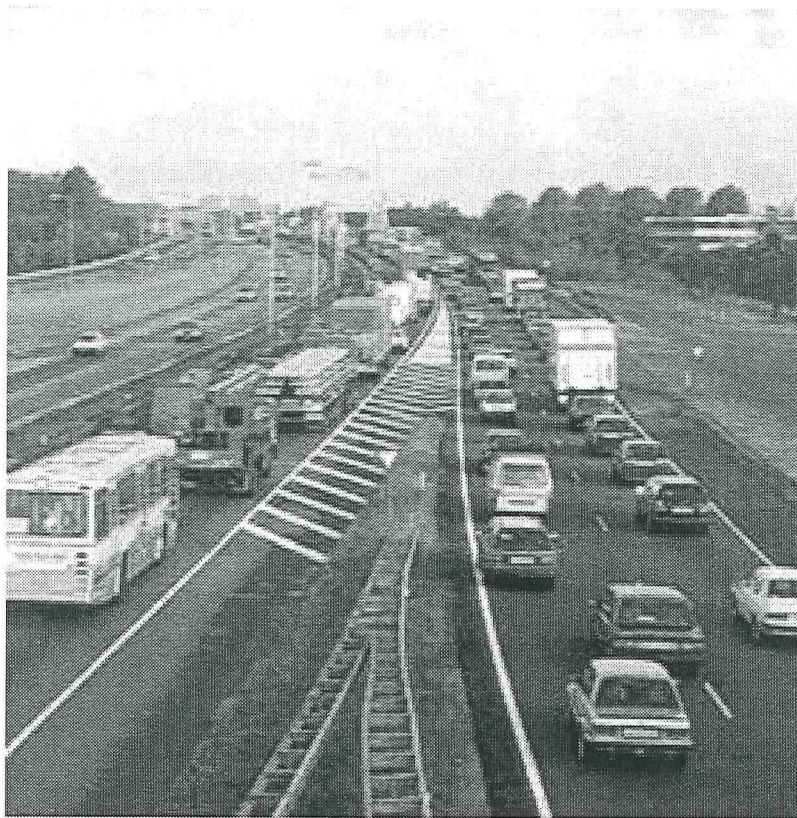


Modellering van de aanpassing van het vertrektijdstip



HOOFDRAPPORT

Student: Ivo Hilderink (1031147)
Faculteit: Civiele Techniek
Afstud. Richting: Verkeerskunde
Rapport: Concept hoofdrapport
Datum: 04 augustus 2003

SAMENVATTING

Aanlijding van het onderzoek

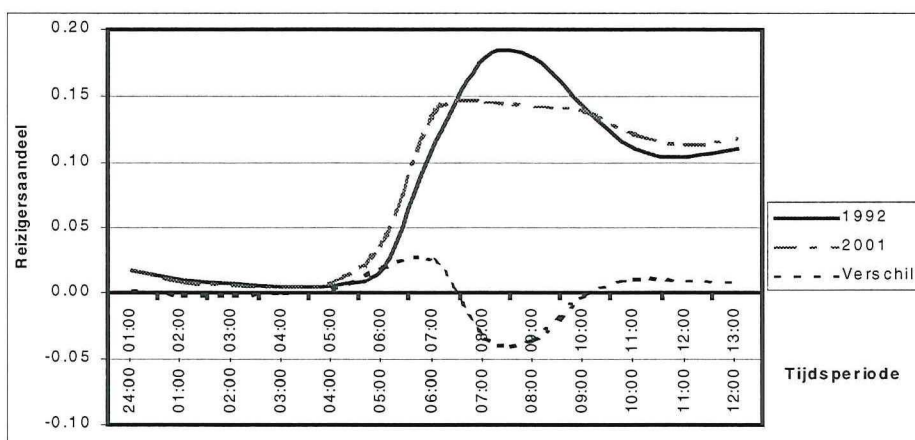
Congestie leidt niet alleen op het wegennet, maar ook voor de verkeerskundigen tot veel knelpunten. De groei van de capaciteit heeft in de afgelopen twee decennia niet gelijke tred gekend met de groei van de vervoersvraag. Onder andere door het ontstaan van de zogenaamde slaap- en werksteden zijn diverse vervoersvragen explosief gegroeid. Modelling van de toekomstige verkeersstromen is hierdoor aan zeer veel variaties onderhevig. Niet alleen de routekeuze, maar ook de herkomst- en bestemmingskeuze kunnen wijzigen. Naast deze aanpassingen is ook een aanpassing van de vertrektijdstipkeuze opgetreden de afgelopen 20 jaar. Aanpassing van de vertrektijdstipkeuzen zijn waarneembaar op het hoofdwegennet (HWN) als een proces dat gedefinieerd wordt met de term spitsverbreding (verbreding van de tijdsduur van de periode met een nagenoeg maximale verkeersintensiteit). Spitsverbreding wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door een te lage capaciteit t.o.v. de bepaalde vervoersvraag per tijdseenheid. Dit aanpassingsgedrag kan met de huidige generatie verkeer- en vervoersmodellen niet volledig gemodelleerd worden.

Probleembeschrijving

In de aanleiding is reeds vermeld dat een proces als spitsverbreding met de huidige generatie verkeer- en vervoersmodellen nog niet volledig gemodelleerd kan worden. In principe kent deze scriptie een bredere toepasbaarheid dan alleen de modellering van dit proces. Praktisch gezien kan elke gewijzigde verkeerssituatie modelmatig vertaald worden als: een situatie waarbij de totale groep reizigers geconfronteerd wordt met een andere keuzeset aan alternatieven dan in een gedefinieerde basissituatie. Door deze gewijzigde keuzeset aan alternatieven zal de keuze van de reiziger anders zijn dan de keuzen die gemaakt zijn in de basissituatie.

De routekeuze en herkomst- en bestemmingskeuze hanteren een nagenoeg constante vervoersvraag per tijdperiode. De complexiteit van de modellering wordt verhoogd indien de intensiteit/capaciteits-verhouding (I/C-verhouding) in de basissituatie bijna gelijk is aan de waarde 1, en in de prognosesituatie verwacht wordt dat de verkeersintensiteit verder stijgt. Een hoge I/C-verhouding leidt tot lage rijnsnelheden en dientengevolge tot een hoge waarde voor de ervaren reisweerstand. Deze stijgende reisweerstand zal resulteren tot een gewijzigd keuzepatroon van de reizigers (o.a. een ander route en/of bestemmingskeuze). Batley (2002) concludeerde na onderzoek dat reizigers hiernaast ook hun vertrektijdstipkeuze aanpassen. Een dergelijke aanpassing wordt niet alleen veroorzaakt in het geval van een te hoge I/C-verhouding maar kan bij iedere gewijzigde verkeerssituatie optreden (waarbij sprake is van een verhoging van de reisweerstand).

Figuur 1 toont een voorbeeld van de waarneembare spitsverbreding op het hoofdwegennet (HWN) van Nederland ter plaatse van het meetpunt Delft-Zuid & Berkel en Rodenrijs.



Figuur 1: Reizigersverdeling van de jaartallen 1992 en 2001 over de tijdperiode van 24:00 tot 13:00 uur (meetpunt Delft Zuid – Berkel en Rodenrijs)

Doelstelling

De doelstelling is

Een keuzemodel ontwikkelen waarbij de reiziger de keuze heeft om als reactie op een gewijzigde verkeerssituatie t.o.v. een gegeven basissituatie, een ander vertrektijdstip te kiezen dan zij in de basissituatie heeft gemaakt. Hierbij dient onderzoek te worden verricht naar de invloedsfactoren (variabelen) die resulteren tot een gewijzigd vertrektijdstippatroon. Voor deze modellering dient onderscheid te worden gemaakt naar tijdspannen van maximaal 30 minuten voor het verkrijgen van een "gedetailleerd" beeld van dit aanpassingsgedrag.

Uitgangspunten van het onderzoek

Voor dit onderzoek zijn de volgende uitgangspunten geformuleerd:

- Voor de modellering van de vertrektijdstipaanpassing wordt een specifieke tijdspanne gedefinieerd, te weten de tijdspanne tussen 6:00-10:00 uur 's ochtends.
- De auto is de enige vervoerwijzekeuze van de reizigers.
- Elke verplaatsing wordt economisch "gewaardeerd" in een nog nader te specificeren hoeveelheid reisweerstand. Verondersteld wordt dat alle reizigers streven naar minimalisatie van deze hoeveelheid reisweerstand of maximalisatie van hun nutswaardering (users equilibrium).
- Voor de ontwikkeling van het keuzemodel dienen meerdere verkeerssituaties gedefinieerd te worden. Deze gedefinieerde verkeerssituaties moeten m.b.v. onderzoek te worden bepaald.

Analyse reeds ontwikkelde keuzemodellen

Uit analyse van de reeds ontwikkelde keuzemodellen voor de vertrektijdstipkeuze kan geconcludeerd worden dat er twee modeltypen kunnen worden onderscheiden:

- Vertrektijdstipkeuzemodellen: Dit keuzemodel berekent de initiële vertrektijdstipkeuze waarvoor een nutsfunctie wordt toegepast die verondersteld dat iedere reiziger een gewenste aankomst- en vertrektijdstip heeft. Afwijking van een één van beide waarden leidt tot een penalty.
- Verschuivingsmodellen: Dit keuzemodel berekent het nieuwe vertrektijdstippatroon als reactie op een relatieve toename van de reisweerstand in enkele vertrektijdstipperiodes t.o.v. een gedefinieerde basissituatie. Hierbij wordt geen gewenste aankomst en/of vertrektijdstip gedefinieerd.

Uit analyse van de toegepaste dataset van het Onderzoek VerplaatsingsGedrag (Revealed Preference) is geconcludeerd dat het niet mogelijk een gewenste aankomst- en/of vertrektijdstip te definiëren. De modellering van de aanpassing van de vertrektijdstipkeuze zal berekend worden m.b.v. een verschuivingsmodel. Het Overdraagbaar GroeiModel (OGM) is hier een goed voorbeeld van.

Toegepaste onderzoeksmethodiek

Voor de ontwikkeling van het verschuivingsmodel is het volgende stappenproces opgesteld:

- Stap I: Gehanteerde basisbronnen: Het OGM en een basisnutsfunctie van Arnott, de Palma en Lindsey zijn toegepast als basisbronnen. Het OVG is gebruikt voor de bepaling van de benodigde waarderingsfactoren (eenheidswaarde die variabele-afhankelijk is) en de analyse naar de verschillende verklarende variabelen.
- Stap II: Geformuleerde verschuivingstheorie: Verondersteld is dat er twee maatgevende situaties te definiëren zijn (de congestievrije en congestierijke situatie) waartussen een significant verschil waarneembaar is naar het vertrektijdstippatroon en de reisweerstand per vertrektijdstipperiode. Verondersteld is dat de reisweerstand in de congestierijke situatie hoger zijn dan in de congestievrije situatie.
- Stap III: Definiëring van de maatgevende situaties: Voor de bepaling van de waarderingsfactoren per variabele zijn de congestievrije en congestierijke situatie gedefinieerd. Na analyse van het OVG zijn de verplaatsingen die uitgevoerd zijn in de maanden maart/april gedefinieerd als de congestierijke situatie en de verplaatsingen uitgevoerd in de maanden juli en augustus als de congestievrije situatie.
- Stap IV: Logit modellering: Voor de bepaling van de benodigde waarderingsfactoren per variabele zal logit modellering worden toegepast.

dus een combinatie van de 2 modellen?

is toch een feit?

logit modellering voor vertrektijdstipkeuze

- Stap V: Analyse van de geselecteerde datasets: Na definiëring van de maatgevende situaties zijn in deze stap diverse analyses uitgewerkt om de maatgevende groep reizigers te selecteren waarvan verondersteld wordt dat ze geconfronteerd worden met het proces spitsverbreding.
- Stap VI: Opstellen verschuivingsmodel: Welke factoren als verklarende variabelen kunnen worden opgenomen in de nutsfunctie van het verschuivingsmodel is bepaald door middel van verschillende combinaties van variabelen te toetsen.
- Stap VII: Uitwerking van het verschuivingsmodel: Toetsing van het verschuivingsmodel is uitgewerkt door met behulp van de bekend veronderstelde variabelen in de congestievrije situatie het vertrektijdstippatroon te berekenen van de congestierijke situatie.
- Stap VIII: Uitvoering gevoeligheidsanalyses: Een alternatieve stap voor de stap VII uitgevoerde controleberekeningen vormt de gevoeligheidsanalyse waarbij de elasticiteiten zijn berekend voor verschillende variabelen.

Conclusies en aanbevelingen

De volgende conclusies zijn getrokken voor het opgestelde verschuivingsmodel:

- Het opgestelde verschuivingsmodel berekent niet het bepaalde vertrektijdstippatroon uit het OVG. *leguit*
- Spitsverbreding is een proces dat erg lokaal optreedt waardoor een geschikte dataselectie erg lastig is.
- Als verklarende variabelen voor de vertrektijdstipaanpassing kunnen de reistijd, de ritafstand en een te vroege/late aankomsttijd opgenomen worden. *maar er was toch geen PAT?*
- Toepassing van een RP-databron lijkt geoorloofd voor de ontwikkeling van keuzemodellen voor de vertrektijdstipkeuze. ?
- De toegepaste theorie in het verschuivingsmodel is een waardige concurrent voor de reeds ontwikkelde vertrektijdstipkeuzemodellen.

Voor verder onderzoek zijn de volgende aanbevelingen opgesteld:

- Implementatie van de standaard deviaties van elke variabele in de nutsfunctie. Het opgestelde verschuivingsmodel hanteert alleen de gemiddelde bepaalde waarde per variabele als invoervariabele. Uit onderzoek is gebleken dat niet zozeer de gemiddelde waarde maar meer de standaard deviatie gewijzigd is in de congestierijke situatie.
- Selectie van een grotere dataset waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen twee jaartallen (uit analyse kan geconcludeerd worden een segmentatie naar reizigersmotief niet echt noodzakelijk lijkt voor de eerste aanzet voort de modellering van de aanpassing van de vertrektijdstipkeuze). De dataselectie zou zich meer moeten richten op de reizigers met de grote steden als bestemmingsgebied en een ritafstand boven de 15 kilometer (bij lagere ritafstanden wordt een relatief groot gedeelte van de verplaatsing afgewikkeld op het OWN en zijn de verschillen nauwelijks significant).
- Uitvoering van een enquête onder een redelijke groep reizigers die geconfronteerd worden met de spitsverbreding, de A13 is hiervoor een geschikte locatie. Met behulp van het opgestelde verschuivingsmodel kunnen nieuwe sets van waarderingsfactoren worden bepaald waarna het keuzemodel kan worden toegepast voor een prognoseberekening waarbij de geprognosticeerde reistijden worden berekend met behulp van een verkeersmodel.

VOORWOORD

Het voor u liggende concept rapport beslaat het laatste gedeelte van mijn studie Civiele Techniek aan de Technische Universiteit Delft, Subfaculteit der Civiele Techniek, sectie Verkeerskunde onder prof dr.H.J.van Zuylen. Voor het laatste deel van de studie dient een onderzoek verricht te worden dat ik gecombineerd heb met een afstudeerstage bij DHV Milieu en Infrastructuur BV, sector Mobiliteit en Verkeer.

Spitsverbreding is een proces dat zich het laatste decennium op steeds meer locaties van het Nederlandse hoofdwegenet heeft ontwikkeld. De ervaren reistijd blijkt steeds afhankelijker te worden van het gekozen vertrektijdstip. Door de constant groeiende verkeersvraag, en de te beperkte ontwikkeling van het wegennet is de ochtend- en avondspitsperiode steeds breder van tijdsduur geworden. De congestie veroorzaakt een verhoging van de reistijd wat door een gedeelte van de reizigers probeert te worden vermeden door eerder of later vanaf de bestemming te vertrekken. Voor dit onderzoek is een verschuivingsmodel geformuleerd dat het vertrektijdstippatroon van een groep reizigers berekend bij een wijziging van de ervaren reisweerstand per vertrektijdstipperiode.

Mijn speciale dank gaat uit naar de dr. ir. Y.S. Chen (DHV) en prof. dr. H.J. van Zuylen (TU Delft) voor hun sturing op hoofdlijnen en hun opbouwende kritiek. Mijn dagelijkse begeleiders ir. W. vd Hoeven (DHV) en dr. M.C.J. Bliemer (TU Delft) worden ook bedankt voor hun meer dagelijkse sturing en begeleiding, en hun constante optimisme om nieuwe onderdelen steeds verder uit te werken. Zij hielden mij in enkele situaties een spiegel voor, die mij aanzette tot een gedetailleerdere analyse van de materie waardoor uiteindelijk dit onderzoek zijn totale vorm heeft gekregen. Speciale dank gaat uit naar R. Eveleens (DHV) voor de aanlevering van de benodigde datasets en zijn suggesties. Voor de kritische noot worden ook ir. J. Roos (DHV) en de externe begeleiders dr. Ir. F. Hofman (AVV) en ir. B. de Schutter (TU Delft) bedankt. Vooral dr. Ir. F.Hofman heeft mij via de mail veel beargumenteerd commentaar toegestuurd waarna het onderzoek steeds gedetailleerder is uitgewerkt. Mijn laatste speciale dank gaat uit naar mijn familie die altijd bereid was om de concept verslagen te bestuderen op hun leesbaarheid, en altijd de positieve aspecten van het voortgangsproces benadrukte.

Ivo Hilderink, augustus 2003

LEESWIJZER

Het voor u liggende hoofdrapport is opgebouwd volgens de traditionele rapportagemethode. Overwogen is om Delta Denken of Issue Analysis toe te passen maar deze beide vormen die DHV hanteert, zijn niet van toepassing geacht voor het uitgevoerde onderzoek.

Het eerste hoofdstuk beschrijft aan de hand van een algemene inleiding en de aanleiding van dit onderzoek, de probleem- en doelstelling. De ontwikkeling van het keuzemodel voor het vertrektijdstip vanaf 1969 wordt beschreven in een literatuurhoofdstuk (hoofdstuk 2) waarin tevens enkele van belang geachte specificaties van een verkeersmodel worden toegelicht. In hoofdstuk 3 is een eerste analyse uitgewerkt naar de verplaatsingspatronen op het hoofdwegennet van Nederland. Deze eerste analyse is uitgevoerd ter onderbouwing van de opgestelde probleemstelling. De exacte afbakening van het onderzoek wordt beschreven in het vierde hoofdstuk. In dit hoofdstuk is ook het opgestelde Programma van Eisen voor het te ontwikkelen keuzemodel voor de vertrektijdstipkeuze opgenomen.

Het vijfde hoofdstuk beschrijft de onderzoeksmethodiek die is opgesteld voor de uitwerking van het onderzoek. In het zesde hoofdstuk wordt elke stap van de onderzoeksmethodiek toegelicht en worden alle noodzakelijk veronderstelde analyses uitgewerkt en toegelicht. De berekende modelresultaten zijn in het zevende hoofdstuk opgenomen. Het laatste hoofdstuk beschrijft de conclusies met bijbehorende aanbevelingen.

Losstaand van dit hoofdrapport is een bundeling gemaakt van alle bijlagen. Hiervoor is gekozen om de leesbaarheid van het hoofdrapport te bevorderen. Op deze wijze kan namelijk direct de bijlagen worden geraadpleegd indien men het hoofdrapport aan het bestuderen is. Tevens is de symbolenlijst als los inlegvel opgenomen in dit hoofdrapport.

INHOUDSOPGAVE

1. ONDERZOEK MODELLERING VAN DE VERTREKTIJDSTIPAANPASSING	15
1.1 Aanleiding van het onderzoek	15
1.2 Probleembeschrijving	15
1.3 Probleemstelling	16
1.4 Onderzoeksdoel	16
1.5 Uitgangspunten van het onderzoek.....	16
1.6 Innovatieve aspecten van het onderzoek	17
2. LITERATUURONDERZOEK	18
2.1 Invloedsfactoren op de vertrektijdstipkeuze	18
2.2 Modellering van de vertrektijdstipkeuze.....	19
2.2.1 Ontwikkeling van een keuzemodel in het algemeen	19
2.2.2 Opbouw klassieke verkeersmodel.....	20
2.2.3 Implementatieplaatsen van het keuzemodel binnen het totale verkeersmodel	20
2.2.4 De tijdsfactor binnen het vertrektijdstipkeuzemodel	20
2.3 Historische ontwikkeling van het vertrektijdstipkeuzemodel	22
2.3.1 Vertrektijdstipkeuzemodel	22
2.3.2 Verschuivingsmodel (incremental model)	23
2.3.3 Processen die de ontwikkeling van de keuzemodellen hebben vertraagd	23
2.3.4 Operationele keuzemodellen.....	24
2.3.5 Analysemethoden voor de ontwikkelde keuzemodellen voor het vertrektijdstip	24
2.4 Databronnen voor de ontwikkeling van verkeersmodellen	26
2.4.1 Revealed Preference	26
2.4.2 Stated Preference.....	26
3. VERPLAATSINGSPATRONEN	27
3.1 Doel van het verplaatsingsonderzoek.....	27
3.2 Verplaatsingspatronen op het Nederlandse wegennet.....	27
3.2.1 Verplaatsingspatronen op een specifiek telpunt op het hoofdwegennet	28
3.3 Spitsverbreding.....	30
3.3.1 Gedefinieerde tijdsperiode	30
3.3.2 Waarneembare spitsverbreding op het Nederlandse hoofdwegennet	30
3.3.3 Oorzaken spitsverbreding	32
3.4 Verplaatsingspatronen van de gedefinieerde ochtendspitsperiode	32
3.4.1 Verkeerssamenstelling tijdens de ochtendspitsperiode.....	32
3.4.2 Waarneembare verschuivingen naar reizigersmotief en ritafstandklassen	34
3.5 Bepaling van het gewenste vertrek- en aankomsttijdstippatroon.....	36
3.5.1 Nadeel 1: Bepaling bij toepassing van een RP-dataset.....	36
3.5.2 Nadeel 2: Bepaling van beide tijdstippen op hetzelfde moment	36
3.5.3 Nadeel 3: Definiëring van het <i>PAT</i> en <i>PDT</i> (interval)	37
4. AFBAKENING VAN HET ONDERZOEK	38
4.1 Afbakening van het onderzoek.....	38
4.1.1 Toegepaste databron.....	38
4.1.2 Type keuzemodel voor het vertrektijdstip	38
4.1.3 Vertrektijdstip/vertrektijdstipperiode.....	38
4.1.4 Definiering van de maatgevende situaties	38
4.1.5 Sequentiële/simultane modellering.....	38
4.1.6 Reizigerstypen.....	39
4.1.7 Uitwerkingsmethodiek.....	39
4.2 Overzicht afbakening van het onderzoek.....	39
4.3 Programma van Eisen	40
4.3.1 Algemeen Programma van Eisen.....	40

4.3.2	Theoretische modelinhoud vertrektijdstipkeuzemodel.....	40
4.3.3	Onderliggende verkeersmodel	40
4.3.4	Studiegebied / verkeersnetwerk	40
4.3.5	Modelinvoer.....	41
4.3.6	Modeluitvoer	41
4.4	Doelstellingen van het onderzoek	42
5.	ONDERZOEKSMETHODIEK.....	43
5.1	Opgestelde onderzoeksmethodiek	43
5.2	Onderbouwing van de gehanteerde onderzoeksmethodiek	44
6.	UITWERKING ONDERZOEKSMETHODIEK	45
6.1	Stap I: Gehanteerde basisbronnen.....	45
6.1.1	Databron 1: Onderzoek VerplaatsingsGedrag (OVG)	45
6.1.2	Databron 2: OGM - verschuivingsmodel.....	45
6.1.3	Databron 3: Basisformule van Arnott, de Palma en Lindsey (1990)	45
6.2	Stap II: Geformuleerde verschuivingstheorie	46
6.2.1	Geformuleerde verschuivingstheorie	46
6.2.2	Gedefinieerde variabelen/klassen in de nutsfunctie	47
6.2.3	Kanttekeningen bij de geformuleerde verschuivingstheorie	51
6.3	Stap III: Definiëring van de maatgevende situaties	52
6.3.1	Beschrijving van de maatgevende situaties	52
6.3.2	Segmentatiemethoden voor de definiëring van de maatgevende situaties	53
6.3.3	Definiering van de maatgevende situaties	54
6.4	Stap IV: Logit modellering	54
6.4.1	Doel van logit modellering.....	54
6.4.2	Algemene formules van het logit model.....	54
6.4.3	Gedefinieerde logit-model	55
6.4.4	Uitvoer van het gedefinieerde logit-model	56
6.5	Stap V: Analyse van de geselecteerde dataset	57
6.5.1	Doelstelling dataselectie	57
6.5.2	Geselecteerde reizigers	57
6.5.3	Veronderstelde segmentaties.....	58
6.5.4	Klassendefiniëring	59
6.5.5	Analyse geselecteerde datasets.....	65
6.5.6	Conclusie van de OVG-analyse	69
6.6	Stap VI: Opgestelde verschuivingsmodel	69
6.6.1	Variabelen voor de verschuivingsformule	69
6.6.2	Methodiek.....	70
6.6.3	Toepassing complete dataset (casestudies 1 tot en met 4).....	71
6.6.4	Toepassing extern stedelijke dataset (casestudies 5 tot en 8)	74
6.6.5	Opgestelde verschuivingsmodel.....	76
6.6.6	Kanttekening bij de toepassing van het logit-model	78
6.7	Stap VII: Uitwerking van het verschuivingsmodel	79
6.7.1	Doelstelling van de controle en toepassing.....	79
6.7.2	Opgestelde controle- en toepassingsmethodiek	79
6.7.3	Controlebladen voor de toepassing van het opgestelde verschuivingsmodel	80
6.7.4	Stap 1: Berekening van de verschuivingen bij toepassing van de complete dataset...83	
6.7.5	Gedetailleerde analyse per ritafstandsklasse	83
6.7.6	Stap 2: Selectie van de extern stedelijke verplaatsingen	85
6.7.7	Stap 3: Selectie van de reizigers met een ritafstand tussen de 72,5 – 100 km	86
6.7.8	Stap 4: Selectie van de reizigers met een ritafstand tussen de 52,5 – 100 km	87
6.7.9	Stap 5: Selectie van de reizigers met een ritafstand tussen de 65 – 85 km	89
6.7.10	Stap 6a: Geselecteerde reizigers (ritafstand 52,5–100 km), extremen verwijderd	89
6.7.11	Stap 6b: Geselecteerde reizigers (ritafstand tussen de 52,5–100 km), correctiefactor92	
6.8	Stap VIII: Uitvoering van de gevoeligheidsanalyses	93

7. MODELRESULTATEN.....	95
7.1 Opgestelde nutsfunctie en verschuivingsmodel.....	95
7.2 Bepaalde set van waarderingsfactoren	95
7.3 Gemodelleerde vertrektijdstippatroon.....	96
7.4 Analyse van de toegepaste dataset	97
7.5 Gevoeligheidsanalyses	98
8. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN.....	99
8.1 Conclusies en aanbevelingen toegespitst op het uitgewerkte onderzoek	99
8.2 Conclusies en aanbevelingen in een bredere context.....	100

1. Onderzoek modellering van de vertrektijdstipaanpassing

Dit eerste hoofdstuk vormt de inleiding van het onderzoek dat uitgewerkt is naar de ontwikkeling van een keuzemodel voor het vertrektijdstip. De aanleiding tot het onderzoek wordt behandeld in de eerste paragraaf. Het daadwerkelijke onderzoeksprobleem wordt beschreven in paragraaf 1.2 en gedefinieerd in paragraaf 1.3. Het onderzoeksdoel wordt beschreven in paragraaf 1.4. Voordat het werkelijke onderzoek is verricht, zijn een vijftal uitgangspunten opgesteld die behandeld worden in paragraaf 1.5. De laatste paragraaf geeft een opsomming van de innovatieve aspecten van het uitgevoerde onderzoek.

1.1 Aanleiding van het onderzoek

Voor de analyse van de effecten van verkeerskundige maatregelen en voor prognoseberekeningen van toekomstige verkeersstromen worden verkeer- en vervoersmodellen toegepast. Dit zijn veelal wiskundige modellen die, afhankelijk van het type modelstudie, tot op een zeer gedetailleerd niveau de verkeersstromen kunnen "voorspellen". Deze berekeningen eisen een aantal invoergegevens waaronder het fysieke verkeersnetwerk (hoe zijn de diverse wegvakken gesitueerd en welke kenmerken hebben al deze wegvakken) en de totale vervoersvraag (hoeveel reizigers verplaatsen zich tijdens de modelleringstijd). Van elke tijdperiode wordt de vervoersvraag tussen twee locaties genoteerd in een zogenaamde herkomst–bestemmingsmatrix (HB-matrix). Op basis van het verschil in de toepassing van de factor tijd, kan onderscheid worden gemaakt tussen een statisch en dynamisch verkeersmodel. Een statisch verkeersmodel kenmerkt zich door het feit dat alle kenmerken van het fysieke netwerk en de vervoersvraag per tijdperiode constant zijn. Bij een dynamisch verkeersmodel kunnen zowel de kenmerken van het fysieke netwerk (door bijvoorbeeld een tijdelijke afname van de capaciteit), en de vervoersvraag variëren per tijdperiode.

Zolang er geen congestie optreedt zijn de gemodelleerde verkeersstromen redelijk identiek aan de waarneembare verkeersstromen op het wegennet. Modelberekeningen van de huidige ongewijzigde verkeerssituatie zorgen veelal voor de minste modelleringproblemen. Complexer zijn de modelstudies naar een gewijzigde verkeers- en/of prognosesituatie (met bijvoorbeeld tijdspannen van 10 of 20 jaar). Dit type modelstudies vereist kennis omtrent het aanpassingsgedrag van de reiziger (het is namelijk aannemelijk dat er wijzigingen zullen optreden in o.a. het fysieke verkeersnetwerk of de vervoersvraag).

Congestie leidt niet alleen op het wegennet, maar ook voor de verkeerskundigen tot veel knelpunten. De groei van de capaciteit heeft in de afgelopen twee decennia niet gelijke tred gekend met de groei van de vervoersvraag. Onder andere door het ontstaan van de zogenaamde slaap- en werksteden zijn diverse vervoersvragen explosief gegroeid. Modellering van de toekomstige verkeersstromen is hierdoor aan zeer veel variaties onderhevig. Niet alleen de routekeuze, maar ook de herkomst- en bestemmingskeuze kunnen wijzigen. Naast deze aanpassingen is ook een aanpassing van de vertrektijdstipkeuze opgetreden de afgelopen 20 jaar. Aanpassing van de vertrektijdstipkeuze zijn waarneembaar op het hoofdwegennet (HWN) als een proces dat gedefinieerd wordt met de term spitsverbreding (verbreding van de tijdsduur met een nagenoeg maximale verkeersintensiteit). Spitsverbreding wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door een te lage capaciteit t.o.v. de bepaalde vervoersvraag per tijdseenheid. Dit aanpassingsgedrag kan met de huidige generatie verkeer- en vervoersmodellen niet volledig gemodelleerd worden¹.

1.2 Probleembeschrijving

In de aanleiding is reeds vermeld dat een proces als spitsverbreding met de huidige generatie verkeer- en vervoersmodellen nog niet volledig gemodelleerd kan worden. In principe kent deze scriptie een bredere toepasbaarheid dan alleen de modellering van dit proces. Praktisch gezien kan elke gewijzigde verkeerssituatie modelmatig vertaald worden als: een situatie waarbij de totale groep reizigers geconfronteerd wordt met een andere keuzeset aan alternatieven geconfronteerd wordt dan in een gedefinieerde basissituatie. Door deze gewijzigde keuzeset aan alternatieven zal de keuze van de reiziger anders zijn dan de keuzen die gemaakt zijn in de basissituatie. Dit kan o.a.

¹ Een onderscheid dient hierbij te worden gemaakt tussen micro en macro verschuivingen van het vertrektijdstip (zie paragraaf 2.2.4).

een grotere keuzeset aan routes of modaliteiten (vervoerwijzen) zijn. Dergelijke wijzigingen van de verkeerssituatie worden reeds enkele decennia gemodelleerd en de opgestelde formules worden steeds gedetailleerder.

Al de bovenstaande keuzeprocessen hanteren een nagenoeg constante vervoersvraag per tijdsperiode. De complexiteit wordt verhoogd indien de intensiteit/capaciteits-verhouding (I/C-verhouding) in de basissituatie bijna gelijk is aan de waarde één, en in de prognosesituatie verwacht wordt dat de verkeersintensiteit verder stijgt. Een hoge I/C-verhouding leidt tot lage rijnsnelheden en dientengevolge tot een hoge waarde voor de ervaren reisweerstand. Deze stijgende reisweerstand zal resulteren tot een gewijzigd keuzepatroon van de reizigers (o.a. een ander route en/of bestemmingskeuze). Batley (2002, Bijlage 1) concludeerde na onderzoek dat reizigers hiernaast ook hun vertrektijdstipkeuze aanpassen. Modellering van de aanpassing van het vertrektijdstip kan vertaald worden als een verschuiving van een gedeelte van de vervoersvraag van tijdsperiode k naar de tijdsperiodes $k-1$ of $k+1$ (met behoud van HB-relatie). Juist deze wijzigingen kunnen met de huidige generatie verkeer- en vervoersmodellen nog niet volledig gemodelleerd worden. Een dergelijke aanpassing wordt niet alleen veroorzaakt in het geval van een te hoge I/C-verhouding maar kan bij iedere gewijzigde verkeerssituatie optreden (waarbij sprake is van een verhoging van de reisweerstand).

1.3 Probleemstelling

Gewijzigde verkeerssituaties t.o.v. een gedefinieerde basissituatie leiden in de praktijk niet alleen tot een aanpassingen van de route en/of modaliteitskeuze maar ook tot vertrektijdstipaanpassingen. Deze verschuivingen, van het aantal reizigers tussen de vertrektijdstipperioden onderling, kunnen met de huidige generatie verkeer- en vervoersmodellen nog niet volledig gemodelleerd worden. Er is onvoldoende inzicht in dit specifieke aanpassingsgedrag. De onvolledige modellering wordt veroorzaakt door de te lange gedefinieerde tijdsperiodes (enkele uren) en/of door onvoldoende onderbouwde aannamen.

1.4 Onderzoeksdoel

Een keuzemodel ontwikkelen waarbij de reiziger de keuze heeft om als reactie op een gewijzigde verkeerssituatie t.o.v. een gegeven basissituatie, een ander vertrektijdstip te kiezen dan zij in de basissituatie heeft gemaakt. Hierbij dient onderzoek te worden verricht naar de invloedsfactoren (variabelen) die resulteren tot een gewijzigd vertrektijdstippatroon. Voor deze modellering dient onderscheid te worden gemaakt naar tijdsperiodes van maximaal 30 minuten voor het verkrijgen van een "gedetailleerd" beeld van dit aanpassingsgedrag.

1.5 Uitgangspunten van het onderzoek

Voor dit onderzoek zijn de volgende uitgangspunten geformuleerd:

- Voor de modellering van de vertrektijdstipaanpassing wordt een specifieke tijdsperiode gedefinieerd, te weten de tijdsperiode tussen 6:00-10:00 uur 's ochtends. Verondersteld is dat in deze tijdsperiode de effecten van een gewijzigde verkeerssituatie het beste waarneembaar zijn. Hiernaast is er veel onderzoek verricht naar de samenstelling van het verkeer in deze tijdsperiode.
- De auto is de enige modaliteitskeuze van de reizigers. Fietsers ondervinden minder hinder van een gewijzigde verkeerssituatie doordat ze veelal korte verplaatsingen maken en er zeer nagenoeg identieke alternatieve routes mogelijk zijn. OV-reizigers ondervinden wel hinder maar de alternatieve vertrektijdstippen zijn binnen vaste stramienen gefixeerd door de OV-dienstregelingen.
- Elke verplaatsing wordt economisch "gewaardeerd" in een nog nader te specificeren hoeveelheid reisweerstand. Verondersteld wordt dat alle reizigers streven naar minimalisatie van deze hoeveelheid reisweerstand of maximalisatie van hun nutswaardering (de reisweerstand wordt veelal uitgedrukt als zijnde een nutswaardering, maar dan wel met een tegengestelde waardering). In de uiteindelijke evenwichtssituatie is de nutswaardering van alle reizigers identiek (users equilibrium).

- Verondersteld is dat de waarneembare spitsverbreding gedeeltelijk veroorzaakt wordt door vertrektijdstipaanpassingen van een gedeelte van het aantal reizigers. Dit uitgangspunt dient middels onderzoek onderbouwd te worden.
- Voor de ontwikkeling van het keuzemodel dienen meerdere verkeerssituaties gedefinieerd te worden. Deze gedefinieerde verkeerssituaties moeten m.b.v. onderzoek te worden bepaald.

1.6 Innovatieve aspecten van het onderzoek

Het uitgevoerde onderzoek kent de volgende innovatieve aspecten:

- Voor de definiëring van de verschillende verkeerssituaties is gebruik gemaakt van een Reveled Preference (RP) databron, te weten het Onderzoek VerplaatsingsGedrag (OVG),
- Voor de bepaling van de benodigde waarderingsfactoren (voor de waardering van de wijzigingen per variabele) is logitmodellering toegepast, waarbij wederom gebruik is gemaakt van dezelfde RP-databron,
- De gevoeligheid van het ontwikkelde/geformuleerde keuzemodel is onderzocht d.m.v. elasticiteitsberekeningen.

2. Literatuuronderzoek

Voordat gestart wordt met het werkelijke onderzoek/ontwikkeling van het keuzemodel voor het vertrektijdstip worden in dit hoofdstuk de meest van belang geachte onderwerpen uit de literatuur beschreven. Paragraaf 2.1 beschrijft een raamwerk met daarin de meest van belang geachte invloedsfactoren op de vertrektijdstipkeuze (model van de Rooij en van Zuylen). Paragraaf 2.2 behandelt de ontwikkeling van het keuzemodel in het algemeen, en het klassieke stappenproces van het verkeersmodel. De mogelijke implementatieplaatsen van het keuzemodel en de rol van de factor tijd bij de modellering worden ook beschreven in deze paragraaf. De historische ontwikkeling van de keuzemodellen voor de vertrektijdstipkeuze worden in paragraaf 2.3 behandeld. Behandeld worden o.a de twee modeltypen die kunnen worden onderscheiden bij deze ontwikkeling. Als derde onderdeel van deze paragraaf worden de beperkingen tot de operationele ontwikkeling van dit type keuzemodellen en drie voorbeelden van "operationele" keuzemodellen beschreven. De ontwikkeling van verkeersmodellen vereist inzicht in het reizigersgedrag. De twee hiervoor benodigde typen databronnen worden in de laatste paragraaf beschreven.

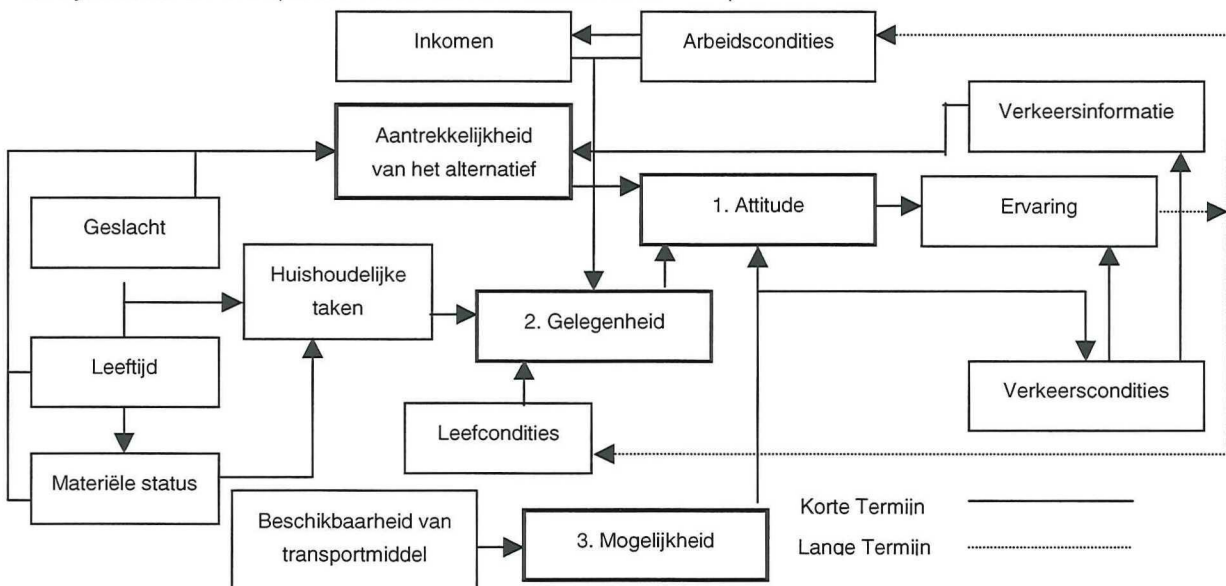
2.1 Invloedsfactoren op de vertrektijdstipkeuze

De keuze van het vertrektijdstip blijkt afhankelijk te zijn van zeer veel invloedsfactoren. Grofweg kan worden gesteld dat alle keuzeprocessen van het verkeersmodel (zie paragraaf 2.2.2) van invloed zijn op de vertrektijdstipkeuze te samen met de persoonlijke/huishoudelijke factoren/beperkingen.

Poiez concludeerde in 1989 dat wijzigingen van het reizigersgedrag in het algemeen beperkt worden door de volgende drie condities (het zogenaamde triad-model):

- Attitude (aantrekkelijkheid van het alternatief): zowel kwantitatief als kwalitatief beoordeeld.
- Gelegenheid (huishoudelijke condities): is het fysiek en/of organisatorisch mogelijk om een alternatieve keuze te maken (eerst de kinderen naar school en daarna na het werk).
- Mogelijkheid (externe condities): is het mogelijk ondanks de externe beperkingen om te vertrekken op het alternatieve vertrektijdstip (heeft de reiziger op het gewenste vertrektijdstip bijvoorbeeld de beschikking over een auto).

Het triad model voor gedragsveranderingen is oorspronkelijk ontwikkeld als een model voor de psychologie, maar voldoet goed als basisdiagram waarop de Rooij en van Zuylen een schematisch model hebben opgesteld met daarin de meest van belang geachte invloedsfactoren op de vertrektijdstipkeuze (figuur 2.1). Bijlage 2 beschrijft de hier vermelde invloedsfactoren gedetailleerder. In Bijlage 3 wordt de veronderstelde relatie tussen de vertrektijdstipkeuze en de werktijden beschreven (naar onderzoek van Tacken & de Boer).



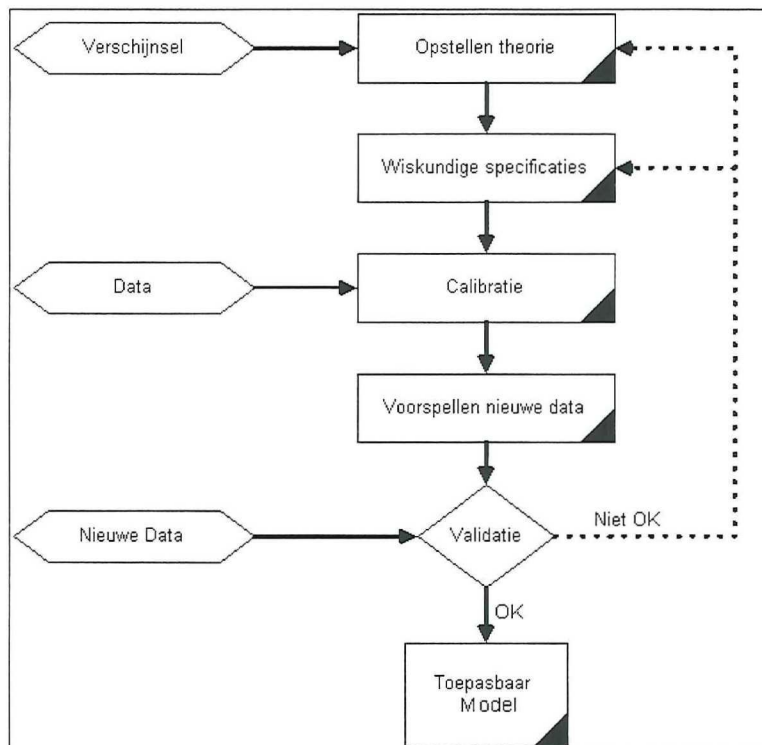
Figuur 2.1: Invloedsfactoren op de vertrektijdstipkeuze (de Rooij en van Zuylen)

2.2 Modellering van de vertrektijdstipkeuze

2.2.1 Ontwikkeling van een keuzemodel in het algemeen

Modelleren betekent per definitie dat een gedeelte van de werkelijkheid wordt weggelaten dat als niet relevant wordt geacht (in enkele gevallen worden zelfs relevant geachte kenmerken achterwege gelaten vanwege door hun verhoging van de complexiteit). De gedetailleerdheid van een keuzemodel is altijd een afwegingsproces tussen enerzijds de gewenste nauwkeurigheid van de eindresultaten en de complexiteit van het keuzemodel en anderzijds de kosten van de ontwikkeling en exploitatie van het keuzemodel. Men dient zich wel altijd bewust te zijn van de mogelijkheden en beperkingen van het ontwikkelde model. Voor prognosemodellen (waartoe een gedeelte van de verkeer- en vervoersmodellen behoren) worden beoordelingscriteria als relevantie, nauwkeurigheid, theoretische achtergrond, eenvoud, validatie en praktische toepassing van groot belang geacht.

Figuur 2.2 toont het schematische ontwikkelingstraject van mathematische keuzemodellen.



Figuur 2.2: Ontwikkelingstraject van een veel gebruikt mathematisch model (bron cursus H111, Verkeersmodellen, Immers)

Aan de basis van elk model staat een verschijnsel dat verklaard/gemodelleerd dient te worden. Nadat hierover een theorie is opgesteld worden de hierbij noodzakelijk geachte wiskundige specificaties geformuleerd. Met behulp van een eerste geselecteerde dataset wordt de eerste versie van het model gekalibreerd, en worden de waarden van een tweede geselecteerde dataset voorspelt. Deze voorspelde dataset van waarden wordt gecheckt met de tweede dataset uit de praktijk (validatie van het keuzemodel). Indien de validatie correct is, is het keuzemodel toepasbaar. Is de validatie echter onvoldoende dan dienen de opgestelde theorie en/of de wiskundige specificaties aangepast te worden.

2.2.2 *Opbouw klassieke verkeersmodel*

Het in dit onderzoek vermelde klassieke verkeersmodel is opgebouwd uit de volgende keuzemodellen die te samen tot de verplaatsing dienen te resulteren:

- Keuze tot het wel of niet maken van een verplaatsing,
- Keuze van de bestemming,
- Keuze van het vervoermiddel,
- Keuze van het vertrektijdstip,
- Keuze van de te nemen route.

2.2.3 *Implementatieplaatsen van het keuzemodel binnen het totale verkeersmodel*

Al de keuzeprocessen uit het klassieke verkeersmodel kunnen sequentieel (stap voor stap) of simultaan (gelijktijdig) worden berekend/gemodelleerd. De keuze hiertoe is niet eenduidig en de onderlinge volgorde van de keuzeprocessen is niet gefixeerd. Deze keuze is mede afhankelijk van het type modelstudie. De eerste generatie verkeersmodellen modelleerden de meeste keuzeprocessen sequentieel vanwege hun verlagende uitwerking op de complexiteit (beter beheersbaar en eenvoudiger te optimaliseren). De vertrektijdstipkeuze was eigenlijk een gefixeerd gegeven en werd hierdoor als één van de laatste stappen, zo niet als de laatste stap van het verkeersmodel gemodelleerd. Op zich is dit opmerkelijk te noemen omdat de keuze van het vertrektijdstip veel gevolgen heeft op de andere keuzeprocessen, zoals de vervoerswijzekeuze (zeker in het geval indien OV-reizigers worden gemodelleerd) en de routekeuze. Bij de keuze voor een sequentiële dan wel simultane implementatie van het vertrektijdstipkeuzemodel dient rekening te worden gehouden met de volgende aandachtspunten.

Sequentieel

Losstaand van de bestaande modelstructuur wordt een extra keuzemodule toegevoegd aan het verkeersmodel. Geconcludeerd kan worden dat naarmate een "eerdere" implementatie wordt toegepast de invloed van een vertrektijdstipwijziging steeds groter wordt op de uiteindelijke modelresultaten. Het voordeel van sequentiële modellering is de vrije ontwikkeling van het keuzemodel, waardoor een goed inzicht kan worden verkregen in de operationele toepassing van het ontwikkelde vertrektijdstipkeuzemodel en dit model direct aangepast kan worden.

