hoog in vergelijking met andere locaties. De locatie was met een zodanig hoog resultaat de enigste binnen zijn soort in de 10%-90% regressie. Daarom werd bekeken hoe groot de impact was van deze locatie op het algemene percentage. Hiervoor werd de locatie uit de lijst verwijderd en werd er opnieuw een regressie uitgevoerd. Zoals in figuur 14 te zien is, is de invloed behoorlijk significant, tot soms wel 10% op het uiteindelijke eindcijfer.

Met het verwijderen van Breendonk uit de regressie met de 10% - 90% regel bleven er nog 51 van de in totaal 71 locaties over waar de regressie op was uitgevoerd. Hierdoor komen er alsmaar stijgende voorspellingswaarden voor bij de afnemende tijdsafwijkingen, wat vrij opmerkelijk is, aangezien in de vorige grafieken er vaak een daling plaatsvond na de grens van vijf minuten. Desalniettemin heeft deze locatie dus een zeer grote invloed op het algeheel resultaat van de score. Bij de tijdsafwijking van 2.5 minuten zelfs zodanig, dat het percentage stijgt van circa 20% tot boven de 34%.

¹⁶ Hierbij moet wel gelet worden op het verschil in schaal tussen figuur 12 en figuur 13



Figuur 14; Percentages bij een gain van 0.3

Breendonk was de enige locatie waarbij de verwijdering uit de regressie zo'n groot effect had. Bij het verwijderen van andere locaties, bijvoorbeeld Gentbrugge met een verschil van 52 paren tussen de score en de telling, was de winst namelijk een stuk beperkter. Werd er namelijk een regressie uitgevoerd waarbij zowel Breendonk als Gentbrugge niet meer voorkwamen, daalde het percentage weer terug tot 18% bij 5 minuten.

Het voorspelde relatieve succes van Breendonk speelt zich niet enkel af bij de tijdsafwijking van vijf minuten. Ook bij een tijdsafwijking van vijftien minuten krijgt hij een totaalscore van 1329 paren toegewezen. Het hoge aantal paren dat overblijft bij de laagste grens lijkt een verband te hebben met het feit dat verhoudingsgewijs het aantal paren dat aan Breendonk wordt toegewezen minder snel daalt dan bij de gemiddelde locatie, zoals te zien is in tabel 4. Hier is namelijk de score toegewezen aan Breendonk (cursief) naast het gemiddeld aantal toegewezen paren per carpoolplaats gezet.

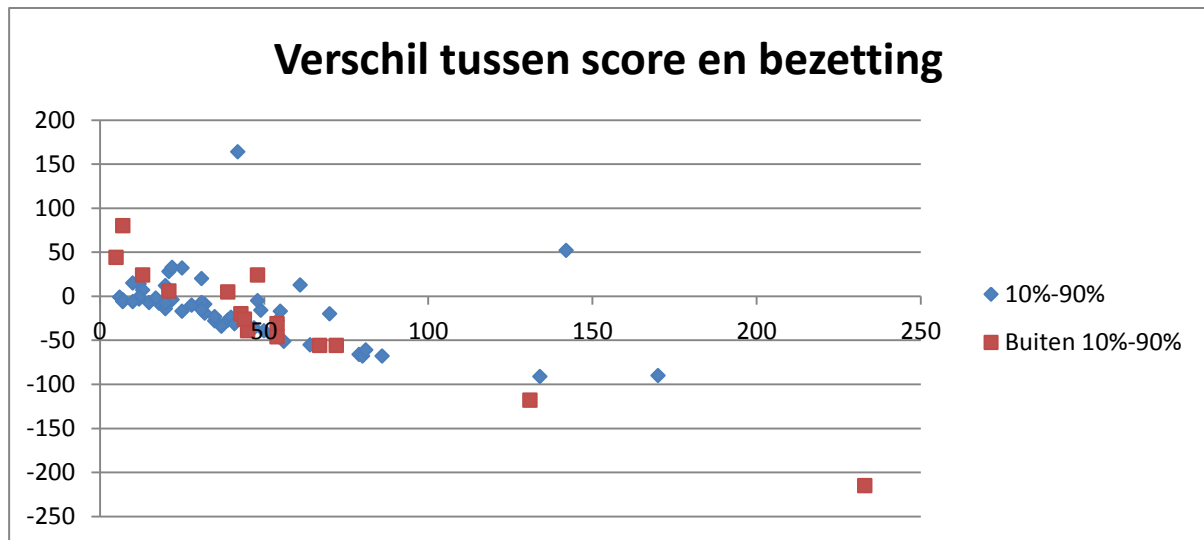
Tabel 4; Voorspelde bezetting bij minimale gain van 0.3

Gemiddelde toekenning / toekenning Breendonk												
Maximale tijdsafwijking in minuten	15.0	12.5	10.0	7.5	5.0	2.5						
Aantal paren	283	<i>1329</i>	245	<i>1186</i>	184	<i>964</i>	140	790	69	<i>471</i>	28	206
Factor	4.7		4.8		5.2		5.6		6.8		7.3	
Percentage	100%	<i>100%</i>	87%	<i>89%</i>	65%	<i>73%</i>	49%	59%	24%	<i>35%</i>	10%	16%

In deze tabel kan tevens een verklaring gevonden worden waarom de regressie zonder Breendonk juist beter scoort bij 2.5 minuten, dit in tegenstelling met de normale regressie, omdat het aantal toegewezen paren in dit geval een stuk dichterbij de daadwerkelijke bezetting van 42 ligt.

De reden voor het grote succes kan de locatie van Breendonk zijn. De carpoolplaats ligt namelijk langs de A12 tussen Brussel en Antwerpen, aan de aansluiting met de gewestweg N16, die via de kernen van onder andere Bornem en Temse naar Sint-Niklaas voert. De snelste route vanuit Sint-

Niklaas naar Brussel of Mechelen voert langs deze aansluiting, waardoor het een groot potentiëel heeft. Er moet wel bij gesteld worden dat in dit onderzoek toegankelijkheidskenmerken niet zijn meegenomen, dus de lokale situatie en de aansluitingen van de carpoolplaats op het onderliggend wegennet hebben in dit onderzoek geen invloed op de score. Dit kan in de werkelijkheid uiteraard anders liggen. In het volgende hoofdstuk zal er dieper worden ingegaan op de individuele carpoolplaatsen.



Figuur 15; Verschillen bij max. afwijking 2.5 en gain 0.3

In figuur 15 is de mate van verschil tussen het aantal toegewezen paren en de daadwerkelijke bezetting weergegeven per effectieve bezetting. Op de x-as is deze effectieve bezetting weergegeven en op de y-as de afwijking van de score. Hoe dichter een punt op de x-as ligt, hoe dichter het aantal toegewezen paren bij de werkelijke bezetting ligt. De locatie van Breendonk is hier goed zichtbaar met een relatief hoge overschatting, als het hoogste punt in deze plot. Er is dan ook hier vrij duidelijk uit op te maken dat het verwijderen van Breendonk voor een consequenter beeld en dan ook een betere algemene score zorgt. Tevens is goed zichtbaar dat buiten deze locatie en deze die buiten de 10%-90% regel vallen over het algemeen ook zeer geconcentreerd liggen.

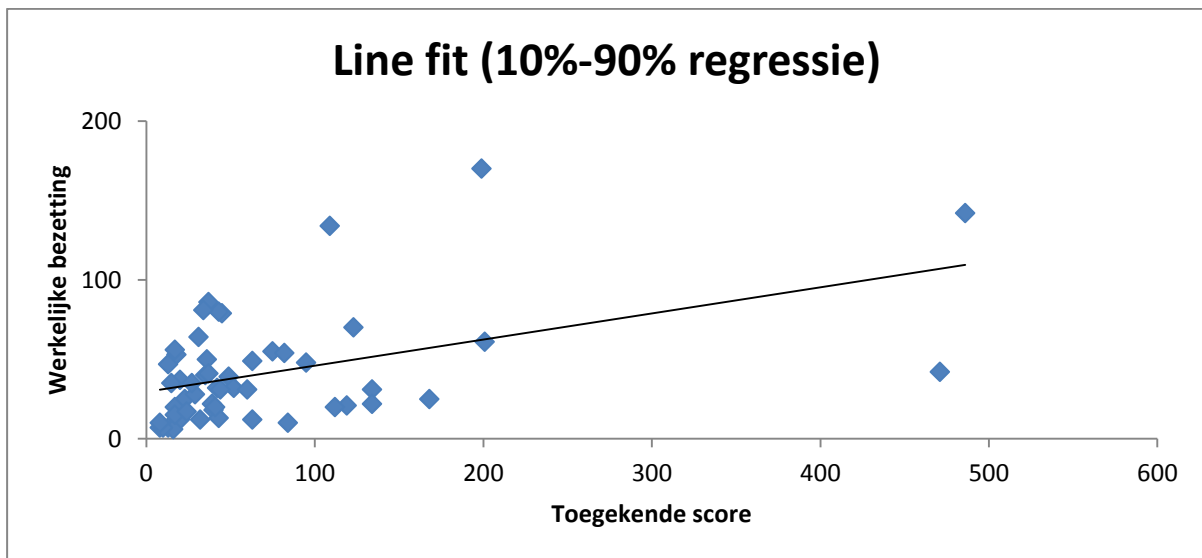
De kleinste verschillen tussen de bezetting en score zijn ook logischerwijs te vinden bij carpoollocaties die sowieso al een laag aantal paren behelzen. Op de figuur is goed te zien dat over het algemeen geldt; hoe hoger de reguliere bezetting, hoe groter de afwijking. Tot een maximaal verschil van 10 paren, zijn er slechts enkele die bij de tellingen al hoger dan 30 scoorden. De grote locaties die dus in dit geval vaak onderschat werden, scoorden bij hogere tijdsgrenzen vaak beter. Dit geldt bijvoorbeeld voor de locaties Kontich en Wommelgem. Een nadeel van deze bredere marges op vlak van gain en maximale werktijdafwijking, was vaak echter wel dat de kleinere locaties dan een extreem hoog aantal paren kreeg toebedeeld.

Het punt rechtsonderin in figuur 15 heeft dus te maken met een grote discrepantie tussen de score en bezetting. Opvallend genoeg is dit de locatie Lummen, een plaats die over het algemeen zeer populair is¹⁷, maar in dit onderzoek nooit goed uit de bus komt. Mogelijk is dit door het feit dat er veel alternatieven langs de E314 gelegen zijn, maar die in de werkelijkheid niet veel carpoolers

¹⁷ Lummen heeft een getelde bezetting van 233

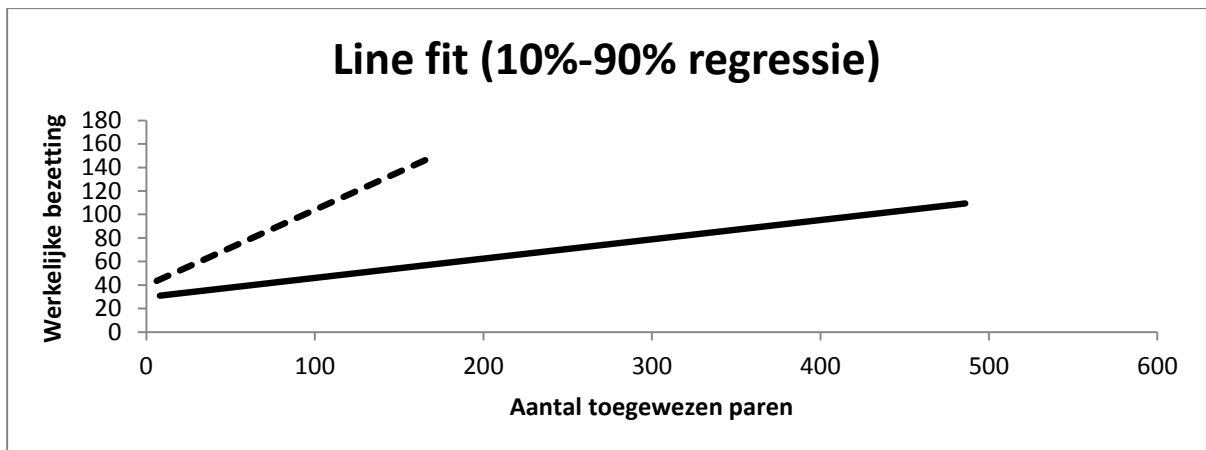
aantrekken. Deze alternatieven kunnen dan volgens deze rekenmethode wellicht betere mogelijkheden zijn, bijvoorbeeld doordat ze dicht bij een centroïde van een zone liggen; deze bereikbaarheid hoeft echter in het echt niet zo goed te zijn.

Een andere manier om de scores te visualiseren is met behulp van de zogenaamde intercepten en line fit plots. Deze figuren geven alle punten met het toegekend aantal paren en de werkelijke waardes weer en proberen hier een zo correct mogelijke lijn op te plotten. Idealiter zou deze lijn dus vanuit de x-as starten en met een richtingscoëfficiënt van 1 doorheen alle punten gaan.



Figuur 16; Line fit (10%-90% regressie) bij max. afwijking 5 en gain 0.3

In figuur 16 is hier een voorbeeld van gegeven. Waar de lijn normaal gezien vanuit de kruising van de x-as en de y-as moeten starten doet hij dat hier pas bij een werkelijke bezetting van om en nabij de werkelijke bezetting van dertig. Als er een rechte relatie tussen de scores en de tellingen zou bestaan, zouden hier alle punten netjes op een rij moeten staan. Dit is hier echter niet het geval, waardoor de lijn niet alle punten perfect mee kan nemen en slechts een helling heeft van 0.16. Voor een stijging van de score met 1, stijgt de werkelijke bezetting dus gemiddeld gezien met een waarde van 0.16. Dit heeft dus naar alle waarschijnlijkheid ermee te maken dat er in dit onderzoek niet de effectieve bezetting wordt voorspeld, maar dat er meer een score wordt gegeven. Dit laatste is ook niet mogelijk, omdat er hier sprake is van een groot aantal vereenvoudigingen, zoals eerder gesteld en die nog verder worden besproken in de discussie.

