

1. Rapportnummer VK 2001.007	2. ISSN-nummer LVV-rapport 0920-0592	
3. Titel rapport Validatie FOSIM voor asymmetrische weefvakken - CAPWEEF fase 1	4. Auteur(s) M.M.Minderhoud, K.Kirwan	
5. Uitvoerend instituut Technische Universiteit Delft, Sectie Verkeerskunde	6. Opdrachtgever(s) Adviesdienst Verkeer en Vervoer	
7. Onderzoeksthema Verkeersmodeltechniek	8. Onderzoeksrichting Verkeersafwikkeling	
9. Categorie rapport Vakpublicatie	10. Datum publicatie juli 2001	
11. Samenvatting FOSIM 4.1 is een microscopisch simulatiemodel voor Nederlands autosnelwegverkeer. Het is in opdracht van de Adviesdienst voor Verkeer en Vervoer van Rijkswaterstaat ontwikkeld door het Laboratorium voor Verkeerskunde van de Technische Universiteit Delft. Dit rapport betreft een beschrijving van een validatiestudie van FOSIM voor asymmetrische weefvakken. Hiertoe is het asymmetrische weefvak op de A12 tussen het Prins Clausplein en Voorburg geselecteerd als praktijkcase. Op basis van videoanalyse en meetlusgegevens zijn de resultaten uit de simulatie getoets op een aantal criteria. Het blijkt onder meer dat de capaciteit geschat met FOSIM goed overeenkomt met de praktijkwaarde. De eindconclusie is dat het model valide is voor het representeren van asymmetrische weefvakken.		
12. Trefwoorden capaciteit, autosnelweg, weefvak	13. Bijbehorende rapporten	
14. Externe contacten Rijkswaterstaat - Adviesdienst Verkeer en vervoer	15. Aantal pagina's 67	16. Prijs f 35,- exclusief verzendkosten

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	5
1.1	Kader	5
1.2	Deelonderzoek CAPWEEF	5
1.3	Opbouw	6
2.	Analyse videobeelden	7
2.1	Opzet	7
2.2	Resultaten	8
3.	Analyse MARE data	13
3.1	Opzet	13
3.2	Vergelijking intensiteiten en snelheden	13
3.3	Basisdiagram en weefvakcapaciteit	19
3.4	Product Limiet methode toegepast op maanddata	20
3.5	Product Limiet methode toegepast op de meetdagen	23
4.	Simulatie weefvak en vergelijking	25
4.1	Toetsingscriteria	25
4.2	Opzet simulatie	25
4.3	Vergelijking capaciteitswaarde	30
4.4	Vergelijking basisdiagram	32
4.5	Vergelijking plaats ontstaan congestie	39
4.6	Vergelijking rijstrookverdeling	39
4.7	Vergelijking rijstrookwisselingen	41
4.8	Beoordeling	43
5.	Conclusies	45
	Referenties	47
	Bijlage A: Validatieplan	48
	Bijlage B: Gebruik VivaTraffic	58
	Bijlage C: Vergelijking ongewogen rijbaansnelheden uit video met MARE	60
	Bijlage D: Snelheidslimieten rijstrooksignalering	61
	Bijlage E: Gevoeligheidsanalyse ondergrens PLM	62
	Bijlage F: Capaciteit bij toenemende verkeersvraag op stroken 1 en 2	63
	Bijlage G: Snelheidscontouren	64
	Bijlage H: Invoerfile FOSIM	66

1. Inleiding

1.1 Kader

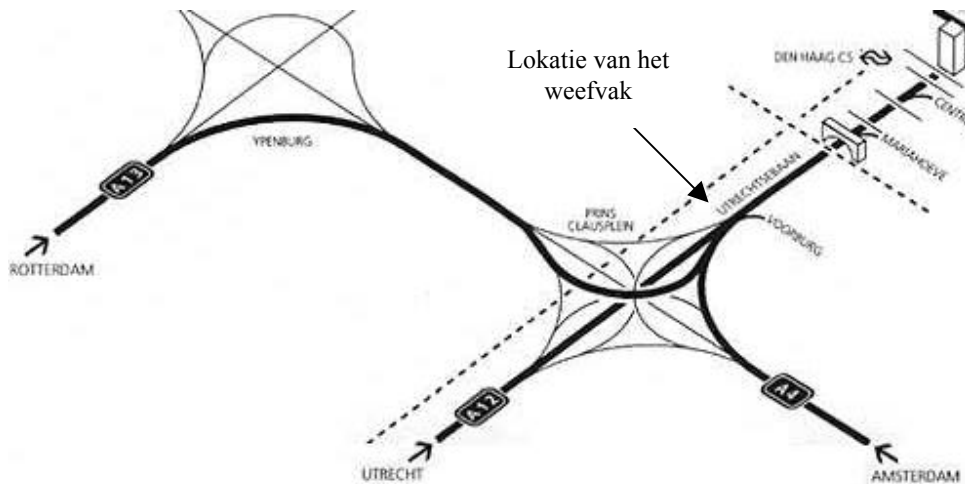
Om de doelen van het verkeers- en vervoerbeleid te kunnen vertalen naar concrete infrastructurele maatregelen is het noodzakelijk de kenmerken van de verschillende infrastructuurelementen te kennen. Een belangrijk kenmerk is de capaciteit van de infrastructuur. Voor een aantal typen wegelementen is de capaciteit onlangs gebundeld in het handboek CIA (AVV, 1999), één van de resultaten van het project CIA-1, 'Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen – deel 1'. Sommige typen wegelementen kwamen hierbij echter nog niet aan bod. Om de capaciteit van een aantal van deze nog niet beschouwde wegelementen te bepalen voert de Adviesdienst Verkeer en Vervoer van Rijkswaterstaat de studie CIA-2 uit.

1.2 Deelonderzoek CAPWEEF

In het project CIA-1 is reeds een capaciteitsanalyse verricht naar *symmetrische* weefvakken. Kennis over de capaciteit van *asymmetrische* weefvakken ontbreekt echter nog. Deelonderzoek CAPWEEF uit het CIA-2 project richt zich juist op dit type infrastructuurelementen. Het verschil tussen een symmetrisch en asymmetrisch weefvak is dat bij een asymmetrisch weefvak het aantal stroken per rijbaan op de samenvoeging en op de splitsing niet gelijk zijn.

Binnen het onderzoek CAPWEEF zal allereerst het simulatiemodel FOSIM worden gevalideerd voor asymmetrische weefvakken. Dit wordt aangegeven met fase 1. Ten tweede zullen capaciteitwaarden worden bepaald voor een aantal geselecteerde asymmetrische weefvak wegconfiguraties (fase 2). Deze rapportage betreft alleen fase 1, de validatie van FOSIM voor asymmetrische weefvakken. Met validatie wordt bedoeld het vergelijken van de uitkomsten van het microsimulatieprogramma FOSIM met de metingen van een praktijksituatie, en beoordelen of de resultaten voldoende overeenstemmen. Een validatieplan is vastgesteld voorafgaand aan deze studie, zie Bijlage A.

Voor het uitvoeren van de validatie is het nodig om de verkeersafwikkeling van een bestaand asymmetrisch weefvak te analyseren. Door AVV zijn video-opnamen en MARE-data beschikbaar gesteld van het asymmetrische weefvak tussen het Prins Clausplein en de afrit Voorburg (een 2+2 samenvoeging en 3+1 uitvoeging). De validatie van FOSIM zal plaatsvinden op basis van de metingen op dit weefvak. Zie Figuur 1 voor de lokatie van dit asymmetrische weefvak. Er geldt een snelheidslimiet van 100 km/h.



Figuur 1 Lokatie van het asymmetrische weefvak

De validatie van FOSIM heeft in principe alleen geldigheid op dit type configuratie. Echter, er wordt uitgegaan dat bij voldoende valide resultaten FOSIM ook voor andere asymmetrische wegconfiguraties kan worden ingezet, zonder het model voor elke afwijkende asymmetrische wegconfiguratie opnieuw te valideren.

1.3 Opbouw

De opbouw van dit rapport is als volgt. Hoofdstuk 2 richt zich op de aanpak en resultaten van de video-analyse die is uitgevoerd voor twee meetdagen. In hoofdstuk 3 wordt een vergelijking gemaakt tussen de MARE data (data afkomstig van meetlussen) en de intensiteiten en snelheden gevonden in de videoanalyse. Een ander onderdeel dat in hoofdstuk 3 wordt besproken is de toepassing en de resultaten van de product-limiet methode om de weefvakcapaciteit te schatten, gebruikmakende van de MARE data. Hoofdstuk 4 beschrijft de simulatieopzet en vergelijkt de simulatieresultaten met de gevonden praktijkwaarden. De conclusies en aanbevelingen van de validatie worden in hoofdstuk 5 gegeven.

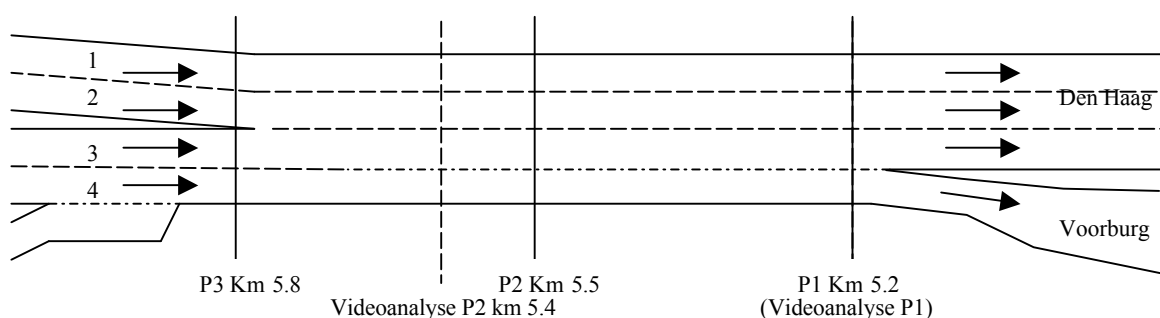
2. Analyse videobeelden

2.1 Opzet

Doel van de videoanalyse is het bepalen van de intensiteiten en snelheden op twee doorsneden van het weefvak (zie Figuur 2). Dit heeft *handmatig* plaatsgevonden met behulp van pakket VivaTraffic. Een voldoende betrouwbare *automatische* verwerking was niet mogelijk vanwege de opnamehoek. Voor uitgebreide informatie over het gebruik en de kwaliteit van het videodetectiesysteem VivaTraffic zie Dijker, 2001.

Video-opnamen zijn gemaakt op 6 en 7 september 2000, vanaf portalen boven de weg ter hoogte van km 5.8 (P3), km 5.5 (P2) en km 5.2 (P1). Alleen de eerste twee opnamen worden gebruikt voor de validatie. De derde, ter hoogte van km 5.2 bleek ongeschikt vanwege de opnamehoek. Deze videobeelden zijn reeds eerder geanalyseerd door TrafficTest, maar dit betrof intensiteiten (*hb*-tabel) en strookwisselingen. De snelheden per strook zijn nog niet eerder vastgesteld.

Zoals de situatieschets aangeeft is er sprake van een invoeging vlak voor het begin van het weefvak (verbindingsboog van A4 naar A12, van Leiden naar Den Haag). Hiervan is geen video-opname en beperkt meetdata beschikbaar. We gaan ervan uit dat deze invoeging niet versturend werkt op de afwikkeling van het weefvak. Dit is gecheckt met de MARE-data (wegnummer A128, km 45.6: dit is 100 m bovenstrooms van doorsnede P3). Op de twee meetdagen bleek de hoogst gemeten intensiteit (tussen 6.00 en 10.00) voor stroken 3, 4 en de invoeging samen 4050 vtg/h te zijn, dus de capaciteit van deze aanvoertak van het weefvak werd niet overschreden in de spits (uitgaande van een capaciteit van 4400 vtg/h). We concluderen dat de invoeging – op de 2 meetdagen - geen verstoring is voor de verkeersafwikkeling naar en op het weefvak (maar wel van invloed kan zijn op de rijstrookverdeling).



Figuur 2 Schema van het asymmetrische weefvak Prins Clausplein - Voorburg

Voor een correcte validatie is het nodig om te controleren of de videobeelden representatief zijn voor de verkeersafwikkeling op het weefvak. Indien een wachtrij op het weefvak ontstaat door benedenstroomse congestie (op Utrechtsebaan of afrit Voorburg) zal dit effect hebben op de intensiteiten en snelheden op het weefvak. Deze

tijdsperiodes zijn niet goed geschikt voor een vergelijking van FOSIM en de praktijk. Voor de capaciteitsschatting worden deze tijdsperiodes niet gebruikt. Op basis van de MARE data en video-opnamen zijn deze tijdsperiodes als volgt vastgesteld:

A12 richting Den Haag

Op meetpunt op km 4.7 (ongeveer 500 benedenstrooms van einde weefvak) is gekeken naar de snelheden op de hoofdrijbaan van 3 stroken. Als criterium voor congestie is een snelheid lager dan 70 km/h gekozen. Tevens is de video bestudeerd. De gevonden tijdsintervallen voor het ontstaan van congestie komen overeen.

Afrit Voorburg

Op basis van de videobeelden zijn de tijdstippen vastgesteld waarop blokkade effecten optraden als gevolg van een te beperkte uitstroom onderaan de afrit Voorburg. Als criterium is gekozen voor de visuele detectie van een stilstand in het verkeer op de afrit ter hoogte van het puntstuk, met als gevolg een schokgolf richting het weefvak.

De resultaten van deze analyse zijn samengevat in de volgende tabel.

06 september 2000	
Video-opname beschikbaar:	6.03-10.03
Niet geschikt wegens invloed benedenstroomse congestie A12	9.33-10.03
Niet geschikt wegens invloed benedenstroomse congestie afrit	7.13-7.18, 7.43-7.48, 7.53-8.08, 8.53-8.58, 9.13-9.18
<i>Beschikbaar:</i>	6.03-7.12, 7.18-7.42, 7.48-7.52, 8.08-8.52, 8.58-9.12, 9.18-10.03
07 september 2000	
Video-opname beschikbaar:	6.03-10.03
Niet geschikt wegens invloed benedenstroomse congestie A12	8.43-10.03
Niet geschikt wegens invloed benedenstroomse congestie afrit	7.23-7.33, 7.53-7.58
<i>Beschikbaar:</i>	6.03-7.22, 7.33-7.52, 7.58-8.42

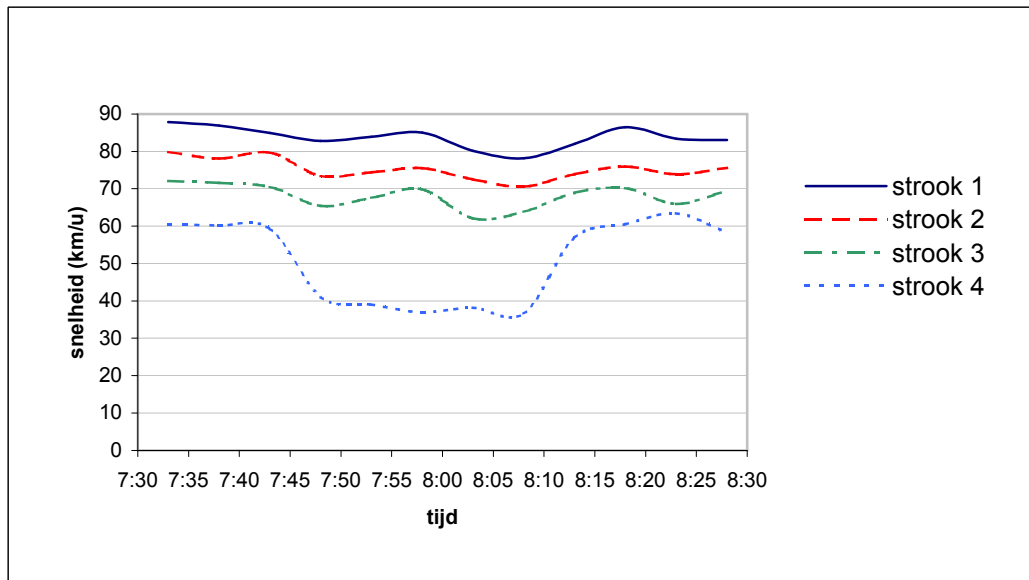
Tabel 1 Overzicht bruikbare en niet-bruikbare tijdsintervallen

De weefvakcapaciteit kan worden bemeaten (na uitfiltering van bovengenoemde intervallen) in de tijdsperiode 7.28 – 8.28 aangezien er gedurende die tijdsperiode steeds een wachtrij aanwezig was op circa 500 meter bovenstrooms (met name op de verbindingsboog A4/A12).

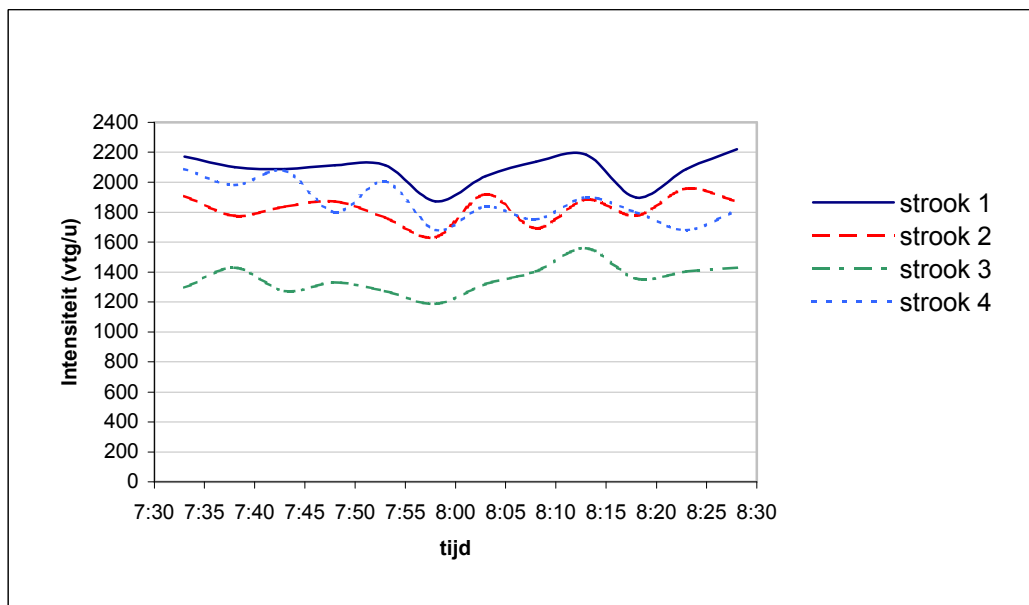
2.2 Resultaten

De resultaten van de videoanalyse zijn weergegeven in deze paragraaf. Per doorsnede zijn de snelheden en intensiteiten op basis van 5-minuten intervallen uitgezet over het verloop van de tijd. Bijlage B gaat in op de bepaling van snelheden met VivaTraffic.

De analyse periode loopt van 7.28 tot en met 8.28, inclusief de niet-geschikte intervallen. De rijstrooknummering komt overeen zoals deze is aangegeven in Figuur 2. Resultaten van 6 september voor doorsnede P1 zijn weergegeven in Figuur 3 en Figuur 4. De gegevens die betrekking hebben op doorsnede P1 zijn afkomstig van de video op portaal P2.

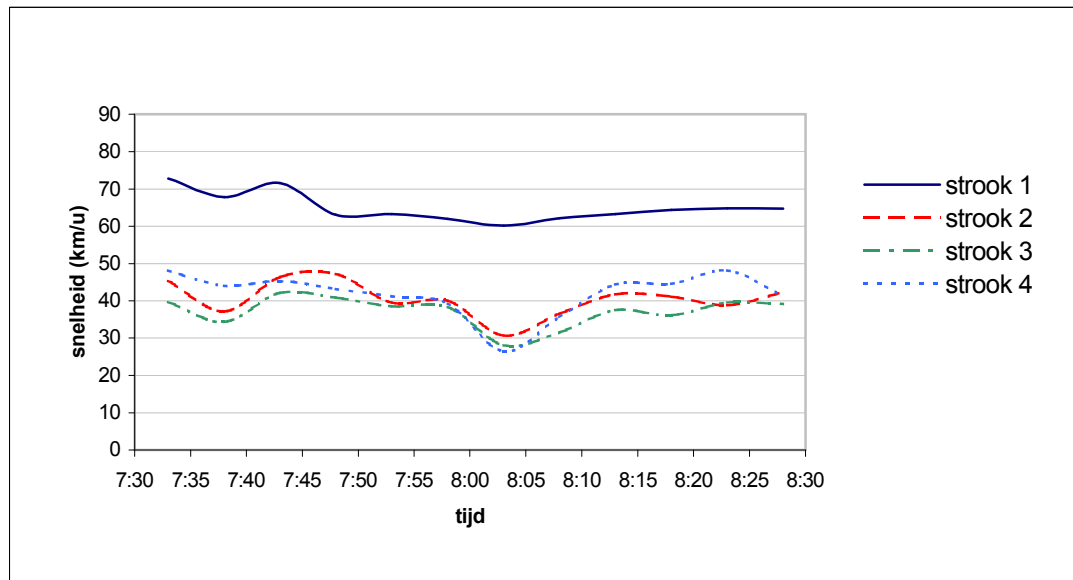


Figuur 3 Snelheden per strook (op doorsnede P1, 6 september 2000)

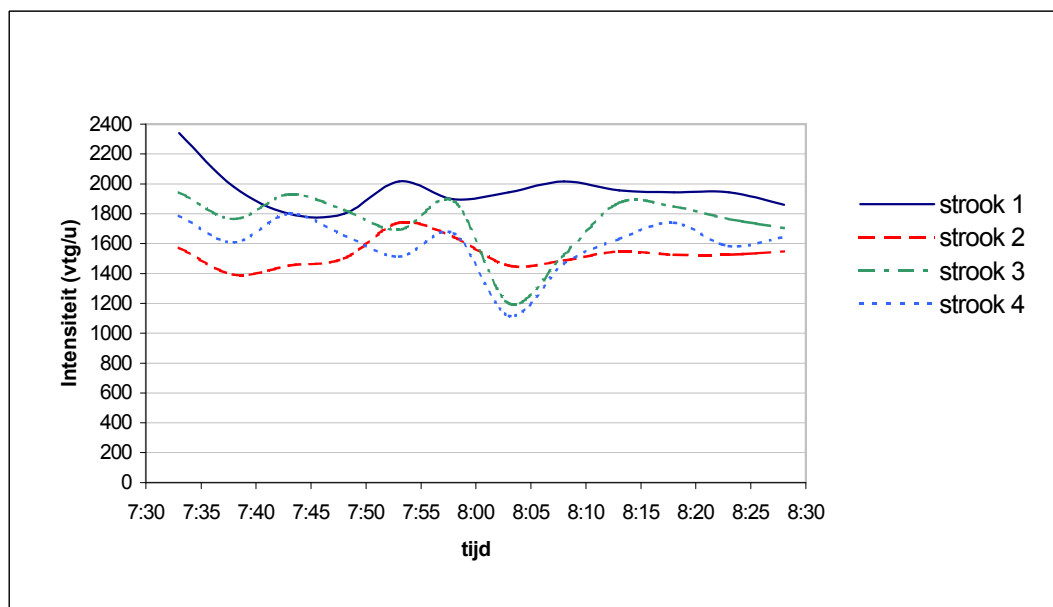


Figuur 4 Intensiteiten per strook (op doorsnede P1, 6 september 2000)

Voor doorsnede P2 is de video vanaf portaal P3 gebruikt. De snelheden en intensiteiten zijn op circa 100 meter bovenstrooms van doorsnede P2 vastgesteld. Vanwege de kwaliteit van de opnamen was een doorsnede precies ter hoogte van P2 niet goed mogelijk. De resultaten van 6 september zijn afgebeeld in figuur 5 en 6.

