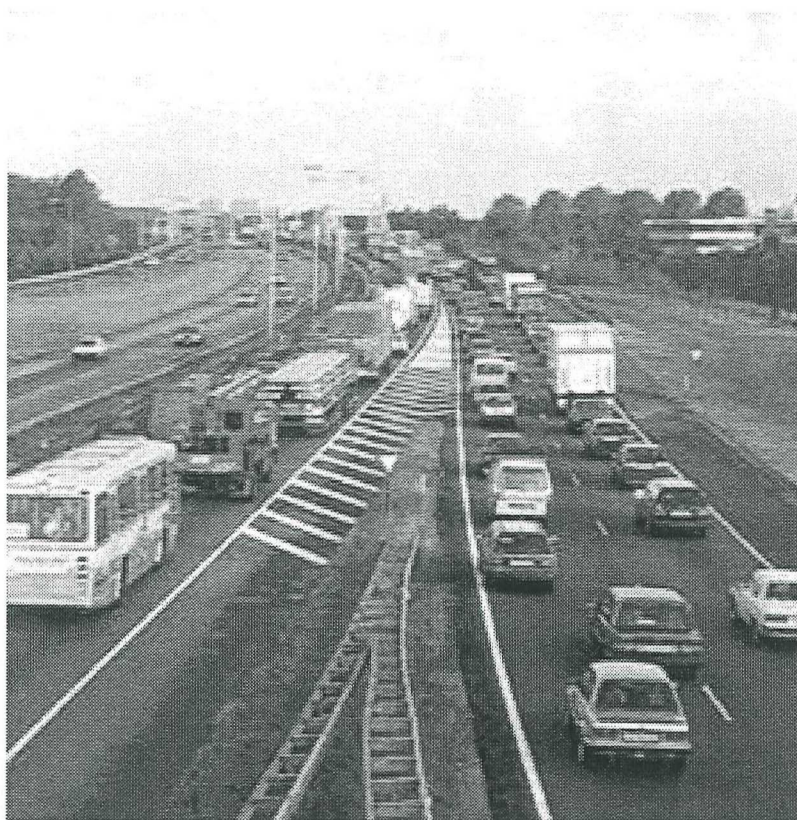


## Modellering van de aanpassing van het vertrektijdstip



### BIJLAGENRAPPORT

|                          |                                |
|--------------------------|--------------------------------|
| <b>Student:</b>          | <b>Ivo Hilderink (1031147)</b> |
| <b>Faculteit:</b>        | <b>Civiele Techniek</b>        |
| <b>Afstud. Richting:</b> | <b>Verkeerskunde</b>           |
| <b>Rapport:</b>          | <b>Concept bijlagenrapport</b> |
| <b>Datum:</b>            | <b>04 augustus 2003</b>        |





|                                                                                     |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>BIJLAGE 1: ONDERZOEKSRESULTATEN NAAR GEDRAGSVERANDERINGEN.....</b>               | <b>5</b>   |
| <b>BIJLAGE 2: PARAMETERS VAN HET SCHEMATISCHE VERTREKTIJDSTIPKEUZE.....</b>         | <b>7</b>   |
| <b>BIJLAGE 3: VERTREKTIJDSTIPKEUZE VERSUS WERKTIJDEN .....</b>                      | <b>9</b>   |
| <b>BIJLAGE 4: BOTTLENECKMODEL VAN VICKREY, HADES, OGM EN DHV – MODEL.....</b>       | <b>14</b>  |
| <b>BIJLAGE 5: DISCRETE KEUZETHEORIE.....</b>                                        | <b>22</b>  |
| <b>BIJLAGE 6: HISTORISCHE ONTWIKKELING VAN DE KEUZEMODELLEN.....</b>                | <b>24</b>  |
| <b>BIJLAGE 7: PERSONENVERPLAATSINGEN .....</b>                                      | <b>27</b>  |
| <b>BIJLAGE 8: STATISTISCHE ONDERBOUWING GEMETEN VERKEERSINTENSITEITEN A10 ..</b>    | <b>31</b>  |
| <b>BIJLAGE 9: SAMENSTELLING V/H OCHTENDSPITSVERKEER IN DE JAREN 1996 EN 2000 ..</b> | <b>36</b>  |
| <b>BIJLAGEN 10: ONTWIKKELING VERTREKTIJDSTIPKEUZEMODEL .....</b>                    | <b>39</b>  |
| <b>BIJLAGE 11: OVG–ANALYSES NAAR DE CONGESTIEVRIJE / CONGESTIERIJKE SITUATIE</b>    | <b>79</b>  |
| <b>BIJLAGEN 12: BEPALING VAN DE GEHANTEERDE KLASSE - INDELINGEN .....</b>           | <b>90</b>  |
| <b>BIJLAGE 13: INVOERDATA NUTSFUNCTIES.....</b>                                     | <b>93</b>  |
| <b>BIJLAGE 14: CONTROLES VAN DE BEPAALDE WAARDERINGSFACTOREN .....</b>              | <b>97</b>  |
| <b>BIJLAGE 15: OPGESTELDE REKENBLADEN T.B.V. HET ONDERZOEKSTRAJECT .....</b>        | <b>99</b>  |
| <b>BIJLAGE 16: GEDETAILLEERDE ANALYSE (EXTERN STEDELIJKE VERPLAATSINGEN) ....</b>   | <b>100</b> |
| <b>BIJLAGE 17: GEVOELIGHEIDSONDERZOEK .....</b>                                     | <b>101</b> |



## BIJLAGE 1: Onderzoeksresultaten naar gedragsveranderingen

De hier gepresenteerde onderzoeksresultaten zijn gebaseerd op werk van Batley., C.R en Clegg R.G. (het EPSRC project) en de onderzoeken die verricht zijn door Tacken & de Boer en Bovy . De EPSRC projecten zijn verricht in opdracht van het Department of Mathematics at the University of York en the Institute for Transport Studies at the University of Leeds. Het betreft hier een beknopt overzicht van een divers aantal subonderzoeken die allen gericht waren op een onderzoek naar de huidige regelmatigheid van de route- en vertrektijdstipkeuze en een effectenonderzoek t.g.v. een infrastructurele ingreep op de route en/of vertrektijdstipkeuze.

### Routekeuze

Om een wijziging van de routekeuze te kunnen onderzoeken dient onderscheid te worden gemaakt tussen de volgende twee typen variaties, te weten variatie in de huidige routekeuze en wijzigingen van de routekeuze t.g.v. de netwerkveranderingen. Onderzoek naar het eerste type variatie concludeert dat:

- Analyses hebben aangetoond dat observaties van een enkele dag niet representatief zijn voor de verplaatsingspatronen gedurende de rest van de week (Huff en Hanson, 1986).
- De reistijd is het meest belangrijke criterium voor de te kiezen route. Reizigers blijken bereid te zijn om een flink stuk om te rijden indien dat resulteert in een kortere reistijd (Dufell en Kalombaris, 1988).
- De routekeuze van een reiziger is vaak afwijkend van de kortste route die mogelijk is (Jan, 1999), 30 tot 50% van de reizigers blijkt dagelijks in de ochtendspits te rijden (dit is geringer dan men zou verwachten).

Wijzigingen van de routekeuze t.g.v. de netwerkveranderingen:

- Na sluiting van een brug blijkt er naast een 1<sup>e</sup> orde effect (reizigers die voorheen de brug namen kiezen een andere route) ook een 2<sup>e</sup> orde effect op te treden (reizigers die voorheen niet de brug namen kiezen wel bewust een andere route om de nieuw ontstane file te ontwijken). Dit is onderbouwd door een studie verricht door Stephenson en Tepley in 1984.
- Wijzigingen van een openbaar vervoerdienst heeft gevolgen voor de rest van het verkeer (Daugherty, 1999), men dient zich bewust te zijn van het gebruik van sluiproutes.
- Het blijkt ontzettend moeilijk te zijn om een aantoonbaar bewijs te vinden voor wijzigingen van de routekeuze t.g.v. infrastructurele aanpassingen. De belangrijkste oorzaak hiervan is dat het haast onmogelijk is om reizigersinformatie te verzamelen omtrent hun routekeuze.

### Vertrektijdstipkeuze

Bij het onderzoek naar de aanpassing van het vertrektijdstip dient een kleine aanpassing (een zogenaamde microverschuiving) goed onderscheiden te worden van een grote aanpassing (macroverschuiving = verplaatsen van de rit naar een andere dagperiode). Reizigers blijken deze twee keuzen op verschillende wijzen te beoordelen. De eerste verschuiving is voor dit onderzoek van groter belang dan de tweede verschuiving. Bij het onderzoek dient men zich goed bewust te zijn van het feit dat een latere doorkomsttijd op een vooraf bepaald meetpunt niet alleen het gevolg kan zijn van een aanpassing van het vertrektijdstip, als ook van een opgelopen vertraging eerder op de route. Stephenson en Tepley (1984) concludeerden dat 60% van de reizigers buiten de spitsperiode binnen een tijds marge van  $\pm 5$  minuten reist (binnen de spitsperiode is dit percentage gedaald tot 20%).

Dat reizigers hun vertrektijdstip en of hun routekeuze aanpassen indien de verkeerssituatie wijzigt, is logisch, de vraag reist echter hoelang dit effect zijn doorslag heeft. Cairns (1998) concludeerde dat er na sluiting van de Kinnaird Bridge een nieuwe evenwichtssituatie optreedt na drie weken. De grootste aanpassingen zullen optreden in de eerste week. De ontwikkeling van een realistisch keuzemodel wordt bemoeilijkt door de verwachte correlatie tussen de routekeuze en het vertrektijdstipkeuze (Ben-Akiva en Bierlaire, 1999).



De hier beschreven onderzoeksresultaten zijn ontleend aan de volgende onderzoeksbronnen:

- **Tacken en de Boer (1990):** In de literatuur wordt onderscheid gemaakt tussen vaste, variabele en flexibele werktijden. In het eerste geval liggen zowel de start- als de eindtijd vast. In het tweede geval bepaald de werkgever de mate van keuzevrijheid voor de werknemer. Alleen in het laatste geval bepalen zowel de werkgever als de werknemer in samenspraak de mate van "vrijheid". Zelfs bij de mogelijkheid tot flexibele werktijden, blijken de bedrijven vaak nog wel met zogenaamde bloktijden te werken, waarbinnen alle werknemers aanwezig dienen te zijn. Uit onderzoek blijkt 35% van de werknemers de beschikking te hebben over variabele werktijden (in de grote steden is dit percentage iets hoger dan in de dorpen en kleine steden). De keuze van het vertrektijdstip is onderhevig aan een drietal vormen van variatie, namelijk cyclische (zoals seizoenen en vakanties), van dag tot dag en incidentele variaties. De "vastheid" van de aankomsttijd vormt samen met de reisduur de bepalende factoren voor de keuzevrijheid van het vertrektijdstip. Een grote variabiliteit van de reistijd blijkt erger te worden ervaren dan reistijdsverlies. Onderverdeling naar vervoerwijzen maakt duidelijk dat openbaar vervoer reizigers meer tijd incalculeren voor vertragingen en ander oponthoud dan automobilisten. Reizigers met een laag inkomen geven bovendien de voorkeur aan een vroegere aanvangstijd en komen liever te vroeg dan te laat. Reizigers met een hoog inkomen geven daarentegen de voorkeur aan een late aanvangstijd en hebben minder bezwaar tegen een te late aankomsttijd.
- **Tacken en de Boer (1991):** Het blijkt dat 61% van de fulltimers met vaste werktijden en 40% van de fulltimers met flexibele werktijden reist tijdens de spits. Vrouwen blijken wat minder met de werktijden te kunnen schuiven, dit kan worden veroorzaakt door de "starre tijden" van hun huiselijke verplichtingen. Zowel de werkgever als de werknemer zijn bereid om flexibilisering van de werktijden in te voeren. 62% van de werknemers blijkt zelfs bereid te zijn om op zaterdag te gaan werken indien daar vrije dagen doordeweeks tegenover staan. Forensen zijn naast de veroorzaker ook het grootste slachtoffer van de toegenomen congestie. Uitgaande van een vaste aanvangstijd blijkt 10% in het geheel niet naar het werk te gaan, 10% arriveert te vroeg en 30% arriveert te laat. De invoering van langere werkdagen (de zogenaamde vierdaagse werkweek) verspreidt het verkeer naar alle waarschijnlijkheid niet naar behoefte omdat de voorkeur wordt gegeven voor een vrije maandag of vrijdag. Dit resulteert in een nog heftigere piekvorming op de dagen dat er wel gewerkt wordt. Als extra nadeel bestaat het gevaar dat men in zijn vrije tijd nog meer gaat reizen en hierdoor alsnog hinder veroorzaakt.
- **Bovy (1990):** Een verschuiving van de auto naar het openbaar vervoer blijkt maar voor een beperkte groep autogebruikers, met het reizigersmotief woon – werk haalbaar te zijn. Dit wordt veroorzaakt doordat het openbaar vervoer naar plaats, tijd en karakter in onvoldoende mate een goed alternatief vormt (alleen voor de langere ritafstanden is het openbaar vervoer een goed alternatief door o.a. de beschikbaarheid van extra werktijd). Uit een eerder verricht onderzoek is gebleken dat stimulering van het openbaar vervoergebruik gepaard moet gaan met beleidsmaatregelen die destimulerend zijn tegen het gebruik van het autoverkeer.



## BIJLAGE 2: Parameters van het schematische vertrektijdstipkeuze

Alle beschreven invloedfactoren in figuur 2.1 worden in de deze bijlage toegelicht.

### Persoonlijke karakteristieken

#### ***Geslacht:***

De Palma (1997) en Mahmassani (1992) concludeerden uit een Stated Preference (SP) enquête dat vrouwen meer geneigd zijn om hun vertrektijdstip aan te passen, maar hierbij erg beperkt worden door de huiselijke situatie (tevens bevestigd door onderzoek van Rosenbloom en Burns in 1994). Uit Revealed Preference (RP) enquêtes blijkt toch de meeste aanpassingen gemaakt te worden door mannen (Jou & Mahmassani 1990).

#### ***Leeftijd:***

Naarmate men ouder wordt past men steeds minder snel zijn vertrektijdstip aan Mahmassani (1992 en 1999). Dit wordt verklaard door enerzijds het conservatieve karakter van de "ouderen" en anderzijds door de ervaringen die ouderen eerder hebben opgedaan.

#### ***Huishoudelijke situatie:***

Vanderschuren en Tacken (1989) concludeerden dat een gezin met een dubbel inkomen en kinderen minder snel hun vertrektijdstip aanpassen dan een gezin met dubbel inkomen zonder kinderen en/of alleenstaanden. Dit is te verklaren door het feit dat bijvoorbeeld scholen op vaste tijden beginnen wat resulteert in een beperking van de keuzevrijheid. De huishoudelijke situatie is van grote invloed op de mate van flexibiliteit van het vertrektijdstip

#### ***Inkomen:***

De Palma (1997) constateerde dat reizigers met een gemiddeld inkomen het snelst geneigd zijn tot aanpassing van het vertrektijdstip. Reizigers met een hoog inkomen zijn minder snel geneigd hun vertrektijdstip aan te passen, want zij geven standaard de voorkeur aan een later vertrektijdstip boven een eerder vertrektijdstip. Reizigers uit de lagere inkomensklassen geven standaard de voorkeur aan een vroegere boven een latere vertrektijdstipkeuze.

### Karakteristieken van de aankomstlocatie

#### ***Flexibele werkuren:***

Tacken en de Boer (1990) constateerde dat 30% van de werknemers beschikt over de mogelijkheid tot flexibilisering van zijn werktijd. Deze flexibiliteit is overigens wel begrensd binnen bepaalde marges. Zij constateerden dat reizigers die beschikken over flexibele werktijden vaker hun vertrektijdstip wijzigen, dan reiziger die niet beschikken over flexibele werktijden. Ze blijken echter niet van vertrektijdstip te wijzigen vanwege de toegenomen reistijd, maar waarschijnlijk meer vanwege de huishoudelijke oorzaken.

#### ***Penalty's voor te laat arriveren:***

Er zijn tegenstrijdige onderzoeksresultaten van de Palma (1997) en Mahmassani (1992) betreffende de penalty's voor een te late aankomst op het werk. Doordat voor de beide onderzoeken verschillende methoden zijn toegepast, zijn de resultaten niet geheel onderling vergelijkbaar. Verwacht mag worden dat reizigers die een hoge "penalty" krijgen voor een te late aankomsttijd, eerder hun vertrektijdstip aanpassen dan de reizigers die een lage "penalty" krijgen. Het type werk, het inkomen en de huishoudelijke situatie blijken van grote invloed te zijn.

***Tijdsduur van de activiteit:***

Bij een activiteit die slechts een half uur duurt met een vaste aankomsttijd kan tien minuten te laat arriveren zwaarder worden gewogen dan een vertraging van tien minuten bij een activiteit die acht uur duurt (Tacken en de Boer (1992)).

**Reiskarakteristieken:**

Reizigers zijn geneigd hun vertrektijdstip dusdanig te kiezen dat de kosten worden geminimaliseerd, of dat tenminste een bevredigende compromis kan worden bereikt.

***Reistijd:***

De Palma (1997) concludeerde dat bewoners van Brussel bereid zijn hun vertrektijdstip aan te passen indien dit resulteert in een reistijdbesparing van tien minuten (de voorkeur wordt gegeven aan een later vertrektijdstip). Mahmassani (1992) concludeerde dat reizigers die langer dan 30 minuten reizen, eerder geneigd zijn hun vertrektijdstip aan te passen dan reizigers die korte verplaatsingen maken. Dit spreekt de onderzoeksresultaten van Tacken en de Boer (1992) tegen, zij constateerden namelijk dat reizigers die lang onderweg zijn (meer dan 45 minuten), minder snel hun vertrektijdstip aanpassen, omdat deze reiziger bij de keuze van hun vertrektijdstip al een marge inbouwen voor eventuele vertraging.

***Reistijdvariatie:***

Onzekerheid over de uiteindelijke reistijd resulteert in meer aanpassingen van het vertrektijdstip, Mahmassani (1997). Tacken en de Boer (1991) constateerden dat een reistijdvariatie van vijf minuten gelijk wordt gewogen als een reistijdverlenging van vijf minuten.

***Scheduled delay:***

De directe invloed van scheduled delay is in een groot deel van de literatuur niet beschreven. Alleen Hendrickson en Plank (1984) modelleren expliciet een kostenfunctie voor de aankomsttijd. Uit onderzoek (Mahmassani 1998) blijkt dat, zo lang reizigers binnen een bepaalde tijds marge arriveren op de aankomstlocatie, de reizigers geen vertrektijdstipaanpassing maken. Zodra ze echter buiten deze tijds marge arriveren wordt het vertrektijdstip gewijzigd.

**Ervaring:**

Bij de ervaring dient onderscheid te worden gemaakt tussen ervaring op korte en lange termijn. Mahmassani (1990) constateerde dat ervaring erg belangrijk is bij de keuze van het vertrektijdstip voor de volgende dag. Hij maakte daarbij onderscheid tussen lange en korte termijn ervaring. De eerste is belangrijk voor de schatting van de omvang van de verwachte vertragingstijd, en de laatste is maatgevend voor de verwachte reistijd van de volgende dag. Informatieverstrekking kan ook worden gezien als eerder opgedane ervaring. Informatie kan worden verstrekt zowel voor, als tijdens de verplaatsing. Niet alle reizigers zullen op dezelfde wijze reageren op deze informatie. Naast deze informatie van buitenaf kan de reiziger zelf ook informatie verzamelen uit eerder gemaakte verplaatsingen. Beide vormen van informatievoorziening zorgen voor een leerproces bij de reiziger. Betrouwbaarheid van de informatie blijkt een zeer belangrijke factor. De bekendste vorm van ervaring drukt zich uit in de gewoonte van de reiziger. Reizigers die jarenlang op hetzelfde tijdstip vertrekken, blijken de voorkeur te geven aan routewijziging boven een aanpassing van het vertrektijdstip.



### BIJLAGE 3: Vertrektijdstipkeuze versus werktijden

Voor het onderzoek naar een mogelijke relatie tussen de vertrektijdstipkeuze vanaf de woning en de aankomst- en vertrektijdstipkeuze op het werk, zijn een tweetal onderzoeken uitgewerkt, te weten:

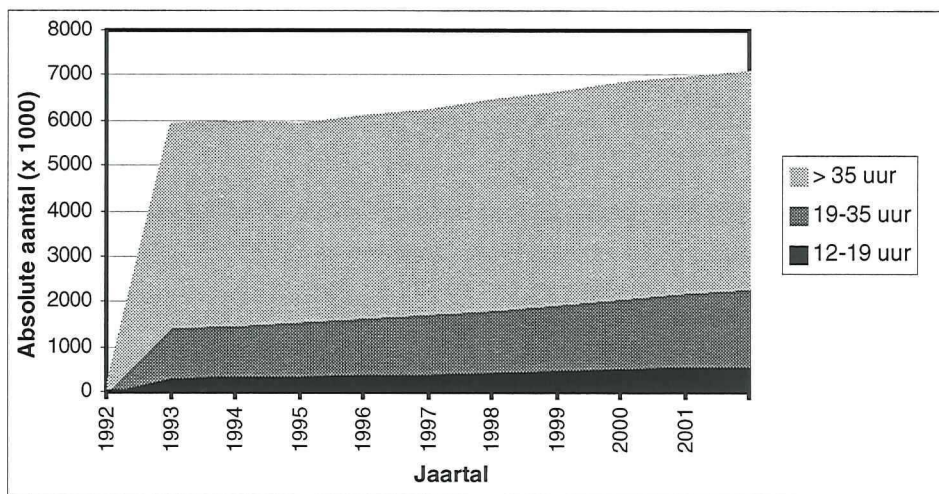
- 1) Onderzoek naar de groei van het aantal part respectievelijk full timers tussen 1992 en 2001.
- 2) Onderzoek naar de vertrek- en aankomsttijdstipkeuze van de part en full timers.

#### Groei van het aantal part/full timers op basis van CBS kerncijfers

Traditioneel rekent een verkeersmodel altijd alleen maar met full timers. Een mogelijke verklaring voor de te hoge geprognoseerde verkeersintensiteiten in de spitsperioden is het feit dat er onderscheid gemaakt dient te worden naar part, respectievelijk full timers. Indien het aandeel part timers veel harder groeit dan het aandeel full timers, en de eerste categorie een beduidend andere vertrektijdstipkeuze heeft, kan geconcludeerd worden dat de geprognoseerde vervoersvraag incorrect is. Voor de groei tussen 1992 en 2001 wordt gebruik gemaakt van CBS – cijfers. Figuur b3.1 toont de groei van het absolute aantal werkenden tussen 1992 en 2001, opgesplitst in drie klassen. Figuur b3.2 toont de procentuele groei t.o.v. het jaar 1992. Voor beide grafieken is de volgende klasse – indeling gehanteerd (gedefinieerd door het CBS):

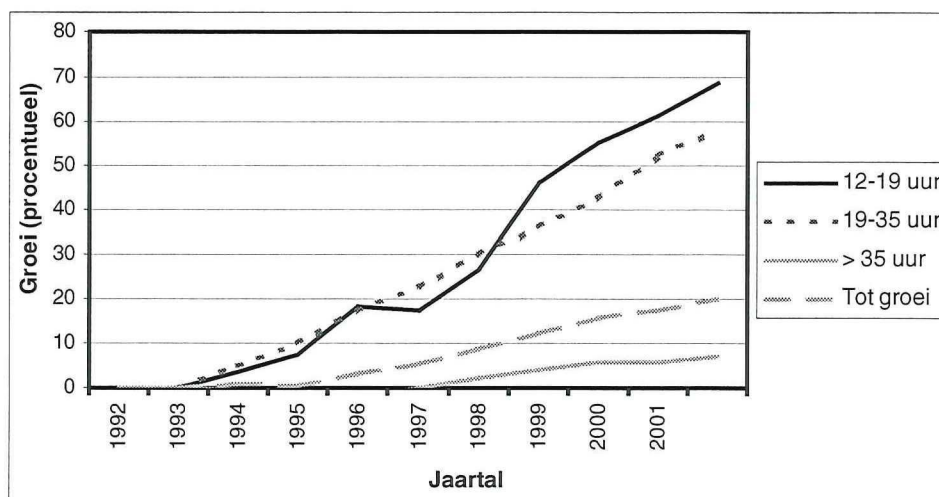
- 12-19 gewerkte uren per week, deze reizigers zijn allen verondersteld als part timers.
- 19-35 gewerkte uren per week, 50% is verondersteld als zijnde full timer, en 50% is verondersteld als zijnde part timer.
- 35 gewerkte uren per week, deze reizigers zijn allen verondersteld als full timers.

NB: Opgemerkt dient nog te worden dat deze klasse - indeling enigszins vertekenend is,. Het kan namelijk best voorkomen dat de reizigers die "slechts" 12 – 19 uur per week werken, wel iedere ochtend tijdens de spits reizen.



Figuur b3.1: Totale groei van het aantal werkenden tussen 1992 en 2001 (bron CBS)





Figuur b3.2: Procentuele groei per categorie tussen 1992 en 2001 (bron CBS)

Uit de twee grafieken blijkt dat:

- In absolute aantallen gezien is het aandeel reizigers dat 12–19 uur per week werkt, zeer gering met 8% in 2001, tegen 6% in 1992. Het aandeel reizigers dat 19–35 uur per week werkt, is gestegen van 18% in 1992 naar 24% in 2001. Dit is een kwart van het totale aantal reizigers. Het aandeel reizigers dat meer dan 35 uur per week werkt, is in absolute zin het grootst. Daarentegen neemt dit aandeel wel af (van 76% in 1992 naar 67% 2001).
- Bestudeerd men echter naar de procentuele groei dan blijken de twee laagste klassen een grotere groei doorgemaakt te hebben (69 om 58%) in tien jaar tijd dan het aandeel reizigers dat > 35 uur per week werkt (7%).

Geconcludeerd kan worden dat zowel het aantal, als het aandeel parttimers het afgelopen decennium sterker is gestegen dan het aandeel full timers.

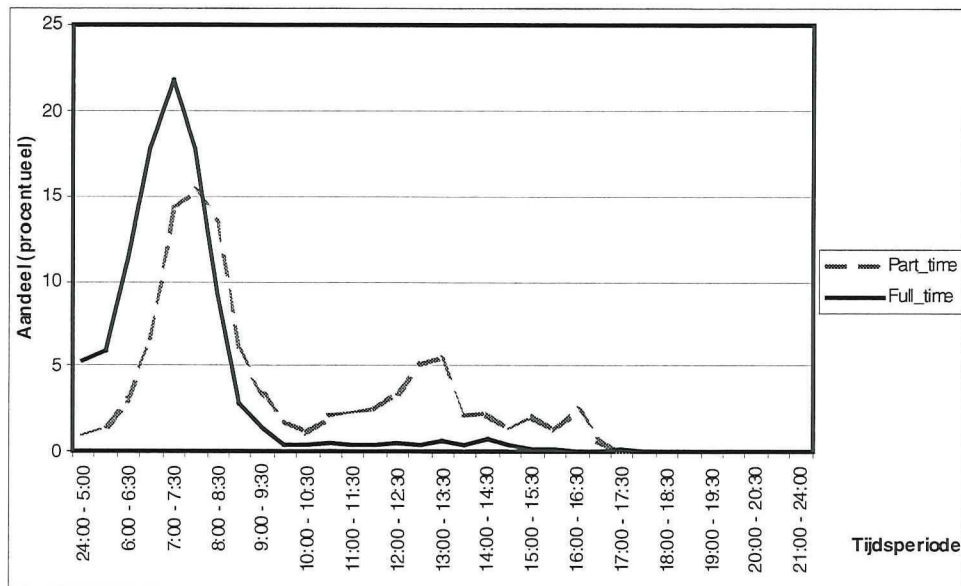
#### Vertrektijdstip- en aankomsttijdstipkeuze part / full timers met behulp van OVG cijfers

Om meer inzicht te verkrijgen in de mogelijke gevolgen van deze sterke groei van het aandeel part timers op de vertrektijdstipkeuze, is gebruik gemaakt van de OVG cijfers (jaar 2000). Voor het jaar 2000 zijn in totaal 15.774 autoreizigers geselecteerd met de woning als herkomstlocatie en de werklocatie als bestemming (dit is niet dezelfde dataset als die voor de ontwikkeling van het model is gebruikt). De volgende karakteristieken per reiziger zijn opgenomen:

- Het vertrektijdstip vanaf de woning en de werklocatie.
- Het aankomsttijdstip op de werklocatie.

Alle tijdstippen zijn geclassificeerd in tijdsperioden van een half uur. Om onderscheid te kunnen maken tussen part en full timers is verondersteld dat het eerste type reizigers minder dan vijf uur op de werklocatie aanwezig is. Deze definitie is niet consistent met de definitie die het CBS hanteert. Het is echter onmogelijk om te bepalen hoeveel uur iedere reiziger werkt. Iemand die twee dagen van acht uur werkt is volgens de definitie van het CBS een part timers, en volgens de hier geformuleerde definitie een full timer. Een tweede kanttekening vormen de reizigers die tussen de middag thuis lunchen en wel degelijk full timer zijn.

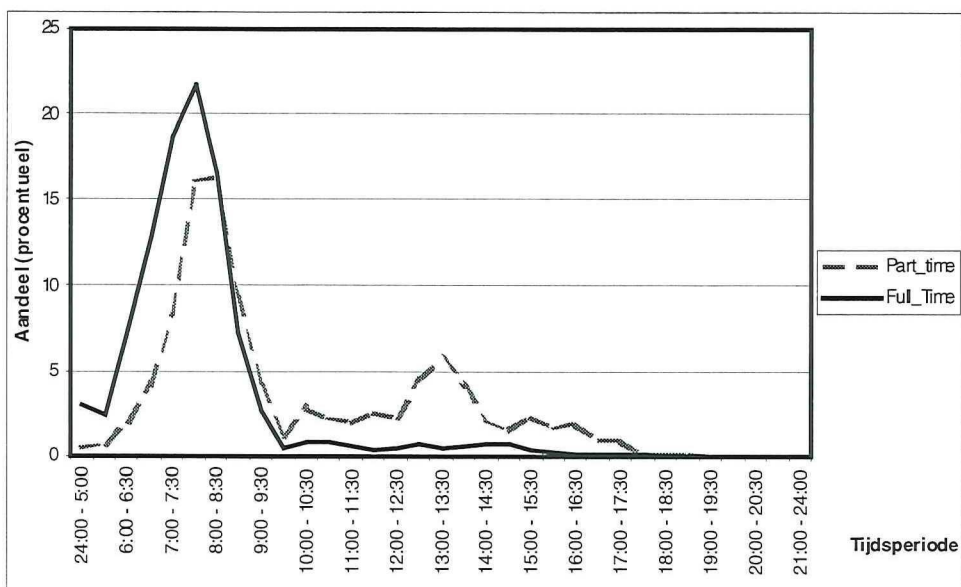
Aangenomen is dat dit slechts een klein percentage reizigers betreft, en dat het merendeel van de part timers halve dagen maakt. Van het totale aantal onderzochte reizigers bleek 10% part time werkend te zijn. Figuur b3.3 toont de aandelen part respectievelijk full timers per vertrektijdstipperiode, vanaf de woning naar de werklocatie (per klasse is het totale percentage 100%).



Figuur b3.3: Aandelen part respectievelijk full timers per vertrektijdstipperiode, met de woning als herkomstlocatie en de werklocatie als bestemming

Het aantal parttimers dat een middag- en/of avondbaan heeft is een factor drie kleiner dan het aantal parttimers dat een ochtendbaan heeft, blijkbaar geven part timers de voorkeur aan een ochtendbaan boven een middag/avondbaan. De ochtendparttimers blijken later te vertrekken dan full timers, dit kan mede verklaard worden door de kortere ritafstand, al zal dit wel aangetoond dienen te worden mb.v de grafiek met de aankomsttijdsippatronen.

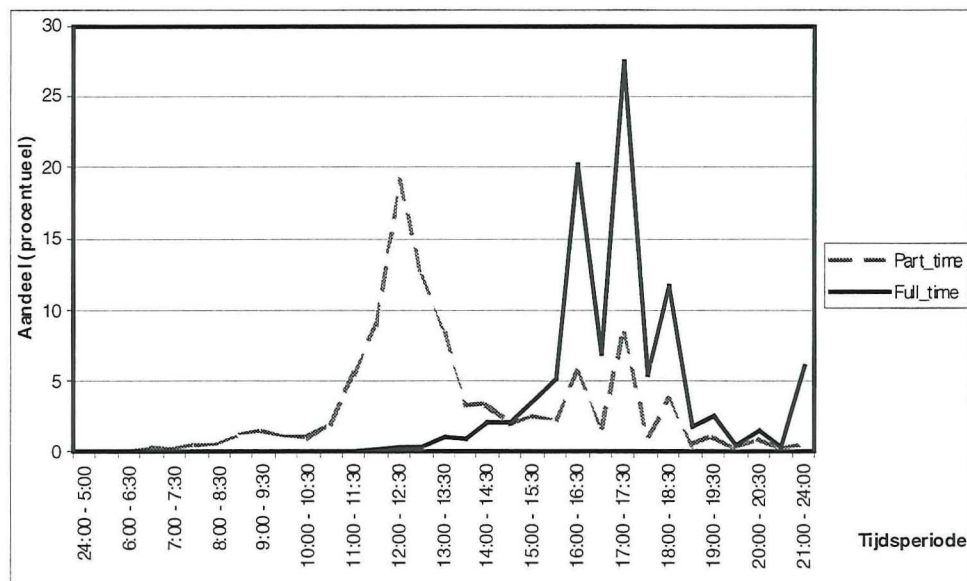
Figuur b3.4 toont de aandelen part respectievelijk full timers, van het aantal aankomsten op de werklocatie.



Figuur b3.4: Aandelen part respectievelijk full timers per aankomsttijdstipperiode op de werklocatie.

Alhoewel het vertrektijdstippatroon van de ochtendparttimers iets later gelegen is dan het vertrektijdstippatroon van de full timers, is er nauwelijks een verschil waarneembaar indien men de beide aankomsttijdstippenpatronen vergelijkt. De geformuleerde aanname is hiermee onderbouwd. Reizigers tonen op het eerste oog geen significante verschillen naar ritafstand omdat de vertrektijdstip- en aankomsttijdstippatronen een nagenoeg constante horizontale translatie vertonen.

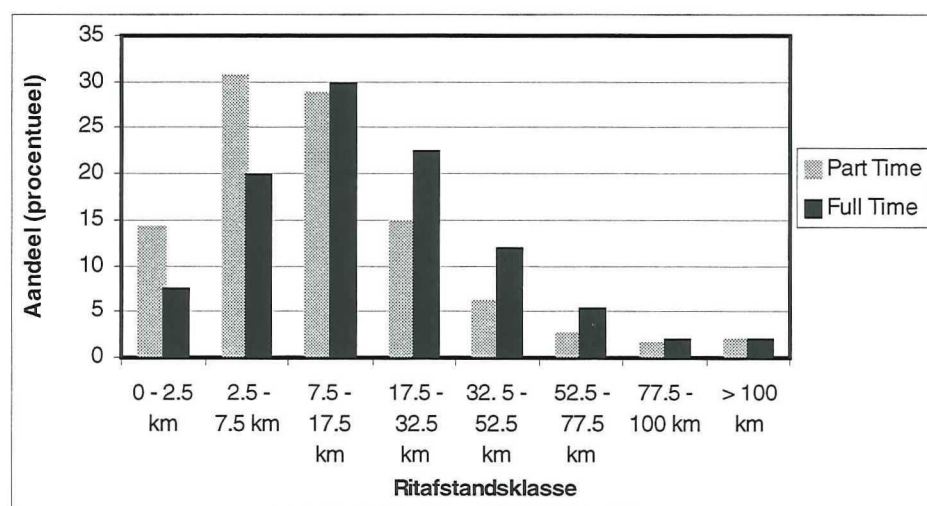
Figuur b3.5 toont de aandelen part respectievelijk full timers per vertrektijdstipperiode vanaf de werklocatie.



Figuur b3.5: Aandelen part respectievelijk full timers per vertrektijdstipperiode vanaf de werklocatie.

Wederom zijn twee duidelijke piekvormen te onderscheiden. Uit dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat mensen het lastig vinden om hun daadwerkelijke vertrektijdstip te definiëren. Dit is op te maken uit de schommelende patronen van de middagpartimers en de full timers. Het vertrektijdstip vanaf de werklocatie lijkt minder vast te zijn dan het vertrektijdstip vanaf de woning. De verdeling van het aandeel ochtendpartimers toont een vloeiendere curve. Een mogelijke verklaring voor deze verschillen wordt gevormd door het gegeven dat veel reizigers 's middags weer thuis dienen te zijn voor bijvoorbeeld de kinderen. De avondpartimers en de full timers beschikken over minder vaste vertrektijdstippen omdat het aankomstijdstip kennelijk minder gefixeerd is.

Figuur b3.6 toont de aandelen part en full timers per ritafstandsklasse.



Figuur b3.6: Aandelen part respectievelijk full timers per ritafstandsklassen

Zoals ook al uit de vergelijking tussen de grafieken b3.3 en b3.4 is geconstateerd, is dat de part timers gemiddeld gesproken een kleinere ritafstand hebben dan de full timers. Dit is verklaarbaar door het feit dat een half uur reizen voor een full timer een minder groot aandeel van zijn werkdag is, dan voor een part timer. De gemiddelde ritafstand van een part timer is 8,2 kilometer, terwijl de



gemiddelde ritafstand van een full timer 12,2 kilometer bedraagt. De aandelen van de hoogste drie ritafstandsklassen is zeer gering maar wel consistent met de eerder bepaalde cijfers m.b.v. het CBS (tabel b1.4 kolom van het woon-werk reizigersmotief). Blijkbaar vormt het OVG een “betrouwbare” steekproef die in overeenstemming is met de steekproeven die het CBS doet.

**BIJLAGE 4: Bottleneckmodel van Vickrey, HADES, OGM en DHV – model**

Deze bijlage beschrijft een aantal vertrektijdstipkeuzemodellen die vanaf 1969 zijn ontwikkeld. Het bottleneckmodel van W.Vickrey (1969) staat eigenlijk aan de basis van de overige vertrektijdstipkeuzemodellen en is daarom opgenomen in deze bijlage. Het vertrektijdstipkeuzemodel ontwikkeld door G.Hyman (HADES) kent op dit moment een operationele toepassing, en vormt een goed voorbeeld van een vertrektijdstipkeuzemodel dat sequentieel toepasbaar in combinatie met dynamische verkeersmodellen (waaronder SATURN en CONTRAM). Het derde model vormt het OGM dat gehanteerd wordt als basistheorie voor het uitgevoerde ontwikkelingstracject. Het laatste keuzemodel is ontwikkeld door het ingenieursbureau DHV.

**Bottleneckmodel (W.Vickrey)**

W.Vickrey ontwikkelde in 1969 een analytisch vertrektijdstipkeuzemodel voor een enkelvoudige herkomst- en bestemmingspaar met een inelastische vervoersvraag. Het vertrektijdstipkeuze is afhankelijk van het verwachte reistijdverlies veroorzaakt door één knelpunt met een vaste capaciteit. Het keuzemodel heeft een puur economisch achtergrond, en vormt de basis van zeer veel vertrektijdstipkeuzemodellen die in een later stadium geformuleerd/ontwikkeld zijn. Voor de modellering wordt uitgegaan van een homogene groep reizigers (alleen woon- werkverkeer) die maar één keuzevrijheid kennen, namelijk de vertrektijdstipkeuze.

**Modelbeschrijving**

Veronderstel een verkeersvraag van  $N$  – reizigers van herkomst  $H$  naar bestemming  $B$ . De reistijd van herkomst naar bestemming, met vertrektijd  $k$  wordt aangegeven als  $TT(k)$ . Deze reistijd wordt berekend met de volgende formule:

$$TT(k) = TT_f + \frac{Q(k)}{C} \quad [b4.1]$$

Waarbij:  $TT_f$  = vrije (congestievrije) reistijd tussen  $H$  en  $B$  [h].  
 $Q(k)$  = aantal voertuigen in de file [vtg].  
 $C$  = capaciteit van het knelpunt [vtg/h].

Verondersteld wordt dat alle reizigers een gewenste aankomsttijd  $t^*$  hebben, waarbij aankomsttijden die afwijken van dit tijdstip worden geformuleerd als:

$k + TT(k) \geq t^*$  voor een te vroege aankomsttijd;  
 $k + TT(k) < t^*$  voor een te late aankomsttijd.

Het aantal voertuigen in de file ter plaatse van het knelpunt berekend met:

$$Q(k) = \int_t^{t_e} [F(h) - C] dh \quad [b4.2]$$

Waarbij:  $F(h)$  aantal vertrekken vanaf herkomst  $H$   
 $t_e$  tijdstip waarop de file opgelost is.  
 $t$  tijdstip waarop de file zich vormt (verondersteld is dat de reistijd tussen de herkomstplaats en het knelpunt gelijk is aan nul).

Het vertrektijdstip wordt dusdanig gekozen dat de volgende kostenfunctie geminimaliseerd wordt:

$$C(k) = \alpha TT(k) + \beta [t^* - k - TT(k)] + \tau(k) \quad \text{voor } k + TT(k) \leq t^* \quad [b4.3a]$$

$$C(k) = \alpha TT(k) + \gamma [t^* + TT(k) - t^*] + \tau(k) \quad \text{voor } k + TT(k) \geq t^* \quad [b4.3b]$$

Waarbij:  $C(k)$  = nutswaardering van vertrektijdstipperiode  $k$ ,  
 $\alpha, \beta, \gamma$  = zijn de parameters voor de diverse reistijdwaarderingen,  
 $\tau(k)$  = is de tol voor vertrektijdstip  $k$ .

## HADES

HADES staat voor Heterogeneous Arrival and Departure times based on Equilibrium Scheduling theory. G. Hyman, A. Daly en T. van Vuren hebben HADES in 1998 ontwikkeld in Engeland. HADES kan worden omschreven als een sequentieel keuzemodel dat de uitvoer van een dynamisch toedelingsmodel (bijvoorbeeld SATURN en CONTRAM), gebruikt als invoer voor het opgestelde keuzemodel dat een eventuele aanpassing van het vertrektijdstip mogelijk moet maken. Deze zogenaamde vertrektijdstipaanspassingen zijn op een continue tijdsschaal mogelijk. Hyman gebruikte de Equilibrium Scheduling Theory (EST) voor de ontwikkeling van het keuzemodel. EST heeft een lange ontwikkeling doorgemaakt dat startte bij W.Vickrey, daarna via Small en Ben-Akiva en de Palma. HADES is gebaseerd op het Vickrey model, en kent daarbij de volgende uitbreidingen:

- De *PAT* is geen gefixeerd tijdstip, maar een tijdsinterval. Aankomsten binnen dit tijdsinterval (gedefinieerd als  $PAT \pm D$ ) resulteren niet tot een nutsverlaging van de verplaatsing.
- EST biedt de mogelijkheid tot de toepassing van verschillende free flow reistijden voor en na de congestie (W.Vickrey veronderstelde dat de free flow reistijd voor en na de congestie identiek is), gedefinieerd als de  $TT_{pre}$  en de  $TT_{post}$ .
- In HADES is het mogelijk iedere verkeerssituatie te modelleren. W.Vickrey definieert alleen "vrije" verkeersafwikkeling en een congestierijke verkeersafwikkeling.
- Heterogeniteit in zowel reizigersmotief als reizigerskenmerken is mogelijk.
- Modellering van het vertrektijdstip op een continue tijdsschaal is mogelijk.

## Modelbeschrijving

Overeenkomstig met W.Vickrey wordt er een uiteindelijke evenwichtssituatie per HB – relatie verondersteld. Hierbij ondervinden alle reiziger per HB - relatie, dezelfde totale gegeneraliseerde opgebouwd uit de aankomsttijd en de reistijd. Reizigers die buiten het gewenste aankomstinterval arriveren, dienen gecompenseerd te worden op hun reistijd. Reiziger beschikken over de keuze tussen een vertrektijdstip waarbij de bijbehorende aankomsttijd ligt binnen het *PAT* – interval, of een vertrektijdstip waarbij de reiziger te vroeg dan wel te laat arriveert en hierbij een zogenaamde scheduled delay incasseert. De hiervoor opgestelde nutsfunctie luidt [b10.4]:

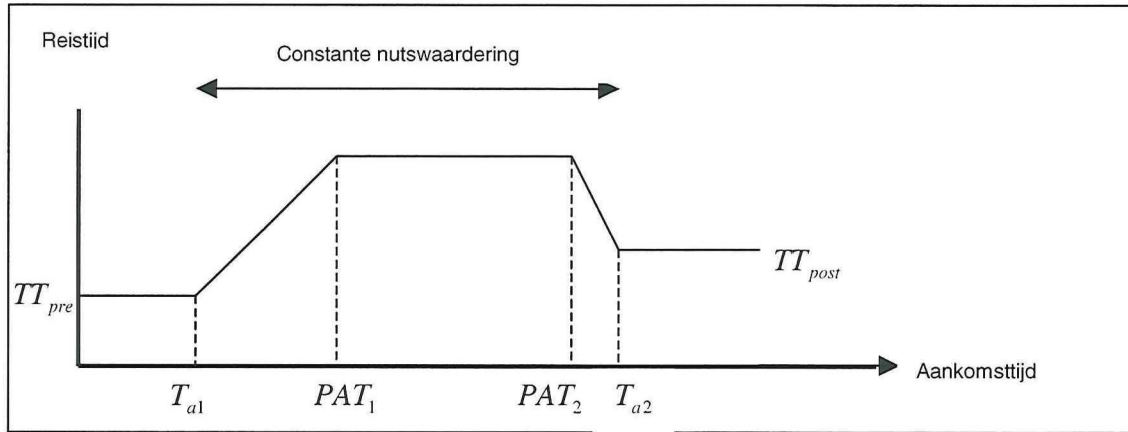
$$U(k) = \alpha TT(k) + \beta \max(0, [PAT - D - k - TT(k)]) + \gamma \max(0, [PAT + D - k + TT(k)]) + \tau(k) \quad [b4.4]$$

waarbij:

$U(k)$  = nutswaardering van een verplaatsing met vertrektijdstip  $k$ .  
 $PAT$  = Preferred Arrival Time (gewenste aankomsttijdstip).  
 $TT(k)$  = reistijd voor een verplaatsing met vertrektijdstip  $k$ .  
 $D$  = tijdsfactor die gelijk is aan de helft van het *PAT* – interval (als het aankomsttijdsinterval van 8:00-9:00 uur is dan is de factor  $D$  gelijk aan 30 minuten).  
 $\alpha, \beta, \gamma$  = waarderingskosten voor de reistijd, een te vroege of een te late aankomsttijd.

De reistijdontwikkeling in de congestieperiode per HB – relatie is getoond in figuur b4.1.





Figuur b4.1: Verloop van de reistijden tijdens de congestieperiode per HB – relatie.

Het vertrektijdstipkeuzemodel veronderstelt een lineair aanpassingscoëfficiënt van de reizigers voor een te vroege of een te late aankomsttijd. Deze lineaire coëfficiënt is noodzakelijk om het veronderstelde evenwicht te kunnen berekenen.

De tijdstippen  $T_{a1}$  en  $T_{a2}$ , die de start respectievelijk het einde van de congestieperiode aangeven, worden berekend met:

$$T_{a1} = PAT_1 - \frac{\alpha}{\beta} (TT_{PAT} - TT_{pre}) \quad [b4.5]$$

$$T_{a2} = PAT_2 + \frac{\alpha}{\gamma} (TT_{PAT} - TT_{post}) \quad [b4.6]$$

Waarbij:  $TT_{PAT}$  = reistijd die de overhand heeft tijdens het  $PAT$  - interval.

De reistijd voor de congestievorming is gelijk aan de vrije reistijd, de reistijd na de congestievorming wordt berekend m.b.v. het verkeersmodel en volgt uit de reistijden die berekend zijn tijdens de congestieperiode.

De  $TT_{PAT}$  wordt bepaald tijdens het iteratieve proces van de verkeerstoedeling en berekening van het nieuwe aantal verplaatsingen per tijdsperiode. De zogenaamde tijdsslot  $[t_1, t_2]$  wordt berekend met  $t_1 = TT_{a1} - TT_{pre}$ ,  $t_2 = TT_{a2} - TT_{post}$ .

De berekening van het aantal reizigers per vertrektijdstipperiode is afhankelijk van de toedelingsaannamen. Als eerste stap van dit rekenproces wordt een uniforme verdeling berekend. Indien er wegvakken binnen het netwerk hun capaciteit hebben bereikt, en het Vickrey model wordt toegepast kunnen de volgende drie vertrektijdstipaantallen worden berekend:

$$q_1 = h \frac{\alpha}{\alpha - \beta} \quad \text{voor reizigers die vroeg aankomen} \quad [b4.7a]$$

$$q = h \quad \text{voor reizigers die aankomen binnen het } PAT \text{ interval} \quad [b4.7b]$$

$$q_2 = h \frac{\alpha}{\alpha + \gamma} \quad \text{voor reizigers die laat aankomen} \quad [b4.7c]$$

Waarbij:

$$h = \frac{Q_{ij}}{T_{a2} - T_{a1}} \quad \text{met } Q_{ij} = \text{totale vervoersvraag van HB – relatie } ij.$$

Dit keuzemodel formuleerde Hyman als het model D – Plateau model. Dit vormt het meest algemene evenwichtsmodel dat gebaseerd is op de volgende condities:

- Periode met opbouwende congestie resulterend in een toenemende filelengte.
- Periode met een constante hoeveelheid congestie.
- Periode met afbouwende congestie resulterend in het oplossen van de file.

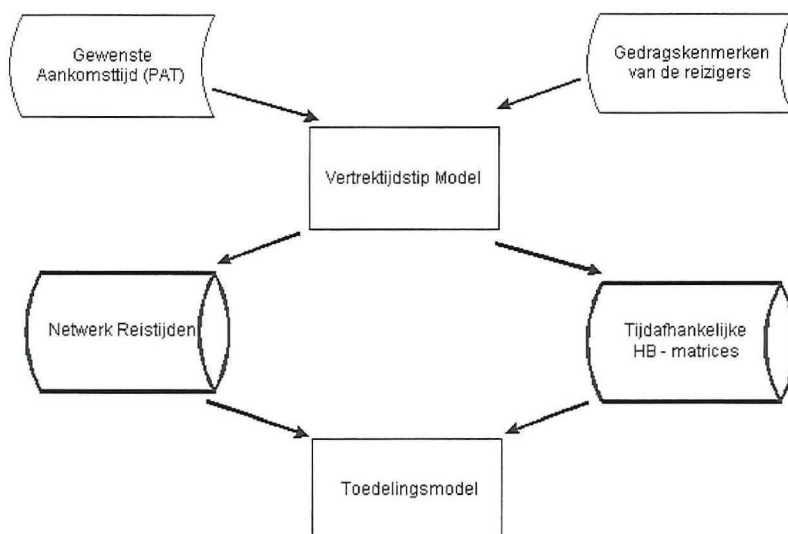
Hyman heeft meer specifiekere modellen ontwikkeld waaronder:

- Het single peak model (model B), waarbij net zoals Vickrey, een *PAT* wordt verondersteld.
- Het bottleneck model (model C), waarbij alleen aanpassingen van het vertrektijdstip naar een vroeger tijdstip mogelijk zijn.

Toepassing van het opgestelde keuzemodel in combinatie met verkeersmodellen zoals SATURN, maakt het bottleneckmodel overbodig. De complexiteit blijft echter de benodigde consistentie tussen de gegenereerde reistijden van het verkeersmodel en de reistijden die benodigd zijn voor de toepassing van de EST – formules. Eén van de methoden hiervoor is om de reistijden te delen door de factoren  $\alpha / \beta$ , respectievelijk  $\alpha / \gamma$ . Andere methoden zijn op dit moment nog in ontwikkeling.

#### **Implementatie van het toedelings – vertrektijdstipkeuzemodel**

Figuur b4.2 toont de implementatieplaats van het opgestelde vertrektijdstipkeuzemodel in HADES



Figuur b4.2: Implementatieplaats van het vertrektijdstipkeuzemodel in HADES.

Het uiteindelijke vertrektijdstipprobleem wordt als een convergerend probleem gezien. Dit probleem kan aangemerkt worden als een fixed point problem voor de volgende twee subproblemen:

$$Q_{ijp} = f(Q_{ij}, TT_{ij}) \quad [b4.8a]$$

$$TT_{ijk} = g(Q_{ij}, TT_{ij}) \quad [b4.8b]$$

Waarbij:

$Q_{ijp}$  = tijdafhankelijke HB – matrixcel voor todelingstijdstap  $p$ .

$TT_{ijk}$  = de skimmed reistijd per vertrektijdstipperiode  $k$ .

$f$  = de vertrektijdstip modelprocedure.

$g$  = het netwerk toedelings modelprocedure.

$Q_{ij}$  = de HB – matrix.

$TT_{ij}$  = de skimmed reistijdmatrix.



Vanwege de onderlinge afhankelijkheid van de HB – matrices per tijdsperiode en de resulterende reistijden per tijdsperiode, is een iteratieve oplossingsmethode noodzakelijk. Geen van de drie gebruikte methoden kunnen op hun consistentie worden getest. Dit zal dan ook in de overall modellering moeten worden getest. Voor het iteratieproces heeft HADES de beschikking over de volgende methoden:

- Method of Successive Averages (MSA): Hierbij wordt het verschoven aandeel reizigers naar een andere vertrektijdstipperiode gedempt m.b.v. van een dempingsfactor  $(r - 1) / r$ , waarbij  $r$  het iteratienummer aangeeft. Uit tests is gebleken dat dit de beste convergentiemethode is.
- Lineaire benadering: Elke derde iteratiestap wordt d.m.v. lineaire benadering de nieuwe HB – matrix bepaald.
- Damping.

### **Overdraagbaar GroeiModel (OGM)**

Het OGM is opgesteld voor de berekening van regionale mobiliteitsprognoses. Bij het samenstellen van deze regionale mobiliteitsprognoses gaat het specifiek om de raming van het aantal verplaatsingen per vervoerwijze, motief en dagdeel in een toekomstjaar, uitgaande van een bepaald gegeven scenario. De ramingen worden weergegeven in de vorm van HB-matrices per vervoerwijze, motief en dagdeel.

#### ***Dagdeelkeuzemodel***

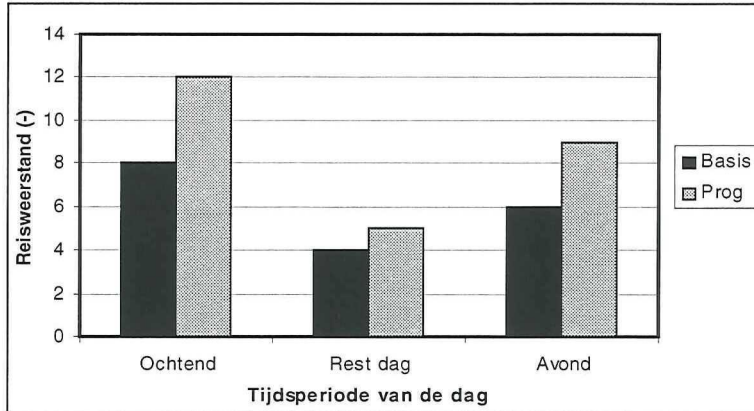
Het OGM vormt een onderdeel van het Landelijk ModelSysteem (LMS). Een speciale module van dit model, de zogenaamde Groeifactorenmodule, berekend de noodzakelijke groeifactoren voor het autoverkeer. Deze groeifactoren zijn afhankelijk van de congestieniveaus en vereisen daarom iteratieve procedures. De berekeningsmethode van het Groeifactorenmodule die toegepast wordt voor dit onderzoek, heet het dagdeelkeuzemodel. Het dagdeelkeuzemodel van het OGM levert prognoses voor de verandering van de aandelen van verplaatsingen voor autobestuurders in de dagdelen als gevolg van bijvoorbeeld congestie. Het dagdeelkeuzemodel heeft betrekking op het gedrag van autobestuurders in relatie tussen hun ervaren reistijd (deze wordt beïnvloed door de congestie), reiskosten en het tijdstip van de dag.

Het NRM maakt onderscheid naar drie tijdsperioden van de dag, te weten de ochtend (7:00-9:00 uur)- en avondspits (16:00-18:00 uur), en de rest dag. Een verplaatsing wordt geacht in de tijdsperiode te vallen waarin het midden van de verplaatsing (qua tijd) terechtkomt. Het OGM veronderstelt dat het niet acceptabel is om met vaste, eventueel richting en reizigersmotiefspecifieke, dagdeelfactoren te rekenen. De ontwikkelde methodiek voorspelt veranderingen in deze dagdeelfactoren die het gevolg zijn van veranderingen in de bereikbaarheidskwaliteit in de de spits- en niet spitsperioden.

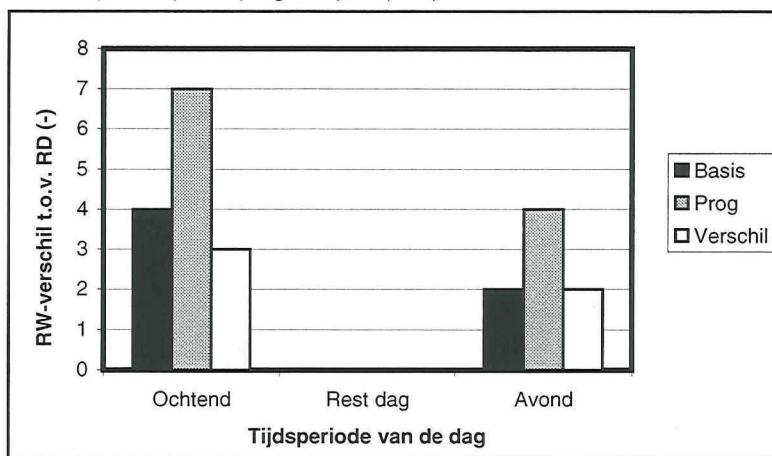
#### ***Bereikingsmethodiek***

Het OGM maakt bij deze verschuivingsberekening gebruik van de zogenaamde “pivot – point” methode. Deze methode berekent aan de hand van de relatieve veranderingen t.o.v. een bekende, gegeven basissituatie, de toekomstige situatie uit. Een goede beschrijving van de basissituatie is hierbij noodzakelijk. Het OGM berekent groeifactoren per vervoerwijze, reizigersmotief en dagdeel en HB-relatie. De groeifactor geeft de relatieve verandering aan van het aantal verplaatsingen tussen het basis- en prognosejaar. De HB-matrices voor de prognosesituatie, per motief, vervoerwijze en dagdeel ontstaan door vermenigvuldiging van de cellen van de basismatrices met de bijbehorende groeifactoren. Deze berekeningsmethode wordt benoemd tot het type incremental models. Voor de berekening worden de reisweerstandsverschillen tussen de mogelijke dagdeelfractie  $f$  en de rest dagperiode berekend voor het basisjaar. Samen met de bijbehorende reizigersaandelen van het basisjaar per dagdeelfractie  $f$  wordt dit als referentiekader gebruikt. Vervolgens worden voor de prognosesituatie de nieuwe reisweerstandsverschillen van elk mogelijk dagdeelfractie  $f$  t.o.v. de restdag berekend (zie de figuren b4.3 en b4.4)





Figuur b4.3: Voorbeeldgrafiek van het LMS, reisweerstand per vertrektijdstipperperiode voor het basis – en prognosejaar (licht).



Figuur b4.4: Voorbeeldgrafiek van het LMS, reisweerstandsverschil met de rest dag voor het basis – (donker) en prognosejaar (licht) en het reisweerstandsverschil tussen de basis- en prognosesituatie van de ochtend- en avondspits.

De relatieve verandering per variabele, en per dagdeel  $d$  (het getoonde verschil in figuur b4.4) vormt tenslotte de invoer voor berekening van de nieuwe dagdeelfractie  $f_d^{AB1}$  (formule b4.9):

$$\overline{f_d^{AB1}} = f_d^{OAB} * \exp[\gamma_d(T_{p,d} - T_{b,d}) + \beta_d(K_{p,d} - K_{b,d})] \quad [b4.9]$$

Met:  $\overline{f_d^{AB1}}$  = de verschoven dagdeelfractie van de 1<sup>e</sup> iteratiestap voor de verplaatsing van A naar B voor dagdeel  $d$ .

$f_d^{OAB}$  = waargenomen dagdeelfractie in de basissituatie voor de verplaatsing van A naar voor dagdeel  $d$ .

$T_{p,d}$  = het verschil tussen de restdag reistijd en de reistijd in dagdeel  $d$  in het prognosejaar.

$T_{b,d}$  = het verschil tussen de restdag reistijd en de reistijd in dagdeel  $d$  in het basisjaar.

$K_{p,d}$  = het verschil tussen de restdag reiskosten en de reiskosten in dagdeel  $d$  in het prognosejaar.

$K_{b,d}$  = het verschil tussen de restdag reiskosten en de reiskosten in dagdeel  $d$  in het basisjaar.

$\gamma_d$  = de waarderingsfactor voor de tijd voor dagdeel  $d$ .

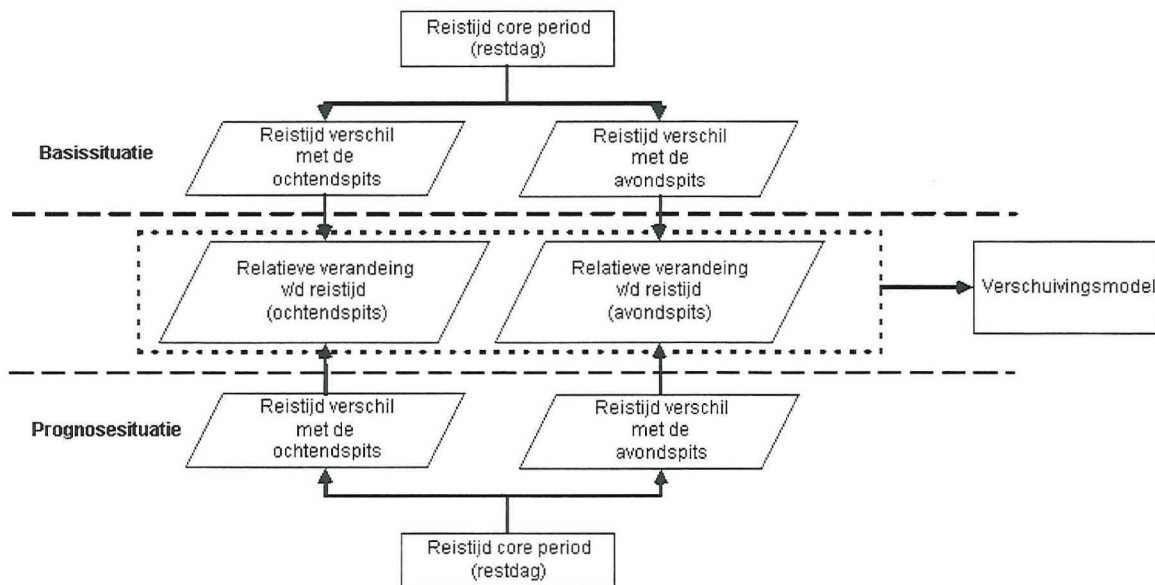
$\beta_d$  = de waarderingsfactor voor de kosten voor dagdeel  $d$ .

Door wijziging van de reisweerstandverschillen t.o.v. de rest dag, tussen de basis- en prognosesituatie, zullen de herberekende dagdeelfracties  $\overline{f_d^{AB1}}$  niet sommeren tot de waarde 1. Herschaling is hierdoor noodzakelijk [formule b4.10, tevens 2<sup>e</sup> stap]

$$f_d^{AB1} = \frac{\overline{f_d^{AB1}}}{\sum_{d=1}^3 \overline{f_d^{AB1}}} \quad [b4.10]$$

Met  $f_d^{AB1}$  = de verschaalde dagdeelfractie  $f$  voor de verplaatsing van A naar B in de prognosesituatie.

De formules [b10.9] en [b10.10] worden toegepast voor elk type verplaatsing (elke HB-relatie) van elke vervoerwijze en per reizigersmotief. Door vermenigvuldiging van de nieuwe dagdeelfracties per vervoerwijze en reizigersmotief, met de totale statische vervoersvraag, worden de nieuwe “dynamische” HB – matrices berekend. Voor de toepassing van deze verschuivingsformules zijn de reizigersaandelen van de basissituatie, de reistijden en kosten per dagdeelfractie voor zowel de basis als de prognosesituatie noodzakelijk. Figuur b4.5 toont de relatie tussen de reistijdverschillen van de basis- en prognosesituatie (voor de kostencomponent geldt hetzelfde proces).



Figuur b4.5: Relatie tussen de reistijdverschillen van de basis- en prognosesituatie per dagdeelfractie.

Het OGM veronderstelt dat zowel de dagdeelfractie van de ochtend- als de avondspits afneemt t.o.v. de dagdeelfractie van de rest dag. Verschuivingen tussen de ochtend- en avondspits zijn in principe uitgesloten. Deze verschuiving zou alleen kunnen worden berekend indien de nieuw berekende reizigersaandeel (m.b.v. formule b4.9) resulteert tot een afname van bijvoorbeeld de ochtendspits en een toename van de avondspits. Herschaling zou dan kunnen leiden tot een afname van de dagdeelfractie van de ochtendspits en een toename van de dagdeelfractie in de avondspits.

Het OGM is een iteratief verschuivingsmodel en door toedeling van de berekende dagdeelfracties m.b.v. een verkeersmodel kunnen de nieuwe reisweerstand worden berekend. Deze waarden vormen weer de invoer voor het verschuivingsmodel. De iteratieslag is voltooid indien de verschillen tussen de iteratieslagen  $n$  en  $n + 1$  kleiner is dan een vooraf gestelde waarde.

**DHV – model**

Het ontwikkelde keuzemodel door DHV berekent net zoals het OGM, de nieuwe percentages reizigers per vertrektijdstipperiode d.m.v. een referentiesituatie. Het opgestelde verschuivingsmodel splitst de ochtendspitsperiode op in drie tijdsperiodes, te weten de periodes 6:00-7:00 uur, 7:00-8:00 uur (kern spits) en 9:00-10:00 uur. Het verschuivingsmodel is opgesteld voor de modellering van de spitsverbreding, maar kent tot op heden nog geen operationele toepassing.

De ontwikkeling van het verschuivingsmodel is uitgevoerd als onderdeel van een studie die verricht is in opdracht van VNO / NCW en Rijkswaterstaat, naar de doorstroming op de A4. Voor de ontwikkeling van de analytische formule is gebruik gemaakt van de telcijfers verkregen uit OVG onderzoek. Nederland is hierbij opgedeeld in vier studiegebieden. De data is vergeleken van vijf verschillende wegvakken in en naar de Randstad. Hierbij is een minimale verplaatsingsafstand van 20 km gesteld. Als referentiesituatie is gebruik gemaakt van een zogenaamde congestievrije situatie, waarvoor de free flow reistijden zijn berekend m.b.v. het NRM – model Noord Brabant. Dit verkeersmodel is tevens toegepast voor de berekening van de congestierijke reistijden. Consistent met het Landelijke Model Systeem (LMS) zouden de verschuivingen vanuit de kernspits naar de tijdperiode 6:00-7:00 uur en/of 9:00-10:00 uur, berekend kunnen worden. Uit OVG –analyse is gebleken dat de laatste verschuiving niet waarneembaar is, en daarom is deze komen te vervallen. Voor de berekening van de verschuiving van de hoeveelheid verkeer vanuit de kernspits naar de tijdperiode 6:00-7:00 uur is de volgende formule [b4.11] opgesteld:

$$\delta I_{6-7} = \frac{\delta_{reistijd}}{12} * 0.13 * I_{6-10} \quad [b4.11]$$

Waarbij:

|                     |                                                                                                                                                              |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\delta I_{6-7}$    | De toename in de intensiteit van het uur tussen 6:00-7:00 uur t.o.v. de periode van 6:00-10:00 uur in een situatie met congestie.                            |
| $\delta_{reistijd}$ | Het gemiddelde reistijdverschil op het desbetreffende traject als vergelijking tussen de periode van 7:00-9:00 uur 's ochtends en 6:00-7:00 uur 's ochtends. |
| $I_{6-10}$          | Het totaal aantal auto's op de betreffende HB-relatie in de periode van 6:00-10:00 uur.                                                                      |

Voor de toepassing in het model dient eerst een toedeling te worden gemaakt voor de tijdperiode 7:00-9:00 uur met als resultaat de gemiddelde vertragingen in de spits. Met gebruik van deze uitkomsten kan dan de verwachte verschuiving per HB-relatie afhankelijk van de vertraging berekend en uitgevoerd worden. Het geanalyseerde effect is echter gebaseerd op zeer weinig waarnemingspunten.



## BIJLAGE 5: Discrete keuzetheorie

Het maken van een verplaatsing is het resultaat van het individuele keuzegedrag van reizigers. Hierbij is sprake van discrete keuzetheorie omdat alle geformuleerde alternatieven duidelijk van elkaar kunnen worden onderscheiden, en er geen keuze kan worden gemaakt die het gemiddelde is van twee alternatieven. Voorbeelden van discrete keuzetheorie zijn de modal split en de routekeuze. Het uitgangspunt van de discrete keuzetheorie is dat een individu die geconfronteerd wordt met een situatie waarin hij de keuze heeft tussen een aantal elkaar uitsluitende alternatieven, aan elk alternatief een zekere waardering (nut) zal toekennen. Dit nut is een functie van de eigenschappen van de alternatieven, en de kenmerken van de persoon die deze keuze maakt. Vanwege de onmogelijkheid om de volledige nutswaardering te meten is er gekozen om de nutswaardering te modelleren als kansvariabelen. De keuzemodellen geformuleerd m.b.v. de discrete keuzetheorie geven dan ook de kansen aan waarmee de verschillende alternatieven zullen worden gekozen. De keuzeverzameling is de verzameling van alternatieven waaruit gekozen kan worden.

