

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1	Achtergrond	1
1.2	Herkomst-Bestemmingstabellen	2
1.3	Begripsdefinities	2
<b>2</b>	<b>Beschrijving van de HB-schattingsmethode</b>	<b>3</b>
2.1	Algemene kennis	3
2.2	Kenmerken van de hier beschreven methodiek	3
2.3	Toepassingseisen en mogelijkheden	5
2.4	Karakteristieken van de gebruikers	6
<b>3</b>	<b>Specificatie van de HB-schattingsmethode</b>	<b>7</b>
3.1	In en uitvoer van de schattingsmodule	7
3.2	Het schattingsproces	10
3.3	Bestandsformaten	12
<b>4</b>	<b>Validatie op basis van synthetische data</b>	<b>15</b>
4.1	Doelstelling	15
4.2	Aanpak	15
4.3	Naïeve methode	18
4.4	Het bepalen van de optimale aggregatiefactor	21
4.5	Resultaten	28
4.5.1	Nauwkeurigheid waarmee telgegevens worden gereproduceerd	28
4.5.2	Nauwkeurigheid waarmee de HB-tabel wordt geschat	30
4.6	Conclusies	35
<b>5</b>	<b>Schattingsresultaten op basis van empirische data</b>	<b>37</b>
5.1	Het schatten $v$ en een HB-tabel op basis van signaleringsdata	38
5.1.1	Het prepareren van de dataset	38
5.1.2	De schattingsresultaten op basis van empirische teldata bij toepassing van filtering	48
5.1.3	De schattingsresultaten op basis van empirische teldata bij toepassing van smoothing	51
5.1.4	Het schatten $v$ en een HB-tabel op basis van signaleringsdata: conclusies	54
5.2	Het schatten $v$ en een HB-tabel op basis van een kentekenonderzoek	55
5.2.1	Kenteken matrix ochtendspits	55
5.2.2	Kenteken matrix avondspits	56
5.2.3	Vergelijking tussen kentekenmatrix met- en zonder gelijkverklaringsprocedure	57
5.3	Vergelijking van de geschatte HB tabel en de HB tabel uit kenteken gegevens	59
5.3.1	Vergelijking voor de ochtendspits	59
5.3.2	Vergelijking voor de avondspits	61
5.4	Conclusies	63
<b>6</b>	<b>Conclusies</b>	<b>66</b>
<b>7</b>	<b>Referenties</b>	<b>68</b>

### Appendix A: Resultaten voor de schatting op een beperkt netwerk

### Appendix B: Analyse van de kentekengegevens

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Binnen de Adviesdienst Verkeer en Vervoer, de Regionale Directies van Rijkswaterstaat en adviesbureaus op het gebied van verkeer en vervoer is onderkend dat in Nederland de ontwikkelingen en toepassingen ten aanzien van ex ante modellen voor verkeersbeheersing versnipperd plaatsvinden. In algemene zin hebben deze partijen geconcludeerd dat het gewenst is om te komen tot een samenwerking die leidt tot geïntegreerd en samenhangend pakket van verkeersmodellen waarmee de effecten van verkeersbeheersingsmaatregelen vooraf kunnen worden bepaald. De naam voor dit samenwerkingsverband is Platform Toedelings- en Simulatiemodellen, afgekort: PLATOS. Binnen PLATOS worden allerlei projecten gedaan om het gestelde doel te realiseren.

Eén van deze projecten richt zich op het realiseren van een praktisch toepasbare methodiek voor het schatten van dynamische Herkomst-Bestemmingstabellen (PLATOS, 1999). Het doel van een dynamische HB-tabel is enerzijds het krijgen van algemeen inzicht in de relaties tussen herkomsten en bestemmingen van verkeersstromen op een wegennetwerk. Anderzijds vormt een dynamische HB-tabel meestal noodzakelijke invoer voor dynamische simulatiemodellen (AVV, 1999), waarmee studies naar effecten van verkeersbeheersingsmaatregelen worden gedaan. In deze studies gaat het veelal om de afwikkeling op alleen het hoofdwegennet en vormen de toe- en afritten de "herkomsten" en "bestemmingen". De dynamica heeft betrekking op het feit dat de HB-tabel een tijdsdimensie heeft, waardoor de HB-relaties in de tijd kunnen variëren (om bijvoorbeeld verschillen tussen spits- en dalperiode te kunnen modelleren).

In het kader van het project Dynamische Herkomst-Bestemmingstabellen is eerder een Functionele Specificatie opgesteld (Van der Zijpp en Smulders, 1999). Deze FS is uitgangspunt geweest voor Software voor het schatten van Herkomst-Bestemmingstabellen en het visualiseren van de schattingresultaten alsmede de data die aan deze schatting ten grondslag heeft gelegen. Deze software die in deze rapportage wordt aangeduid als de DelftOD (Delft Origin Destination) is in feite het belangrijkste product van dit project.

Deze rapportage geeft een beschrijving van de schattingsmethode (Hoofdstuk 2), een beschrijving van de gebouwde software (Hoofdstuk 3), een beschrijving van validatie experimenten op basis van synthetische data (Hoofdstuk 4) en een beschrijving van de validatie resultaten op basis van empirische data (Hoofdstuk 5). Het rapport sluit af met conclusies (Hoofdstuk 6).

## 1.2 Herkomst-Bestemmingstabellen

De meeste modelstudies gaan uit van een verkeersvraag die is gegeven in de vorm van al dan niet dynamische Herkomst-Bestemmings (HB) tabellen. Deze HB-tabellen hebben doorgaans een grote invloed op de uitkomsten van een modelstudie.

Dit project beperkt zich tot het schatten van HB-tabellen voor eenvoudige netwerken zoals een kruispunt of een streng. Er is in feite dus sprake van Entry-Exit (EE) tabellen; Feitelijke herkomsten en bestemmingen vallen buiten het studiegebied, en de geschatte matrix-cellen hebben betrekking op *bundels* van HB-relaties. Verkeerskundige modellen die expliciet zijn gebaseerd op functionele verbanden tussen HB-relaties zijn dus niet zonder meer van toepassing op dit probleem. In deze rapportage wordt conform het gangbare taalgebruik het begrip HB-tabel gebruikt, ook als feitelijk EE-tabellen bedoeld worden.

## 1.3 Begripsdefinities

Assignmentmap	Deze matrix geeft per netwerk schakel aan welke routes over deze schakel lopen.
Detectielus	Meetpunt voor verkeersstellingen, vaak ook voor lokale snelheid
EE tabel	Entry-Exit tabel.
HB-pad	Een van de routes tussen herkomst en bestemming
HB-relatie	Het aantal ritten van herkomst naar bestemming
HB-tabel	Herkomst Bestemmingstabel
HWN	Hoofd Wegen Net
MARE	Een inwinsysteem voor verkeersgegevens dat vooral voor lokale research toepassingen is bedoeld. De uitvoer van dit systeem bestaat uit tijdreeksen van waargenomen intensiteit en snelheid, geaggregeerd naar periodes van circa 1 minuut.
MONICA	Een landelijk inwinsysteem voor verkeersgegevens. De gegevens van MARE en MONICA overlappen gedeeltelijk.
Netwerk	De representatie van het wegennetwerk in knopen en (unidirectionele) schakels
OWN	Onderliggend Wegen Net
Pivot-point	Een door de gebruiker aan te wijzen knoop in het netwerk.
PLATOS	PLATform TOedelings en Simulatiemodellen
Splitproportie $i-j$	De fractie HB-relatie $i-j$ / De som van alle vertrekkende HB-relaties uit $i$
Tijdas	Een indeling van de tijd-as in genummerde discrete periodes
Synchrone tijdassen	Een verzameling tijdassen, waarvan de onderling corresponderende periodes zodanig gekozen zijn dat een denkbeeldige trajectorie van een voertuig dat steeds de plaatselijk heersende snelheid aanhoudt alle locaties waarvoor een tijdas aanwezig is in dezelfde periode passeert.

## 2 Beschrijving van de HB-schattingsmethode

### 2.1 Algemene kennis

Voor het schatten van HB-tabellen kan men gebruikmaken van een aantal technieken, zoals het kalibreren van een distributiemodel, het projecteren van een regionale of landelijke HB-tabel op het studiegebied, het aanpassen van een a priori tabel aan tellingen, of het organiseren van een kentekenonderzoek. Aan al deze technieken kleeft het bezwaar dat of de uitkomsten ervan als weinig betrouwbaar worden beschouwd of dat toepassing ervan extreem duur is.

Er wordt daarom voortdurend gezocht naar meer kostenefficiënte methodes voor het schatten van HB-tabellen. Een mogelijkheid daartoe is de benutting van verkeersgegevens die met behulp van lusedetectoren op grote schaal automatisch worden ingezameld en in gestandaardiseerd formaat worden opgeslagen. In Nederland zijn deze lusedetectoren met name te vinden op het hoofdwegennet, waar ze deel uitmaken van systemen zoals Signalering en Monitoring, en op het onderliggend wegennet ten behoeve van verkeersregelininstallaties.

Deze lusedetectoren leveren tijdreeksen van waarnemingen. Dit biedt de mogelijkheid om met statistische technieken HB-matrices af te leiden *zonder dat een a priori-matrix vereist is* of dat de uitkomsten beïnvloed worden door de impliciete aannames van een verkeerskundig model. Het toepassen van dit soort technieken biedt hierdoor mogelijk grote kostenvoordelen. Er is echter nog maar weinig praktijkervaring met dit soort technieken beschikbaar.

Dit project heeft de volgende doelen:

- Het operationaliseren van een uit de literatuur bekende dynamische HB-schatter
- Inzicht krijgen in de performance van dit algoritme

Het project zal uiteindelijk resulteren in een software module die door alle aan het project deelnemende partijen gemakkelijk is te combineren met andere software componenten.

### 2.2 Kenmerken van de hier beschreven methodiek

Het onderstaande voorbeeld beschrijft in het kort het werkingsprincipe van de te hanteren schattingsmethode. Een gedetailleerde beschrijving is te vinden in [Van der Zijpp, 1996].

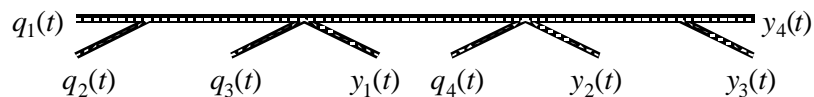
Voorbeeld: Werkingsprincipe van een dynamische HB-schatter in het kort

De werking van een dynamische HB-schatter is te vergelijken met de werking van regressie analyse. Beschouw een streng met een aantal toe- en afritten die allen zijn voorzien van lusdetectoren. Het verband tussen de toeritvolumes  $q_i(t)$  en afritvolumes  $y_j(t)$  kan bepaald worden door het schatten van de volgende regressie vergelijking:

$$y_j(t) = \sum_{i=1}^m \mathbf{b}_{ij} q_i(t)$$

Iedere geschatte regressiecoëfficiënt  $\hat{\mathbf{b}}_{ij}$  kan worden geïnterpreteerd als de gemiddelde fractie van de toeritvolumes  $q_i(t)$ ,  $t=1,2,\dots$ , bestemd voor afrit  $j$ ; Deze fractie wordt ook wel *splitproportie* genoemd. Een schatting van de HB-tabel  $T_{ij}(t)$  wordt verkregen door de geschatte splitproporties en toeritvolumes met elkaar te vermenigvuldigen:

$$\hat{T}_{ij}(t) = \hat{\mathbf{b}}_{ij} q_i(t)$$



einde voorbeeld

De methode is sterk op statistische technieken gebaseerd. Dit heeft zowel voor als nadelen. Grootste voordeel is natuurlijk dat de methode vooralsnog de enige is waarmee daadwerkelijk dynamische HB-tabellen geschat kunnen worden. Andere voordelen zijn dat geen a priori HB-tabellen nodig zijn en dat de uitkomsten ook niet worden beïnvloed door verregaande aannames over samenhangen tussen HB-flows of parameters in een model. Nadelen van deze aanpak zijn dat er tijdreeksen van telgegevens aanwezig moeten zijn voor zowel alle toeritten als alle afritten.

Voordelen	Nadelen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Methode schat dynamische HB-tabellen</li> <li>• Geen apriori HB-tabel of enquête nodig</li> <li>• Nauwelijks model veronderstellingen nodig</li> <li>• Ook geschikt voor on-line toepassing</li> <li>• Ook schatting mogelijk van gehaalde nauwkeurigheid</li> <li>• Grote nauwkeurigheid mogelijk</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vooralsnog niet geschikt voor toepassing op netwerken met meerdere routes</li> <li>• Alle toeritten en afritten van netwerk dienen bemeten te zijn</li> <li>• Tijdreeksen van telgegevens nodig</li> <li>• Achtergrond en oplossings technieken achter methode zijn complex</li> <li>• enig inzicht in reistijden is nodig</li> <li>• de grootte van het netwerk waarop de methode kan worden toegepast is aan een maximum verbonden</li> </ul>

De omstandigheid dat een apriori tabel of een kentekenonderzoek niet vereist is impliceert dat de methode ook (kosten) voordelen ten opzichte van andere methodes heeft in situaties waar een dynamische HB-tabel niet vereist is en een statische HB-tabel volstaat.

De dynamiek in de verkeersvraag kan ontleed worden in de dynamiek in het toeritvolume en de dynamiek in de split-proporctie. Op grond van de specificatie van de te ontwikkelen methode is bij voorbaat te concluderen dat de methode behept zal zijn met een reactietijd voor wat betreft het schatten van de split-proporctie. Plotselinge wijzigingen in de feitelijk opgetreden split-proporctie zullen namelijk pas na een aantal periodes doorwerken in de geschatte split proporctie. Wijziging in het toeritvolume werken echter wel instantaan door in de geschatte verkeersvraag.

### **2.3 Toepassingseisen en mogelijkheden**

De belangrijkste toepassingsgebieden in het wegverkeer zijn kruispunten en strengen. De methode is nog niet geschikt gemaakt voor toepassing op netwerken waarin routekeuze een rol speelt. Bij kruispunten kan de methode bij uitstek een rol spelen bij het ondersteunen van lokaal geoptimaliseerde Verkeers Regel Installaties (VRI's). Bij toepassing op een streng kunnen we denken aan een stuk Autosnelweg, vooral omdat op het Hoofd Wegen Net (HWN) veel telpunten aanwezig zijn waarvan de gegevens routinematig worden bijgehouden.

De methode is ook geschikt om gebruikersklasse-specifieke HB-tabellen te bepalen. Een voorwaarde is in dit geval dat per gebruikersklasse tel- en snelheidsgegevens beschikbaar zijn. De voornaamste te onderscheiden gebruikersklassen zijn personenauto en vrachtwagen. Merk op dat in dit geval onjuiste voertuigclassificatie een moeilijk te elimineren extra bron van fouten is.

Een van de toepassingseisen is dat er een redelijk inzicht bestaat in de reistijden die optreden. De nauwkeurigheid waarmee de reistijden bekend zijn moet in ieder geval in verhouding staan tot de lengte van de periodes waarin de tijd is onderverdeeld. Met andere woorden, als weinig bekend is over de reistijd, kan alleen gewerkt worden met lange discretisatieperiodes.

Een andere toepassingseis is de beschikbaarheid van tijdseries van telgegevens op alle toe- en afritten van het netwerk. Deze eis kan afgezwakt worden tot de eis dat toe- en afritvolumes kunnen worden gereconstrueerd uit omliggende telpunten. Dit gaat echter duidelijk ten koste van de nauwkeurigheid.

De methode kan alleen worden toegepast op netwerken van beperkte omvang. Een eis voor het toepassen van de methode is dat er een statistische correlatie is aan te tonen tussen de toe- en afritvolumes van het netwerk (desgewenst na het toepassen van een tijdverschuiving). Indien een dergelijke correlatie niet bestaat, bijvoorbeeld als gevolg van verschijnselen als platoon dispersion, is de methode voor de desbetreffende relaties onbruikbaar. Dit mechanisme impliceert een (nog nader vast te stellen) bovengrens aan de maximum toelaatbare afmetingen van het netwerk.

Een toepassingsgebied dat in dit project niet aan de orde is, is het schatten van (dynamische) HB-tabellen voor OV-lijnen op basis van telgegevens over het aantal in- en uitstappers. De te ontwikkelen methode is hier echter wel bij uitstek geschikt voor, juist omdat bij dit type probleem het verschijnsel 'platoon dispersion', dat bij wegverkeer een versturende invloed heeft, niet optreedt.

## **2.4 Karakteristieken van de gebruikers**

De software die ontwikkeld is, stelt een aantal eisen aan de gebruiker. Zo zal de gebruiker de nodige kennis dienen te hebben over:

- Verkeersmodellering in het algemeen, en met name ervaring dienen te hebben in het kalibreren van verkeersmodellen (zowel statisch als dynamisch).
- De statistische methode zoals die wordt toegepast in het HB-schattingproces; dit is noodzakelijk om met gevoel de parameters voor het optimalisatieproces te kunnen beïnvloeden.
- Het studiegebied; lokale kennis is onontbeerlijk om de plausibiliteit van de uitkomsten te kunnen toetsen.

Naast bovenstaande eisen dient de gebruiker tevens de beschikking te hebben over de volgende elementen:

- De softwaremodule van de dynamische HB-schatter
- Toegang tot meetdata (Mare, MONICA)
- Software om verkeersmodelnetwerken te muteren, met de mogelijkheid om het netwerk in ASCII-formaat te exporteren
- (Eventueel) software om de dynamische HB-tabel toe te delen aan het netwerk, inclusief een optie om het PLATOS-formaat te importeren

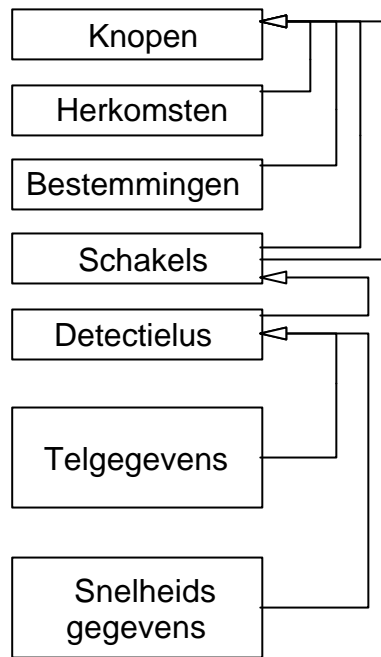
## 3 Specificatie van de HB-schattingsmethode

### 3.1 In en uitvoer van de schattingsmodule

Figuur 1 en Tabel 1 tonen de structuur voor de invoerdata van de HB-schatter. De data zijn onder te verdelen in de volgende typen:

- Knoop: knopen van het netwerk, met als attributen een uniek knoopnummer, een x- en een y-coördinaat
- Herkomst: een lijst van verwijzingen naar de netwerk-knopen die als herkomst dienst kunnen doen.
- Bestemming: een lijst van verwijzingen naar netwerk-knopen die als bestemming dienst kunnen doen.
- Schakel: een (eenrichtings) schakels van het netwerk, met als attributen een uniek linknummer, de herkomst- en bestemmingsknoop, de lengte (in meters), en de gemiddelde snelheid op deze schakels (in km/uur, facultatief).
- Detectielus: de geografische informatie over lusdetectoren in het netwerk, met als attributen een uniek loopnummer, een verwijzing naar een linknummer en een veld dat de afstand van het begin van de schakel tot de lusdetector aangeeft.
- Telgegevens: de gemeten verkeersintensiteiten. De attributen zijn een verwijzing naar een detectielus en een lijst van records bestaande uit:
  - de start en het einde van iedere periode (hierbij kan van een aantal formaten gebruik gemaakt worden),
  - het gemeten aantal voertuig passages
- Snelheidsgegevens: (optioneel) de gemeten lokale snelheden. De attributen zijn een verwijzing naar een detectielus en een lijst van records bestaande uit:
  - de start en het einde van iedere periode (hierbij kan van een aantal formaten gebruik gemaakt worden),
  - de gemiddeld waargenomen snelheid (in km/uur),





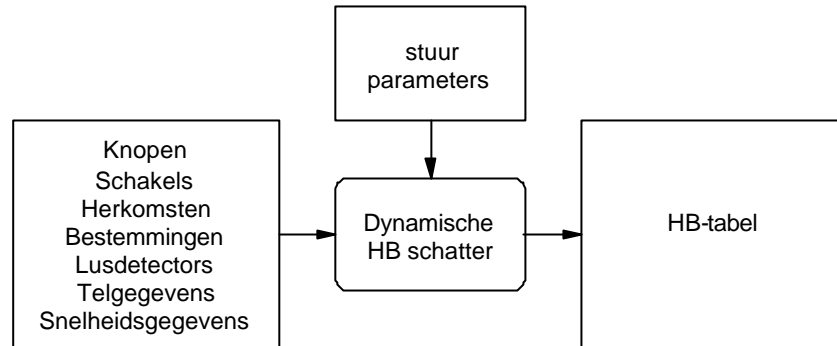
**Figuur 1:** *Structuur van de invoerdata voor de HB-schatter*

**Tabel 1:** *Invoer van de dynamische HB-schatter*

<b>Record</b>	<b>Attributen<sup>1</sup></b>
Knoop	<u>nodenummer</u> x coördinaat y coördinaat
Herkomst	Array van <i>nodenummers</i>
Bestemming	Array van <i>nodenummers</i>
Schakel	<u>Linknummer</u> <i>Nodenummer</i> bovenstrooms <i>Nodenummer</i> benedenstrooms Lengte (m.) { gemiddelde snelheid (km/uur) }
Detectielus	<u>Loopnummer</u> <i>Linknummer</i> Longitudinale positie [m]
Telgegevens	<i>Loopnummer</i> Array van datarecords: Start periode Einde periode (min/uur/dag/maand/jaar) Intensiteit [vtg]
{ Snelheidsgegevens }	<i>Loopnummer</i> Array van datarecords: Start periode Einde periode (min/uur/dag/maand/jaar) snelheid

<sup>1</sup> Onderstreept: sleutel veld, *italic*: verwijzing, {tussen accolades}: facultatief

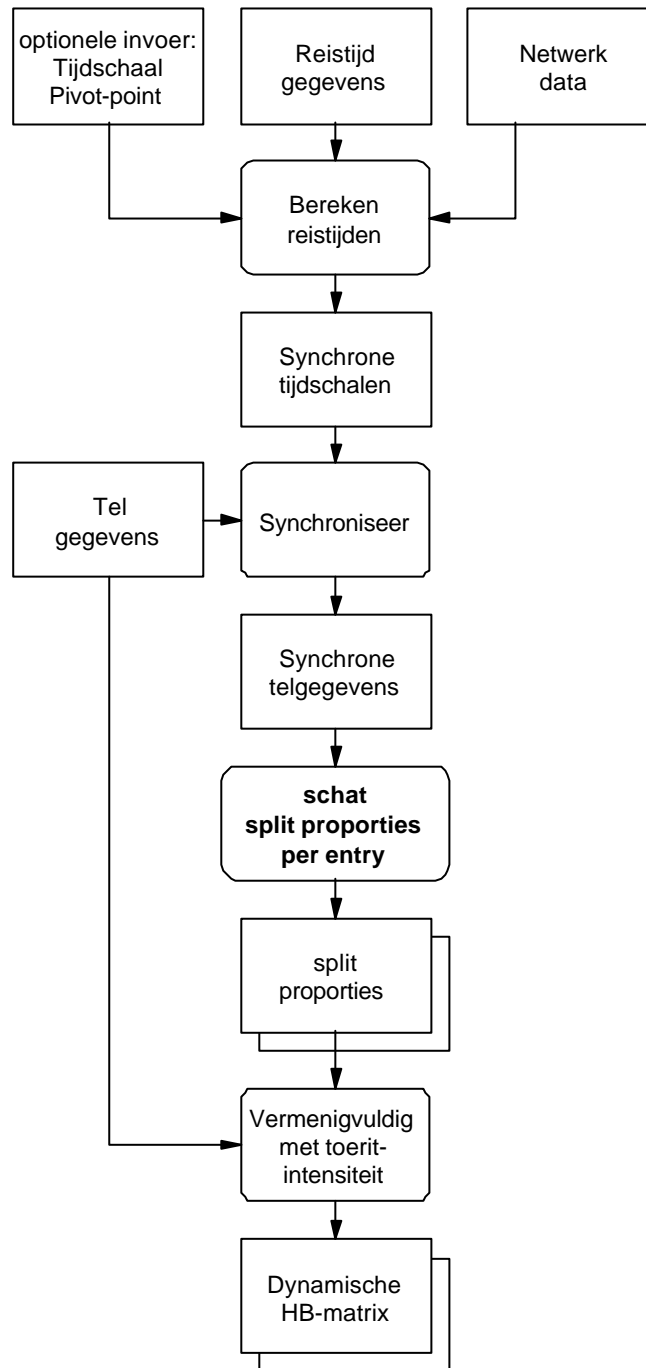
De uitvoer van de HB-schatter bestaat uit een Dynamische HB-tabel. Dit is een driedimensionale tabel met als indices herkomst, bestemming en tijdperiode. De software kent een aantal formaten om deze tabel uit te voeren.



**Figuur 2:** *Invoer- uitvoerdigram*

### 3.2 Het schattingsproces

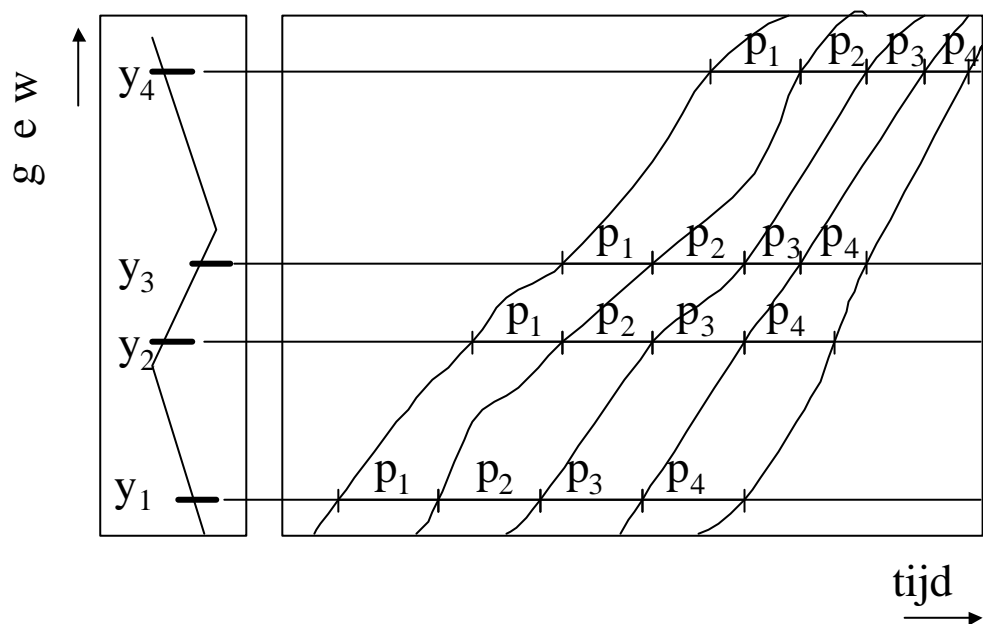
Het schattingsproces kan in een aantal modules worden opgesplitst, zoals te zien is in Figuur 3. Deze opsplitsing is in de Functionele Specificatie (Van der Zijpp en Smulders, 1999) in meer detail beschreven.