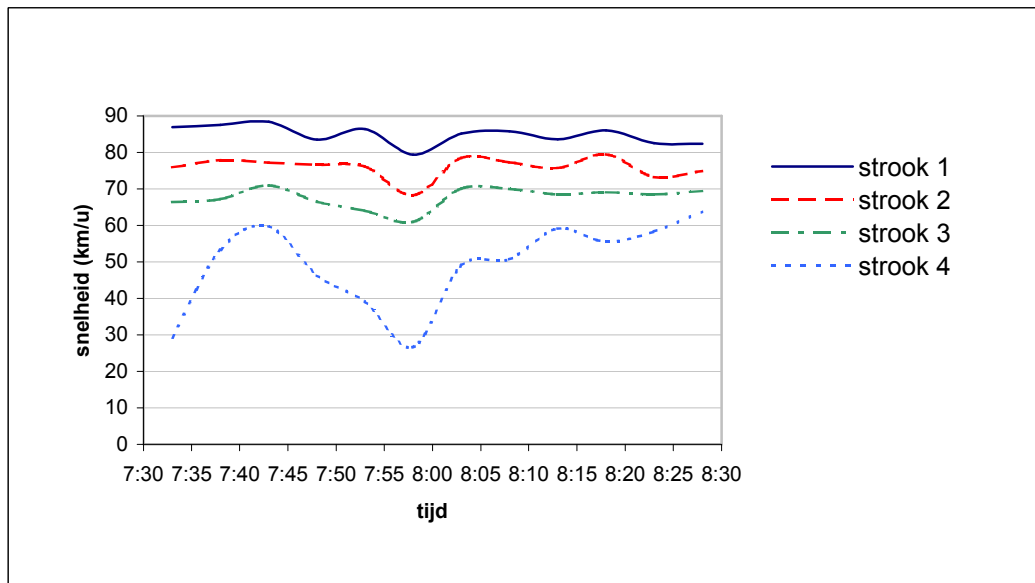


Figuur 5 Snelheden per strook (op doorsnede P2, 6 september 2000)

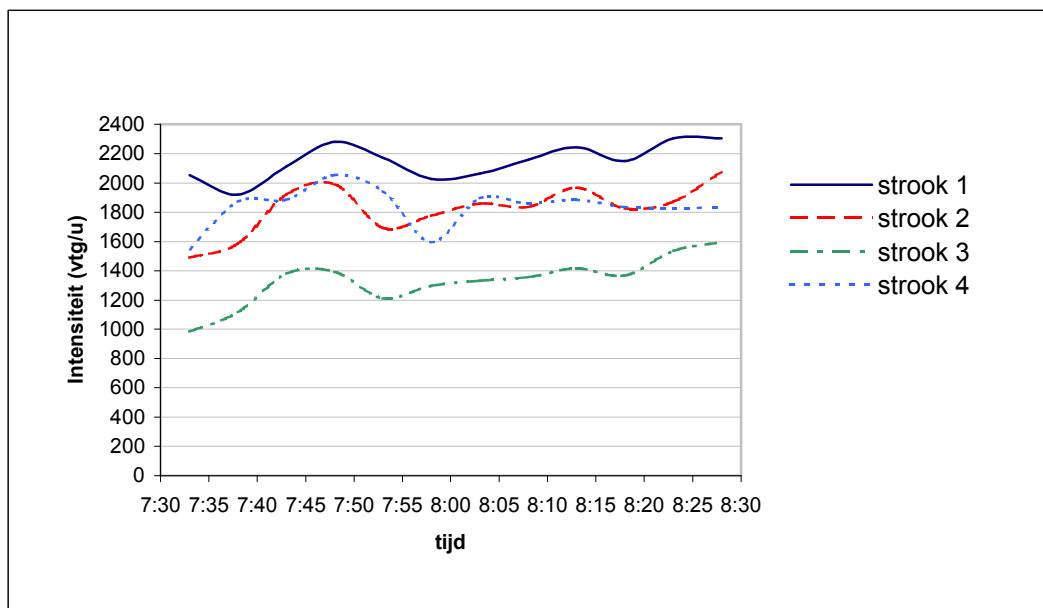


Figuur 6 Intensiteiten per strook (op doorsnede P2, 6 september 2000)

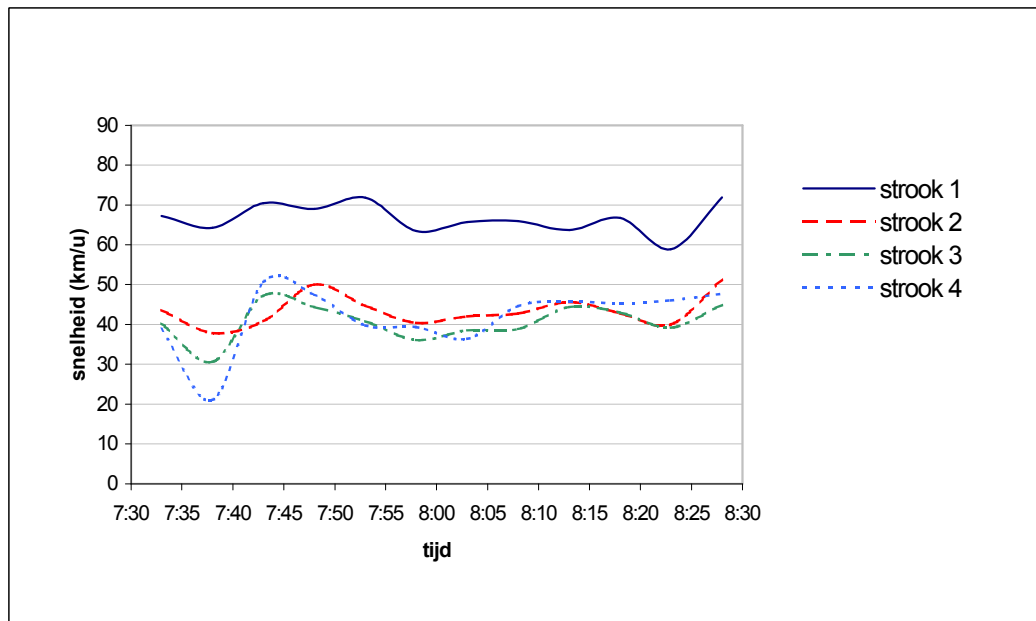
Voor meetdag donderdag 7 september zijn deze gegevens in de volgende figuren weergegeven.



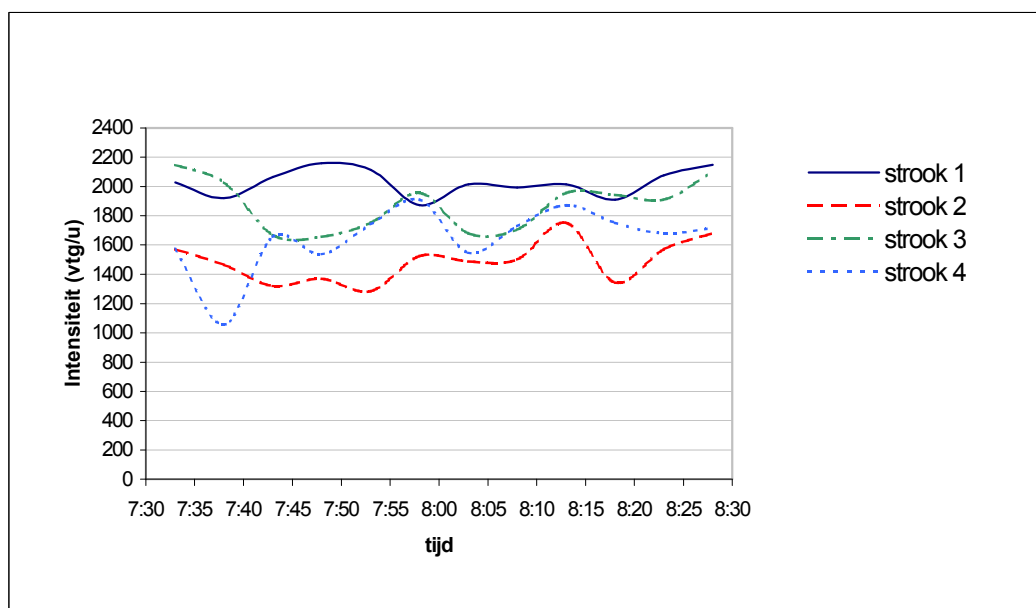
Figuur 7 Snelheden per strook (op doorsnede P1, 7 september 2000)



Figuur 8 Intensiteiten per strook (op doorsnede P1, 7 september 2000)



Figuur 9 Snelheden per strook (op doorsnede P2, 7 september 2000)



Figuur 10 Intensiteiten per strook (op doorsnede P2, 7 september 2000)

3. Analyse MARE data

3.1 Opzet

Nu de resultaten van de videoanalyse beschikbaar zijn, kan een vergelijking worden gemaakt tussen de MARE data en de met videobeelden handmatig verkregen snelheids- en intensiteitsgegevens. Op basis hiervan kan een uitspraak worden gedaan over de kwaliteit van de MARE gegevens, aannemende dat de handmatig verkregen gegevens betrouwbaarder zijn. Dit is uiteengezet in paragraaf 3.2. Paragraaf 3.3 gaat verder met een schatting van de weefvakcapaciteit met de MARE- en video-data.

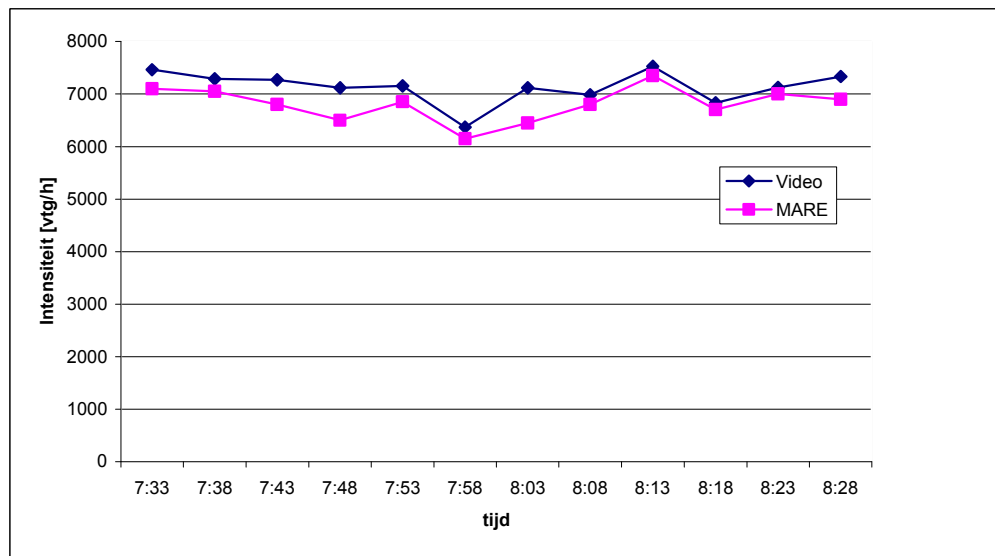
De MARE data wordt ook gebruikt om de weefvakcapaciteit te schatten voor een langere tijdsperiode. Hierbij is gebruik gemaakt van de zogenaamde Product-limiet methode om de capaciteitsverdeling te schatten. Paragraaf 3.4 bespreekt de aanpak en resultaten van deze analyse, bedoeld om een indruk te krijgen van de capaciteitswaarde over een langere periode.

3.2 Vergelijking intensiteiten en snelheden

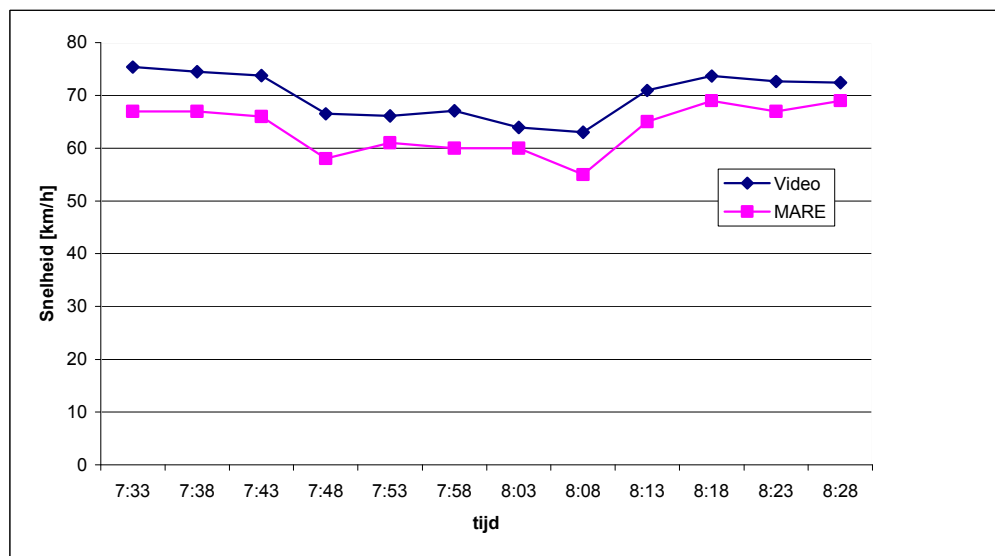
Figuur 11 en Figuur 12 laten het intensiteits- en snelheidsverloop (geaggregeerd per 5 minuten) zien zoals deze is gemeten door MARE en bepaald uit de video. De video-opname vanaf portaal P2 geeft de intensiteiten en snelheden van doorsnede P1. De video-opname vanaf portaal P3 geeft de verkeersdata gemeten op circa 100 meter bovenstrooms van P2. De intensiteitswaarden zijn omgerekend naar uurwaarden.

De rijstrooksnelheden zijn met VivaTraffic bepaald op basis van het rekenkundig gemiddelde van de snelheden van de voertuigen die in een 5 minuten interval de doorsnede passeren.

De gemiddelde rijbaansnelheid is gebaseerd op de rijstrooksnelheden gewogen met de bijhorende rijstrookintensiteit (momentane rijbaansnelheid). De rijbaansnelheid van de MARE data volgt uit een ongewogen middeling van de rijstrooksnelheden. Voor twee situaties is bekeken of een ongewogen middeling van de rijstrooksnelheden uit de video beter aansluit op de gevonden MARE-data, zie bijlage C. Het blijkt dat dit niet het geval is.

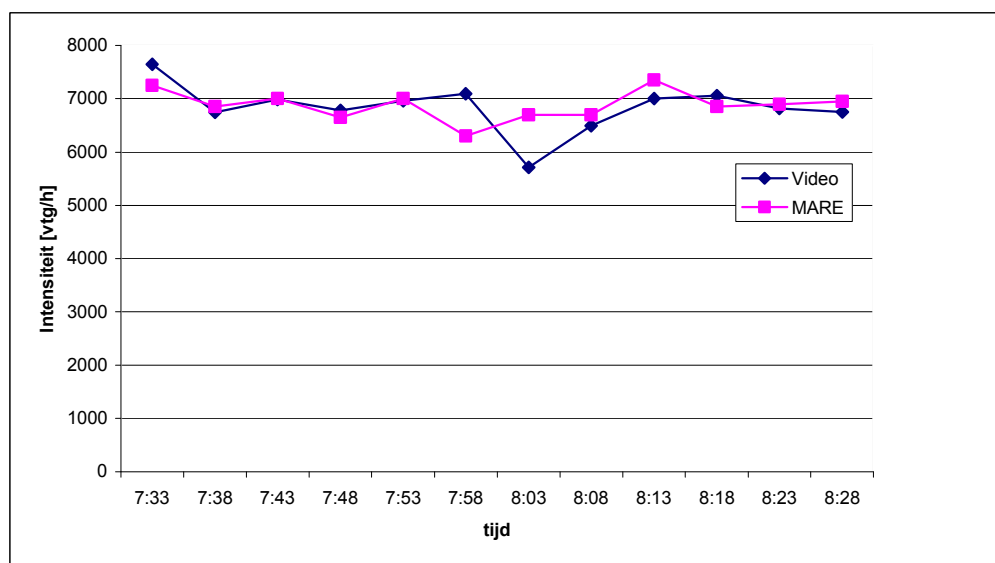


Figuur 11 Vergelijking intensiteiten (op doorsnede P1, 6 september 2000, 7.28-8.28)

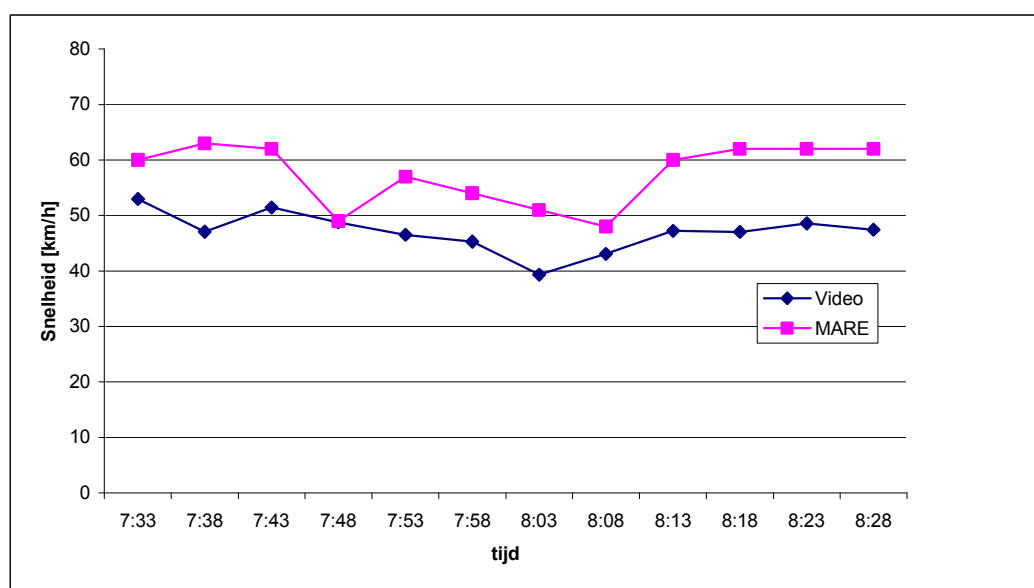


Figuur 12 Vergelijking rijbaansnelheid (op doorsnede P1, 6 september 2000, 7.28-8.28)

Voor meetdag 6 september op doorsnede P2 staan de resultaten in Figuur 13 en Figuur 14.