Als eerste stap wordt van ieder alternatief het zogenaamde objectieve nut ( $V_i$ ) berekend. Dit zijn alle meetbare eigenschappen ( $D$ ) van het alternatief zoals bijvoorbeeld de reistijd en de reiskosten. Elke eigenschap wordt vermenigvuldigd met een zogenaamde waarderingsfactor ( $\beta$ ), zie formule [b5.1].

$$\text{Objectief nut:} \quad V_i = \beta_1 D_{i1} + \beta_2 D_{i2} + \dots + \beta_n D_{in} \quad [\text{b5.1}]$$

Als tweede stap wordt het subjectieve nut ( $U_i$ ) berekend. Dit is een combinatie van het objectieve nut met een "stoorterm ( $\varepsilon_i$ )" die de niet waarneembare waardering representeert, zie formule [b5.2]

$$\text{Subjectief nut:} \quad U_i = V_i + \varepsilon_i \quad [\text{b5.2}]$$

De kans op alternatief  $i$  kan met formule [b5.3] worden berekend:

$$\begin{aligned} \text{Kans op alternatief } i: \quad P(i) &= P(U_i \geq U_j) & [\text{b5.3}] \\ \Rightarrow P(i) &= \Pr(V_i + \varepsilon_i \geq V_j + \varepsilon_j) \\ \Rightarrow P(i) &= P(\varepsilon_i - \varepsilon_j \geq V_j - V_i) \end{aligned}$$

De keuze zal vallen op het alternatief met het hoogste objectieve nut. De volgende twee typen stoortermen  $\varepsilon_i$  worden in de literatuur vaak gehanteerd:

### **Normaal verdeelde stoortermen**

De stoortermen zijn onderling afhankelijk waardoor de resultaten zeer bewerkelijk zijn. Het resultaat laat zich niet in een gesloten analytische vorm schrijven waardoor toepassing van bijvoorbeeld de Monte Carlo simulaties noodzakelijk is. Indien normaal verdeelde stoortermen worden toegepast is er sprake van een probit model.

### **Gumbell verdeelde stoortermen**

De verdeling van de stoortermen is een benadering van de normale verdeling maar met een klein aantal verschillen. Het belangrijkste verschil is dat deze stoortermen onderling onafhankelijk van elkaar zijn. De berekeningen worden hierdoor een stuk eenvoudiger. De spreiding van alle alternatieven is identiek. De kans dat een alternatief gekozen wordt is afhankelijk van het verschil in objectief nut en niet in de absolute waardering van het alternatief. Toepassing van Gumbell verdeelde stoortermen maakt logit modellering mogelijk. Formule [b5.4] berekend de kans dat alternatief  $i$  wordt gekozen uit alle mogelijke alternatieven  $j$ .

$$p_i = \frac{\exp(\mu V_i)}{\sum_{j=1}^n \exp(\mu V_j)} \quad [\text{b5.4}]$$

Hierbij is  $\mu$  een schaalfactor die gekalibreerd dient te worden.

### **Kritiekpunten van de discrete keuzemodellen bij toepassing van logit modellering**

De afhankelijkheid van de stoortermen vormen niet de enige kritiekpunten op de toepassing van de discrete keuzetheorie, hiernaast kunnen nog de volgende nadelen worden aangemerkt:

- Toepassing van deze methode impliceert altijd een zekere mate van de nivellering van de invoerdata over de tijdperiode, en over het studiegebied. Omdat het logit model een niet – lineair model is, is het aggregeren van individuele kansen naar kansen die gelden voor een heel gebied niet triviaal. Er kan niet zonder meer worden uitgegaan van gemiddelden waarden van de verklarende factor voor het gehele gebied. Het onderstaande voorbeeld verduidelijkt dit:

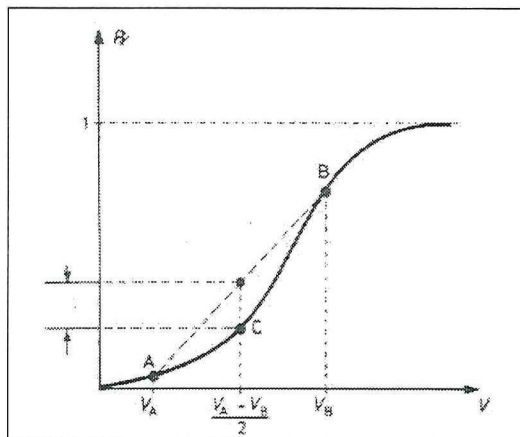
De kans voor twee reizigers op gedisaggregeerd niveau wordt berekend m.b.v. formule b5.5:

$$P(A+B) = \frac{[P(A) + P(B)]}{2} \quad [\text{b5.5}]$$

Indien gebruik wordt gemaakt van geaggregeerde gegevens luidt deze kans [b5.6]:

$$P(A+B) = \left[ \frac{V_A + V_B}{2} \right] \quad [\text{b5.6}]$$

In grafische vorm is dit verschil beter zichtbaar, zie figuur b5.1.



Figuur b5.1: Fout bij aggregatie van gemiddelden

- Eén van de consequenties van toepassing van de discrete keuzetheorie is dat de tijd opgedeeld wordt in tijdsintervallen. Het gevolg hiervan is dat de kans op correlatie tussen de verschillende tijdsintervallen en alternatieven wordt vergroot naarmate de tijdsintervallen kleiner worden. Gebruik van het logit model is dan eigenlijk niet meer correct.



## BIJLAGE 6: Historische ontwikkeling van de keuzemodellen

Modellering van het vertrektijdstip is geen nieuw onderdeel binnen het verkeers- en vervoersmodel. Heden ten dage kent het vertrektijdstipkeuzemodel in diverse vormen zijn toepassing. De in deze bijlage vermelde onderzoekers hebben veelal een theoretisch model ontwikkeld dat nog geen toepassing heeft in de praktijk. De opzet van deze beschrijving is om een overzicht te verkrijgen van de (on)mogelijkheden tot modellering in het vertrektijdstip.

### Overzicht ontwikkeling vertrektijdstipkeuzemodellen

W.Vickrey beschreef in 1969 als eerste een keuzemodel (het zogenaamde bottleneckmodel, zie bijlage 10) waarbij de vertrektijdstipkeuze de enige variabele is, en afhankelijk is van de verwachte reistijd. Het keuzemodel modelleerde slechts één herkomst- en bestemmingsrelatie (HB – relatie) die verbonden was door één route, met één bottleneck. Deze bottleneck had een vaste capaciteit zodat de reistijd afhankelijk was van de intensiteit/capaciteit – verhouding per wegvak ( $I/C$  – verhouding). De vervoersvraag werd inelastisch gesteld waarbij er slechts onderscheid is gemaakt naar één reizigersmotief (woon – werk). Het keuzemodel is opgesteld vanuit een economische achtergrond, waarbij aangenomen is dat iedere reiziger zijn totale kosten wil minimaliseren. Deze kosten worden bepaald door de reistijd en de penalty die verkregen wordt indien niet op het gewenste aankomsttijdstip wordt gearriveerd. Dit model vormde de basis van vele keuzemodellen die volgden. Small (1982), Ben-Akiva (1986), Mahmassani (1995) en Hyman (1998) zijn allen gebaseerd op dit economische model, en vormen slechts een uitbreiding door toevoeging van meer kostencomponenten en / of een groter netwerk.

Een tweede grondlegger van de vertrektijdstipkeuzemodellen was Henderson. Henderson ontwikkelde in 1974, wederom vanuit een economische achtergrond, een vertrektijdstipkeuzemodel. Dit keuzemodel is minder vaak toegepast dan het W.Vickrey model omdat het gebaseerd is op een paar inconsistente aannamen (tijdens de trip is het niet mogelijk om een eerder gestart voertuig in te halen, en de verkeerscondities zijn alleen afhankelijk van de vertrekkende verkeersstroom). Chu (1995) herschreef dit model nog wel maar het werd zodoende bijna identiek aan het keuzemodel van Vickrey. Het laatste decennium zijn de deterministische evenwichtsmodellen vervangen door stochastische evenwichtsmodellen (o.a. Lindsey).

### Karakteristieken van de vertrektijdstipkeuzemodellen

Door de diversiteit aan vertrektijdstipkeuzemodellen is voor de classificatie van deze keuzemodellen gebruik gemaakt van de volgende onderscheidingsmethoden:

- Onderscheid tussen vraag, en vraag- en aanbod gebaseerde modellen.
- Onderscheid tussen een sequentiële en een simultane berekening (in combinatie met de route en/of de vervoerwijzekeuze) van het vertrektijdstip.
- Vertrektijdstipkeuze is mogelijk op een discrete of een continue tijdsschaal.
- Onderscheid naar één of meerdere reizigersmotieven (de meeste keuzemodellen hanteren een homogeen verdeelde groep reizigers, met alleen het reizigersmotief woon-werk voor de ochtendspits).
- Gebruik van een statisch of een dynamisch verkeersmodel.

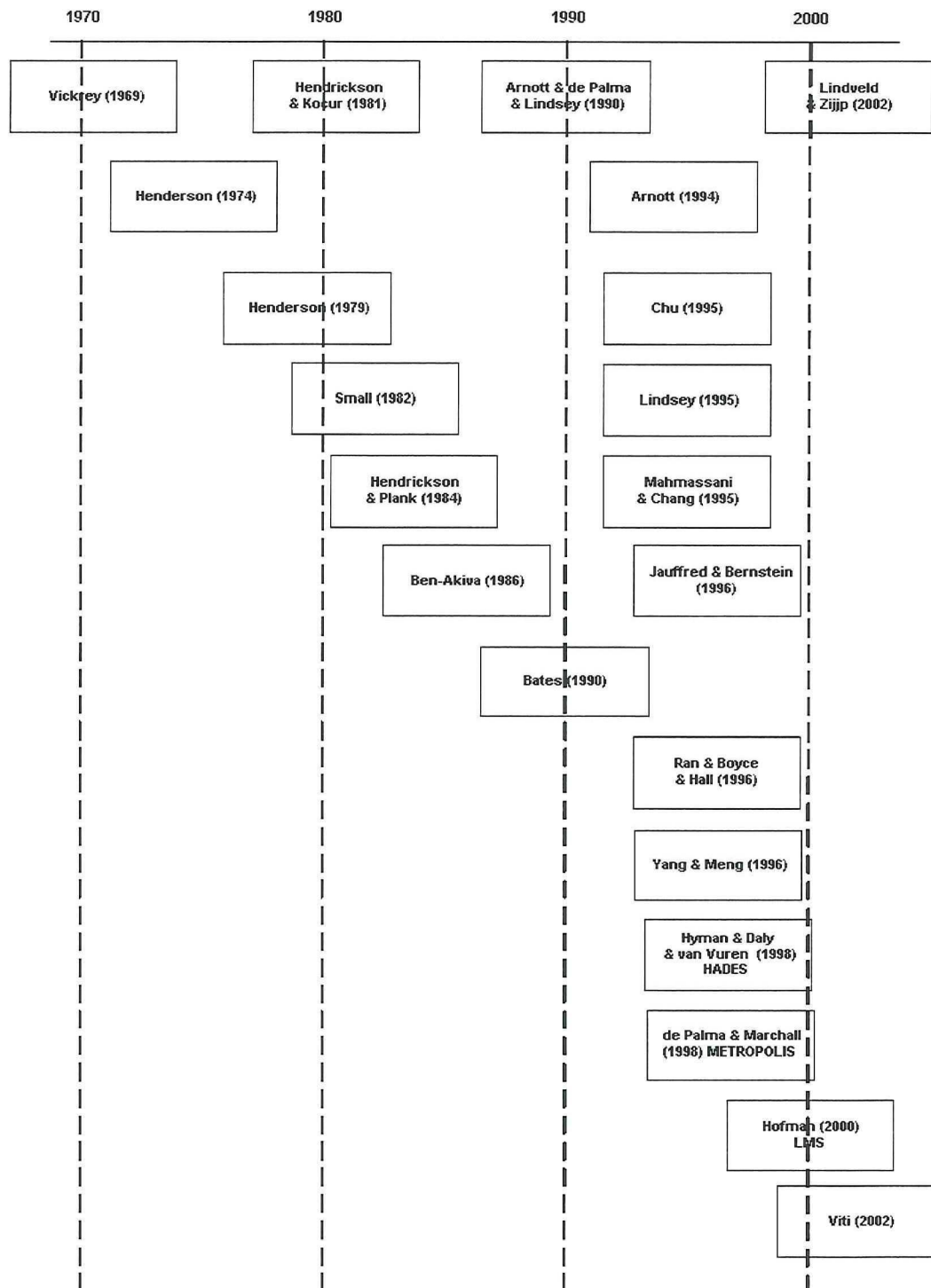
In figuur b4.1<sup>1</sup> zijn diverse onderzoekers in chronologische volgorde opgenomen die een bijdrage hebben geleverd aan de ontwikkeling van de keuzemodellen voor het vertrektijdstip.

In figuur b6.1 bestaat er geen relatie tussen de diverse onderzoekers die horizontaal op gelijke hoogte staan. In de bijbehorende tabel b9.1, worden per onderzoeker de specificaties getoond van het ontwikkelde vertrektijdstipkeuzemodel.

<sup>1</sup> NB 1: De figuur toont slechts een aantal onderzoekers, het is onmogelijk om alle onderzoekers op te nemen, dit zijn er simpelweg te veel.

NB 2: Veel onderzoekers maken gebruik van eerder ontwikkeld werk en dragen iets daaraan bij.





Figuur b6.1: Overzicht ontwikkeling vertrektijdstipkeuzemodellen

De meeste keuzemodellen zijn slechts vanuit een theoretische invalshoek ontwikkeld en vinden nog geen toepassing in de praktijk. Uitzonderingen hierop vormen de modellen van Hyman (1998), de Palma (1998) en Mahamassani (1995) die operationeel zijn onder de naam van HADES, METROPOLIS respectievelijk DYNASMART. Het beschreven model van Hofman (2000) is operationeel in de wijze waarop het hier beschreven wordt, maar op dit moment vind er nog een ontwikkeling plaats naar verdere detaillering.

In tabel b6.1 zijn enkele kenmerken van de bovenstaande keuzemodellen nader gespecificeerd.

| Eigenschap                             | HB - paar | Aantal routes | Reizigersmotief | Vervoersvraag <sup>1</sup> | Berekening Dep & ToD <sup>2</sup> | Evenwicht <sup>3</sup> | Gebruikte model <sup>4</sup> | Aantal bottlenecks | Bottleneck capaciteit <sup>5</sup> | PAT <sup>6</sup> | Tijdsschaal <sup>7</sup> | Toedeling gebaseerd op <sup>8</sup> | Aanpassingsgedrag <sup>9</sup> | Tolheffing |
|----------------------------------------|-----------|---------------|-----------------|----------------------------|-----------------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------------|------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|------------|
| Onderzoeker                            |           |               |                 |                            |                                   |                        |                              |                    |                                    |                  |                          |                                     |                                |            |
| Vickrey (1969)                         | 1         | 1             | 1               | INE                        | Se                                | DU                     | S                            | 1                  | INE                                | TS               | C                        | AF                                  | L                              | Ja         |
| Henderson (1974)                       | 1         | 1             | 1               | INE                        | Se                                | DU                     | S                            | 1                  | INE                                | TS               | C                        | DF                                  | L                              | Ja         |
| Henderson (1979)                       | 1         | 1             | >1              | INE                        | Se                                | DU                     | S                            | 1                  | INE                                | TI               | C                        | DF                                  | L                              | Ja         |
| Hendrickson & Kocur (1981)             | 1         | 1             | 1               | INE                        | Se                                | DS                     | S                            | 1                  | INE                                | TS               | D                        | AF                                  | L                              | Ja         |
| Small (1982)                           | 1         | 1             | 1               | INE                        | Se                                | DS                     | S                            | 1                  | INE                                | TS               | D                        | AF                                  | L                              | Ja         |
| Hendrickson & Plank (1984)             | >1        | >1            | 1               | E                          | Si                                | DU                     | S                            | >1                 | INE                                | TI               | D                        | nvt                                 | NL                             | Ja         |
| Mahmassani & Herman (1984)             | >1        | >1            | 1               | E                          | Si                                | DU                     | S                            | >1                 | INE                                | TI               | D                        | AF                                  | L                              | nvt        |
| Ben Akiva (1984)                       | >1        | >1            | 1               | E                          | Si                                | DU                     | D                            | >1                 | INE                                | TI               | D                        | AF                                  | L                              | Ja         |
| Bates (1990)                           | 1         | 1             | >1              | INE                        | Se                                | DU                     | S                            | 1                  | INE                                | TI               | D                        | AF                                  | L                              | Ja         |
| Arnott & de Palma & Lindsey (1990)     | >1        | >1            | 1               | E                          | Se                                | DU                     | S                            | >1                 | INE                                | TS               | C                        | AF                                  | L                              | Ja         |
| Arnott (1994)                          | 1         | 1             | 1               | INE                        | Se                                | SU                     | D                            | 1                  | INE                                | TS               | D                        | AF                                  | L                              | Ja         |
| Chu (1995)                             | 1         | 1             | 1               | INE                        | Se                                | DU                     | S                            | 1                  | INE                                | TI               | D                        | AF                                  | L                              | Ja         |
| Lindsey (1995)                         | 1         | 1             | 1               | INE                        | Se                                | SU, S                  | S                            | 1                  | INE                                | TS               | D                        | AF                                  | L                              | Ja         |
| Mahmassani & Chang (1995)              | >1        | >1            | 1               | E                          | Se                                | nvt                    | D                            | >1                 | INE                                | TI               | D                        | nvt                                 | nvt                            | nvt        |
| Ran & Hall & Boyce (1996)              | >1        | >1            | 1               | E                          | Si                                | VI                     | D                            | >1                 | INE                                | TI               | D                        | AF                                  | NL                             | Nee        |
| Jauffred & Bernstein (1996)            | >1        | >1            | 1               | E                          | Si                                | DU                     | S                            | >1                 | INE                                | TS               | D                        | AF                                  | L                              | Ja         |
| De Palma (1996), METROPOLIS            | >1        | >1            | 1               | E                          | Se                                | DU                     | D                            | >1                 | INE                                | TI               | C                        | AF                                  | L                              | Ja         |
| Hyman & Daly & van Vuren (1998), HADES | >1        | >1            | >1              | E                          | Se                                | DU                     | D                            | >1                 | INE                                | TI               | C                        | AF                                  | L                              | Nee        |
| Yang & Meng (1998)                     | >1        | >1            | >1              | E                          | Si                                | DS                     | D                            | >1                 | E                                  | TI               | D                        | AF                                  | L                              | Ja         |
| Hofman (2000), LMS                     | >1        | >1            | >1              | E                          | Se                                | DU                     | S                            | >1                 | INE                                | TI               | D                        | AF                                  | L                              | Ja         |
| Zijpp & Lindveld (2002)                | >1        | >1            | >1              | E                          | Si                                | DU                     | D                            | >1                 | E                                  | TI               | D                        | AF                                  | L                              | Nee        |
| Viti (2002)                            | >1        | >1            | 1               | E                          | Si                                | DU / DS                | D                            | >1                 | E                                  | TI               | D                        | AF                                  | L                              | Ja         |
| Hilderink (2003)                       | >1        | >1            | >1              | E                          | Se                                | DU                     | D/S                          | >1                 | E                                  | TS / -           | D                        | AF                                  | L                              | Nee        |

Tabel b6.1: specificaties vertrektijdstipkeuzemodellen

- <sup>1)</sup> Bij de vervoersvraag wordt onderscheid gemaakt tussen een inelastische (INE) en een elastische (E) vraag;
- <sup>2)</sup> De route en het vertrektijdstip kunnen sequentieel (SE) of simultaan (SI) worden berekend;
- <sup>3)</sup> Voor de evenwichtstoedeling worden onderscheid gemaakt tussen een deterministisch gebruikersevenwicht (DU), een deterministisch systeemevenwicht (DS), een stochastisch gebruikersevenwicht (SU) en een stochastisch systeemevenwicht (SS);
- <sup>4)</sup> Het type verkeersmodel dat gebruikt wordt, te weten statisch (S) of dynamisch (D);
- <sup>5)</sup> De capaciteit van de bottleneck(s) kan inelastisch (INE) of elastisch (E) zijn;
- <sup>6)</sup> De Preferred Arrival Time kan een tijdstip (TS) of een tijdsinterval (TI) zijn;
- <sup>7)</sup> Vertrektijdstipkeuze op basis van discrete (D) of een continue tijdsschaal (C);
- <sup>8)</sup> Toedeling gebaseerd op aankomstflow (AF) of herkomstflow (HF);
- <sup>9)</sup> De relatie tussen een aanpassing van het vertrektijdstip en de bijkomende kosten kan lineair (L) dan wel niet lineair (NL) zijn.

## BIJLAGE 7: Personenverplaatsingen

Om een activiteit buitenshuis te kunnen uitoefenen is het noodzakelijk om de afstand tussen de verschillende activiteitsruimten te overbruggen. Iedere verplaatsing heeft een reden, een zogenaamd reizigersmotief. Hierbij kunnen onderscheiden worden:

- Verplichte verplaatsingen met o.a. reizigersmotieven zoals werken, onderwijs en studie.
- Niet verplichte verplaatsingen met o.a. reizigersmotieven zoals boodschappen doen, diensten / persoonlijke verzorging, visite en recreatie.

Het Centraal Bureau Statistiek (CBS) onderzoekt al enkele decennia met behulp van het OVG het gedrag van reizigers. Deze kerncijfers vormen één van de belangrijkste informatiebronnen voor o.a. de ontwikkeling van verkeersmodellen. Uit onderzoek (CBS) is gebleken dat het totale aantal verplaatsingen per persoon per dag, de afgelopen twee decennia, nagenoeg constant is gebleven. Tabel b7.1 toont het aantal verplaatsingen naar reizigersmotief van het jaar 1997 voor een gemiddelde werkdag (bron CBS, OVG, 1997).

| Reizigersmotief     | Aantal verplaatsingen per dag |            | Kilometrage per persoon per dag |            | Afstand per verplaatsing |              |
|---------------------|-------------------------------|------------|---------------------------------|------------|--------------------------|--------------|
|                     | (aantal)                      | (%)        | (km)                            | (%)        | Gemiddeld (km)           | Mediaan (km) |
| Woon – werk         | 0,54                          | 15         | 8,3                             | 22         | 15                       | 7            |
| Zakelijk (werk)     | 0,24                          | 7          | 4,0                             | 11         | 17                       | 5            |
| Onderwijs           | 0,29                          | 8          | 1,9                             | 5          | 6                        | 2            |
| Winkelen            | 0,83                          | 22         | 3,9                             | 10         | 5                        | 2            |
| Visite / logeren    | 0,57                          | 15         | 8,1                             | 22         | 14                       | 4            |
| Ontspanning / sport | 0,47                          | 10         | 5,2                             | 14         | 11                       | 4            |
| Toeren / wandelen   | 0,14                          | 4          | 1,1                             | 3          | 7                        | 3            |
| Overig              | 0,62                          | 17         | 4,8                             | 10         | 8                        | 2            |
| <b>Totaal</b>       | <b>3,71</b>                   | <b>100</b> | <b>37,3</b>                     | <b>100</b> | <b>10</b>                | <b>3</b>     |

Tabel b7.1: Kerncijfers van het aantal verplaatsingen per persoon per dag in 1997 (bron CBS, OVG, 1997)

Uit de tabel kan geconcludeerd worden dat:

- Winkelen het reizigersmotief is dat het meeste aantal verplaatsingen maakt per dag.
- Het aandeel verplichte verplaatsingen per dag nagenoeg gelijk is aan het aandeel niet verplichte verplaatsingen (52% tegen 48%).
- Woon–werkverkeer heeft het hoogste kilometrage per persoon per dag, als tweede volgt het reizigersmotief visite. Onderwijs en toeren/wandelen hebben verreweg het laagste kilometrage per persoon per dag.
- Zakelijk verkeer heeft de hoogste gemiddelde ritafstand. De mediaan daarentegen is lager dan de mediaan van het woon–werkverkeer.

De grote aandacht die het woon-werkverkeer heeft in de hedendaagse mobiliteitsproblemen lijkt op het eerste gezicht niet onderbouwd m.b.v. deze tabel. Opgemerkt dient te worden dat voornamelijk het woon-werkverkeer de veroorzaker, en tevens het grootste slachtoffer is van de ochtendspits. Tabel b7.2 toont de groei van 1986 tot 2000, van de afgelegde ritafstand naar reizigersmotief voor een gemiddelde werkdag.



| Motief / Jaartal                   | 1986 | 1989 | 1998 | 1999 | 2000 |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|
| Van en naar werk                   | 20   | 23   | 27   | 27   | 27   |
| Zakelijk bezoek                    | 14   | 10   | 11   | 11   | 10   |
| Diensten / persoonlijke verzorging |      |      |      | 3    | 3    |
| Winkelen / boodschappen            | 9    | 9    | 10   | 10   | 10   |
| Onderwijs / cursus                 | 6    | 5    | 5    | 5    | 6    |
| Visite / logeren                   | 23   | 20   | 22   | 21   | 21   |
| Toeren / wandelen                  | 15   | 14   | 7    | 6    | 6    |
| Sociaal recreatief                 |      |      |      | 11   | 10   |
| Overig                             |      |      |      | 6    | 7    |

Tabel b7.2: Afgelegde ritafstand (km) per persoon per dag naar reizigersmotief voor de periode 1986 – 2000 (bron CBS 2001), NB doordat in 1999 de onderzoeksmethode is veranderd zijn de cijfers niet helemaal te vergelijken. Een trendbreukcorrectie is voor de jaren van voor 1999 uitgevoerd.

Een stijging van het aantal afgelegde kilometers voor het reizigersmotief woon-werk is duidelijk waarneembaar, die mede veroorzaakt worden door de toegenomen rijsnelheid van de vervoerwijzen. Het reizigersmotief toeren/wandelen laat een sterke daling zien, wat mogelijk verklaard kan worden door de afname van de hoeveelheid vrije tijd per persoon per dag. De gemiddelde afgelegde ritafstand van de andere reizigersmotieven is nagenoeg constant gebleven. Tabel b7.3 toont de groei van de totale afgelegde afstand per persoon per dag, met de bijbehorende verdeling naar de vervoerwijzen.

| Jaartal                           | 1986        | 1989        | 1998        | 1999        | 2000        |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Afgelegde afstand (km/dag)</b> | <b>32,9</b> | <b>36,5</b> | <b>38,9</b> | <b>35,2</b> | <b>34,8</b> |
| <b>Naar vervoerwijze (%)</b>      |             |             |             |             |             |
| Auto (bestuurder)                 | 48          | 49          | 52          | 53          | 53          |
| Auto (passagier)                  | 26          | 25          | 22          | 22          | 21          |
| Trein                             | 6           | 7           | 9           | 9           | 9           |
| Bus/tram/metro                    | 5           | 4           | 4           | 4           | 4           |
| Bromfiets                         | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           |
| Fiets                             | 8           | 8           | 7           | 7           | 7           |
| Lopen                             | 2           | 2           | 2           | 2           | 2           |
| Overig                            | 4           | 5           | 3           | 3           | 3           |

Tabel b7.3: Totale afgelegde afstand per persoon per dag met de bijbehorende verdeling naar vervoerwijze, 1986 – 2000, bron CBS (2001)

Uit de tabel kan geconcludeerd worden dat de gemiddelde afgelegde afstand per persoon per dag nagenoeg niet is gewijzigd gedurende de 15 jaar. Uitgesplitst naar vervoerwijze is er wel een lichte stijging van het aandeel auto(bestuurder) en treinaandeel. Hiertegenover staat een lichte daling van het aandeel auto(passagier). Geconcludeerd kan worden dat de reizigers blijkbaar de voorkeur geven aan een meer individuelere manier van reizen. De stijging van het treinvervoer is verklaarbaar door een toename van het treingebruik op de langere afstanden door de verbeterde concurrerende positie t.o.v. het autogebruik (de stijging van de congestiekosten is hier één van de oorzaken van).

Tabel b7.4 toont de procentuele verdeling van het aantal verplaatsingen over de ritafstandsklassen per reizigersmotief van het jaar 1997.

| Ritafstand (km) | Woon - Werk | Zakelijk | onderwijs | winkel | visite | ontspanning | toeren | overig | Gemiddeld |
|-----------------|-------------|----------|-----------|--------|--------|-------------|--------|--------|-----------|
| 0 – 2.5         | 23          | 33       | 60        | 58     | 40     | 39          | 44     | 53     | 45        |
| 2.5 – 5.0       | 15          | 10       | 10        | 17     | 14     | 18          | 20     | 16     | 16        |
| 5.0 – 7.5       | 14          | 12       | 8         | 10     | 12     | 10          | 14     | 10     | 11        |
| 7.5 – 10.0      | 5           | 6        | 3         | 3      | 4      | 4           | 3      | 3      | 4         |
| 10.0 – 12.5     | 9           | 7        | 4         | 4      | 7      | 6           | 5      | 4      | 6         |
| 12.5 – 15.0     | 3           | 3        | 1         | 1      | 1      | 1           | 1      | 1      | 1         |
| <15             | 68          | 74       | 89        | 93     | 78     | 82          | 87     | 89     | 83        |
| 15 – 30         | 17          | 11       | 6         | 5      | 10     | 9           | 7      | 6      | 9         |
| 30 – 45         | 7           | 6        | 3         | 1      | 4      | 3           | 3      | 2      | 3         |
| 45 – 60         | 3           | 3        | 1         | 0      | 2      | 2           | 1      | 1      | 2         |
| >60             | 5           | 6        | 1         | 1      | 6      | 4           | 2      | 2      | 3         |
| Totaal          | 100         | 100      | 100       | 100    | 100    | 100         | 100    | 100    | 100       |
| Aandeel         | 0.54        | 0.24     | 0.29      | 0.83   | 0.57   | 0.47        | 0.14   | 0.62   | 3.71      |

Tabel b7.4: Relatieve procentuele verdeling van de verplaatsingen over de ritafstandsklassen per reizigersmotief (bron CBS, OVG, 1997)

Het hoogste relatieve aandeel voor iedere ritafstand is gemarkeerd d.m.v. een licht grijze kleur. Voor alle reizigersmotieven geldt dat de kortste ritafstand het grootste aandeel heeft. Het reizigersmotief woon - werk heeft voor de meeste ritafstanden het hoogste aandeel, alleen niet voor de kortste twee ritafstanden en de langste ritafstand. Dit wordt verklaard door het relatief lage aandeel verplaatsingen van 0 – 2,5 km voor het reizigersmotief woon - werk. De reizigersmotieven winkelen, ontspanning en overig worden zoals verondersteld voornamelijk in de eigen omgeving uitgevoerd.

De hierboven gepresenteerde cijfers zijn per reizigersmotief berekend. Na rekenwerk zijn de hoogste absolute aandelen naar ritafstand verkregen. Deze aandelen zijn van belang als wordt onderzocht wat het effect is van bijvoorbeeld 10% minder woon - werkverkeer in de spitsperiode. Deze waarden staan afgebeeld in tabel b7.5 Ook hier zijn de hoogste waarden gemarkeerd d.m.v. een licht grijze kleur.

| Ritafstand (km) | Woon - Werk | zakelijk | onderwijs | winkel | visite | ontspanning | toeren | overig | Gemiddeld |
|-----------------|-------------|----------|-----------|--------|--------|-------------|--------|--------|-----------|
| 0 – 2.5         | 7           | 5        | 10        | 29     | 14     | 11          | 4      | 20     | 100       |
| 2.5 – 5.0       | 14          | 5        | 6         | 24     | 14     | 15          | 5      | 17     | 100       |
| 5.0 – 7.5       | 18          | 7        | 6         | 20     | 16     | 14          | 5      | 15     | 100       |
| 7.5 – 10.0      | 19          | 10       | 6         | 18     | 16     | 10          | 3      | 10     | 100       |
| 10.0 – 12.5     | 23          | 8        | 6         | 16     | 19     | 10          | 3      | 12     | 100       |
| 12.5 – 15.0     | 31          | 14       | 6         | 16     | 11     | 9           | 3      | 12     | 100       |
| <15             | 12          | 6        | 8         | 25     | 14     | 10          | 4      | 18     | 100       |
| 15 – 30         | 28          | 8        | 5         | 10     | 18     | 10          | 3      | 12     | 100       |
| 30 – 45         | 31          | 12       | 7         | 7      | 19     | 11          | 3      | 10     | 100       |
| 45 – 60         | 30          | 10       | 5         | 0      | 21     | 17          | 3      | 11     | 100       |
| >60             | 22          | 12       | 2         | 7      | 28     | 16          | 2      | 10     | 100       |
| Totaal          | 224         | 94       | 60        | 149    | 175    | 103         | 34     | 102    | 1100      |
| Aandeel         | 0,22        | 0,09     | 0,06      | 0,15   | 0,18   | 0,10        | 0,03   | 0,10   | 1         |

Tabel b7.5: Absolute procentuele verdeling van de verplaatsingen over de ritafstandsklassen per reizigersmotief (bron CBS, OVG, 1997)

Er is een kleine verschuiving waarneembaar t.o.v. van de voorgaande tabelwaarden, die wordt veroorzaakt door het grote aandeel winkelverplaatsingen en het lage aandeel zakelijke verplaatsingen per dag. Het reizigersmotief woon - werk heeft nog steeds de grootste aandelen voor de middenlange tot lange ritafstandsklassen. Voor de kortste ritafstandsklassen zijn de reizigersmotieven winkelen en overig maatgevender. Opmerkelijk is het hoge percentage verplaatsingen van de ritafstandsklasse > 60 km, met het reizigersmotief visite. De verklaring hiervoor is het grote aantal lange afstandsverplaatsingen in de weekeinden van dit reizigersmotief.



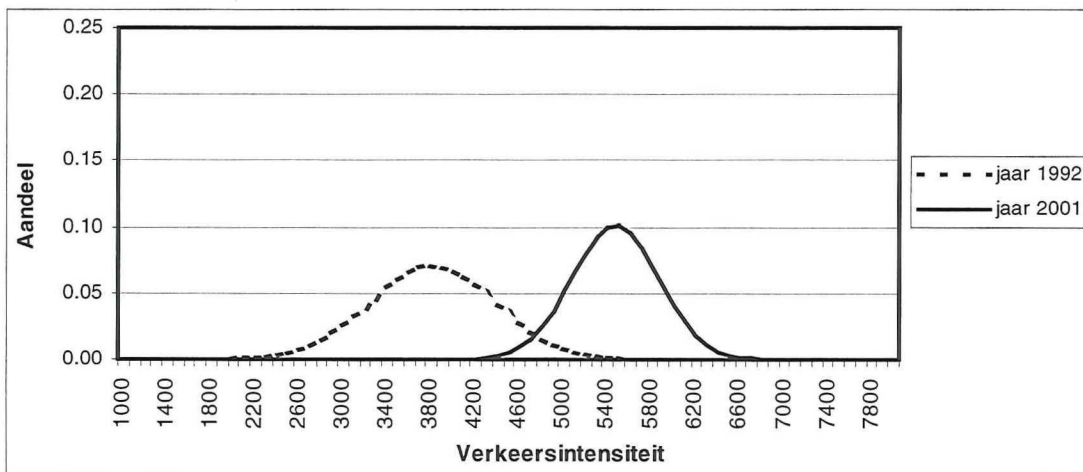
**BIJLAGE 8: Statistische onderbouwing gemeten verkeersintensiteiten A10**

De figuren b8.1 en b8.2 tonen de absolute verkeersintensiteiten, respectievelijk de reizigersaandelen per tijdperiode per uur, ter plaatse van het meetpunt Delft Zuid–Berkel en Rodenrijs. Grafische analyse toont duidelijke verschillen tussen de beide curven, objectieve toetsing zal dit moeten onderbouwen. Om dit aan te tonen (dat noodzakelijk is om te mogen concluderen dat er spitsverbreding op is getreden) zijn de volgende drie toetsen uitgewerkt:

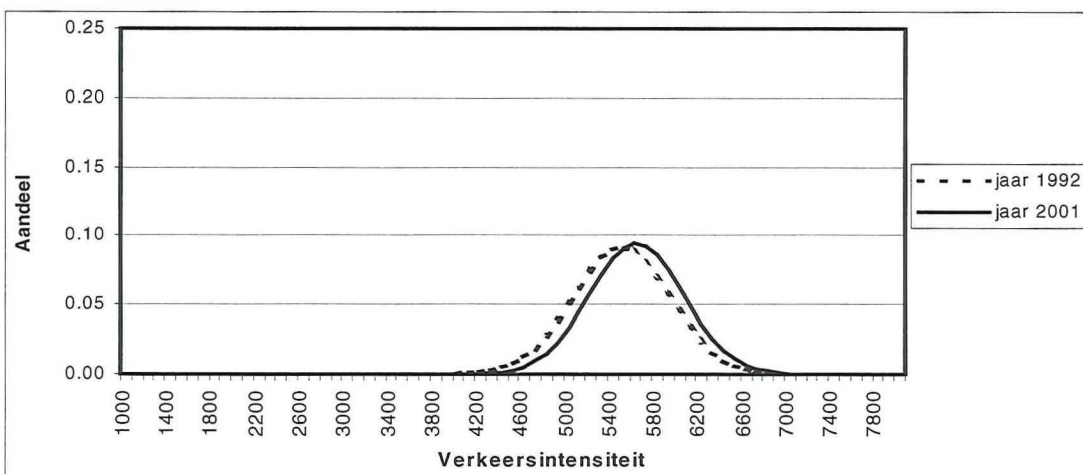
- 1) Verschillentoets voor de variantie op basis van de F-verdeling,
- 2) Verschillentoets voor de gemiddelde waarde met verschillende varianties,
- 3) Toets voor de variantie met behulp van de  $\chi^2$ -verdeling.

**Gemeten verkeersintensiteiten op de A10**

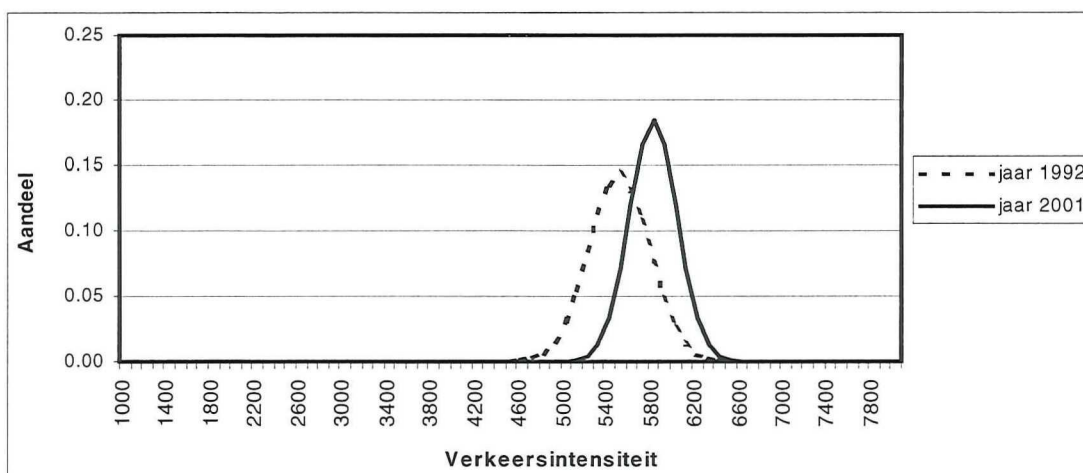
Uitgaande van MTR teldata, zijn voor vier tijdperiode van één uur de verdelingen geschat van de totale verkeersintensiteit. Hiervoor zijn alle berekende gemiddelde verkeersintensiteiten gebruikt per werkdag (5) en per maand (12). In totaal zijn er zodoende 60 waarden per verdeling gehanteerd. Per tijdperiode van één uur worden de geschatte kansverdelingen getoond in de figuren b8.1 t/m b8.4. Figuur b8.5 toont de ontwikkeling van de gemiddelde verkeersintensiteit per tijdperiode per jaar.



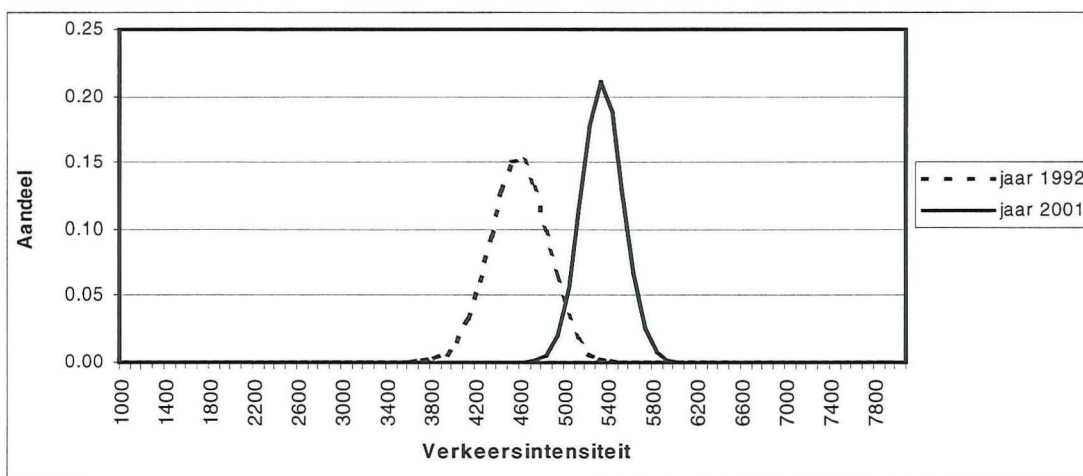
Figuur b8.1: Geschatte kansverdelingen van de verkeersintensiteiten van de tijdperiode 6:00 – 7:00 uur 's ochtends (meetpunt Delft Zuid – Berkel en Rodenrijs, bron MTR teldata).



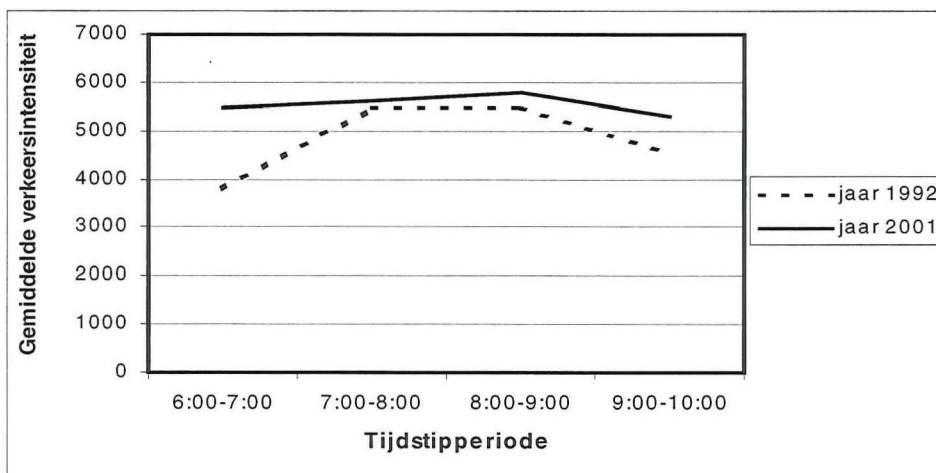
Figuur b8.2: Geschatte kansverdelingen van de verkeersintensiteiten van de tijdperiode 7:00 – 8:00 uur 's ochtends (meetpunt Delft Zuid – Berkel en Rodenrijs, bron MTR teldata).



Figuur b8.3: Geschatte kansverdelingen van de verkeersintensiteiten van de tijdperiode 8:00 – 9:00 uur 's ochtends (meetpunt Delft Zuid – Berkel en Rodenrijs, bron MTR teldata).



Figuur b8.4: Geschatte kansverdelingen van de verkeersintensiteiten van de tijdperiode 9:00 – 10:00 uur 's ochtends (meetpunt Delft Zuid – Berkel en Rodenrijs, bron MTR teldata).



Figuur b8.5: Gemiddelde verkeersintensiteit per uur van de jaren 1992 en 2001 (meetpunt Delft Zuid – Berkel en Rodenrijs, bron MTR teldata).

Uit grafische analyse valt op dat.

- 1) De geschatte verdelingen tonen nagenoeg een normale kansverdeling.
- 2) De verkeersintensiteiten van de tijdsperioden 6:00-7:00 uur en 9:00-10:00 uur zijn duidelijk verschillend. Dit dient nog objectief onderbouwd te worden middels toetsing.
- 3) Voor het jaar 1992 lijkt de spreiding van de gemeten verkeersintensiteit groter dan voor het jaar 2001. Dit betekent dat voor het jaar 2001 de verkeersintensiteit over het gehele jaar uniformer is verdeeld dan voor het jaar 1992, drukke en rustige maanden zijn hierdoor minder waarneembaar.
- 4) Voor het jaar 2001 tonen alle tijdsperioden een nagenoeg gelijke gemiddelde verkeersintensiteit. Deze gemiddelde verkeersintensiteit is gelijk aan de capaciteit van de weg.
- 5) Blijkbaar is toch een kleine groei mogelijk van de capaciteit, dit blijkt namelijk uit de geringe translatie van de kansverdelingen van de tijdsperioden 7:00-8:00 uur en 8:00-9:00 uur.

#### **Verschillentoets voor de variantie op basis van de F - verdeling**

Voordat een toets van de gemiddelde waarde of de variantie mag worden uitgevoerd, dient getoetst te worden of de varianties significant verschillend ( $\alpha = 0,05$ ) zijn. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de F - verdeling. Evenals een student t - toetsverdeling, is een F - verdeling een kansverdeling die met name van belang is als er in de praktijk wordt gewerkt met waarnemingsuitkomsten op grond waarvan bepaalde conclusies moeten worden getrokken. De F - verdeling is niet één verdeling, maar in werkelijkheid betreft het een hele familie van de F - verdelingen. Voor de toetsing is de volgende hypothese geformuleerd:

$$H_0 : \sigma_{2001}^2 = \sigma_{1992}^2 \quad [b1.1]$$

$$H_1 : \sigma_{2001}^2 \neq \sigma_{1992}^2 \quad [b1.2]$$

Als toetsingsgrootte wordt gebruik gemaakt van: 
$$F = \frac{s_{2001}^2}{s_{1992}^2} \quad [b1.3]$$

Omdat tweezijdig getoetst dient te worden met ( $\alpha = 0,05$ ) dienen de kritieke grenzen  $g_{0,025}$  en  $g_{0,975}$  in de tabel opgezocht te worden.

Door het grote aantal waarnemingen (60 stuks) valt deze hoeveelheid vrijheidsgraden buiten de normale tabellen. Om niet voor zowel de onder- als bovengrens de waarde 1,00 te gebruiken is besloten om de verdelingen van  $F(50, \infty)$  en  $F(\infty, 50)$  te hanteren. Dit resulteert tot de grenswaarden 1,61 voor de bovengrens en met behulp van de omkeermethode tot de grenswaarde 0,62 voor de ondergrens. In tabel b8.1 worden de resultaten gepresenteerd van deze toets per vertrektijdstipperiode.

| Vertrektijdstipperiode | $\sigma_{2001}$ | $\sigma_{1992}$ | $g_{0,025}$ | $g_{0,975}$ | $F$  | Verwerpen |
|------------------------|-----------------|-----------------|-------------|-------------|------|-----------|
| 6:00-7:00 uur          | 569             | 396             | 0.62        | 1.61        | 2.07 | Ja        |
| 7:00-8:00 uur          | 422             | 437             | 0.62        | 1.61        | 1.07 | Nee       |
| 8:00-9:00 uur          | 216             | 279             | 0.62        | 1.61        | 1.67 | Ja        |
| 9:00-10:00 uur         | 189             | 259             | 0.62        | 1.61        | 1.88 | Ja        |

Tabel b8.1: Toetsing van de variantie voor de gemeten verkeersintensiteiten op het meetpunt Delft Zuid – Berkel en Rodenrijs.

Geconcludeerd kan worden dat de varianties van de tijdsperioden 7:00-8:00 uur niet significant verschillen, maar dat de varianties van de overige tijdsperioden wel significant verschillend zijn.



**Verschillentoets voor de gemiddelde waarde met verschillende varianties**

De student t - toets dient toegepast te worden om vast te stellen of het gemiddelde van twee steekproeven, met onbekende varianties van de twee populaties, een significant verschil tonen. Als echter de variantieschattingen onderling sterk verschillen kan de student t – toets niet zonder meer worden toegepast, en dient een aparte berekening te worden uitgevoerd. Uit de eerste toets is reeds gebleken dat varianties significant verschillen, met uitzondering van de tijdsperioden 7:00-8:00 uur.

Per steekproef wordt een steekproefgemiddelde, en een  $s_x^2$  respectievelijk  $s_y^2$ , berekend (de laatste factoren zijn een zuivere schatter voor de onbekende populatievariantie  $\sigma_{1992/2001}^2$ ).

$$\text{Steekproefgemiddelde van steekproef 1:} \quad \bar{\mu}_{1992} = \frac{\sum \mu_i}{n} \quad [\text{b1.4}]$$

$$\text{Steekproefgemiddelde van steekproef 2:} \quad \bar{\mu}_{2000} = \frac{\sum \mu_j}{m} \quad [\text{b1.5}]$$

$$\text{Schatter voor onbekende populatievariantie steekproef 1:} \quad s_{1992}^2 = \frac{\sum (\mu_i - \bar{\mu})^2}{n-1} \quad [\text{b1.6}]$$

$$\text{Schatter voor onbekende populatievariantie steekproef 2:} \quad s_{2000}^2 = \frac{\sum (\mu_j - \bar{\mu})^2}{m-1} \quad [\text{b1.7}]$$

De standaarddeviatie van de verschilvariabele  $v$  wordt gebruikt als schatting:

$$s_v = \sqrt{\frac{s_{1992}^2}{n} + \frac{s_{2001}^2}{m}} \quad [\text{b1.8}]$$

De opgestelde hypothesen luiden:

$$H_o : \mu_{2001} = \mu_{1992} \quad [\text{b1.9}]$$

$$H_1 : \mu_{2001} \neq \mu_{1992} \quad [\text{b1.10}]$$

Het aantal waarnemingen per steekproef is gelijk aan 60 waardoor het aantal vrijheidsgraden op 59 komt voor deze toets. Het kritieke gebied wordt geformuleerd als:

$$-t_{0,5\alpha} s_v < \bar{\mu}_{2001} - \bar{\mu}_{1992} < t_{0,5\alpha} s_v \quad (-t_{0,5\alpha} = g_{links}, t_{0,5\alpha} = g_{rechts}) \quad [\text{b1.11}]$$

Tabel b8.2 toont de resultaten van deze toets.

| Periode    | $\bar{\mu}_{1992}$ | $\bar{\mu}_{2001}$ | $s_{1992}^2$ | $s_{2001}^2$ | $g_{links}$ | $g_{rechts}$ | $\bar{\mu}_{2001} - \bar{\mu}_{1992}$ | Verwerpen |
|------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|---------------------------------------|-----------|
| 6:00-7:00  | 3819               | 5464               | 323969       | 156855       | -181        | 181          | 1645                                  | Ja        |
| 7:00-8:00  | 5481               | 5612               | 191256       | 177760       | -158        | 158          | 101                                   | Nee       |
| 8:00-9:00  | 5489               | 5810               | 77791        | 46486        | -92         | 92           | 321                                   | Ja        |
| 9:00-10:00 | 4554               | 5310               | 67308        | 35746        | -84         | 84           | 756                                   | Ja        |

Tabel b8.2: Toetsing van de gemiddelde waarde voor de gemeten verkeersintensiteiten op het meetpunt Delft Zuid – Berkel en Rodenrijs.

Geconcludeerd kan worden dat wederom alleen voor tijdsperiode 7:00-8:00 uur geldt dat de hypothese niet verworpen mag worden. Voor de overige tijdsperioden geldt dat de gemiddelde verkeersintensiteit significant verschillend is.

**Toets voor de variantie met behulp van de  $\chi^2$ -verdeling**

Een tweede toets voor de variantie kan worden uitgewerkt m.b.v de zogenaamde  $\chi^2$  – verdeling. Hierbij wordt wederom verondersteld worden, dat bij benadering de kansverdeling van de waarden, normaal verdeeld is. De variantie van de eerste steekproef wordt bekend verondersteld ( $\sigma^2$ ) en de variantie van de tweede steekproef wordt geschat m.b.v de formule:

$$s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad [b1.12]$$

De volgende hypothesen zijn opgesteld:

$$H_0 : s^2 = \sigma^2 \quad [b1.10]$$

$$H_1 : s^2 \neq \sigma^2 \quad [b1.14]$$

Voor de toetsing wordt gebruik gemaakt van de grootheid  $\frac{(n-1)s^2}{\sigma^2}$  [b1.15]

Deze grootheid volgt een  $\chi^2$  – verdeling met  $\nu = 59$  vrijheidsgraden. Als kritieke grenzen worden de waarden  $g_{0,025} = 40,65$  respectievelijk  $g_{0,975} = 83,05$  bepaald m.b.v. de standaardtabel (interpolatie van de vrijheidsgraden 50 en 100).

De resultaten van deze toets zijn opgenomen in tabel b8.3.

| Periode    | $\sigma^2$ | $s^2$  | Toetsingsgrootheid | $g_{0,025}$ | $g_{0,975}$ | Verwerpen |
|------------|------------|--------|--------------------|-------------|-------------|-----------|
| 6:00-7:00  | 323969     | 156855 | 28.57              | 40.65       | 83.05       | Ja        |
| 7:00-8:00  | 191256     | 177760 | 55.02              | 40.65       | 83.05       | Nee       |
| 8:00-9:00  | 77791      | 46486  | 35.36              | 40.65       | 83.05       | Ja        |
| 9:00-10:00 | 67308      | 35746  | 31.42              | 40.65       | 83.05       | Ja        |

Tabel b8.3: Toetsing van de variantie m.b.v. de  $\chi^2$  – verdeling voor de gemeten verkeersintensiteiten op het meetpunt Delft Zuid – Berkel en Rodenrijs.

Geconcludeerd kan worden dat alleen voor tijdsperiode 7:00-8:00 uur, de hypothese niet verworpen kan worden. Voor de overige tijdsperiodes kan wederom gesteld worden dat de varianties significant verschillen.

**BIJLAGE 9: Samenstelling v/h ochtendspitsverkeer in de jaren 1996 en 2000**

In deze bijlage wordt de samenstelling van het totale aantal reizigers in de ochtendspitsperiode naar reizigersmotief en ritafstandklasse toegelicht. Deze analyses dienen te leiden tot een aanzet voor de ontwikkeling van het verschuivingsmodel, dat de spitsverbreding dient te modelleren. De geselecteerde dataset is echter niet dezelfde als de dataset die gehanteerd is voor de ontwikkeling van het verschuivingsmodel. Deze dataset dient slechts om eventuele verschillen aan te tonen.

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van OVG data van de jaren 1996 en 2000 van vertrektijdstipsperiode tussen 6:00-10:00 uur 's ochtends. Alle geselecteerde reizigers zijn toegekend naar het bijbehorende vertrektijdstip, waarbij gesegmenteerd is naar tijdsperiodes van 15 minuten. De hier getoonde tabellen vormen de input voor de figuren 2.5 en 2.6 die opgenomen zijn in het hoofdverslag.

De tabellen b9.1 en b9.2 beschrijven de reizigersaandelen naar reizigersmotief respectievelijk naar ritafstandsklasse voor het jaar 1996. De tabellen b4.3 en b4.4 beschrijven de reizigersaandelen naar reizigersmotief respectievelijk ritafstandsklassen voor het jaar 2000. De klasse – indeling is direct ontleend aan de OVG –data.

| Absolute aandelen reizigers naar reizigersmotief per vertrektijdstipperiode van het jaar 1996 |           |          |             |           |            |        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-------------|-----------|------------|--------|
| Motief                                                                                        | Woon-werk | Zakelijk | Woon-winkel | Onderwijs | Soc./Recr. | Overig |
| Vertrektijdstip                                                                               |           |          |             |           |            |        |
| 6.00-6.15                                                                                     | 0,0083    | 0,0002   | 0,0000      | 0,0000    | 0,0003     | 0,0016 |
| 6.15-6.30                                                                                     | 0,0104    | 0,0002   | 0,0000      | 0,0001    | 0,0002     | 0,0015 |
| 6.30-6.45                                                                                     | 0,0254    | 0,0007   | 0,0000      | 0,0000    | 0,0003     | 0,0027 |
| 6.45-7.00                                                                                     | 0,0265    | 0,0007   | 0,0000      | 0,0001    | 0,0007     | 0,0033 |
| 7.00-7.15                                                                                     | 0,0468    | 0,0009   | 0,0002      | 0,0001    | 0,0008     | 0,0054 |
| 7.15-7.30                                                                                     | 0,0509    | 0,0015   | 0,0001      | 0,0003    | 0,0011     | 0,0064 |
| 7.30-7.45                                                                                     | 0,0712    | 0,0037   | 0,0002      | 0,0008    | 0,0015     | 0,0110 |
| 7.45-8.00                                                                                     | 0,0738    | 0,0034   | 0,0003      | 0,0010    | 0,0011     | 0,0108 |
| 8.00-8.15                                                                                     | 0,0729    | 0,0055   | 0,0017      | 0,0016    | 0,0023     | 0,0188 |
| 8.15-8.30                                                                                     | 0,0618    | 0,0052   | 0,0026      | 0,0017    | 0,0025     | 0,0320 |
| 8.30-8.45                                                                                     | 0,0467    | 0,0073   | 0,0067      | 0,0015    | 0,0052     | 0,0297 |
| 8.45-9.00                                                                                     | 0,0297    | 0,0064   | 0,0063      | 0,0012    | 0,0058     | 0,0208 |
| 9.00-9.15                                                                                     | 0,0186    | 0,0080   | 0,0178      | 0,0010    | 0,0099     | 0,0175 |
| 9.15-9.30                                                                                     | 0,0123    | 0,0062   | 0,0109      | 0,0008    | 0,0081     | 0,0102 |
| 9.30-9.45                                                                                     | 0,0110    | 0,0087   | 0,0196      | 0,0008    | 0,0119     | 0,0154 |
| 9.45-10.00                                                                                    | 0,0070    | 0,0058   | 0,0128      | 0,0003    | 0,0100     | 0,0111 |
| Subtotaal                                                                                     | 0,5763    | 0,0646   | 0,0823      | 0,0110    | 0,0616     | 0,2039 |
| Totaal                                                                                        |           |          |             |           |            | 1,0000 |

Tabel b9.1: Absolute aandelen reizigers naar reizigersmotief per vertrektijdstipperiode van 1996 (1996, bron OVG)



| Absolute aandelen reizigers naar ritafstandsklassen per vertrektijdstipperiode van het jaar 1996 |         |          |           |           |          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|-----------|-----------|----------|
| Ritafstand /<br>Vertrektijdstip                                                                  | < 5 km. | 5-10 km. | 10-20 km. | 20-50 km. | > 50 km. |
| 6.00-6.15                                                                                        | 0,002   | 0,001    | 0,002     | 0,003     | 0,003    |
| 6.15-6.30                                                                                        | 0,003   | 0,002    | 0,003     | 0,005     | 0,004    |
| 6.30-6.45                                                                                        | 0,004   | 0,005    | 0,008     | 0,008     | 0,004    |
| 6.45-7.00                                                                                        | 0,006   | 0,005    | 0,007     | 0,008     | 0,005    |
| 7.00-7.15                                                                                        | 0,009   | 0,010    | 0,015     | 0,015     | 0,004    |
| 7.15-7.30                                                                                        | 0,010   | 0,012    | 0,010     | 0,016     | 0,006    |
| 7.30-7.45                                                                                        | 0,019   | 0,016    | 0,023     | 0,024     | 0,007    |
| 7.45-8.00                                                                                        | 0,026   | 0,019    | 0,021     | 0,020     | 0,007    |
| 8.00-8.15                                                                                        | 0,032   | 0,019    | 0,021     | 0,024     | 0,007    |
| 8.15-8.30                                                                                        | 0,045   | 0,020    | 0,019     | 0,017     | 0,005    |
| 8.30-8.45                                                                                        | 0,043   | 0,017    | 0,017     | 0,016     | 0,005    |
| 8.45-9.00                                                                                        | 0,032   | 0,010    | 0,011     | 0,010     | 0,004    |
| 9.00-9.15                                                                                        | 0,035   | 0,014    | 0,011     | 0,009     | 0,004    |
| 9.15-9.30                                                                                        | 0,026   | 0,010    | 0,007     | 0,007     | 0,004    |
| 9.30-9.45                                                                                        | 0,033   | 0,012    | 0,009     | 0,009     | 0,004    |
| 9.45-10.00                                                                                       | 0,024   | 0,009    | 0,006     | 0,006     | 0,003    |
| Subtotaal                                                                                        | 0,3523  | 0,1842   | 0,1922    | 0,1966    | 0,0746   |
| Totaal                                                                                           |         |          |           |           | 1,0000   |

Tabel b9.2: Absolute aandelen reizigers naar ritafstandsklasse per vertrektijdstipperiode van 1996 (1996, bron OVG)

| Absolute aandelen reizigers naar reizigersmotief per vertrektijdstipperiode van het jaar 2000 |           |          |             |           |            |        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-------------|-----------|------------|--------|
| Motief                                                                                        | Woon-werk | Zakelijk | Woon-winkel | Onderwijs | Soc./Recr. | Overig |
| Vertrektijdstip                                                                               |           |          |             |           |            |        |
| 6.00-6.15                                                                                     | 0,0122    | 0,0006   | 0,0000      | 0,0001    | 0,0012     | 0,0002 |
| 6.15-6.30                                                                                     | 0,0162    | 0,0005   | 0,0000      | 0,0000    | 0,0007     | 0,0004 |
| 6.30-6.45                                                                                     | 0,0320    | 0,0014   | 0,0001      | 0,0001    | 0,0010     | 0,0005 |
| 6.45-7.00                                                                                     | 0,0290    | 0,0012   | 0,0000      | 0,0002    | 0,0020     | 0,0008 |
| 7.00-7.15                                                                                     | 0,0510    | 0,0023   | 0,0000      | 0,0002    | 0,0031     | 0,0016 |
| 7.15-7.30                                                                                     | 0,0488    | 0,0027   | 0,0002      | 0,0003    | 0,0038     | 0,0015 |
| 7.30-7.45                                                                                     | 0,0716    | 0,0039   | 0,0003      | 0,0007    | 0,0066     | 0,0034 |
| 7.45-8.00                                                                                     | 0,0680    | 0,0057   | 0,0006      | 0,0009    | 0,0065     | 0,0053 |
| 8.00-8.15                                                                                     | 0,0747    | 0,0078   | 0,0021      | 0,0023    | 0,0148     | 0,0089 |
| 8.15-8.30                                                                                     | 0,0581    | 0,0067   | 0,0035      | 0,0020    | 0,0292     | 0,0089 |
| 8.30-8.45                                                                                     | 0,0477    | 0,0081   | 0,0078      | 0,0025    | 0,0262     | 0,0129 |
| 8.45-9.00                                                                                     | 0,0304    | 0,0075   | 0,0070      | 0,0017    | 0,0102     | 0,0112 |
| 9.00-9.15                                                                                     | 0,0175    | 0,0093   | 0,0179      | 0,0017    | 0,0058     | 0,0196 |
| 9.15-9.30                                                                                     | 0,0096    | 0,0075   | 0,0102      | 0,0008    | 0,0028     | 0,0109 |
| 9.30-9.45                                                                                     | 0,0107    | 0,0083   | 0,0193      | 0,0008    | 0,0034     | 0,0191 |
| 9.45-10.00                                                                                    | 0,0061    | 0,0071   | 0,0108      | 0,0005    | 0,0026     | 0,0103 |
| Subtotaal                                                                                     | 0,5834    | 0,0806   | 0,0798      | 0,0146    | 0,1202     | 0,1214 |
| Totaal                                                                                        |           |          |             |           |            | 1,0000 |

Tabel b9.3: Absolute aandelen reizigers naar reizigersmotief per vertrektijdstipperiode van 2000 (2000, bron OVG)

| Absolute aandelen reizigers naar ritafstandklasse per vertrektijdstipperiode van het jaar 2000 |        |         |          |          |         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------|----------|----------|---------|
| Ritafstand / Vertrektijdstip                                                                   | < 5 km | 5-10 km | 10-20 km | 20-50 km | > 50 km |
| 6.00-6.15                                                                                      | 0,002  | 0,003   | 0,003    | 0,004    | 0,002   |
| 6.15-6.30                                                                                      | 0,002  | 0,002   | 0,003    | 0,006    | 0,005   |
| 6.30-6.45                                                                                      | 0,005  | 0,007   | 0,009    | 0,010    | 0,004   |
| 6.45-7.00                                                                                      | 0,006  | 0,006   | 0,007    | 0,009    | 0,005   |
| 7.00-7.15                                                                                      | 0,010  | 0,009   | 0,016    | 0,017    | 0,005   |
| 7.15-7.30                                                                                      | 0,012  | 0,010   | 0,010    | 0,015    | 0,007   |
| 7.30-7.45                                                                                      | 0,018  | 0,016   | 0,024    | 0,022    | 0,006   |
| 7.45-8.00                                                                                      | 0,024  | 0,017   | 0,019    | 0,020    | 0,008   |
| 8.00-8.15                                                                                      | 0,035  | 0,020   | 0,026    | 0,023    | 0,006   |
| 8.15-8.30                                                                                      | 0,051  | 0,020   | 0,017    | 0,014    | 0,006   |
| 8.30-8.45                                                                                      | 0,050  | 0,019   | 0,017    | 0,010    | 0,005   |
| 8.45-9.00                                                                                      | 0,030  | 0,010   | 0,011    | 0,010    | 0,004   |
| 9.00-9.15                                                                                      | 0,035  | 0,014   | 0,011    | 0,008    | 0,004   |
| 9.15-9.30                                                                                      | 0,020  | 0,008   | 0,006    | 0,007    | 0,004   |
| 9.30-9.45                                                                                      | 0,030  | 0,011   | 0,010    | 0,007    | 0,004   |
| 9.45-10.00                                                                                     | 0,020  | 0,007   | 0,005    | 0,006    | 0,002   |
| Subtotaal                                                                                      | 0,3516 | 0,1810  | 0,1984   | 0,1917   | 0,0773  |
| Totaal                                                                                         |        |         |          |          | 1,0000  |

Tabel b9.4: Absolute aandelen reizigers naar ritafstadklasse per vertrektijdstipperiode van 2000 (2000, bron OVG)

De absolute reizigersaandeelverschillen naar reizigersmotief respectievelijk ritafstandklasse, zijn opgenomen als de figuren 3.6 en 3.7 in het hoofdverslag. De tabellen b9.5 en b9.6 tonen de mobiliteitsgroei tussen 1996 en 2000 (absoluut gemeten aantal reizigers).

| Reizigersmotief                | Woon-werk | Zakelijk | Woon-winkel | Onderwijs | Soc./Recr. | Overig  |
|--------------------------------|-----------|----------|-------------|-----------|------------|---------|
| Jaar                           |           |          |             |           |            |         |
| 1996                           | 1579075   | 176889   | 225570      | 30852     | 168897     | 558844  |
| 2000                           | 1597298   | 220594   | 218605      | 39849     | 329109     | 332434  |
| Vershil 2000 – 1996 (absoluut) | + 18223   | + 43705  | -6965       | + 8997    | + 160242   | -226410 |
| Groei t.o.v. 1996 (%)          | + 1,15    | + 24,71  | -3,09       | + 29,16   | + 94,88    | -40,51  |

Tabel b9.5: Mobiliteitsgroei 1996 – 2000 naar reizigersmotief (bron OVG 1996, 2000)

| Ritafstandsklasse              | < 5 km | 5-10 km | 10-20 km | 20-50 km | > 50 km |
|--------------------------------|--------|---------|----------|----------|---------|
| 1996                           | 965823 | 505010  | 526955   | 539056   | 204609  |
| 2000                           | 963451 | 496012  | 543484   | 525271   | 211729  |
| Vershil 2000 – 1996 (absoluut) | -2372  | -8998   | + 16529  | -10785   | + 7120  |
| Groei t.o.v 1996 (%)           | -0,25  | -1,78   | + 3,14   | -2,56    | + 3,48  |

Tabel b9.6: Mobiliteitsgroei 1996 – 2000 naar ritafstandsklasse (bron OVG, 1996, 2000)



## Bijlagen 10: Ontwikkeling vertrektijdstipkeuzemodel

De in deze bijlage beschreven onderzoeks aanpak is gebaseerd op de theorie van W. Vickrey (1969). In 1990 hebben Arnott, de Palma en Lindsey deze theorie uitgebreid waarbij er gebruik wordt gemaakt van een zogenaamde Preferred Departure Time (*PDT*) en Preferred Arrival Time (*PAT*). Het onderzoek dat in deze bijlage is beschreven maakt gebruik van waarderingsfactoren die bepaald zijn middels een Engels onderzoek (HADES). Door middel van drie verschillende startposities voor het iteratieproces en gevoeligheidsanalyses van de toegepaste waarderingsfactoren is een praktische toepassing van het rekenmodel uitgewerkt.

In paragraaf b1. wordt een aanvulling op de algemene opzet beschreven. Paragraaf b2. beschrijft de methodische modelopbouw die gehanteerd wordt voor dit onderzoek. Het grote verschil tussen de in deze bijlage beschreven methodiek, en de methodiek die beschreven is in de hoofdrapport is het gegeven dat dit rekenmodel een iteratieproces vereist en start met een statische HB - matrix van de complete ochtendspitsperiode (van 6:00-10:00 uur). Paragraaf b3. beschrijft de opzet van de casestudie waarna in paragraaf b4. de invoer wordt beschreven. Voor de uitwerking van de casestudie zijn drie startposities voor het iteratieproces toegepast, te weten een gefixeerde *PDT*, een *PDT*-verdeling en een uniforme verdeling van de vervoersvraag over de totale ochtendspitsperiode. Paragraaf b6. toont alle grafieken die als achtergrondinformatie dienen voor deze onderzoeksmethodiek.

### b1. Aanvulling op de algemene opzet en uitwerking

#### b1.1. Aanvulling op de theorie van het vertrektijdstipkeuze proces

Het vertrektijdstipkeuzemodel berekent het aantal reizigers dat een ander vertrektijdstip kiest dan zij onder "rustige" omstandigheden zou prefereren. Door een toename van de reisweerstand en de hierdoor stijgende reiskosten, zal een gedeelte van de reizigers een eerder of later vertrektijdstip kiezen. De benodigde vertrek- en aankomsttijdstippenpatronen van beide situaties zullen worden bepaald door analyse van het OVG. Uit analyse van de OVG data zal moeten blijken of een gefixeerde *PDT* en *PAT* correct is, of dat er gerekend dient te worden met een zogenaamde *PDT* - en *PAT* verdeling. Voor de berekening van de reizigerskosten per vertrektijdstip en iteratiestap, is de volgende nutsfunctie van Arnott, de Palma en Lindsey (1990) toegepast:

$$U_{mrl}^{ij}(k) = -\alpha TT_r^{ij}(k) - \beta (PDT_{ml}^{ij} - k) - \gamma SD_{mlr}^{ij}(k) \quad [b10a]$$

$$\text{waarbij: } SD_{mlr}^{ij}(k) = \max\{k + TT_r^{ij}(k) - PAT_{mlr}^{ij}, 0\} \quad [b10b]$$

Waarbij:

$U_{mrl}^{ij}(k)$  = nutswaardering van vertrektijdstipperiode  $k$ ,

$TT_r^{ij}(k)$  = reistijd van een verplaatsing van herkomst  $i$  en bestemming  $j$ , reizend over route  $r$  voor een gekozen vertrektijdstipperiode  $k$ .