**Figuur 3:** Opsplitsing in modules van het dynamische HB-schattingsproces

Voor de gebruiker is het werkproces op een iets afwijkende manier gekozen. De volgende stappen worden onderscheiden:

- Converteer de invoer, die in de vorm van verschillende ASCII files beschikbaar is naar een binaire file. Tijdens deze stap worden tevens een aantal controles uitgevoerd. Het resultaat is een file met extensie '.bin'.
- Synchroniseer. Maak voor elk telpunt een onderverdeling van de tijd in discrete periodes, zodanig dat een gemiddeld ruimte-tijd trajectorie elk meetpunt in dezelfde periode aandoet. Deze berekening resulteert een lijst met periode-begintijdstippen (ook wel synchronisatie delays genoemd) per meetstation. Aan de hand van de periode begintijdstippen worden de meetdata geaggregeerd. Het resultaat is een file met extensie '.syn'.
- Schat split proporties. Pas een statistische methode toe, die op basis van toerit volumes en afrit volumes schat welk percentage van een toerit volume voor elke afrit is bestemd. Het resultaat is een file met extensie '.res'.
- De-synchroniseer Bepaal voor de oorspronkelijke periodes de bijbehorende split-proporties. Het resultaat is een file met extensie '.des'.



**Figuur 4:** *Bepaling van gesynchroniseerde tijd-assen met behulp van denkbeeldige voertuigtrajectorien. Afhankelijk van de locatie heeft  $p_i$  een verschillend begin en eind-tijdstip voor iedere waarde van  $i$ .*

In de handleiding wordt iedere stap in meer detail beschreven. Na afloop van iedere stap is het mogelijk om de tussenresultaten te inspecteren. Hiervoor zijn de volgende programma's beschikbaar (zie Figuur 5).

- LIST. Toon netwerk gegevens zoals knopen, schakels, herkomsten en bestemmingen in een alfanumeriek scherm.
- PRINTCONSFLOW. Vergelijk loop data op geaggregeerd niveau. De gebruiker kan opgeven welke (som van) lusintensiteiten wordt vergeleken.
- PLOT NETWORK. Toon het netwerk op grafische wijze. De gebruiker kan alle netwerk attributen zichtbaar maken en inzoomen op details. Lussen kunnen worden geselecteerd door op schakels te klikken.

- PLOT FLOWS. Het netwerk wordt op grafische wijze getoond. Belastingen worden zichtbaar gemaakt op de schakels als oppervlaktes. De kleur geeft de gemeten snelheid weer. Periodes kunnen willekeurig geselecteerd en geaggregeerd worden.
- VLEKKENKAART. Voor een te selecteren HB-paar wordt een zogenaamde ‘vlekkenkaart’ geplot. Op de x-as is de tijd uitgezet. Op de y-as is de pad lengte uitgezet. De kleur geeft in ieder punt naar keuze de intensiteit of de snelheid weer.
- PLOTSHIFT. Voor ieder lusdetector wordt de reistijd t.o.v. de referentiedetector geplot als functie van de tijd.
- PLOTFLOWSCATTER. Voor iedere lusdetector en iedere periode wordt de geschatte intensiteit geplot tegen de gemeten intensiteit.
- PLOT SPLITS/FLOWS ON MAP. Door middel van een netwerk-belastingdiagram kunnen de geschatte splits- en HB-intensiteiten getoond worden. Naar keuze kunnen de relaties gegroepeerd worden naar herkomst, bestemming of beide.
- SPLIT GRAFIEK. De geschatte split-propoorties en HB-intensiteiten worden geplot tegen de tijd in een grafiek.
- PLOT SPLIT-PIECHART. De geschatte split-propoorties en HB-intensiteiten worden geplot tegen de tijd in een Pie-chart.
- EXPORT SPLITS/FLOWS. De geschatte split-propoorties en HB-intensiteiten worden geëxporteerd. Er bestaat een keuze uit verschillende dataformaten.

In de handleiding wordt ieder programma in meer detail beschreven.

### 3.3 Bestandsformaten

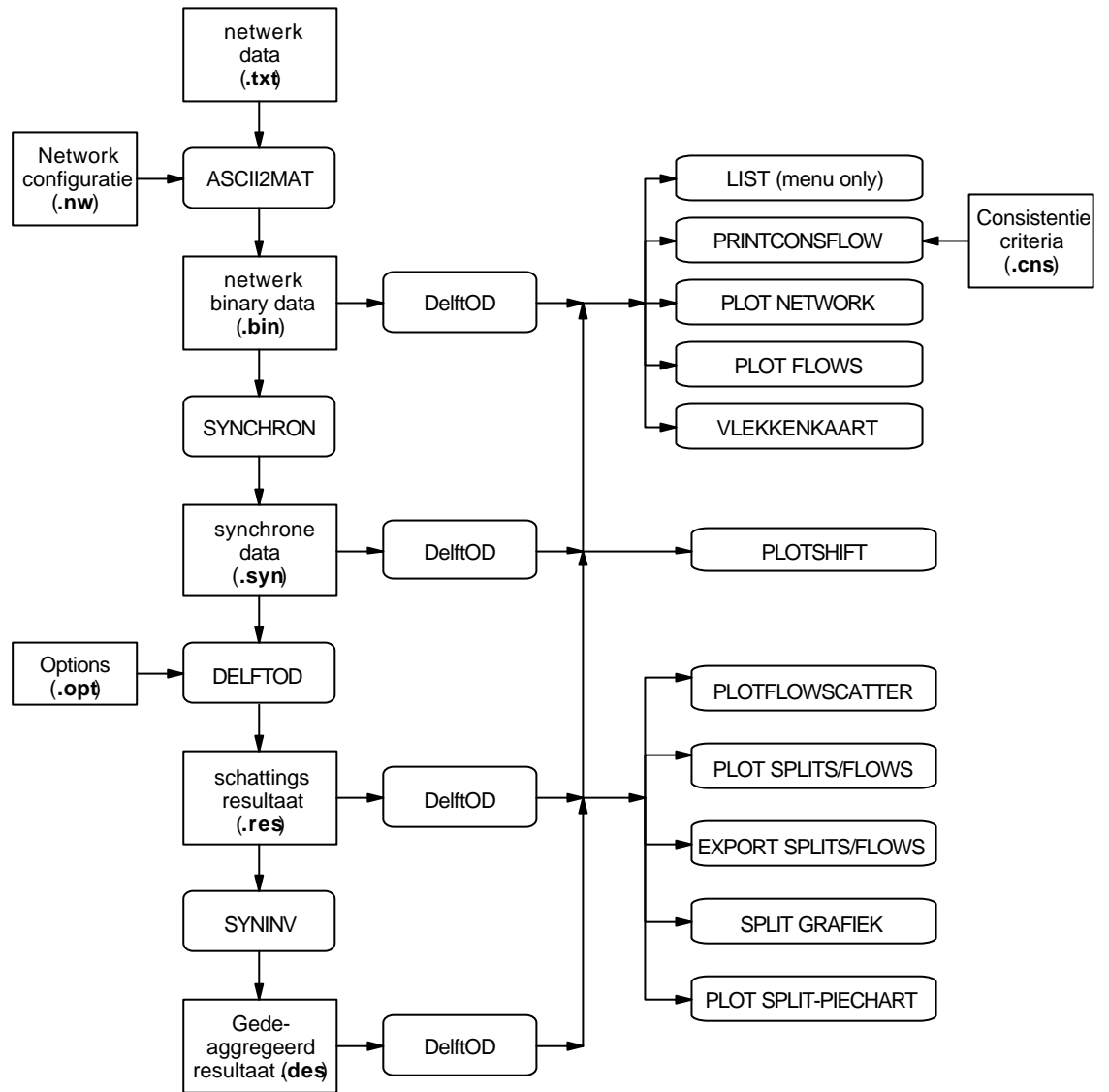
Zoals in de vorige sectie is beschreven bestaat het werkproces uit een viertal stappen, en worden van elke stap de resultaten weggeschreven in een file. Om een indruk te geven van de inhoud van deze bestanden geeft Tabel 2 een compleet overzicht van de weg te schrijven variabelen voor ieder tussen resultaat.

Zoals uit Tabel 2 valt af te lezen bestaat er een groot overlap tussen de inhoud van de ‘.bin’-, ‘.syn’-, ‘.res’- en ‘.des’ files. Zo is bijvoorbeeld de inhoud van het ‘nds’ veld in een ‘.syn’ file identiek aan het ‘nds’ veld in de ‘.bin’ file waar deze uit is afgeleid. Er is voor gekozen om deze data niet via een verwijzing, maar redundant op te slaan.

Dimensie	Omschrijving
K	Aantal netwerk knopen
L	Aantal netwerk schakels
M	Aantal herkomsten
N	Aantal bestemmingen
P	Aantal loops
S	Aantal waarnemingsperiodes

**Tabel 2:** *Weggeschreven variabelen in de weggeschreven bestanden.*

Data item	Omschrijving	.bin	.syn	.res	.des
Nds	Tabel met Node ID, X-coor, Y-coor Afmeting: Kx3	X	X	X	X
Lnks	Tabel met Link ID, A-Node ID, B-Node-ID, Lengte Afmeting: Lx4	X	X	X	X
Origs	Vector met origin Node ID Afmeting: Mx1	X	X	X	X
Destis	Vector met destination Node ID Afmeting: Nx1	X	X	X	X
Loops	Tabel met Loop-ID, Link-ID, positie Afmeting: Px3	X	X	X	X
Idata	Tabel met loopflows (al dan niet synchroon) Afmeting: SxP	X	X	X	X
Sdata	Tabel met speeds Afmeting: SxP	X	X	X	X
Tstart	Tabel met aanvang periodes Afmeting: SxP	X	X	X	X
Tend	Tabel met einde periodes Afmeting: SxP	X	X	X	X
E	Entryflow= idata*E Afmeting: PxM	X	X	X	X
Pivot	Node-ID van synchronisatie knoop		X	X	X
Tstart_orig	Tabel met oorspronkelijke aanvang van periodes (indien idata de gesynchroniseerde loopflows bevat) Afmeting: SxP		X	X	X
Tend_orig	Tabel met oorspronkelijke einde van periodes (indien idata de gesynchroniseerde loopflows bevat) Afmeting: SxP		X	X	X
Idata_orig	Tabel met oorspronkelijke loopflows (indien idata de gesynchroniseerde loopflows bevat) Afmeting: SxP		X	X	X
Splits	De geschatte split proporties Afmeting: Sx(M*N)			X	X
Options	<ul style="list-style-type: none"> <li>Een structure met de opties die gebruikt zijn bij het schatten</li> </ul>			X	X



**Figuur 5:** *Het schattingsproces van een HB-tabel bestaat uit vier stappen. De tussenresultaten kunnen met behulp van een aantal hulp programma's geïnspecteerd worden. De figuur geeft aan in welke fase van het schattingsproces de hulpprogramma's bruikbaar zijn.*

## 4 Validatie op basis van synthetische data

### 4.1 Doelstelling

Voordat de ontwikkelde HB-schatter in praktijk kan worden toegepast, moet er een validatie plaats hebben gevonden. In het ideale geval vindt deze validatie plaats op basis van empirische data (zie hoofdstuk 5). De validatie houdt in dat geval in dat de methode wordt toegepast op basis van waargenomen telgegevens en snelheden, en dat de resulterende schattingen worden vergeleken met een waargenomen HB-tabel.

Een dergelijke proefopzet is echter moeilijk uit te voeren omdat met name het waarnemen van een HB-tabel een zeer kostbare aangelegenheid is, zodat hooguit voor een beperkt tijdsbestek HB-waarnemingen kunnen worden uitgevoerd.

Er is echter behoefte om de methode onder tal van omstandigheden te kunnen beproeven en om de invloed van toeval te minimaliseren. Deze omstandigheden pleiten sterk voor een aanpak waarin een grote controle over het experiment bestaat, en waarin een groot aantal experimenten kan worden uitgevoerd. Zolang het nog niet mogelijk is om op geautomatiseerde wijze voertuigverplaatsingen waar te nemen, is men daarom aangewezen op het uitvoeren van simulatieexperimenten.

De doelstelling van deze experimenten zijn:

- het onderzoeken van de nauwkeurigheid van de methode
- het onderzoek van de gevoeligheid van de methode voor de belangrijkste schattingsparameters

### 4.2 Aanpak

De gevolgde aanpak is weergegeven in Figuur 6. Uitgangspunt voor de experimenten is een statische HB-tabel. Deze tabel is opgedeeld in een aantal tijdperiodes door in elke periode een bepaald gedeelte van de totale verkeersvraag te laten vertrekken. De resulterende dynamische HB-tabel is toegedeeld met behulp van het simulatie pakket AIMSUN2. Zie het kader voor meer gegevens over de generatie van de testdata.

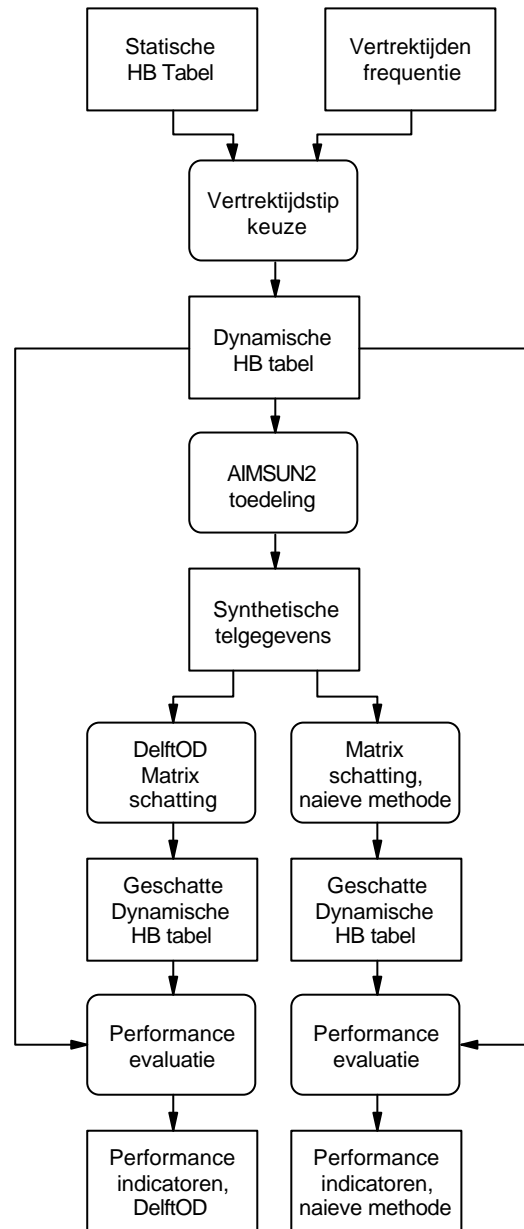
De resulterende data zijn opgeslagen in de vorm van een aantal ASCII bestanden.

Op basis van deze bestanden is een schatting uitgevoerd met de ‘DelftOD’ methode en met een zogenaamde ‘naïeve methode’. Deze naïeve methode wordt als referentie gebruikt en representeert de aanpak die men zou kunnen volgen bij afwezigheid van de ontwikkelde schatter. In verhouding tot de ontwikkelde schatter is de naïeve methode veel eenvoudiger te implementeren. De naïeve methode gebruikt echter alleen geaggregeerde data, theoretisch gaat tijdens het aggregeren van de tijdreeksen een gedeelte van de informatie verloren. De werking van de naïeve methode staat beschreven in sectie 4.3.



De 'DelftOD' methode wordt bovendien een groot aantal keren uitgevoerd, steeds gebruikmakend van een andere aggregatiefactor. Onder de aggregatiefactor wordt het aantal perioden verstaan waarover men de data aggregaert alvorens deze data in het schattingsproces te gebruiken. De aggregatiefactor heeft naar verwachting een grote invloed op de schattingsnauwkeurigheid.

Wanneer men de aggregatiefactor laag kiest, vermindert de correlatie tussen bovenstroomse en benedenstroomse waarnemingen vanwege het feit dat de schattingsnauwkeurigheid van de reistijd dan groot wordt in relatie tot de duur van de gebruikte periode. Omgekeerd, wanneer de aggregatiefactor hoog wordt gekozen, vermindert het aantal beschikbare perioden. Hiermee gaat informatie verloren, omdat het aggregeren van periodes een onomkeerbare operatie is. Het dilemma is daarom om de optimale aggregatiefactor te bepalen. Sectie 4.4 gaat hier op in.



**Figuur 6:** *Opzet voor de experimenten met synthetische data*

Het betreft een door DHV uitgevoerde simulatie met het pakket AIMSUN2 over de corridor Rijksweg A15 tussen Arkel en Papendrecht in westelijke richting. Het verkeersniveau is dat van een gemiddelde ochtendspits op een werkdag in 1995/1996. Elke oprit/afrit van Arkel in het oosten t/m Papendrecht in het westen is als zone in het model opgenomen, aangevuld met de stromen op de hoofdrijbaan vanuit Nijmegen (zone 11) en richting Rotterdam (zone 1).

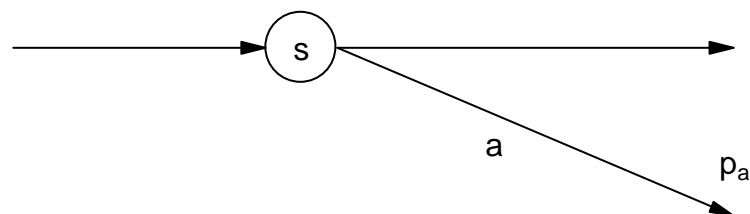
Basis voor de simulatie vormen de door DHV met behulp van het Randstadmodel berekende HB-tabellen voor personenauto's en voor vrachtverkeer geldend voor het spitsuur van 7.30 tot 8.30 uur. Deze zijn op grond van telcijfers per voertuigtype (personenauto's en vrachtauto's) 'opgerekt' naar de periode van 6.30 t/m 9.30 uur, waarin de intensiteiten per kwartier veranderen. De relatieve verdeling over herkomsten en bestemmingen blijft gedurende deze periode per voertuigtype constant.

Er zijn in de simulatie-software 67 detectoren geplaatst die per minuut de aantallen gepasseerde voertuigen met hun gemiddelde snelheid waarnemen en opslaan. De detectoren zijn op de snelweg gesitueerd om de ca. 500 meter en één op elke op- en afrit. Rijstroken worden niet apart geteld, elke telling geldt voor een doorsnee over de weg.

Om wat extra gegevens te genereren zijn er 10 onafhankelijke simulatieruns uitgevoerd, elk met dezelfde basis HB-gegevens als invoer, maar met een ander zaadgetal in het stochastische verplaatsingsgeneratieproces, zodat de resultaten licht van elkaar verschillen maar in principe dezelfde relaties moeten opleveren.

### 4.3 Naïeve methode

Het uitgangspunt voor de naïeve methode is dat een HB-tabel berekend kan worden door het 'doorberekenen' van waargenomen afslagproporties bij splitspunten. Dat wil zeggen dat als bij een bepaald splitspunt  $s$  de proportie  $p_a$  van het verkeer dat splitspunt  $s$  ingaat, dit punt verlaat over schakel  $a$ , ook gesteld mag worden dat van al het verkeer dat knoop  $s$  in verdwijnt, ongeacht de herkomst, de fractie  $p_a$  richting  $a$  kiest.



In formulevorm luidt de naïeve methode als volgt:

$$T_{ij} = T_i \prod_{a \in A_{ij}} p_a$$

met:

$T_{ij}$	Verkeersvraag van zone $I$ naar zone $j$
$T_i$	Aantal vertrekken uit zone $i$
$A_{ij}$	De verzameling schakels op de route $i$ - $j$
$p_a$	Afslagproportie schakel $a$

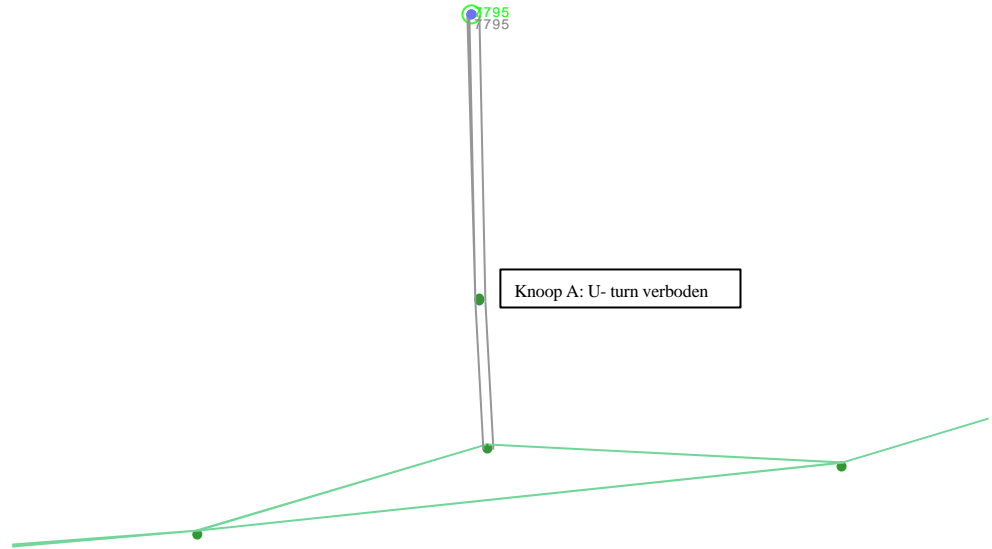
Voor puur hiërarchische netwerken, dat wil zeggen netwerken waarbij er tussen elke combinatie van twee knopen slechts één route bestaat, voldoet deze methode zonder meer.

Bij het uitvoeren van de experimenten bleken echter ook situaties op te treden die niet onder de definitie van een hiërarchisch netwerk vallen (zie Figuur 7). In deze gevallen voldoet de bovengenoemde uitgangspunt niet, omdat er dan verkeer gaat ontstaan dat onlogische (lees: niet de kortste) routes volgt. In deze gevallen is het theoretisch mogelijk het netwerk te hercoderen naar een *hiërarchisch* netwerk, dit zou echter het gebruik van de met AIMSUN2 gegenereerde data echter bemoeilijken. Daarom is de specificatie van de naïeve methode enigszins aangescherpt, zodat deze meer algemeen bruikbaar is.

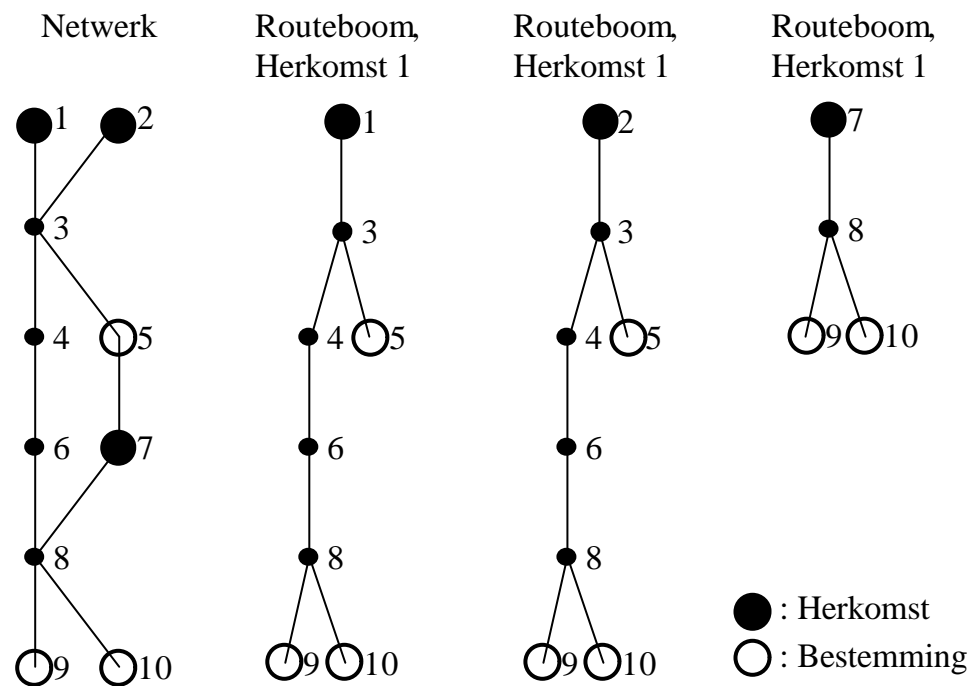
In Figuur 7 is het duidelijk dat het verkeer dat afkomstig is van herkomstknoop 7795 geen U turn mag maken op knoop A. Toch voorspelt het oorspronkelijke uitgangspunt van de naïeve methode dat dit wel degelijk gebeurt. Het oorspronkelijke uitgangspunt behoeft dus aanscherping.

Deze aanscherping bestaat er uit dat het oorspronkelijke uitgangspunt voor iedere herkomst apart moet worden toegepast. Uitgaande van een specifieke herkomst, kan een routeboom worden opgezet (zie Figuur 8) die bij ieder splitspunt vertakt. Als aanname hanteren we nu dat de fracties van het herkomstverkeer die elke tak instromen proportioneel zijn aan de fracties van de intensiteiten op de corresponderende schakels.

Omdat deze analyse op de routeboom worden uitgevoerd, treden de eerder gesignaleerde problemen niet meer op. Onlogische routes zijn immers niet in de routeboom opgenomen.



**Figuur 7:** Voorbeeld van een niet- hiërarchisch netwerk



**Figuur 8:** Netwerk, met bijbehorende kortste routebomen uit herkomsten 1, 2 en 7

Het aangescherpte uitgangspunt is terug te voeren tot het volgende stelsel van vergelijkingen:

$$T_{ij} = \prod_{a \in B_{ij}} c_a, \quad \forall ij,$$

$$\sum_{\forall ij} A_{ija} T_{ij} = q_a, \quad \forall a$$

met:

- $T_{ij}$  Verkeersvraag van zone  $i$  naar zone  $j$
- $B_{ij}$  De verzameling schakels op de route  $i$ - $j$  waarvoor metingen beschikbaar zijn
- $q_a$  De waarneming op meetpunt  $a$
- $c_a$  Een te berekenen factor
- $A_{ija}$  De assignment map.  $A_{ija} = 1$  als route  $i$ - $j$  bijdraagt aan meetpunt  $a$ , en 0 in alle andere gevallen.

Dit stelsel is eenvoudig op te lossen met een methode die bekend staat als proportional fitting.