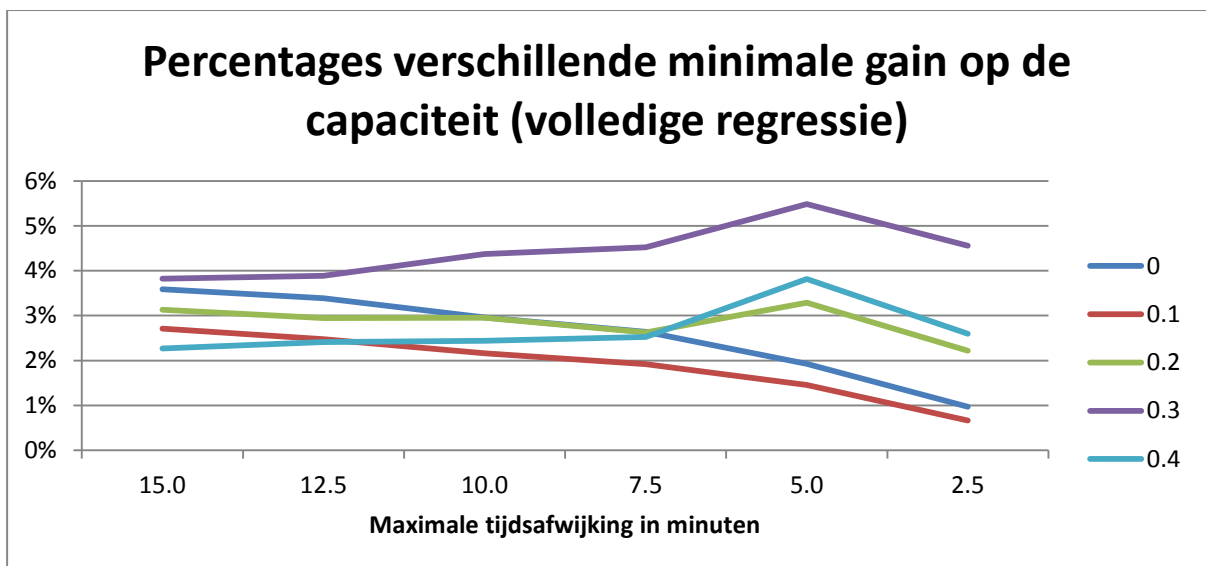


Figuur 17; Line fit (10%-90% regressie en zonder Breendonk) bij max. afwijking 5 en gain 0.3

Als bij de line fit van de 10%-90% regressie (volle lijn) deze van de voorspelling zonder Breendonk (streeplijn) wordt toegevoegd is direct het verschil te zien. Dit is in figuur 17 namelijk het geval. Waar de reguliere line-fit nog een stuk langer doorloopt om nog aan de eis van Breendonk te voldoen, is dit bij de andere niet. Deze heeft een steilere curve en ligt met een richtingscoëfficiënt van 1.3 dichter bij de ideale waarde van 1.

Analyse van de regressie en bezettingsgraad

Er is buiten de regressie op de bezetting tevens een andere regressie uitgevoerd op de capaciteit. Dit is om te bekijken of het toegewezen aantal paren enige betrekking kan hebben op de capaciteiten; hiermee kunnen ook de locaties die voorlopig buiten de analyses zijn gelaten, toch indirect worden meegenomen¹⁸.



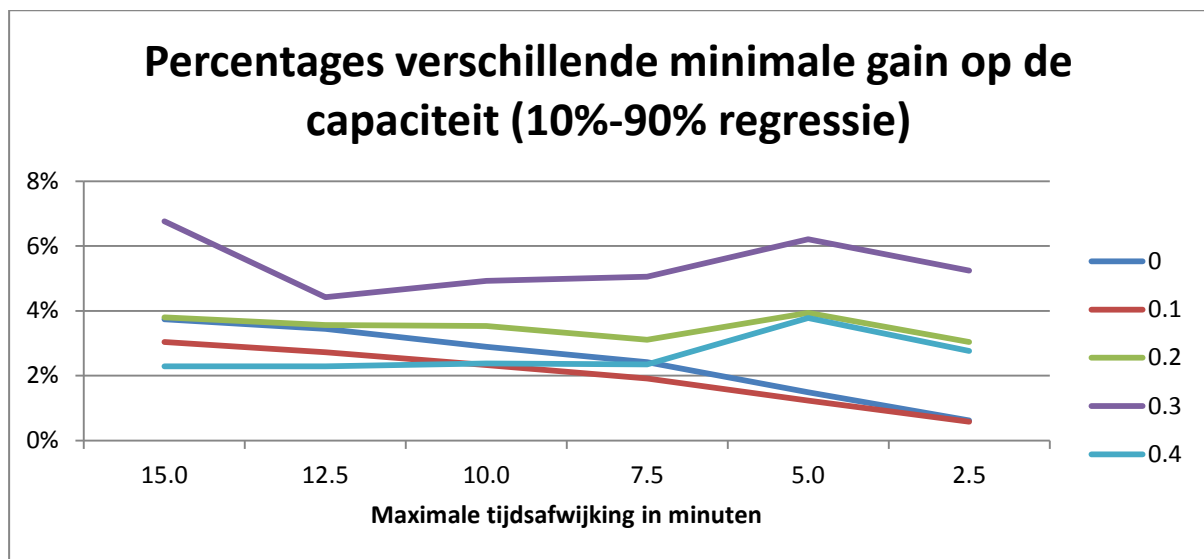
Figuur 18; Percentages verschillende minimale gain op de capaciteit (volledige regressie)

Het patroon dat te zien is in figuur 18 van de regressie op de capaciteit is qua vorm vergelijkbaar met deze die betrekking hebben op deze van de bezetting. Ook hierbij hebben de scores van een

¹⁸ Bij deze regressie zijn er na een gain van 0.4 geen meer uitgevoerd, omdat deze resultaten stelselmatig percentages <1% weergaven

minimale gain van 0.3 op een maximale tijdsafwijking van vijf minuten het beste resultaat. De percentages zijn echter wel een stuk lager dan deze van de regressie op de getelde bezetting. Tevens moet hierbij gesteld worden dat de significantiescores van deze regressie heel erg laag liggen. Slechts in een enkel geval gaat deze onder de grens van 0.05.

Verbazingwekkend zijn deze lage uitslagen echter niet. Als er gekeken gaat worden naar de individuele verschillen tussen de capaciteit en de toegekende scores, komen daar soms getallen in voor die boven de honderd stijgen. Dit is natuurlijk niet geheel onlogisch, wanneer bijvoorbeeld plaatsen een capaciteit hebben van >250 en er bij lange na niet zoveel personen uit het model toegewezen worden.



Figuur 19; Percentages verschillende minimale gain op de capaciteit (10%-90%)

Opvallend aan de grafiek van de 10%-90% regressie is dat deze bij een gain van 0.3 en een maximale tijdsafwijking van vijftien minuten beter scoort dan bij de grens van vijf minuten, wat in de afgelopen regressies wel vaak het geval bleek te zijn. Dit resultaat is weldegelijk opmerkelijk, aangezien er bij de grens van vijftien minuten toch een vrij groot verschil is tussen de score en de tellingen, zoals te zien in tabel 5. Als er een bezettingsgraad wordt gemaakt op basis van het toegekende aantal paren worden slechts elf van de locaties hier met een bezetting tot de honderd procent voorspeld.

Tabel 5; Werkelijke bezettingsgraad en toegekend aantal paren max. afwijking 5 en gain 0.3

Bezettingsgraad	Afwijking 5		Afwijking 15	
	Toegekend	Werkelijk	Toegekend	Werkelijk
0-10%	6	12	6	0
11-25%	6	21	6	0
26-50%	13	19	13	2
51-100%	38	9	38	9
101-200%	8	6	7	8
>200%	1	4	0	51

5.3 Vergelijking methodes en fases

Hoewel er nog geen concrete resultaten waren behaald in de eerste fase bij de eerste methode was er al wel kennisgemaakt met het analyseproces dat bij deze methode hoort. In tegenstelling tot bij de tweede werkwijze moesten hier namelijk uit de verschillende mogelijke paren bovendien ook nog eens de beste carpoollocatie genomen worden. Dit zorgde uiteindelijk voor een veel grotere dataset waarin gezocht moest worden, wat het hele proces aanzienlijk vertraagde. De grootte van de tabel had bovendien nog als consequentie dat de maximale databasegrootte van Access snel bereikt was.

Buiten dat was toen het zoeken naar de beste carpoolparen en hun locaties nog niet gelukt vanwege het feit dat er hier een te complexe query voor nodig was die werkt via zogenaamde indexes, waardoor zoekprocessen binnen SQL aanzienlijk versneld konden plaatsvinden, en loops, waarbij processen steeds opnieuw konden worden uitgevoerd tot een bepaald criterium was bereikt. Echter, deze werden (nog) niet ondersteund door Access. In de tweede fase van de thesis werd er dan ook gebruikgemaakt van een ander SQL programma, die deze queries wel ondersteunde.

Als resultaten in de eerste fase kwamen hier voornamelijk geen optimale resultaten uit, wat ook niet echt de verwachting was met zulke ruime eisen en het feit dat er enkel nog maar gewerkt was met de reistijdversie van de impedantiematrix. Wat wel uit deze uitkomsten opgemaakt kon worden was het feit dat de carpoollocaties met een gemeten over- of onderbezetting beter uit de vergelijking kunnen worden gehaald aangezien dan de significantie dan aanzienlijk stijgt. Er bleven hierdoor nog genoeg vergelijkingslocaties over (51 van de totale 71, zie bijlage 1), en bovendien zal dit zeker bevorderlijk zijn voor het vervolg van het onderzoek aangezien hierdoor betere conclusies kunnen worden getrokken over het feit of de scores voldoende in de buurt komen van de realiteit.

Zoals al eerder vermeld is er in de tweede fase van het onderzoek gebruikgemaakt van Postgres. Dit programma, dat werkte zonder grafische omgeving, kon omgaan met de complexere queries die nodig waren om het matching proces volledig af te ronden zonder tussentijdse stappen. Hoewel het in eerste instantie door het gebrek aan een grafische omgeving lastiger was om dit programma te gebruiken, gaf het bij fouten wel een duidelijke feedback waar de fout zat en hoe deze te verhelpen. Bij Access was dit vaak wat lastiger terug te vinden.

Waar het nog wel vrij lastig was om de queries goed in elkaar te steken, ging in de tweede fase van het onderzoek het effectieve uitvoeren van de queries en het verkrijgen van resultaten dan ook een stuk een stuk sneller. Na enkele proefruns met een beperkte dataset met verschillende variabelen en ook een aantal volledige runs van beide methodes uitgevoerd te hebben, bleek dat de uitkomsten van allebei de werkwijzen hetzelfde resultaat gaven wat betreft het aantal toegekende paren. Een verschil was echter wel dat de tijd die het kostte om de runs van methode 2 uit te voeren iets hoger lag dan de tijd voor methode 1. Daarom werd ervoor gekozen om een volledige run enkel maar met methode 1 uit te voeren.

Voor een geheel proces via methode 1, totaal 66 runs¹⁹, kostte het de computer circa 21 uur om alle berekeningen uit te voeren. Logischerwijs duurde het naargelang de maximale afwijking afnam en de minimale gain toenam het steeds minder lang om de berekeningen te vervolledigen, omdat er steeds

¹⁹ Per gain (0, 0.1, ... , 1) zijn er runs gedaan voor de zes tijdsintervallen. Opgeteld waren dit dus $11 * 6 = 66$ berekeningen

minder individuen en bijbehorende mogelijkheden werden meegenomen in het proces van het koppelen.

Tabel 6; Rekentijden in minuten van methode 1

Gain/ Max. afwijking	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
15.0	124	104	73	49	35	23	18	13	12	12	11
12.5	108	74	50	41	25	16	74	11	9	9	9
10.0	57	38	27	22	14	10	7	6	6	5	5
7.5	33	23	16	13	9	6	6	4	4	4	4
5.0	10	8	6	4	3	3	2	2	2	2	2
2.5	4	3	3	3	2	2	3	2	2	2	2
Totale cyclustijd	336	250	175	132	88	60	110	38	35	34	33

Dit is goed te zien in tabel 6; hier is per bestand gekeken naar de outputtijd. Er lijkt voor elk niveau van maximale afwijking een soort minimum aan calculatietijd te bestaan. Zoals al eerder aangekaart daalt de totale cyclustijd per gain met een steeds kleiner wordend aantal minuten. Opvallend is dat de rekestijd bij een gain van 0.6 en een afwijking van 12.5 erg hoog is in vergelijking met de rest uit deze serie; hier kan het zijn geweest dat de computer een tijd vast heeft gestaan. Aangezien de meeste berekeningen in de nacht zijn uitgevoerd, kan dit niet echter gecontroleerd worden.

6. ONDERZOEKSRESULTATEN CARPOOLPLAATSEN

In dit onderdeel van het analyseren van de onderzoeksresultaten worden vooral de prestaties van de individuele carpoolplaatsen bekeken. Het gaat hier dan met name om het bespreken van de usage profit en gain en de kenmerken van de verscheidene locaties. Er wordt bij deze analyse van de data van de beste resultaten uitgegaan namelijk deze van bij een minimale gain van 0.3 en een maximale tijdsafwijking van vijf minuten, zoals te zien is geweest in hoofdstuk 5. In sommige gevallen wordt ter vergelijking ook deze met een maximale tijdsafwijking van 2.5 minuten weergegeven. Bovendien wordt er gekeken naar de locaties die een getelde bezetting hadden die hoger lag dan 90%, om te kijken hoe deze gepresteerd hebben. Aan het einde van het hoofdstuk zullen tevens de onderbezette carpoolparkings aan bod komen, evenals locaties waar geen tellingen van beschikbaar waren.

6.1 Prestaties carpoollocaties

Op vlak van de best presterende locaties kan daar op meerdere aspecten naar gekeken worden. De toegevoegde variabelen zoals de usage profit kunnen een beeld geven van in hoe verre de plaatsen effectief zijn op vlak van congestiebestrijding en vermindering van uitstoot van broeikasgassen. Dit kan dan via de gemiddeldes per paar of via het totaal, vergeleken met zowel het toegewezen aantal paren (toekenning) of de getelde bezetting.

Best presterende locaties op basis van usage profit

Allereerst zullen de best presterende locaties op vlak van usage profit geanalyseerd worden. Dit wordt gedaan op vlak van het gemiddelde en het totaal, op basis van het toegewezen aantal of op basis van de werkelijke bezetting, hier bepaald door de gemiddelde usage profit per locatie te vermenigvuldigen met de toegekende bezetting.

Tabel 7; Beste carpoolplaatsen qua totale usage profit

Beste carpoolplaatsen qua totale usage profit (o.b.v. toekenning ²⁰)		Beste carpoolplaatsen qua totale usage profit (o.b.v. telling)		
1.	Gentbrugge-Oost	14898	Lummen	7243
2.	Breendonk	11391	Gentbrugge-Oost	4353
3.	Aarschot	6597	Kontich	3681
4.	Bertem	5739	Wommelgem-Noord ²¹	3265
5.	Erpe-Mere	5557	Houthalen	3216

De totale usage profit van een carpoolplaats, zoals hierboven weergegeven in tabel 7, geeft een indicatie van de gemeenschappelijke bijdrage van een locatie aan het terugdringen van de congestie. Hoe hoger dit aantal, hoe hoger het aantal totale gecarpoolde kilometers vanaf deze plaats.

Zoals al deels uit het vorig hoofdstuk kon worden opgemaakt, scoren bij het gebruik van het toegewezen aantal paren de locaties Gentbrugge-Oost en Breendonk zeer goed. Het feit dat Breendonk niet terug te vinden is in de scores op basis van de telling is weer een bevestiging van het grote verschil tussen het toegewezen aantal paren en de werkelijke bezetting.

²⁰ Hier moet er rekening mee worden gehouden dat het toegewezen aantal paren de originele capaciteit kan overstijgen

²¹ Indien de locatie Wommelgem-Zuid erbij wordt geteld, komt de score uit op 4002

Waar de locaties van de totale usage profit op basis van de tellingen vaak vrij voor de hand liggende en bekende plaatsen zijn, is dit bij deze op basis van de toekenning minder het geval. Enkel de locatie Gentbrugge-Oost is in beide rijen te vinden. Dit valt te verklaren door het feit dat deze locatie veel pendelverkeer van Gent naar Antwerpen opvangt. Echter, in de meeste gevallen zijn de locaties uit beide lijsten vaak dicht bij de grotere agglomeraties gelegen, de locatie Gentbrugge-Oost ligt bijvoorbeeld maar een paar kilometer van het centrum van Gent, of bij knooppunten van belangrijke autosnelwegen of gewestwegen, zoals Lummen of Bertem, dat dicht bij de aansluiting van de E40 en de E314 gelegen is.