Simultaan

Per definitie hebben alle keuzeprocessen van het verkeersmodel correlatie met elkaar. De vertrektijdstipkeuze heeft de meeste correlatie met de routekeuze (Batley, 2002). Toepassing van een simultane modellering heeft als nadeel dat voorafgaand aan de ontwikkeling een verkeersmodel gekozen dient te worden. Het gekozen verkeersmodel bepaald vanaf het begin de mogelijkheden en beperkingen van het te ontwikkelen keuzemodel. Dit zal de toepassingsmogelijkheden beperken wat in een vroeg stadium van het ontwikkelingsproces niet de voorkeur verdient. Het voordeel is echter dat de berekende vertrektijdstipkeuzen naar alle waarschijnlijkheid wel meer overeenkomen met de werkelijke uitgevoerde keuzen dan in het geval voor een sequentiële modellering was gekozen.

2.2.4 *De tijdsfactor binnen het vertrektijdstipkeuzemodel*

De factor tijd speelt op twee niveaus een belangrijke rol in de modellering van de verkeersstromen. Enerzijds als de stapgrootte van de simulatietijd en anderzijds als de grootte van de vertrektijdstipperiodes (elke vertrektijdstipperiode wordt vertaald als een aparte HB-matrix). De eerste generatie verkeersmodellen hadden een statisch karakter waarbij geen onderscheid gemaakt werd naar meerdere vertrektijdsp periodes. De ontwikkeling van de dynamische verkeersmodellen maakte de opsplitsing in meerdere vertrektijdstipperiodes mogelijk. In het begin waren dit slechts drie of vier tijdsperiodes ter vereenvoudiging van de simulatieberekeningen. Het aantal reizigers per vertrektijdstipperiode werd bepaald op basis van een verdeelsleutel die ontleend was aan de in de praktijk gemeten verdeling van de verkeersintensiteiten over de te modelleren tijdsperiode. Hierbij werd slechts onderscheid gemaakt naar de spits- en dalperiodes. De tweede generatie dynamische verkeersmodellen verkorte de lengte van de tijdsperiodes zodat er zelfs sprake was van een zogenaamde vertrektijdstipkeuze op een continue tijdschaal.

Heden ten dage kan voor zowel de simulatietijd als de tijdsperiode van de HB-matrices (en dus van de vertrektijdstipperiodes) gekozen worden voor een discrete dan wel continue tijdsschaal. Discrete tijdsperiodes kunnen bij zeer korte tijdsintervallen worden aangemerkt als zijnde continue. Toepassing van tijdsperiodes, hoe lang of kort ze ook zijn, heeft als grote nadeel dat het een ad hoc opdeling van de dag in tijdsintervallen vereist. Uit eerdere studies is geconcludeerd dat verschillende opdelingen leiden tot verschillende modelresultaten. Definiëring van deze tijdsperiodes verdient hierdoor een goede onderbouwde keuze te zijn. Batley maakte onderscheid tussen micro- en macroverschuivingen van het vertrektijdstip. De eerste verschuiving bedraagt slechts enkele tot 20 minuten. Hierbij wordt verondersteld dat de reiziger zijn aankomstijdstip niet wilt wijzigen maar eerder vertrekt om de gestegen reisweerstand gedeeltelijk te ontwijken of in te calculeren. Verschuivingen op macroniveau (één of meerdere uren) worden uitgevoerd indien de reiziger bewust een geheel andere vertrektijdstipperiode kiest om alle ontstane problematiek te ontwijken (de activiteit wordt naar een ander dagdeel verschoven).

De optimale lengte van de vertrektijdstipperiode is erg afhankelijk van het toe te passen verkeersmodel met zijn beperkingen/mogelijkheden.

Kort durende vertrektijdstipperiodes (minder dan één minuut)

De voorkeur gaat uit naar korte vertrektijdstipperiodes omdat de vertrektijdstipkeuze in werkelijkheid ook op een continue tijdsschaal gemaakt kan worden. Hiernaast is het voordeel dat de modeluitkomsten een gedetailleerder beeld geven van de reizigersverdeling over de gemodelleerde tijdsperiode en dat zelfs de microverschuivingen gedeeltelijk gemodelleerd kunnen worden. De uitvoer kan indien dit gewenst is worden geaggregeerd. Toepassing van korte tijdsintervallen heeft echter de volgende nadelen:

- De tijdsintervallen worden dermate smal dat niet alleen de gemeten verkeerscondities tussen opeenvolgende tijdsperiodes nagenoeg gelijk zijn, maar dat ook de niet gemeten invloeden van de verstoorde situaties nagenoeg identiek zijn. Dit heeft als nadeel dat reizigers niet voor een aanpassing kiezen van één tijdsperiode, maar van wel tien of twintig tijdsperiodes. Modelmatig gezien resulteert dit in problemen tot het bereiken van de werkelijke evenwichtssituatie en een “vloeiend verloop van het vertrektijdstippatroon”.
- Toename van de kans op correlatie tussen aangrenzende tijdsperiodes wat het gebruik van discrete keuzemodellen onmogelijk maakt.
- Batley concludeerde dat reizigers zowel in een gedefinieerde congestievrije als congestierijke omgeving binnen een tijdsinterval van ongeveer vijf minuten vertrekken. Toepassing van vertrektijdstipperiodes van één minuut lijkt dan ook niet raadzaam omdat de natuurlijke variantie van het vertrektijdstippatroon dan groter is dan de lengte van de toegepaste vertrektijdstipperiodes.
- Toename van de complexiteit en het rekenwerk, wat de simulatietijd en de controle achteraf niet vereenvoudigen.

Bij toepassing in combinatie met een dynamisch verkeersmodel is het aan te bevelen om tijdsduur van de vertrektijdstipperiodes gelijk te stellen aan de lengte van de tijdsperiodes die gebruikt worden voor de simulatie (dit is alleen mogelijk voor kleine verkeersnetwerken omdat anders de hierboven beschreven nadelen zwaar gaan tellen).

Lang durende vertrektijdstipperiodes (rond de 30 minuten)

De geformuleerde nadelen van een korte vertrektijdstipperiode kunnen grotendeels worden verworpen indien gekozen wordt voor langere vertrektijdstipperiodes. Toepassing van langere vertrektijdstipperiodes heeft als voordeel dat ze gemakkelijker een eerste aanzet kunnen vormen tot de modellering van de aanpassing van het vertrektijdstip, wat eventueel in een later stadium verder gedetailleerd kan worden.

Nadelen zijn echter:

- Het is niet realistisch te veronderstellen dat reizigers hun vertrektijdstip aanpassen met een half dan wel een heel uur indien de verkeerssituatie iets wijzigt. Op deze wijze worden er slechts macroverschuivingen gemodelleerd waarbij de microverschuivingen achterwege worden

gelaten. Onderzoek toont aan dat reizigers juist veel microverschuivingen maken (Batley, Bates en Henderson).

- Door vergroting van de tijdsduur van de vertrektijdperioden neemt de correlatie tussen twee tijdperioden aan weerszijden van één vertrektijdstipperiode toe, en neemt de correlatie tussen twee tijdperioden van twee aangrenzende vertrektijdstipperioden af. Dit is een modelleringfout die kleiner wordt naarmate de tijdsduur van de vertrektijdstipperioden korter wordt gesteld.

2.3 Historische ontwikkeling van het vertrektijdstipkeuzemodel

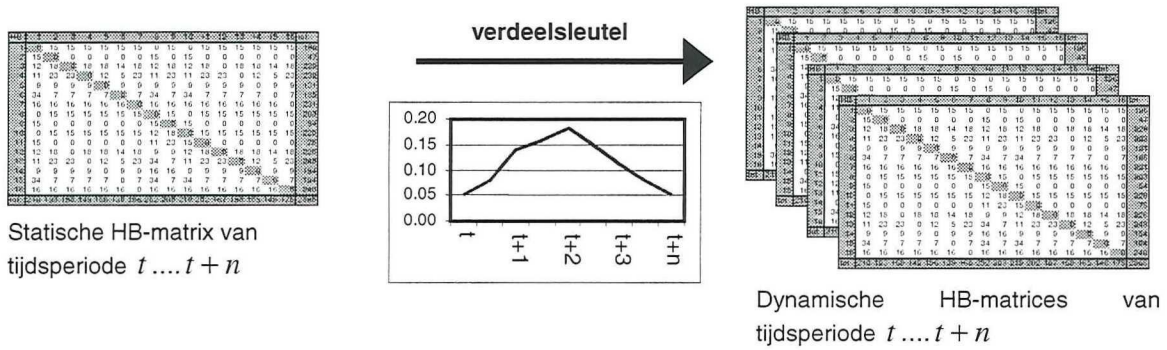
Modellering van de vertrektijdstipkeuze vormt niet een geheel nieuw onderdeel van het verkeersmodel. Heden ten dage bestaat er echter een groot gat tussen de theoretisch beschreven keuzemodellen en de operationele toepassing ervan. De basis van dit type keuzemodellen is opgesteld door Vickrey (1969, zie Bijlage 4) d.m.v. zijn geformuleerde nutsfunctie. Vickrey veronderstelde dat elke reiziger een gewenst aankomstijdstip (Preferred Arrival Time = PAT) kent en hierbij een gewenst vertrektijdstip (Preferred Departure Time = PDT) definieert. Met behulp van de nutsfunctie wordt de hoeveelheid nut berekend van elke verplaatsing voor elk mogelijk vertrektijdstip. Deze nutsfunctie is opgebouwd uit een aantal verklarende variabelen die vermenigvuldigd worden met de daarbij behorende waarderingsfactoren (een waarderingsfactor is een maat voor de waardering van de desbetreffende variabele per eenheid van de variabele). Eén van de verklarende variabelen voor de nutswaardering vormt de reistijd. Door de toename van de verkeersintensiteit stijgt de reistijd waardoor de kosten voor dezelfde verplaatsing zal stijgen t.o.v. dezelfde verplaatsing in de gedefinieerde basissituatie. Indien men op hetzelfde tijdstip vertrekt resulteert deze verhoging van reistijd tot een aankomstijdsverschil. Dit tijdsverschil is gedefinieerd als een penalty. Als reactie op de gestegen kosten treedt een trade off plaats tussen de reistijd en deze "penalty" om de kosten te minimaliseren, of de nutswaardering te maximaliseren in de uiteindelijke evenwichtssituatie. Vickrey definieerde twee situaties, de zogenaamde basis- en prognosesituatie. Het PDT - en PAT patroon met de vrije reistijd vormt hierbij de basissituatie, terwijl de prognosesituatie gelijk is aan de uiteindelijke evenwichtssituatie.

De literatuur beschrijft na 1969 veel varianten en uitbreidingen op dit basismodel geformuleerd [o.a. Small (1982), Ben-Akiva (1986) en Hyman (1998)]. De ontwikkelde keuzemodellen tonen kleine onderlinge verschillen, maar zijn bijna allemaal toegespitst op het woon-werkverkeer van de ochtendspitsperiode. De verklaring hiervoor is dat het aankomstijdstip op het werk zich relatief eenvoudig leent tot definiëring van het PAT (omdat veelal verondersteld wordt dat het woon-werkverkeer gefixeerde vertrek- en aankomsttijden hanteert).

Bij de analyse van de ontwikkeling van de keuzemodellen kunnen twee keuzemodellen van elkaar worden onderscheiden, te weten de vertrektijdstipkeuzemodellen en de verschuivingsmodellen.

2.3.1 Vertrektijdstipkeuzemodel

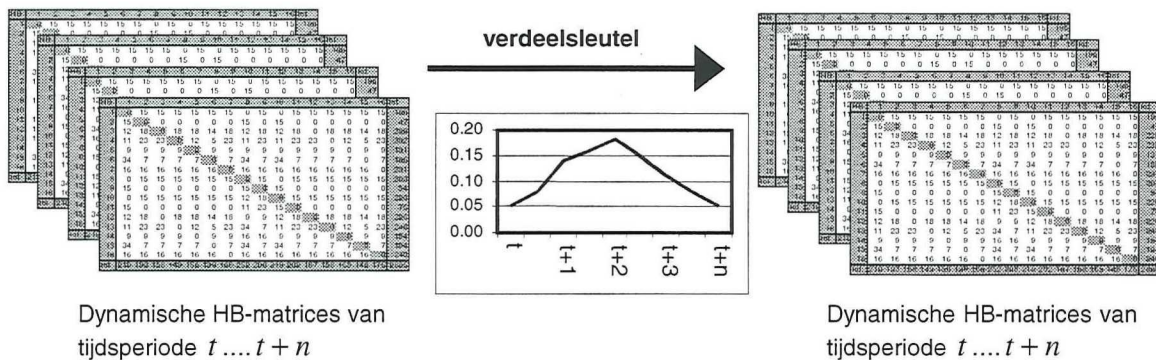
Met behulp van een vertrektijdstipkeuzemodel wordt de initiële kans berekend van elke reiziger op alle mogelijk vertrektijdstippen k . Het keuzegedrag van een groep reizigers wordt gekarakteriseerd als een kansverdeling waarbij het reizigersaandeel dat kiest voor vertrektijdstip k vertaald wordt als een kans op vertrektijdstip k . Voor de berekening van deze kansverdeling worden nutsfuncties toegepast die gebaseerd zijn op het Vickrey-keuzemodel met de gedefinieerde PDT en PAT . Indien de variabelen in de gewijzigde verkeerssituatie berekend zijn, wordt het nieuwe vertrektijdstippatroon berekend door herberekening van alle kansen. Door vermenigvuldiging van de nieuwe kansverdeling met de totale statische HB-matrix wordt het nieuwe vertrektijdstippatroon berekend (zie figuur 2.3). Dit proces dient iteratief te worden berekend omdat de reisweerstand na iedere herberekeningsstap wijzigen.



Figuur 2.3: Berekeningsmethode bij toepassing van een vertrektijdstipkeuzemodel

2.3.2 Verschuivingsmodel (incremental model)

Een verschuivingsmodel hanteert zowel voor de invoer als de uitvoer een identiek aantal dynamische HB-matrices die de totale tijdsperiode opsplitsen. Het gewijzigde vertrektijdstippatroon wordt berekend als reactie van de relatieve wijzigingen van de verkeerssituatie t.o.v. een gedefinieerde basissituatie. Het verschuivingsmodel definieert geen *PDT* en *PAT*. Van de gedefinieerde basissituatie dienen het reizigersaandeel en de reisweerstand per vertrektijdstipperiode bekend te zijn. Figuur 2.4 toont de berekeningsmethode die toegepast wordt bij het verschuivingsmodel.



Figuur 2.4: Berekeningsmethode bij toepassing van een verschuivingsmodel.

2.3.3 Processen die de ontwikkeling van de keuzemodellen hebben vertraagd

De volgende ontwikkelingsprocessen hebben er echter toe geleid dat er op dit moment nog geen vertrektijdstipkeuzemodel volledig operationeel is dat vertrektijdstipaanpassingen op zeer gedetailleerd niveau modelleert:

- De factor tijd als variabele is noodzakelijk voor de implementatie van het vertrektijdstipkeuzemodel. De eerste generatie verkeersmodellen had een statisch, en dus tijdsafhankelijk karakter waarbij een aanpassing van het vertrektijdstip niet mogelijk was.
- Zeker in de eerste jaren van de dynamische verkeersmodellen was de ontwikkeling van andere onderdelen van het verkeersmodel van groter belang (o.a. het dynamische routekeuzegedrag).
- In werkelijkheid is de keuze voor een ander vertrektijdstip niet de enige keuzemogelijkheid van de reiziger op een toegenomen reisweerstand. Batley concludeerde al dat reizigers als eerste reactie hun route aanpassen en vervolgens hun vertrektijdstip. In principe pleit dit onderzoek ervoor om het vertrektijdstipkeuzep proces simultaan op te nemen in het verkeersmodel wat de complexiteit extra verhoogt. De keuze van een ander vervoermiddel of zelfs een alternatieve herkomst en/of bestemmingslocatie blijken ook mogelijk te zijn, maar dan wel op een veel langer tijdstermijn.
- Er is nog weinig gericht onderzoek uitgevoerd naar de mogelijke invloedsfactoren van de daadwerkelijk uitgevoerde aanpassing van de vertrektijdstipkeuze. Mahmassani heeft voornamelijk onderzoek verricht naar reizigersgedrag maar heeft hiermee slechts zelden de link

gelegd naar de vertrektijdstipkeuze. de Rooij en van Zuylen hebben in 1989 een conceptueel raamwerk opgesteld van de vertrektijdstipkeuze met persoonlijke karakteristieken, karakteristieken van de aankomstlocatie, reiskarakteristieken en ervaring als mogelijke invloedsfactoren (paragraaf 2.1, zie Bijlage 2),

- De vertrektijdstipkeuze vormt op dit moment nog steeds een klein onderdeel van het verkeersmodel omdat de effecten van de eventuele aanpassing van het vertrektijdstip slechts op lokaal niveau, en slechts op enkele tijdstippen van de dag optreden. De regionale en landelijke modelstudies worden wel steeds vaker geconfronteerd met de specifieke problemen rond de spitsperiode die mogelijk opgelost kunnen worden door een nauwkeurigere modellering van de vertrektijdstipkeuze.

2.3.4 Operationele keuzemodellen

Heden ten dage kent de praktijk de volgende gedeeltelijk "operationele keuzemodellen": Bijlage 4 beschrijft het bottleneckmodel van Vickrey (1969), HADES, het Overdraagbaar Groeimodel (OGM) en een vertrektijdstipkeuzemodel dat ontwikkeld is door ingenieursbureau DHV op basis van telcijfers, beschreven.

Heterogeneous Arrival and Departure times bases on Equilibrium Scheduling theory (HADES ,Hyman en van Vuren, Bijlage 4)

Dit keuzemodel berekent een aanpassing van het vertrektijdstip als reactie op de toegenomen reistijd en een verandering van het aankomsttijdsverschil met de *PAT* op een continue tijdschaal (gebaseerd op het Vickrey-model). Het keuzemodel vormt een applicatie dat sequentieel gekoppeld kan worden aan reeds bestaande dynamische verkeersmodellen zoals SATURN en CONTRAM. Het vormt een iteratieproces waarbij de uitvoer van het verkeersmodel de invoer van dit keuzemodel vormt en vice versa. Uit een studie die is uitgevoerd in Engeland van de steden Kingston en Aylesbury (1997) in opdracht de ontwikkeling van HADES, werd geconcludeerd dat het aankomsttijdstippenpatroon zeer breed was (95% van de geselecteerde reizigers bleek tussen 07:19 – 09:27 uur te arriveren) en er niet echt duidelijk één gewenst aankomsttijdstip aangewezen kon worden. In HADES is dit probleem ondervangen door introductie van een *PAT* - interval.

Overdraagbaar Groeimodel (OGM, Bijlage 4)

Dit keuzemodel is een groeifactor module van het Groeimodel dat een onderdeel is van het Nieuw Regionaal Model (NRM). De nadruk van deze module ligt op het afleiden van groeifactoren voor het autoverkeer. Deze zijn afhankelijk van de congestieniveaus en vereisen daarom iteratieve procedures. Het OGM behoort tot het type verschuivingsmodellen. Het keuzemodel berekent de verschuiving van het reizigersaandeel per vertrektijdstipperiode (en per HB-relatie) in de prognosesituatie t.o.v. een bekende basissituatie. Het OGM definieert drie tijdsperiodes voor de totale dag (de ochtend- en avondspits en de restdag).

METROPOLIS (de Palma en Marchal)

Dit keuzemodel is bijna identiek aan HADES met dat verschil dat er een andere dataset gehanteerd is voor de bepaling van de waarderingsfactoren en dat er discrete tijdsperiodes zijn toegepast.

2.3.5 Analysemethoden voor de ontwikkelde keuzemodellen voor het vertrektijdstip

De meeste keuzemodellen maken gebruik van de discrete keuzetheorie (Bijlage 5) voor de benodigde wiskundige formuleringen. De keuzemodellen hanteren een nutsfunctie met o.a. variabele als de reistijd en de kosten. Afhankelijk van het keuzemodel wordt er gestreefd naar minimalisatie van de individuele of systeemkosten. Bij de opgestelde keuzemodellen wordt altijd een basis- en een prognosesituatie gedefinieerd waartussen de verschuivingen optreden.

Bijlage 6 toont een historisch overzicht van de historische ontwikkeling van de keuzemodellen voor het vertrektijdstip. De bijlage toont een tabel waarin diverse kenmerken van de ontwikkelde keuzemodellen zijn opgenomen. Deze subparagraaf beschrijft enkele van deze kenmerken.

Aanpassingsgedrag van de reiziger

Dat reizigers hun vertrektijdstip aanpassen kan onder meer worden aangetoond m.b.v. OVG-analyse. Definiëring van het werkelijke aanpassingsgedrag is echter moeilijk te bepalen. Hiervoor dient een zogenaamde congestievrije en congestierijke situatie te worden gedefinieerd². Bij analyse naar de verschillende beschreven/ontwikkelde keuzemodellen voor het vertrektijdstip dient onderscheid te worden gemaakt naar de volgende twee type aanpassingsgedrag:

- Symmetrisch/asymmetrisch: Is de reiziger bereid om eenzelfde hoeveelheid kosten te betalen ter compensatie van een te vroege dan wel te late aankomsttijd (identieke waarden van de waarderingfactoren per variabele).
- Lineair/niet lineair: Lineair aanpassingsgedrag wordt gekenmerkt door een constante waarderingfactor voor elke variabele (de stijging van de kosten zijn voor een verhoging van 10 naar 15 minuten gelijk aan een stijging van de reistijd van 30 naar 35 minuten). Onder andere Vickrey, Small en Lindsey veronderstellen een lineair aanpassingsgedrag. Daarentegen veronderstellen onder andere Ran/Hall en Boyce/ Hendrickson een niet lineair aanpassingsgedrag. Voor de aanpassing van het vertrektijdstip naar een vroeger dan wel later vertrektijdstip wordt meestal een lineaire relatie verondersteld met een kostendaling. Verwacht mag worden dat door een steeds verdere categorisering van de reizigers, er uiteindelijk alleen nog maar lineaire relaties zijn waar te nemen tussen een aanpassing van het vertrektijdstip en een kostenstijging.

Reizigersmotiefonderscheid naar de vertrektijdstipkeuze

Veel onderzoek is gericht op het woon-werkverkeer vanwege het grote reizigersaandeel tijdens de spitsperiodes. Kumar en Levinson (1995) en Bhat (1998, 2000) hebben niet woon-werkgerichte reizigersmotieven onderzocht omdat enerzijds het reizigersaandeel met dit reizigersmotief toeneemt over de hele dag en speciaal in de spitsperiode, terwijl anderzijds gebleken is dat reizigers met dit reizigersmotief flexibeler zijn in het kiezen van hun vertrektijdstip. Het is te verwachten dat infrastructurele veranderingen dan ook meer effect hebben op deze reizigersmotieven dan op het woon-werkverkeer.

PDT en/of PAT - benadering

Bijna alle keuzemodellen voor het vertrektijdstip maken gebruik van een PAT (Vickrey, Henderson, Small) of een PAT-interval (tijdsinterval waarbinnen de reiziger wil arriveren op zijn bestemming) o.a. Hyman en de Palma veronderstellen dit. De keuzemodellen maken tevens gebruik van een bijbehorend gewenst vertrektijdstip (PDT). Voor het woon-werkverkeer is de toepassing van een gewenste aankomsttijd logisch te verklaren, maar voor de overige reizigersmotieven is dit lastiger te onderbouwen.

Veronderstelde evenwichtsituatie

Alle keuzemodellen voor het vertrektijdstip die een nutsfunctie hanteren veronderstellen dat de eindsituatie wordt aangemerkt als een evenwichtssituatie. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt tussen een deterministische (de reiziger heeft volledige kennis over alle alternatieve keuzen met de daarbij behorende kostenwijzigingen) en een stochastische evenwichtssituatie (de reiziger heeft onvolledige kennis over alle alternatieve keuzen met bijbehorende kostenwijzigingen). Wetenschappers die deterministische keuzemodellen hanteerden zijn Vickrey (1969) en Ben-Akiva (1984). Stochastische evenwichtsmodellen zijn veel complexer en alleen Lindsey (1994) en Arnott (1994) pasten deze evenwichtssituatie toe.

Een tweede onderverdeling kan worden gemaakt tussen een gebruikers- (Small, 1982 en Hendrickson 1981) en een systeemevenwicht (Hofman, 2000). Bij een gebruikersevenwicht wordt

² Een aandachtspunt bij de ontwikkeling van het keuzemodel is het gegeven dat het huidige verplaatsingspatroon kan worden aangemerkt als het "tussengedrag" van de reizigers omdat zij al gedeeltelijk hun vertrektijdstipkeuze hebben aangepast aan de ervaren wijzigingen in het verleden. Het beeld correspondeert dus niet met het reizigersgedrag in een congestievrij verkeersnetwerk. Vraagtekens moeten echter ook worden gezet bij het gebruik van een congestievrije HB-matrix. Wat stelt deze in werkelijkheid voor? Geeft dit de verkeersstromen aan indien men geen congestie veronderstelt? Wat zijn de aandelenpercentages auto / fiets / openbaar vervoer? Voorstelbaar is dat er zeker op dit punt wijzigingen zullen optreden. De bepaling van een congestievrije HB-matrix wordt dan ook niet als zinvol verondersteld.

verondersteld dat elke reiziger streeft naar minimalisatie van zijn reizigerskosten. Een systeemevenwicht wordt veelal vereist door de wegbeheerder omdat deze streeft naar minimalisatie van de totale kosten van alle reizigers binnen het verkeersnetwerk.

2.4 Databronnen voor de ontwikkeling van verkeersmodellen

Voor de ontwikkeling van een verkeerskundig keuzemodel is inzicht in reizigersgedrag noodzakelijk bij een gewijzigd aantal keuze-alternatieven. Verkeersmodellen worden immers toegepast om de verkeersstromen in een gewijzigde verkeerssituaties te modelleren. Om deze kennis te vergaren worden regelmatig enquêtes gehouden onder diverse groepen van reizigers, waarna met behulp van wiskundige programma's de zogenaamde waarderingfactoren voor alle opgestelde verklarende variabele kunnen worden bepaald. Hierbij kunnen twee enquêtetypen worden onderscheiden, te weten Revealed Preference (RP) en Stated Preference (SP).

2.4.1 Revealed Preference

Bij dit enquêtetype wordt gevraagd naar het werkelijke uitgevoerde verplaatsingsgedrag. Een voorbeeld hiervan vormt het Onderzoek VerplaatsingsGedrag (OVG) dat in Nederland al jarenlang door het Centraal Bureau Statistiek (CBS) wordt uitgevoerd. Ieder jaar wordt van 75.000 huishoudens in heel Nederland het uitgevoerde verplaatsingspatroon van één dag opgevraagd. Op deze wijze worden per jaar 200.000 verplaatsingen genoteerd. Van elke verplaatsing worden verschillende kenmerken waaronder de plaats van herkomst en bestemming en het vertrektijdstip genoteerd. De exact gekozen route wordt niet genoteerd omdat deze niet van belang wordt geacht. Met behulp van speciaal geformuleerde wegings- en ophogingsfactoren (die elk jaar worden bepaald) kunnen de steekproeven tot een regionaal of landelijk niveau worden opgeschaald.

Door de landelijke en jarenlange toepassing van dit onderzoek kunnen verschuivingen tussen bijvoorbeeld de verschillende vervoerwijzen worden afgeleid. Hierbij dient wel vermeld te worden dat elke genoteerde verplaatsingen uitgevoerd is door een andere reiziger. Er kan dus niet zomaar geconcludeerd worden dat reiziger X in dit jaar een andere keuze gemaakt heeft dan in het voorgaande jaar. Vanwege de omvangrijke steekproeven kunnen echter wel gedragsparameters worden bepaald die gelden voor de totale populatie. Voor de bepaling van het aanpassingsgedrag is een speciale methode ontwikkeld die toegelicht zal worden in paragraaf X.X. De bepaalde waarderingfactoren m.b.v een RP-enquête, zijn veelal te laag omdat de gebruikte databron het werkelijke reizigersgedrag toont en niet zozeer het gewenste reizigersgedrag.

2.4.2 Stated Preference

Bij een Stated Preference enquête wordt aan elke geënquêteerde reiziger een aantal alternatieven voorgelegd. Deze alternatieven hebben veelal een fictief karakter. Mogelijke voorbeeldenvragen is: Neemt u over tien jaar de trein i.p.v. de auto voor de verplaatsing van A naar B indien de reistijd met het OV is gehalveerd?

Het voordeel van een SP-enquête is dat de onderzoeker direct inzicht kan heeft van het reizigersgedrag in een gewijzigde verkeerssituatie doordat de onderzoeker deze gewijzigde verkeerssituatie kan opnemen in haar vraagstelling. Hiernaast is het voordeel dat aan één en dezelfde reiziger meerdere keuze-alternatieven kunnen worden voorgelegd waardoor goed inzicht wordt verkregen in de verhoudingen tussen de diverse keuze-alternatieven onderling. SP-onderzoek is echter geen garantie voor de bepaling van de gewenste waarderingfactoren. Een belangrijk nadeel is het feit dat er geen 100% waterdichte consistentie bestaat tussen het opgegeven en het werkelijk uitgevoerde keuzegedrag. Tacken & de Boer concludeerden na een SP-enquête dat 60% van de reizigers had gemeld gebruik te maken van een nieuwe OV-lijn en dat in werkelijkheid maar 5% van de reizigers er daadwerkelijk gebruik van maakten toen de lijn eenmaal operationeel was. Geconcludeerd kan worden dat een SP-enquête in veel gevallen resulteert tot een overschatting van de waarde van de waarderingfactoren.

3. Verplaatsingspatronen

Dit hoofdstuk bevat de eerste analyses van het eventuele waarneembare aanpassingsgedrag van de reizigers. Paragraaf 3.1 beschrijft het doel van het uitgevoerde verplaatsingsonderzoek. Hierbij worden twee databronnen gebruikt, te weten MTR teldata (telcijfers van het Nederlandse hoofdwegennet) en OVG³ – onderzoek van de jaartallen 1996 en 2000. In paragraaf 3.2 wordt het nationale verplaatsingsgedrag met al haar te onderscheiden verplaatsingsritmen beschreven. Reeds in het eerste hoofdstuk is verondersteld dat er verschuivingen van het vertrektijdstippatroon optreden die resulteren tot de een waarneembare spitsverbreding op het hoofdwegennet (HWN). Paragraaf 3.3 beschrijft de waargenomen spitsverbreding op het Nederlandse HWN en de geformuleerde oorzaken van dit proces. De resultaten van een op landelijk schaalniveau onderzoek, m.b.v. het OVG, wordt beschreven in de vierde paragraaf. Omdat er in de literatuur veel meer vertrektijdstipkeuzemodellen dan verschuivingsmodellen worden beschreven, is in paragraaf 3.5 een onderzoeksmethode, en de resultaten van de bepaling van het *PDT* en *PAT*-patroon opgenomen.

3.1 Doel van het verplaatsingsonderzoek

In hoofdstuk 1 is reeds verondersteld dat de optredende reisweerstandshogingen leiden tot verschuivingen van de vertrektijdstippatronen van de reizigers. Tevens is de term spitsverbreding vermeld die gedetailleerd zal worden beschreven in paragraaf 3.3. Als eerste stap van het ontwikkelingstraject dient het probleem te worden afgebakend (zie figuur 2.2), waarbij onderzoek noodzakelijk is naar het verplaatsingspatroon van de reizigers. Voor dit onderzoek betekent dat, dat de spitsverbreding “visueel zichtbaar” dient te worden gemaakt d.m.v. data-analyses. Voor deze visualisatie is MTR teldata gebruikt. Deze telcijfers van het hoofdwegennet, worden bepaald en beheert door Rijkswaterstaat. Elke passerende auto/vrachtwagen wordt m.b.v. van tellussen in het wegdek geregistreerd. Door de bepaalde waarden uit te zetten in een grafiek per tijdsperiode wordt het verplaatsingspatroon ter plaatse van dit meetpunt verkregen. Nadat de spitsverbreding is gelokaliseerd dient onderzocht te worden of er ook in de geselecteerde OVG-data aanpassingen van het vertrektijdstip waarneembaar zijn.

Indien uit beide onderzoeken geconcludeerd kan worden dat er verschuivingen waarneembaar zijn tussen de gedefinieerde situaties, is er basis vastgelegd waarop gedetailleerder onderzoek kan worden uitgevoerd. Indien uit dit onderzoek geconcludeerd wordt dat er geen waarneembare verschuivingen optreden, dan is de verdere uitwerking van het onderzoek zinloos.

3.2 Verplaatsingspatronen op het Nederlandse wegennet

Het maken van een verplaatsing is geen doel op zich. Het dient slechts om een plaats van bestemming te bereiken waar de gewenste activiteit kan worden uitgevoerd. Door de ruimtelijke scheiding van deze activiteitsruimten worden er de gehele dag verplaatsingen uitgevoerd⁴. Ondanks alle verschillende type verplaatsingen die kunnen worden onderscheiden en de vaak persoonlijke keuze van het vertrektijdstip zijn toch tendensen/ritmen zichtbaar op het HWN.

Verkeer op zich is een heel dynamisch proces, dat iedere dag aan veranderingen onderhevig is. Dit lijkt tenminste zo indien men tot op individueel niveau de ontwikkelingen van het verkeer analyseert. Een voorbeeld hiervan is het bepaalde vertrektijdstipinterval van vijf minuten (Batley, 2002). Observeert men echter op een hoger schaalniveau dan worden de dagelijkse individuele verschillen grotendeels genivelleerd. Men kan de individuele verplaatsingen als het ware bundelen tot verkeersstromen die aan kleine veranderingen onderhevig zijn, en in de loop der jaren verschuivingen tonen van o.a het vertrektijdstip.

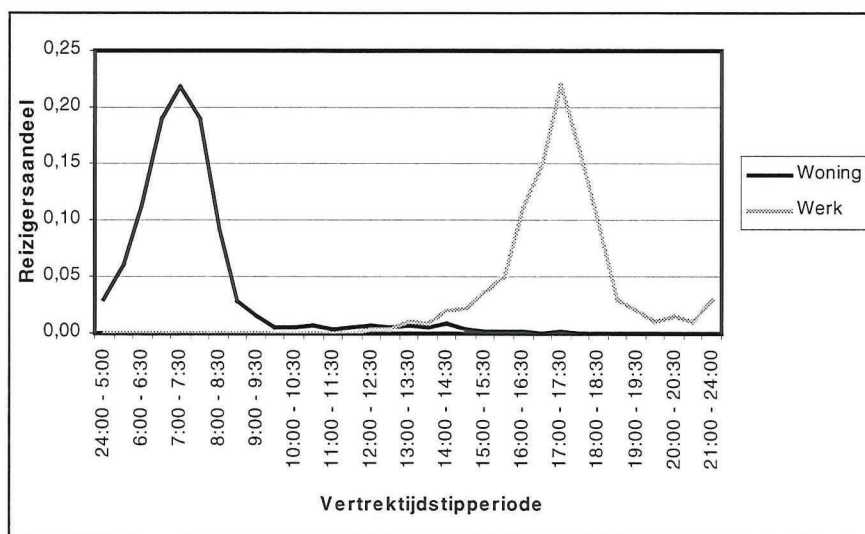
³ Voor dit onderzoek wordt OVG-data toegepast omdat er tijdens het onderzoek geen beschikbaar geachte SP-databron voorhanden was en omdat het uitvoeren van een eigen enquête te veel in beslag zou nemen.

⁴ Het afgelopen decennium is het aantal ketenverplaatsingen (koppeling van meerdere activiteitsruimten achter elkaar, alvorens huiswaarts te keren) sterk gestegen. Voor de modellering wordt ter vereenvoudiging verondersteld dat er slechts enkelvoudige verplaatsingen worden uitgevoerd. Deze aanname is gehanteerd bij dit uitwerking van dit onderzoek.

3.2.1 Verplaatsingspatronen op een specifiek telpunt op het hoofdwegennet

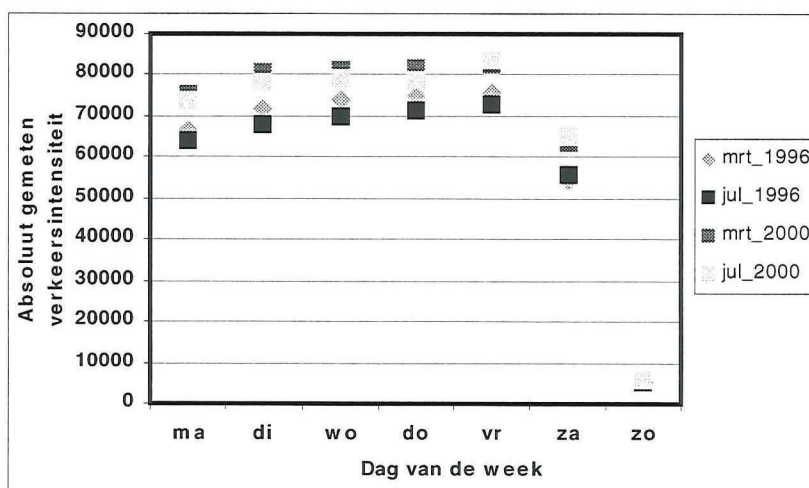
Voor de eerste analyses is een meetpunt²⁷ opgezocht²⁸ dat regelmatig in de top tien van de filemelding van Nederland staat. Gekozen is voor het meetpunt Delft Zuid–Berkel en Rodenrijs op de A13. De grafieken tonen de reizigersaandelen/absolute aantal autoreizigers per (vertrek)tijd(stip)periode. Bij de analyse naar de verplaatsingspatronen kunnen de volgen verplaatsingsritmen worden onderscheiden:

- **Dagritme:** Het verloop van de verkeersintensiteit over de gehele dag kan worden getypeerd door periode-aandelen van het totale verkeersvolume van 24 uur. Het “normale” beeld toont twee spitsperiodes (ochtend- en avondspits) die van elkaar worden gescheiden door de zogenaamde dalperiodes. De echte top van de spitsperiode wordt de piek genoemd, en de aanliggende perioden de buikperiodes (zie figuur 3.1). Beide spitsperiodes worden in deze grafiek veroorzaakt door het woon-werkverkeer (in de ochtend vanaf de woning en in de middag naar de woning).



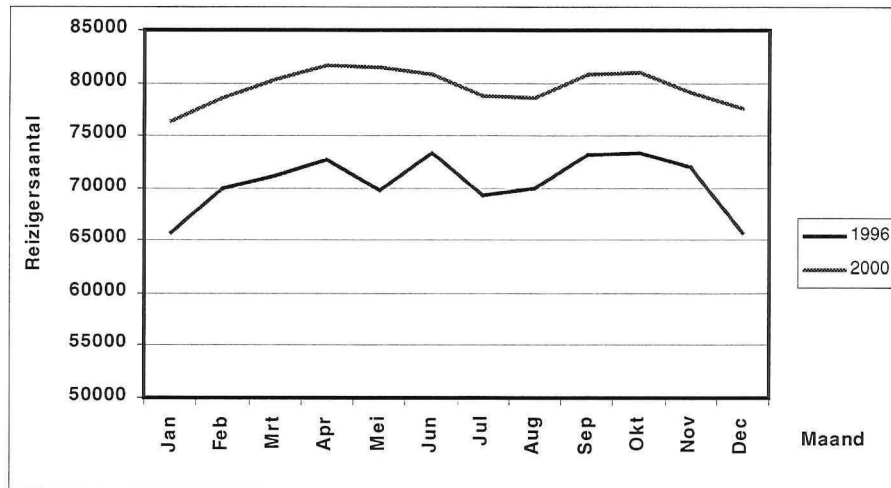
Figuur 3.1: Reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode van de dag (bron OVG 1999/2000).

- **Weekritme:** Het verloop van de vervoervraag van dag tot dag wordt sterk bepaald door de afwisseling van de mogelijke activiteiten. De waargenomen verkeersintensiteiten gedurende het weekeinde zijn geringer door het ontbreken van het woon-werkverkeer (zie figuur 3.2 voor de verdeling van het aantal reizigers per dag van de week).



Figuur 3.2: Absoluut gemeten gemiddelde reizigersaantallen per dag van de week van de jaartallen 1996 en 2000 (bron meetpunt Delft Zuid–Berkel en Rodenrijs).

- **Jaarritme:** Twee invloedsfactoren kunnen hierbij worden onderscheiden, enerzijds de seizoensinvloeden en anderzijds de sociaal-economische processen en de daarvan afgeleide sociaal-culturele activiteiten (zie figuur 3.3).



Figuur 3.3: Absoluut gemeten gemiddelde reizigersaantallen (van de werkdagen) per maand van het jaar van de jaartallen 1996 en 2000 (bron meetpunt Delft Zuid-Berkel en Rodenrijs).

- **Het verloop over de jaren:** Door de economische conjunctuur is er een continue stijging waarneembaar van de personenmobiliteit. Deze groei wordt voornamelijk veroorzaakt door economische processen zoals de stijging van de werkgelegenheid en de ontwikkeling van slaapsteden met hun geringe economische activiteiten.

Categorisering van het totale aantal verplaatsingen maakt de analyse naar het reizigersgedrag eenvoudiger waardoor de complexiteit van de ontwikkeling van het keuzemodel voor het vertrektijdstip wordt verlaagd. In Bijlage 7 zijn kerncijfers opgenomen van de verkeerssamenstelling en de ontwikkeling van de mobiliteit van Nederland. Uit de grafieken blijkt:

- Het gemiddelde aantal verplaatsingen per dag is de afgelopen 15 jaar nagenoeg ongewijzigd gebleven. In 1997 bedroeg dit 3,71 verplaatsingen per dag (bron CBS). Ook de gemiddelde totale reistijd per dag, over deze 15 jaar, is constant gebleven en bedroeg 70 minuten in 1997 (bron CBS).
- Door de gestegen gemiddelde reissnelheid (o.a door de introductie van snellere vervoerwijzen) is de gemiddelde verplaatsingsafstand wel toegenomen (bron CBS). De reissnelheid is gestegen ondanks de toename van de congestie (wat normaal gesproken resulteert tot een verlaging van de reissnelheid). Blijkbaar compenseert de introductie van snellere vervoerwijzen deze daling van de reissnelheid meer dan voldoende.
- 76% van het totale aantal verplaatsingen heeft een ritafstand kleiner dan 10 km (met een gemiddelde van 3,5 km).

De factor tijd is op de volgende onderdelen van de uit te voeren verplaatsing van groot belang:

- Elke activiteit, dus ook de verplaatsing zelf, kost tijd terwijl de totale beschikbaarheid hiervan beperkt is tot 24 uur per dag. Vaste activiteiten zoals slapen en eten zijn noodzakelijk zodat er maar een "beperkte" hoeveelheid tijd overblijft voor de uitvoering van de overige activiteiten.
- Enkele activiteiten zoals bijvoorbeeld winkelen, theaterbezoek en werken, dienen uitgevoerd te worden binnen bepaalde tijdsperioden. Dit betekent een inperking van de keuzevrijheid bij de uitvoering van deze activiteiten.
- In de meeste gevallen kan er maar één activiteit tegelijk worden uitgevoerd, waarbij de tijdsvolgorde van deze activiteiten redelijk vast ligt.

3.3 Spitsverbreding

Spitsverbreding is een term die veel gehanteerd wordt in het jargon van de verkeerskundige. Met spitsverbreding wordt het proces bedoeld waarbij de klassieke spitsperiode (in de jaren 90 van 7:30–8:30 uur) zich heeft “verbreed”, maar waarbij de absolute maximale waarde van deze piekperiode niet significant is gestegen. Door de beperkte capaciteit en een continue stijgende vervoersvraag wordt deze vraag “verdeeld” over een meerdere tijdsperioden.

3.3.1 Gedefinieerde tijdsperiode

Dit onderzoek richt zich op de verschuivingen van de reizigersaandelen als reactie op een toegenomen reisweerstand voor de oorspronkelijk gekozen vertrektijdperiode. Deze reisweerstandstoename heeft het grootste effect voor de spitsperioden omdat de reisweerstand afhankelijk is van de I/C-verhouding op het wegvak, en deze waarde al in de klassieke spitsperiode hoog is. Modellering van de spitsperioden heeft tevens de voorkeur vanuit politiek oogpunt. Door de hoge economische waarde van de spitsperioden resulteren de vertragingen in grote economische schade. De politiek streeft naar de verlaging van deze “schadekosten” door stimulering van de verschuiving van een gedeelte van de reizigers naar een eerdere of latere tijdsperiode.

Modellering van de ochtendspitsperiode omdat:

- De ochtendspits bestaat uit een vrij homogene groep reizigers (voornamelijk woon-werkverkeer). Het hoge percentage woon-werkverkeer maakt het mogelijk een eventueel gewenste vertrek- en aankomsttijd waar te nemen door de “vaste” aankomsttijden op het werk te definiëren als zijnde het gewenste aankomsttijdstip (zie paragraaf 3.5). Onderzoek naar de mogelijke relatie van de vertrektijdstipkeuze en het type werk (zie Bijlage 8) kan geconcludeerd worden dat part timers de voorkeur blijken te geven voor een ochtendbaan en voor beide type werknemers geldt dat er geen gefixeerde vertrek of aankomsttijd bestaat. De procentuele groei van het aandeel part timers is het afgelopen decennium 60% en dat is meer dan de procentuele groei van 7% van de full timers. Absoluut gezien vormt het aandeel part timers nog een gering aandeel (24%).
- De ochtendspitsperiode is “korter” en “heftiger” qua tijdsduur dan de avondspitsperiode, waardoor verondersteld wordt dat de eventuele aanpassing van het vertrektijdstip noodzakelijker is dan een vertrektijdstipaanpassing in de avondspitsperiode.

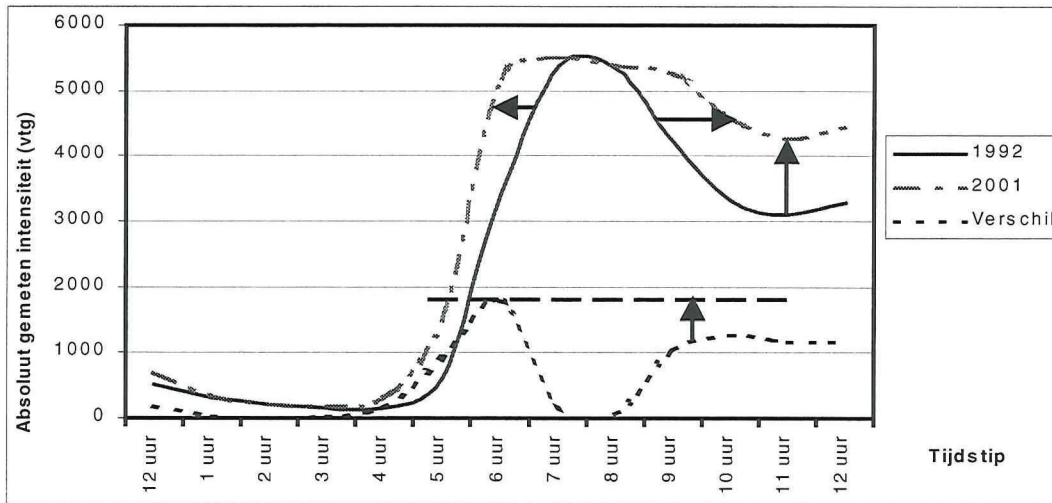
Voor een waarneembare analyse van de spitsverbreding op het HWN is wederom MTR teldata toegepast. Verondersteld is dat door vergelijking van twee intensiteitverdelingen van hetzelfde meetpunt, maar van verschillende jaren, de spitsverbreding waargenomen kan worden. Immers de stijging van de verkeersintensiteit heeft de optredende spitsverbreding gedeeltelijk veroorzaakt. Er is gekozen voor de vergelijking van de jaartallen 1992 en 2001 omdat dit een voldoende lange tijdsperiode is waarin zich een nieuw tijdelijke evenwicht heeft kunnen vormen. Na analyse van de MTR teldata kan geconcludeerd worden dat spitsverbreding slechts lokaal waarneembaar is. Uiteindelijk is het meetpunt Delft Zuid-Berkel en Rodenrijs geselecteerd.