Er kan in dit verband nog worden opgemerkt dat het bovenstaande stelsel en de bijbehorende oplossing identiek is aan de zogenaamde Maximum-Entropy oplossing, zie [Van Zuylen en Willumsen, 1980]

#### 4.4 Het bepalen van de optimale aggregatiefactor

Een van de belangrijkste parameters bij het schatten van HB-tabellen volgens de DelftOD methode is de aggregatiefactor die op de invoerdata wordt toegepast, alvorens deze data te gebruiken, zie Figuur 9.

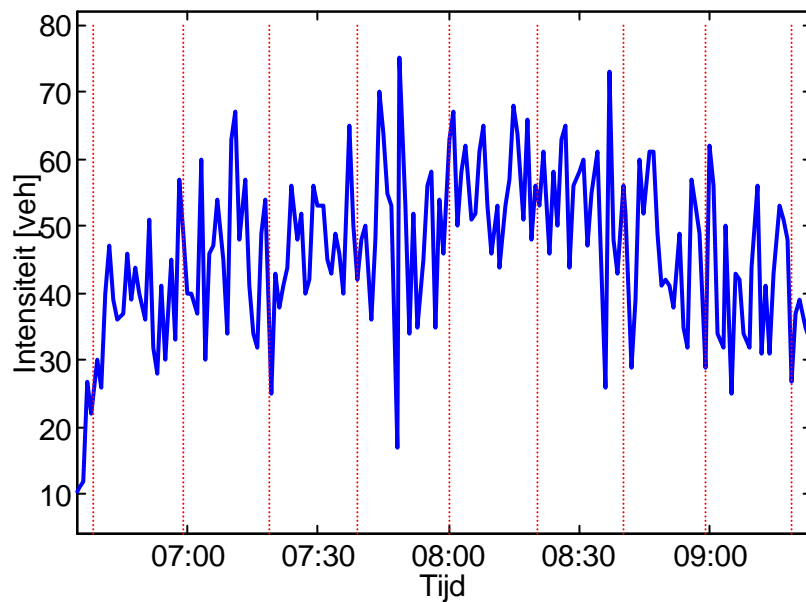
Zoals reeds gezegd is hier sprake van een dilemma: bij een te kleine aggregatie factor verdwijnt de correlatie tussen de beneden- en bovenstroomse verkeerstellingen, omdat dan de schattingsfout van de reistijd te groot wordt in verhouding tot de periode lengte. Dit gaat met name op als de schatting van de reistijd een systematische fout bevat, iets wat in de praktijk helaas niet valt uit te sluiten. Bij een grotere aggregatie factor verminderd het totaal aantal periodes, en wordt ook de relatieve fluctuatie van de periode intensiteiten kleiner.

Binnen dit project is getracht om enkele praktische aanwijzingen te geven voor het kiezen van de beste aggregatie duur.

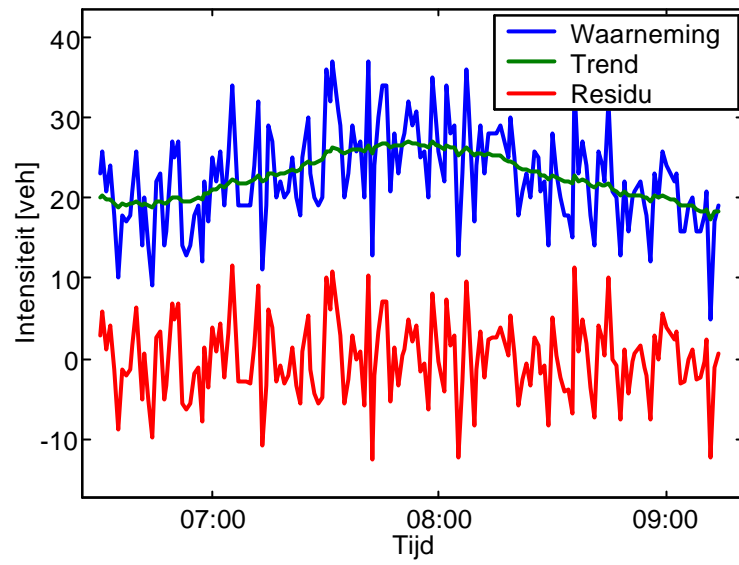
Omdat de reden voor het aggregeren gelegen is in de noodzaak van het bestaan van een correlatie tussen beneden en bovenstroomse meetreeksen, ligt het voor de hand om deze correlatie uit te rekenen als functie van het aantal geaggregeerde periodes. Dit is gebeurd op basis van de data die door DHV met behulp van AIMSUN2 zijn gegenereerd, zoals beschreven in sectie 4.2.

Een probleem dat daar echter bij blijkt is dat als naar de ‘pure’ correlatie tussen gemeten intensiteiten wordt gekeken, alle reeksen met elkaar gecorreleerd blijken te zijn, simpelweg vanwege het feit dat in alle reeksen de dagelijkse piekpatronen zijn gereflecteerd. Er bestaat dus een correlatie tussen twee meetreeksen, ook als deze reeksen bestaan uit tellingen van niet overlappende voertuigstromen, zoals bijvoorbeeld tegenovergestelde richtingen.

Voor de schatter is echter alleen het gedeelte van de correlatie dat veroorzaakt wordt door het waarnemen van dezelfde voertuigen op meerdere plaatsen van belang. Om dit gedeelte van de correlatie te achterhalen moet eerst de systematische component uit het signaal worden verwijderd. Om dit te bewerkstelligen worden alle meetreeksen ‘ge-detrend’ alvorens de correlatie analyse wordt toegepast. Het idee achter het detrenden is weergegeven in Figuur 10. De precieze uitwerking is beschreven in het kader.



**Figuur 9:** *Aggregatie van invoerdata. De verticale stippellijnen geven de begrenzingen van de aggregatieperiodes aan.*



**Figuur 10:** *Het 'Detrenden' van een signaal.*



Het detrenden van de reeks  $y(t)$ ,  $t=1,2,..T$

Aannames:

We nemen aan dat reeks  $y$  als volgt tot stand is gekomen:

$$y(t) = x(t) + \mathbf{e}(t)$$

$$x(t) = x(t-1) + \mathbf{v}(t)$$

$$E[\mathbf{e}(t)] = 0, E[\mathbf{v}(t)] = 0, \quad \forall t$$

$$E[\mathbf{e}(t)\mathbf{v}(p)] = 0, \quad \forall t, p$$

$$E[\mathbf{e}(t)\mathbf{e}(p)] = 0, E[\mathbf{v}(t)\mathbf{v}(p)] = 0, \quad \forall t, p \neq t$$

$$E[\mathbf{e}(t)\mathbf{e}(t)] = \sigma_1^2, E[\mathbf{v}(t)\mathbf{v}(t)] = \sigma_2^2, \quad \forall t$$

Oftewel: Het signaal  $y(t)$  is identiek aan de 'trend'  $x(t)$  plus een 'residu'  $\mathbf{e}(t)$  die onafhankelijk verdeeld is met verwachting 0 en variantie  $\sigma_1^2$ . De trend  $x(t)$  is het gevolg van een 'random walk' proces dat is gebaseerd op een stoorterm  $\mathbf{v}$  met variantie  $\sigma_2^2$ .

Vervolgens schatten we  $\sigma_1^2$  en  $\sigma_2^2$  op basis van de waarnemingen  $y(t)$  met behulp van de Maximum Likelihood methode:

$$[\hat{\sigma}_1^2, \hat{\sigma}_2^2] = \arg \max_{\sigma_1^2, \sigma_2^2} P[y(1), y(2), \dots, y(T) | \sigma_1^2, \sigma_2^2]$$

De methode die hiervoor gebruikt is staat beschreven in (Van der Zijpp en Hoogendoorn, 1998)

Nadat  $\hat{\sigma}_1^2$  en  $\hat{\sigma}_2^2$  geschat zijn kan het signaal  $x$  worden gesmoothed, dit wil zeggen dat voor iedere waarde van  $t$  de bijbehorende waarde van  $x$  wordt geschat met gebruikmaking *alle* waarnemingen in de reeks  $y$ . Dit is gebeurd door het signaal  $x$  twee maal te filteren, eenmaal met de tijdrichting mee en eenmaal tegen de tijdrichting in. De twee resulterende reeksen worden vervolgens gecombineerd.

In de onderstaande figuur is te zien dat als gevolg van het detrenden de correlatie in de ruwe data belangrijk afneemt.

De volgende stap is om de ruwe data te synchroniseren en eventueel te aggregeren. Hierbij worden de data geaggregeerd in discrete perioden rekening houdend met de reistijd tussen ieder lussenpaar. De aggregatie gebeurt op zodanige wijze dat voertuigen die een traject volgen dat meerdere lussen passeert, zoveel mogelijk steeds binnen hetzelfde periodenummer aan een meting bijdragen. De tijdgrens van de periodes is dus plaatsafhankelijk.

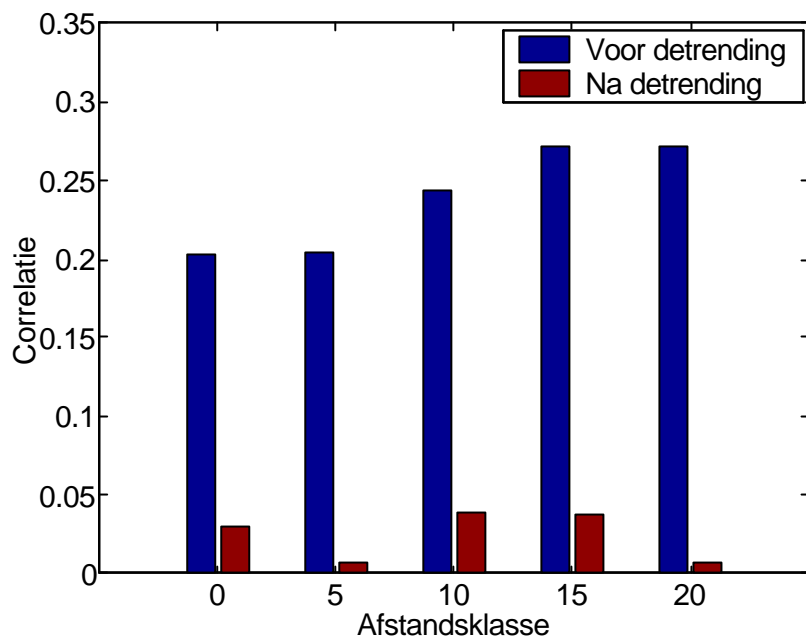
Figuur 12 geeft een voorbeeld van berekende plaatsafhankelijke periode grenzen. Uit dit figuur is de periode grens voor iedere lus als volgt af te lezen:

- Deel de x-as in een regular grid in (bijvoorbeeld 5 minuut perioden)
- Bepaal het corresponderende grid voor een lus door vanuit de x-as vanuit ieder grid punt een lijn verticaal te trekken totdat deze de reistijdcurve voor de desbetreffende lus snijdt.
- Trek vanuit dit snijpunt een horizontale lijn naar de y-as en lees de reistijd af.
- Het corresponderende grid punt voor deze lus is gelijk aan het tijdstip op de x-as plus de reistijd naar de lus

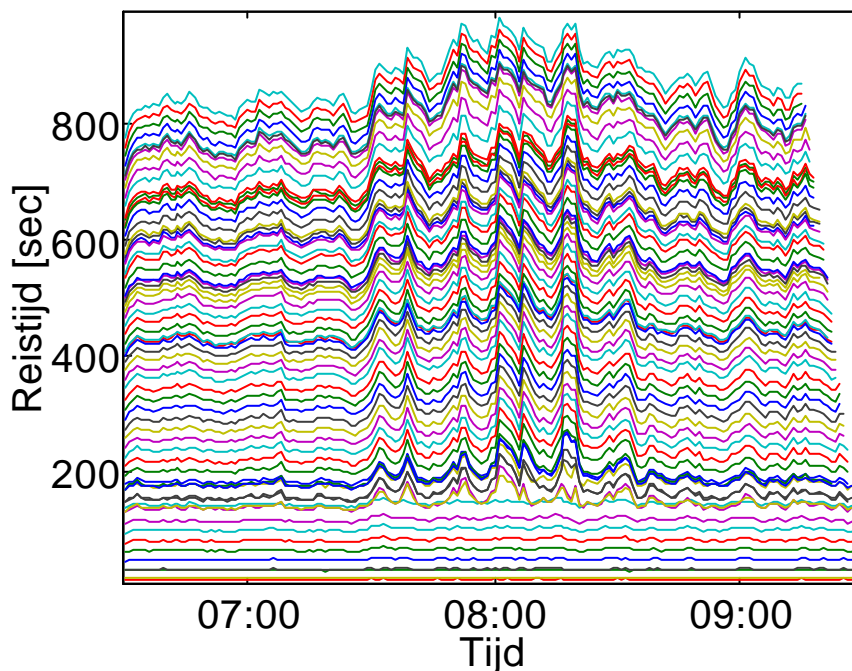
In Figuur 13 is het effect van deze actie op de onderlinge correlatie tussen lussenparen te zien. Uit deze figuur blijkt dat voor alle afstandsklassen de correlatie tussen lussenparen tenminste 0.2 bedraagt. Dit is vele malen hoger dan de maximale correlatie van 0.05 die voor het synchroniseren bestond (zie Figuur 11). Zoals te verwachten neemt de correlatie toe met de periode duur, en geldt dit met name voor de iets langere afstanden.

Uit de figuur is helaas niet eenduidig de optimale aggregatieduur af te leiden. Wel is te zien dat de correlatie eerst stijgt en vanaf ongeveer 5 minuten, minder stijgt. Er moet rekening gehouden worden met het feit dat het opvoeren van de aggregatieduur leidt tot het afnemen van het totaal aantal beschikbare metingen. Een aggregatie periode van meer dan 5 minuten is daarom aan de hand van Figuur 13 uit te sluiten.

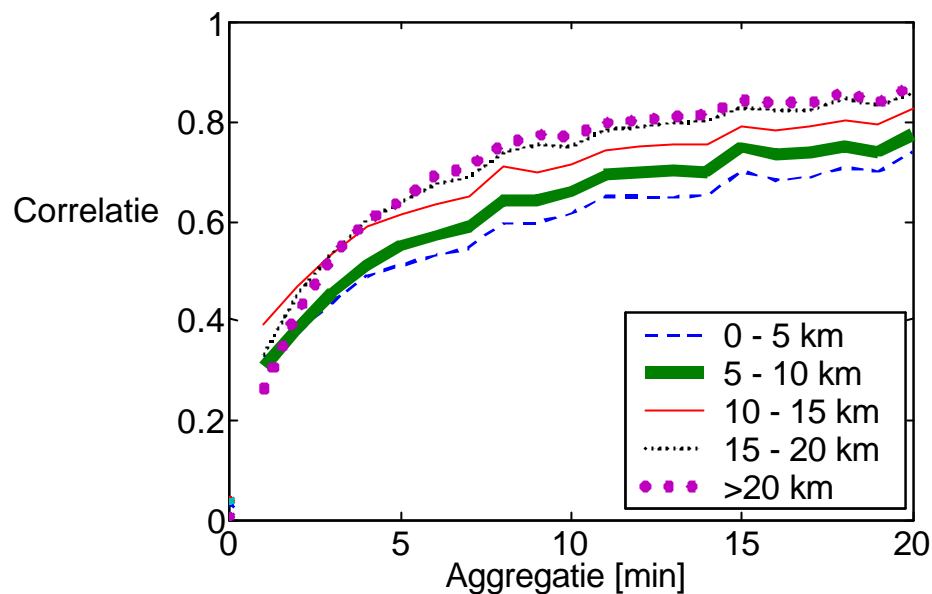
In een poging de gelijktijdige invloed van het toenemen van de correlatie en het afnemen van het aantal metingen in beeld te brengen, zijn deze twee grootheden in Figuur 14 met elkaar vermenigvuldigd. Er moet echter worden opgemerkt dat het product van deze twee grootheden niet noodzakelijkerwijs een bruikbare maat is voor de totaal aanwezige informatie in de data. Het is zelfs zeer de vraag of een dergelijke maat eenduidig kan worden opgesteld zonder in beschouwing te nemen waarvoor de in de data besloten informatie gaat worden gebruikt. Zo is voor het schatten van lange afstandverplaatsingen wellicht een ander aggregatieniveau optimaal dan voor het schatten van korte afstand verplaatsingen.



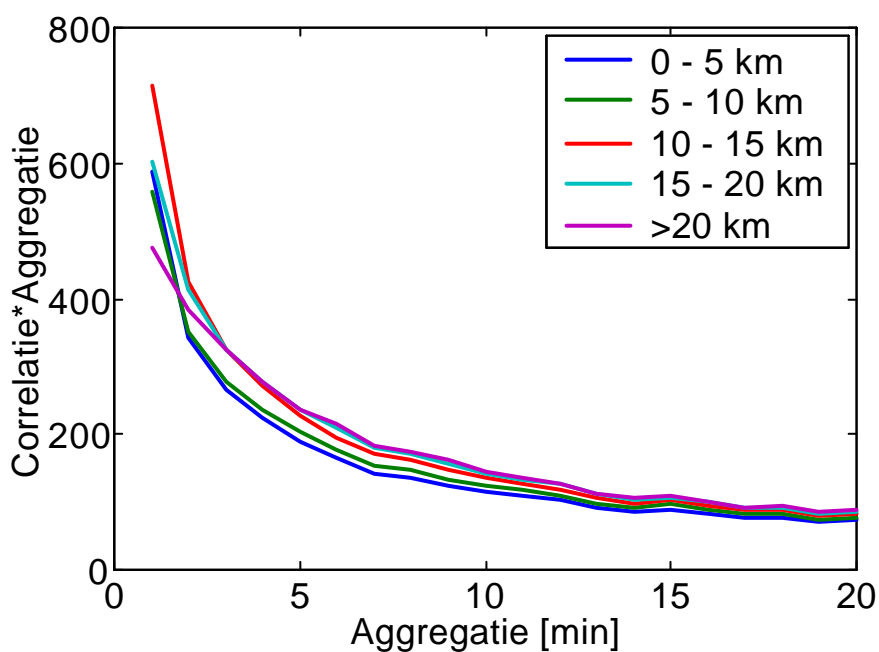
**Figuur 11:** Gemiddelde correlatie tussen meetreeksen van combinaties van lussenparen, geordend naar afstandsklasse, voordat aggregatie plaatsvindt. Linker balken: voor detrenden. Rechter balken: na detrenden.



**Figuur 12:** Y-as: Relatieve reistijd tussen lus N en lus 1. X-as: tijd van de dag.



**Figuur 13:** Gemiddelde correlatie tussen meetreeksen van combinaties van lussenparen, geordend naar afstandsklasse, na synchronisatie, als functie van de aggregatieduur.



**Figuur 14:** Gemiddelde correlatie tussen meetreeksen van combinaties van lussenparen vermenigvuldigd met het totaal aantal metingen, geordend naar afstandsklasse, na synchronisatie, als functie van de aggregatieduur.

## 4.5 Resultaten

De schattingsresultaten zijn op een aantal manieren beoordeeld: allereerst is gekeken in hoeverre de geschatte HB-tabellen de waargenomen intensiteiten reproduceren, zowel op geaggregeerd als gedesaggregeerd niveau. Dit om eventuele bias aan het licht te brengen. Vervolgens is gekeken naar de nauwkeurigheid waarmee de matrix wordt geschat. Hierbij wordt de testopzet zoals beschreven in sectie 4.2 gebruikt. De resultaten worden zowel op grafische wijze (via scatter diagrammen) als op numerieke wijze gepresenteerd.

### 4.5.1 Nauwkeurigheid waarmee telgegevens worden gereproduceerd

De eerste voorwaarde waaraan een geschatte HB-tabel moet voldoen is dat het toedelen ervan moet resulteren in een belastingspatroon van het netwerk, dat overeen komt met het werkelijk waargenomen belastingspatroon, zeker wanneer gemiddelde wordt over alle beschikbare perioden. Om dit te controleren zijn de geschatte intensiteiten gemiddelde en vergeleken met de gemiddelde werkelijk waargenomen intensiteiten.

Dit is gedaan door de twee tegen elkaar uit te zetten in een scatter diagram (zie Figuur 15). Als foutmaat voor het verschil wordt in de praktijk vaak de T test gebruikt:

$$t = \ln \left( (X_b - X_w)^2 / X_w \right)$$

met:

$X_w$  = het waargenomen aantal

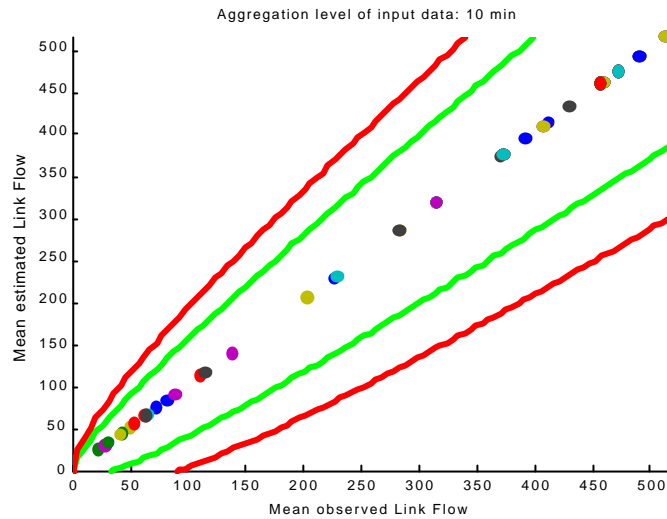
$X_b$  = het berekende aantal

Hierbij worden de volgende beoordelingscriteria gebruikt:

$t < 3.5$	Geen significante afwijking
$3.5 < t < 4.5$	Afwijking op het grensgebied van significant en niet-significant
$t > 4.5$	Significante afwijking

In Figuur 15 corresponderen deze criteria met respectievelijk de gebieden binnen, tussen en buiten de twee parabolische lijnen.

Uit Figuur 15 wordt duidelijk dat het gemiddelde van de geschatte intensiteiten perfect overeen komt met het gemiddelde van de waargenomen intensiteiten. Er is dus geen sprake van bias in de geschatte schakel intensiteiten.



**Figuur 15:** *Geschatte schakelintensiteiten, geplot tegen waargenomen intensiteiten. Het betreft gemiddelden van de 10 minuut waarden. De geschatte waarden zijn gebaseerd op 10 minuut geaggregeerde data.*

**Figuur 16:** *Geschatte schakelintensiteiten, geplot tegen waargenomen intensiteiten. Het betreft 10 minuut waarden. De geschatte waarden zijn gebaseerd op 10 minuut geaggregeerde data.*

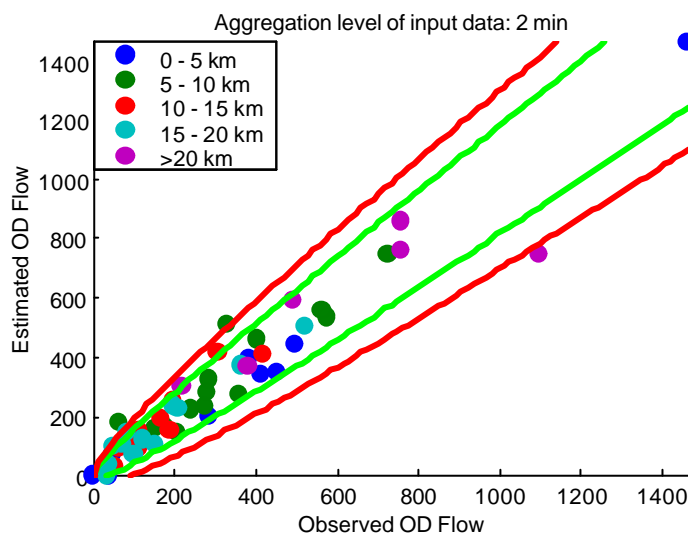
De volgende stap is om te beoordelen hoe groot de afwijking tussen geschatte en waargenomen intensiteiten is indien het middelen achterwege wordt gelaten. Hiertoe zijn de geschatte 10 minuut waarden tegen de waargenomen 10 minuut waarden tegen elkaar geplot, zie Figuur 16. Uiteraard blijkt ook nu dat er geen sprake is van bias. Wel zijn de relatieve afwijkingen toegenomen, omdat er geen sprake is van uitmiddeling. Het is nu eenmaal makkelijker om een etmaal gemiddelde te schatten dan een 10 minuut gemiddelde.

Figuur 15 en Figuur 16 zijn voorbeelden die zijn gebaseerd op schattingen die zijn uitgevoerd met behulp van 10 minuut geaggregeerde data. Op soortgelijke kunnen ook voorbeelden gegenereerd worden op basis van andere aggregatiefactoren.

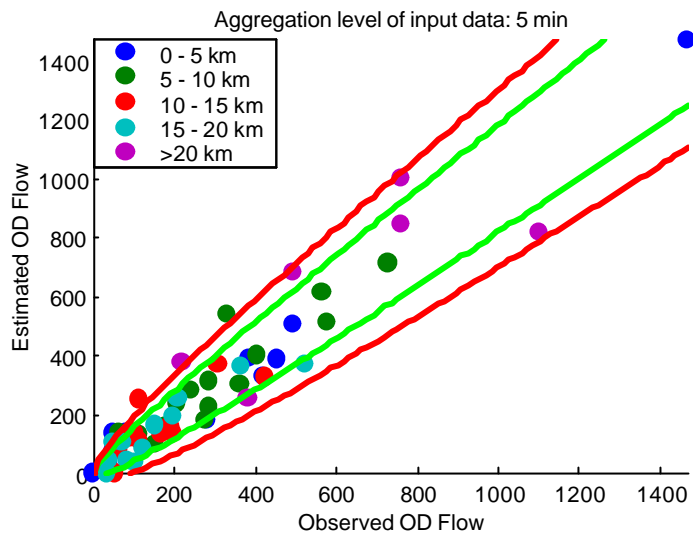
#### 4.5.2 Nauwkeurigheid waarmee de HB-tabel wordt geschat

Zoals reeds werd opgemerkt hangt de nauwkeurigheid waarmee de HB-tabel kan worden geschat in belangrijke mate af van het aggregatiefactor die op de invoerdata wordt toegepast.