Tabel 8; Beste carpoolplaatsen qua gemiddelde usage profit per gebruiker

Beste carpoolplaatsen qua gemiddelde usage profit	
1.	Walshoutem 46.3
2.	Loenhout 41.2
3.	Bertem 39.0
4.	Overijse 38.1
5.	Halle-Dassenveld & Halle-Rattenput 37.5

De gemiddelde usage profit per gebruiker geeft, zoals te zien in tabel 8, een weergave van hoe efficiënt de plaatsen op de parkings gebruikt worden. In feite geeft dit dus de score weer van hoeveel de kosten zijn die de gemiddelde gebruiker uitspaart. De locaties die in deze top 5 staan zijn ook allemaal stuk voor stuk kort gelegen aan belangrijke verbindingssassen zoals bijvoorbeeld in het geval van Walshoutem op de E40 tussen Brussel/Leuven en Luik en bij Loenhout aan de E19 voor verkeer richting Antwerpen, waardoor ze zich ideaal lenen voor het pendelen op de lange afstand. Echter, in de meeste van deze gevallen liggen de locaties in relatief landelijk gebied. Hierdoor hebben deze locaties maar een kleine potentie op vlak van het aantal gebruikers.

Slechtst presterende locaties op basis van usage profit

Uiteraard zijn er ook locaties die een stuk minder scoren op vlak van de totale usage profit. Deze zijn vaak gesitueerd in landelijke gebieden waar de potentie erg laag ligt en/of waar er weinig grote steden op pendelafstand gelegen zijn. Door het gebruiken van de afstanden tussen de centroides is er uiteraard ook een risico dat deze net buiten een zone dichtbij een autosnelweg vallen, waardoor de afstand ernaartoe overschat wordt.

Tabel 9; Slechtste carpoolplaatsen qua totale usage profit

Slechtste carpoolplaatsen qua totale usage profit (o.b.v. toekenning)		Slechtste carpoolplaatsen qua totale usage profit (o.b.v. telling)	
1.	Oudenburg 141	Vilvoorde	123
2.	Nieuwpoort 222	Veurne	155
3.	Minitaria 222	Zandvoorde	171
4.	Menen 230	Erpe-Mere	179
5.	Zandvoorde 244	Nieuwpoort	194

Wat meteen in het oog springt aan de meeste locaties in tabel 9 is dat bij de slechtste locaties op basis van de toekenning maar een locatie buiten de provincie West-Vlaanderen gelegen is. Van deze die wel in West-Vlaanderen liggen, zijn er nog eens drie dicht bij de kust gesitueerd. Op zich is dit niet

opmerkelijk, aangezien dit ook een erg landelijk gebied is met slechts een aantal middelgrote aantrekkingspolen. Bovendien zal hier het animo tot carpoolen waarschijnlijk een stuk lager liggen, aangezien hier minder congestie voorkomt dan in de rest van Vlaanderen. Dit eerste aspect valt duidelijk terug te zien in figuur 1, waar het aandeel carpoolers per gemeente is weergegeven. Opvallend is tevens dat de locatie Erpe-Mere bij de berekeningen op basis van de toekenning bij de beste locaties staat en bij de telling tussen de slechtste. Een mogelijkheid is ook dat de toegankelijkheid een rol speelt in dit grote verschil.

Bij de locaties op basis van de reguliere telling is vooral de positie van Vilvoorde opvallend. In principe zou deze parking, uitgaande van het feit dat hij dicht bij een belangrijke autosnelweg ligt en vlakbij grote agglomeraties, genoeg personen moeten aantrekken. Echter, doordat deze carpoolmogelijkheid al relatief dicht bij Brussel ligt, is naar alle waarschijnlijkheid de winst die passerende potentiële carpoolers hier kunnen boeken redelijk laag. Hier zouden de gebruikers dan vooral gaan staan om eventueel de parkeerkosten te vermijden.

Tabel 10; Slechtste carpoolplaatsen qua gemiddelde usage profit

Slechtste carpoolplaatsen qua gemiddelde usage profit		
1.	Brugge-Sintmichiels	12.3
2.	Melsele-Noord ²²	13.5
3.	Kortrijk & Kortrijk-Oost	13.7
4.	Melsele-Zuid	14.5
5.	Sterrebeek	15.8

Op vlak van de gemiddelde usage profit zijn het vooral de locaties die al dicht bij de grote steden liggen en/of ongelukkig gesitueerd zijn die als slechtste uit de bus komen. Dit geldt bijvoorbeeld voor de parking Brugge-Sintmichiels, deze is dicht bij Brugge gelegen, maar ligt bij de predicties net niet in een goede zone qua bereikbaarheid. Op vlak van de beide locaties bij Melsele is het vooral de slechte locatie die hen beide de das omdoen. Deze locaties liggen al praktisch in de haven van Antwerpen en hebben bovendien met de E34 als uitvalsweg een slecht landelijk hinterland in de provincies West- en Oost-Vlaanderen ter beschikking.

Best presterende locaties op basis van gain

Waar de usage profit een duidelijke weergave bood van de effectief uitgespaarde kilometers en dus kosten, geeft de gain een abstracter beeld. Hier is er namelijk meer sprake van de verhouding tussen het totaal aantal kilometers en het totale aantal gecarpoolde kilometers. In dit geval is er bij de data wel sprake van de totale gain van het paar, dus deze van beide individuen bij elkaar opgeteld. Dit is een andere methode dan in het eerste deel werd voorgesteld, maar op deze manier konden de verschillen tussen de carpoolplaatsen beter en gemakkelijker worden weergegeven.

²² Beide locaties van Melsele hebben samen een gemiddelde usage profit van 14.1

Tabel 11; Beste carpoolplaatsen qua totale gain

Beste carpoolplaatsen qua totale gain (o.b.v. toekenning)		Beste carpoolplaatsen qua totale gain (o.b.v. telling)		
1.	Gentbrugge-Oost	436.27	Lummen	217.35
2.	Breendonk	430.62	Kontich	148.37
3.	Erpe-Mere	228.13	Houthalen	132.40
4.	Kontich	173.68	Wommelgem-Noord	129.28
5.	Aarschot	165.66	Gentbrugge-Oost	127.47

Als de resultaten in tabel 11 vergeleken worden met deze uit tabel 7 van de usage profit, valt er te zien dat deze niet een op een met elkaar overeen komen. De locaties Gentbrugge-Oost en Breendonk scoren vanwege hun zware verschil tussen de score en daadwerkelijke bezetting nog altijd zeer goed in vergelijking met de rest uit de top vijf. De discrepanties tussen deze tabel en de andere willen dus zeggen dat er weldegelijk een verschil is tussen de eis van usage profit en deze van de gain. Dit valt ook op door het feit dat de relatieve verschillen tussen de nummers 2 en 3 groter zijn dan deze in de andere tabel. Bij de tabel op basis van de telling zijn er eigenlijk geen verschillen te onderkennen. Indien bij de locatie Wommelgem-Noord ook de locatie Wommelgem-Zuid, die aan de andere zijde van de rotonde gelegen is, erbij geteld zou worden, zou de score uitkomen op een totaal van 165 en dus op de tweede plaats terechtkomen.

Tabel 12; Beste carpoolplaatsen qua gemiddelde gain²³

Beste carpoolplaatsen qua gemiddelde gain		
1.	Maasmechelen	1.23
2.	Veurne	1.15
3.	Hakendover	1.08
4.	Izegem	1.08
5.	Torhout	1.08

Op vlak van de gemiddelde gain staan er toch een aantal relatief onbekende locaties tussen. De reden waarom de locatie Maasmechelen hier bovenaan staat is echter wel vrij gemakkelijk te geven. Deze plaats biedt een groot potentiëel publiek met de stad Maasmechelen die er praktisch tegen ligt. Bovendien is het overige hinterland goed verbonden met deze parking, met vooral de N78 als belangrijke factor hierin. De afstanden vervolgens naar de belangrijkste polen in de omtrek, zoals Genk of Hasselt, zijn relatief gezien groot in vergelijking met de afstand naar de parking zelf.

De overige locaties herkennen zich eveneens in dit laatste feit. Vanuit al deze locaties is de afstand naar de belangrijkste polen in de omtrek relatief groot. Dit geldt waarschijnlijk in mindere mate voor de locatie Izegem, die dicht tegen Roeselare gesitueerd is. De grotere steden daar in de omtrek, zoals Kortrijk en Brugge, liggen er daarentegen wel een stuk vanaf, waardoor ook hier de relatieve afstand in vergelijking met deze naar de parking vrij groot is.

²³ De scores zijn afgerond hetzelfde bij plaats 3, 4 en 5; dit is onafgerond uiteraard niet het geval

Slechtst presterende locaties op basis van gain

Locaties die daarentegen slechter scoren op basis van totale gain, hebben vaak geen toegang tot een zodanig groot publiek, wat in de voorgaande paragraaf vrij cruciaal bleek te zijn voor dit aspect. De plaatsen die hier aan bod komen zijn in de meeste gevallen daarom ook vaak vrij ongelukkig gesitueerd. Er moet hierbij wel gesteld worden dat de gain niet lager kan zijn dan 0.6 per paar, aangezien er gekozen is voor de minimale gain van 0.3, zoals verklaard in paragraaf 5.2.

Tabel 13; Slechtste carpoollocaties qua totale gain

Slechtste carpoolplaatsen qua totale gain (o.b.v. toekenning)			Slechtste carpoolplaatsen qua totale gain (o.b.v. telling)	
1.	Oudenburg	6.77	Vilvoorde	4.60
2.	Walshoutem	7.25	Hakendover	6.48
3.	Nieuwpoort	7.71	Zandvoorde	6.66
4.	Minitaria	8.32	Nieuwpoort	6.75
5.	Zandvoorde	9.52	Erpe-Mere	7.33

De locatie van bovenstaande plaatsen in tabel 13 heeft niet alleen impact op de gain maar door de slechte bezetting blijft de totale gain ook steken op vrij lage waardes. Er valt op te merken dat deze tabel vrij veel gelijkenissen vertoont met tabel 9 een aantal paragrafen geleden. Opnieuw is de provincie West-Vlaanderen goed vertegenwoordigd, alsook de locaties Minitaria en Hakendover bij Tienen. Het feit dat de resultaten van deze beide locaties hier vaak niet ver van elkaar af liggen valt te verklaren doordat enkel een rotonde deze parkings scheidt. Vilvoorde is hier wel een vreemde eend in de bijt, maar scoort evenals bij de usage profit vooral slecht doordat de bezetting in het echt zeer tegenvalt.

Tabel 14; Slechtste carpoollocaties qua gemiddelde gain

Slechtste carpoolplaatsen qua gemiddelde gain	
1.	Kemzeke-Oost en Kemzeke-West 0.79
2.	Holsbeek 0.81
3.	Tielt-Winge 0.82
4.	Overijse 0.82
5.	Aarschot 0.82

Kenmerkend aan de locaties in tabel 14 is de relatief landelijke omgeving waar ze in liggen. Dit zorgt bij de meeste bestuurders voor een lange reistijd naar de carpoollocatie zelf, wat vervolgens resulteert in een relatief lage gain. Bij de locatie Overijse komt daar nog eens bij dat deze dicht op de grens tussen Vlaanderen en Wallonië gesitueerd is. Het feit dat bij deze toekenning van paren alleen Vlaanderen in acht wordt genomen en dus verplaatsingen naar Wallonië zagezegd niet meetellen, draagt hier uiteraard ook aan mee. Dit zorgt er dus voor dat de reistijd voor veel Vlamingen in de buurt via deze locatie praktisch altijd een omweg geeft.

Best presterende locaties op basis van bezetting

De bezetting is vaak hetgene waar carpoolplaatsen zogenaamd op worden afgerekend. Als een plaats een te hoge bezettingsgraad heeft, moet hij worden uitgebreid of verbeterd. Ook hier zal de top van de toegekende paren vergeleken worden met de getelde top van de bezetting.

Tabel 15; Beste carpoolplaatsen qua bezetting²⁴

<u>Beste carpoolplaatsen qua bezetting (o.b.v. toekenning)</u>		<u>Capaciteit</u>		<u>Beste carpoolplaatsen qua bezetting (o.b.v. telling)</u>		<u>Capaciteit</u>	
1.	Gentbrugge-Oost	486	250	Lummen	233	236	
2.	Breendonk	471	83	Kontich	170	332	
3.	Erpe-Mere	218	75	Gentbrugge-Oost	142	250	
4.	Aarschot	201	76	Wommelgem-Noord	134	205	
5.	Kontich	199	332	Houthalen	131	128	

In principe komen er in tabel 15 weinig nieuwe namen voor; deze locaties stonden ook vaak bij de top in de lijsten van de totale usage profit en de totale gain van de desbetreffende gebruikers. Er zijn tussen de twee lijsten hier slechts twee overeenkomsten te vinden, namelijk de locaties Gentbrugge-Oost en Kontich. Dit zijn allebei parkeerplaatsen die dicht bij de autosnelweg gelegen zijn en bovendien een grote agglomeratie in de nabijheid hebben. Vooral bij de laatste locatie van de twee, zoals in de tabel te zien is, ligt het aantal toegekende paren dicht bij de realiteit.

Opmerkelijk is wel de afwezigheid van de bekendere locaties bij de toekenningen op basis van dit onderzoek, die bij de tellingen wel goed scoren. Zoals al eerder vermeld in hoofdstuk 5, gaat het hier vooral om de locaties Lummen en Houthalen. Waar deze in de werkelijkheid zeer goed scoren, krijgen zij via de gebruikte methode respectievelijk slechts 39 en 44 paren toegewezen. Deze treffen het waarschijnlijk niet met de plaats van de precieze locatie in de analysezone, waarbij de centroïde een stuk verder van de hoofdwegen aflight dan de werkelijke plaats. Bovendien is de locatie Houthalen ook tevens een park&ride voor diverse bussen van De Lijn; het kan dan ook zijn dat een hoop getelde auto's daar niet waren om te carpoolen, maar om verder te reizen met de bus. Hierdoor ligt het toegewezen aantal paren ver van de getelde bezetting af.

Locaties als Erpe-Mere, Breendonk en Aarschot krijgen daarentegen een stuk meer paren toegewezen dan in de werkelijkheid, aangezien er bij de toekenningen geen restrictie op de bezetting is. Wat hier wel opvallend is, is het feit dat deze locaties in de werkelijkheid nog niet tegen de maximale bezettingsgraad van honderd procent liggen met percentages van respectievelijk negen, vijftig en tachtig.

²⁴ De voorspelde bezettingen kunnen in dit geval dus wel over de capaciteit heen gaan; bij de getelde bezettingen is dit minder vaak het geval.