*PDT* = Preferred Departure Time (gewenst vertrektijdstip).

*PAT* = Preferred Arrival Time (gewenst aankomsttijdstip).

$\alpha, \beta$  en  $\gamma$  = Waarderingsfactoren voor de reistijd, een vertrektijdstip afwijkend van het *PDT* respectievelijk een vertrektijdstip afwijkend van het *PAT*.

Deze nutsfunctie wordt toegepast om zijn deterministische karakter en de toepassing van zowel een Preferred Departure als Arrival Time. Hyman, Small e.a maakten slechts onderscheid naar één van de twee tijdsvariabelen. Toepassing van beide tijdsvariabelen kan worden beargumenteerd door het feit dat behorende bij een *PAT* ook een *PDT* verwacht mag worden.

De eerste term representeert de kostenwaardering van de reistijd ( $TT_r^{ij}(k)$ ). De totale nutswaardering (kosten) zijn minimaal indien de reiziger vertrekt op het gewenste vertrektijdstip en arriveert op het gewenste aankomsttijdstip. In alle overige situaties is er sprake van een "penalty". De tweede term representeert deze penalty door de aanpassing van het vertrektijdstip. De



veronderstelling van een positieve waarderingsfactor van deze aanpassing, resulteert in een positieve waardering van een later gekozen vertrektijdstip dan in de Preferred Situation zou zijn gekozen (vanzelfsprekend wordt een eerder gekozen vertrektijdstip negatief gewaardeerd). De veronderstelling voor deze positieve waardering kan als volgt worden onderbouwd:

- Een positieve waardering van een later vertrektijdstip dan het gewenste vertrektijdstip, wordt in de praktijk ook als iets positiefs beoordeeld. Dit resulteert immers in meer beschikbare tijd op de plaats van herkomst.
- De keuze voor een later vertrektijdstip resulteert bij een gelijkblijvende reistijd, m.b.v. deze nutsfunctie welhaast automatisch tot een latere aankomsttijd, dat resulteert in een negatieve waardering. Door deze negatieve beoordeling wordt de uiteindelijke positieve kostenwaardering van een later vertrektijdstip gedeeltelijk, geheel of zelfs negatief gewaardeerd (afhankelijk van het gewicht van de gekozen waarderingsfactoren).

De penalty van een te late aankomsttijd wordt berekend met de derde term. Het veronderstelde aanpassingsgedrag wordt door enkele onderzoekers (Hendrickson & Kocur 1981, Ran & Hall & Boyce 1996) als een niet lineair aanpassingsproces veronderstelt. De overige onderzoekers die vermeld staan in tabel b9.1, veronderstellen een lineaire relatie tussen het vertrektijdstip en de ondervonden penalty. Een lineair verband is een vereenvoudiging van de werkelijkheid, dat indien gekozen wordt voor voldoende segmentaties zeer waarschijnlijk gerechtvaardigd kan worden (K. Lindveld). Indien na analyse blijkt dat dit niet correct is, dient de toegepaste nutsfunctie aangepast te worden.

Verondersteld wordt dat iedere reiziger zijn kosten minimaliseert (gebruikersoptimum). Hyman (HADES 1998) maakte onderscheid tussen twee gewenste aankomsttijdstippen, namelijk het *PAT\_1* en *PAT\_2*. Uit onderzoek in Engeland (de steden Kingston en Aylesbury), bleek namelijk dat het aankomsttijdstippenpatroon zeer breed was (95% interval tussen 07:19–09:27 uur) en er niet echt duidelijk één ideaal aankomsttijdstip aangewezen kon worden. Het nadeel van deze basisaanname is dat alle aankomsten binnen dit ideale tijdsinterval gelijk worden gewaardeerd. De verdeling van het aankomstpatroon binnen dit tijdsinterval is onbekend, wat het modelleren van een eventuele verschuiving bemoeilijkt.

### **b1.2. Aanvulling van het Programma van Eisen**

Het Programma van Eisen kent op de volgende punten aanpassingen:

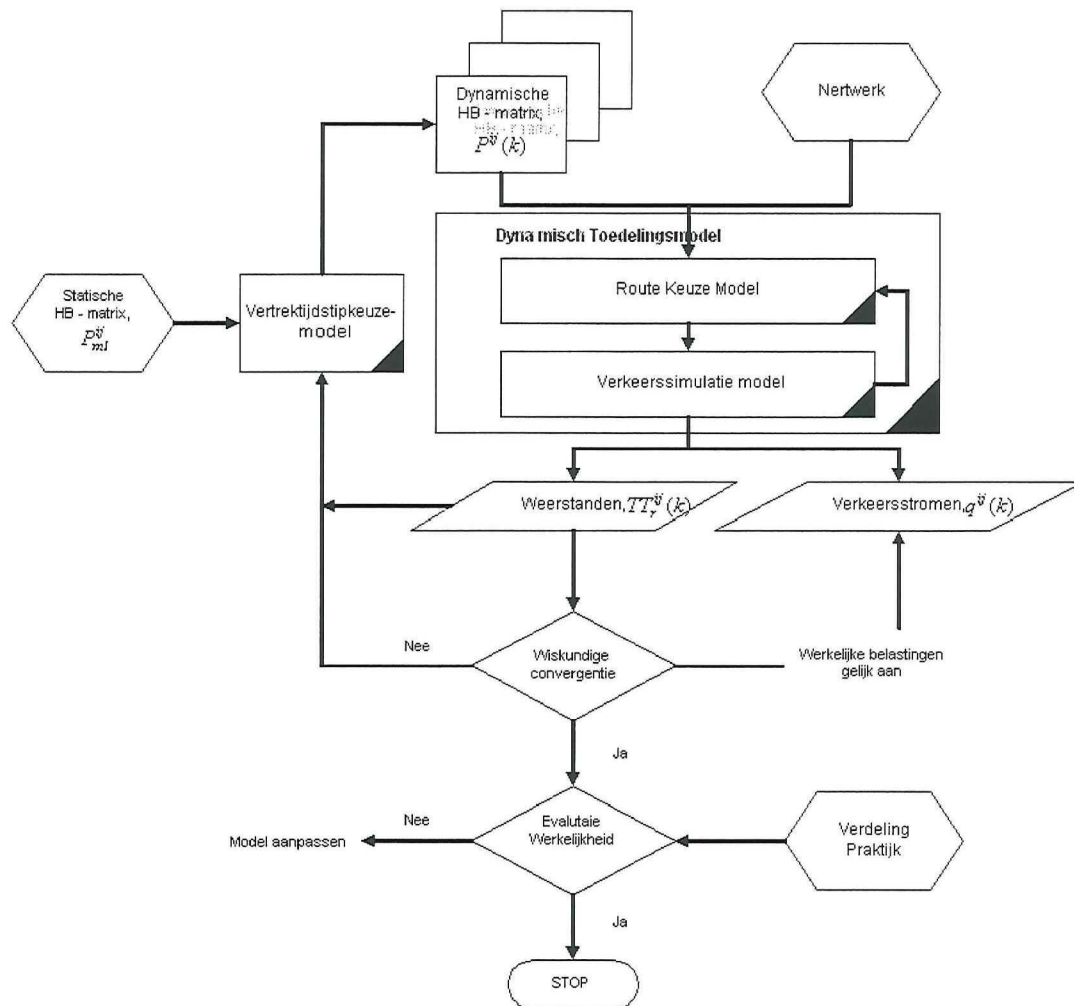
- TM6 Heterogeniteit naar Preferred Departure Time (*PDT*) naar de diverse te onderscheiden reizigersmotieven.
- TM7 Heterogeniteit naar Preferred Arrival Time (*PAT*) naar de diverse te onderscheiden reizigersmotieven.
- MVT4 De verdelingen van de diverse (*PDT's*) en (*PAT's*) naar reizigersmotief.

### **b2. Methodische modelopbouw**

Voor het opgestelde rekenmodel is het volgende stappenproces opgesteld:

- Statische HB - matrix.
- Segmentatie - aandelen.
- Startpositie van het iteratieproces.
- Verdeling van de reizigers over alle mogelijke vertrektijdstippen.
- Toedeling van de dynamische HB - matrices.
- Berekening van de nieuwe vertrektijdstipkeuze.
- Convergentie (wiskundig).
- Evaluatie met de werkelijkheid.

Figuur b10.1 toont de volgorde van alle vermelde stappen. Elke stap wordt toegelicht in de navolgende subparagrafen.



Figuur b10.1: schematische opbouw totale verkeersmodel + integratie vertrektijdstipkeuzemodel

### 1.1 Stap 1: Statische HB – matrix

De statische HB – matrix beslaat de complete modelleringperiode van 06:00–10:00 uur 's ochtends en wordt gebruikt als één van de invoervariabele voor het vertrektijdstipkeuzemodel. Voor de bepaling van deze statische HB – matrix, zijn diverse methoden beschreven in de literatuur. Dient dit een congestievrije HB - matrix te zijn of is een congestierijke HB – matrix voldoende? Zeker voor congestierijke gebieden als de A10 en A4, is het onmogelijk om van de ochtendspitsperiode, een congestievrije HB – matrix te schatten. Uit figuur 2.2 (in het hoofdrapport) blijkt dat de totale vervoersvraag tussen 06:00–10:00 uur is gestegen. Het is dan ook niet correct om te spreken van een constante statische vervoersvraag voor beide situaties. Voor de casestudie zal dit punt nader worden toegelicht.

### 1.2 Stap 2: Segmentatie – aandelen

De belangrijkste segmentaties, die bepaald zijn m.b.v. het OVG, vormen het reizigersmotief ( $m$ ) en de ritafstandsklasse ( $l$ ). Door vermenigvuldiging van deze aandelen met de statische vervoersvraag (zie de formules [b10.2a t/m b10.3b]) wordt de exacte hoeveelheid reizigers per segmentatie bepaald (vanzelfsprekend geldt dit voor elke HB – relatie).

$$D_m = D f_m \quad \forall m \quad [b10.2a]$$

waarbij:  $D_m$  = statische HB – matrix voor reizigersmotief  $m$ .

$f_m$  = aandeel reizigersmotief  $m$ ,



$$\text{Met } \sum_{m \in M} f_m = 1 \quad [b10.2b]$$

Waarbij  $M$  de set van reizigersmotieven aangeeft waar  $m$  deel van uitmaakt.

$$D_{ml} = D_m f_l \quad \forall l \quad [b10.3a]$$

waarbij:  $D_{ml}$  = statische HB – matrix voor reizigersmotief  $m$  en ritafstand  $l$ .

$f_l$  = aandeel ritafstand  $l$ ,

$$\text{Met } \sum_{l \in L} f_l = 1 \quad [b10.3b]$$

Waarbij  $L$  de set van ritafstanden is waar de ritafstand  $l$  deel van uitmaakt.

### b2.3. Stap 3: Startpositie van het iteratieproces

In principe zijn er twee startposities aan te geven, te weten:

- 1) A: bij het vertrektijdstipkeuzemodel.
- 2) B: bij het dynamische toedelingsmodel.

Indien gekozen wordt voor positie A zal het vertrektijdstipkeuzemodel eerst op basis van het *PDT* - en *PAT* -patroon een verdeling van het aantal vertrekken berekenen over de totale simulatieperiode van vier uur. Een correcte bepaling van deze patronen is redelijk complex. Allereerst is een goede omschrijving van de Preferred Situation noodzakelijk, waarna dit patroon eventueel kan worden afgeleid uit het OVG (zie casestudie).

Wordt positie B als startpositie gekozen dan zijn er wederom twee subkeuzemogelijkheden, te weten:

- BI: Alles Of Niets (AON) verdeling: Bij de bepaling van de eerste dynamische HB – matrices wordt de totale statische vervoersvraag  $P^{ij}$  aan de vertrektijdstipperiode met het hoogste aandeel toegekend. De overige dynamische vertrektijdstipperiodes (HB – matrices) hebben een vervoersvraag van nul. Bij deze submethode geldt net zoals voor positie A dat eerst de *PAT* bepaald dient te worden.
- BII: Uniforme verdeling: Bij de bepaling van de eerste dynamische HB – matrices wordt een uniforme verdeling van de totale statische vervoersvraag  $P^{ij}$  verondersteld. Pas na de eerste toedeling dient gerekend te worden met de *PDT* en *PAT* - patronen.

Voor de drie startposities dient te worden onderzocht wat de verschillen in modelresultaten zijn zodat de meest nauwkeurige startposities bepaald kan worden. In de eerste iteratiestap wordt een free flow (vrije verkeersafwikkeling) van het totale verkeer verondersteld (de reisweerstand zijn voor alle vertrektijdstippen identiek).

### b2.4. Stap 4: Verdeling van het aantal reizigers over de mogelijke vertrektijdstippen

De kans dat een reiziger kiest voor vertrektijdstipperiode  $k$  uit de set van vertrektijdstipperiodes  $K$  wordt berekend met de volgende multinominale logit functie ( $\mu$  is hierbij een schaafactor). Een logit functie kan worden toegepast omdat de alternatieven (de verschillende vertrektijdstipperiodes) elkaar uitsluiten en m.b.v. de nutsfunctie kan de waardering van elk alternatief worden bepaald:

$$p_{ml}^{ij}(k) = \frac{\exp(-\mu U_{ml}^{ij}(k))}{\sum_{k' \in K} \exp(-\mu U_{ml}^{ij}(k'))} \quad \forall i, j, m, l \quad [b10.4a]$$

Onder de voorwaarde dat:



$$\sum_{k \in K} p_{ml}^{ij}(k) = 1 \quad \forall i, j, m, l \quad [\text{b10.4b}]$$

Waarbij  $K$  de set van vertrektijdstippen is, waar  $k$  en  $k'$  onderdeel van uitmaken. Met de formule b10.4a wordt een kansverdeling berekend die vermenigvuldigd met de statische vervoersvraag  $P^{ij}$  en de aandelen naar reizigersmotief en ritafstand, de gewenste dynamische HB – matrix oplevert (formule b10.5a):

$$q_{ml}^{ij}(k) = p_{ml}^{ij}(k) P^{ij} f_m f_l \quad [\text{b10.5a}]$$

Uiteraard onder de volgende twee voorwaarden:

$$P^{ij}(k) = \sum_{m \in M} \sum_{l \in L} q_{ml}^{ij}(k) \quad \forall i, j \quad [\text{b10.5b}]$$

$$P^{ij} = \sum_{k \in K} P^{ij}(k) \quad \forall i, j \quad [\text{b10.5c}]$$

NB: Als invoer van het dynamische toedelingsmodel worden de berekende HB – matrices naar reizigersmotief en ritafstand gesommeerd.

### b2.5. Stap 5: toedeling van de dynamische HB –matrices

De bepaalde dynamische HB – matrices worden toegedeeld aan het netwerk m.b.v. een dynamische toedelingsmodel. De werkelijke reisweerstanden worden berekend en teruggekoppeld aan het gekozen vertrektijdstip. Vervolgens kunnen opnieuw de nutswaarderingen per gekozen vertrektijdstip worden berekend (zie stap 6).

### b2.6. Stap 6: berekening van de nieuwe kansverdeling

Nadat de eerste dynamische toedeling is voltooid worden per HB – relatie  $ij$  de werkelijke reisweerstanden berekend. De formules b10a en b10b worden toegepast om vervolgens per vertrektijdstipperiode  $k$  de werkelijke reiskosten te berekenen. De werkelijke ervaren reiskosten zullen verschillen met de reiskosten die in de voorgaande iteratiestap zijn gebruikt. Met behulp van formule b4a en b4b wordt de nieuwe kansverdeling berekend. Deze kansverdeling ( $p^n(k)$ ) is niet de kansverdeling die het vertrektijdstippatroon aangeeft zoals de reizigers werkelijk vertrekken. De reizigers hebben immers in de eerste iteratiestap al gekozen voor een vertrektijdstip op basis van de free flow reisweerstand. De te gebruiken kansverdeling voor de iteratiestappen  $1 \dots n$  worden berekend met behulp van de MSA methode, zie formule [b10.6a]:

$$p^n(k) = (1 - a^n) p^{n-1}(k) + a^n p^n(k) \quad [\text{b10.6a}]$$

Waarbij:  $a^n = \text{het nummer van de iteratiestap} = \left( \frac{1}{a} \right) 100\% .$

$p^n(k) = \text{kans voor het vertrektijdstip } k \text{ in de } n^{de} \text{ iteratiestap,}$

Onder de voorwaarde voor iedere iteratiestap van:

$$\sum_{k \in K} p_{ml}^{nij}(k) = 1 \quad \forall i, j, m, l \quad [\text{b10.6b}]$$

**b2.7. Stap 7: Wiskundige convergentiegraad**

De nieuw berekende reisweerstand zullen in het algemeen afwijken van de reisweerstand in de voorgaande iteratiestap. Eventueel is een volgende iteratiestap noodzakelijk. Vanwege het vereiste gebruikersevenwicht dienen alle reizigers in de eindsituatie dezelfde reizigerskosten te ervaren ongeacht het gekozen vertrektijdstip. Hierbij dient onderscheid te worden gemaakt tussen twee vormen van convergentie, namelijk:

- een wiskundige convergentiegraad.
- de werkelijke gebruikers evenwichtssituatie (verondersteld d.m.v. het 1<sup>e</sup> Wardrops evenwicht).

Wiskundige convergentie treedt op indien de verschillen tussen de iteratiestappen  $n$  en  $n-1$  beneden een vooraf gestelde waarde zijn gedaald. Voor dit convergentie criterium kunnen de volgende methoden worden toegepast:

- Stop na een vast aantal iteratiestappen: dit garandeert niet dat er voldoende convergentie is opgetreden en wordt hierdoor niet toegepast.
- Stop zodra het verschil tussen de laagste en hoogste reisweerstand, per vertrektijdstipperiode  $k$ , onder een vooraf geëiste waarde uitkomt.

Het tweede criterium vormt de basis voor de wiskundige convergentiefactor. Na uitbreiding van dit criterium wordt m.b.v. de volgende twee stappen de mate van wiskundige convergentie berekend:

**b2.7.1. Stap C1: Berekening van het aantal verschuivingen tussen twee iteratiestappen**

$$Y^n = \sum_k |q^{n-1}(k) - q^n(k)| \quad [b10.7a]$$

Waarbij:  $q(k)$  = aantal vertrekken in iteratiestap  $n$  met vertrektijdstipperiode  $k$ .

$Y^n$  = het totale aantal verschoven vertrekken in iteratiestap  $n$ ,

**b2.7.2. Stap C2: Mate van wiskundige convergentie**

$$wisk\_conv = \left( \frac{Y^n}{Y^{n-1}} \right) 100\% \quad [b10.7b]$$

Waarbij:  $Y^{n-1}$  = het totale aantal verschoven vertrekken in iteratiestap  $n-1$ ;

Indien de wiskundige convergentie beneden een vooraf gesteld percentage is gedaald, is de wiskundige convergentie voltooid. Het werkelijke veronderstelde gebruikersevenwicht kan worden gecontroleerd m.b.v. de stappen die beschreven worden in paragraaf b2.7.3. en b2.7.4.

**B2.7.3. Stap E1: Berekening totale extra reizigerskosten**

Per iteratiestap is met de volgende formule de totale extra reizigerskosten berekend:

$$S_{tot\_n} = \sum_{ijml} \sum_{kr} |S_{mlr}^{ij}(k) - \bar{S}_{mlr}^{ij}(k')| q_{mlr}^{ij}(k) \quad [b10.8a]$$

Waarbij:  $S_{mlr}^{ij}(k)$  = de werkelijke reizigerskosten voor de reiziger vanaf herkomst  $i$  met bestemming  $j$ , reizigersmotief  $m$ , ritafstand  $l$  en vertrektijdstipperiode  $k$ .

$\bar{S}_{mlr}^{ij}(k')$  = de minimale reizigerskosten voor de reiziger vanaf herkomst  $i$  met bestemming  $j$ , reizigersmotief  $m$ , ritafstand  $l$  en vertrektijdstipperiode  $k'$ .

$q_{mlr}^{ij}(k)$  = het aantal reizigers vanaf herkomst  $i$  met bestemming  $j$ , reizigersmotief  $m$ , ritafstand  $l$  en vertrektijdstipperiode  $k$ .

#### **b2.7.4. Stap E2: Berekening van de convergentiegraad van het veronderstelde gebruikersevenwicht**

De uiteindelijke convergentiegraad van het veronderstelde gebruikersevenwicht wordt berekend met de formule:

$$\text{Converg\_graad} = \frac{S_{\text{tot\_}n}}{S_{\text{tot\_}n-1}} * 100\% \quad [\text{b10.8b}]$$

Waarbij:  $S_{\text{tot\_}n}$  = totale extra reizigerskosten iteratiestap  $n$ .  
 $S_{\text{tot\_}n-1}$  = totale extra reizigerskosten iteratiestap  $n - 1$ ,

De exacte waarde van de convergentiegraad zal bepaald worden voor de casestudie.

#### **b2.8. Stap 8: evaluatie met de werkelijkheid**

Nadat de wiskundige convergentie is bereikt dienen de berekende verplaatsingen te worden vergeleken met het vertrektijdstip en/of het verplaatsingspatroon in de werkelijke situatie. Voor de evaluatie met de werkelijkheid kunnen de volgende twee situaties worden onderscheiden:

- A) Een congestieloze situatie, dit correspondeert met de Preferred Situation.
- B) Een congestierijke situatie waarbij een gedeelte van de reizigers zijn vertrektijdstip heeft aangepast als reactie op de toegenomen reisweerstand.

Voor de casestudie worden de gemodelleerde vertrektijdstippatronen vergeleken met de vertrektijdstippatronen ontleend aan het OVG, waarbij de gemeten verkeersintensiteiten op het meetpunt van de A10 worden gebruikt als invoervariabele. Met formule [b10.10] wordt een nauwkeurighedsfactor berekend dat het percentage verplaatsingen aangeeft dat foutief gemodelleerd is:

$$\left( \frac{\sum_{ijkl} \frac{|q_{ml}^{ij}(k) - h_{ml}^{ij}(k)|}{2}}{P^{ij}} \right) * 100 \leq \text{nauwkeurighedsfactor} \quad [\text{P10.10}]$$

Waarbij:  $q_{ml}^{ij}(k)$  = gemodelleerde aantal vertrekken / verplaatsingen met vertrektijdstipperiode  $k$ , met herkomst  $i$  en bestemming  $j$ , reizigersmotief  $m$ , ritafstand  $l$ .

$h_{ml}^{ij}(k)$  = werkelijke aantal vertrekken / verplaatsingen met vertrektijdstipperiode  $k$ , met herkomst  $i$  en bestemming  $j$ , reizigersmotief  $m$ , ritafstand  $l$ ,

Als de geëiste nauwkeurigheid niet wordt bereikt kunnen aan de volgende onderdelen wijzigingen worden aangebracht in het iteratieproces:

- 1) Aanpassing van het vertrektijdstipkeuzemodel.
- 2) Aanpassing van de kostenfunctie die de werkelijke reiskosten berekent (dit kan onder andere door de *PDT* - en *PAT* patronen aan te passen).
- 3) Aanpassing van de eisen t.a.v. de wiskundige convergentie.
- 4) Aanpassing van de eisen t.a.v. de evaluatie met de werkelijkheid.
- 5) Het gebruikte dynamische toedelingsmodel onderzoeken op een mogelijke inconsistentie.

Bij deze laatste stap van het iteratieproces dient vermeld te worden dat de wijzigingen 2 en 5 eigenlijk niet optioneel zijn. Met behulp van het OVG worden immers de *PDT* en *PAT* -patronen bepaald die als basisaanname worden gebruikt voor de ontwikkeling van het



vertrektijdstipkeuzemodel. Voor het dynamische toedelingsmodel geldt dat met de huidige verkeer- en vervoersmodellen niet mag worden aangenomen dat ze beperkingen hebben die door aanvulling met het vertrektijdstipkeuzemodel zal leiden tot incorrecte modelresultaten. Indien de wijzigingen geleid hebben tot voldoende nauwkeurige modelresultaten is de modellering voltooid en is het te ontwikkelen vertrektijdstipkeuzemodel bruikbaar.

#### ***b2.8.1. Opmerking convergentie en evaluatie met de werkelijkheid***

Hierbij komt direct een interessant detail aan het licht. Indien de wiskundige convergentie bereikt is wil dit niet automatisch impliceren dat de berekende verplaatsingen ook consistent zijn met de werkelijke verplaatsingen gemeten op het verkeersnetwerk. Als de verschillen erg groot zijn moet overwogen worden wat de voorkeur heeft: wiskundige convergentie of modellering van de werkelijke situatie. Indien dit blijkt op te treden in de casestudie zal deze keuze verder worden uitgewerkt.

### **b3. Casestudie**

Na de formulering van de wiskundige formules worden deze getoetst middels een casestudie, hierbij is gebruik gemaakt van het spreadsheetprogramma Excel. Er is gekozen voor de vereenvoudiging tot slechts één HB – relatie die verbonden is middels één route omdat:

- Tot op heden vinden nog weinig theoretische modellen een toepassing in de praktijk, hierdoor kan geen gebruik worden gemaakt van een bestaand keuzemodel dat uitgebreid kan worden.
- Eerst zal middels een analyse van het OVG bewezen moeten worden of deze data geschikt bevonden wordt voor de ontwikkeling van een vertrektijdstipkeuzemodel.

De subparagraaf b3.1 beschrijft de modelopbouw en de gedefinieerde situaties. De hiervoor benodigde invoer en gewenste uitvoer wordt beschreven in subparagraaf b3.2. De eindresultaten van de OVG – analyse wordt toegelicht in subparagraaf b3.3. Voor de meer uitvoerige analyse van het OVG wordt verwezen naar paragraaf b6. De eindresultaten van de casestudie worden beschreven in de laatste subparagraaf b3.4.

#### **b3.1. Modelopbouw**

Er is gekozen voor het spreadsheetprogramma Excel omdat dit programma relatief snel inzicht geeft in de gevoeligheden van de diverse gestelde parameters en zich uitstekend leent tot de ontwikkeling van eenvoudige wiskundige modellen. Alle wiskundige formules die beschreven zijn in paragraaf 0, zijn opgenomen in Excel. Analyse van de OVG – data zal moeten uitwijzen wat de tijdsduur van de diverse te onderscheiden vertrektijdstipperioden en de hoeveelheid toe te passen segmentatiemethoden zijn. Drie belangrijke aandachtspunten worden verder belicht:

##### ***b3.1.1. Gebruikte parameters***

Voor de toepassing van het vertrektijdstipkeuzemodel worden de volgende parameters bepaald:

- De te gebruiken situaties, te weten de zogenaamde Preferred en Congested Situation.
- Voor beide situatie de totale statische vervoersvraag  $P^{ij}$ .
- De tijdsduur van de gedefinieerde vertrektijdstipperioden.
- Verdeling van de reizigersmotieven en ritafstanden over de te gebruiken vertrektijdsperioden.
- $PDT$  - (patroon) naar reizigersmotief en ritafstand.
- $PAT$  - (patroon) naar reizigersmotief en ritafstand.
- De waarderingsfactoren  $\alpha, \beta, \gamma$ .
- $\mu$ , De schaalfactor in de logit – formule (het is niet zeker of deze factor ook daadwerkelijk direct uit het OVG kan worden bepaald).

##### ***b3.1.2. Definiëring van de gebruikte situaties***

Voor de modellering van de aanpassing van het vertrektijdstip, zijn de volgende twee maatgevende situaties gedefinieerd:

- **Preferred Situation:** situatie waarbij “alle” reizigers hun gewenste vertrektijdstip kiezen. Free flow wordt verondersteld zodat gearriveerd wordt op het gewenste aankomsttijdstip.

- **Congested Situation:** situatie waarbij het maximale aantal reizigers hun vertrektijdstip heeft aangepast als reactie op de toegenomen reisweerstand. Alleen in de eerste in laatste vertrektijdstopperiode is free flow nog mogelijk.

De modellering is gebaseerd op een verschuiving van het vertrektijdstippatroon van de Preferred naar de Congested Situation. Als eerste dienen dan ook deze Situations te worden bepaald m.b.v. het OVG.

### b3.1.3. Reisweerstandsfunctie

Arnott, de Palma en Lindsey veronderstellen de reistijd als enige variabele voor de berekening van de reisweerstand. Voor de berekening van de reistijd met het programma Excel is gekozen voor de reistijd – dichtheid relatie van Smulders (zie formule b11). Deze formule berekent de rijnsnelheid van de voertuigen die aan het netwerk worden toegedeeld als relatie van de voertuigen die reeds op het netwerk aanwezig zijn. Met behulp van de ritafstand en de berekende rijnsnelheid kan de reistijd worden berekend, welke een variabele is voor de nutsfunctie van Arnott, de Palma en Lindsey.

$$v_a(\rho_a) = \begin{cases} v_a^{\max} \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_a^{\max}}\right) & 0 \leq \rho_a \leq \rho_a^{\text{krit}} \\ v_a^{\max} \rho_a^{\text{krit}} \left(\frac{1}{\rho_a} - \frac{1}{\rho_a^{\max}}\right) & \rho_a^{\text{krit}} < \rho_a \leq \rho_a^{\max} \end{cases} \quad [\text{b10.11}]$$

Waarbij:

- $v_a$  = snelheid op wegvak  $a$ .
- $\rho_a$  = dichtheid op wegvak  $a$ .
- $v_a^{\max}$  = maximale snelheid op wegvak  $a$ .
- $\rho_a^{\text{krit}}$  = kritieke dichtheid op wegvak  $a$ .
- $\rho_a^{\max}$  = maximale dichtheid op wegvak  $a$ ,

### b3.2. Geselecteerde OVG data (benodigde karakteristieken per verplaatsing)

De volgende karakteristieken worden m.b.v. het OVG toegekend aan elke geselecteerde verplaatsing:

- Vertrek- en of aankomsttijdstip (hieruit kan de reistijd worden berekend).
- Maand en jaartal van de verplaatsing.
- Ritafstand (in km, dit een door de reizigers zelf opgegeven waarde).
- Reizigersmotief (het OVG maakt onderscheid naar negen reizigersmotieven).

Door deze toekenning kan per gedefinieerde tijdsperiode het aantal vertrekken respectievelijk het aantal aankomsten worden berekend. Op deze wijze wordt een zogenaamde reizigersverdeling van de tijdsperiode 6:00-10:00 uur bepaald. Ondanks dat er jaarlijks 75.000 huishoudens worden geënquêteerd, en er zodoende 200.000 verplaatsingen worden genoteerd, komt al een gedeelte van de verplaatsingen niet in aanmerking omdat deze niet aan de bovenstaande eisen voldoen. Omdat iedere segmentatie dataverlies betekent dienen er daarom niet een onbeperkte hoeveelheid segmentaties te worden toegepast.

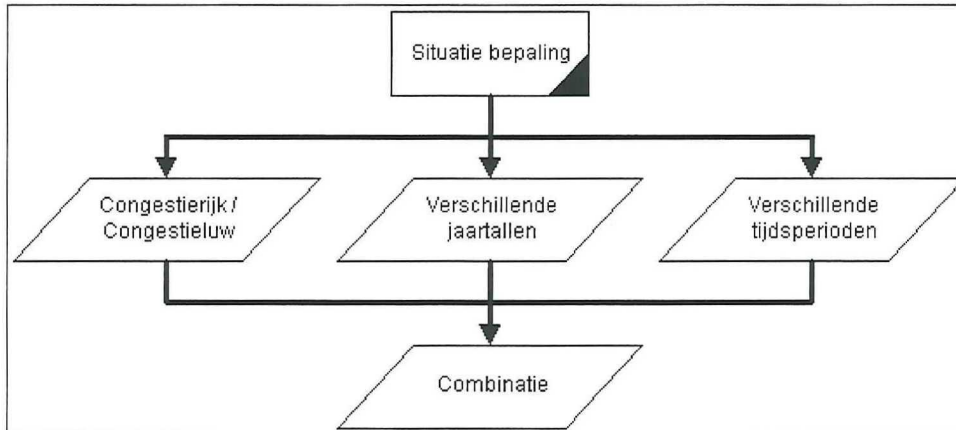
#### b3.2.1. Methoden voor de bepaling van de maatgevende Situations

Voor de bepaling van de maatgevende Situations worden de volgende methoden gehanteerd:

- Congestierijke versus congestieluwe gebieden.
- Onderscheid naar verschillende jaartallen.
- Onderscheid naar verschillende tijdsperiodes van het jaar.
- Combinatie van bovenstaande methoden.

De vier toegepaste methoden worden getoond in figuur b10.2. In de navolgende subparagrafen wordt elke onderscheidingsmethode nader toegelicht.





Figuur b10.2: overzicht rekenmethoden voor de bepaling van de Preferred en Congested Situation

### **b3.2.2. I: Congestierijke versus congestieluwe gebieden**

De eerste aanname is dat in congestieluwe gebieden reizigers meer hun gewenste vertrektijdstip zullen kiezen (door de geringere verkeersintensiteit) dan reizigers in congestierijke gebieden. In principe is hier geen sprake van congestierijke en/of congestieluwe gebieden, maar van verplaatsingen die een congestierijke respectievelijk congestieluwe bestemmingsplaats hebben. Indien bewezen wordt dat de verdeling naar reizigersmotief en ritafstand in beide gebieden gelijk is, kan worden aangenomen dat de reizigers in congestierijke gebieden eenzelfde vertrektijdstippatroon zouden prefereren als reizigers in de congestieluwe gebieden. Te verwachten is echter dat reizigers in congestierijke gebieden reeds hun vertrektijdstip hebben aangepast in de loop der jaren door de toegenomen verkeersintensiteit. Voor dit onderzoek zijn de volgende congestierijke respectievelijk congestieluwe gebieden (verplaatsingen) gedefinieerd:

- Congestierijke gebieden: verplaatsingen met de plaatsen Amsterdam, Den Haag, Rotterdam, Eindhoven en/of Utrecht als bestemming.
- Congestieluwe gebieden: opgemerkt dient te worden dat congestieluwe verplaatsingen nauwelijks zijn te definiëren, congestieluwe steden bestaan immers niet. Gesteld is dat alle verplaatsingen binnen de provincies Drenthe, Friesland, Groningen, Limburg, Overijssel en Zeeland aangemerkt kunnen worden als zijnde congestieluwe verplaatsingen.

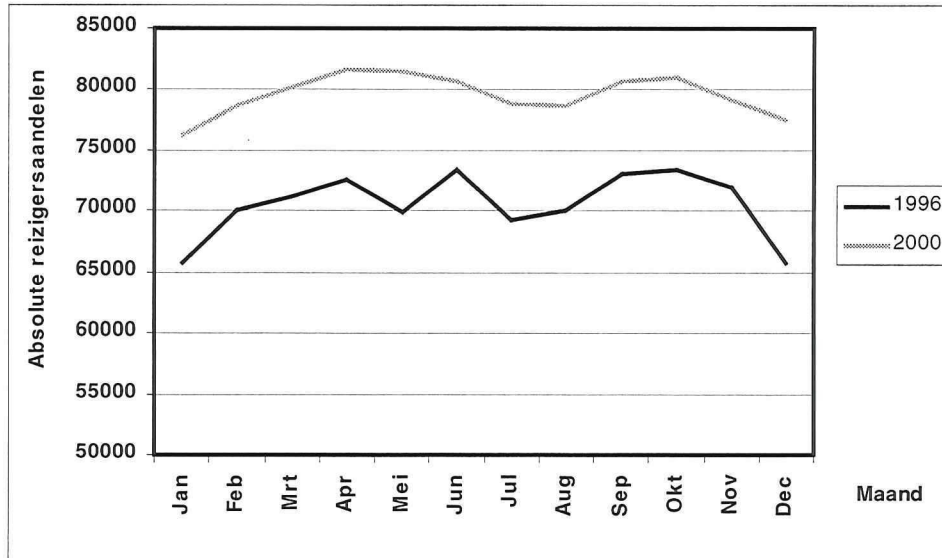
### **b3.2.3. II: Onderscheid naar verschillende jaartallen**

Een tweede aanname om de beide situaties te onderscheiden, vormt het jaartal voor hetzelfde studiegebied. Het is algemeen bekend dat de verkeersintensiteit in de afgelopen decennia sterk is gegroeid. Indien voor een congestierijk gebied naar het vertrektijdstippenpatroon van een aantal jaren terug wordt gekeken is het misschien mogelijk om het meer gewenste vertrektijdstippenpatroon te kunnen waarnemen (uiteraard kan dezelfde rekenmethode kan worden gehanteerd voor het aankomsttijdstippenpatroon). Vanwege de niet volledige beschikbaarheid van het OVG is slechts onderscheid gemaakt tussen de jaartallen 1996 en 2000.

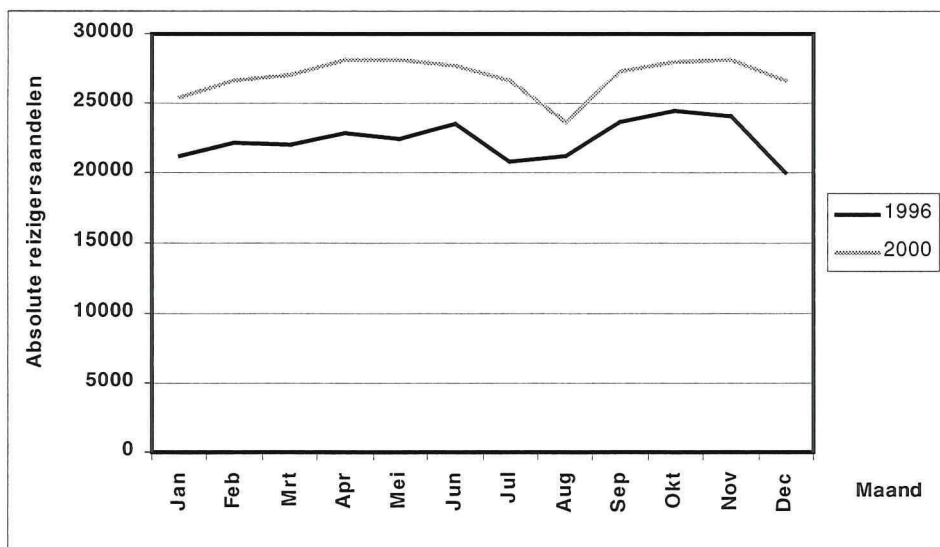
### **b3.2.4. III: Drukke versus rustige tijdsperiode van het jaar**

De derde aanname is gebaseerd op een verondersteld verschil naar reizigersgedrag tussen de drukke (Congested Situation) en rustige (Preferred Situation) perioden van het jaar. Figuur b10.3 toont de reizigersaantallen per maand voor het meetpunt Delft zuid – Berkel & Rodenrijs voor de jaren 1996 en 2000. Dit meetpunt is gesitueerd in een zeer congestierijk gebied. Figuur b10.4 toont de reizigersverdeling voor een congestieluw gebied (meetpunt Zuidlaren - Eelde).





Figuur b10.3: Gemiddelde aantal reizigers (per werkdag) per maand van 1996 en 2000 in het congestierijke gebied (meetpunt Delft zuid – Berkel & Rodenrijs, bron MTR)



Figuur b10.4: Gemiddelde aantal reizigers (per werkdag) per maand van 1996 en 2000 in het congestierijke gebied (meetpunt Zuidlaren - Eelde, bron MTR)

Beide figuren onderbouwen de aanname dat de verkeersintensiteit in vier jaar tijd is gestegen. Gelet op het congestierijke gebied zijn er meerdere “rustigere” maanden te onderscheiden, te weten december/januari en juli/augustus. Te verwachten is dat in juli/augustus het minste woon – werkverkeer aanwezig is op het HWN vanwege de zomervakantie. De lage verkeersintensiteiten in december/januari kunnen verklaard worden door de vele vrije dagen die nog over zijn en de Kerstperiode. Eenzelfde beeld is zichtbaar voor het congestieluwe gebied, al zijn de schommelingen geringer. Voor dit onderzoek zijn de maanden juli/augustus aangemerkt als rustige periode en de maanden maart/april als de drukke maanden van het jaar.

#### **b3.2.5. IV: Combinatie van bovenstaande rekenmethoden**

Door een combinatie van de rekenmethoden I t/m III kunnen de Preferred en Congested Situation mogelijk nog beter worden onderscheiden. De gegevens uit het OVG zijn gebaseerd op steekproeven die met behulp van speciale wegings- en ophogingsfactoren zijn verhoogd.

**b3.2.6. Geselecteerde OVG data**

Uit het OVG zijn die reizigers geselecteerd die voldoen aan de volgende criteria:

- 1) Autoverplaatsingen met vertrektijdstippen tussen 06:00 en 10:00 's ochtends.
- 2) De verplaatsingen dienen een minimale ritlengte te hebben van 15 kilometer.
- 3) De verplaatsingen dienen te worden gemaakt in de maanden maart/april of juli/augustus in de jaren 1996 of 2000.
- 4) Alleen de verplaatsingen in de congestierijke en congestieluwe gebieden worden geselecteerd.

**b3.3. OVG – analyse**

De doelstelling van de OVG – analyse is om de Preferred en Congested Situation te kunnen bepalen. Op basis van de methoden die beschreven staan in paragraaf 0, is allereerst voor iedere methode de steekproefomvang bepaald. De tweede subparagraaf beschrijft de vertrektijdstippatronen van het congestierijke en het congestieluwe gebied. De 3<sup>e</sup> en 4<sup>e</sup> subparagraaf beschrijven een verder segmentatie naar reizigersmotief respectievelijk ritafstand. De te gebruiken Situations met bijbehorende *PDT* - en *PAT* (patronen) worden in de laatste subparagraaf beschreven.

**b3.3.1. Steekproefomvang**

Ondanks het feit dat er jaarlijks 75.000 huishoudens worden geënquêteerd zijn door de vele uitgevoerde segmentaties de steekproefomvang niet bijzonder groot (zie tabel b10.1).

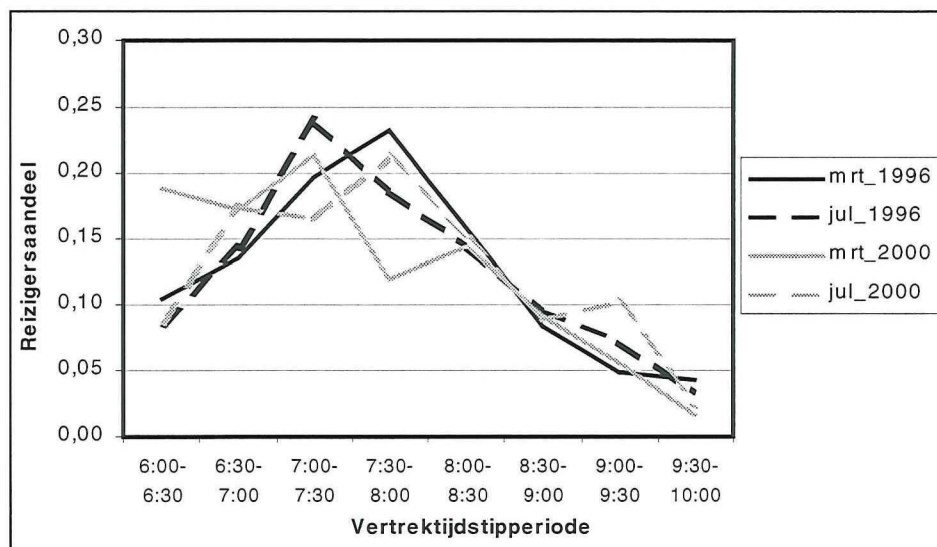
|                         | Congestierijk gebied |         |         |         | Congestieluw gebied |         |         |         |
|-------------------------|----------------------|---------|---------|---------|---------------------|---------|---------|---------|
|                         | 1996                 |         | 2000    |         | 1996                |         | 2000    |         |
|                         | Mrt/apr              | Jul/aug | Mrt/apr | Jul/aug | Mrt/apr             | Jul/aug | Mrt/apr | Jul/aug |
| <b>Vertrektijdstip</b>  | 351                  | 291     | 289     | 261     | 592                 | 451     | 536     | 409     |
| <b>Aankomsttijdstip</b> | 334                  | 275     | 287     | 218     | 502                 | 442     | 479     | 389     |

Tabel b10.1: De steekproefomvang van de OVG data selecties

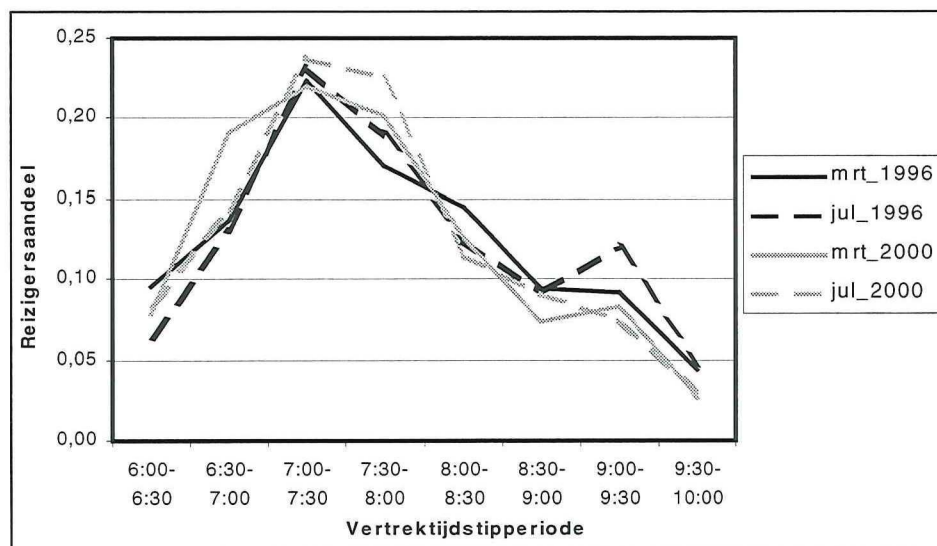
Geconcludeerd kan worden dat modellering van de aanpassing van het vertrektijdstip op een continue tijdsschaal niet mogelijk is met de geselecteerde dataset. In eerste instantie is gekozen voor vertrektijdstipperiodes van 15 minuten. Het verloop van de reizigersaandelen per tijdsperiode bleek echter veel te grimmig waardoor de vertrektijdstipperiodes is verlengd tot 30 minuten.

**b3.3.2. Vertrektijdstippatronen van de ochtendspitsperiode**

Voor de uitwerking van de casestudie zijn niet het aantal reizigers per vertrektijdstip van belang, maar de percentages (verder gesegmenteerd naar reizigersmotief en ritafstand) per vertrektijdstipperiode. De figuren b10.5 en b10.6 tonen de reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode van 30 minuten voor het congestierijke respectievelijk het congestieluwe gebied per situatie (de maanden maart en april zijn aangegeven als maart, en de maanden juli en augustus zijn aangegeven als juli).



Figuur b10.5: Reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode voor het congestierijke gebied waarbij onderscheid is gemaakt naar vier situaties (bron OVG 1996, 2000)



Figuur b10.6: Reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode voor het congestieluwe gebied waarbij onderscheid is gemaakt naar vier situaties (bron OVG 1996, 2000)

In het congestierijke gebied zijn duidelijke verschillen waarneembaar tussen de vier situaties. In 1996 verkiest een klein percentage reizigers een iets later vertrektijdstip in de maanden maart/april dan in juli/augustus (deze verschillen zijn echter nog vrij miniem). In 2000 blijken de reizigers in maart/april de voorkeur te geven aan een eerder vertrektijdstip dan in juli/augustus. Als tweede kan worden opgemerkt dat het aandeel reizigers dat zich aanpast veel groter is.

Opvallend is dat de aanpassingen zich beperken tussen 6:00 – 8:30 uur. Dit kan verklaard worden door de geringe reizigersaandelen na 8:30 uur en de “vaste aankomsttijden”. Dit laatste kan worden onderbouwd door deze analyse ook uit te voeren voor de reizigerspercentages per aankomstperiode van 30 minuten (hiervoor wordt verwezen naar de figuren b10.20 en b10.21). De verschillen in de congestieluwe gebieden zijn veel geringer alhoewel voor het jaar 2000 ook hier de eerste tekenen zijn waar te nemen van een afvlakking van de spitsperiode, met wederom een verschuiving naar een vroegere vertrektijdstipperiode.



**b3.3.3. Segmentatie naar reizigersmotief**

Het OVG maakt onderscheid naar negen typen reizigersmotieven. Na analyse van figuur 2.1 en na berekening van de steekproefomvang is geconcludeerd dat alleen onderscheid wordt gemaakt naar de reizigersmotieven: woon – werk, zakelijk, sociaal recreatief en overig. De tabellen b10.2 en b10.3 tonen de reizigersmotiefaandelen van de maanden mrt/apr en jul/aug, waarbij de verplaatsingen zijn toegekend aan het vertrek- en respectievelijk het aankomsttijdstip.

|                 | Congestierijk gebied |         |         |         | Congestieluw gebied |         |         |         |
|-----------------|----------------------|---------|---------|---------|---------------------|---------|---------|---------|
|                 | 1996                 |         | 2000    |         | 1996                |         | 2000    |         |
|                 | Mrt/apr              | Jul/aug | Mrt/apr | Jul/aug | Mrt/apr             | Jul/aug | Mrt/apr | Jul/aug |
| Reizigersmotief |                      |         |         |         |                     |         |         |         |
| Woon – werk     | 0.77                 | 0.78    | 0.81    | 0.72    | 0.68                | 0.66    | 0.73    | 0.67    |
| Zakelijk        | 0.10                 | 0.05    | 0.09    | 0.12    | 0.09                | 0.05    | 0.11    | 0.10    |
| Recreatief      | 0.03                 | 0.04    | 0.03    | 0.03    | 0.08                | 0.08    | 0.03    | 0.08    |
| Overig          | 0.10                 | 0.10    | 0.07    | 0.14    | 0.15                | 0.21    | 0.14    | 0.15    |
| Totaal          | 1.00                 | 1.00    | 1.00    | 1.00    | 1.00                | 1.00    | 1.00    | 1.00    |

Tabel b10.2: Reizigersmotiefaandelen van de totale ochtendspits voor alle mogelijke situaties (toegekend naar vertrektijdstip)

|                 | Congestierijk gebied |         |         |         | Congestieluw gebied |         |         |         |
|-----------------|----------------------|---------|---------|---------|---------------------|---------|---------|---------|
|                 | 1996                 |         | 2000    |         | 1996                |         | 2000    |         |
|                 | Mrt/apr              | Jul/aug | Mrt/apr | Jul/aug | Mrt/apr             | Jul/aug | Mrt/apr | Jul/aug |
| Reizigersmotief |                      |         |         |         |                     |         |         |         |
| Woon – werk     | 0.82                 | 0.83    | 0.86    | 0.78    | 0.75                | 0.73    | 0.78    | 0.75    |
| Zakelijk        | 0.09                 | 0.04    | 0.07    | 0.10    | 0.07                | 0.05    | 0.09    | 0.09    |
| Recreatief      | 0.01                 | 0.02    | 0.01    | 0.01    | 0.05                | 0.04    | 0.02    | 0.06    |
| Overig          | 0.08                 | 0.11    | 0.06    | 0.10    | 0.10                | 0.18    | 0.11    | 0.10    |
| Totaal          | 1.00                 | 1.00    | 1.00    | 1.00    | 1.00                | 1.00    | 1.00    | 1.00    |

Tabel b10.3: Reizigersmotiefaandelen van de ochtendspits voor alle mogelijke situaties (toegekend naar aankomsttijdstip)

In alle situaties heeft het reizigersmotief woon – werk verreweg het grootste aandeel. Dit varieert tussen de waarden 0,66 en 0,86. De verschillen tussen de waarden uit de 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> tabel worden veroorzaakt door:

- Zeker in congestierijke gebieden geldt dat een gedeelte van het woon – werkverkeer al voor 06:00 uur de woning heeft verlaten en dus niet wordt opgenomen in de 1<sup>e</sup> tabel als zijnde een verplaatsing.
- Voor de andere reizigersmotieven geldt dat een gedeelte wel de woning heeft verlaten maar nog niet is gearriveerd op de aankomstlocatie.

NB1: De verklaringen kunnen worden onderbouwd door analyse van figuur 2.1. Hieruit blijkt dat in het laatste uur van de ochtendspitsperiode de niet woon – werkaandelen het grootste aandeel hebben. Veel van deze reizigers arriveren echter niet voor 10:00 uur op plaats van bestemming en zijn daarom niet opgenomen in de 2<sup>e</sup> tabel.

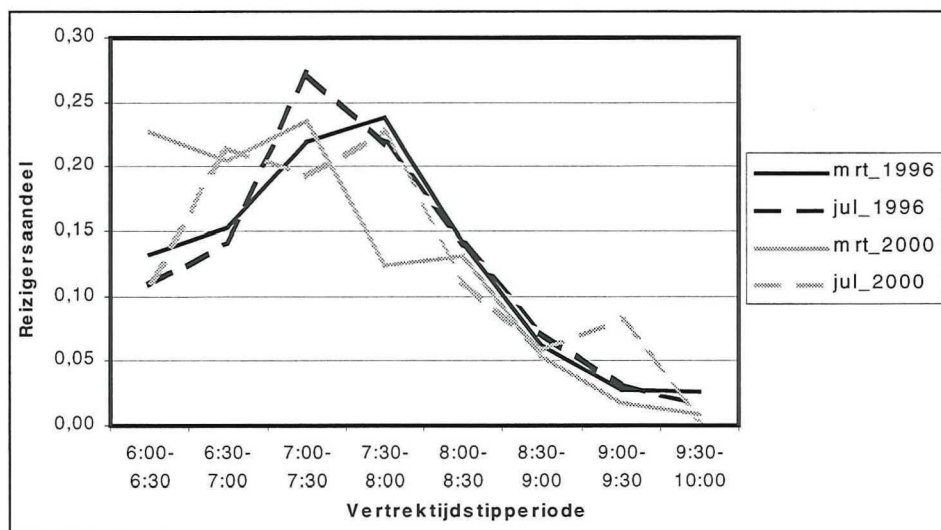
Een gewijzigde motiefindeling in 1999 vormt de verklaring voor de grote verschillen tussen de jaren 1996 en 2000 voor het reizigersmotief overig. Uit de tabellen blijkt dat:

- **I: Onderscheid naar congestierijke versus congestieluwe gebieden:** Zowel voor de aandelen vertrekken als aankomsten geldt dat het reizigersmotief woon – werk in de congestierijke gebieden een groter aandeel heeft dan in de congestieluwe gebieden. Dit gaat vooral ten koste van het recreatieve en overige verkeer. Deze typen worden door het woon – werk en het zakelijk verkeer als het ware buiten de spitsperiode geduwd omdat er onvoldoende

capaciteit is voor de totale vervoersvraag. Het kleinere absolute aantal reizigers dat zich wil verplaatsen vormt een mogelijke tweede verklaring.

- **II: Onderscheid naar de verschillende jaartallen:** De totale vervoersvraag was in het jaar 1996 in alle situaties geringer dan in 2000. Vanwege een nagenoeg identieke capaciteit in beide jaren is te verwachten dat in 1996 het aandeel woon – werk lager is dan in het jaar 2000. Deze aanname wordt bevestigd door alle situaties behalve voor de situaties in een congestierijke gebied van de maanden jul/aug. Dit kan mogelijk worden verklaard door de kleine steekproefomvang als ook door een zomer waarin veel reizigers vrij hadden.
- **III: Drukke versus rustige tijdsperiode van het jaar:** Voor het jaar 1996 is dit onderscheid nauwelijks zichtbaar (zeker indien alleen het woon – werkverkeer wordt geanalyseerd). Het tegenovergestelde geldt voor het jaar 2000. Doordat de capaciteit in het jaar 2000 te gering is t.o.v. de totale vervoersvraag in de maanden mrt/apr, zijn veel niet woon – werkverplaatsingen uit de ochtendspitsperiode geduwd. In de maanden jul/aug komt een gedeelte van deze vervoersvraag weer terug. In congestierijke gebieden is dit beeld duidelijker zichtbaar dan in congestieluwe gebieden.
- **IV: Combinatie van bovenstaande rekenmethoden:** Alle mogelijke combinaties staan reeds vermeld in de tabellen b10.2 en b10.3. Uit een eerste analyse blijkt dat in vier jaar tijd er al zeer duidelijke verschillen waarneembaar zijn m.b.v. OVG onderzoek voor de ochtendspitsperiode.

Gelet op de beperkte steekproefomvang en de reizigersaandelen van het niet woon – werkverkeer uit de tabellen b10.2 en b10.3, kan er geconcludeerd worden dat het haast onmogelijk is om de casestudie uit te werken waarbij onderscheid gemaakt wordt naar vier reizigersmotieven. Om deze stelling te onderbouwen is per vertrek- en aankomsttijdsperiode van 30 minuten een overzicht gemaakt van de diverse te onderscheiden reizigersaandelen. Vanwege het grote aantal grafieken toont figuur b10.7 een voorbeeldgrafiek dat de relatieve reizigersaandelen per vertrektijdsperiode van het reizigersmotief woon – werk voor een congestierijk gebied toont. De overige 15 grafieken zijn allen opgenomen als de figuren b10.22 t/m b10.36. Elke grafiek toont vier curven die overeenkomen met de maanden mrt/apr en jul/aug van 1996 respectievelijk 2000.



Figuur b10.7: Woon - werkaandelen per vertrektijdsperiode voor het congestierijke gebied

Voor de onderlinge vergelijking en toepasbaarheid van de grafieken zijn de volgende beoordelingsmethoden opgesteld:

- 1) **Waardeberekening:** Berekening van het gemiddelde, het maximale en het minimale reizigersaandeel van de totale ochtendspitsperiode van de te beoordelen grafiek (deze waarden zijn getoond in tabel b10.2 en b10.3).
- 2) **Gewichtsbepaling:** Plaatsbepaling van het “zwaartepunt (=grootste reizigersaandeel)” van de curven gedurende de totale ochtendspitsperioden, keuze uit de pre (6:00 – 7:00 uur), center (7:00 – 8:30 uur) en post (8:30 – 10:00 uur).



- 3) Grilligheid van de curven: Dit geeft een indicatie voor de schommelingen van de individuele waarden gedurende de totale ochtendspitsperiode. Het getal geeft het aantal curven aan dat veel grilligheden vertonen.
- 4) Rekensituatie: Op basis van elke grafiek wordt een Preferred dan wel Congested Situation bepaald. Verondersteld is dat in de Preferred Situation een duidelijke piekvorm aanwezig is. In de Congested Situation is gezocht naar een duidelijke verschuiving t.o.v. de Preferred Situation, dit kan afvlakking beteken, als ook een horizontale verschuiving over de tijdsas.

In tabel b10.4 zijn de resultaten van deze vergelijkingen opgenomen.

| Toekenning verplaatsingen | Studiegebied | Reizigersmotief | Totale aandeel | Minimale aandeel | Maximale aandeel | Gewichtsbepaling | Grilligheid | Preferred Situation   | Congested Situation |
|---------------------------|--------------|-----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|-------------|-----------------------|---------------------|
| Vertrek                   | Cong Rijk    | W-W             | 0.77           | 0.72             | 0.81             | Pre / Cen        | 1           | Jul 2000              | Mrt 2000            |
|                           |              | Zak             | 0.09           | 0.05             | 0.02             | Cen              | 4           | n.t.p.                | n.t.p.              |
|                           |              | Recrea          | 0.03           | 0.02             | 0.04             | Post             | 2           | Jul 2000              | Mrt 2000            |
|                           |              | Overig          | 0.11           | 0.07             | 0.14             | Cen              | 2           | Jul 2000              | Mrt 2000            |
|                           | Cong luw     | W-W             | 0.68           | 0.72             | 0.66             | Pre / Cen        | 0           | Jul 2000              | Mrt 2000            |
|                           |              | Zak             | 0.09           | 0.05             | 0.11             | Cen              | 4           | n.t.p.                | n.t.p.              |
|                           |              | Recrea          | 0.07           | 0.03             | 0.09             | Post             | 2           | Jul 2000              | Mrt 2000            |
|                           |              | Overig          | 0.16           | 0.14             | 0.21             | Cen / Pre        | 1           | Jul 1996 <sup>2</sup> | Mrt 2000            |
| Aankomst                  | Cong rijk    | W-W             | 0.82           | 0.78             | 0.86             | Cen              | 1           | Jul 1996              | Mrt 2000            |
|                           |              | Zak             | 0.07           | 0.04             | 0.01             | Cen / Post       | 4           | n.t.p.                | n.t.p.              |
|                           |              | Recrea          | 0.01           | 0.01             | 0.02             | Post             | 4           | n.t.p.                | n.t.p.              |
|                           |              | Overig          | 0.08           | 0.05             | 0.11             | Cen / Post       | 4           | Jul 2000              | Mrt 2000            |
|                           | Cong luw     | W-W             | 0.75           | 0.72             | 0.79             | Cen              | 0           | Jul 2000              | Mrt 2000            |
|                           |              | Zak             | 0.08           | 0.04             | 0.10             | Cen / Post       | 4           | n.t.p.                | n.t.p.              |
|                           |              | Recrea          | 0.04           | 0.02             | 0.06             | Post             | 0           | Jul 2000              | Nrt 2000            |
|                           |              | Overig          | 0.10           | 0.10             | 0.18             | Cen / Post       | 1           | Jul 2000              | Mrt 2000            |

Tabel b10.4: Overzichtstabel van de beoordelingsmethoden van de grafieken behorende bij het OVG onderzoek naar de reizigersmotiefaandelen per tijdsperiode (ntp = niet te bepalen).

Uit tabel b10.4 kan worden geconcludeerd:

- 1) De reizigersverdeling van het woon - werkverkeer toont weinig grilligheden en de twee maatgevende situaties kunnen duidelijk worden gedefinieerd (Juli/Augustus zijn representatief voor de Preferred Situation en Maart/April zijn representatief voor de Congested Situation).
- 2) Ondanks het relatief grote aandeel van het zakelijke verkeer is er geen Preferred en Congested Situation te bepalen, de curven vertonen hiervoor te veel grilligheden (dit geldt ook voor de reizigersmotieven recreatief en overig). Een verdere segmentatie naar ritafstand kan dit probleem mogelijk verhelpen.
- 3) Een tweede probleem van de beperkte steekproefomvang vormt de verschillende reizigersaantallen van de totale ochtendspitsperiode. Naast de verschuivingen binnen de

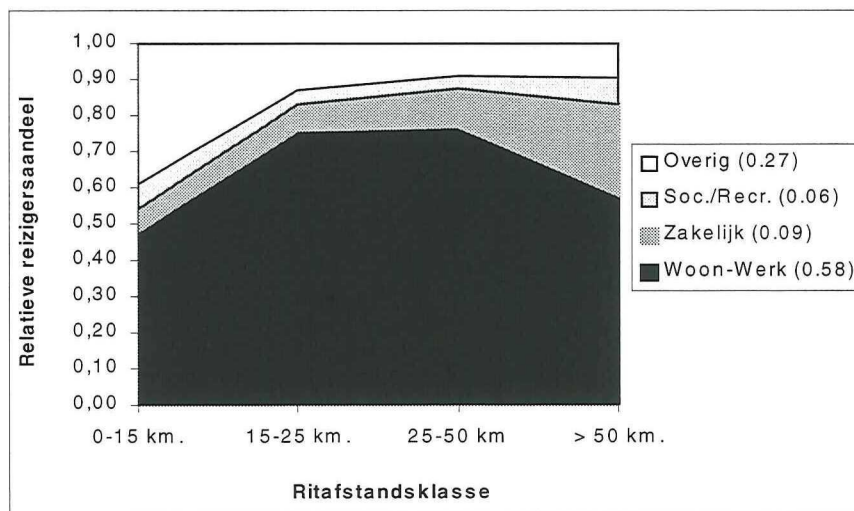
<sup>2</sup> 1996 is representatiever gevonden dan het jaar 2000 omdat het geanalyseerde vertrektijdstippatroon minder schommelingen toont.



spitsperiode treden er ook verschuivingen naar de dalperioden op. Een mogelijke oplossing hiervoor is de toevoeging van nog twee tijdsperioden, één voor en één na de ochtendspits. Dit reikt echter te ver op dit moment.

#### b3.3.4. Segmentatie naar ritafstand

De dataset was te beperkt van omvang voor een gedetailleerde analyse van de segmentatie naar ritafstand. In de uitgevoerde analyse zijn vier ritafstandsklassen onderscheiden, te weten: 0 – 15 km, 15 – 25 km, 25 – 50 km en > 50 km. Figuur b10.8 toont per reizigersmotief het relatieve aandeel naar ritafstandsklasse voor de totale ochtendspitsperiode.



Figuur b10.8: reizigersmotief naar ritafstand CBS, OVG 2000 (de getallen tussen haakjes geven het absolute aandeel per ritafstandsklasse aan)

Het grootste aandeel van de ritten is relatief kort (zie ook tabel b3.4 in bijlage 3). Het woon – werkverkeer heeft de hoogste aandelen in alle ritafstandsklassen, met als piek de ritafstandsklassen 15 – 25 km en 25 – 50 km. Het overige verkeer maakt relatief veel korte verplaatsingen. Het sociaal – recreatieve verkeer is bijna uniform verdeeld over alle mogelijke ritafstandsklassen. Zakelijk verkeer heeft gemiddeld gesproken de langste ritafstand en het accent ligt op de langere ritafstandsklassen (27% rijdt zelfs meer dan 50 km).

#### b3.3.5. Bepaling van de Preferred en Congested Situation

De uiteindelijke maatgevende situaties (die alleen een onderscheid maken naar het reizigersmotief woon – werk) kunnen als volgt worden aangemerkt:

- **Preferred Situation:** het meest gunstige scenario is dat van een congestieluw gebied voor de rustige periode (jul/aug). Er is gekozen voor het jaar 2000 omdat de reizigersmotiefwijziging van 1997 kleine verschillen kan veroorzaken en deze zodoende niet optreden voor het jaar 2000.
- **Congested Situation:** het meest “ongunstige” scenario is dat van een congestierijk gebied voor de drukke periode (mrt/apr) van het jaar 2000.

Deze beide situaties zijn twee uitersten. Er is als het ware een maximale aanpassing van de vertrektijdstipkeuze opgetreden. Eén van de gestelde eisen om de twee situaties met elkaar te mogen vergelijken, was dat het reizigersgedrag in beide situaties gelijk is. Op basis van de aankomst- en vertrektijdstippenverdelingen over de totale ochtendspitsperiode kunnen de situaties met elkaar worden vergeleken. Uit analyse van het OVG blijkt dat de drukke maanden kunnen worden omschreven als de Congested en de rustige maanden als de Preferred Situation. De volgende twee vertrektijdstipaanpassingen kunnen hierbij worden onderscheiden:

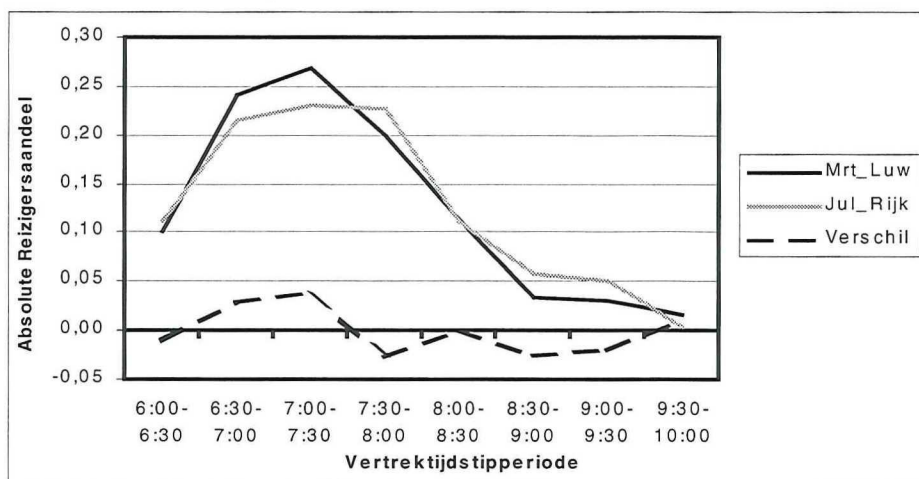
- Congestieluw gebied: Aanpassing van het vertrektijdstip veroorzaakt door de verkeersintensiteitsgroei tussen de Preferred en de Congested Situation.

- Congestierijk gebied: Aanpassing van het vertrektijdstip veroorzaakt door de verkeersintensiteitsgroei tussen de Preferred naar de Congested Situation.

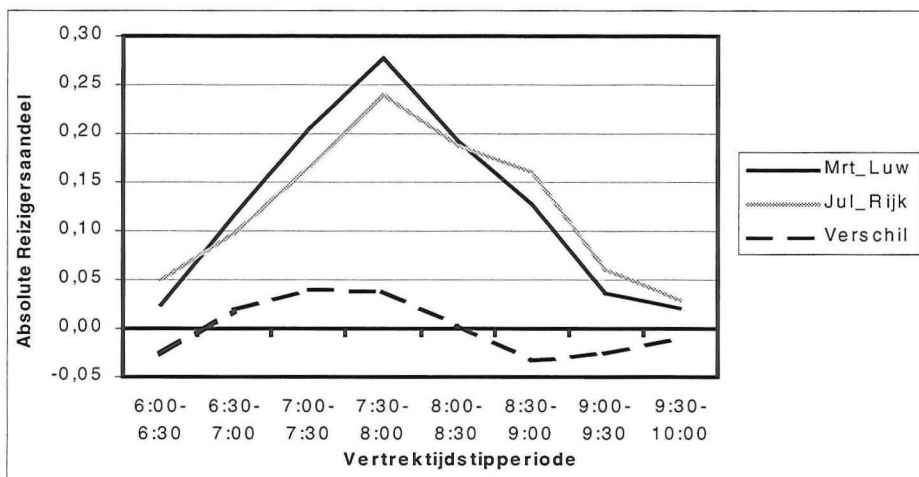
De beide aanpassingen kennen dezelfde definiëring. De resulterende verdelingen van de beide vertrektijdstipaanpassing zijn echter verschillend. In een congestieluw gebied is de verkeersintensiteit zelfs in de drukke maanden nog gering. De onderbouwing om de twee gebieden met elkaar te mogen vergelijken wordt onderbouwd door de veronderstelling dat de vertrektijdstipkeuzeverdeling van de eerste aanpassing overeenkomt met de startsituatie van de tweede vertrektijdstipkeuze - aanpassing. Na analyse van tabel b10.2 en b10.3 blijkt dat de reizigersverdelingen over de totale ochtendspitsperiode voor de twee gedefinieerde situaties identiek is.

De figuren b10.9 en b10.10 tonen de vertrektijdstip respectievelijk aankomstijdstipverdelingen van de volgende twee situaties:

- De drukke maanden van een congestieluw gebied.
- De rustige maanden van een congestierijk gebied.