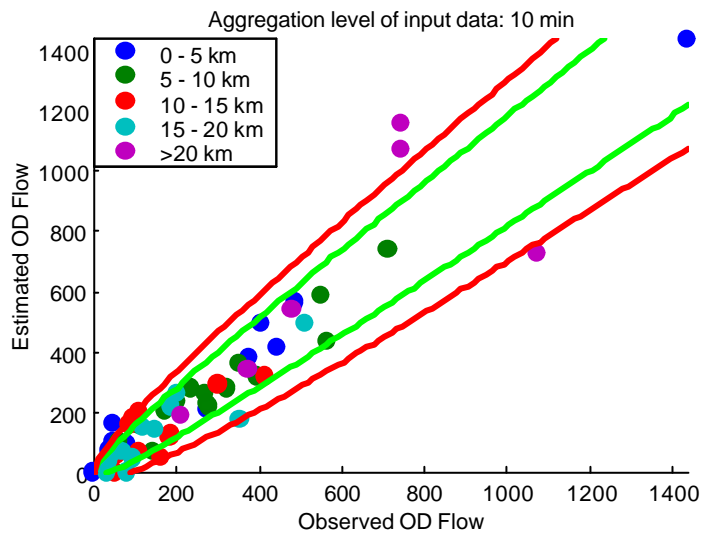
In Figuur 17, Figuur 19 en Figuur 20 zijn de resultaten weergegeven voor een schatting die is gebaseerd op respectievelijk 2, 10 en 20 minuut geaggregeerde data. Het betreft hier een vergelijking tussen de geschatte matrix, na afloop van de periode van 10 ochtendspitsperioden met meetdata. Omdat de HB-tabel die is gebruikt voor het genereren van de teldata wel in absolute zin varieert, maar niet in relatieve zin, wordt de schatting meer nauwkeurig naarmate de tijd vordert.



**Figuur 17:** *Geschatte versus waargenomen HB-stromen voor een ochtendspits. De schatting is gebaseerd op 2-minuut geaggregeerde data. De waarnemingen zijn ontleend aan de synthetische data die voor het genereren van de teldata zijn gebruikt.*

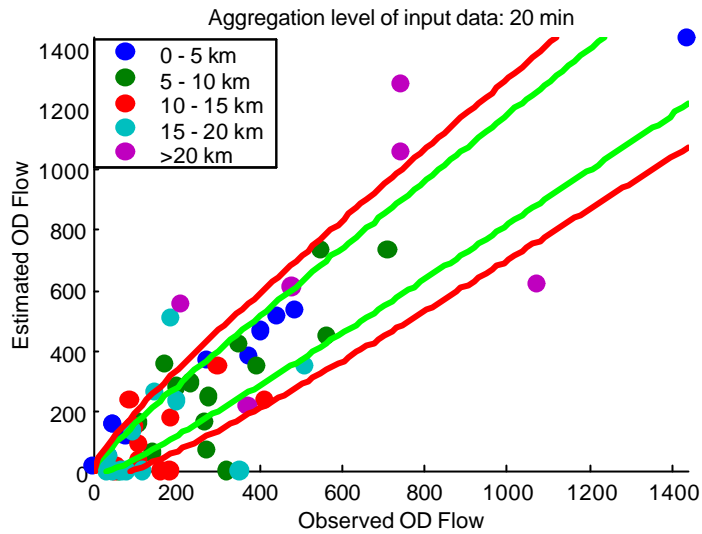


**Figuur 18:** *Geschatte versus waargenomen HB-stromen voor een ochtendspits. De schatting is gebaseerd op 5-minuut geaggregeerde data.*



**Figuur 19:** *Geschatte versus waargenomen HB-stromen voor een ochtendspits. De schatting is gebaseerd op 10-minuut geaggregeerde data.*





**Figuur 20:** *Geschatte versus waargenomen HB-stromen voor een ochtendspits. De schatting is gebaseerd op 20-minuut geaggregeerde data.*

De schattingsfout is kwantitatief te beoordelen met behulp van de Mean Absolute Error Proportional. Deze kan als volgt berekend worden:

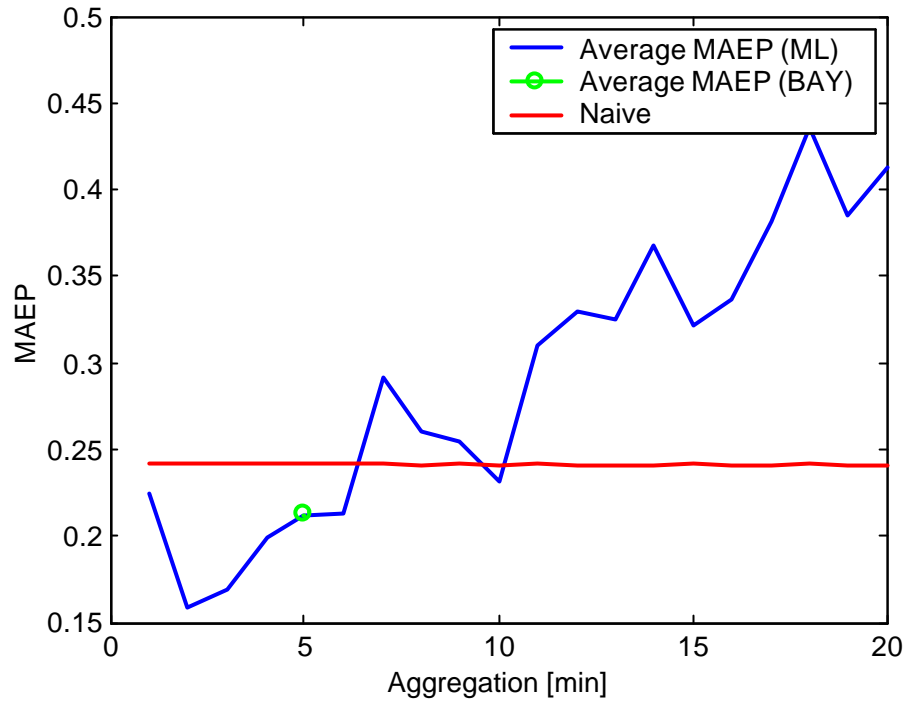
$$\text{MAEP} = \frac{\overline{\text{abs}(y - \hat{y})}}{\bar{y}}$$

met:

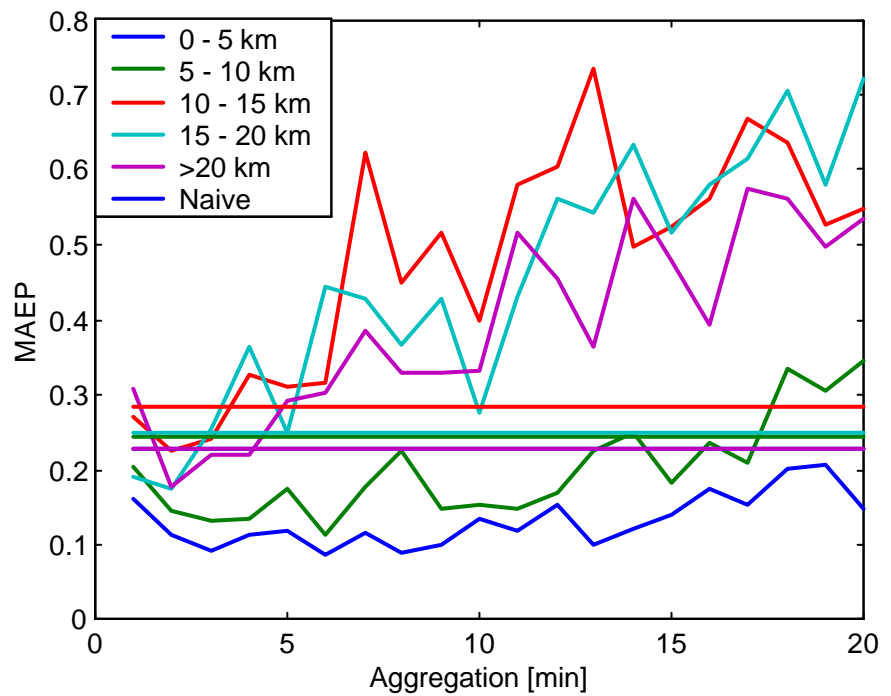
- |           |   |     |
|-----------|---|-----|
| $y$       | De referentie HB-tabel in vector vorm               |     |
| $\hat{y}$ | De geschatte HB-tabel in vector vorm                | (1) |
| $\bar{y}$ | De gemiddelde HB-celwaarde van de referentie tabel. |     |

Hierin zijn cellen die per definitie nul zijn, buiten beschouwing gelaten. Oftewel: de MAEP is gelijk aan de gemiddelde absolute fout gedeeld door de gemiddelde referentie waarde. In Figuur 21 is deze foutmaat uitgezet tegen de toegepast aggregatiefactor. In algemene zin blijkt dat de schattingsfout toeneemt als de aggregatiefactor toeneemt. Enkele aggregatiefactoren vormen op deze regel een uitzondering. Dit zou te maken kunnen hebben met het de lengte van de reistijd voor bepaalde belangrijke relaties in verhouding tot de aggregatiefactor. Voor de afname van de foutmaat tussen aggregatiefactor 1 en aggregatiefactor 2 gaan we echter van de verklaring uit dat deze verhoging van de aggregatiefactor tot gevolg heeft dat de grote van de schattingsfout in de reistijd ten opzichte van de periodelengte heeft geleid tot een meer nauwkeurige schatting.

Tenslotte is in Figuur 22 nog een onderscheid naar afstandsklasse gemaakt. In tegenstelling tot wat vooraf verwacht zou mogen worden, blijkt uit deze figuur niet dat vooral de lange afstanden gebaat zijn bij een hogere aggregatiefactor, alhoewel mag worden aangenomen dat juist hier de nauwkeurigheid van de reistijd schatter een belangrijke rol speelt.



**Figuur 21:** Gemiddelde relatieve fout als functie van de toegepaste aggregatiefactor



**Figuur 22:** Gemiddelde relatieve fout als functie van de toegepaste aggregatiefactor, per afstandsklasse

Om ook op niet grafische wijze een indruk te geven van de bereikte resultaten en de nauwkeurigheid daarvan, staat bij wijze van voorbeeld in de onderstaande tabel de geschatte en de 'waargenomen' ofwel referentie HB-tabel weergegeven voor opeenvolgende kwartieren tussen 8:00 en 9:00. De getallen tussen haakjes hebben betrekking op de referentietabel. De referentie tabel ligt dicht bij, maar komt niet exact overeen met de gebruikte tabel in de AIMSUN2 simulatie: de referentietabel is berekend door de split-proporities die tijdens de simulatie zijn gebruikt te vermenigvuldigen met de toerit-intensiteiten.

**Tabel 3:** *Geschatte HB cellen met daaronder tussen haakjes de referentie waarden die tijdens de AIMSUN2 toedeling zijn gebruikt.*

ESTIMATED OD (TRUE OD)

Begin: 10-Jan-1999 08:00:00

End : 10-Jan-1999 08:15:00

Origin Destination

	4894	1358	1357	6526	1356	7795	9895	586	9971	1353
1358	135	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(135)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)
1357	50	47	0	0	0	0	0	0	0	0
	( 44)	( 53)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)
6526	64	46	6	0	0	0	0	0	0	0
	( 63)	( 50)	( 4)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)
1356	21	29	3	9	0	0	0	0	0	0
	( 25)	( 26)	( 4)	( 7)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)
7795	37	37	10	13	0	0	0	0	0	0
	( 27)	( 38)	( 10)	( 18)	( 4)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)
9895	18	8	2	9	7	12	0	0	0	0
	( 16)	( 12)	( 4)	( 8)	( 5)	( 12)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)
519	60	52	10	16	13	23	21	0	0	0
	( 51)	( 54)	( 7)	( 20)	( 9)	( 25)	( 29)	( 0)	( 0)	( 0)
9978	84	36	14	18	9	27	33	0	0	0
	( 74)	( 36)	( 8)	( 16)	( 11)	( 35)	( 41)	( 0)	( 0)	( 0)
1353	36	29	0	12	9	15	16	34	27	0
	( 37)	( 21)	( 3)	( 12)	( 5)	( 11)	( 17)	( 44)	( 28)	( 0)
1352	70	71	3	22	7	23	48	17	52	36
	(102)	( 71)	( 4)	( 18)	( 9)	( 18)	( 31)	( 6)	( 53)	( 36)

Begin: 10-Jan-1999 08:15:00

End : 10-Jan-1999 08:30:00

Origin Destination

	4894	1358	1357	6526	1356	7795	9895	586	9971	1353
1358	156	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(156)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)
1357	50	48	0	0	0	0	0	0	0	0
	( 44)	( 54)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)
6526	75	53	7	0	0	0	0	0	0	0
	( 73)	( 58)	( 5)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)
1356	25	34	4	11	0	0	0	0	0	0
	( 30)	( 30)	( 5)	( 9)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)
7795	46	45	13	16	0	0	0	0	0	0
	( 34)	( 46)	( 13)	( 23)	( 5)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)
9895	24	11	3	13	10	17	0	0	0	0
	( 22)	( 16)	( 6)	( 11)	( 7)	( 16)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)
519	71	61	12	18	15	27	24	0	0	0
	( 59)	( 63)	( 9)	( 23)	( 11)	( 29)	( 34)	( 0)	( 0)	( 0)
9978	92	40	15	20	10	29	36	0	0	0
	( 81)	( 39)	( 9)	( 18)	( 12)	( 38)	( 45)	( 0)	( 0)	( 0)
1353	34	29	0	12	9	15	16	33	26	0
	( 36)	( 21)	( 3)	( 12)	( 5)	( 10)	( 17)	( 43)	( 27)	( 0)
1352	70	71	3	22	7	23	48	17	52	37
	(103)	( 71)	( 4)	( 18)	( 9)	( 18)	( 31)	( 6)	( 53)	( 36)

Begin: 10-Jan-1999 08:30:00

End : 10-Jan-1999 08:45:00

Origin Destination

	4894	1358	1357	6526	1356	7795	9895	586	9971	1353
1358	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(120)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)
1357	34	33	0	0	0	0	0	0	0	0
	( 30)	( 37)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)
6526	59	42	6	0	0	0	0	0	0	0
	( 57)	( 45)	( 4)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)
1356	18	26	3	8	0	0	0	0	0	0
	( 22)	( 23)	( 4)	( 6)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)
7795	26	26	7	9	0	0	0	0	0	0
	( 19)	( 27)	( 7)	( 13)	( 3)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)
9895	17	8	2	9	7	12	0	0	0	0
	( 15)	( 11)	( 4)	( 7)	( 5)	( 11)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)
519	44	38	8	11	9	17	15	0	0	0
	( 37)	( 39)	( 5)	( 14)	( 7)	( 18)	( 21)	( 0)	( 0)	( 0)
9978	67	29	11	15	7	22	26	0	0	0
	( 60)	( 29)	( 7)	( 13)	( 9)	( 28)	( 33)	( 0)	( 0)	( 0)
1353	37	31	0	12	10	16	17	35	28	0
	( 39)	( 22)	( 3)	( 12)	( 5)	( 11)	( 18)	( 46)	( 29)	( 0)
1352	63	64	3	20	6	21	43	15	47	33
	( 93)	( 64)	( 3)	( 16)	( 8)	( 16)	( 28)	( 6)	( 48)	( 33)

Begin: 10-Jan-1999 08:45:00

End : 10-Jan-1999 09:00:00

Origin Destination

	4894	1358	1357	6526	1356	7795	9895	586	9971	1353
1358	95	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	( 95)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)
1357	27	26	0	0	0	0	0	0	0	0
	( 24)	( 29)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)
6526	52	37	5	0	0	0	0	0	0	0
	( 51)	( 40)	( 3)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)
1356	14	19	2	6	0	0	0	0	0	0
	( 17)	( 17)	( 3)	( 5)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)
7795	27	26	7	9	0	0	0	0	0	0
	( 20)	( 27)	( 7)	( 13)	( 3)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)
9895	16	7	2	8	6	11	0	0	0	0
	( 14)	( 11)	( 4)	( 7)	( 4)	( 10)	( 0)	( 0)	( 0)	( 0)
519	43	37	7	11	9	16	15	0	0	0
	( 36)	( 38)	( 5)	( 14)	( 7)	( 18)	( 21)	( 0)	( 0)	( 0)
9978	66	29	11	15	7	21	26	0	0	0
	( 59)	( 28)	( 6)	( 13)	( 9)	( 28)	( 32)	( 0)	( 0)	( 0)
1353	27	22	0	9	7	11	12	25	20	0
	( 28)	( 16)	( 3)	( 9)	( 4)	( 8)	( 13)	( 33)	( 21)	( 0)
1352	55	56	3	17	5	18	38	13	41	29
	( 81)	( 56)	( 3)	( 14)	( 7)	( 14)	( 24)	( 5)	( 42)	( 28)

## 4.6 Conclusies

Experimenten met empirische data tonen aan dat de schattingsfout sterk afhankelijk is van de aggregatiefactor die wordt gebruikt en toeneemt met de afstand. Voor korte afstanden (0-5 km) is de schattingsfout het kleinst en schommelt rond een Gemiddelde Relatieve Absolute Fout (MAEP) van 0.1. Voor afstanden tussen de 5 en 10 km schommelt de schattingsfout rond een MAEP van 0.15. In beide gevallen speelt de aggregatiefactor nauwelijks een rol. Voor grotere afstanden treedt een grotere gemiddelde relatieve absolute fout op, bovendien blijkt hier de schattingsfout gevoeliger voor de aggregatiefactor.

Hierbij moet worden opgemerkt dat de schattingsresultaten in praktijk slechter zullen uitvallen vanwege de volgende factoren:

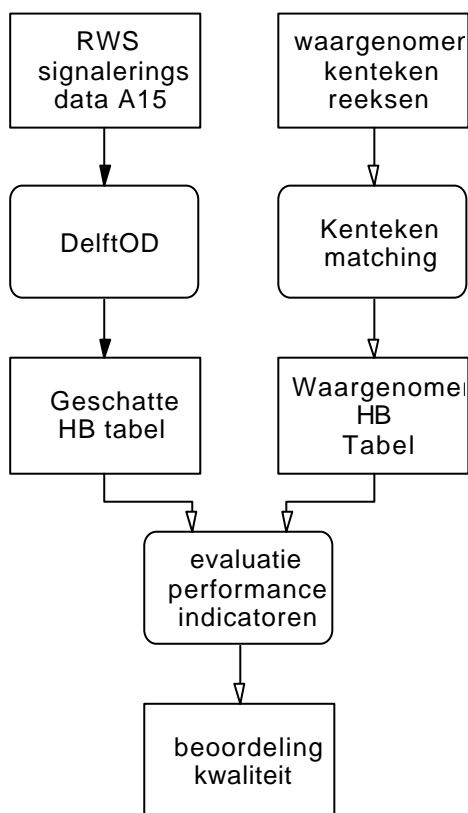
- De telgegevens die werden ontleent aan de gebruikte synthetische dataset komen exact met de synthetische netwerk stromen overeen. In de praktijk kunnen aanmerkelijke telfouten optreden.
- De snelheidsgegevens die werden gebruikt zijn eveneens nauwkeurige registraties van de gesimuleerde voertuigsnelheden. In de praktijk zullen naar alle waarschijnlijkheid grotere onnauwkeurigheden in de reistijdschattingen optreden dan het geval was bij deze simulatie studie.
- De dynamische HB-tabel die bij de generatie van de data is gebruikt betrof 10 ochtendspitsen. Tijdens de gehele simulatieperiode werden verplaatsingen via een Monte Carlo proces gegenereerd op basis van in de tijd variërende toerit-intensiteiten en *in de tijd constante* split proporties. In de praktijk kunnen split proporties in de tijd variëren, hetgeen een negatieve invloed op de schattingsnauwkeurigheid heeft.

Voor het gebruikte netwerk (een corridor op de A15 met een lengte van 22 km) blijkt een aggregatie van 2 minuten optimaal. Voor praktische toepassingen is een iets hogere aggregatiefactor aan te raden, omdat met name de schattingsfout van de reistijd in deze gevallen hoger uitvalt.

## 5 Schattingsresultaten op basis van empirische data

Naast een studie op basis van synthetische gegevens is in het huidige project ook een experiment op basis van empirische gegevens voorzien. Dit experiment is uitgevoerd op basis van enerzijds de resultaten van een kentekenonderzoek dat is uitgevoerd in opdracht van de Grontmij op de A15, en anderzijds op basis van de voertuigtellingen die uit het RWS Signaleringsysteem beschikbaar zijn.

In dit hoofdstuk wordt achtereenvolgens de schatting van de HB-tabel op basis van empirische data (sectie 5.1) en de afleiding van een HB-tabel uit de kentekenonderzoek beschreven (sectie 5.2). De vergelijking tussen beide HB-tabellen vindt plaats in sectie 5.3.



**Figuur 23:** *Opzet evaluatie op basis van empirische gegevens*

## 5.1 Het schatten van een HB-tabel op basis van signaleringsdata

Voor het schatten van een HB-tabel zijn de RWS signaleringsgegevens van twee dagen van de A15 beschikbaar. De data betreffen 1 minuut gegevens voor het etmaal van 19 mei 1998. De data zijn in ASCII formaat beschikbaar en kunnen zonder verdere in DelftOD worden ingelezen. De waargenomen intensiteiten en snelheden betreffen 1 minuut gemiddelden van zowel vracht als auto verkeer.

Omdat het hier 'ruwe' verkeersdata betreft is het controleren en prepareren van de dataset noodzakelijk. Om deze stap goed te kunnen uitvoeren bevat DelftOD een aantal functies voor het analyseren en inspecteren van data. Deze functies zijn beschreven in sectie 3.2.

Het doorlopen van het schattingsproces met signaleringsdata dient dus niet alleen om de kwaliteit van de schatting te beoordelen maar ook om de doelmatigheid van de ontwikkelde functies voor het inspecteren en prepareren van een dataset te beoordelen.

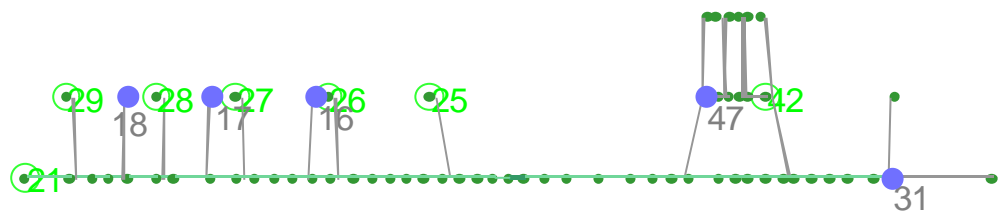
Tevens kan de onderstaande beschrijving dienen als een voorbeeld en richtlijn voor het uitvoeren van schattingen met DelftOD.

### 5.1.1 Het prepareren van de dataset

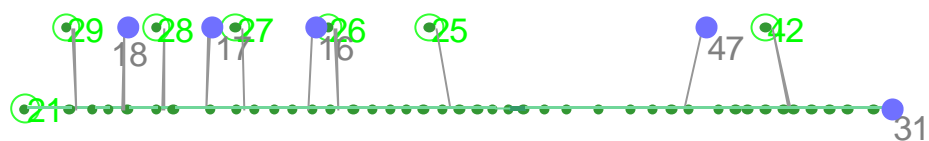
Bij het prepareren van de dataset zijn de volgende stappen gevolgd:

*Stap1: het samenvoegen van herkomsten en bestemmingen*

De topologie van het oorspronkelijke netwerk bevat acht herkomsten en negen bestemmingen. Een voorwaarde voor de toepassing van DelftOD is echter dat de 'randen' van de HB-tabel uit de aanwezige teldata kunnen worden gereproduceerd. Als dit niet het geval is moeten herkomsten of bestemmingen worden gecombineerd. De uitsplitsing naar specifieke herkomsten of bestemmingen moet dan buiten DelftOD plaatsvinden.



**Figuur 24:** *Netwerk, met aangepaste herkomsten in verband met identificeerbaarheid van de toeritintensiteiten. Herkomsten 31 en 47 hebben betrekking op combinaties van herkomsten. Bestemming 42 heeft betrekking op combinaties van bestemmingen.*



**Figuur 25:** *Netwerk, na het verwijderen van niet gebruikte schakels en knopen*

	Naar						
Van	42	25	26	27	28	29	21
31							
47							
16							
17							
18							

**Figuur 26:** *Het aantal cellen dat niet per definitie leeg is bedraagt  $5 \times 7 - 13 = 22$*

*Stap 2: het verwijderen van niet werkende lussen*

Lussen die gedurende de gehele dag ongeldige meetwaarden rapporteren zijn verwijderd uit de dataset.

*Stap 3: Het bepalen van de analyseperiode*

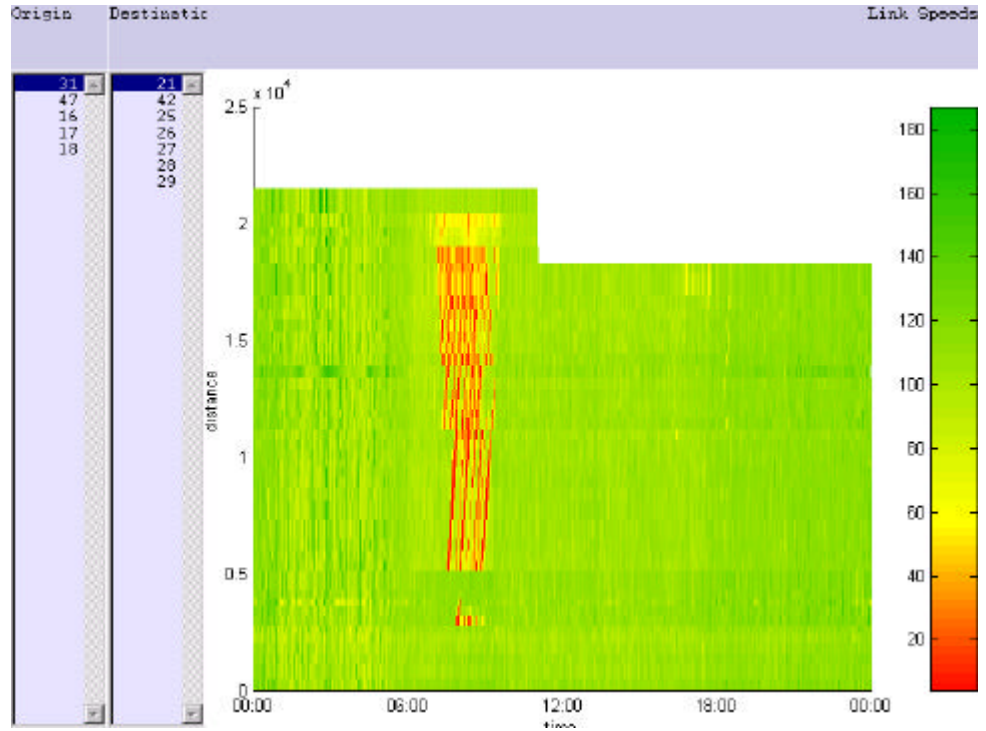
Na het verwijderen van de niet werkende lussen ziet het snelheidscontourdiagram eruit als in Figuur 27. Uit deze figuur blijkt dat voor een aantal stroomafwaartse detectoren na 11.00 geen gegevens meer beschikbaar zijn. Dit heeft als gevolg dat de schatting voor deze dag niet compleet kan worden uitgevoerd. Er is nu een keuze uit twee mogelijkheden:

- Beperk het netwerk tot het gedeelte waarvoor wel voor een volledige dag data beschikbaar zijn.
- Beperk de schatting tot de periode waarvoor voor het volledige netwerk data beschikbaar zijn (0-11.00).