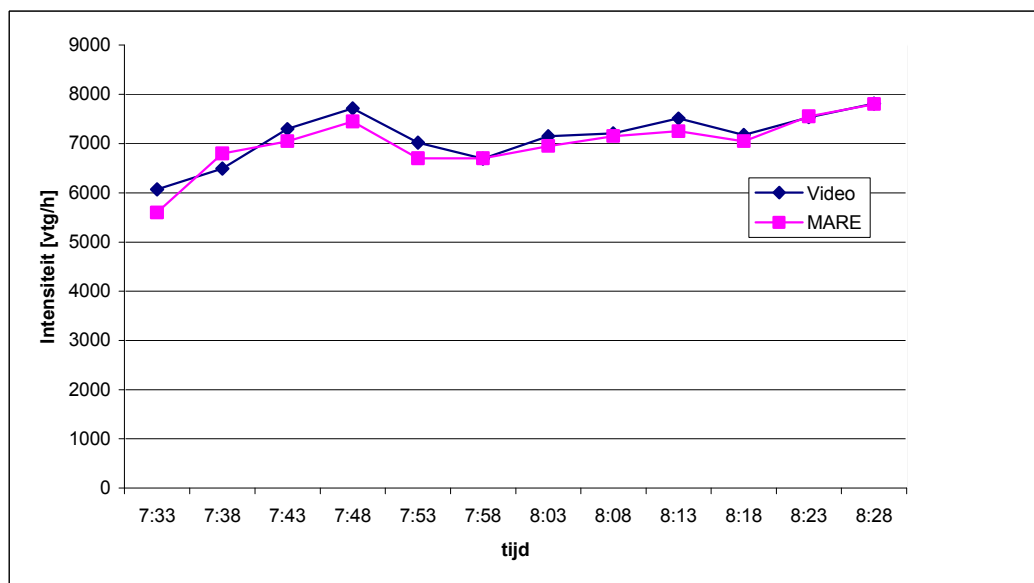


Figuur 13 Vergelijking intensiteiten (op doorsnede P2, 6 september 2000, 7.28-8.28)

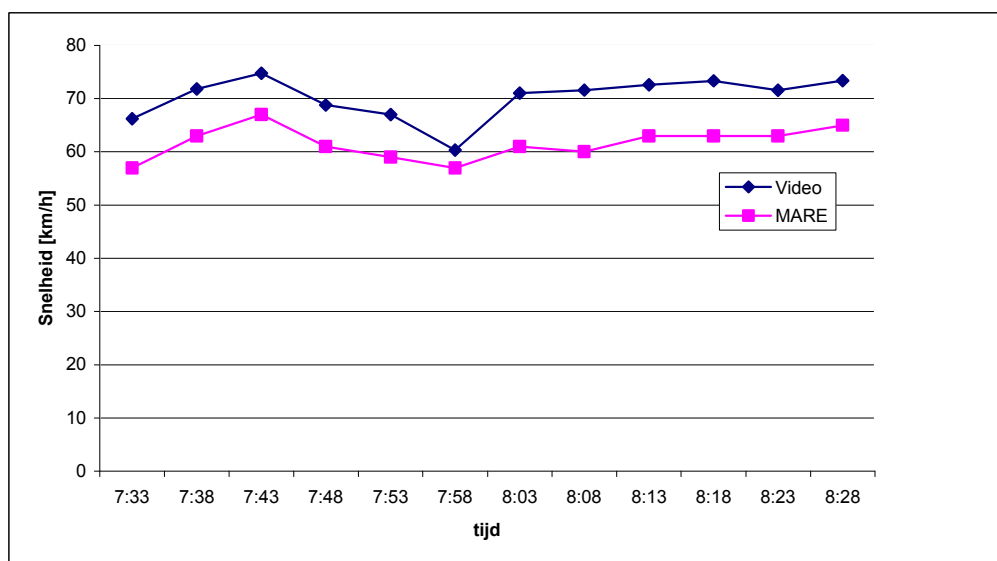


Figuur 14 Vergelijking rijbaansnelheid (op doorsnede P2, 6 september 2000, 7.28-8.28)

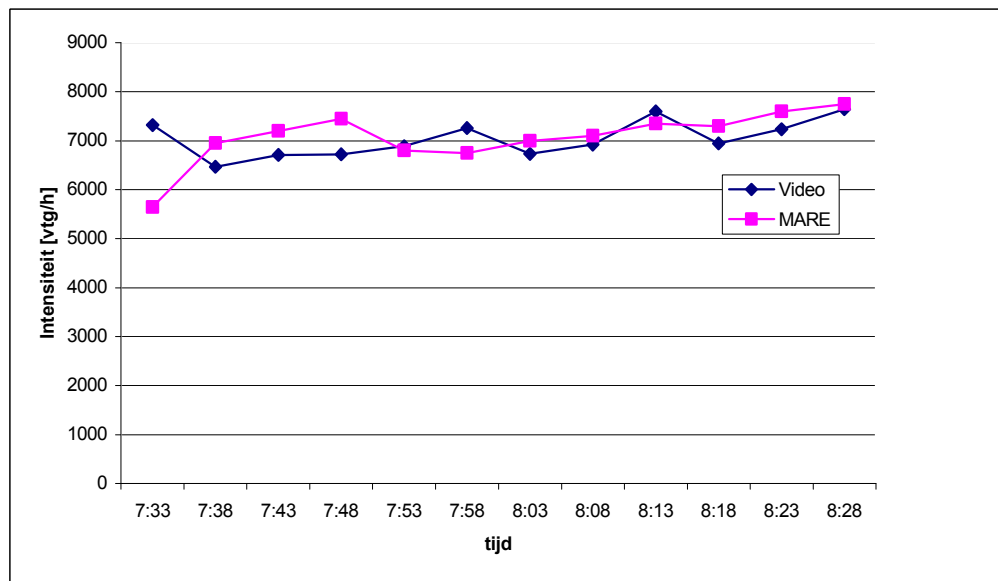
Dezelfde analyse is uitgevoerd voor meetdag 7 september 2000, zie voor de resultaten de volgende figuren.



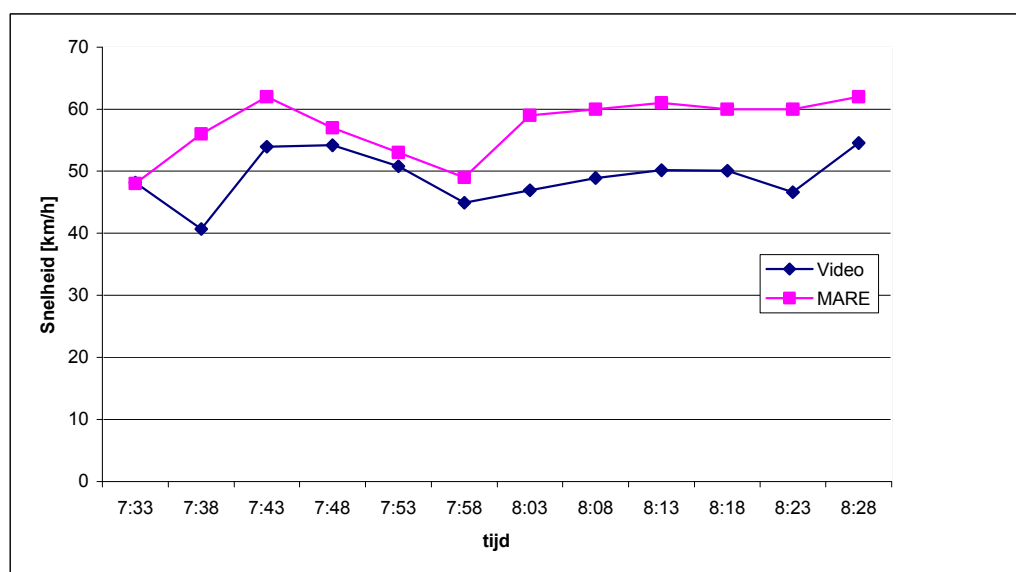
Figuur 15 Vergelijking intensiteiten (op doorsnede P1, 7 september 2000, 7.28-8.28)



Figuur 16 Vergelijking rijbaansnelheid (op doorsnede P1, 7 september 2000, 7.28-8.28)



Figuur 17 Vergelijking intensiteiten (op doorsnede P2, 7 september 2000, 7.28-8.28)



Figuur 18 Vergelijking rijbaansnelheid (op doorsnede P2, 7 september 2000, 7.28-8.28)

Het valt op dat de MARE-data op doorsnede P1 gemiddeld iets lagere intensiteiten opleveren vergeleken met de tellingen van de video (zie Tabel 2). Over het algemeen komen de intensiteiten vrij goed overeen. Afwijkingen kunnen worden veroorzaakt door voertuigen die niet (goed) worden bemeten, onder meer door het strookwisselen. Wanneer deze afwijking voornamelijk op strook 1 optreedt, dan kan dit van invloed zijn op de gemeten gemiddelde snelheid. Hier zijn echter geen gegevens over voorhanden.

	6 september		7 september	
	<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>P1</i>	<i>P2</i>
MARE	6804	6875	7004	7075
Video	7131	6837	7141	7037
<i>Afwijking</i>	4.6%	-0.6%	1.9%	-0.5%

Tabel 2 Overzicht uurtotalen (vtg) per doorsnede op de meetdagen

Voor de snelheden valt er een groter en systematischer verschil op. MARE zit bij doorsnede P1 structureel ongeveer 10 km/h *lager* dan uit de video-analyse blijkt. Bij doorsnede P2 geeft MARE vrij consequent snelheden van circa 10 km/h hoger.

Het verschil zou veroorzaakt kunnen zijn door:

- Afwijking in doorsnede waar vergelijking wordt gemaakt (geldt alleen voor P2);
- Meetfouten van MARE;
- Meetfouten van VivaTraffic.

Als eerste mogelijke oorzaak voor de verschillen op doorsnede P2 is dat de video-gegevens zijn bepaald op een doorsnede circa 100 meter bovenstrooms van P2, terwijl MARE data precies op doorsnede P2 verzamelt. Hierdoor kunnen de gemeten snelheden afwijken.

Voor MARE onderscheiden we een standaard fout door het toegepaste systeem, en lokale fouten door de lussen ter plaatse. In wat voor range deze fouten liggen is nog niet exact bekend. De nauwkeurigheid van de verschillende meetsystemen is momenteel in onderzoek bij AVV (ijking met radar).

Verder kan de fout liggen in de methode gebruikt om snelheden af te leiden in het pakket VivaTraffic (kalibratiefout in het gebruikte coördinatensysteem), alhoewel testen met alternatieve coördinatensystemen uitwijzen dat dit zeer beperkt van invloed is (afwijkingen in de range van 0-2%). De fout neemt toe naarmate de afstand tot de meetdoorsnede wordt vergroot (zie bijlage B)

Bijlage D laat de beeldstanden (snelheidslimieten) zien van de wegsignalering op de A12 op het weefvak.

3.3 Basisdiagram en weefvakcapaciteit

Op basis van de gevonden rijbaanintensiteiten en snelheden (en weglaten van enige niet-representatieve tijdsintervallen met behulp van tabel 1) kan een capaciteitsschatting worden gemaakt.

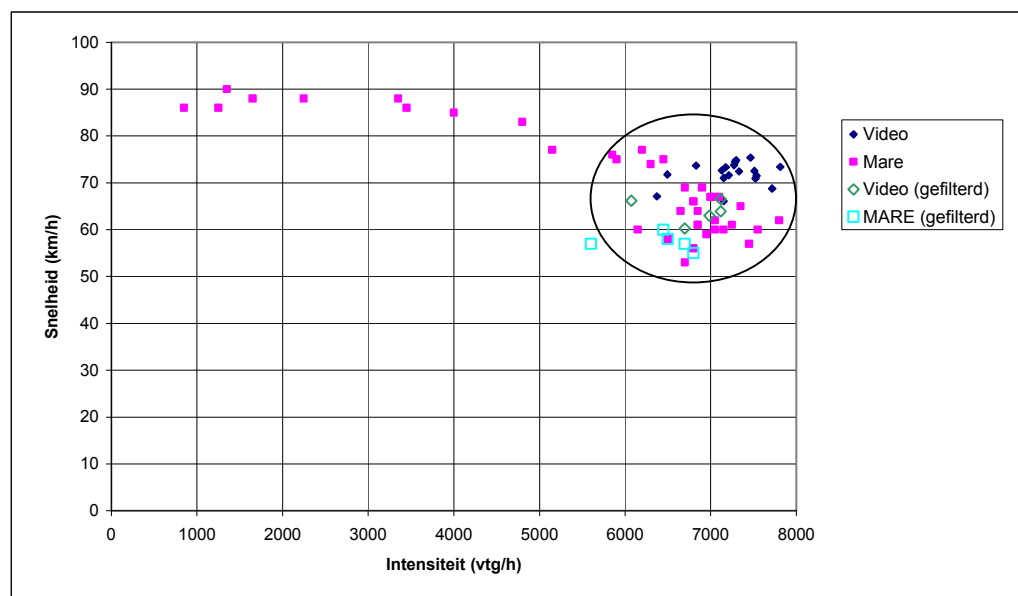
Als definitie van de capaciteit hanteren we hier de gemiddelde intensiteit op doorsnede P1 op basis van 5-minuten intervallen waarbij congestie is geconstateerd bovenstrooms van het weefvak, ofwel de *afrij*-capaciteit.

Deze capaciteitsschatting is te vergelijken met de capaciteitswaarde die uit het simulatiemodel FOSIM volgt (zie hoofdstuk 4). De waarde die volgt uit de Product-limiet methode (die in de volgende paragraaf wordt toegepast) is minder goed te vergelijken met de waarde uit FOSIM omdat de Product-limiet methode ook niet-capaciteitswaarden gebruikt in de schattingsprocedure en minder ideale zicht- en weerscondities omvat.

We onderscheiden twee aanpakken:

- Gebruik MARE-data om de capaciteit te schatten;
- Gebruik video-data om de capaciteit te schatten.

Beide aanpakken zijn hieronder vergeleken met gebruik van het basisdiagram. De twee meetdagen zijn samen genomen om voldoende datapunten te krijgen. De cirkel omvat de capaciteitswaarden. Uit de videoanalyse volgen alleen capaciteitswaarden zodat geen compleet basisdiagram kan worden geconstrueerd. Tevens zijn in de figuur de gefilterde punten opgenomen, die (in overeenstemming met tabel 1) *niet* zijn gebruikt om de capaciteit te berekenen. Het valt op dat de intensiteitswaarden van deze punten redelijk overeenkomen met het gemiddelde beeld, maar dat de snelheid een stuk lager ligt. Voor de capaciteitsschatting zou het dan ook niet veel uitmaken om deze waarden toch te gebruiken.



Figuur 19 Vergelijking capaciteitswaarden MARE en Video op doorsnede P1

De volgende tabel geeft de geschatte capaciteitswaarden weer na de uitfiltering. Voor het gemeten uur op 6 september zijn 9 intervallen beschikbaar waarbij de capaciteit werd bereikt zonder blokkade-effecten, voor 7 september zijn 10 intervallen beschikbaar, zie ook tabel 1.

	6 september	7 september	Beide dagen (st.deviation)
MARE	6878	7175	7034 (362)
Video	7151	7292	7225 (366)
Afwijking	3.8%	1.6%	2.6%

Tabel 3 Vergelijking weefvakcapaciteit (vtg/h) uit MARE en Video

Ondanks het verschil in de gemeten snelheden bij de capaciteit komen beide capaciteitswaarden wel goed overeen. Op 6 september is het verschil het grootst. Het verschil, op basis van beide meetdagen, in de geschatte capaciteitswaarde is minder dan 3%.

3.4 Product Limiet methode toegepast op maanddata

De product-limiet methode is een veel gebruikte methode om de capaciteit te schatten, zie b.v. Toorenburg, 1986. In deze methode wordt zowel gebruik gemaakt van gerealiseerde capaciteitswaarden als intensiteitswaarden waarbij de capaciteit niet optrad (Minderhoud, 1997). Het resultaat is een capaciteitsverdeling en niet, zoals andere methoden, een enkele waarde. Het 50%-percentiel wordt in het algemeen gekozen als een waarde die de capaciteit aanduidt.

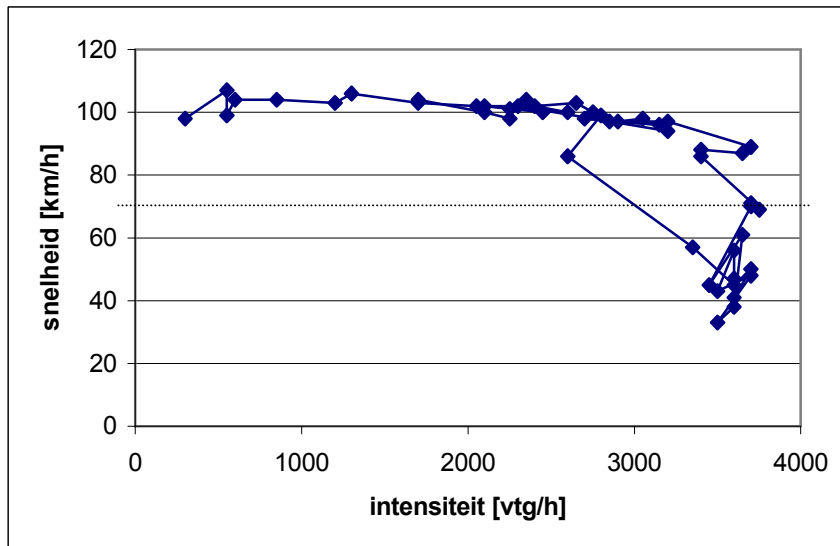
Binnen de validatie wordt de uitkomst uit de PLM gebruikt om te controleren of de capaciteitswaarden uit de twee meetdagen en gegenereerd door FOSIM enigszins overeenkomen met de capaciteit gebaseerd op een maand data.

De aanpak is als volgt. Op basis van een maand MARE data (september 2000, m.u.v. 2 september) is voor de dagperiode (6.00-20.00) data verzameld op verschillende wegdoorsneden. Gekozen is voor aggregatie van vijf minuten intervallen vanwege de vergelijkbaarheid met de resultaten uit FOSIM en de twee afzonderlijke meetdagen.

De gehele doorsnede P1 op km 5.2 (Zie Figuur 2) wordt gebruikt om weefvakcapaciteit te bepalen.

Het vaststellen of de capaciteit op P1 is bereikt of niet, vindt plaats aan de hand van twee bemeten doorsneden circa 500 m bovenstrooms van het begin van het weefvak. Het betreft de lussen op km 6.3 op de A12 (twee stroken vanuit Zoetermeer) en de lussen op km 46.1 op de A12/A4 verbindingsboog (twee stroken vanuit Rotterdam). Indien in een van beide aanvoerstromen congestie wordt gedetecteerd kan worden aangenomen dat de capaciteit in het weefvak is bereikt. Hiertoe wordt gebruik gemaakt van een congestie snelheidscriterium van 70 km/h die is afgeleid op basis van het basisdiagram op km 6.3

(A12) en km 46.1 (A12/A4). Ter illustratie kan in Figuur 20 worden afgelezen dat bij snelheden beneden de 70 km/h er sprake is van congestieve verkeerscondities.



Figuur 20 Basisdiagram op A12, km 6.3 (6 september)

Om niet relevante data te filteren is gecheckt of er geen blokkade-effecten optreden als gevolg van benedenstroomse congestie. Op basis van de twee meetdagen kan worden gesteld dat bij gemiddelde snelheden onder 60 km/h op de meetlus op P1 (rijbanen A en B samen) er sprake is van benedenstroomse congestie. Deze snelheid wordt dan ook als criterium toegepast. Zie hiervoor het snelheidsverloop van de rijbaan (MARE-data) in Figuur 12 en Figuur 16. De intervallen met snelheden beneden 60 km/h komen overeen met de niet-buikbare intervallen van tabel 1. Dat hier geen 70 km/h grenswaarde is gekozen wordt veroorzaakt door de uitvoeging Voorburg, hier is de snelheid bij capaciteitscondities gemiddeld genomen lager dan op de rijbaan.

Het vaststellen van de capaciteitsverdeling met de PLM gebeurt in twee delen.

Deel 1: genereren capaciteitswaarden en bruikbare intensiteiten

In pseudo-code wordt het volgende uitgevoerd (per dagperiode en per 5-minuten tijdsinterval):

```

If    Snelheid op einde weefvak >= 60 km/h then
  begin

    If    Snelheid op km 6.3 A12 < 70 km/h          or
          Snelheid op km 46.1 A12/A4 < 70 km/h

      then
        Intensiteit op einde weefvak = capaciteitswaarde weefvak
      else

```

Intensiteit op einde weefvak = normale intensiteitswaarde

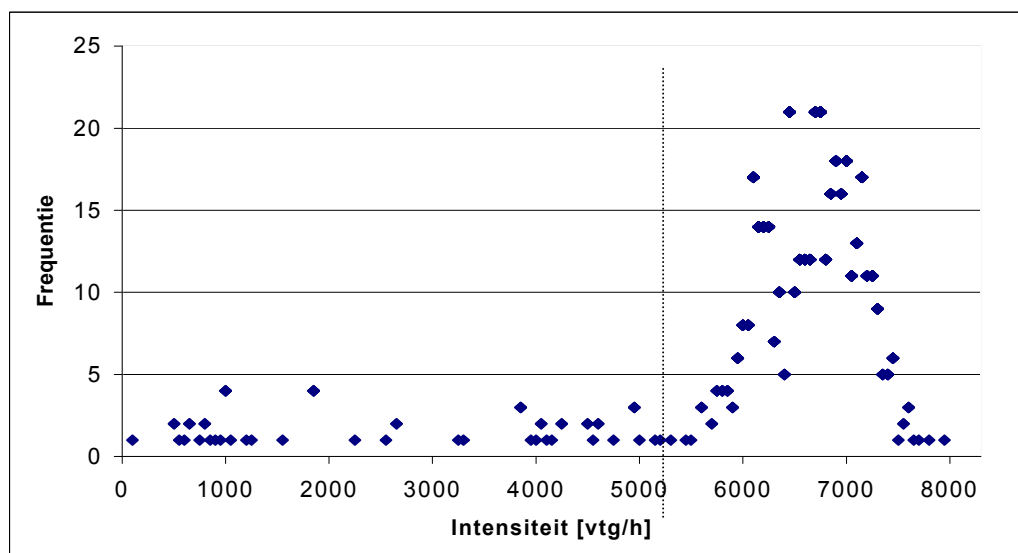
end

Deel 2: maken verdeling volgens Product-limiet aanpak

Vaststellen laagste capaciteitswaarde. Alle ‘normale’ intensiteitswaarden – dus waarbij de capaciteit niet is opgetreden – hoger dan deze laagste capaciteitswaarde worden gebruikt in de berekening. Voor de formules en aanpak zie Minderhoud, 1997.

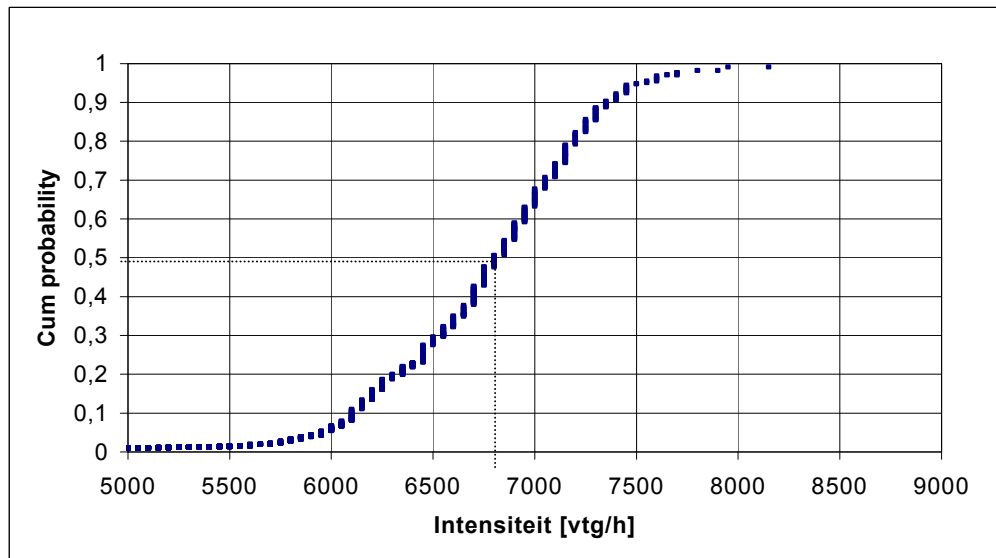
Door wegafsluitingen, incidenten en andere omstandigheden worden capaciteitswaarden gevonden die niet de weefvakcapaciteit representeren. Op basis van visuele inspectie van de frequentie van capaciteitswaarden (Figuur 21) is een ondergrens van 5200 vtg/h geselecteerd. Hiermee worden niet representatieve capaciteitswaarden uitgefilterd.