3.3.2 Waarneembare spitsverbreding op het Nederlandse hoofdwegennet

Figuur 3.4 toont de groei van de gemiddelde verkeersintensiteit (van de werkdagen) per uur op de A13 (meetpunt Delft Zuid-Berkel en Rodenrijs, bron MTR teldata) van de jaren 1992 en 2001 voor de ochtendperiode van 0:00 tot 13:00 uur ‘s middags. Uit de grafiek blijkt dat:

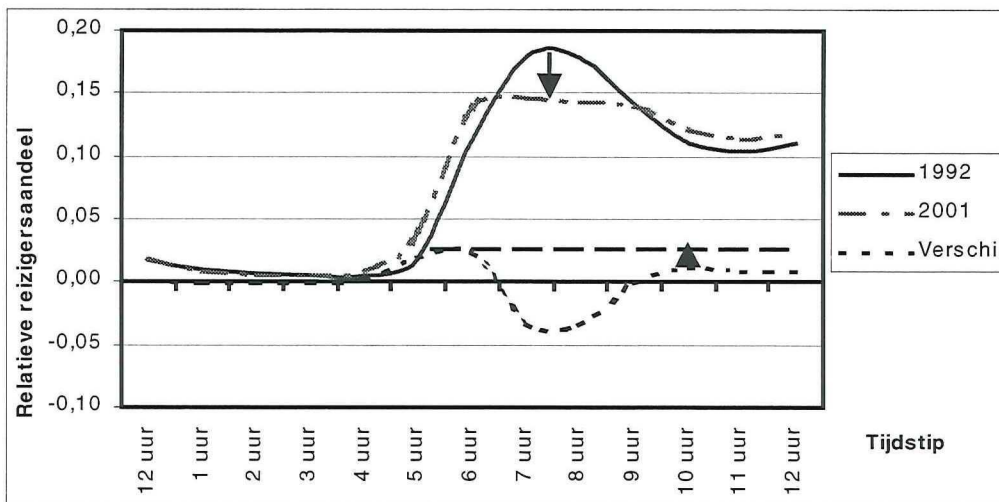
- De maximale verkeersintensiteit in de ochtendspitsperiode niet is toegenomen in negen jaar tijd. Blijkbaar was in 1992 de capaciteit al bereikt in de meest drukke tijdsperiode. Het spitspercentage is gedaald van 8.9 % naar 7.2 %. Het spitspercentage is gedefinieerd als de maximale uurintensiteit gedeeld door de totale verkeersintensiteit van 24 uur (in procenten).
- Naast de groei van de verkeersintensiteit in de spitsperiode blijkt ook de verkeersintensiteit in de dalperiode fors te zijn toegenomen. In 2001 blijkt dit zelfs gestegen te zijn tot een maximum van 82% van de capaciteit. Dit vergroot de congestiegevoeligheid van deze tijdsperiode.
- Verbreding van de spits vindt zowel naar een eerdere als een latere tijdsperiode plaats. In de grafiek is zichtbaar dat er in absolute waarde gezien, meer reizigers kiezen voor een tijdsperiode voor de klassieke tijdsperiode dan na de klassieke tijdsperiode.

- De intensiteitenverdeling van het jaar 2001 is bijna identiek aan de intensiteitverdeling van het jaar 1992. het verschil is dat de piekperiode vervangen is door een soort brede klokvorm waarbij de piek is verbreed.



Figuur 3.4: Absoluut gemeten gemiddelde verkeersintensiteiten (van de werkdagen) van 1992 en 2001 ter plaatse van het meetpunt Delft Zuid-Berkel en Rodenrijs, op de A13 (bron MTR teldata).

Voor de modellering van de spitsverbreding zijn niet alleen de absolute aantallen reizigers van belang, maar ook de reizigersaandeel ontwikkelingen per tijdsperiode (gedefinieerd als het aantal reizigers per tijdsperiode gedeeld door het totale aantal reizigers) Figuur 3.5 toont de gemiddelde reizigersaandelen (van de werkdagen) per tijdsperiode van hetzelfde meetpunt.



Figuur 3.5: Absoluut gemeten gemiddelde reizigersaandelen (van de werkdagen) per tijdsperiode van 1992 en 2001 ter plaatse van het meetpunt Delft Zuid-Berkel en Rodenrijs, op de A13 (bron MTR teldata).

Uit deze grafiek blijkt dat:

- De piekperiode van de klassieke spitsperiode (met een reizigersaandeel van 0,18) is verlaagd tot een reizigersaandeel onder de 0,15. Er treedt een waarneembare afvlakking van de klassieke spitsperiode op.
- Wederom is goed zichtbaar dat een eerder vertrektijdstip de voorkeur heeft boven een later vertrektijdstip (de toename van het reizigersaandeel voor de klassieke spitsperiode is hoger dan de toename na de klassieke spitsperiode).

Omdat beide grafieken slechts de gemiddelde waarden tonen, vormt dit onvoldoende onderbouwing om de beide curven significant verschillend van elkaar te mogen veronderstellen. Deze

controleberekeningen zijn opgenomen als Bijlage 8. Geconcludeerd kan worden dat zowel de gemiddelde waarde als de standaard deviatie van de beide jaren significant verschillend zijn.

3.3.3 Oorzaken spitsverbreding

Traditioneel was de ochtendspitsperiode tussen 07:30 – 08:30 uur 's ochtends op het HWN, maar het laatste decennium wordt deze piekvorm steeds minder extreem t.o.v. aangrenzende tijdsperiodes, en steeds vlakker (spitsverbreding). Spitsverbreding kan verklaard worden vanuit enerzijds de vraag- en anderzijds de aanbodkant.

De vraagkant

Aan de vraagkant kunnen twee processen worden onderscheiden:

- Een grote groei van het niet-woon-werkverkeer in de niet-spitsperiodes, en wijzigingen van het werktipe (o.a. een relatief sterke toename van de flexibele werktijden en het aantal part timers, zie tevens Bijlage 3). Deze processen leiden tot een grotere groei van de verkeersintensiteiten buiten de spitsperiode dan in de spitsperiode. Verwacht mag worden dat deze socio-economische trends continu zijn, maar wel een nog onbekend maximum hebben.
- Het tweede proces wordt veroorzaakt door de actieve dan wel passieve reiziger. Actieve reizigers zullen hun vertrektijdstip bewust aanpassen om de toegenomen congestie te ontwijken. Dit kan zowel een micro- als een macroverschuiving zijn (zie paragraaf 2.2.4). Passieve reizigers zullen hun vertrektijdstip niet aanpassen maar zullen door de toegenomen congestie hun reistijd en kosten zien stijgen waardoor zij langer in de spitsperiode reizen en ook later arriveren op de plaats van bestemming i.v.m een gedefinieerde basissituatie. Analysematig wordt de complexiteit hierbij verhoogd doordat reizigers zowel actief als passief kunnen optreden.

De aanbodkant

De capaciteit van de wegvakken vormt de aanbodkant. Doordat de vervoersvraag sterker is gegroeid dan het aanbod aan capaciteit is er de afgelopen twee decennia bijna op een natuurlijke wijze een verbreding van de spitsperiode opgetreden. Vooral de ongelijke verhouding tussen de groei van de vervoersvraag en de capaciteit vormt de belangrijkste oorzaak van de waarneembare spitsverbreding.

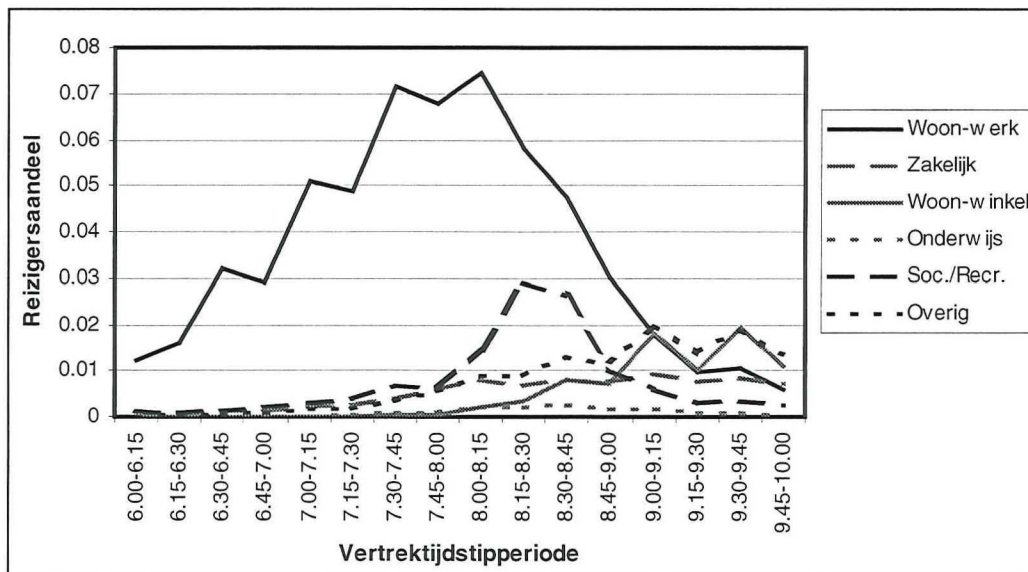
3.4 Verplaatsingspatronen van de gedefinieerde ochtendspitsperiode

3.4.1 Verkeerssamenstelling tijdens de ochtendspitsperiode

Analyse van het verkeer is noodzakelijk omdat o.a. Tacken & de Boer (Bijlage 1) concludeerden dat er verschillen in het aanpassingsgedrag te verwachten zijn naar o.a. het reizigersmotief en de ritafstand van de verplaatsing. Als Bijlage 9 is een uitgebreide analyse toegevoegd van de samenstelling van het verkeer met vertrektijdstip tussen 6:00-10:00 uur. MTR teldata is ongeschikt om de samenstelling van het verkeer te analyseren omdat er geen kenmerken van de passerende reizigers worden genoteerd. Het OVG (zie paragraaf 2.4.1) leent zich uitstekend voor analyses naar de verplaatsingspatronen van reizigers in Nederland omdat van de geselecteerde reizigers diverse kenmerken worden opgenomen. Deze paragraaf beschrijft eerst de verkeerssamenstelling van het jaar 2000, waarna in het tweede gedeelte een eventuele verschuiving van het vertrektijdstip zal worden geanalyseerd. Reizigers zijn geselecteerd indien aan de volgende voorwaarden is voldaan:

- Vertrektijdstip tussen 6:00-10:00 uur 's ochtends,
- De auto als modaliteit gebruiken,
- De verplaatsing dient uitgevoerd te zijn in het jaar 2000 op een werkdag,
- De herkomst van de verplaatsing is de woning.

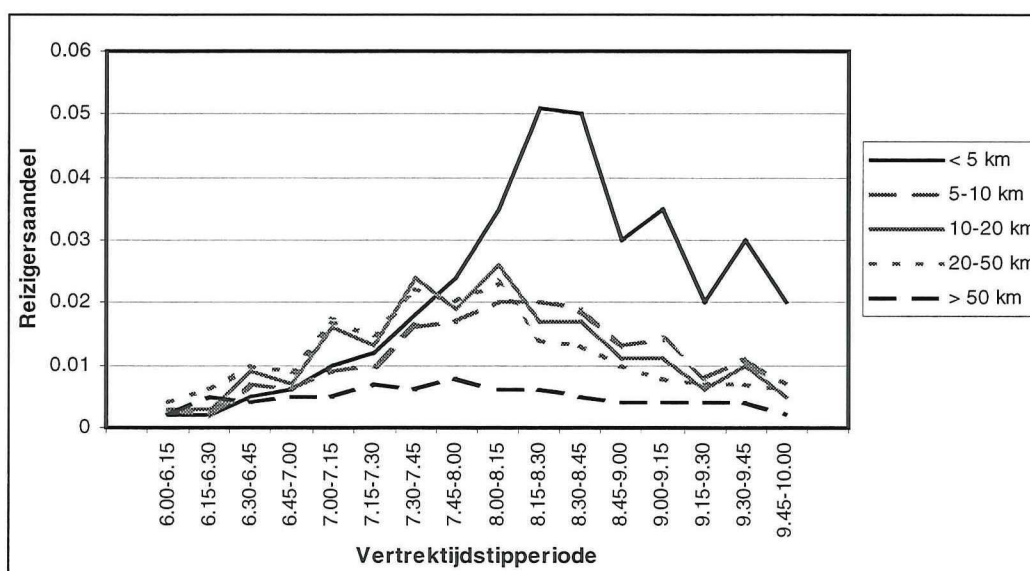
Van elke reiziger die geselecteerd wordt het reizigersmotief en de ritafstand genoteerd. Voor de analyse zijn vertrektijdstipperperiodes toegepast van 15 minuten. Per vertrektijdstipperperiode wordt het absolute reizigersaandeel bepaald door het aantal reizigers te delen door het totale aantal reizigers. De figuren 3.6 en 3.7 tonen de absolute reizigersaandelen (naar het aantal verplaatsingen) uitgesplitst naar reizigersmotief respectievelijk ritafstand.



Figuur 3.6: Absolute reizigersaandelen (naar het aantal verplaatsingen) naar reizigersmotief voor de autoreizigers met vertrektijdstip tussen 6:00-10:00 uur 's ochtends (bron OVG, jaar 2000)

Het woon-werkverkeer kent als afgeleide van de arbeidsorganisatie een sterke mate van piekvorming. Ondanks het geringe aandeel van 20% van het totale aantal verplaatsingen en 25% van het totale aantal afgelegde reizigerskilometers (zie Bijlage 9) blijkt het reizigersaandeel woon-werkverkeer het grootste reizigersaandeel (58%) te hebben van de ochtendspitsperiode. Woon-werkverkeer is van groot belang vanwege de grote economische betekenis voor de maatschappij, om de grote invloed op het overige verplaatsingspatronen van de reizigers (mede veroorzaakt door de congestie als ook door de resterende keuzevrijheid van reizigers). Een tweede verklaring is de ruimtelijke structurerende invloed (een goede bereikbaarheid is voor veel bedrijven één van de eerste factoren waar gekeken naar wordt indien men de keuze van een nieuwe vestigingsplaats overweegt). De grafiek toont duidelijk dat reizigers met een ander reizigersmotief pas rond 8:00 uur vertrekken. Het maximale absolute reizigersaandeel blijft echter gering en alleen in het laatste uur is het woon-werkverkeer reizigersaandeel lager dan bijvoorbeeld de reizigersmotieven overig en woon-winkel. Uit de curven kan wel worden geconcludeerd dat reizigers moeite hebben met het exact definiëren van hun vertrektijdstip (ongelijkmatige verloop van de reizigersaandelen). Het is aannemelijk dat er daadwerkelijk dergelijke “sprongen” van de reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode optreden.

Naast het onderscheid naar reizigersmotief is tevens onderscheid gemaakt naar ritafstandsklassen. Indien verondersteld wordt dat er werkelijk een *PAT* bestaat, dan vertrekken de reizigers van de verschillende klassen dus op verschillende tijdstippen. Deze veronderstelling kan onderbouwd worden middels een analyses waarbij de totale groep reizigers geclassificeerd is in vijf ritafstandsklassen. De klasse-indeling is op deze wijze gedefinieerd omdat dit duidelijk afgebakende klassen zijn waarbij de reiziger andere keuzen kan maken.



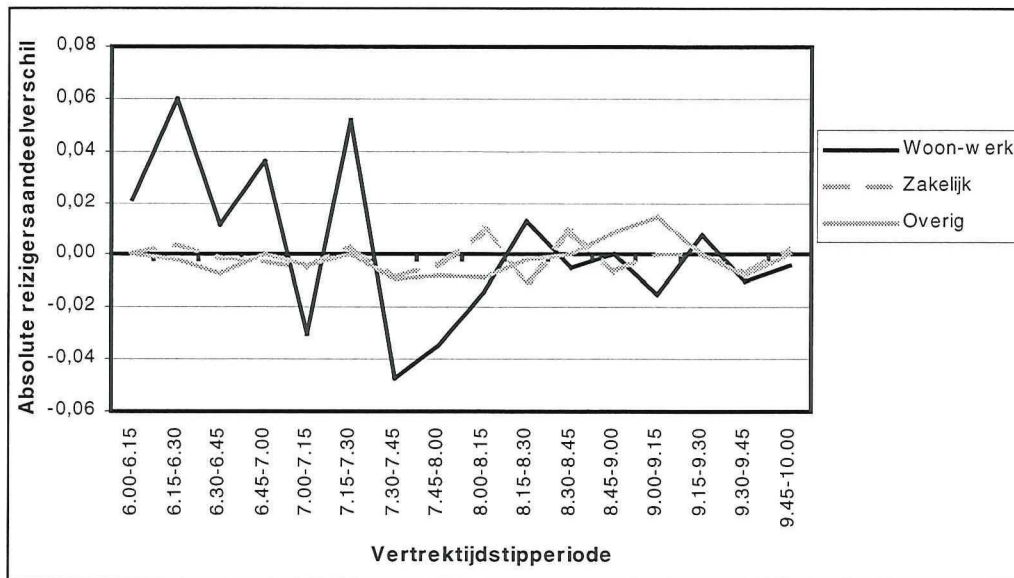
Figuur 3.7: Absolute reizigersaandelen (naar het aantal verplaatsingen) naar ritafstandklasse voor de autoreizigers met vertrektijdstip tussen 6:00-10:00 uur 's ochtends (bron OVG, jaar 2000)

Na analyse kan worden geconcludeerd dat een relatief groot aandeel (35% van het totale aantal verplaatsingen), ondanks de modaliteitskeuze auto, korte verplaatsingen maakt die vooral in opkomst zijn na 7:30 uur. Alle vijf de reizigersaandeelcurven hebben ongeveer dezelfde basisvorm. De reizigers met de kortere ritafstanden hebben wel een voorkeur voor de latere vertrektijdstipperiodes. Opmerkelijk is dat de ritafstandklassen 5-10 km, 10-20 km en 20-50 km geen significant ander vertrektijdstippatroon hebben. Verwacht was dat de langere verplaatsingen voornamelijk in de vroegere uren van de ochtend zouden worden gemaakt, dit blijkt niet onderbouwd te kunnen worden. In combinatie met figuur 3.6 kan geconcludeerd worden dat de kortere verplaatsingen voor een groot gedeelte worden veroorzaakt door de niet woon-werk reizigersmotieven.

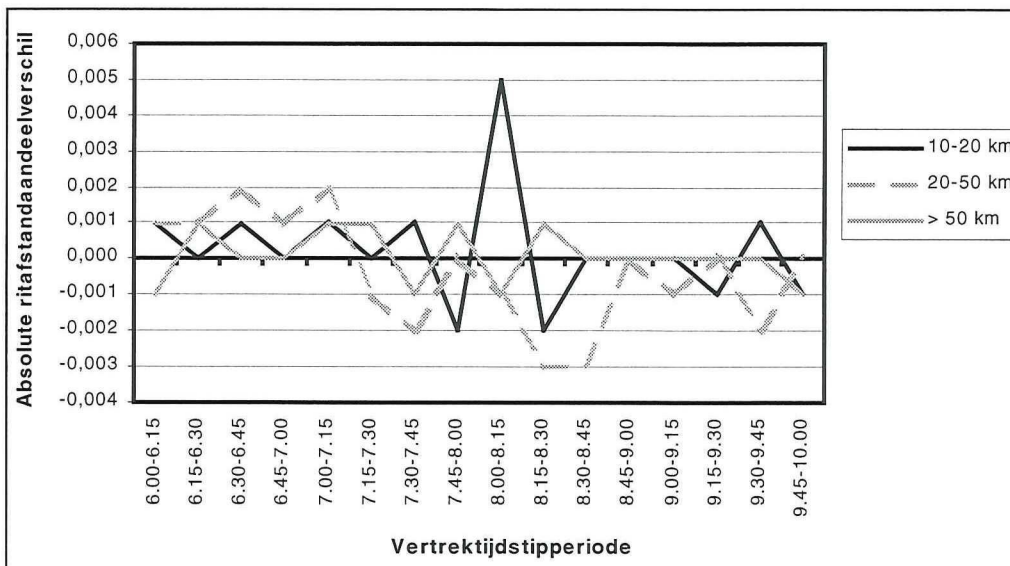
3.4.2 Waarneembare verschuivingen naar reizigersmotief en ritafstandklassen

De verkeersintensiteiten van 1992 en 2001 op de A13 vormde de eerste onderbouwing dat het proces spitsverbreding daadwerkelijk waarneembaar is. De tweede stap is het aantonen van significante verschillen tussen de vertrektijdstippatronen van een groep reizigers van twee jaren. Door toepassing van het OVG dient wel opgemerkt te worden dat de dataselecties nooit dezelfde reizigers bevat door de omvang van de dataset in combinatie met de wegings- en ophoogfactoren die het OVG hanteert, kunnen echter twee datasets met elkaar worden vergeleken.

Voor de vergelijking is wederom onderscheid gemaakt naar reizigersmotief en ritafstandsklassen. De reizigersmotieven woon-winkel, onderwijs en sociaal-recreatief zijn niet samengevoegd met het reizigersmotief overig. Hiervoor is gekozen omdat deze reizigersmotieven dergelijke kleine reizigersaandelen hebben dat er geen waarneembare verschuivingen zullen optreden in de modelresultaten. Voor de ritafstandsklassen is tevens verondersteld dat de laagste twee klassen niet gebruik zullen maken van het HWN waar de hoge I/C-verhoudingen optreden. De figuren 3.8 en 3.9 tonen de absolute reizigersaandeelverschillen naar reizigersmotief respectievelijk ritafstandsklassen tussen de jaren 1996 en 2000. Er is een vergelijking gemaakt tussen de jaren 1996 en 2000 omdat de hiervoor benodigde datasets voorhanden waren. Bovendien zijn in 1993 enkele wijzigingen aan het OVG-onderzoek uitgevoerd waardoor de hierbij bepaalde dataset niet meer vergelijkbaar is met de dataset van het jaar 2000. In 1999 is er wijziging in de reizigersmotiefklassen toegepast wat echter geen consequenties heeft voor dit onderzoek.



Figuur 3.8: Absolute reizigersaandeelverschillen (naar het aantal verplaatsingen) naar reizigersmotief voor de autoreizigers met vertrektijdstip tussen 6:00-10:00 uur (bron OVG, jaar 1996, 2000).



Figuur 3.9: Absolute reizigersaandeelverschil (naar het aantal verplaatsingen) naar ritafstandklasse voor de autoreizigers met vertrektijdstip tussen 6:00-10:00 uur (bron OVG, jaar 1996, 2000).

Bij de afgebeelde verschuivingen dient wel opgemerkt te worden dat er niet alleen verschuivingen per reizigersmotief maar ook tussen de verschillende reizigersmotiefaandelen onderling optreden (zie tabel 3.1). Vergelijking van de absolute reizigersaandelen kan hierdoor tot een vertekend beeld resulteren.

Jaartal	Reizigersmotief			Ritafstandsklasse		
	Wo-We	Zakelijk	Overig	10-20 km	20-50 km	> 50 km
1996	0.576	0.065	0.359	0.192	0.196	0.075
2000	0.583	0.081	0.336	0.198	0.192	0.077
Groei (2000-1996)	+ 0.007	+ 0.016	- 0.023	+ 0.006	- 0.004	+ 0.002
Groei (%)	+ 1.22	+ 24.62	- 6.41	+ 3.13	- 2.04	+ 2.61

Tabel 3.1: Absolute en procentuele groei van het verkeer in de gedefinieerde ochtendspitsperiode naar reizigersmotief en ritafstandsklasse.

Uit tabel 3.1 kan geconcludeerd worden dat de afgebeelde verschuivingen tussen 1996 en 2000 in de grafieken 3.8 en 3.9, alleen voor de reizigersmotieven zakelijk en overig niet representatief zijn (de procentuele groei van deze reizigersmotieven is te groot om de beide reizigersverdelingen te kunnen vergelijken). De reizigersmotieven woon-werk en zakelijk drukken het reizigersmotief overig uit de ochtendspitsperiode. Door de relatieve groei van verkeersintensiteit t.o.v. de capaciteit wordt het niet verplichte reizigersaandeel verschoven naar een andere vertrektijdstipperiode. De groei naar ritafstandsklassen zijn erg gering en niet significant verschillend.

Voor beide grafieken kan geconcludeerd worden dat de berekende verschuivingen per vertrektijdstipperiode, door de te "kort durende" vertrektijdstipperiodes veel schommelingen tonen. De verschuivingen naar reizigersmotief zijn significant in tegenstelling tot deze naar ritafstandsklasse. Het woon-werkverkeer heeft een duidelijke voorkeur voor de vroegere vertrektijdstipperiodes terwijl de reizigersaandelen in de klassieke vertrektijdstipperiodes afnemen. Het overige verkeer heeft een lichte voorkeur voor de latere vertrektijdstipperiodes, en het zakelijke reizigersmotief lijkt weinig aanpassingen van het vertrektijdstip uit te voeren. Naast een geringe groei tonen de reizigersaandelen naar ritafstandsklasse geen significant verschillende vertrektijdstipkeuze.

3.5 Bepaling van het gewenste vertrek- en aankomsttijdstippatroon

De meeste keuzemodellen voor het vertrektijdstip veronderstellen een gewenst vertrek- en aankomsttijdstip (*PDT* en *PAT*). Vickrey, Henderson en Arnott veronderstelden zelfs dat dit een gefixeerd tijdstip is. De Palma, van Vuren en Hyman veronderstelden daarentegen een gewenst tijdsinterval. Exacte definiëring van dit tijdstip of tijdsinterval is echter nergens volledig beschreven. Bij toepassing van een tijdsinterval worden alle aankomsten binnen dit tijdsinterval gelijk gewaardeerd. Dit heeft als nadeel dat er geen inzicht wordt verschaft in de reizigersverdeling binnen dit gedefinieerde tijdsinterval. Hierdoor kunnen verschuivingen van meer dan één uur worden berekend (afhankelijk van de lengte van het tijdsinterval) die in werkelijkheid slechts tien minuten bedraagt. Per definitie dient vermeld te worden dat definiëring lastig is, omdat er in werkelijkheid geen sprake is van "de gewenste situatie", maar altijd van één van de gewenste situaties. Verkeer is immers een dynamisch proces, dat iedere dag wijzigt. Definiëring van een *PAT* en een *PDT* heeft door toepassing van OVG drie nadelen.

3.5.1 Nadeel 1: Bepaling bij toepassing van een RP-dataset

Alle keuzemodellen modelleren een verschuivingen van de reizigersaandelen t.o.v. een gedefinieerde gewenste basissituatie (definiëring van een *PAT* en een *PDT*). De gebruikte RP-dataset toont het werkelijke uitgevoerde keuzegedrag, en niet het gewenste keuzegedrag zoals dat d.m.v. een SP-dataset eventueel bepaald kan worden (deze databron vormt echter geen garantie). Definiëring is hierdoor eigenlijk per definitie incorrect, er dient dan ook gesproken te worden van één van de gewenste situaties.

3.5.2 Nadeel 2: Bepaling van beide tijdstippen op hetzelfde moment

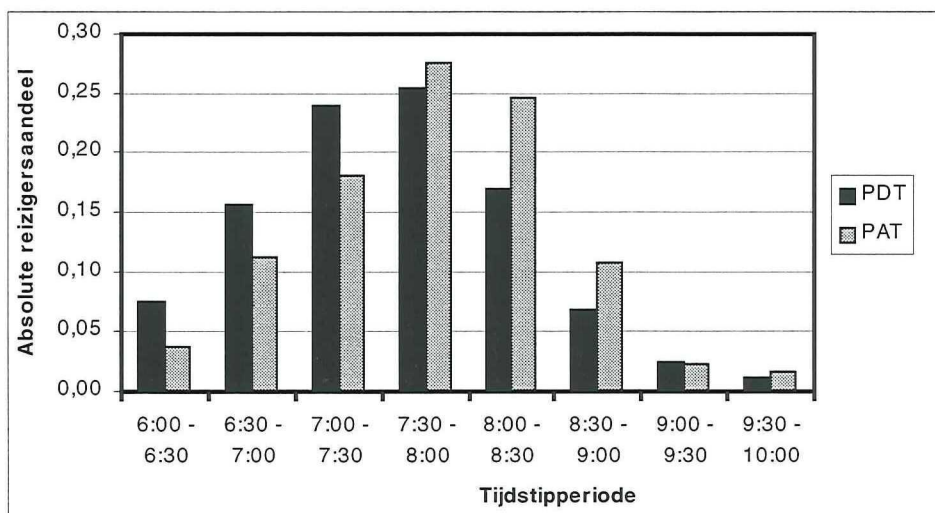
Toepassing van de RP-databron heeft daarbij het probleem dat beide tijdstippen niet op hetzelfde moment kunnen worden gedefinieerd. Het is namelijk niet te bepalen of een reiziger een aanpassing heeft gemaakt t.o.v. zijn gedefinieerde *PAT* of *PDT*. Indien reiziger X representatief is voor de gewenste situatie dan kunnen de tijdsverschillen (penalty) van het vertrek- en aankomsttijdstip van reiziger Y op vier wijzen worden berekend (zie tabel 3.2).

Kenmerken	VT	<i>PDT</i>	AT	<i>PAT</i>	Penalty t.o.v. <i>PDT</i> = 6:50 uur	Penalty t.o.v. <i>PDT</i> = 7:00 uur	Penalty t.o.v. <i>PAT</i> = 8:00 uur	Penalty t.o.v. <i>PAT</i> = 8:10 uur
Reiziger								
Reiziger X	7:00	7:00	8:00	8:00	-	-	-	-
Reiziger Y	6:50		8:10		0	- 10	0	+ 10

Tabel 3.2: Berekeningsvoorbeeld van de penalty (minuten) bij toepassing van zowel een *PAT* als een *PDT*.

3.5.3 Nadeel 3: Definiëring van het *PAT* en *PDT* (interval)

Het gefixeerde *PAT* en *PDT* kan in principe eenvoudig worden omschreven als de tijdstipperiode met het grootste reizigersaandeel. Definiëring van het *PAT* en/of *PDT* tijdsinterval is gecompliceerder omdat de literatuur geen grenzen beschrijft van deze verkeerssituaties. Voor de jaartallen 1999 en 2000 te samen (om voldoende data te genereren), is getracht het *PAT* en *PDT* te definiëren. Hiervoor zijn alle reizigers geselecteerd die tussen 6:00-10:00 uur 's ochtends vertrekken vanuit de woning in de maanden juli/augustus. De maanden juli/augustus zijn gedefinieerd als de gewenste verkeerssituatie omdat verondersteld is dat in deze situatie de reizigers hun gewenste vertrek- en aankomsttijdstippenpatroon kiezen vanwege de "lage" verkeersintensiteit. Aangemerkt dient echter te worden dat de geselecteerde dataset van reizigers een andere samenstelling kent dan een dataset van de overige maanden van het jaar⁵. De geselecteerde verplaatsingen zijn uitgevoerd in de provincies Friesland, Groningen, Drenthe, Zeeland en Limburg. Figuur 3.10 toont het bepaalde vertrek- en aankomsttijdstippenpatroon van de reizigers.



Figuur 3.10 toont het bepaalde *PAT* en *PDT* van de volgende groep geselecteerde reizigers (bron OVG, 1999 en 2000).

De figuur toont duidelijk dat er geen duidelijk gefixeerd *PAT* en *PDT* gedefinieerd kan worden (in dit geval is zelfs de tijdsperiode met het grootste aandeel identiek voor zowel het vertrek- als aankomsttijdstip). Een tijdsinterval definiëren is ook lastig omdat de grenzen niet te bepalen zijn.

⁵ Dit vormt direct één van de nadelen van de toepassing van een *PAT* en een *PDT*. In principe dienen voor de gewenste en de gewijzigde verkeerssituatie dezelfde groep reizigers te worden geselecteerd. Dit is echter onmogelijk door toepassing van het OVG.

4. Afbakening van het onderzoek

De eerste drie hoofdstukken van dit rapport beschrijven het uitgevoerde literatuuronderzoek en de eerste analyses naar de ontwikkeling van spitsverbreding op het HWN. De eerste paragraaf beschrijft de afbakening van het onderzoek waarbij gebruik is gemaakt van de hoofdstukken 2 en 3. Een beknopt overzicht in tabelvorm wordt getoond in paragraaf 4.2. In paragraaf 4.3 is het opgestelde Programma van Eisen opgenomen. De laatste paragraaf beschrijft de geformuleerde doelstellingen van het onderzoek.

4.1 Afbakening van het onderzoek

In hoofdstuk 1 zijn reeds de uitgangspunten voor dit onderzoek geformuleerd. Tijdens de literatuurstudie zijn diverse analyses uitgevoerd waardoor het onderzoek scherper afgebakend kan worden. Deze paragraaf beschrijft puntsgewijs de diverse onderdelen die van belang worden geacht bij de afbakening van het onderzoek.

4.1.1 Toegepaste databron

Voor dit onderzoek waren alleen RP-databronnen beschikbaar. Rijkswaterstaat beschikt over een eventueel goed bevonden SP-databron, maar die is niet openbaar. De meest voor dit onderzoek toegepaste databron is het Onderzoek VerplaatsingsGedrag (OVG). Door zijn grote omvang kunnen algemene gedragskenmerken worden bepaald op basis van het genoteerde individuele uitgevoerde keuzegedrag van een geselecteerde groep reizigers.

4.1.2 Type keuzemodel voor het vertrektijdstip

In de literatuur zijn twee type keuzemodellen te onderscheiden (zie paragraaf 2.3). Voor de uitwerking van het onderzoek is gekozen om een verschuivingsmodel te ontwikkelen en geen vertrektijdstipkeuzemodel. Deze keuze wordt onderbouwd doordat uit de eerste analyses is gebleken dat een *PDT* en *PAT* patroon niet te definiëren is (een vertrektijdstipkeuzemodel veronderstelt dit als één van de basisaannamen). De toegepaste databron (OVG) is hiernaast ook niet geschikt bevonden voor deze definitie (zie paragraaf 3.5). Als Bijlage 10 is de ontwikkeling van een vertrektijdstipkeuzemodel beschreven.

4.1.3 Vertrektijdstip/vertrektijdstipperiode

De meest belangrijke motivatie voor de modellering in discrete tijdsperioden is dat er gekozen is voor een verschuivingsmodel. Dit type keuzemodel maakt een aanpassing op een continue tijdsschaal in principe onmogelijk. Theoretisch is het wel mogelijk, maar het probleem wordt veroorzaakt doordat van de gedefinieerde basissituatie naast de reisweerstand per vertrektijdstip ook het reizigersaandeel bekend dient te zijn. De figuren 3.6 en 3.7 tonen duidelijk dat classificatie van vertrektijdstipperiodes van 15 minuten te scherp is voor een "vloeiend" verloop van de reizigersaandelen. Een derde verklaring vormt het onderzoek van Batley (2002) waarbij geconcludeerd werd dat zelfs in een ongestoorde verkeerssituatie reizigers vertrekken met een variantie van 5 minuten.

4.1.4 Definiering van de maatgevende situaties

Voor de berekening van de verschoven reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode dienen een basis- en prognosesituatie bepaald te worden (gebaseerd op de theorie van het OGM). Voor de uitwerking van het onderzoek worden deze situaties gedefinieerd als de congestievrije en congestierijke situatie.

4.1.5 Sequentiële/simultane modellering

Voor de modellering van de aanpassing van het vertrektijdstip is het gebruik van een bestaand of fictief verkeersmodel noodzakelijk. Dit keuzeproces kan simultaan worden gekoppeld met een ander keuzeproces binnen het totale verkeersmodel of losstaand (sequentieel) worden toegevoegd. Vanwege de grote complexiteit van het te ontwikkelen keuzemodel zelf, is gekozen voor een sequentiële ontwikkeling en modellering van de aanpassing van de vertrektijdstipkeuze. Dit heeft als grote nadeel dat mogelijke "simultane keuzeprocessen" met bijvoorbeeld de routekeuze, niet correct gemodelleerd kunnen worden (zie paragraaf 2.2.3).

4.1.6 Reizigerstypen

Reeds uitgevoerd onderzoek heeft aangetoond dat er diverse reizigerstypen kunnen worden onderscheiden, die allen een ander aanpassingsgedrag vertonen (Tacken & de Boer 1990). Door analyse van de te gebruiken datasets zal het aantal te onderscheiden reizigerstypen moeten worden onderbouwd (een mogelijkheid biedt het reizigersmotief en de ritafstandsklassen). Er zal geen onderscheid worden gemaakt naar reizigerstype in de vorm van ervaren/onervaren reizigers omdat het OVG hier geen geschikte databron voor is. Tevens zal ook geen onderscheid worden gemaakt naar het type huishoudelijke situatie omdat dit onderscheid bij slechts weinig operationele verkeersmodellen wordt toegepast.

4.1.7 Uitwerkingsmethodiek

Na de uitgevoerde literatuurstudie bleek er onderscheid te kunnen worden gemaakt naar de volgende twee uitwerkingsmethoden die toepasbaar zijn voor dit onderzoek:

- Beschrijvingswijze:
 - Vertrektijdstipkeuze toekennen aan een bepaalde vervoerwijze/reizigersmotief.
 - Aanpassing van het vertrektijdstip op basis van reistijd versus het verwachte reistijdverlies (scheduled delay).
- Benaderingswijze:
 - Theoretisch: wat is de wiskundige opbouw van de vertrektijdstipkeuze, welke variabelen worden van belang geacht.
 - Experimenteel: wat is de vertrektijdstipkeuze voor een bepaald populatie reizigers van bijvoorbeeld een gebied of een reizigersmotief.
 - Praktisch: wat is de meest correcte modelleringsmethode zodat de gemodelleerde vertrektijdstippatronen het beste overeenkomen met de werkelijk bepaalde vertrektijdstippatronen.

Gecombineerd resulteert dit tot een drietal uitwerkingsmogelijkheden, te weten:

- Literatuuronderzoek naar de invloedsfactoren van de vertrektijdstipkeuze en/of reeds ontwikkelde keuzemodellen verder detailleren.
- Veldwerk en enquêtes uitvoeren om de waarderingsfactoren van de opgestelde variabelen op de vertrektijdstipkeuze te bepalen.
- Praktisch werk, door een reeds ontwikkelt keuzemodel toe te passen op een casestudie.

Er is gekozen voor een tussenvorm van de uitwerkingsmogelijkheden 1 en 2 omdat er in de literatuur geen perfect operationeel keuzemodel beschikbaar bleek, en er onvoldoende tijd was voor de uitvoering van veldwerk en/of een enquête.

4.2 Overzicht afbakening van het onderzoek

Tabel 4.1 toont het overzicht van de meest van belang geachte afbakeningsgrenzen voor dit onderzoek.

Omschrijving	Keuze
Toegepaste databron	RP-databron (OVG)
Type Keuzemodel	Verschuivingsmodel
Stapegrootte modellering van het vertrektijdstip	Discrete tijdsperioden
Definiering van de maatgevende situaties	Congestievrije en congestierijke situatie
Implementatieplaats van het keuzemodel	Sequentieel
Reizigerstypen	Reizigersmotief, ritafstandsklassen
Uitwerkingsmethodiek	Literatuurstudie en keuzemodel opstellen

Tabel 4.1: Overzicht van de meest van belang geachte afbakeningsgrenzen voor dit onderzoek

4.3 Programma van Eisen

4.3.1 Algemeen Programma van Eisen

De geformuleerde eisen kunnen in de volgende categorieën worden onderverdeeld:

- De theoretische modelinhoud van het vertrektijdstipkeuzemodel (TM).
- Het te gebruiken verkeersmodel voor de modellering van de verkeersstromen en de berekening van de werkelijke reisweerstand (V).
- Het studiegebied met het bijbehorende verkeersnetwerk en verkeer (SV).
- Modelinvoer verkeersmodel / vertrektijdstipkeuzemodel (MIV/MIT).
- Modeluitvoer verkeersmodel / vertrektijdstipkeuzemodel (MUV/MUT).

4.3.2 Theoretische modelinhoud vertrektijdstipkeuzemodel

Door de keuze voor een sequentiële modellering zijn de volgende eisen opgesteld t.a.v. de inhoud van het te gebruiken verkeersmodel:

- TM1 Modellering van het aantal vertrekken voor de ochtendspitsperiode van 06:00 – 10:00 uur, waarbij de totale tijdsperiode opgesplitst wordt in discrete tijdsintervallen (lengte van het tijdsinterval dient nog nader bepaald te worden).
- TM2 Onderscheid naar minimaal drie reizigersmotieven, te weten woon –werk, zakelijk en overig. Uit een eerste analyse van het OVG (zie ook figuur 2.3) blijken deze reizigersmotieven de grootste aandelen te hebben in de ochtendspitsperiode. Voor het te kiezen studiegebied dienen deze aandelen gecontroleerd en eventueel aangepast te worden.
- TM3 Heterogeniteit naar ritafstand van de verschillende “categorieën” reizigers.
- TM4 Reizigers dienen op basis van een nog op te stellen kostenfunctie hun vertrektijdstip te kiezen, waarbij de kostenfunctie geminimaliseerd dient te worden. In deze kostenfunctie dienen naast de reisweerstand, diverse penalty's te worden verrekend (een gewijzigde vertrek- en aankomsttijdstip en optioneel ook toelasten).
- TM5 Heterogeniteit van de waarderingskosten voor de toegepaste variabelen.

4.3.3 Onderliggende verkeersmodel

- V1 De voorkeur gaat uit naar een dynamisch verkeersmodel o.a. vanwege de tijdsafhankelijke netwerk- en verkeerscondities, en de opsplitsing van de tijd in tijdsperioden, wat een aanpassing van het vertrektijdstip eenvoudiger maakt. Het gebruik van een statisch verkeersmodel dient echter wel mogelijk te zijn door aggregatie van de invoer- en uitvoerdata (in principe kan per te onderscheiden tijdsperiode een run worden gedraaid waarna eventuele verschuivingen kunnen worden berekend).
- V2 Het verkeersmodel dient congestie te modelleren waardoor de reisweerstand toeneemt.
- V3 Ieder voertuig dient individueel of in groepen te kunnen worden gemodelleerd (micro- of mesoscopisch).
- V4 Het verkeersmodel dient niet te beperkt te zijn qua netwerkvang en de hoeveelheid invoerdata (zie ook eis SV1).
- V5 Het verkeersmodel dient een routekeuzemodel te bevatten (het vertrektijdstipkeuzemodel zelf berekent alleen de verschuivingen naar vertrektijdstip en niet naar routekeuze).

4.3.4 Studiegebied / verkeersnetwerk

- SV1: Aanpassing van het vertrektijdstip vindt thuis plaats en niet halverwege de rit. Hiervoor is het noodzakelijk dat een groot percentage van het verkeer binnen het studiegebied zijn herkomst en bestemming heeft (dit percentage dient nog bepaald te worden). Eventueel kunnen door een uitbreiding van het vertrektijdstipkeuzemodel ook langere ritten die buiten het studiegebied vallen, worden gemodelleerd.
- SV2 Door de toenemende congestie op het HWN in de Randstad, is een aanpassing van het vertrektijdstip voor veel reizigers noodzakelijk om op tijd de plaats van bestemming te bereiken of om de congestie te ontwijken uit andere overwegingen. Op de rustigere delen van het HWN en het onderliggende wegennet (OWN) is aanpassing van het vertrektijdstip nauwelijks noodzakelijk. Voor de modellering van de aanpassing van het vertrektijdstip zijn

dan ook alleen de drukkere delen van het HWN van belang. Vanzelfsprekend zijn wel de bijbehorende op- en afritten opgenomen van het studiegebied.

- SV3 Van het studiegebied dienen voor de betreffende herkomst- en bestemmingsrelaties de totale vervoersvragen voor de ochtendspitsperiode van 06:00 - 10:00 uur beschikbaar te zijn. Voor de controle van de uiteindelijke modelresultaten is op een aantal plaatsen de intensiteitsverdeling noodzakelijk. Deze verdeling dient opgedeeld te kunnen worden in discrete tijdsperioden van maximaal 30 minuten. Deze maximale tijdsduur is gesteld omdat verondersteld is dat bij grotere tijdsperioden het haast onmogelijk is om een aanpassing van het vertrektijdstip te modelleren. Het grootste percentage reizigers dat zijn vertrektijdstip aanpast doet dit met minder dan 30 minuten (EPSRC 1999, zie ook paragraaf 2.5).
- SV4 Voldoende gedragsgegevens moeten beschikbaar zijn van de te selecteren groep reizigers. Onderzoek zal uitwijzen of deze gegevens eventueel uit het OVG kunnen worden gefilterd / gehaald, en/of deze toegepast kunnen worden voor de reizigers binnen het gekozen studiegebied. Indien dit niet mogelijk is dienen de gedragsgegevens op een andere wijze bepaald te worden.

4.3.5 Modelinvoer

Modelinvoer verkeersmodel

Per iteratiestap dienen de volgende gegevens ingevoerd te worden:

- MV1 De dynamische HB – matrices.
 MV2 Alle “normale” invoergegevens die benodigd zijn voor het te gebruiken verkeersmodel.

NB: Uiteraard zijn de eisen V1 t/m V5 van toepassing op de modelinvoer van het verkeersmodel.

Modelinvoer vertrektijdstipkeuzemodel

- MVT1 De totale vervoersvraag van ieder herkomst- en bestemmingsrelatie dient opgesplitst te worden naar reizigersmotief en ritafstand. De hiervoor te gebruiken vermenigvuldigingspercentages kunnen eventueel met het OVG worden bepaald.
- MVT2 Invoer van de vrije reistijd (de zogenaamde free flow), en de iteratief te bepalen reisweerstand (de iteratief berekende reistijden m.b.v. het verkeersmodel). De totale reisweerstand worden gekoppeld aan het gekozen vertrektijdstip per reiziger.
- MVT3 De verschillende waarderingsfactoren naar segmentatieklassen.

4.3.6 Modeluitvoer

Modeluitvoer verkeersmodel

- MUV1 Per vertrektijdstipperiode de werkelijke ervaren reisweerstand per herkomst- en bestemmingspaar.
- MUV2 De overige eisen zijn gelijk aan de eisen t.a.v. de modelinvoer van het vertrektijdstipkeuzemodel.

Modeluitvoer vertrektijdstipkeuzemode

- MUT1 De totale som van alle kansen per reizigersmotief en ritafstand moet 1 zijn.
- MUT2 De totale sommatie van het aantal vertrekken naar reizigersmotief en ritafstand per herkomst- en bestemmingsrelatie moet gelijk zijn aan de totale vervoersvraag van de desbetreffende herkomst- en bestemmingsrelatie.
- MUT3 De overige eisen zijn gelijk aan de eisen ten aanzien voor de modelinvoer van het verkeersmodel.

4.4 Doelstellingen van het onderzoek

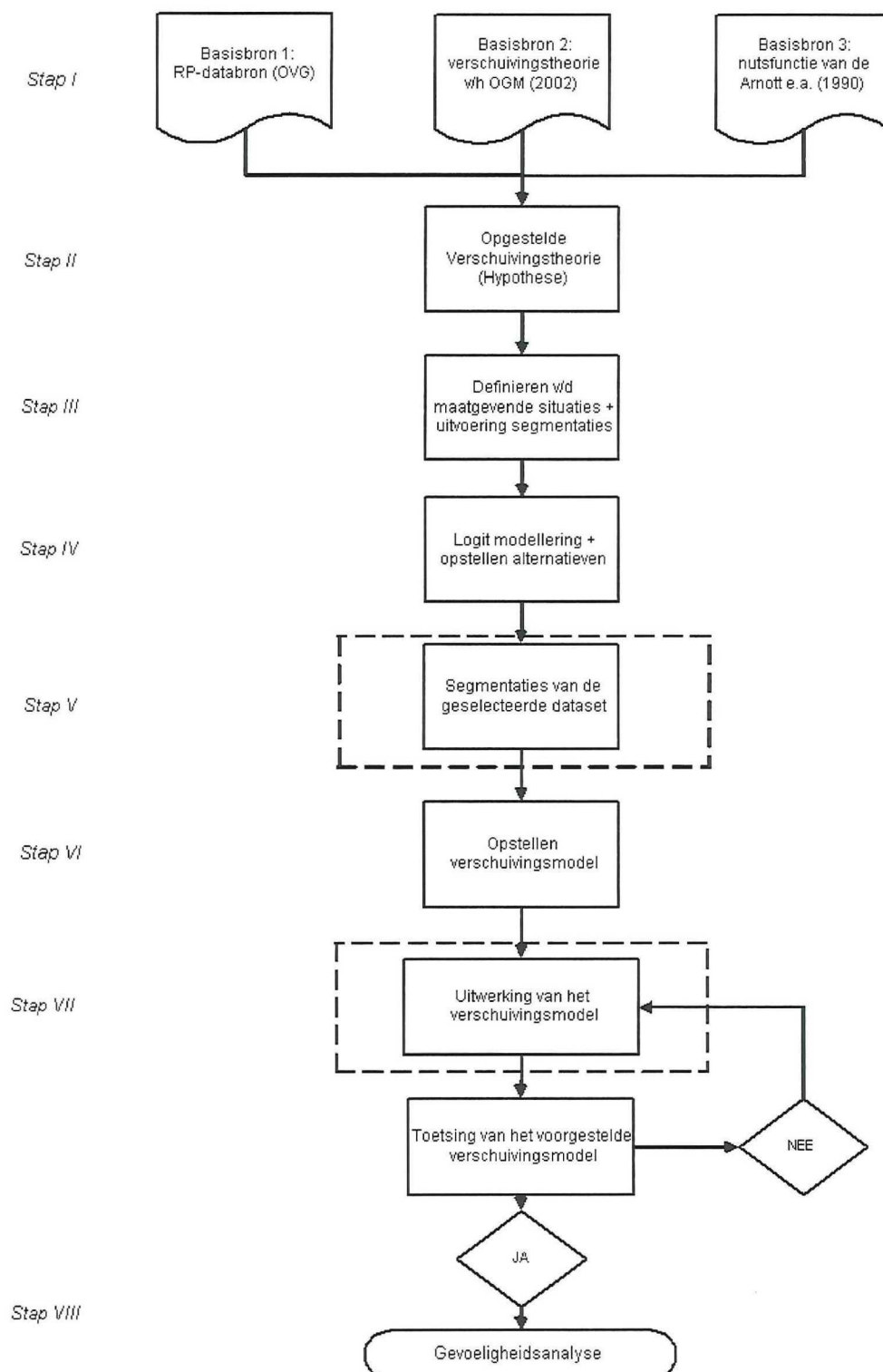
De doelstellingen van het onderzoek zijn geformuleerd op basis van het beschreven onderzoeksdoel en de afbakeningspunten. De doelstellingen van het onderzoek zijn:

- De ontwikkeling van een verschuivingsmodel voor het vertrektijdstippatroon van een groep reizigers die “geconfronteerd” wordt met een gewijzigde verkeerssituatie t.o.v. een gedefinieerde basissituatie in de ochtendspitsperiode van 6:00-10:00 uur.
- Onderzocht dient te worden welke objectief meetbare variabelen de waardering van de reisweerstand per vertrektijdstipperiode bepaald.
- Voor de bepaling van de benodigde waarderingsfactoren per variabele dienen minimaal twee maatgevende verkeerssituaties te worden gedefinieerd.
- Van de groep reizigers dient, indien dit noodzakelijk wordt geacht, onderscheid te worden gemaakt naar verschillende reizigerstypen.