Tabel 16; Drukste carpoolplaatsen qua bezettingsgraad

<u>Drukste carpoolplaatsen qua bezettingsgraad (o.b.v. toekenning)</u>			<u>Drukste carpoolplaatsen qua bezettingsgraad (o.b.v. telling)</u>	
1.	Winksele	6.00	Jezus-Eik	2.00
2.	Breendonk	5.67	Walshoutem	1.55
3.	Geel-Oost	5.60	Bertem	1.50
4.	Aalst-Zuid	4.96	Zoersel	1.44
5.	Bertem	4.59	Loppem	1.18

Logischerwijs zijn het in de top vijf van drukstbezette carpoolplaatsen vooral hele kleine locaties met een beperkt aantal effectieve parkeerplaatsen die de kroon spannen. Dit blijkt uit het feit dat de gemiddelde capaciteit bij de scores in de top vijf op 34 ligt en bij deze op basis van de telling op 38; een redelijk klein verschil. Als de cijfers van de verschillen tussen de toegewezen paren en bezetting erbij worden genomen is er echter wel een duidelijke discrepantie zichtbaar; bij de toekenningen zijn 21 locaties boven hun capaciteit terechtgekomen, waar dit bij de tellingen er maar acht zijn. Van deze acht carpoolparkings die in principe al boven hun maximale bezetting renderen, zijn er vijf die ook in het geval van de toebedeelde paren hetzelfde resultaat krijgen.

Slechtst presterende locaties op basis van bezetting

Ook bij de slechtst presterende carpoolplaatsen zijn er weinig bijzonderheden zichtbaar, al deze locaties zijn al eens eerder voorgekomen in de lijst met slechtste plaatsen op de verschillende geanalyseerde aspecten. Bij de locaties op basis van het toegekende aantal paren liggen deze meer in de lijn met de capaciteit van de plaatsen dan bij de reguliere tellingen.

Tabel 17; Slechtste carpoolplaatsen qua bezetting

<u>Slechtste carpoolplaatsen qua bezetting (o.b.v. toekenning)</u>			<u>Capaciteit</u>	<u>Slechtste carpoolplaatsen qua bezetting (o.b.v. telling)</u>		<u>Capaciteit</u>
1.	Oudenburg	8	18	Vilvoorde	5	107
2.	Nieuwpoort	8	21	Hakendover	6	18
3.	Minitaria	8	16	Nieuwpoort	7	21
4.	Walshoutem	8	29	Zandvoorde	7	19
5.	Zandvoorde	10	19	Veurne	7	40

Op vlak van de bezettingsgraad zijn het in tabel 17 de plaatsen met een overdaad aan capaciteit die zeer slecht scoren. Opvallend is wel dat er plaatsen in de voorspellingen tussen staan die in de realiteit op een totaal andere plek staan qua bezetting, zoals bijvoorbeeld Lummen en Maasmechelen, maar dit is al in eerdere paragrafen aan bod gekomen. Het minimumaantal toegewezen paren lijkt binnen de voorspellingen op acht te liggen, bij de tellingen is dit minimum aantal uiteraard niet van toepassing.

Tabel 18; Slechtste carpoolplaatsen qua bezettingsgraad

<u>Slechtste carpoolplaatsen qua bezettingsgraad (o.b.v. toekenning)</u>		<u>Slechtste carpoolplaatsen qua bezettingsgraad (o.b.v. telling)</u>	
1.	Kortrijk & Kortrijk-Oost	0.09	Vilvoorde
2.	Tienen-Hoegaarden	0.11	Erpe-Mere
3.	Sint-Job	0.12	Kortrijk en Kortrijk-Oost
4.	Maasmechelen	0.14	Hasselt-Zuid
5.	Lummen	0.17	Veurne

Bij de locaties Kortrijk en Kortrijk-Oost is er in tabel 18 goed te zien dat er in beide gevallen sprake is van een enorme overcapaciteit. Dit is te verklaren door het feit dat het al dicht bij een grote stad gelegen is. De locatie Hasselt-Zuid is recentelijk vernieuwd en uitgebreid, dus uit nieuwe tellingen zal moeten blijken of deze investeringen een positief effect zullen hebben op het gebruik en de bezettingsgraad.

6.2 Toekenning locaties zonder bekende bezetting

Er waren voordat de analyses startten al een aantal carpoolplaatsen aanwezig waar nog geen telgegevens van beschikbaar waren. Zoals te zien in bijlage 1 gaat het hier om de locaties Menen, Middelkerke, Oudenburg en Melsele-Noord. Bij de laatste in deze rij betreft het niet om het ontbreken van tellingen, maar puur het feit dat er op het moment van de tellingen geen enkele auto aanwezig was. De resultaten geven een vrij realistisch aantal paren weer, aangezien ze geen van allen op een ideale locatie liggen.

Tabel 19; Locaties zonder bekende getelde bezetting met afwijking van 5 minuten

<u>Locatie</u>	<u>Capaciteit</u>	<u>Toegekende paren (5)</u>
Oudenburg	18	8
Menen	49	14
Middelkerke	17	16
Melsele-Noord	42	27

Als de resultaten van deze plaatsen vergeleken worden met het aantal toegewezen paren voor soortgelijke plaatsen in vooral West-Vlaanderen, zoals bijvoorbeeld Veurne en Oostkamp, is het beeld gelijkaardig. In de werkelijkheid is de bezetting van deze vergelijkingslocaties wel een stuk minder. Carpoolparking Melsele-Zuid, die een paar honderd meters verderop aan de andere kant van de aansluiting gelegen is, scoort qua bezetting ongeveer even goed als zijn noordelijke tegenpool met 35 toegewezen carpoolparen.

De waarschijnlijke reden dat in het echt er geen auto's zijn waargenomen bij Melsele-Noord is het feit dat de voorzieningen bij Melsele-Zuid een stuk aantrekkelijker zijn²⁵. Hier zijn namelijk onder andere een fietsenstalling en meerdere eenvoudige toiletten aanwezig. Bovendien is er bij Melsele-Noord zelfs niet echt een duidelijke parkeervoorziening, de meeste gebruikers moeten de auto gewoonweg in de berm laten staan. Dit kan dus een reden zijn voor (potentiële) carpoolers om hier geen gebruik van te maken of verder te rijden naar Melsele-Zuid.

²⁵ Dit is gebaseerd op de foto's gemaakt tijdens de tellingen door MINT

Carpoolplaats Middelkerke is pas vrij recentelijk aangelegd, maar heeft voor het vrij beperkte publiek toch goede voorzieningen toegevoegd. Zo zijn hier bushaltes aanwezig, alsook toiletten en een fietsenstalling. De locatie Oudenburg kan het op dit vlak iets beter doen; hij is namelijk niet terug te vinden in de carpooldatabase op de website van het Agentschap Wegen & Verkeer en hoewel de parkeerplaats zelf goed onderhouden lijkt vallen de voorzieningen voor de rest tegen.

6.3 Overbezette locaties

Bij het uitvoeren van de regressies was ervoor gekozen om bepaalde onder- en overbezette locaties buiten sommige analyses te laten. Dit was om onbekende plaatsen en locaties die al vol stonden en dus potentiële carpoolers afweerden en die dus meer konden afwijken van de rest van de voorspellingen, het totale resultaat niet te laten beïnvloeden. Onderbezette locaties of nog onbekende locaties, kunnen vaak baat hebben bij promotie via websites van de gemeente of van de bedrijven in de omgeving. Nu is de vraag of bij de al overbezette locaties er volgens de voorspellingen van het aantal toegekende paren meer potentie is of niet. Dit kan een indicatie geven of deze locaties uitgebreid moeten worden.

Er is geen duidelijke lijn te trekken over het feit dat overbezette locaties hier stelselmatig met een hogere of lagere score worden beoordeeld; vaak heeft hierin ook de gebruikte tijdsafwijking een grote invloed.

Tabel 20; Locaties boven 90% bezetting en bijbehorend toegewezen aantal paren

<u>Carpoolplaats</u>	<u>Capaciteit</u>	<u>Werkelijke bezetting</u>	<u>Toegekende paren (2.5 minuten)</u>	<u>Toegekende paren (5 minuten)</u>
Winksele	14	13	37	84
Waasmunster	57	54	23	83
Waregem	57	54	8	22
Lummen	236	233	18	39
Wommelgem-Zuid	39	39	44	112
Houthalen	128	131	13	44
Izegem	20	21	27	75
Kruishoutem	38	43	23	62
Loppem	57	67	11	33
Zoersel	50	72	16	28
Bertem	32	48	72	147
Walshoutem	29	45	6	8
Jezus-Eik	22	44	18	47

Als op basis van tabel 20 beoordeeld moet worden of een locatie geschikt is voor uitbreiding, opwaardering en/of verbetering moet er allereerst worden bekeken welke op het moment al zwaar overbezet zijn. Het gaat hier dan om de locaties Houthalen tot en met Jezus-Eik. Hoewel Jezus-Eik bij de berekeningen niet heel erg veel paren toebedeeld krijgt, is een uitbreiding van deze locatie zeker noodzakelijk. De huidige overbezetting, met als gevolg wildparkeren en gevaarlijke verkeerssituaties geeft daar zeker een reden toe. Door de aanwezigheid van goede voorzieningen zoals onder andere een bushalte, fietsenstalling en prima parkeervakken en de ideale locatie langs de autosnelweg E411, heeft deze parking de potentie om zeker nog meer mensen aan te trekken. De reden dat er niet heel

veel paren aan werden toegewezen is het feit dat deze locatie dicht bij de Vlaams-Waalse grens gelegen is en er dus waarschijnlijk weinig puur Vlaamse verplaatsingen ervanuit plaatsvinden.

De situatie van Walshoutem is min of meer hetzelfde, deze ligt officieel nog in een laatste stukje Vlaanderen aan de E40 tussen Brussel en Luik. Voorzieningen zijn goed en ook op de locatie is niets aan te merken. Ook hier is er weer vooral sprake van een groot verschil door het feit dat er Waalse verplaatsingen niet meegerekend worden. Een capaciteit van 29 is dan ook zeker ondermaats.

Carpoolplaats Bertem heeft volgens de analyse ook zeker potentie, maar dat zal in de praktijk anders liggen. Hoewel natuurlijk elke carpoolgebruiker een bijdrage levert aan een betere doorstroming, ligt deze locatie waarschijnlijk net iets te dicht tegen Brussel aan en zijn er genoeg alternatieven voor de pendelaars vanuit Leuven en omstreken. Echter, vanwege het feit dat hier veel sprake is van wildparkeren is het toch nodig om deze plaats uit te breiden. Bij de locaties rond de grote steden kan eveneens het eventuele vermijden van parkeerkosten een rol spelen bij het gebruik van de carpoolplaatsen.

Ook bij locatie Zoersel is er volgens de tellingen sprake van redelijke ondercapaciteit, hoewel de resultaten van het onderzoek hier iets anders stellen. Een verklaring hiervoor kan zijn dat deze carpoolplaats tegelijkertijd een park&ride is voor de snelbusrichting Antwerpen, dus hoeveel mensen er bij deze 72 zitten die carpoolen en hoeveel er de bus pakken is niet duidelijk. Desalniettemin is het zeker nodig deze plaats uit te breiden, aangezien ook hier het wildparkeren extreme vormen aanneemt, zoals blijkt uit foto's van MINT.

De locaties Izegem en Loppem zijn op het moment minder aantrekkelijke carpoolplaatsen dan de voorgaande. Hoewel beide locaties goed zijn, ontbreekt het nog aan de nodige voorzieningen. Daarom zou, in combinatie met een uitbreiding, ook het aanleggen en verbeteren van de huidige voorzieningen geen overbodige luxe zijn.

Het is vrij opvallend dat de welbekende en vaak volle carpoolparkings Houthalen en Lummen in het toekennen van paren redelijk tegenvallen. Een nadeel van het vergelijken van de scores met de tellingen van de eerste van die locaties is ook hier dat het tevens gebruikt kan worden als een park & ride, door vele bedieningen richting Hasselt, Leuven en Brussel met bussen van de Lijn. Bij Lummen worden de paren vaker door de predicties beter verdeeld over de andere locaties langs de E314. Natuurlijk is dit niet genoeg om een verschil van meer dan tweehonderd carpoolparen te kunnen verantwoorden. Wat wel een 'probleem' bij deze plaats kan zijn is het feit dat het juist op de grens van een zone ligt, waardoor de afstand zwaar overschat wordt. Zelfs bij een maximale tijdsafwijking van liefst vijftien minuten scoort Lummen namelijk nog altijd onder zijn daadwerkelijke bezetting.

Wommelgem krijgt ook een hoge voorkeur om uitgebreid te worden. Hoewel deze locatie al over genoeg bijbehorende voorzieningen beschikt en het niet ver van de stad af ligt, kan het toch gebruikt worden om verkeer uit de stad te houden. Het is in dit geval wel beter om alleen de locatie die aan de noordkant van de rotonde ligt uit te breiden. Deze is namelijk op een veiligere manier aangesloten op de overige wegen, waar de zuidelijke parking direct tegen de rotonde aan ligt. Bovendien is aan de noordzijde een stuk meer ruimte om de capaciteit te verhogen.

Nabij Leuven is er ook een grote concentratie van carpoolplaatsen langs de E314. Omdat dit een congestiegevoelig stuk autosnelweg is, kan het heel erg helpen als de locaties hier aantrekkelijk zijn

voor het woon-werkverkeer richting Brussel. Winksele is dan juist een voorbeeld hoe het niet moet. De parkeerplaats is niet aangeduid vanaf de hoofdweg en maakt een zeer claustrofobische indruk, aangezien het als het ware is ingeklemd tussen een garage en de oprit. Volgens de analyses van de individuele carpoolplaatsen, zouden er rond de veertig paren gebruik kunnen maken van deze plaats, wat ook logisch is door de nabijheid van Leuven zelf. Het is dan wel noodzakelijk om de locatie uit te breiden en zeker aantrekkelijker te maken.

6.4 Onderbezette locaties

Zoals al in de vorige paragraaf is aangekaart, is het voor onderbezette of onbekende locaties noodzakelijk dat de promotie van een zodanige plek op een goede manier gebeurt. Buiten dat kan het ook helpen om de parkeerplaatsen goed te voorzien van bijkomende faciliteiten, dat het goed aangegeven staat vanaf de hoofdweg en dat het uiterlijk ook aanspreekt.

De enige twee locaties bij welke de <10% bezettingsregel van toepassing is, met uitzondering van de locaties waarbij geen bezetting is, zijn nog Erpe-Mere en Vilvoorde. Om deze analyses in een breder kader te plaatsen zullen ook locaties met een getelde bezettingsgraad tot en met twintig procent meegenomen worden.

Tabel 21; Bezetting onderbezette carpoolplaatsen

Carpoolplaats	Capaciteit	Werkelijke bezetting	Toegekende paren (2.5 minuten)	Toegekende paren (5 minuten)
Vilvoorde	107	5	49	102
Erpe-Mere	75	7	87	218
Kortrijk & Kortrijk-Oost	529	79	13	45
Hasselt-Zuid	250	39	12	49
Veurne	40	7	3	13
Meise	124	25	57	168

Als er naar tabel 21 gekeken wordt, valt allereerst al op dat er enkele van deze locaties al eerder aan bod zijn gekomen bij de individuele beoordeling van de carpoolplaatsen op basis van de tellingen. Het verschilt heel erg per locatie of er meer of minder koppels zijn toegewezen in de queries dan dat er geteld zijn.