Figuur 21 laat de frequentie van de gerealiseerde capaciteitswaarden over een maand zien (tijdsperiode 6.00-20.00). De capaciteit wordt 467 maal bereikt volgens de in deel 1 beschreven criteria. De hier gevolgde methodiek maakt geen onderscheid tussen afrij-intensiteiten en pre-queue capaciteitswaarden.



Figuur 21 Frequentieverdeling gerealiseerde capaciteitswaarden

Gebruikmakende van de gekozen ondergrenswaarde van 5200 vtg/h is de PLM capaciteitsverdeling gegenereerd. Zie Figuur 22. Als we als capaciteitsdefinitie kiezen voor het 50%-percentiel, een gebruikelijke keuze, dan komen we tot de conclusie dat de capaciteit 6800 vtg/h is. Er is bij deze analyse geen onderscheid gemaakt naar weersomstandigheden. De analyse is gedaan op basis van 1086 geschikte intervallen met waarden boven de ondergrens (zowel capaciteitswaarden als intensiteitswaarden). Intensiteiten onder de ondergrenswaarde zijn niet van invloed op de schatting.



Figuur 22 Cumulatieve kansverdeling capaciteit $P(C < x)$ met ondergrens 5200 vtg/h

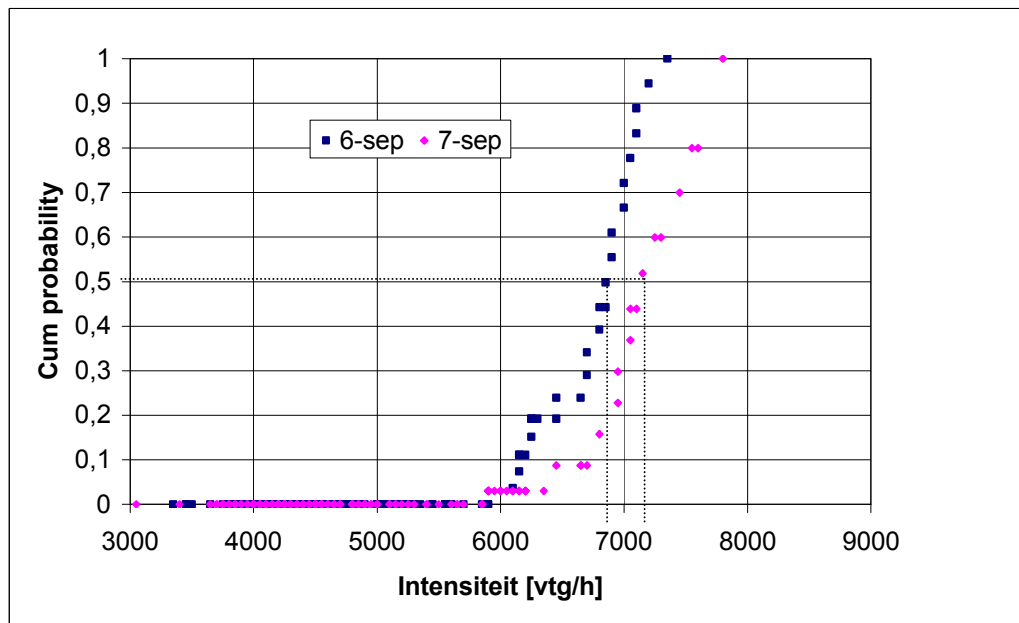
Als gevoeligheidsanalyse is een lagere ondergrens gekozen, zie bijlage E. Dit heeft geen effect op de ligging van de mediaan.

3.5 Product Limiet methode toegepast op de meetdagen

Op basis van de MARE-gegevens van de meetdagen (6 en 7 september 2000, 6.00-20.00) kan een capaciteitsverdeling per dag worden geschat met de Product-limiet methode. Het aantal datapunten is echter beperkt zodat de betrouwbaarheid van de schatting minder is dan de schatting van de maanddata. Voor 6 september zijn 20 capaciteitswaarnemingen gedaan, 7 september zijn er 12 waarnemingen gedaan, gebruik makende van de procedure beschreven in de vorige paragraaf. Tevens zijn de intensiteitswaarden gebruikt, deze worden echter alleen in de schattingsmethode gebruikt indien de waarde hoger is dan de laagste capaciteit. Hierbij is geen ondergrens gebruikt gezien het feit dat er geen extreem lage capaciteitswaarden optraden.

Het resultaat van de capaciteitsschatting met de PLM is weergegeven in Figuur 23. Elke punt geeft een sprong in de capaciteitsverdeling aan. De punten die zichtbaar op de x-as liggen representeren intensiteitswaarden die onder de laagste capaciteitswaarde liggen, en daarom niet van invloed zijn op de schatting.

Het blijkt dat de 50-percentielwaarde op 6 september overeenkomt met de geschatte 50-percentiel waarde op basis van de maanddata, 6800 vtg/h. Op 7 september wordt een hogere waarde gevonden, circa 7100 vtg/h.



Figuur 23 Cumulatieve kansverdeling capaciteit $P(C < x)$ zonder ondergrens (6 en 7 september)

4. Simulatie weefvak en vergelijking

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van de simulatie (met FOSIM 4.1) en vergelijkt deze met de gevonden praktijkwaarden. Dit is de kern van de validatie. Paragraaf 4.1 geeft de toetsingscriteria en beoordelingsaanpak, zoals eerder vastgesteld in het plan van aanpak. Paragraaf 4.2 beschrijft de opzet van de uitgevoerde simulatie. De daarop volgende paragrafen geven de resultaten van de validatie weer per criterium.

4.1 Toetsingscriteria

Bij de vergelijking tussen praktijkgegevens en de modeluitkomsten kunnen verschillen optreden. Een verschil, dat binnen een gegeven bandbreedte valt, is acceptabel. Voor alle toetsingscriteria wordt een afwijking van 10% als acceptabel opgevat. Dit is eerder vastgelegd in het *validatieplan*, zie Bijlage A

Door weegfactoren aan de verschillende criteria te geven, en de scores per criteria gewogen te sommeren, kan een uitspraak worden gedaan over de validiteit van het model. We gaan uit van een score van 100 indien er op een zekere criterium perfecte overeenstemming is tussen praktijk en model. In paragraaf 4.8 worden de scores gewogen en wordt een eindbeoordeling gegeven.

Sommige criteria zijn belangrijker dan andere. Bij de beoordeling worden de volgende criteria gehanteerd (weging aangegeven met [x]):

- Capaciteitswaarde [0.5];
- Macroscopische verkeerskenmerken (basisdiagram) [0.2];
- Plaats en ontstaan congestie [0.1];
- Rijstrookverdeling [0.1];
- Aantal en richting strookwisselingen per wegdeel [0.1];

In bijlage A wordt de operationalisering van de toetsingscriteria beschreven.

Bij volledige overeenstemming tussen praktijk en modeluitkomsten volgt een gewogen sommatie score van 100. Indien een totaalscore tussen 90 en 100 wordt gevonden beoordelen we FOSIM als valide voor asymmetrische weefvakken. Dit betekent dat een verschil van 10% ten opzichte van de praktijkmeting wordt geaccepteerd.

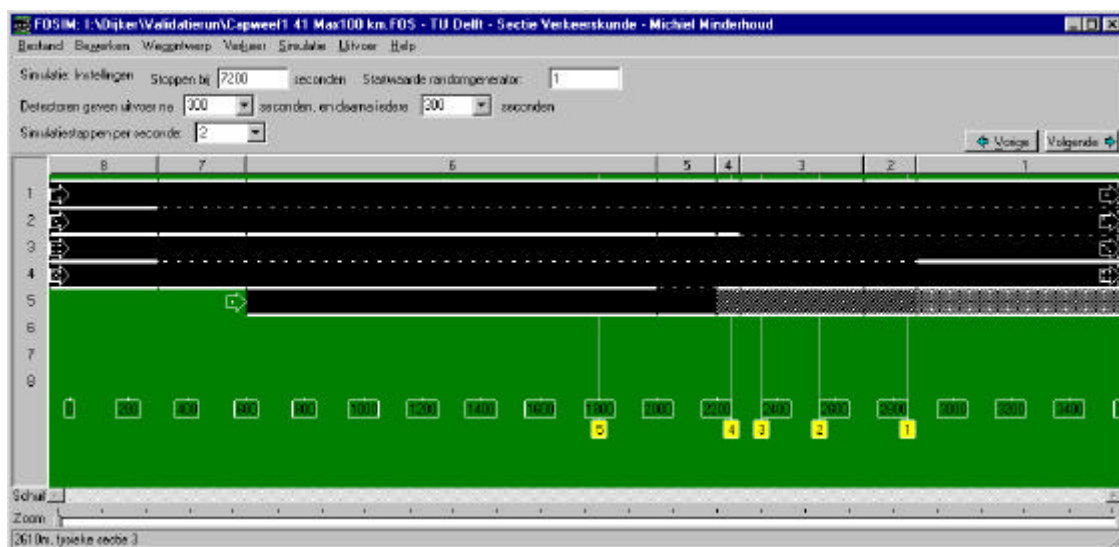
4.2 Opzet simulatie

Voor de validatierun is gebruik gemaakt van FOSIM 4.1 (zonder de correctie van mei 2001). De opzet van de simulatierun wordt in deze paragraaf uiteengezet.

Wegconfiguratie

Het asymmetrische weefvak bestaat uit twee aanvoerende rijbanen, waarbij een invoeging gesitueerd is vlak voor de samenvoeging. Het weefvak is 650 meter lang. De weefvaksplitsing bestaat uit een enkelstrooks uitvoeging (afvallende rijstrook). In de simulatie is een snelheidsonderdrukking van 70% toegepast (over 100m), gevolgd door een snelheidsonderdrukking van 40% (over de gehele afrit) om de lagere snelheden als gevolg van verkeerslichten onderaan de afrit te kunnen simuleren. De hoofdrijbaan

bestaat na de uitvoering uit drie rijstroken. Zie Figuur 24. De detectoren 1, 2 en 4 komen overeen met de weglussen op respectievelijk km 5.2, km 5.5 en km 5.8.



Figuur 24 Weggeometrie in FOSIM

Herkomst-bestemmingsmatrix

Voor het uitvoeren van de validatiesimulatie is een herkomst-bestemmingstabel nodig. Deze wordt afgeleid uit de tellingen van de praktijkmeting gedurende de capaciteitscondities van het weefvak.

Onderstaande tabel laat de tabel zien voor woensdag 6 september 2000 over de periode 7.30-8.30. De strooknummering is overeenkomstig figuur 2. Deze gegevens zijn afkomstig van de tellingen uitgevoerd door TrafficTest. De eerste regel cijfers in een cel geeft het aantal strookwisselingen aan in een bepaalde zone (weefvak is opgedeeld in 3 zones). Het vetgedrukte getal geeft het totaal, met daaronder het percentage van de voertuigen dat van strook i naar strook j wisselt.

Naar	1	2	3	4	Alle
Van					
1	- 1756 (95%)	0/45/0 45 (3%)	0/7/0 7 (-)	0/39/0 39 (2%)	1847
2	10/24/3 37 (2%)	- 996 (60%)	0/7/0 7 (-)	5/611/2 618 (38%)	1658
3	21/23/0 44 (2%)	83/561/0 644 (37%)	- 1013 (59%)	8/22/0 30 (2%)	1731
4	0/5/0 5 (-)	0/49/0 49 (3%)	23/318/0 341 (20%)	- 1297 (77%)	1692
Alle	1842	1734	1368	1984	6928

Tabel 4 HB-tabel weefvak uit tellingen 6 september 2000, 7:30-8:30

Voor 7 september 2000 kan een soortgelijke tabel worden gepresenteerd, opnieuw voor de tijdsperiode 7.30-8.30.

<i>Van</i>	<i>Naar</i>	1	2	3	4	<i>Alle</i>
1	-	0/41/0 1873 (94%)	0/41/0 41 (2%)	- - -	16/70/0 86 (4%)	2000
2	4/5/0 9 (-)	-	0/39/0 39 (3%)	128/680/0 808 (55%)		1481
3	8/76/0 84 (5%)	109/567/0 676 (36%)	- 1112 (59%)	9/0/0 9 (-)		1881
4	1/0/0 1 (-)	17/140/0 157 (9%)	138/406/1 545 (31%)	- 1054 (60%)		1757
<i>Alle</i>		1967	1499	1696	1957	7119

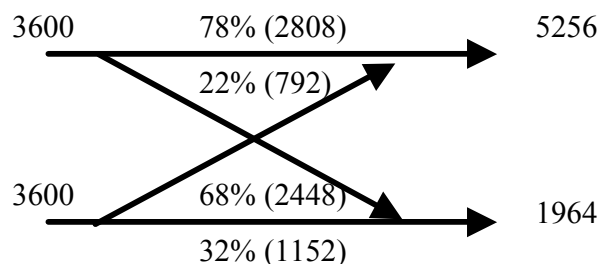
Tabel 5 HB-tabel weefvak uit tellingen 7 september 2000, 7:30-8:30

Op basis van bovenstaande gegevens komen we tot de volgende hb-tabel (Tabel 6) die wordt gebruikt voor het simuleren van het weefvak met FOSIM. Er zijn vier stroken die als input dienen voor de verkeersvraag. Per strook worden twee bestemmingen onderscheiden, namelijk de bestemming richting Den Haag en de uitvoeging Voorburg. Per rijbaan wordt de input gelijk verdeeld over de stroken.

Figuur 25 laat de verkeersstromen grafisch zien. De uiteindelijke rijstrookverdeling ter plaatse van het weefvak volgt uit het gesimuleerde verkeersproces. Een alternatieve aanpak, namelijk door de hb-tabel op strookniveau te bepalen zodat deze beter aansluit op de tellingen is niet gekozen aangezien deze aanpak niet in de vervolgstudie zal worden gebruikt (in het algemeen is de hb-tabel op rijstrookniveau niet beschikbaar).

<i>Van</i>	<i>Naar</i>	<i>Den Haag (stroken 1,2,3)</i>	<i>Afrit Voorburg (strook 4)</i>
1		78	22
2		78	22
3		68	32
4		68	32
<i>Invoeging</i>		70*	30*

Tabel 6 HB-tabel weefvak in FOSIM (cellen in %) *aanname gedaan in overleg met AVV (geen video of data beschikbaar)



Figuur 25 Invoer HB in percentages (en in vtg/h) vanaf T=1800

Intensiteitsverhouding verkeersvraag

Bij de specificatie van het intensiteitenverloop is gelet op de karakteristieke eigenschappen van de verkeersvraag van het onderzochte asymmetrische weefvak. Het blijkt dat het verkeersaanbod op stroken 1 en 2 (A12 vanuit Utrecht) niet extreem hoog is; de intensiteit blijft ruim onder de capaciteit van de 2-strooks rijbaan. Het verkeersaanbod in de spits op stroken 3, 4 (vanuit Rotterdam) en de invoeging (vanuit Amsterdam) samen is ook onder de capaciteit van de aanvoerende rijbaan. Tabel 7 geeft de invoerwaarden, figuur 25 laat het grafisch zien.

<i>Herkomst</i>	<i>T=0</i>	<i>T=1800</i>	<i>T=7200</i>	<i>(Rijbaan totaal vanaf T=1800)</i>
1	900	1800	1800	3600 vtg/h
2	900	1800	1800	
3	600	1200	1200	3600 vtg/h
4	600	1200	1200	
Invoeging	600	1200	1200	

Tabel 7 Intensiteitenverloop per herkomst in FOSIM (cellen in vtg/h)

Tijdens het voorbereiden van de simulaties bleek dat de weefvakcapaciteit aanzienlijk hoger is wanneer de verkeersvraag op stroken 1 en 2 hoger zou zijn. Er is voor gekozen om in de simulatie de verkeersvraag niet te verhogen tot de capaciteit; dit zou namelijk geen realistische vergelijking opleveren met de praktijk. In Bijlage F is gekeken in hoeverre dit van invloed is op de capaciteit.

Aandeel vrachtverkeer

Uit de metingen van TrafficTest blijkt het percentage vrachtverkeer in de spits tussen de 3 en 4% te liggen. Op basis hiervan is de volgende invoer gespecificeerd (vrachtverkeer op basis van voertuigklassen 4 en 5 samen).

<i>Herkomst</i>	<i>Vrachtverkeer %</i>	<i>Rijbaan %</i>
1	0	3
2	6	
3	0	5
4	10	
Invoeging	5	

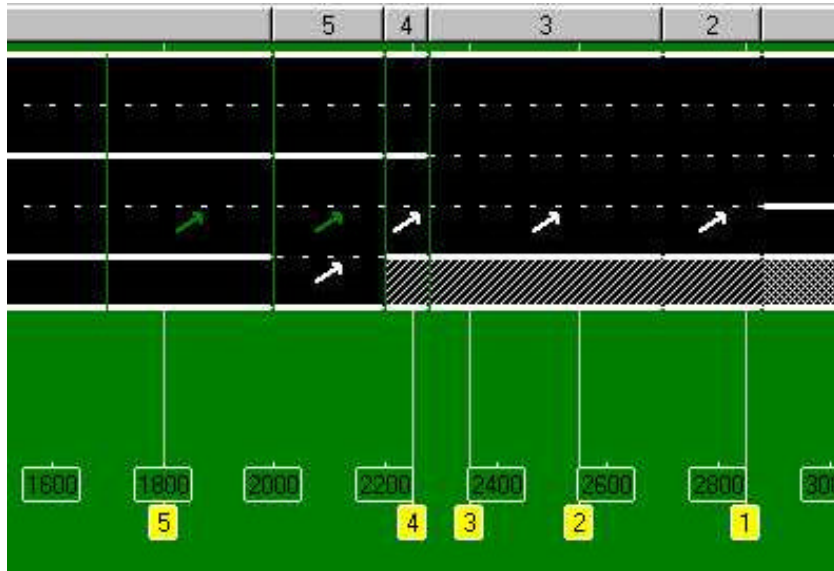
Tabel 8 Vrachtverkeerpercentage per herkomst in FOSIM

Op het weefvak (en direct beneden- en bovenstrooms) geldt een snelheidslimiet van 100 km/h. Voor de selectie van voertuigparameters betekent dat gebruik wordt gemaakt van de calibratieset die bedoeld is voor een snelheidslimiet van 100km/h (de Leeuw, 2000).

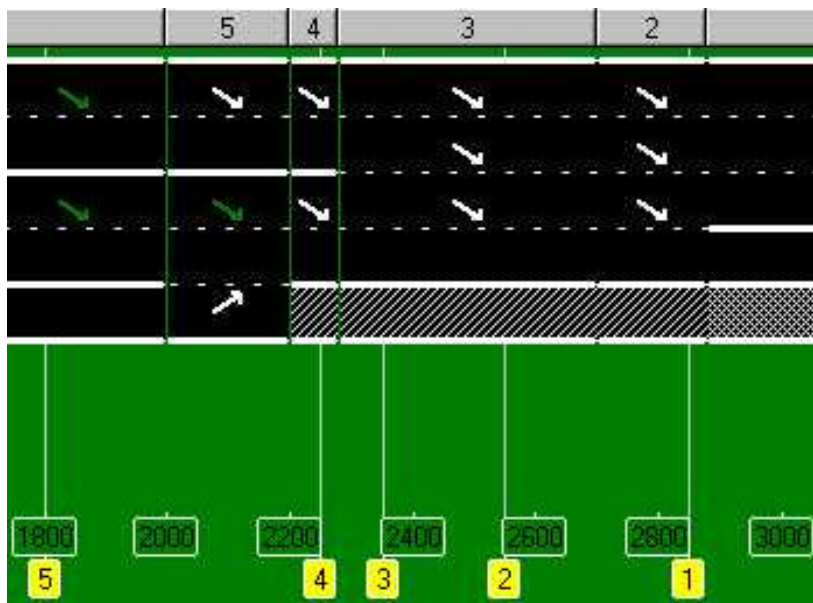
Het strookwisselgedrag is aangegeven in Figuur 26 voor de richting Den Haag (bestemming 1) en voor richting Voorburg (bestemming 4) in Figuur 27. Voor beide richtingen geldt dat er achtereenvolgens sprake is van een zone met gewenst strookwisselgedrag gevolgd door een zone met verplicht strookwisselgedrag.

Figuur 27 Definitie strookwisselgedrag richting Voorburg

Uitvergrotingen van de strookwisselgebieden zijn weergegeven in Figuur 28 en Figuur 29.