5. Onderzoeksmethodiek

Dit hoofdstuk geeft een beschrijving en onderbouwing van de gehanteerde onderzoeksmethodiek, die is opgesteld voor de uitwerking van het onderzoek. De eerste paragraaf toont in figuurvorm het geformuleerde stappenproces. De onderbouwing van dit stappenproces wordt beschreven in paragraaf 5.2 waar elke stap kort wordt toegelicht.

5.1 Opgestelde onderzoeksmethodiek



Figuur 5.1: Geformuleerde onderzoeksmethodiek.

De in figuur 5.1 opgenomen rechthoeken met een stippelpatroon verwijzen naar de figuren die verder uitgedetailleerd worden voor de stappen V en VII.

5.2 Onderbouwing van de gehanteerde onderzoeksmethodiek

De opgestelde onderzoeksmethodiek is opgesplitst in negen stappen

- Stap I: Gehanteerde basisbronnen: Toepassing van basisbronnen is noodzakelijk om de verschuivingstheorie te kunnen formuleren, en om de van belang geachte waarderingsfactoren te kunnen bepalen. Omdat de MTR-teldata slechts verkeersintensiteiten per tijdseenheid genereert, en verder geen achtergrondkenmerken per reiziger, is deze databron ongeschikt bevonden. Het OVG genereert wel deze achtergrondkenmerken en door het ontbreken van een geschikte SP-databron zal het OVG worden gebruikt voor de uitwerking van het onderzoek. Uit eerdere analyses is geconcludeerd dat door toepassing van het OVG als databron slechts een verschuivingsmodel ontwikkelt kan worden. Het OGM vormt hiervoor een goede basis, waarbij zowel het aantal tijdsperioden als de toegepaste nutsfunctie gedetailleerder dient te worden geformuleerd.
- Stap II: Geformuleerde verschuivingstheorie: Met behulp van de beschikbare gegevens uit de databronnen is een theorie geformuleerd voor de aanpassing van de vertrektijdstipkeuze van een groep reizigers bij een gewijzigde verkeerssituatie.
- Stap III: Definiëring van de maatgevende situaties: Voor de bepaling van de waarderingsfactoren dienen twee verkeerssituaties te worden gedefinieerd waartussen zowel het vertrektijdstippatroon als de reisweerstand per vertrektijdstipperiode verschillend dienen te zijn. In deze stap worden de maatgevende verkeerssituaties gedefinieerd.
- Stap IV: Logit modellering: Een aanpassing van het vertrektijdstip zal worden berekend indien de waarde van een variabele gewijzigd is t.o.v. de waarde van deze variabele in een gedefinieerde basissituatie. Voor de bepaling van de benodigde waarderingsfactoren per variabele zal logit modellering worden toegepast. De theorie van logit modellering en de toepassingstechniek binnen dit onderzoek zullen worden beschreven.
- Stap V: Analyse van de geselecteerde datasets: Na definiëring van de maatgevende situaties wordt in deze stap de geselecteerde groep reizigers geanalyseerd en de twee maatgevende verkeerssituaties bepaald.
- Stap VI: Opstellen verschuivingsmodel: Met behulp van de logit modelleringstechniek worden verschillende combinaties van variabelen opgenomen in het opgestelde verschuivingsmodel. Het verschuivingsmodel is uniform maar verschillen in de combinatie van variabelen die van belang worden geacht voor een eventuele aanpassing van de vertrektijdstipkeuze.
- Stap VII: Uitwerking van het verschuivingsmodel: Nadat de waarderingsfactoren zijn bepaald wordt het opgestelde keuzemodel getoetst. Voor deze toetsing zijn twee controlebladen opgesteld waarbij de gegeven vertrektijdstippatronen worden vergeleken met de berekende vertrektijdstippatronen. Indien uit de toetsing blijkt dat de modelresultaten niet overeenkomen met de werkelijke vertrektijdstippatronen, dienen de verschillende variabelen van de toegepaste dataset geanalyseerd te worden op hun geschiktheid. Detaillering van de geselecteerde dataset zal moeten onderbouwen of het opgestelde keuzemodel geschikt bevonden wordt voor operationele toepassing.
- Stap VIII: Uitvoering gevoeligheidsanalyses: Een alternatieve stap voor de stap VII uitgevoerde controleberekeningen vormt de gevoeligheidsanalyse d.m.v. elasticiteitsberekeningen.

6. Uitwerking onderzoeksmethodiek

Dit hoofdstuk beschrijft per paragraaf een stap van de onderzoeksmethodiek die getoond is als figuur 5.1 in hoofdstuk 5.

6.1 Stap I: Gehanteerde basisbronnen

6.1.1 Databron 1: Onderzoek VerplaatsingsGedrag (OVG)

Sinds 1983 voert het Centraal Bureau van de Statistiek (CBS) jaarlijks de OVG enquête, waarbij geïnformeerd naar de mobiliteit van de inwoners van Nederland. De basis voor dit onderzoek wordt gevormd door een landelijke steekproef onder 75.000 huishoudens in Nederland. Aan alle personen, van de geselecteerde huishoudens wordt gevraagd om alle verplaatsingen, die uitgevoerd zijn op een bepaalde dag te noteren. Door zijn omvang kan inzicht wordt verkregen in het verplaaatsingsgedrag van Nederlanders in het algemeen. Per verplaatsing worden o.a de volgende kenmerken van de verplaatsing genoteerd:

- Plaats van herkomst en bestemming en de afgelegde ritafstand,
- Tijdstip van vertrek en aankomst en de bijbehorende reisduur,
- Verplaatsingsmotief,
- Achtergrondkenmerken zoals leeftijdsklassen geslacht en provincie.

Welke achtergrondkenmerken, en op welke wijze de waarden van de verschuivingsvariabelen zijn bepaald, wordt beschreven in paragraaf 6.2 respectievelijk 6.5.

6.1.2 Databron 2: OGM - verschuivingsmodel

Voor een gedetailleerde beschrijving van het keuzemodel wordt verwezen naar Bijlage 4. Het OGM vormt een onderdeel van het Landelijk ModelSysteem (LMS), en 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, reizigersmotief en dagdeel in een toekomstjaar, uitgaande van een bepaald gegeven scenario. De ramingen worden weergegeven in de vorm van HB-matrices per vervoerwijze, reizigersmotief en dagdeel.

Een speciale module van dit model, de zogenaamde Groeifactorenmodule, berekend de groeifactoren voor het autoverkeer. De groeifactoren zijn afhankelijk van de congestieniveaus en vereisen daarom iteratieve procedures. Het onderdeel van de Groeifactorenmodule dat toegepast wordt voor de berekening van de nieuwe dagdeelfracies, is het dagdeelkeuzemodel. Het dagdeelkeuzemodel van het OGM levert prognoses voor de verandering van de verplaatsingsaandelen voor autobestuurders in de dagedelen als gevolg van bijvoorbeeld congestie. Het dagdeelkeuzemodel heeft betrekking op het gedrag van autobestuurders in relatie tot hun ervaren reistijd (deze wordt beïnvloed door de congestie), reiskosten en het tijdstip van de dag.

De theorie van het dagdeelkeuzemodel wordt toegepast als achtergrondtheorie waarop het te ontwikkelen verschuivingsmodel is gebaseerd. De voor dit onderzoek toegepaste verklarende variabelen en de wijze waarop het OGM is toegepast voor dit onderzoek worden beschreven in de paragrafen 6.2 respectievelijk 6.5.

6.1.3 Databron 3: Basisformule van Arnott, de Palma en Lindsey (1990)

Het OGM maakt gebruik van een nutsfunctie voor de waardering van de drie dagdeelfracies waarbij de reistijd, reiskosten (tol) als verklarende variabelen zijn opgenomen. Voor dit onderzoek is een nutsfunctie toegepast met meerdere variabele. Als basisformule hiervoor is de nutsfunctie van Arnott, de Palma en Lindsey (1990) gehanteerd (formule 1).

$$U(k) = \alpha TT(k) + \beta TE(k) + \gamma TL(k) + Toll(k) \quad [1]$$

Met behulp van deze nutsfunctie wordt elke vertrektijdstip(periode) k gewaardeerd (U) als functie van de reistijd (TT), te vroege (TE) / te late (TL) aankomst t.o.v. een referentie aankomsttijd, en kosten in de vorm van tol.

Deze keuze wordt onderbouwd door het ontbreken van variabelen die een gewenste aankomst- en vertrektijdstip aangeven. Uit analyses is gebleken (paragraaf 3.5) dat het niet mogelijk is dit tijdstip te bepalen (voor de exacte bepaling van dit tijdstip dient iedere reiziger te beschikken over een volledige keuzevrijheid en dit is irreëel in werkelijkheid). In Bijlage 10 is een onderzoek opgenomen naar de ontwikkeling van een vertrektijdstipkeuzemodel waarbij gebruik is gemaakt van het Vickrey keuzemodel, en dat uitgebreid is door Arnott, de Palma en Lindsey.

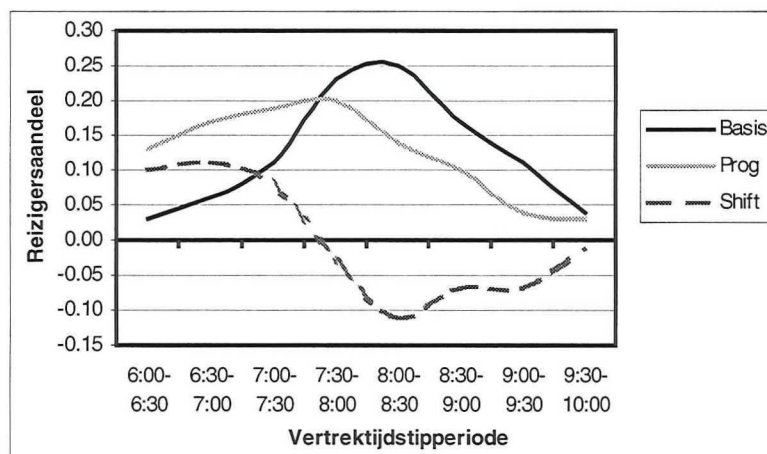
De voor dit onderzoek toegepaste verklarende variabelen, en de methode waarop deze zijn bepaald worden beschreven in de paragrafen 6.2 respectievelijk 6.5.

6.2 Stap II: Geformuleerde verschuivingstheorie

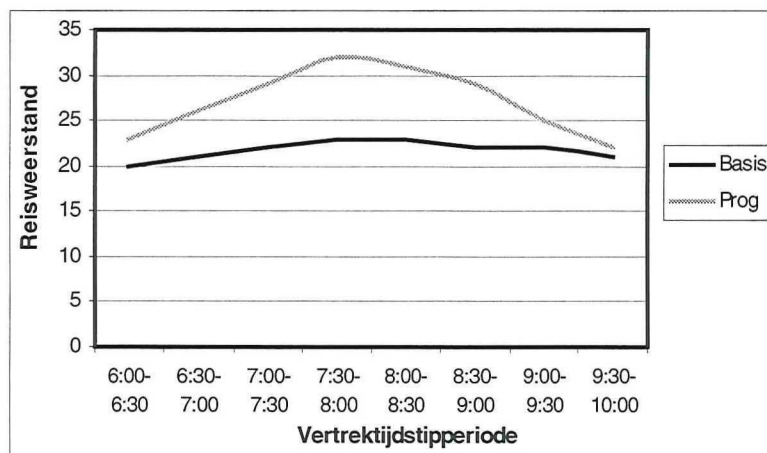
6.2.1 Geformuleerde verschuivingstheorie

Door toepassing van het OVG als basisbron is het niet mogelijk een *PDT* en *PAT* te definiëren. Voor de modellering van de aanpassing van het vertrektijdstip is hierdoor gekozen voor de ontwikkeling van een verschuivingsmodel. Dit onderdeel vormt de koppeling met het OGM dat twee verkeerssituaties definieert waartussen een verschuiving naar dagdeelfracties wordt berekend (in dit onderzoek is het dagdeel vervangen door de vertrektijdstipperiode). Beide modeltypen veronderstellen dat er verschillen bestaan tussen een gedefinieerde basis- en prognosesituatie. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt tussen de volgende twee typen verschillen:

- Verschil (shift) naar reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode k (zie figuur 6.1),
- Verschil (shift) naar reisweerstand per vertrektijdstipperiode k (zie figuur 6.2).



Figuur 6.1: Veronderstelde reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode van 30 minuten van de basis- en prognosesituatie.



Figuur 6.2: Veronderstelde reisweerstand per vertrektijdstipperiode van 30 minuten van de basis- en prognosesituatie.

Voor dit onderzoek wordt verondersteld dat beide verschillen waarneembaar bij analyse van de geselecteerde dataset. Aangenomen wordt dat de verschuiving van de reizigersaandelen (figuur 6.1) een gevolg is van de relatieve reisweerstandsvrhoging (figuur 6.2) in de klassieke vertrektijdstipperiodes k (7:30-8:00 uur en 8:00-8:30 uur). Als reactie op deze verhoging kiest een gedeelte van de reizigers voor een andere vertrektijdstipperiode, dan zij in de basissituatie hebben gemaakt, om hun ervaren reiskosten te minimaliseren (één van de uitgangspunten van het onderzoek is dat reizigers streven naar minimalisatie van hun reiskosten). In de basissituatie wordt verondersteld dat de reisweerstand (zie paragraaf 6.2.2 voor de exacte definitie van deze reisweerstand) nagenoeg constant is voor alle vertrektijdstipperiodes k . Aangenomen is dat alle reizigers in deze situatie vertrekken op de voor hun meest gewenste vertrektijdstipperiode, en dat door de lage verkeersintensiteit de reistijd minimaal is. In de prognosesituatie daarentegen is de reisweerstand rondom de klassieke vertrektijdstipperiodes gestegen door o.a. de hoge I/C-verhoudingen. De reisweerstandcurve, over de gehele modelleringsperiode, is een halve bolvorm waarbij de uitgevoerde verplaatsingen in de eerste, en de laatste gedefinieerde vertrektijdstipperiode de laagste waardering kennen. De tussenliggende vertrektijdstipperiodes kennen allemaal een hogere waardering met een verondersteld maximum rond de klassieke vertrektijdstipperiodes.

Indien het verschil naar reisweerstand, per vertrektijdstipperiode, en voor elke variabele nul is, kunnen er geen verschuivingen van het vertrektijdstippatroon worden berekend m.b.v. het opgestelde verschuivingsmodel. De eventuele wel "waarneembare" verschuivingen van het vertrektijdstippatroon worden dan niet veroorzaakt door de verklarende variabelen die opgenomen zijn in de nutsfunctie, maar door externe factoren. Deze verschillen dienen voor de geselecteerde dataset bepaald te worden.

6.2.2 Gedefinieerde variabelen/klassen in de nutsfunctie

Voor de waardering van elke vertrektijdstipperiode wordt gebruik gemaakt van een nutsfunctie die gebaseerd is op de basisformule van Arnott, de Palma en Lindsey (1990). Alle verplaatsingen die in het OVG zijn opgenomen bevatten enkele achtergrondkenmerken zoals het reizigersmotief en de ritafstand. Voor dit onderzoek kunnen de verschillende achtergrondkenmerken op de volgende wijze (zie de voorbeeldformules na de opsomming) worden opgenomen in de op te stellen nutsfunctie:

- Als verklarende variabele, een voorbeeld is de reistijd of de ritafstand,
- Als segmentatie van de op te stellen nutsfunctie, Tacken & de Boer concludeerden dat er verschillen bestaan in het reizigersgedrag tussen bijvoorbeeld de reizigersmotieven woon-werk en zakelijk. Voor dit onderzoek worden vier segmentaties voorgesteld (zie onderstaande opsomming). Voor de modellering van de totale verschuiving (naar alle reizigersmotieven) wordt slechts één nutsfunctie toegepast met dezelfde variabele, maar met reizigersmotief afhankelijke sets van waarderingfactoren.

Op welke wijze de factor zal worden opgenomen in de nutsfunctie wordt beschreven in paragraaf 6.6. Onderstaand voorbeeld geeft de verschillen aan tussen een variabele en een segmentatie.

Verskillende variabelen (X, Y):

$$U(k) = \alpha X(k)$$

$$U(k) = \beta Y(k)$$

Verskillende segmentaties:

$$U_m(k) = \alpha_m X(k) + \beta_m Y(k)$$

$$U_n(k) = \alpha_n X(k) + \beta_n Y(k)$$

Met behulp van het OVG zijn de volgende achtergrondkenmerken geselecteerd waarvan verondersteld is dat ze als verklarende variabele (aangemerkt met de letter v) of als segmentatie (aangemerkt met de letter s) kunnen worden opgenomen in de nutsfunctie. De letters tussen de haakjes zijn een afkorting waarmee de variabelen of klassen worden opgenomen in de nutsfunctie (zie paragraaf 6.6):

Reistijd (v) = Travel Time (TT)

De reistijd is een factor die in elk keuzemodel voor het vertrektijdstip is opgenomen als verklarende variabele. Dit is logisch te verklaren omdat de reistijd namelijk afhankelijk is van de I/C-verhouding op de wegvakken van de gekozen route (uitgaande van een constante HB-relatie). Bij een stijging van de I/C-verhouding zal de reistijd stijgen waardoor de verplaatsing t.o.v. dezelfde verplaatsing in de basissituatie, duurder wordt. Indien de reistijd van een verplaatsing (met hetzelfde verplaatsingstype) in een andere vertrektijdstipperiode lager is, wordt verondersteld dat een gedeelte van de reizigers de goedkopere vertrektijdstipperiode zal kiezen als vertrektijdstipperiode. Verondersteld wordt dat de reistijd per vertrektijdstipperiode zich in de basis- en prognosesituatie ontwikkelen over de totale modelleringsperiode zoals dit in figuur 6.2 is getoond. Hierbij is aangenomen dat de reistijd in de klassieke vertrektijdstippen, voor de prognosesituatie, relatief meer toenemen dan de reistijd voor hetzelfde verplaatsingstype in de eerste en laatste gedefinieerde vertrektijdstipperiode.

De reistijd is berekend als het tijdsverschil tussen het opgegeven aankomst- en vertrektijdstip (in minuten). Er zal gerekend worden met de gemiddelde reistijd per vertrektijdstipperiode (totale reistijd per vertrektijdstipperiode gedeeld door het aantal reizigers in deze vertrektijdstipperiode). De variantie van de reistijd (een mogelijke maat voor de variantie = onzekerheid) is niet opgenomen in de nutsfunctie. Een mogelijk alternatief hiervoor vormt de te vroege/late aankomst, die nader gespecificeerd is als een afzonderlijke variabele.

Reizigersmotief (s) = -

Figuur 3.6 toont dat er verschillen bestaan tussen het vertrektijdstippatroon naar reizigersmotief. De berekende verschuivingen tussen de twee geanalyseerde jaren (figuur 3.7) onderbouwen de aanname om het reizigersmotief op te nemen als een segmentatiemethode. Een tweede verklaring is dat de "zakelijk reiziger" andere kosten ervaart voor de uitgevoerde verplaatsing dan de sociaal-recreatieve reiziger die alles zelf dient te betalen. Onderzoek van Tacken & de Boer (1991) onderbouwt tevens ook deze keuze. In principe zal er onderscheid worden gemaakt naar alle reizigersmotieven die het OVG definieert. Na een gedetailleerde analyse zullen de op te nemen reizigersmotieven worden bepaald.

Ritafstand (v) = Travel Distance (TD)

De ritafstand zelf is geen variabele maar wel de brandstofkosten die een afgeleide zijn van de ritafstand. Verondersteld wordt dat door de toegenomen congestie in de prognosesituatie, reizigers als eerste hun routekeuze gaan aanpassen. Vaak betreft deze gekozen alternatieve route een langere ritafstand wat leidt tot een verhoging van de brandstofkosten. Verondersteld wordt tevens dat er verschuivingen op een veel langer tijdstermijn zullen optreden tussen de HB-relaties onderling. In principe wordt hierdoor niet voldaan aan één van de uitgangspunten, maar het is niet onverklaarbaar indien een gedeelte van de reizigers een verschuiving maakt van de langere naar de kortere verplaatsingen. Dit dient geïnterpreteerd te worden als een aanpassing van de bestemmingskeuze waarbij een locatie dichterbij de woning wordt gezocht (waar dan uiteraard wel dezelfde activiteit kan worden uitgevoerd).

De ritafstand wordt toegepast als een gemiddelde waarde per vertrektijdstipperiode (het totale aantal kilometers gedeeld door het totale aantal reizigers).

Ritafstandsklasse (v,s) = Travel Distance Class (TDC)

De ritafstandsklasse wordt toegepast als variabele, maar ook als segmentatie zelf. De eerste toepassing is identiek aan de toepassing van de ritafstand als verklarende variabele. Het enige verschil is dat de maximale waarde van de ritafstand vele malen hoger is dan maximale waarde van de ritafstandsklasse (dit is slechts een ingevoerde codering). Toepassing als variabele wordt echter wel onderbouwd indien er meerdere variabelen worden opgenomen in de nutsfunctie. De bepaalde waarderingsfactoren worden hierdoor te laag geschat (paragraaf 6.6) indien gekozen wordt de ritafstand als variabele. Hierdoor worden nauwelijks

verschuivingen gemodelleerd. Voor de exacte definiëring van deze klassen wordt verwezen naar paragraaf 6.5.

De toepassing als segmentatie wordt onderbouwd door Tacken & de Boer (1991). Zij concludeerden namelijk dat er verschillen optreden naar het aanpassingsgedrag van verschillende reizigerstypen. Een persoon die in de basissituatie 5 minuten reist, reageert naar alle waarschijnlijkheid anders op een verhoging van zijn reistijd met 10 minuten, dan een reiziger die in de basissituatie reeds 70 minuten reist. De laatste reiziger zal naar verwachting al in de basissituatie een grotere tijdsruimte ingecalculeerd hebben dan de reiziger die dichtbij de bestemming woont⁶. Naast het onderscheid naar het type reizigersmotief, is daarom ook een segmentatie naar ritafstandklasse toegepast. Figuur 3.7 toont dat de vertrektijdstipkeuze mede afhankelijk is van de uit te voeren verplaatsingsafstand. Verondersteld wordt dat het aanpassingsgedrag naar reizigerstypen hierdoor ook verschillend is (figuur 3.9 onderbouwd deze aanname nog niet geheel, maar verdere detaillering kan dit eventueel wel onderbouwen).

Per ritafstandsklasse wordt de gemiddelde ritafstandsklasse (totale gesommeerde waarde van de ritafstandsklassen per vertrektijdstipperiode gedeeld door het aantal reizigers van de desbetreffende vertrektijdstipperiode) gebruikt als invoerparameter voor het op te stellen verschuivingsmodel. Bij de toepassing als aparte segmentatie wordt er één nutsfunctie opgesteld waarvoor verschillende sets van waarderingsfactoren worden bepaald.

Herkomst- en bestemmingsgebied (v,s)

Het OVG kent aan elke verplaatsing een herkomst- en bestemmingslocatie toe. Door definiëring is het mogelijk “de drukkeren” gebieden van Nederland (bijvoorbeeld de Randstad) te scheiden van de “rustigere” gebieden van Nederland (bijvoorbeeld de provincies Friesland en Groningen). Voor de definiëring van deze verplaatsingstypen wordt verwezen naar paragraaf 6.5. Deze factor kan wederom als verklarende variabele, maar ook als segmentatie worden onderscheiden. Bij de toepassing als variabele wordt verondersteld dat een gedeelte van de reizigers door de gestegen congestie hun herkomst- en/of bestemmingslocatie zullen wijzigen. Aangenomen is hierbij dat de “rustigere” gebieden van Nederland door de lagere verkeersintensiteit aantrekkelijker zullen worden gewaardeerd dan de “drukkere” gebieden van Nederland⁷. Toepassing als variabele is in principe wederom in tegenspraak met het opgestelde Programma van Eisen.

Door de toegepaste definiëring kunnen verschillende verplaatsingstypen van elkaar worden onderscheiden (zie paragraaf 6.5). Verondersteld wordt dat reizigers die hun verplaatsingen uitvoeren binnen de “rustigere” gebieden, minder hinder ondervinden van de gestegen reisweerstand in de prognosesituatie, dan bijvoorbeeld de reizigers die de “drukkere” gebieden als bestemmingslocatie hebben. Aangenomen wordt dat door de relatief kleine verhoging van de reisweerstand in de rustigere gebieden, het vertrektijdstippatroon van de reizigers minder wijzigt dan het vertrektijdstippatroon in de drukkeren gebieden. Het aanpassingsgedrag van beide reizigerstypen wordt hierdoor verondersteld te verschillen. In de drukkeren gebieden wordt tevens verondersteld dat de reizigers door de traditioneel hogere l/c-verhoudingen hun vertrektijdstipkeuze reeds gedeeltelijk hebben aangepast. Tevens kan worden gemeld dat de levensstijl van beide reizigers van nature al verschild vanwege de leefsituatie.

Voor de definiëring van de herkomst- en bestemmingsgebieden, en de verplaatsingstypen wordt verwezen naar paragraaf 6.5. Deze variabele heeft geen eenheid.

⁶ Zelfs onder de scholieren is dit beeld zichtbaar. Zij die ver weg wonen van de school zijn in het algemeen eerder aanwezig (en zelden te laat) dan hun klasgenoten die om de hoek wonen.

⁷ Een kanttekening hierbij is dat door de lage verkeersintensiteiten ook het wegennet hierop is aangepast (geringere capaciteit en meer wegen van de lagere orde waar relatief langzaam wordt gereden).

Te Vroege/Late Aankomst (v) = Early Arrival (TE), Late Arrival (TL)

In over eenstemmig met de basisformule van Arnott, de Palma en Lindsey zijn een te vroege/te late aankomst gedefinieerd. Deze variabelen zijn gedefinieerd als het tijdsverschil tussen de werkelijke aankomsttijd, en een referentie-aankomsttijd. Deze referentie-aankomsttijd is de aankomsttijd voor elk verplaatsingstype als deze uitgevoerd zou worden in een nog nader te definiëren referentie vertrektijdstipperiode (deze vertrektijdstipperiode wordt gedefinieerd als de core period). Deze referentie-aankomsttijd dient berekend te worden voor alle verplaatsingstypen (segmentatie naar reizigersmotief, ritafstandsklasse en herkomst- en/of bestemmingslocatie). De opgestelde rekenmethode hiervoor luidt:

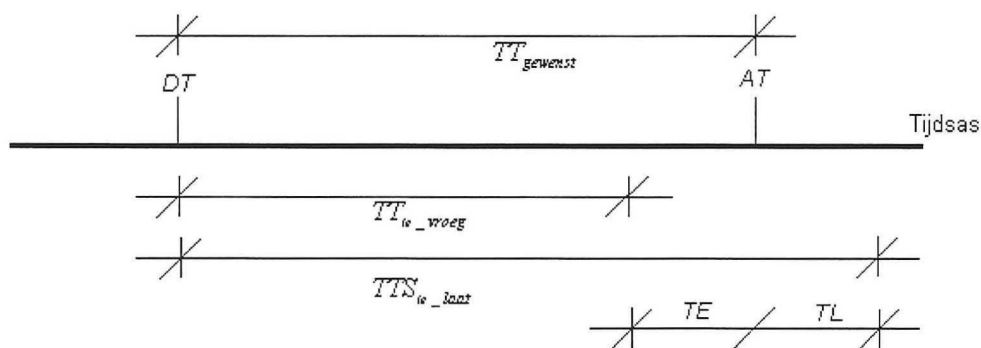
- Voor elk verplaatsingstype, dat uitgevoerd is in de core period, wordt de gemiddelde rijsnelheid (TS) bepaald door de gemiddelde reistijd (TT) te delen door de gemiddelde ritafstand (TD) van alle reizigers in deze vertrektijdstipperiode,
- Met behulp van de gemiddelde rijsnelheden (per verplaatsingstype) wordt een reistijd berekend voor alle overige vertrektijdstipperiodes,
- De werkelijke gemiddelde reistijd zal naar verwachting niet gelijk zijn aan de gemiddelde reistijd die bepaald is in de voorgaande stap. Dit tijdsverschil wordt gedefinieerd als een te vroege aankomst (negatieve waarde) indien de werkelijke reistijd korter is dan de referentiereistijd, of als een te late aankomst (positieve waarde) indien de werkelijke reistijd langer is dan de referentiereistijd.

Tabel 6.1 toont de resultaten van een voorbeeldberekening van deze variabele waarbij verondersteld is dat de gemiddelde ritafstand van alle vertrektijdstipperiodes k gelijk is.

Vertrektijdstipperiode	Werkelijke gemiddelde reistijd (min)	Te vroege aankomst (min)	Te late aankomst (min)
1	20	- 3	-
2	25	-	+ 2
Core period	23	0	0
4	26	-	+ 3
5	22	- 1	0

Tabel 6.1: Voorbeeldberekening te vroege/late aankomst.

Figuur 6.1 toont de relatie van de factoren, reistijd (TT), te vroege aankomst (TE) en een te late aankomst (TL).



Figuur 6.1: Relatie tussen de factoren reistijd (TT), en te vroege TE / late aankomst (TL).

De te vroege/late aankomsttijd worden voor zowel het basis- als het prognosejaar uitgewerkt. Verondersteld wordt dat deze variabele in de basissituatie gering zijn omdat de reistijden voor elke vertrektijdstipperiode k nagenoeg identiek zijn (zie figuur 6.2). De aanname hierbij is dat reizigers door de kleine I/C-verhouding een relatief goed inzicht hebben in verwachte reistijd en dus weinig reistijd reserveren in de vorm van een onzekerheid. In de prognosesituatie daarentegen wordt verondersteld dat de waarde voor de te vroege aankomst zal toenemen omdat de onzekerheid over de verwachte reistijd zal toenemen. Als reactie hierop zal een gedeelte van de reizigers extra tijd reserveren wat kan leiden tot een veel te vroege

aankomst. Voor de te late aankomst wordt verondersteld dat ook deze waarde zal stijgen omdat de onzekerheid van de reistijd toeneemt en hierdoor een ander gedeelte van de reizigers meer te laat zal arriveren dan in de basissituatie.

Deze variabelen kunnen gedeeltelijk geïnterpreteerd worden als een factor voor de variantie van de reistijd. In de basissituatie wordt namelijk gesuggereerd dat de reizigers weinig hinder ondervinden van de medeweggebruikers en dat hierdoor de reistijd per verplaatsingstype voor alle vertrektijdstipperioden nagenoeg constant is. In de congestierijke situatie verschillen de reistijden echter enorm per vertrektijdstipperiode waardoor dit vertaald kan worden als een type onzekerheid.

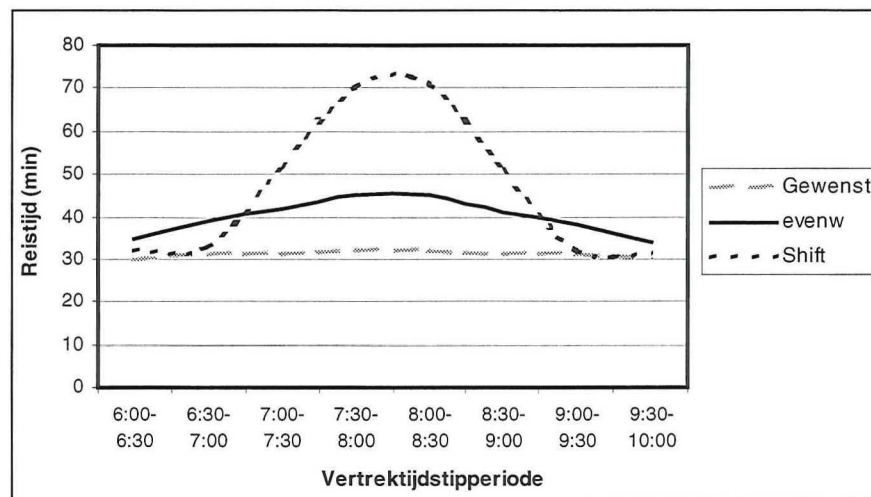
Aankomsttijdsverschil (v) = Dif_Arrival (Dif_Arr)

Indien de bepaalde waarderingsfactoren voor de gedefinieerde te vroege/late aankomst identiek blijken te zijn, kan geconcludeerd worden dat er geen verschil bestaat tussen een te vroege of een te late aankomsttijdsverschil. Dit is een aannemelijk scenario dat getoetst zal worden door een aankomsttijdsverschil te definiëren waarbij geen onderscheid wordt gemaakt tussen een te vroege of te late aankomsttijd. Hierbij is verondersteld dat iedere afwijking van de referentie-aankomsttijd ongewenst is, en zodoende resulteert in een verhoging van de reisweerstand in de prognosesituatie. Het voordeel van één factor is dat deze nauwkeuriger kan worden geschat (op deze wijze is meer data beschikbaar). Verondersteld wordt dat in de prognosesituatie situatie de reizigers meer zullen afwijken van hun referentie aankomsttijd dan in de congestievrije situatie doordat de onzekerheid toeneemt over de verwachte reistijd.

6.2.3 Kanttekeningen bij de geformuleerde verschuivingstheorie

Bij de geformuleerde verschuivingstheorie en de beschreven variabelen dienen de volgende kanttekeningen te worden geplaatst:

- Door segmentatie van de verplaatsingen, naar bijvoorbeeld reizigersmotief, wordt verondersteld dat in de basis- en prognosesituatie de totale reizigersaandelen naar dit verplaatsingstype identiek zijn. De segmentaties zelf worden dan niet als variabel verondersteld, terwijl dat in werkelijkheid wel zo is. De invloed van deze fout dient zo veel mogelijk beperkt te worden door bijvoorbeeld maar één reizigersmotief te selecteren voor het op te stellen verschuivingsmodel.
- Verondersteld is dat de reisweerstand in de klassieke vertrektijdstipperioden meer stijgen dan de reisweerstand in de eerdere en latere vertrektijdstipperioden. Voor de reistijd geldt in de “drukkere” gebieden van Nederland misschien juist wel het tegenovergestelde proces. Door de hoge I/C-verhoudingen in deze klassieke spitsperioden, zijn de reistijden in de basissituatie reeds relatief hoog. Doordat de stijging van de verkeersintensiteiten in de niet klassieke spitsperioden (voor de prognosesituatie) hoger is dan de stijging van de verkeersintensiteit in de spitsperioden, zal de reistijd relatief ook meer stijgen. Analyses zullen dit uit moeten wijzen.
- Verondersteld is dat de waarde van de te vroege aankomst in de prognosesituatie hoger is dan de waarde van in de basissituatie. Deze aanname is meer hypothetisch dan werkelijk goed onderbouwd. Een alternatieve theorie veronderstelt dat juist door de toename van de onzekerheid van de reistijd reizigers in het algemeen minder te laat arriveren op hun bestemmingslocatie. Analyse van deze variabele zal dit moeten uitwijzen.
- De veronderstelde ontwikkeling van de reisweerstand tijdens de totale modelleringperiode verdient ook nog een kanttekening. Indien de reisweerstand volledig bepaald wordt door de reistijd dan kan geconcludeerd worden dat voor de bepaling van de waarderingsfactoren de “verkeerde” waarden worden gehanteerd. De gebruikte gemiddelde waarden van het OVG zijn immers de werkelijke reistijden in de uiteindelijke evenwichtssituatie en niet de reistijden die resulteerden tot de aanpassingen van het vertrektijdstipkeuze. Deze laatste reistijden zijn in principe hoger (de zogenaamde shift reistijden). Figuur 6.3 toont de drie gemiddelde reistijden. Na bepaling van de waarderingsfactoren en het keuzemodel, zal gecontroleerd worden wat de effecten zijn indien andere invoerreistijden worden toegepast.



Figuur 6.3: Reistijdenontwikkelingen zoals deze toegepast zijn voor de bepaling van de benodigde waarderingsfactor en de reistijd die werkelijk voor de aanpassing van de vertrektijdstipkeuze leidt.

6.3 Stap III: Definiëring van de maatgevende situaties

6.3.1 Beschrijving van de maatgevende situaties

Het OGM definieert een zogenaamde basis- en prognosesituatie voor de berekening van de geprognoseerde reizigersaandelen per dagdeel. De basissituatie wordt hierbij gebruikt als een referentiekader voor de reisweerstand- en reizigersaandeelverschillen per dagdeel. De relatieve reisweerstandverschillen tussen de prognose- en basissituatie per dagdeel t.o.v. een referentie dagdeel, bepalen de reizigersverdeling, per dagdeel in de prognosesituatie. Het OGM veronderstelt hierbij dat de waarneembare verschillen per dagdeelfractie tussen de basis- en prognosesituatie worden veroorzaakt door een reisweerstandverschil per dagdeel in de prognosesituatie. De basissituatie wordt omschreven als de huidige of rustige situatie, terwijl de prognosesituatie kan worden omschreven als de drukke of toekomstige situatie. Voor de waardering van elk dagdeel is een nutsfunctie opgesteld die de reistijd, en de kosten per dagdeel, als verklarende variabelen onderscheid. Voor de waardering van deze variabelen worden waarderingsfactoren toegepast en juist deze waarden dienen voor dit onderzoek bepaald te worden (zie paragraaf 6.4). Het OGM maakte hierbij, in tegenstelling tot dit onderzoek, gebruik van een SP-databron. Voor dit onderzoek worden de twee maatgevende situaties⁸ als volgt omschreven:

Basissituatie

De basissituatie wordt voor dit onderzoek gedefinieerd als de congestievrije situatie. In deze situatie wordt verondersteld dat zoveel mogelijk reizigers kiezen voor hun meest gewenste vertrektijdstipperiode. Dit is mogelijk omdat verondersteld wordt dat de verkeersintensiteiten dermate laag zijn, dat de ervaren reisweerstand voor alle vertrektijdstipperioden nagenoeg constant is. Er wordt gereisd met de vrije rijnsnelheid. Het geanalyseerde reisweerstandverloop (nog nader dient gedefinieerd te worden welke variabelen van invloed zijn op de totale waardering van de reisweerstand) over de totale modelleringsperiode dient zoveel mogelijk overeen te komen met de in figuur 1.2 veronderstelde reisweerstand van de basissituatie. Het bijbehorende vertrektijdstippatroon zal overeenkomen met het vertrektijdstippatroon zoals dit 10 a 15 jaar geleden kon worden waargenomen: Een piekvorm rond de klassieke vertrektijdstipperioden.

⁸ Door het dynamische karakter van het verkeer (waardoor er nooit echte sprake van een evenwichtssituatie op één moment) kunnen de beide gedefinieerde verkeerssituaties niet worden aangemerkt als de verkeerssituatie op één dag, maar dient het een gemiddelde te zijn van meerdere dagen. Dit ook om de mogelijke invloed van de weersomstandigheden te nivelleren.

Prognosesituatie

De prognosesituatie wordt voor dit onderzoek gedefinieerd als de congestierijke situatie. Verondersteld wordt dat in deze situatie een maximaal aandeel van de reizigers zijn vertrektijdstipkeuze heeft aangepast. Deze gedragswijziging wordt verondersteld te worden veroorzaakt door een relatieve sterke stijging van de reisweerstand in de klassieke vertrektijdstipperiodes t.o.v. de reisweerstand in de eerdere en latere vertrektijdstipperiodes. De buikperiodes van de modelleringsperiode worden hierdoor gunstiger gewaardeerd, waardoor een gedeelte van de reizigers zijn vertrektijdstipkeuze aanpast. Het exacte maximale reizigersaandeel dat zijn vertrektijdstipkeuze wijzigt is vooraf niet te bepalen. De ontwikkeling van de geanalyseerde reisweerstand per vertrektijdstipperiode, dient zoveel mogelijk in overeenstemming te zijn met de in figuur 1.2 getoonde curve voor de reisweerstand.

6.3.2 Segmentatiemethoden voor de definiëring van de maatgevende situaties

Voor de ontwikkeling van het verschuivingsmodel is gestreefd naar de toepassing van een zo recent mogelijk dataset om de meest actuele gegevens te kunnen verwerken in het verschuivingsmodel. Uit eerdere analyses is reeds geconcludeerd dat het aantal locaties met spitsverbreding gestegen is gedurende het laatste decennium. Verondersteld wordt dat door toepassing van een recente dataset de meeste spitsverbredingen kunnen worden geselecteerd. Voor de definiëring van de congestievrije en congestierijke situatie zijn de volgende twee segmentatiemethoden toegepast:

- Onderverdeling naar jaartal,
- Onderverdeling naar tijdsperiode van het jaar.

Jaartallen

Door de bijna constante groei van de totale mobiliteit zijn de reisweerstand de afgelopen decennia erg gestegen. Voor dit onderzoek is verondersteld dat alleen de toegenomen reisweerstand van invloed is op de vertrektijdstipkeuze. De toename van de reisweerstand wordt niet alleen veroorzaakt door de gestegen verkeersintensiteit binnen één jaar, maar ook door de groei van de mobiliteit gedurende meerdere jaren. Figuur 2.1 onderbouwt deze aanname (de gemiddelde verkeersintensiteit per maand van het jaar 1996 is lager dan de gemiddelde verkeersintensiteit van het jaar 2000 per maand). Aangenomen is dat reizigers in 1996 representatiever zijn voor de definiëring van de gewenste vertrektijdstipkeuze dan de reizigers in 2000 (de reistijd en dus ook de reisweerstand per vertrektijdstipperiode wordt afhankelijk verondersteld van de I/C-verhouding). Omdat echter de reizigersmotiefindeling van het OVG in 1999 is gewijzigd is een combinatie van de jaren 1996 en 2000 niet toepasbaar indien er voor het op te stellen verschuivingsmodel gesegmenteerd wordt naar reizigersmotief. Onderscheid naar reizigersmotief wordt noodzakelijk geacht door o.a het Tacken & de Boer (1991).

Er is gekozen voor een combinatie van de datasets 1999 en 2000 omdat anders te weinig data geselecteerd wordt voor de bepaling van de benodigde waarderingsfactoren. Het verwerpen van het onderscheid naar verschillende jaren is geoorloofd omdat het op te stellen verschuivingsmodel niet noodzakelijk twee datasets moet hanteren waartussen een groot verschil naar vertrektijdstipkeuze en reisweerstand bestaat. Kleine verschillen resulteren alleen in lage waarden voor de waarderingsfactoren, maar dit wordt niet als een probleem gezien. De twee geselecteerde datasets dienen echter wel significant verschillende waarden te tonen.

Tijdsperiodes van het jaar

Verondersteld is dat de reizigers in de congestievrije situatie hun meest gewenste vertrektijdstip kiezen. Alhoewel de vertrektijdstipkeuze van zeer veel factoren afhankelijk is, is voor dit onderzoek gesteld dat de kans dat de reizigers hun gewenste vertrektijdstip kiezen, het grootst is indien zo min mogelijk reizigers gebruik maken van het wegennet. Figuur 2.1 toont het verloop van de waarneembare gemiddelde verkeersintensiteit per maand. Uit de figuur kan geconcludeerd worden dat de maanden juli/augustus en december/januari aangemerkt kunnen worden als de rustigste maanden van het jaar. Deze lage verkeersintensiteiten kunnen worden verklaard door het ontbreken van een gedeelte van het verkeer door o.a de vakantieperiodes.

6.3.3 *Definiering van de maatgevende situaties*

Voor de uitwerking van het onderzoek zijn de volgende maatgevende situaties gedefinieerd:

De congestievrije situatie

De maanden juli en augustus zijn gedefinieerd als de congestievrije verkeerssituatie omdat in deze maanden de verkeersintensiteit het laagst is, en zodoende verondersteld wordt dat het grootste aandeel reizigers hun meest gewenste vertrektijdstip kiest. De maanden december/januari worden niet representatief verondersteld. Er is gekozen voor twee maanden om voldoende data te genereren voor het op te stellen verschuivingsmodel. De verschillen tussen de twee naar vertrektijdstipperiode wordt geacht verwaarloosbaar te zijn.

De congestierijke situatie

De maanden maart en april zijn gedefinieerd als de congestierijke situatie omdat in deze maanden de waarneembare verkeersintensiteiten het hoogst zijn. Hierdoor wordt verondersteld dat het grootste aandeel van de reizigers zijn vertrektijdstipkeuze heeft gewijzigd t.o.v. de gedefinieerde congestievrije situatie. Wederom is voor twee maanden gekozen om voldoende data te kunnen genereren.

Kanttekening bij de definiëring

Vanzelfsprekend kunnen enkele kanttekeningen worden geplaatst bij de gehanteerde definiëringen, te weten:

- Onderzocht dient te worden wat de omvang, en de invloed is van de samenstelling van de reizigersmotievenmix tussen de twee gedefinieerde verkeerssituaties.
- De invloed van het daglicht op de vertrektijdstipkeuze wordt verondersteld nihil te zijn.

6.4 **Stap IV: Logit modellering**

Diverse malen zijn de termen nutsfunctie, variabelen en waarderingfactoren vermeld, maar deze termen zijn nog niet volledig toegelicht. In deze paragraaf wordt als eerste het doel van deze termen en de relatie tot de logit modellering beschreven. De tweede subparagraaf beschrijft de algemene formules die toegepast worden voor deze modelleringsmethode. De logit modellering die opgesteld is voor dit onderzoek wordt beschreven in de vierde paragraaf. In de laatste paragraaf wordt een voorbeeld beschreven van de uitvoer zoals deze is bepaald met behulp van het opgestelde logit-model.

6.4.1 *Doel van logit modellering*

Het logit model is in essentie een keuzemodel dat de invloed van verschillende variabelen op het keuzegedrag van een groep reizigers representeert. Met een logit model kunnen bijvoorbeeld de effecten worden berekend indien de reistijd voor een bepaald alternatief explosief stijgt. Wat is het gevolg hiervan voor de andere alternatieven, neemt de vraag naar bijvoorbeeld X toe of juist af en met hoeveel procent? Dergelijke vraagstukken kunnen worden beantwoord indien men logit modellering toepast. Vertaald naar dit onderzoek kan een mogelijke vraag zijn: Wat is het effect op het vertrektijdstipkeuzegedrag indien de reistijd in de klassieke vertrektijdstipperiode met 10% stijgt? Dit vormt exact het goede voorbeeld voor de vraag die tot op heden onbeantwoord is gebleven. Met de huidige generatie verkeersmodellen kan men dit keuzegedrag niet volledig modelleren.

6.4.2 *Algemene formules van het logit model*

De theorie van het logit model wordt beschreven aan de hand van een voorbeeld, dit ter verduidelijking van de keuzen die voor het onderzoek zelf zijn gemaakt. Veronderstel een groep reizigers die een aantal elkaar uitsluitende (dit is een strikte eis voor de toepassing van een logit model) alternatieven definiëren. Deze alternatieven kunnen bijvoorbeeld verschillende routes symboliseren tussen een gegeven HB-relatie. Elk alternatief zal worden gewaardeerd om een keuze tussen al deze alternatieven te kunnen maken. Bij deze "waardering" wordt een zogenaamde nutsfunctie opgesteld waarin alle van belang veronderstelde factoren zijn opgenomen als variabelen (D_n). Mogelijke variabelen voor deze routewaardering zijn de reistijd en de brandstofkosten. Elke route wordt gewaardeerd op basis van een reistijd die geschat wordt m.b.v. de bekend veronderstelde ritafstand en verwachte reistijd. De brandstofkosten zijn bijvoorbeeld een afgeleide

van de reistijd en ritafstand. Elke variabele wordt in de nutsfunctie, gewogen m.b.v. een waarderingsfactor (β_n) die de eenheidswaarde representeert van de desbetreffende variabele. Eén minuut reistijd wordt op deze wijze anders gewaardeerd dan één liter brandstof. Formule 2 toont een voorbeeld van een nutsfunctie waarin drie variabelen zijn opgenomen (in principe is het aantal op te nemen variabelen oneindig). De waardering van alternatief k luidt dan:

$$U(k) = \beta_1 D_{1k} + \beta_2 D_{2k} + \beta_3 D_{3k} + \varepsilon_k \quad [2]$$

De nutswaardering van alternatief k (aangegeven met $U(k)$) is de sommatie van alle “meetbare” variabelen D_n (behorende bij het desbetreffende alternatief), vermenigvuldigd met de waarderingsfactoren β_n (in elke nutsfunctie wordt voor elke variabele dezelfde waarderingsfactor toegepast). De factor ε_n vormt een zogenaamde stoorterm die de niet waarneembare factoren per vertrektijdstipperiode representeert. Elk alternatief wordt op een dergelijke wijze gewaardeerd. Het resultaat is een set van gewaardeerde alternatieven. Het aantal reizigers dat kiest voor route X , wordt met behulp van een logit model vertaald als een kansvariabele. De sommatie van alle kansen is gelijk aan de waarde één. De kans op alternatief k uit een set van i alternatieven kan worden berekend met de volgende formule (formule 3):

$$p_k = \frac{\exp(\mu U(k))}{\sum_{i=1}^n \exp(\mu U(i))} \quad [3]$$

De kans op alternatief k wordt berekend door de exponent van de berekende nutswaardering voor dit alternatief te delen door de gesommeerde nutswaardering van alle alternatieven te samen. De factor μ is een schaalfactor die toegepast wordt als een maat voor de kansberekening (bij de toepassing van een hoge μ -waarde wordt het gewicht van alternatief k zwaarder gewogen t.o.v. de gesommeerde set van alternatieven, dan bij de toepassing van een lage μ -waarde).