Het resultaat dat verkregen is bij de locatie Hasselt-Zuid strookt min of meer met het beeld dat doorheen heel Midden- en Noord-Limburg aangetroffen is. Er is hier in heel de regio sprake van een groot positief verschil tussen de score en de werkelijke bezetting van carpoollocaties bij deze gain. Pas bij een minimale gain van nul, dus als personen sowieso al een kleine winst pakken door te carpoolen, komen de resultaten van deze locaties bij deze van de werkelijkheid te liggen. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat door de grote pendelafstanden mensen hier meer en sneller geneigd zijn om tot carpoolen over te gaan. Zoals te zien was in figuur 1 uit het literatuuronderzoek, blijkt ook dat een relatief groot deel van de Limburgers aan deze vorm van duurzame mobiliteit doet²⁶.

²⁶ http://www.nieuwsblad.be/cnt/dmf20110316_043

De locaties Meise en Vilvoorde, dicht bij Brussel gelegen, hebben beide last van hetzelfde probleem. Aangezien ze zo dicht bij een grote attractiepool gesitueerd zijn, zullen ze in de voorspellingen weinig lange-afstandsreizigers toegewezen hebben gekregen en enkel verkeer dat op korte afstand pendelt. In de werkelijkheid zullen deze personen juist minder behoefte hebben aan een carpoolplaats, iets wat nog verder geduid wordt in de discussie. Over beide carpoolparkings nabij Kortrijk is hier hetzelfde te zeggen. Bij Meise komt er bovendien nog bij dat deze in de werkelijkheid op een redelijke afstand van de op- en afritten af ligt, iets wat ook niet meegenomen kan worden in de voorspellingen.

Erpe-Mere is een locatie die men tijdens de tellingen naar alle waarschijnlijkheid aan het verbouwen was. De capaciteit is inmiddels uitgebreid naar honderdvijftig plaatsen. Door een eventuele, al dan niet tijdelijke, buitendienststelling van de plaats kan de gemiddelde bezetting tijdens deze periode stevig zijn gedaald. Dit kan een reden zijn waarom de tellingen laag uitvallen in vergelijking met het aantal toegekende paren.

7. CONCLUSIE

Naar aanleiding van de geconsulteerde werken kan worden geconcludeerd dat het maatschappelijke doel van carpoolen vooral gericht is op het terugdringen van congestie en dus zo ook bij te dragen aan een verminderde uitstoot van broeikasgassen. Carpooling kan dus op deze manier zeker gezien worden als een vorm van duurzame mobiliteit.

Er zijn verschillende manieren waarop mensen kunnen carpoolen. Dit kan van huis uit gebeuren waarbij men de carpoolpartners aan huis oppikt of dat men apart naar een verzamelplaats, vaak een carpoolparking, rijdt waarvandaan er verder wordt gereden naar de bestemming. Deze variant is waar het onderzoek zich dus ook daadwerkelijk op focust. Het huidige carpoolgedrag in Vlaanderen is bij de meeste beroepsgroepen nog altijd zeer beperkt, maar ligt het hoogste bij de beroepen met een vaste shiftenregeling. Dit is vrij logisch aangezien het carpoolproces ook grotendeels afhankelijk is van vertrek- en aankomsttijden.

De kwaliteit van een carpoolparking hangt vooral af van de toegankelijkheid, inrichting van de locatie en voorzieningen die of op de parking zelf of in de nabijheid liggen. Het belangrijkste is uiteraard dat het een logische plaats is die bij de mogelijke carpooler binnen zijn/haar verplaatsingspatroon ligt en vanuit veel richtingen bereikbaar is. Wenselijk is ook om bij de locatie faciliteiten aan te leggen voor gebruikers die niet met de auto naar de plaats kunnen komen, zoals een bushalte of een stalling.

Andere eisen die kunnen worden gesteld zijn onder andere een verharde ondergrond, zoals asfaltering of klinkers. Ook sociale veiligheid en controle is van cruciaal belang om gebruikers te blijven behouden; dit kan gedaan worden door de aanwezigheid van bijvoorbeeld een winkel of tankstation.

Uit de literatuurstudie kan tevens opgemaakt worden dat het gebruik van activiteiten-gebaseerde modellen het beste is om het probleem wat in deze thesis opgelost moet worden aan te pakken. Hier wordt namelijk per individu in de populatie op basis van bepaalde kenmerken een agenda vastgesteld waarin alle verplaatsingen worden beschreven. Dit heeft tevens als voordeel dat het ook gemakkelijker is om bijvoorbeeld interacties tussen individuen binnen een huishouden te modelleren en dat de verplaatsingen niet los van elkaar worden gezien, wat kan leiden tot inconsistente keuzes, zoals bij een regulier vierstappenmodel. Tevens is het zo dat activiteiten-gebaseerde modellen ook zorgen voor een hogere temporele resolutie, wat bij het modelleren van carpooling natuurlijk wel noodzakelijk is.

Bij dit onderzoek is er gekozen om gebruik te maken van voorspellingen van het FEATHERS-model. Dit model is namelijk toegepast op dezelfde regio waar dit onderzoek zich op toespitst. Om het rekenwerk enigszins te vereenvoudigen en aangezien er niet veel computerkracht voor handen is moeten er enkele concessies gedaan worden op vlak van nauwkeurigheid van het voorspellen. Dit gaat dan vooral om het simplificeren van precieze locaties van de carpoolplaatsen en het voorlopig werken met veralgemeende kenmerken van de individuen die gekoppeld moeten worden. Wat betreft de carpoollocaties is er daarom ook onder andere verder gewerkt via de Traffic Analysis Zones waarin het onderzoeksgebied is opgedeeld.

De werkwijze die in de eerste fase van het onderzoek gehanteerd was, bleek niet in staat de gevraagde output te geven. Bij deze oude aanpak bracht de eerste methode, waarbij er eerst paren werden gevormd en vervolgens pas de locatie gezocht, hoge rekestijden met zich mee. De tweede

methodiek gaf ook relatief gemakkelijker en sneller resultaten door een manueel proces via Excel hiervoor te gebruiken. De gegeven resultaten waren door gebrek aan kwantiteit echter nog niet representatief. Aangezien dit natuurlijk geen ideale aanpak was, werd ervoor gekozen om gebruik te gaan maken van een ander programma.

Het uiteindelijk gekozen softwarepakket, Postgres, gaf de mogelijkheid om de data gemakkelijker en sneller te verwerken, aangezien er meerdere commando's achter elkaar uitgevoerd konden worden. Hiervoor moesten dan wel eerst alle queries handmatig omgezet worden vanuit Access.

Er kon hierdoor ook veel output in een keer worden opgevraagd. Zo kon er via een groot commando output worden opgevraagd van verschillende gains en maximale tijdsafwijkingen. Er werd gekozen voor gains tussen 0 en 1 in stappen van 0.1. Voor de tijdsafwijkingen van de reistijd werd er gestart bij een kwartier en teruggewerkt in stappen van 2.5 minuten. Op al deze uitkomsten werden regressies uitgevoerd om te kijken met welke eisen de toekenningen het beste presteerde.

Het beste resultaat bleek te zijn verkregen bij een gain van 0.3 en een maximale tijdsafwijking van 2.5 en vijf minuten. Hier werden met de gebruikte 10%-90% regel correctheidspercentages van boven de twintig bereikt. Indien de locatie Breendonk uit de regressies werd verwijderd, steeg dit tot meer dan dertig procent. Dit was echter wel de enige carpoolplaats die een zodanig grote invloed had op de totale score.

Op basis van deze graden konden er analyses gedaan worden op individueel niveau van de carpoolplaatsen. Dit is gebeurd op vlak van de usage profit en de gain, bij beiden zowel het gemiddelde als het totaal. Bij de verschillende uiteenzettingen bleken vaak de locaties Gentbrugge-Oost en Breendonk als beste uit de bus te komen bij de reguliere predicties. Werde er echter de getelde bezetting op toegepast, dan scoorden de 'bekende' locaties zoals Lummen, Kontich en Houthalen consequent het hoogste.

Wanneer er gekeken werd naar de gemiddelde waarden waren het vaak de minder bekende locaties die de boventoon voerden. De plaatsen die hierbij stonden lieten dus personen over het algemeen over langere afstanden carpoolen, wat een beter effect heeft op het milieu en de congestie. Locaties zoals Walshoutem en Loenhout scoorden hier het beste op vlak van de usage profit. Op vlak van de gemiddelde gain staken Maasmechelen en Veurne boven de rest uit. Deze liggen allen op een aanzienlijke afstand van de grote aantrekkingspolen en kunnen daarom gezien worden als meest efficiënte locaties. De locaties die minder goed scoorden in de voorspellingen waren vaak locaties in gebieden waar de afstanden naar de hoofdwegen vrij hoog lag.

Op basis van het toegewezen aantal paren en de reguliere tellingen kon tevens een oordeel geveld worden over welke carpoolplaatsen toe waren aan uitbreiding en/of verbetering. Dit waren dan met name de locaties die al in de tellingen in redelijke mate overbezet waren. De scores konden dan eventueel nog een vollediger beeld creëren van de effectieve vraag. Een nadeel was hier wel dat aan veel bekende carpoolplaatsen met een overbezetting een stuk minder aantal carpoolers werd toegewezen dan er bij de tellingen stonden. Dit kan natuurlijk de betrouwbaarheid van de scores bij dit soort locaties zwaar aantasten.

In dit geval is het aan te raden om de overbezette locaties²⁷ in verband met de verkeersveiligheid sowieso uit te breiden en te verbeteren waar mogelijk. Ook is het misschien nodig om te gaan werken met een soort van minimumcapaciteit tussen bijvoorbeeld veertig en vijftig plaatsen. Uit het literatuuronderzoek is namelijk gebleken dat carpoolers meer gebaat zijn bij een fijn carpoolparkingnetwerk, dan bij enkele grote locaties. Bovendien raken zo de parkings minder vaak verzadigd, waardoor potentiële carpoolers ook sneller zullen overwegen hier gebruik van te maken. Het was binnen het onderzoek echter niet mogelijk om aan te geven op welke locaties eventueel nieuwe carpoolplaatsen moeten worden aangelegd. Omdat het aantal mogelijkheden exponentieel toeneemt, alle TAZ worden als potentiële locatie gezien, is hiervoor aanzienlijk meer computerkracht nodig.

²⁷ Een locatie met een bezetting >90% of met duidelijke signalen van overbezetting zoals wildparkeren

8. DISCUSSIE

Ondanks het feit dat er relatief hoge regressiepercentages behaald zijn voor een onderzoek met een zodanig eenvoudige methode en beperkte data, zitten aan de definitieve uitslagen uiteraard wel een aantal haken en ogen. Dit heeft te maken met de beperkingen die gesteld moesten worden omwille van de bijvoorbeeld gelimiteerde computerkracht en de beschikbare data. Niet alleen dat, maar ook de kenmerken van de verscheidene carpoolplaatsen kunnen een invloed hebben op de betrouwbaarheid.

Allereerst zijn er de gegevens waarop de woon-werk trips die in dit onderzoek zijn gebruikt zijn gebaseerd. Dit blijven nog altijd simulaties van agenda's van individuen en het is daarom ook niet zeker in hoeverre deze overeenkomen met de werkelijke verplaatsingen die gedaan worden vanuit de ene naar de andere zone. Een bijbehorend issue is hierbij dat buitenlandse verplaatsingen of verplaatsingen van/naar Wallonië niet zijn meegerekend, omdat deze zones niet in het model verwerkt zijn. Zoals in het volgende hoofdstuk eveneens wordt aangekaart, heeft dit ook gevolgen voor de correctheid van de voorspelde scores en hun relatie met de werkelijke bezetting.

Deze zelfde individuen werden vervolgens ook volledig homogeen behandeld. Allen hadden ze dezelfde eisen en voorkeuren. Hoewel dit natuurlijk van persoon tot persoon verschilt en zelfs binnen Vlaanderen tot grote bereidheidsverschillen leidt, zoals te zien was in het literatuuronderzoek. Uitbreidingsmogelijkheden hieromtrent worden in het volgende hoofdstuk diepgaander behandeld.

Ook het feit dat alleen carpoolparen zijn meegerekend en niet carpoolgroepen kan een reden zijn waarom de scores niet altijd overeen kunnen komen met de werkelijke tellingen. Niet alleen kan dit dan zorgen voor een vertekend beeld van de tellingen, dus hoeveel paren er gebruik maken van de locatie, ook kan dit een reden zijn voor meer mensen om te carpoolen aangezien de kosten door meerdere personen worden gedeeld.

In dit onderzoek zijn alleen de carpoolplaatsen meegenomen die geregistreerd stonden in de database van het Agentschap Wegen en Verkeer, aangevuld met locaties die genoemd waren in het carpoolrapport van onderzoeksbureau MINT. Het kan uiteraard het geval zijn dat er doorheen het land meerdere parkeerplaatsen zijn die als carpoollocatie gebruikt worden, maar niet als zodanig zijn aangemerkt. Hetzelfde geldt voor goed bereikbare park & ride faciliteiten nabij de wegen richting de grote steden of bijvoorbeeld tankstations langs gewestwegen en autosnelwegen met uitgebreide parkeermogelijkheden. Een voorbeeld van zo'n transferium is het treinstation Noorderkempen langs de E19 richting Antwerpen. Dit zou dus kunnen zorgen voor een verschil binnen dit onderzoek van het aantal gebruikers bij bepaalde carpoolplaatsen, omdat er in de werkelijkheid 'illegale' locaties zich in de omgeving kunnen bevinden waar ze ook parkeren.

Omgekeerd is dit uiteraard ook het geval. Bij meerdere carpoolplaatsen waren er ook uitgebreide faciliteiten voor het openbaar vervoer aanwezig. Het kan dus voor zijn gekomen dat bij de tellingen, waarmee de scores in dit onderzoek werden vergeleken, auto's zijn meegerekend die niet van een van de deelnemers aan een carpool zijn, maar die van personen zijn die gebruik maken van de park & ride. Het is namelijk heel erg lastig om dit bij reguliere tellingen te zien. Enkele voorbeelden hiervan zijn de locaties Houthalen en Zoersel, waarvanuit ook sneldiensten rijden naar de belangrijkste attractiepolen, zoals respectievelijk Brussel/Leuven en Antwerpen.

Een ander fenomeen waar niet rekening mee gehouden kon worden zijn carpoolvarianten die in het literatuuronderzoek zijn aangekaart. Het gaat hier bijvoorbeeld namelijk om carpoolers die eerst naar het huis van een medecarpooler rijden en vervolgens met elkaar verder rijden. Deze varianten kunnen onmogelijk zijn meegenomen in de tellingen, maar in de toekenningen zijn deze gesimuleerde personen er zogenaamd wel bij betrokken. Andere mogelijkheden hierin zijn tevens het ophalen van deelnemers aan huis door de bestuurder. Ook personen die met een ander vervoersmiddel dan de auto naar de carpoolplaats gaat om van daaruit met iemand verder te rijden, konden niet meegenomen worden in de berekeningen.

Tevens is bij het onderzoek in de toewijzing van de score ervanuit gegaan dat elke persoon die met hun reiskosten via de carpoolplaats een bepaalde gain hadden behaald, ook daadwerkelijk ging carpoolen, ongeacht hun achtergrond of de kenmerken van de trip. Uit eerder genoemd onderzoek van Heinitz en Blasco (2014) bleek dat dit niet strookt met de werkelijke situatie. Zij stellen dat carpooling onder de 25 kilometer of carpooling waarbij een omweg van minimaal tien kilometer of twintig minuten van reistijd, dus het aantal minuten dat men eerder thuis moet vertrekken dan normaal, wordt genomen, amper voorkomt. In dit onderzoek is deze regel nog niet toegepast. Bij een minimale gain van bijvoorbeeld 0.3 had een persoon die normaal gezien twintig kilometer naar zijn werk rijdt al bij een totale afstand via de parking van zeventien kilometer²⁸ al gaan carpoolen. Bij vervolgonderzoek zouden deze eisen via impedantiematrices wel uitgewerkt kunnen worden. Indien nodig kan er dan een combinatie gebruikt worden van de impedantiematrix op basis van de afstand en de tijd.