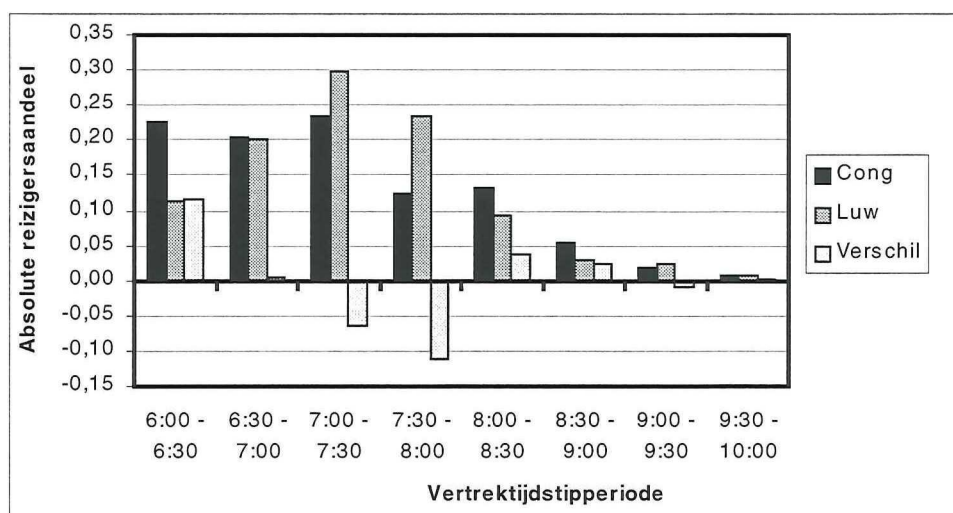
Figuur b10.9: Absolute reizigersverdeling van het aantal vertrekken per tijdsperiode van de maanden mrt/apr van het congestieluwe gebied en de maanden jul/aug van de congestierijke gebieden (reizigersmotief woon –werk)



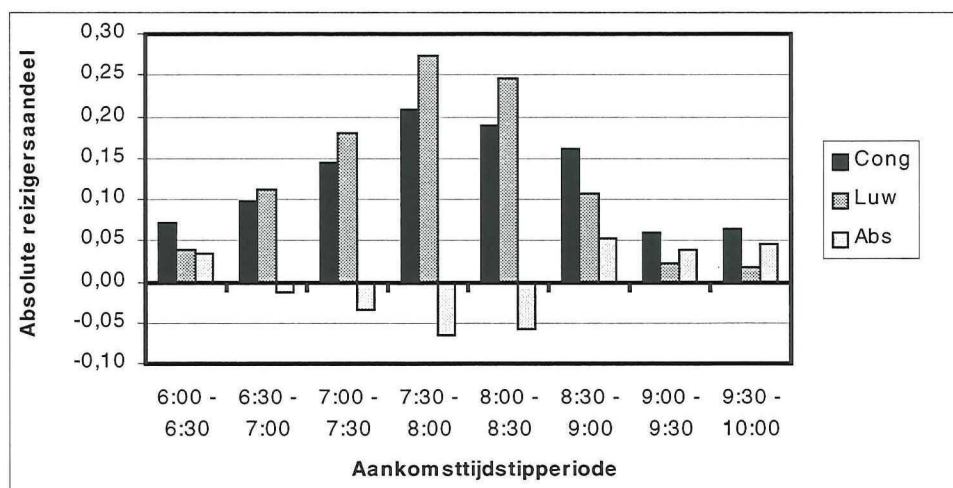
Figuur b10.10: Absolute reizigersverdeling van het aantal aankomsten per tijdsperiode van de maanden mrt/apr van het congestieluwe gebied en de maanden jul/aug van het congestierijke gebied (reizigersmotief woon –werk)

De verdelingen van beide situaties tonen veel overeenkomsten. Voor het vertrektijdstippatroon geldt dat de absolute piek in de situatie Mrt\_Luw een groter aandeel heeft dan in Jul\_Rijk. Dit is tevens het grootste verschil. Voor het aankomstijdstippenpatroon zijn de verschillen geringer. Op basis van deze twee grafieken en de vergelijking van de reizigersaandelen (tabel b10.2 en b10.3) is geconcludeerd dat de situaties aan elkaar gelijk zijn<sup>3</sup>

De figuren b10.11 en b10.12 tonen het vertrek- en aankomstijdstippenpatroon van de Preferred en Congested Situation. Figuur b10.10 toont de cumulatieve aandelen van beide Situations.



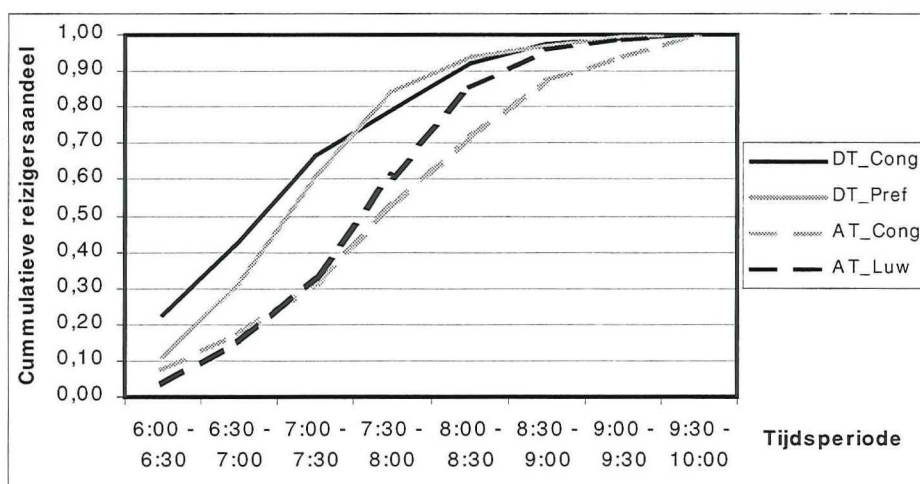
Figuur b10.11: Absolute reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode voor de Preferred en Congested Situation



Figuur b10.12: Absolute reizigersaandelen per aankomstijdstipperiode voor de Preferred en Congested Situation

<sup>3</sup> NB 2: In principe is het onmogelijk om d.m.v. vergelijking van enkele grafieken de twee Situations aan elkaar gelijk te kunnen stellen. In principe reageert iedere reiziger uniek en het valt dan ook te verwachten dat de reizigers in beide Situations zich anders aanpassen. Echter gezien de relatief kleine afstand tussen de beide gebieden, de vergelijkingen die gemaakt zijn en alleen de toepassing van het reizigersmotief woon – werk, mag worden gesteld dat de reizigers zich identiek gedragen.





Figuur b10.10: Cumulatieve reizigersaandelen per tijdstipperiode voor de Preferred en Congested Situation

Uit analyse van de grafieken blijkt dat reizigers duidelijk wegtrekken uit de tijdsperioden van 7:00 tot 8:00 uur (18% verkiest een ander vertrektijdstip). Het grootste aandeel hiervan (12%) geeft de voorkeur aan een eerder vertrektijdstip, 6% verkiest een later vertrektijdstip. Gesommeerd wijzigt 36% zijn vertrektijdstip. Ondanks het grote aandeel (12% naar een eerder vertrektijdstip) arriveert slechts 3% eerder op de aankomstlocatie. Het aankomstenpatroon in de Congested Situation toont een algehele uniformisering. Vanaf 6:30 tot 8:30 uur zijn alle aankomstaandelen lager. De toename vindt duidelijk plaats in de tijdsperioden van 8:30 tot 10:00 uur. Gesommeerd blijkt ook 36% zijn aankomsttijd te wijzigen. Hieruit kan geconcludeerd worden dat er geen gefixeerde *PDT* en *PAT* zijn te definiëren. Figuur b10.10 onderbouwt deze stelling, de curven zijn te vlak om te kunnen spreken van een duidelijke gefixeerde *PDT* en *PAT*. Uit de grafiek wordt tevens een verhoging van de reistijd (dit komt overeen met de horizontale afstand tussen de vertrek- en aankomstcurven) zichtbaar.

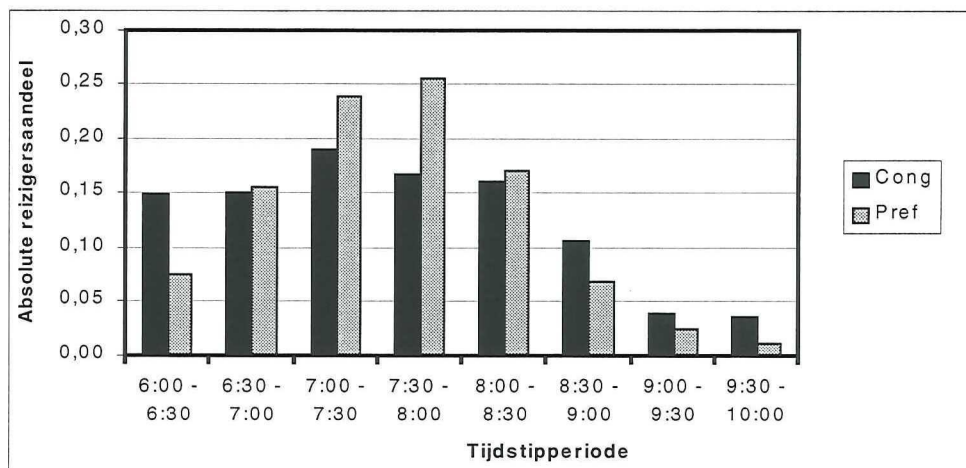
### b3.4. Invoerdata voor de casestudie

In de eerste subparagraaf wordt de berekening van de benodigde statische vervoersvraag toegelicht. Hierna volgen enkele gevoeligheidsanalyses die uitgevoerd zijn met het casemodel. De derde subparagraaf geeft een beschrijving van de modelresultaten en de uiteindelijke conclusies.

#### b3.4.1. Bepaling van de statische vervoersvraag

De geanalyseerde reizigersverdelingen van het OVG geven het aantal vertrekken respectievelijk aankomsten per tijdsperiode aan. De bepaalde verdelingen m.b.v. het OVG zijn mede een gevolg van de I/C – verhouding op het wegennet. Deze verhoudingen zijn echter per reiziger verschillend. Voor de uitwerking van de casestudie is het noodzakelijk om voor beide Situations de totale statische vervoersvraag met de bijbehorende capaciteit te bepalen. Hiervoor zijn de volgende twee methoden toegepast:

- 1) De gemaakte verplaatsingen kunnen ook toegekend worden aan het tijdstip halverwege de verplaatsing (figuur b10.14). Voor beide Situations is vervolgens gezocht op het HWN naar meetpunten met een zelfde verkeersintensiteitsverdeling. Indien de verdelingen overeenkomen wordt de totale statische vervoersvraag van dit meetpunt bepaald als ook de bijbehorende capaciteit. Deze vergelijking dient uitgevoerd te worden met tijdsperioden van één uur, dit vanwege de beschikbare bron in de vorm van de MTTR – data.



Figuur b10.14: Reizigersverdelingen voor de Preferred en Congested Situation (verplaatsingen toegekend naar het tijdstip halverwege de verplaatsing)

Na analyse van meerdere telpunten op het HWN van Nederland is gebleken dat de reizigersverdeling van figuur b10.14 nergens zichtbaar is. Mogelijke verklaringen hiervoor zijn:

- In de praktijk zijn ook de andere reizigersmotieven aanwezig op het wegennet.
  - De gemeten verdelingen representeren het verplaatsingspatroon, dit is per definitie niet gelijk aan het verplaatsingspatroon zoals dit getoond is in figuur b10.14 omdat er in deze figuur er geen onderscheid is gemaakt naar de ritafstand en het herkomst- en bestemmingsgebied.
- 2) Indien aangenomen wordt dat in de drukste vertrektijdstipperiode van de Preferred en Congested Situation 90% respectievelijk 100% van de reizigers op zijn gewenste vertrektijdstip vertrekt, kan de totale statische vervoersvraag worden berekend door de gestelde wegcapaciteit te delen door dit reizigersaandeel (verondersteld is dat er in de Preferred Situation nog een kleine overcapaciteit is op het wegennet).

Tabel b10.5 toont voor de maatgevende tijdsperiode (per Situation) het bijbehorende reizigersaandeel en de berekende totale statische vervoersvraag voor de ochtendspitsperiode van 6:00-10:00 uur. De maximale capaciteit is gesteld op 3300 mvt/30 min.

| Situation | Maatgevende tijdsperiode | Reizigersaandeel | Maatgevende capaciteit (mvt /30 min) | Totale statische vervoersvraag (6:00-10:00 uur,mvt) |
|-----------|--------------------------|------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Preferred | 7:00 – 7:30              | 0,298            | 3300                                 | 9970                                                |
| Congested | 7:00 - 7:30              | 0,235            | 3300                                 | 14050                                               |

Tabel b10.5: Te gebruiken verkeersintensiteiten voor de casestudie

### b3.4.2. Kalibratie van de reistijdfunctie

De waarderingsfactoren  $\alpha$ ,  $\beta$  en  $\gamma$  zijn van toepassing op de reistijd, die wordt berekend met de formule van Smulders. Deze functie dient eerst gekalibreerd te worden alvorens de gevoeligheidsanalyse kan worden uitgevoerd. Voor de casestudie is gesteld dat de vrije reistijd gelijk is aan 1 tijdsperiode (30 minuten). De grafieken b10.11 en b10.12 onderbouwen deze aanname. Uit deze grafieken blijkt namelijk dat de tijdsperioden met de grootste reizigersaandelen van 7:00-7:30 uur en 7:30-8:00 uur voor het vertrektijdstip respectievelijk aankomsttijdstip zijn. De reistijd tussen deze tijdsperioden is precies één tijdsperiode. Met behulp van de maximale rijsnelheid van 120 km/uur op het HWN, en een maximale capaciteit van 3300 mvt/30 minuten, is de kritieke dichtheid gelijk gesteld aan 55 mvt/km. De lengte van het wegvak in de casestudie is gesteld op 60 kilometer.



Met behulp van het OVG - onderzoek zijn de volgende waarden bepaald voor de reistijden in de Preferred Departure Period ( $PDP = 7:00 - 7:30$ ):

- In de Preferred Situation is de reistijd een factor 1,4 \* de vrije reistijd,
- In de Congested Situation is de reistijd een factor 1,8 \* vrije reistijd.

De maximale dichtheid is bepaald door de bovenstaande variabelen in te voeren en de bepaalde reistijden (van het OVG) te berekenen. Dit resulteert in een maximale dichtheid van 150 mvt/km.

### b3.5. Gevoeligheidsanalyses van het casemodel

Voor de uitwerking van het casemodel dienen de volgende variabelen bepaald te worden:

- De waarderingsfactoren  $\alpha$ ,  $\beta$  en  $\gamma$ ,
- De schaafactor  $\mu$ .

In de literatuur zijn voor de waarderingsfactoren de waarden 0.106, 0.065 respectievelijk 0.254 gevonden (Lindsey). Deze waarden zijn echter bepaald d.m.v. Engelse enquêtes en representeren de waardering van de tijdsfactor op een schaal van één minuut. Voor de casestudie zijn tijdsperioden van 30 minuten toegepast. De exacte waarden zijn dan ook niet te gebruiken, deze dienen eerst bewerkt te worden. Maatgevender dan de waarden zijn de bepaalde verhoudingen tussen de waarderingsfactoren. De schaafactor is een indicatie voor de gevoeligheid van de reizigers (de literatuur beschrijft hier geen waarden voor).

Voor de gevoeligheidsanalyses zijn zowel de Preferred als de Congested Situation gemodelleerd, waarbij of de waarderingsfactoren of de schaafactor zijn gevarieerd. Voor de gevoeligheidsanalyse is het absolute verschil tussen de gemodelleerde verdeling, en de bepaalde verdeling m.b.v. het OVG geminimaliseerd. De gevoeligheidsanalyse is opgebouwd uit de volgende stappen:

- 1) De verhouding tussen de waarderingsfactoren is constant gehouden en slechts de vermenigvuldigingsfactor van deze waarden is gevarieerd (de vermenigvuldigingsfactor 1 komt overeen met de waarderingsfactoren 2:1:4 = verhouding tussen de bepaalde waarderingsfactoren).
- 2) Per waarderingsfactor is de gevoeligheid onderzocht middels variatie van één waarderingsfactor (de overige twee variabelen zijn hierbij constant gehouden op de waarde die middels stap 1 zijn bepaald). Dit leidt tot een set van optimale waarderingsfactoren.
- 3) Voor de bepaalde waarderingsfactoren is de schaafactor gevarieerd voor verdere optimalisatie.
- 4) Optimalisering door kleine variatie van de bepaalde waarderingsfactoren.

De gevoeligheidsanalyses zijn uitgewerkt voor de volgende situaties:

- 1) Gefixeerd *PDT*.
- 2) *PDT* - verdeling over de totale ochtendspitsperiode.
- 3) Uniforme verdeling van de reizigers over de totale ochtendspitsperiode.

Voor de presentatie van de modelresultaten is gebruik gemaakt van één tabel en één grafiek. De tabel toont het absolute verschil tussen de aan het OVG ontleende reizigersverdeling en de gemodelleerde verdelingen (zowel van de Preferred als de Congested Situation). De bijbehorende grafiek toont de grafische interpretatie van deze tabeluitkomsten. De drie situaties zijn in het laatste deel van deze subparagraaf met elkaar vergeleken, waarna de beste situatie nader is geanalyseerd door variatie van de totale vervoersvraag (tussen de 8.000 en 18.000 voertuigen). Het maximale aantal iteratiestappen is gesteld op 30 (per situatie is het benodigde aantal iteratiestappen vermeld, de convergentiefactor is gesteld op 2,5%).

#### b3.5.1. Gefixeerd *PDT*

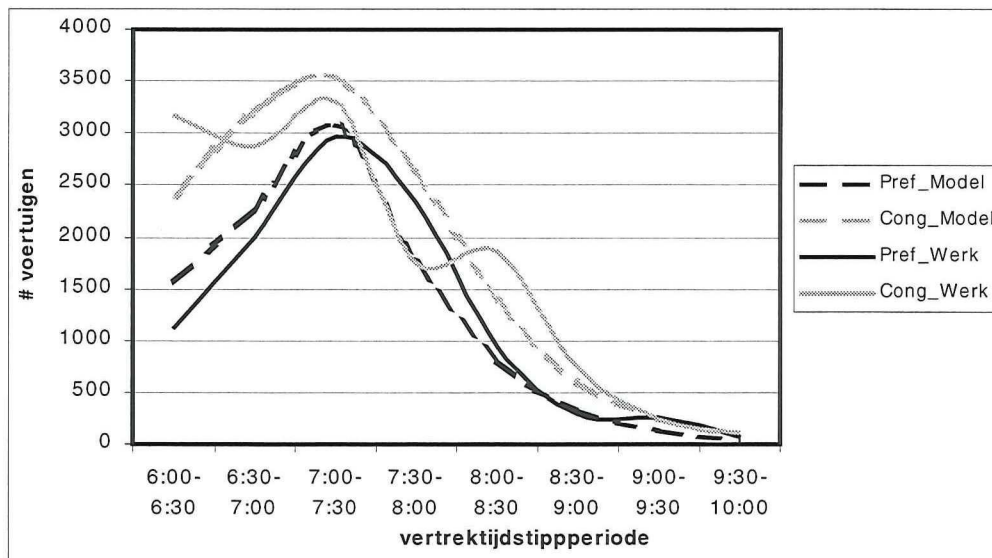
De vertrektijdstipperiode 7:00-7:30 is aangemerkt als het gefixeerde *PDT* (zie ook figuur b10.11). Alle reizigers kiezen in de eerste iteratiestap voor deze vertrektijdstipperiode. Tabel b10.6 toont de modelresultaten van de gevoeligheidsanalyses (de 1<sup>e</sup> set waarden zijn bepaald via de



gevoeligheidsanalyse en de 2<sup>e</sup> set waarden zijn bepaald d.m.v. optimalisering m.b.v. de grafische interpretatie van de reizigersverdeling). Grafiek b10.15 toont de werkelijke en de uiteindelijke gemodelleerde reizigersverdelingen van de Preferred en de Congested Situation.

|                                               | Preferred Situation | Congested Situation |
|-----------------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Gevoeligheidsanalyse (3.00, 0.55, 1.00, 3.50) | 6.92 (4)            | 10.08 (5)           |
| Optimalisering (3.50, 0.55, 1.00, 1.10)       | 8.71 (4)            | 10.18 (4)           |

Tabel b10.6: Absolute verschil tussen de gemodelleerde en de bepaalde reizigersverdelingen m.b.v. het OVG bij toepassing van een gefixeerd *PDT* (de getallen tussen de haakjes geven het aantal iteratiestappen aan).



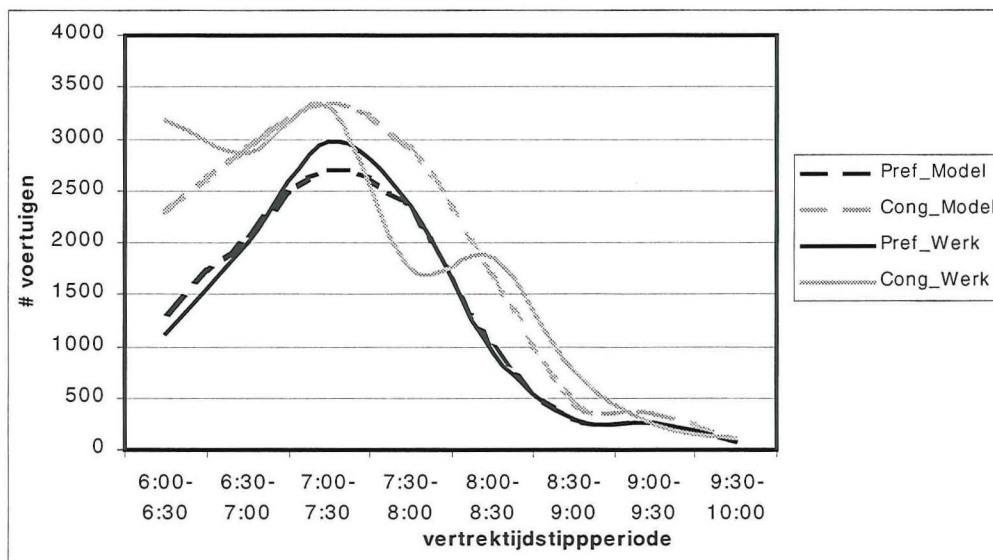
Grafiek b10.15: Reizigersverdeling van de werkelijke en de gemodelleerde aantal vertrekken van de Preferred en Congested Situation bij een gefixeerde *PDT*.

### b3.5.2. *PDT* - verdeling over de totale ochtendspitsperiode

De basisverdeling voor het iteratieproces wordt gevormd door de reizigersverdeling zoals deze met het OVG is bepaald voor de Preferred Situation. Tabel b10.7 toont de modelresultaten van de gevoeligheidsanalyses. Grafiek b10.16 toont de bijbehorende verdelingen voor de Preferred en Congested Situation.

|                                               | Preferred Situation | Congested Situation |
|-----------------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Gevoeligheidsanalyse (5.00, 3.20, 4.50, 4.00) | 3.52 (4)            | 12.05 (6)           |
| Optimalisering (3.50, 0.55, 1.50, 22.50)      | 3.27 (8)            | 9.71 (8)            |

Tabel b10.7: Absolute verschil tussen de gemodelleerde en de bepaalde verdelingen m.b.v. het OVG bij toepassing van een *PDT* - basisverdeling (de getallen tussen haakjes geven het aantal iteratiestappen aan).



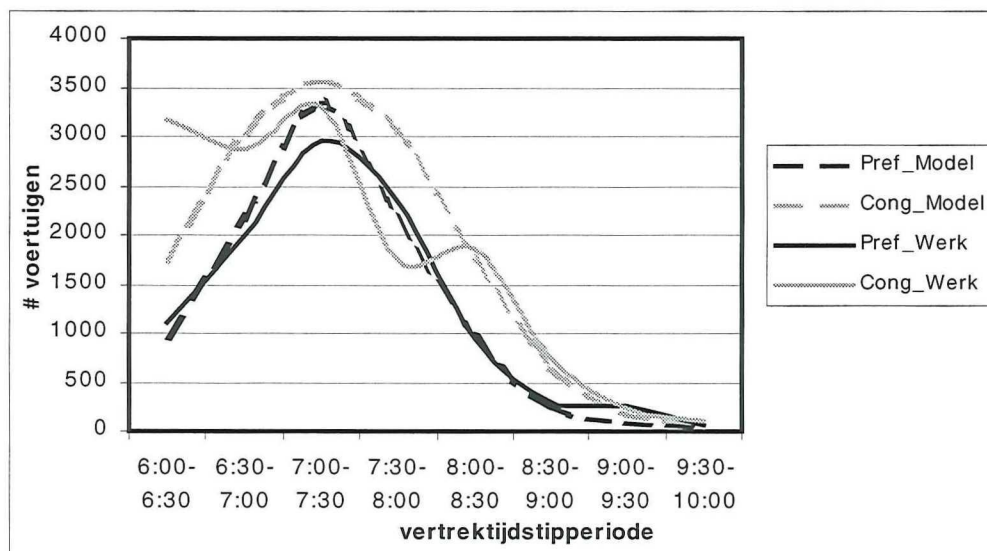
Grafiek b10.16: Reizigersverdeling van de werkelijke en de gemodelleerde aantal vertrekken van de Preferred en Congested Situation bij een *PDT* basisverdeling.

### b3.5.3. Uniforme verdeling van de reizigers over de totale ochtendspitsperiode.

De basisverdeling voor het iteratieproces vormt een uniforme reizigersverdeling. Tabel b10.8 toont de modelresultaten van de gevoeligheidsanalyses. Grafiek b10.17 toont de bijbehorende reizigersverdelingen voor de Preferred en Congested Situation.

|                                               | Preferred Situation | Congested Situation |
|-----------------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Gevoeligheidsanalyse (3.00, 0.55, 1.00, 3.50) | 6.71 (5)            | 12.96 (10)          |
| Optimalisering (3.25, 0.55, 1.10, 3.50)       | 5.72 (6)            | 12.10 (8)           |

Tabel b10.8: Absolute verschil tussen de gemodelleerde en de bepaalde verdelingen m.b.v. het OVG bij toepassing van een uniforme - basisverdeling (de getallen tussen haakjes geven het aantal iteratiestappen aan) .



Grafiek b10.17: Reizigersverdeling van de werkelijke en de gemodelleerde aantal vertrekken van de Preferred en Congested Situation bij een uniforme basisverdeling.



**b3.5.4. Vergelijking van de drie situaties**

Voor de beoordeling van de drie situaties zijn de volgende criteria opgesteld (zie tabel b10.9)

- 1) Nauwkeurigheid van de totale ochtendspitsperiode (absolute verschil tussen de werkelijke en gemodelleerde reizigersverdeling).
- 2) De nauwkeurigheid (procentuele verschil tussen de werkelijk en gemodelleerde situatie) van de twee piekperiodes.
- 3) De procentuele gemodelleerde groei tussen de Preferred en de Congested Situation, per vertrektijdstipperiode.

| Situatie  | Nauwkeurigheid totale ochtendspits |       | Nauwkeurigheid van de piekperiodes |      | Procentuele groei per vertrektijdstipperiode |           |           |           |           |           |           |            |
|-----------|------------------------------------|-------|------------------------------------|------|----------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
|           | Pref                               | Cong  | Pref                               | Cong | 6:00-6:30                                    | 6:30-7:00 | 7:00-7:30 | 7:30-8:00 | 8:00-8:30 | 8:30-9:00 | 9:00-9:30 | 9:30-10:00 |
| Werkelijk |                                    |       |                                    |      | 202                                          | 102       | 79        | 53        | 141       | 176       | 68        | 118        |
| Gefixeerd | 8.71                               | 10.18 | 103                                | 107  | 108                                          | 100       | 82        | 106       | 121       | 102       | 108       | 140        |
| Verdeling | 3.27                               | 9.71  | 91                                 | 101  | 123                                          | 100       | 80        | 90        | 123       | 110       | 100       | 100        |
| Uniform   | 5.27                               | 12.10 | 112                                | 108  | 129                                          | 100       | 75        | 100       | 129       | 180       | 166       | 117        |

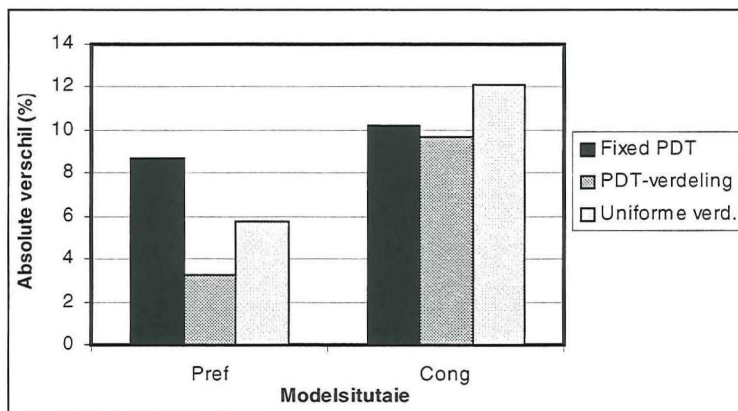
Tabel b10.9: Overzicht van de beoordelingscriteria van de drie situaties (de waarden in de grijs gemarkeerde cellen zijn de beste waarden i.v.m. de werkelijke waarden)

Uit de tabel blijkt dat:

- Het opgestelde vertrektijdstipkeuzemodel berekent tot op een redelijke nauwkeurigheid de beide vertrektijdstipverdelingen (gemiddeld 90% nauwkeurig). De Preferred Situation is in alle situaties nauwkeuriger te modelleren dan de Congested Situation omdat dit meer overeenkomt met de gehanteerde basisverdeling dan de Congested Situation.
- Ondanks deze hoge mate van nauwkeurigheid zijn de berekende verschuivingen geringer dan de werkelijke verschuivingen. Mogelijke verklaringen hiervoor zijn het schommelende vertrektijdstippatroon van de werkelijke Congested Situation, en het feit dat beide verdelingen het resultaat zijn van hetzelfde iteratieproces. Het grote verschil tussen de reizigersaandelen in de 1<sup>e</sup> vertrektijdstipperiode 6:00-6:30 uur tussen de Preferred en Congested Situation zorgt voor de meeste problemen. Door de waardebepaling van de waarderingsfactoren dient er een afweging te worden gemaakt tussen een te groot reizigersaandeel in de Preferred Situation of een te klein reizigersaandeel in de Congested Situation.
- Voor alle basisverdelingen voor de Congested Situations geldt dat de nauwkeurigste modelresultaten worden verkregen middels de optimaliseringsmethode. Voor de Preferred Situation geldt dit slechts indien gekozen is voor de uniforme basisverdeling.
- Voor alle Situations geldt dat het aantal benodigde iteratiestappen gering is (de uniforme basisverdeling noodzaakt tot het meeste aantal iteratiestappen).

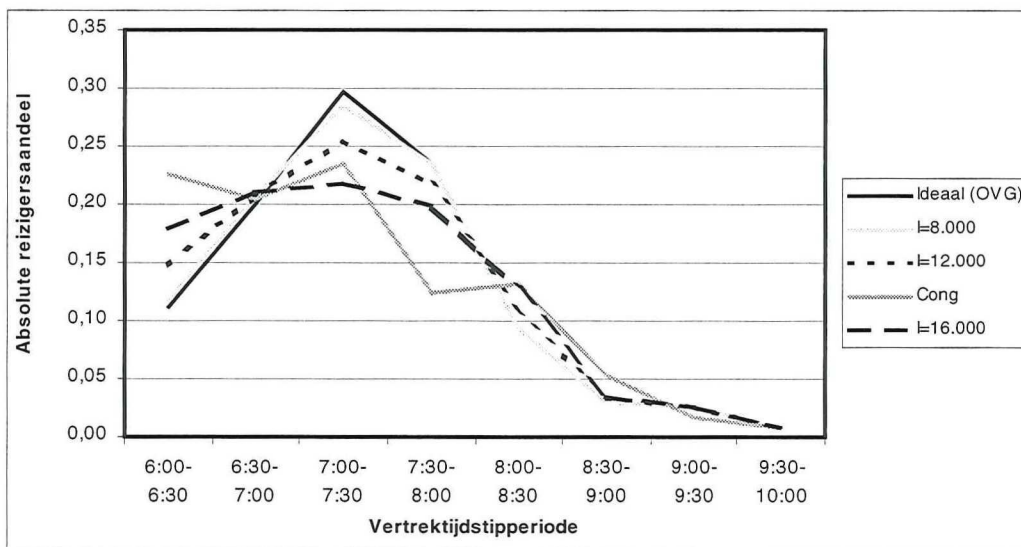
### b3.5.5. Conclusie

Figuur b10.18 toont per modelsituatie het absolute procentuele verschil tussen de werkelijke en de gemodelleerde reizigersaandelen.



Grafiek b10.18: Absolute procentuele verschil tussen de werkelijke en gemodelleerde reizigersaandelen van de totale ochtendspitsperiode

Geconcludeerd kan worden dat door de *PDT* - verdeling als basisverdeling te hanteren de meest nauwkeurige modelresultaten wordt verkregen (afwijking van 3,27 en 9,71 voor de Preferred respectievelijk de Congested Situation). Weliswaar is de absolute waarde van de piek in de Preferred Situation te laag, maar dit wordt gecompenseerd door de hoge nauwkeurigheid van de piekwaarde in de Congested Situation. Hiernaast tonen de berekende verschillen per vertrektijdstipperiode, tussen de Preferred en Congested Situation de meeste overeenkomst met de werkelijke verschillen. Grafiek b10.19 toont de ontwikkeling van de reizigersverdeling bij een groei van de totale statische vervoersvraag van 8.000 naar 18.000 voertuigen.



Grafiek b10.19: Ontwikkeling van de reizigersverdeling bij een groei van de totale statische vervoersvraag van 8.000 naar 18.000 voertuigen voor de totale ochtendspitsperiode

De grafiek toont een duidelijke afvlakking van het vertrektijdstippatroon o.i.v. de toenemende vervoersvraag. Deze reizigersverdeling is ook zichtbaar na analyse van de OVG – dataset. De verschillen per vervoersvraag in nutswaardering tussen de minimale en maximale waardering staat in tabel b10.10.

| Vervoersvraag | I=6.000 | I=8.000 | I=9.970 | I=10.000 | I=12.000 | I=14.000 | I=14050 | I=16.000 | I=18.000 |
|---------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|
| Verschil      | -4.12   | -4.23   | -4.43   | -4.43    | -4.67    | -4.99    | -5.00   | -5.44    | -6.18    |

Tabel b10.10: Verschil per vervoersvraag, tussen de minimale en maximale waardering van de acht tijdsperioden

In de uiteindelijke gemodelleerde evenwichtssituatie is er wel sprake van wiskundige convergentie maar niet van een werkelijke convergentie. De reistijden per vertrektijdstipperiode zijn niet identiek. De gehanteerde waarderings- en schaalfactor zijn 3.50, 0.55, 1.50 respectievelijk 22.50.

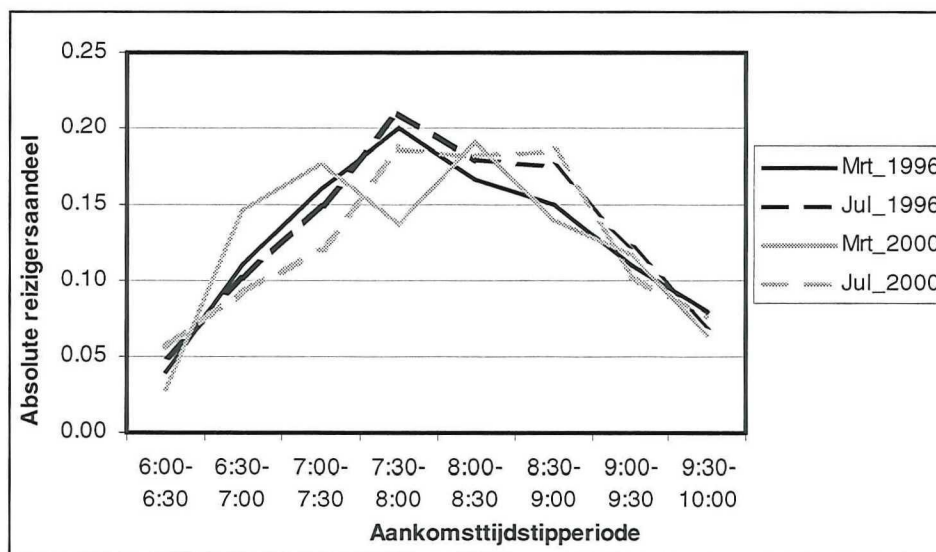


### b3.6. Grafieken ter achtergrondinformatie

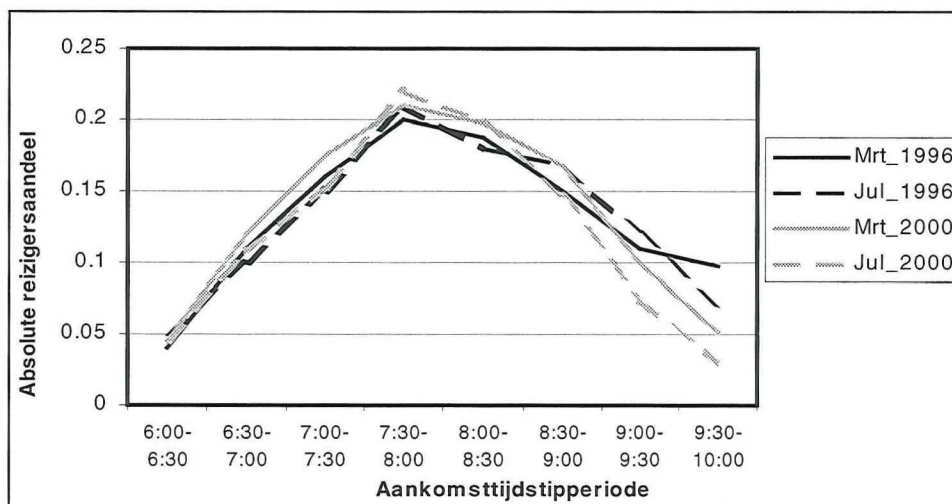
In deze paragraaf worden de grafieken getoond die de achtergrondinformatie vormen van de bepaalde onderzoeksresultaten. Het werd niet zonnig geacht alle gebruikte tabellen en grafieken af te beelden in de voorgaande paragrafen. De eerste subparagraaf beschrijft het aankomsttijdstippenpatroon van zowel het congestierijke als congestieluwe gebied. De tweede subparagraaf beschrijft de verdere segmentatie naar reizigersmotief. De grafieken die behoren bij de gevoeligheidsanalyses die beschreven staan in paragraaf b3.5 zijn opgenomen in subparagraaf b3.6.3.

#### b3.6.1. Aankomsttijdstippenpatroon

In het verslag is reeds een analyse uitgevoerd naar de reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode. Een soortgelijke analyse vormen de grafieken b10.20 en b10.21 maar nu naar de aankomsttijdstipperioden.



Figuur b10.20: Absolute reizigersaandelen per aankomsttijdstipperiode voor het congestierijke gebied, onderscheid naar vier situaties (bron OVG 1996, 2000)



Figuur b10.21: Absolute reizigersaandelen per aankomsttijdstipperiode voor het congestieluwe gebied, onderscheid naar vier situaties (bron OVG 1996, 2000)

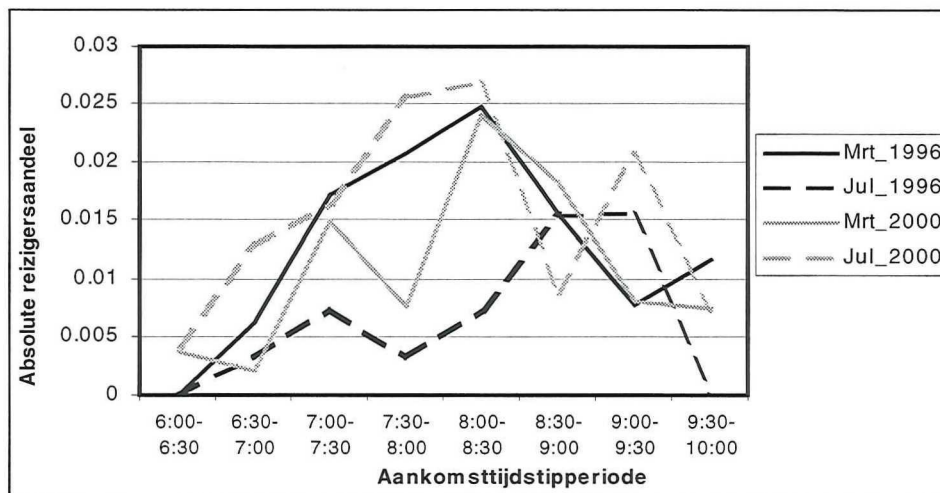
De verwachting dat de patronen van de aankomsten minder zouden variëren dan de vertrektijdstippatronen is d.m.v. de figuren b10.19 en b10.20 niet te onderbouwen. Wederom tonen de situaties in het congestieluwe gebied de minste fluctuaties. Opmerkelijk is dat de grootste piek in maart 2000 voorkomt. Voor het aankomstenpatroon is blijkbaar geen sprake van afvlakking door de toegenomen verkeersintensiteit, leidt dit tot een gefixeerde *PAT*? Voor het congestierijke gebied kan worden gesteld dat er in 1996 nog sprake was van een duidelijke piekvorm (zowel in maart als in juli). Net zoals het vertrektijdstippenpatroon is het aankomstijdstippenpatroon naar een eerdere tijdsperiode verschoven. Het verschil tussen de maanden maart en juli is groot. Dit kan drieledig worden verklaard:

- In de maanden jul/aug zijn voornamelijk de “vroege” reizigers met vakantie, waardoor het aandeel “late reizigers” toeneemt;
- In de maanden mrt/apr verkiezen veel reizigers blijkbaar een eerder aankomstijdstip boven een langere reistijd en de onzekerheid hiervan. Gezien het aankomstpatroon in jul/aug zou het in de verwachting liggen dat de reizigers in mrt/apr op hetzelfde tijdstip zouden arriveren. Omdat dit beeld niet zichtbaar is, kan geconcludeerd worden dat voornamelijk de onzekerheid van de reistijd blijkbaar van groter belang is dan de reistijd zelf bij de keuze van het vertrektijdstip;
- De in dit onderzoek achterwege gelaten invloed van het daglicht is blijkbaar toch van groot belang. Het is algemeen bekend dat in de wintermaanden de mensen vroeger naar bed gaan, waardoor ze automatisch ook eerder opstaan en dus naar alle waarschijnlijk eerder richting hun werk vertrekken. Veel mensen willen in de zomermaanden 's avonds genieten van het mooie weer en blijven hierdoor langer op, met als gevolg een later vertrektijdstip.

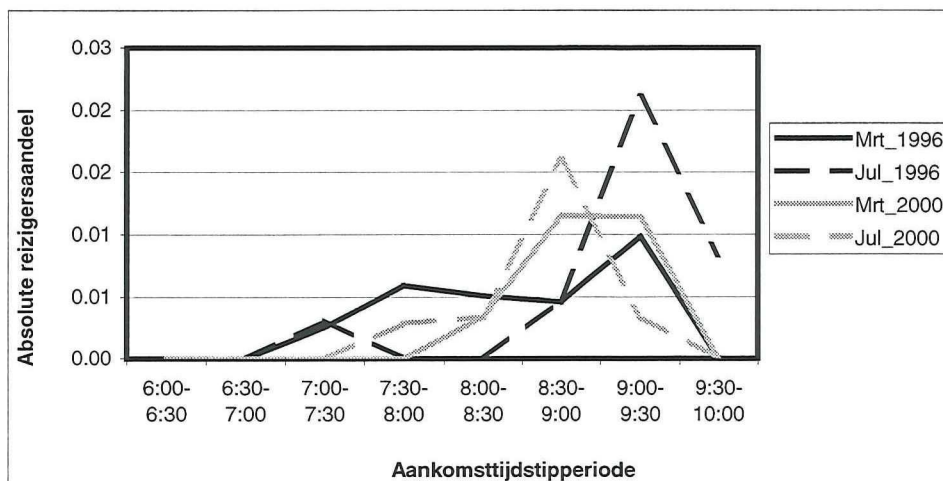
Voor de modellering van de aanpassing van het vertrektijdstip is eigenlijk alleen de tweede verklaring van belang, de overige twee verklaringen worden geacht niet op te treden.

### b3.6.2. Segmentatie naar reizigersmotief

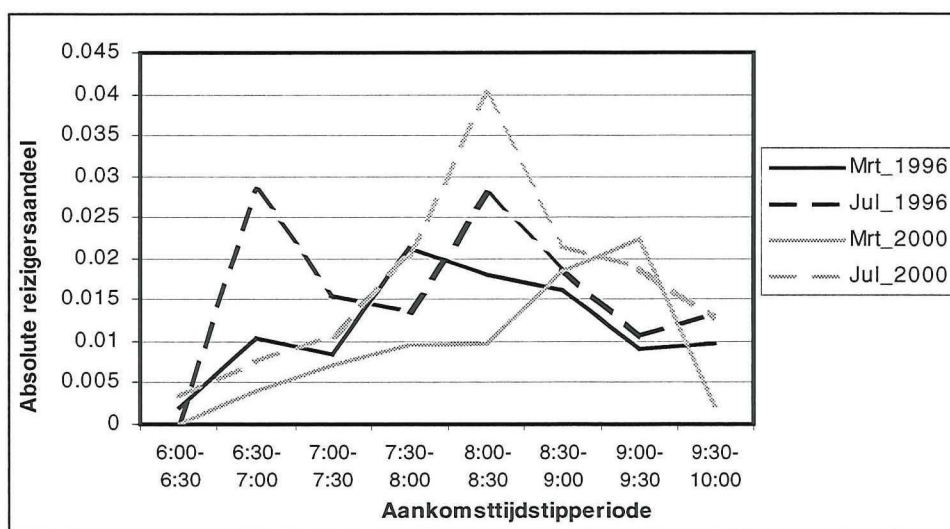
Verdere segmentatie naar reizigersmotief is getoond in de grafieken b10.22 – b10.36.



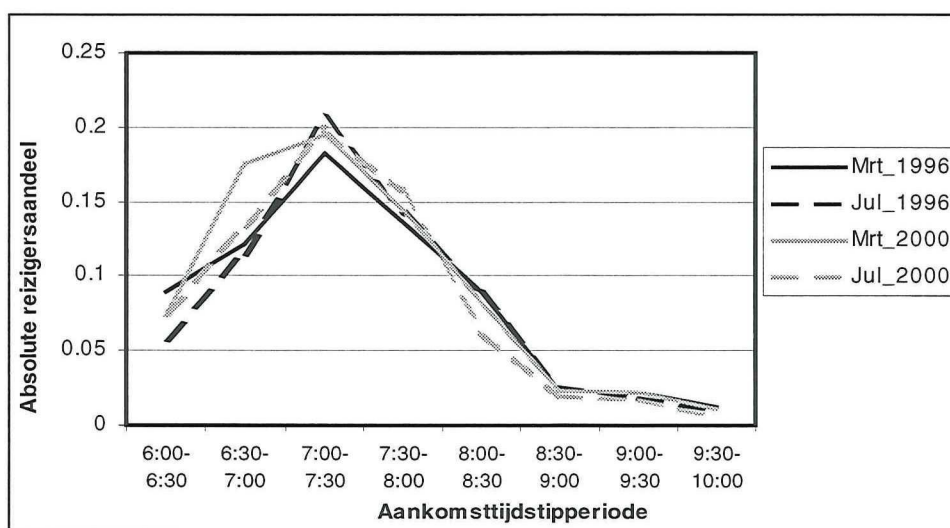
Figuur b10.22: Absolute reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode voor het congestierijke gebied (reizigersmotief zakelijk).



Figuur b10.23: Absolute reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode voor het congestierijke gebied (reizigersmotief sociaal recreatief).

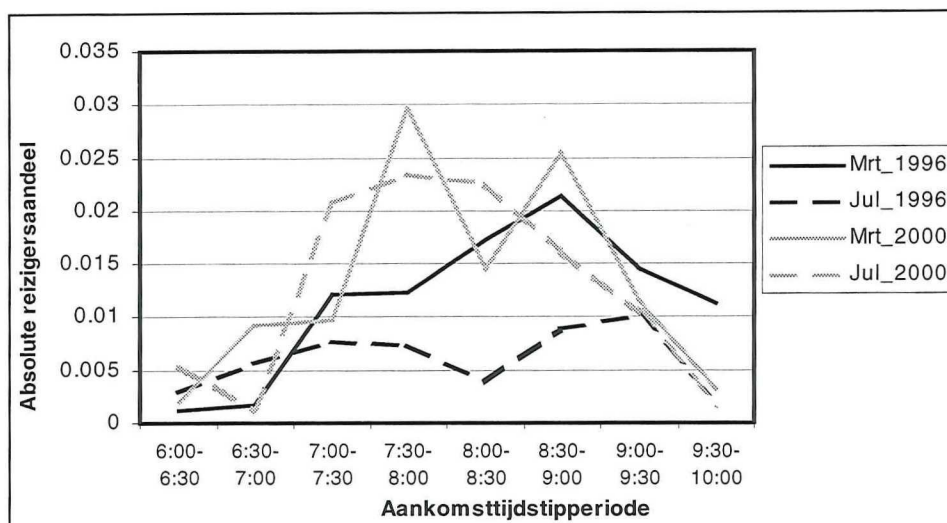


Figuur b10.24: Absolute reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode voor het congestierijke gebied (reizigersmotief overig).

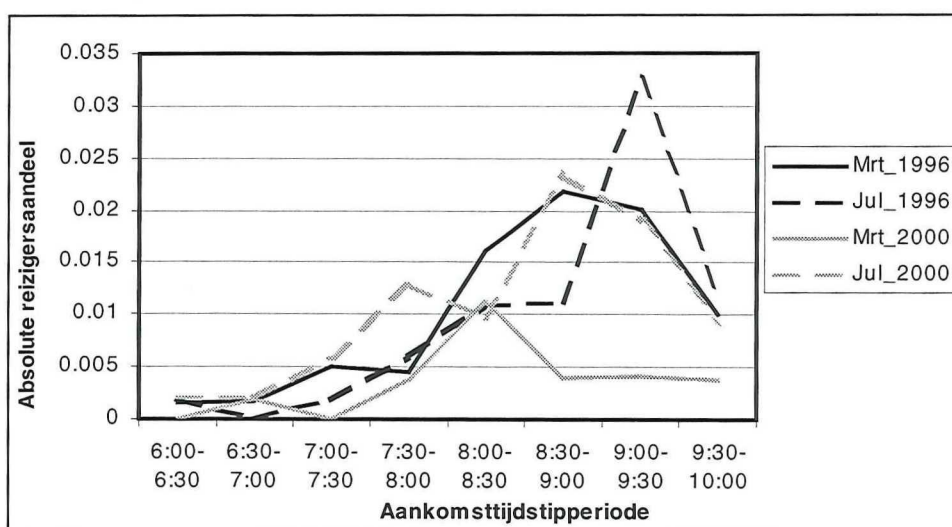


Figuur b10.25: Absolute reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode voor het congestierijke gebied (reizigersmotief woon-werk).

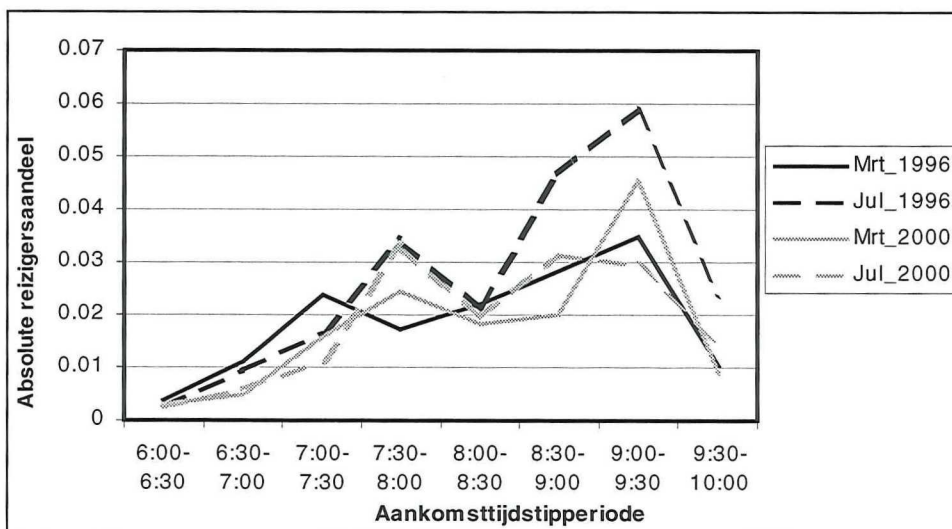




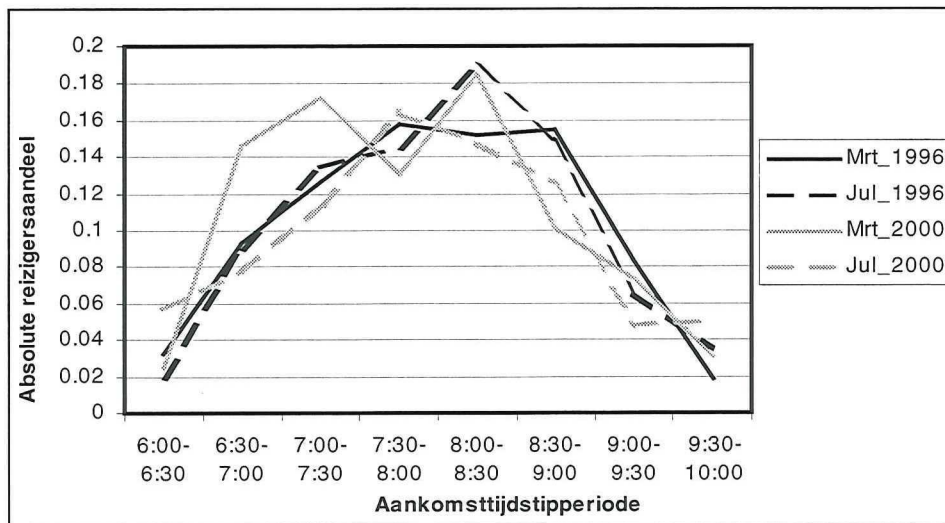
Figuur b10.26: Absolute reizigersaandelen per vertrektijdsperiode voor het congestierijke gebied (reizigersmotief zakelijk).



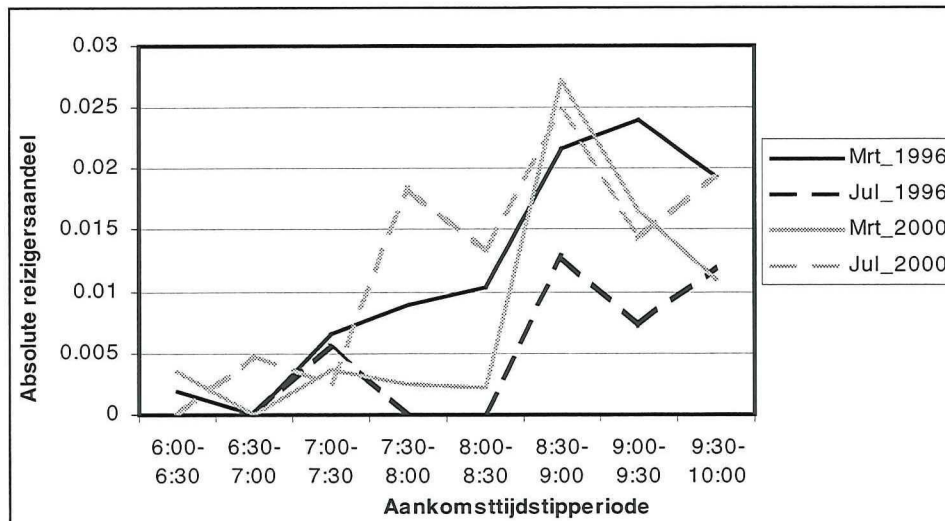
Figuur b10.27: Absolute reizigersaandelen per vertrektijdsperiode voor het congestierijke gebied (reizigersmotief sociaal recreatief).



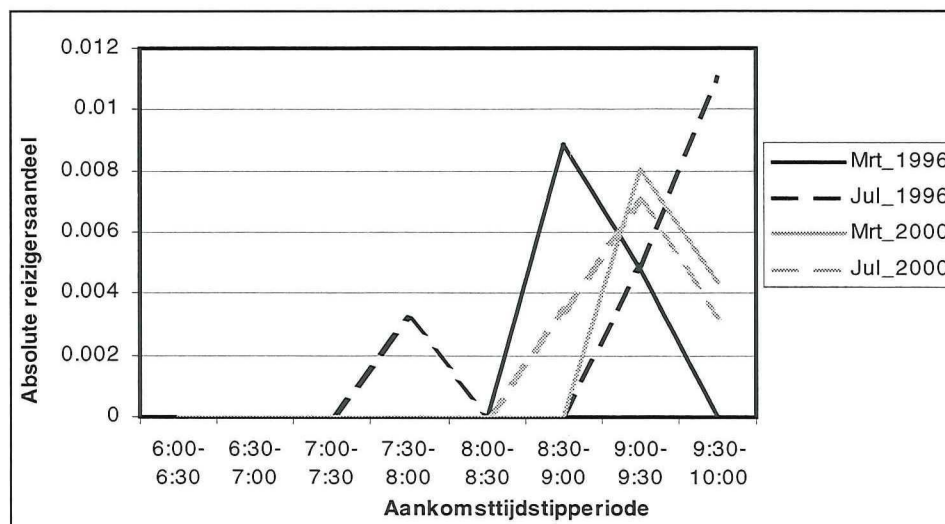
Figuur b10.28: Absolute reizigersaandelen per vertrektijdsperiode voor het congestierijke gebied (reizigersmotief overig).



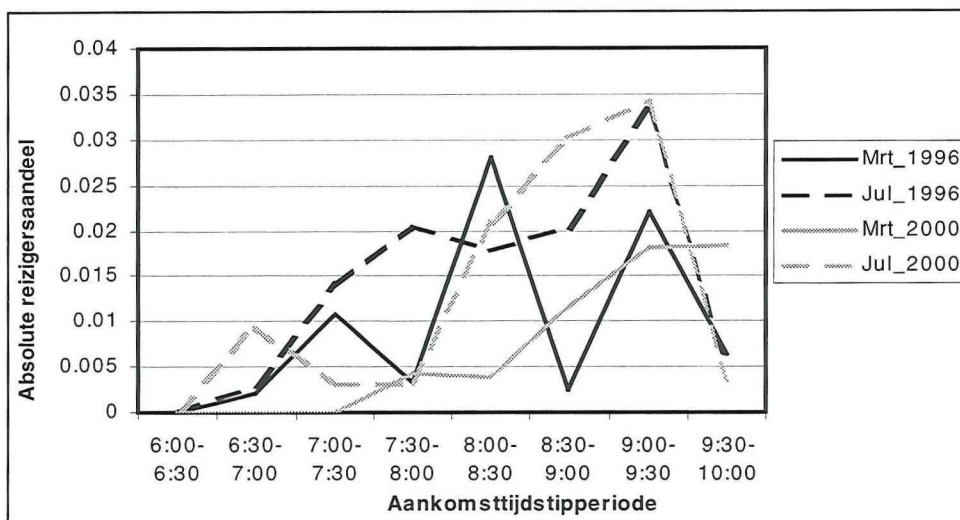
Figuur b10.29: Absolute reizigersaandelen per aankomsttijdstipperiode voor het congestierijke gebied (reizigersmotief woon - werk).



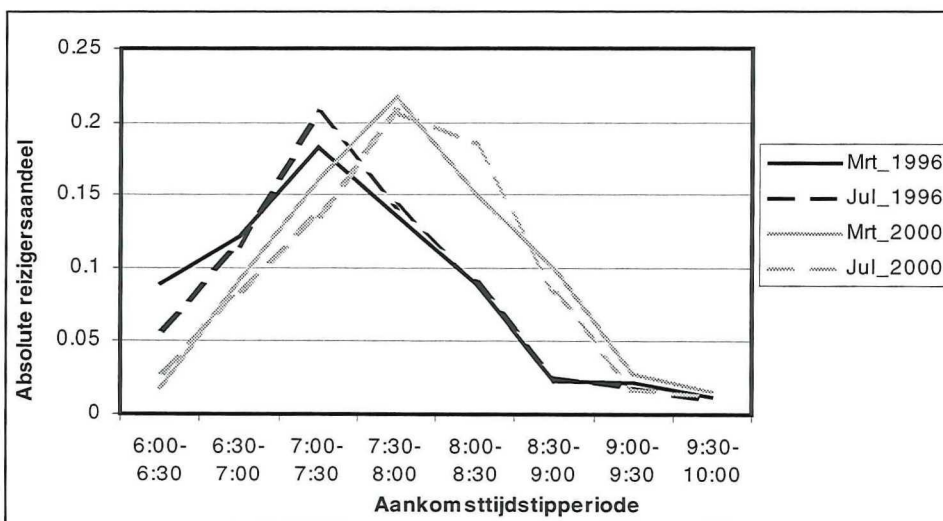
Figuur b10.30: Absolute reizigersaandelen per aankomsttijdstipperiode voor het congestierijke gebied (reizigersmotief zakelijk).



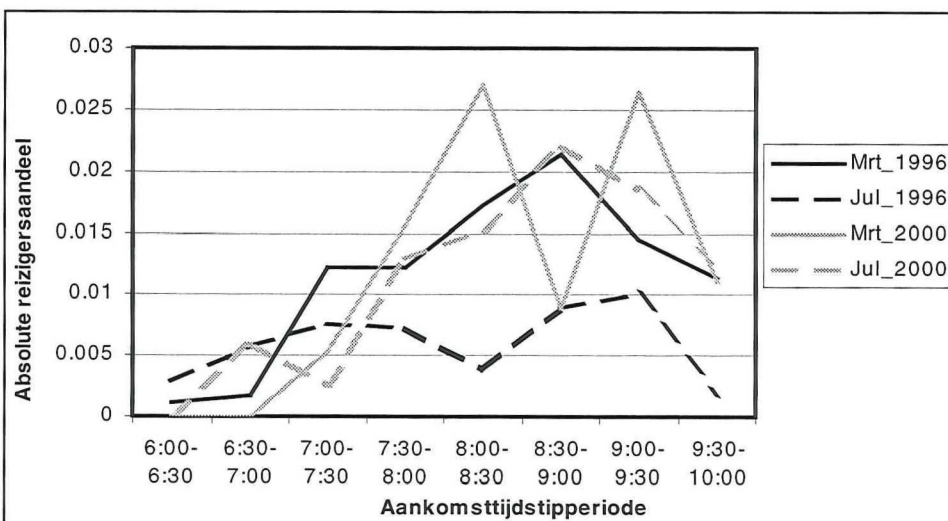
Figuur b10.31: Absolute reizigersaandelen per aankomsttijdstipperiode voor het congestierijke gebied (reizigersmotief sociaal-recreatief).



Figuur b10.32: Absolute reizigersaandelen per aankomsttijdstipperiode voor het congestierijke gebied (reizigersmotief overig).

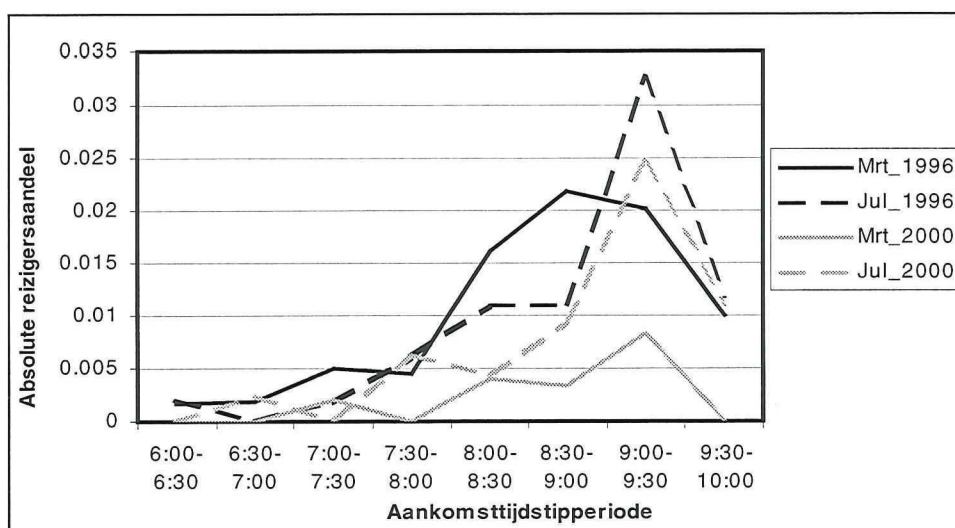


Figuur b10.33: Absolute reizigersaandelen per aankomsttijdstipperiode voor het congestieluwe gebied (reizigersmotief woon-werk).

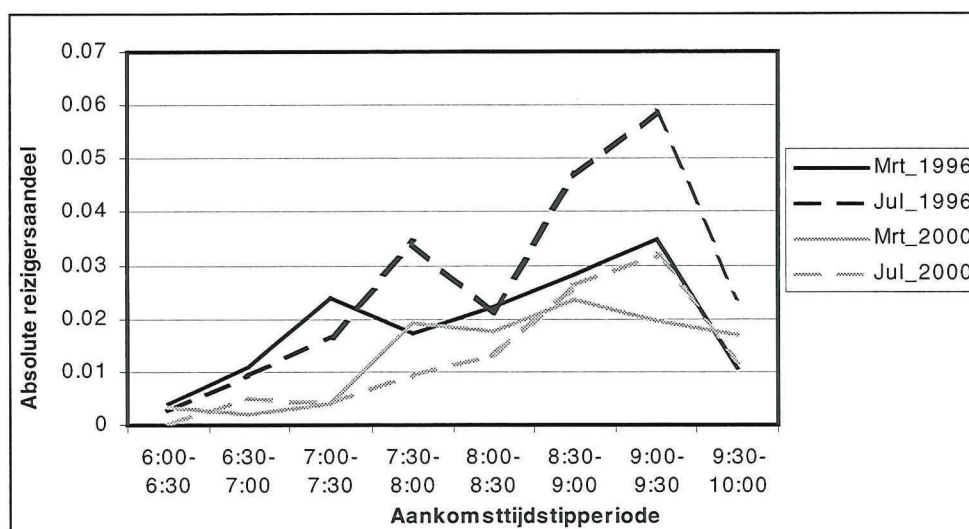


Figuur b10.34: Absolute reizigersaandelen per aankomsttijdstipperiode voor het congestieluwe gebied (reizigersmotief zakelijk).





Figuur b10.35: Absolute reizigersaandelen per aankomsttijdstipperiode voor het congestieluwe gebied (reizigersmotief sociaal-recreatief).

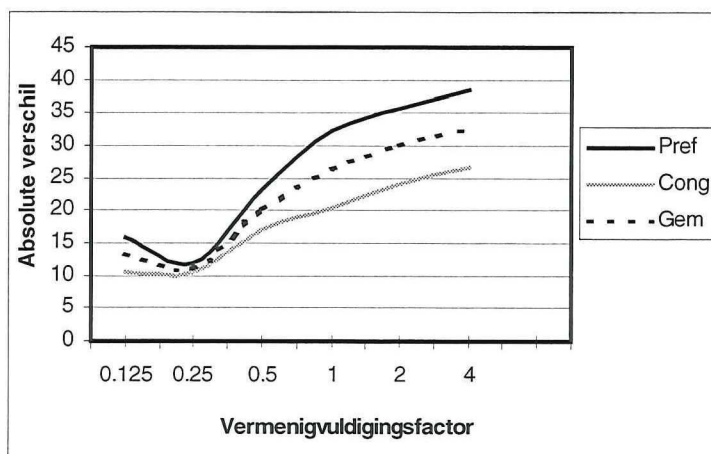


Figuur b10.36: Absolute reizigersaandelen per aankomsttijdstipperiode voor het congestieluwe gebied (reizigersmotief overig).

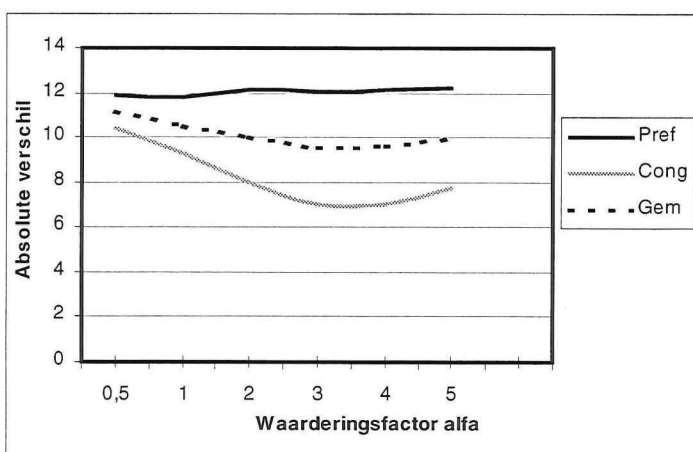
### b3.6.3. Vergelijking van de drie situaties

Voor de gevoeligheidsanalyse zijn de volgende grafieken opgesteld:

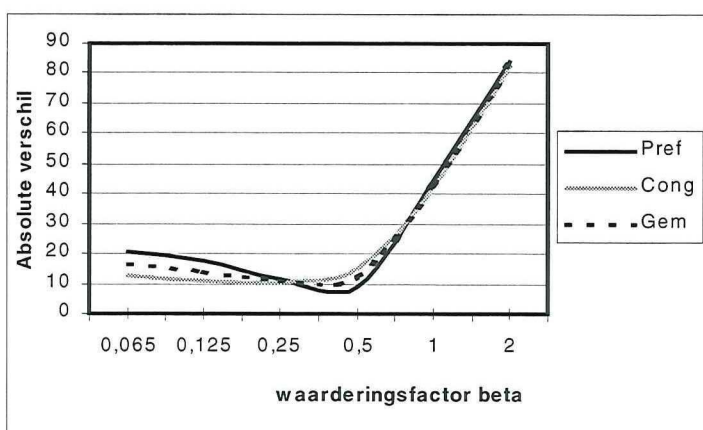
- Grafiek 1: De verhouding tussen de waarderingsfactoren is constant gehouden en slechts de vermenigvuldigingsfactor voor deze waarden is gevarieerd (de vermenigvuldigingsfactor 1 komt overeen met de waarderingsfactoren 2:1:4 voor  $\alpha$ ,  $\beta$  respectievelijk  $\gamma$ ).
- Grafiek 2 t/m 4: Per waarderingsfactor is de gevoeligheid onderzocht middels variatie van één waarderingsfactor (de overige twee variabelen zijn hierbij constant gehouden op de waarde die middels stap 1 is bepaald).
- Grafiek 5: Voor de bepaalde waarderingsfactoren is de schaalfactor gevarieerd.