Al eerder is beschreven dat naast de toepassing van verschillende variabelen ook verschillende segmentaties naar bijvoorbeeld reizigersmotief kunnen worden onderscheiden. In principe kan voor de verschillende reizigersmotieven dezelfde nutsfunctie met variabelen worden toegepast (tenzij er variabelen voor reizigersmotief A wel van belang worden geacht, en voor reizigersmotief B niet). Het verschil naar reizigersmotief wordt dan bepaald door de waarden van de waarderingsfactoren. Aannemelijk is namelijk dat een zakelijke reiziger zijn brandstofkosten anders zal “waarderen” dan een sociaal-recreatieve reiziger (het eerste reizigerstype kan deze kosten zeer waarschijnlijk declareren, terwijl de sociaal-recreatieve reiziger alles uit eigen zak dient te betalen).

6.4.3 Gedefinieerde logit-model

Het logit model is op de volgende wijze toegepast voor dit onderzoek:

- Elke gedefinieerde vertrektijdstipperiode is aangemerkt als een alternatief (het is niet mogelijk om op twee tijdsperiodes te gelijk te vertrekken dus er is zodoende voldaan aan de eis dat de alternatieven elkaar moeten uitsluiten). Op deze wijze worden er voor de uitwerking van het onderzoek net zoveel alternatieven geformuleerd als het aantal vertrektijdstipperiodes (zie paragraaf 6.6 voor de invoer van één van de casestudies die uitgewerkt is).
- Voor de waardering van de alternatieven zijn meerdere nutsfuncties opgesteld, waarbij per nutsfunctie een andere combinaties van variabelen is opgenomen⁹. Door verschillende combinaties van variabelen te gebruiken, is onderzocht welke variabelencombinatie het beste kan worden toegepast voor de modellering van de vertrektijdstipkeuze,
- Voordat een logit model kan worden toegepast dienen eerst de waarden van de verschillende sets van waarderingsfactoren te worden bepaald. Dit is in principe de omgekeerde volgorde van

⁹ Twee opmerkingen dienen hierbij geplaatst te worden, te weten:

- De totale set van alternatieven (per nutsfunctie) dient onderbepaald te zijn, dit betekent dat niet in elk gedefinieerd alternatief, alle verklarende variabelen dienen te worden ingevuld (elke variabele mag in maximaal $(n-1)$ alternatieven te worden toegepast),
- Hetzelfde geldt voor de stoorterm, ook deze dient in maximaal $(n-1)$ alternatieven te worden opgenomen.

de "normale" toepassing van het logit model. Voor dit onderzoek wordt de uitvoer van de normale toepassing (de berekende kansverdeling) gelijk gesteld aan het vertrektijdstipkeuzepatroon die bepaald kan worden m.b.v. het OVG. De reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode worden hierbij geïnterpreteerd als zijnde de kans dat een groep reizigers deze vertrektijdstipperiode kiest.

- De invoer van dit rekenproces vormt een tabel met daarin alle geselecteerde reizigers (van zowel de congestievrije als congestierijke situatie) met alle van belang veronderstelde waarden per variabele (paragraaf 6.5 geeft een beschrijving van de geselecteerde reizigers). Verondersteld wordt dat de waarden per variabele, per vertrektijdstipperiode zal verschillen en dat door zowel de congestievrije als congestierijke waarden te gebruiken, de waarden van de waarderingsfactoren kunnen worden geschat. Met behulp van een beschikbaar logit rekenprogramma wordt door middel van een maximum likelihood schatter de waarden per waarderingsvariabele bepaald. Statistische theorie verzekert dat de gebruikte schattingsmethode een gevoelige en robuuste procedure is, die op enkele onderdelen zelfs beter is dan elke andere schattingsmethode. Omdat er voor dit onderzoek meerdere variabelen per nutsfunctie zijn opgenomen, is er sprake van meervoudige lineaire regressie.

6.4.4 Uitvoer van het gedefinieerde logit-model

De uitvoer van het toegepaste logit - model bestaat uit:

- Omdat de waarderingsfactoren worden geschat, wordt de geschatte gemiddelde waarde per waarderingsfactor getoond in combinatie met de berekende standaard error. Met behulp van de laatste term wordt de "breedte" van de kansverdeling rondom de geschatte gemiddelde waarde getoond. De geschatte waarderingsfactoren kunnen een negatieve als een positieve waarde hebben, en hetzelfde geldt voor de standaard errorterm. De waarden voor de errorterm zijn voor het onderzoek niet van belang, ze vormen slechts een indicatie voor de "niet waarneembare aantrekkelijkheid van het alternatief". Van groter belang voor het op te stellen verschuivingsmodel zijn de waarden van de geschatte waarderingsfactoren.
- Het logit-model maakt gebruik van een t-ratio als een maat van de betrouwbaarheid/nauwkeurigheid waarmee de geschatte waarde is bepaald. De t-ratio wordt berekend door de gemiddelde geschatte waarde te delen door de standaard error. In de statistiek wordt een t-ratio van 1,96 toegepast als een waarde waarbij met een nauwkeurigheid van 95% kan worden gesteld dat de werkelijke waarderingsfactor overeenkomt met de gemiddelde geschatte waarde (de kansverdeling rondom de gemiddelde geschatte waarde is klein).
- Als twee, of meerdere, variabelen paarsgewijs waargenomen en opgenomen worden in de nutsfunctie, kan de mate van lineaire samenhang beschreven worden door een zogenaamde correlatiefactor. Een voorbeeld hiervan zijn de reistijd en de ritafstand. Verhoging van de ritafstand resulteert bijna automatisch in een verhoging van de reistijd. In de uitvoer van het logit model is een matrix opgenomen die de lineaire samenhang (in de modeluitvoer genoteerd als de correlatiecoëfficiënt) aangeeft tussen alle opgenomen variabelen en error termen. De correlatiecoëfficiënt (zie formule 5) heeft een waarde tussen de 0 en 1 (in de uitvoer vermenigvuldigd met een factor 1000), waarbij de waarde 1 correspondeert met een perfecte lineaire relatie tussen de variabelen. De correlatiecoëfficiënt wordt berekend met formule:

$$r = \frac{\sum X_i Y_i - n \overline{X} \overline{Y}}{\sqrt{(\sum X_i^2 - n \overline{X}^2)(\sum Y_i^2 - n \overline{Y}^2)}} \quad [4]$$

Waarbij: X_i, Y_i = de waarden van de variabelen X en Y voor meting i ,
 $\overline{X}, \overline{Y}$ = de gemiddelde waarde van de variabelen X en Y ,
 n = aantal metingen.

6.5 Stap V: Analyse van de geselecteerde dataset

Nadat in de voorgaande paragrafen de gebruikte databronnen en de verschuivingstheorie is opgesteld, wordt in deze paragraaf de geselecteerde dataset geanalyseerd. De doelstelling van de dataselectie van de reizigers uit het OVG wordt in de eerste subparagraaf beschreven. De selectie-eisen die gehanteerd zijn voor de dataselectie worden beschreven in de tweede subparagraaf. In de derde subparagraaf worden de veronderstelde segmentatiemethoden beschreven/gedefinieerd, waardoor de verschillende verplaatsingstypen zijn gedefinieerd. De toegepaste klassendefiniëring voor de ontwikkeling van het verschuivingsmodel worden gedefinieerd in de vierde subparagraaf. De vijfde subparagraaf beschrijft een onderzoek naar de absolute aandeelverschillen tussen de gedefinieerde congestievrije en congestierijke situatie naar de verschillende verplaatsingstypen. De conclusies en opmerkingen over de verschillenanalyse worden beschreven in de laatste subparagraaf.

6.5.1 Doelstelling dataselectie

Voor de ontwikkeling van het verschuivingsmodel dienen twee situaties gedefinieerd te worden waartussen twee verschillen waarneembaar zijn (zie paragraaf 6.3). Inzicht dient te worden verkregen in de waardering van de verschillende variabelen die opgenomen worden in de nutsfunctie. Met behulp van het logit-model (zie paragraaf 6.4) kunnen deze waarden worden geschat. Hiervoor is echter wel een dataset van reizigers noodzakelijk met het uitgevoerde vertrektijdstipkeuzegedrag.

6.5.2 Geselecteerde reizigers

Met behulp van een speciaal programma kunnen reizigers worden geselecteerd uit de OVG-databases. Voor dit onderzoek zijn alle reizigers (verplaatsingen) geselecteerd die de volgende kenmerken bevatten:

- De reiziger dient gebruik te maken van de auto als modaliteit,
- Het vertrektijdstip van de verplaatsing is tussen 6:00-10:00 uur 's ochtends,
- De verplaatsing is uitgevoerd op een werkdag (maandag, dinsdag, woensdag, donderdag of vrijdag),
- Elke reiziger heeft de woning als herkomstlocatie,
- De verplaatsing is uitgevoerd in de maanden maart, april, juli of augustus van het jaar 1999 of 2000.

Van alle geselecteerde reizigers (verplaatsing) zijn de volgende achterkenmerken uit het OVG genoteerd:

- Het vertrektijdstip van de verplaatsing in uren en minuten,
- Het aankomstijdstip van de verplaatsing in uren en minuten,
- De maand waarop de verplaatsing is uitgevoerd (dit is een code die in een later stadium is hergecodeerd),
- Het type stedelijkheidsgraad van de herkomst- en bestemmingslocatie (dit is ook een code),
- Het reizigersmotief (wederom een code die hergecodeerd is),
- De afgelegde ritafstand (waarbij als selectiecriteria een maximum van 275 kilometer is gesteld).

Voor de uitwerking van het onderzoek zijn hiernaast de volgende karakteristieken per verplaatsing berekend:

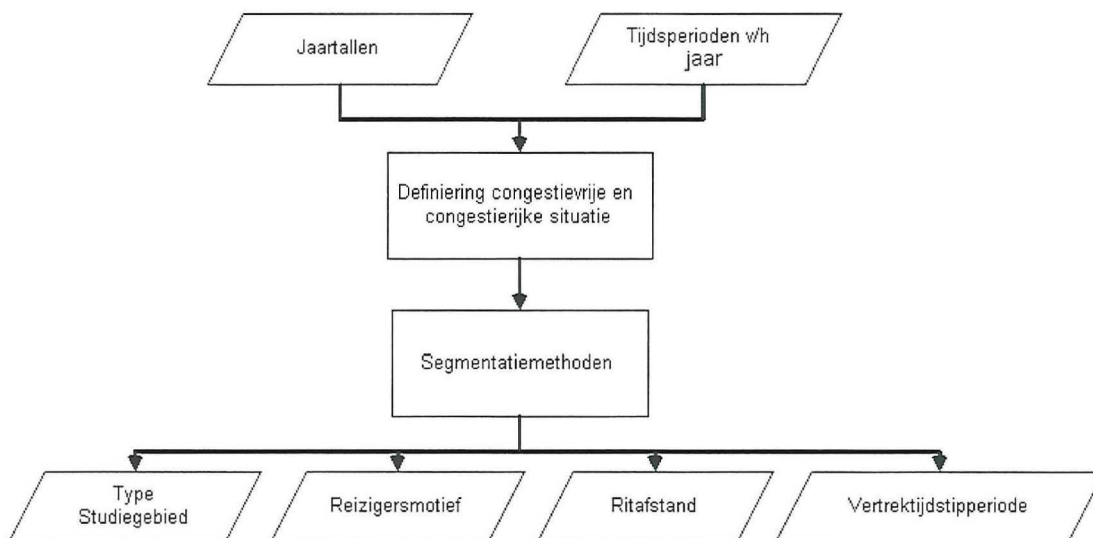
- De reistijd: het verschil tussen het aankomst- en vertrektijdstip (met een maximum van 300 minuten),
- Het verplaatsingstype is gedefinieerd m.b.v. de stedelijkheidsgraden,
- De gemiddelde reissnelheid van de uitgevoerde verplaatsing (afgelegde afstand gedeeld door de reistijd), met een maximum van 150 km/uur.

6.5.3 Veronderstelde segmentaties

Reeds in paragraaf 6.3 is beschreven dat segmentaties noodzakelijk worden verondersteld om verschillende reizigerstypen hierbij te kunnen onderscheiden. Een kritische kanttekening hierbij is dat door iedere veronderstelde segmentatiemethode de steekproefomvang wordt verkleind waardoor de individuele waarden uit deze dataset een grotere spreiding kunnen tonen¹⁰. Indien de spreiding erg groot wordt, is de steekproef niet meer toepasbaar voor de bepaling van de waarden van de waarderingsfactoren. Eén van de voordelen van de toepassing van het OVG is dat de steekproefomvang dermate groot is dat de individuele verschillen worden genivelleerd door de overige waarden uit deze steekproef¹¹.

De OVG-data biedt de mogelijkheid om de reizigers te classificeren. Tacken & de Boer (1991) concludeerden al dat er verschillende reizigerstypen zijn te onderscheiden die een verschillend aanpassingsgedrag hebben. Classificatie wordt dan ook noodzakelijk geacht voor een zo correct mogelijke modellering van het aanpassingsgedrag van de groep reizigers in reactie op een toegenomen reisweerstand t.o.v. een gedefinieerde basissituatie. Classificatie dient als derde ter onderbouwing van een scherpere beschrijving van de gedefinieerde congestievrije en congestierijke situatie. Voor dit onderzoek zijn de volgende classificaties toegepast (zie tevens figuur 6.4):

- Classificatie naar verplaatsingstype,
- Classificatie naar het reizigersmotief,
- Classificatie naar de ritafstand,
- Classificatie naar vertrektijdstipperiode.



Figuur 6.4: Voorgestelde segmentatiemethoden voor de ontwikkeling van het verschuivingsmodel

Studiegebieden/Verplaatsingstype

Segmentatie naar type studiegebied (verplaatsingstype) wordt noodzakelijk verondersteld (zie paragraaf 6.3). Het OVG kent aan iedere herkomst- en bestemmingslocatie een type stedelijkheidsgraad toe. Deze stedelijkheidsgraad wordt bepaald op basis van het percentage hoogbouw en de dichtheid van de bebouwing van de herkomst- en bestemmingsplaats. Het OVG maakt onderscheid naar vijf typen stedelijkheidsgraden, gecodeerd van 1 tot 5. Het percentage hoogbouw, en de dichtheid van de bebouwing neemt af naarmate het klassennummer stijgt (tabel 6.2).

¹⁰ Jaarlijks worden er 75.000 huishoudens geënquêteerd waardoor er 200.000 verplaatsingen opgenomen worden in het databestand. Door de diverse veronderstelde segmentaties verkleint de steekproefomvang zeer snel.

¹¹ Het OVG bevat immers het reizigersgedrag op één dag per persoon. Twee opgenomen verplaatsingen kunnen hierdoor niet zonder meer met elkaar worden vergeleken, en zeker niet indien de steekproef gering is van omvang.

Stedelijkheidsgraad	Omschrijving	Aantal geselecteerde gemeenten
1	Zeer sterk stedelijk	12
2	Sterk stedelijk	51
3	Matig stedelijk	89
4	Weinig stedelijk	187
5	Niet stedelijk	205

Tabel 6.2: Beschrijving stedelijkheidsgraden die het OVG definieert (bron: OVG)

Door deze codering kunnen theoretisch 25 type verplaatsingen worden onderscheiden. Omdat verondersteld wordt dat de steekproefomvang te gering worden van elke dataset, is gekozen om de stedelijkheidsgraden 1 en 2 te clusteren, en tevens de stedelijkheidsgraden 3,4 en 5 samen te voegen. De twee ontstane klassen worden voor dit onderzoek gedefinieerd als de stedelijke, respectievelijk rustige gebieden van Nederland. Hierdoor zijn vier verplaatsingstypen gedefinieerd (zie tabel 6.3).

Std. Fr. bestemming / herkomst	1	2	3	4	5
1	Type 1: Intern Stedelijk		Type 3: Extern Rustig		
2					
3	Type 2: Extern Stedelijk		Type 4: Intern Rustig		
4					
5					

Tabel 6.3: gedefinieerde verplaatsingstypen voor het onderzoek op basis van de OVG stedelijkheidsgraden.

Segmentatie naar reizigersmotief

Het OVG maakt onderscheid naar negen reizigersmotieven, onderzoek dient uit te wijzen hoeveel reizigersmotieven onderscheiden kunnen/dienen (te) worden (paragraaf 6.5.4).

Segmentatie naar ritafstand

Segmentatie naar ritafstandsklassen wordt noodzakelijk verondersteld, welke klassendefiniëring wordt toegepast voor dit onderzoek wordt beschreven in paragraaf 6.5.4.

Segmentatie naar vertrektijdstipperiodes

De opsplitsing van de totale ochtendspitsperiode van 6:00-10:00 uur in verschillende vertrektijdstipperiodes kan ook worden aangemerkt als een segmentatiemethode. Omdat voor de toepassing van de OGM-theorie de reizigersaandelen van de congestievrije situatie per gedefinieerde vertrektijdstipperiode noodzakelijk zijn, dient de reizigersverdeling over de te definiëren vertrektijdstipperiodes "vloeiend" te zijn. Segmentatie in korte tijdsperiodes resulteert niet alleen in een groot aantal datasets, maar ook tot een verhoging van de relaties tussen de aangrenzende vertrektijdstipperiodes. Paragraaf 6.5.4 beschrijft de toegepaste klassendefiniëring van de vertrektijdstipperiodes.

6.5.4 Klassendefiniëring

Als eerste dient opgemerkt te worden dat de uitvoering van segmentaties leidt tot een tegenstrijdige optimalisering. Enerzijds verkleint men de steekproefomvang, terwijl dit anderzijds ook leidt tot een verdere detaillering van de gegevens waardoor het ontwikkelde keuzemodel nauwkeurigere modelresultaten kan genereren. In totaal zijn met behulp van de geformuleerde selectiecriteria 16331 reizigers geselecteerd. De in deze paragraaf opgenomen tabellen tonen de klassendefiniëringen zoals deze zijn toegepast voor dit onderzoek. Voor de achterliggende tabellen van de het klassendefiniëring van de reizigersmotief en ritafstandsklasse wordt verwezen naar Bijlage 11. In Bijlage 12 zijn gecombineerde analyses opgenomen van de toegepaste klassendefiniëringen.

Door definiëring van een congestievrije/congestierijke situatie en de vier verplaatsingstypen De klassendefiniëring van de overige segmentaties is hierom uitgevoerd op basis van deze acht "standaard" klassen. Gesteld is dat het aantal reizigers per klasse minimaal 25 (de cellen met minder dan 25 reizigers zijn grijs gemarkeerd) dient te zijn om enigszins "betrouwbare" gemiddelde waarden te kunnen bepalen, en om verschillen te kunnen waarnemen tussen de diverse gedefinieerde klassen. Opgemerkt dient te worden dat de in deze paragraaf opgenomen tabellen het aantal reizigers en de verdelingen over de verschillende vertrektijdstipperiodes onderscheiden naar maximaal drie segmentaties. Indien uit nader onderzoek blijkt dat de alle vier de segmentaties dienen te worden gecombineerd, dan verkleint dit vanzelfsprekend de dataset.

Segmentatie naar reizigersmotief

Figuur 3.6 toont de reizigersaandelen naar reizigersmotief van de gedefinieerde ochtendspitsperiode. Uit deze analyse blijkt dat het reizigersmotief woon-werk, het grootste reizigersaandeel heeft in de totale ochtendspitsperiode, en dat een verdere segmentatie welhaast overbodig is. In Bijlage 11 is een tabel opgenomen (tabel b11.1) die het aantal reizigers naar reizigersmotief per verplaatsingstype toont. Met de gestelde ondergrens van 25 reizigers per klasse, vervallen direct de reizigersmotieven winkelen, onderwijs volgen, toeren/wandelen en spelen bij een ander. Van de resterende reizigersmotieven worden de zogenaamde lust verplaatsingen viste/logeren en ontspanning/sport samengevoegd met het reizigersmotief overig, omdat verondersteld wordt dat deze reizigers minder hinder ondervinden van de toenemende congestie en het eventuele aanpassingsgedrag niet anders is dan het aanpassingsgedrag van de reizigers die behoren tot het reizigersmotief overig. Omdat het zakelijke verkeer een ander vertrektijdstippatroon heeft dan het woon-werkverkeer, en de kosten anders worden betaald, wordt verondersteld dat het aanpassingsgedrag ook significant verschillend is. Tabel 6.4 toont het aantal reizigers per klasse, indien alleen de reizigersmotieven woon-werk, zakelijk en overig worden toegepast. Zowel voor de congestievrije als de congestierijke situatie zijn resulterende de steekproefomvang van voldoende omvang.

Verplaatsingstype / Reizigersmotief	congestievrije situatie				congestierijke situatie				Subtotaal
	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	9455
Zakelijk	94	92	62	375	124	112	125	502	1486
Overige	371	183	211	1505	662	181	270	2007	5390
Subtotaal	1035	827	1065	4084	1618	923	1385	5394	16331

Tabel 6.4: Crosstabel van het aantal reizigers naar toegepaste reizigersmotief en gedefinieerde verplaatsingstype (bron: OVG 1999, 2000).

Tabel 6.4 toont ook aan dat het aantal geselecteerde reizigers per verplaatsingstype erg verschillend is. Het aantal interne verplaatsingen is hoger dan het aantal extern uitgevoerde verplaatsingen. Dit kan verklaard worden door de wijze van definiëren.

Segmentatie naar ritafstand

Het aantal reizigers per ritafstandsklasse is uiteindelijk bepaald door eerst twee lineaire stapgrootten van de klassen te definiëren van 5 respectievelijk 10 kilometer. De tabellen b11.2 en b11.3 tonen aan dat deze klassendefiniëring te "smaal" zijn voor ritafstanden boven de 35 kilometer. Een gecombineerde tabel, waarbij de laagste ritafstandsklasse per 5 kilometer zijn gedefinieerd, en de hogere ritafstandsklassen (boven de 30 kilometer) per 10 kilometer zijn gedefinieerd, toont nog steeds te weinig geselecteerde reizigers per klasse (tabel b11.4). Tabel 6.5 toont het aantal reizigers per ritafstandsklasse zoals deze toegepast is voor het onderzoek. De definiëring van de lagere ritafstandsklassen is bepaald nadat uit onderzoek is gebleken dat veel reizigers hun

ritafstand afronden op hele, en/of zelfs vijf kilometers (toepassing van afgeronde ritafstandsklassen was daardoor niet raadzaam).

Verplaatsingstype / Ritafstandklasse	congestievrije situatie				congestierijke situatie				Subtotaal
	Int_Sted	Ext_Sted	Ext_Rust	Int_Rust	Int_Sted	Ext_Sted	Ext_Rust	Int_Rust	
0 - 2.5 km	202	11	6	600	439	14	15	1089	2376
2.5 - 7.5 km	442	83	110	1105	677	107	155	1588	4267
7.5 - 17.5 km	174	278	366	1117	249	284	492	1229	4189
17.5 - 32.5 km	94	230	302	615	118	272	376	739	2736
32.5 - 52.5 km	51	108	148	313	58	117	175	380	1350
52.5 - 72.5 km	30	44	62	132	33	48	72	151	572
72.5 - 100 km	21	30	35	78	17	42	53	103	379
> 100 km	21	43	36	124	27	39	47	115	452
Subtotaal	1035	827	1065	4084	1618	923	1385	5394	16331

Tabel 6.5: Crosstabel van het aantal reizigers naar toegepaste ritafstandsklassen per gedefinieerde verplaatsingstypen (bron: OVG 1999, 2000).

Voor de intern stedelijke verplaatsingen geldt nog steeds dat het aantal reizigers voor de hoogste ritafstandsklasse te gering is (analyse heeft aangetoond dat dit onmogelijk te voorkomen is).

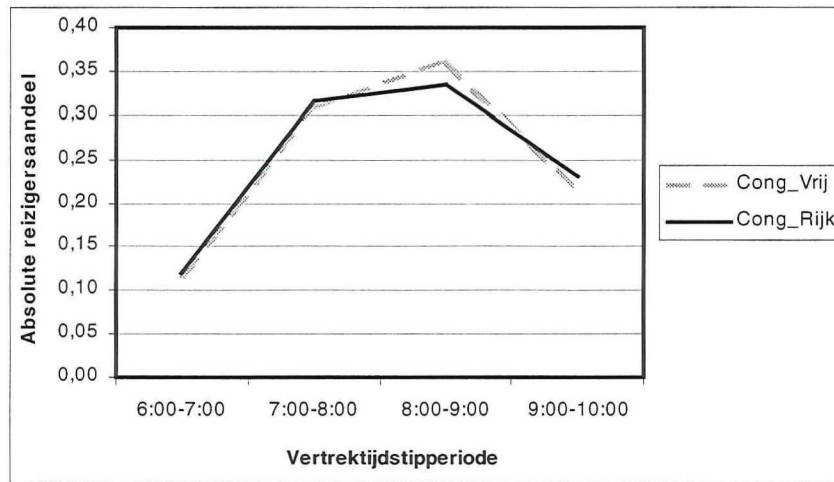
Segmentatie naar vertrektijdstipperiodes

De opsplitsing van de totale modelleringstijd in discrete tijdsperiodes is waarschijnlijk de meeste belangrijke segmentatiemethode. Dit bepaald immers in grote mate de toepasbaarheid (detailniveau) van het te ontwikkelen verschuivingsmodel. Tabel 6.6 toont het aantal reizigers indien de modelleringsperiode gesegmenteerd wordt in vertrektijdstipperiodes van 60 minuten.

Vertrektijdstipperiode	Int_Sted	Ext_Sted	Ext_Rust	Int_Rust	Subtotaal
6:00 - 7:00 uur	219	261	348	1102	1930
7:00 - 8:00 uur	720	629	950	2781	5080
8:00 - 9:00 uur	1084	554	773	3307	5718
9:00 - 10:00 uur	630	306	379	2288	3603
Subtotaal	2653	1750	2450	9478	16331

Tabel 6.6: Crosstabel van het aantal reizigers per gedefinieerde verplaatsingstype en gedefinieerde vertrektijdstipperiode van 60 minuten (bron: OVG 1999, 2000).

Figuur 6.5 toont de bijbehorende reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode van de gedefinieerde congestievrije en congestierijke situatie (hierbij is geen onderscheid gemaakt naar het verplaatsingstype).

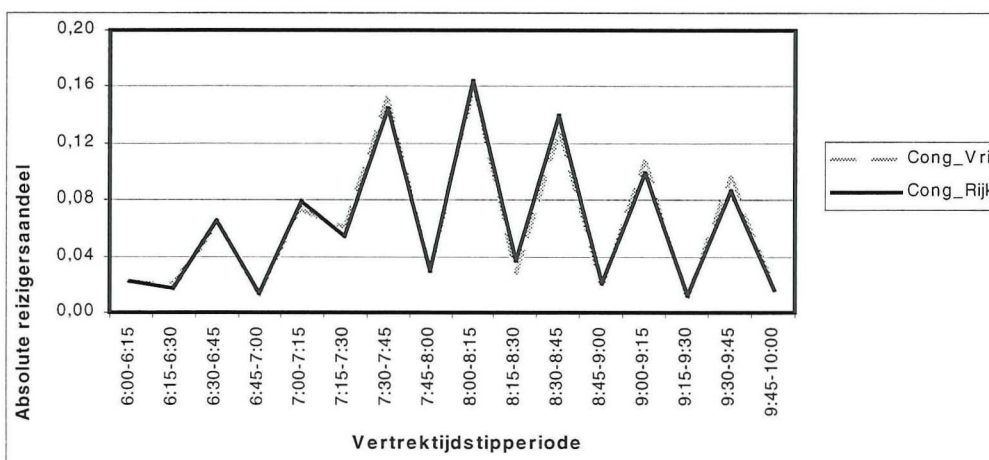


Figuur 6.5: Reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode van 60 minuten in de gedefinieerde congestievrije en congestierijke situatie (bron: OVG 1999, 2000)

Zowel voor de congestievrije als de congestierijke situatie geldt dat de curve een vloeiend verloop heeft. De verschillen naar reizigersaandeel per vertrektijdstipperiode zijn echter zeer gering en nauwelijks waarneembaar. Een verdere segmentatie in vertrektijdstipperiodes van 15 minuten wordt getoond in tabel 6.7, figuur 6.6 toont de bijbehorende reizigersaandelen voor de congestievrije en congestierijke situatie.

Vertrektijdstipperiode	Int_Sted	Ext_Sted	Ext_Rust	Int_Rust	Subtotaal
6:00 – 6:15 uur	31	61	57	209	358
6:15 – 6:30 uur	42	42	52	172	308
6:30 – 6:45 uur	119	136	192	596	1043
6:45 – 7:00 uur	27	22	47	125	221
7:00 – 7:15 uur	147	194	228	685	1254
7:15 – 7:30 uur	130	128	175	493	926
7:30 – 7:45 uur	354	259	466	1323	2402
7:45 – 8:00 uur	89	48	81	280	498
8:00 – 8:15 uur	479	294	402	1483	2658
8:15 – 8:30 uur	123	40	48	333	544
8:30 – 8:45 uur	415	185	295	1288	2183
8:45 – 9:00 uur	67	35	28	203	333
9:00 – 9:15 uur	294	130	198	1045	1667
9:15 – 9:30 uur	42	13	17	118	190
9:30 – 9:45 uur	252	141	143	936	1472
9:45 – 10:00 uur	42	22	21	189	274
Subtotaal	2653	1750	2450	9478	16331

Tabel 6.7: Crosstabel van het aantal reizigers per gedefinieerde verplaatsingstype en gedefinieerde vertrektijdstipperiode van 15 minuten (bron: OVG 1999, 2000).



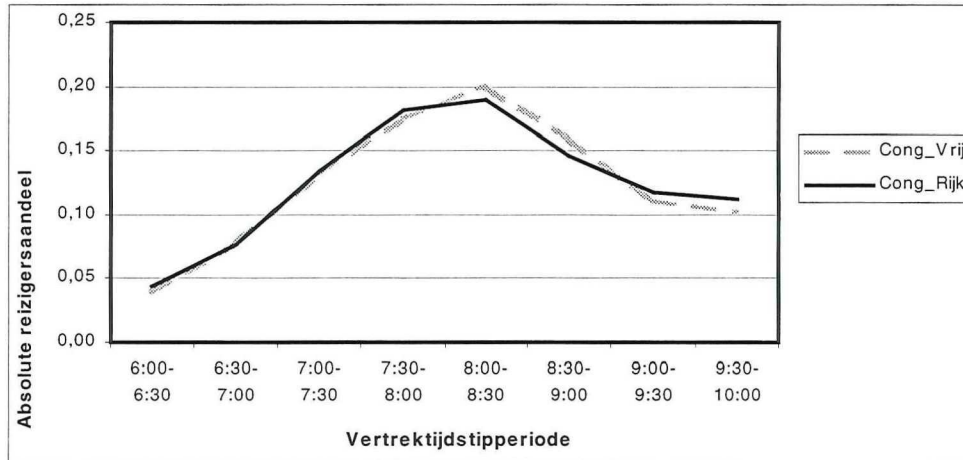
Figuur 6.6: Reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode van 15 minuten in de gedefinieerde congestievrije en congestierijke situatie (bron: OVG 1999, 2000).

Geconcludeerd kan worden dat de reizigers erg veel moeite hebben met het exacte opgeven van hun vertrektijdstip. De reizigers ronden blijkbaar altijd op perioden van 15 minuten. De grafiek toont zowel voor de congestievrije als de congestierijke situatie zeer veel schommelingen en is derhalve dus niet toepasbaar voor dit onderzoek. Opmerkelijk is wel dat de schommelingen in de congestierijke situatie overeenkomen met de schommelingen in de congestievrije situatie.

Het aantal reizigers per tijdspanne van 30 minuten wordt getoond in tabel 6.8 en figuur 6.7. Ondanks dat er geen reizigersaandeelverschillen waarneembaar zijn tussen de gedefinieerde congestievrije en congestierijke situatie kan geconcludeerd worden dat deze klassendefiniëring toegepast kan worden voor dit onderzoek.

Vertrektijdstipperiode	Int_Sted	Ext_Sted	Ext_Rust	Int_Rust	Subtotaal
6:00 – 6:30 uur	73	103	109	381	666
6:30 – 7:00 uur	146	158	239	721	1264
7:00 – 7:30 uur	277	322	403	1178	2180
7:30 – 8:00 uur	443	307	547	1603	2900
8:00 – 8:30 uur	602	334	450	1816	3202
8:30 – 9:00 uur	482	220	323	1491	2516
9:00 – 9:30 uur	336	143	215	1163	1857
9:30 – 10:00 uur	294	163	164	1125	1746
Subtotaal	2653	1750	2450	9478	16331

Tabel 6.8: Crosstabel van het aantal reizigers per gedefinieerde verplaatsingstype en gedefinieerde vertrektijdstipperiode van 30 minuten (bron: OVG 1999, 2000).



Figuur 6.7: Reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode van 30 minuten in de gedefinieerde congestievrije en congestierijke situatie (bron: OVG 1999, 2000).

Voor de uiteindelijke uitwerking van dit onderzoek zijn zeven tijdsperioden toegepast waarbij de vertrektijdstipperiodes 7:30–8:00 uur en 8:00–8:30 uur zijn samengevoegd en gedefinieerd als het core hour¹². De verklaringen voor deze afwijkende klassendefiniëring zijn:

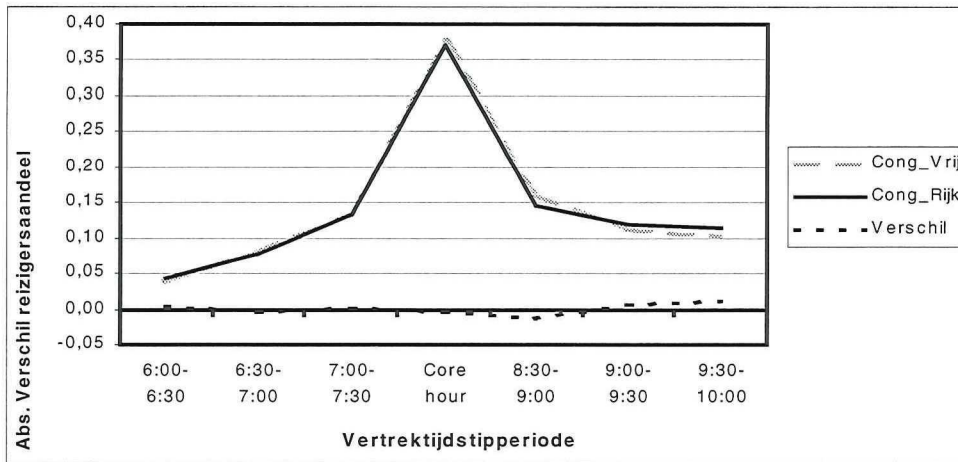
- Deze vertrektijdstipperiode komt overeen met het klassieke drukste uur van de spitsperiode.
- Het opgestelde verschuivingsmodel is hierdoor toepasbaar/vergelijkbaar met het door Advies Verkeer en Vervoer (AVV) in ontwikkeling zijnde verschuivingsmodel dat vertrektijdstipperiodes definieert van 60 minuten. Door tevens vertrektijdstipperiodes van 30 minuten te definiëren wordt de nauwkeurigheid van de modelresultaten vergroot.
- Door toepassing van een core period van één uur, worden drie alternatieven gedefinieerd voor een verschuiving naar een eerdere dan wel latere vertrektijdstipperiode. Er wordt op deze wijze een symmetrische set van alternatieven gedefinieerd.

Tabel 6.9 toont de resultaten van de uiteindelijk toegepaste klassendefiniëring. Figuur 6.8 toont het bijbehorende reizigersaandeel per vertrektijdstipperiode (hierbij is geen onderscheid gemaakt naar de vier verplaatsingstypen, maar wel naar de congestievrije en congestierijke situatie).

Vertrektijdstipperiode	Int_Sted	Ext_Sted	Ext_Rust	Int_Rust	Subtotaal
6:00 – 6:30 uur	73	103	109	381	666
6:30 – 7:00 uur	146	158	239	721	1264
7:00 – 7:30 uur	277	322	403	1178	2180
Core hour	1045	641	997	3419	6102
8:30 – 9:00 uur	482	220	323	1491	2516
9:00 – 9:30 uur	336	143	215	1163	1857
9:30 – 10:00 uur	294	163	164	1125	1746
Subtotaal	9320	7011	16331	9320	7011

Tabel 6.9: Crosstabel van het aantal reizigers per gedefinieerde verplaatsingstype en toegepaste vertrektijdstipperiode (bron: OVG 1999, 2000).

¹² In principe kan elke vertrektijdstipperiode worden gedefinieerd als de core period. Het vormt slechts een referentieperiode voor het te ontwikkelen verschuivingsmodel.

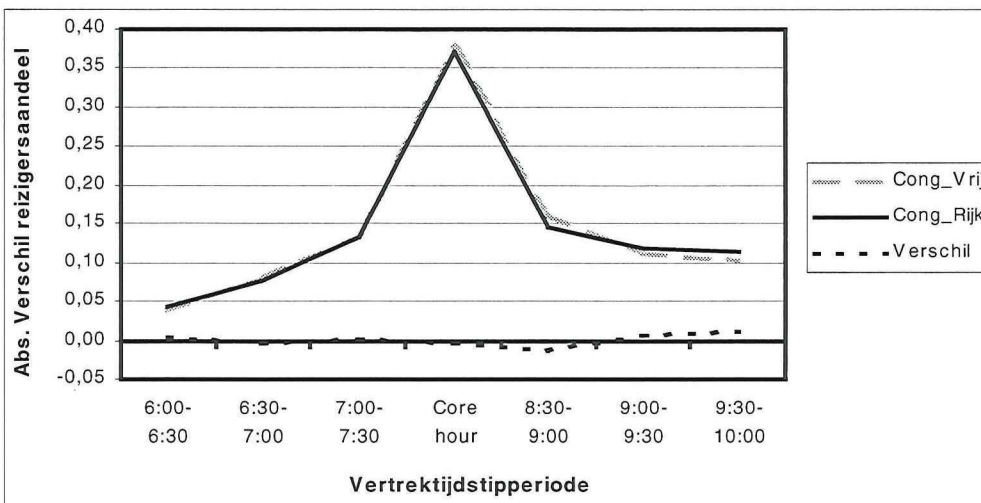


Figuur 6.8: reizigersaandelen per toegepaste vertrektijdstipperiode van 30 minuten in de gedefinieerde congestievrije en congestierijke situatie (bron: OVG 1999, 2000).

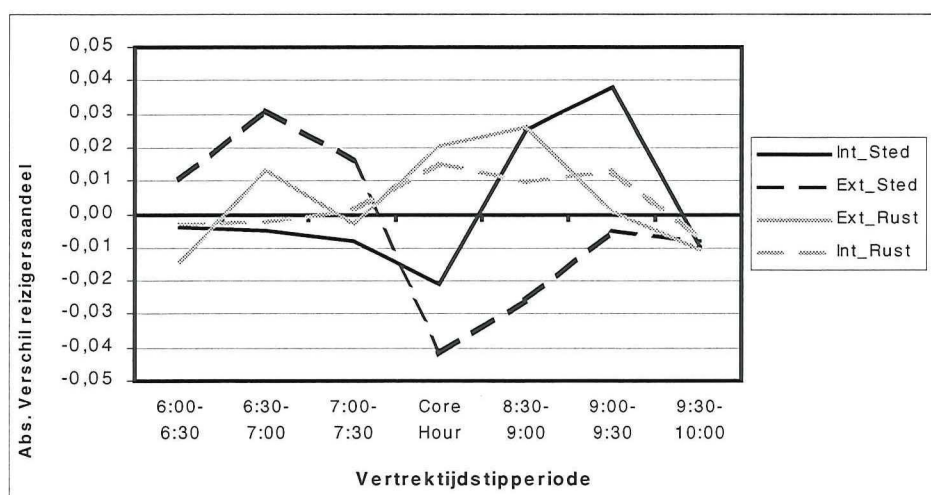
6.5.5 Analyse geselecteerde datasets

Per segmentatiemethode worden in deze subparagraaf de absolute reizigersaandeelverschillen getoond tussen de gedefinieerde congestievrije en congestierijke situatie. De verschillenanalyse dient aan te tonen dat er waarneembare verschuivingen zijn opgetreden. De gepresenteerde tabellen tonen de absolute verschillen naar reizigersaandelen, tussen de gedefinieerde congestierijke en congestievrije situatie, voor elke vertrektijdstipperiode per segmentatiemethode.

Figuur 6.9 toont aan dat er geen significante verschillen zijn tussen de gedefinieerde congestievrije en congestierijke situatie indien de totale dataset toegepast wordt. Analyse toont slechts een lichte stijging van het reizigersaandeel in de vertrektijdstipperiode 8:30–9:00 uur. Blijkbaar treden de aanpassingen op zeer lokaal niveau op, en worden deze niet waargenomen in de geselecteerde dataset (ze worden blijkbaar genivelleerd). Segmentatie naar verplaatsingstype, reizigersmotief en ritafstandsklasse dienen wel significante verschillen aan te tonen.



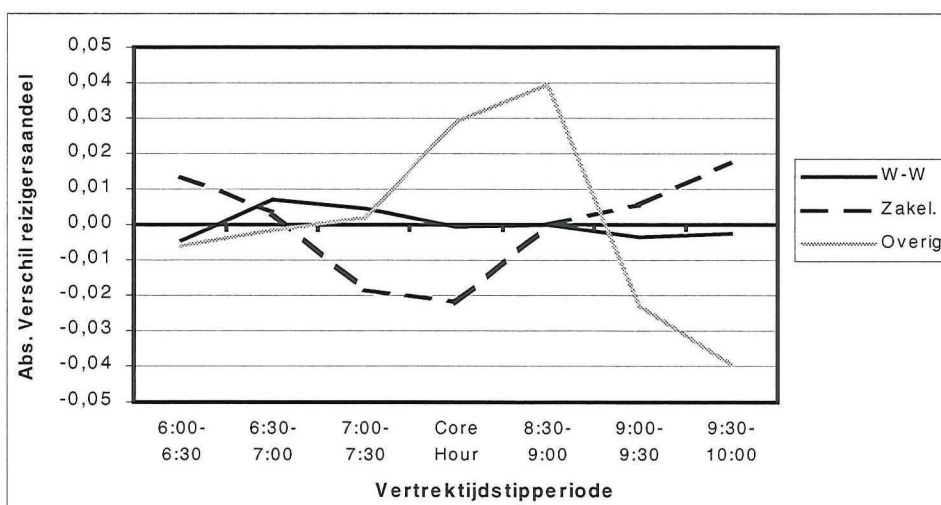
Figuur 6.9: Absolute verschil (congestierijke situatie – congestievrije situatie) naar reizigersaandelen per toegepaste vertrektijdstipperiode (bron: OVG 1999, 2000).



Figuur 6.10: Absolute verschil (congestierijke situatie – congestievrije situatie) naar reizigersaandelen per toegepaste vertrektijdstipperiode en gedefinieerde verplaatsingstype (bron OVG 1999 + 2000).

Zoals verondersteld is het reizigersaandeel van het core hour, voor enkele gedefinieerde verplaatsingstypen gedaald (Int_Sted en Ext_Sted). Het maximale absolute aandeelverschil is echter wel laag (slechts 0,04). Mogelijke verklaringen voor deze reizigersaandeelafname is de gestegen I/C-verhouding en/of de relatieve sterke groei van het vervoersvraag in de buikperioden van de spits. De intern stedelijke reizigers maken voornamelijk een aanpassing naar een later vertrektijdstip, terwijl de extern stedelijke reizigers hoofdzakelijk een verschuiving naar een vroegere vertrektijdstipkeuze maken. Dit is logisch te verklaren indien de bovenstaande grafiek gecombineerd wordt met de grafieken b12.9 en b12.10. De extern stedelijke verplaatsingen hebben een relatief hoog aandeel in de vertrektijdstipperiodes voor 7:30 uur, en hebben gemiddeld een hoge ritafstand. Aanpassing naar een later vertrektijdstip zou resulteren in een extra reisweerstandsvrhoging doordat er zodoende langer gereisd moet worden gedurende het core hour, wat als een negatieve reisperiode wordt verondersteld. De intern stedelijke verplaatsingen hebben een relatief hoog aandeel in de vertrektijdstipperiodes na 7:30 uur, en hebben een lage gemiddelde ritafstand. Aanpassing naar een eerder vertrektijdstip zou resulteren in een langere reistijd gedurende het core hour, hetgeen verondersteld wordt als een negatieve beoordeling.

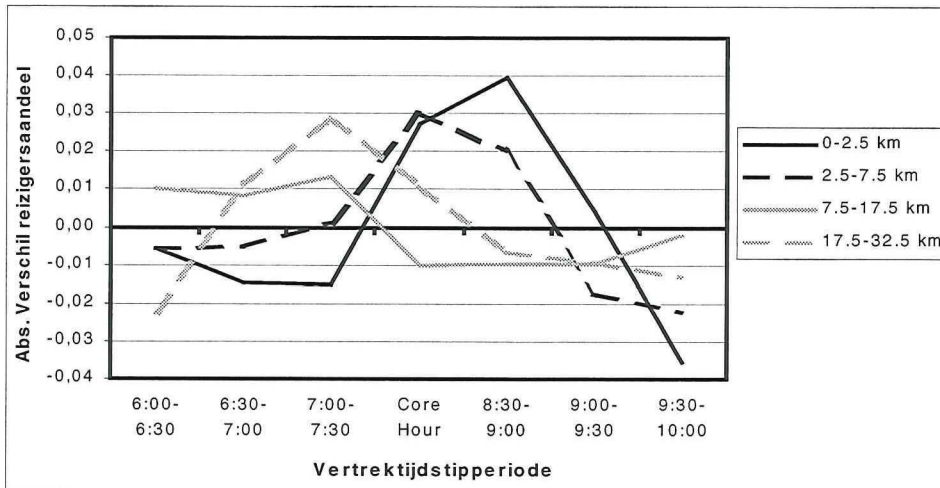
Geconcludeerd kan worden dat in de rustige gebieden nog voldoende capaciteit beschikbaar is op het wegennet omdat voor deze verplaatsingstypen, het reizigersaandeel in het core hour gestegen is in de gedefinieerde congestierijke situatie. De vroegste en laatste vertrektijdstipperiodes kennen daarentegen juist een afname van het reizigersaandeel.



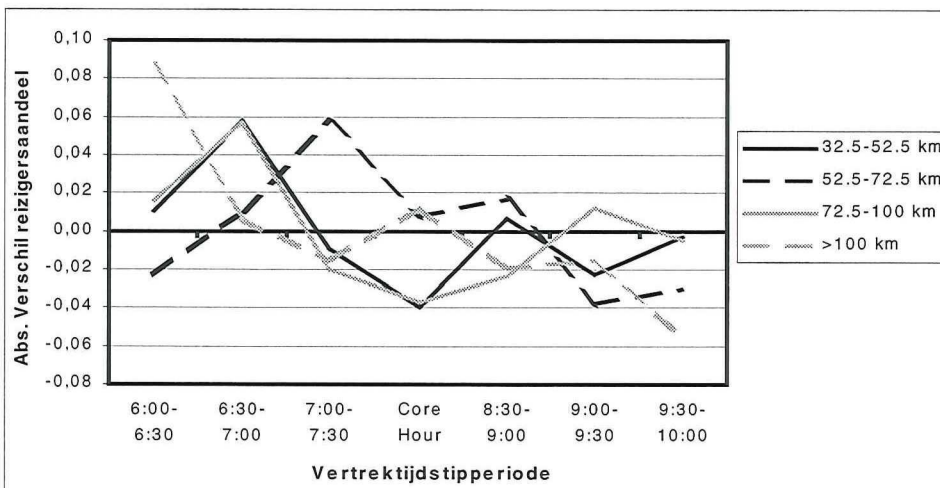
Figuur 6.11: Absolute verschil (congestierijke situatie – congestievrije situatie) naar reizigersaandelen per toegepaste vertrektijdstipperiode en gedefinieerde reizigersmotief (bron: OVG 1999, 2000).