Het tijdsaspect op vlak van afstanden tussen centroiden is in dit onderzoek ook maar zeer beperkt behandeld. Alleen in de eerste fase is er gebruik gemaakt van de impedantiematrix op vlak van tijd. Het onderzoek had wellicht representatievere resultaten behaald indien deze matrix in de tweede fase ook meegenomen was. Ook bij de loop-query binnen Postgres was er de mogelijkheid om meer resultaten te verkrijgen en zo tot een betere score te komen. Binnen deze cyclus was er namelijk als eerste geselecteerd op vlak van het tijdsverschil tussen individuen en pas daarna op de gain of usage profit van dit paar. Samen met het feit dat er alleen eisen zijn gesteld aan de minimale gain en niet de usage profit bij de selectie van carpoolplaatsen door individuen had dit tot een hoop meer mogelijkheden qua toekenningen kunnen leiden en eventueel betere regressiepercentages.

²⁸ De gecarpoolde afstand uiteraard door twee gedeeld

9. PRAKTISCHE AANBEVELINGEN EN TOEKOMSTIG ONDERZOEK

Bij dit onderzoek is verkennend gekeken naar de mogelijkheden om de bezetting van carpoolplaatsen te bepalen door het gebruik van activiteiten-gebaseerde modellen. Omdat er voor het daadwerkelijk schatten van de bezetting een hoop andere factoren in rekening moeten worden gebracht, was het hier beter om te spreken van een score voor carpoollocaties, naar aanleiding van de populariteit. In het verleden was echter nog weinig tot geen onderzoek gedaan naar de mogelijkheden hiertoe, zeker niet met als doel individuen toe te wijzen aan carpoollocaties met een zodanig relatief eenvoudige methode.

Aangezien de resultaten boven verwachting waren is het zeker een opportuniteit om in de toekomst onderzoek uit te voeren op dit vlak dat op dit werk voort kan borduren. Echter, in dit werk was er nog wel rekening te houden met enkele beperkingen, zoals al eerder aangekaart in hoofdstuk 3.2 en in de discussie, hoofdstuk 8. Deze beperkingen golden zowel op tijdsvlak als op rekentechnisch vlak, zoals bijvoorbeeld het gebruik van relatief grote zones en simulaties van trips. Bij verdergaand onderzoek zijn er dus veel mogelijkheden om de nauwkeurigheid van de verdelingen toe te laten nemen en ze bovendien betrouwbaarder te maken zodat ze op bestuursniveau een impact kunnen hebben indien er bijvoorbeeld nieuwe locaties moeten worden aangelegd of uitgebreid. Hierdoor zou het uiteindelijk zelfs mogelijk zijn om effectieve bezettingen te voorspellen.

Allereerst is het mogelijk om meer kenmerken van carpoolplaatsen en de gebruikte individuen mee te nemen in de bepalingen. Waar er in dit onderzoek alleen maar rekening werd gehouden met de locatie en capaciteit van een carpoolparking, zou het mogelijk zijn om in de toekomst meerdere kenmerken mee te nemen in het wezenlijk bepalen van de bezetting. Er zou dan per plaats een scorekaart ingevuld kunnen worden die onder andere gebaseerd kan zijn op het CROW-rapport van carpoolpleinen. Deze kaart zou dan enkele punten omtrent kwaliteit en voorzieningen kunnen bevatten. Dit betreft dan bijvoorbeeld degelijke verharding, goede bewegwijzering en bereikbaarheid vanaf de hoofdweg, maar ook de aanwezigheid van een bushalte, wachthok, fietsenstalling en dergelijke zouden hier ook op kunnen staan.

Buiten dat hebben ook aspecten die de sociale veiligheid bevorderen, zoals degelijke verlichting, zichtbaarheid vanaf de weg en eventueel een kiosk een invloed op de aantrekkelijkheid. De score voor (on)aantrekkelijkheid van de carpoolplaatsen kan dan meegenomen worden in de voorspellingen, waardoor er bijvoorbeeld respectievelijk minder of meer potentiële carpoolers aangetrokken zullen worden. Een alternatief hierop is ook om dit soort variabelen mee te nemen in de regressie-analyse en bekijken in hoeverre de aanwezigheid/afwezigheid van bepaalde voorzieningen bepalend zijn voor de bezetting van een carpoollocatie.

Op vlak van het individu kunnen er dus ook een hoop karakteristieken worden toegevoegd, daar waar ze in dit onderzoek nog vrij homogeen behandeld werden. Hoewel er weldegelijk meer bekend was over de virtuele individuen, werd hier door rekentechnische beperkingen niets mee gedaan. Als er in de toekomst nog verder onderzoek plaats gaat vinden over dit onderwerp met meer computerkracht, is het uiteraard wel mogelijk om hier meer mee te doen. Er kan bijvoorbeeld vanuit worden gegaan dat de sociaal-economische klasse en de werkplaats van een individu mee bepalend is in of een persoon überhaupt wil gaan carpoolen en vanaf welke 'winstgrens', dus gain of usage profit. Beslissingsnemers die van plan zijn om een parking aan te leggen, zouden met meer gedetailleerde data over de bewoners van hun gemeente of provincie, eveneens nauwkeuriger

voorspellingen kunnen maken. Dit kan ook uitgebreid worden met enquêtes, eventueel online, naar carpoolbereidheid om zo een completer beeld te verkrijgen. Indien men het onderzoek ook wil gaan toepassen op carpoolgroepen die bestaan uit meer dan twee personen, moeten wel de formules van zowel de gain als de usage profit worden aangepast en dynamisch gemaakt.

Eventueel is het dan zelfs mogelijk om te bekijken welke bedrijven en gemeenten duurzame mobiliteit, waar carpoolen onder valt, al dan niet financieel, stimuleren en deze voordelen dat het bedrijf dan biedt mee te nemen in de berekeningen. Deze uitbreidingen hebben natuurlijk wel als eis dat er eerst grondig onderzoek naar zal moeten worden gedaan.

Indien, zoals eerder gesteld, de aanwezige computerkracht in een toekomstig onderzoek meer is, zijn er nog een stuk meer mogelijkheden om het uit te breiden. Allereerst is dan het verkleinen van de zones een optie. Deze zijn in dit onderzoek nog relatief groot, waardoor centroïdes vaak virtueel kilometers van een werkelijke locatie af kunnen liggen, wat leidt tot redelijke over- en onderschattingen van de reistijden en reiskosten richting huis, werk of carpoolplaats. Het verkleinen van de zones en het aanpassen van de bijbehorende impedantiematrices, zal dus zeker ten goede komen van de nauwkeurigheid van het onderzoek. Het is dan zelfs nog mogelijk om goede nieuwe locaties van carpoolplaatsen te bepalen. Omdat dan het aantal potentiële locaties exponentieel toeneemt is het van groot belang dat hier een zeer krachtige computer voor gebruikt wordt. Het is dan tevens mogelijk om via verdere berekeningen een beter beeld te geven van de bezetting van de carpoolplaatsen doorheen de dag, wat in dit onderzoek nog niet gedaan is.

Er zijn op tijdsvlak ook nog andere tekortkomingen van dit onderzoek die in de toekomst verbeterd kunnen worden. In dit werk is bij de reistijdafwijking namelijk de afwijking van de start- en eindtijd van de werktijd genomen. Dit is logischerwijs niet het enigste wat personen aan elkaar koppelt op het gebied van tijd. De meeste mensen hebben al vrij flexibele werktijden, wat uiteraard ook weer verschilt per bedrijf en inkomensklasse, en zal eerder de tijdsafwijking van het thuis vertrekken een rol spelen in de bereidheid van carpoolen, zoals ook in het vorige hoofdstuk gesteld is. Met deze werkwijze zal buiten de impedantiematrix van de kosten ook terug een van de reistijd erbij betrokken moeten worden, mogelijkerwijs met spitsfactoren in formules erbij gezet om zo representatievere resultaten te creëren voor in de ochtend- of avondspits.

Kortom, het is dus mogelijk om dit onderzoek op vele vlakken uit te breiden met als resultaat de nauwkeurigheid te verbeteren of om meer informatie eruit te halen. Dit heeft dan uiteraard wel als consequentie dat de vereiste computerkracht ook steeds verder zal toenemen. Als er op basis van soortgelijk onderzoek echter beslissingen moeten worden genomen wordt er aangeraden om vooral zoveel mogelijk extra informatie op te vragen of te verzamelen. Dit zal namelijk de nauwkeurigheid ten goede komen en zo voorkomen dat er te kleine of te grote plaatsen worden aangelegd of dat de uitbreidingen niet voor de juiste capaciteit zorgen.

Tevens valt niet alleen op nauwkeurigheid winst te behalen, ook op esthetisch vlak kan het zeker uitgebreid worden. Denk hierbij aan het visualiseren van de gesimuleerde verplaatsingen die gebruikmaken van carpoollocaties. In dit onderzoek is namelijk nog weinig aandacht besteed aan hoe groot het aandeel is dat in bepaalde richtingen vanuit de locatie vertrekt. Deze resultaten kunnen eventueel vergeleken worden met kentekenonderzoeken rond het knooppunt waar de locatie gelegen is of met enquêtes bij gebruikers.

Ook bij het weergeven van reguliere woon-werk trips kan er gekeken worden naar matching op ruimtelijk vlak en daarvanuit vervolgens de beste carpoollocatie voor het koppel of groepje zoeken. Er kan hierbij dan zelfs gekeken worden wat de mogelijkheden zijn voor het aanleggen van bijvoorbeeld carpoolstroken, al dan niet dynamisch, in de VS ook wel bekend als HOV-lanes; rijbanen die alleen gebruikt mogen worden door voertuigen waar meer dan een persoon in zit. Via visualisaties en routevoorspellingen kan dan vervolgens de verwachte bezetting van zo'n strook bepaald worden. Op congestiegevoelige stukken autosnelweg kan dit zeker een oplossing bieden.

Verdergaand onderzoek naar het fenomeen carpoolen en de manier waarop dit tot stand komt, alsook de invloed van de carpoolplaatsen hierop heeft een positieve invloed op duurzame mobiliteit en het terugdringen van congestie. Projecten die zich richten op het verbeteren van de correctheid van de voorspellingen van deze carpoolplaatsen kunnen hier dan ook een goede bijdrage aan leveren.

BRONNENLIJST

- Algers, S., Eliasson, J., & Mattsson, L.-G. (2005, December 1). Is it time to use activity-based urban transport models ? A discussion of planning needs and modelling possibilities. *Annals of Regional Science*(39), 767-789.
- Bellemans, T., Kochan, B., Janssens, D., Wets, G., Arentze, T., & Timmermans, H. (2010). Implementation Framework and Development Trajectory of FEATHERS Activity-Based Simulation Platform. *Transportation Research Board, I*(2175).
- Bonsall, P. (1981, January). Car Sharing In The United Kingdom. *Journal of Transport Economics and Policy, XV*(1), 35-44.
- Buliung, R., Soltys, K., Habel, C., & Lanyon, R. (2009). Driving Factors Behind Successful Carpool Formation and Use. *Transportation Research Record*(2118), 31-38.
- CERA. (2012). *Plattelandsarmoede in Vlaanderen en Wallonië*. Opgehaald van <http://www.armoedebestrijding.be/publications/Pocico/Carmen%20Mathijssen.pdf>
- Cho, S., Yasar, A.-U.-H., Knapen, L., Bellemans, T., Janssens, D., & Wets, G. (2012). A Conceptual Design of an Agent-based Interaction Model for the Carpooling Application. *Procedia Computer Science, X*, 801-807.
- Cools, M., Declercq, K., Janssens, D., & Wets, G. (2010). *Onderzoek Verplaatsingsgedrag Vlaanderen 4.1*. Universiteit Hasselt, Instituut voor Mobiliteit, Diepenbeek. Opgehaald van <http://www.mobieltvlaanderen.be/pdf/ovg41/ovg41-globaal.pdf>
- Correia, G., & Viegas, J. (2011). Carpooling and carpool clubs: Clarifying concepts and assessing value enhancement possibilities through a Stated Preference web survey in Lisbon, Portugal. *Transportation Research Part A*(45), 81-90.
- Davidson, W., Robert, D., Vovsha, P., Freedman, J., Ruegg, S., Hicks, J., . . . Picado, R. (2007). Synthesis of first practices and operational research approaches in activity-based travel demand modeling. *Transportation Research*, 464-488.
- Federale Overheidsdienst Mobiliteit en Vervoer. (2014). *Kilometers afgelegd door Belgische voertuigen in het jaar 2013*. Brussel. Opgehaald van http://www.mobilit.belgium.be/nl/binaries/Kilometers_2013_tcm466-260946.pdf
- Galland, S., Knapen, L., Yasar, A., Gaud, N., Janssens, D., Lamotte, O., . . . Wets, G. (2014). Multi-agent simulation of individual mobility behavior in carpooling. *Transportation Research Part C*(45), 83-98.
- Goldman, T., & Gorham, R. (2006). Sustainable urban transport: Four innovative directions. *Technology in Society, 28*(1-2), 261-273.
- Hartman, I. B.-A., Keren, D., Dbai, A. A., Cohen, E., Knapen, L., Yasar, A., & Janssens, D. (2014). Theory and Practice in Large Carpooling Problems. *International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies*, (pp. 339-347).

- Heinitz, F. M., & Blasco, D. S. (2014). Modeling the Use of Parking Lots near Motorways by Commuter Carpools. *Journal of the Transportation Research Board*(2469), 1-10. doi:10.3141/2469-01
- Helbing, D. (2012). *Social Self-Organization: Agent-Based Simulations and Experiments to Study Emergent Social Behavior*. Zürich: Springer.
- Janssens, D., Declercq, K., & Wets, G. (2014). *Onderzoek Verplaatsingsgedrag Vlaanderen 4.5 (2012-2013)*. Instituut voor Mobiliteit.
- Kitamura, R. (1996). *Applications of Models of Activity Behavior for Activity Based Demand Forecasting*. Kyoto University, Department of Civil Engineering Systems, Kyoto.
- Knapen, L., Hartman, I.-A., Keren, D., Yasar, A.-U.-H., Cho, S., Bellemans, T., . . . Wets, G. (2013). *Estimating scalability issues while finding an optimal assignment for carpooling*.
- Kochan, B., Bellemans, T., Wets, G., & Janssens, D. (2006). Dynamic activity-travel diary data collection using a GPS-enabled personal digital assistant. *International Conference on Applications of Advanced Technology in Transportation*. Chicago.
- Kulkarni, S. S., Nagare, D. B., More, K. L., & Tanwar, N. S. (2013). Multi-Agent Secure Dynamic Carpooling. *International Journal of Soft Computing and Engineering*, 81-85.
- Lefovsky, A., & Greenberg, A. (2001). Organized Dynamic Ride Sharing: The Potential Environmental Benefits and the Opportunity for Advancing the Concept. *Transportation Research Board Annual Meeting*. Washington. Opgehaald van <http://ridesharechoices.scripts.mit.edu/home/wp-content/papers/GreenburgLevofsky-OrganizedDynamicRidesharing.pdf>
- Li, J., Embry, P., Mattingly, S., Sadabadi, K., Rasmidatta, I., & Burris, M. (2007). Who Chooses to Carpool and Why? *Transportation Research Record*(2021), 110-117.
- McNally, M. G. (2007). *The Four Step Model*. University of California, Department of Civil and Environmental Engineering and Institute of Transportation Studies, Irvine.
- McNally, M. G., & Rindt, C. R. (2007). *The Activity-Based Approach*. Institute of Transportation Studies, Department of Civil and Environmental Engineering, Irvine.
- MINT nv. (2009). *Carpoolparkings Vlaanderen - Eindrapport*. Mechelen.
- Ramaekers, K., Kochan, B., Bellemans, T., Janssens, D., & Wets, G. (2008). *Linking activity-based travel demand models and traffic assignment: A Flemish case study*. Diepenbeek.
- Saelens, S., André, V., Durand, C., Heylen, E., Tratsaert, K., Boniver, V., . . . Thiry, B. (2000). *Denkpistes en Werkinstrumenten ten behoeve van een Duurzame Beheersing van de Woonwerkverplaatsingen*. Opgehaald van http://www.belspo.be/belspo/organisation/publ/pub_ostc/mobil/guidevl.pdf
- Shifan, Y., & Ben-Akiva, M. (2008, November). A practical policy-sensitive, activity-based, travel-demand model. *Annals of Regional Science*(47), 517-541.