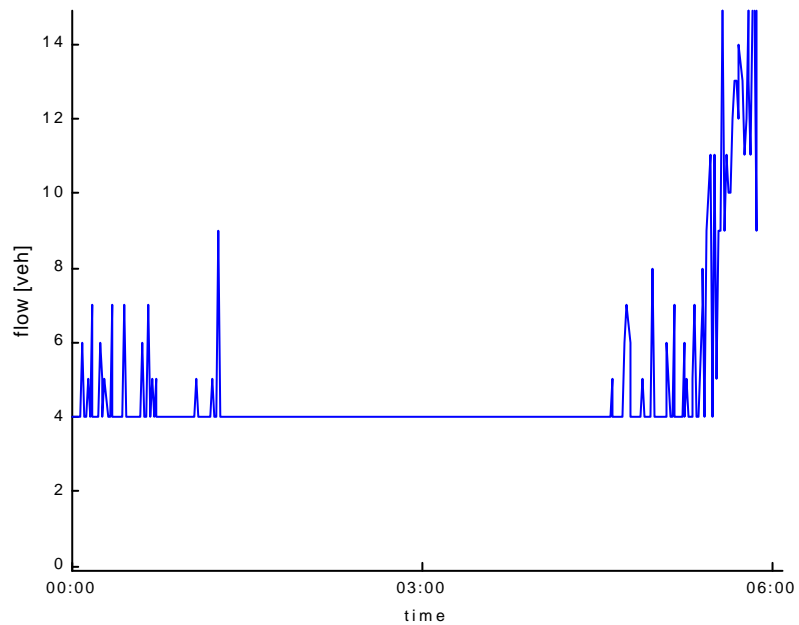
Voor de laatste optie is gekozen. Dit betekent dat een groter netwerk wordt bestreken, met een kleiner aantal periodes. Alhoewel hierdoor de nauwkeurigheid van de schatting slechter zal uitvallen, hoeven nu tenminste geen data uit het kenteken onderzoek buiten beschouwing gelaten te worden bij het beoordelen van de methode.

Voor de volledigheid zijn in appendix A de resultaten opgenomen van de schatting die is uitgevoerd op het gedeelte waarvoor de RWS signaleringsdata wel voor de volledige dag beschikbaar zijn.





**Figuur 27:** Vlekkencart van de A15 data van 19 mei.



**Figuur 28:** Voorbeeld van signaleringsdata. Het minimaal aantal gerapporteerde voertuigen per minuut is vier. Tijdens de nachtelijke uren veroorzaakt dit een grote afwijking.

Als we naar de data zelf kijken, dan zien we dat in de nachtelijke uren minimaal vier voertuigen per minuut worden gerapporteerd. Dit is een bekende eigenschap van de signaleringsdata. Dit maakt het nodig om de data van voor omstreeks 5.30 buiten beschouwing te laten bij het schatten van HB-tabellen. Naar aanleiding hiervan is de analyseperiode terug gebracht tot 5:30 - 11:00

#### *Stap 4: selectie van de te gebruiken telpunten*

Het is een bekend fenomeen dat teldata die afkomstig zijn van inductielussen relatief grote afwijkingen kunnen bevatten. Vooral indien de teldata afkomstig zijn van meerstrookswegen waar veelvuldig van strook gewisseld wordt zijn de afwijkingen groot. Vooral systematische afwijkingen hebben een versturende werking op de schattingsresultaten omdat het gebruikte model wel rekening kan houden met telfouten, maar niet met een systematische afwijking. Met andere woorden: er wordt aangenomen dat de gemiddelde telfout nul is.

Systematische afwijkingen zijn in enkele gevallen op te sporen. Indien op een ononderbroken wegsectie tenminste drie doorsneden geteld zijn, en op twee van deze telpunten ligt het totaal aantal voertuigpassages dicht bij elkaar terwijl dat van de derde sterk afwijkt, dan kan worden aangenomen dat het derde telpunt een systematische afwijking bevat.

Grote systematische afwijkingen treden in de praktijk overigens vaak in de directe nabijheid van toe- en afritten op. Indien geen waarnemingen op de toe- of afritten zelf beschikbaar zijn, zoals in de huidige dataset, is dit extra hinderlijk omdat dan de toe- of afritvolumes uit de omliggende intensiteiten worden gereconstrueerd. Op deze wijze wordt een relatief klein getal (een toe- of afritvolume) berekend uit het verschil van twee grote getallen (twee hoofdrijbaanvolumes) die bovendien grote relatieve fouten kunnen bevatten.

De kwaliteit van de data kan onder andere worden gecontroleerd door voor alle knopen de ingaande stromen met de uitgaande stromen te vergelijken. In Tabel 4 is een overzicht gegeven van de eerste resultaten uit deze controle. In de derde kolom staat het absolute verschil tussen de gemiddelde in- en uitstroom terwijl in de vierde kolom het relatieve verschil staat (0=0%, 1=100%). Door middel van arcering is aangegeven welke detectoren bij elkaar horen, in die zin dat ze op een ononderbroken wegsectie liggen. De grootste relatieve afwijking is voor het verwijderen van outliers 65%.

Uit de tabel blijkt dat detector 969 niet met detector 977 klopt terwijl 977 wel met 982 klopt. Daarom is detector 969 uit de dataset verwijderd. Op soortgelijke gronden zijn de volgende detectoren verwijderd:

969, 995, 955, 886, 911, 881

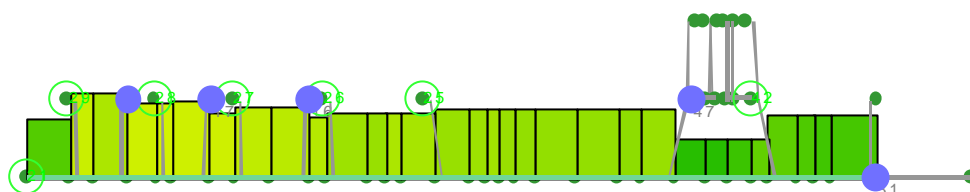
Na het verwijderen van deze loops is de grootste resterende MAEP 4.1 % en worden nog de volgende detectoren verwijderd:

794, 836, 850, 859, 943

Na het verwijderen van deze detectoren is de grootste resterende MAEP 1,08 % (op etmaal niveau). Door het weglaten van redundante detectoren is dus een foutreductie van 65% naar 1% bewerkstelligd. Helaas zijn er enkele detectoren die niet aan de hand van omliggende detectoren kunnen worden gecontroleerd. Juist deze detectoren zijn bepalend voor de bepaling van sommige van de toeritintensiteiten. Met dit voorbehoud kan gesteld worden dat na het opschonen van het detector bestand een dataset van goede kwaliteit ontstaat.

**Tabel 4:** *Resultaat van de controle op conservation of flow*

Ingaande Detector	Uitgaande detector	Gemiddelde overschot	Gemiddelde relatieve overschot
969	977	-8.70	-0.6552
977	982	0.04	0.0017
982	986	-0.10	-0.0044
986	991	0.08	0.0036
991	995	4.33	0.1973
946	952	-0.01	-0.0004
952	955	3.44	0.2594
955	958	-3.49	-0.3556
958	963	0.06	0.0042
886	890	-2.00	-0.0826
890	895	-0.09	-0.0036
895	901	0.01	0.0003
901	911	1.20	0.0455
911	917	-1.15	-0.0455
917	922	-0.09	-0.0036
922	927	0.07	0.0027
927	930	0.04	0.0015
930	934	-0.06	-0.0024
934	938	0.07	0.0026
938	943	0.94	0.0359
859	863	-0.37	-0.0157
863	867	0.06	0.0023
867	871	0.04	0.0016
871	876	-0.26	-0.0108
876	881	11.40	0.4687
836	840	-0.97	-0.0372
840	845	0.08	0.0029
845	850	1.00	0.0373
821	824	0.12	0.0041
794	797	-0.74	-0.0277
797	802	0.03	0.0012



**Figuur 29:** *Geaggregeerde intensiteit over de periode 5.30-11.15 na opschoning van de data*

*Stap 5: controle toerit- en afritintensiteiten op geaggregeerd niveau*

De volgende controle betreft de toerit- en afritintensiteiten. Deze controle wordt allereerst uitgevoerd op geaggregeerd niveau, dus over alle periodes samen. Geen van de toeritten of afritten is direct bemeten via een detector: er moet gebruik gemaakt worden van de direct stroomafwaartse en stroomopwaartse detector om deze volumes te reconstrueren. Dit gebeurt automatisch door de DelftOD software. In Tabel 5 worden ter controle de gemiddelde toe en afritvolumes weergegeven, alsmede de cumulatieve waarden. Alle getallen in de vierde en vijfde kolom moeten positief zijn, terwijl het laatste getal in de vijfde kolom gelijk moet zijn aan 0.

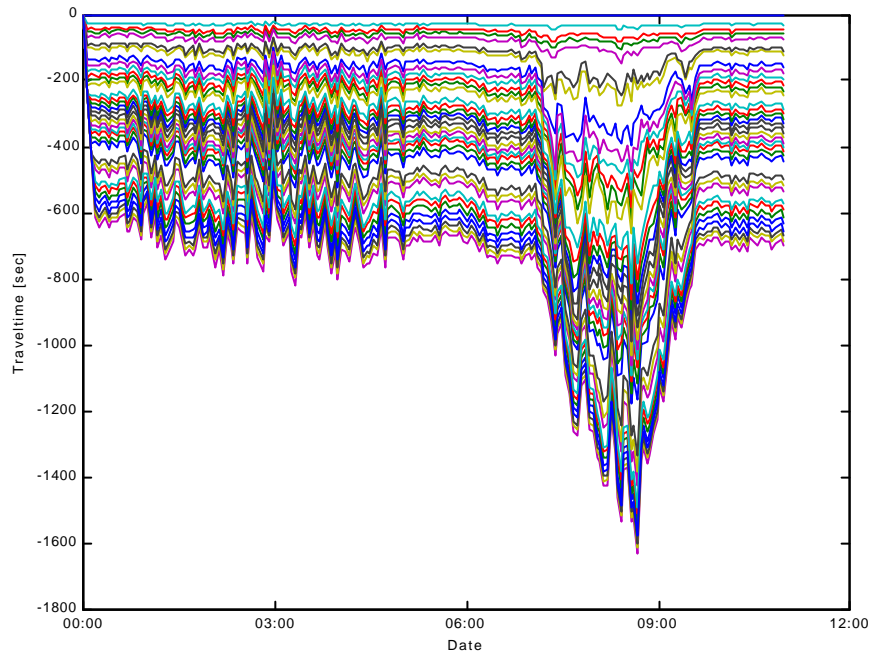
**Tabel 5:** *Berekening van toe en afritintensiteiten uit lus gegevens*

Stroom	Tel op, loop:	Trek af, loop:	Gemiddeld volume	Cumulatief
Toerit 31	977		21.98	21.98
Afrit 12	991	946	8.70	13.28
Toerit 47	890	963	13.03	26.31
Afrit 25	938	863	2.14	24.17
Afrit 26	876	855	1.24	22.93
Toerit 16	840	855	3.88	26.81
Afrit 27	845	830	2.02	24.79
Toerit 17	821	830	3.60	28.39
Afrit 28	824	812	4.11	24.28
Toerit 18	797	812	3.36	27.64
Afrit 29	802	785	7.87	19.77
Afrit 21	785		19.68	0.09

De getallen in Tabel 5 komen allemaal plausibel over. Uit het feit dat de conservation of flow voor het gehele netwerk netjes lijkt te kloppen mogen echter geen conclusies worden getrokken: uit de manier waarop toe- en afritintensiteiten zijn berekend volgt dat de conservation of flow voor het gehele netwerk per definitie klopt (op kleine verschillen in gemeten intensiteiten binnen dezelfde schakels na). Het feit dat voor geen enkele toerit een negatief volume is berekend is een noodzakelijke voorwaarde waaraan in dit geval wordt voldaan.

### Stap 6: Controle van de berekende reistijden

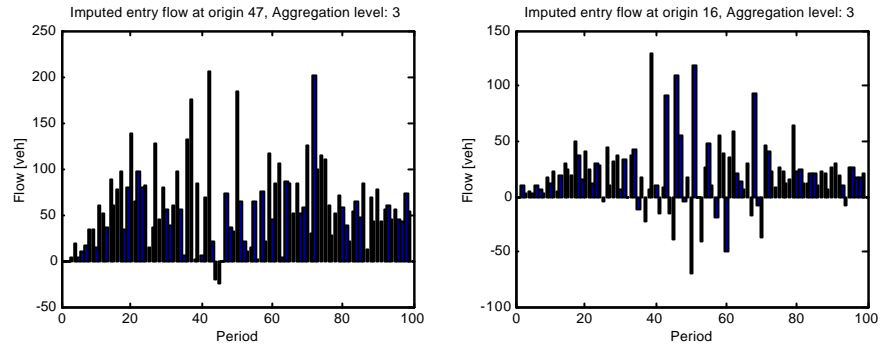
De volgende controle is die van de berekende reistijden. Deze zijn geplot in Figuur. Uit de figuur blijkt dat de reistijden variëren tussen 600 seconden (10 minuten) en 1600 seconden (26 minuten). Voor een netwerk met een grootste onderlinge afstand tussen twee detectoren van 21.6 km zijn dit plausible waarden. De grootste reistijden op dit traject treden op rond kwart voor negen.



**Figuur 30:** Reistijd t.o.v. de referentiedetector als functie van de aankomsttijd in deze locatie

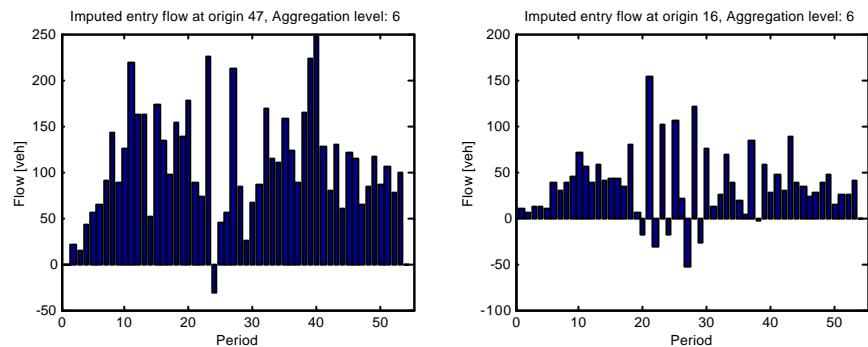
### Stap 7: Controle toerit- en afritintensiteiten op gededageerd niveau

Nadat de reistijden zijn berekend, kunnen ook de tijdseries van niet direct waargenomen toeritvolumes worden berekend. Deze volumes worden door de DelftOD software 'geïmputeerd' door het toepassen van het conservation of flow principe. Ook in dit geval moet weer gelden dat de berekende toeritintensiteiten voor alle periodes positief moet zijn. Figuur 31 toont voor twee van de vijf toeritten de berekende volumes bij een aggregatiefactor van 3. Hierbij zijn bewust het 'beste' en het 'slechtste' geval geselecteerd, waarbij 'slecht' betekent dat er relatief veel periodes met negatieve toeritvolumes zijn.



**Figuur 31:** *Berekend toeritvolume bij een aggregatiefactor 3 voor het ‘beste’ (toerit 47) en het ‘slechtste’ (toerit 16) geval.*

Figuur 32 toont voor dezelfde twee toeritten de berekende volumes bij een aggregatiefactor van 6. In vergelijking met Figuur 31 zijn het aantal relatief aantal periodes met negatieve volumes duidelijk afgenomen.



**Figuur 32:** *Berekend toeritvolume bij een aggregatiefactor 6 voor het ‘beste’ (toerit 47) en het ‘slechtste’ (toerit 16) geval.*

Uit de twee bovenstaande figuren blijkt dat de keuze voor een aggregatie periode van 3 periodes voor wat betreft de bepaling van de HB-cellen met herkomst 16 minder gunstig lijkt.

Er zijn overigens geen theoretisch gronden om te veronderstellen dat het gebruikte schattingsmodel meer gevoelig is voor meetfouten die negatieve geïmputeerde toeritvolumes tot gevolg hebben dan andere meetfouten van dezelfde grootte.

Het is echter zo dat de gebruikte schattingsmethode de negatieve toeritvolumes door nullen vervangt. Dit kan een vertekening opleveren, omdat negatieve toeritvolumes in een bepaalde periode meestal een gevolg zijn van een onderschatting van het volume die in de daaropvolgende periodes weer gecorrigeerd wordt. Door nu de onderschatting te corrigeren en de overschatting ongemoeid te laten zou een vertekening kunnen ontstaan, waarbij het volume van de desbetreffende toerit systematisch overschat wordt.

In het onderstaande zal de HB schatting zowel op basis van 3-minuut aggregatie als op basis van 6-minuut aggregatie worden uitgevoerd.

*Stap 8A: Het berekenen van de HB-tabel, aggregatiefactor 3*

Voor de HB-tabel schatting selecteren we de periode tussen 5.30 en 11.00, en moeten we een aggregatie factor kiezen en kiezen we een aggregatiefactor van 3. Het aantal tijdsintervallen bedraagt nu 100. De schatting wordt uitgevoerd met de parameter waarden uit Tabel 6.

*Stap 8B: Het berekenen van de HB-tabel, aggregatiefactor 6*

Ter vergelijking zijn de gegevens uit bovenstaande tabellen nog eens herberekend met een aggregatiefactor van 6. Ook in dit geval gebruiken we de periode tussen 5.30 en 11.00. Dit resulteert in een dataset met 54 tijdsintervallen. De schatting wordt uitgevoerd met de parameter waarden uit Tabel 6.

*Stap 9A: Controle van de geschatte intensiteiten, aggregatiefactor 3*

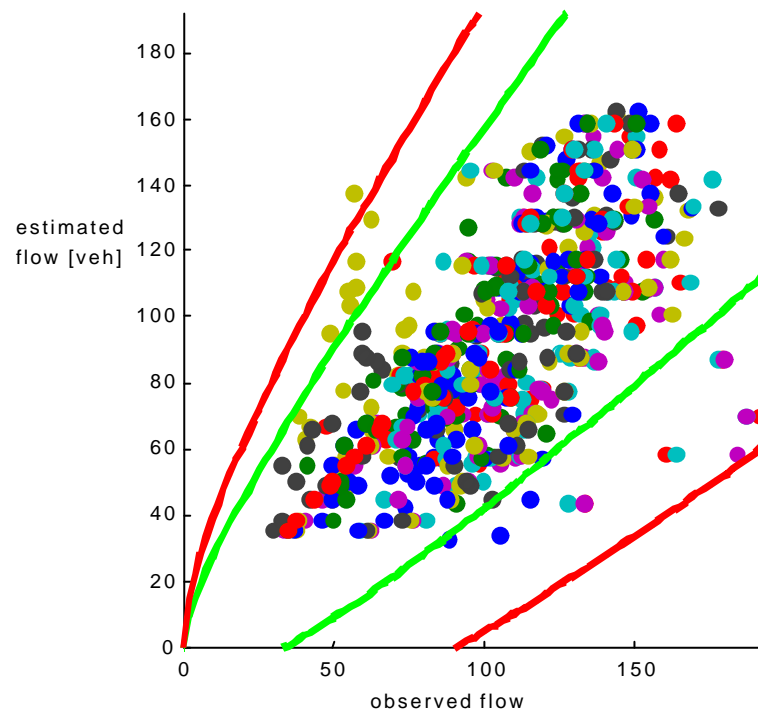
Vervolgens controleren we of de geschatte matrix de waargenomen intensiteiten reproduceert. Dit is te zien in Figuur 33. De verschillen tussen geschatte en waargenomen intensiteiten (op 3 minuut gedesaggregeerd niveau) kunnen als tamelijk groot beoordeeld worden. Dit is een aanwijzing voor het feit dat er geen dynamische matrix is die goed past op alle tellingen tegelijk, hetgeen weer wijst op inconsistentie in de data. Het grootste probleem zit vermoedelijk in de reistijdschatting. Deze is gebaseerd op een gemiddelde snelheid van personen en vrachtverkeer. In werkelijkheid houden beide categorieën verkeer een andere snelheid aan. Hierdoor zijn voor de langere afstand de intensiteiten moeilijk te beschrijven aan de hand van splitproporties en een gemiddelde snelheid alleen. Ter illustratie: op een traject 22km wordt bij 80 km/h in 16 minuten en 30 seconden afgelegd. Bij 100 km/h is dit 13 minuten en 12 seconden en bij 120 km/h is dit 11 minuten. Voor een gedeelte is het probleem op te lossen door een hogere aggregatie periode te gebruiken.

*Stap 9B: Controle van de geschatte intensiteiten, aggregatiefactor 6*

Het voornaamste effect hiervan is dat nu een betere overeenkomst ontstaat tussen de geschatte en de waargenomen intensiteiten (zie Figuur 34). Dit heeft waarschijnlijk als reden dat op een meer 6 minuut geaggregeerd niveau er een betere consistentie tussen de telgegevens bestaat dan op 3 minuut aggregatie niveau. Het wil echter niet zeggen dat de geschatte splitproporties op basis van een aggregatiefactor van 6 ook beter zijn dan degene die zijn berekend op basis van een aggregatiefactor van 3. Met name het beperkt aantal beschikbare periodes (54) in vergelijking met het aantal onbekenden (22) is hier een reden voor.

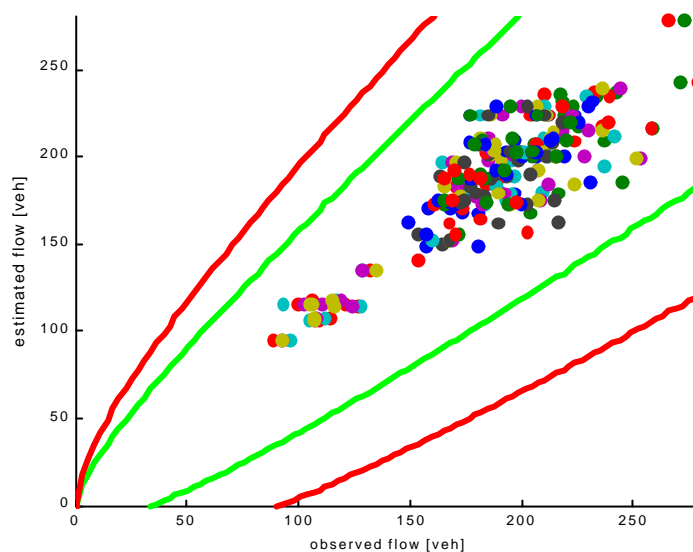
**Tabel 6:** *Gebruikte instellingen bij de berekening van Tabel 7.*

Parameter	Instelling
Periode	19 Mei, 5:30-11:00
PostProces	1
startafter	0
CovMthd	4
Betha	0.001
ChangeRate	0.01
Trunc	0



**Figuur 33:** *Geschatte versus waargenomen schakel intensiteiten tussen 10.00 en 11.00 uur*



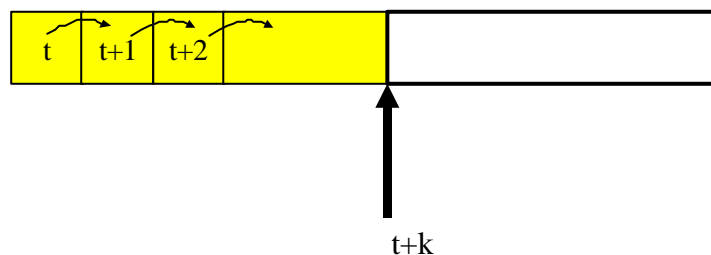


**Figuur 34:** *Geschatte versus waargenomen schakel intensiteiten tussen 10.00 en 11.00 uur, berekend op basis van een aggregatiefactor 6*

### 5.1.2 De schattingsresultaten op basis van empirische teldata bij toepassing van filtering

- De DelftOD software kan op twee manieren worden toegepast: in de filtering mode of in
- de smoothing mode.

In de filtering mode worden alleen data van periode 1 tot en met  $t$  gebruikt om de matrix voor periode  $t$  te schatten (zie Figuur 35). In de smoothing mode worden voor het schatten van een HB matrix voor een bepaalde periode de data van *alle* periodes gebruikt. Filtering is een techniek die met name bij on-line toepassingen gebruikt wordt, terwijl smoothing alleen off-line gebruikt kan worden.

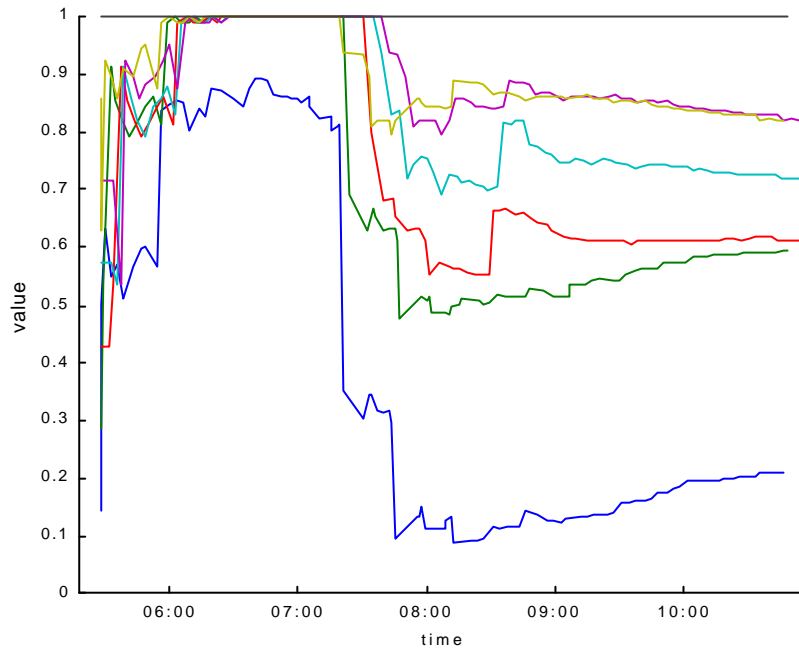


**Figuur 35:** *Filtering: Het schatten van de toestand op basis van alle voorgaande waarnemingen*

In deze sectie worden de resultaten van DelftOD in de ‘Filter’ mode beschreven. De resultaten van het smoothen zijn terug te vinden in de volgende sectie.

*De gefilterde HB-tabel, aggregatiefactor 3*

De geschatte split proporties voor het eerste entrypoint (herkomst 31) zijn geplot in Figuur 36. Voor de andere herkomsten zijn soortgelijke plots te tekenen. Aan de plot is te zien dat omstreeks 8 uur (dus na 50 periodes van 3 minuten) de schatting stabiliseert. Voor dit tijdstip zijn de schattingen nog niet betrouwbaar. Dit is overigens op te lossen met een aanpassing van het model, die inhoudt dat de schatting op tijdstip  $t$  niet alleen gebaseerd is op data van periodes  $\{1,2,\dots,t\}$  maar ook op data uit de periodes  $\{t+1, t+2,\dots,t_N\}$ . Deze aanpassing heeft inmiddels plaatsgevonden. De bijbehorende schattingsresultaten zijn terug te vinden in de volgende sectie.