**Situatie 1: Gefixeerd PDT****Grafiek 1:**

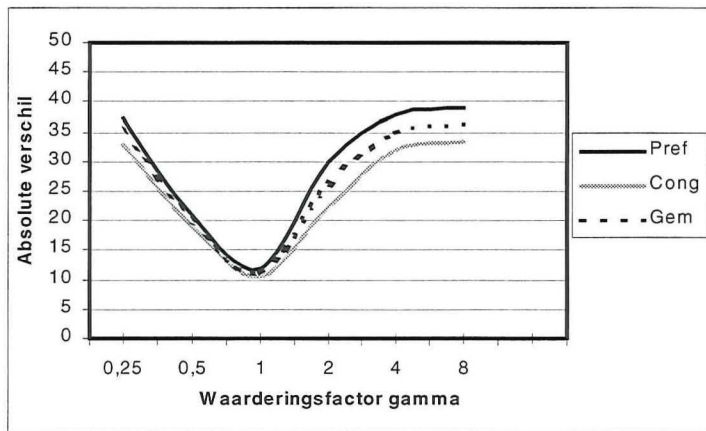
Voor alle mogelijke vermenigvuldigingsfactoren van de waarderingsfactoren zijn de modelresultaten voor de Preferred Situation nauwkeuriger dan voor de Congested Situation. De optimale vermenigvuldigingsfactoren zijn  $\alpha = 0,25$ ,  $\beta = 0,50$  en  $\gamma = 1,00$ .

**Grafiek 2:**

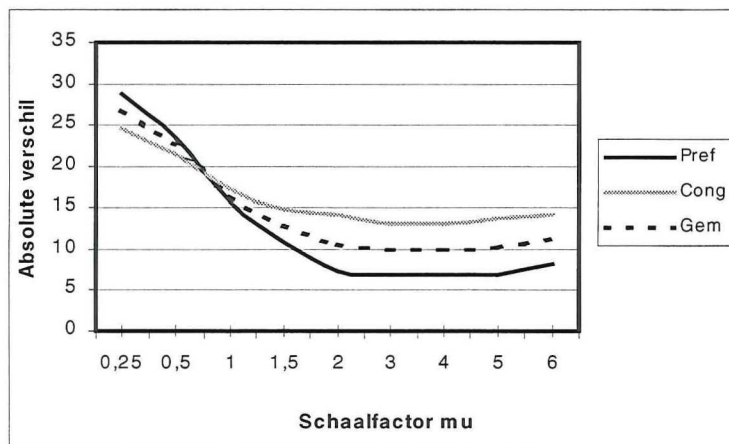
Wederom zijn de modelresultaten van de Preferred Situation nauwkeuriger dan voor de Congested Situation. De optimale waarde voor de waarderingsfactor  $\alpha$  is 3,00

**Grafiek 3:**

Het keuzemodel is gezien de sterke stijging van het verschil, erg gevoelig voor de factor beta. De optimale waarde voor de waarderingsfactor  $\beta$  is 0,55.

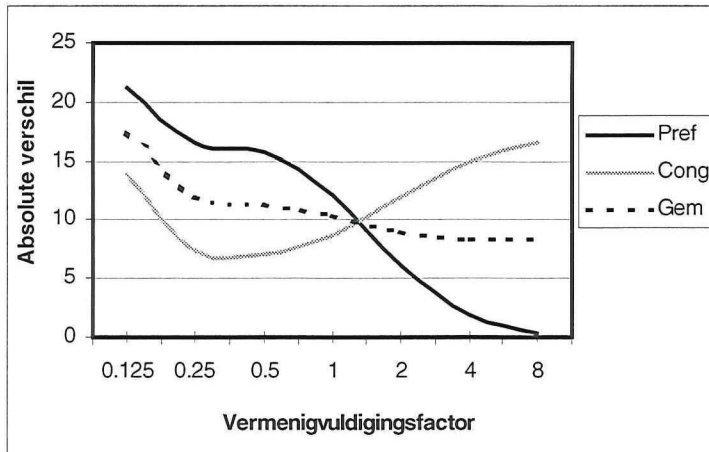
**Grafiek 4:**

Het keuzemodel is minder gevoelig voor de waarderingsfactor gamma dan voor de waarderingsfactor alfa. Wederom zijn de effecten voor de Preferred Situation geringer dan voor de Congested Situation. De optimale waarde voor de waarderingsfactor  $\gamma$  is 1.00.

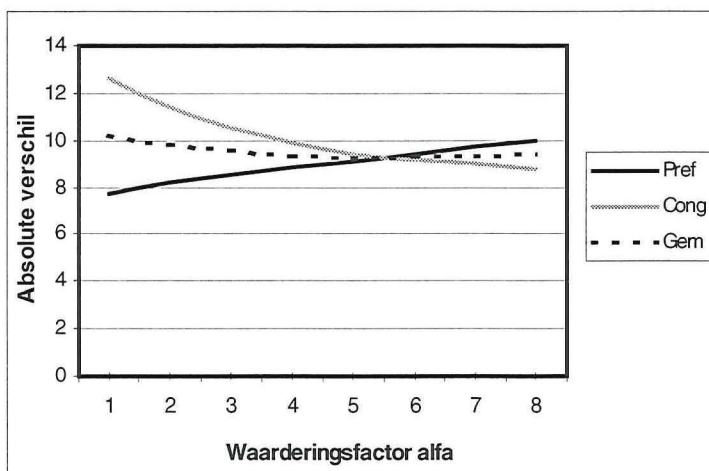
**Grafiek 5:**

Bij de bepaalde waarderingsfactoren is het effect van de schaafactor enorm. Verwonderlijk is dat bij een hoge schaafactor de Congested Situation nauwkeuriger wordt gemodelleerd dan de Preferred Situation. Bij nadere analyse blijkt de schaafactor van invloed te zijn op de hoogte van de maximale waarden. De optimale schaafactor  $\mu$  is 3.5.

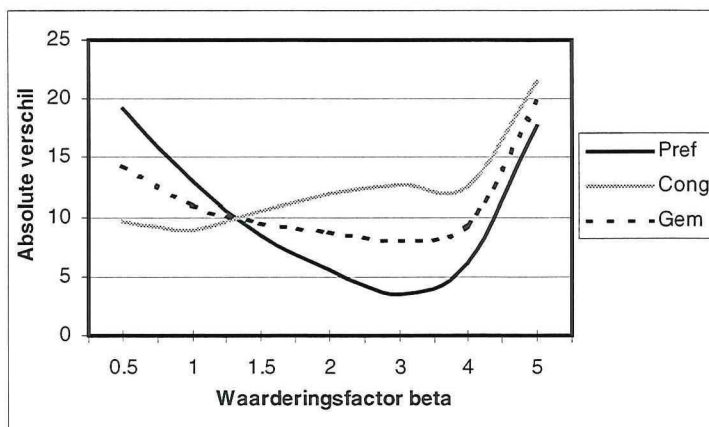


**Situatie 2: PDT - verdeling****Grafiek 1:**

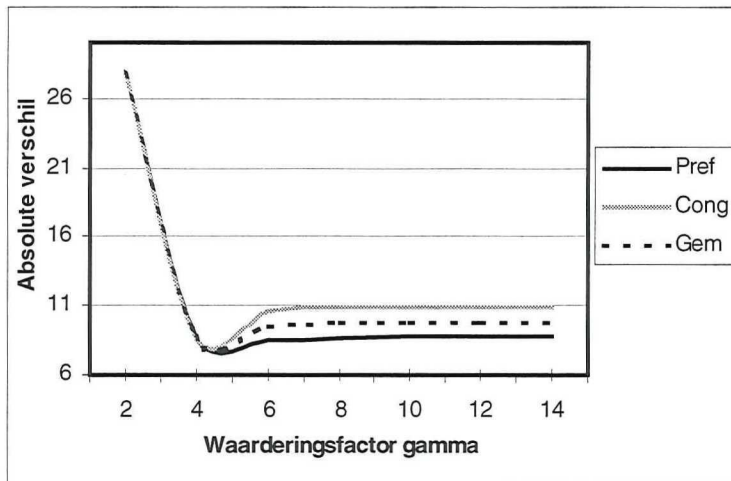
De invloed van de vermenigvuldigingsfactor is groot. Een hoge waarde leidt tot een snelle convergentie en een minimale afwijking van de Preferred Situation. Het verschil in de Congested Situation stijgt echter in dat geval. De optimale vermenigvuldigingsfactor is bepaald op 1,50. Dit resulteert in de waarden  $\alpha = 3,00$ ,  $\beta = 1.50$  en  $\gamma = 6.00$

**Grafiek 2:**

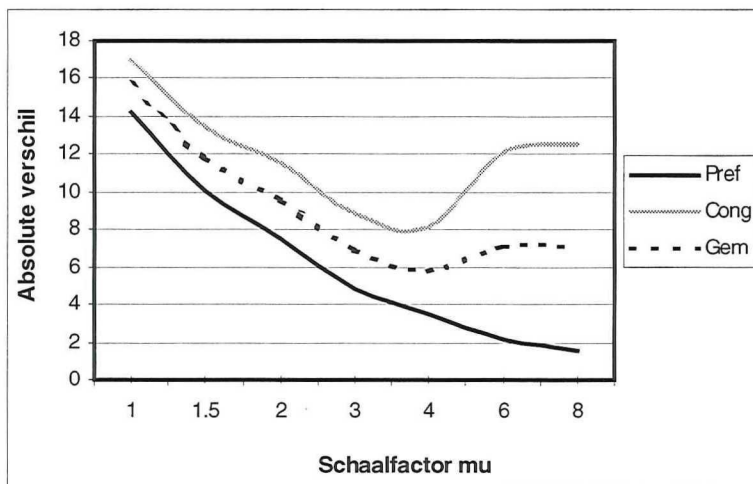
Wederom is een tegenstrijdige relatie zichtbaar. Bij verhoging van de waarde voor  $\alpha$  neemt het verschil in de Preferred Situation af (door de "perfecte" basisverdeling wordt het verschil alleen maar groter door de negatieve beoordeling van de toegenomen reistijd) en het verschil in de Congested Situation neemt toe. De optimale waarde voor de factor  $\alpha$  is 5.00.

**Grafiek 3:**

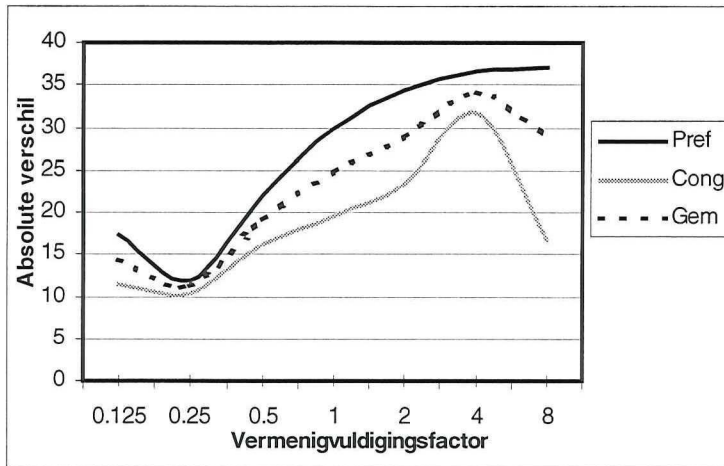
Het keuzemodel bleek bij situatie 1: Fixed PDT, erg gevoelig te zijn voor de factor  $\beta$ . Dit geldt in veel mindere mate voor deze situatie. De Preferred Situation toont een duidelijke dal rond de waarde  $\beta = 3.00$ . De Congested Situation toont een continue stijging van het verschil bij een toename van de factor  $\beta$ . De optimale waarde voor de factor  $\beta$  is 3.20.

**Grafiek 4:**

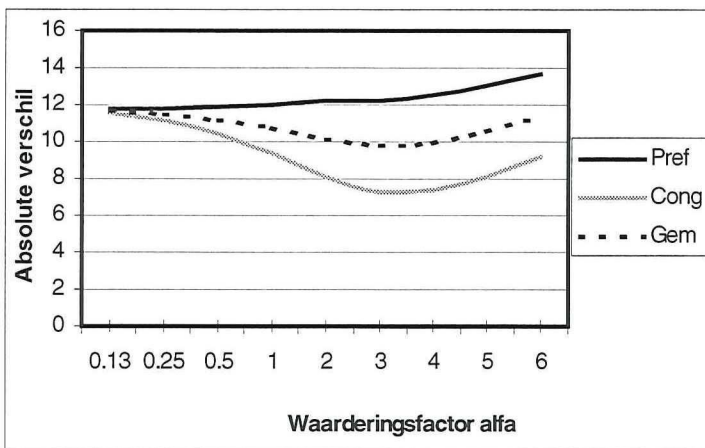
Het keuzemodel lijkt welhaast "ongevoelig" voor  $\gamma$  – waarden boven de zes. Daarentegen is de gevoeligheid voor  $\gamma$  – waarden tussen de 2 - 6 erg groot. De optimale waarde voor de factor  $\gamma$  is bepaald op 4.50.

**Grafiek 5:**

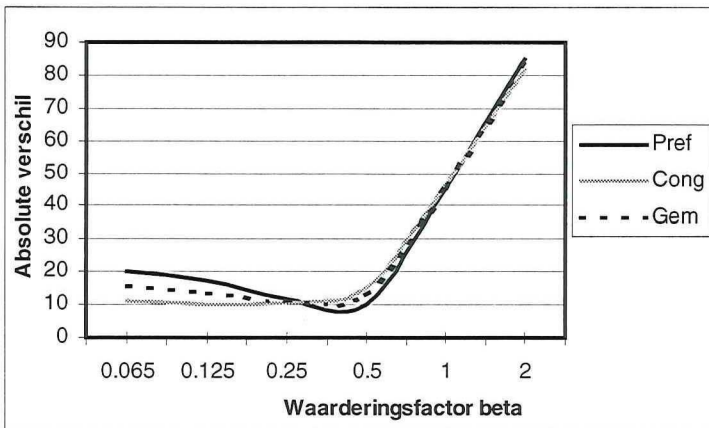
De Preferred Situation is gevoeliger voor de schaalfactor  $\mu$  dan de Congested Situation. Toepassing van een hoge schaalfactor resulteert tot grote verschillen tussen de diverse tijdsperioden waardoor het aantal verschuivingen minimaal is. Daarentegen is door het kleine aantal verschuivingen het verschil in de Congested Situation stijgent vanaf  $\mu \geq 4$ . De optimale schaalfactor  $\mu$  is 3.5.

**Situatie 3: uniforme basisverdeling****Grafiek 1:**

Het effect van de vermenigvuldigingsfactor is zeer groot. Een hoge waarde leidt tot een sterke toename van het verschil. De Preferred en Congested Situation tonen nagenoeg dezelfde grafiekvorm. De optimale vermenigvuldigingsfactor is bepaald op 0.25. Dit resulteert in de waarderingsfactoren  $\alpha = 0.50$ ,  $\beta = 0.25$  en  $\gamma = 1.00$ .

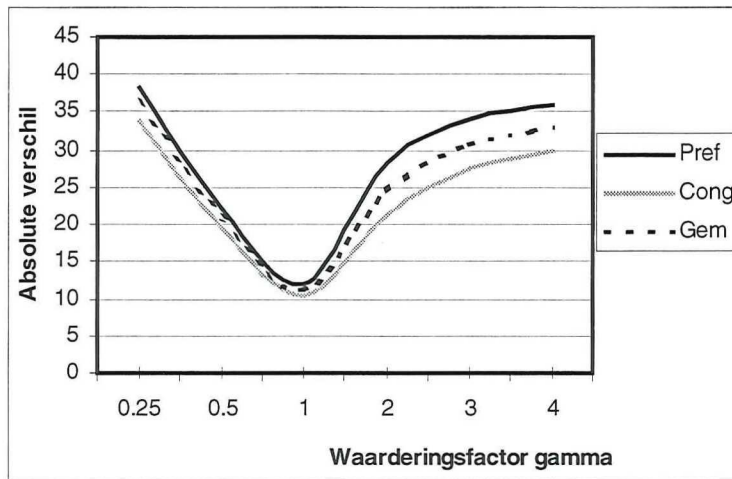
**Grafiek 2:**

Naarmate de  $\alpha$ -waarde stijgt neemt het verschil tussen de Preferred en Congested Situation toe. De onderlinge verschillen zijn echter gering. De optimale waarde voor de factor  $\alpha$  is bepaald op 3.00.

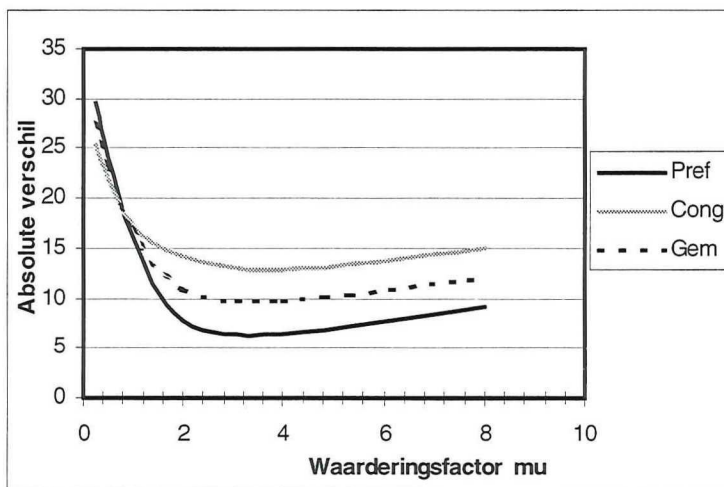
**Grafiek 3:**

De invloed van de  $\beta$ -factor stijgt naarmate de waarde van deze waarderingsfactor stijgt.  $\beta$ -Waarden groter dan 0.75 resulteren in een sterke stijging van het verschil. De optimale waarde voor de factor  $\beta$  is bepaald op 0.55.



**Grafiek 4:**

De grafiek toont een duidelijke dalvorm rond een  $\gamma$ -waarde van 1.00. Zowel de Preferred als de Congested Situation tonen dezelfde modelresultaten voor een stijgende  $\gamma$ -waarde.

**Grafiek 5:**

Lage waarden voor de schaalfactor  $\mu$  resulteren in grote verschillen. De gevoeligheid voor  $\mu$ -waarden onder de 2.00 is groter dan de gevoeligheid voor waarden boven de 2.00. De optimale schaalfactor  $\mu$  is bepaald op 3.

**BIJLAGE 11: OVG–analyses naar de congestievrije / congestierijke situatie**

Voor de ontwikkeling van het verschuivingsmodel is een dataselectie gemaakt van het OVG, waarbij de jaren 1999 en 2000 zijn samengevoegd om voldoende data te genereren. Deze bijlage toont de resultaten van deze dataselectie. De tabellen b11.1 t/m b11.4 tonen het aantal geselecteerde reizigers per segmentatiemethode naar type studiegebied, reizigersmotief, ritafstandsklasse en vertrektijdstipperiode voor de gedefinieerde congestievrije respectievelijk congestierijke situatie.

| Studiegebied           | congestievrije situatie |            | congestierijke situatie |            |
|------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|------------|
|                        | Aantal                  | Percentage | Aantal                  | Percentage |
| Intern stedelijk (101) | 1035                    | 14,76      | 1618                    | 17,36      |
| Extern stedelijk (201) | 827                     | 11,80      | 923                     | 9,90       |
| Extern rustig (102)    | 1065                    | 15,19      | 1085                    | 14,86      |
| Intern rustig (202)    | 4084                    | 58,25      | 5394                    | 57,88      |
| Totaal                 | 7011                    | 100        | 9320                    | 100        |

Tabel b11.1: Geselecteerde aantal reizigers naar het type studiegebied voor de congestievrije en congestierijke situatie (bron: OVG 1999 / 2000)

| Reizigersmotief | congestievrije situatie |            | congestierijke situatie |            |
|-----------------|-------------------------|------------|-------------------------|------------|
|                 | Aantal                  | Percentage | Aantal                  | Percentage |
| Woon – werk     | 4118                    | 58,74      | 5337                    | 57,26      |
| Zakelijk        | 623                     | 8,89       | 863                     | 9,26       |
| Overig          | 2270                    | 32,38      | 3120                    | 33,48      |
| Totaal          | 7011                    | 100,00     | 9320                    | 100,00     |

Tabel b11.2: Geselecteerde aantal reizigers naar reizigersmotief voor de congestievrije en congestierijke situatie (bron: OVG 1999 / 2000)

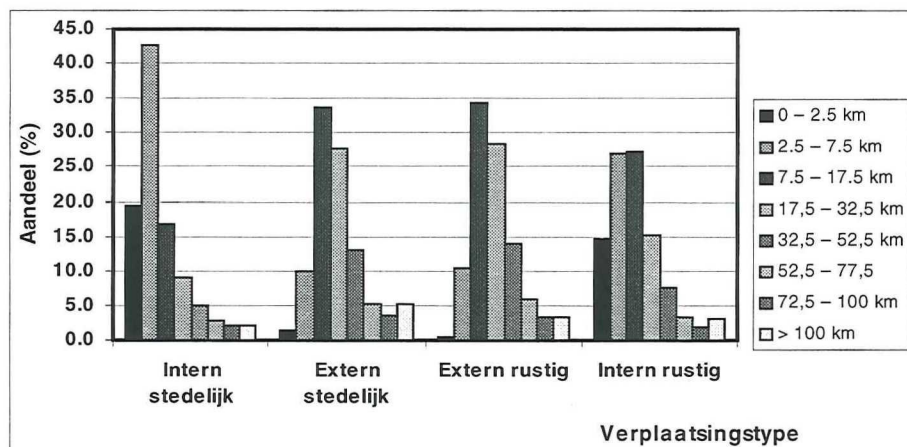
| Ritafstandsklasse | congestievrije situatie |            | congestierijke situatie |            |
|-------------------|-------------------------|------------|-------------------------|------------|
|                   | Aantal                  | Percentage | Aantal                  | Percentage |
| 0 - 2.5 km        | 819                     | 11,68      | 1557                    | 16,71      |
| 2.5 – 7.5 km      | 1740                    | 24,82      | 2527                    | 27,11      |
| 7.5 – 17.5 km     | 1935                    | 27,60      | 2254                    | 24,18      |
| 17.5 – 32.5 km    | 1241                    | 17,70      | 1505                    | 16,15      |
| 32.5 – 52.5 km    | 620                     | 8,84       | 730                     | 7,83       |
| 52.5 – 72.5 km    | 268                     | 3,82       | 304                     | 3,26       |
| 72.5 – 100 km     | 164                     | 2,34       | 215                     | 2,31       |
| > 100 km          | 224                     | 3,19       | 228                     | 2,45       |
| Totaal            | 7011                    | 100,00     | 9320                    | 100,00     |

Tabel b11.3: Geselecteerde aantal reizigers naar ritafstandsklasse voor de congestievrije en congestierijke situatie (bron: OVG 1999 / 2000)

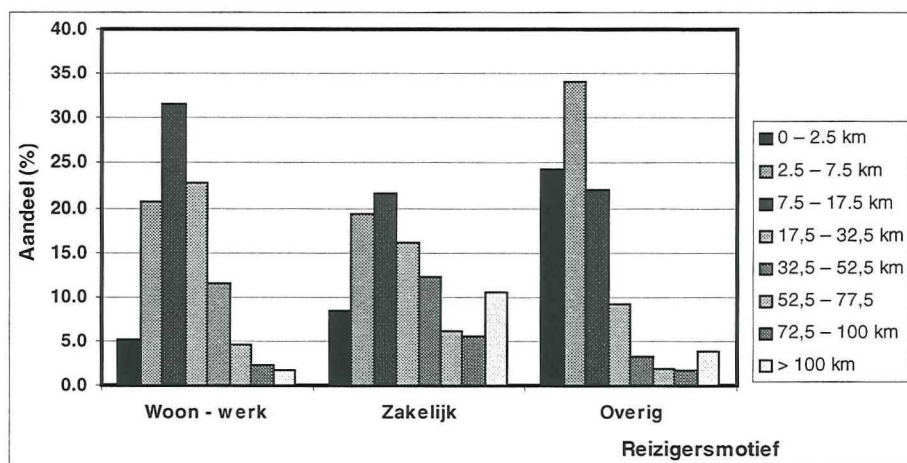
| Vertrektijdstipperiode | congestievrije situatie |            | congestierijke situatie |            |
|------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|------------|
|                        | Aantal                  | Percentage | Aantal                  | Percentage |
| 6:00 – 6:30            | 302                     | 4.31       | 364                     | 3.91       |
| 6:30 – 7:00            | 533                     | 7.60       | 731                     | 7.84       |
| 7:00 – 7:30            | 939                     | 10.39      | 1241                    | 10.32      |
| 7:30 – 8:00            | 1273                    | 18.16      | 1627                    | 17.46      |
| 8:00 – 8:30            | 1028                    | 18.94      | 1874                    | 20.11      |
| 8:30 – 9:00            | 1022                    | 14.58      | 1494                    | 16.03      |
| 9:00 – 9:30            | 1234                    | 17.60      | 1497                    | 16.06      |
| 9:30 – 10:00           | 380                     | 5.42       | 492                     | 5.28       |
| Totaal                 | 7011                    | 100,00     | 9320                    | 100,00     |

Tabel b11.4: Geselecteerde aantal reizigers naar vertrektijdstipperiode voor de congestievrije en congestierijke situatie (bron: OVG 1999 / 2000)

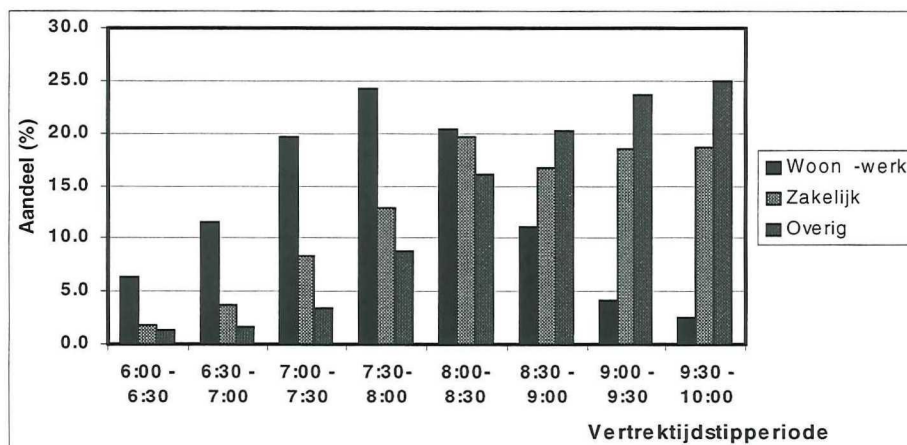
Voor zowel de congestievrije als de congestierijke situatie zijn d.m.v. zes crossgrafieken de reizigersaandelen getoond in de grafieken b11.5 t/m b11.10 respectievelijk b11.11 t/m b11.16. De bijbehorende conclusies zijn beschreven na de set van grafieken van de congestievrije respectievelijk congestierijke situatie.



Figuur b11.5: Verdeling van de ritafstandsklassen per type verplaatsing voor de congestievrije situatie (bron OVG 1999 + 2000)

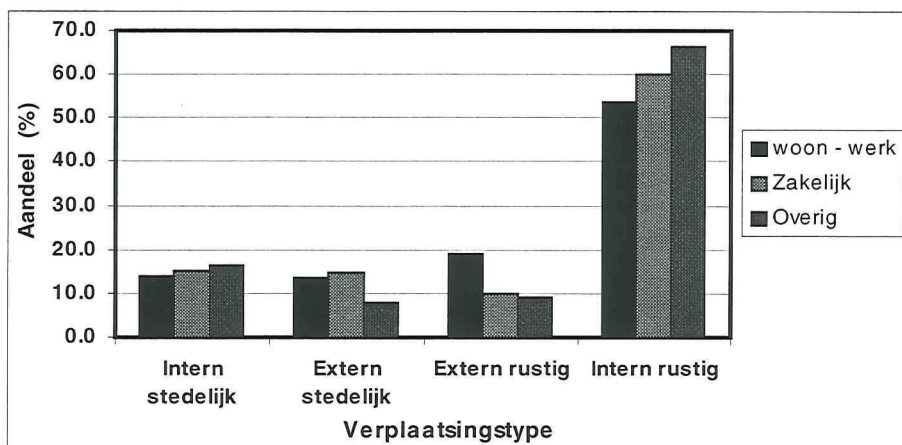


Figuur b11.6: Verdeling van de ritafstandsklassen per reizigersmotief voor de congestievrije situatie (bron OVG 1999 + 2000)

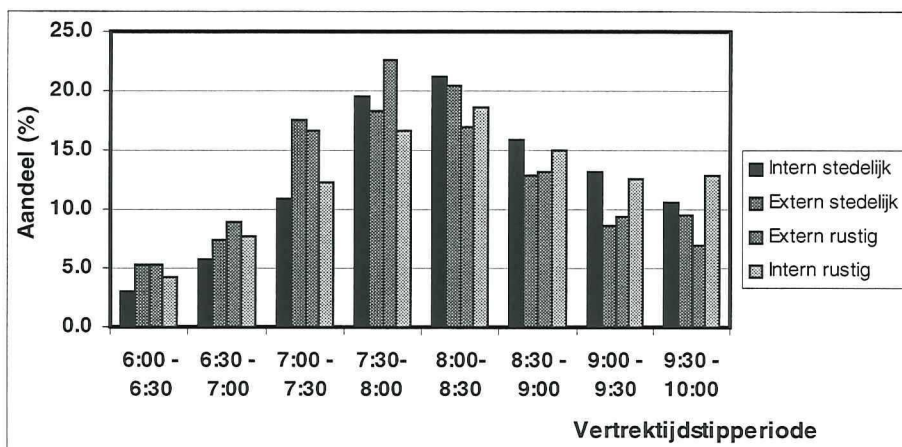


Figuur b11.7: Verdeling van de reizigersmotieven over de mogelijke vertrektijdstipperiode voor de congestievrije situatie (bron OVG 1999 + 2000)

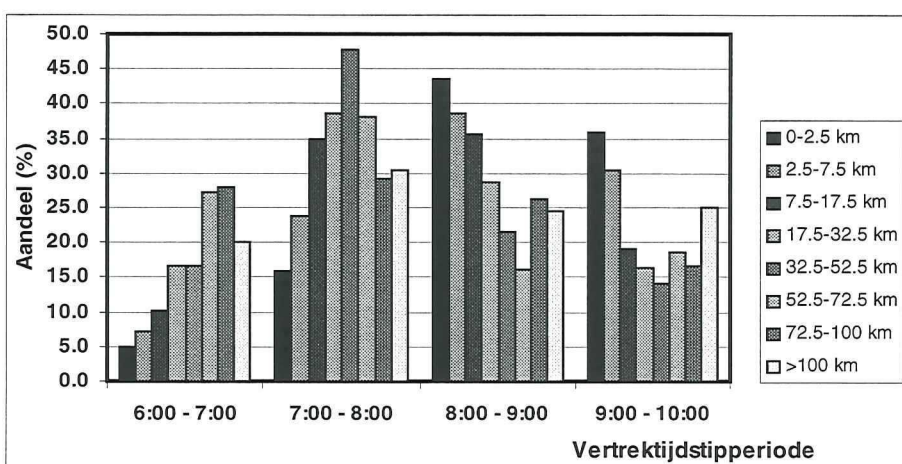




Figuur b11.8: Verdeling van de reizigersmotieven over de type verplaatsing voor de congestievrije situatie (bron OVG 1999 + 2000)



Figuur b11.9: Verdeling van het type verplaatsingen over de mogelijke vertrektijdstipperiode voor de congestievrije situatie (bron OVG 1999 + 2000)



Figuur b11.10: Verdeling van de ritafstandsklassen over de mogelijke vertrektijdstipperiode van 1 uur voor de congestievrije situatie (bron OVG 1999 + 2000)

Per grafiek kan geconcludeerd worden:

**Grafiek b11.5:**

Zoals verwacht is het aandeel van de vier hoogste ritafstandsklassen licht vertegenwoordigd bij alle type verplaatsingen (rond de 8% voor de externe en 4% voor de interne verplaatstypen). De gemiddelde ritafstand van een intern stedelijke verplaatsing is 14,5 km (62% van het totale aantal verplaatsing van deze klasse) tegen 19,4 km (42% van het totale aantal verplaatsingen) van een intern rustige verplaatsing. De externe verplaatsingen hebben duidelijk een langere gemiddelde ritlengte (30,2 respectievelijk 28,3 km) die verklaard wordt door de wijze van definiëring van de verplaatsingstypen. Opmerkelijk is dat het verschil tussen een extern rustige en extern stedelijke verplaatsing nihil is.

**Grafiek b11.6:**

Segmentatie naar reizigersmotief toont duidelijk dat de ritafstandverdeling verschillend is per reizigersmotief. De gemiddelde ritafstand van een woon – werkverplaatsing (22,1 km) is duidelijk hoger dan voor het reizigersmotief overig (15,8 km) maar duidelijk lager dan voor het reizigersmotief zakelijk (36,0 km). De lage gemiddelde ritafstand van het verplaatsingstype overig wordt verklaard door het grote aandeel winkel – en onderwijsverplaatsingen in de ochtendspitsperiode. De hoge ritafstand van het zakelijke verkeer wordt verklaard door het grote aandeel externe verplaatsingen met dit reizigersmotief.

**Grafiek b11.7:**

De reizigersverdeling van het woon – werkverkeer over de ochtendspitsperiode vertoont een redelijke piekvorm met een voorkeur voor de vroegere vertrektijdstipperiodes. Het *PAT* kan een verklaring hiervoor zijn onder de aanname dat vooral in de vroege vertrektijdstipperiodes de langere verplaatsingen worden uitgevoerd. Het zakelijke verkeer kent ook opbouwende piek in de vertrektijdstipperiode 8:00-9:00 uur, maar heeft een grote voorkeur voor een latere vertrektijdstipperiode. De reizigersaandelen van de vertrektijdstipperiodes tussen 8:00–10:00 uur zijn nagenoeg constant. Het overige verkeer heeft een duidelijke voorkeur voor de latere vertrektijdstipperiodes, en er is in het geheel geen sprake van een piekvorm. Gecombineerd met de kortere ritafstanden per verplaatsing is dit logisch te verklaren omdat een groot aandeel van de overige verplaatsingen naar de winkel of het onderwijs gaat die vaste openingstijden kennen.

**Grafiek b11.8:**

Voor alle reizigersmotieven geldt dat de klasse, intern rustig, verreweg het grootste aandeel heeft (het woon–werkverkeer heeft daarvan wel het kleinste aandeel). Indien dit verplaatsingstype achterwege wordt gelaten kan geconcludeerd worden dat een groot gedeelte van het woon–werkverkeer extern wordt afgewikkeld. De intern rustige verplaatsingen kennen een relatief lage verkeersintensiteit, waardoor de kans op spitsverbredingen gering is. Het grote aandeel extern rustige verplaatsingen kan verklaard worden door de bekende definiëring van de “slaapsteden”. Dit type reizigers kan worden omschreven als de grootste veroorzaker van de optredende spitsverbreding. Het aandeel woon–werkverkeer dat de verplaatsing andersom maakt is een stuk geringer. Het reizigersmotief overig maakt voornamelijk interne verplaatsingen.

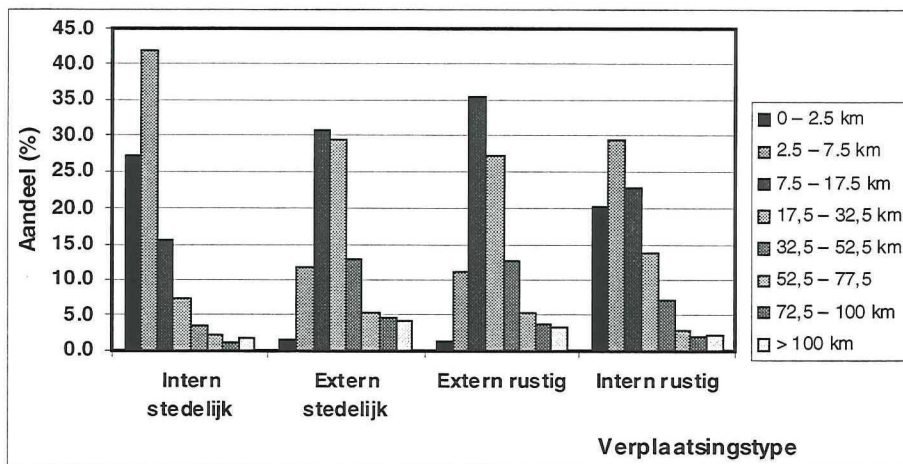
**Grafiek b11.9:**

Analyse naar verplaatsingstype per vertrektijdstipperiode toont dat de vertrektijdstipperiodes voor 8:00-8:30 uur, worden “gedomineerd” door de externe verplaatsingen. Na de core period domineren de interne verplaatsingen. De ritafstandsverdeling per verplaatsingstype is hiervoor een mogelijk verklaring (externe verplaatsingen zijn veelal verplaatsingen met langere ritafstanden waarbij middels een eerder vertrek men de file probeert te ontwijken). Opmerkelijk is dat voor zowel de interne als de externe verplaatsingen geconcludeerd kan worden dat de aandelen per vertrektijdstipperiode nagenoeg identiek zijn.

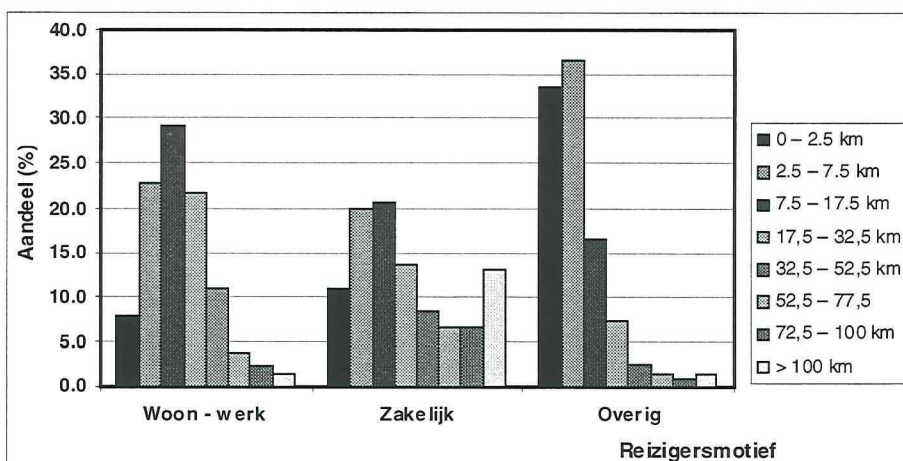


**Grafiek b5.10:**

De hoogste ritafstandsklassen zijn redelijk uniform verdeeld over de totale ochtendspitsperiode iets dat tegen de verwachting in gaat. Indien gedetailleerder geanalyseerd wordt naar het reizigerstype dat dit type verplaatsing maakt, kan geconcludeerd worden dat in de vertrektijdstipperiodes voor 8:00 uur voornamelijk het woon-werkverkeer vertrekt (om zo min mogelijk hinder te ondervinden van de congestievorming) en dat na 8:00 uur voornamelijk het zakelijke verkeer het hoogste aandeel heeft, met zijn relatief hoge percentage grote ritafstanden. Het grote percentage korte ritafstanden na de vertrektijdstipperiode 8:00-8:30 uur kan enerzijds worden verklaard door de opkomst van het reizigersmotief overig (met haar relatief hoge percentage korte verplaatsingen), en anderzijds door de wetenschap dat het meeste woon – werkverkeer op een redelijk gefixeerd tijdstip op hun werk dienen te arriveren, en dit voor tien uur is. Voor het maken van “grotere” ritafstanden is hierdoor geen tijd meer beschikbaar. De laatste verklaring wordt onderbouwd indien men de samenstelling van het laatste uur van de spitsperiode analyseert. Als de beelden per uur worden geanalyseerd kan geconcludeerd worden dat de piek langzaam maar zeker naar de kortere verplaatsingen verschuift. De vertrektijdstipperiode 9:00-10:00 uur, is eigenlijk een kopie van de vertrektijdstipperiode 8:00-9:00 uur met iets lagere reizigersaandelen.

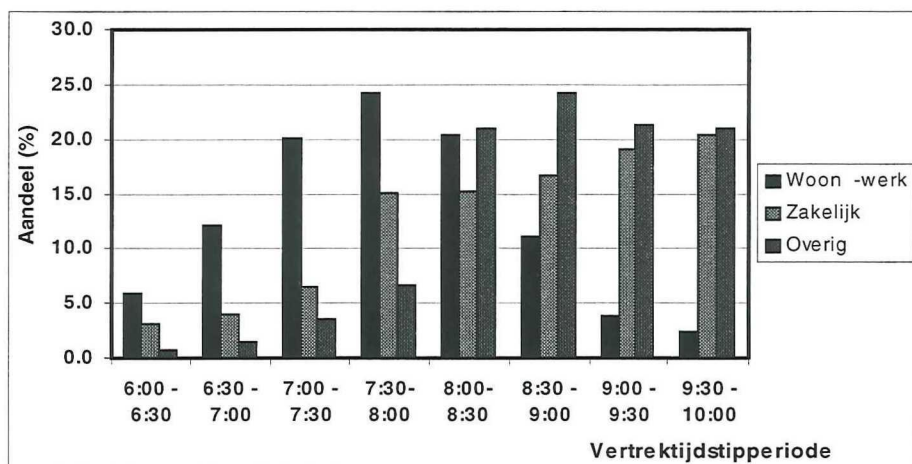


Figuur b11.11: Verdeling van de ritafstandsklassen per type verplaatsing voor de congestierijke situatie (bron OVG 1999 + 2000)

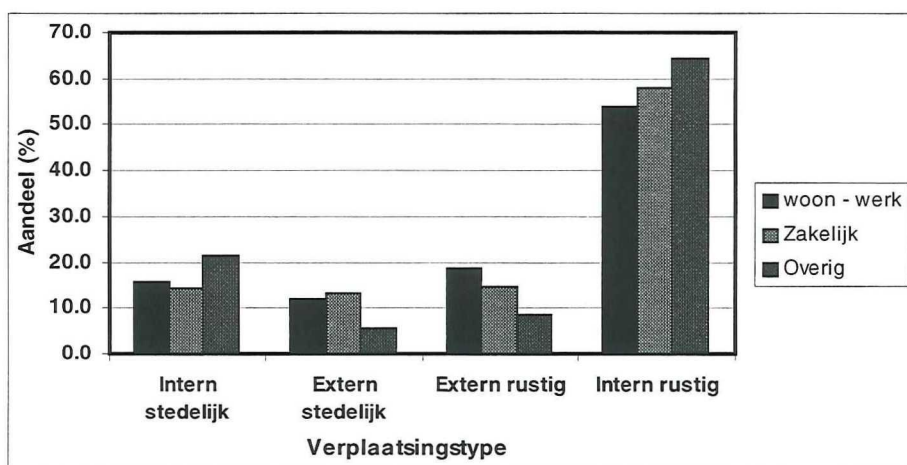


Figuur b11.12: Verdeling van de ritafstandsklassen per reizigersmotief voor de congestierijke situatie (bron OVG 1999 + 2000)

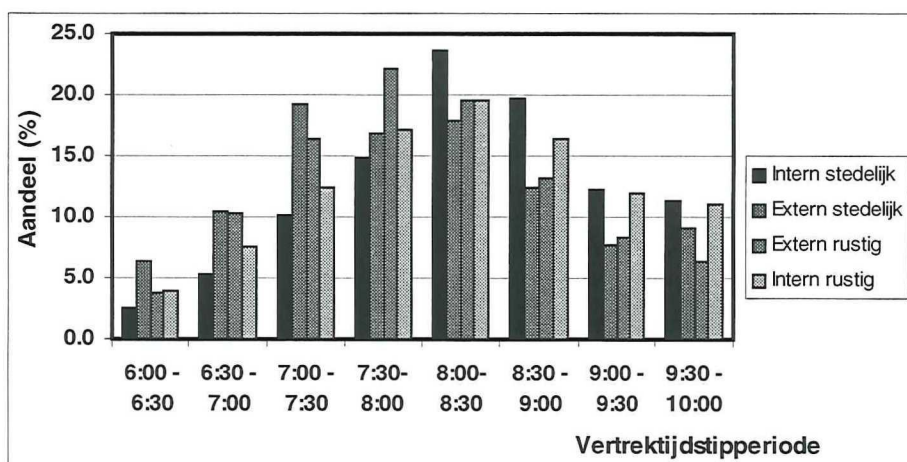




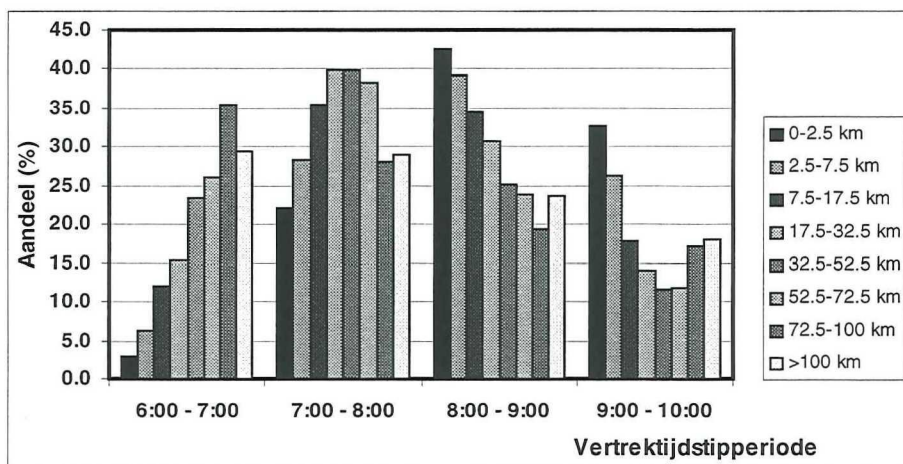
Figuur b11.10: Verdeling van de reizigersmotieven over de mogelijke vertrektijdstipperiode voor de congestierijke situatie (bron OVG 1999 + 2000)



Figuur b11.14: Verdeling van de reizigersmotieven over de type verplaatsing voor de congestierijke situatie (bron OVG 1999 + 2000)



Figuur b11.15: Verdeling van het type verplaatsingen over de mogelijke vertrektijdstipperiode voor de congestierijke situatie (bron OVG 1999 + 2000)



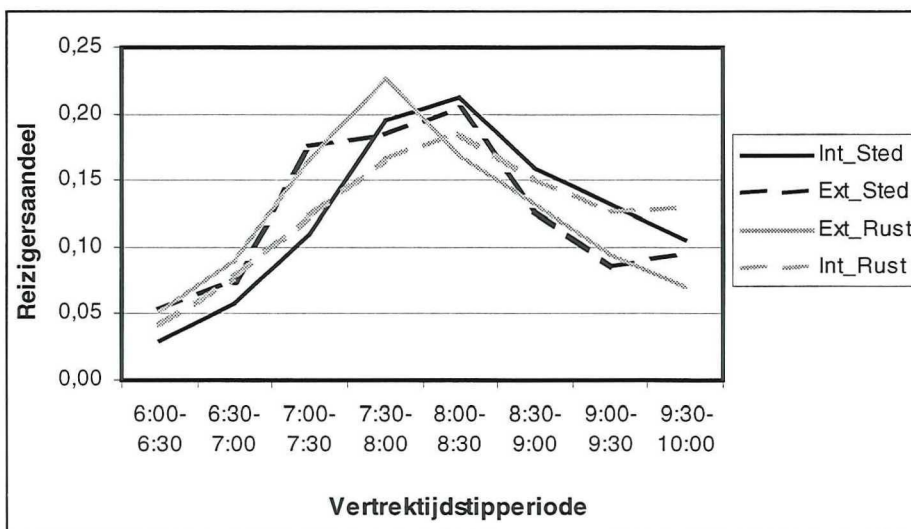
Figuur b11.16: Verdeling van de ritafstandsklassen per vertrektijdstipperiode van 1 uur voor de congestierijke situatie (bron OVG 1999 + 2000)

Een gedetailleerde analyse van de grafieken van de congestierijke situatie wordt niet zinvol geacht omdat de hier gepresenteerde grafieken, in hoofdlijn overeenkomen met de grafieken voor de congestievrije situatie.

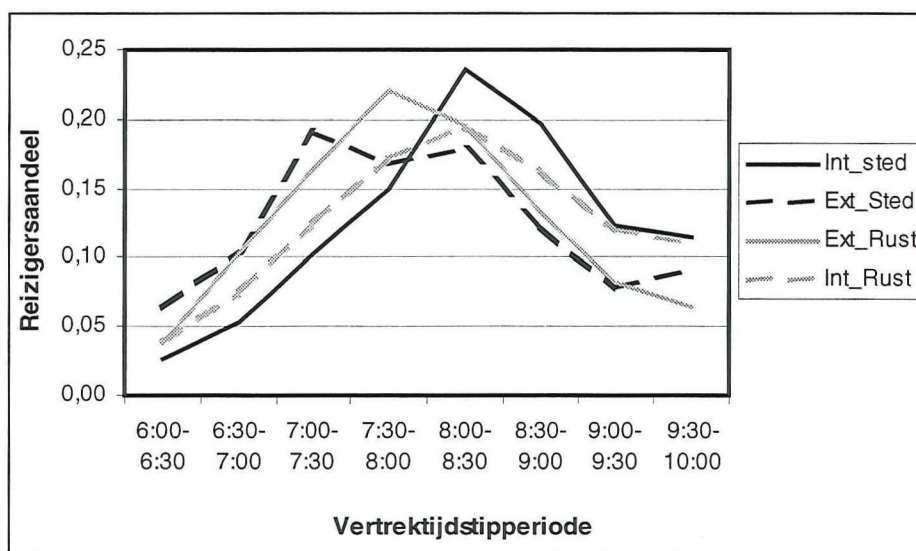
Voor de gedefinieerde congestievrije en congestierijke situatie is een analyse uitgevoerd naar het verplaatsingstype, het reizigersmotief en de ritafstandsklasse.

#### **OVG – analyse naar verplaatsingstype**

De figuren b5.17 en b5.18 tonen de reizigersaandelen naar verplaatsingstype per vertrektijdstipperiode van de congestievrije respectievelijk congestierijke situatie. De absolute reizigersaandeelverschillen per verplaatsingstype is opgenomen als figuur X.X in het hoofdrapport.



Figuur b11.17: Reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode naar verplaatsingstype voor de congestievrije situatie

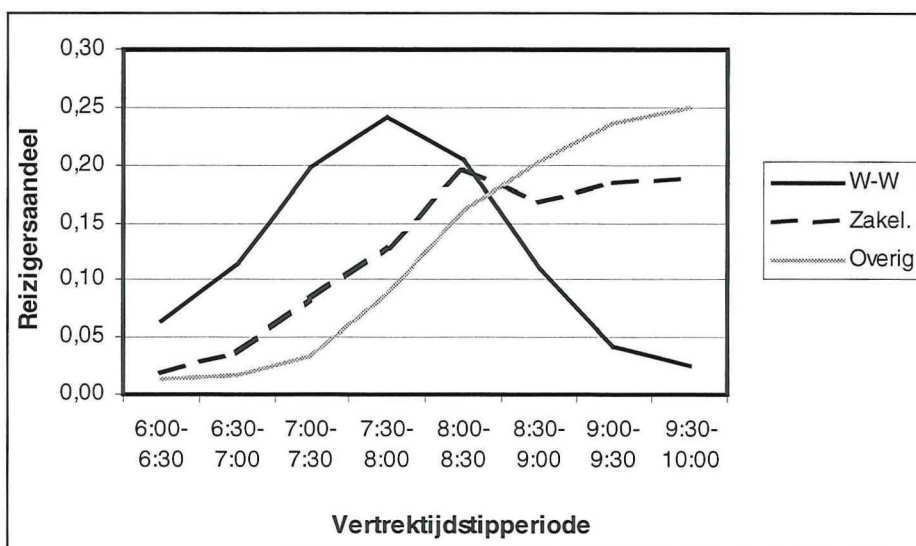


Figuur b11.18: Reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode naar verplaatsingstype voor de congestierijke situatie

Alle vertrektijdstippatronen per verplaatsingstype tonen een duidelijke piekvorm, dit geldt voor zowel de congestievrije als congestierijke situatie. De verschillende verplaatsingstypen onderling tonen duidelijke waarneembare verschillen naar vertrektijdstipperiode. De verschillen van het vertrektijdstippatronen per verplaatsingstype zijn voor de congestievrije situatie minder groot dan voor de congestierijke situatie. Reizigers die een interne verplaatsing maken vertrekken gemiddeld later dan de reizigers die een externe verplaatsing maken. In de congestierijke situatie is dit beeld nog duidelijker zichtbaar.

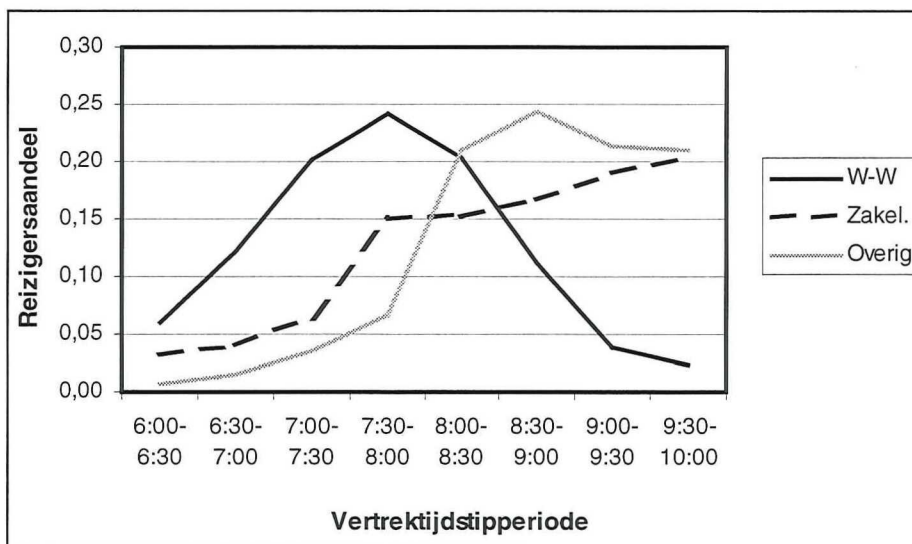
#### OVG – analyse naar reizigersmotief

De figuren b11.19 en b11.20 tonen de reizigersmotiefaandelen per vertrektijdstipperiode van de congestievrije respectievelijk congestierijke situatie. De absolute reizigersaandeelverschillen zijn opgenomen in het hoofdrapport.



Figuur b11.19: Reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode naar reizigersmotief voor de congestievrije situatie



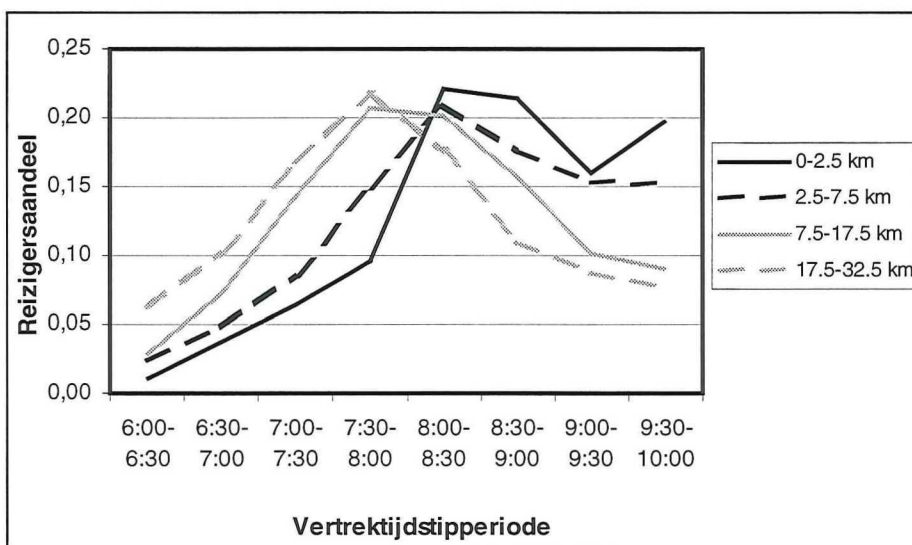


Figuur b11.20: Reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode naar reizigersmotief voor de congestierijke situatie

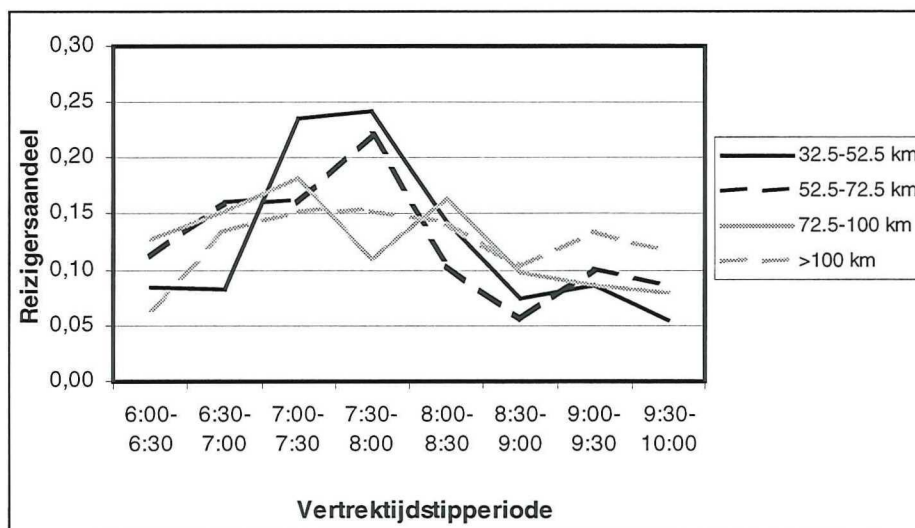
De verschillen naar het vertrektijdstippatroon per reizigersmotief zijn erg groot. Uit analyse blijkt het vertrektijdstippatroon van het reizigersmotief woon – werk duidelijk een piekvorm te tonen. Het zakelijke reizigersmotief lijkt een voorkeur te hebben voor de latere vertrektijdstippatronen. Geconcludeerd kan worden dat de zakelijke reizigers beschikken over flexibelere werktijden. Voor de congestierijke situatie geldt dat de piek in de vertrektijdstipperiode 8:00-8:30 uur geheel is afgevlakt. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de zakelijke reiziger zijn vertrektijdstip heeft aangepast. Voor de congestievrije situatie geldt dat het reizigersmotief overig in het geheel geen piekvorm toont. Dit kan worden verklaard door de relatief korte ritafstanden, en de grote diversiteit aan reizigersmotieven die gebundeld zijn tot dit reizigersmotief. Voor de congestierijke situatie ontstaat toch een lichte piekvorm rond de vertrektijdstipperiode 8:30-9:00 uur.

#### OVG – analyses naar ritafstandsklasse

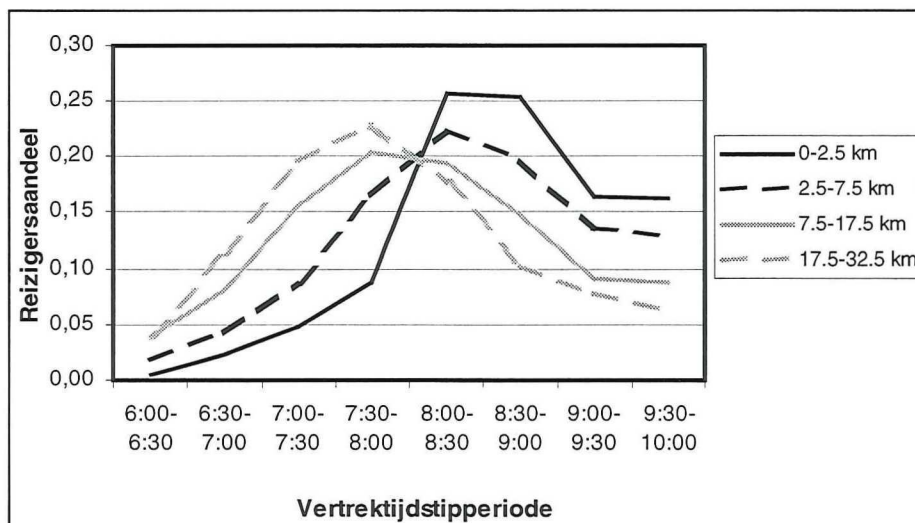
De figuren b11.21 t/m b11.24 tonen de ritafstandsaandelen per vertrektijdstipperiode van de congestievrije respectievelijk congestierijke situatie. Het absolute ritafstandsaandeelverschil per ritafstandsklasse is opgenomen in het hoofdrapport.



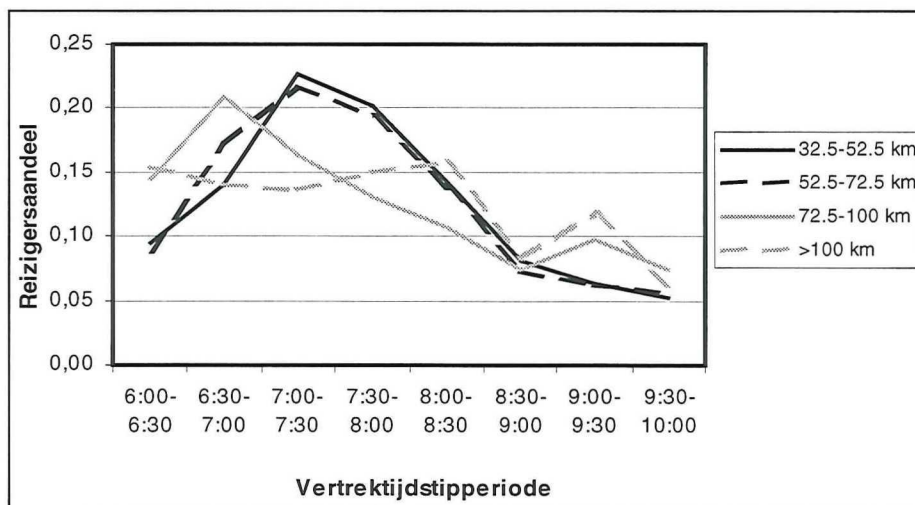
Figuur b11.21: Reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode naar de laagste vier ritafstandsklassen voor de congestievrije situatie



Figuur b11.22: Reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode naar de hoogste vier ritafstandsklassen voor de congestievrije situatie



Figuur b11.23: Reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode naar de laagste vier ritafstandsklassen voor de congestierijke situatie



Figuur b11.24: Reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode naar de hoogste vier ritafstandsklassen voor de congestierijke situatie

De vertrektijdstippatronen per ritafstandsklasse tonen zeer veel verschillen. De kortere ritafstandsklassen hebben een voorkeur voor de latere vertrektijdstipperiodes, terwijl de langere ritafstandsklassen een voorkeur hebben voor de vroegere vertrektijdstipperiodes. In de congestierijke situatie ondervinden voornamelijk de langere ritafstandsklassen hinder van de toegenomen verkeersintensiteit en verschuiven naar een eerdere vertrektijdstipperiode. De middellange ritafstandsklassen ondervinden nauwelijks hinder en de vertrektijdstippatronen zijn in beide situaties haast identiek.

Belangrijker voor dit onderzoek worden de absolute verschillen t.o.v. de congestievrije situatie geacht, die worden beschreven in het hoofdrapport (paragraaf 6.5).



**Bijlagen 12: bepaling van de gehanteerde klasse - indelingen**

De hier getoonde tabellen en grafieken behoren bij de bepaling van de twee klasse – indelingen van de reizigersmotieven respectievelijk ritafstanden, die gehanteerd zijn voor het onderzoek. De in deze bijlage gepresenteerde tabellen maken slechts onderscheid naar verplaatsingstype en nog niet naar vertrektijdstipperiodes. Het onderscheid naar verplaatsingstypen is namelijk in een vrij vroeg stadium gedefinieerd, terwijl de opsplitsing van de totale ochtendspitsperiode in discrete tijdsperiodes pas in een later stadium zal plaatsvinden. Om voldoende data te generen per klasse-definiëring is een ondergrens gesteld van 25 reizigers per gedefinieerde klasse. Tijdens de modelontwikkeling zal blijken of de gedefinieerde klassen bruikbaar zijn of niet.

**Segmentatie naar reizigersmotief**

In principe maakt het OVG onderscheid naar negen reizigersmotieven. Het aantal reizigers naar reizigersmotief per verplaatsingstype wordt getoond in tabel b12.1.

| Verplaatsingstype /<br><br>Reizigersmotief | Congestievrije situatie |            |             |             | Congestierijk situatie |            |             |             |
|--------------------------------------------|-------------------------|------------|-------------|-------------|------------------------|------------|-------------|-------------|
|                                            | Int_Sted                | Ext_Sted   | Ext_Rust    | Int_Rust    | Int_Sted               | Ext_Sted   | Ext_Rust    | Int_Rust    |
| Woon – werk                                | 570                     | 552        | 792         | 2204        | 832                    | 630        | 990         | 2885        |
| Zakelijk                                   | 94                      | 92         | 62          | 375         | 124                    | 112        | 125         | 502         |
| Visite / logeren                           | 70                      | 48         | 63          | 286         | 100                    | 31         | 57          | 295         |
| Winkelen                                   | 92                      | 27         | 40          | 388         | 148                    | 20         | 50          | 491         |
| Onderwijs volgen                           | 10                      | 1          | 10          | 24          | 31                     | 15         | 30          | 71          |
| Ontspanning / sport                        | 39                      | 35         | 36          | 199         | 45                     | 31         | 44          | 211         |
| Toeren / wandelen                          | 28                      | 22         | 18          | 106         | 44                     | 23         | 22          | 119         |
| Spelen bij anderen                         | 9                       | 10         | 5           | 73          | 12                     | 6          | 5           | 38          |
| Overige                                    | 123                     | 40         | 39          | 399         | 252                    | 55         | 62          | 782         |
| <b>Subtotaal</b>                           | <b>1035</b>             | <b>827</b> | <b>1065</b> | <b>4084</b> | <b>1618</b>            | <b>923</b> | <b>1085</b> | <b>5394</b> |

Tabel b12.1: Aantal reizigers naar reizigersmotief per verplaatsingstype.

Het aantal geselecteerde reizigers voor de reizigersmotieven winkelen, onderwijs volgen, ontspanning, toeren/wandelen en spelen bij anderen, zijn te gering om deze reizigersmotieven te onderscheiden in het verschuivingsmodel. De toegepaste klasse-definiëring is opgenomen in het hoofdrapport in paragraaf 6.5.

**Segmentatie naar ritafstandsklasse**

De tabellen b12.2 en b12.3 tonen het aantal geselecteerde reizigers per ritafstandsklasse indien lineaire klasse – definiëring worden toegepast per 5 respectievelijk 10 kilometer.

| Verplaatsingstype /<br>Ritafstandsklasse | Congestievrije situatie |            |             |             | Congestierijk situatie |            |             |             |
|------------------------------------------|-------------------------|------------|-------------|-------------|------------------------|------------|-------------|-------------|
|                                          | Int_Sted                | Ext_Sted   | Ext_Rust    | Int_Rust    | Int_Sted               | Ext_Sted   | Ext_Rust    | Int_Rust    |
| 0 – 5 km                                 | 321                     | 21         | 20          | 883         | 629                    | 29         | 30          | 1563        |
| 5 – 10 km                                | 365                     | 103        | 107         | 1005        | 544                    | 125        | 186         | 1291        |
| 10 – 15 km                               | 95                      | 145        | 194         | 618         | 103                    | 152        | 260         | 671         |
| 15 – 20 km                               | 44                      | 118        | 146         | 374         | 74                     | 115        | 221         | 460         |
| 20 – 25 km                               | 30                      | 89         | 109         | 227         | 44                     | 120        | 103         | 287         |
| 25 – 30 km                               | 26                      | 80         | 109         | 216         | 36                     | 83         | 128         | 229         |
| 30 – 35 km                               | 34                      | 54         | 74          | 124         | 26                     | 64         | 87          | 159         |
| 35 – 40 km                               | 19                      | 37         | 48          | 103         | 19                     | 36         | 65          | 118         |
| 40 – 45 km                               | 14                      | 28         | 38          | 85          | 26                     | 37         | 55          | 126         |
| 45 – 50 km                               | 7                       | 18         | 29          | 52          | 4                      | 16         | 25          | 58          |
| 50 – 55 km                               | 9                       | 18         | 31          | 65          | 6                      | 19         | 26          | 68          |
| 55 – 60 km                               | 5                       | 9          | 19          | 39          | 7                      | 10         | 18          | 46          |
| 60 – 65 km                               | 11                      | 10         | 16          | 33          | 9                      | 16         | 23          | 50          |
| 65 – 70 km                               | 9                       | 14         | 11          | 33          | 10                     | 11         | 19          | 30          |
| 70 – 75 km                               | 6                       | 7          | 14          | 26          | 7                      | 6          | 10          | 21          |
| 75 – 80 km                               | 6                       | 12         | 8           | 24          | 3                      | 9          | 9           | 30          |
| 80 – 85 km                               | 2                       | 9          | 10          | 24          | 5                      | 16         | 10          | 32          |
| 85 – 90 km                               | 3                       | 5          | 6           | 7           | 3                      | 7          | 10          | 19          |
| 90 – 95 km                               | 4                       | 1          | 7           | 14          | 1                      | 6          | 12          | 15          |
| 95 – 100 km                              | 3                       | 3          | 3           | 8           | 5                      | 4          | 8           | 6           |
| > 100 km                                 | 22                      | 43         | 36          | 124         | 27                     | 39         | 47          | 115         |
| <b>Totaal</b>                            | <b>1035</b>             | <b>827</b> | <b>1065</b> | <b>4084</b> | <b>1618</b>            | <b>923</b> | <b>1085</b> | <b>5394</b> |

Tabel b12.2: Aantal reizigers naar ritafstandsklassen (per 5 kilometer) per verplaatsingstype.

| Verplaatsingstype /<br>Ritafstandsklasse | Congestievrije situatie |            |              |             | Congestierijk situatie |            |              |             |
|------------------------------------------|-------------------------|------------|--------------|-------------|------------------------|------------|--------------|-------------|
|                                          | Int_Sted                | Ext_Sted   | Ext_Rus<br>t | Int_Rust    | Int_Sted               | Ext_Sted   | Ext_Rus<br>t | Int_Rust    |
| 0 – 10 km                                | 686                     | 124        | 157          | 1888        | 1173                   | 154        | 216          | 2854        |
| 10 – 20 km                               | 109                     | 263        | 340          | 992         | 207                    | 267        | 481          | 1101        |
| 20 – 30 km                               | 56                      | 169        | 218          | 443         | 80                     | 203        | 261          | 516         |
| 30 – 40 km                               | 53                      | 91         | 122          | 227         | 45                     | 100        | 152          | 277         |
| 40 – 50 km                               | 21                      | 46         | 67           | 107         | 30                     | 53         | 80           | 184         |
| 50 – 60 km                               | 14                      | 27         | 50           | 104         | 10                     | 32         | 44           | 114         |
| 60 – 70 km                               | 20                      | 27         | 27           | 66          | 19                     | 27         | 42           | 80          |
| 70 – 80 km                               | 12                      | 19         | 22           | 50          | 10                     | 15         | 19           | 51          |
| 80 – 90 km                               | 5                       | 14         | 16           | 31          | 8                      | 23         | 23           | 51          |
| 90 – 100 km                              | 7                       | 4          | 10           | 22          | 6                      | 10         | 20           | 21          |
| > 100 km                                 | 22                      | 43         | 36           | 124         | 27                     | 39         | 47           | 115         |
| <b>Totaal</b>                            | <b>1035</b>             | <b>827</b> | <b>1065</b>  | <b>4084</b> | <b>1618</b>            | <b>923</b> | <b>1085</b>  | <b>5394</b> |

Tabel b12.3: Aantal reizigers per ritafstandsklassen (per 10 kilometer) en verplaatsingstype.