- Sivakumar, A. (2007). *Modelling Transport: A Synthesis of Transport Modelling Methodologies*. Imperial College, London. Opgehaald van <http://www3.imperial.ac.uk/pls/portallive/docs/1/50669701.PDF>
- Spielberg, F., & Shapiro, P. (2000). Mating Habits of Slugs: Dynamic Carpool Formation in the I-95/I-395 Corridor of Northern Virginia. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1711, 31-38.
- Tacken, M., & de Boer, E. (1990). *Spreiding van werktijden, spreiding van de verkeersspits*.
- Technum. (2014). *Carpoolparkings West-Vlaanderen*. Sint-Denijs-Westrem: Departement Mobiliteit en Openbare Werken.
- Tormans, H., Cools, M., Briers, S., Janssens, D., & Wets, G. (2013). Integration of Qualitative and Quantitative Research to Unravel the Factors that Determine the Willingness to Carpool in Flanders. *BIVEC/GIBET Transport Research Day*.
- Traject. (2008). *Onderzoek naar hinderpalen en voorwaarden voor het succesvol promoten van carpooling*. Opgehaald van <http://www.mobielvlaanderen.be/studies/carpoolen02/eindrapport.pdf>
- Ungemah, D., Goodin, G., Dusza, C., & Burris, M. (2007). Examining Incentives and Preferential Treatment of Carpools on Managed Lane Facilities. *Journal of Public Transportation*, 10(4), 151-170. Opgehaald van <http://131.247.19.1/jpt/pdf/JPT%2010-4%20Ungemah.pdf>
- Vanoutrive, T., Van De Vijver, E., Van Malderen, L., Jourquin, B., Thomas, I., Verhetsel, A., & Witlox, F. (2012). What determines carpooling to workplaces in Belgium: location, organisation or promotion? *Journal of Transport Geography*(22), 77-86.
- Verleyen, I. (2006). *Carpooling en Vanpooling*. Gent: Mobidesk Oost-Vlaanderen.
- Werkgroep Carpoolpleinen. (2007). *Carpoolpleinen - van beleid tot uitvoering*. Ede: CROW.
- Wilkowska, W., Farrokhikhiavi, R., Ziefle, M., & Vallée, D. (2014). Mobility requirements for the use of carpooling among different user groups. *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics*, (pp. 401-412). Kraków.

BIJLAGEN

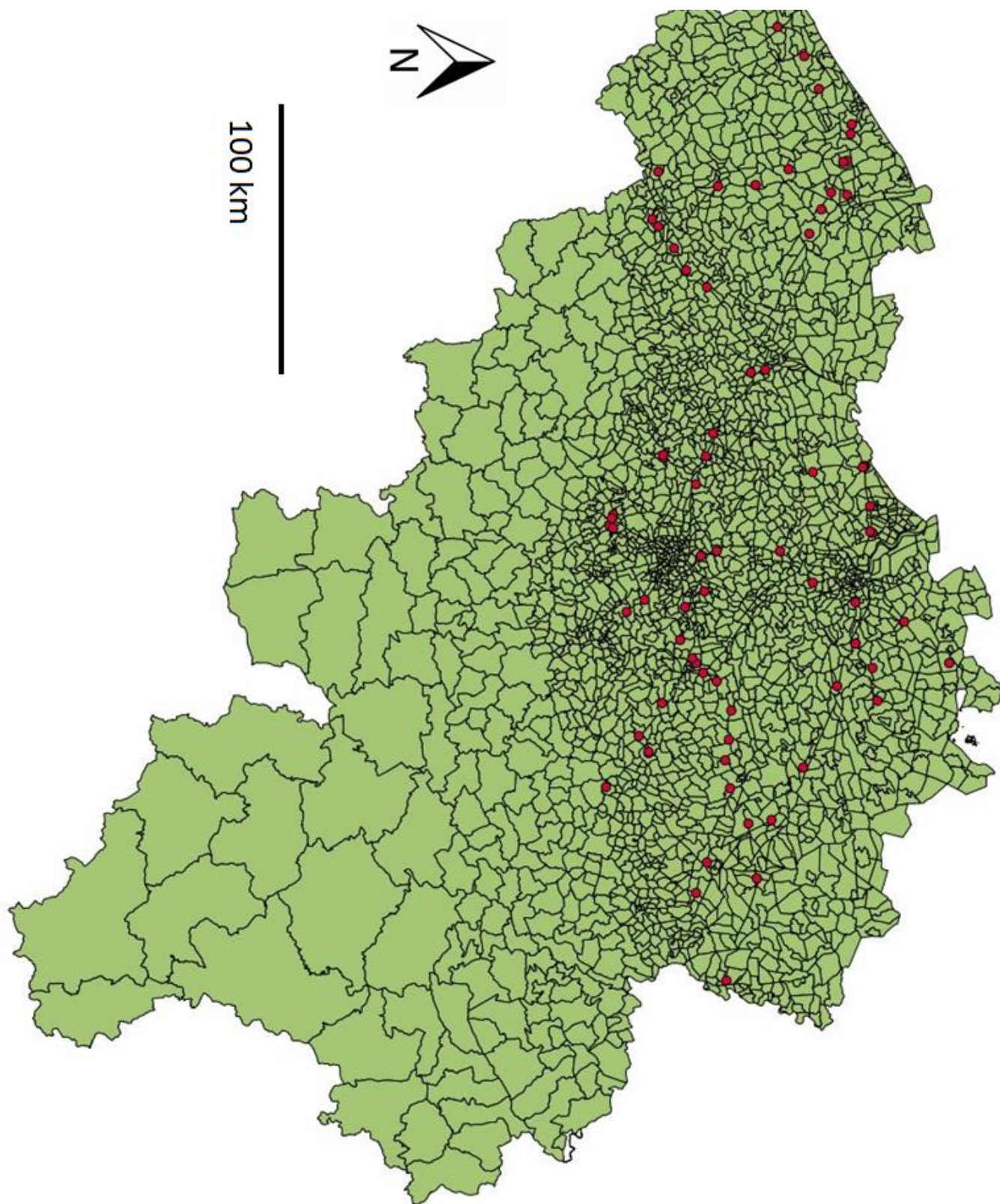
Bijlage 1; Lijst met gebruikte carpoolplaatsen

Latitude	Longitude	Name	Capacity	Zone
51.30943	4.55493	Sint-Job	300	87
51.12629	4.431785	Kontich	332	126
51.2117	4.625429	Oelegem-Oost en Oelegem-West	40	142
<u>51.21055</u>	<u>4.493783</u>	<u>Wommelgem-Zuid</u>	<u>39</u>	<u>178</u>
51.21267	4.49201	Wommelgem-Noord	205	180
51.39726	4.686617	Loenhout	63	189
<u>51.24526</u>	<u>4.703366</u>	<u>Zoersel</u>	<u>50</u>	<u>202</u>
51.06043	4.333404	Breendonk	83	295
51.17522	4.761497	Herentals-West	63	349
51.2547	4.807781	Lille	108	386
51.10666	5.018595	Geel-Oost	15	457
50.90302	4.34689	Strombeek-Bever	27	516
50.72109	4.250286	Halle-Essenbeek en Halle-Sintrochus	41	524
50.72639	4.217434	Halle-Dassenveld en Halle-Rattenput	142	528
50.93468	4.330941	Meise	124	568
50.75512	4.526399	Overijse	29	587
<u>50.79144</u>	<u>4.48601</u>	<u>Jezus-Eik</u>	<u>22</u>	<u>591</u>
<u>50.91088</u>	<u>4.459584</u>	<u>Vilvoorde</u>	<u>107</u>	<u>613</u>
50.87127	4.51064	Sterrebeek	30	635
50.89336	4.119324	Affligem	99	676
50.96393	4.83641	Aarschot	76	678
50.95202	4.998017	Bekkevoort	69	692
<u>50.86173</u>	<u>4.613671</u>	<u>Bertem</u>	<u>32</u>	<u>694</u>
50.82539	4.81462	Boutersem	86	712
<u>50.88533</u>	<u>4.672056</u>	<u>Winksele</u>	<u>14</u>	<u>736</u>
50.77956	4.919058	Tienen-Hoegaarden	171	741
<u>50.71292</u>	<u>5.082114</u>	<u>Walshoutem</u>	<u>29</u>	<u>787</u>
50.89365	4.689138	Herent	50	805
50.93362	4.743516	Holsbeek	29	807
50.90688	4.716256	Wilsele-De Vunt	45	811
50.79917	4.970864	Minitaria	16	848
50.79895	4.973432	Hakendover	18	857
50.95982	4.930331	Tielt-Winge	55	884
51.12	3.32358	Beernem	43	893
51.19424	3.19752	Brugge-Sintmichiels	70	925
51.18716	3.093234	Jabbeke-West	29	939
51.19393	3.09275	Jabbeke-Oost	29	940
51.14487	3.245637	Oostkamp	100	947
51.07776	3.119439	Torhout	22	956

<u>51.16238</u>	<u>3.192196</u>	<u>Loppem</u>	<u>57</u>	<u>964</u>
50.85033	3.368075	Deerlijk	50	1081
50.80532	3.2773	Kortrijk en Kortrijk-Oost	529	1100
<i>50.81673</i>	<i>3.126641</i>	<i>Menen</i>	<i>49</i>	<i>1122</i>
<u>50.87371</u>	<u>3.440786</u>	<u>Waregem</u>	<u>57</u>	<u>1129</u>
<i>51.13927</i>	<i>2.862924</i>	<i>Middelkerke</i>	<i>17</i>	<i>1180</i>
51.20466	2.976169	Zandvoorde	19	1191
<i>51.20117</i>	<i>3.0071</i>	<i>Oudenburg</i>	<i>18</i>	<i>1200</i>
<u>50.93652</u>	<u>3.172597</u>	<u>Izegem</u>	<u>20</u>	<u>1216</u>
51.01152	3.16715	Lichtervelde	88	1227
51.10976	2.758006	Nieuwpoort	21	1313
51.05732	2.667057	Veurne	40	1323
50.91329	4.031867	Aalst-Zuid	27	1349
50.82738	4.025926	Ninove	28	1410
50.82819	4.034936	Meerbeke	38	1413
<u>50.92859</u>	<u>3.95733</u>	<u>Erpe-Mere</u>	<u>75</u>	<u>1455</u>
51.12771	4.079232	Waasmunster	57	1511
51.03318	3.757423	Gentbrugge-Oost	250	1631
51.00365	3.763078	Merelbeke	147	1674
<u>50.91612</u>	<u>3.491972</u>	<u>Kruishoutem</u>	<u>38</u>	<u>1729</u>
51.24089	4.189681	Vrasene-Noord	60	1810
51.23948	4.26946	Melsele-Zuid	68	1853
<i>51.24427</i>	<i>4.272161</i>	<i>Melsele-Noord</i>	<i>42</i>	<i>1854</i>
51.22687	4.063315	Kemzeke-Zuid	82	1895
51.22975	4.061108	Kemzeke-Oost en Kemzeke-West	45	1896
51.04379	5.185636	Paal	115	1910
50.8943	5.4184	Diepenbeek	100	1918
50.9622	5.08402	Halen	98	1946
50.91589	5.322253	Hasselt-Zuid	250	1956
<u>50.99784</u>	<u>5.197032</u>	<u>Lummen</u>	<u>236</u>	<u>1983</u>
<u>51.01545</u>	<u>5.371417</u>	<u>Houthalen</u>	<u>128</u>	<u>2100</u>
50.95474	5.695736	Maasmechelen	123	2238

De carpoolplaatsen die onderstreept zijn worden niet meegenomen bij de vergelijking wanneer de 10%-90% grens van de bezettingsgraad in acht wordt genomen.

De cursief gedrukte werden door het ontbreken van telgegevens bij alle vergelijkingen weggelaten.