Het percentage reizigers met het reizigersmotief woon-werk dat zijn vertrektijdstip wijzigt is beperkt en niet significant waarneembaar. Opmerkelijk is dat het aandeel in het core hour zelfs in het geheel niet wijzigt. Het vormt echter onvoldoende onderbouwing om op basis van deze grafiek en grafiek b12.17, te concluderen dat dit woon-werkreizigers geen aanpassingen van hun vertrektijdstipkeuze maken.

De grootste aanpassingen van de vertrektijdstipkeuze treden op voor het reizigersmotief overig. Het aandeel van dit reizigersmotief neemt toe in het core hour, en toont een afname van het reizigersaandeel in de laatste twee vertrektijdstipperiodes. De curve van het zakelijke reizigersmotief correspondeert nog het beste met de veronderstelde verschuivingstheorie. Deze theorie veronderstelt namelijk een afname van het reizigersaandeel in het core hour, in de congestierijke situatie. Voor de ontwikkeling van het vertrektijdstipkeuzemodel lijkt echter de beschikbare dataset te klein (zie tabel 6.4).



Figuur 6.12: Absolute verschil (congestierijke situatie – congestievrije situatie) naar reizigersaandelen per toegepaste vertrektijdstipperiode en gedefinieerde ritafstandsklassen (bron: OVG 1999, 2000).



Figuur 6.13: Absolute verschil (congestierijke situatie – congestievrije situatie) naar reizigersaandelen per toegepaste vertrektijdstipperiode en gedefinieerde ritafstandsklassen (bron: OVG 1999, 2000).

De verschillen naar ritafstandsklasse toont de meeste verschuivingen, en dit niet alleen in absolute reizigersaandelen. Per ritafstandsklasse blijkt er een ander aanpassingsgedrag waarneembaar te zijn. De reizigersaandelen van de ritafstandsklassen 0 – 2.5 km en 2.5 – 7.5 km tonen een toename in de vertrektijdstipperiodes tussen 7:30 en 9:00 uur. In de andere vertrektijdstipperiodes treedt een daling van het reizigersaandeel op. De ritafstandsklassen 7,5 - 17,5 km en 17,5 - 32,5 km tonen een toename in de vertrektijdstipperiodes tussen 6:00 en 7:30 uur. Naarmate de ritafstand toeneemt ontstaat een aanpassing naar een eerdere vertrektijdstipperiode in de congestierijke situatie. De

stijging van het reizigersaandeel in het core hour voor de ritafstandsklasse > 100km blijkt na analyse te worden veroorzaakt door het geringe aantal reizigers in die ritafstandsklasse (een paar “verdwaalde” reizigers kunnen de dataset verstoren).

Kanttekeningen getoonde verschuivingen

De volgende twee kanttekeningen kunnen geplaatst worden bij de getoonde grafieken/tabellen:

- Reizigerssamenstelling van de gedefinieerde situaties: Indien de reizigerssamenstelling (naar verplaatsingstype, reizigersmotief en/of ritafstandsklasse) tussen de twee gedefinieerde situaties te veel verschillen kunnen de berekende reizigersverdelingen niet met elkaar worden vergeleken. Analyse van de tabellen b11.1, b11.2 en b11.3 toont aan dat de verschuivingen tussen de verschillende klassen gering is. Het reizigersaandeel intern stedelijke verplaatsingen is in de congestierijke situatie gestegen (2,5%) ten koste van de extern stedelijke verplaatsingen. Het absolute aantal is echter wel hoger. Het reizigersaandeel woon-werkverkeer is gedaald in de congestierijke situatie. Deze afname (1,7%) wordt volledig gecompenseerd door de toename van het reizigersaandeel overig. Deze verschuiving is tegenstrijdig met de berekende waarden in tabel 3.1 Een mogelijke verklaring hiervoor vormen de selectiecriteria die toegepast zijn. In de congestierijke situatie is een duidelijk waarneembare toename zichtbaar van de kortere ritafstandsklassen (klassen 0 – 2,5 km en 2,5 – 7,5 km). Dit gaat voornamelijk ten koste van reizigersaandelen in de ritafstandsklassen 7,5 – 17,5 km en 17,5 – 32,5 km. Gedetailleerde analyse (b11.5, b11.6 en b11.11, b11.12) toont aan dat deze stijging van de korte ritafstandsklassen wordt veroorzaakt door een toename van het aantal interne verplaatsingen met de reizigersmotieven woon-werk en overig.
- Significante verschillen: De getoonde verschillen zijn bepaald op de reizigersaandelen per vertrektijdstipperiodes in de beide gedefinieerde situaties. Een significant verschil tussen de beide curven is hiermee niet aangetoond. Voor deze statistische toetsen zijn dezelfde formules gebruikt als in Bijlage 8. Voor de congestievrije en congestierijke situatie is het vertrektijdstippatroon op een schaalniveau van 1 minuut aangemerkt als een kansverdeling. Van elke kansverdeling is de gemiddelde waarde met de bijbehorende standaard deviatie berekend. Een wijziging van de gemiddelde waarde wordt geïnterpreteerd als een verschuiving van het vertrektijdstippatroon over de tijdsas waarbij het zwaartepunt verschuift naar een eerdere of latere vertrektijdstipperiode (voorkeur van reizigerstype?). Een wijziging van de standaard deviatie wordt geïnterpreteerd als een verschuiving van het vertrektijdstippatroon naar zowel een eerdere als latere vertrektijdstipperiode. Uit deze toetsen blijkt dat:
 - De verplaatsingstypen extern en intern stedelijk tonen geen significant verschil naar de gemiddelde waarde en standaard deviatie. De gemiddelde waarden en standaard deviatie voor de intern en extern stedelijke verplaatsingen zijn wel significant verschillend. De stijging van de verkeersintensiteit is hier een mogelijke verklaring voor.
 - De twee kansverdelingen voor het reizigersmotief woon-werk zijn niet significant verschillend (voor zowel de gemiddelde waarde als de standaard deviatie). De standaard deviatie van het zakelijke reizigersmotief is wel significant verschillend maar de gemiddelde waarde niet. Van het overige reizigersmotief zijn zowel de gemiddelde waarde als de standaard deviatie significant verschillend (toename van het aandeel in de klassieke drukkere vertrektijdstipperiodes, het overige verkeer vult als het ware het gat op dat is ontstaan door het wegtrekken van het woon-werk en zakelijke verkeer uit deze vertrektijdstipperiodes).
 - Een significant verschil van de gemiddelde waarde is alleen zichtbaar voor de vier hoogste ritafstandsklassen (het grootste verschil is meetbaar voor de ritafstandsklasse > 100 km). Een significant verschil voor de standaard deviatie is zichtbaar voor de ritafstandsklassen 0 – 2,5 km, 17,5 – 32,5 km, 52,5 – 72,65 km en > 100 km. Geconcludeerd kan worden dat een significant verschil slechts meetbaar is voor enkele ritafstandsklassen. Een mogelijke verklaring hiervoor is de reistijd die erg afhankelijk is van de ritafstand. Indien reizigers met een korte verplaatsingsafstand hun vertrektijdstip aanpassen met tien minuten wordt dit aangepaste vertrektijdstip toch nog veelal gedefinieerd tot dezelfde vertrektijdstipperiode in de congestievrije situatie.

6.5.6 Conclusie van de OVG-analyse

Na uitgevoerde OVG-analyses kunnen de volgende conclusies worden geformuleerd:

- De vertrektijdstippatronen van de gedefinieerde congestievrije en congestierijke situatie tonen geen significant verschil (naar de gemiddelde waarde en de standaard deviatie) indien de complete dataset geanalyseerd wordt. Geconcludeerd kan worden dat het OVG een databron is waarbij door selectie de gewenste extreme waarden worden genivelleerd door de overige data-items uit de dataset.
- Segmentatie van deze totale dataset naar verplaatsingstype, reizigersmotief of ritafstandsklassen tonen daarentegen wel significante verschillen naar de vertrektijdstippatronen. De veronderstelde verschuiving van het vertrektijdstippatroon is zichtbaar wel zichtbaar bij analyse van een gedeelte van de OVG – data. Hieruit kan geconcludeerd worden dat spitsverbreding erg lokaal optreedt, en dat een goede dataselectie zeer complex is.
- De waarneembare verschuivingen zijn echter minimaal, en al lang niet allemaal significant waarneembaar. Er is een verschil waarneembaar tussen een symmetrisch aanpassingsgedrag (de reizigerstype heeft geen specifieke voorkeur voor een verschuiving naar een eerdere, dan wel latere vertrektijdstipperiode = meetbaar aan de wijziging van de standaard deviatie) en een asymmetrisch aanpassingsgedrag (voorkeur voor een eerdere dan wel latere vertrektijdstipperiode = waarneembaar door een wijziging van de gemiddelde waarde). De grootste verschuivingen treden op voor het de verplaatsingstypen intern/extern stedelijk (naar een eerdere respectievelijk latere vertrektijdstipperiode). Naar reizigersmotief is alleen voor het overige verkeer een verschuiving waarneembaar naar de “klassieke vertrektijdstipperiodes” (door het ontstaan van een gat door het wegtrekken van het woon-werk en zakelijk verkeer). De hoogste vier ritafstandsklassen blijken een aanpassing te maken, met een lichte voorkeur voor de een eerdere vertrektijdstipperiode. Mogelijk biedt een verdere segmentatie naar verplaatsingstype en reizigersmotief en/of ritafstandsklassen een geschikte databron voor de ontwikkeling van het verschuivingsmodel.

6.6 Stap VI: Opgestelde verschuivingsmodel

Het ontwikkelde verschuivingsmodel is gebaseerd op de OGM-theorie. Voor het daadwerkelijke verschuivingsmodel wordt dan ook gebruik gemaakt van de formules die beschreven zijn Bijlage 4. De variabelen, die opgenomen worden in de benodigde nutsfunctie, worden in deze paragraaf bepaald. Uit analyse van de OVG-dataset kan geconcludeerd worden dat segmentaties noodzakelijk zijn om de veronderstelde vertrektijdstipaanpassingen waar te kunnen nemen. De eerste subparagraaf toont een overzicht van de factoren die mogelijk als een variabele en/of segmentatie opgenomen kunnen worden in het verschuivingsmodel (dit in feite een korte samenvatting van de in paragraaf 6.2 beschreven factoren). In de tweede subparagraaf wordt de methodiek toegelicht die toegepast is voor de bepaling van de benodigde variabelen en/of segmentaties. De derde en vierde subparagrafen beschrijven vier geformuleerde casestudies waarbij de complete dataset respectievelijk een selectie van deze dataset is toegepast. Het uiteindelijke opgestelde verschuivingsmodel is beschreven in de vijfde subparagraaf. In de laatste subparagraaf zijn een aantal kanttekeningen opgenomen die aan het licht zijn gekomen bij de ontwikkeling van het verschuivingsmodel.

6.6.1 Variabelen voor de verschuivingsformule

Tabel 6.10 toont een overzicht van alle factoren die bepaald zijn met OVG en waarvan verondersteld is dat ze als variabele en/of als segmentatie kunnen worden opgenomen in de nutsfunctie van het verschuivingsmodel (zie paragraaf 6.2 voor een toelichting op de keuze van deze factoren).

Factor (OVG)	Variabele	Segmentatie
Reistijd (min)	X	
Reizigersmotief (-)		X
Ritafstand (km)	X	
Ritafstandsklasse (-)	X	X
Herkomstgebied (-)	X	X ¹³
Bestemmingsgebied (-)	X	X
Te vroege aankomst (min)	X	
Te late aankomst (min)	X	
Aankomsttijdsverschil (min)	X	

Tabel 6.10: Overzicht van de factoren waarvan verondersteld wordt dat ze van invloed zijn op de aanpassing van de vertrektijdstipkeuze in een gewijzigde situatie (X = kan opgenomen worden als)

6.6.2 Methodiek

De invloed van de verschillende factoren op de vertrektijdstipkeuze is onderzocht door voor verschillende combinaties van factoren (die opgenomen zijn in een nutsfunctie), de benodigde waarderingsfactoren te bepalen m.b.v. een logit model (zie paragraaf 6.4). Indien de geschatte waarderingsfactoren een t-ratio hebben die kleiner is dan 1,96 zijn deze factoren niet bruikbaar in de opgestelde nutsfunctie (de betrouwbaarheid is dan kleiner dan 95%). Voor dit onderzoek zijn de volgende twee sets van nutsfuncties opgesteld:

- Toepassing van de complete dataset: Vier nutsfuncties (casestudie 1 t/m 4) zijn opgesteld waarbij onderscheid is gemaakt naar diverse variabelen, en de segmentaties reizigersmotief en verplaatsingstype (*m, v* codering).
- Toepassing van een gedeelte van de dataset: Uit de OVG-analyses is geconcludeerd dat voor de verplaatsingstypen intern/extern stedelijk, het veronderstelde aanpassingsgedrag het beste waarneembaar was. Omdat de intern stedelijke verplaatsingen voornamelijk worden afgewikkeld op het Onderliggende Wegennet (OWN) is dit verplaatsingstype minder interessant bevonden voor dit onderzoek (dit zijn veelal de kortere verplaatsingen met de latere vertrektijdstipkeuzen). Segmentatie van alleen de extern stedelijke verplaatsingen is verder uitgewerkt omdat dit verplaatsingstype hoofdzakelijk gebruik maakt van het HWN en verondersteld wordt dat dit reizigerstype overeenkomt met de reizigers op het HWN in de ochtendspitsperiode. Verondersteld wordt dat dit reizigerstype voornamelijk zijn vertrektijdstipkeuze aanpast om minder geconfronteerd te worden met de veronderstelde gestegen reisweerstand t.o.v. de gedefinieerde basissituatie. Voor deze verplaatsingstypen zijn wederom vier nutsfuncties opgesteld (casestudie 5 tot en met 8).

De in deze paragraaf beschreven nutsfuncties vormen slechts voorbeeldfuncties, waarin alle verklarende variabelen zijn opgenomen. Voor de bepaling van de waarden van de waarderingsfactoren met behulp van het logit-model worden afwijkende functies ingevoerd. Het grootste verschil is dat in lang niet alle alternatieven (vertrektijdstipperiodes) elke variabele is opgenomen¹⁴. De onderstaande set van nutsfuncties zijn de daadwerkelijk ingevoerde nutsfuncties voor de bepaling van de waarderingsfactoren met behulp van het logit-model, voor de nutsfunctie die opgenomen is als formule 5.

$$\begin{aligned}
 U1 &= p01*d14 + p02*d07 + p03*d18 \\
 U2 &= p20 + p01*d14 + p03*d18 + p04*d19 \\
 U3 &= p30 + p02*d07 + p04*d19 \\
 U4 &= p40 + p01*d14 + p02*d07 + p03*d18 \\
 U5 &= p50 + p01*d14 + p03*d18 + p04*d19 \\
 U6 &= p60 + p02*d07 + p03*d18 \\
 U7 &= p70 + p01*d14 + p04*d19
 \end{aligned}$$

¹³ Met behulp van het herkomst- en bestemmingsgebied zijn de voer verplaatsingstypen gedefinieerd.

¹⁴ Voor de verklaringen hiervoor wordt verwezen naar paragraaf 6.4.

$$U_m(k) = \alpha_m TT(k) + \beta_m TD(k) + \gamma_m TE(k) + \eta_m TL(k) + \varepsilon(k) \quad [5]$$

Alle vertrektijdstipperperioden zijn gedefinieerd van U1 tot en met U7 (U1 correspondeert met de vertrektijdstipperperiode 6:00-6:30 uur). De factoren p20 tot en met p70 zijn de ingevoerde constante, die ook geschat dienen te worden. De factoren p01 t/m p04 zijn de codes voor de opgenomen verklarende variabelen (in dit geval de reistijd, ritafstand, te vroege aankomst en de te late aankomst). De factoren d07, d14, d18 en d19 verwijzen naar de kolommen van de toegepaste dataset. Indien de kolommen anders gerangschikt worden dan wijzigen ook deze factoren. De overige sets van de nutsfuncties zijn opgenomen in Bijlage 13.

6.6.3 Toepassing complete dataset (casestudies 1 tot en met 4)

Toepassing van de complete dataset heeft de voorkeur omdat er zodoende gebruik wordt gemaakt van zoveel mogelijk data-items wat de modelschatting ten goede komt. Als tweede kunnen op deze wijze eenvoudige praktische modelstudies worden getest omdat de meeste veronderstelde segmentaties redelijk eenvoudig geïmplementeerd kunnen worden in de huidige generatie verkeer- en vervoersmodellen. Een uitzondering van deze eenvoudige implementatie vormt het verplaatsingstype. Voor de complete dataset zijn de volgende vier casestudies uitgewerkt (tabel 6.11).

Modelparameters	Reistijd (min)	Ritafstand (km)	Ritafstandklasse (-)	Herkomstgebied	Bestemmingsgebied	Te vroege aankomst (min)	Te late aankomst (min)	Aankomsttijdsverschil
Casestudienummer:								
1: Reizigersmotief (4 var)	X	X				X	X	
2: Reizigersmotief (5 var)	X		X	X	X			X
3: Verplaatsingstype (4 var)	X	X				X	X	X
4: Verplaatsingstype (3 var)	X	X						X

Tabel 6.11: Overzicht van de veronderstelde variabelen per casestudie voor de complete geselecteerde dataset

De formules 5 tot en met 8 zijn de voorbeeldnutsfuncties waarvoor de sets van waarderingfactoren zijn bepaald met behulp van het logit-model.

Casestudie 1

$$U_m(k) = \alpha_m TT(k) + \beta_m TD(k) + \gamma_m TE(k) + \eta_m TL(k) + \varepsilon(k) \quad [5]$$

Casestudie 2

$$U_m(k) = \alpha_m TT(k) + \xi_m TDC(k) + \lambda_m H(k) + \psi_m B(k) + \varphi_m Dif_Arr(k) + \varepsilon(k) \quad [6]$$

Casestudie 3

$$U_v(k) = \alpha_v TT(k) + \beta_v TD(k) + \gamma_v TE(k) + \eta_v TL(k) + \varepsilon(k) \quad [7]$$

Casestudie 4

$$U_v(k) = \alpha_v TT(k) + \xi_v TD(k) + \varphi_v Dif_ArrTL(k) + \varepsilon(k) \quad [8]$$

Waarbij:

$TT(k)$ gemiddelde reistijd (min) van vertrektijdstipperperiode k ,
 $TD(k)$ gemiddelde ritafstand (km) van vertrektijdstipperperiode k ,

$TDC(k)$	gemiddelde ritafstandsklasse van vertrektijdstipperiode k ,
$TE(k)$	gemiddelde te vroege aankomsttijd (min) van vertrektijdstipperiode k ,
$TL(k)$	gemiddelde te late aankomsttijd (min) van vertrektijdstipperiode k ,
$H(k)$	gemiddelde herkomst (-) van vertrektijdstipperiode k ,
$B(k)$	gemiddelde bestemming (-) van vertrektijdstipperiode k ,
$Dif_Arr(k)$	gemiddelde aankomsttijdverschil (min) van vertrektijdstipperiode k ,
m, v	index voor een segmentatie naar reizigersmotief of verplaatsingstype,
$\alpha, \beta, \gamma, \eta, \xi, \lambda, \psi, \varphi$	waarderingsfactoren voor de reistijd, ritafstand, te vroege aankomst, te late aankomst, ritafstandsklasse, herkomst, bestemming, aankomsttijdverschil.

Tabel 6.12 toont een overzicht van de bepaalde sets van waarderingsfactoren.

Modelparameters	Reistijd (min)	Ritafstand (km)	Ritafstandsklasse (-)	Herkomstgebied	Bestemmingsgebied	Te vroege aankomst (min)	Te late aankomst (min)	Aankomsttijdverschil (min)
Casestudie:								
Alle-motieven (4 var)	-0.0313 (-4.2)	.00108 (2.0)				.00981 (2.7)	-0.0441 (-2.5)	
Woon – werk (4 var)	-0.00819 (-5.8)	-.00408 (-3.5)				.02196 (3.7)	-.00999 (-3.3)	
Zakelijk (4 var)	-0.00732 (-5.3)	-.00254 (-2.2)				.02021 (3.4)	-.00977 (-3.3)	
Overig (4 var)	-0.00579 (-3.5)	-.00247 (-1.7)				-.00231 (2.7)	.0083 (2.1)	
Alle motieven (5 var)	-.01133 (-12)		-.09886 (-9.1)	-.11854 (-2.6)	-.12875 (-3.5)			.00455 (2.2)
Woon – werk (5 var)	-.00583 (-3.9)		.02634 (1.6)	-.11553 (-1.8)	-.11705 (-2.6)			-.00477 (-1.3)
Zakelijk (5 var)	-.00761 (-4.3)		-.05903 (-2.3)	.08142 (0.6)	-.08036 (-0.7)			-.00120 (-0.3)
Overig (5 var)	-.01175 (-5.2)		.03992 (1.8)	-.08544 (-1.1)	-.01140 (-1.7)			-.00480 (-1.2)
Intern stedelijk (4 var)	-.00628 (-2.8)	-.002441 (-1.0)				.01682 (1.3)	.00487 (0.9)	
Extern stedelijk (4 var)	-.00397 (-2.3)	-.00442 (-2.3)				.01586 (2.5)	-.01144 (-2.6)	
Extern rustig (4 var)	-.00462 (-2.1)	-.00543 (-3.0)				.009346 (1.0)	-.01356 (-2.4)	
Intern rustig (4 var)	-.00071 (-0.7)	.00465 (4.7)				-.00184 (-0.3)	-.00186 (-0.8)	
Intern stedelijk (3 var)	-.01157 (-3.2)	-.00556 (-1.9)						.01478 (2.1)
Extern stedelijk (3 var)	.00462 (2.4)	.00761 (4.3)						-.00977 (-1.9)
Extern rustig (3 var)	-.00465 (-1.8)	-.00195 (-1.1)						.00179 (2.3)
Intern rustig (3 var)	-.00572 (-4.6)	-.00420 (-4.3)						.00696 (2.2)

Tabel 6.12 Bepaalde sets van waarderingsfactoren voor de opgestelde casestudies (bron OVG 1999,2000)

De grijs gemarkeerde celwaarden tonen de variabelen aan waarvoor de t-ratio kleiner is dan 1,96 waardoor de waarderingsfactoren niet toepasbaar worden geacht voor het te ontwikkelen verschuivingsmodel. In het algemeen kan gesteld worden dat de meeste bepaalde sets van waarderingsfactoren niet betrouwbaar/nauwkeurig genoeg bepaald zijn. Een negatief bepaalde waarderingsfactor dient te worden geïnterpreteerd als een nutsverlaging indien de waarde van deze variabele stijgt (een uitzondering hierop vormt de variabele van de Te Vroege Aankomst).

Na analyse van de tabelwaarden kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Het overall beeld toont zeer veel waarderingsfactoren die niet betrouwbaar/nauwkeurig genoeg bepaald zijn (alle grijs gemarkeerde celwaarden). Hieruit kan geconcludeerd worden dat of de dataset geen waarneembare verschillen tussen de beide gedefinieerde situaties weerspiegelt of dat de veronderstelde factoren geen verklarende factoren zijn.
- Het teken van de bepaalde waarderingsfactoren blijkt erg afhankelijk te zijn van de toegepaste segmentatiemethode (dit geldt specifiek voor de factoren ritafstand en het aankomsttijdsverschil). Een tekenwijziging kan duiden op een specificatieprobleem of een dataprobleem. Overall kan echter worden geconcludeerd dat de bepaalde waarderingsfactoren het veronderstelde teken hebben.
- De absolute waarden van de bepaalde waarderingsfactoren uit één casestudie, zijn lager indien het aantal veronderstelde variabelen groter is dan in een casestudie waar minder veronderstelde variabelen zijn opgenomen.
- Op basis van deze bepaalde sets van waarderingsfactoren kan geconcludeerd worden dat de segmentaties naar reizigersmotief en verplaatsingstype noodzakelijke worden geacht voor een zo correct mogelijke modellering van de aanpassing van de vertrektijdstipkeuze. Deze segmentaties zijn gerechtvaardigd omdat er niet twee waarderingsfactoren zijn te selecteren die voor één variabele dezelfde waarde hebben. De waarderingsfactor voor de tijdsvariabele is voor het reizigersmotief woon-werk anders dan voor het reizigersmotief zakelijk.
- Toepassing van de factoren ritafstandsklassen en herkomst- en bestemmingsgebied worden niet zinvol geacht omdat de bepaalde waarderingsfactoren erg onbetrouwbaar zijn gebleken. Als tweede kan geconcludeerd worden dat het slechts gedefinieerde klassen zijn, waarbij de waarden niet objectief meetbaar zijn (het zijn slechts codes die zelf zijn aangebracht). Toepassing in een verkeer- en vervoersmodel is bovendien complex, omdat elke herkomst en bestemming gecodeerd zouden moeten worden.
- De toegepaste datasets zijn niet geheel zuiver omdat de bepaalde waarderingsfactoren voor één factor in bijvoorbeeld casestudie 1 verschillende tekens heeft voor de verschillende te onderscheiden reizigersmotieven (zie subparagraaf kanttekeningen).
- Geconcludeerd kan worden dat de steekproefomvang niet garant staat voor de bepaling van de benodigde waarderingsfactoren. Een voorbeeld hiervan is de grote steekproefomvang van de intern rustige verplaatsingen.
- De reistijd en ritafstand worden als verklarende variabelen aangemerkt omdat de bepaalde waarderingsfactoren een "hoge" t-ratio hebben, en hierdoor een betrouwbare/nauwkeurige gemiddelde waarden kennen. Geconcludeerd kan worden dat de reizigers in het algemeen één kilometer extra rijden zwaarder waarderen dan één minuut reistijd. De woon-werkreiziger heeft de hoogste waardering van de reistijd gevolgd door de zakelijke reiziger.
- De gedefinieerde factoren voor de te vroege/late aankomst en het aankomsttijdsverschil worden voor de casestudies 1 en 4 van belang geacht voor een aanpassing van het vertrektijdstip. De waardering van een te vroege/late aankomst is zeer afhankelijk van het reizigersmotief. Het woon-werk en zakelijk verkeer waardeert de te vroege aankomst ongeveer tweemaal zo zwaar als een te late aankomst. Voor de casestudies 2 en 3 worden minder betrouwbare waarden bepaald. De tekenwijziging in casestudie 1 voor het reizigersmotief overig, wordt veroorzaakt door de onbetrouwbare waarde voor de ritafstand. Segmentatie naar verplaatsingstype toont aan dat de reizigers met de stedelijke gebieden als bestemming een te vroege/late aankomst en een aankomsttijdsverschil in het algemeen, zwaarder waarderen dan reizigers die de rustigere gebieden als bestemming hebben.
- Voor de casestudies 1,3 en 4 kan geconcludeerd worden dat een te vroege/late aankomst of een aankomsttijdsverschil van één minuut zwaarder wordt gewaardeerd dan een reistijdverhoging van één minuut. Voor casestudie 2 geldt precies het tegengestelde. Een

mogelijke verklaring hiervoor zijn de variabelen herkomst- en bestemmingsgebied. Deze factoren worden relatief zwaar gewaardeerd.

- Een segmentatie naar ritafstandsklassen bleek niet mogelijk omdat de bepaalde waarderingsfactoren allemaal erg onbetrouwbaar/onnauwkeurig zijn geschat.

De geformuleerde nutsfunctie uit casestudie 1 is toegepast bij een verdere segmentatie naar ritafstandsklassen. Er is gekozen voor deze nutsfunctie omdat de opgenomen variabelen voor verplaatsingstype 2 als meest verklarende factoren worden verondersteld voor een aanpassing van de vertrektijdstipkeuze. Voor de bepaling van de waarderingsfactoren is de complete dataset toegepast omdat de steekproeven anders te klein werden. De bepaalde gemiddelde waarden voor de variabelen zijn opgenomen in tabel 6.13.

Modelparameters								
Ritafstandklasse	Reistijd (min)	Ritafstand (km)	Ritafstandklasse (-)	Herkomstgebied	Bestemmingsgebied	Te vroege aankomst (min)	Te late aankomst (min)	Aankomsttijderschil (min)
0 – 2,5 km	-0.0262 (-0.5)	-1.2850 (-1.3)				-0.1514 (-0.4)	-0.0608 (-0.8)	
2,5 – 7,5 km	.00871 (1.4)	.03755 (1.3)				.01925 (1.0)	.00589 (0.9)	
7,5 – 17,5 km	-0.00174 (-0.4)	.01227 (0.8)				.01998 (1.6)	-0.00871 (-1.7)	
17,5 – 32,5 km	-0.00294 (-0.8)	-0.02030 (-1.7)				.01209 (1.1)	-0.01082 (-1.6)	
32,5 – 52,5 km	-0.01165 (-1.2)	.00454 (0.3)				.01169 (1.0)	-0.00991 (-1.7)	
52,5 – 72,5 km	.00389 (0.7)	-0.01462 (-0.8)				.01131 (1.0)	-0.00674 (-1.0)	
72,5 – 100 km	.00088 (0.1)	-0.01132 (-0.7)				.01674 (1.1)	.00496 (0.7)	
> 100 km	-0.00242 (-1.1)	.00453 (1.4)				.00379 (0.3)	-0.00101 (-0.3)	

Tabel 6.13 Bepaalde sets van waarderingsfactoren voor de segmentatie ritafstandsklasse (bron OVG 1999,2000).

De bepaalde gemiddelde waarden voor de waarderingsfactoren, indien gesegmenteerd is naar ritafstandsklassen zijn allemaal te onbetrouwbaar/onnauwkeurig bevonden voor de verdere modeltoepassing.

6.6.4 Toepassing extern stedelijke dataset (casestudies 5 tot en 8)

Uit de verschillenanalyses (paragraaf 6.5) tussen de congestievrije en congestierijke situatie is reeds gebleken dat een segmentatie naar verplaatsingstype maatgevender is dan een segmentatie naar reizigersmotief. De verschillenanalyse van verplaatsingstype 2 voldoet aan de geformuleerde verschuivingstheorie. In de congestierijke situatie treedt een lichte verschuiving op naar de vertrektijdstipperiodes voor het core hour. Dit verplaatsingstype kenmerkt de verplaatsingen die uitgevoerd worden naar de grote steden. Voor de verplaatsingsafstanden boven de 15 kilometer kan geconcludeerd worden dat door de hoge dichtheid van snelwegen in Nederland, het grootste gedeelte van de verplaatsing wordt afgelegd op het HWN. Dit verplaatsingstype is hierdoor als meest geschikt bevonden voor de ontwikkeling van het verschuivingsmodel. Dit deel van het onderzoek richt zich dan speciaal op dit verplaatsingstype.

Op identieke wijze als voor de complete dataset is uitgevoerd zijn voor dit verplaatsingstype een viertal casestudies uitgewerkt voor de bepaling van de maatgevende variabelen. Voor de uitwerking

is geen segmentatie naar reizigersmotief toegepast omdat de steekproeven daardoor te klein bleken (de bepaalde waarderingsfactoren waren allemaal zeer onbetrouwbaar). Tabel 6.14 toont de opgenomen variabelen per casestudie (zie formules 9 tot en met 12).

Modelparameters						
Casestudie:	Reistijd (min)	Ritafstand (km)	Ritafstand (klase)	Te vroege aankomst (min)	Te late aankomst (min)	Aankomsttijverschil (min)
Casestudie 5 (3 var)	X		X			X
Casestudie 6 (4 var)	X	X		X	X	
Casestudie 7 (2 var)	X					X
Casestudie 8 (2 var)	X	X				

Tabel 6.14: Overzicht van de veronderstelde variabelen per casestudie voor de extern stedelijke verplaatsingen

Casestudie 5

$$U_v(k) = \alpha_v TT(k) + \beta_v TD(k) + \varphi_v Dif_ArrTL(k) + \varepsilon(k) \quad [9]$$

Casestudie 6

$$U_v(k) = \alpha_v TT(k) + \beta_v TD(k) + \gamma_v TE(k) + \eta_v TL(k) + \varepsilon(k) \quad [10]$$

Casestudie 7

$$U_v(k) = \alpha_v TT(k) + \varphi_v Dif_ArrTL(k) + \varepsilon(k) \quad [11]$$

Casestudie 8

$$U_v(k) = \alpha_v TT(k) + \beta_v TD(k) + \varepsilon(k) \quad [12]$$

Tabel 6.15 toont een overzicht van de bepaalde waarderingsfactoren per casestudie.

Modelparameters						
Casestudie:	Reistijd (min)	Ritafstand (km)	Ritafstand (klasse)	Te vroege aankomst (min)	Te late aankomst (min)	Aankomsttijverschil (min)
Casestudie 5 (3 var)	-0.003726 (-2.0)		-0.1318 (3.7)			-0.007547 (-1.4)
Casestudie 6 (4 var)	-0.00397 (-2.3)	-0.004427 (-2.3)		0.01586 (-2.5)	-0.01144 (-2.6)	
Casestudie 7 (2 var)	-0.003390 (-2.0)					-0.013162 (-1.7)
Casestudie 8 (2 var)	-0.00361 (-2.2)	-0.00786 (-3.6)				

Tabel 6.15 Bepaalde sets van waarderingsfactoren voor de opgestelde casestudies (bron OVG 1999,2000)

Toelichting op de bepaalde waarderingsfactoren:

- Behalve voor de factor aankomsttijdsverschil zijn alle bepaalde gemiddelde waarden van de waarderingsfactoren betrouwbaar/nauwkeurig genoeg bepaald.
- De waardering voor de reistijd is in alle casestudies nagenoeg identiek. Dit is opmerkelijk in vergelijking met de waardering van de reistijd in de casestudies 1 t/m 4. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat bij de bepaalde waarden voor de casestudies 1 t/m 4 segmentaties naar reizigersmotief of verplaatsingstype zijn toegepast. De bepaalde waarderingsfactoren voor de reistijd zijn ongeveer een factor tien kleiner dan de reistijdfactoren die het OGM hanteert. Toepassing van een RP –dataset i.p.v. een SP-dataset kan hiervoor de verklaring zijn. De in het OGM opgenomen reistijdfactoren zijn bepaald voor een vervoerwijze/bestemingskeuze model en niet voor een specifiek vertrektijdstipkeuzemodel. De mogelijke keuzen kunnen hierdoor in principe niet met elkaar vergeleken worden.
- De bepaalde waarderingsfactor voor een ritafstandsverhoging heeft een hogere absolute waarde dan de bepaalde waarderingsfactoren voor een ritafstandsverhoging. De verklaring hiervoor is dat de ritafstandsklasse slechts een codering is die zelf is ingevoerd en dat de maximale waarde van deze klasse 8 is, terwijl de maximale ritafstand 275 km bedraagt.
- Een verhoging van de ritafstand met één kilometer wordt zwaarder gewogen dan een verhoging van de reistijd met één minuut.
- Een te vroege/late aankomst van één minuut wordt zwaarder gewaardeerd dan een reistijdverhoging van één minuut (ongeveer een factor 3 a 4). Hieruit kan geconcludeerd worden dat reizigers blijkbaar een wijziging van de aankomsttijd belangrijker vinden om een wijziging van de vertrektijdstipkeuze te maken dan een reistijdverhoging.
- Het blijkt niet mogelijk om de segmentaties verplaatsingstype en reizigersmotief te combineren omdat de resulterende datasets te weinig data-itmes bevat voor een betrouwbare/nauwkeurige bepaling van de gemiddelde waarde van de waarderingsfactoren.

6.6.5 Opgestelde verschuivingsmodel

Uit de bepaalde waarderingsfactoren, die opgenomen zijn in de tabellen 6.12, 6.13 en 6.15, kan geconcludeerd worden dat de reistijd, de ritafstand en een te vroege/late aankomst opgenomen dienen te worden als verklarende variabelen in het verschuivingsmodel. Er is onderscheid gemaakt tussen een te vroege en een te late aankomst omdat de bepaalde waarderingsfactoren niet dezelfde absolute waarde hebben (reizigers waarderen een te vroege aankomst zwaarder dan een te late aankomst).

De overige variabelen zijn niet opgenomen in de nutsfunctie omdat de bepaalde gemiddelde waarderingsfactoren te onbetrouwbaar/onnauwkeurig zijn bevonden. Een verschuiving van/naar het herkomst- en/of bestemmingsgebied is tevens niet opgenomen als variabele omdat één van de gestelde uitgangspunten voor dit onderzoek was dat de vertrektijdstipkeuze gemodelleerd dient te worden bij behoud van HB-relatie. Aan dit uitgangspunt wordt hierdoor niet voldaan¹⁵. De segmentaties naar reizigersmotief en ritafstandsklassen worden niet toegepast omdat de bepaalde waarderingsfactoren te onbetrouwbaar/onnauwkeurig zijn. Voor de modellering van de aanpassing van de vertrektijdstipkeuze (de waarneembare spitsverbreding) wordt alleen verplaatsingstype 2 maatgevend verondersteld. Verondersteld wordt dat deze reizigers naar de grote steden rijden in de ochtendspitsperiode en gebruik maken van het HWN waar de spitsverbreding waarneembaar is. Verplaatsingstype 1 wordt niet opgenomen in het verschuivingsmodel omdat de waarderingsfactoren te onbetrouwbaar/onnauwkeurig zijn bevonden. Een tweede reden is het feit dat dit verplaatsingstype hoofdzakelijk de kortere verplaatsingen uitvoert en deze niet vanzelfsprekend worden geconfronteerd met de veronderstelde reisweerstandverhoging op het HWN. Dit verplaatsingstype kent wel een stijging van de reisweerstand maar deze wordt ook veroorzaakt door de medeweggebruikers zoals de fietsers, de brommers en het openbaar vervoer en wegwsperringen en verkeerslichten.

¹⁵ Implementatie in een verkeer- en vervoersmodel is echter vrij eenvoudig door toevoeging van een stedelijkheidsgraad aan elke herkomst- en bestemmingszone.

De opgestelde nutsfunctie voor het verschuivingsmodel is (voor verplaatsingstype 2):

$$U(k) = \alpha TT(k) + \beta TD(k) + \gamma TE(k) + \eta TL(k) + \varepsilon(k) \quad [13]$$

Waarbij de volgende variabelen zijn opgenomen:

$TT(k)$	gemiddelde reistijd (min) van vertrektijdstipperiode k ,
$TD(k)$	gemiddelde ritafstand (km) van vertrektijdstipperiode k ,
$TE(k)$	gemiddelde te vroege aankomsttijd (min) van vertrektijdstipperiode k ,
$TL(k)$	gemiddelde te late aankomsttijd (min) van vertrektijdstipperiode k ,

Het opgestelde verschuivingsmodel voor de berekening van het nieuwe vertrektijdstippatroon is opgesplitst in twee stappen (formule 14 en 15). De verschoven vertrektijdstipfracties worden in de eerste stap berekend met de volgende formule (14):

$$\overline{f}_k^{X1} = f_k^{OX1} * \exp[\alpha(TT_{p,k} - TT_{b,k}) + \beta(TD_{p,k} - TD_{b,k}) + \gamma(TE_{p,k} - TE_{b,k}) + \eta(TL_{p,k} - TL_{b,k})]$$

Waarbij:

\overline{f}_k^{X1}	= verschoven reizigersaandeel voor vertrektijdstipperiode k in de 1 ^e iteratiestap
f_k^{OX1}	= reizigersaandeel voor vertrektijdstipperiode k in de congestievrije situatie

Met de variabelen:

$TT_{p,k}$	= het gemiddelde reistijdverschil (min) in de prognosesituatie voor vertrektijdstipperiode k t.o.v. het core hour,
$TT_{b,k}$	= het gemiddelde reistijdverschil (min) in de basissituatie voor vertrektijdstipperiode k t.o.v. het core hour,
$TD_{p,k}$	= het gemiddelde ritafstandsverschil (min) in de prognosesituatie voor vertrektijdstipperiode k t.o.v. het core hour,
$TD_{b,k}$	= het gemiddelde ritafstandsverschil (min) in de basissituatie voor vertrektijdstipperiode k t.o.v. het core hour,
$TE_{p,k}$	= het gemiddelde te vroege aankomsttijdverschil (min) in de prognosesituatie voor vertrektijdstipperiode k t.o.v. het core hour,
$TE_{b,k}$	= het gemiddelde te vroege aankomsttijdverschil (min) in de basissituatie voor vertrektijdstipperiode k t.o.v. het core hour,
$TL_{p,k}$	= het gemiddelde te late aankomsttijdverschil (min) in de prognosesituatie voor vertrektijdstipperiode k t.o.v. het core hour
$TL_{b,k}$	= het gemiddelde te late aankomsttijdverschil (min) in de basissituatie voor vertrektijdstipperiode k t.o.v. het core hour.

Voor alle vertrektijdstipperioden, met uitzondering van de vertrektijdstipfractie van het core hour in de congestievrije situatie, worden met formule 14 nieuwe fracties berekend. Door de wijzigingen van de variabelen verschillen de nieuw berekende fracties met de fracties uit de congestievrije situatie. Sommatie van alle nieuw berekende fracties met de fractie van het core hour resulteert per definitie niet tot de waarde 1 (indien de veronderstelde theorie juist bevonden is zal de sommatie leiden tot een waarde groter dan 1). Herschaling is hierdoor noodzakelijk. De werkelijke fracties voor vertrektijdstipperiode k wordt berekend met de formule:

$$f_k^{X1} = \frac{\overline{f}_k^{X1}}{\sum_{i=1}^7 \overline{f}_i^{Xi}} \quad [15]$$

Omdat de nieuw berekende fracties verschillen met de fracties in de congestievrije situatie zullen naar alle waarschijnlijkheid ook de variabelen per vertrektijdstipperiode verschillen. Een nieuwe toedeling is hierdoor noodzakelijk waardoor nieuwe waarden van de variabelen worden berekend. Deze waarden dienen wederom ingevuld te worden in de formules 14 en 15 waardoor de fracties van de vertrektijdstipperiodes, voor de 2^e iteratiestap worden verkregen. Dit iteratieproces herhaald zich enkele malen totdat de verschillen tussen twee iteratiestappen beneden een vooraf bepaalde waarde is gedaald.

6.6.6 Kanttekening bij de toepassing van het logit-model

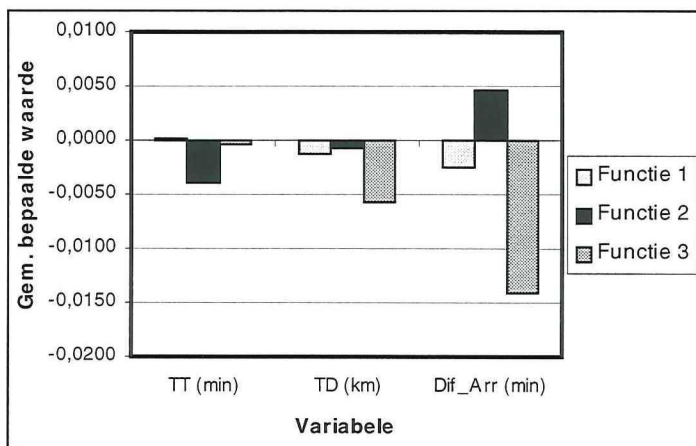
Bij de toepassing van het logit-model dient te worden opgemerkt dat de bepaalde waarderingsfactoren erg afhankelijk zijn van de opgenomen variabelen in de set van nutsfuncties van één casestudie. Het onderstaande voorbeeld toont de "gevoeligheid" van de wijzigingen van de nutsfuncties voor één casestudie (casestudie 4, extern: segmentatie stedelijke verplaatsingen).

In dit voorbeeld zijn drie combinaties van nutsfuncties toegepast die getoond worden in tabel 6.16.

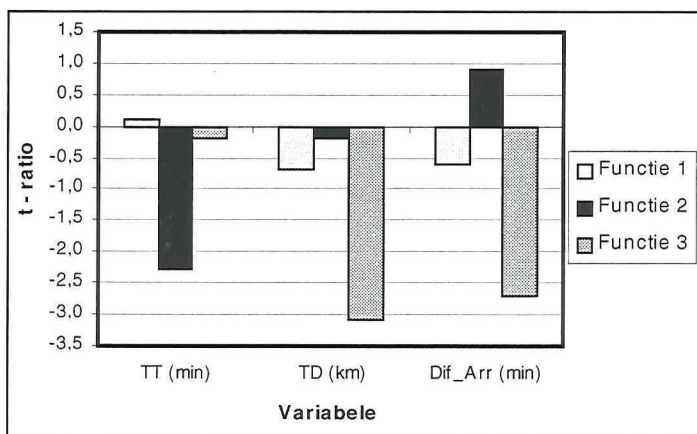
VT-periode	Functie 1			Functie 2			Functie 3		
	TT	TD	Dif_Arr	TT	TD	Dif_Arr	TT	TD	Dif_Arr
6:00-6:30	X	X		X	X		X	X	X
6:30-7:00			X	X	X	X	X	X	
7:00-7:30		X	X			X		X	X
Core hour	X		X	X	X	X	X		X
8:30-9:00		X	X	X	X	X	X	X	
9:00-9:30	X	X		X		X	X		X
9:30-10:00	X	X		X	X	X	X	X	

Tabel 6.16: Opgenomen variabelen in de set van nutsfuncties voor het onderzoek naar de gevoelheden van de bepaalde waarderingsfactoren.

Figuur 6.14 en 6.15 tonen de bepaalde gemiddelde waarde voor de drie variabelen respectievelijk de t-ratio's behorende bij deze bepaalde waarden.



Figuur 6.14: Bepaalde gemiddelde waarden van drie variabelen uit casestudie 4, bij toepassing van verschillende combinaties van opgenomen variabelen per nutsfunctie (bron OVG 1999, 2000)



Figuur 6.15: Bepaalde t-ratio's van drie variabelen uit casestudie 4, bij toepassing van verschillende combinaties van opgenomen variabelen per nutsfunctie (bron OVG 1999, 2000)

Geconcludeerd kan worden dat de waarden van de bepaalde waarderingsfactoren zeer gevoelig zijn voor de op locatie waar deze variabele wordt opgenomen in de nutsfunctie. Niet alleen de gemiddelde waarde van de waarderingsfactoren, maar ook de t-ratio's.

6.7 Stap VII: Uitwerking van het verschuivingsmodel

De in paragraaf 6.6 bepaalde waarderingsfactoren zullen in deze paragraaf worden gecontroleerd en toegepast. De eerste subparagraaf beschrijft de doelstelling van deze controles en toepassing, waarna in de tweede subparagraaf de gehanteerde controle- en toepassingsmethodiek wordt toegelicht. Voor beide berekeningen zijn rekenbladen opgesteld waarvan de opbouw wordt beschreven in de derde subparagraaf. De vierde subparagraaf geeft een toelichting op de toepassingsberekening waarbij de complete dataset is gebruikt. Naar aanleiding van de incorrecte modelresultaten is in de vijfde subparagraaf een gedetailleerde analyse uitgewerkt naar de reistijd en reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode in de congestievrije en congestierijke situatie. De subparagrafen zes tot en met elf beschrijven ten slotte de uitgevoerde detailleringstappen waarbij een steeds dataselectie is toegepast bij de berekening van het vertrektijdstippatroon in de congestierijke situatie.

6.7.1 Doelstelling van de controle en toepassing

Deze paragraaf kan opgesplitst worden in de volgende twee onderdelen:

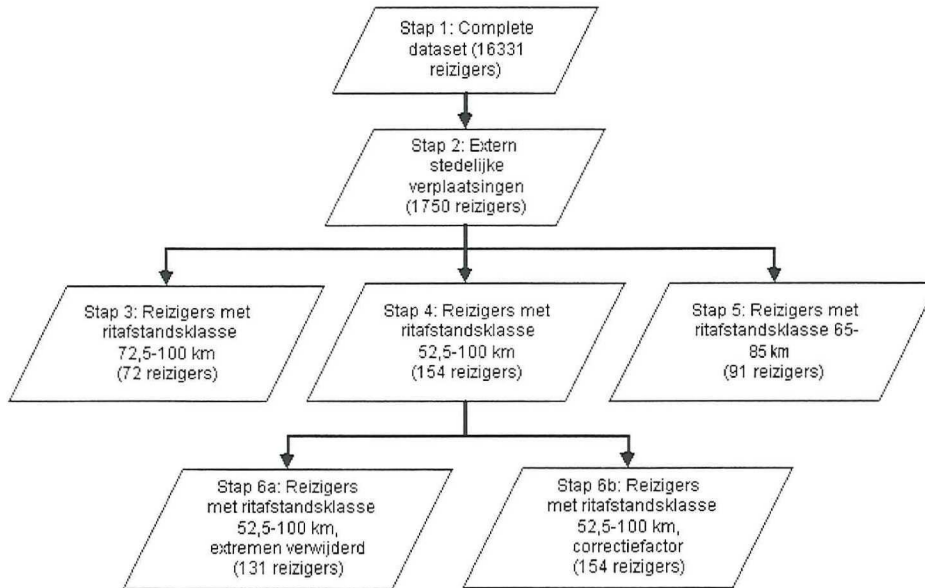
- **Controleberekening:** Controle van de in de paragraaf 6.6 bepaalde sets van waarderingsfactoren. Dit is noodzakelijk omdat er eventueel fouten kunnen zijn ontstaan bij de bepaling van deze waarden.
- **Toepassingsberekening:** Toepassing van de bepaalde waarderingsfactoren voor de berekening van de congestierijke situaties. De doelstelling van deze berekeningen is om de waarneembare verschuivingen van het vertrektijdstippatroon te berekenen m.b.v. de bepaalde waarderingsfactoren en het opgestelde verschuivingsmodel (eigenlijk is dit ook een soort controleberekening).