Als basisaanname voor de klasse – definitie is verondersteld dat de rijnsnelheid toeneemt in relatie tot de ritafstand. Hierbij is aangenomen dat de rijnsnelheid voor verplaatsingen langer dan 100 kilometer niet noemenswaardig verschillen zodat de verplaatsingen van dit type samengevoegd kunnen worden. Het is op zich aanvechtbaar of er nog een significante rijnsnelheidstoename waarneembaar is voor verplaatsingen langer dan 50 kilometer.

Indien ritafstandsklassen worden toegepast per vijf kilometer, blijken voornamelijk in de middenlange tot lange ritafstandsklassen, het aantal reizigers per klasse te gering voor de ontwikkeling van het verschuivingsmodel. Dit treedt op bij een ritafstand van 35 kilometer of meer (afhankelijk van het verplaatsingstype). Het lage aantal stedelijke verplaatsingen wordt veroorzaakt door de definiëringswijze van de verplaatsingstypen. Het aantal reizigers dat een andere stedelijkheidsgraad als bestemming heeft is uiteraard gering voor de kortste ritafstanden. Zowel in de congestievrije als in de congestierijke situatie tonen de kolommen van de reizigersaantallen hetzelfde beeld. Een lineaire klasse – indeling voor de ritafstanden per 10 kilometer, toont geen waarneembare verbetering. Geconcludeerd kan worden dat een lineaire klasse – definitie niet leidt tot voldoende reizigers per klasse. Tabel b12.4 toont de resultaten waarbij een gevarieerde ritafstandsklasse is toegepast.

| Verplaatsingstype /<br>Ritafstandsklasse | Congestievrije situatie |            |             |             | Congestierijke situatie |            |             |             |
|------------------------------------------|-------------------------|------------|-------------|-------------|-------------------------|------------|-------------|-------------|
|                                          | Int_Sted                | Ext_Sted   | Ext_Rust    | Int_Rust    | Int_Sted                | Ext_Sted   | Ext_Rust    | Int_Rust    |
| 0 – 5 km                                 | 321                     | 21         | 20          | 883         | 629                     | 29         | 30          | 1563        |
| 5 – 10 km                                | 365                     | 103        | 107         | 1005        | 544                     | 125        | 186         | 1291        |
| 10 – 15 km                               | 95                      | 145        | 194         | 618         | 103                     | 152        | 260         | 671         |
| 15 – 20 km                               | 44                      | 118        | 146         | 374         | 74                      | 115        | 221         | 460         |
| 20 – 25 km                               | 30                      | 89         | 109         | 227         | 44                      | 120        | 103         | 287         |
| 25 – 30 km                               | 26                      | 80         | 109         | 216         | 36                      | 83         | 128         | 229         |
| 30 – 40 km                               | 53                      | 91         | 122         | 227         | 45                      | 100        | 152         | 277         |
| 40 – 50 km                               | 21                      | 46         | 67          | 107         | 30                      | 53         | 80          | 184         |
| 50 – 60 km                               | 14                      | 27         | 50          | 104         | 10                      | 32         | 44          | 114         |
| 60 – 80 km                               | 32                      | 46         | 49          | 116         | 29                      | 42         | 61          | 101         |
| 80 – 100 km                              | 12                      | 18         | 26          | 53          | 14                      | 33         | 43          | 72          |
| > 100 km                                 | 22                      | 43         | 36          | 124         | 27                      | 39         | 47          | 115         |
| <b>Totaal</b>                            | <b>1035</b>             | <b>827</b> | <b>1065</b> | <b>4084</b> | <b>1618</b>             | <b>923</b> | <b>1085</b> | <b>5394</b> |

Tabel b12.4: Aantal reizigers naar ritafstandsklasse (met een gevarieerde schaal) per verplaatsingstype.

Uit gedetailleerder analyse blijkt dat reizigers moeite hebben met het exact aangeven van hun vertrektijdstip. Reizigers ronden vaak af op hele, of zelfs vijf kilometers indien de ritafstand erg toeneemt, dit veroorzaakt het feit dat een klasse – definitie van afgeronde kilometers niet de voorkeur heeft. De uiteindelijk toegepaste klasse-definitie is opgenomen in het hoofdrapport als in paragraaf 6.5.



**BIJLAGE 13: Invoerdata nutsfuncties**

Voor het onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden van verschillende variabelen zijn acht casestudies uitgewerkt (elke casestudie bevat een set van nutsfuncties) Per casestudie worden de hiervoor volgende symbolen gehanteerd:

- U1...U7 = het nummer van de vertrektijdstipperiode, nummer 1 correspondeert met de vertrektijdstipperiode 6:00 - 6:30 uur.
- p01...p05 = een symbool die de variabele aangeeft (zie toelichting bij de casestudies).
- d07..d119= dit symbool verwijst naar de kolomnummer van de benodigde dataset.
- p20..p60 = een symbool dat de constante aangeeft.

**Casestudie 1 (TT, TD, TE en TL)**

Variabelen:

p01 TravelTime (min)  
p02 Distance (km)  
p03 EarlyArrival (min)  
p04 LateArrival (min)

$$U1 = p01*d14 + p02*d07 + p03*d18$$

$$U2 = p20 + p01*d14 + p03*d18 + p04*d19$$

$$U3 = p30 + p02*d07 + p04*d19$$

$$U4 = p40 + p01*d14 + p02*d07 + p03*d18$$

$$U5 = p50 + p01*d14 + p03*d18 + p04*d19$$

$$U6 = p60 + p02*d07 + p03*d18$$

$$U7 = p70 + p01*d14 + p04*d19$$

**Casestudie 2 TT, TD\_Class, Gem\_Ori, Gem\_Dest en Dif\_Arr))**

Variabelen:

p01 TravelTime (min)  
p02 Distance (klasse)  
p03 Gem\_Orig (-)  
p04 Gem\_Dest (-)  
p05 Dif\_Arrival (early arrival – late arrival) (min)

$$U1 = p01*d14 + p03*d04 + p04*d05 + p05*d119$$

$$U2 = p20 + p01*d14 + p02*d08$$

$$U3 = p30 + p02*d08 + p03*d04 + p05*d119$$

$$U4 = p40 + p01*d14 + p03*d04 + p04*d05 + p05*d119$$

$$U5 = p50 + p01*d14 + p02*d08 + p03*d04 + p04*d05$$

$$U6 = p60 + p01*d14 + p02*d08 + p04*d05$$

$$U7 = p70 + p01*d14 + p02*d08 + p03*d04 + p05*d119$$

**Casestudie 3 (TD, TD, TE en TL)**

Variabelen:

p01 TravelTime (min)

p02 Distance (km)

p03 EarlyArrival (min)

p04 LateArrival (min)

$$U1 = p01*d14 + p02*d07 + p03*d18$$

$$U2 = p20 + p01*d14 + p03*d18 + p04*d19$$

$$U3 = p30 + p02*d07 + p04*d19$$

$$U4 = p40 + p01*d14 + p02*d07 + p03*d18$$

$$U5 = p50 + p01*d14 + p03*d18 + p04*d19$$

$$U6 = p60 + p02*d07 + p03*d18$$

$$U7 = p70 + p01*d14 + p04*d19$$

**Casestudie 4 (TT, TD, dif\_Arr)**

Variabelen:

p01 TravelTime (min)

p02 Distance (km)

p03 Dif\_Arrival (min)

$$U1 = p01*d14 + p02*d07$$

$$U2 = p20 + p01*d14 + p03*d119$$

$$U3 = p30 + p02*d07 + p03*d119$$

$$U4 = p40 + p01*d14 + p03*d119$$

$$U5 = p50 + p01*d14 + p02*d07 + p03*d119$$

$$U6 = p60 + p02*d07 + p03*d119$$

$$U7 = p70 + p01*d14 + p02*d07$$

**Casestudie 5 (TT, TD, Dif\_Arr)**

Variabelen:

p01 TravelTime (min)

p02 Distance (klasse)

p03 Dif\_Arrival (min)

$$U1 = p01 \cdot d14 + p02 \cdot d08$$

$$U2 = p20 + p01 \cdot d14 + p03 \cdot d119$$

$$U3 = p30 + p02 \cdot d08 + p03 \cdot d119$$

$$U4 = p40 + p01 \cdot d14 + p03 \cdot d119$$

$$U5 = p50 + p03 \cdot d119$$

$$U6 = p60 + p02 \cdot d08 + p03 \cdot d119$$

$$U7 = p70 + p01 \cdot d14 + p02 \cdot d08$$

**Casestudie 6 (TT, TD, TE en TL)**

Variabeen:

p01 TravelTime (min)

p02 Distance (km)

p03 EarlyArrival (min)

p04 LateArrival (min)

$$U1 = p01 \cdot d14 + p02 \cdot d07 + p03 \cdot d18$$

$$U2 = p20 + p01 \cdot d14 + p03 \cdot d18 + p04 \cdot d19$$

$$U3 = p30 + p02 \cdot d07 + p04 \cdot d19$$

$$U4 = p40 + p01 \cdot d14 + p02 \cdot d07 + p03 \cdot d18$$

$$U5 = p50 + p01 \cdot d14 + p02 \cdot d07 + p03 \cdot d18 + p04 \cdot d19$$

$$U6 = p60 + p02 \cdot d07 + p03 \cdot d18$$

$$U7 = p70 + p01 \cdot d14 + p04 \cdot d19$$



**Casestudie 7 (TT, Dif\_Arr)**

Variabelen:

p01 TravelTime (min)

p03 Dif\_Arrival (min)

$$U1 = p01 * d14 + p03 * d119$$

$$U2 = p20 + p01 * d14 + p03 * d119$$

$$U3 = p30 + p03 * d119$$

$$U4 = p40 + p01 * d14 + p03 * d119$$

$$U5 = p50 + p01 * d14$$

$$U6 = p60 + p01 * d14 + p03 * d119$$

$$U7 = p70 + p01 * d14 + p03 * d119$$

**Casestudie 8 (TT, TD)**

Variabelen:

p01 TravelTime (min)

p02 Trip Distance (km)

$$U1 = p01 * d14 + p02 * d07$$

$$U2 = p20 + p01 * d14$$

$$U3 = p30 + p02 * d07$$

$$U4 = p40 + p01 * d14 + p02 * d07$$

$$U5 = p50 + p01 * d14 + p02 * d07$$

$$U6 = p60 + p02 * d07$$

$$U7 = p70 + p01 * d14 + p02 * d07$$

## Bijlage 14: Controles van de bepaalde waarderingsfactoren

Nadat de waarderingsfactoren zijn bepaald m.b.v. de opgestelde nutsfuncties, vormt de controle van deze waarden de volgende stap. Indien de bepaalde waarderingsfactoren niet correct zijn, is het onmogelijk om een correct werkend verschuivingsmodel te ontwikkelen. In principe is dit controleproces vrij eenvoudig uit te voeren. Voor elke reiziger uit bijvoorbeeld casestudie 1, wordt m.b.v. op de opgestelde set van nutsfuncties, en de bekende waarderingsfactoren en constanten de kans berekend op alle mogelijke vertrektijdstipperiodes  $k$ . De uiteindelijke gesommeerde kansverdeling ontstaat door sommatie van alle individuele kansen per vertrektijdstipperiode gedeeld door het totale aantal reizigers.

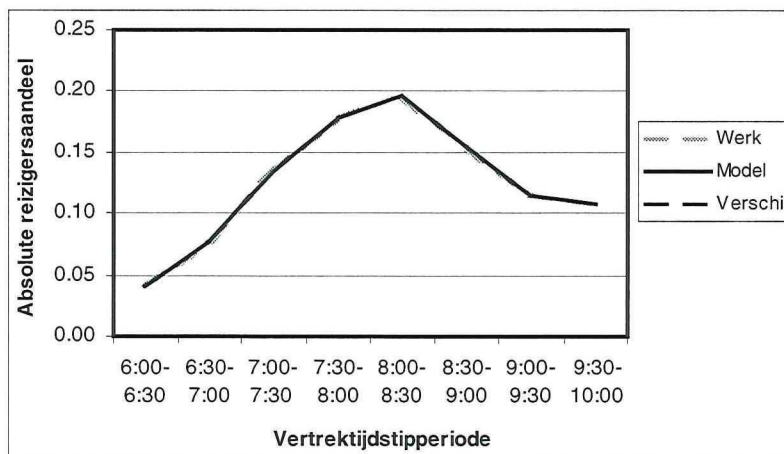
Omdat al deze controleberekening in principe op dezelfde wijze uitgevoerd worden, is gekozen om slechts een aantal sets van waarderingsfactoren te controleren. Als de berekende kansverdeling overeenkomt met de bepaalde reizigersverdeling uit het OVG kan geconcludeerd worden dat de bepaalde set van waarderingsfactoren correct is. Indien deze controle voor een aantal casestudies correct blijkt te zijn, kan geconcludeerd worden dat de bepaalde datasets voor alle casestudies correct zijn. Gecontroleerd zijn de volgende sets van waarderingsfactoren:

- Casestudie 1 (4 var), alle reizigersmotieven,
- Casestudie 2 (5 var), woon – werkreizigers,
- Casestudie 6 (4 var), alle reizigersmotieven,
- Casestudie 7 (2 var), alle reizigersmotieven.

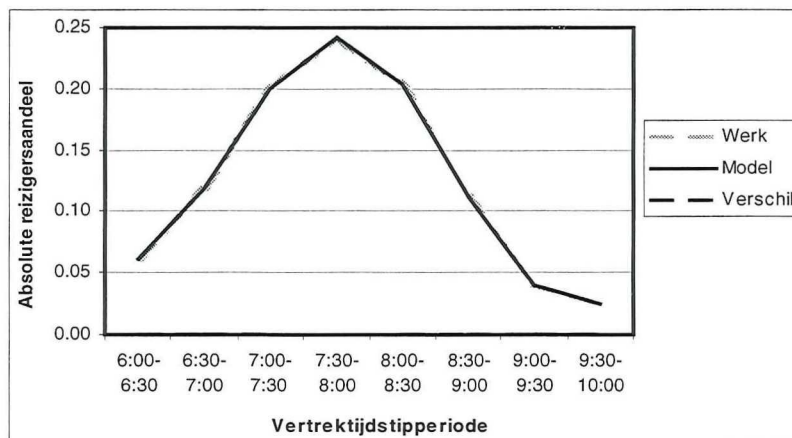
De resultaten van deze controleberekening zijn alleen in een grafiekvorm getoond. Per grafiek zijn drie curven opgenomen, te weten:

- Werk: Dit correspondeert met de reizigersverdeling zoals deze bepaald is m.b.v. de OVG - analyses.
- Model: De kansverdeling zoals deze berekend is door invulling van de opgestelde nutsfuncties.
- Verschil: Het absolute aandelenverschil tussen de werkelijke en de berekende reizigersverdeling.

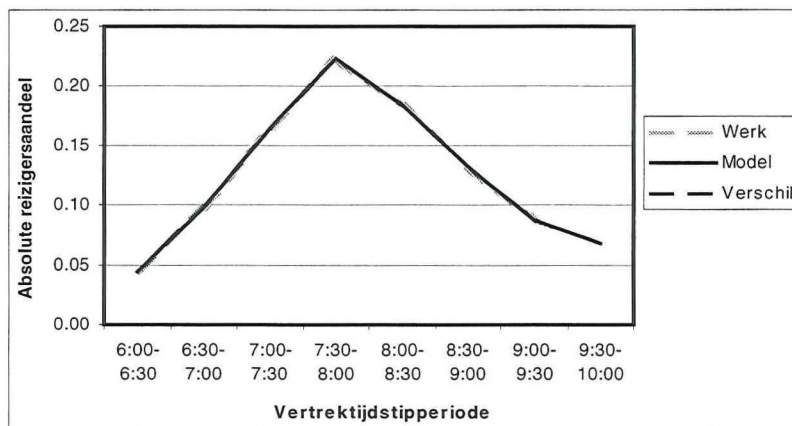
### Casestudie 1 (4 var), alle reizigersmotieven



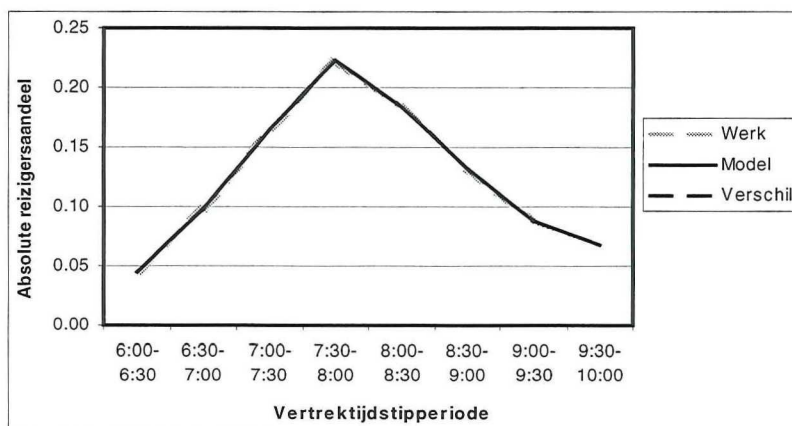
Figuur b14.1: Controleresultaten van de bepaalde set van waarderingsfactoren (voor casestudie 1 (4 var))

**Casestudie 2 (5 var), woon – werkreizigers**

Figuur b14.2: Controleresultaten van de bepaalde set van waarderingsfactoren voor casestudie 2 (5 var).

**Casestudie 6 (4 var), extern stedelijke verplaatsingen, alle reizigersmotieven**

Figuur b14.3: Controleresultaten van de bepaalde set van waarderingsfactoren voor casestudie 6 (4 var).

**Casestudie 7 (3 var), extern stedelijke verplaatsingen, alle reizigersmotieven**

Figuur b14.4: Controleresultaten van de bepaalde set van waarderingsfactoren voor casestudie 7 (2 var).

Geconcludeerd kan worden dat de bepaalde sets van waarderingsfactoren correct zijn.



**BIJLAGE 15: Opgestelde rekenbladen t.b.v. het onderzoekstraject**

## **BIJLAGE 16: Gedetailleerde analyse (extern stedelijke verplaatsingen)**

**Bijlage 15:**  
Stap 1: Alle geselecteerde reizigers (16331 reizigers)

**Reistijden (min) = Travel Time (TT)**

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij | Cong.rijk | Groei (%) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 6:00 - 6:30            | 36.07     | 38.18     | 5.86      |
| 6:30 - 7:00            | 30.27     | 34.57     | 14.19     |
| 7:00 - 7:30            | 29.70     | 30.23     | 1.78      |
| core-hour              | 24.94     | 25.44     | 1.99      |
| 8:30 - 9:00            | 20.87     | 18.90     | -9.44     |
| 9:00 - 9:30            | 24.12     | 21.78     | -9.67     |
| 9:30 - 10:00           | 21.59     | 18.60     | -13.87    |

De reistijden van zowel de reizigers in de cong.vrije als in de cong.rijke sit dalen gedurende de totale ochtendspitsperiode. De beide reistijdcurven komen in het geheel niet overeen met de reistijdcurven die gezocht worden, en zijn derhalve ook niet bruikbaar.

**Ritafstand (km) = Trip distance (TD)**

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij | Cong.rijk | Groei (%) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 6:00 - 6:30            | 36.02     | 39.36     | 9.29      |
| 6:30 - 7:00            | 29.82     | 30.65     | 2.78      |
| 7:00 - 7:30            | 27.00     | 24.35     | -9.81     |
| core-hour              | 20.16     | 17.60     | -12.70    |
| 8:30 - 9:00            | 15.38     | 12.19     | -20.74    |
| 9:00 - 9:30            | 18.75     | 15.75     | -15.98    |
| 9:30 - 10:00           | 17.17     | 12.61     | -26.55    |

De daling van de reistijden kan worden verklaard door een eveneens dalende ritafstand. De verschillen tussen de gede-finieerde cong.vrije en cong.rijke sit zijn minimaal.

**Te Vroege Aankomst (min) = Early Arrival (TE)**

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij | Cong.rijk | Groei (%) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 6:00 - 6:30            | -3.83     | -5.43     | 41.93     |
| 6:30 - 7:00            | -2.79     | -3.95     | 41.52     |
| 7:00 - 7:30            | -2.61     | -3.20     | 22.65     |
| core-hour              | -1.78     | -2.13     | 19.49     |
| 8:30 - 9:00            | -1.57     | -2.00     | 27.29     |
| 9:00 - 9:30            | -1.83     | -2.33     | 27.40     |
| 9:30 - 10:00           | -1.91     | -2.28     | 19.56     |

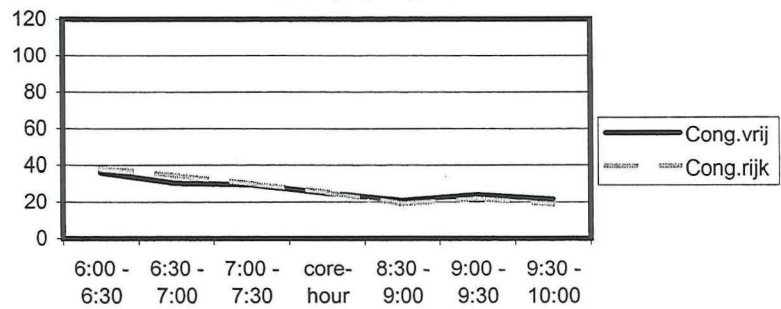
De reizigers in de cong.vrije sit arriveren minder te vroeg dan de reizigers in de cong.rijke sit. Het verschil in het core hour is echter geringer dan het verschil in de overige vertrektijdstipperiodes.

**Te Late Aankomst (min) = Late Arrival (TL)**

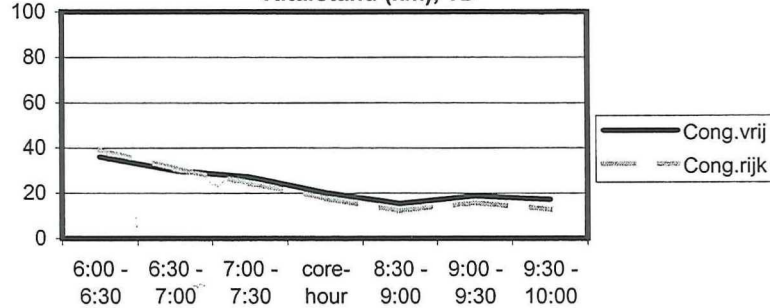
| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij | Cong.rijk | Groei (%) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 6:00 - 6:30            | 5.00      | 3.72      | -25.56    |
| 6:30 - 7:00            | 3.24      | 4.91      | 51.52     |
| 7:00 - 7:30            | 4.30      | 4.66      | 8.17      |
| core-hour              | 4.10      | 5.00      | 21.99     |
| 8:30 - 9:00            | 3.88      | 3.80      | -1.91     |
| 9:00 - 9:30            | 4.90      | 4.22      | -13.95    |
| 9:30 - 10:00           | 3.85      | 3.24      | -15.86    |

De reizigers in de cong.vrije sit arriveren rondom het core hour minder te laat dan in de cong.rijke sit. Dit komt overeen met het verwachtingspatroon.

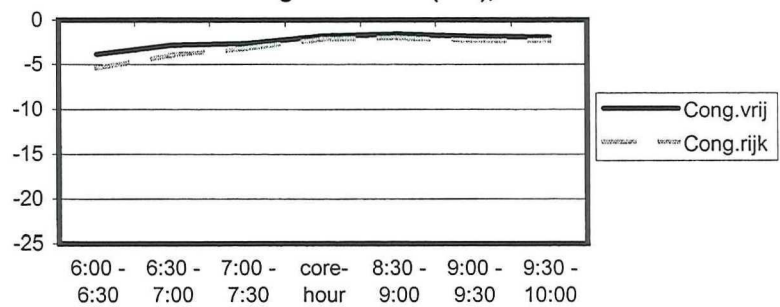
**Reistijd (min), TT**



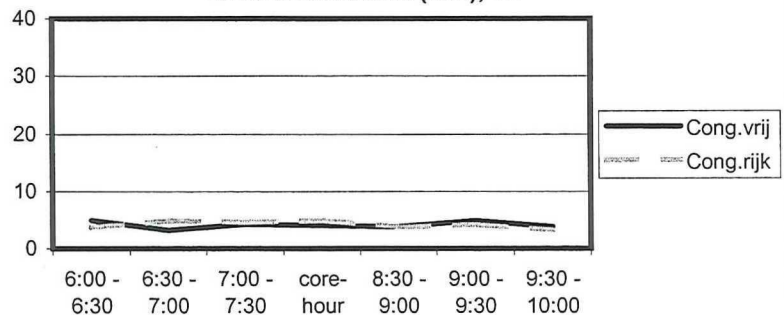
**Ritafstand (km), TD**



**Te Vroege Aankomst (min), TE**



**Te Late Aankomst (min), TL**



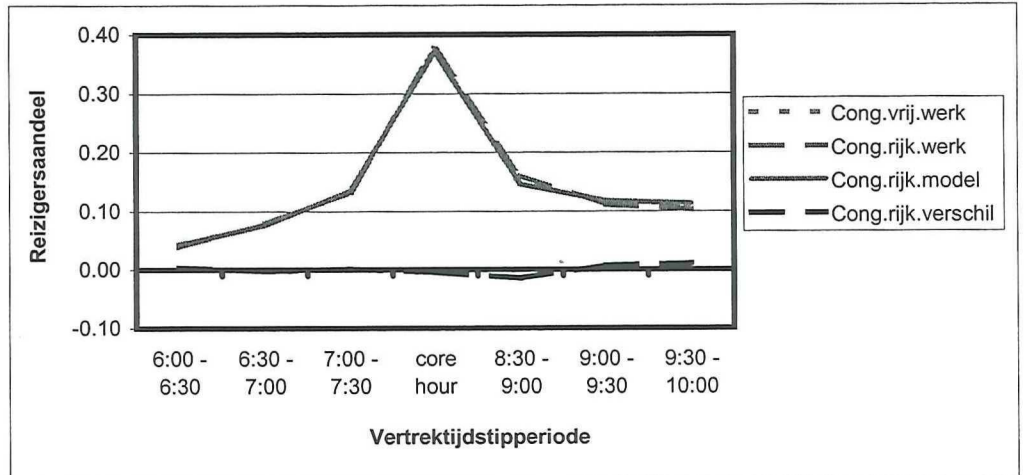
NB1: De waarden in 3e kolom van iedere tabel tonen de procentuele groei t.o.v. de congestierijke situatie.

NB2: De reistijd- en ritafstandscurven zijn onbruikbaar voor de modellering van de verschuivingen, verdere selectie van de data is noodzakelijk.



**Bijlage 15:**  
Stap 1: Alle geselecteerde reizigers (16331 reizigers)

| Waarderingsfactoren | Waarde:  |
|---------------------|----------|
| Travel Time (min)   | -0.00137 |
| Trip Distance (km)  | 0.00438  |
| Ritafstand (klasse) | 0.00000  |
| Herkomst            | 0.00000  |
| Bestemming          | 0.00000  |
| Early Arrival (min) | 0.01237  |
| Late Arrival (min)  | -0.00270 |
| Dif_aankomst (min)  | 0.00000  |



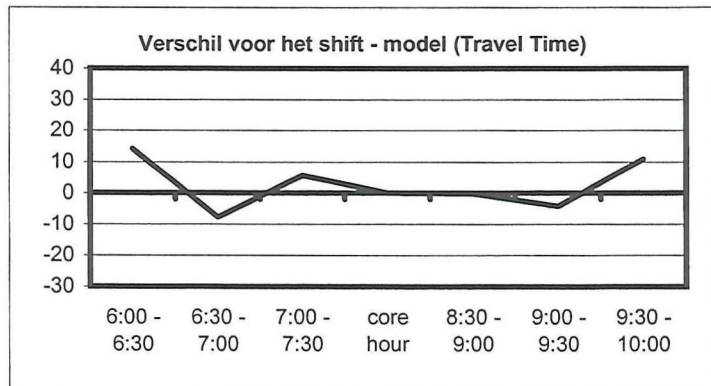
De gemodelleerde verschuivingen zijn minimaal.

**Verschillen die de invoer vormen van het shift - model**

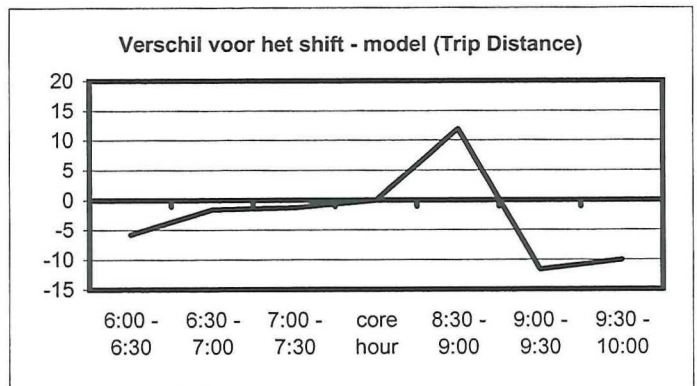
|              | TT    | TD    | TE    | TL    |
|--------------|-------|-------|-------|-------|
| Vertrek      | Shift | Shift | Shift | Shift |
| 6:00 - 6:30  | -1.62 | -5.91 | 1.26  | 2.18  |
| 6:30 - 7:00  | -3.80 | -3.39 | 0.81  | -0.77 |
| 7:00 - 7:30  | -0.03 | 0.09  | 0.24  | 0.55  |
| core hour    | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| 8:30 - 9:00  | 2.47  | 0.63  | 0.08  | 0.97  |
| 9:00 - 9:30  | 2.83  | 0.43  | 0.15  | 1.58  |
| 9:30 - 10:00 | 3.49  | 2.00  | 0.03  | 1.51  |

**Toelichting op waarderingsfactoren:**

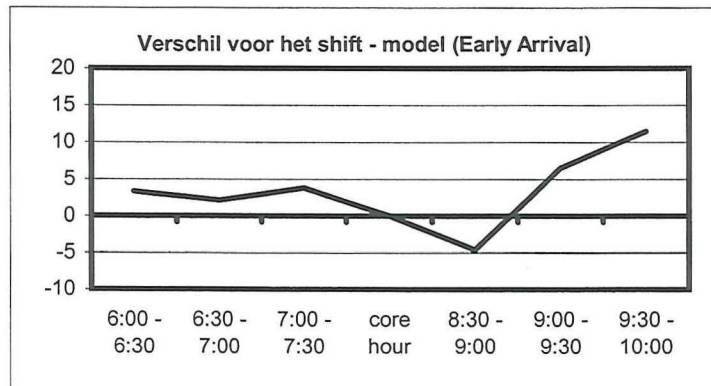
TT: neg--> verhoging reistijd--> kansverlagend.  
 TD: pos-->verhoging ritafstand-->kansverhogend (raar)  
 TE: pos--> verhoging TE--> kansverlagend (TE=pos)  
 TL: neg-->verhoging TL-->kansverlagend (TL=neg)  
 TE wordt minder zwaarder gewogen dan een TL  
 TE / T L wordt zwaarder gewogen dan TT (factor 1:4, 1:3)



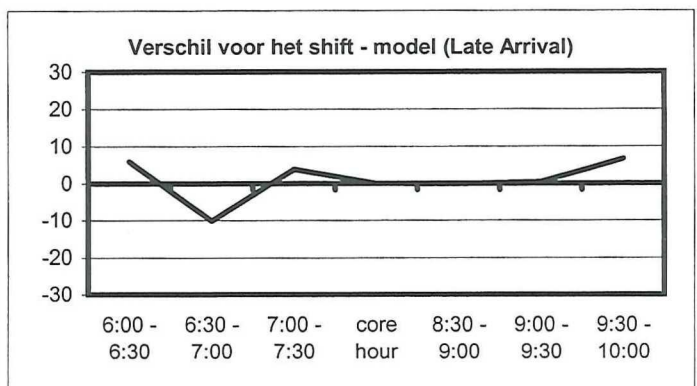
Een positief verschil is gunstig voor de vergroting van het aandeel dit zijn de vertrektijdstipperiodes 6:00-6:30, 7:00-7:30 en 9:30-10:00.



Positief voor een verschuiving vanuit het core hour zijn de positief gewaarde ritafstandsverschillen-->8:30-9:00.



Positief voor een verschuiving vanuit het core hour zijn de positief gewaardeerde TE - verschillen-->alle behalve 8:30-9:00.



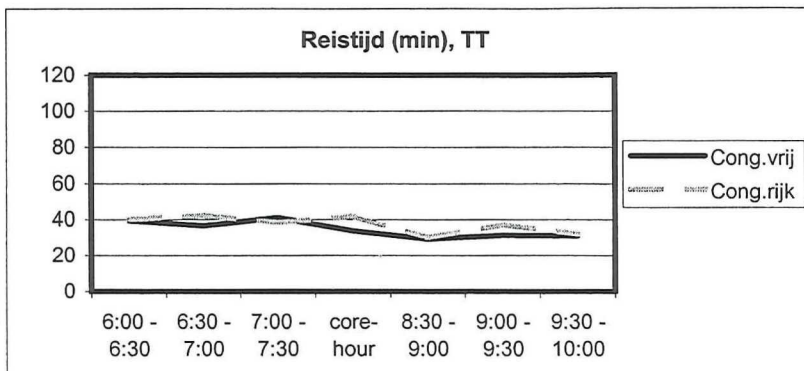
Positief voor een verschuiving vanuit het core hour zijn de negatief gewaarde TL - verschillen-->6:30-7:00.

**Bijlage 15:**  
Stap 2: 1750 reizigers geselecteerd (extern\_stedelijk)

**Reistijd (min) = Travel time (TT)**

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij | Cong.rijk | Groei (%) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 6:00 - 6:30            | 39.41     | 40.02     | 1.54      |
| 6:30 - 7:00            | 36.52     | 42.25     | 15.67     |
| 7:00 - 7:30            | 41.03     | 38.42     | -6.36     |
| core-hour              | 33.82     | 41.72     | 23.35     |
| 8:30 - 9:00            | 29.16     | 29.85     | 2.37      |
| 9:00 - 9:30            | 31.37     | 37.10     | 18.27     |
| 9:30 - 10:00           | 30.87     | 31.76     | 2.88      |

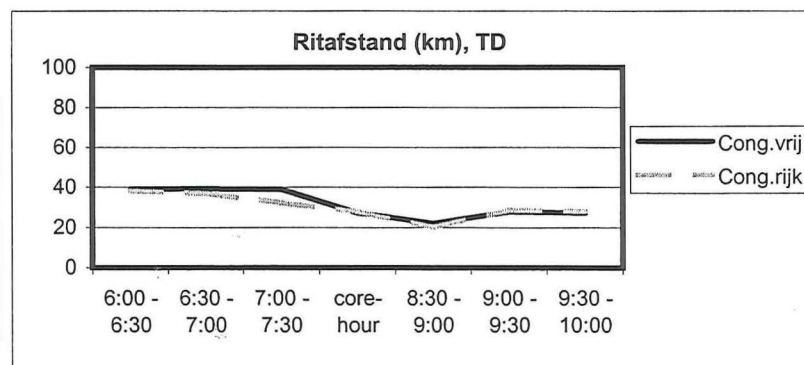
De reistijden van de beide situaties zijn nagenoeg identiek, de veronderstelde verschillen zijn niet waarneembaar, waardoor een scherpere selectie van de data noodzakelijk is.



**Ritafstand (km) = Travel Distnace ( TD)**

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij | Cong.rijk | Groei (%) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 6:00 - 6:30            | 39.12     | 38.16     | -2.47     |
| 6:30 - 7:00            | 39.26     | 36.88     | -6.05     |
| 7:00 - 7:30            | 38.95     | 32.23     | -17.26    |
| core-hour              | 27.31     | 27.94     | 2.33      |
| 8:30 - 9:00            | 22.04     | 19.99     | -9.32     |
| 9:00 - 9:30            | 27.92     | 28.71     | 2.83      |
| 9:30 - 10:00           | 27.42     | 28.21     | 2.91      |

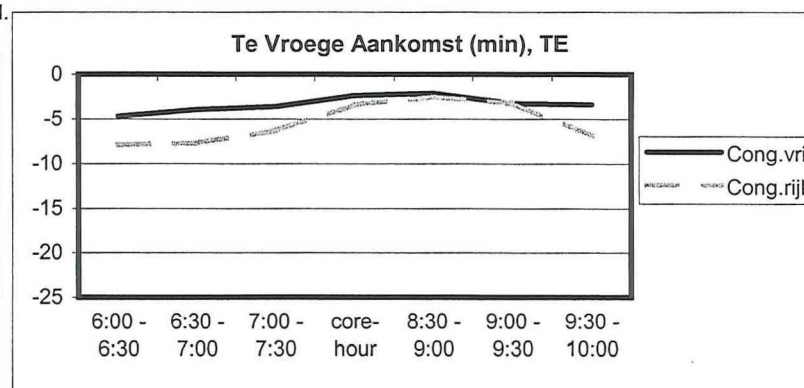
De ritafstanden van beide situaties per vertrektijdstip zijn bijna identiek. De daling van de reistijd in de cong.rijk sit wordt gedeeltelijk veroorzaakt door de daling van de ritafstand.



**Te Vroege Aankomst (min) = Early Arrival ( TE)**

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij | Cong.rijk | Groei (%) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 6:00 - 6:30            | -4.67     | -7.92     | 69.43     |
| 6:30 - 7:00            | -3.92     | -7.72     | 96.71     |
| 7:00 - 7:30            | -3.61     | -6.33     | 75.25     |
| core-hour              | -2.37     | -3.40     | 43.64     |
| 8:30 - 9:00            | -2.11     | -2.53     | 19.75     |
| 9:00 - 9:30            | -3.27     | -3.22     | -1.44     |
| 9:30 - 10:00           | -3.37     | -6.91     | 104.66    |

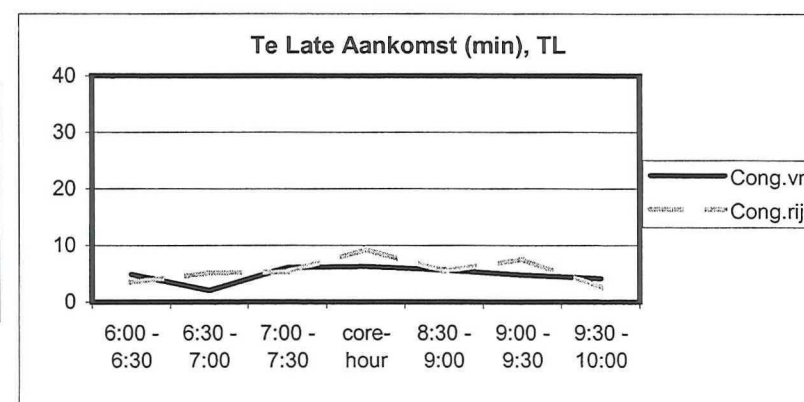
De reizigers in de cong.rijk sit arriveren in alle vertrektijdstipperiodes vroeger dan in de cong.vrij sit. Een mogelijke verklaring hiervoor zijn de grotere ingebouwde marges.



**Te Late Aankomst (min), Late Arrival (TL)**

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij | Cong.rijk | Groei (%) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 6:00 - 6:30            | 4.86      | 3.44      | -29.20    |
| 6:30 - 7:00            | 2.03      | 5.14      | 152.96    |
| 7:00 - 7:30            | 6.11      | 5.33      | -12.78    |
| core-hour              | 6.29      | 9.34      | 48.36     |
| 8:30 - 9:00            | 5.62      | 5.43      | -3.48     |
| 9:00 - 9:30            | 4.72      | 7.57      | 60.29     |
| 9:30 - 10:00           | 4.11      | 2.54      | -38.23    |

Ondanks de grotere veiligheidsmarges arriveren de reizigers in de cong.rijk sit meer te laat dan in de cong.vrij.sit.



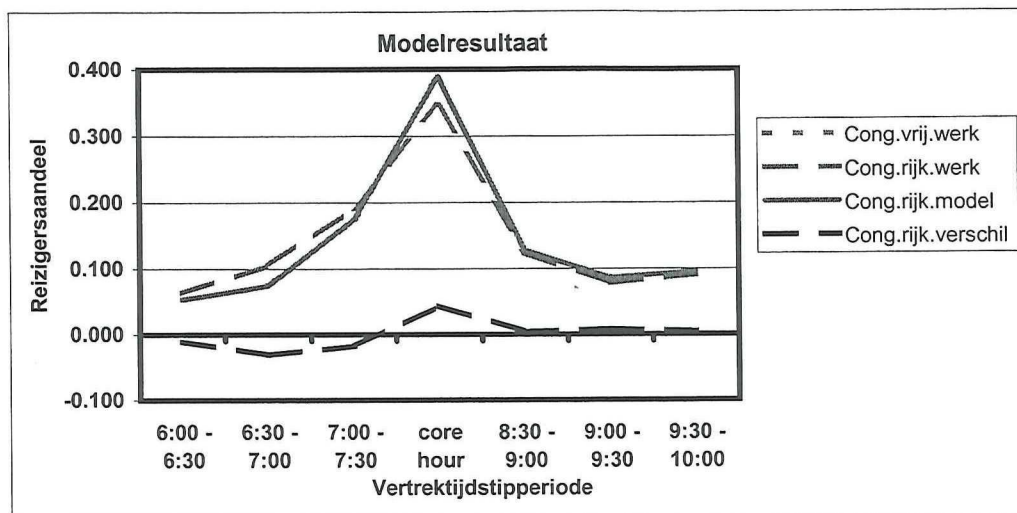
NB1: De berekende verschillen (kolom 3) tonen de procentuele groei t.o.v. de cong.vrij situatie.

NB2: Voor het core hour geldt dat de groei van de EA en LA gering is ten opzichte van de groei in de andere vertrektijdstipperiodes, dit is ongunstig voor de berekening van de verschuiving.



**Bijlage 15:**  
Stap 2: 1750 reizigers geselecteerd (extern\_stedelijk)

| Waarderingsfactoren | Waarde:  |
|---------------------|----------|
| Travel Time (min)   | -0.00397 |
| Trip Distance (km)  | -0.00443 |
| Ritafstand (klasse) | 0.00000  |
| Herkomst            | 0.00000  |
| Bestemming          | 0.00000  |
| Early Arrival (min) | 0.01586  |
| Late Arrival (min)  | -0.01144 |
| Dif_aankomst (min)  | 0.00000  |
| Schaalfactor        | 0.10000  |
| Absolute verschil   | 0.11830  |
| Vershil Vrij-Rijk   | 0.11697  |



De gemodelleerde verschuivingen zijn minimaal.

Verschillen die de invoer vormen van het shift - model

|              | TT    | TD    | TE    | TL    |
|--------------|-------|-------|-------|-------|
| Vertrek      | Shift | Shift | Shift | Shift |
| 6:00 - 6:30  | 7.29  | 1.60  | 2.21  | 4.46  |
| 6:30 - 7:00  | 2.17  | 3.01  | 2.76  | -0.06 |
| 7:00 - 7:30  | 10.51 | 7.36  | 1.68  | 3.82  |
| core hour    | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| 8:30 - 9:00  | 7.21  | 2.69  | -0.62 | 3.24  |
| 9:00 - 9:30  | 2.17  | -0.15 | -1.08 | 0.20  |
| 9:30 - 10:00 | 7.01  | -0.16 | 2.50  | 4.62  |

**Toelichting op waarderingsfactoren:**

TT: neg--> verhoging reistijd--> kansverlagend.

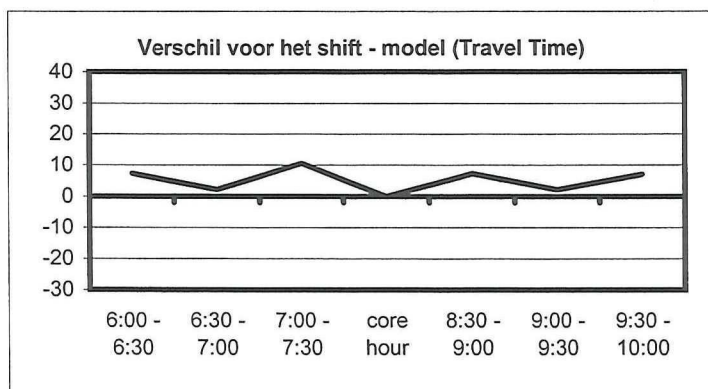
TD: pos-->verhoging ritafstand-->kansverhogend (raar)

TE: pos--> verhoging TE--> kansverlagend (TE=pos)

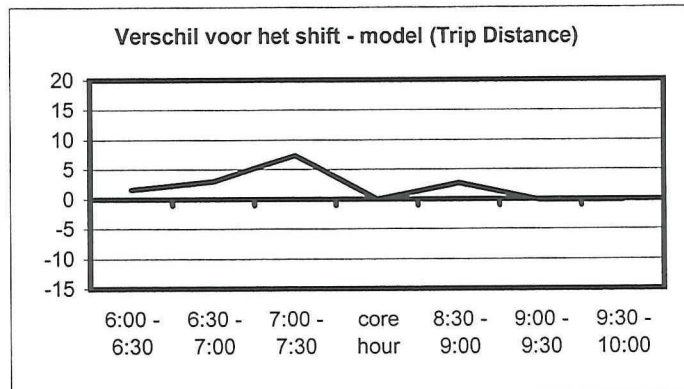
TL: neg-->verhoging TL-->kansverlagend (TL=neg)

TE wordt minder zwaarder gewogen dan een TL

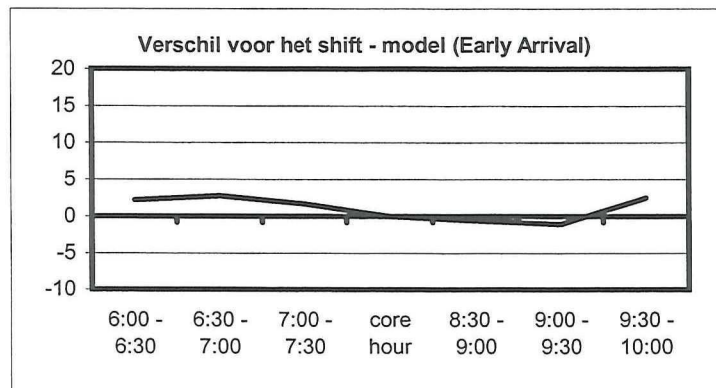
TE / T L wordt zwaarder gewogen dan TT (factor 1:4, 1:3)



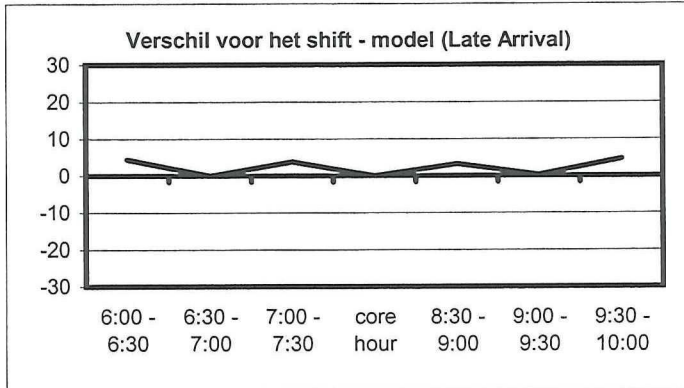
Positief verschil is gunstig voor de vergroting van het aandeel.  
Alle perioden, behalve het core hour, zijn gunstig voor een verschuiving.



Alle perioden, behalve de perioden 9:00-9:30 en 9:30-10:00, zijn gunstig voor een verschuiving.



Alle periode, behalve de perioden 8:30-9:00 en 9:00-9:30, zijn gunstig.



Alleen de periode 6:30-7:00 is gunstig voor de verschuiving.



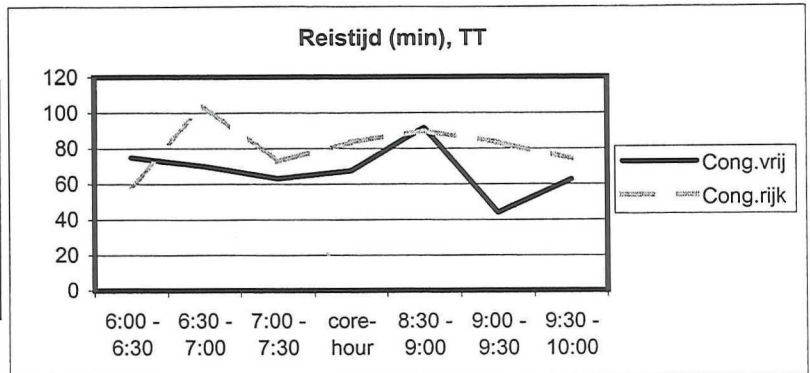
## Bijlage 15:

### Stap 3: Selectie van reizigers met een ritafstand van 72,5 - 100 km (72 reizigers)

#### Reistijd (min) = Travel Time (TT)

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij | Cong.rijk | Groei (%) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 6:00 - 6:30            | 75.00     | 59.33     | -20.89    |
| 6:30 - 7:00            | 70.00     | 104.17    | 48.81     |
| 7:00 - 7:30            | 63.00     | 72.56     | 15.17     |
| core-hour              | 67.33     | 83.45     | 23.94     |
| 8:30 - 9:00            | 91.67     | 90.00     | -1.82     |
| 9:00 - 9:30            | 44.00     | 83.25     | 89.20     |
| 9:30 - 10:00           | 62.50     | 74.00     | 18.40     |

De reistijd is in de cong.rijke sit. hoger dan de reistijd in de cong.vrij sit. De pieken worden veroorzaakt doordat er te weinig data is gebruikt voor het model (dataset is te beperkt).



#### Ritafstand (km) = Trip Distance (TD)

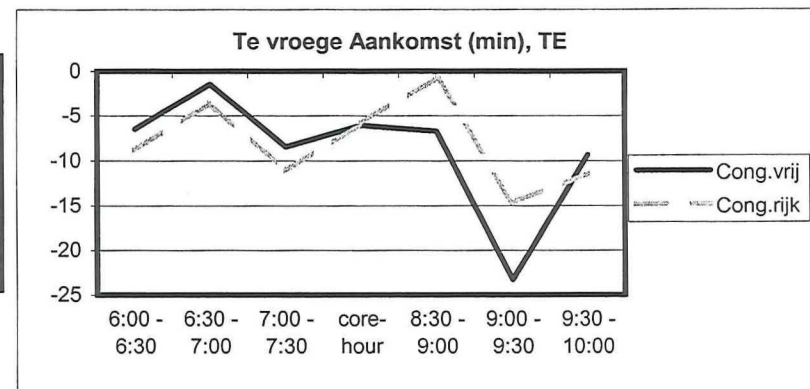
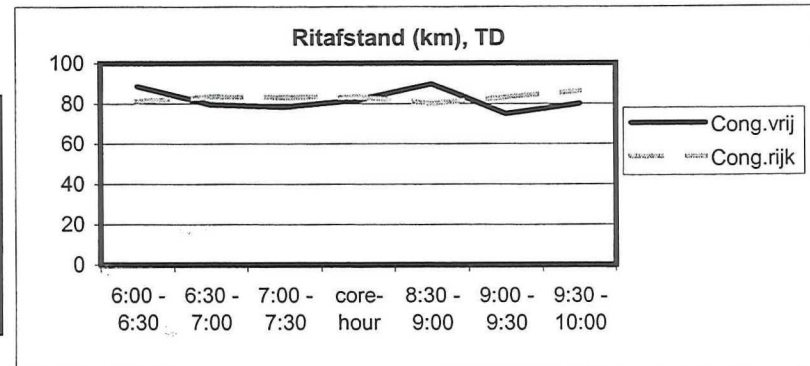
| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij | Cong.rijk | Groei (%) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 6:00 - 6:30            | 88.50     | 81.00     | -8.47     |
| 6:30 - 7:00            | 79.50     | 83.33     | 4.82      |
| 7:00 - 7:30            | 78.33     | 83.00     | 5.96      |
| core-hour              | 81.67     | 83.21     | 1.89      |
| 8:30 - 9:00            | 89.67     | 80.00     | -10.78    |
| 9:00 - 9:30            | 75.00     | 83.00     | 10.67     |
| 9:30 - 10:00           | 80.00     | 86.20     | 7.75      |

Dit is slechts een klasse - indeling en dus niet van belang, indien gekozen wordt voor een ritafstandsklasse. De verschillen zijn minimaal en dus niet van belang voor de verschuiving.

#### te vroege aankomst (min) = Early Arrival (TE)

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij | Cong.rijk | Groei (%) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 6:00 - 6:30            | -6.51     | -8.87     | 36.34     |
| 6:30 - 7:00            | -1.44     | -3.50     | 143.96    |
| 7:00 - 7:30            | -8.42     | -11.18    | 32.66     |
| core-hour              | -6.08     | -5.82     | -4.19     |
| 8:30 - 9:00            | -6.72     | -0.70     | -89.60    |
| 9:00 - 9:30            | -23.33    | -14.69    | -37.04    |
| 9:30 - 10:00           | -9.32     | -11.40    | 22.25     |

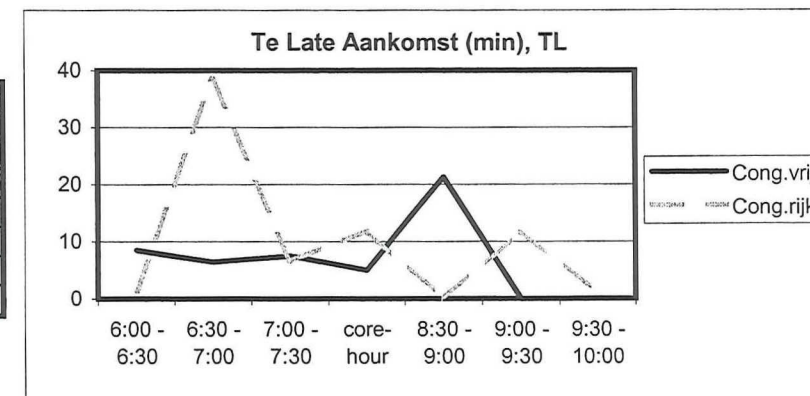
Voor de vertrektijdstipperiodes voor de core hour geldt voor de cong.vrij sit dat de reizigers minder te vroeg arriveren dan in de cong.rijk sit. Na het core hour is dit omgekeerd.



#### te late aankomst (min) = Late Arrival (TL)

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij | Cong.rijk | Groei (%) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 6:00 - 6:30            | 8.50      | 1.39      | -83.61    |
| 6:30 - 7:00            | 6.40      | 38.53     | 502.05    |
| 7:00 - 7:30            | 7.51      | 6.56      | -12.56    |
| core-hour              | 4.97      | 11.89     | 139.08    |
| 8:30 - 9:00            | 21.27     | 0.00      | -100.00   |
| 9:00 - 9:30            | 0.00      | 11.78     | #DIV/0!   |
| 9:30 - 10:00           | 0.00      | 0.87      | #DIV/0!   |

Voor de te late aankomst geldt precies hetzelfde. Voor de vertrektijdstipperiodes voor het core hour geldt dat de reizigers in de cong.rijk sit meer te laat arriveren dan in de cong.vrij sit. Na het core hour geldt precies het omgekeerde.



NB1: De berekende verschillen (kolom 3) tonen de procentuele groei t.o.v. de cong.vrij situatie

NB2: Voor het core hour geldt dat de groei van de Trip Distance en de Early Arrival gering zijn.

NB3: De grafieken tonen veel schommelingen vanwege de beperkte dataset (72 reizigers)

Factoren:

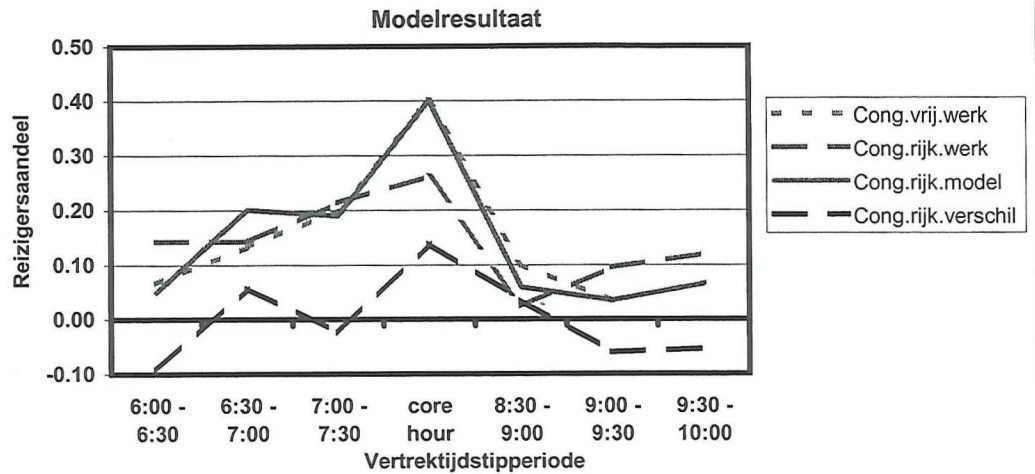
Waarde:

Modelresultaat

## Bijlage 15:

Stap 3: Selectie van reizigers met een ritafstand van 72,5 - 100 km (72 reizigers)

|                     |          |
|---------------------|----------|
| Travel Time (min)   | -0.00397 |
| Trip Distance (km)  | -0.00443 |
| Ritafstand (klasse) | 0.00000  |
| Herkomst            | 0.00000  |
| Bestemming          | 0.00000  |
| Early Arrival (min) | 0.01586  |
| Late Arrival (min)  | -0.01144 |
| Dif_aankomst (min)  | 0.00000  |



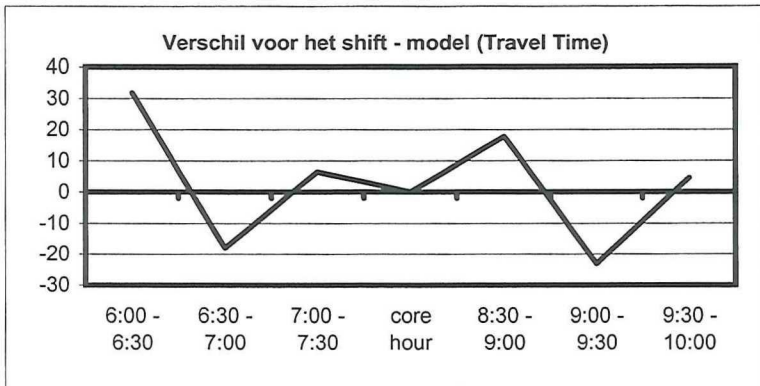
De gemodelleerde verschuivingen zijn minimaal.

### Verschillen die de invoer vormen van het shift - model

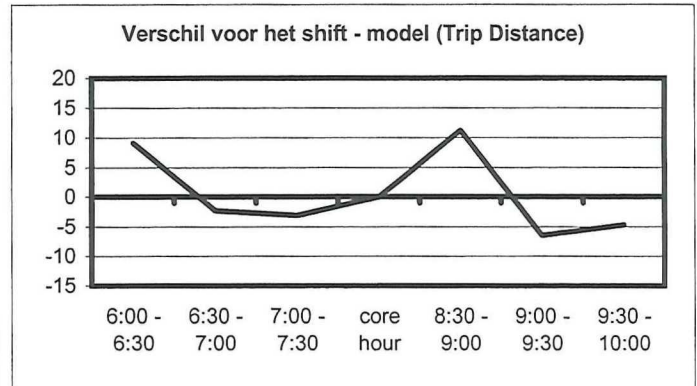
|              | TT     | TD    | TE    | TL     |
|--------------|--------|-------|-------|--------|
| Vertrek      | Shift  | Shift | Shift | Shift  |
| 6:00 - 6:30  | 31.79  | 9.04  | 2.62  | 14.03  |
| 6:30 - 7:00  | -18.05 | -2.29 | 2.32  | -25.21 |
| 7:00 - 7:30  | 6.57   | -3.12 | 3.01  | 7.86   |
| core hour    | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00   |
| 8:30 - 9:00  | 17.79  | 11.21 | -5.77 | 28.19  |
| 9:00 - 9:30  | -23.13 | -6.46 | -8.39 | -4.86  |
| 9:30 - 10:00 | 4.62   | -4.66 | 2.33  | 6.05   |

### Toelichting op waarderingsfactoren:

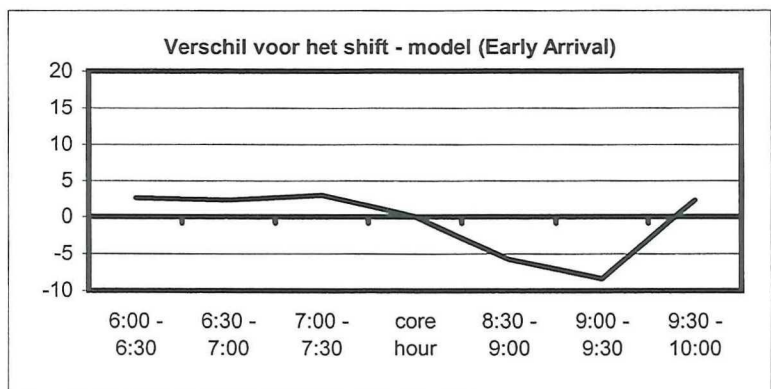
TT: neg--> verhoging reistijd--> kansverlagend.  
 TD: pos-->verhoging ritafstand-->kansverhogen  
 TE: pos--> verhoging TE--> kansverlagend (TE:  
 TL: neg-->verhoging TL-->kansverlagend (TL=n  
 TE wordt minder zwaarder gewogen dan een TL  
 TE / T L wordt zwaarder gewogen dan TT (factor



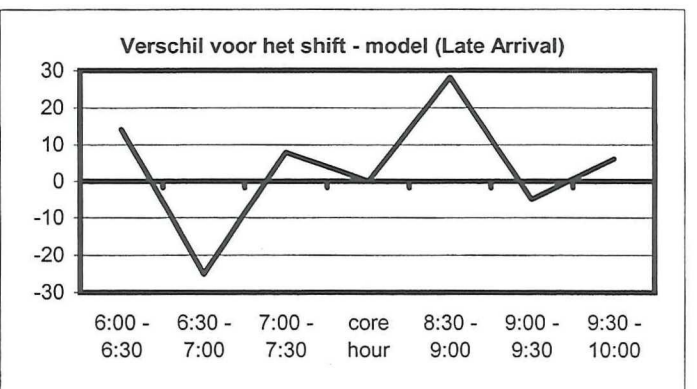
Een positief verschil is gunstig voor de vergroting van het aandeel  
 Gunstige perioden --> 6:00-6:30, 7:00-7:30 en 8:30-9:00



Gunstige perioden-->6:00-6:30 en 8:30-9:00



Gunstige perioden-->6:00-6:30, 6:30-7:00, 7:00-7:30 en 9:30-10:00



Gunstige perioden-->6:30-7:00 en 9:00-9:30



## Bijlage 15:

Stap 4: Selectie van de reizigers met een ritafstand tussen de 52,5 - 100 km (154 reizigers)

### Reistijd (min.) = Travel Time (TT)

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij | Cong.rijk | Groei (%) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 6:00 - 6:30            | 55.00     | 55.78     | 1.41      |
| 6:30 - 7:00            | 58.90     | 81.63     | 38.58     |
| 7:00 - 7:30            | 56.27     | 65.50     | 16.41     |
| core-hour              | 65.36     | 80.30     | 22.86     |
| 8:30 - 9:00            | 74.86     | 90.00     | 20.23     |
| 9:00 - 9:30            | 59.50     | 78.60     | 32.10     |
| 9:30 - 10:00           | 56.75     | 60.78     | 7.10      |

De reistijd in de cong.rijk zit is hoger dan de reistijd in de cong.vrij.sit. De pieken uit de vorige dataset zijn verdwenen. De dip in period 7:00-7:30 wordt verklaard door een groot aandeel van de "korte verplaatsingen"

### Ritafstand (km) = Travel Distance (TD)

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij | Cong.rijk | Groei (%) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 6:00 - 6:30            | 68.88     | 74.03     | 7.49      |
| 6:30 - 7:00            | 70.20     | 71.13     | 1.32      |
| 7:00 - 7:30            | 69.58     | 70.17     | 0.84      |
| core-hour              | 72.00     | 71.34     | -0.92     |
| 8:30 - 9:00            | 76.29     | 63.75     | -16.43    |
| 9:00 - 9:30            | 66.38     | 77.40     | 16.61     |
| 9:30 - 10:00           | 64.63     | 74.00     | 14.51     |

Dit is slechts een klasse - indeling en niet van belang indien een specifieke ritafstand wordt geselecteerd.

### Te Vroege aankomst (min) = Early Arrival (TE)

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij | Cong.rijk | Groei (%) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 6:00 - 6:30            | -9.08     | -12.81    | 41.12     |
| 6:30 - 7:00            | -6.34     | -8.90     | 40.32     |
| 7:00 - 7:30            | -9.14     | -13.38    | 46.48     |
| core-hour              | -5.54     | -5.96     | 7.64      |
| 8:30 - 9:00            | -6.45     | -2.21     | -65.70    |
| 9:00 - 9:30            | -5.83     | -12.78    | 119.07    |
| 9:30 - 10:00           | -3.64     | -15.54    | 326.40    |

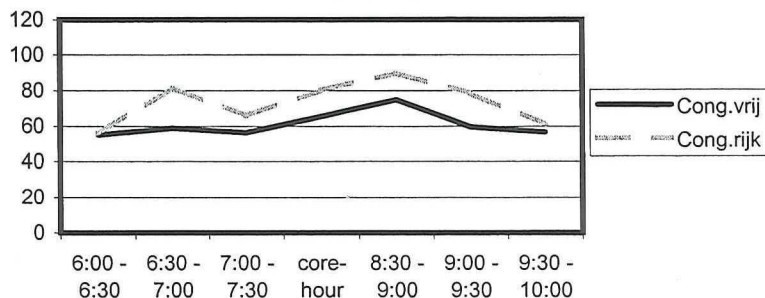
Voor bijna alle vertrektijdstipperiodes geldt dat de TE in de cong.rijk zit groter is dan in de cong.vrij. Sit. Dit is gunstig voor het verschuivingsmodel. De piek in de period 8:30-9:00 wordt veroorzaakt door geringe dataset (4 stuks)

### Te Late aankomst (min) = Late Arrival (TL)

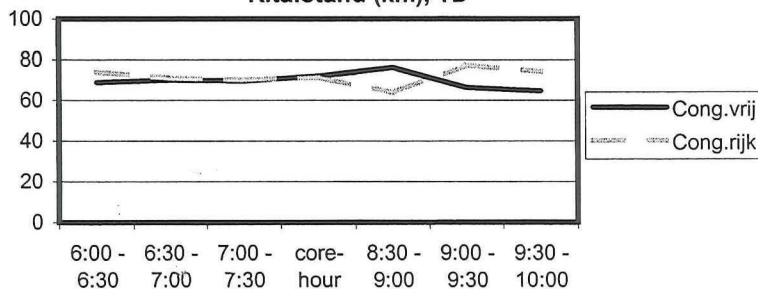
| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij | Cong.rijk | Groei (%) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 6:00 - 6:30            | 2.83      | 0.93      | -67.15    |
| 6:30 - 7:00            | 4.50      | 18.73     | 316.17    |
| 7:00 - 7:30            | 5.07      | 5.24      | 3.38      |
| core-hour              | 9.00      | 13.05     | 45.00     |
| 8:30 - 9:00            | 14.97     | 19.12     | 27.75     |
| 9:00 - 9:30            | 5.76      | 9.42      | 63.59     |
| 9:30 - 10:00           | 3.83      | 1.29      | -66.37    |

Ook voor de TL kan gesteld worden dat de verschillen in de cong.rijk zit groter zijn dan de verschillen in de cong.vrij sit. De dip in period 7:00-7:30 wordt veroorzaakt door het geringe aantal data en een relatief lage waarde van de TL.

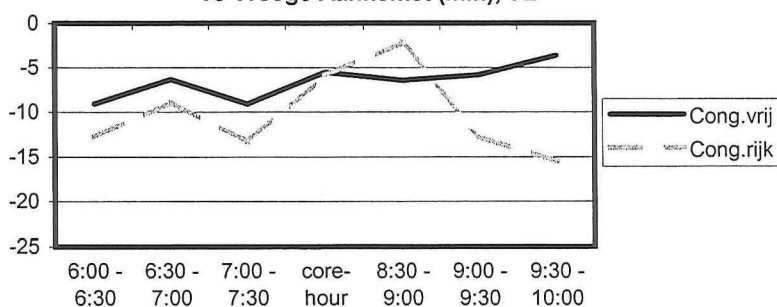
### Resitijd (min), TT



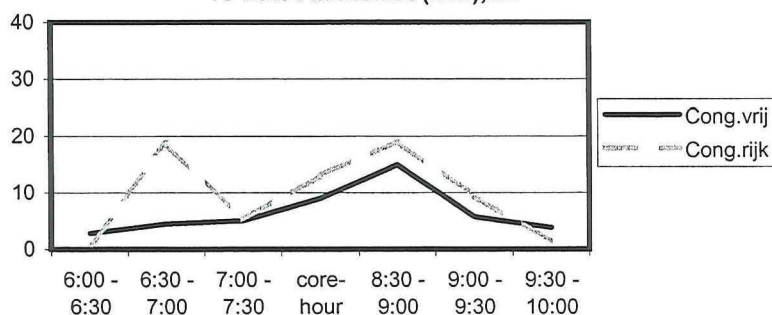
### Ritafstand (km), TD



### Te Vroege Aankomst (min), TE



### Te Late Aankomst (min), TL



NB1: De bovenstaande grafieken vormen een betere onderbouwing voor het verschuivingsmodel, ze zijn echter nog niet optimaal.