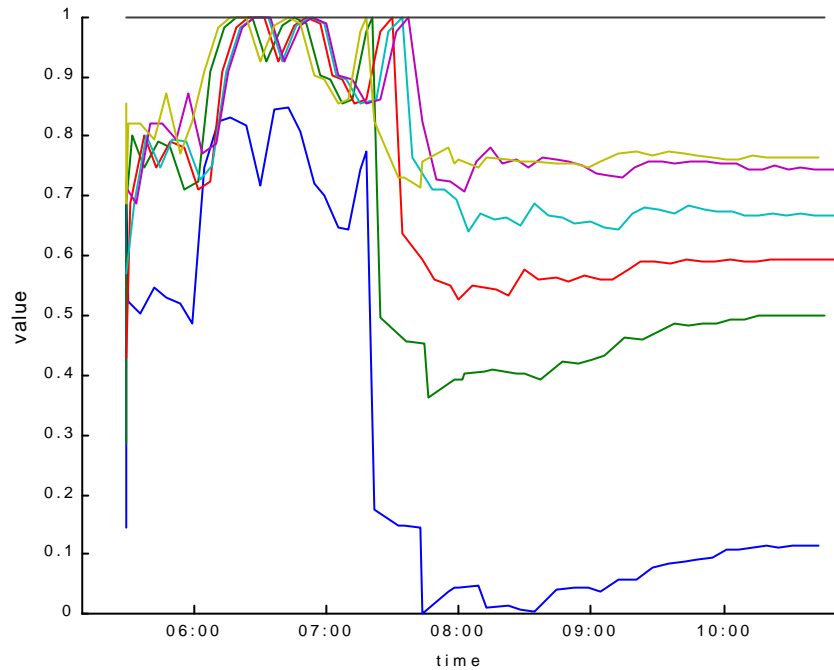
**Figuur 36:** *Spitproporties uit herkomst 31, cumulatief geplot als functie van de tijd, berekend op basis van 3 minuut geaggregeerde data. Het verschil tussen lijn  $N$  en lijn  $N-1$  correspondeert met de split proportie voor relatie  $N$ .*

**Tabel 7:** *Berekende split proportie op 11.00, berekening op basis van aggregatiefactor 3.*

VAN	NAAR						
	42	25	26	27	28	29	21
31	0.39	0.02	0.11	0.10	0.00	0.18	0.21
47		0.28	0.00	0.00	0.05	0.17	0.51
16				0.12	0.10	0.39	0.39
17					0.00	0.00	1.00
18						0.00	1.00

*De geschatte HB-tabel, aggregatiefactor 6*

Het tijdsafhankelijke beeld van de splitproporties (Figuur 37) verschilt niet belangrijk tussen de twee aggregatiefactoren. Ook het eindbeeld (Tabel 8) komt redelijk overeen.



**Figuur 37:** *Splitproporties uit herkomst 31, cumulatief geplot als functie van de tijd, berekend op basis van 6 minuut geaggregeerde data. Het verschil tussen lijn N en lijn N-1 correspondeert met de split proportie voor relatie N.*

**Tabel 8:** *Berekende split proportie op 11.00, berekening op basis van aggregatiefactor 6.*

VAN	NAAR						
	42	25	26	27	28	29	21
31	0.39	0.09	0.08	0.08	0.02	0.24	0.11
47		0.08	0.00	0.00	0.00	0.08	0.84
16				0.22	0.03	0.29	0.46
17					0.00	0.00	1.00
18						0.15	0.85

Zonder de berekende HB-tabel te vergelijken met een werkelijk waargenomen HB tabel is het niet mogelijk om een bovengrens voor de opgetreden fout te bepalen. Het bepalen van een ondergrens voor deze fout is echter wel tot op zekere hoogte mogelijk, door de twee *berekende* HB-tabellen met elkaar te vergelijken. In Tabel 9 is het verschil tussen de twee berekende HB tabellen afgedrukt. Uit deze tabel blijkt dat voor herkomst 31 en 17 de resultaten goed tot zeer goed overeenkomen en dat dit voor de andere herkomsten minder het geval is. Voor herkomst 17 geldt echter

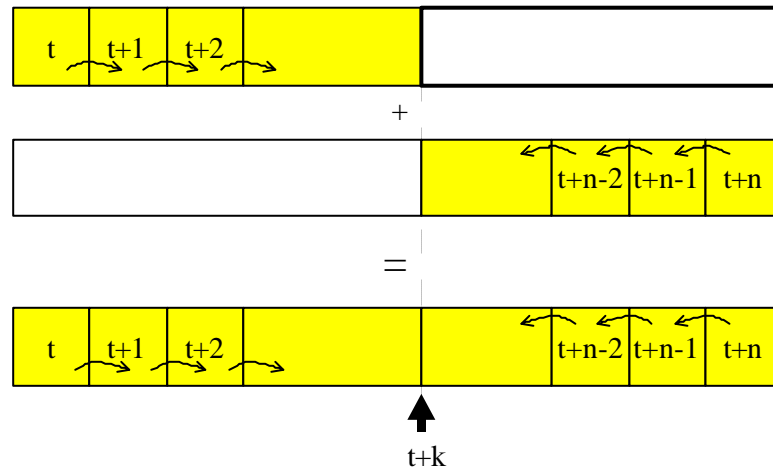
dat beide schattingen 100% van het verkeer naar bestemming 21 laten gaan. De overeenkomst tussen de twee schattingen is daarom in dit geval minder veelzeggend. Herkomst 31 is toevallig of niet de enige herkomst waarvoor het toeritvolume direct wordt waargenomen en dus niet wordt gereconstrueerd uit telgegevens van omliggende wegvakken.

**Tabel 9:** *Verschiltabel: Berekende split proportie op 11.00, berekening op basis van aggregatiefactor 6 - Berekende split proportie op 11.00, berekening op basis van aggregatiefactor 3. Gemiddelde absolute afwijking: 0.0732*

VAN	NAAR						
	42	25	26	27	28	29	21
31	0.00	0.07	-0.03	-0.02	0.02	0.06	-0.10
47		-0.20	0.00	0.00	-0.05	-0.09	0.33
16				0.10	-0.07	-0.10	0.07
17					0.00	0.00	0.00
18						0.15	-0.15

### 5.1.3 De schattingsresultaten op basis van empirische teldata bij toepassing van smoothing

In de smoothing mode worden voor het schatten van een HB matrix voor een bepaalde periode de data van *alle* periodes gebruikt (zie Figuur 38). Dit leidt tot schattingsresultaten die beter zijn dan met wat filteren kan worden bereikt.

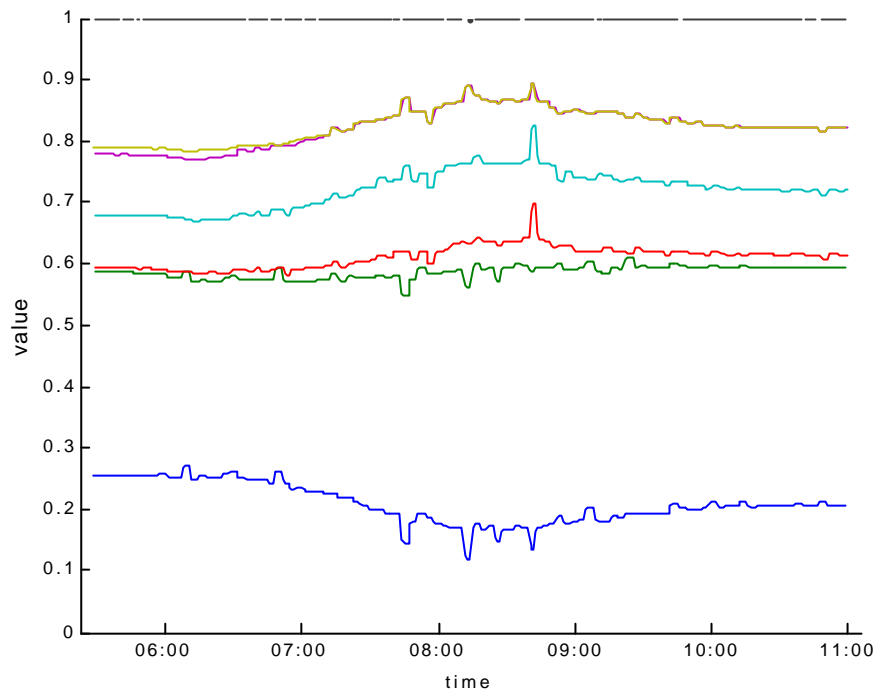


**Figuur 38:** *Smoothing: het schatten van de toestand op basis van alle voorgaande en opvolgende waarnemingen*

In deze sectie worden de resultaten van DelftOD in de ‘Smooth’ mode beschreven. De resultaten van het filteren zijn terug te vinden in de vorige sectie.

*De gesmoothde HB-tabel, aggregatiefactor 3*

De gesmoothde split proporties voor het eerste entrypoint (herkomst 31) zijn geplott in Figuur 39. De gemiddelde split-periodes over de periode 5:50-9:30 zijn opgenomen in Tabel 10. De periode 5:50-9:30 komt overeen met de periode waarvoor een kenteken onderzoek beschikbaar is.



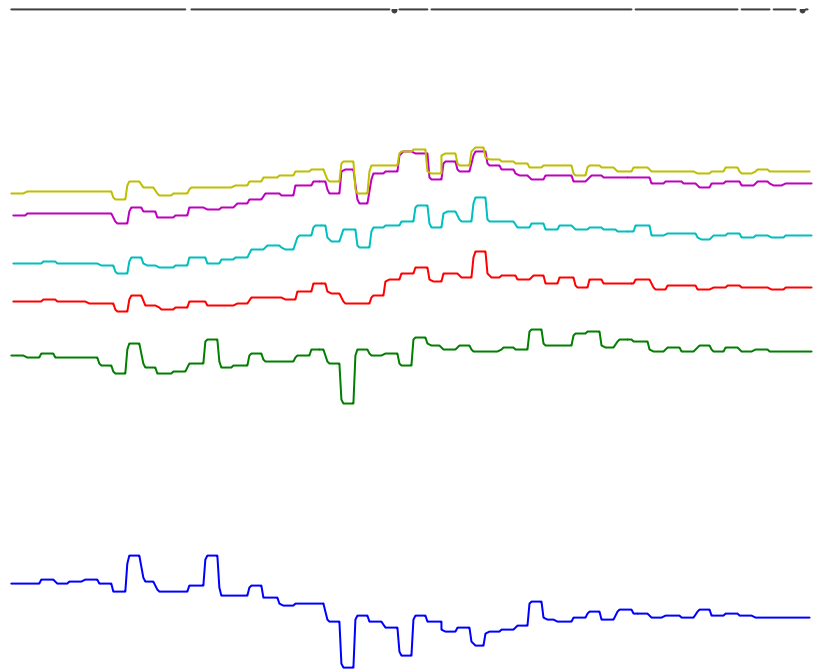
**Figuur 39:** *Splitproporties uit herkomst 31, cumulatief geplott als functie van de tijd, gesmoothed op basis van 3 minuut geaggregeerde data. Het verschil tussen lijn N en lijn N-1 correspondeert met de split proportie voor relatie N.*

**Tabel 10:** *Gesmoothde split proportie voor de periode 5:50-9:30, berekening op basis van aggregatiefactor 3.*

VAN	NAAR						
	42	25	26	27	28	29	21
31	0.38	0.03	0.11	0.10	0.00	0.17	0.21
47		0.27	0.00	0.00	0.04	0.17	0.52
16				0.11	0.10	0.39	0.39
17					0.00	0.00	1.00
18						0.00	1.00

*De geschatte HB-tabel, aggregatiefactor 6*

Wanneer de split-proporties worden herberekend op basis van een aggregatiefactor van 6 periodes is een soortgelijk beeld te zien (zie Figuur 40). Ook het gemiddelde over de periode 5:50-9:30 (Tabel 11) komt redelijk overeen.



**Figuur 40:** *Splitproporties uit herkomst 31, cumulatief geplot als functie van de tijd, gesmoothed op basis van 6 minuut geaggregeerde data. Het verschil tussen lijn  $N$  en lijn  $N-1$  correspondeert met de split proportie voor relatie  $N$ .*

**Tabel 11:** *Gesmoothde split proportie tussen 5:50 en 9:30, berekening op basis van aggregatiefactor 6.*

VAN	NAAR						
	42	25	26	27	28	29	21
31	0.37	0.10	0.07	0.08	0.02	0.24	0.12
47		0.06	0.00	0.00	0.00	0.09	0.85
16				0.21	0.03	0.29	0.46
17					0.00	0.00	1.00
18						0.14	0.86

Ook in dit geval kan weer een ondergrens voor de schattingsfout worden bepaald door de twee *berekende* HB-tabellen met elkaar te vergelijken. In Tabel 12 is het verschil tussen de twee berekende HB tabellen afgedrukt. Uit deze tabel blijkt dat voor alle relaties de resultaten redelijk met elkaar overeenkomen.

**Tabel 12:** *Verschiltabel: Gesmoothde split proportie gedurende de periode 5:50-9:30, berekening op basis van aggregatiefactor 6 - Gesmoothde split proportie op gedurende de periode 5:50-9:30, berekening op basis van aggregatiefactor 3. Gemiddelde absolute afwijking: 0.0727*

VAN	NAAR						
	42	25	26	27	28	29	21
31	-0.01	0.07	-0.04	-0.02	0.02	0.07	-0.09
47		-0.21	0.00	0.00	-0.04	-0.08	0.33
16				0.10	-0.07	-0.10	0.07
17					0.00	0.00	0.00
18					0.14	-0.14	

### 5.1.4 Het schatten van een HB-tabel op basis van signaleringsdata: conclusies

Samenvattend kan worden gezegd dat de dataset na het opschonen van de verzameling gebruikte detectoren van een redelijke kwaliteit is, maar dat het ontbreken van waarnemingen van toeristen en afritten een belangrijk gemis is.

Op deze wijze worden de relatief kleine toe- en afritvolumes steeds berekend uit het verschil van twee grote getallen (twee hoofdrijbaanvolumes) die bovendien grote relatieve fouten kunnen bevatten. Hierdoor is het nodig een tamelijk hoge aggregatiefactor te gebruiken waardoor het aantal waarnemingen belangrijk vermindert.

Een ander probleem is dat de verschillende categorieën verkeer niet apart worden waargenomen. Hierdoor is het nodig om uit te gaan van een gemiddelde snelheid die voor beide categorieën geldt.

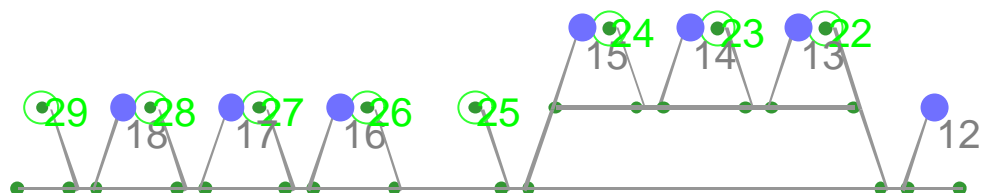
Er zijn matrices geschat door middel van filtering en smoothing en op basis van aggregatiefactoren van 3 en 6. In deze range van aggregatiefactoren blijkt de schatting weinig gevoelig voor de aggregatiefactor (De gemiddelde absolute afwijking bedraagt 7% met uitschieters naar 20%).

Een andere factor die voor verbetering vatbaar is ligt in de schattingsmethode zelf en betreft de gebruikte reistijd schatter. Het blijkt dat op een aggregatieniveau van drie minuten de data niet consistent te krijgen zijn. Dit ligt voor een belangrijk deel aan de gebruikte reistijden (die in de methode geschat zijn). Bij een aggregatiefactor van 6 minuten treedt een veel betere consistentie op. Toch zal volledige consistentie nooit bereikt worden omdat er een spreiding bestaat in de gerealiseerde reistijden van de verschillende weggebruikers.

De schatting kan sterk verbeterd worden wanneer data van meerdere dagen worden gebruikt, zodat een grotere dataset ontstaat. In het meest gunstigste geval geldt dat bij elke verdubbeling van het aantal beschikbare perioden de schattingsfout, uitgedrukt in de Mean Squared Error, halveert.

## 5.2 Het schatten van een HB-tabel op basis van een kentekenonderzoek

Om de kwaliteit van de geschatte matrix te beoordelen, zal deze matrix worden vergeleken met een waargenomen matrix op basis van een kentekenonderzoek. Daartoe zijn door Grontmij gegevens ter beschikking gesteld.

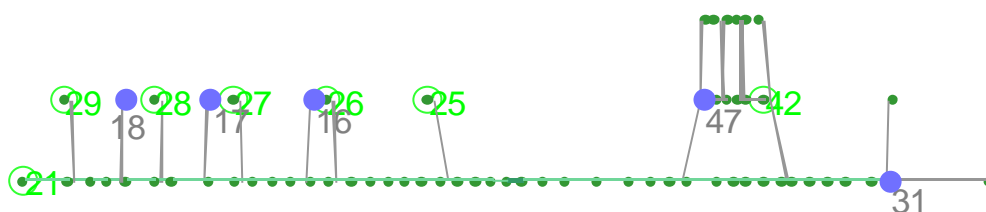


**Figuur 41:** Lay-out van het netwerk waarvoor een kentekenonderzoek beschikbaar is.

In appendix B is beschreven op welke wijze uit het kenteken onderzoek een HB tabel is afgeleid. Voor de ochtend en avondspits zijn aparte analyses uitgevoerd. In verband met de vergelijkbaarheid met de geschatte HB tabellen zijn deze op verschillende netwerken uitgevoerd.

### 5.2.1 Kenteken matrix ochtendspits

Het netwerk dat voor de ochtendspits is gebruikt is te zien in Figuur 42. De resulterende HB- en splitproportiematrices zijn te zien in Tabel 13 en Tabel 14. De cursief gedrukte waardes betreffen getallen die niet direct waargenomen zijn, maar zijn gereconstrueerd uit waargenomen celwaardes en randtotalen. Deze waarden moeten daarom als indicaties beschouwd worden.



**Figuur 42:** Network, waarop de schatting voor de ochtendspits is uitgevoerd.



**Tabel 13:** *HB matrix op basis van kentekenonderzoek, ochtendspits (Periode: 5:50-9:30). Cursief gedrukte getallen betreffen indicatieve waardes.*

H/B	42	25	26	27	28	29	21
31	3986	173	203	161	393	1184	2112
47		75	110	84	1	611	3053
16				68	2	324	1118
17					1	339	1009
18						490	1492

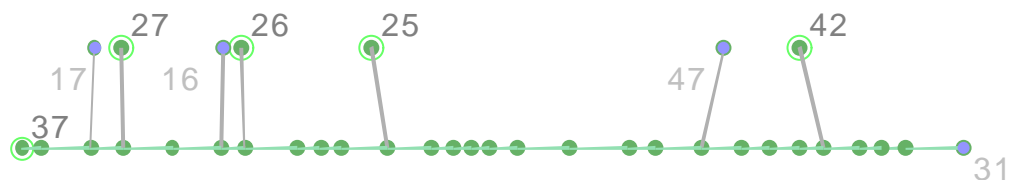
**Tabel 14:** *Corresponderende split proporties in procenten. Cursief gedrukte getallen betreffen indicatieve waardes.*

H/B	42	25	26	27	28	29	21
31	49	2	2	2	5	14	26
47		2	3	2	0	16	78
16				4	0	21	74
17					0	25	75
18						25	75

De analyse is gebaseerd op de aanname dat het aantal foutieve of incomplete waarnemingen 5% bedraagt. Hiervoor is een ophoging toegepast. Er is geen poging gedaan om te corrigeren voor foutieve waarnemingen door bijvoorbeeld gedeeltelijk met elkaar overeenkomende kentekens aan elkaar gelijk te verklaren.

### 5.2.2 Kenteken matrix avondspits

Het netwerk dat voor de ochtendspits is gebruikt is te zien in Figuur 43. De resulterende HB- en splitproportiematrices zijn te zien in Tabel 15 en Tabel 16. De cursief gedrukte waardes betreffen wederom getallen die niet direct waargenomen zijn, maar zijn gereconstrueerd uit waargenomen celwaardes en randtotalen.



**Figuur 43:** *Gereduceerde versie van het avondspits netwerk*

**Tabel 15:** *HB matrix op basis van kentekenonderzoek, avondspits (Periode: 15:20-18:32). Cursief gedrukte getallen betreffen indicatieve waarden.*

<b>H/B</b>	<b>42</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>37</b>
<b>31</b>	2879	100	261	285	3380
<b>47</b>		48	189	150	3707
<b>16</b>				85	1109
<b>17</b>					1023

**Tabel 16:** *Corresponderende split proporties in procenten. Cursief gedrukte getallen betreffen indicatieve waarden.*

<b>H/B</b>	<b>42</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>37</b>
<b>31</b>	42	1	4	4	49
<b>47</b>		1	5	4	91
<b>16</b>				7	93
<b>17</b>					100

De analyse is gebaseerd op de aanname dat het aantal foutieve of incomplete waarnemingen 5% bedraagt. Hiervoor is een ophoging toegepast. Er is geen poging gedaan om te corrigeren voor foutieve waarnemingen door bijvoorbeeld gedeeltelijk met elkaar overeenkomende kentekens aan elkaar gelijk te verklaren.

### **5.2.3 Vergelijking tussen kentekenmatrix met- en zonder gelijkverklaringsprocedure**

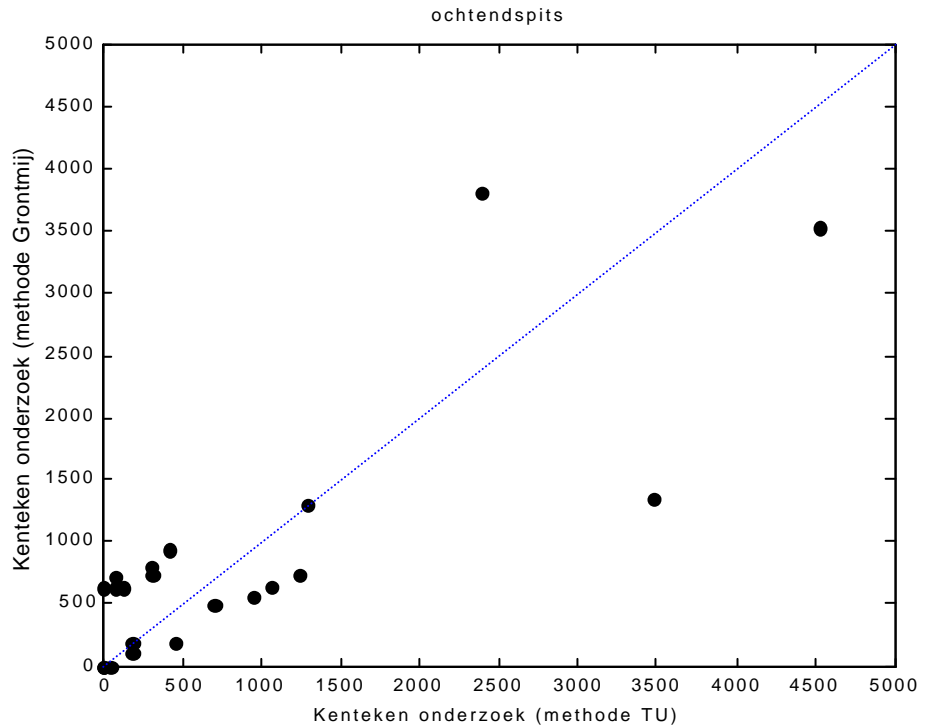
Bij een eerdere gelegenheid is reeds een analyse op hetzelfde bestand uitgevoerd [Grontmij i.o.v. Rijkswaterstaat Zuid-Holland (1998)]. Daarbij is gebruik gemaakt van een *gelijkverklaringsprocedure*. Het is interessant om de twee matrices met elkaar te vergelijken (zie Tabel 26). Hierbij valt op dat het totaal aantal geschatte ritten tussen herkomsten en bestemmingen met waarnemingsposten na het toepassen van de gelijkverklaringsprocedure met een factor 2 a 3 is gestegen is gestegen.

Om de twee analyses bij benadering met elkaar in overeenkomst te brengen zou in de TU analyse de aanname over het aantal incomplete of foutieve waarnemingen moeten worden verhoogd van 5% tot 33 a 45% (resultierend in een stijging van de ophoogfactor van 1.11 naar 2.22, respectievelijk 3.31).

**Tabel 17:** *Geschatte split proporties op basis van het kenteken onderzoek op basis van de TU methode (TU), en de door de Grontmij berekende waardes (G). Het betreft de ochtendspits. De getallen in de kolom 'totaal aantal voertuigen' (Tot. Vtg.) is ontleend aan detector tellingen.*

H/B		42	25	26	27	28	29	21	Tot. Vtg.
31	TU	49	2	2	2	5	14	26	9250
	G	38	1	2	2	2	14	41	
47	TU		2	3	2	0	16	78	4464
	G		16	14	14	14	11	30	
16	TU				4	0	21	74	1434
	G				0	0	56	44	
17	TU					0	25	75	1272
	G					0	57	43	
18	TU						25	75	1660
	G						56	44	

Het gemiddelde absolute verschil van de HB-celwaardes, gerelateerd aan de gemiddelde celwaarde, zoals berekend volgens formule (1) op pagina 32 bedraagt 57%.



**Figuur 44:** *Correspondentie tussen de resultaten van het kenteken onderzoek (methode TU) en de resultaten van het kenteken onderzoek (methode Grontmij). De gemiddelde relatieve afwijking (zie formule (1)) bedraagt 57%*

Een conclusie die uit het bovenstaande getrokken kan worden is dat in dit geval ook na het uitvoeren van een kenteken onderzoek een grote mate van onzekerheid blijft bestaan omtrent de werkelijk optredende HB matrix. Dit komt doordat de nauwkeurigheid waarmee kentekens in het veld worden waargenomen van plaats tot plaats en persoon tot persoon sterk verschillen, en moeilijk kan worden ingeschat. Juist deze nauwkeurigheid is een belangrijke invoer variabele voor de analyse van de kentekens die uiteindelijk in een geschatte HB-tabel resulteert.

### 5.3 Vergelijking van de geschatte HB tabel en de HB tabel uit kenteken gegevens

Voor de vergelijking van de van de geschatte split proporties met de DelftOD schatter is uitgegaan van de berekende waardes op basis van een aggregatiefactor van 6 (zie Tabel 11).

#### 5.3.1 Vergelijking voor de ochtendspits

In de onderstaande tabel zijn voor de ochtendspits de waardes gegeven voor respectievelijk de methode DelftOD, de resultaten van de kenteken analyse van de TU (zie appendix B) en de resultaten van de kenteken analyse van de Grontmij.