Figuur 28 Detail strookwisselgedrag richting Den Haag



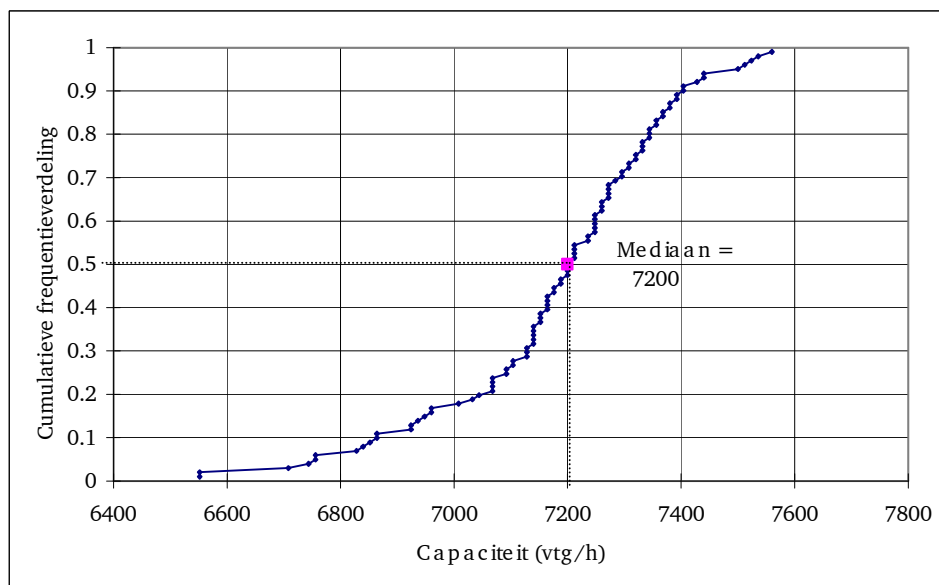
Figuur 29 Detail strookwisselgedrag richting Voorburg

4.3 Vergelijking capaciteitswaarde

De capaciteitswaarde die uit FOSIM volgt kan worden omschreven als de hoogste intensiteit in de bottleneck gedurende een 5-minuten interval voordat congestie is

gesignaleerd op een bovenstrooms gelegen doorsnede. Dit wordt ook wel de ‘pre-queue’ capaciteit genoemd; de capaciteit *voordat* de wachtrij ontstaat. Deze waarde is niet gelijk aan de capaciteitswaarde die resulteert uit de product-limiet of de capaciteitsschatting zoals beschreven in paragraaf 3.3, aangezien deze methoden uitgaan van de afrijcapaciteit (de capaciteit *nadat* een wachtrij is ontstaan). De FOSIM capaciteitswaarde is het best te vergelijken met de waarde berekend in paragraaf 3.3, omdat op beide meetdagen goede zicht- en weerscondities aanwezig waren, terwijl de product-limiet schatting ook dagen omvat met minder ideale condities.

De weefvakcapaciteit is geschat op basis van 100 runs met FOSIM waarin alleen de random startwaarde verschilde. Indien op detector 5 een gemiddelde snelheid lager dan 70 km/h werd gemeten werd de run afgebroken en de hoogste intensiteit gemeten op detector 1 opgeslagen. Het resultaat is een capaciteitsverdeling, zie Figuur 30. Het 50%-percentiel wordt gebruikt om de capaciteit in een waarde uit te drukken.



Figuur 30 Cumulatieve frequentieverdeling capaciteit weefvak met FOSIM (100 runs)

In de volgende tabel zijn de statistische resultaten samengevat. Het 50%-percentiel van de pre-queue capaciteit is 7200 vtg/h.

Statistische gegevens	(Vtg/h)
Minimum:	6552
Maximum:	7560
Gemiddelde:	7177.68
Standaard afwijking:	205.113
Mediaan:	7200
Betrouwbaarheidsniveau(95%):	40.20134

Tabel 9 Statistische gegevens capaciteitsverdeling FOSIM

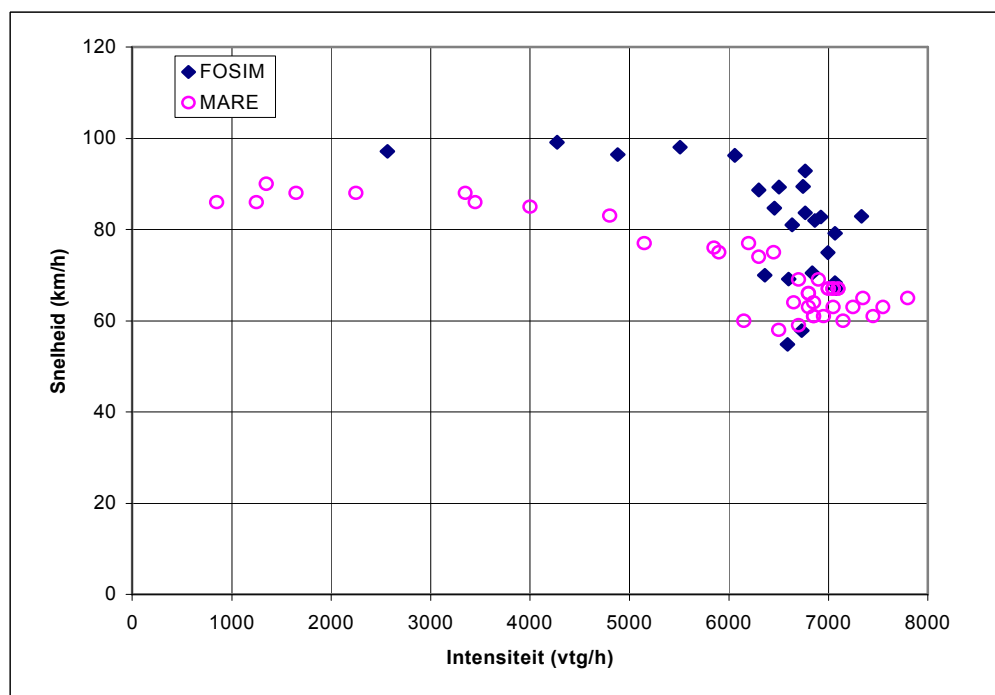
FOSIM	Videoanalyse	Vershil %
7200 vtg/h	7225 vtg/h	0.5%

Tabel 10 Afwijking capaciteitswaarde

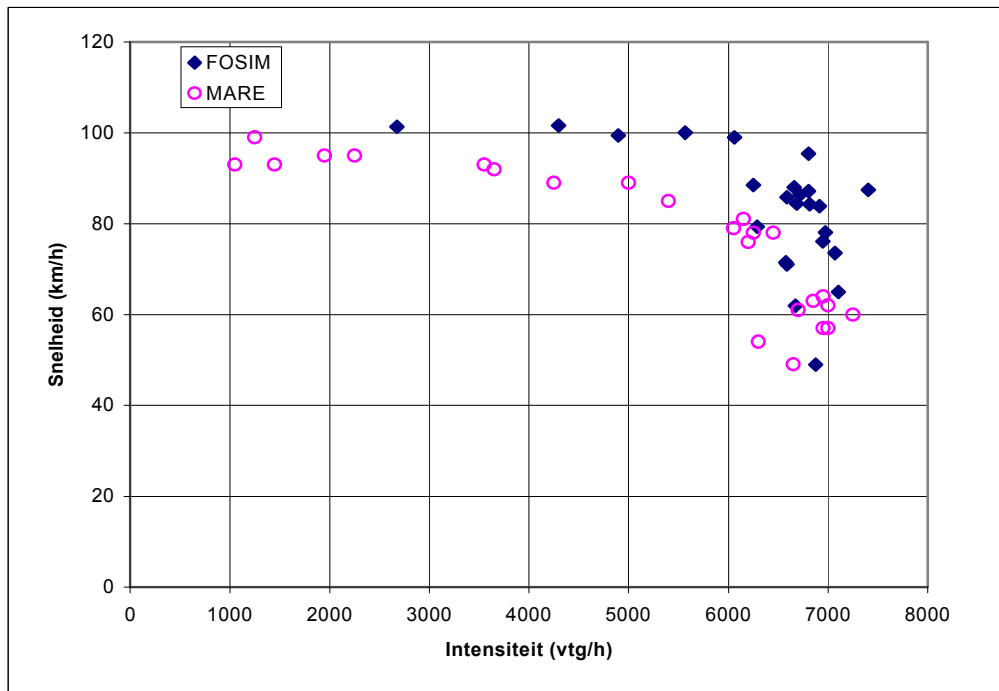
Op basis van de berekende afwijking wordt een score van $100 - 0.5 = 99.5$ gegeven aan dit criterium. Als we de uitkomst van FOSIM vergelijken met de Product-limiet capaciteitswaarde over een maand (6800 vtg/h) dan is de overeenkomst minder goed. Dit is te verklaren doordat de PLM capaciteitsschatting is gebaseerd op een andere definitie (zowel afrij- als pre-queue-intensiteiten) en omdat de analyse is gebaseerd op een maand data met verschillende zicht- en weerscondities. De simulatie met FOSIM gaat uit van de pre-queue capaciteit onder ideale condities.

4.4 Vergelijking basisdiagram

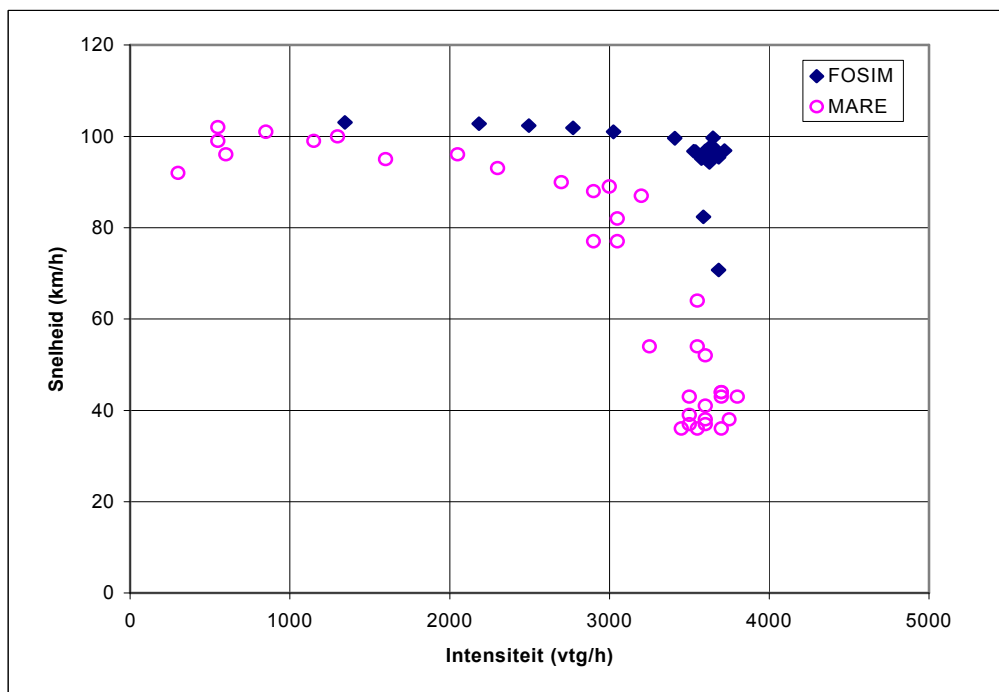
Voor de gehele doorsneden P1 en P2 kan een vergelijking tussen de snelheid-intensiteitspunten worden gemaakt tussen MARE-data en de simulatieresultaten. Zie Figuur 31 en Figuur 32. Figuur 33 geeft een vergelijking op doorsnede P3 van stroken 1 en 2.



Figuur 31 Basisdiagram doorsnede P1



Figuur 32 Basisdiagram doorsnede P2



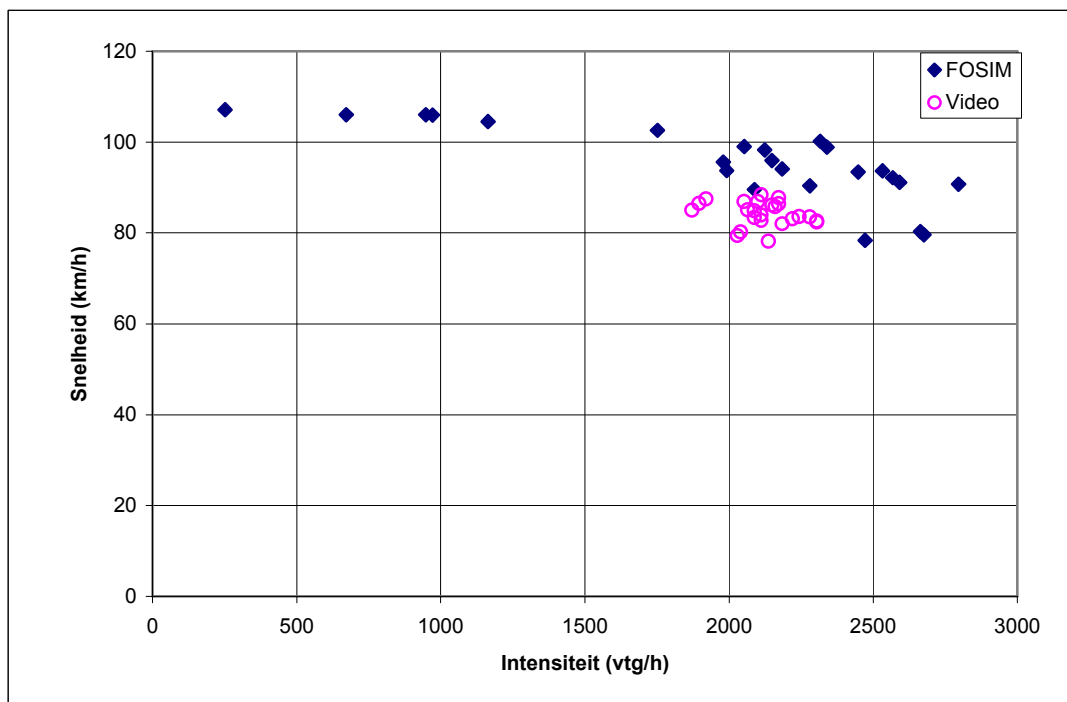
Figuur 33 Basisdiagram doorsnede P3 (rijbaan A12 vanuit richting Rotterdam)

Het verschil op doorsnede P1 tussen de snelheden van MARE en FOSIM bij lage intensiteiten is mogelijk te verklaren door de volgende factoren:

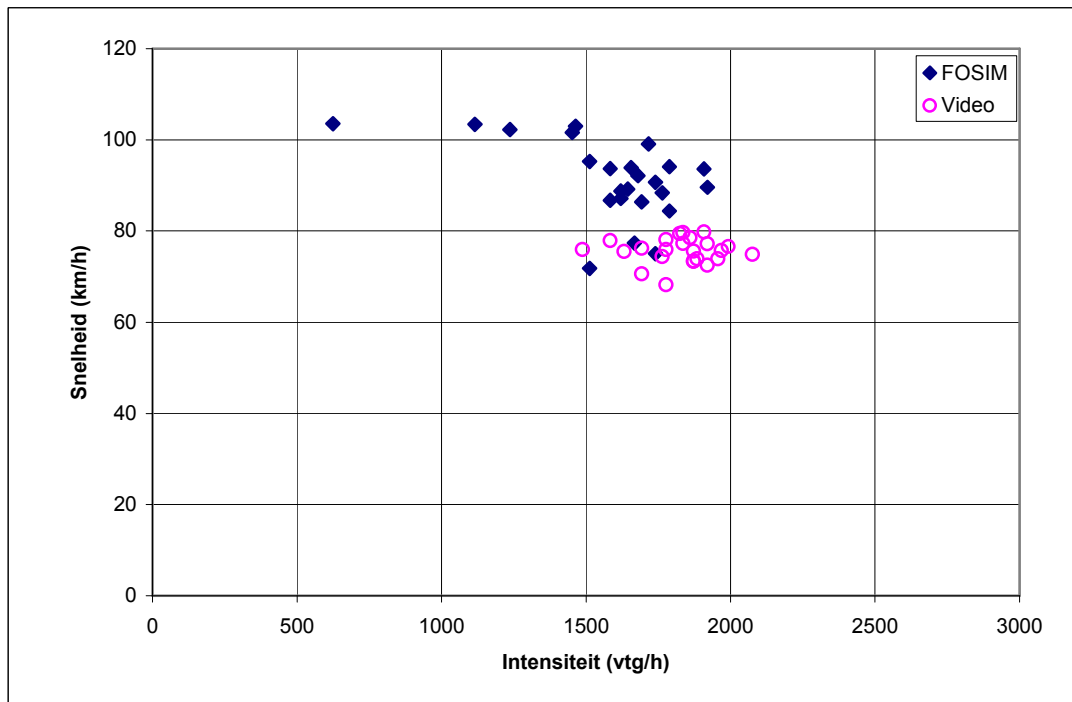
- MARE geeft op deze doorsnede structureel lagere snelheden (circa 10 km/h), zoals bleek uit de videoanalyse;
- Er is in de simulatie geen rekening gehouden met aanpassing van de (gewenste) rijnsnelheid als reactie op de snelheidslimieten getoond op de wegsignalering (zie bijlage D);
- Er is niet uitgegaan van mogelijk anticiperend rijgedrag (lagere snelheidskeuze) vanwege de verwachte benedenstroomse congestie en overgang naar het stedelijke wegennet;

Op doorsnede P2 is sprake van congestieve condities, met name op de uitvoegstrook, terwijl FOSIM in de eerste plaats is bedoeld om verkeer tot en met de capaciteitscondities te simuleren. Hierdoor kunnen afwijkingen ontstaan tussen geobserveerd en gesimuleerd gedrag in congestie.

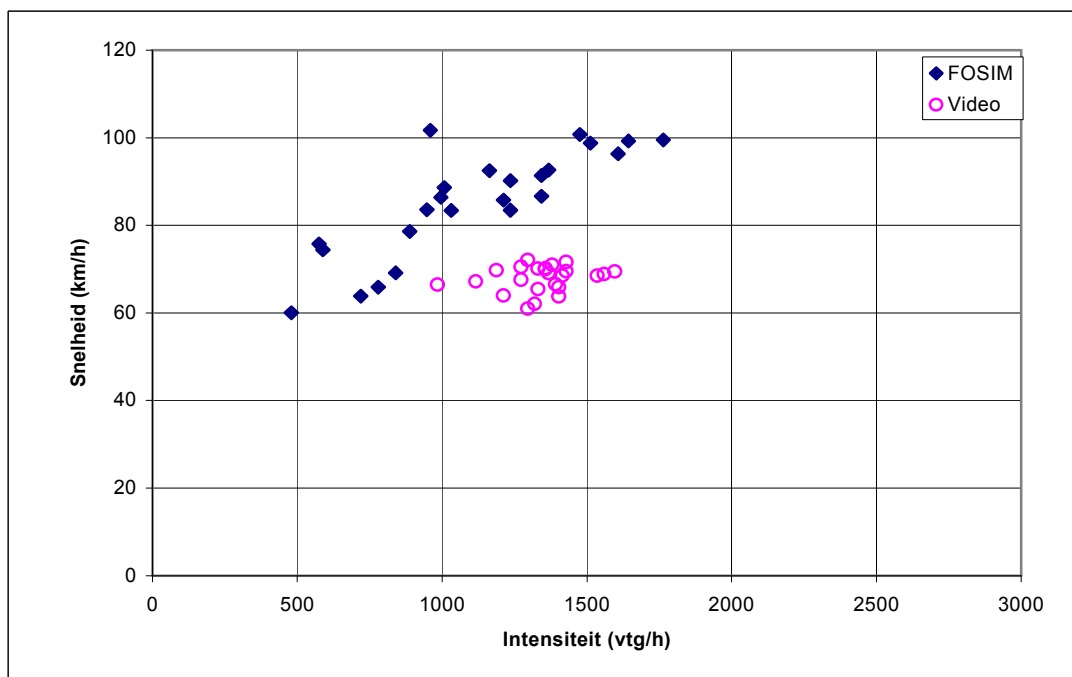
De volgende figuren geven per strook op doorsnede P1 een vergelijking tussen videotellingen en simulatieresultaten. Opnieuw valt op dat de snelheden met FOSIM hoger worden ingeschat. De maximale intensiteiten komen goed overeen.