Bijlage 3; Sample-data FEATHERS

household	personId	homeLocId	tHW_work	tHW_pred	tHW_pred	tHW_start	tHW_tripD	tHW_mod	tWH_work	tWH_succ	tWH_succ	tWH_start	tWH_tripD	tWH_mode
3	5	1	132	0	16	503	15	1	132	0	1071	534	15	1
5	9	1	69	0	10	460	13	1	289	7	110	1019	12	1
9	16	1	133	0	11	597	10	1	11	0	75	820	9	1
13	23	1	1	0	387	558	5	1	1	0	665	950	5	1
13	24	1	309	0	126	526	9	1	1107	7	156	879	56	1
14	26	1	3	0	333	374	11	3	3	0	856	753	11	3
15	27	1	1	0	545	498	5	3	1	0	567	1048	5	3
18	33	1	1	0	469	715	5	3	1	0	426	1189	5	3
22	41	1	2	0	114	1043	3	1	2	0	16	1160	3	1
23	44	1	1	0	116	568	5	3	1	4	31	689	5	3
26	50	1	2345	0	679	443	25	1	2345	0	448	1147	25	1
27	51	1	133	0	501	464	21	1	133	0	613	986	21	1
29	53	1	2	0	486	524	3	1	2	0	604	1013	3	1
31	58	1	68	0	538	432	11	1	68	0	629	981	10	1
33	61	1	1963	0	101	324	76	1	153	7	520	870	6	1
34	62	1	1	0	403	430	5	1	1	0	777	838	5	1
36	66	1	3	0	290	651	4	1	393	0	328	1258	34	1
39	70	1	296	0	124	743	9	1	296	0	44	876	9	1
39	71	1	20	0	794	595	6	6	20	0	219	1395	6	6

Bijlage 4; Aantal gemiddelde overschattingen en onderschattingen bezetting

Volledige regressie								
Maximale afwijking	Gemiddelde overschattingen	Gemiddelde onderschattingen	Gemiddelde correct		Minimale gain	Gemiddelde overschattingen	Gemiddelde onderschattingen	Gemiddelde correct
15	67.3	3.6	0.1		0	61.7	9.2	0.2
12.5	59.7	10.7	0.6		0.1	59.7	11.0	0.3
10	61.7	9.3	0.0		0.2	57.8	12.8	0.3
7.5	56.9	13.9	0.3		0.3	55.3	15.7	0.0
5	42.7	27.7	0.6		0.4	51.8	18.5	0.7
2.5	22.6	46.3	2.1		0.5	46.7	23.3	1.0
					0.6	29.7	39.5	1.8
Regressie (10%-90%)								
Maximale afwijking	Gemiddelde overschattingen	Gemiddelde onderschattingen	Gemiddelde correct		Minimale gain	Gemiddelde overschattingen	Gemiddelde onderschattingen	Gemiddelde correct
15	50.3	1.7	0.0		0	45.3	6.5	0.2
12.5	44.1	7.9	0.0		0.1	44.3	7.5	0.2
10	45.6	6.4	0.0		0.2	42.7	9.0	0.3
7.5	41.9	9.9	0.3		0.3	40.5	11.5	0.0
5	31.4	20.3	0.3		0.4	38.0	13.5	0.5
2.5	13.7	37.1	1.1		0.5	33.7	17.8	0.5
					0.6	20.3	31.3	0.3

Bijlage 5; Basis-query methode 1

---STARTEN MET HET CONNECTEN AAN DE DATABASE---

```
create database carpool encoding = 'UTF8';
```

```
\connect carpool
```

---AANMAKEN BENODIGDE TABELLEN---

```
create table ReducedHomeWorkTours
(
  ID integer,
  household_id integer,
  person_id integer,
  homeloc_id integer,
  t_hw_workloc_id integer,
  t_hw_predAct integer,
  t_hw_predActDur integer,
  t_hw_startTime integer,
  t_hw_tripDur integer,
  t_hw_mode integer,
  t_wh_workloc_id integer,
  t_wh_succAct integer,
  t_wh_succActDur integer,
  t_wh_startTime integer,
  t_wh_tripDur integer,
  t_wh_mode integer,
  CONSTRAINT pos_hw_dur CHECK(t_hw_tripdur > 0),
  CONSTRAINT pos_wh_dur CHECK(t_wh_tripdur > 0)
);
```

```
create table parkings
(
  carpoolname varchar(255),
```

```

    capacity integer,
    carpoolzone integer,
    bezetting_2012 integer
);

```

```

create table AfstandsMatrix
(
    origid integer,
    destid integer,
    cost float (3)
);

```

```

create table ImpedanceMatrix20
(
    origid integer,
    destid integer,
    duration float (3)
);

```

---IMPORTEREN BENODIGDE DATA---

```

copy ReducedHomeWorkTours from
'/home/joris/Thesis/ReducedHomeWorkTourswithoutheader.csv'
delimiter ',' csv;

```

```

copy parkings from
'/home/joris/Thesis/Carpoolparkingsnolocation.csv'
delimiter ',' csv;

```

```

copy Afstandsmatrix from
'/home/joris/Thesis/AfstandsMatrix.txt'
delimiter ',' csv;

```

```

copy Impedancematrix20 from
'/home/joris/Thesis/ImpedanceMatrix20.txt'
delimiter ',' csv;

```

---SELECTEREN VAN DE VERPLAATSINGEN DIE VAN TOEPASSING ZIJN---

```

Select      *
into        SelectReducedHomeWorkTours1
from        ReducedHomeWorkTours
Where       ((t_wh_mode=1 and t_hw_mode=1) or
            (t_wh_mode=6 and t_hw_mode=6)) and
            (homeloc_id=t_hw_workloc_id)
not
Order by   t_hw_workloc_id;

```

```

Drop table  ReducedHomeWorkTours;

```

```

Select      *
into        SelectReducedHomeWorkTours
from        SelectReducedHomeWorkTours1
Where       t_hw_workloc_id = t_wh_workloc_id;
Drop table  SelectReducedHomeWorkTours1;

```

---JOIN VAN INDIVIDUEN MAKEN MET BIJBEHORENDE TIJDSAFWIJINGEIS---

```

Select      id as id_a, person_id as person_id_a, homeloc_id as homeloc_id_a,
            t_hw_workloc_id as t_hw_workloc_id_a, t_wh_workloc_id as t_wh_workloc_id_a,
            t_hw_starttime as t_hw_starttime_a, t_wh_starttime as t_wh_starttime_a
into        a
from        SelectReducedHomeWorkTours;

```

```

Select      id as id_b, person_id as person_id_b, homeloc_id as homeloc_id_b,
            t_hw_workloc_id as t_hw_workloc_id_b, t_wh_workloc_id as t_wh_workloc_id_b,
            t_hw_starttime as t_hw_starttime_b, t_wh_starttime as t_wh_starttime_b
into        b
from        SelectReducedHomeWorkTours;
Drop table  SelectReducedHomeWorkTours;

```

```

Select      id_a, person_id_a, person_id_b, homeloc_id_a, homeloc_id_b,
            t_hw_workloc_id_a,
            t_hw_starttime_a, t_hw_starttime_b,
            t_wh_starttime_a, t_wh_starttime_b
into        Matches1

```

```

from      a, b
where     person_id_a < person_id_b and
         t_hw_workloc_id_a = t_hw_workloc_id_b and
         abs (t_hw_starttime_a - t_hw_starttime_b) < 15;

Select    *
Into      Matches2
from      Matches1
where     abs (t_hw_starttime_a - t_hw_starttime_b) < 15;

Drop table Matches1;

Select    *, abs (t_hw_starttime_a - t_hw_starttime_b) as difference_hw,
         abs (t_wh_starttime_a - t_wh_starttime_b) as difference_wh
Into      Matches
From      Matches2;

Drop table Matches2;

Select    person_id_a, person_id_b, difference_hw, difference_wh, homeloc_id_a,
         homeloc_id_b,
         t_hw_workloc_id_a as workloc_id
Into      PossibleCouples1
From      Matches;

Select    person_id_a, person_id_b, greatest (difference_hw, difference_wh)
         asdifference_max,
         homeloc_id_a, homeloc_id_b, workloc_id
Into      PossibleCouples
From      PossibleCouples1
Order by  person_id_a, difference_max asc, person_id_b;

Drop table PossibleCouples1;

```

---AFSTAND THUIS-WERK BEPALEN---

```

Select    PossibleCouples.*, AfstandsMatrix.Cost as Cost_a_hw
Into      PossibleCouples_a
From      PossibleCouples
Inner join AfstandsMatrix
On        (PossibleCouples.homeloc_id_a = AfstandsMatrix.origid) and
         (PossibleCouples.workloc_id = AfstandsMatrix.destid);

Drop table PossibleCouples;

Select    PossibleCouples_a.*, AfstandsMatrix.Cost as Cost_b_hw
Into      PossibleCouples_ab
From      PossibleCouples_a
Inner join AfstandsMatrix
On        (PossibleCouples_a.homeloc_id_b = AfstandsMatrix.origid) and
         (PossibleCouples_a.workloc_id = AfstandsMatrix.destid);

Select    *
Into      PossibleCouples
From      PossibleCouples_ab;

Drop table PossibleCouples_a, PossibleCouples_ab;

```

---FILTEREN WERKVERPLAATSINGEN IN DEZELFDE ZONE---

```

Delete from PossibleCouples
Where      (Cost_a_hw = 0) or
         (Cost_b_hw = 0);

```

---BEPALLEN AFSTAND NAAR CARPOOLPLAATSEN---

```

Select    PossibleCouples.*,
         AfstandsMatrix.Cost,
         parkings.carpoolzone
Into      PossibleCouples1a
From      PossibleCouples
Inner join (parkings

```

```

Inner join    Afstandsmatrix
On           parkings.carpoolzone = Afstandsmatrix.destid)
On           PossibleCouples.homeloc_id_a = Afstandsmatrix.origid;

Alter table   PossibleCouples1a
Rename       Cost to Cost_a_hc;

Drop table    PossibleCouples;

```

---MOGELIJKHEDEN VERWIJDEREN WAAR AFSTAND NAAR CARPOOLPLAATS GROTER IS DAN NAAR HET WERK---

```

Delete from   PossibleCouples1a
Where        Cost_a_hc > Cost_a_hw;

Select       PossibleCouples1a.*,
            Afstandsmatrix.Cost
Into         PossibleCouples
From         PossibleCouples1a
Inner join   Afstandsmatrix
On          (PossibleCouples1a.carpoolzone = Afstandsmatrix.destid)
And        (PossibleCouples1a.homeloc_id_b = Afstandsmatrix.origid);

Drop table    PossibleCouples1a;

Alter table   PossibleCouples
Rename       Cost to Cost_b_hc;

Delete From   PossibleCouples
Where        Cost_b_hc > Cost_b_hw;

Select       PossibleCouples.*,
            Afstandsmatrix.Cost
Into         PossibleCouplesb
From         PossibleCouples
Inner join   Afstandsmatrix
On          (PossibleCouples.carpoolzone = Afstandsmatrix.origid)
And        (PossibleCouples.workloc_id = Afstandsmatrix.destid);

Drop table    PossibleCouples;

Alter table   PossibleCouplesb
Rename       Cost to Cost_cw;

Alter table   PossibleCouplesb
Rename to    PossibleCouples;

```

---BEPALEN AFSTAND NAAR WERK VIA CARPOOLPLAATSEN---

```

Select       *,
            (Cost_a_hc + Cost_cw) as Cost_a_hcw,
            (Cost_b_hc + Cost_cw) as Cost_b_hcw
Into         PossibleCouples1
From         PossibleCouples;

Drop table    PossibleCouples;

Alter table   PossibleCouples1
Rename to    PossibleCouples;

Select       *,
            0.5*Cost_cw as halfCost_cw
Into         PossibleCouples1
From         PossibleCouples;

Drop table    PossibleCouples;

Alter table   PossibleCouples1
Rename to    PossibleCouples;

Select       *,
            Cost_a_hc + halfCost_cw as Cost_a_hccw,
            Cost_b_hc + halfCost_cw as Cost_b_hccw

```



```

Into      PossibleCouples1
From      PossibleCouples;

Drop table PossibleCouples;

```

---DEFINIËREN GAIN EN USAGE PROFIT EN AFRONDING---

```

Select      *,
            (2*(1-(Cost_a_hccw / Cost_a_hw))) as gain_a,
            (2*(1-(Cost_b_hccw / Cost_b_hw))) as gain_b,
            Cost_a_hw - Cost_a_hccw as usage_profit_a,
            Cost_b_hw - Cost_b_hccw as usage_profit_b
Into        PossibleCouples
From        PossibleCouples1;

Drop table PossibleCouples1;

Alter table PossibleCouples
Drop column Cost_a_hccw;

Alter table PossibleCouples
Drop column Cost_b_hccw;

Alter table PossibleCouples
Drop column halfcost_cw;

Alter table PossibleCouples
Alter column gain_a type numeric(5,2);

Alter table PossibleCouples
Alter column gain_b type numeric(5,2);

Alter table PossibleCouples
Alter column usage_profit_a type numeric(6,2);

Alter table PossibleCouples
Alter column usage_profit_b type numeric(6,2);

```

---VASTSTELLEN EISEN VOOR USAGE PROFIT EN GAIN---

```

Select      *
Into        Couples15
From        PossibleCouples
Where       gain_a > 0 and
            gain_b > 0 and
            usage_profit_a > 0 and
            usage_profit_b > 0
Order by    difference_max asc, person_id_a, person_id_b, gain_a, gain_b, usage_profit_a,
            usage_profit_b;

```

---AANMAKEN INDICES EN PAARNUMMER---

```

Create index person_a_idx on Couples15 (person_id_a);
Create index person_b_idx on Couples15 (person_id_b);

Select      row_number() over (order by person_id_a) as pairnum, *
into        Couples15x
from        Couples15;

Drop table Couples15;

Select      *
Into        Couples15
From        Couples15x
Order by    difference_max asc, person_id_a, person_id_b, gain_a, gain_b, usage_profit_a,
            usage_profit_b, pairnum;

Drop table Couples15x;

Select      pairnum, person_id_a, person_id_b, difference_max
Into        WorkCouples15
From        Couples15
Order by    difference_max asc, person_id_a, person_id_b;

```

---AANMAKEN DUMMYTABELLEN VOOR LOOP---

```
Create table TestCouples15
As
(Select *
From WorkCouples15
Limit 1);

Delete from TestCouples15;

Create table MiniCouples
As
(Select *
From WorkCouples15
Limit 1);

Delete from MiniCouples;
```

---START LOOP---

```
DO

$do$

Declare pair record;

BEGIN

For pair in Select * from WorkCouples15

LOOP
```

---BESTE KOPPEL IN DUMMYTABEL OVERZETTEN---

```
Create table TopCouples15
As
(Select *
From WorkCouples15
Limit 1);

Insert into TestCouples15
Select *
From TopCouples15;

Insert into MiniCouples
(Select *
From WorkCouples15
Limit 1);
```

---CONTROLLEREN OF PERSONEN AL IN DUMMYTABEL AANWEZIG ZIJN---

```
Delete from WorkCouples15
Where exists
(Select *
From MiniCouples
Where person_id_a=WorkCouples15.person_id_a or
person_id_b=WorkCouples15.person_id_a or
person_id_a=WorkCouples15.person_id_b or
person_id_b=WorkCouples15.person_id_b);

Delete from MiniCouples;
Drop table TopCouples15;

EXIT WHEN (Select count(person_id_a) FROM WorkCouples15) <1;

END LOOP;
END;

$do$;
```

---EINDE LOOP (WANNEER ER GEEN PERSONEN MEER OVER ZIJN)---

---KOPPELEN SUCCESVOLLE PAREN EN BEREKENEN KENMERKEN---

```
Select      Testcouples15.pairnum,
            Couples15.gain_a, Couples15.gain_b, Couples15.usage_profit_a,
            Couples15.usage_profit_b,
            Couples15.carpoolzone
Into        Finalcouples15zones
From        Testcouples15
Inner join  Couples15
On          Testcouples15.pairnum = Couples15.pairnum;

Select      Finalcouples15zones.carpoolzone, count(*) as total, sum (usage_profit_a +
            usage_profit_b) as totalprofit, sum (gain_a + gain_b) as totalgain
Into        Finalcouples15zones1
From        Finalcouples15zones
Group by   carpoolzone;

Drop table  Finalcouples15zones;

Select      Finalcouples15zones1.*, parkings.bezetting_2012, parkings.carpoolname,
            (totalprofit / total) as averageprofit, (totalgain / total) as averagegain
Into        Finalcouples15zones
From        Finalcouples15zones1
Inner join  parkings
On          Finalcouples15zones1.carpoolzone = parkings.carpoolzone;

Drop table  Couples15, Finalcouples15zones1;

Copy        Finalcouples15zones
to          '/home/joris/New Output/Methodel/Gain0/15min.csv'
csv header;

Drop table  Finalcouples15zones;

Drop table  matches, possiblecouples;

Drop table  workcouples15, testcouples15, minicouples;
```

Auteursrechtelijke overeenkomst

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

Voorspelling van de bezetting van carpoolplaatsen

Richting: **master in de mobiliteitswetenschappen-mobiliteitsmanagement**

Jaar: **2015**

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

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

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

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

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

Voor akkoord,

Huijbregts, Joris

Datum: **30/05/2015**