**Tabel 18:** *Met DelftOD geschatte split proporties op basis van telgegevens van de ochtendspits (DOD), geschatte split proporties op basis van het kenteken onderzoek op basis van de TU methode (TU), en de door de Grontmij berekende waardes (G).*

H/B		42	25	26	27	28	29	21	Tot.Vtg.
31	DOD	37	10	7	8	2	24	12	9250
	TU	49	2	2	2	5	14	26	
	G	38	1	2	2	2	14	41	
47	DOD		6	0	0	0	9	85	4464
	TU		2	3	2	0	16	78	
	G		16	14	14	14	11	30	
16	DOD				21	3	29	46	1434
	TU				4	0	21	74	
	G				0	0	56	44	
17	DOD					0	0	10 0	1272
	TU					0	25	75	
	G					0	57	43	
18	DOD						14	86	1660
	TU						25	75	
	G						56	44	

Het valt op dat de doorgaande lange afstandsverplaatsingen 31-12 door DelftOD relatief laag worden ingeschat (12%, tegen respectievelijk 26% voor het

kentekenonderzoek, methode TU en 41% voor het kenteken onderzoek, methode Grontmij). De lange afstandsverplaatsing 31-29 wordt daarentegen weer overschat.

De verschillen tussen de gevonden HB-tabellen kunnen kwantitatief worden beoordeeld met behulp van de foutmaat volgens formule (1) op pagina 32. Dit betreft de Mean Absolute Error Proportional van twee HB-matrices en wordt berekend als :

$$\text{MAEP} = \overline{\text{abs}(y - \hat{y})} / \bar{y} \quad (2)$$

De resultaten van deze berekening zijn te zien in Tabel 19. De verschillen zijn aanzienlijk. Dit is voor een deel te wijten aan het feit dat bij enkele zware relaties, grote verschillen tussen de diverse schattingen optreden, terwijl de gemiddelde celgrootte klein is.

**Tabel 19:** *Gemiddeld absolute verschil tussen de HB-tabel geschat met DelftOD en de twee referentie tabellen voor de ochtendspits*

MAEP (HB-cellen)			
Methode:	DOD	TU	G
DOD	0%	45%	78%
TU		0%	57%
G			0%

Een andere manier om de fouten te beoordelen is door te kijken naar de verschillen in de geschatte splitproporties. Deze verschillen kunnen kwantitatief worden beoordeeld aan de hand van het Mean Absolute Error van de split proporties, berekend als :

$$\text{MAE} = \sum_{k=1}^N \frac{1}{N} \text{abs}(y_k - \hat{y}_k) \quad (3)$$

De resultaten van deze berekening zijn te zien in Tabel 20.

De met DelftOD geschatte HB-tabel voor de ochtendspits komt matig overeen met de referentie tabel die werd opgesteld met de methode TU en slecht met de referentietabel die werd opgesteld met de methode Grontmij. De gemiddelde absolute afwijking van de splitproporties bedraagt 9.5%, bij een gemiddelde split proportie van 23%. De gemiddelde split proportie is te berekenen door het aantal herkomsten (5) te delen door het aantal relaties (22). De gemiddelde relatieve afwijking van de geschatte HB-matrix bedraagt 45%.

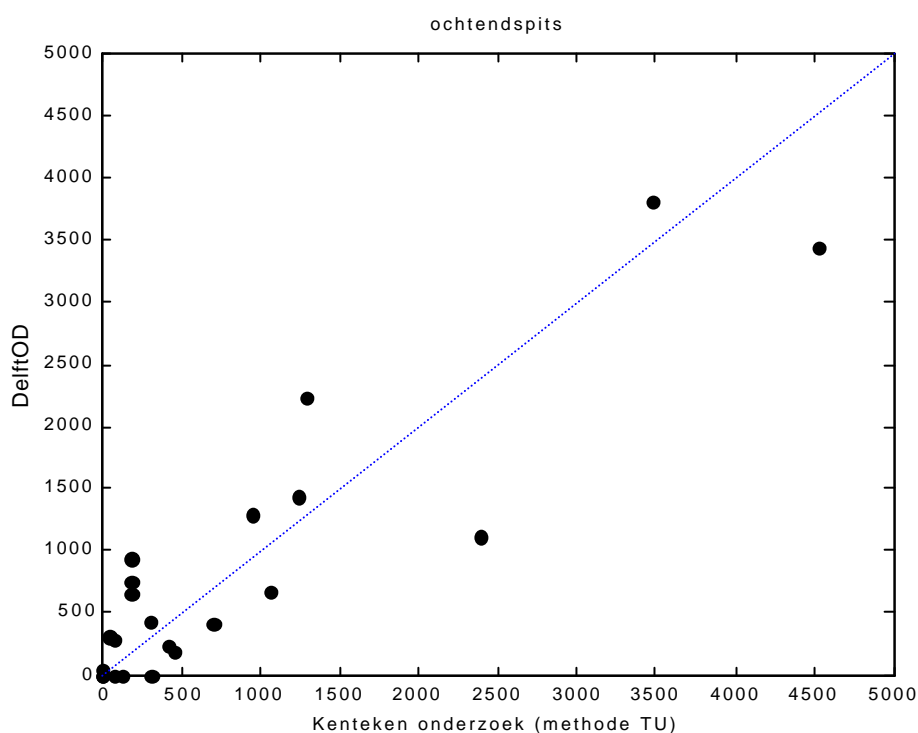
De gelijkenis met de referentietabel die werd opgesteld met de methode Grontmij is slechter. De gemiddelde absolute afwijking van de splitproporties bedraagt in dit geval 19.1%, terwijl de gemiddelde relatieve afwijking van de HB-cellen 78% bedraagt.

De twee referentietabellen komen ook matig met elkaar overeen, met een gemiddeld absoluut verschil van 15% en een gemiddeld relatief verschil van 57%.

**Tabel 20:** Gemiddeld absolute verschil tussen de verschillende berekende splitmatrices voor de ochtendspits

MAE (Split cellen)			
Methode:	DOD	TU	G
DOD	0.0%	9.5%	19.1%
TU		0.0%	15.0%
G			0.0%

In Figuur 45 is de overeenkomst tussen de matrix, geschat met de DelftOD methode en de matrix geschat op basis van het kentekenonderzoek nog eens grafisch weergegeven.



**Figuur 45:** Correspondentie tussen de resultaten van het kenteken onderzoek (methode TU) en de resultaten van DelftOD.

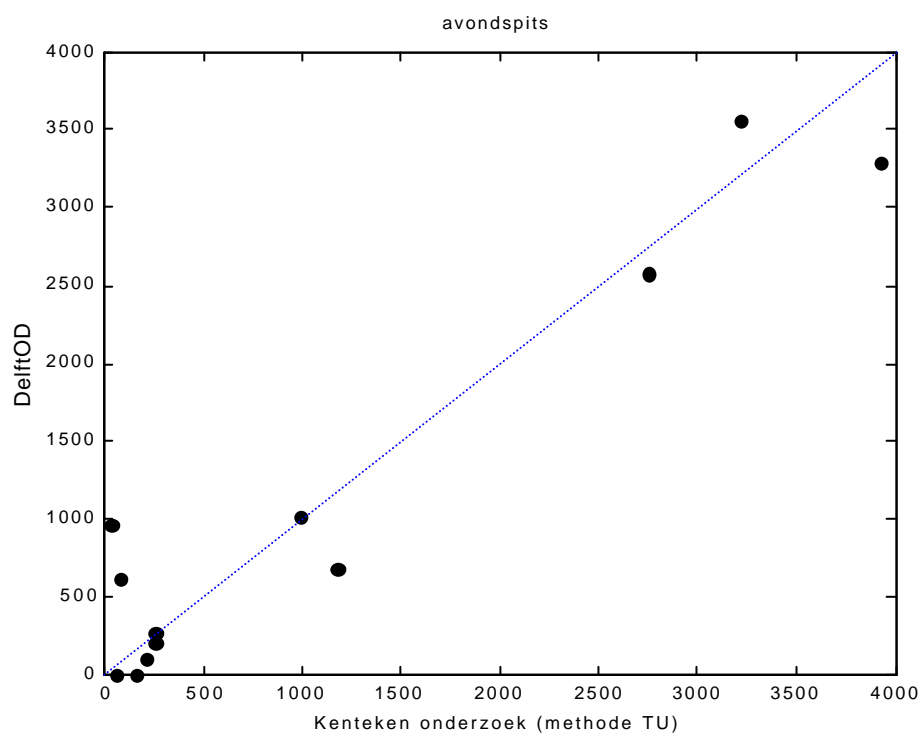
### 5.3.2 Vergelijking voor de avondspits

Voor de avondspits treden soortgelijke fouten op. De gemiddelde absolute fout tussen de matrix die met DelftOD is geschat en de matrix die is geschat op basis van een kentekenonderzoek bedraagt in dit geval 11%, bij een gemiddelde split proportie van 33%. De gemiddelde split proportie is ook in dit geval te berekenen door het aantal herkomsten (4) te delen door het aantal relaties (12). De gemiddelde relatieve fout van de HB-cellen bedraagt hier 27%. De resultaten kunnen in dit geval als redelijk beoordeeld worden. Figuur 46 presenteert de resultaten op grafische wijze.

**Tabel 21:** Schattingsresultaat van DelftOD voor de avondspits (Periode: 15:20-18:32), en de corresponderende schatting op basis van kentekenonderzoek (verwerking met methode TU). De split proporties zijn gegeven in procenten.

H/B		42	25	26	27	37	Tot.Vtg.
31	DOD	39	0	4	3	54	6570
	TU	42	1	4	4	49	
47	DOD		22	2	0	76	4323
	TU		1	5	4	91	
16	DOD				47	53	1271
	TU				7	93	
17	DOD					100	996
	TU					100	

In Figuur 46 is de overeenkomst tussen de matrix, geschat met de DelftOD methode en de matrix geschat op basis van het kentekenonderzoek nog eens grafisch weergegeven.



**Figuur 46:** Correspondentie tussen de resultaten van het kenteken onderzoek (methode TU) en de resultaten van DelftOD.

## 5.4 Conclusies

In dit hoofdstuk is achtereenvolgens beschreven hoe een HB matrix voor het studiegebied is geschat op basis van signaleringsdata en hoe een referentiematrix is geschat op basis van een kenteken onderzoek. Vervolgens zijn deze twee matrices vergeleken.

Om de matrix te kunnen schatten op basis van signaleringsdata is de dataset met signaleringsdata bewerkt met de daarvoor ontwikkelde gereedschappen in DelftOD. Deze gereedschappen bestaan uit een aantal visualisatiefuncties. Een eerste conclusie is dat deze gereedschappen goed voldoen voor het doel waarvoor ze ontworpen zijn.

De dataset zelf is echter maar matig geschikt voor het schatten van HB-tabellen. Dit komt doordat het grootste deel van de toeritvolumes en afritvolumes niet direct kan worden waargenomen met detectoren. De volgende omstandigheden leiden er in dit geval toe dat de waarnemingsfout groot wordt in vergelijking met het werkelijk aantal gepasseerde aantal voertuigen:

- Er zijn twee waarnemingen nodig in plaats van één. De waarnemingsfout van het geschatte toerit- of afritvolume is de som van de waarnemingsfouten van deze twee waarnemingen;
- Waarnemingen op de hoofdrijbaan ter hoogte van toe- en afritten hebben als gevolg van het grotere aantal strookwisselingen een relatief lage nauwkeurigheid;
- Het volume op de toeritten en afritten is laag ten opzichte van het volume op de hoofdrijbaan;
- Fouten in de ingeschatte reistijd tussen de twee waarnemingspunten op de hoofdrijbaan leiden tot waarnemingsfouten in het geschatte toerit- of afritvolume.

Een andere bemoeilijkende factor is dat vracht- en personenverkeer gezamenlijk wordt waargenomen. Zowel wat betreft de snelheden als wat betreft de intensiteiten. Hierdoor wordt binnen DelftOD met een te lage snelheid voor het personen verkeer gerekend en met een te hoge snelheid voor het vrachtverkeer.

Bij een gemiddelde snelheid van 80 km/h wordt het traject van 22 km in 16 minuten en 30 seconden afgelegd. Bij 120 km/h is dit 11 minuten. Voertuigen die een andere reistijd hebben dan degene waarmee DelftOD rekening houdt, dragen bij aan de meetruis.

Op basis van de signaleringsgegevens zijn aparte HB-tabellen voor de ochtend- en voor de avondspits geschat. Voor de avondspits is een kleiner netwerk gebruikt omdat de lusdetectoren op een gedeelte van het netwerk na 10:30 zijn uitgevallen.

Er zijn twee verschillende schattingstechnieken toegepast: filtering en smoothing. In de filtering mode worden alleen data van periode 1 tot en met  $t$  gebruikt om de matrix voor periode  $t$  te schatten. In de smoothing mode worden voor het schatten van een HB matrix voor een bepaalde periode de data van *alle* periodes gebruikt.



Filtering is een techniek die met name bij on-line toepassingen gebruikt wordt, terwijl smoothing alleen off-line gebruikt kan worden. De resultaten die op basis van smoothing zijn verkregen zijn nauwkeuriger, met name voor wat betreft de eerste uren van de schatting.

Bij het schatten van de matrices is uitgegaan van gegevens die naar drie minuut periodes en naar zes minuut periodes zijn geaggregeerd. Binnen deze range blijken de uitkomsten van de schattingen beperkt gevoelig voor de aggregatiefactor. Het gemiddelde absolute verschil in de geschatte split-proporties blijkt 7% te zijn, bij een gemiddelde split proportie van 23%.

Op basis van het kenteken onderzoek is ook een HB-tabel afgeleid. De methode die hiervoor gebruikt is, is in detail beschreven in appendix B. De HB-matrix die is afgeleid blijkt erg gevoelig te zijn voor de aanname die wordt gedaan omtrent het percentage foutieve en ontbrekende waarnemingen. Dit blijkt met name wanneer de matrix wordt vergeleken met een matrix die door de Grontmij is afgeleid. Het gemiddelde absolute verschil tussen de twee geschatte split-proportiematrices blijkt 15% te zijn, bij een gemiddelde split proportie van 23%. Het gemiddelde absolute verschil tussen de twee geschatte HB-matrices bedraagt zelfs 57% van de gemiddelde HB-celwaarde.

Wanneer de geschatte matrix op basis van telgegevens wordt vergeleken met de matrix op basis van het kenteken onderzoek blijkt voor de ochtendspits een gemiddelde absoluut verschil van de geschatte split proporties van 9.5% op te treden, bij een gemiddelde split proportie van 23%. Het gemiddelde absolute verschil van de HB-cellen met hun referentiewaardes bedraagt 45% van het gemiddelde van de referentiewaardes. Voor de avondspit is dit een gemiddeld verschil van 11% , bij een gemiddelde split proportie van 33%. Hier is het gemiddelde absolute verschil van de HB cellen gelijk aan 27% van de gemiddelde referentiewaarde.

Gezien het feit dat directe waarnemingen van toerit- en afritvolumes ontbreken en geen aparte waarnemingen voor vracht- en personenverkeer konden worden gebruikt, mogen in dit geval geen betere resultaten mogen verwacht, zeker als in aanmerking wordt genomen dat het gemiddelde absolute verschil tussen de twee referentietabellen (TU en Grontmij) 57% van de gemiddelde HB-celwaarde bedraagt.

De resultaten zouden echter belangrijk verbeteren indien directe waarnemingen van toerit- en afritvolumes beschikbaar zouden zijn en wanneer voor diverse voertuigcategorieën apart de intensiteiten en snelheden zouden kunnen worden waargenomen.

Ook het aanpassen van de schattingsmethode maakt een verbetering van de schattingsresultaten mogelijk. De drie belangrijkste gewenste uitbreidingen zijn:

- Het mogelijk maken van het gebruik van gegevens van meerdere dagen;
- Het onderscheiden van verschillende snelheidscategorieën;
- Het combineren van de huidige methode met een synthetische methode, vooral met het oog op het schatten van de lange afstandverplaatsingen.

## 6 Conclusies

De doelen van het PLATOS project “Dynamische HB-tabellen” zijn drieledig:

- 1) Het operationaliseren van een dynamische HB-schatter op zodanige wijze, dat deze methode toepasbaar wordt in de praktijk;
- 2) Het vergelijken van deze methode met een simpele alternatieve methode, aangeduid als de ‘naïeve methode’.
- 3) Het demonstreren van de methode aan de hand van praktijkdata.

De eerste doelstelling is gehaald. Binnen het huidige project is de software DelftOD ontwikkeld voor het schatten van dynamische herkomst bestemmingstabellen. Met deze software bestaat nu een platform om schattingen te kunnen uitvoeren op basis van empirische data zonder dat een extreme hoeveelheid tijd nodig is voor datacontrole en bewerking. Door de beschikbaarheid van deze software is het mogelijk geweest om gebruikmakende van uiteenlopende datasets en parameter instellingen Herkomst Bestemmingsmatrices te schatten.

Keer op keer is hierbij weer gebleken dat het verwijderen van fouten en inconsistenties uit de gebruikte dataset een niet te negeren aspect is van het schatten van HB-tabellen. De ontwikkelde softwarehulpmiddelen bieden hiervoor een geschikt hulpmiddel.

De tweede doelstelling is ook gehaald. Op basis van synthetische teldata, die met AIMSUN2 gegenereerd zijn is de methode geëvalueerd voor streng-vormige netwerken met een lengte van 22 km. De fouten bleven in dit geval beperkt tot een gemiddelde relatieve absolute fout van 15% over alle relaties en 10% voor relaties tot 5 km. Voor de naïeve methode traden fouten op van 25% (bovendien is de geschatte matrix in dit geval statisch).

De derde doelstelling is slechts gedeeltelijk gehaald. Weliswaar blijken de beschikbare tools goed geschikt voor het bewerken van een praktische dataset en het schatten van een HB-tabel, de beschikbare data laten het uitvoeren van een validatie slechts beperkt toe. Voor het uitvoeren van deze validatie is een set met telgegevens en snelheidsgegevens nodig, en een referentietabel.

Bij de beschikbare telgegevens is het probleem dat het grootste deel van de toeritvolumes en afritvolumes niet direct kan worden waargenomen met detectoren. Hierdoor moeten de relatief kleine toerit en afritvolumes worden gereconstrueerd uit de veel grotere, en minder nauwkeurig waar te nemen, hoofdrijbaanvolumes. Een andere bemoeilijkende factor is dat Vracht- en Personenverkeer in het huidige geval gezamenlijk wordt waargenomen. Hierdoor kan binnen DelftOD niet met een nauwkeurige inschatting van de snelheid worden gerekend.

De referentietabel is vastgesteld op basis van een kentekenonderzoek. De matrix die uit dit kenteken onderzoek is afgeleid, blijkt erg gevoelig te zijn voor de aannames die men doet met betrekking tot foutieve of missende waarnemingen.

Op basis van de beschikbare gegevens bedraagt het gemiddelde absolute verschil tussen de HB-cellen die zijn geschat met DelftOD en de referentietabel, gerelateerd aan de gemiddelde celwaarde van de referentietabel 45% voor de ochtendspits en 27% voor de avondspits.

Deze verschillen lijken groot, maar als ze worden gerelateerd aan het gevonden relatieve verschil van 57% tussen twee referentietabellen die onafhankelijk van elkaar en op basis van verschillende aannames werden samengesteld, wordt duidelijk dat zelfs bij het uitvoeren van een kenteken onderzoek dit soort verschillen kunnen optreden.

Met het gereed komen van de eerste versie van de DelftOD software is een bruikbaar instrument beschikbaar gekomen voor de deelnemende PLATOS partijen. Tijdens de ontwikkeling van dit instrument zijn reeds een groot aantal suggesties gedaan voor een verdere uitbreiding en verbetering:

- Het creëren van de mogelijkheid voor het gebruik van historische data;
- Het creëren van de mogelijkheid om verschillende voertuigcategorieën te onderscheiden;
- Het uitbreiden van de inleesmodule, zodat goed wordt aangesloten bij de monitoring standaard;
- Het toevoegen van functies voor het bewerken van de dataset, zoals het markeren van hiaten, het verwijderen van detectoren of het selecteren van een bepaalde periode uit een dataset;
- Het toevoegen van diverse visualisaties, zoals de mogelijkheid om diverse schattingsresultaten te vergelijken en de mogelijkheid om impliciet berekende toeritintensiteiten te visualiseren;
- Het uitbreiden van de methode ten behoeve van netwerken met meerdere relevante routes tussen herkomst en bestemming;
- Het combineren van de gebruikte statistische methode met analytische methodes, zoals interactie modellen;
- Het benutten andere dan telgegevens, zoals a priori tabellen, automatische voertuig herkenningdata of probe data;
- Het verbeteren van de gebruikte statistische methode.

Al deze activiteiten zullen echter een groot voordeel ontleenen aan de nu beschikbare software, omdat met behulp van deze software het uitvoeren van zinvolle experimenten sterk vereenvoudigd is.

## 7 Referenties

AVV (1999) Leidraad Modelstudies verkeersbeheersingsmaatregelen, versie 2

Grontmij (1998), studie A15, i.o.v. Rijkswaterstaat Zuid Holland

PLATOS (1999) Projectplan Dynamische Herkomst-Bestemmingstabellen, 7-6-99

Van der Zijpp, N.J. (1996) *Dynamic Origin-Destination Matrix Estimation on Motorway Networks*, Ph.D. Thesis, Delft University of Technology

Van der Zijpp, N.J. en S.Smolders (1999) FUNCTIONELE SPECIFICATIE SCHATTINGSMETHODE DYNAMISCHE HB-TABELLEN, i.o.v. AVV

Van Zuylen, H.J. and K.G. Willumsen (1980) The most likely trip matrix estimated from traffic counts, *Transp. Res. B*, Vol 14, pp. 149-163

Van der Zijpp, N.J. en S. P. Hoogendoorn (1998) Network level evaluation of DTM tools within DACCORD: An Analysis of the Minimum number of Probe Vehicles Required, *Proceedings WCTR conferentie*

### Beheer en eigendom van deze rapportage

Deze rapportage is opgesteld door de Technische Universiteit Delft, in opdracht van PLATOS en AVV, met commentaar van AGV, Grontmij, DHV en Goudappel Coffeng. De respectievelijke contactpersonen zijn:

Naam	Organisatie	telefoonnummer	e-mail
Henk Taale Henk van Mourik	AVV	010-2825881 010-2825747	<a href="mailto:h.taale@avv.rws.minvenw.nl">h.taale@avv.rws.minvenw.nl</a> <a href="mailto:h.vmourik@avv.rws.minvenw.nl">h.vmourik@avv.rws.minvenw.nl</a>
Nanne van der Zijpp	TUD	015 –2785485	<a href="mailto:zijpp@ct.tudelft.nl">zijpp@ct.tudelft.nl</a>
Marco Schreuder	AGV	030 – 6048914	<a href="mailto:m.schreuder@agv-advies.nl">m.schreuder@agv-advies.nl</a>
Peter van Bekkum	Grontmij		<a href="mailto:peter.vanbekkum@grontmij.nl">peter.vanbekkum@grontmij.nl</a>
Ron Eveleens	DHV	033-4682865	<a href="mailto:Ron.Eveleens@MI.dhv.nl">Ron.Eveleens@MI.dhv.nl</a>
Erwin Bezembinder	Goudappel	0570-666222	<a href="mailto:E.M.Bezembinder@sms.utwente.nl">E.M.Bezembinder@sms.utwente.nl</a>

## Appendix A

### Resultaten voor de schatting op een beperkt netwerk

In deze appendix worden de resultaten gepresenteerd van een HB schatting op een gereduceerd netwerk. Van het oorspronkelijke netwerk is herkomst 18 verwijderd, en zijn bestemming 21, 28 en 29 vervangen door de nieuwe bestemming 37.



**Figuur 47:** Gereduceerde versie van het netwerk

Voor dit netwerk zijn weer HB tabellen berekend op basis van een aggregatiefactor van 3 en 6 minuten. De resultaten zijn weergegeven voor de tijdstippen 11:00 en 18:00 in de onderstaande tabellen. Voor het tijdstip 11:00 zijn ter vergelijking de eerdere berekende waarden voor de weggelaten bestemmingen weergegeven.

#### A.1 Resultaten voor aggregatiefactor 3

**Tabel 22:** *Gefilterde split proportie op 11.00, berekening op basis van aggregatiefactor 3 (tussen haakjes staan de berekende waarden voor de corresponderende bestemmingen op het grote netwerk).*

VAN	NAAR					
	42	25	26	27	37	(28+29+21)
31	0.40	0.00	0.12	0.13	0.35	(0.39)
47	0.00	0.32	0.00	0.00	0.68	(0.73)
16	0.00	0.00	0.00	0.09	0.91	(0.88)
17	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	(1.00)

**Tabel 23:** *Gefilterde split proportie op 18.00, berekening op basis van aggregatiefactor 3.*

VAN	NAAR				
	42	25	26	27	37
31	0.37	0.00	0.00	0.10	0.53
47	0.00	0.28	0.09	0.00	0.63
16	0.00	0.00	0.00	0.17	0.83
17	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

**Tabel 24:** *Gesmoothde split proportie voor de periode 15:20-18:30, berekening op basis van aggregatiefactor 3.*

VAN	NAAR				
	42	25	26	27	37
31	0.37	0.00	0.00	0.06	0.57
47	0.00	0.30	0.07	0.00	0.62
16	0.00	0.00	0.00	0.31	0.69
17	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

## A.2 Resultaten voor aggregatie factor 6

**Tabel 25:** *Gefilterde split proportie op 11.00, berekening op basis van aggregatiefactor 6 (tussen haakjes staan de berekende waarden voor de corresponderende bestemmingen op het grote netwerk).*

VAN	NAAR					
	42	25	26	27	37	(28+29+21)
31	0.40	0.00	0.08	0.06	0.46	(0.37)
47	0.00	0.22	0.00	0.00	0.78	(0.92)
16	0.00	0.00	0.00	0.40	0.60	(0.78)
17	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	(1.00)

**Tabel 26:** *Gefilterde split proportie op 18.00, berekening op basis van aggregatiefactor 6.*

VAN	NAAR				
	42	25	26	27	37
31	0.39	0.00	0.05	0.04	0.53
47	0.00	0.23	0.00	0.00	0.77
16	0.00	0.00	0.00	0.44	0.56
17	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

**Tabel 27:** *Gesmoothde split proporties voor de periode 15:20-18:30, berekening op basis van aggregatiefactor 6.*

VAN	NAAR				
	42	25	26	27	37
31	0.39	0.00	0.04	0.03	0.54
47	0.00	0.22	0.02	0.00	0.76
16	0.00	0.00	0.00	0.47	0.53
17	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00



Bij het bekijken van deze tabellen vallen de volgende zaken op:

- Bij de uitgevoerde berekening op basis van aggregatie factor 3 komen de resultaten voor het kleine netwerk en het grote netwerk redelijk overeen.
- Bij de uitgevoerde berekening op basis van aggregatie factor 6 komen de resultaten voor het kleine netwerk en het grote netwerk minder goed overeen.
- De berekende resultaten op basis van aggregatie factor 3 en aggregatie factor 6 voor de herkomsten 31, 47 en 17 komen goed tot zeer goed overeen.
- De berekende resultaten op basis van aggregatie factor 3 en aggregatie factor 6 voor de herkomst 44 komen matig overeen.