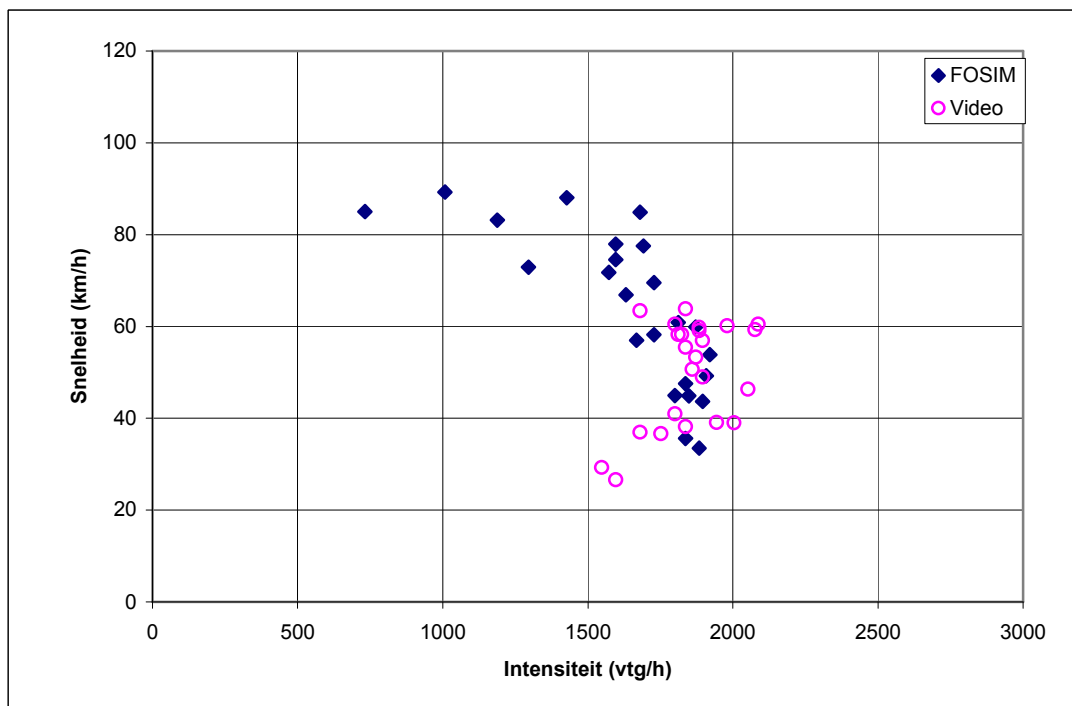
Figuur 34 P1, strook 1



Figuur 35 P1, strook 2

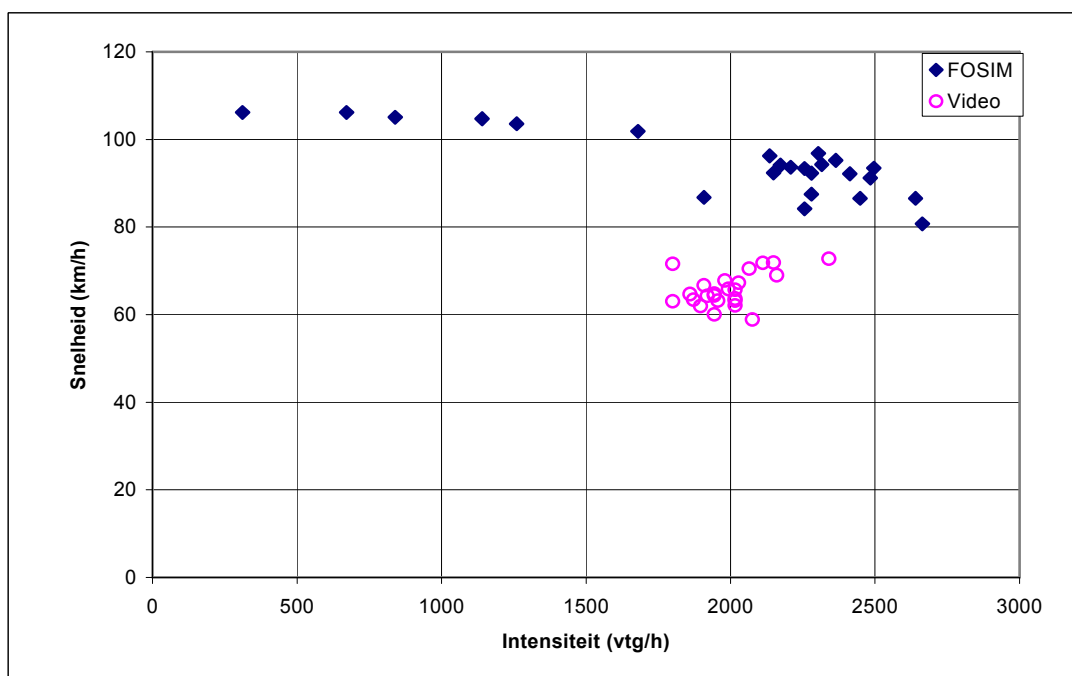


Figuur 36 P1, strook 3

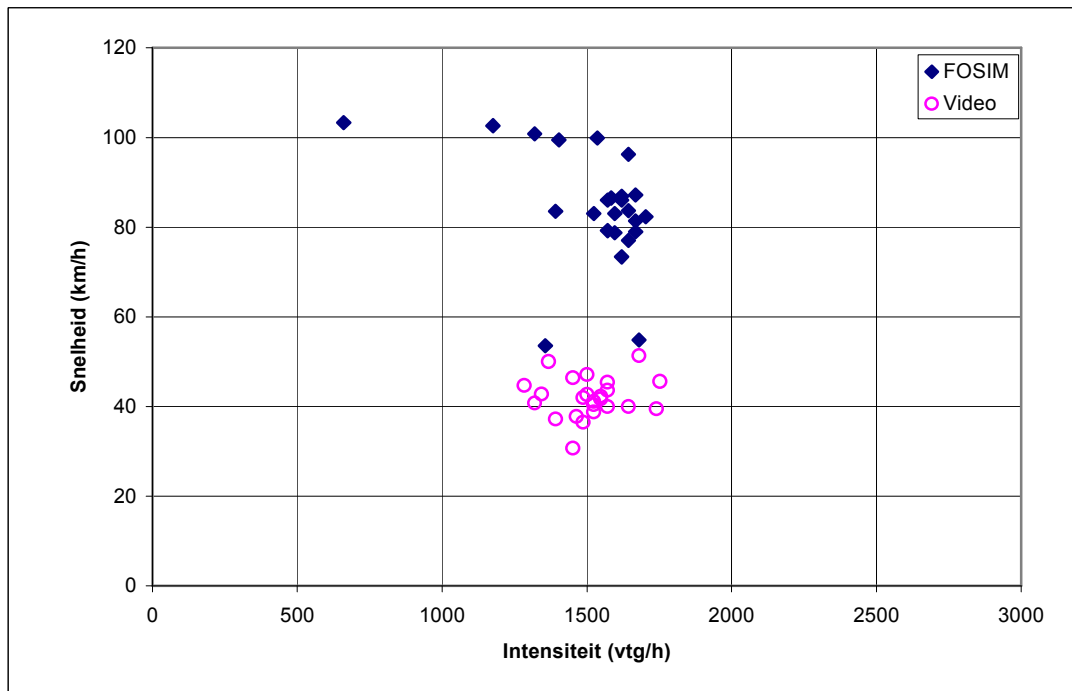


Figuur 37 P1, strook 4

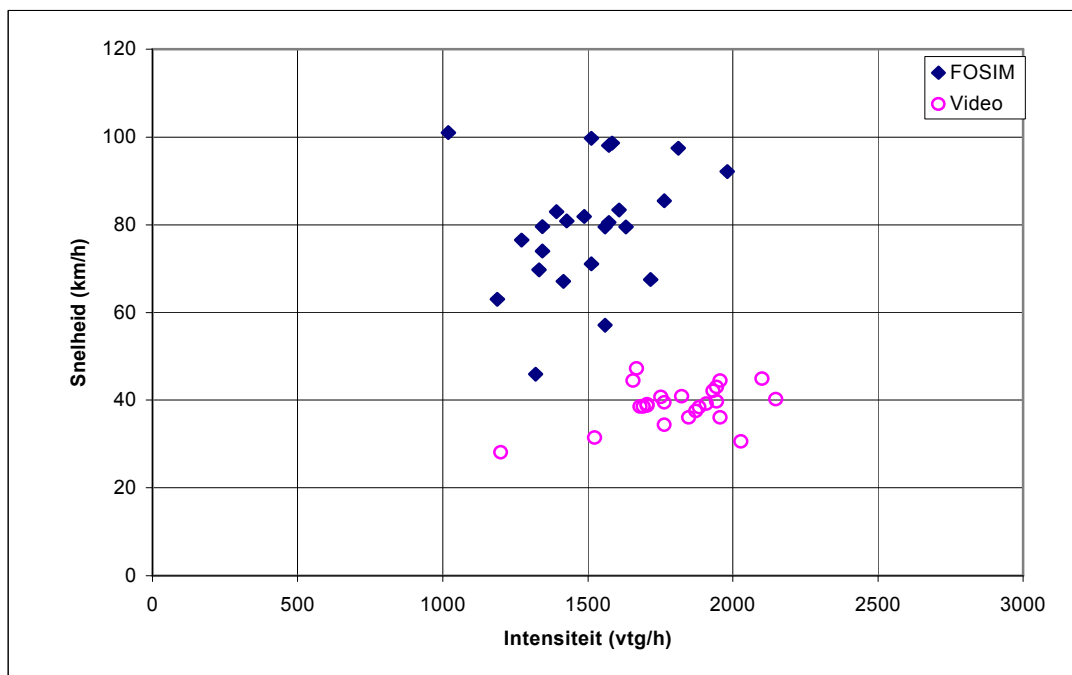
De volgende figuren geven voor doorsnede P2 de basisdiagrammen per strook.



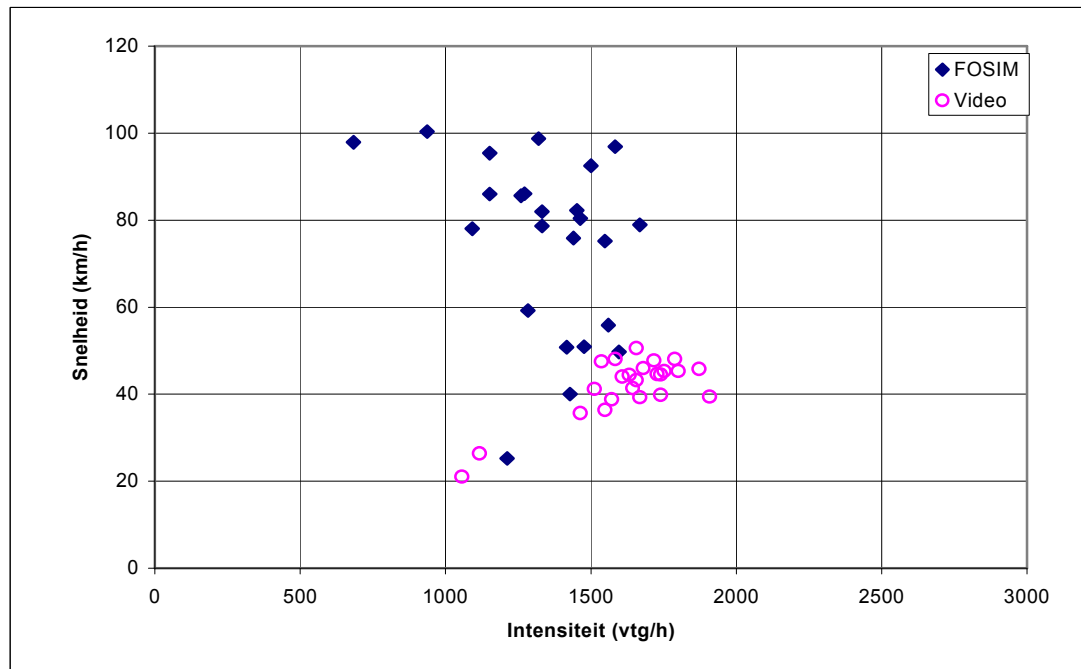
Figuur 38 P2, strook 1



Figuur 39 P2, strook 2



Figuur 40 P2, strook 3



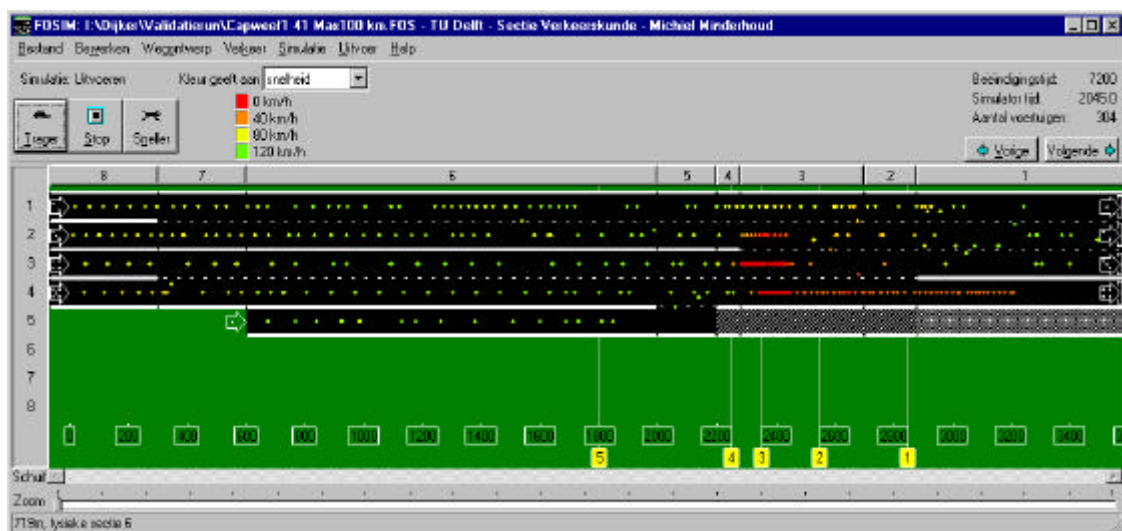
Figuur 41 P2, strook 4

Als eindconclusie voor de vergelijkbaarheid van de basisdiagrammen kan worden gesteld dat er een redelijke overeenkomst is. Weliswaar geven de figuren aanleiding tot vragen over de gesimuleerde snelheden, voor de capaciteit en intensiteit lijken de basisdiagrammen goed te kloppen. Op basis hiervan geven we een score van 80 (redelijk goed) op dit criterium.

4.5 Vergelijking plaats ontstaan congestie

Op de videobeelden is te zien dat de verkeersafwikkeling op het weefvak sterk wordt beïnvloed door de verkeersvraag op afrit Voorburg. Wanneer de uitvoeging verzadigd is loopt de snelheid op deze strook verder terug, tot het begin van het weefvak. Een tweede kritisch gebied is strook 3 ter hoogte van het puntstuk. Ter hoogte van de samenvoeging ontstaat congestie op stroken 2, 3 en 4. Het gebied nabij het puntstuk op strook 3 is kritisch vanwege het wevende verkeer dat van stroken 1 en 2 naar strook 4 wil, terwijl deze strook al hoog is belast door rechtdoorgaand verkeer richting Den Haag.

Vrijwel hetzelfde beeld is terug te vinden in de simulatie. De enkelstrooks uitvoeging Voorburg loopt vol (heeft een capaciteit van circa 2000 vtg/h) en de snelheden lopen terug. Ten tweede wordt de kritische dichtheid overschreden op strook 3 waardoor op deze rijbaan een wachtrij ontstaat. Op de rijbaan van stroken 1 en 2 is slechts een beperkte wachtrij zien; met name het verkeer dat naar Voorburg wil wordt gehinderd.



Figuur 42 Simulatie: begin ontstaan congestie

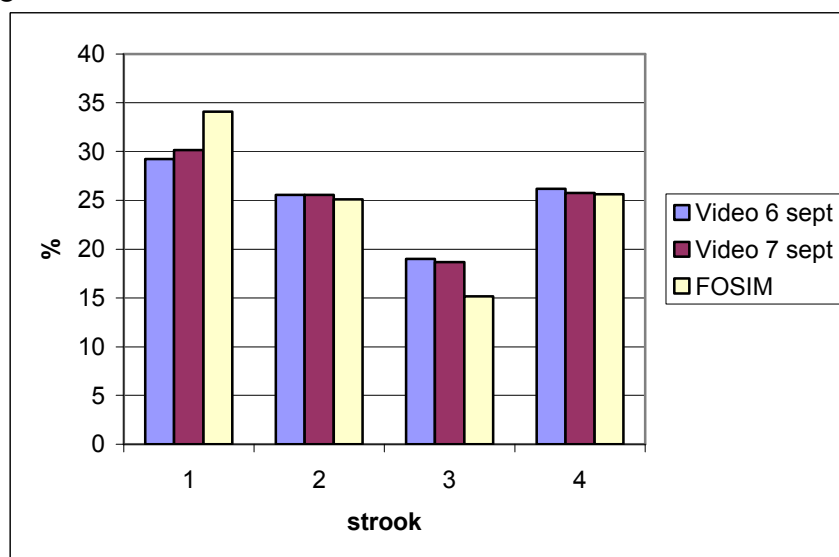
Bijlage G geeft de snelheidscontouren van zowel de simulatie als de MARE-data.

Op basis van deze vergelijking komen we tot de conclusie dat de overeenkomst tussen simulatie en praktijk zeer groot is. Een waardering van 95 uit 100 op dit criterium is dan ook goed te verdedigen.

4.6 Vergelijking rijstrookverdeling

In deze paragraaf wordt de rijstrookverdeling vergeleken op de doorsneden P1 en P2. De vergelijking is te vinden in Figuur 43 voor doorsnede P1 en in Figuur 44 voor doorsnede

P2. Voor het vaststellen van de rijstrookverdeling uit FOSIM is het tweede simulatieuur gebruikt.



Figuur 43 Vergelijking rijstrookverdeling op doorsnede P1

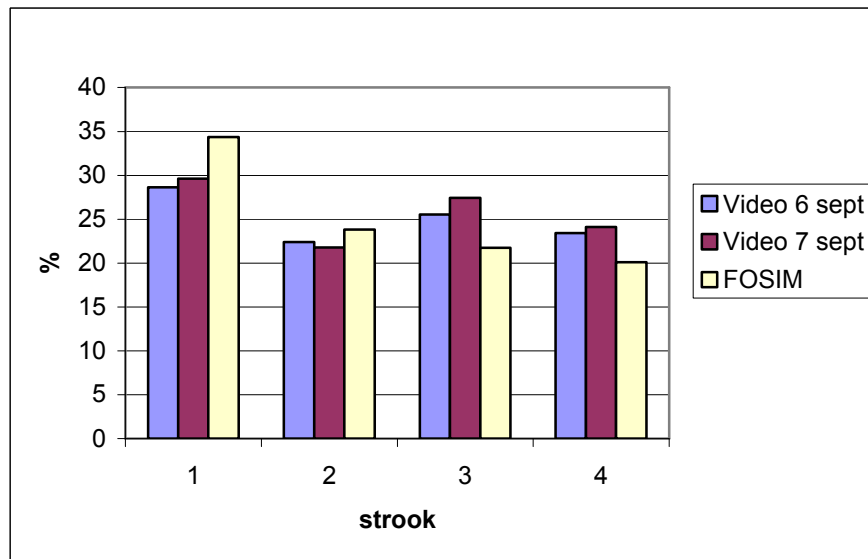
De verdeling komt redelijk overeen. Grootste afwijking is te zien voor strook 1.

Op basis van de rijstrookverdeling uit video en FOSIM wordt het procentuele verschil bepaald, waarbij we rekening houden met het aandeel per strook. De vergelijking is gebaseerd op het gemiddelde van de twee dagen. Voor doorsnede 1 geeft dit een afwijking van 9.7%. Dit resultaat zou wellicht kunnen worden verbeterd door in de simulatie de modelering aan te passen (eerder gewenst strookwisselen). Ook kan het anticiperend gedrag van bestuurders om al vroeg van strook 1 naar strook 2 of 3 te wisselen om de volgende afrit Mariahoeve (op circa 2 km van het weefvak) te nemen invloed hebben op de strookkeuze, dit is niet gemodelleerd.

Strook	Video %	FOSIM %	Abs. Verschil %	Gewogen
1	29.7	34.1	16.6	4.9
2	25.6	25.0	1.9	0.5
3	18.8	15.2	20.1	3.8
4	25.9	25.7	2.0	0.5
Totaal	-	-	-	9.7%

Tabel 11 Berekening afwijking rijstrookverdeling (doorsnede P1)

Figuur 44 geeft de resultaten op doorsnede P2. Ook hier komen de rijstrookverdelingen afgeleid uit de videometingen en FOSIM simulatieresultaten dicht bij elkaar. In Tabel 12 wordt de gewogen afwijking berekend.



Figuur 44 Vergelijking rijstrookverdeling op doorsnede P2

Strook	Video %	FOSIM %	Abs. Verschil %	Gewogen
1	28.6	34.3	19.9	5.7
2	22.4	23.8	6.0	1.4
3	25.5	21.7	14.8	3.8
4	23.4	20.0	14.2	3.3
Totaal	-	-	-	14.2%

Tabel 12 Berekening afwijking rijstrookverdeling (doorsnede P2)

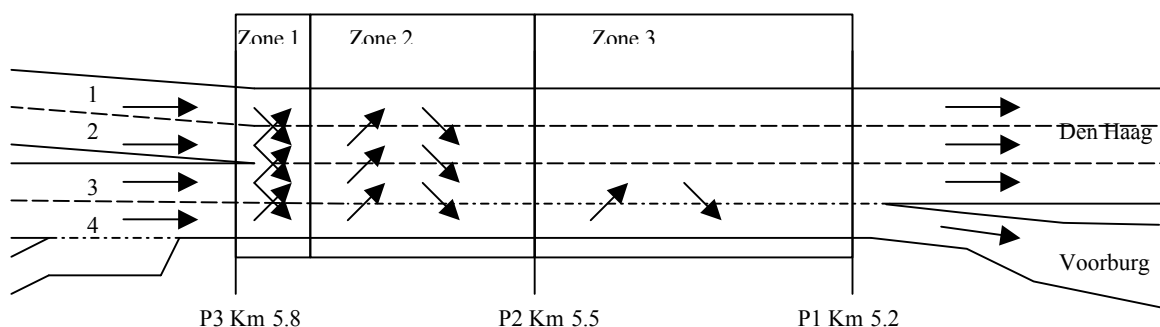
Uitgaande van een evenredige waardering van de twee doorsneden volgt uit de bovenstaande berekeningen een score van $100 - (9.7 + 14.2)/2 = 87.9$.

Uit de analyse blijkt dat het gebruik van strook 1 in de praktijk aanzienlijk lager is dan in de simulatie. Dit geeft aan dat er nog capaciteit op deze strook aanwezig is, die echter door het anticiperend gedrag van de wegbestuurder niet optimaal wordt benut. Een mogelijkheid om de weefvakcapaciteit beter te benutten ligt wellicht in een maatregel om bestuurders op de A12 richting Den Haag vaker strook 1 te laten gebruiken. Hiervoor zou een gedeeltelijk doorgetrokken streep tussen stroken 1 en 2 en/of informerende borden ('Bestuurders richting Den Haag links opstellen') kunnen worden gebruikt.

4.7 Vergelijking rijstrookwisselingen

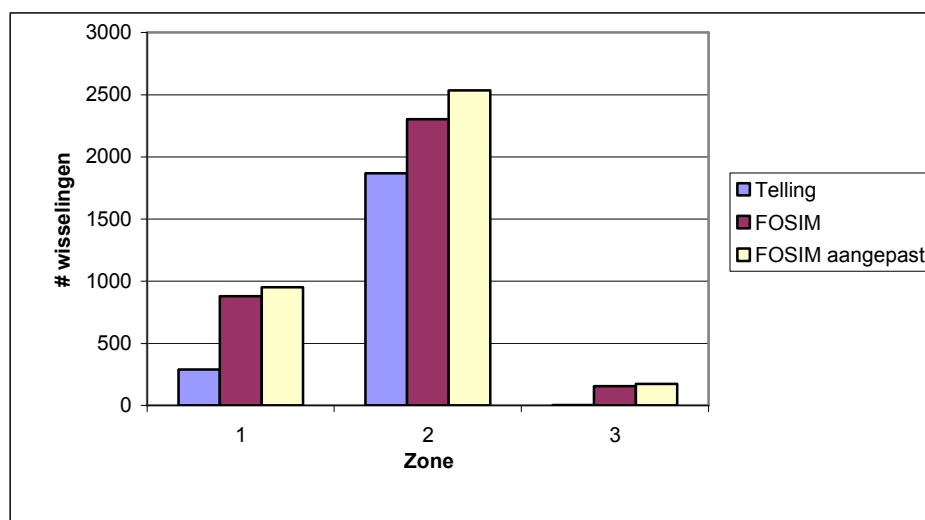
De rijstrookwisselingen op basis van drie zones zoals deze zijn vastgesteld door TrafficTest (gemiddeld over de twee meetdagen, 7.30-8.30) zijn vergeleken met de uitkomsten van de simulatie gedurende een uur capaciteitscondities. Figuur 45 laat de zone-indeling zien. Deze zone-indeling is niet zo geschikt om een gedetailleerde vergelijking te doen met de simulatieresultaten, met name de eerste zone is moeilijk

vergelijkbaar. Zone 1 is het gedeelte (van 100 m) waar een doorgetrokken streep aanwezig is tussen strook 3 en 4; in de simulatie is echter gekozen voor een onderbroken streep vanwege de vele strookwisselingen die hier in de praktijk worden uitgevoerd.