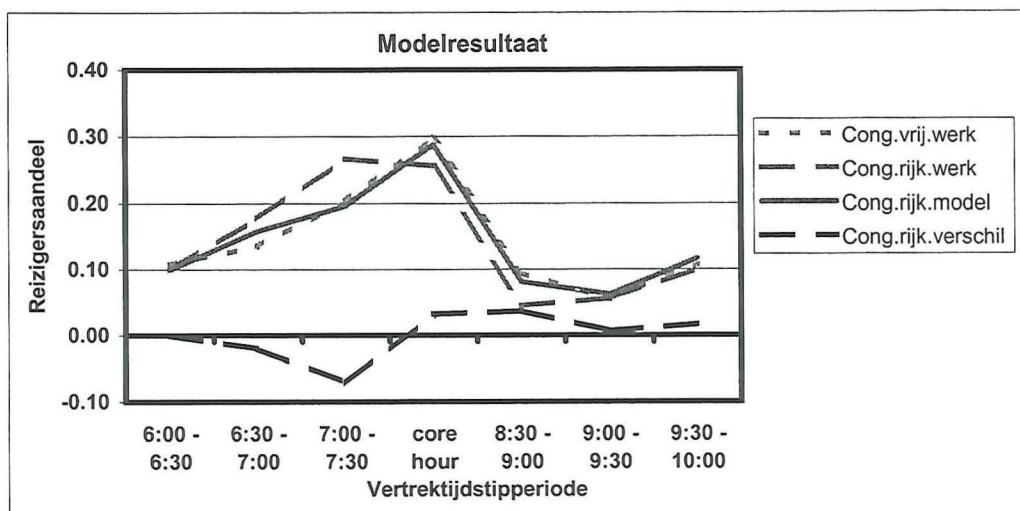
NB2: De variabele Trip Distance is niet noodzakelijk voor het verschuivingsmodel, een aanbeveling is om de EA en LA samen te voegen en de Trip Dist te verwijderen zodat de overige waarderingfactoren een hogere waarden krijgen.



## Bijlage 15:

Stap 4: Selectie van de reizigers met een ritafstand tussen de 52,5 - 100 km (154 reizigers)

| Waarderingsfactoren | Waarde:  |
|---------------------|----------|
| Travel Time (min)   | -0.00397 |
| Trip Distance (km)  | -0.00443 |
| Ritafstand (klasse) | 0.00000  |
| Herkomst            | 0.00000  |
| Bestemming          | 0.00000  |
| Early Arrival (min) | 0.01586  |
| Late Arrival (min)  | -0.01144 |
| Dif_aankomst (min)  | 0.00000  |



De gemodelleerde verschuivingen zijn minimaal.

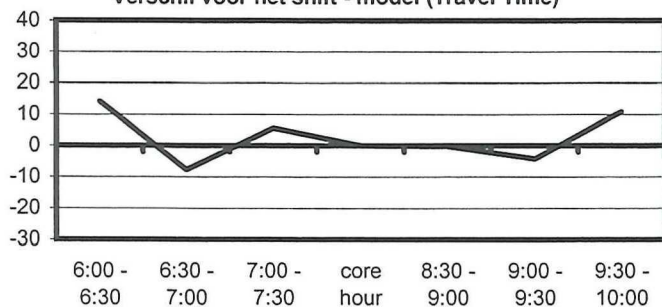
### Verschillen die de invoer vormen van het shift - model

|              | TT    | TD     | TE    | TL     |
|--------------|-------|--------|-------|--------|
| Vertrek      | Shift | Shift  | Shift | Shift  |
| 6:00 - 6:30  | 14.16 | -5.82  | 3.31  | 5.95   |
| 6:30 - 7:00  | -7.78 | -1.59  | 2.13  | -10.18 |
| 7:00 - 7:30  | 5.71  | -1.25  | 3.82  | 3.88   |
| core hour    | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00   |
| 8:30 - 9:00  | -0.20 | 11.87  | -4.66 | -0.10  |
| 9:00 - 9:30  | -4.16 | -11.69 | 6.52  | 0.39   |
| 9:30 - 10:00 | 10.91 | -10.04 | 11.47 | 6.59   |

### Toelichting op waarderingsfactoren:

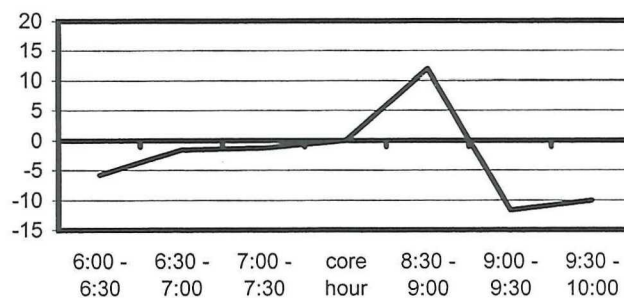
TT: neg--> verhoging reistijd--> kansverlagend.  
 TD: pos-->verhoging ritafstand-->kansverhogend (raar)  
 TE: pos--> verhoging TE--> kansverlagend (TE=pos)  
 TL: neg-->verhoging TL-->kansverlagend (TL=neg)  
 TE wordt minder zwaarder gewogen dan een TL  
 TE / T L wordt zwaarder gewogen dan TT (factor 1:4, 1:3)

### Verschil voor het shift - model (Travel Time)



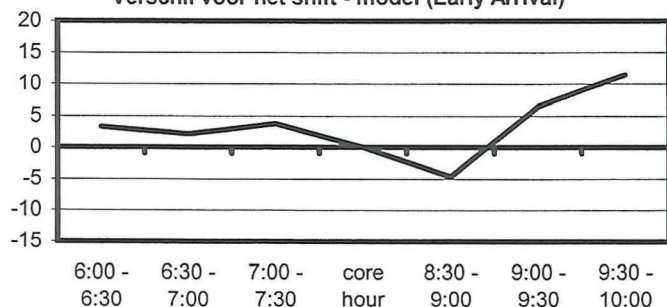
Gunstige perioden zijn 6:00-6:30, 7:00-7:30 en 9:30-10:00

### Verschil voor het shift - model (Trip Distance)



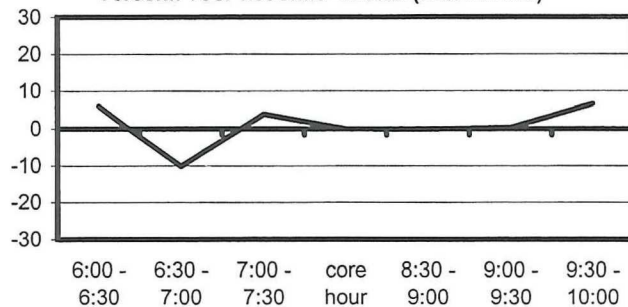
Gunstige periode is 8:30-9:00

### Verschil voor het shift - model (Early Arrival)



Gunstige perioden zijn 6:00-6:30, 6:30-7:00, 7:00-7:30, 9:00-9:30 en 9:30-10:00

### Verschil voor het shift - model (Late Arrival)



Gunstige periode is 6:30-7:00

## Bijlage 15:

Stap 5: Selectie van reizigers met een ritafstand tussen de 65 - 85 km (91 reizigers)

### Reistijd (min) = travel time (TT)

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij | Cong.rijk | Groei (%) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 6:00 - 6:30            | 43.33     | 53.60     | 23.69     |
| 6:30 - 7:00            | 62.75     | 59.00     | -5.98     |
| 7:00 - 7:30            | 61.36     | 66.31     | 8.06      |
| core hour              | 59.92     | 74.00     | 23.49     |
| 8:30 - 9:00            | 65.75     | 90.00     | 36.88     |
| 9:00 - 9:30            | 59.33     | 85.67     | 44.38     |
| 9:30 - 10:00           | 61.67     | 63.75     | 3.38      |

De reistijdencurve van de cong.vrij sit is uniformer geworden, wat gunstig is voor de verschuiving. De dip in de tijdsperiode 6:00-6:30 wordt veroorzaakt door het geringe aantal reizigers in deze klasse. De reistijden van de cong.rijk. sit toont echter nog niet de verwachte curve.

### Ritafstand (km) = Trip Distance (TD)

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij | Cong.rijk | Groei (%) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 6:00 - 6:30            | 66.67     | 76.46     | 14.69     |
| 6:30 - 7:00            | 73.25     | 73.88     | 0.85      |
| 7:00 - 7:30            | 73.34     | 74.77     | 1.95      |
| core hour              | 76.85     | 75.11     | -2.26     |
| 8:30 - 9:00            | 70.00     | 80.00     | 14.29     |
| 9:00 - 9:30            | 68.50     | 80.00     | 16.79     |
| 9:30 - 10:00           | 75.67     | 77.75     | 2.75      |

De lage reistijden van de cong.vrij.sit worden veroorzaakt door de lage ritafstand in deze tijdsperiode. De piek van de reistijd wordt veroorzaakt door een stijging van de ritafstand

### Te Vroege Aankomst (min) = Early Arrival (TE)

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij | Cong.rijk | Groei (%) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 6:00 - 6:30            | -17.99    | -11.88    | -33.97    |
| 6:30 - 7:00            | -5.46     | -10.85    | 98.60     |
| 7:00 - 7:30            | -8.01     | -14.16    | 76.84     |
| core hour              | -8.38     | -6.24     | -25.53    |
| 8:30 - 9:00            | -4.68     | -0.70     | -85.07    |
| 9:00 - 9:30            | -7.78     | -10.15    | 30.53     |
| 9:30 - 10:00           | -6.21     | -10.82    | 74.09     |

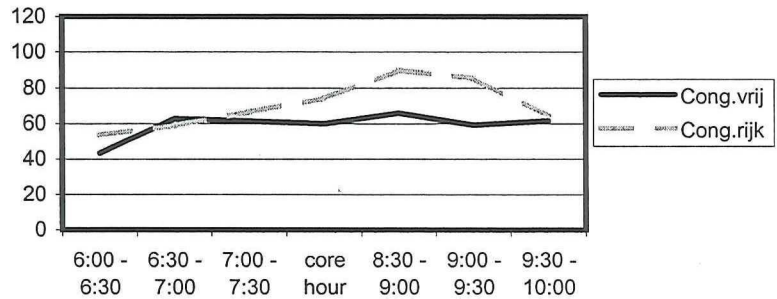
Door het geringe aantal reizigers per klasse fluctueren de curven veel. Gesteld kan worden dat de cong.rijk sit. in de meeste vertrektijdstipperiodes ongunstiger is dan de cong.vrij.sit. Dit is gunstig voor de berekening van de verschuivingen.

### Te Late Aankomst (min) = Late Arrival (TL)

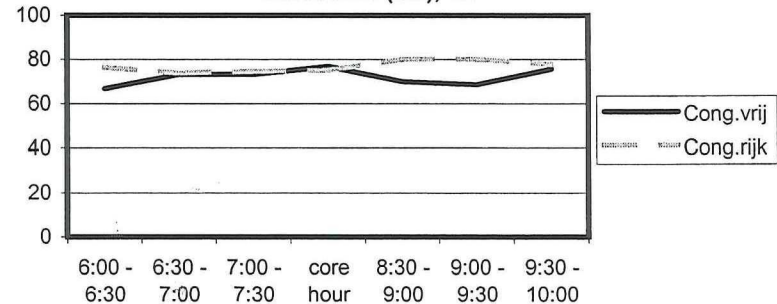
| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij | Cong.rijk | Groei (%) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 6:00 - 6:30            | 0.00      | 1.67      | #DIV/0!   |
| 6:30 - 7:00            | 5.63      | 0.39      | -93.07    |
| 7:00 - 7:30            | 6.91      | 4.75      | -31.17    |
| core hour              | 2.90      | 7.53      | 159.32    |
| 8:30 - 9:00            | 10.24     | 0.00      | -100.00   |
| 9:00 - 9:30            | 6.08      | 15.71     | 158.47    |
| 9:30 - 10:00           | 1.41      | 1.08      | -23.49    |

De cong.rijk.sit kan niet worden als omschreven als een ongunstigere situatie.

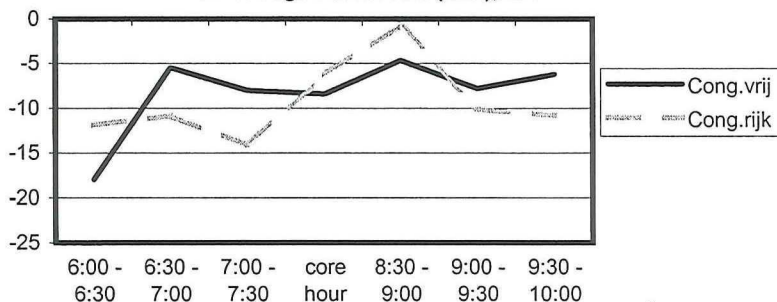
### Reistijd (min), TT



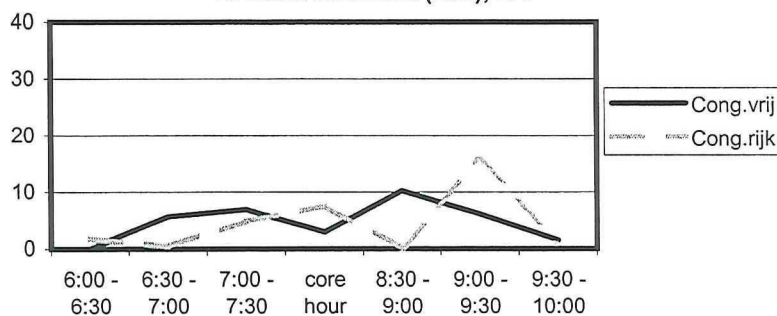
### Ritafstand (km), TD



### Te Vroege Aankomst (min), EA



### Te Late Aankomst (min), LA



NB1: De reistijdencurve toont nog niet de gewenste ontwikkeling.

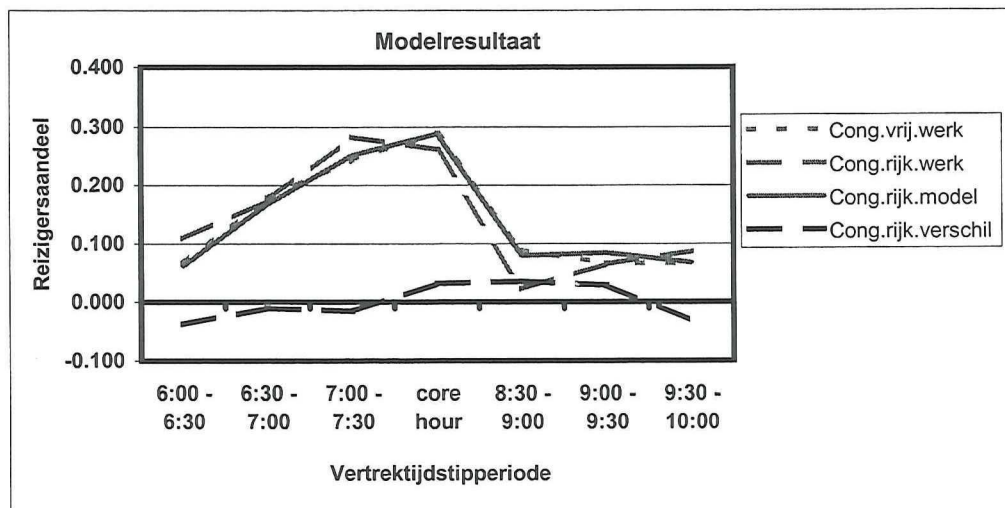
NB2: De curven van de LA komen in het geheel niet overeen met de verwachting, ze tonen dat de cong rijke sit gunstiger is dan de cong vrij sit.



## Bijlage 15:

Stap 5: Selectie van reizigers met een ritafstand tussen de 65 - 85 km (91 reizigers)

| Waarderingsfactoren | Waarde:  |
|---------------------|----------|
| Travel Time (min)   | -0.00397 |
| Trip Distance (km)  | -0.00443 |
| Ritafstand (klasse) | 0.00000  |
| Herkomst            | 0.00000  |
| Bestemming          | 0.00000  |
| Early Arrival (min) | 0.01586  |
| Late Arrival (min)  | -0.01144 |
| Dif_aankomst (min)  | 0.00000  |



De gemodelleerde verschuivingen zijn minimaal.

### Verschillen die de invoer vormen van het shift - model

|              | TT     | TD     | TE    | TL    |
|--------------|--------|--------|-------|-------|
| Vertrek      | Shift  | Shift  | Shift | Shift |
| 6:00 - 6:30  | 3.81   | -11.53 | -3.97 | 2.95  |
| 6:30 - 7:00  | 17.83  | -2.36  | 7.53  | 9.86  |
| 7:00 - 7:30  | 9.13   | -3.17  | 8.29  | 6.78  |
| core hour    | 0.00   | 0.00   | 0.00  | 0.00  |
| 8:30 - 9:00  | -10.17 | -11.74 | -1.84 | 14.86 |
| 9:00 - 9:30  | -12.26 | -13.24 | 4.51  | -5.00 |
| 9:30 - 10:00 | 11.99  | -3.82  | 6.74  | 4.96  |

### Toelichting op waarderingsfactoren:

TT: neg--> verhoging reistijd--> kansverlagend.

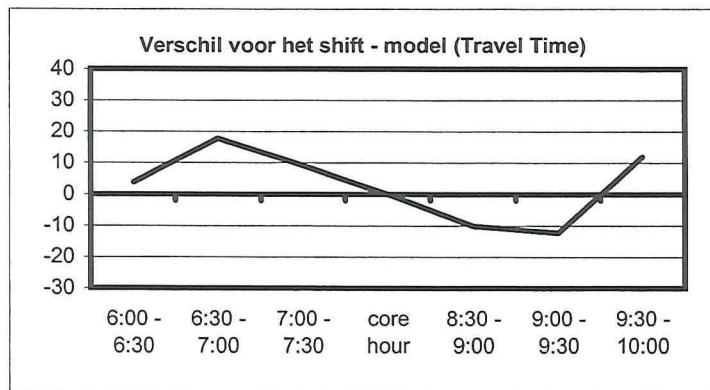
TD: pos-->verhoging ritafstand-->kansverhogend (raar)

TE: pos--> verhoging TE--> kansverlagend (TE=pos)

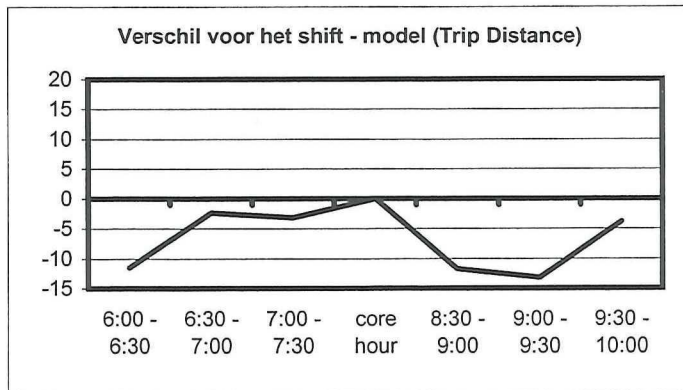
TL: neg-->verhoging TL-->kansverlagend (TL=neg)

TE wordt minder zwaarder gewogen dan een TL

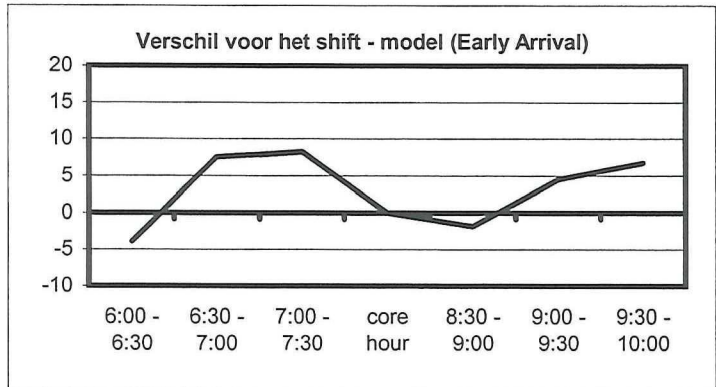
TE / T L wordt zwaarder gewogen dan TT (factor 1:4, 1:3)



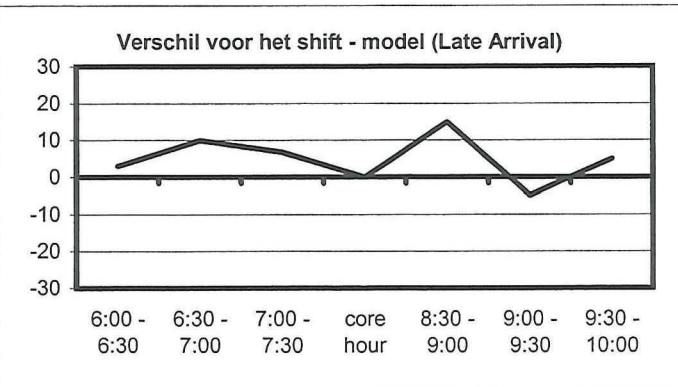
Alle perioden behalve de perioden 8:30-9:00 en 9:00-9:30 zijn gunstig voor de berekening van de verschuiving.



Gunstige perioden ontbreken doordat in alle vertrektijdstipperiode de ritafstand in de cong.rijk.sit lager is dan in de cong.vrij.sit



Alle perioden behalve 6:00-6:30 en 8:30-9:00 zijn gunstig



Alleen de vertrektijdstipperiode 9:30-10:00 is gunstig



## Bijlage 15:

Stap 6a: Selectie van reizigers met een ritafstand tussen de 52.5 - 100 km, extremen verwijderd (131 reizigers)

### Reistijden (min) = Travel time (TT)

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij | Cong.rijk | Groei (%) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 6:00 - 6:30            | 50.00     | 57.50     | 15.000    |
| 6:30 - 7:00            | 55.44     | 75.11     | 35.471    |
| 7:00 - 7:30            | 53.21     | 79.25     | 48.926    |
| core-hour              | 57.72     | 91.69     | 58.843    |
| 8:30 - 9:00            | 57.80     | 90.00     | 55.709    |
| 9:00 - 9:30            | 56.00     | 76.33     | 36.310    |
| 9:30 - 10:00           | 54.00     | 68.00     | 25.926    |

De reistijdcurven van beide situaties voldoen helemaal aan het beeld dat verondersteld werd voor de modellering van de verschuiving. Deze selecte groep van reizigers toont aan dat het verwachte reistijden over de totale ochtendspitsperiode daadwerkelijk optreden.

### Ritafstand (km) = Trip Distance (TD)

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij | Cong.rijk | Groei (%) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 6:00 - 6:30            | 68.88     | 74.03     | 7.489     |
| 6:30 - 7:00            | 70.20     | 71.13     | 1.318     |
| 7:00 - 7:30            | 69.58     | 75.63     | 8.688     |
| core-hour              | 72.00     | 71.14     | -1.196    |
| 8:30 - 9:00            | 73.60     | 63.75     | -13.383   |
| 9:00 - 9:30            | 66.38     | 77.40     | 16.610    |
| 9:30 - 10:00           | 64.63     | 74.00     | 14.507    |

De reistijden zijn bijna onafhankelijk geworden van de ritafstand omdat deze nagenoeg identiek zijn voor alle vertrektijdstipperiodes

### Te Vroege Aankomst (min) = Early Arrival (TE)

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij | Cong.rijk | Groei (%) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 6:00 - 6:30            | -9.08     | -12.81    | 41.115    |
| 6:30 - 7:00            | -6.34     | -8.90     | 40.321    |
| 7:00 - 7:30            | -9.14     | -2.55     | -72.136   |
| core-hour              | -5.54     | -3.50     | -36.766   |
| 8:30 - 9:00            | -9.03     | -2.21     | -75.500   |
| 9:00 - 9:30            | -5.83     | -12.78    | 119.068   |
| 9:30 - 10:00           | -3.64     | -15.54    | 326.401   |

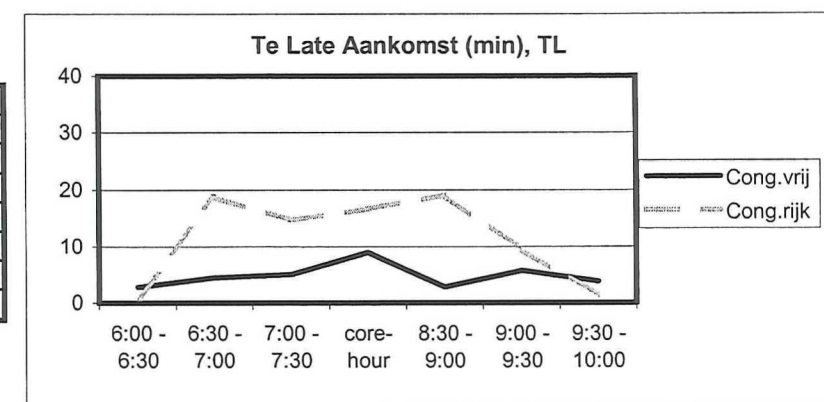
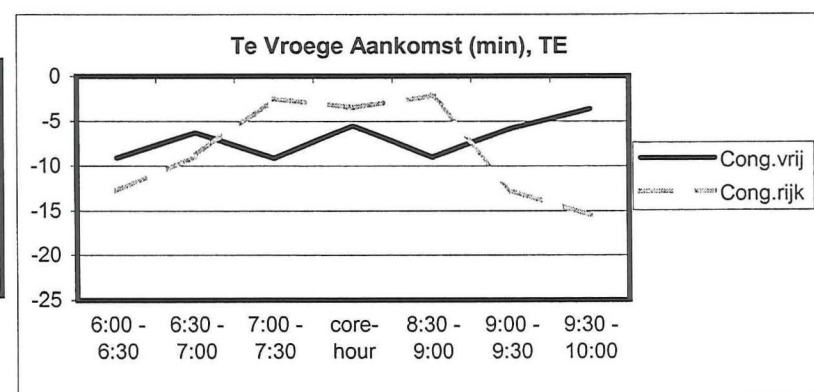
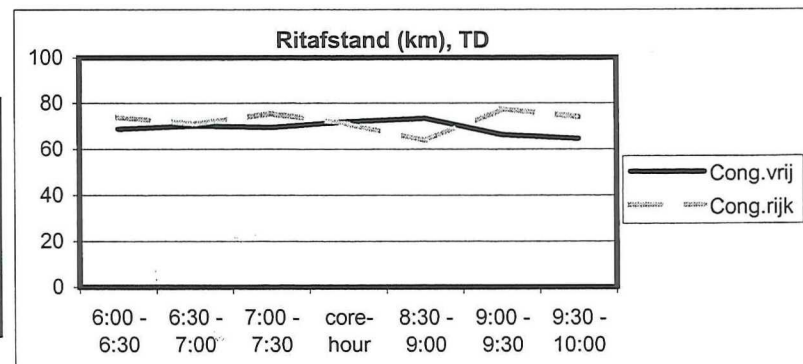
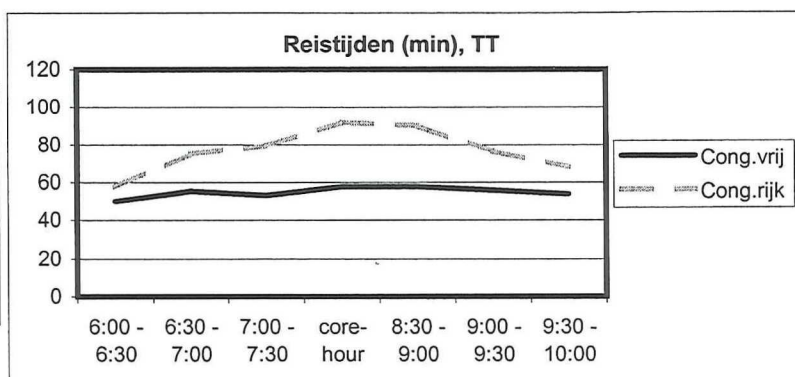
Rondom het core hour blijken de reizigers van de cong.rijk. sit minder te vroeg te arriveren dan in de cong.vrij. sit. Dit is in principe tegen de verwachting in maar kan wel verklaard worden doordat de reizigers blijkbaar de gereserveerde speling grotendeels gebruiken.

### Te Late Aankomst (min) = Late Arrival (TL)

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij | Cong.rijk | Groei (%) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 6:00 - 6:30            | 2.83      | 0.93      | -67.155   |
| 6:30 - 7:00            | 4.50      | 18.73     | 316.165   |
| 7:00 - 7:30            | 5.07      | 14.67     | 189.601   |
| core-hour              | 9.00      | 16.67     | 85.281    |
| 8:30 - 9:00            | 2.84      | 19.12     | 572.982   |
| 9:00 - 9:30            | 5.76      | 9.42      | 63.589    |
| 9:30 - 10:00           | 3.83      | 1.29      | -66.369   |

De verklaring voor de te vroege aankomst kan worden onderbouwd door deze grafiek. In de cong.rijk.sit. arriveren de reizigers meer te laat dan in de cong.vrij.sit. De gereserveerde speling is dus blijkbaar ook vaak te gering waardoor de reizigers te laat arriveren op de plaats van aankomst.

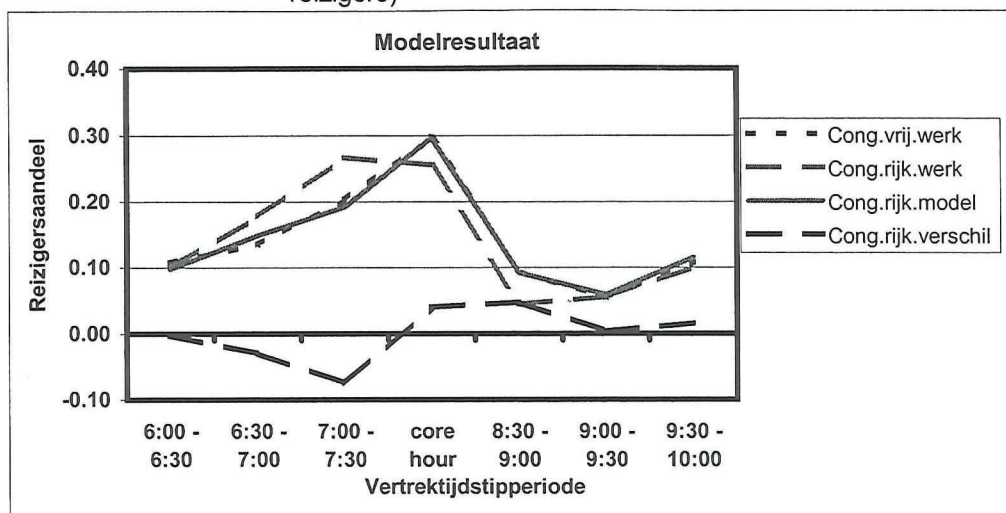
NB1: voor de geselecteerde dataset zijn de zogenaamde extremen van de dataset verwijderd om vloeiendere reistijdcurven te verkrijgen. In totaal zijn op deze manier 7 reizigers van de cong.vrij.sit en 15 reizigers van de cong.rijk.sit verwijderd.



## Bijlage 15:

Stap 6a: Selectie van reizigers met een ritafstand tussen de 52.5 - 100 km, extremen verwijderd (131 reizigers)

| Waarderingsfactoren | Waarde:  |
|---------------------|----------|
| Travel Time (min)   | -0.00397 |
| Trip Distance (km)  | -0.00443 |
| Ritafstand (klasse) | 0.00000  |
| Herkomst            | 0.00000  |
| Bestemming          | 0.00000  |
| Early Arrival (min) | 0.01586  |
| Late Arrival (min)  | -0.01144 |
| Dif_aankomst (min)  | 0.00000  |



De gemodelleerde verschuivingen zijn minimaal.

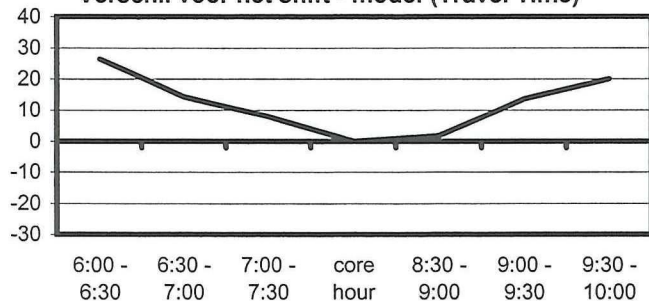
### Verschillen die de invoer vormen van het shift - model

|              | TT    | TD     | TE    | TL    |
|--------------|-------|--------|-------|-------|
| Vertrek      | Shift | Shift  | Shift | Shift |
| 6:00 - 6:30  | 26.47 | -6.02  | 5.77  | 9.57  |
| 6:30 - 7:00  | 14.30 | -1.79  | 4.59  | -6.56 |
| 7:00 - 7:30  | 7.93  | -6.91  | -4.55 | -1.93 |
| core hour    | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  |
| 8:30 - 9:00  | 1.77  | 8.99   | -4.78 | -8.61 |
| 9:00 - 9:30  | 13.63 | -11.89 | 8.98  | 4.01  |
| 9:30 - 10:00 | 19.97 | -10.24 | 13.93 | 10.22 |

### Toelichting op waarderingsfactoren:

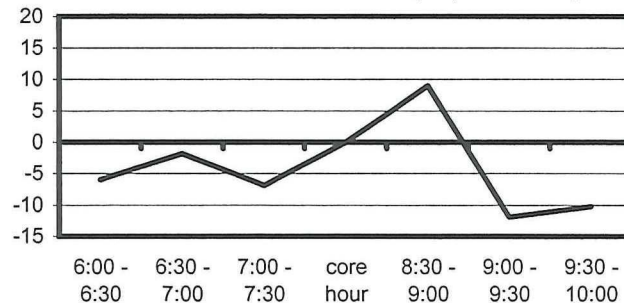
TT: neg--> verhoging reistijd--> kansverlagend.  
 TD: pos-->verhoging ritafstand-->kansverhogend (raar)  
 TE: pos--> verhoging TE--> kansverlagend (TE=pos)  
 TL: neg-->verhoging TL-->kansverlagend (TL=neg)  
 TE wordt minder zwaarder gewogen dan een TL  
 TE / T L wordt zwaarder gewogen dan TT (factor 1:4, 1:3)

### Vershil voor het shift - model (Travel Time)



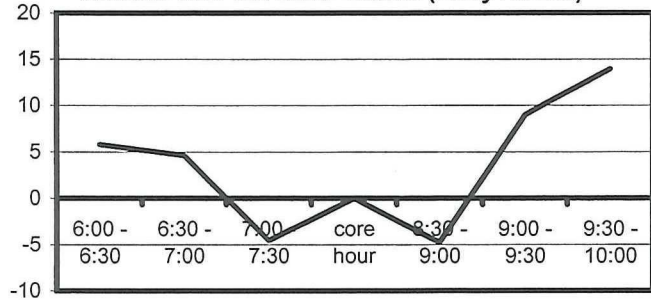
Gunstige perioden zijn 6:00-6:30, 6:30-7:00 en 9:00-9:30 en 9:30-10:00

### Vershil voor het shift - model (Trip Distance)



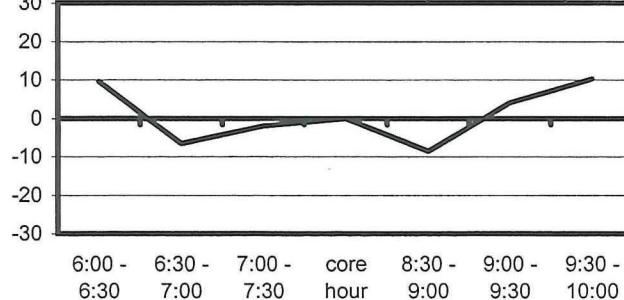
Gunstige perioden zijn het core hour en 8:30-9:00

### Vershil voor het shift - model (Early Arrival)



Gunstige perioden zijn 6:00-6:30, 6:30-7:00, 9:00-9:30 en 9:30-10:00

### Vershil voor het shift - model (Late Arrival)



Gunstige perioden zijn 6:30-7:00, 7:00-7:30 en 8:30-9:00



## Bijlage 15:

Stap 6b: Selectie van reizigers met ritafstand tussen de 52,5 - 100 km (154 reizigers) met correctiefactor

### Reistijden (min) = Travel timer (TT)

| Vertrektijdstipperiode | cong.vrij | Cong.rijk | Groei (%) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 6:00 - 6:30            | 55.66     | 53.95     | -3.060    |
| 6:30 - 7:00            | 58.48     | 82.27     | 40.667    |
| 7:00 - 7:30            | 56.37     | 66.89     | 18.666    |
| core-hour              | 63.21     | 80.69     | 27.657    |
| 8:30 - 9:00            | 67.79     | 99.97     | 47.461    |
| 9:00 - 9:30            | 62.34     | 72.34     | 16.030    |
| 9:30 - 10:00           | 60.89     | 58.82     | -3.398    |

Vermenigvuldiging met de correctiefactor is voor de cong. vrij.sit zinvol, maar voor de cong.rijk.sit is de reistijden-curve niet verbeterd. De verschillen zijn alleen maar groter geworden.

### Ritafstand (km) = Trip Distnace (TD)

| vertrektijdstipperiode | cong.vrij | Cong.rijk | Groei (%) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 6:00 - 6:30            | 68.88     | 74.03     | 7.489     |
| 6:30 - 7:00            | 70.20     | 71.13     | 1.318     |
| 7:00 - 7:30            | 69.58     | 70.17     | 0.843     |
| core-hour              | 72.00     | 71.34     | -0.918    |
| 8:30 - 9:00            | 76.29     | 63.75     | -16.433   |
| 9:00 - 9:30            | 66.38     | 77.40     | 16.610    |
| 9:30 - 10:00           | 64.63     | 74.00     | 14.507    |

De ritafstandscurve is gelijk gebleken omdat de vermenigvuldigingsfactor alleen is toegepast voor de berekening van de nieuwe reistijden.

### Te Vroege Aankomst (min) = Early Arrival (TE)

| vertrektijdstipperiode | cong.vrij | Cong.rijk | Groei (%) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 6:00 - 6:30            | -9.08     | -12.81    | 41.115    |
| 6:30 - 7:00            | -6.34     | -8.90     | 40.321    |
| 7:00 - 7:30            | -9.14     | -13.38    | 46.478    |
| core-hour              | -5.54     | -5.96     | 7.645     |
| 8:30 - 9:00            | -6.45     | -2.21     | -65.699   |
| 9:00 - 9:30            | -5.83     | -12.78    | 119.068   |
| 9:30 - 10:00           | -3.64     | -15.54    | 326.401   |

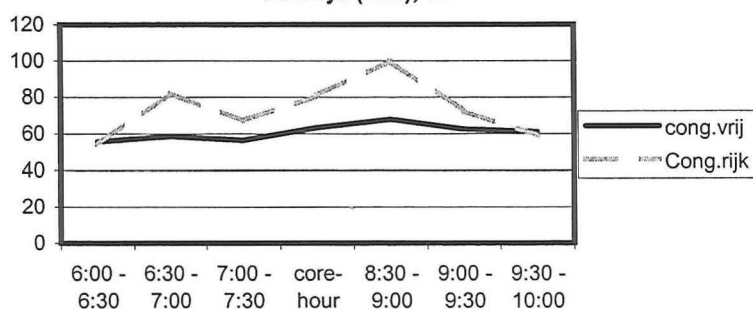
De te vroege aankomsten zijn door de gewijzigde reistijden veranderd met een ongunstig gevolg voor de berekening van de nieuwe reizigersaandelen. De curven tonen echter nog te veel schommelingen.

### Te Late Aankomst (min) = Late Arrival (TL)

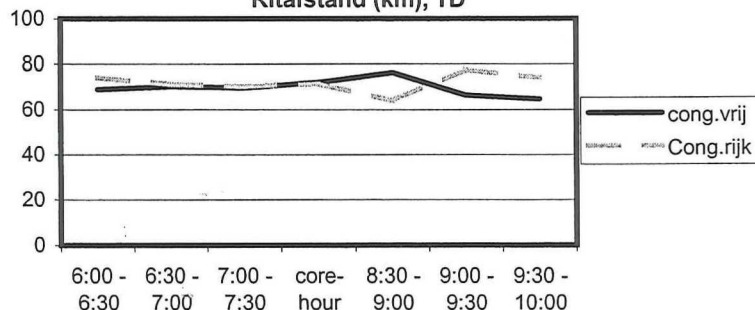
| vertrektijdstipperiode | cong.vrij | Cong.rijk | Groei (%) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 6:00 - 6:30            | 2.83      | 0.93      | -67.155   |
| 6:30 - 7:00            | 4.50      | 18.73     | 316.165   |
| 7:00 - 7:30            | 5.07      | 5.24      | 3.376     |
| core-hour              | 9.00      | 13.05     | 45.002    |
| 8:30 - 9:00            | 14.97     | 19.12     | 27.749    |
| 9:00 - 9:30            | 5.76      | 9.42      | 63.589    |
| 9:30 - 10:00           | 3.83      | 1.29      | -66.369   |

De te late aankomsten zijn door de gewijzigde reistijden veranderd met een gunstig gevolg voor de berekening van de nieuwe reizigersaandelen. De curven vertonen echter nog steeds veel schommelingen.

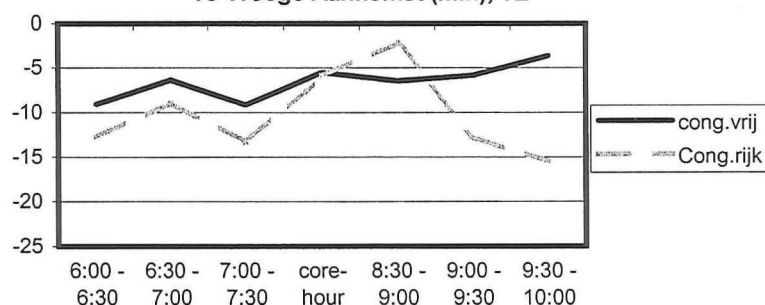
### Reistijd (min), TT



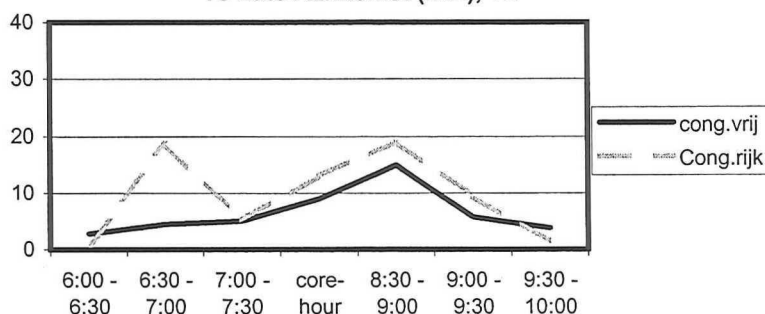
### Ritafstand (km), TD



### Te Vroege Aankomst (min), TE



### Te Late Aankomst (min), TL



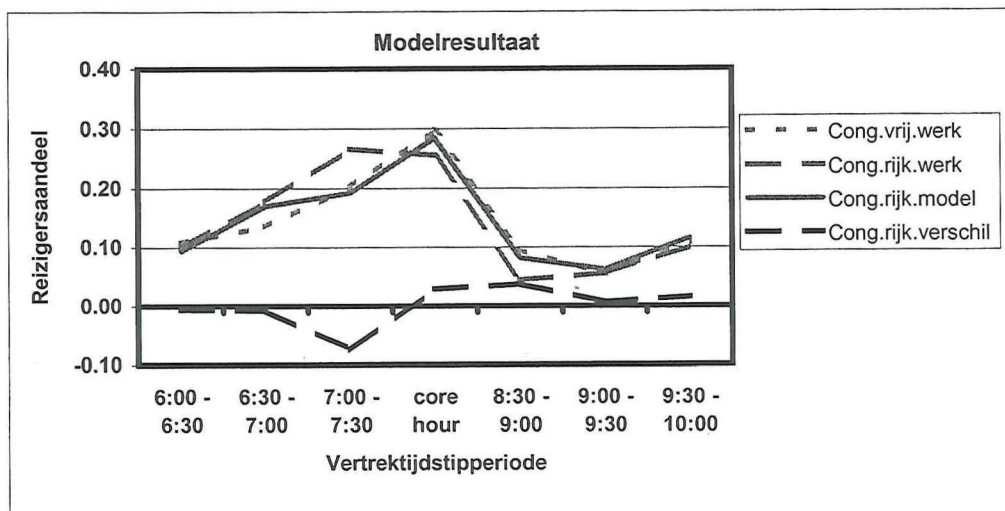
NB1: De doelstelling van de correctiefactor is om de invloed van de ritafstand op de reistijd te nivelleren, het effect is negatief.



## Bijlage 15:

Stap 6b: Selectie van reizigers met ritafstand tussen de 52,5 - 100 km (154 reizigers) met correctiefactor

| Waarderingsfactoren | Waarde:  |
|---------------------|----------|
| Travel Time (min)   | -0.00397 |
| Trip Distance (km)  | -0.00443 |
| Ritafstand (klasse) | 0.00000  |
| Herkomst            | 0.00000  |
| Bestemming          | 0.00000  |
| Early Arrival (min) | 0.01586  |
| Late Arrival (min)  | -0.01144 |
| Dif_aankomst (min)  | 0.00000  |
| Schaalfactor        | 1.50000  |
| Absolute verschil   | 0.17679  |



De gemodelleerde verschuivingen zijn minimaal.

### Verschillen die de invoer vormen van het shift - model

|              | TT     | TD     | TE    | TL     |
|--------------|--------|--------|-------|--------|
| Vertrek      | Shift  | Shift  | Shift | Shift  |
| 6:00 - 6:30  | 19.19  | -5.82  | 3.31  | 5.95   |
| 6:30 - 7:00  | -6.30  | -1.59  | 2.13  | -10.18 |
| 7:00 - 7:30  | 6.96   | -1.25  | 3.82  | 3.88   |
| core hour    | 0.00   | 0.00   | 0.00  | 0.00   |
| 8:30 - 9:00  | -14.69 | 11.87  | -4.66 | -0.10  |
| 9:00 - 9:30  | 7.49   | -11.69 | 6.52  | 0.39   |
| 9:30 - 10:00 | 19.55  | -10.04 | 11.47 | 6.59   |

### Toelichting op waarderingsfactoren:

TT: neg--> verhoging reistijd--> kansverlagend.

TD: pos-->verhoging ritafstand-->kansverhogend (raar)

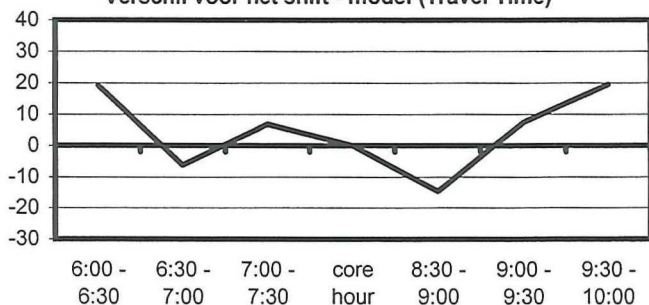
TE: pos--> verhoging TE--> kansverlagend (TE=pos)

TL: neg-->verhoging TL-->kansverlagend (TL=neg)

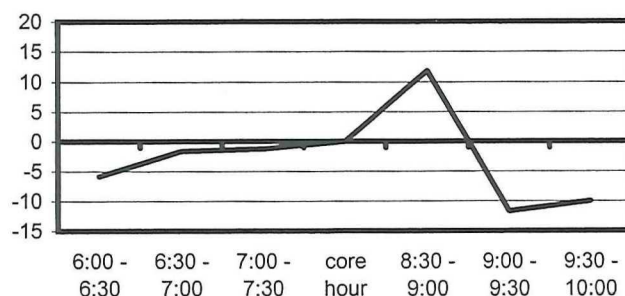
TE wordt minder zwaarder gewogen dan een TL

TE / T L wordt zwaarder gewogen dan TT (factor 1:4, 1:3)

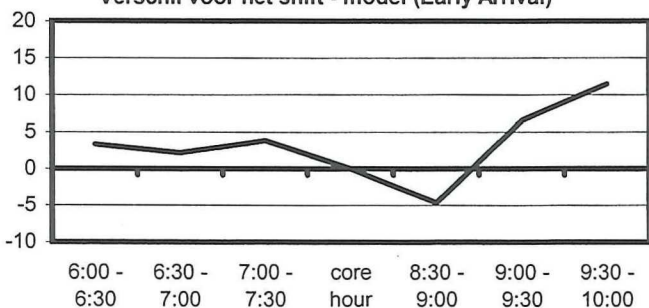
### Verskil voor het shift - model (Travel Time)



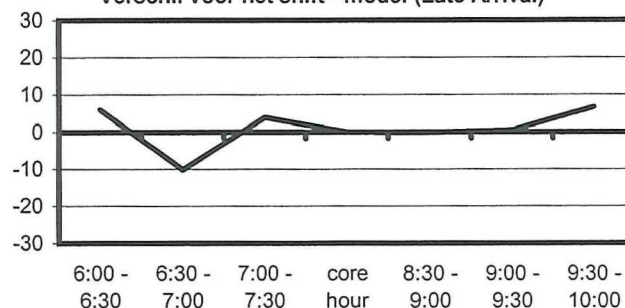
### Verskil voor het shift - model (Trip Distance)



### Verskil voor het shift - model (Early Arrival)



### Verskil voor het shift - model (Late Arrival)



Alleen de periode 8:30-9:00 is ongunstig

Alleen de periode 6:30-7:00 is ongunstig

## BIJLAGE 17: Gevoeligheidsonderzoek

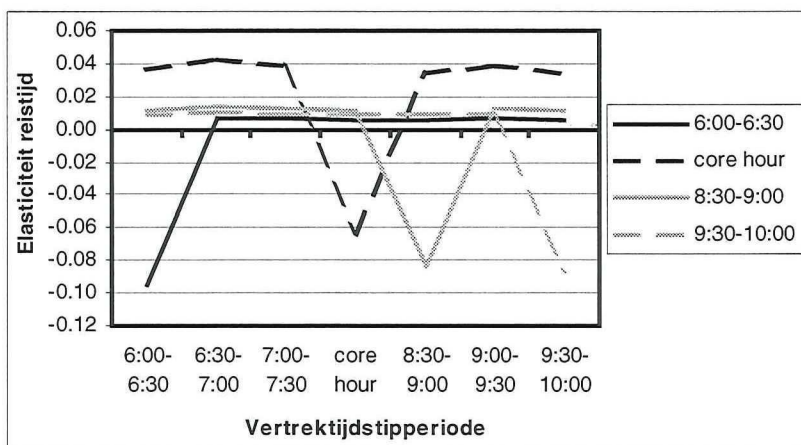
Voor de casestudies 5 t/m 8 is een gevoeligheidsonderzoek uitgewerkt d.m.v. een elasticiteitenberekening. In deze bijlage worden alle grafieken getoond en geanalyseerd, waarvan de waarden opgenomen zijn in het hoofdrapport als tabel X.X. De conclusies zijn beschreven per casestudie achter de opgenomen. In iedere grafiek zijn vier curven getoond, die de elasticiteiten van de desbetreffende verschillende vertrektijdstipperiode weerspiegelen. De curve van de vertrektijdstipperiode 6:00-6:30 toont alle berekende elasticiteiten per vertrektijdstipperiode bij een verhoging van de variabele in de vertrektijdstipperiode 6:00-6:30.

De curven tonen zowel negatieve als positieve elasticiteiten, per variabele dient dit als volgt geïnterpreteerd te worden:

- Reistijd (TT): De reistijd wordt negatief gewaardeerd waardoor een verhoging van de reistijd in vertrektijdstipperiode k resulteert in een verlaging van het reizigersaandeel in deze vertrektijdstipperiode. Dit wordt getoond in de grafiek d.m.v. een negatieve waarde van de elasticiteit. Als reactie op deze afname van het reizigersaandeel in vertrektijdstipperiode k stijgen de reizigersaandelen van de overige vertrektijdstipperiodes (positieve waardering van de elasticiteit).
- Ritafstand (RD): De ritafstand wordt ook negatief gewaardeerd waardoor de gevolgen van de verhoging van deze variabele identiek zijn aan de die voor de reistijdvariabele.
- Ritafstandsklasse (TD\_Class): De ritafstandsklasse wordt ook negatief gewaardeerd waardoor de gevolgen van de verhoging van deze variabele identiek zijn aan de die voor de reistijdvariabele.
- Te vroege aankomst (TE): Een te vroege aankomst wordt positief gewaardeerd waardoor de gevolgen van een verhoging van deze variabele resulteert in een afname van het reizigersaandeel in de desbetreffende vertrektijdstipperiode (positieve waarde). Dit heeft tot gevolg dat de reizigersaandelen van de overige vertrektijdstipperiodes stijgt (negatieve waardering).
- Te late aankomst (TL): Een te late aankomst wordt ook negatief gewaardeerd waardoor de gevolgen van de verhoging van deze variabele identiek zijn aan de die voor de reistijdvariabele.
- Aankomsttijdsverschil (Dif\_Arr): Het aankomsttijdsverschil wordt ook negatief gewaardeerd waardoor de gevolgen van de verhoging van deze variabele identiek zijn aan de die voor de reistijdvariabele.

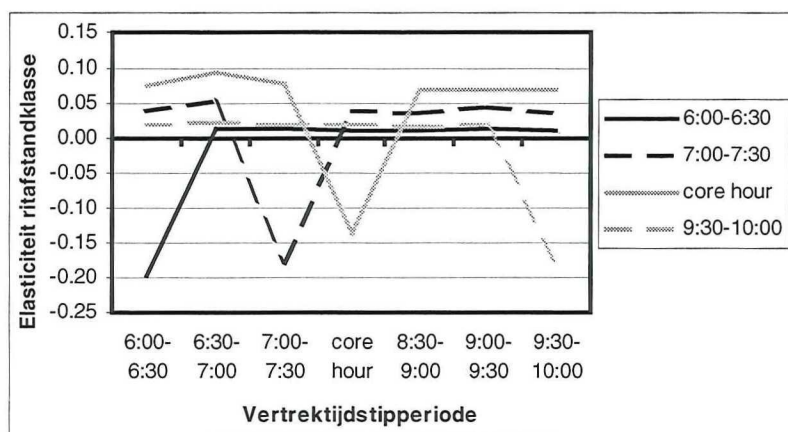
### Casestudie 5: Nutsfunctie met de reistijd (TT), de ritafstandsklasse (TD\_Class) en het aankomsttijdsverschil (Dif\_Arr) als variabelen

De figuren b17.1, b17.2 en b17.3 tonen de elasticiteiten bij een verhoging van de reistijd, de ritafstandsklasse respectievelijk het aankomsttijdsverschil.

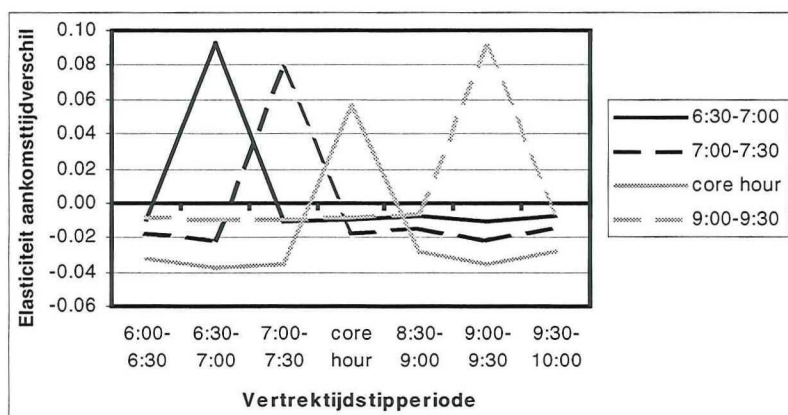


Figuur b17.1: Elasticiteiten van een reistijdverhoging per vertrektijdstipperiode (casestudie 5)





Figuur b17.2: Elasticiteiten van een ritafstandsklasseverhoging per vertrektijdstopperiode (casestudie 5).



Figuur b17.3: Elasticiteiten van een aankomsttijdverschilverhoging per vertrektijdstopperiode (casestudie 5).

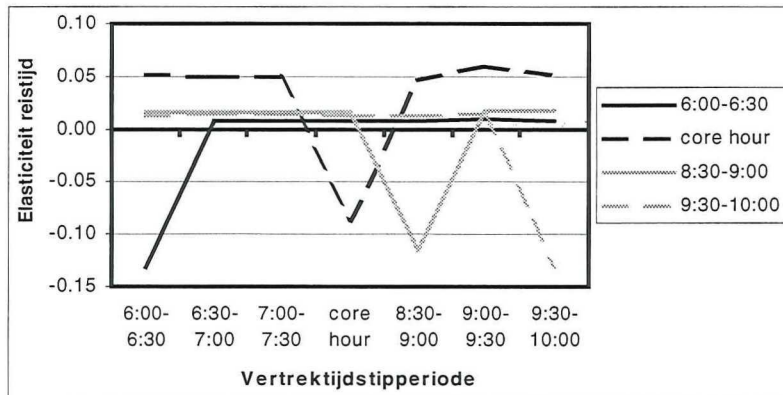
Analyse van de grafieken toont aan dat:

- Een verhoging van de variabele in vertrektijdstopperiode  $k$  resulteert daadwerkelijk tot een verlaging van het reizigersaandeel in de desbetreffende vertrektijdstopperiode.
- Het gewicht van de diverse elasticiteiten wordt mede bepaald door het gewicht van de bepaalde waarderingsfactoren (de elasticiteiten van de reistijdvariabele zijn lager dan de elasticiteiten van de ritafstandsklassevariabele vanwege de lagere absolute waarde van deze waarderingsfactor).
- De elasticiteit van de vertrektijdstopperiode waarvoor de variabele is verhoogd, is in absolute waarde, in alle gevallen hoger dan de absolute waarde van de elasticiteiten van de overige vertrektijdstopperiodes. Dit wordt verklaard doordat de afname van de ene vertrektijdstopperiode "verdeeld" dient te worden over alle andere mogelijke vertrektijdstopperiodes.
- Omdat het reizigersaandeel in het core hour in de congestievrije situatie relatief hoog is t.o.v. de reizigersaandelen in de overige vertrektijdstopperiodes, is de elasticiteit (bij een verhoging van de variabele in het core hour) relatief laag, en zijn diensgevolge de elasticiteiten van de overige vertrektijdstopperiodes relatief hoog.
- De eerste en de laatste vertrektijdstopperiode worden minder aantrekkelijk gewaardeerd voor een reizigersaandeeltoename dan de overige vertrektijdstopperiodes. Dit kan namelijk geconcludeerd worden uit de relatief lage absolute waarden voor de elasticiteit t.o.v. de overige vertrektijdstopperiodes.

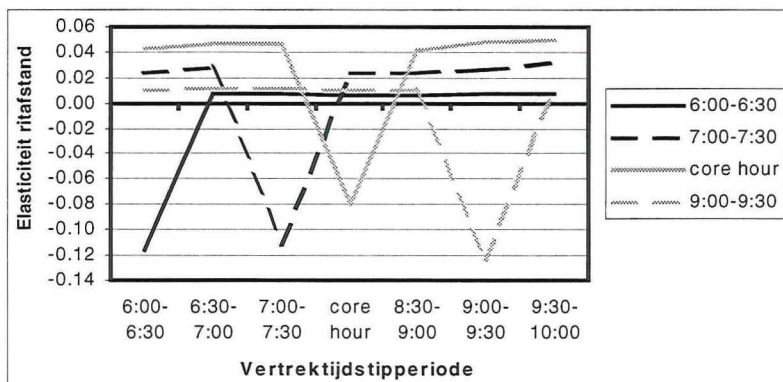


### Casestudie 6: Nutsfunctie met de reistijd (TT), de ritafstand (TD), te vroege aankomst (TE) en een te late aankomst (TL) als variabelen

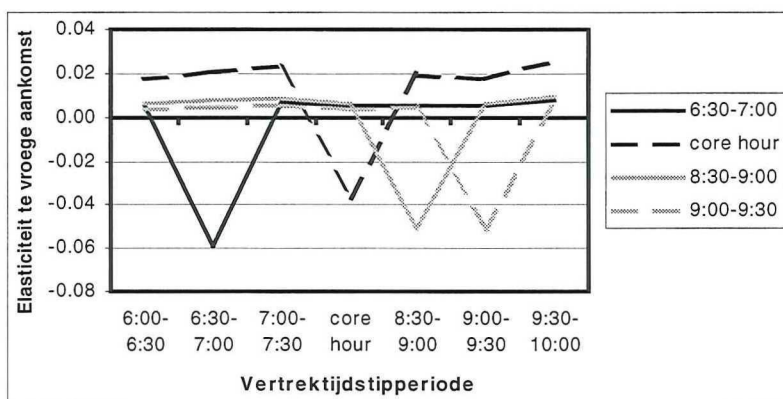
De figuren b17.4 t/m b17.7 tonen de elasticiteiten bij een verhoging van de reistijd, de ritafstand, de te vroege aankomst respectievelijk de te late aankomst.



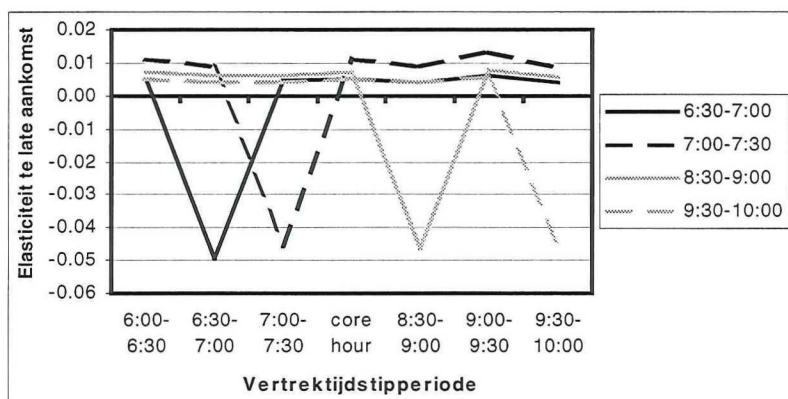
Figuur b17.4: Elasticiteiten van een reistijdverhoging per vertrektijdstipperiode (casestudie 6).



Figuur b17.5: Elasticiteiten van een ritafstandsverhoging per vertrektijdstipperiode (casestudie 6).



Figuur b17.6: Elasticiteiten van een te vroege aankomstverhoging per vertrektijdstipperiode (casestudie 6).



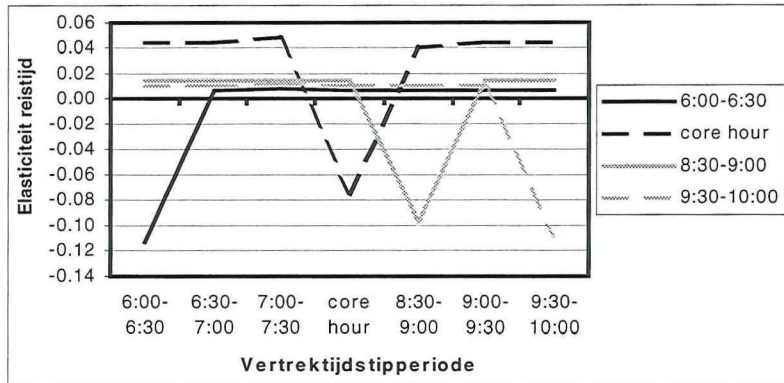
Figuur b17.7: Elasticiteiten van een te late aankomstverhoging per vertrektijdstipperiode (casestudie 6).

Uit de grafieken kan geconcludeerd worden dat:

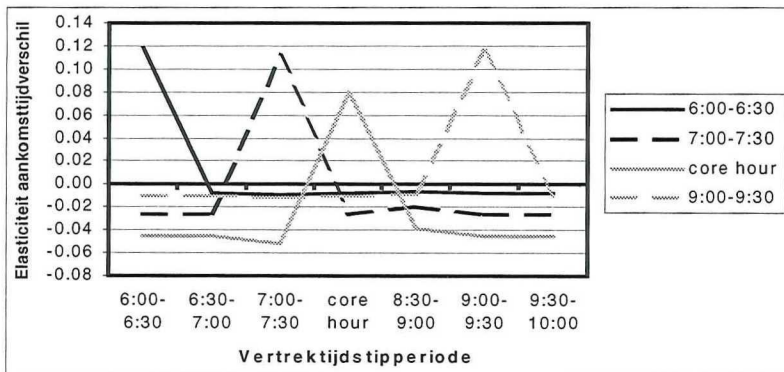
- Wederom de verhogingen van de variabelen corresponderen met het veronderstelde reizigersgedrag.
- Indien de elasticiteitscurven van grafiek b17.1 worden vergeleken met de elasticiteitscurven van grafiek b17.4 valt op dat de absolute waarden verschillen. Dit wordt verklaard door het feit dat de absolute waarden van de waarderingsfactoren verschillen, een hoge waarderingsfactor resulteert in een hoge waarde voor de elasticiteit.
- De absolute waarde van de elasticiteiten van de te vroege aankomst zijn hoger dan de absolute waarden van de te late aankomst. De hogere absolute waarderingsfactor verklaart dit verschil.

### Casestudie 7: Nutsfunctie met de reistijd (TT) en het aankomsttijdverschil (Dif\_Arr) als variabelen.

De figuren b17.8 en b17.9 tonen de elasticiteiten bij een verhoging van de reistijd respectievelijk het aankomsttijdverschil.



Figuur b17.8: Elasticiteiten van een reistijdverhoging per vertrektijdstipperiode (casestudie 7).



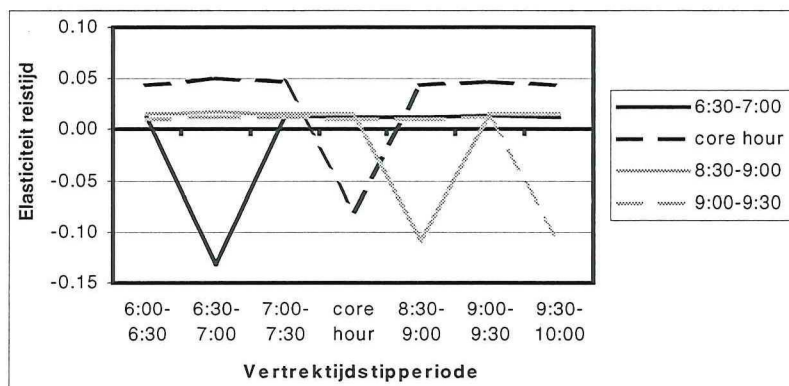
Figuur b17.9: Elasticiteiten van een aankomsttijdverschilverhoging per vertrektijdstipperiode (casestudie 7).

De berekende absolute waarden van de elasticiteiten zijn hoger dan de waarden bepaald voor casestudie 5. De verklaring hiervoor is dat voor casestudie 5, vier variabelen zijn toegepast en in deze casestudie slechts 2. Het verloop van de elasticiteiten is gelijk aan het verloop van de elasticiteiten in casestudie 5.

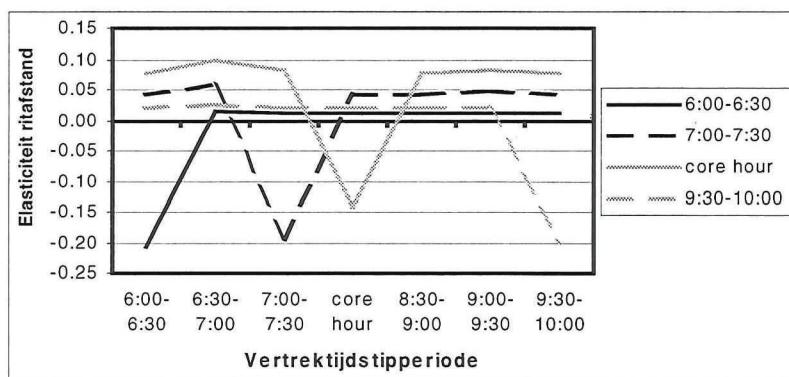


**Casestudie 8: Nutsfunctie met de reistijd (TT) en de ritafstand (TD) als variabelen.**

De figuren b17.10 en b17.11 tonen de elasticiteiten bij een verhoging van de reistijd respectievelijk het ritafstandsverschil.



Figuur b17.10: Elasticiteiten van een reistijdverhoging per vertrektijdstipperiode (casestudie 8).



Figuur b17.11: Elasticiteiten van een ritafstandsverhoging per vertrektijdstipperiode (casestudie 8).

De berekende absolute waarden van de elasticiteiten zijn hoger dan de waarden bepaald voor casestudie 5. De verklaring hiervoor is dat voor casestudie 5, vier variabelen zijn toegepast en in deze casestudie slechts 2. Het verloop van de elasticiteiten is echter identiek.