6.7.2 Opgestelde controle- en toepassingsmethodiek

De controleberekeningen van de bepaalde sets van waarderingsfactoren zijn uitgewerkt door voor elke reiziger uit de toegepaste dataset (voor één casestudie) de kansen te berekenen voor elke vertrektijdstipkeuze. De totale kansverdeling (sommatie van de individuele kansen gedeeld door het totale aantal geselecteerde reizigers) van al deze reizigers dient te corresponderen met het vertrektijdstippatroon dat bepaald is met behulp van de OVG-analyses. De resultaten van deze controleberekeningen zijn opgenomen als Bijlage 14.

Uit de controleberekeningen kan geconcludeerd worden dat de bepaalde sets van waarderingsfactoren correct zijn. Direct kan hierdoor worden overgegaan op de toepassing van het verschuivingsmodel.

Voor dit onderdeel is het volgende toepassingsmethodiek opgesteld (figuur 6.16).



Figuur 6.16: Opgestelde methodiek voor de toepassing van het verschuivingsmodel (de waarden tussen haakjes geven het geselecteerde aantal reizigers aan)

De toepassing van het verschuivingsmodel kan opgesplitst worden in twee delen:

- De berekening van het vertrektijdstippatroon in de congestierijke situatie met behulp van het verschuivingsmodel. De invoer voor deze berekeningen wordt gevormd door het vertrektijdstippatroon in de congestievrije situatie en de gemiddelde waarden van de variabelen, die bepaald zijn door middel van de OVG-analyses,
- Een grafische analyse van de variabelen per vertrektijdstipperiode.

De toepassingsmethodiek is opgesteld nadat uit de eerste berekening is gebleken dat het berekende vertrektijdstippatroon niet tot de gewenste verschuivingen heeft geresulteerd. De stappen 2 tot en met 6b spitsen zich eigenlijk toe op de analyse van de variabelen per vertrektijdstipperiode. Geanalyseerd zal worden of de veronderstelde reisweerstandscurve (getoond in figuur 6.2) voor een bepaalde groep van reizigers waarneembaar is.

6.7.3 Controlebladen voor de toepassing van het opgestelde verschuivingsmodel

Voor de controle van de toepassingsberekeningen zijn twee rekenbladen opgesteld, te weten:

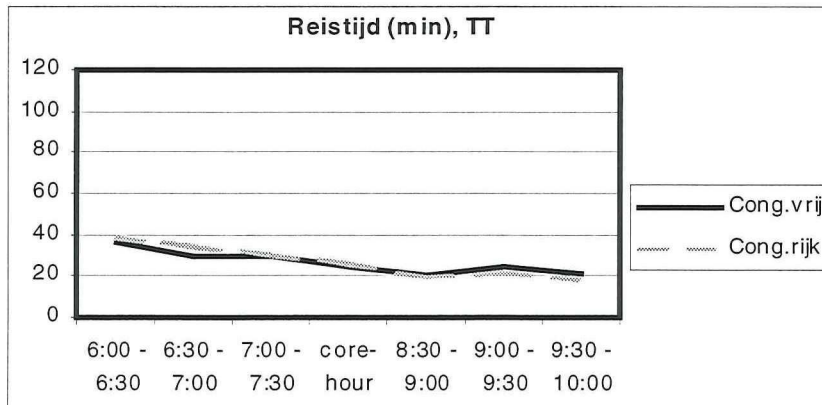
- Controle van de berekende vertrektijdstippatronen (Bijlage 14),
- Analyse van de vertrektijdstippatronen en de reistijden naar ritafstandsklasse (Bijlage 15).

Controleblad voor de berekende vertrektijdstippatronen

Elk controleblad is opgebouwd uit eerste vier tabellen in combinatie met de bijbehorende grafieken per variabele. Deze tabellen/grafieken tonen de gemiddelde waarden van elke variabele per vertrektijdstipperiode. De 3^e kolom van elke tabel toont de procentuele groei van de variabele, per vertrektijdstipperiode, t.o.v. de congestievrije situatie. Per tabeltype is één schaal voor de grafiek toegepast om de tabellen tijdens het onderzoekstraject met elkaar te kunnen vergelijken. Tabel 6.16 is een voorbeeldtabel van de reistijdfactor die bepaald is voor stap 1 van de toepassingsmethodiek. Figuur 6.17 toont de bijbehorende grafiek van de reistijd per vertrektijdstipperiode.

Reistijden (min) = Travel Time (TT)

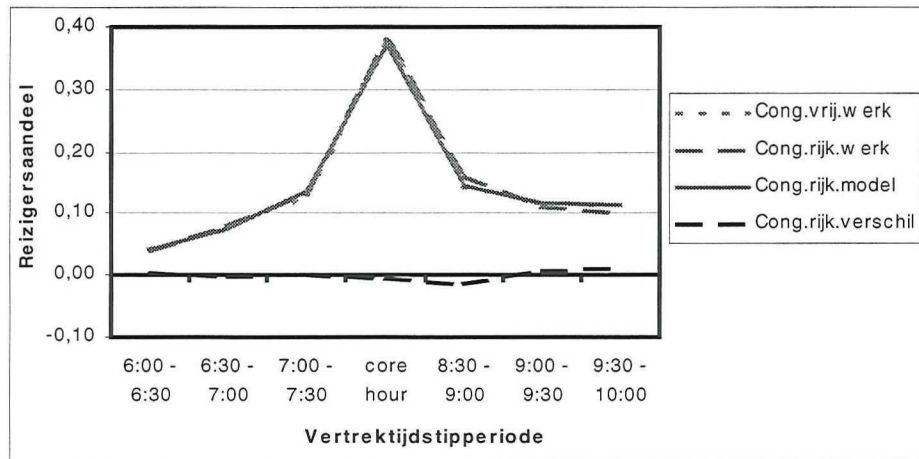
Vertrektijdstipperiode	Cong.vrij	Cong.rijk	Groei (%)
6:00 - 6:30	36.07	38.18	5.86
6:30 - 7:00	30.27	34.57	14.19
7:00 - 7:30	29.70	30.23	1.78
core-hour	24.94	25.44	1.99
8:30 - 9:00	20.87	18.90	-9.44
9:00 - 9:30	24.12	21.78	-9.67
9:30 - 10:00	21.59	18.60	-13.87

Tabel 6.16: Voorbeeldtabel van het verloop van de reistijd per vertrektijdstipperiode voor de 1^e stap uit de toepassingsmethodiek (bron OVG 1999,2000).Figuur 6.17: Voorbeeldgrafiek van de ontwikkeling van de reistijd per vertrektijdstipperiode voor de 1^e stap van de toepassingsmethodiek (bron OVG 1999, 2000).

Onder elke tabel zijn enkele conclusies beschreven die bepaald zijn door analysering van de tabel en grafiek. De getoonde reistijden zijn de gemiddelde waarden per vertrektijdstipperiodes en geconcludeerd kan worden dat de verschillen tussen de congestievrije en congestierijke situatie niet significant zijn. De verklaring hiervoor is dat de toegepaste dataset te omvangrijk is waardoor het aandeel reizigers waarvoor de verschillen wel significant zijn, te gering is.

Het berekende vertrektijdstippatroon wordt getoond in de grafiek (zie voorbeeldgrafiek 6.18 van het berekende vertrektijdstippatroon voor stap 1 van de toepassingsmethodiek) op de tweede pagina van elk controleblad. De grafiek toont de volgende curven:

- Cong.vrij.werk: Het vertrektijdstippatroon van de OVG-bepaalde congestievrije situatie (= invoer verschuivingsmodel),
- Cong.rijk.werk: Het vertrektijdstippatroon van de OVG-bepaalde congestierijke situatie,
- Cong.rijk.model: Het berekende vertrektijdstippatroon van de congestierijke situatie (berekend met behulp van het opgestelde verschuivingsmodel).
- Cong.rijk.verschil: Het absolute verschil per vertrektijdstipperiode tussen het OVG-bepaalde vertrektijdstippatroon en het berekende vertrektijdstippatroon, per vertrektijdstipperiode.

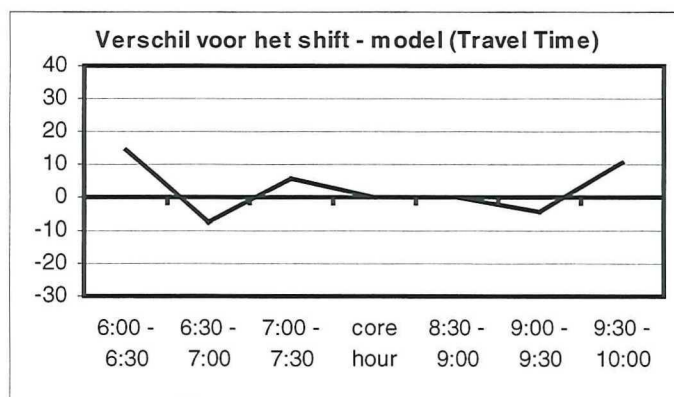


Figuur 6.18: Voorbeeldgrafiek van de vertrektijdstippatronen voor de 1^e stap van de toepassingsmethodiek (bron OVG 1999, 2000).

Het verschuivingsmodel gebruikt als invoer het absoluut berekende verschil tussen het reisweerstandsverschil in de congestievrije en de congestierijke situatie tussen de mogelijke vertrektijdstipperperioden k en het core hour. Deze invoerwaarden worden getoond op het controleblad in een tabelvorm met vier bijbehorende grafieken (voorbeeldtabel 6.17 en voorbeeldfiguur 6.18).

	TT	TD	EA	LA
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

Tabel 6.17: Berekende verschillen per variabele en vertrektijdstipperperiode die als invoer zijn toegepast in het opgestelde verschuivingsmodel voor de 1^e stap uit de toepassingsmethodiek (bron OVG 1999, 2000).



Figuur 6.18: Voorbeeldgrafiek van de analyse naar de reistijdverschillen tussen de gedefinieerde congestievrije en congestierijke situatie (bron OVG 1999, 2000)

Onder elke grafiek zijn de vertrektijdstipperperioden vermeld die gunstig zijn voor een verlaging van het reizigersaandeel in het core hour en een verhoging van de reizigersaandelen in de overige vertrektijdstipperperioden. Een positief reisweerstandsverschil is gunstig voor de variabelen voor de reistijd, de ritafstand en de te vroege aankomst (al deze variabelen kennen namelijk een negatieve waarderingsfactor). Een negatief reisweerstandsverschil is gunstig voor de variabele te late

aankomst (vanwege een positieve waarderingsfactor). Tabel 6.17 en figuur 6.18 tonen geringe verschillen per vertrektijdstipperiode omdat de toegepaste dataset te omvangrijk is zodat de “extremen” door de overige waarden uit de dataset zijn genivelleerd.

Analyseblad voor de reistijden en reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode

Uit de getoonde voorbeeldcurven, en het feit dat er geen waarneembare verschuivingen zijn tussen het vertrektijdstippatroon van de congestievrije en congestierijke situatie, is een gedetailleerde analyse uitgewerkt per ritafstandsklasse. Deze analyse is toegespitst op de dataset van de extern stedelijke verplaatsingen. Per ritafstandsklasse zijn de gemiddelde reistijd en reissnelheid berekend per vertrektijdstipperiode, en zijn de reizigersverdelingen van de congestievrije en congestierijke situatie geanalyseerd. Deze analyses dienen ter onderbouwing van de conclusies die opgesteld zijn bij iedere stap van de toepassingsmethodiek.

6.7.4 Stap 1: Berekening van de verschuivingen bij toepassing van de complete dataset

De berekende verschuivingen van het vertrektijdstippatroon zijn nihil. De vertrektijdstippatronen van de congestievrije en congestierijke situatie zijn identiek waardoor er ook in de dataset geen verschuivingen waarneembaar zijn. Dit kan echter geen onderbouwing zijn voor de goedkeuring van het opgestelde verschuivingsmodel. Alle gemiddelde waarden van de variabelen zijn nagenoeg gelijk in de congestievrije en congestierijke situatie. De verschillen zijn niet significant.

Analyse van de variabelen

De ontwikkeling van de reistijd over de totale modelleringsperiode van 6:00-10:00 uur is een bijna continu dalende curve. Dit wordt veroorzaakt doordat ook de ritafstand een welhaast continu dalende variabele is. De reistijd blijkt erg afhankelijk te zijn van de ritafstand. Uit eerdere analyses is reeds gebleken dat het eerste deel van de ochtendspitsperiode gedomineerd wordt door de langere verplaatsingen en dat het tweede deel van de ochtendspitsperiode wordt gedomineerd door de kortere verplaatsingen. De verschillen van de reistijden tussen de vertrektijdstipperioden onderling zijn zelfs groter dan tussen de gedefinieerde situaties. De te vroege en de te late aankomst zijn afhankelijk van de reistijden (de definiëring is zelfs volledig gebaseerd op reistijd) en tonen dientengevolge ook slechts zeer geringe verschillen.

Gedetailleerdere analyse naar de verschillen met het core hour, toont aan dat er flinke schommelingen optreden van de gemiddelde waarden per variabele. Deze schommelingen kunnen verklaard worden doordat de verschillen per vertrektijdstipperiode onderling zeer gering zijn.

6.7.5 Gedetailleerde analyse per ritafstandsklasse

Uit stap 1 is gebleken dat de geselecteerde groep reizigers te omvangrijk was om de veronderstelde reisweerstandscurven te vinden. Hiernaast bleek er geen waarneembaar verschil te zijn tussen de gedefinieerde congestievrije en congestierijke situatie. De in deze subparagraaf opgenomen analyses zijn gebaseerd op het verplaatsingstype extern stedelijk en hebben als doel om de veronderstelde verschillen naar de vier variabelen aan te tonen. Indien uit deze analyses geconcludeerd kan worden dat er geen significante verschillen waarneembaar zijn tussen de congestievrije en congestierijke situatie, dan dient de verschuivingstheorie aangepast of een andere dataset geselecteerd te worden.

Voor deze analyses is onderscheid gemaakt naar de gedefinieerde ritafstandsklassen omdat verondersteld is dat de diverse reizigerstypen, een verschillend aanpassingsgedrag hebben. De tabellen en grafieken en tabellen behorende bij deze analyses zijn opgenomen in Bijlage 16. deze subparagraaf beschrijft slechts de conclusies. De volgende drie analyses zijn uitgewerkt:

- Analyse naar het vertrektijdstippatroon in de gedefinieerde congestievrije en congestierijke situatie, over de totale modelleringsperiode per ritafstandsklasse,
- Analyse naar de reistijden in de congestievrije en congestierijke situatie, over de totale modelleringsperiode per ritafstandsklasse.
- Ontwikkeling van de reissnelheid per verplaatsingstype, ritafstandsklasse en reizigersmotief van het core hour.

Vertrektijdstippatroon

Uit de analyses blijkt dat:

- Analyse van de vertrektijdstippatronen bij toepassing van de complete dataset van de extern stedelijke verplaatsingen, toont een gering significant verschil tussen de congestievrije en congestierijke situatie.
- Segmentatie naar de verschillende ritafstandsklassen toont aan dat er verschillende reizigerstypen kunnen worden onderscheiden met allen een ander aanpassingsgedrag. De reizigers met de kortste twee ritafstanden hebben een zeer gering aanpassingsgedrag. Reizigers met een korte ritafstand (kleiner dan 7,5 km) wijzigen nauwelijks hun vertrektijdstipkeuze. Dit reizigerstype reist waarschijnlijk niet over het HWN waardoor deze groep reizigers ongeschikt is bevonden voor de ontwikkeling van het verschuivingsmodel. De reizigers met een ritafstand tussen de 7.5 – 52.5 km tonen een geringe verschuiving, dat wel het veronderstelde aanpassingsgedrag vertoont. De langste ritafstandsklassen tonen ook het veronderstelde aanpassingsgedrag, maar hebben als nadeel dat ze gebaseerd zijn op een erg kleine steekproefomvang.

Reistijden

Uit deze analyse blijkt dat:

- Waarneembaar is een sterke correlatie tussen de reistijd en de ritafstand per vertrektijdstipperiode. Door een segmentatie is getracht deze correlatie te verkleinen.
- Alle grafieken tonen een reistijdenverschil tussen de gedefinieerde congestievrije en congestierijke situatie. Overall kan worden geconcludeerd dat de reistijden in de congestierijke situatie hoger zijn dan de reistijden in de congestievrije situatie.
- Door de beperkte steekproefomvang van enkele ritafstandsklassen (dit geldt voornamelijk voor de ritafstandsklassen 72.5 – 100 km en > 100 km) zijn er echter grote schommelingen van de reistijden per vertrektijdstipperiode waarneembaar. De reistijden van de laagste drie ritafstandsklassen zijn niet bruikbaar bevonden vanwege de te lage gemiddelde reistijden, en de grote invloed van de afrondingsfouten die worden gemaakt bij het invullen van de gegevens.

Reissnelheidontwikkeling van het core hour

Uit de grafieken blijkt dat:

- De gemiddelde reissnelheid van het core hour blijkt erg afhankelijk te zijn van de ritafstandsklasse. De kortere verplaatsingen worden hoofdzakelijk uitgevoerd op het OWN, dat een relatief lage reissnelheid typeert. De langere verplaatsingen daarentegen worden grotendeels op het HWN afgewikkeld dat in het algemeen een hogere gemiddelde reissnelheid kent. De stijging van de reissnelheid neemt langzaam af voor verplaatsingen langer dan 65 kilometer.
- De verschillen tussen de gemiddelde reissnelheid per verplaatsingstype zijn in de gedefinieerde congestievrije situatie niet significant waarneembaar. Alleen voor de grotere ritafstanden is de gemiddelde reissnelheid significant verschillend. Geconcludeerd kan worden dat de reissnelheid in de congestievrije situatie onafhankelijk is van het verplaatsingstype en reizigersmotief.
- De reissnelheidscurven voor de congestierijke situatie tonen wel significante verschillen naar verplaatsingstype en/of reizigersmotief. De reissnelheidscurven van de congestierijke situatie toont veel schommelingen door het beperkte aantal geselecteerde reizigers per klasse. Indien een ritafstandsklasse een groot aandeel relatief lange verplaatsingen heeft, zal de gemiddelde berekende reissnelheid ook relatief hoog zijn. De gemiddelde reissnelheid per ritafstandsklasse is nagenoeg voor elke vertrektijdstipperiode lager in de congestierijke situatie dan in de congestievrije situatie. De veronderstelde daling van de reissnelheid in de congestierijke situatie is hiermee onderbouwd. De daling van de reissnelheid is het grootst voor de verplaatsingen met de grote steden als bestemmingsgebied. Toepassing van verschuivingsmodel op deze verplaatsingstypen is dan gerechtvaardigd.
- De daling van de gemiddelde reissnelheden voor de extern en intern rustige verplaatsingen, zijn het grootst voor de ritafstandsklassen 17.5-32.5 km, 32.5-52.5 km en 52.5-72.5 km. Voor de intern, en extern stedelijke verplaatsingen is er een waarneembare afname van de reissnelheid voor alle ritafstanden groter dan 7.5 km.

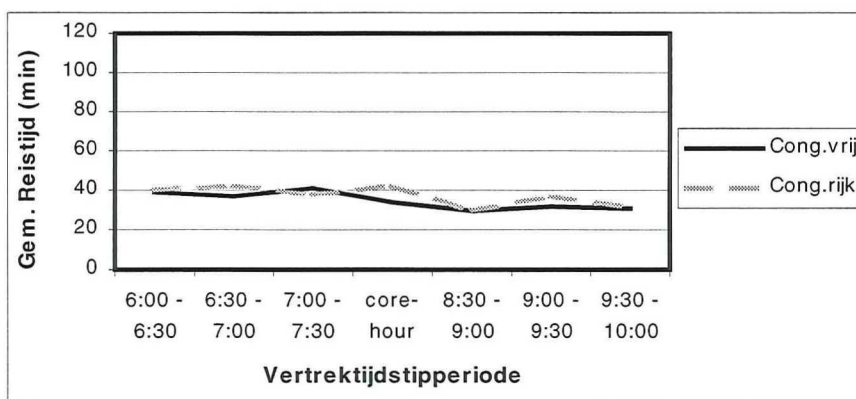
Conclusies gedetailleerde analyse

Uit de gedetailleerde analyse kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Voor de congestievrije situatie kunnen geen significante verschillen worden waargenomen voor de reissnelheid bij segmentatie naar verplaatsingstype en reizigersmotief. De segmentatie naar ritafstandsklasse wordt noodzakelijk geacht (de reistijd is erg afhankelijk van de af te leggen ritafstand).
- In de congestierijke situatie is een segmentatie naar verplaatsingstype toepasbaar, en dit zal de modelnauwkeurigheid ten goede komen. Een segmentatie naar reizigersmotief wordt niet zonnol geacht omdat de verschillen naar reizigersmotief niet significant zijn. Wederom dient gesegmenteerd te worden naar ritafstandsklasse. De grootste daling van de reissnelheid treedt op voor de intern en extern stedelijke verplaatsingen met ritafstanden groter dan 32,5 km.
- Voor de extern stedelijke verplaatsingen zijn significant verschillen waarneembaar naar het vertrektijdstippatroon in de congestievrije en congestierijke situatie. Deze verschillen worden groter indien gesegmenteerd wordt naar ritafstandsklassen. Door de beperkte omvang van enkele steekproeven (voor de ritafstandsklasse 0-2.5 km en de ritafstandsklassen boven de 52,5 km) tonen de verdelingen echter aardig wat schommelingen.
- De verschillen van de vertrektijdstippatronen kunnen verklaard worden door een toename van de reistijd in de congestierijke situatie. Ook hier treden schommelingen van de gemiddelde waarden op door de te beperkte omvang van de steekproeven.
- Omdat de gedefinieerde te vroege/late aankomst volledig gebaseerd is op de reistijd worden deze variabelen voor de verdere uitwerking van deze toepassingsmethodiek niet van belang verondersteld. Wijzigingen van de reistijd gaan grotendeels gepaard met wijzigingen van de ritafstand. Ideaal zou zijn om voor de toepassing van het opgestelde verschuivingsmodel reizigers met één ritafstand te gebruiken (hierdoor zou tevens de ritafstand als variabele vervallen uit het verschuivingsmodel). Dit is echter niet mogelijk omdat de beschikbare dataset hier te klein voor is. Getracht wordt om de ritafstand te nivelleren uit het verschuivingsmodel door een steeds verdere segmentatie van de reizigersgroep te gebruiken voor de modellering van de vertrektijdstipkeuze, waarbij alleen geanalyseerd zal worden op de gemiddelde reistijden per vertrektijdstipperiode.

6.7.6 Stap 2: Selectie van de extern stedelijke verplaatsingen

Het berekende vertrektijdstippatroon in de congestierijke situatie is niet gelijk aan het vertrektijdstippatroon dat met de OVG-dataset geanalyseerd is. Indien van alle extern stedelijke verplaatsingen de gemiddelde reistijden per vertrektijdstipperiode worden geanalyseerd ontstaat het beeld dat getoond wordt in figuur 6.19.

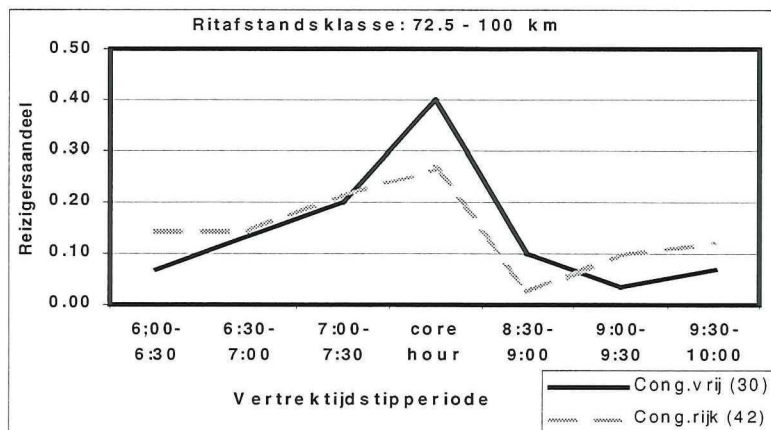


Figuur 6.19: Gemiddelde reistijden per vertrektijdstipperiode van alle extern stedelijke reizigers over de totale modelleringperiode van 6:00-10:00 uur (bron OVG 1999, 2000)

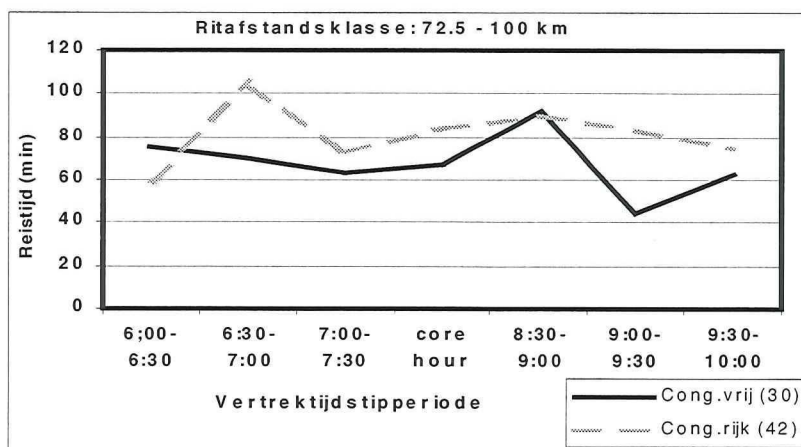
Doordat nog alle ritafstandsklassen zijn geselecteerd, is het verschil van de reistijd tussen de congestievrije en congestierijke situatie nog zeer gering. De figuur toont een lichte verhoging van de gemiddelde reistijd in de congestierijke situatie. In vergelijking met figuur 6.18 daalt de gemiddelde reistijd minder in de latere vertrektijdstipperiodes.

6.7.7 Stap 3: Selectie van de reizigers met een ritafstand tussen de 72,5 – 100 km

Stap 2 en de uitgevoerde gedetailleerde analyse van de extern stedelijke verplaatsingen, onderbouwen de keuze om één specifieke ritafstandsklasse te selecteren om zodoende de invloed van een gewijzigde ritafstand op de reistijdontwikkeling te nivelleren. Uit de gedetailleerde analyse (zie Bijlage 16) blijkt dat de reizigers met een ritafstand tussen de 72,5 en 100 km voldoen aan het veronderstelde reizigersgedrag (zie de figuren 6.20 en 6.21).



Figuur 6.20: Vertrektijdstippatronen van de congestievrije en congestierijke situatie voor reizigers met een ritafstand tussen de 72,5 – 100 km (bron: VOG 1999, 2000)



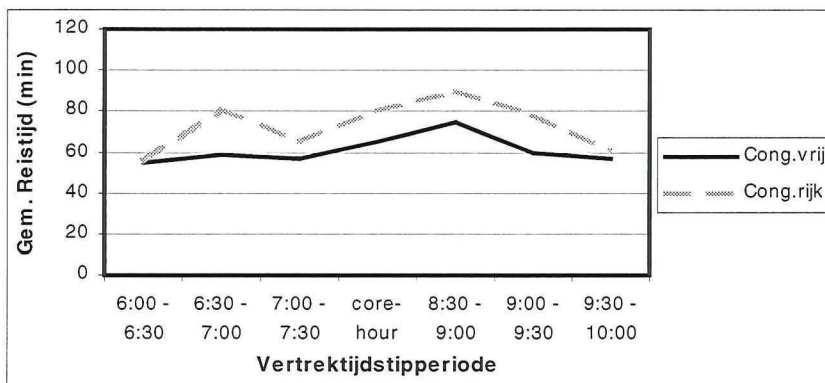
Figuur 6.21: Gemiddelde reistijden per vertrektijdstipperiode voor reizigers met een ritafstand tussen de 72,5 – 100 km (bron: OVG 1999, 2000).

Voor de geselecteerde groep reizigers kan geconcludeerd worden dat:

- Er is een significant verschil tussen de vertrektijdstippatronen in de congestievrije en congestierijke situatie. Het reizigersaandeel in het core hour is licht gedaald in de congestierijke situatie.
- Deze aanpassing van de vertrektijdstipkeuze kan niet verklaard worden door een veronderstelde stijging van de gemiddelde reistijd in de congestierijke situatie. De gemiddelde reistijden per vertrektijdstipperiode, van de congestierijke situatie zijn wel iets gestegen, maar de verschillen zijn minimaal en er is meer sprake van een algehele stijging van de reistijd, dan van een vertrektijdstipperiode – afhankelijke verhoging. De toegepaste steekproeven zijn echter wel minimaal waardoor de schommelingen kunnen worden verklaard.
- Uit analyse blijkt dat de reizigers in de congestierijke situatie minder te vroeg en te laat aankomen dan in de congestievrije situatie. Het core hour is zelfs aantrekkelijker geworden voor een stijging van het reizigersaandeel.

6.7.8 Stap 4: Selectie van de reizigers met een ritafstand tussen de 52,5 – 100 km

Om de steekproefomvang te vergroten zijn alle reizigers geselecteerd met een ritafstand tussen de 52,5 en 100 km. Figuur 6.22 toont de ontwikkeling van de gemiddelde reistijd per vertrektijdstipperiode in de congestievrije en congestierijke situatie.

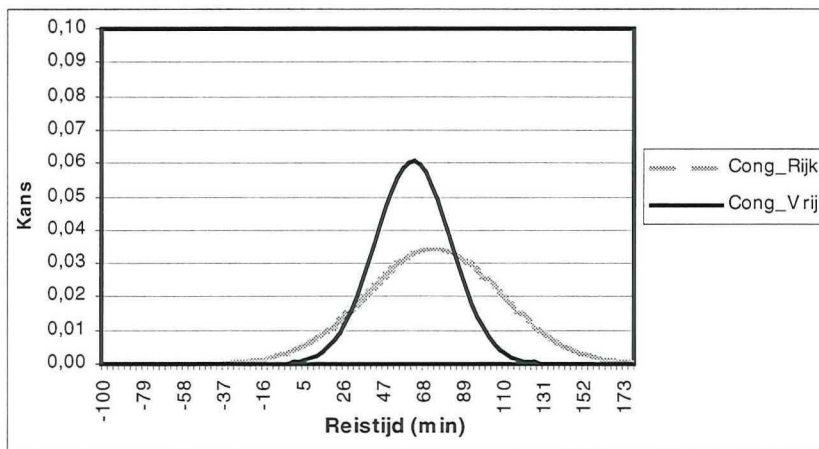


Figuur 6.22: Gemiddelde reistijden per vertrektijdstipperiode voor reizigers met een ritafstand tussen de 52,5 – 100 km (bron: OVG 1999, 2000).

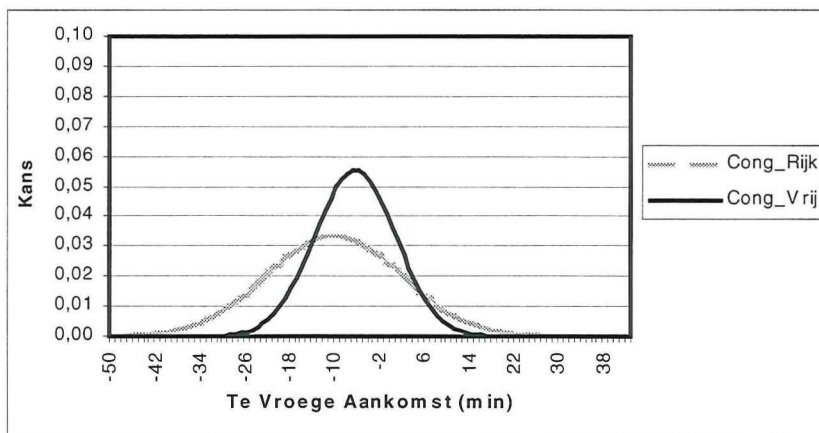
De reistijden in de congestierijke situatie zijn voor alle vertrektijdstipperiodes hoger dan de reistijden in de congestievrije situatie. Dit beeld correspondeert met de veronderstelde verschuivingstheorie. De pieken en dalen worden veroorzaakt door de toch nog te geringe omvang van de steekproeven. Het berekende vertrektijdstippatroon van de congestierijke situatie is nagenoeg gelijk aan het vertrektijdstippatroon van de congestievrije situatie. Uit de getoonde figuren in Bijlage 15 blijkt dat:

- De ritafstand per vertrektijdstipperiode tot aan het core hour nagenoeg constant is voor zowel de congestievrije als de congestierijke situatie. De piek in de gemiddelde reistijdcurve in de congestievrije situatie kan verklaard worden door de relatief “hoge gemiddelde” ritafstand in de vertrektijdstipperiode 8:30-9:00.
- De getoonde te vroege/late aankomstcurven tonen aan dat de geselecteerde groep reizigers meer voldoen aan het verwachtingspatroon dan de geselecteerde groep reizigers van stap 3. De bijbehorend verschillen met het core hour tonen echter aan dat de congestievrije situatie niet gunstiger wordt gewaardeerd. De geringe verschillen tijdens het core hour, per variabele, zijn hier de oorzaak van. Analyse toont grote schommelingen aan van de variabelen te vroege/late aankomst per vertrektijdstipperiodes. Deze schommelingen worden veroorzaakt door de te kleine steekproefomvang.
- De berekende verschuiving van de reizigersaandelen per vertrektijdstipperiode zijn wederom erg gering.

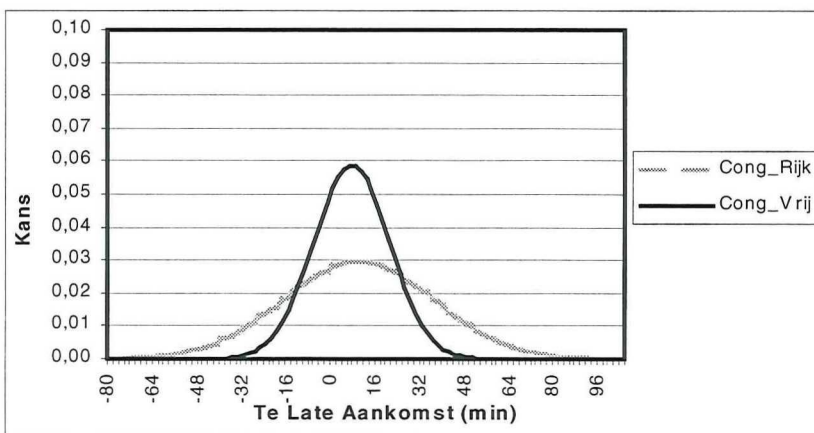
Omdat de berekende verschuivingen steeds minimaal zijn en deze geselecteerde groep reizigers verondersteld wordt te voldoen aan de opgestelde verschuivingstheorie is een nadere analyse van de reistijd en de te vroege/late aankomst uitgewerkt. Voor de drie variabelen zijn de verdelingen geschat van de congestievrije en congestierijke situatie (de figuren 6.23, 6.24 respectievelijk 6.25).



Figuur 6.23: Geschatte verdeling van de reistijd in de congestievrije en congestierijke situatie voor reizigers met een ritafstand tussen de 52,5 – 100 km (bron: OVG 1999, 2000).



Figuur 6.24: Geschatte verdeling van de te vroege aankomst in de congestievrije en congestierijke situatie voor reizigers met een ritafstand tussen de 52,5 – 100 km (bron: OVG 1999, 2000).



Figuur 6.25: Geschatte verdeling van de te late aankomst in de congestievrije en congestierijke situatie voor reizigers met een ritafstand tussen de 52,5 – 100 km (bron: OVG 1999, 2000).

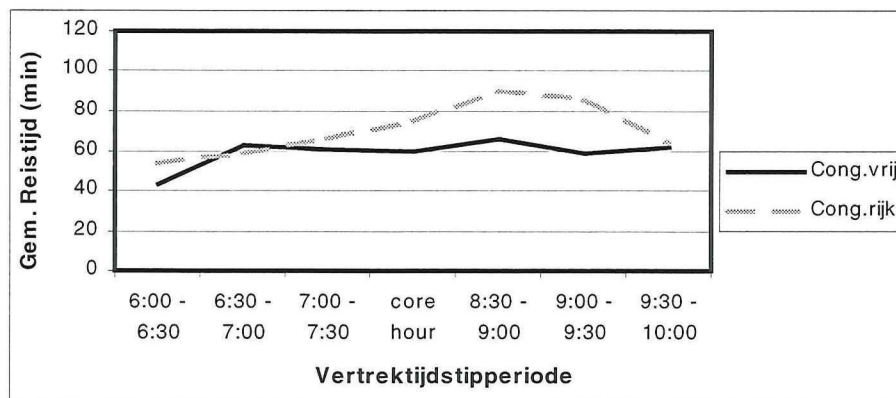
Geconcludeerd kan worden dat door de toepassing van de gemiddelde waarden de verschillen inderdaad minimaal zijn. Voor de te late aankomst zijn de verschillen tussen de congestierijke en congestievrije situatie zelfs maar net significant te noemen. De wijzigingen van de vertrektijdstipkeuze blijken meer veroorzaakt te worden door de wijzigingen van de standaard deviatie per variabele. Deze toename kan gezien worden als een maat voor de onzekerheid van de reizigers. In de congestierijke situatie is de onzekerheid over de verwachte waarde van elke

variabele groter dan de onzekerheid van deze variabele in de congestievrije situatie. De dataset is verder gesegmenteerd om de veronderstelde reisweerstandshoging te bepalen. Deze onzekerheid zal niet opgenomen worden in het verschuivingsmodel.

6.7.9 Stap 5: Selectie van de reizigers met een ritafstand tussen de 65 – 85 km

Voor het verkrijgen van een vloeiender verloop van de reistijd voor de totale modelleringsperiode is verondersteld dat een dataselectie van de reizigers met een ritafstand tussen de 65 – 85 km beter voldoet. Voor deze geselecteerde groep reizigers geldt dat:

- De berekende verschuivingen per vertrektijdstipperiode zijn zeer gering en bijna verwaarloosbaar.
- De reistijden per vertrektijdstipperiode in de congestievrije situatie zijn nagenoeg constant, de enige uitzondering hierop vormt de vertrektijdstipperiode 6:00-6:30 uur. De gemiddelde waarde varieert rond de 60 minuten (zie figuur 6.26).



Figuur 6.26: Gemiddelde waarde van de reistijd per vertrektijdstipperiode voor de congestievrije en congestierijke situatie, voor verplaatsingen tussen de 62,5 – 85 km (bron: OVG 1999, 2000).

- De reistijden van de congestierijke situatie blijken echter alleen voor de vertrektijdstipperiodes na het core hour gestegen te zijn t.o.v. de reistijden in de congestievrije situatie. Dit wordt veroorzaakt door de relatief korte gemiddelde ritafstand in de congestievrije situatie, en de relatief hoge gemiddelde ritafstand in de congestierijke situatie.
- De berekende te vroege en te late aankomsten, per vertrektijdstipperiodes, tonen veel schommelingen door de nog steeds te kleine steekproefomvang. Verondersteld wordt dat indien de verwachte reistijdcurven worden gevonden dat dan automatisch de te vroege/te late aankomstcurven ook het gewenste beeld tonen.
- De vertrektijdstipperiodes voor het core hour worden voor de reistijd, en de te vroege / te late aankomsttijdsvariabelen positief gewaardeerd voor een afname van het reizigersaandeel in het core hour voor de congestierijke situatie.
- Door de relatief hoge gemiddelde ritafstand tijdens het core hour in de congestievrije situatie, worden alle mogelijke vertrektijdstipperiodes negatief gewaardeerd voor een verlaging van het reizigersaandeel in het core hour.

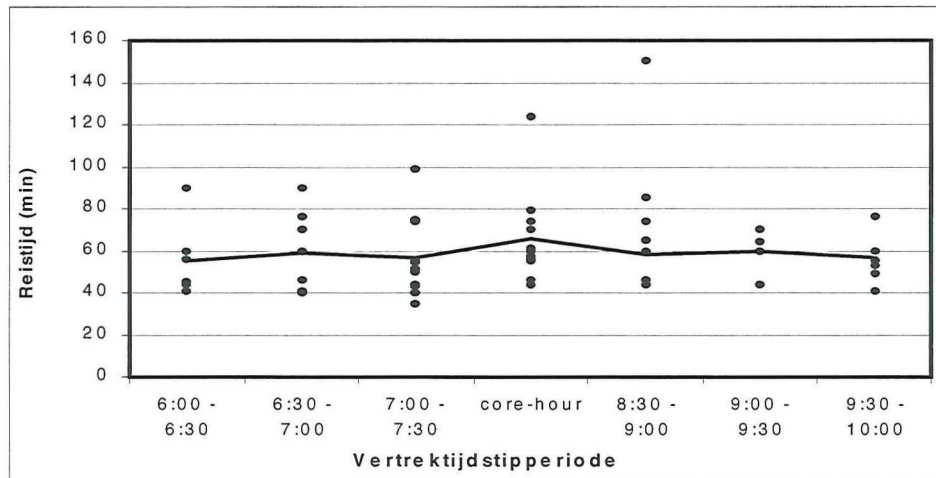
6.7.10 Stap 6a: Geselecteerde reizigers (ritafstand 52,5–100 km), extremen verwijderd

De kleine omvang van de steekproef zorgen voor schommelingen in welhaast alle gepresenteerde grafieken. Uit gedetailleerde analyse van de data blijken er grote waardeverschillen, per variabele, per vertrektijdstipperiode op te treden (een relatief groot aandeel lage of hoge gemiddelde ritafstand binnen één ritafstandsklasse veroorzaakt een relatief grote verlaging of verhoging van de gemiddelde waarde van deze variabele). Door de kleine steekproefomvang worden deze extreme waarden niet genivelleerd. In deze stap zijn deze zogenaamde extremen uit de dataset verwijderd om vloeiendere curven te verkrijgen (zie figuur 6.2 voor de veronderstelde reisweerstandontwikkeling).

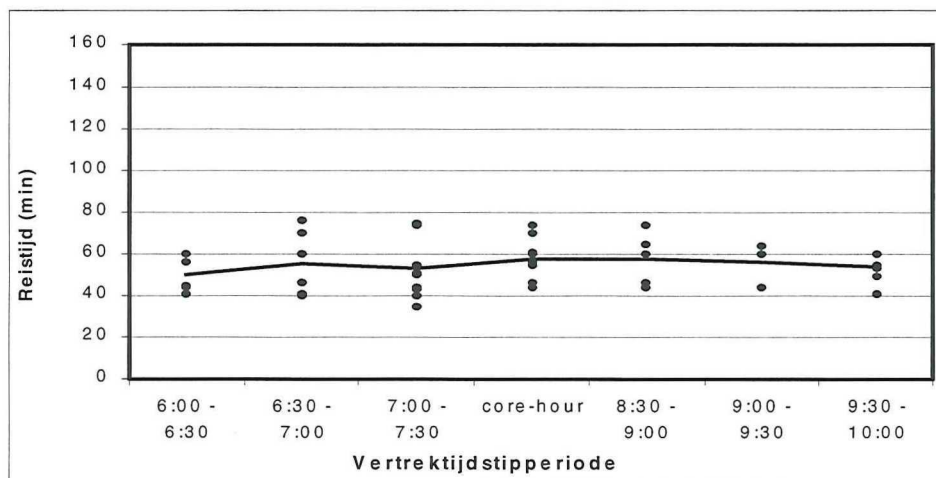
De reizigers met een ritafstand tussen de 52.5 – 100 km zijn hierbij als invoerwaarden geselecteerd. De volgende bewerkingen zijn hierna uitgevoerd:

Congestievrije situatie

Voor de congestievrije situatie is gestreefd naar een constant verloop van de reistijd over alle mogelijke vertrektijdstipperiodes (hiervoor zijn 7 “extreme” reizigers verwijderd uit de dataset van 73 reizigers). De figuren 6.27 en 6.28 tonen de werkelijke bepaalde reistijden per reiziger voor respectievelijk na correctie van de dataset. De doorgetrokken lijn toont de gemiddelde waarde per vertrektijdstipperiode per gehanteerde dataset.



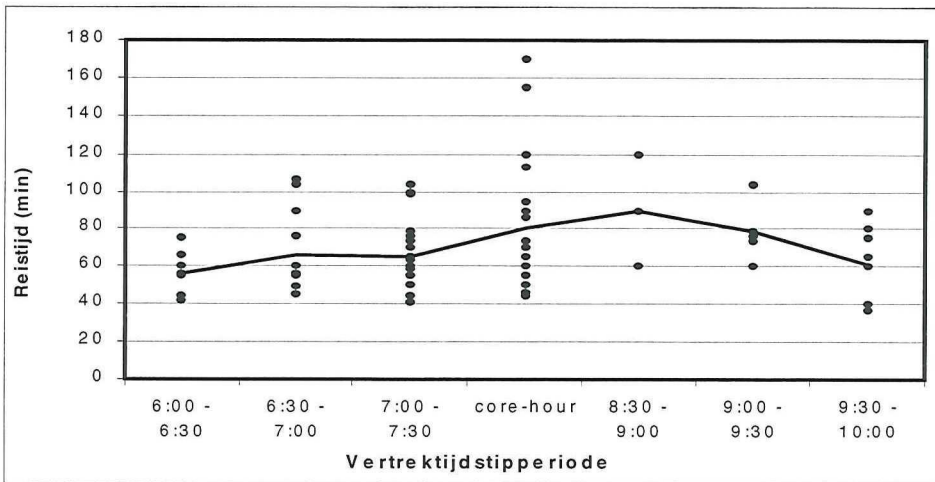
Figuur 6.27: Werkelijke reistijden van de gehanteerde dataset per vertrektijdstipperiode voor correctie voor de congestievrije situatie (bron: OVG 1999, 2000).



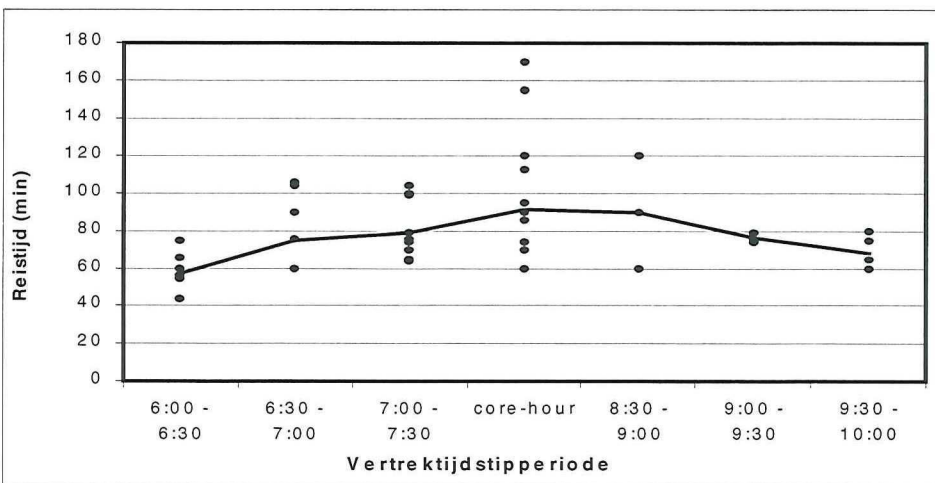
Figuur 6.28: Gebruikte reistijden van de gehanteerde dataset per vertrektijdstipperiode voor correctie voor de congestievrije situatie (bron: OVG 1999, 2000).

Congestierijke situatie

Voor de congestierijke situatie is gestreefd naar maximalisatie van de reistijdverschillen tussen aangrenzende vertrektijdstipperiodes. Het gemiddelde reistijdverloop over de totale modelleringsperiode dient een halve bolvorm te zijn waarbij de hoogste gemiddelde reistijd gemeten wordt in het core hour. In totaal zijn 15 “extreme” reizigers verwijderd uit de dataset van 90 reizigers. De figuren 6.29 en 6.30 tonen de werkelijke bepaalde reistijden per reiziger voor respectievelijk na correctie van de dataset.