Figuur 45 Schema van de zone-indeling voor strookwisselingen

Resultaten van de simulatie (op basis van het tweede uur) zijn weergegeven in Figuur 46 en vergeleken met de TrafficTest tellingen (gemiddelde) van de meetdagen. De derde serie 'FOSIM aangepast' laat het resultaat zien wanneer we de verplichte strookwisselzones (zie Figuur 28 en Figuur 29, wegvakken 2 en 3) niet opsplitsen in twee delen maar als een geheel simuleren. Dit zorgt ervoor dat de strookwisselrisico-acceptatie gelijkmatig toeneemt over het weefvak, en niet uit twee delen bestaat. Het blijkt dat deze aanpassing niet erg veel uitmaakt voor het resultaat.



Figuur 46 Vergelijking strookwisselingen per zone (1 uur tijdens capaciteitstoestand)

Voor zone 1 geldt dat de simulaties niet exact de praktijk kan representeren: er is in zone 1 een doorgetrokken streep die strookwisselen tussen stroken 3 en 4 moet tegengaan. In de praktijk blijkt dit vrij massaal te worden genegeerd. In FOSIM is zone 1 dan ook gesimuleerd met een onderbroken streep. Dit resulteert in een groter aantal gesimuleerde strookwisselingen dan getelde strookwisselingen. Dit verschil is volgens de verwachting.

Voor zone 3 is bij de tellingen van TrafficTest geen rekening gehouden met wisselingen op stroken 1, 2 en 3, terwijl de uitvoer van FOSIM dit normaal wel in rekening brengt. Om aan te sluiten op de tellingen is voor zone 3 een aparte analyse (met een aangepaste uitvoer van FOSIM) uitgevoerd die bepaalt hoeveel voertuigen van strook 3 naar 4 en van 4 naar 3 gaan. In de simulatie zijn in zone 3 in totaal 156 wisselingen geteld van strook 3 naar 4, en nul van 4 naar 3 (gedurende een uur).

Tevens zijn bij de TrafficTest-tellingen strookwisselingen niet meegeteld indien een voertuig binnen dezelfde zone weer terugkeerde naar de strook waarin het deze zone binnenreed. Hierdoor geven de tellingen wellicht een vertekend –onderschat- beeld van het aantal strookwisselingen.

In Tabel 13 wordt berekend wat de (gewogen) afwijking is tussen de telling en FOSIM. Hiertoe wordt het aantal strookwisselingen uit de simulatie in de zones 1 en 2 gestandaardiseerd naar het totaal van de tellingen, en dan het absolute verschil berekend per zone. De gewogen waardering resulteert in een totale afwijking van 28%. Opgemerkt moet worden dat het verschil in zone 1 een verklaarbaar verschil is.

Zone	Telling	Aandeel %	FOSIM gestand.	Abs. Verschil %	Gewogen
1	291	13.5%	596	104.8%	14.1%
2	1868	86.5%	1563	16.4%	14.1%
Totaal	2159	-	2159	-	28.2%

Tabel 13 Berekening afwijking aantal strookwisselingen

Op basis van deze calculatie waarderen we dit criterium met een score van $100 - 28.2 = 71.8$.

4.8 Beoordeling

In de volgende tabel zijn de scores van de validatiecriteria bijeengebracht en is de gewogen waarde berekend. De validatieresultaten zijn voorgelegd aan het panel van deskundigen, en deze gingen accoord met de gegeven waarderingen.

Criterium	Wegingsfactor	Waardering	Mening panel
Capaciteitswaarde	0.5	99.5	Accoord
Basisdiagram	0.2	80.0	Accoord
Plaats congestie	0.1	95.0	Accoord
Rijstrookverdeling	0.1	87.9	Accoord
Strookwisselingen	0.1	71.8	Accoord
TOTAAL		91.2	

Tabel 14 Overzicht validatieresultaten

De gewogen sommatie van de gewaardeerde criteria resulteert in een totaalscore van 91. Deze waarde valt binnen het geaccepteerde interval van 90 tot 100 (acceptatie van 10% afwijking tussen praktijk en modeluitkomsten) zodat kan worden geconcludeerd dat FOSIM voldoende valide is om de verkeersafwikkeling en capaciteit van het bestudeerde asymmetrisch weefvak te representeren. De overdraagbaarheid van de validiteit van FOSIM naar andere asymmetrische weefvakconfiguraties is niet gegarandeerd, maar kan voorlopig worden aangenomen.

5. Conclusies

In deze studie is een validatie uitgevoerd van het simulatiemodel FOSIM bij een asymmetrisch weefvak. Videobeelden uit de praktijk (asymmetrisch weefvak Voorburg) zijn geanalyseerd en vergeleken met data afkomstig van meetlussen (MARE data). Deze data heeft betrekking op de spitsperiode van 6 en 7 september 2000. Uit de analyse blijkt dat de MARE-intensiteitsdata vrij goed overeenkomt met de gevonden intensiteiten uit de videobeelden. Voor snelheden is een systematisch verschil geconstateerd, mogelijk veroorzaakt door meetfouten van MARE. Voor de twee meetdagen samen wordt een weefvakcapaciteit van 7225 vtg/h gevonden op basis van de video-opnamen. De MARE data geeft een waarde van 3% lager.

Vergelijken we deze waarden met de uitgevoerde schatting op basis van een maand data, dan zijn ze iets aan de hoge kant. De product-limiet methode schat de 50-percentielwaarde van de capaciteit op 6800 vtg/h. Bij deze schatting zitten echter verschillende (minder ideale) weersomstandigheden, en de schatting is tevens gebaseerd op afrij-intensiteiten.

Met FOSIM is het weefvak gemodelleerd en is de capaciteit geschat op 7200 vtg/h. Voor de validatie is de capaciteit een belangrijk toetsingscriterium. We concluderen dat FOSIM goed in staat is de werkelijke capaciteit te kunnen genereren. Op andere criteria scoorde FOSIM minder goed, met name de snelheden op de stroken verschilden enigszins met de praktijk.

Eindconclusie is dat FOSIM voldoende valide is om het rijgedrag op asymmetrische weefvakken te kunnen representeren.

Referenties

Dijker, T. (2001) *Evaluatie van een videodetectiesysteem*, In: Verkeerskundige Werkdagen 2001, deel 1, CROW

Leeuw, A.M. de (2000) *Fosim 4.1 - Aanvulling op de Gebruikershandleiding van Versie 4.0*, Technische Universiteit Delft, Laboratorium voor Verkeerskunde,

Minderhoud, M.M. & Bovy. P.H.L. (1997) *Assessment of Roadway Capacity Estimation Methods*, In: Transportation Research Record 1572.

Toorenburg, J.A.C. (1986) *Praktijkwaarden voor de capaciteit*, Rijkswaterstaat Dienst Verkeerskunde.

Veenendaal, Van (2000) *Keep Your lane – aansluiting Voorburg*, Traffic Test, TT00-112

Bijlage A: Validatieplan

1.	Inleiding	49
1.1	Procedurele aspecten	49
1.1.1	Werkverdeling	49
1.1.2	Proces-eisen	49
1.1.3	Deelstappen	49
1.1.4	Beslismomenten	50
1.1.5	Documentatie	50
1.2	Inhoudelijke aspecten	50
1.2.1	Niveau van validatie	50
1.2.2	Geldigheidsgebied	50
1.2.3	Kwalitatieve criteria	50
1.2.4	Kwantitatieve criteria	51
1.2.5	Tactische aspecten	51
1.2.6	Steekproef	51
2.	Globale aanpak	52
2.1	Validatie aspecten	52
2.2	Relevante parameters	54
2.3	Steekproef	54
2.4	Kalibratie van het model	54
2.5	Validatie van het model	54
2.6	Analyse	55
3.	Beoordeling en controle	56
3.1	Bandbreedte van de toetsingscriteria	56
3.2	Prioriteit van de toetsingscriteria	57
	Referenties	57

1. Inleiding

Dit document geeft een overzicht van de eisen die worden gesteld aan de validatiestudie CAPWEEF. Dit validatieplan is gebaseerd op 'Leidraad validatiestudies toedelings- en simulatiemodellen', Platos, januari 2000.

De validatiestudie richt zich op de validatie van het microscopische verkeersafwikkelingsmodel FOSIM bij asymmetrische weefvakken, zoals beschreven in de offerte CAPWEEF, onderdeel van CIA-2, in opdracht van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV).

Hoofdstuk 1 beschrijft de procedurele en inhoudelijke aspecten. Hoofdstuk 2 gaat in meer detail in op de achtereenvolgende uit te voeren stappen in de validatiestudie. Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de beoordelingsaanpak en controle van de validatiestudie.

1.1 Procedurele aspecten

1.1.1 Werkverdeling

Uitvoerende personen en instanties:

M.M.Minderhoud, TU Delft
T. Dijker, TU Delft
K.Kirwan, TU Delft

Controlerende personen en instanties:

H.Schuurman, AVV
P.Broeren, Rijkswaterstaat Bouwdienst
R.G.G.M.Vermijs, Rijkswaterstaat Directie Oost-Nederland

Goedkeurende personen en instanties:

H.Schuurman, AVV

1.1.2 Proces-eisen

Voor de validatie zal gebruik worden gemaakt van FOSIM versie 4.1.

1.1.3 Deelstappen

De deelstappen nodig voor het uitvoeren van de validatie, zoals beschreven in hoofdstuk 2, zullen achtereenvolgens worden uitgevoerd. Pas na goedkeuring van dit document zal worden gestart met de validatie. Na afronding van de studie zal een rapportage van de validatie ter goedkeuring worden aangeboden aan AVV.

1.1.4 Beslismomenten

Binnen het kader van de validatiestudie is er één beslismoment, namelijk de goedkeuring van dit document. Dit document geeft een overzicht van de te hanteren uitgangspunten, opzet en methodieken. Goedkeuring van dit document impliceert dat AVV akkoord gaat met deze uitgangspunten, opzet en methodieken.

1.1.5 Documentatie

Na het doorlopen van de validatie zal een *validatierapport* worden opgeleverd met daarin een beschrijving van de aanpak, data, en de resultaten van de validatie zoals beschreven in dit document.

1.2 Inhoudelijke aspecten

1.2.1 Niveau van validatie

De validatie heeft betrekking op een bepaald type knelpunt in het snelwegennet: een *asymmetrisch* weefvak. Een asymmetrisch weefvak bestaat uit een samenvoeging en een splitsing, waarbij het aantal stroken per rijbaan op de samenvoeging en op de splitsing niet gelijk (symmetrisch) zijn. De validatiestudie richt zich op de verkeersafwikkeling in het invloedsgebied van het asymmetrische weefvak.

1.2.2 Geldigheidsgebied

Voor het uitvoeren van de validatie is het nodig om de verkeersafwikkeling van een bestaand weefvak te analyseren. Het weefvak en tijdvenster van de analyse is vastgesteld door AVV (zie offerte aanvraag CAPWEEF). Het betreft een asymmetrisch weefvak met een 2+2 samenvoeging en 3+1 splitsing, bemeten in de spitsperiode. Bijzonderheid is dat de weefvaksplitsing bestaat uit een uitvoeging (afrit Voorburg). Dit kan consequenties hebben voor de validiteit van andere weefvakken.

De validatie van FOSIM heeft in principe alleen geldigheid op dit type weefvakconfiguratie. Er wordt – in ieder geval voor fase 2 van CAPWEEF - uitgegaan dat bij voldoende valide resultaten FOSIM ook voor andere asymmetrische wegconfiguraties kan worden ingezet, zonder het model voor elke afwijkende asymmetrische wegconfiguratie opnieuw te valideren. Opgemerkt moet worden dat de aanwezigheid van de uitvoeging in de praktijk situatie voor de validatiestudie dit uitgangspunt dusdanig kan beïnvloeden dat zou kunnen blijken dat de validiteit van FOSIM niet overdraagbaar is naar andere configuraties.

1.2.3 Kwalitatieve criteria

Kwalitatieve criteria die worden gehanteerd: ontstaan en oorzaak van congestie (waarbij kwantitatieve informatie zoals tijdstip, strook, en afstand tot begin weefvak zal worden vastgesteld).

1.2.4 Kwantitatieve criteria

De kwantitatieve criteria betreffen de snelheden per strook, intensiteiten per strook, en de maximale waarden, ofwel de weefvakcapaciteit. (Zie ook hoofdstuk 2). De lokatie van strookwisselingen is een kwantitatief criterium (aantal en richting) maar beperkt zich tot drie vastgestelde zones.

1.2.5 Tactische aspecten

Voor het verkrijgen van de weefvakcapaciteit in de gesimuleerde omgeving worden meerdere runs (100) uitgevoerd. In de runs blijven de verhoudingen in intensiteiten, hb-tabel en percentage vrachtverkeer gelijk (overeenkomstig metingen weefvak Voorburg), maar neemt de intensiteit geleidelijk toe tot boven de capaciteit.

1.2.6 Steekproef

De data voor de validatie is reeds ingezameld zodat de steekproefkeuze (plaats en tijd van data-inzameling) niet relevant is.

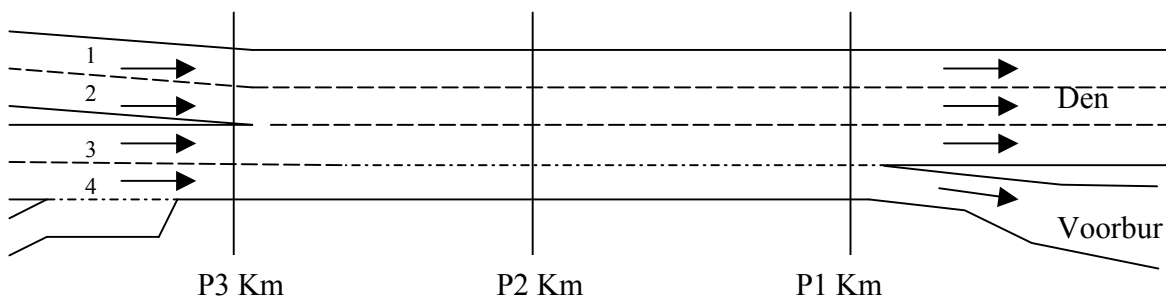
2. Globale aanpak

2.1 Validatie aspecten

Bij de validatie wordt uitgegaan van de data afgeleid uit de video-opnamen van twee dagen (6 en 7 september 2000) en MARE-data.

Video-opnamen zijn gemaakt vanaf portalen boven de weg ter hoogte van km 5.8, km 5.5 en km 5.2 (TrafficTest, 2000), respectievelijk genoemd doorsneden P3, P2 en P1. Alleen P3 en P2 worden gebruikt voor de validatie. Opnamen vanaf doorsnede P1, ter hoogte van km 5.2 bleken ongeschikt.

Zoals de situatieschets verder aangeeft is er sprake van een invoeging vlak voor het begin van het weefvak (verbindingsboog van A4 naar A12, van Leiden naar Den Haag). Hiervan is helaas geen video-opname beschikbaar. We gaan ervan uit dat deze invoeging niet verstorend werkt op de afwikkeling van het weefvak. Dit is gecheckt met de MARE data (wegnummer a128, km 45.6: dit is 100 m bovenstrooms van doorsnede P3). Op de twee meetdagen bleek de hoogst gemeten intensiteit (tussen 6.00 en 10.00) voor stroken 3 en 4 en de invoeging samen 4050 vtg/h te zijn, dus de capaciteit van deze aanvoertak van het weefvak werd niet overschreden in de spits (uitgaande van een capaciteit van 4400 vtg/h). We concluderen dat de invoeging – op de 2 meetdagen - geen verstoring is voor de verkeersafwikkeling naar en op het weefvak.



Figuur 1: Situatieschets

Uit de video-opnamen wordt voor 2 doorsneden (doorsnede P3 ter hoogte van de samenvoeging en P2 in het midden van het weefvak) met behulp van het pakket VivaTraffic vastgesteld:

- Gemiddelde snelheid per 5 minuten per strook;
- Intensiteit per 5 minuten per strook;

Dit wordt gedaan gedurende een nader te selecteren tijdsframe van 1 uur. Hierbij is het een eis dat de benedenstroomse verkeerscondities geen wachtrij op het weefvak mag

veroorzaken. De gevonden snelheids-intensiteitsdata (geaggregeerd per vijf minuten) wordt gebruikt om basisdiagrammen per strook te construeren en de capaciteit te berekenen.

Uit de MARE-data worden de intensiteiten en snelheden gecheckt met de waarden uit de video-analyse. De MARE-data wordt tevens gebruikt om vast te stellen of er sprake is van benedenstroomse congestie op de Utrechtsebaan. Voor de afrit Voorburg is een dergelijke analyse alleen uit te voeren met behulp van de videobeelden. Indien benedenstroomse congestie wordt geconstateerd, zijn de verkeersgegevens (tellingen van video) ter hoogte van het weefvak niet geschikt voor de validatie (er is onder meer geen goede schatting van de weefvakcapaciteit mogelijk). Op basis van deze analyse zal een geschikt tijdsframe van 1 uur (bij voorkeur aaneengesloten, maar hoeft niet) worden gekozen waarin validatie van het model wel mogelijk is.

Gegeven de asymmetrische wegconfiguratie, bekendheid van de hb-matrix (per strook), aandeel vrachtverkeer, en de verkeersvraag per strook (voor de tijdsperiode 7.30-8.30) zullen de volgende aspecten worden bekeken voor FOSIM en de reële situatie:

- Vergelijkbaarheid capaciteit weefvak.
- Vergelijkbaarheid van de macroscopische kenmerken (snelheid, intensiteit), door middel van basisdiagrammen op doorsneden P3 en P2. Hiertoe worden 5-minuten intervallen gebruikt.
- Vergelijkbaarheid locatie en oorzaak ontstaan congestie. Dit wordt uit de videobeelden afgeleid, in combinatie met de MARE-data.
- Vergelijkbaarheid rijstrookverdeling op doorsneden P3 en P2 (als functie van de totale intensiteit op een doorsnede).
- Vergelijkbaarheid strookwisselingen per wegdeel (aantal en richting). Er worden drie wegdelen onderscheiden:
 - Zone 1: van portaal P3 tot einde doorgetrokken lijn tussen rijstroken 2 en 3;
 - Zone 2: van einde doorgetrokken lijn tussen rijstroken 2 en 3 tot portaal P2;
 - Zone 3: van portaal P2 tot en met splitsing weefvak;

Tevens wordt vergeleken hoe de capaciteit (op basis van circa 1 maand MARE-data en gebruik makende van de Product-limiet methode) zich verhoudt tot de gevonden capaciteit voor slechts 2 meetdagen tijdens de spitsperiode. Dit geeft een indicatie in hoeverre de steekproef overeenkomt met gemiddelde verkeersafwikkeling ter plaatse van het weefvak. Opgemerkt moet worden dat de PLM-capaciteit niet goed is te vergelijken met de geschatte capaciteit zoals dat plaats vindt binnen FOSIM, omdat de PLM behalve de afrij-capaciteit ook hoge intensiteiten zonder congestie gebruikt in de capaciteitsschatting (zie o.a. Minderhoud, 1997 voor een beschrijving van de PLM).

Voor de vergelijking van de capaciteit tussen model en praktijk wordt een capaciteitswaarde gebruikt die beter vergelijkbaar is met de methode waarop FOSIM de wegcapaciteit bepaald, namelijk door middel van een schatting gebaseerd op de gemiddelde 'pre-queue' capaciteit. De data van de twee meetdagen wordt gebruikt om deze gemiddelde capaciteit te schatten.

2.2 *Relevante parameters*

De modelering van het asymmetrische weefvak in FOSIM is doorslaggevend voor de uiteindelijke modeluitkomsten. Het gaat dan voornamelijk om de juiste ligging van de strookwisselzones, dit in verband met het anticiperend strookwisselen (weggebruikers die op ruime afstand voor het weefvak van strook wisselen zodat op het weefvak zelf geen, of slechts een enkele strookwisseling moet worden uitgevoerd. Door de ligging en lengte van de strookwisselzones te wijzigen kunnen de modeluitkomsten worden beïnvloed.

2.3 *Steekproef*

De praktijksituatie (lokatie en tijdsvenster) waaraan het model wordt getoetst is reeds vastgesteld door AVV. Gekozen is voor het weefvak op de A12 richting Den Haag, tussen het Prins Clausplein en afslag Voorburg.

Beschikbaar gesteld zijn video-opnamen van twee meetdagen (6-10u), MARE gegevens september 2000, reeds door TrafficTest geanalyseerde gegevens zoals intensiteiten per 15 minuten, rijstrookwisselingen per 5 minuten, en HB-matrix op rijstrookniveau (1 uur, 7.30-8.30).

2.4 *Kalibratie van het model*

Kalibratie (en validatie) van FOSIM voor wegvakken, invoegingen en symmetrische weefvakken heeft in het verleden reeds meerdere malen plaatsgevonden, zie b.v. Grontmij, 1996. De kalibratie bestond hoofdzakelijk uit het bepalen van de voertuigparameters. Binnen het kader van het onderhavige validatieproject wordt hier geen aandacht aan besteed. Uitgegaan wordt dat FOSIM in het verleden juist is gekalibreerd en dat de in deze studie gehanteerde FOSIM versie dezelfde eigenschappen heeft als de gekalibreerde vorige versies.

2.5 *Validatie van het model*

Doel van de validatiestudie is inzicht te krijgen in de validiteit van FOSIM voor het toepassen van asymmetrische weefvakken. Hiertoe worden de modeluitkomsten vergeleken met de (geanalyseerde) video-opnamen en verzamelde MARE-data. Zie paragraaf 2.1.