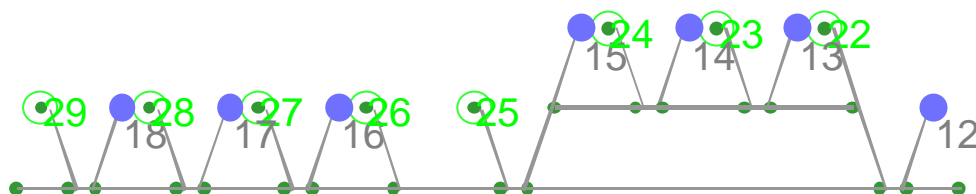
## Appendix B

### Analyse van de kentekengegevens

In deze appendix wordt beschreven hoe uit een door derden beschikbaar gesteld kentekenonderzoek HB-matrices zijn afgeleid ter validatie van de ontwikkelde schattingsmethode voor Dynamische HB tabellen.

#### B.1 Beschrijving van de dataset

De dataset betreft een kentekenonderzoek dat tussen alle Herkomsten en bestemmingen in een corridor van de A15 heeft plaatsgevonden. Omdat het praktisch niet uitvoerbaar is om op de hoofdrijbaan kentekens te registreren zijn de ingaande en uitgaande hoofdrijbaan van het onderzoek uitgesloten. Een overzicht van het gebruikte netwerk is te zien in Figuur 48.



**Figuur 48:** Lay-out van het netwerk waarvoor een kentekenonderzoek beschikbaar is.

Bij elke herkomst en bestemming zijn één of meer waarnemingsposten aanwezig (zie Tabel 28).

**Tabel 28:** Overzicht waarnemingsposten

Herkomst	Waarnemingsposten	Bestemming	Waarnemingsposten
12	2802, 2803	22	4001
13	4008	23	4005
14	4004	24	2710, 2712
15	2701, 2709	25	2603
16	2503, 2507	26	2504, 2506
17	6406, 6410	27	6401, 6403
18	2401, 2409, 2410	28	2403, 2405
		29	2301, 2303

Daarnaast is een bestand gegeven met een lijst records die als volgt zijn opgebouwd (zie voorbeeld)

- Waarnemingspost Kenteken
- Tijdstip in hh.mm

Er worden geen voertuigen uitgesloten van het kentekenonderzoek.

*Voorbeeld*

post	kent	tijd
3806	**LX81	06:03
3806	**51YY	06:04
3806	**ZZ43	06:04
3806	**LG16	06:04
3806	**08LS	06:05
3806	**08TL	06:05
3806	**77SV	06:05
3806	**GT72	06:06
3806	**87XT	06:06
3806	**10XL	06:07
3806	**FT31	06:10

**B.2 Mogelijke bronnen van fouten**

Uit de reeksen van waargenomen kentekens kunnen rechtstreeks schattingen worden gemaakt van de optredende HB tabel. Hierbij moet echter met de volgende verstoringen rekening gehouden worden:

- Er kunnen waarnemings- of registratiefouten worden gemaakt bij het noteren van de (partiele) kentekens. Omdat het aantal genoteerde gegevens per kenteken beperkt is tot 4 cijfers of letters is deze kans relatief klein. We nemen aan dat deze fout beperkt is tot 2% van de kentekens.
- Bij het begin van de dataverzameling worden kentekens van uitgaande voertuigen genoteerd die niet zijn waargenomen bij het binnenrijden van het netwerk. Bij het einde van de dataverzameling treedt het omgekeerde effect op.
- Voorzover er gebruik gemaakt wordt van meerdere waarnemingsposten per toerit, bestaat er een risico op het dubbeltellen van voertuigen.
- Een bijzonder geval van een waarnemingsfout is de incomplete waarneming. In dit geval konden niet alle cijfers of letters worden genoteerd. Bij de huidige dataset is dat 3.4% (ochtendspits) en 2.9% (avondspits) van de waarnemingen het geval.
- Twee verschillende voertuigen kunnen hetzelfde partiele kenteken hebben. Hierdoor ontstaat een ‘toevallige’ match. Door bij het matchen een tijdvenster toe te passen kan deze kans worden verkleind.

Naast deze fouten waarvoor men met statistische methodes kan corrigeren, bestaat er ook nog een theoretische kans op *misspecificatie*. Deze fouten treden bijvoorbeeld op indien men het netwerk verkeerd specificeert, de verkeerde waarnemingspost aan een toe- of afrit koppelt, of indien de tijdwaarneming bij de verschillende waarnemingsposten niet synchroon is. Voor dit soort fouten bestaat geen statistische correctie.

### B.3 Verwerking van de dataset

De dataset wordt verwerkt tot een HB-tabel tussen opgegeven Herkomsten en Bestemmingen op basis van een opgegeven vertrekperiode. In de volgende analyse worden een aantal stappen toegepast. De tussenresultaten van alle stappen worden steeds in tabelvorm afgedrukt. Daarbij is steeds de hele ochtendspits als analyseperiode toegepast. Er kan echter iedere analyseperiode gekozen worden.

Bij het verwerken van de dataset worden de volgende stappen toegepast:

- 1) Verwijder alle incomplete waarnemingen en bereken de kans op een incomplete waarneming. Deze kans is een ondergrens voor een later toe te passen correctie (zie stap 9).
- 2) Verwijder alle waarnemingen die plaats hebben gevonden op een waarnemingspost buiten het onderzoeksgebied
- 3) Verwijder alle ‘dubbele’ waarnemingen: dat zijn waarnemingen van hetzelfde kenteken die op dezelfde plaats en tijd hebben plaatsgevonden (er is een marge van 2 minuten gehanteerd)
- 4) Bereken de kans dat twee verschillende voertuigen hetzelfde partiele kenteken hebben (Dit is nodig om later een correctie voor toevallige matches toe te kunnen toepassen, zie stap 8)
- 5) Bepaal de ongecorrigeerde HB-matrix die uit het kenteken onderzoek volgt ieder partieel kenteken te matchen binnen een HB-paar afhankelijk tijdvenster.
- 6) Bepaal het aantal kentekenvergelijkingen dat aan het bepalen van de HB-matrix ten grondslag heeft gelegen.
- 7) Bepaal het aantal te verwachten ‘toevallige’ matches op basis van het aantal kenteken vergelijkingen en de kans op een ‘toevallige’ match.
- 8) Corrigeer de eerder bepaalde HB-tabel door het te verwachten aantal toevallige matches ervan af te trekken.
- 9) Hoog de matrix op om te corrigeren voor incomplete en foutieve waarnemingen.
- 10) Benader de ontbrekende celwaarden voorzover mogelijk op basis van wel bekende celwaardes en beschikbare randtotalen. Indien het randtotaal niet visueel kan worden vastgesteld gebruik dan de beschikbare lusgegevens.
- 11) Aggregeer de matrix tot het niveau dat voor vergelijking met de geschatte matrix nodig is.
- 12) Bereken de bijbehorende split proporties.

Ad 1)

Alle records die één of meer ‘\*’ symbolen bevatten worden verwijderd. Dit blijkt ongeveer 3% te zijn (zie Tabel 33). Aan de hand van dit getal wordt de totale kans op een incomplete of foute waarneming op 5% geschat.

Ad 2)

-

Ad 3)

Bij sommige herkomsten of bestemmingen staan meerdere waarnemers die ieder een eigen afslagrichting waarnemen. Hierdoor kunnen dubbeltellingen optreden. Hiervoor is

gecorrigeerd door dubbele waarnemingen op dezelfde locatie en tijd te vervangen door enkele. Hierbij is een maximale marge van 1 minuut toegestaan.

Ad 4)

Na het inlezen van alle kentekens kunnen deze in twee groepen worden ingedeeld:

- kentekens waargenomen bij een herkomst, en
- kentekens waargenomen bij een bestemming.

Binnen elke groep mag worden aangenomen dat elke waarneming op een ander voertuig betrekking heeft. Toch zijn er binnen beide groepen partiele kentekens die 2 of meer malen zijn waargenomen. Wanneer een kenteken N maal is waargenomen, betekent dit dat er 'N boven 2' paren van kentekens bestaan die met elkaar overeenkomen. Dus als een partieel kenteken tweemaal is waargenomen (N=2) betreft het 1 paar, als een partieel kenteken driemaal is waargenomen (N=3) betreft het 3 paren, etc. Op deze wijze kan het *aantal matchende paren* worden vastgesteld (zie Tabel 33). We kunnen dit uitzetten tegen het aantal paren van kentekens dat aan dit aantal toevallige matches ten grondslag ligt. Dit aantal is gelijk aan het aantal manieren dat twee waarnemingen uit de gehele groep van waarnemingen kan worden geselecteerd, oftewel 'M boven 2', met M het aantal waarnemingen waaruit de groep bestaat. Hieruit kan de kans op een toevallige match worden afgeleid als:

$$\text{Pr[ toevallige match ]} = \binom{\text{aantal waarneming en}}{2} / \text{aantal matches}$$

Dit getal kan apart voor de groep 'herkomstwaarnemingen' en de groep 'bestemmingwaarnemingen' worden berekend (zie Tabel 33). Voor de berekeningen hanteren we het gewogen gemiddelde van de twee.

Omdat in de ochtend- en avondspits mogelijk andere waarnemingscondities heersen wordt deze kan apart voor de ochtend- en avondspits berekend (zie Tabel 33).

Ad 5)

Vervolgens wordt de HB-matrix bepaald door kentekens met elkaar te vergelijken. Daarbij wordt rekening gehouden met een tijdvenster.

De vroegste aankomsttijd in het tijdvenster wordt bepaald door uit te gaan van de afstand en een snelheid van 140 km/h. Daar wordt nog eens 4 minuten van afgetrokken om te corrigeren voor tijdwaarnemingsfouten.

De laatste aankomsttijd in het tijdvenster wordt bepaald door uit te gaan van de afstand en een snelheid van 30 km/h. Daar wordt nog eens 15 minuten bij opgeteld om te corrigeren voor kort oponthoud.

**Tabel 29:** *Minimale HB-reistijd in minuten*

<b>HB</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>21</b>
	-2	-1	-1	2	3	4	5	6	6
<b>12</b>	-3	-2	-2	1	2	3	4	5	5
<b>13</b>		-4	-4	-1	0	1	2	3	4
<b>14</b>			-4	-1	0	1	2	3	3
<b>15</b>				-1	0	1	2	3	3
<b>16</b>						-3	-2	-1	-1
<b>17</b>							-3	-2	-2
<b>18</b>								-3	-3

**Tabel 30:** *Maximale HB-reistijd in minuten*

<b>H\B</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>21</b>
<b>11</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>43</b>	<b>48</b>	<b>53</b>	<b>56</b>	<b>61</b>	<b>63</b>
<b>12</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>38</b>	<b>43</b>	<b>48</b>	<b>52</b>	<b>56</b>	<b>58</b>
<b>13</b>		<b>15</b>	<b>17</b>	<b>31</b>	<b>36</b>	<b>40</b>	<b>44</b>	<b>49</b>	<b>51</b>
<b>14</b>			<b>16</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	<b>40</b>	<b>43</b>	<b>48</b>	<b>50</b>
<b>15</b>				<b>29</b>	<b>34</b>	<b>38</b>	<b>42</b>	<b>47</b>	<b>49</b>
<b>16</b>						<b>19</b>	<b>23</b>	<b>27</b>	<b>29</b>
<b>17</b>							<b>18</b>	<b>22</b>	<b>24</b>
<b>18</b>								<b>18</b>	<b>20</b>

Het resultaat van deze analyse toegepast op de gehele ochtendspits is te zien in Tabel 34.

Ad 6)

Om de HB tabel te bepalen worden alle kentekens vergeleken die gezien het tijdvenster in aanmerking komen. Elke keer dat een dergelijke vergelijking wordt uitgevoerd bestaat de kans op een toevallige match: twee *verschillende* voertuigen met *hetzelfde* partiele kenteken. Om achteraf te kunnen corrigeren voor toevallige matches, wordt het aantal vergelijkingen dat wordt uitgevoerd bijgehouden. Als een (herkomst)kenteken met 100 (bestemmings)kentekens wordt vergeleken die binnen het tijdvenster vallen, dan zijn dit dus 100 uitgevoerde vergelijkingen. Het resultaat van deze analyse toegepast op de gehele ochtendspits is te zien in Tabel 35.

Ad 7)

De verwachting van het aantal toevallige matches laat zich eenvoudig berekenen door het aantal vergelijkingen dat per HB-paar is uitgevoerd te vermenigvuldigen met de kans op een toevallige match die bij stap 0 is bepaald.

Het resultaat van deze analyse toegepast op de gehele ochtendspits is te zien in Tabel 36.

Ad 8)

De gecorrigeerde matrix voor toevallige matches (zie Tabel 37) wordt berekend als:

Gecorrigeerde matrix =

Ongecorrigeerde matrix – Verwachte aantal toevallige matches

Ad 9)

Omdat voor een succesvol waargenomen verplaatsing twee geslaagde kentekenherkenningen nodig zijn is de kans dat een verplaatsing wordt waargenomen  $(1 - P_a)^2$  met  $P_a$  de kans op een foute of incomplete waarneming. Grofweg is een ophoging van  $1/(1 - P_a)^2$  nodig om de HB-paren waarvan zowel de herkomst en bestemming is waargenomen voor dit soort fouten te corrigeren. Voor de beschikbare dataset schatten we  $P_a$  op 5% (3% incomplete waarnemingen + 2 % foute waarnemingen) zodat de correctiefactor voor de waargenomen HB-paren bij benadering uitkomt op +11%. Omdat de incomplete waarnemingen uit de dataset zijn verwijderd tellen ze ook niet mee bij de berekening van toe- en afritvolumes. Daarom zijn deze ook opgehoogd met een factor van 5%. Het resultaat van deze correcties voor de ochtendspits is te zien in Tabel 38.

Ad 10)

Nu is de hele matrix compleet op een aantal niet waargenomen relaties na. Deze relaties kunnen worden benaderd door de ‘conservation of flow’ toe te passen. Voor het benaderen van de allerlaatste relatie is een telgegeven op bij bestemming 21 nodig. Hiervoor wordt het totaal aantal gemeten voertuigen tussen 5:50 en 9:30 gebruikt. Er dient opgemerkt te worden dat de gereconstrueerde celwaardes veel minder nauwkeurig zijn dan de direct waargenomen cellen. Alle waarnemingsfouten werken namelijk door in de gereconstrueerde cellen. Tabel 39 bevat de resultaten voor de ochtendspits.

Ad 11)

Voor de validatie van de ontwikkelde HB schatter is *voor de ochtendspits* een HB matrix nodig tussen de herkomsten {31, 47, 16, 17, 18} en bestemmingen {42, 25, 26, 27, 28, 29, 21} terwijl de kenteken matrix is samengesteld op basis van de herkomsten {11,12,..18} en bestemmingen {21,22,..19}. Het aggregatieschema dat nodig is om de kentekenmatrix te aggregeren is aangegeven in Tabel 31. Er moet op gelet worden dat het onderlinge verkeer tussen herkomsten {13,14,15} en bestemmingen {22,23,24} wordt genegeerd.

De resultaten voor de ochtendspits staan in Tabel 40.

Ad 12)

De splitmatrix (zie Tabel 41) zijn eenvoudig te berekenen door iedere matrixcel door het rijtotaal te delen.

**Tabel 31:** *Aggregatieschema voor de ochtendspits voor de aggregatie van de kenteken-tabel naar de HB-tabel. De met een '?' gevulde vakjes hebben betrekking op relaties die niet in het kenteken onderzoek worden waargenomen. Het zwarte vlak betreft relaties die op nul gesteld dienen te worden voordat de aggregatie plaatsvindt.*

H/B	Oud	22	23	24	25	26	27	28	29	21
Oud	Nw.	42			25	26	27	28	29	21
11	31	?	?	?	?	?	?	?	?	?
12										?
13	47									?
14										?
15										?
16	16									?
17	17									?
18	18									?

**Tabel 32:** *Aggregatieschema voor de avondspits voor de aggregatie van de kenteken-tabel naar de HB-tabel. De met een '?' gevulde vakjes hebben betrekking op relaties die niet in het kenteken onderzoek worden waargenomen. Het zwarte vlak betreft relaties die op nul gesteld dienen te worden voordat de aggregatie plaatsvindt.*

H/B	Oud	22	23	24	25	26	27	28	29	21
Oud	Nw.	42			25	26	27	37		
11	31	?	?	?	?	?	?	?	?	?
12										?
13	47									?
14										?
15										?
16	16									?
17	17									?



**Tabel 33:** *Kenmerken van de dataset*

	Ochtendspits	Avondspits	
Eerste waarneming	5:50	15:20	
Laatste waarneming	9:30	18:32	
Totaal aantal records	54875	48000	
Totaal aantal records na verwijderen incomplete waarnemingen	53009	46622	
Gemiddelde kans op een incomplete waarneming, 1 op de {N}	29.4	35.9	
Totaal aantal records na selectie op waarnemingspost	17759	14956	
Totaal aantal records na verwijdering van dubbele waarnemingen	17404	14777	
	Aantal groepen	12157	10524
	Aantal combinaties	151440906	109172476
	Aantal matchende combinaties	7164	5581
	Toevallige match, 1 op de {N}	21139	19561
Waarvan waargenomen op toerit	9136	8346	
	Aantal groepen	7856	7162
	Aantal combinaties	41728680	34823685
	Aantal matchende combinaties	1483	1334
	Toevallige match, 1 op de {N}	28138	26105
Waarvan waargenomen op afrit	8268	6431	
	Aantal groepen	7421	5923
	Aantal combinaties	34175778	20675665
	Aantal matchende combinaties	934	548
	Toevallige match, 1 op de {N}	36591	37729
Gemiddelde kans op toevallige match, 1 op de {N} (op basis van herkomst en bestemming)	31404	29490	

#### B.4 Tabellen voor de ochtendspits

De onderstaande tabellen hebben betrekking op de stappen 1 tot en met 12 uit de vorige sectie en hebben betrekking op het kenteken onderzoek voor de *ochtendspits*.

**Tabel 34:** *Matrix uit het kentekenonderzoek voor de gehele ochtendspits, niet gecorrigeerd*

H/B	22	23	24	25	26	27	28	29	21	Tot
11	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
12	11	66	28	12	13	6	1	23	?	322
13		18	302	31	39	37	4	147	?	1806
14			136	22	34	25	5	368	?	1732
15				20	33	22	2	119	?	663
16						63	4	311	?	1440
17							2	320	?	1285
18								460	?	1888
<b>Tot</b>	706	2012	1532	236	298	298	378	2808	?	9136

**Tabel 35:** *Aantal kenteken vergelijkingen dat is uitgevoerd om de niet gecorrigeerde HB tabel af te leiden*

H/B	22	23	24	25	26	27	28	29	21
11									
12	26711	76072	63713	13943	18652	18568	28751	225273	
13		277617	229412	64940	94633	95678	136671	1076746	
14			216914	57775	83369	87565	129742	1007935	
15				23944	32870	34232	53061	409662	
16						36520	57406	543013	
17							40364	396758	
18								495890	

**Tabel 36:** *Correctietabel voor de 'toevallige' matches*

H/B	22	23	24	25	26	27	28	29	21
11									
12	1	2	2	0	1	1	1	7	
13		9	7	2	3	3	4	34	
14			7	2	3	3	4	32	
15				1	1	1	2	13	
16						1	2	17	
17							1	13	
18								16	

**Tabel 37:** *Matrix uit het kentekenonderzoek, gecorrigeerd voor toevallige matches*

H/B	22	23	24	25	26	27	28	29	21	Tot
11	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
12	10	64	26	12	12	5	0	16	?	322
13		9	295	29	36	34	0	113	?	1806
14			129	20	31	22	1	336	?	1732
15				19	32	21	0	106	?	663
16						62	2	294	?	1440
17							1	307	?	1285
18								444	?	1888
<b>Tot</b>	706	2012	1532	236	298	298	378	2808	?	9136

**Tabel 38:** *Matrix uit het kentekenonderzoek, gecorrigeerd voor toevallige matches en 5% incomplete / foutieve waarnemingen. Het onderstreepte getal betreft een schatting op basis van een inductielus.*

H/B	22	23	24	25	26	27	28	29	21	Tot
11	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
12	11	70	29	13	14	6	0	17	?	338
13		10	325	32	40	37	0	124	?	1896
14			142	22	35	24	1	370	?	1819
15				21	35	23	0	117	?	696
16						68	2	324	?	1512
17							1	339	?	1349
18								490	?	1982
<b>Tot</b>	741	2113	1609	248	313	313	397	2948	<u>8784</u>	9592

**Tabel 39:** *Gecompleteerde matrix. De cursief gedrukte waardes zijn minder betrouwbaar omdat ze indirect zijn afgeleid.*

H/B	22	23	24	25	26	27	28	29	21	totaal
11	<i>730</i>	<i>2033</i>	<i>1113</i>	<i>160</i>	<i>189</i>	<i>155</i>	<i>393</i>	<i>1167</i>	<i>1934</i>	7874
12	11	70	29	13	14	6	0	17	<i>178</i>	338
13		10	325	32	40	37	0	124	<i>1328</i>	1896
14			142	22	35	24	1	370	<i>1225</i>	1819
15				21	35	23	0	117	<i>500</i>	696
16						68	2	324	<i>1118</i>	1512
17							1	339	<i>1009</i>	1349
18								490	<i>1492</i>	1982
Totaal	741	2113	1609	248	313	313	397	2948	<u>8784</u>	

**Tabel 40:** *Geaggregeerde versie van de gecompleteerde matrix voor de ochtendspits*

H/B	42	25	26	27	28	29	21
31	3986	173	203	161	393	1184	2112
47		75	110	84	1	611	3053
16				68	2	324	1118
17					1	339	1009
18						490	1492

**Tabel 41:** *Corresponderende split proporties in procenten*

H/B	42	25	26	27	28	29	21
31	49	2	2	2	5	14	26
47		2	3	2	0	16	78
16				4	0	21	74
17					0	25	75
18						25	75

## B.5 Tabellen voor de avondspits

De onderstaande tabellen hebben betrekking op de stappen 1 tot en met 12 en hebben betreffen het kentekenonderzoek voor de *avondspits*.

**Tabel 42:** *Matrix uit het kentekenonderzoek voor de gehele avondspits, niet gecorrigeerd*

H/B	22	23	24	25	26	27	28	29	21	Tot
11	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
12	17	37	23	7	12	15	2	21	?	287
13		10	119	16	70	66	6	98	?	1575
14			65	20	69	45	18	324	?	1712
15				11	45	39	4	76	?	795
16						79	14	167	?	1137
17							6	228	?	974
18								263	?	1866
<b>Tot</b>	361	1274	1290	141	429	495	304	2137	?	8346

**Tabel 43:** *Aantal kenteken vergelijkingen dat is uitgevoerd om de niet gecorrigeerde HB tabel af te leiden*

H/B	22	23	24	25	26	27	28	29	21
11									
12	12203	45591	47206	8233	28164	32811	21623	162132	
13		173153	187865	35798	130674	158609	97377	787730	
14			197298	41883	151231	187551	116450	903397	
15				16041	65015	75450	44114	383410	
16						58790	43625	362598	
17							27447	254090	
18								413171	

**Tabel 44:** *Correctietabel voor de 'toevallige' matches*

H/B	22	23	24	25	26	27	28	29	21
11									
12	0	2	2	0	1	1	1	5	
13		6	6	1	4	5	3	27	
14			7	1	5	6	4	31	
15				1	2	3	1	13	
16						2	1	12	
17							1	9	
18								14	

**Tabel 45:** *Matrix uit het kentekenonderzoek, gecorrigeerd voor toevallige matches*

H/B		23	24	25	26	27	28	29	21	
11	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
12	17	35	21	7	11	14	1	16	?	287
13		4	113	15	66	61	3	71	?	1575
14			58	19	64	39	14	293	?	1712
15				10	43	36	3	63	?	795
16						77	13	155	?	1137
17							5	219	?	974
18								249	?	1866
<b>Tot</b>	361	1274	1290	141	429	495	304	2137	?	8346

**Tabel 46:** *Matrix uit het kentekenonderzoek, gecorrigeerd voor toevallige matches en 5% incomplete / foutieve waarnemingen. Het onderstreepte getal betreft een schatting op basis van een inductielus.*

H/B	22	23	24	25	26	27	28	29	21	Tot
11	?	?	?	?	?	?	?	?	?	<u>6604</u>
12	18	39	24	7	12	15	1	17	?	301
13		5	124	16	72	67	3	79	?	1654
14			64	20	70	43	15	323	?	1798
15				12	47	40	3	69	?	835
16						85	14	171	?	1194
17							6	242	?	1023
18								275	?	1959
Tot	379	1338	1355	148	450	520	319	2244		

**Tabel 47:** *Gecompleteerde matrix. De cursief gedrukte waardes zijn minder betrouwbaar omdat ze indirect zijn afgeleid.*

H/B	22	23	24	25	26	27	28	29	21	totaal
11	361	1294	1143	93	249	270	277	1068	1849	<u>6604</u>
12	18	39	24	7	12	15	1	17	168	301
13		5	124	16	72	67	3	79	1288	1654
14			64	20	70	43	15	323	1263	1798
15				12	47	40	3	69	664	835
16						85	14	171	924	1194
17							6	242	775	1023
18								275	1684	1959
Totaal	379	1338	1355	148	450	520	319	2244	8615	15368

**Tabel 48:** *Geaggregeerde versie van de gecompleteerde matrix voor de avondspits*

H/B	42	25	26	27	37
31	2879	100	261	285	3380
47		48	189	150	3707
16				85	1109
17					1023

**Tabel 49:** *Corresponderende split proporties in procenten*

H/B	42	25	26	27	37
31	42	1	4	4	49
47		1	5	4	91
16				7	93
17					100

## DOCUMENTATIEPAGINA

Opdrachtgever	Adviesdienst Verkeer en Vervoer / PLATOS
Contactpersoon opdrachtgever	Ir. H.Taale
Titel	Functionele Specificatie Schattingsmethode Dynamische HB-tabellen
Datum	11 Maart 2001
Rapportnummer	4
Contactpersoon TUD	Dr.ir. N.J. van der Zijpp
Beknopte inhoud	Het rapport bevat de eindrapportage van het project: 'schattingsmethode HB- tabellen'. Er wordt ingegaan op de methode, de schattingsresultaten op basis van synthetische en empirische data.
Trefwoorden	Dynamische HB-tabellen, Toedelingsmodellen