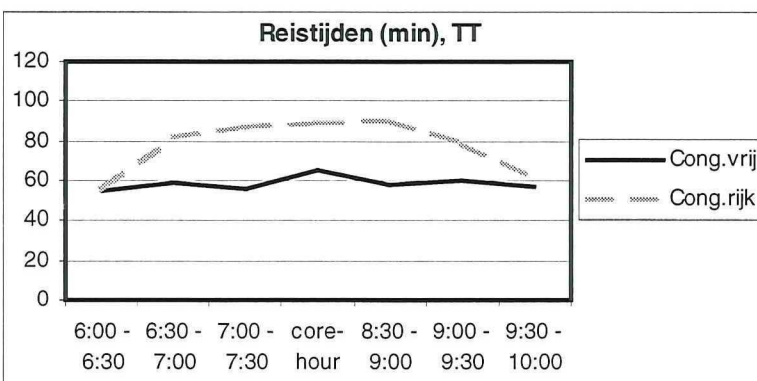


Figuur 6.29: Werkelijke reistijden van de gehanteerde dataset per vertrektijdstipperiode voor correctie voor de congestierijke situatie (bron: OVG 1999, 2000).



Figuur 6.30: Gebruikte reistijden van de gehanteerde dataset per vertrektijdstipperiode voor correctie voor de congestierijke situatie (bron: OVG 1999, 2000).

De uiteindelijke toegepaste gemiddelde reistijden worden getoond in figuur 6.31.



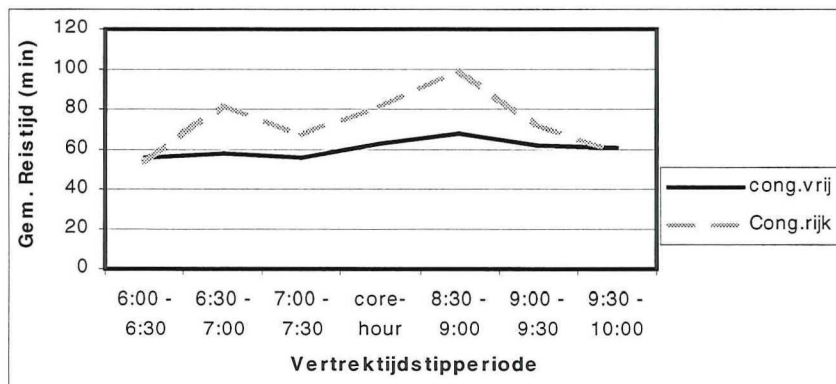
Figuur 6.31: Gemiddelde waarde van de reistijd na verwijdering van de extremen, per vertrektijdstipperiode voor de congestievrije en congestierijke situatie, voor verplaatsingen tussen de 52,5 – 100 km (bron: OVG 1999, 2000).

Voor de geselecteerde groep reizigers kan geconcludeerd worden dat:

- Het berekende vertrektijdstippatroon van de congestierijke situatie is incorrect ondanks de verwijdering van de extreme waarden.
- Ondanks deze geanalyseerde verschillen naar reistijden zijn de berekende verschuivingen van de reizigersaandelen minimaal. De verschillenanalyse per variabele toont aan dat de buikperioden gunstiger worden gewaardeerd in de congestierijke situatie dan de vertrektijdstipperioden rondom het core hour.
- Door verwijdering van enkele reizigers uit de dataset zijn ook de ritafstanden per vertrektijdstipperiode van de congestievrije en congestierijke situatie nagenoeg constant (zie Bijlage 15).
- De grafiek van de te vroege aankomsten toont aan dat de reizigers in de congestierijke situatie met het vertrektijdstip in, en rondom het core hour, minder te vroeg aankomen dan in de meer buikperioden van de ochtendspits. Dit kan worden verklaard door de veronderstelling dat deze reizigers blijkbaar de ingeplande tijdsruimte grotendeels benutten. Dit wordt onderbouwd door de grafiek van de te late aankomsten. Hieruit blijkt namelijk dat in de congestierijke situatie de reizigers met deze vertrektijdstipperioden meer te laat aankomen dan de reizigers, met een vertrektijdstip in de meer buikperioden van de ochtendspits.

6.7.11 Stap 6b: Geselecteerde reizigers (ritafstand tussen de 52,5–100 km), correctiefactor

Verwijdering van de extreme waarden uit de dataset, is erg dubieus vanwege de kleine steekproefomvang. Corresponderen de zogenaamde extreme waarden immers nu niet de reizigers die hun vertrektijdstip aanpassen? Om deze vraag te beantwoorden is in deze stap getracht de extremen te “verwijderen” door vermenigvuldiging van de reistijden met een zogenaamde correctiefactor voor de ritafstand (de extremen worden immers grotendeels veroorzaakt door de eveneens extreme ritafstanden). De correctiefactor is meer een verschalingsfactor waarbij alle reistijden worden berekend naar één ritafstand (in dit geval 58 km) De resulterende reistijden worden getoond in figuur 6.32.



Figuur 6.32: Gemiddelde waarde van de reistijd door vermenigvuldiging met een correctiefactor voor de ritafstand, per vertrektijdstipperiode voor de congestievrije en congestierijke situatie, voor verplaatsingen tussen de 52,5 – 100 km (bron: OVG 1999, 2000).

Uit de getoonde figuur kan geconcludeerd worden dat:

- De berekende verschuivingen per vertrektijdstipperiode zijn wederom zeer gering.
- De gemiddelde waarde van de herberekende reistijden geen “vloeiender” verloop vertonen over de totale modelleringsperiode. Daarentegen heeft het geresulteerd tot een vergroting van de schommelingen.
- De grafieken naar de te vroege/late aankomst tonen geen verschillen met de grafieken die opgesteld zijn voor de reizigersselectie zonder correctiefactor.

6.8 Stap VIII: Uitvoering van de gevoeligheidsanalyses

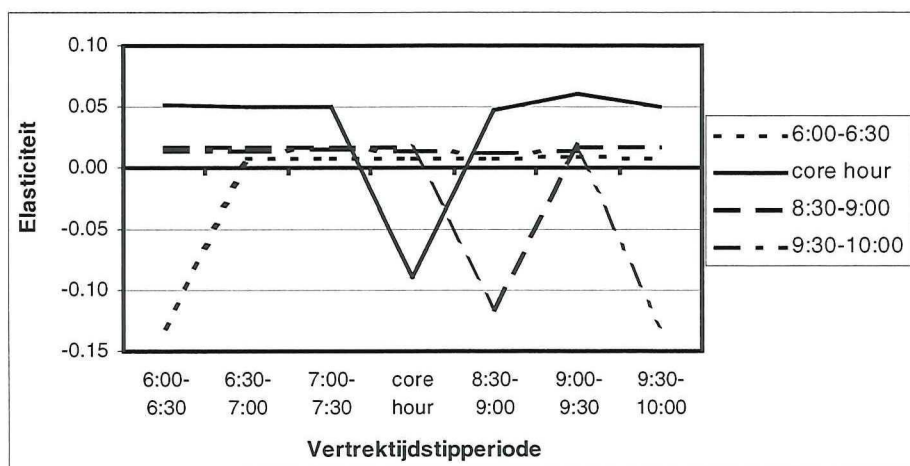
Toepassing van de bepaalde waarderingsfactoren op de gebruikte dataset voor de berekening van het vertrektijdstippatroon in de congestierijke situatie resulteert niet in het gewenste vertrektijdstippatroon. Het veronderstelde reisweerstandsverloop, over de totale modelleringsperiode in de congestierijke situatie is slechts waarneembaar voor een zeer selecte groep reizigers. Omdat de waarderingsfactoren zijn bepaald op basis van de complete dataset zijn deze naar alle waarschijnlijkheid te laag gewaardeerd. Bepaling van de waarderingsfactoren voor de selecte groep reizigers is echter niet mogelijk omdat de steekproef daarvoor te gering is.

Een toets voor de controle van het opgestelde verschuivingsmodel is de berekening van enkele elasticiteiten per variabele. De elasticiteit is een grootte die een maat is voor de procentuele verandering in de afhankelijke variabele X_i gedeeld door de procentuele verandering in de relevant veronderstelde onafhankelijke variabele Y_j^z . In dit onderzoek corresponderen de afhankelijke variabelen met de gedefinieerde vertrektijdstipperiodes k , en zijn de onafhankelijke variabelen, de variabelen die beschreven zijn in paragraaf 6.2. Elasticiteiten worden veel toegepast in de economie, o.a bij de berekening van de verandering van de gevraagde hoeveelheid bij een wijziging van de prijs. Voor dit onderzoek wordt de invloed van een toename van bijvoorbeeld de reistijd in de vertrektijdstipperiode 7:00-7:30 uur onderzocht op de wijziging van de keuze om in deze vertrektijdstipperiode te vertrekken. Voor de berekening van de elasticiteit wordt de volgende formule (16) toegepast:

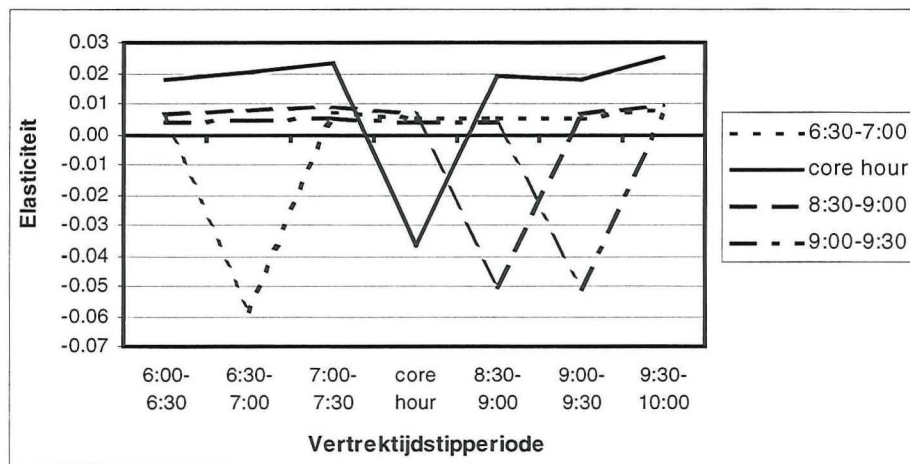
$$E(X_i, Y_j^z) = \frac{\partial X_i}{\partial Y_j^z} * \frac{Y_j^z}{X_i} \quad [16]$$

De verandering van de vraag van het alternatief zelf wordt berekend m.b.v. directe elasticiteit ($i = k$), terwijl de verandering van de vraag voor de overige alternatieven wordt berekend m.b.v. zogenaamde cross-elasticiteiten ($i \neq k$).

Voor de vier opgestelde casestudies van de extern stedelijke verplaatsingen zijn voor elke variabele enkele elasticiteiten berekend. Deze waarden worden getoond in een grafiekvorm. In deze paragraaf worden slechts de berekende elasticiteiten van de reistijd en een te vroege aankomst getoond in de figuren 6.33 respectievelijk 6.34. De overige berekende elasticiteiten zijn opgenomen in Bijlage 17.



Figuur 6.33: Berekende elasticiteiten voor een wijziging van de gemiddelde waarde van de reistijd (bron OVG 1999,2000).



Figuur 6.34: Berekende elasticiteiten voor een wijziging van de gemiddelde waarde van de variabele te vroege aankomst (bron OVG 1999,2000)

Figuur 6.33 toont de elasticiteiten voor een wijziging van de gemiddelde waarde van de reistijd. De vier getoonde curven tonen de berekende elasticiteiten indien de gemiddelde waarde van de reistijd stijgt van de vertrektijdstipperiode waartoe de curve wordt aangemerkt. Uit de figuren kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- verhoging van de gemiddelde waarde van de reistijd of te vroege aankomst, in vertrektijdstipperiode k resulteert daadwerkelijk tot een verlaging (negatieve waarde) van het reizigersaandeel in deze vertrektijdstipperiode en een verhoging van de reizigersaandelen in de overige vertrektijdstipperioden (positieve waarde).
- De berekende elasticiteit is voor de gewijzigde vertrektijdstipperiode, in absolute waarde gezien, altijd hoger dan de elasticiteiten van de overige vertrektijdstipperioden. Dit wordt verklaard omdat de afname voor vertrektijdstipperiode k "verdeeld" dient te worden over alle andere mogelijke vertrektijdstipperioden.
- Omdat het reizigersaandeel van het core hour in de congestievrije relatief hoog is t.o.v. de aangrenzende vertrektijdstipperioden is de berekende elasticiteit (bij een verhoging van de gemiddelde waarde van deze variabele) relatief laag, en zijn de elasticiteiten van de overige vertrektijdstipperioden relatief hoog.
- De eerste en laatste vertrektijdstipperiode worden als minder aantrekkelijk gewaardeerd voor een reizigersaandeeltoename dan de overige vertrektijdstipperioden. Dit kan geconcludeerd worden uit de lage elasticiteiten voor deze vertrektijdstipperioden.
- De maximale absolute waarde van de berekende elasticiteiten is afhankelijk van de waarden van de waarderingsfactoren.

Het gevoeligheidsonderzoek toont aan dat een verhoging van de reistijd respectievelijk te vroege aankomst, resulteert in een verlaging van het reizigersaandeel in de vertrektijdstipperiode waar deze verhoging optreedt. De reizigersaandelen in de overige vertrektijdstipperioden nemen als reactie hierop toe. De absolute maximale waarde van deze verandering is afhankelijk van de vertrektijdstipperiode waarvoor deze verhoging optreedt.

7. Modelresultaten

De eerste paragraaf beschrijft de toegepaste nutsfunctie en het opgestelde verschuivingsmodel voor de vertrektijdstipkeuze. Met behulp van een OVG-dataselectie zijn verschillende sets van waarderingsfactoren bepaald, waarvan de meest geschikt bevonden set wordt beschreven in de tweede paragraaf. Paragraaf 7.3 toont het gemodelleerde vertrektijdstippatroon van de congestierijke situatie. In de vierde paragraaf wordt een korte analyse beschreven van de veranderingen van de gemiddelde waarden van de variabelen voor de congestievrije en congestierijke situatie. Omdat het gemodelleerde vertrektijdstippatroon niet correspondeert met het vertrektijdstippatroon dat bepaald is met behulp van het OVG zijn gevoeligheidsanalyses uitgewerkt van het opgestelde verschuivingsmodel. De meest van belang geachte resultaten worden toegelicht in paragraaf 7.5.

7.1 Opgestelde nutsfunctie en verschuivingsmodel

Voor de nutswaardering van elke vertrektijdstipperiode is een nutsfunctie opgesteld met als verklarende variabelen de reistijd (TT), de ritafstand (TD), de te vroege (TE)/late (TL) aankomst (zie formule 17 is gelijk aan formule 13). De toepassing van mogelijke verklarende factoren als het herkomst- en bestemmingsgebied, de ritafstandsklassen en het aankomsttijdsverschil werden niet zinvol geacht omdat of de bepaalde sets van waarderingsfactoren te onbetrouwbaar (zie paragraaf 7.2) was of omdat de factoren niet voldeden aan één van de geformuleerde uitgangspunten van het onderzoek. De factoren waarmee de variabelen worden vermenigvuldigd, zijn de zogenaamde waarderingsfactoren die de nutswaardering weerspiegelen van de eenheidswaarde per variabele.

$$U(k) = \alpha TT(k) + \beta TD(k) + \gamma TE(k) + \eta TL(k) + \varepsilon(k) \quad [17]$$

De te vroege/late aankomst is gedefinieerd als het tijdsverschil tussen de werkelijke aankomsttijd en een zogenaamde referentie-aankomsttijd (zie paragraaf 6.2 voor de exacte beschrijving van deze variabelen). Het opgestelde verschuivingsmodel is opgebouwd uit twee formules, één formule (formule 18 is gelijk aan formule 14) voor de berekening van de verschoven vertrektijdstipperiodefracties en één formule (formule 19 is gelijk aan formule 15) voor de herschaling van de berekende vertrektijdstipperiodefracties met formule 18.

$$\overline{f}_k^{X1} = f_k^{OX1} * \exp[\alpha(TT_{p,k} - TT_{b,k}) + \beta(TD_{p,k} - TD_{b,k}) + \gamma(TE_{p,k} - TE_{b,k}) + \eta(TL_{p,k} - TL_{b,k})]$$

$$f_k^{X1} = \frac{\overline{f}_k^{X1}}{\sum_{i=1}^7 \overline{f}_i^{X1}} \quad [19]$$

Voor de beschrijving van de gehanteerde variabelen wordt verwezen naar paragraaf 6.6.

7.2 Bepaalde set van waarderingsfactoren

Voor de bepaling van de waarderingsfactoren is gebruik gemaakt van een logit-model (zie paragraaf 6.4). Een logit model berekent de kans van alternatief k uit een set van elkaar uitsluitende alternatieven i . Het geanalyseerde vertrektijdstippatroon uit het OVG kan worden aangemerkt als een kansverdeling. De keuze voor vertrektijdstipperiode k is voor dit onderzoek gedefinieerd als een kans. Het logit-model maakt gebruik van een nutsfunctie waarmee de nutswaardering van elk alternatief wordt berekend. Omdat de kansverdelingen van twee gedefinieerde situaties (de congestievrije en congestierijke situatie) bekend worden verondersteld (ze zijn immers bepaald uit analyse van het OVG) en ook de nutsfunctie geformuleerd is, kunnen de benodigde waarderingsfactoren worden bepaald.

Voor dit onderzoek zijn de extern stedelijke verplaatsingen (dit zijn verplaatsingen met de stedelijke gebieden als bestemming en de rustige gebieden als herkomst) maatgevend verondersteld (zie de paragrafen 6.5 en 6.6).

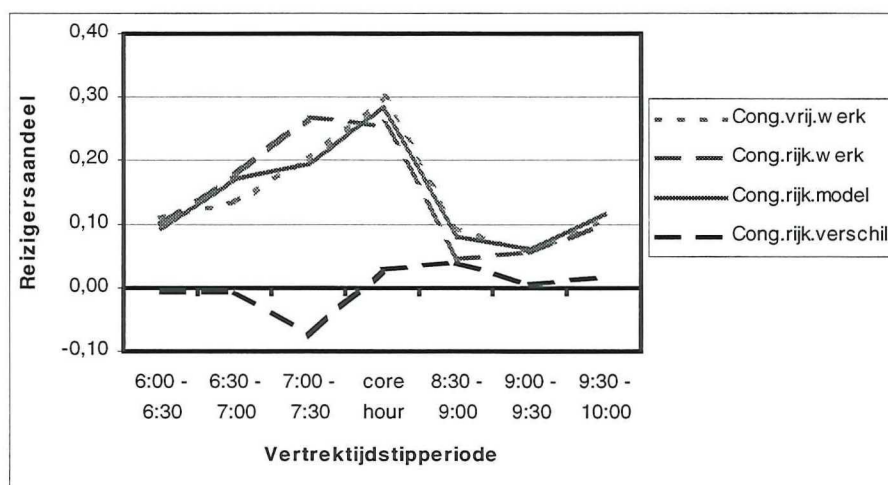
De bepaalde waarderingsfactoren voor de variabelen zijn:

- Reistijd (TT): waarde van -0.00397
- Ritafstand (TD): waarde van -0.004427
- Te vroege aankomst (TE): waarde van 0.01586
- Te late aankomst (TL): waarde van -0.01144

7.3 Gemodelleerde vertrektijdstippatroon

Het verschuivingsmodel kent het vertrektijdstippatroon uit de congestievrije situatie, en de verschillende reisweerstanden per vertrektijdstipperiode uit de congestievrije situatie als invoer. Met behulp van de geprognosticeerde reisweerstanden per vertrektijdstipperiode in de congestierijke situatie wordt het vertrektijdstippatroon in de congestierijke situatie gemodelleerd. De tijdsduur van de vertrektijdstipperiodes is bepaald op basis van het vertrektijdstippatroon in de congestievrije situatie. Analyse naar verschillende tijdsduren van deze perioden resulteerde in de toepassing van tijdsperiodes van 30 minuten. De vertrektijdstipperiodes van 7:30-8:00 uur en 8:00-8:30 uur zijn samengevoegd omdat het keuzemodel op deze wijze vergelijkbaar is met het door Adviesdienst Verkeer & Vervoer (AVV) in ontwikkeling zijnde keuzemodel en omdat dit de klassieke spitsperiode beslaat. Een derde verklaring is het feit dat op deze wijze drie alternatieven voor en drie alternatieven na de zogenaamde core period (referentieperiode voor de vergelijking voor alle berekende gemiddelde waarden) ontstaan.

Figuur 6.35 toont de vertrektijdstippatronen¹⁶ van de congestievrije situatie (bepaald uit het OVG), de bepaalde congestierijke situatie uit het OVG, de gemodelleerde congestierijke situatie en het verschil tussen het werkelijke en het gemodelleerde vertrektijdstippatroon.



Figuur 6.35: Overzicht van het werkelijke vertrektijdstippatroon in de congestievrije situatie, het werkelijke en het gemodelleerde vertrektijdstippatroon in de congestierijke situatie (bron OVG 1999, 2000)

Het gemodelleerde vertrektijdstippatroon correspondeert niet met bepaalde vertrektijdstippatroon voor de congestierijke situatie. Mogelijke verklaringen hiervoor zijn:

- De bepaalde waarderingsfactoren zijn te klein waardoor de berekende verschuivingen te gering zijn. Verhoging van deze waarderingsfactoren met een constante factor resulteert echter niet tot de gewenste verschuivingen.
- De veronderstelde verklarende variabelen zijn niet maatgevend voor de aanpassing van de vertrektijdstipkeuze. Andere niet meetbare factoren kunnen dan de vertrektijdstipkeuze beïnvloeden.
- De toegepaste waarden voor de variabelen zijn de gemiddelde waarden per vertrektijdstipperiode die bepaald is met behulp van de OVG-analyses. Mogelijk vormt de

¹⁶ Opgemerkt dient te worden dat de getoonde vertrektijdstippatronen bepaald zijn de extern stedelijke verplaatsingen met een ritafstand tussen de 52,5 en 100 km.

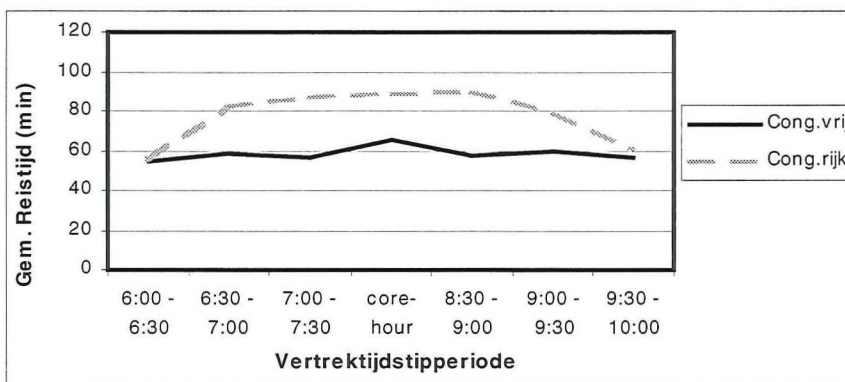
onzekerheid (door toepassing van de standaard deviatie) een betere maatstaf voor de aanpassing van de vertrektijdstipkeuze.

- De veronderstelde reisweerstandsvrhoging treedt slechts op voor een selecte groep reizigers waarvoor geen set van betrouwbare/nauwkeurige waarderingsfactoren kunnen worden bepaald. Voor de bepaling van de waarderingsfactoren is een dataset gebruikt waarbij de “gewenste extremen” genivelleerd worden door de overige waarden uit de dataset.

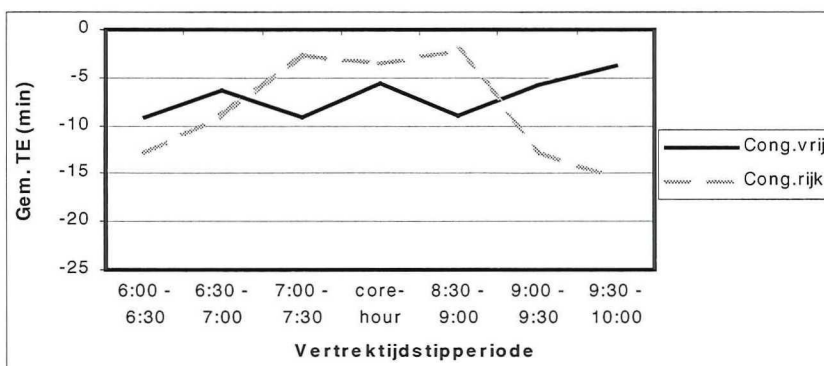
7.4 Analyse van de toegepaste dataset

De eerste en vierde mogelijke verklaring voor de incorrecte modellering van het vertrektijdstippatroon in de congestierijke situatie, zijn reeds onderzocht. Onderzoek naar de tweede mogelijke verklaring reikt te ver voor dit onderzoek. Een nadere analyse naar de gemiddelde waarde en de standaard deviatie (een mogelijke maat voor de onzekerheid) per variabele kan wel eenvoudig worden uitgevoerd. De figuren 6.23, 6.24 en 6.25 (zie paragraaf 6.7) tonen aan dat de gemiddelde waarde, die toegepast is voor de modellering van de vertrektijdstipkeuze, in de congestievrije en congestierijke situatie slechts een gering verschil hebben. De verschillen zijn echter wel significant. De standaarddeviaties per variabele toont een significant verschil tussen de congestievrije en congestierijke situatie. Geconcludeerd kan worden dat dus niet alleen een wijziging van de gemiddelde waarde, als een wijziging van de “zekerheid” een verklarende variabele is voor de aanpassing van de vertrektijdstipkeuze.

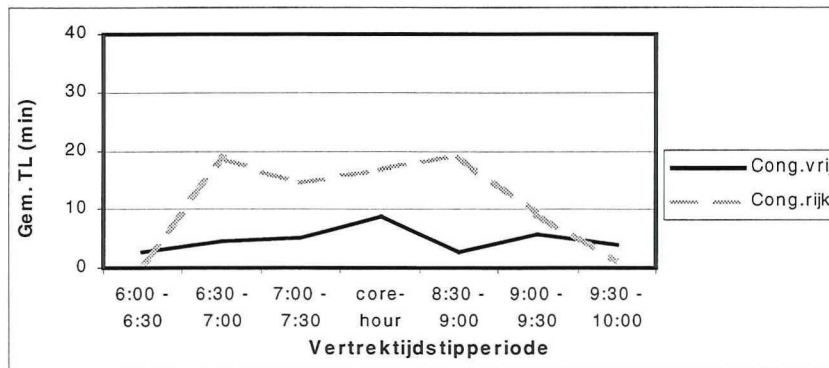
Analyse naar de reistijd, te vroege aankomst en te late aankomst (zie de figuren 6.36, 6.37 en 6.38) toont dat de veronderstelde reisweerstandswijzigingen in de congestierijke situatie wel waarneembaar zijn. De getoonde grafieken zijn echter van toepassing op een zeer kleine steekproef, waarbij ook nog een aantal reizigers uit de dataset zijn verwijderd (zie paragraaf 6.7.10) omdat ze de gemiddelde waarde verstoorden.



Figuur 6.36: Bepaalde gemiddelde waarde van de reistijd (min) per vertrektijdstipperiode voor de extern stedelijke verplaatsingen met een ritafstand tussen de 52.5-100 km (bron OVG 1999, 2000)



Figuur 6.37: Bepaalde gemiddelde waarde van de te vroege aankomst (TE in minuten) per vertrektijdstipperiode voor de extern stedelijke verplaatsingen met een ritafstand tussen de 52.5-100 km (bron OVG 1999, 2000)

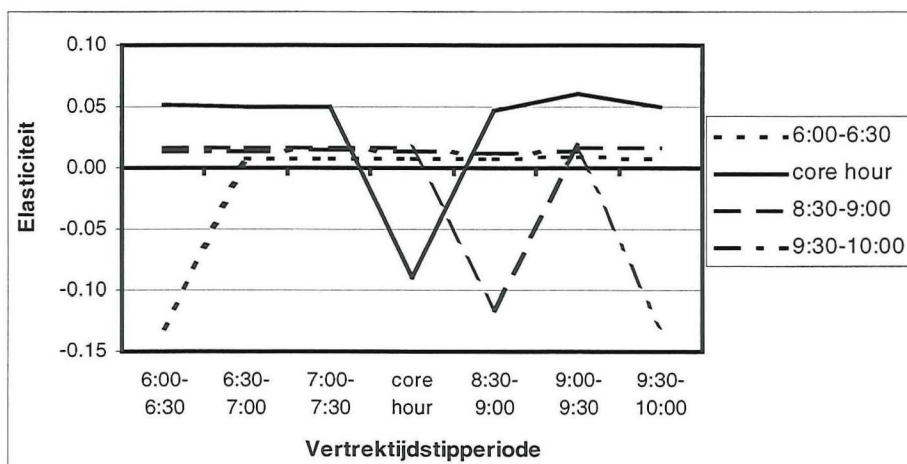


Figuur 6.38: Bepaalde gemiddelde waarde van de te late aankomst (TL in minuten) per vertrektijdstipperiode voor de extern stedelijke verplaatsingen met een ritafstand tussen de 52.5-100 km (bron OVG 1999, 2000)

7.5 Gevoeligheidsanalyses

Toepassing van de bepaalde waarderingsfactoren op de gebruikte dataset voor de berekening van het vertrektijdstippatroon in de congestierijke situatie resulteert niet in de gewenste vertrektijdstippatroon. Het veronderstelde reisweerstandsverloop, over de totale modelleringsperiode in de congestierijke situatie is slechts waarneembaar voor een zeer selecte groep reizigers.

Een tweede toets voor de controle van het opgestelde verschuivingsmodel is de berekening van enkele elasticiteiten per variabele. De elasticiteit is een grootte die een maat is voor de procentuele verandering in de afhankelijke variabele X_i gedeeld door de procentuele verandering in de relevant veronderstelde onafhankelijke variabele Y_j^z . In dit onderzoek corresponderen de afhankelijke variabelen met de gedefinieerde vertrektijdstipperiodes k , en zijn de onafhankelijke variabelen, de variabelen die beschreven zijn in paragraaf 6.2. Figuur 6.39 toont de berekende elasticiteiten voor een wijziging van de reistijd.



Figuur 6.39: Berekende elasticiteiten voor een wijziging van de gemiddelde waarde van de reistijd (bron OVG 1999,2000).

Het gevoeligheidsonderzoek toont aan dat een verhoging van de reistijd respectievelijk te vroege aankomst, resulteert in een verlaging van het reizigersaandeel in de vertrektijdstipperiode waar deze verhoging optreedt. De reizigersaandelen in de overige vertrektijdstipperiodes nemen als reactie hierop toe. De maximale absolute waarde van deze verandering is afhankelijk van de vertrektijdstipperiode waarvoor deze verhoging optreedt.

8. Conclusies en aanbevelingen

De conclusies en aanbevelingen zijn gedeeltelijk gecombineerd met elkaar opgenomen omdat er twee typen van conclusies en aanbevelingen kunnen worden onderscheiden. De eerste categorie betreft de conclusies en aanbevelingen die toegespitst zijn op het uitgewerkte onderzoek. De tweede categorie kent een bredere context waarbij algemenere conclusies en aanbevelingen zijn opgesteld. De aanbevelingen zijn daar waar mogelijk direct opgenomen achter de opgestelde conclusie. De conclusies worden cursief getoond, waarbij een korte toelichting op de conclusie beschreven wordt direct onder de opgestelde conclusie. De eventuele aanbevelingen zijn genoteerd met behulp van opsommingstekens aanvullend op de tekst behorende bij de conclusie.

8.1 Conclusies en aanbevelingen toegespitst op het uitgewerkte onderzoek

- 1) *Het opgestelde verschuivingsmodel berekent niet het bepaalde vertrektijdstippatroon uit het OVG.*

De berekende verschuivingen van de vertrektijdstipkeuzen zijn te gering. Mogelijke verklaringen hiervoor zijn de te laag bepaalde waarderingsfactoren, toepassing van factoren als variabelen die niet als de verklarende factoren kunnen worden aangemerkt die de aanpassing van de vertrektijdstipkeuze modelleren. Een derde mogelijke verklaring is het feit gerekend is met de gemiddelde waarde per variabele en niet met de standaard deviatie, dat mogelijk als een maat voor de onzekerheid kan worden opgenomen. Uit gedetailleerde analyse blijkt dat de veronderstelde reisweerstandscurven waarneembaar zijn voor een selecte groep reizigers. Bij de bepaling van de waarderingsfactoren worden deze "extremen" als het ware genivelleerd door de overige waarden uit de datasets.

Voor verder onderzoek wordt aanbevolen:

- Implementatie van de standaard deviaties van de variabelen in de nutsfunctie.
 - Selectie van een grotere dataset waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen twee jaartallen (uit analyse kan geconcludeerd worden een segmentatie naar reizigersmotief niet echt noodzakelijk lijkt voor de eerste aanzet voor de modellering van de aanpassing van de vertrektijdstipkeuze). De dataselectie zou zich meer moeten richten op de reizigers met de grote steden als bestemmingsgebied en een ritafstand boven de 15 kilometer (bij lagere ritafstanden wordt een relatief groot gedeelte van de verplaatsing afgewikkeld op het OWN en zijn de verschillen nauwelijks significant).
 - Uit de uitgewerkte gevoeligheidsanalyses kan geconcludeerd worden dat het opgestelde verschuivingsmodel de veronderstelde aanpassingen modelleert. De uitwerking van een casestudie is mogelijk indien van een bepaald traject op het huidige wegennet zowel de vertrektijdstippatronen als de reistijden bekend zijn. Een casestudie naar de Rijksweg A4 – A13 biedt hiervoor de mogelijkheid vanwege de grote beschikbaarheid van betrouwbare reisweerstand en betrouwbare/nauwkeurige verdelingen van de reizigers over de gedefinieerde ochtendspitsperiode. In de eerste stap van de berekening dient het geprognosticeerde aantal reizigers toegedeeld te worden volgens het verplaatsingspatroon dat bepaald is voor de zogenaamde basissituatie.
- 2) *Spitsverbreding is een proces dat erg lokaal optreedt waardoor een geschikte dataselectie erg lastig is.*
- Spitsverbreding is onder andere op de A13 tussen Delft Zuid en Berkel en Rodenrijs waarneembaar indien de verkeersintensiteiten per tijdperiode van verschillende jaren worden vergeleken. Het probleem is echter dat van deze reizigers relatief weinig kenmerken (o.a reizigersmotief en herkomst- en bestemmingsgebied) bekend zijn. Toepassing van een databron als het OVG is te generaliserend waardoor de reizigers die geconfronteerd worden met de spitsverbreding genivelleerd worden door de overige reizigers uit de dataset.

Voor verder onderzoek wordt aanbevolen:

- Uitvoering van een enquête onder een redelijke groep reizigers die geconfronteerd worden met de spitsverbreding, de A13 is hiervoor een geschikte locatie. Met behulp van het opgestelde verschuivingsmodel kunnen nieuwe sets van waarderingsfactoren worden

bepaald waarna het keuzemodel kan worden toegepast voor een prognoseberekening waarbij de geprognosticeerde reistijden worden berekend met behulp van een verkeersmodel.

- 3) *Als verklarende variabelen voor de vertrektijdstipaanpassing kunnen de reistijd, de ritafstand en een te vroege/late aankomsttijd opgenomen worden.*

Uit de uitgevoerde OVG-analyses kan geconcludeerd worden dat er waarneembare verschillen optreden tussen de twee gedefinieerde situaties voor de bovenstaande variabelen. De stijging is het beste waarneembaar voor verplaatsingen die de grote steden als bestemmingslocatie hebben (de zogenaamde extern stedelijke verplaatsingen). Segmentatie naar reizigersmotief wordt niet zinvol geacht voor de modellering van de aanpassing van de vertrektijdstipkeuze. Eventueel kunnen het herkomst- en bestemmingsgebied als verklarende variabelen worden opgenomen in de nutsfunctie (in werkelijkheid is een lichte verschuiving waarneembaar naar de rustigere gebieden van Nederland). Hierbij dient wel aangemerkt dat de ontwikkeling van de aanpassing van de vertrektijdstipkeuze in principe geen wijzigingen van de HB-relaties veronderstelt. Zeker voor het korte termijn is deze aanname correct, op het langere termijn zijn echter wel degelijk wijzigingen van de herkomst- en bestemmingslocatie waarneembaar.

Voor verder onderzoek wordt aanbevolen:

- Detaillering van het verschuivingsmodel door toepassing van tijdsperioden van 15 minuten. Hiervoor is dan wel eerst een selectie van een andere dataset noodzakelijk.

8.2 Conclusies en aanbevelingen in een bredere context

- 4) *Toepassing van een RP-databron lijkt geoorloofd voor de ontwikkeling van keuzemodellen voor de vertrektijdstipkeuze.*

De toepassing van het OVG als databron voor de bepaling van de waarderingsfactoren is mogelijk gebleken. De waarden zijn echter zeer laag, dat mede veroorzaakt wordt door de definiëeringswijze van de congestievrije en congestierijke situatie. Gedetailleerdere data-analyses tonen aan dat er wel degelijk een daling van rijsnelheid is, in de gedefinieerde congestierijke situatie. Deze "extremen" worden echter genivelleerd door de overige waarden van de datasets. Een voordeel van de RP-databron is het feit dat het een weerspiegeling is van het werkelijke uitgevoerde reizigersgedrag. Het in een SP-databron opgenomen reizigersgedrag is geen garantie voor het werkelijke uitgevoerde reizigersgedrag.

Aanbevolen wordt voor verder onderzoek

- Onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden van een SP-databron voor meerdere keuzemodellen van het verkeersmodel. De toegepaste dataselectie is van cruciaal belang voor de bepaalde resultaten.
- 5) *De toegepaste theorie in het verschuivingsmodel is een waardige concurrent voor de reeds ontwikkelde vertrektijdstipkeuzemodellen.*
- Het verschuivingsmodel veronderstelt een aanpassing van het keuzegedrag indien de verschillen tussen de gedefinieerde alternatieven in een prognosesituatie wijzigen. De basissituatie wordt hierbij als referentiesituatie gebruikt. Het grote verschil met een vertrektijdstipkeuzemodel is dat het laatste modeltype de initiële kans berekent en de bepaalde kansverdeling dan vermenigvuldigt met de totale statische vervoersvraag.
- 6) *De bepaling van de waarderingsfactoren met behulp van een logit kent een paar kanttekeningen*
- Voor de bepaling van de waarderingsfactoren is een logit-model toegepast, waarvoor na onderzoek is gebleken dat de definiëring van de alternatieven van groot belang is voor de bepaalde resultaten.

SYMBOLENLIJST**Indices algemeen**

$\alpha, \beta, \gamma, \eta$	= waarderingsfactoren voor de reistijd, ritafstand, te vroege aankomst, te late aankomst,
$\xi, \lambda, \psi, \varphi$	= waarderingsfactoren voor de ritafstandsklasse, de herkomst, de bestemming en het aankomsttijdsverschil,
a	= wegvak,
b	= basisjaar,
i	= herkomst,
j	= bestemming,
k	= vertrektijdstipperiode,
l	= ritafstandsklasse,
m	= reizigersmotief,
n	= nummer van de iteratiestap,
p	= prognosejaar,
r	= route,
v	= verplaatsingstype.

Symbolen voor de opgestelde nutsfuncties

$TT(k)$	= gemiddelde reistijd (minuten) van vertrektijdstipperiode k ,
$TD(k)$	= gemiddelde ritafstand (km) van vertrektijdstipperiode k ,
$TDC(k)$	= gemiddelde ritafstandsklasse van vertrektijdstipperiode k ,
$TE(k)$	= gemiddelde te vroege aankomsttijd (minuten) van vertrektijdstipperiode k ,
$TL(k)$	= gemiddelde te late aankomsttijd (minuten) van vertrektijdstipperiode k ,
$H(k)$	= gemiddelde herkomst (-) van vertrektijdstipperiode k ,
$B(k)$	= gemiddelde bestemming (-) van vertrektijdstipperiode k ,
$Dif_Arr(k)$	= gemiddelde aankomsttijdsverschil (minuten) van vertrektijdstipperiode k ,

Symbolen voor het verschuivingsmodel

f_k^{X1}	= verschoven reizigersaandeel voor vertrektijdstipperiode k in de 1 ^e iteratiestap
f_k^{OX1}	= reizigersaandeel voor vertrektijdstipperiode k in de congestievrije situatie,
$TT_{p,k}$	= het gemiddelde reistijdsverschil (minuten) in de prognosesituatie voor vertrektijdstipperiode k t.o.v. het core hour,
$TT_{b,k}$	= het gemiddelde reistijdsverschil (minuten) in de basissituatie voor vertrektijdstipperiode k t.o.v. het core hour,
$TD_{p,k}$	= het gemiddelde ritafstandsverschil (minuten) in de prognosesituatie voor vertrektijdstipperiode k t.o.v. het core hour,
$TD_{b,k}$	= het gemiddelde ritafstandsverschil (minuten) in de basissituatie voor vertrektijdstipperiode k t.o.v. het core hour,
TE_{pk}	= het gemiddelde te vroege aankomsttijdsverschil (minuten) in de prognosesituatie voor vertrektijdstipperiode k t.o.v. het core hour,

$TE_{b,k}$	= het gemiddelde te vroege aankomsttijdverschil (minuten) in de basissituatie voor vertrektijdstipperiode k t.o.v. het core hour,
$TL_{p,k}$	= het gemiddelde te late aankomsttijdverschil (minuten) in de prognosesituatie voor vertrektijdstipperiode k t.o.v. het core hour,
$TL_{b,k}$	= het gemiddelde te late aankomsttijdverschil (minuten) in de basissituatie voor vertrektijdstipperiode k t.o.v. het core hour.

Overige symbolen

PAT	= Preferred Arrival Time (-),
PDT	= Preferred Departure Time (-).

Tijdsvariabelen behorende bij bijlage 10:

$TT_{mrl}^{ij}(k)$	= reistijd voor reizigers met reizigersmotief m en ritafstand l vanaf herkomst i naar bestemming j op route r en vertrektijdstipperiode k ,
D_m	= statische HB – matrix voor reizigersmotief m ,
f_m	= aandeel reizigersmotief m ,
f_l	= aandeel ritafstand l ,
$h_{mrl}^{ij}(k)$	= gemodelleerd aantal reizigers met reizigersmotief m dat vertrekt vanaf herkomst i met bestemming j op route r met vertrektijdstipperiode k en ritafstand l ,
$p_{ml}^{ij}(k)$	= kans dat een reiziger met reizigersmotief m en ritafstand l , kiest voor vertrektijdstip met herkomst i en bestemming j ,
P_{ml}^{ij}	= totale vervoersvraag voor reizigersmotief m en ritafstand l met herkomst i en bestemming j ,
$S_{mlr}^{ij}(k)$	= de werkelijke reizigerskosten voor de reiziger vanaf herkomst i met bestemming, reizigersmotief m , ritafstand l met vertrektijdstip k ,
$\bar{S}_{mlr}^{ij}(k)$	= de minimale reizigerskosten voor de reiziger vanaf herkomst i met bestemming j , reizigersmotief m , ritafstand l met vertrektijdstip k ,
$q_{ml}^{ij}(k)$	= gemodelleerde aantal verplaatsingen van herkomst i naar bestemming j met reizigersmotief m en ritafstand l voor vertrektijdstipperiode k ,
$U(k)$	= ervaren reizigerskosten voor vertrektijdstipperiode k ,
$U_{mrl}^{ij}(k)$	= ervaren reizigerskosten voor reizigers met herkomst i , bestemming j en reizigersmotief m die kiezen voor route r met vertrektijdstipperiode k en ritafstand l ,
Y^n	= het totale aantal verschoven vertrekken in iteratiestap n .

LITERATUURLIJST

- Arnott, R., A. de Palma, R. Lindsey (1990), *Departure Time and Route Choice for the morning commute*, Transp. Res. Vol 24B.
- AVV (mei 2002), *Technische documentatie Overdraagbaar Groeimodel 4.0*, Adviesdienst Verkeer en Vervoer uitgevoerd door RAND.
- Batley, R.P., R.G. Clegg (2002), *Driver route and departure time choices: the evidence and the models*, the paper is produced and circulated privately and does not constitute publication.
- Bhat, C.R and J. Steed (july 2000), *a Continuous Time Model of Departure Time Choice for Urban Shopping Trips*, 9th International Association for Travel Behaviour Research Conference.
- Bliemer, M.C.J. (aug 2002), *Dynamic Traffic Assignment and Departure Time Choice*, Delft University of Technology, Delft.
- Bliemer, M.C.J. e.a (nov 1996), *Modelmatige Analyse "Houdt Hem Op Acht"*, TNO rapport, Inro/VVG 1996-23, Delft.
- Bovy, P.H.L. and N.J. van der Zijpp. (okt 2000), *Transportation modelling*, CTvk 4800, Delft University of Technology, Delft.
- Bovy, P.H.L. and Th.J.H. Schoenmaker (feb 2000), *Vervoersystemen en verkeersnetwerken*, CTvk3750, Delft University of Technology, Delft.
- Chen, Y.S., et H. Ceregeita(2002), *the 3th Tagus Bridge Demand Study*, DHV rapport.
- Chu, X. (1994), *Endogenous Trip Scheduling: The Henderson Approach Reformulated and Compared with the Vickrey Approach*, Journal of Urban Economics 37, 324-343.
- DHV (November 2001), *Verkennde studie NRM 3.0 Noord-Brabant*, DHV Milieu en Infrastructuur.
- HCG (2000), *ALOGIT Manual*.
- Henderson, J.V. (mei 1979), *The Economics of Staggered Work Hours*, Journal of Urban Economics 9, 349-364.
- Immers, L.H., Stada, J.E. (mei 1998), *Cursus H111, Verkeersmodellen*, Faculteit toegepaste Wetenschappen sectie Verkeer en Infratsructuur Katholieke universiteit Leuven.
- Jauffred, F.J., D. Bernstein (1996), *An alternative formulation of the simultaneous route and departure time choice equilibrium problem*, Transp Rs C, Vol 4, No 6.
- Jong, de G., A. Daly e.a (1998), *A model for time of day and mode choice using error components logit*, Trnasport Research Centre, Association for European Transport 2001.
- Kattenberg, P. (1990), *Een flexibele werkweek, Spreiding een adempauze? Een studie naar visies en standpunten*, SMO 's Gravenhage.
- Lindsey, R. (1995), *Optimal Departure scheduling for the morning rush hour when capacity is uncertain*, Department of Economics, University of Alberta, 7th WCTR Sydney Australia.
- Mahmassani, H.S., H.A. Sbayti (mei 2003), *Dynasmart P Version 0.930.3 User's guide*, US Department of Transportation.
-

- Ottens, F. (sept 1974), *Statistische Tabellen*, Akzo Research Laboratories Arnhem, Akzo Research & Engineering, afd Toegepaste Wiskunde CRW-OPL.
- de Palma, A., F. Marchal (juli 1999), *Dynamic Models with consistent O-D matrices*, Economic Geography and Public Policies.
- de Palma, A., F. Marchal (mrt 1999), *Analysis of travel cost components using large-scale dynamic models*, Transportation Research Records.
- de Palma, A., F. Marchal (jan 2001), *Dynamic traffic analysis with static data: some guidelines with an application to Paris*, paper presented at de 80th annual meeting of the Transportation Research Board.
- de Palma, A., P. Hanssen (nov 1990), *Commuters' Paths with Penalties for Early or Late Arrival Time*, *Transportation Science*, vol 24 no 4.
- Tacken, M., E. de Boer (1991), *Minder spitsverkeer door variabele werktijden*, Verkeerskunde, Variabele werktijden, nr 1 1991.
- Tacken, M., E. de Boer (1990), *Spreiding van werktijden, spreiding van de verkeersspits, een analyse van condities en gedrag*, OSPA rapport nr 27, TU Delft.
- US Department of Transportation (feb 1997), *Time of Day Modeling Procedures*, TMIP (The Travel Model Improvement Program).
- Viti, F. (2002), *An optimisation problem with dynamic route-departure time choice and pricing*, TRAIL Research School, Delft November 2002.
- van Vuren T., S. Porter (1995), *Advice on the modelling of changes in peak profiles for road scheme appraisal*, Hague Consulting Group.
- van Vuren, T. e.a (1998), *Converting static to dynamic assignment models: Preliminary findings*, Transportation Planning Methods (Volume II), European Transport Conference
- van Vuren, T., S. Carmichael, E. Kroes (1999), *Dynamiek tegen elke prijs*, Hague Consulting Group in opdracht van AVV
- van Vuren, T., A. Daly, G. Hyman (nov. 1998), *Modelling Departure time Choice*, Hague Consulting Group en DETR
- van der Zijp, N.J., K. Lindveld (2001), *Estimation of O – D Demand for Dynamic Assignment with Simultaneous Route and Departure Time Choice*, Delft University of Technology
- van Zuylen H.J., T. Rooij (dec 2000), *Departure Time Choice and the Influence of Dynamic Traffic Management*, Trail Research School, Delft.
- van Zuylen H.J., H. Taalen (2000), *Departure time Choice and the Influence of dynmaic Traffic Management*, TRAIL Research School 2000.
- van Zuylen H.J. (okt 2001), *Dynamic Traffic and Transport Management*, CTvk 5800, Delft University of technology, Delft
-