## Bijlage 16:

### Karakteristieke gegevens van de extern\_stedelijke\_verplaatsingen (1750 reizigers)

#### Reizigersaantal congestievrije situatie (extern stedelijke verplaatsingen)

| Vertrek    | 0-2.5 km  | 2.5-7.5 km | 7.5-17.5 km | 17.5-32.5 km | 32.5-52.5 km | 52.5-72.5 km | 72.5-100 km | > 100 km | Subtotaal | Aandeel |
|------------|-----------|------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|----------|-----------|---------|
| 6:00-6:30  | geen data | 5          | 9           | 14           | 5            | 6            | 2           | 3        | 44        | 0.05    |
| 6:30-7:00  | 1         | 1          | 15          | 21           | 8            | 6            | 4           | 5        | 61        | 0.07    |
| 7:00-7:30  | geen data | 6          | 39          | 45           | 28           | 9            | 6           | 12       | 145       | 0.18    |
| core-hour  | 4         | 31         | 119         | 88           | 46           | 10           | 12          | 11       | 321       | 0.39    |
| 8:30-9:00  | 1         | 18         | 43          | 26           | 9            | 4            | 3           | 2        | 106       | 0.13    |
| 9:00-9:30  | 3         | 11         | 25          | 14           | 9            | 3            | 1           | 5        | 71        | 0.09    |
| 9:30-10:00 | 2         | 11         | 28          | 22           | 3            | 6            | 2           | 5        | 79        | 0.10    |
| Subtotaal  | 11        | 83         | 278         | 230          | 108          | 44           | 30          | 43       | 827       |         |
| Aandeel    | 0.013     | 0.100      | 0.336       | 0.278        | 0.131        | 0.053        | 0.036       | 0.052    |           |         |

#### Reizigersaantal congestierijke situatie (extern stedelijke verplaatsingen)

| Vertrek    | 0-2.5 km  | 2.5-7.5 km | 7.5-17.5 km | 17.5-32.5 km | 32.5-52.5 km | 52.5-72.5 km | 72.5-100 km | > 100 km | Subtotaal | Aandeel |
|------------|-----------|------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|----------|-----------|---------|
| 6:00-6:30  | geen data | 4          | 17          | 15           | 9            | 3            | 6           | 5        | 59        | 0.06    |
| 6:30-7:00  | geen data | 2          | 25          | 34           | 15           | 10           | 6           | 5        | 97        | 0.11    |
| 7:00-7:30  | 3         | 10         | 50          | 53           | 31           | 15           | 9           | 6        | 177       | 0.19    |
| core-hour  | 5         | 40         | 97          | 102          | 40           | 12           | 11          | 13       | 320       | 0.35    |
| 8:30-9:00  | 3         | 24         | 40          | 29           | 12           | 3            | 1           | 2        | 114       | 0.12    |
| 9:00-9:30  | 2         | 15         | 24          | 16           | 6            | 1            | 4           | 4        | 72        | 0.08    |
| 9:30-10:00 | 1         | 12         | 31          | 23           | 4            | 4            | 5           | 4        | 84        | 0.09    |
| Subtotaal  | 14        | 107        | 284         | 272          | 117          | 48           | 42          | 39       | 923       |         |
| Aandeel    | 0.02      | 0.12       | 0.31        | 0.29         | 0.13         | 0.05         | 0.05        | 0.04     |           |         |

#### Reistijden congestievrije situatie (extern stedelijke verplaatsingen)

| Vertrek    | 0-2.5 km      | 2.5-7.5 km | 7.5-17.5 km | 17.5-32.5 km | 32.5-52.5 km | 52.5-72.5 km | 72.5-100 km | > 100 km |
|------------|---------------|------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|----------|
| 6:00-6:30  | niet mogelijk | 13         | 20          | 30           | 35           | 48           | 75          | 152      |
| 6:30-7:00  | 4             | 16         | 17          | 28           | 39           | 52           | 70          | 94       |
| 7:00-7:30  | niet mogelijk | 10         | 21          | 30           | 41           | 52           | 63          | 142      |
| core-hour  | 6             | 15         | 23          | 33           | 44           | 63           | 67          | 112      |
| 8:30-9:00  | 5             | 15         | 22          | 29           | 45           | 62           | 92          | 88       |
| 9:00-9:30  | 7             | 16         | 19          | 31           | 44           | 65           | 44          | 97       |
| 9:30-10:00 | 7             | 13         | 21          | 31           | 41           | 55           | 63          | 89       |

#### Reistijden congestierijke situatie (extern stedelijke verplaatsingen)

| Vertrek    | 0-2.5 km      | 2.5-7.5 km | 7.5-17.5 km | 17.5-32.5 km | 32.5-52.5 km | 52.5-72.5 km | 72.5-100 km | > 100 km |
|------------|---------------|------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|----------|
| 6:00-6:30  | niet mogelijk | 15         | 19          | 38           | 38           | 49           | 59          | 115      |
| 6:30-7:00  | niet mogelijk | 13         | 21          | 31           | 44           | 68           | 104         | 102      |
| 7:00-7:30  | 17            | 14         | 23          | 32           | 50           | 61           | 73          | 103      |
| core-hour  | 15            | 13         | 24          | 36           | 47           | 77           | 83          | 228      |
| 8:30-9:00  | 18            | 15         | 23          | 31           | 54           | 90           | 90          | 87       |
| 9:00-9:30  | 18            | 12         | 24          | 43           | 45           | 60           | 83          | 133      |
| 9:30-10:00 | 8             | 15         | 18          | 33           | 36           | 44           | 74          | 115      |

#### Reistijdverschillen congestierijke - congestievrije situatie (extern stedelijke verplaatsingen)

| Vertrek    | 0-2.5 km      | 2.5-7.5 km | 7.5-17.5 km | 17.5-32.5 km | 32.5-52.5 km | 52.5-72.5 km | 72.5-100 km | > 100 km |
|------------|---------------|------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|----------|
| 6:00-6:30  | niet mogelijk | 1.75       | -1.17       | 7.81         | 2.76         | 0.33         | -15.67      | -37.00   |
| 6:30-7:00  | niet mogelijk | -3.50      | 3.73        | 3.78         | 5.59         | 16.60        | 34.17       | 7.80     |
| 7:00-7:30  | niet mogelijk | 4.27       | 1.57        | 1.91         | 9.33         | 9.49         | 9.56        | -38.50   |
| core-hour  | 9.70          | -2.44      | 1.25        | 3.30         | 2.62         | 14.42        | 16.12       | 116.48   |
| 8:30-9:00  | 13.33         | 0.29       | 0.16        | 1.91         | 9.64         | 27.75        | -1.67       | -0.50    |
| 9:00-9:30  | 10.83         | -3.73      | 5.15        | 11.46        | 0.72         | -4.67        | 39.25       | 35.35    |
| 9:30-10:00 | 1.00          | 2.79       | -2.31       | 1.55         | -4.75        | -10.58       | 11.50       | 26.45    |

#### Reistijdverschillen met het core hour voor de congestievrije situatie (extern stedelijke verpl), klein verschil is pos. voor de verschuiving.

| Vertrek    | 0-2.5 km      | 2.5-7.5 km | 7.5-17.5 km | 17.5-32.5 km | 32.5-52.5 km | 52.5-72.5 km | 72.5-100 km | > 100 km |
|------------|---------------|------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|----------|
| 6:00-6:30  | niet mogelijk | -2.29      | -3.07       | -3.21        | -9.16        | -14.67       | 7.67        | 40.09    |
| 6:30-7:00  | -1.50         | 0.71       | -5.92       | -5.50        | -5.08        | -11.50       | 2.67        | -17.91   |
| 7:00-7:30  | niet mogelijk | -5.46      | -1.77       | -2.71        | -3.06        | -11.22       | -4.33       | 29.76    |
| core-hour  | 0.00          | 0.00       | 0.00        | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00        | 0.00     |
| 8:30-9:00  | -0.50         | -0.46      | -0.70       | -4.22        | 0.82         | -0.75        | 24.33       | -24.41   |
| 9:00-9:30  | 1.17          | 0.71       | -4.50       | -1.71        | 0.49         | 1.67         | -23.33      | -14.51   |
| 9:30-10:00 | 1.50          | -2.74      | -2.65       | -1.66        | -2.96        | -8.17        | -4.83       | -23.11   |

NB: de grijs gemarkeerde cellen accentueren de klassen waar minder dan 10 reizigers zijn voor geselecteerd.

Reistijdverschillen met het core hour voor de congestierijke situatie (extern stedelijke verpl), klein verschil is pos. voor de verschuiving.

**Bijlage 16:**  
Karakteristieke gegevens van de extern\_stedelijke\_verplaatsingen (1750 reizigers)

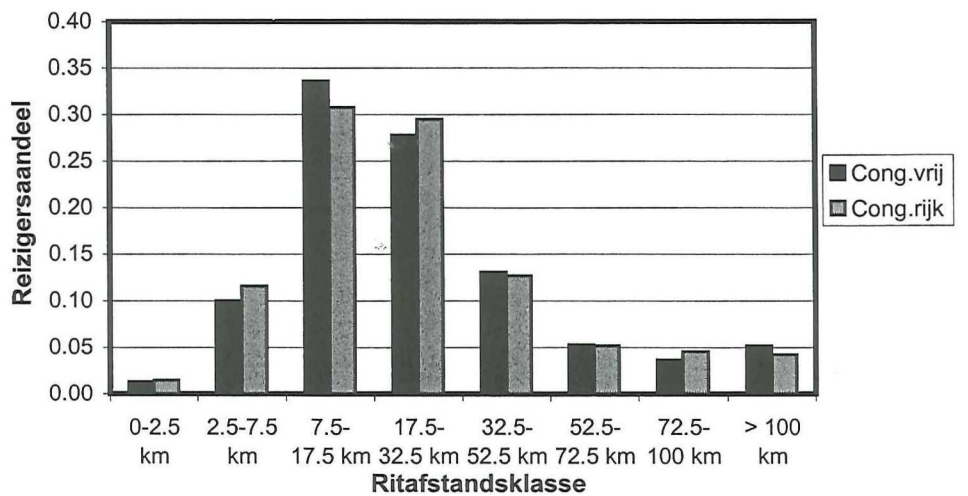
| Vertrek    | 0-2.5 km      | 2.5-7.5 km | 7.5-17.5 km | 17.5-32.5 km | 32.5-52.5 km | 52.5-72.5 km | 72.5-100 km | > 100 km |
|------------|---------------|------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|----------|
| 6:00-6:30  | niet mogelijk | 1.90       | -5.49       | 1.29         | -9.02        | -28.75       | -24.12      | -113.38  |
| 6:30-7:00  | niet mogelijk | -0.35      | -3.43       | -5.02        | -2.11        | -9.32        | 20.71       | -126.58  |
| 7:00-7:30  | 2.13          | 1.25       | -1.45       | -4.11        | 3.65         | -16.15       | -10.90      | -125.22  |
| core-hour  | 0.00          | 0.00       | 0.00        | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00        | 0.00     |
| 8:30-9:00  | 3.13          | 2.28       | -1.78       | -5.61        | 7.84         | 12.58        | 6.55        | -141.38  |
| 9:00-9:30  | 2.30          | -0.58      | -0.60       | 6.44         | -1.41        | -17.42       | -0.20       | -95.63   |
| 9:30-10:00 | -7.20         | 2.48       | -6.21       | -3.42        | -10.33       | -33.17       | -9.45       | -113.13  |

Reistijdverschillen voor de berekening van de verschuiving (een negatieve waarde is positief voor een verschuiving vanuit het core hour)

| Vertrek    | 0-2.5 km      | 2.5-7.5 km | 7.5-17.5 km | 17.5-32.5 km | 32.5-52.5 km | 52.5-72.5 km | 72.5-100 km | > 100 km |
|------------|---------------|------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|----------|
| 6:00-6:30  | niet mogelijk | 4.19       | -2.42       | 4.51         | 0.14         | -14.08       | -31.79      | -153.48  |
| 6:30-7:00  | niet mogelijk | -1.06      | 2.49        | 0.48         | 2.97         | 2.18         | 18.05       | -108.68  |
| 7:00-7:30  | niet mogelijk | 6.71       | 0.32        | -1.40        | 6.71         | -4.93        | -6.57       | -154.98  |
| core-hour  | 0.00          | 0.00       | 0.00        | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00        | 0.00     |
| 8:30-9:00  | 3.63          | 2.73       | -1.09       | -1.39        | 7.02         | 13.33        | -17.79      | -116.98  |
| 9:00-9:30  | 1.13          | -1.29      | 3.91        | 8.15         | -1.90        | -19.08       | 23.13       | -81.13   |
| 9:30-10:00 | -8.70         | 5.23       | -3.56       | -1.76        | -7.37        | -25.00       | -4.62       | -90.03   |

Reizigersaandelen

| Vertrek      | Cong.vrij | Cong.rijk |
|--------------|-----------|-----------|
| 0-2.5 km     | 0.01      | 0.02      |
| 2.5-7.5 km   | 0.10      | 0.12      |
| 7.5-17.5 km  | 0.34      | 0.31      |
| 17.5-32.5 km | 0.28      | 0.29      |
| 32.5-52.5 km | 0.13      | 0.13      |
| 52.5-72.5 km | 0.05      | 0.05      |
| 72.5-100 km  | 0.04      | 0.05      |
| > 100 km     | 0.05      | 0.04      |





# Bijlage 16:

## Rijsnelheden per ritafstandsklasse en situatie

### Rijsnelheden per ritafstandsklasse voor de congestievrije situatie

| Type verplaatsing       | 0-2.5 km | 2.5-7.5 km | 7.5-17.5 km | 17.5-32.5 km | 32.5-52.5 km | 52.5-72.5 km | 72.5-100 km | >100 km |
|-------------------------|----------|------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|---------|
| Intern_stedelijk_W-W    | 15.62    | 25.26      | 38.65       | 52.87        | 65.10        | 73.86        | 71.51       | 80.79   |
| Intern_stedelijk_Zak    | 16.07    | 27.01      | 35.78       | 48.77        | 64.13        | 69.30        | 71.04       | 81.33   |
| Intern_stedelijk_Overig | 17.09    | 27.54      | 38.79       | 51.03        | 64.80        | 73.93        | 68.95       | 73.51   |
| Extern_stedelijk_W-W    | 18.51    | 24.98      | 39.13       | 51.81        | 62.15        | 65.23        | 73.96       | 73.67   |
| Extern_stedelijk_Zak    | 19.34    | 26.29      | 39.17       | 44.00        | 57.02        | 72.10        | 71.51       | 80.21   |
| Extern_stedelijk_Overig | 17.92    | 26.02      | 38.84       | 57.88        | 58.99        | 70.24        | 66.83       | 73.74   |
| Extern_rustig_W-W       | 17.46    | 28.66      | 39.32       | 48.87        | 63.79        | 66.18        | 79.24       | 74.43   |
| Extern_rustig_Zak       | 17.51    | 28.60      | 38.46       | 51.79        | 62.29        | 66.56        | 69.81       | 79.77   |
| Extern_rustig_Overig    | 17.43    | 30.08      | 36.95       | 50.63        | 63.11        | 68.92        | 71.47       | 71.15   |
| Intern_rustig_W-W       | 17.02    | 29.18      | 46.73       | 51.89        | 67.83        | 72.09        | 71.03       | 82.95   |
| Intern_rustig_Zak       | 17.31    | 31.05      | 43.10       | 48.46        | 67.53        | 66.46        | 69.63       | 79.48   |
| Intern_rustig_Overig    | 19.28    | 30.11      | 45.44       | 53.31        | 63.51        | 70.30        | 71.81       | 73.79   |

W-W = woon - werk, Zak = zakelijk, Overig = overig (allen geven het reizigersmotief aan).

Intern = verplaatsingen met herkomst en bestemming binnen dezelfde stedelijkheidsgraad, Extern = herkomst en bestemming niet binnen dezelfde stedelijkheidsgraad.

stedelijk = stedelijk gebied (stedelijkheidsgraden 1 + 2 van het OVG), rustig = rustige gebied (stedelijkheidsgraden 3,4 en 5 van het OVG)

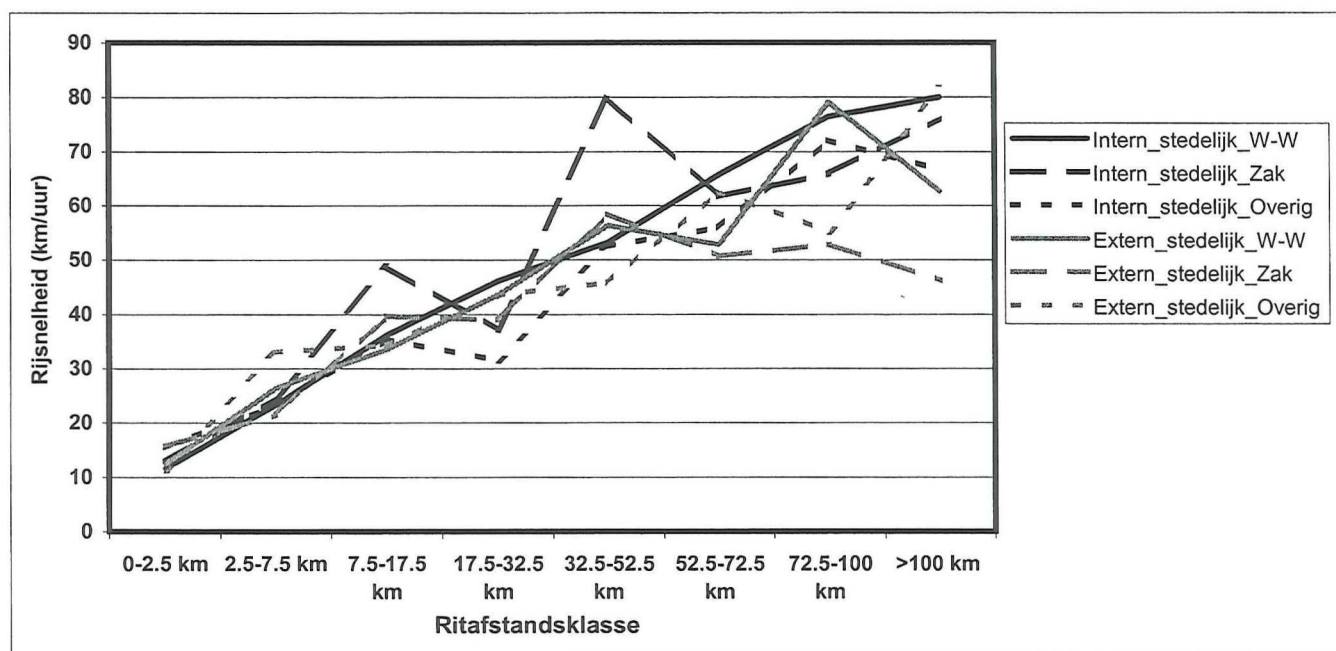
### Rijsnelheden per ritafstandsklasse voor de congestierijke situatie

| Type verplaatsing       | 0-2.5 km | 2.5-7.5 km | 7.5-17.5 km | 17.5-32.5 km | 32.5-52.5 km | 52.5-72.5 km | 72.5-100 km | >100 km |
|-------------------------|----------|------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|---------|
| Intern_stedelijk_W-W    | 11.65    | 23.26      | 36.17       | 46.14        | 53.27        | 65.76        | 76.53       | 80.00   |
| Intern_stedelijk_Zak    | 12.95    | 24.56      | 48.88       | 37.09        | 80.00        | 61.73        | 65.96       | 76.13   |
| Intern_stedelijk_Overig | 15.52    | 23.27      | 35.44       | 31.45        | 52.56        | 56.00        | 72.14       | 66.67   |
| Extern_stedelijk_W-W    | 12.45    | 26.32      | 33.51       | 43.59        | 56.35        | 52.83        | 79.11       | 62.71   |
| Extern_stedelijk_Zak    | 15.69    | 21.43      | 39.69       | 38.97        | 58.47        | 50.67        | 52.92       | 46.23   |
| Extern_stedelijk_Overig | 11.25    | 33.01      | 34.28       | 43.50        | 45.83        | 62.58        | 55.12       | 81.64   |
| Extern_rustig_W-W       | 11.23    | 26.32      | 35.67       | 46.91        | 54.19        | 68.13        | 72.87       | 68.66   |
| Extern_rustig_Zak       | 13.98    | 23.79      | 45.38       | 38.12        | 41.00        | 59.33        | 68.09       | 81.50   |
| Extern_rustig_Overig    | 10.89    | 25.52      | 36.90       | 42.73        | 61.09        | 62.43        | 58.17       | 75.57   |
| Intern_rustig_W-W       | 15.38    | 27.44      | 39.93       | 50.24        | 59.80        | 64.83        | 77.78       | 76.35   |
| Intern_rustig_Zak       | 13.86    | 28.64      | 42.09       | 53.70        | 49.14        | 52.61        | 71.48       | 66.46   |
| Intern_rustig_Overig    | 15.72    | 28.96      | 39.52       | 56.17        | 58.38        | 74.41        | 80.00       | 79.07   |

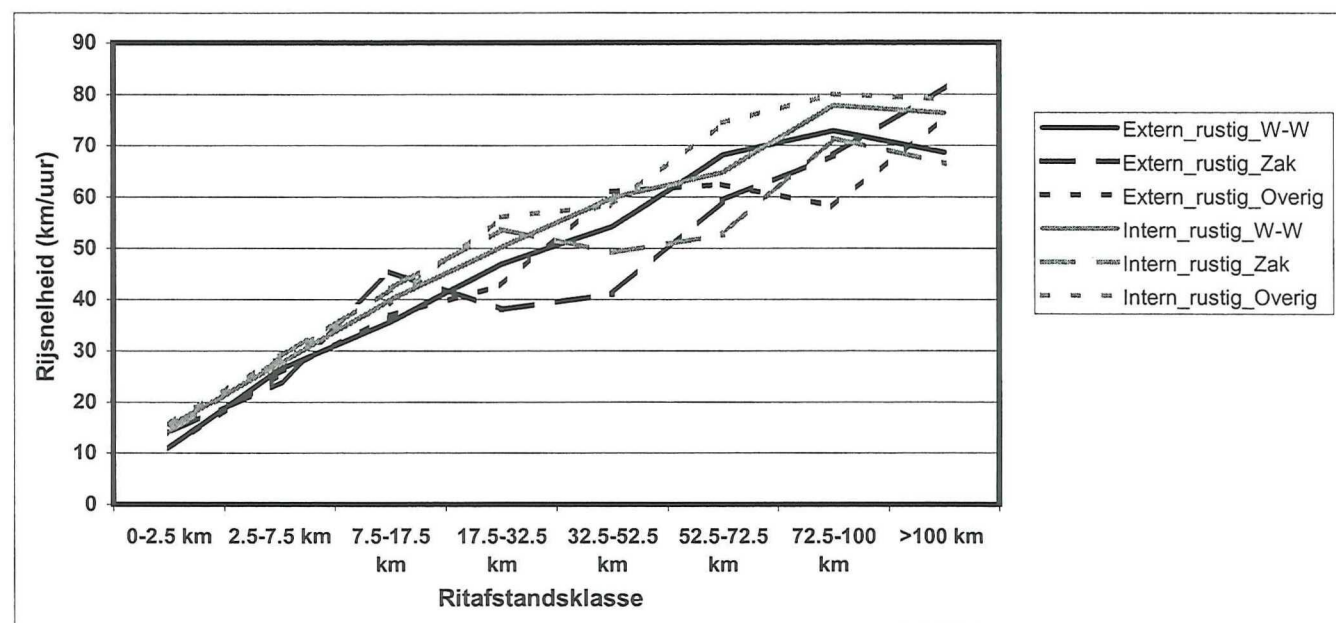
### Verskil rijnsnelheidscurven (congestierijke - congestievrije situatie)

| Type verplaatsing       | 0-2.5 km | 2.5-7.5 km | 7.5-17.5 km | 17.5-32.5 km | 32.5-52.5 km | 52.5-72.5 km | 72.5-100 km | >100 km |
|-------------------------|----------|------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|---------|
| Intern_stedelijk_W-W    | -3.96    | -2.00      | -2.48       | -6.73        | -11.82       | -8.11        | 5.02        | -0.79   |
| Intern_stedelijk_Zak    | -3.13    | -2.45      | 13.09       | -11.68       | 15.88        | -7.56        | -5.08       | -5.20   |
| Intern_stedelijk_Overig | -1.56    | -4.27      | -3.35       | -19.57       | -12.24       | -17.93       | 3.19        | -6.84   |
| Extern_stedelijk_W-W    | -6.06    | 1.35       | -5.62       | -8.22        | -5.81        | -12.41       | 5.15        | -10.96  |
| Extern_stedelijk_Zak    | -3.65    | -4.86      | 0.51        | -5.04        | 1.45         | -21.43       | -18.59      | -33.98  |
| Extern_stedelijk_Overig | -6.67    | 6.99       | -4.56       | -14.38       | -13.16       | -7.66        | -11.72      | 7.90    |
| Extern_rustig_W-W       | -6.23    | -2.33      | -3.65       | -1.96        | -9.59        | 1.95         | -6.37       | -5.77   |
| Extern_rustig_Zak       | -3.53    | -4.81      | 6.92        | -13.66       | -12.29       | -7.23        | -1.72       | 1.73    |
| Extern_rustig_Overig    | -6.54    | -4.56      | -0.05       | -7.90        | -2.02        | -6.49        | -13.30      | 4.42    |
| Intern_rustig_W-W       | -1.64    | -1.74      | -6.80       | -1.64        | -8.02        | -7.26        | 6.75        | -6.60   |
| Intern_rustig_Zak       | -3.45    | -2.40      | -1.01       | 5.25         | -18.39       | -13.84       | 1.84        | -13.03  |
| Intern_rustig_Overig    | -3.56    | -1.15      | -5.91       | 2.86         | -5.13        | 4.11         | 8.19        | 5.28    |

**Bijlage 16:**  
Rijsnelheden naar verplaatsingstype en ritafstandsklasse



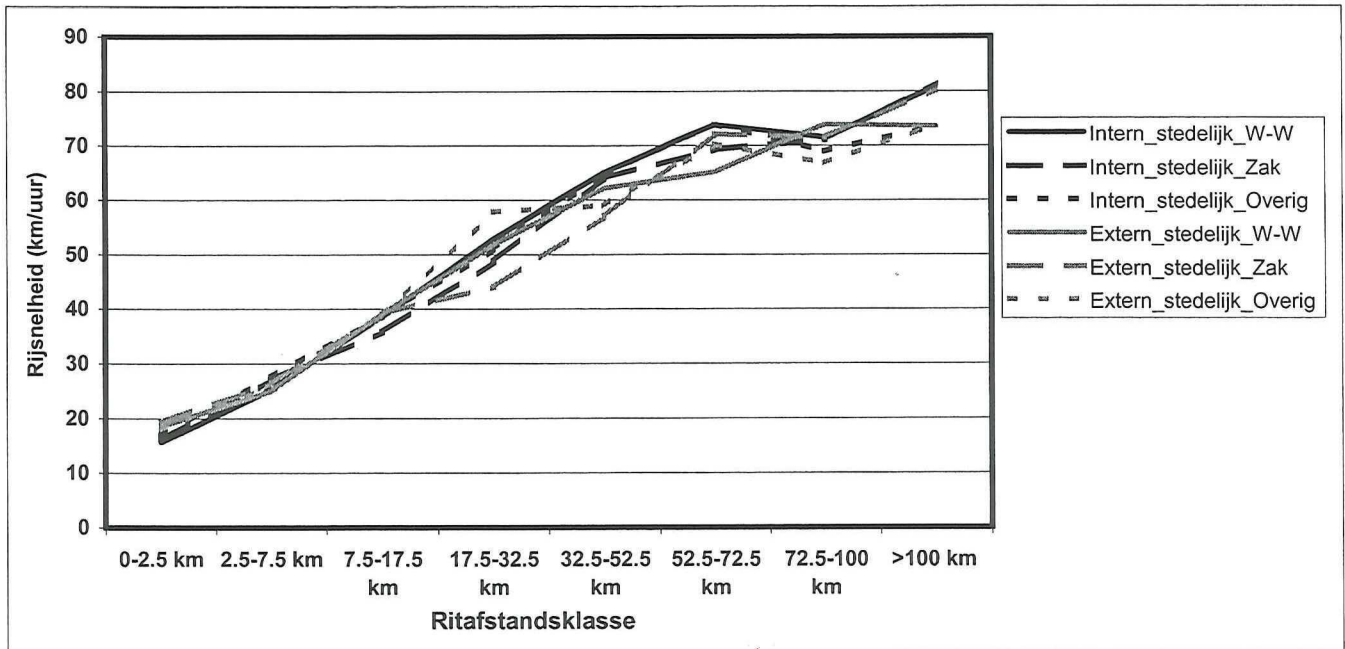
Rijsnelheidscurven voor verplaatsingen met de stedelijke gebieden als bestemmingsplaats in de congestierijke situatie.



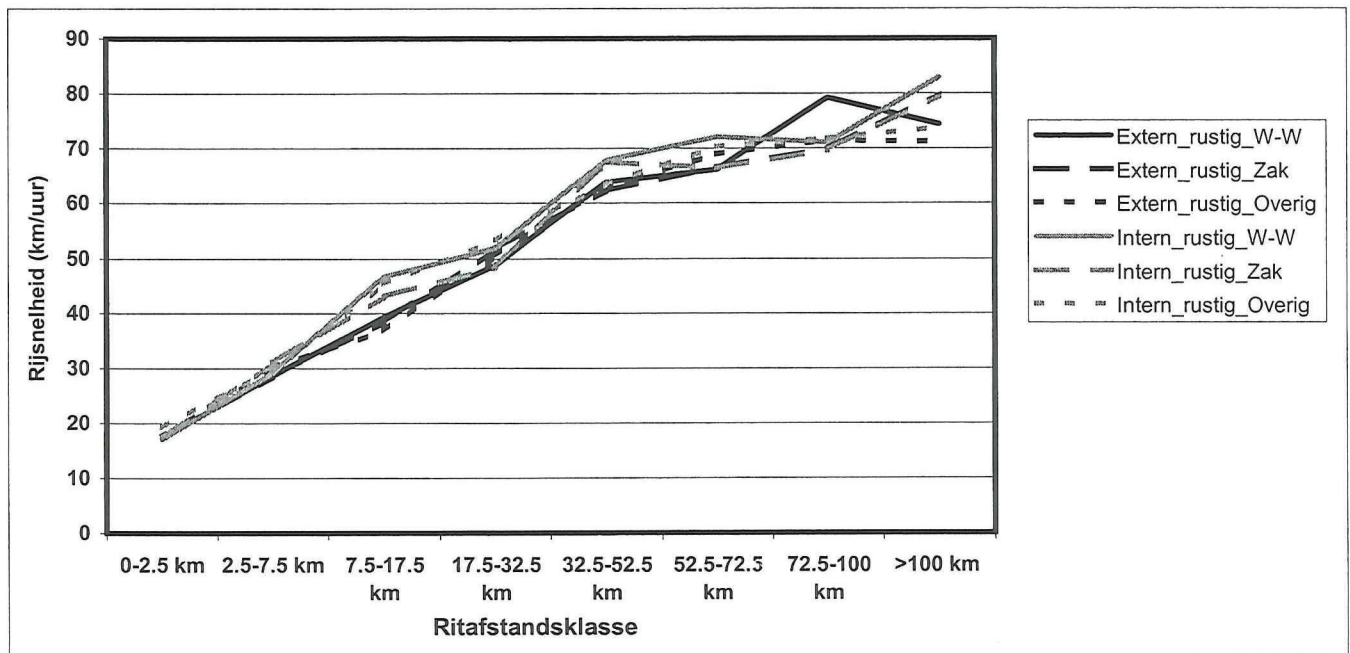
Rijsnelheidscurven voor verplaatsingen met de rustige gebieden als bestemmingsplaats in de congestierijke situatie.



**Bijlage 16:**  
Rijsnelheden naar verplaatsingstype en ritafstandsklasse



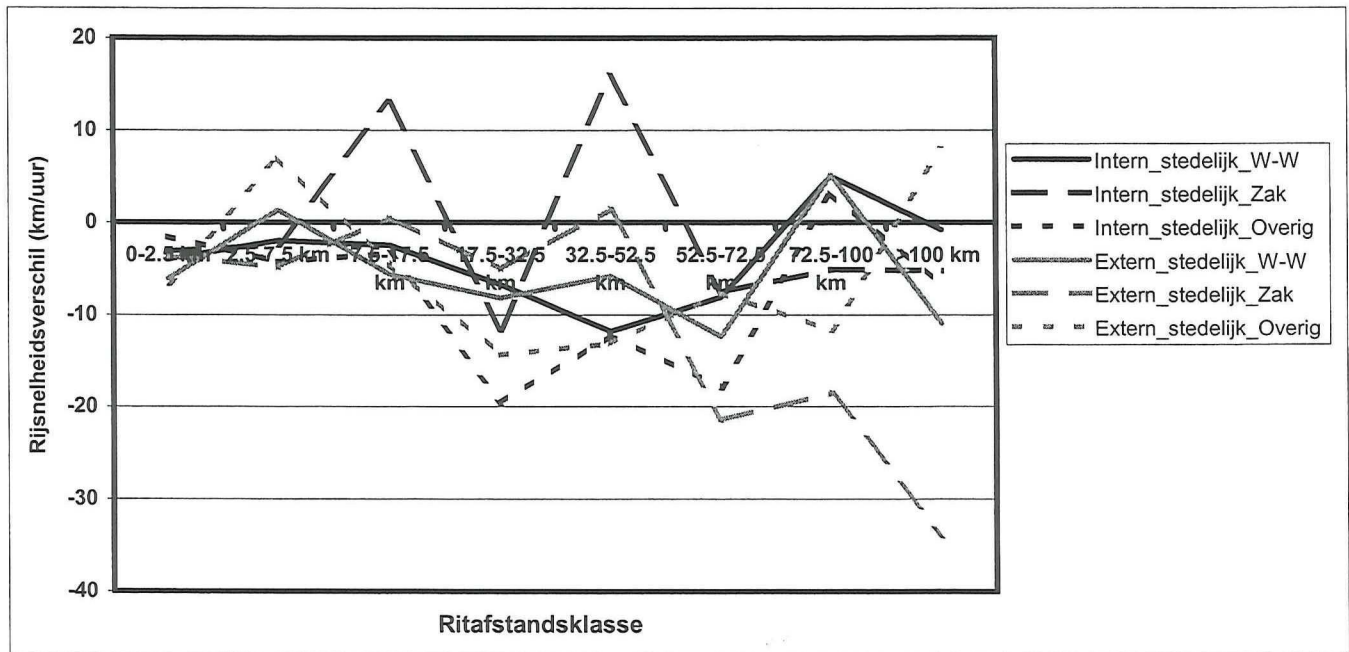
Rijsnelheidscurven voor verplaatsingen met de stedelijke gebieden als bestemmingsplaats in de congestievrije situatie.



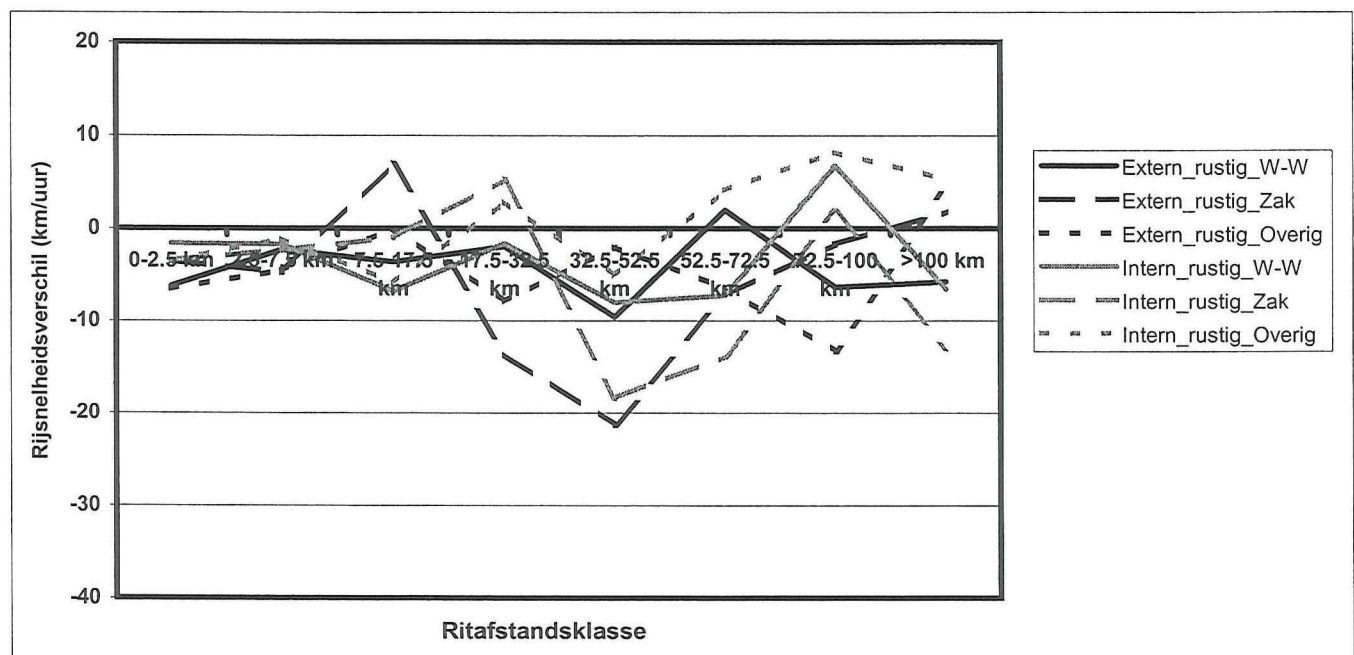
Rijsnelheidscurven voor verplaatsingen met de rustige gebieden als bestemmingsplaats in de congestievrije situatie.



**Bijlage 16:**  
Rijsnelheden naar verplaatsingstype en ritafstandsklasse



Verskil in de rijsnelheidscurven (congestievrije - congestierijke situatie) met de stedelijke gebieden als bestemmingsgebied.



Verskil in de rijsnelheidscurven (congestievrije - congestierijke situatie) met de rustige gebieden als bestemmingsgebied.

## Bijlage 16:

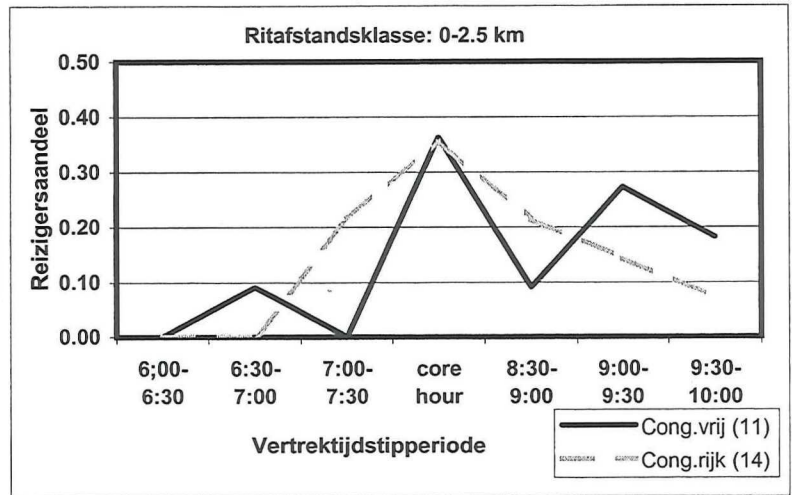
Reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode per ritafstandsklassen (extrem stedelijke verplaatsingen)

Ritafstandsklasse:

0-2.5 km

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij (11) | Cong.rijk (14) |
|------------------------|----------------|----------------|
| 6:00-6:30              | #VALUE!        | #VALUE!        |
| 6:30-7:00              | 0.09           | #VALUE!        |
| 7:00-7:30              | #VALUE!        | 0.21           |
| core hour              | 0.36           | 0.36           |
| 8:30-9:00              | 0.09           | 0.21           |
| 9:00-9:30              | 0.27           | 0.14           |
| 9:30-10:00             | 0.18           | 0.07           |

\* te weinig data waardoor de curven veel schommeligen vertonen, onbruikbaar voor de modellering van alleen deze specifieke ritafstandsklasse.



Ritafstandsklasse:

2.5-7.5 km

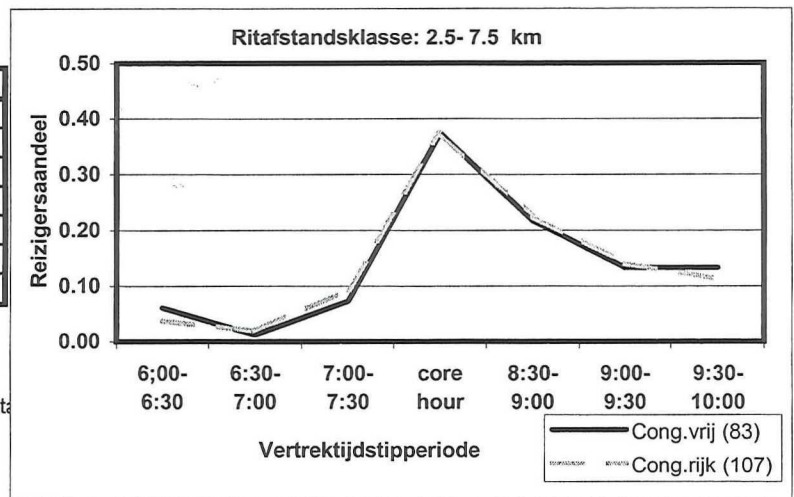
| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij (83) | Cong.rijk (107) |
|------------------------|----------------|-----------------|
| 6:00-6:30              | 0.06           | 0.04            |
| 6:30-7:00              | 0.01           | 0.02            |
| 7:00-7:30              | 0.07           | 0.09            |
| core hour              | 0.37           | 0.37            |
| 8:30-9:00              | 0.22           | 0.22            |
| 9:00-9:30              | 0.13           | 0.14            |
| 9:30-10:00             | 0.13           | 0.11            |

\* de curven tonen een hele geringe verschuiving.

\* de waargenomen verschuivingen treden echter niet op in het core hour maar in de eerste en laatste vertrektijdstipperiode

\* in de congestierijke situatie is er een afname van het vroege aantal verplaatsingen, dit is tegen de verwachtingen in.

\* beide situaties tonen een duidelijke piekvorm.



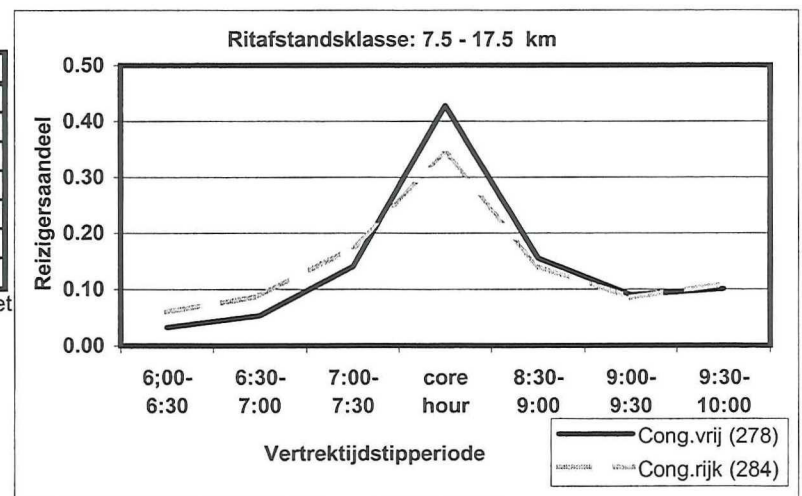
Ritafstandsklasse:

7.5-17.5 km

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij (278) | Cong.rijk (284) |
|------------------------|-----------------|-----------------|
| 6:00-6:30              | 0.03            | 0.06            |
| 6:30-7:00              | 0.05            | 0.09            |
| 7:00-7:30              | 0.14            | 0.18            |
| core hour              | 0.43            | 0.34            |
| 8:30-9:00              | 0.15            | 0.14            |
| 9:00-9:30              | 0.09            | 0.08            |
| 9:30-10:00             | 0.10            | 0.11            |

\* in de congestierijke situatie is er een grote verschuiving vanuit het core hour naar de eerdere vertrektijdstipperioden. Dit is een proces dat verklaard kan worden en dat hierdoor ook bruikbaar is voor de modellering van de verschuiving.

\* de verschuiving naar een later vertrektijdstipperiode is nihil en onverklaarbaar.



## Bijlage 16:

Reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode per ritafstandsklassen (extren\_stedelijke\_verplaatsingen)

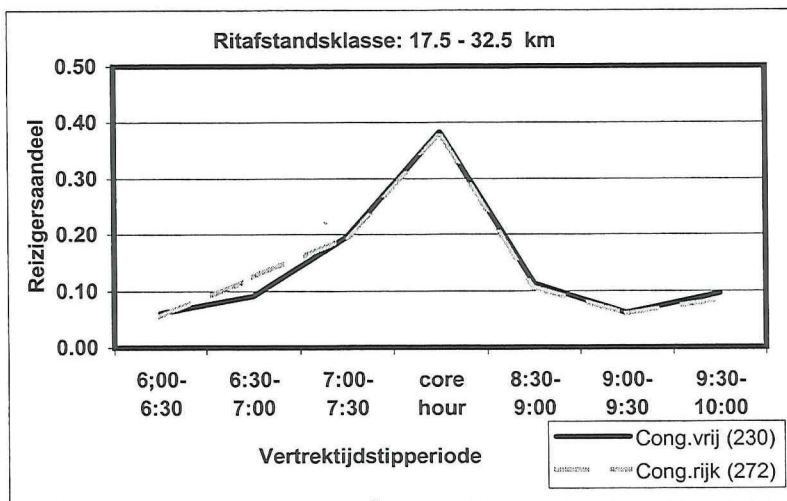
Ritafstandsklasse: 17.5-32.5 km

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij (230) | Cong.rijk (272) |
|------------------------|-----------------|-----------------|
| 6:00-6:30              | 0.06            | 0.06            |
| 6:30-7:00              | 0.09            | 0.13            |
| 7:00-7:30              | 0.20            | 0.19            |
| core hour              | 0.38            | 0.38            |
| 8:30-9:00              | 0.11            | 0.11            |
| 9:00-9:30              | 0.06            | 0.06            |
| 9:30-10:00             | 0.10            | 0.08            |

\* er treedt een geringe verschuiving op naar een eerdere vertrektijdstipperiode.

\* deze "groei" wordt veroorzaakt door een afname van de reizigersaandelen in alle andere vertrektijdstipperiodes.

\* voor de modellering van de verschuiving is deze dataset onbruikbaar omdat de verschuivingen te klein zijn.

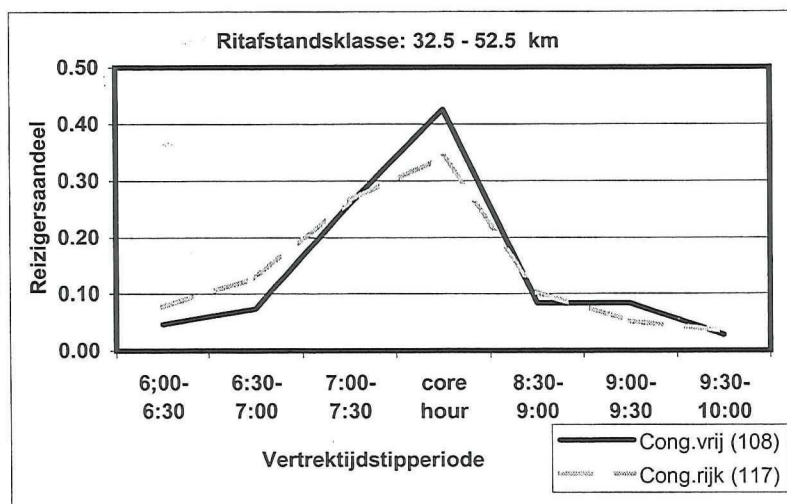


Ritafstandsklasse: 32.5-52.5 km

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij (108) | Cong.rijk (117) |
|------------------------|-----------------|-----------------|
| 6:00-6:30              | 0.05            | 0.08            |
| 6:30-7:00              | 0.07            | 0.13            |
| 7:00-7:30              | 0.26            | 0.26            |
| core hour              | 0.43            | 0.34            |
| 8:30-9:00              | 0.08            | 0.10            |
| 9:00-9:30              | 0.08            | 0.05            |
| 9:30-10:00             | 0.03            | 0.03            |

\* grote verschuiving van het reizigersaandeel naar een eerdere vertrektijdstipperiode. Gezien het aantal geselecteerde reizigers lijkt deze dataset bruikbaar.

\* opmerkelijk is de afname van de reizigersaandelen in de latere vertrektijdstipperiodes.

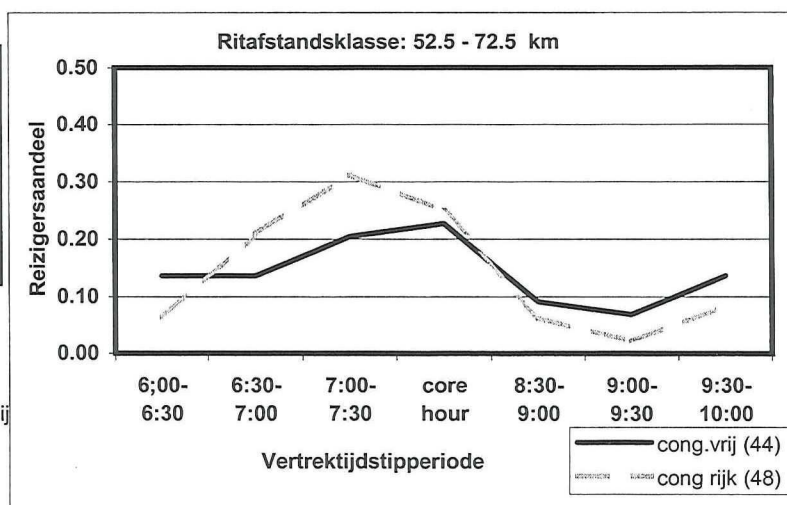


Ritafstandsklasse: 52.5-72.5 km

| Vertrektijdstipperiode | cong.vrij (44) | cong rijk (48) |
|------------------------|----------------|----------------|
| 6:00-6:30              | 0.14           | 0.06           |
| 6:30-7:00              | 0.14           | 0.21           |
| 7:00-7:30              | 0.20           | 0.31           |
| core hour              | 0.23           | 0.25           |
| 8:30-9:00              | 0.09           | 0.06           |
| 9:00-9:30              | 0.07           | 0.02           |
| 9:30-10:00             | 0.14           | 0.08           |

\* door het geringe aantal geselecteerde reizigers zijn beide curven merkwaardig van vorm. De pieken liggen voor beide curven op een andere vertrektijdstipperiode.

\* de reizigersaandelen in de vroegere vertrektijdstipperiodes groeien in de congestierijke situatie. Dit type reizigers kiest duidelijk voor een eerdere vertrektijdstipperiode wat zelfs ten koste gaat van de reizigersaandelen in de latere vertrektijdstipperiodes





## Bijlage 16:

Reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode per ritafstandsklassen (extren\_stedelijke\_verplaatsingen)

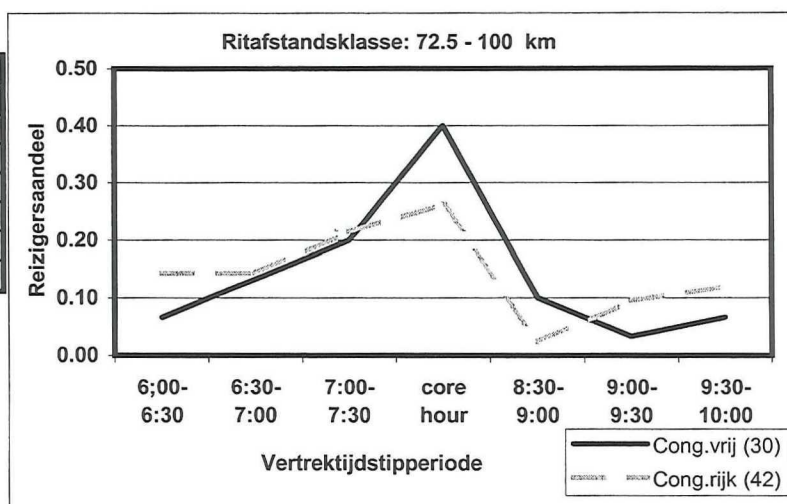
Ritafstandsklasse: 72.5-100 km

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij (30) | Cong.rijk (42) |
|------------------------|----------------|----------------|
| 6:00-6:30              | 0.07           | 0.14           |
| 6:30-7:00              | 0.13           | 0.14           |
| 7:00-7:30              | 0.20           | 0.21           |
| core hour              | 0.40           | 0.26           |
| 8:30-9:00              | 0.10           | 0.02           |
| 9:00-9:30              | 0.03           | 0.10           |
| 9:30-10:00             | 0.07           | 0.12           |

\* sterke afname van het reizigersaandeel in het core hour.

\* reizigers hebben geen specifieke voorkeur voor een eerdere of een latere vertrektijdstipperiode.

\* De geselecteerde dataset is echter beperkt waardoor voornamelijk de curve van de cong.rijk sit een schokkerig beeld vertoont.

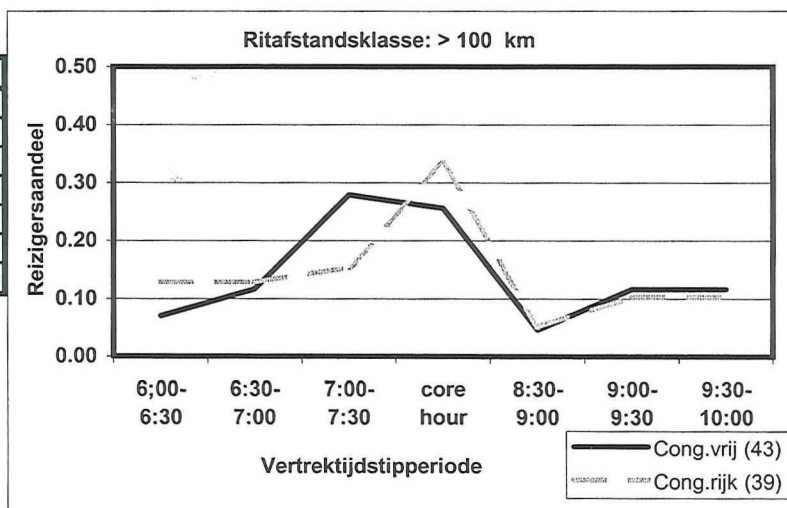


Ritafstandsklasse: > 100 km

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij (43) | Cong.rijk (39) |
|------------------------|----------------|----------------|
| 6:00-6:30              | 0.07           | 0.13           |
| 6:30-7:00              | 0.12           | 0.13           |
| 7:00-7:30              | 0.28           | 0.15           |
| core hour              | 0.26           | 0.33           |
| 8:30-9:00              | 0.05           | 0.05           |
| 9:00-9:30              | 0.12           | 0.10           |
| 9:30-10:00             | 0.12           | 0.10           |

\* de stijging van het reizigersaandeel in het core hour wordt veroorzaakt door de beperkte dataset.

\* deze stijging gaat ten kosten van het reizigersaandeel van de vroegste vertrektijdstipperiodes.

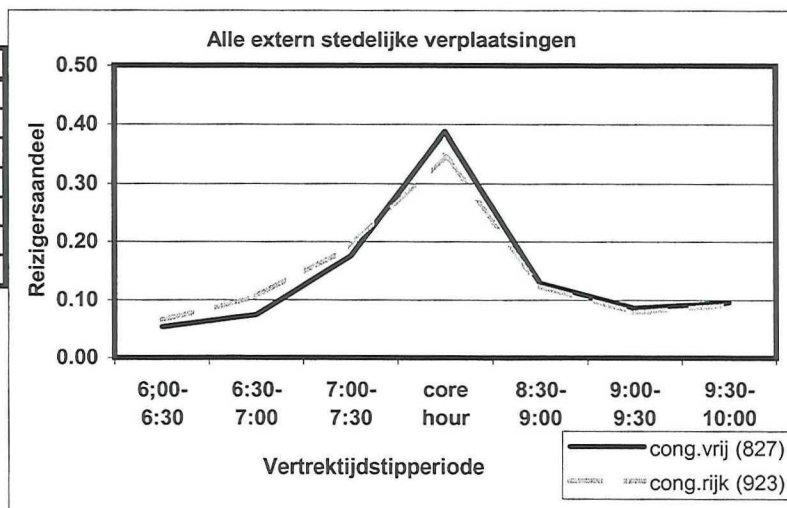


Ritafstandsklasse: Overall

| Vertrektijdstipperiode | cong.vrij (827) | cong.rijk (923) |
|------------------------|-----------------|-----------------|
| 6:00-6:30              | 0.05            | 0.06            |
| 6:30-7:00              | 0.07            | 0.11            |
| 7:00-7:30              | 0.18            | 0.19            |
| core hour              | 0.39            | 0.35            |
| 8:30-9:00              | 0.13            | 0.12            |
| 9:00-9:30              | 0.09            | 0.08            |
| 9:30-10:00             | 0.10            | 0.09            |

\* het overall beeld vertoont een geringe afname van het core hour.

\* dit resulteert in een lichte stijging van de reizigersaandelen in de vroegere vertrektijdstipperiodes.



NB1: de verschuiving indien alle reizigers zijn geselecteerd, is gering maar echter wel waarneembaar.

NB2: Segmentatie naar de diverse te onderscheiden ritafstandsklassen toont aan dat er grote verschillen bestaan naar het aanpassingsgedrag van de diverse te onderscheiden ritafstandsklassen. Het is opmerkelijk dat elke ritafstandsklasse in de congestievrije situatie een duidelijke piek in het core hour toont (dit wordt veroorzaakt doordat deze periode uit twee tijdspannen bestaat).

NB3: Het overall beeld komt overeen met het verplaatsingspatroon dat geanalyseerd is op het HWN, de verschuiving is echter wel een stuk kleiner.

## Bijlage 16:

Reistijden (TT) per vertrektijdstipperiode per ritafstandsklasse (extern\_stedelijke\_verplaatsingen)

Ritafstandsklasse: 0-2.5 km

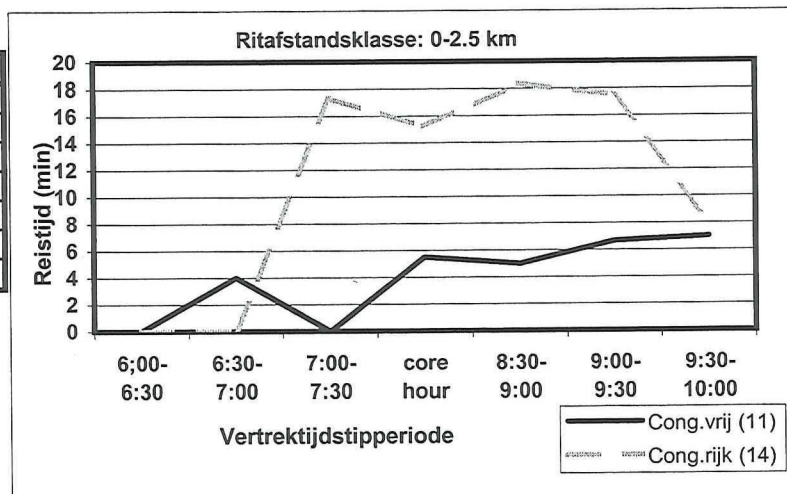
| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij (11) | Cong.rijk (14) |
|------------------------|----------------|----------------|
| 6:00-6:30              | niet mogelijk  | niet mogelijk  |
| 6:30-7:00              | 4              | niet mogelijk  |
| 7:00-7:30              | niet mogelijk  | 17             |
| core hour              | 6              | 15             |
| 8:30-9:00              | 5              | 18             |
| 9:00-9:30              | 7              | 18             |
| 9:30-10:00             | 7              | 8              |

\* door beperkte ritafstanden grote schommelingen door schattingsfouten en variaties.

\* beperkte hoeveelheid data.

\* sterke stijging van de reistijd (TT) in de congestierijke situatie.

\* TT te gering voor de modellering van de verschuiving van het vertrektijdstip voor perioden van 30 min.



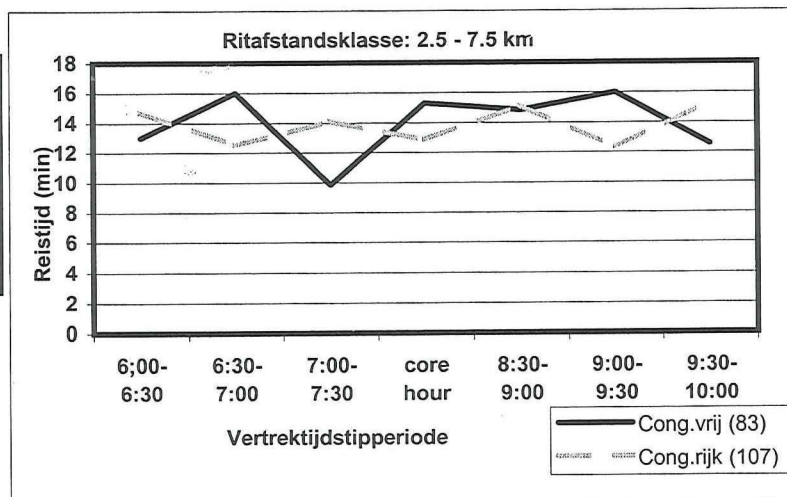
Ritafstandsklasse: 2.5-7.5 km

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij (83) | Cong.rijk (107) |
|------------------------|----------------|-----------------|
| 6:00-6:30              | 13             | 15              |
| 6:30-7:00              | 16             | 13              |
| 7:00-7:30              | 10             | 14              |
| core hour              | 15             | 13              |
| 8:30-9:00              | 15             | 15              |
| 9:00-9:30              | 16             | 12              |
| 9:30-10:00             | 13             | 15              |

\* door beperkte ritafstanden grote schommelingen, hierdoor geen waarneembare verschillen tussen de congestievrije en congestierijke situatie.

\* In principe voldoende data.

\* TT te gering voor de modellering van de verschuiving van het vertrektijdstip voor tijdsperioden van 30 min.



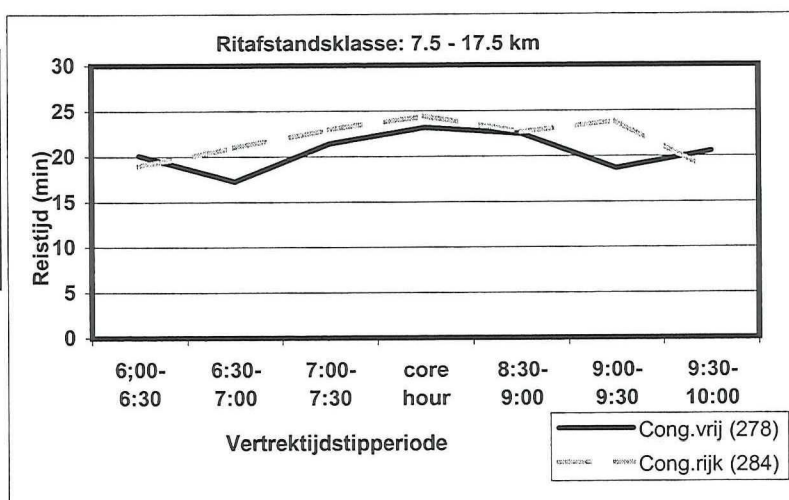
Ritafstandsklasse: 7.5-17.5 km

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij (278) | Cong.rijk (284) |
|------------------------|-----------------|-----------------|
| 6:00-6:30              | 20              | 19              |
| 6:30-7:00              | 17              | 21              |
| 7:00-7:30              | 21              | 23              |
| core hour              | 23              | 24              |
| 8:30-9:00              | 22              | 23              |
| 9:00-9:30              | 19              | 24              |
| 9:30-10:00             | 21              | 18              |

\* lichte verhoging van de algehele TT, dit is niet gunstig voor de modellering van de verschuiving.

\* TT in de congestierijke situatie hoger dan de TT in de congestievrije situatie.

\* TT te gering voor de modellering van de verschuiving van het vertrektijdstip.





# Bijlage 16:

Reistijden (TT) per vertrektijdstipperiode per ritafstandsklasse (extern\_stedelijke\_verplaatsingen)

Ritafstandsklasse: 17.5-32.5 km

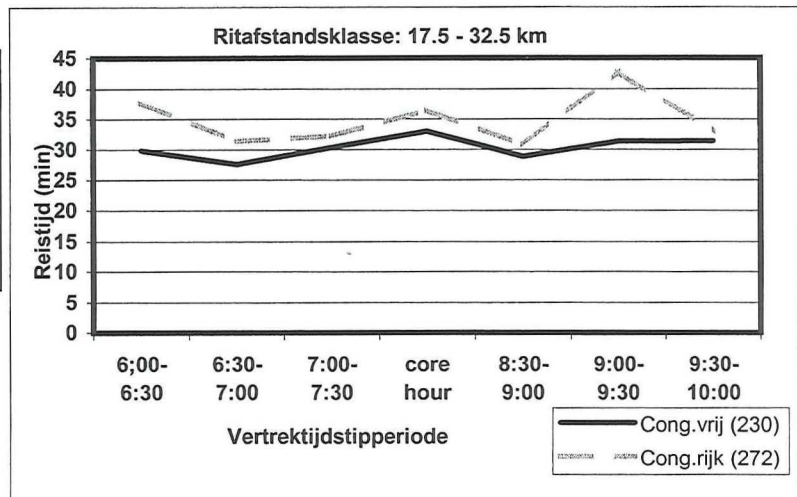
| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij (230) | Cong.rijk (272) |
|------------------------|-----------------|-----------------|
| 6:00-6:30              | 30              | 38              |
| 6:30-7:00              | 28              | 31              |
| 7:00-7:30              | 30              | 32              |
| core hour              | 33              | 36              |
| 8:30-9:00              | 29              | 31              |
| 9:00-9:30              | 31              | 43              |
| 9:30-10:00             | 31              | 33              |

\* TT in de congestierijke situatie is hoger dan de TT in de congestievrije situatie.

\* door de algehele verhoging is de verschuiving echter niet te berekenen.

\* de pieken worden veroorzaakt door een hoog aandeel "lange verplaatsingen" in de congestierijke situatie, voor de desbetreffende vertrektijdstipperiode.

\* TT zijn in principe voldoende voor de modellering van de verschuiving van het vertrektijdstip.



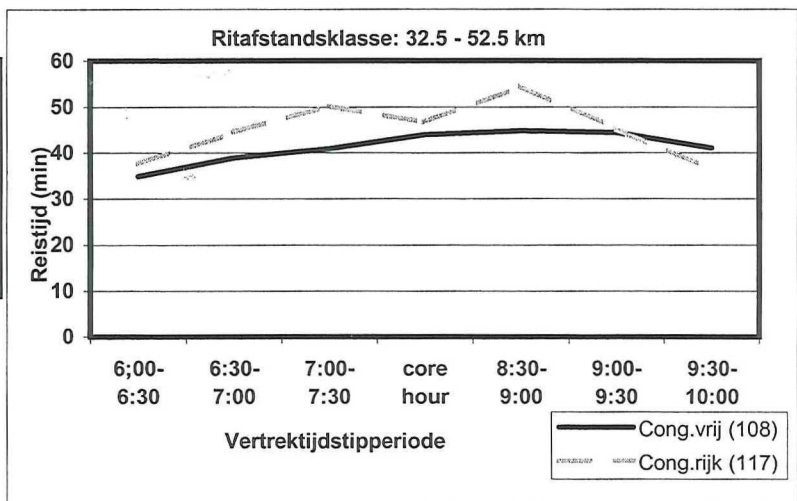
Ritafstandsklasse: 32.5-52.5 km

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij (108) | Cong.rijk (117) |
|------------------------|-----------------|-----------------|
| 6:00-6:30              | 35              | 38              |
| 6:30-7:00              | 39              | 44              |
| 7:00-7:30              | 41              | 50              |
| core hour              | 44              | 47              |
| 8:30-9:00              | 45              | 54              |
| 9:00-9:30              | 44              | 45              |
| 9:30-10:00             | 41              | 36              |

\* TT in de congestierijke situatie hoger dan de TT in de congestievrije situatie.

\* deze verhoging vormt een mogelijke onderbouwing van de OGM theorie, de dip van het core hour wordt veroorzaakt door een groot aandeel "korte verplaatsingen" in deze vertrektijdstipperiode.

\* TT zijn in principe voldoende voor de modellering van de verschuiving van het vertrektijdstip.

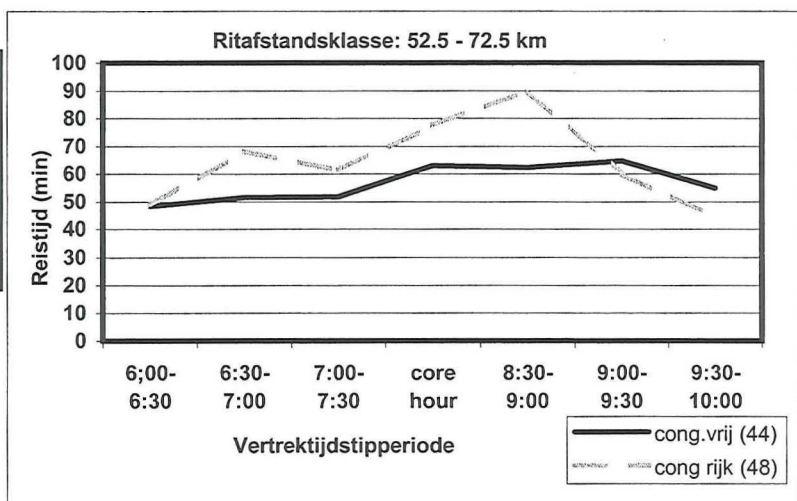


Ritafstandsklasse: 52.5-72.5 km

| Vertrektijdstipperiode | cong.vrij (44) | cong rijk (48) |
|------------------------|----------------|----------------|
| 6:00-6:30              | 48             | 49             |
| 6:30-7:00              | 52             | 68             |
| 7:00-7:30              | 52             | 61             |
| core hour              | 63             | 77             |
| 8:30-9:00              | 62             | 90             |
| 9:00-9:30              | 65             | 60             |
| 9:30-10:00             | 55             | 44             |

\* Verhoging van de TT is in de congestierijke situatie erg groot waardoor dit een basis kan vormen voor het vertrektijdstipkeuzemodel.

\* De twee "dips" worden veroorzaakt door de beperkte datasets, en hierdoor een verhoogde kans op een groot aandeel van een bepaalde ritafstandsklasse.





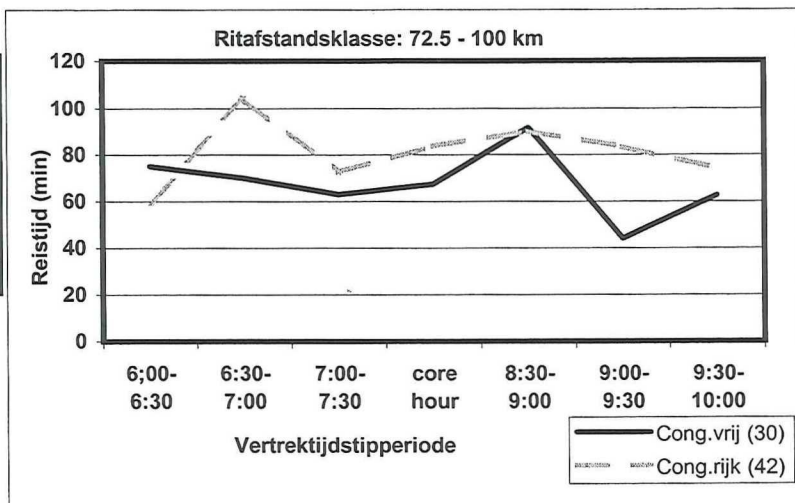
## Bijlage 16:

Reistijden (TT) per vertrektijdstipperiode per ritafstandsklasse (extern\_stedelijke\_verplaatsingen)

Ritafstandsklasse: 72.5-100 km

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij (30) | Cong.rijk (42) |
|------------------------|----------------|----------------|
| 6:00-6:30              | 75             | 59             |
| 6:30-7:00              | 70             | 104            |
| 7:00-7:30              | 63             | 73             |
| core hour              | 67             | 83             |
| 8:30-9:00              | 92             | 90             |
| 9:00-9:30              | 44             | 83             |
| 9:30-10:00             | 63             | 74             |

\* De beperkte dataset vertoont grote schommelingen in de TT, hierdoor is de dataset onbruikbaar.



Ritafstandsklasse: > 100 km

| Vertrektijdstipperiode | Cong.vrij (43) | Cong.rijk (39) |
|------------------------|----------------|----------------|
| 6:00-6:30              | 152            | 115            |
| 6:30-7:00              | 94             | 102            |
| 7:00-7:30              | 142            | 103            |
| core hour              | 112            | 228            |
| 8:30-9:00              | 88             | 87             |
| 9:00-9:30              | 97             | 133            |
| 9:30-10:00             | 89             | 115            |

\* De beperkte dataset vertoont grote schommelingen in de TT, hierdoor is de dataset onbruikbaar.