2.6 Analyse

Uit de analyse zou kunnen blijken dat FOSIM niet valide is voor gebruik bij asymmetrische weefvakken. Vooralsnog gaan we daar niet van uit. Mocht dit echter wel blijken, dan wordt alleen overgegaan tot aanpassing van het model na overleg met de opdrachtgever. Mogelijke oplossingen om het model valide te maken zijn:

- Gebruik maken van een dynamisch *hb*-profiel per rijstrook;
- Voertuig parameters aanpassen;
- Intern model aanpassen.

Het zoeken naar oplossingen indien niet valide valt buiten deze validatiestudie.

3. Beoordeling en controle

Bij de beoordeling wordt gelet op de overeenkomst tussen modeluitkomsten en de data afgeleid uit de reële situatie.

3.1 *Bandbreedte van de toetsingscriteria*

Bij de vergelijking tussen praktijkgegevens en de modeluitkomsten kunnen verschillen optreden. Een verschil, dat binnen een gegeven bandbreedte valt, is acceptabel. Voor alle toetsingscriteria, zoals beschreven in paragraaf 2.1, wordt een afwijking van 10% als acceptabel opgevat.

Door weegfactoren aan de verschillende criteria te geven, en deze criteria gewogen te sommeren, kan een uitspraak worden gedaan over de validiteit van het model. We gaan uit van een score van 100 indien er op een zekere criterium perfecte overeenstemming is tussen praktijk en model.

Operationalisering toetsing capaciteitswaarde

Vergelijking capaciteitswaarde. Absolute verschil tussen modeluitkomst en praktijk (twee meetdagen) wordt in een percentage uitgedrukt ten opzichte van de capaciteit uit de praktijkmeting. Score op dit criterium wordt vastgesteld door 100 minus de percentuele afwijking.

Operationalisering toetsing van basisdiagrammen

Uit de snelheids-intensiteitsdata van zowel de modelresultaten als de praktijkmetingen kunnen (denkbeeldige) curves worden gefit. Gelet wordt of de curves goed overeenstemmen. De beoordeling gebeurt visueel door een panel van deskundigen. We volstaan met een kwalificatie van slecht (score 0), matig (score 25), voldoende (score 50), goed (score 75) of zeer goed (score 100). Tussenliggende scores zijn ook mogelijk. Dit criterium heeft enige overlap met het capaciteitscriterium.

Operationalisering toetsing van plaats en ontstaan congestie

Dit is gedeeltelijk een kwantitatief criterium. We volstaan met een kwalificatie van slecht (score 0), matig (score 25), voldoende (score 50), goed (score 75) of zeer goed (score 100). Tussenliggende scores zijn ook mogelijk.

Operationalisering toetsing rijstrookverdeling

Dit vindt plaats op twee doorsneden tijdens de capaciteitstoestand van het weefvak, beide doorsneden worden evenredig meegenomen. De rijstrookverdeling wordt uitgedrukt in een percentage ten opzichte van de gehele doorsnede (vier stroken). Per strook wordt het absolute verschil berekend tussen modeluitkomst en praktijkmeting, uitgedrukt als een percentage ten opzichte van de praktijkmeting. Voor de score wordt de gemiddelde percentuele afwijking gebruikt. De score wordt vastgesteld door 100 minus de gemiddelde percentuele afwijking.

Operationalisering toetsing strookwisselingen

Dit vindt plaats voor de eerder gedefinieerde drie zones. Elke zone draagt proportioneel bij aan de score van dit criterium op basis van het aandeel strookwisselingen ten opzichte van het totaal. Na standaardisatie wordt per zone het aantal strookwisselingen uit de praktijk met de modeluitkomsten vergeleken. De absolute procentuele afwijking wordt vastgesteld ten opzichte van de praktijkmeting. De gewogen waarde voor de drie zones samen wordt vastgesteld, waarna de score voor dit criterium wordt berekend door 100 minus de afwijking.

3.2 Prioriteit van de toetsingscriteria

Sommige criteria zijn belangrijker dan andere. Bij de beoordeling wordt de volgende volgorde van prioriteit gehanteerd (weging aangegeven met [x]):

- Capaciteitswaarde [0.5];
- Macroscopische verkeerskenmerken (basisdiagram) [0.2];
- Plaats en ontstaan congestie [0.1];
- Rijstrookverdeling [0.1];
- Aantal en richting strookwisselingen per wegdeel [0.1];

Bij volledige overeenstemming tussen praktijk en modeluitkomsten volgt een gewogen sommatie score van 100. Indien een totaalscore tussen 90 en 100 wordt gevonden beoordelen we FOSIM als valide voor asymmetrische weefvakken. Dit betekent dat een verschil van 10% ten opzichte van de praktijkmeting wordt geaccepteerd.

Referenties

Veenendaal, Van (2000) *Keep Your lane – aansluiting Voorburg*, Traffic Test, TT00-112

Minderhoud, M.M. & Bovy, P.H.L. (1997) *Assessment of Roadway Capacity Estimation Methods*, In: Transportation Research Record 1572.

Grontmij (1996) *Calibratie en validatie van FOSIM*

Bijlage B: Gebruik VivaTraffic

Het videoverwerkingspakket VivaTraffic is gebruikt om de snelheden en intensiteiten te bepalen op twee doorsneden. De snelheidsbepaling vond handmatig plaats, dat wil zeggen dat een voertuig met de muis wordt geselecteerd op het scherm op het moment dat het de doorsnede nadert. Het voertuig wordt automatisch gevolgd zodat enkele frames later kan worden bepaald wat de afgelegde weg is. Hiervoor is de specificatie van een coördinatenstelsel in het gefilmde wegvak nodig. Uiteindelijk wordt de snelheid bepaald door de afgelegde afstand te delen door de tijdstap tussen de frames. Hieronder zijn 2 screenshots van de twee doorsneden weergegeven.



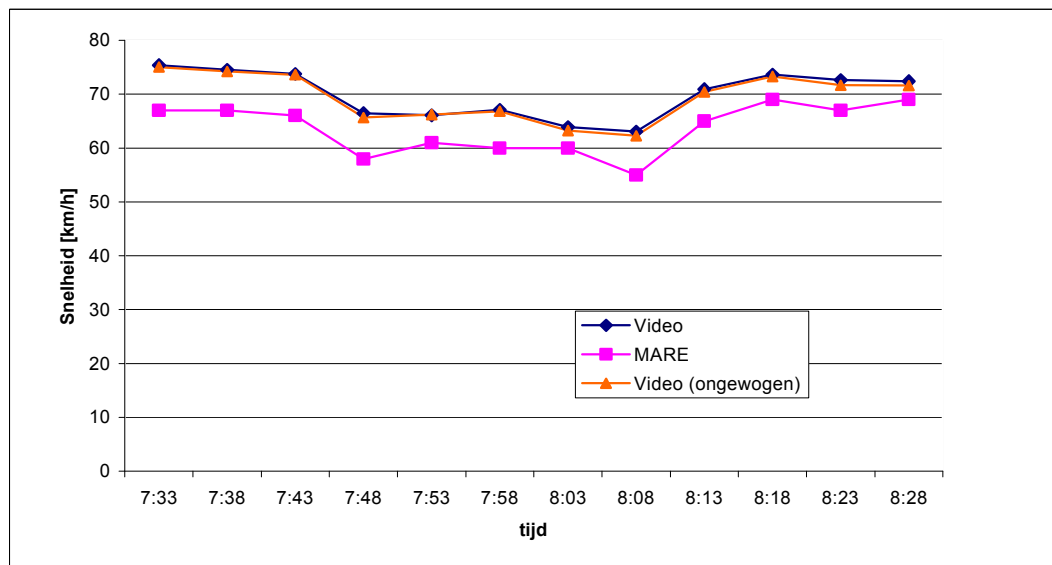
Figuur 47 Beeld van video (portaal P2) voor vaststellen snelheden en intensiteiten op P1



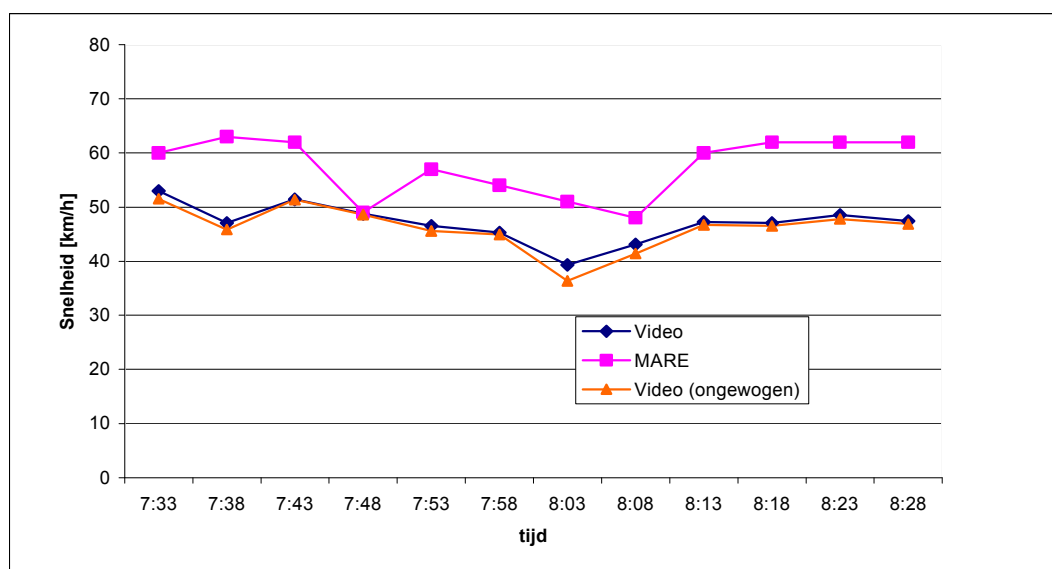
Figuur 48 Beeld van video (portaal P3) voor vaststellen snelheden en intensiteiten op P2

Bijlage C: Vergelijking ongewogen rijbaansnelheden uit video met MARE

De volgende figuren geven naast de resultaten van de aanbevolen berekening van de snelheid (op basis van gewogen intensiteiten per rijstrook) de resultaten van de *ongewogen* berekening weer. De hypothese dat gebruik van de ongewogen rekenmethodiek leidt tot beter vergelijkbare resultaten kan niet worden bevestigd. Op doorsnede P2 wordt het verschil met MARE zelfs groter.



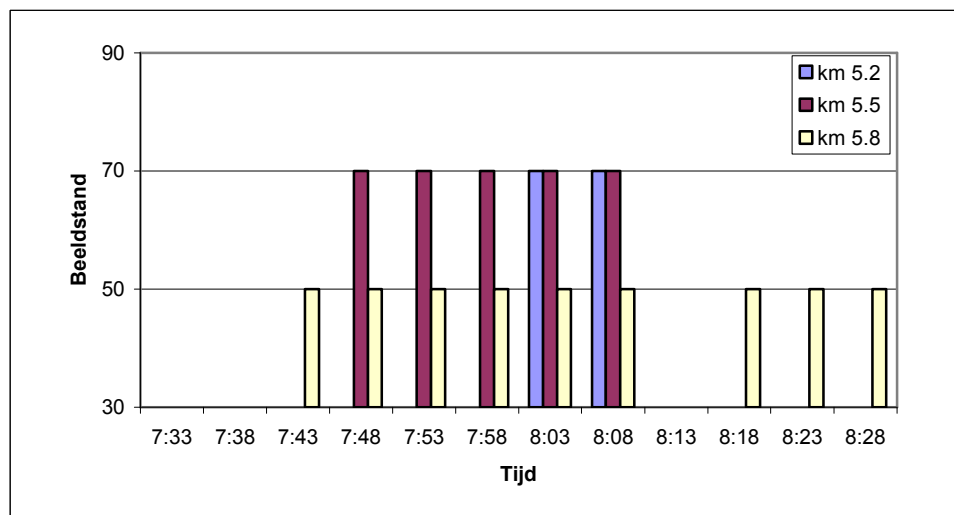
Figuur 49 Doorsnede P1, 6 september



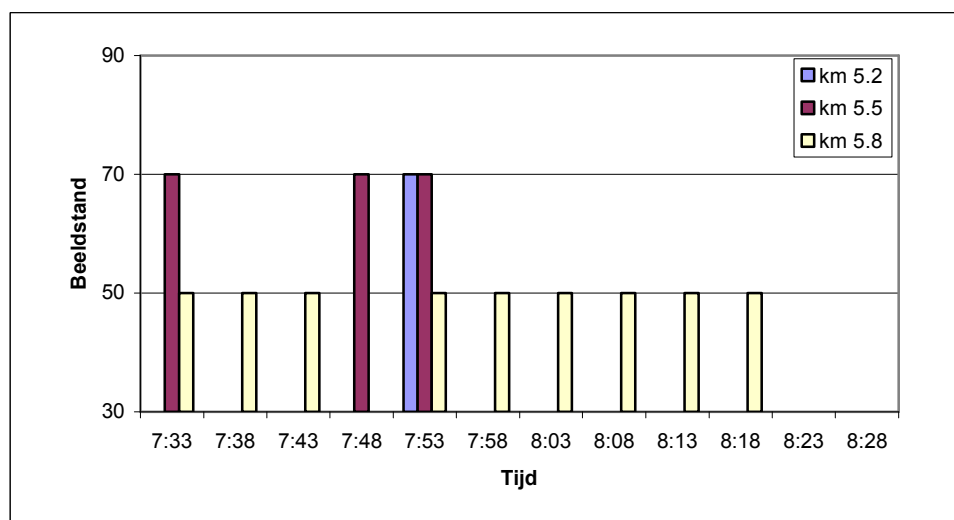
Figuur 50 Doorsnede P2, 6 september

Bijlage D: Snelheidslimieten rijstrooksignalering

Hieronder zijn voor de twee meetdagen de snelheidslimieten aangegeven ter hoogte van het weefvak (km 5.2, 5.5 en 5.8).



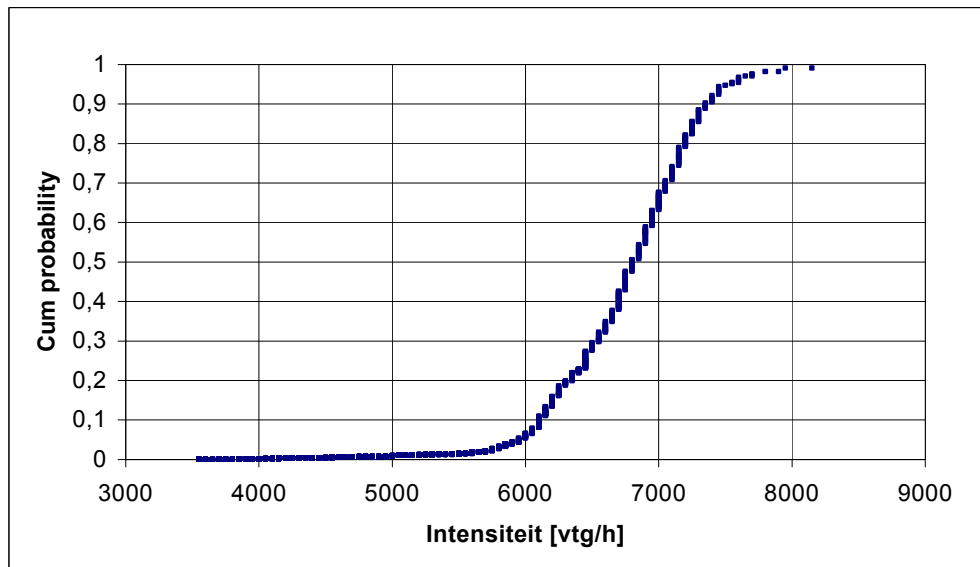
Figuur 51 Beeldstanden 6 september (7.28-8.28)



Figuur 52 Beeldstanden 7 september (7.28-8.28)

Bijlage E: Gevoeligheidsanalyse ondergrens PLM

Als gevoeligheidsanalyse is een lagere ondergrens gekozen (3500 vtg/h) en nogmaals de PLM capaciteitsverdeling vastgesteld. Figuur 53 laat het resultaat zien. Hieruit kan worden geconcludeerd dat dit weinig effect heeft op de capaciteitsverdeling. De 50-percentiel waarde is ongewijzigd 6800 vtg/h.



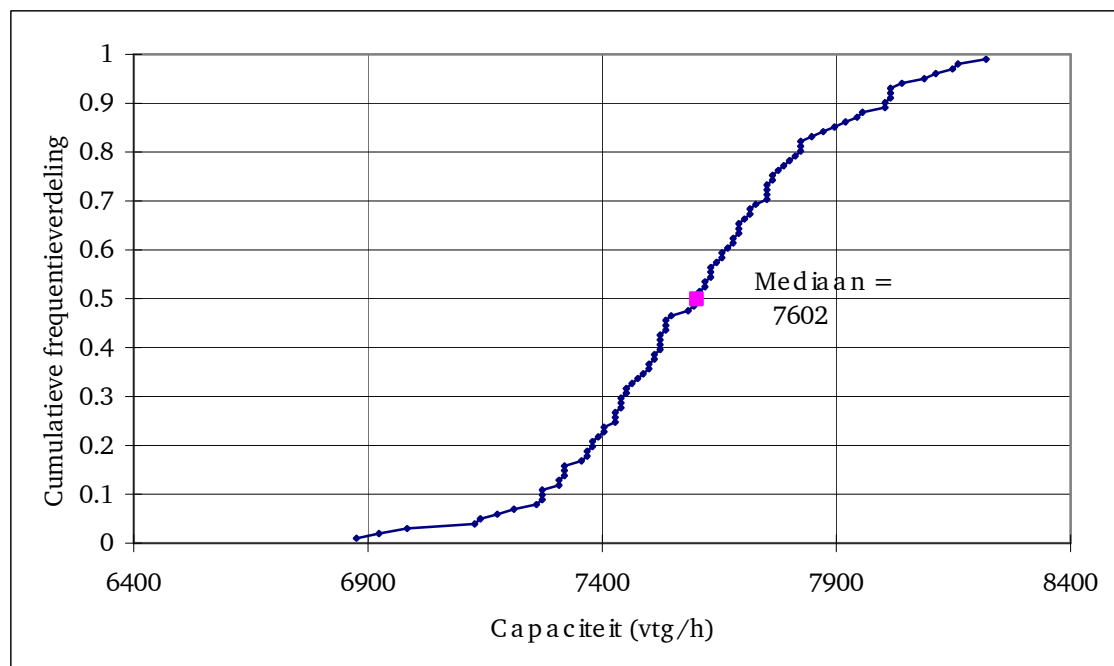
Figuur 53 Cumulatieve kansverdeling capaciteit $P(C < x)$ met ondergrens 3500 vtg/h

Bijlage F: Capaciteit bij toenemende verkeersvraag op stroken 1 en 2

Bij de uitgevoerde validatierun is het intensiteitenverloop afgestemd op de praktijk. In het algemeen zal men echter de intensiteiten laten toenemen tot een dusdanig hoog niveau dat de capaciteit wordt bereikt. Dit is uitgevoerd met dezelfde configuratie met een gewijzigde verkeersvraag zoals aangegeven in de volgende tabel.

<i>Herkomst</i>	<i>T=0</i>	<i>T=1800</i>	<i>T=7200</i>	<i>(Rijbaan totaal vanaf T=1800)</i>
1	900	2300	2300	4600 vtg/h
2	900	2300	2300	
3	600	1200	1200	3600 vtg/h
4	600	1200	1200	
<i>Invoeging</i>	600	1200	1200	

Tabel 15 Intensiteitenverloop per herkomst in FOSIM (cellen in vtg/h)



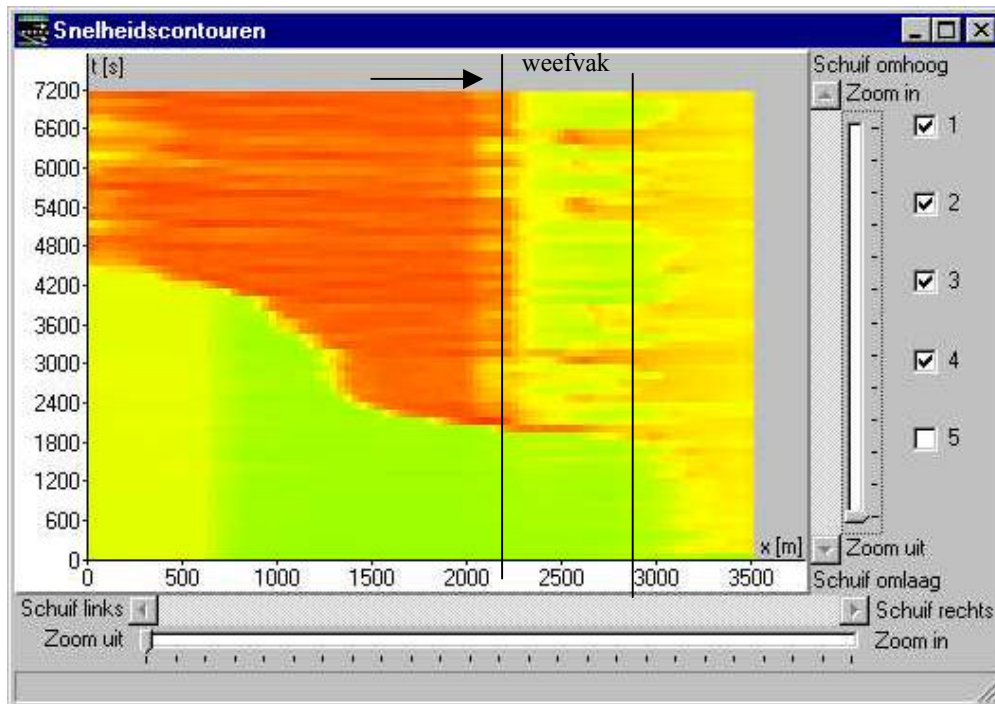
Figuur 54 Capaciteitsverdeling FOSIM bij toenemende verkeersvraag op stroken 1 en 2

De capaciteit is nu 7600 vtg/h, terwijl uit de validatie een waarde van 7200 volgde. Dit is een aanzienlijk verschil. Opgemerkt moet worden dat door de toegenomen - en gerealiseerde verkeersvraag - van de rijbaan de HB-tabel zal afwijken met de HB zoals gevonden in de praktijk.

Op basis van deze resultaten is het duidelijk dat de specificatie van de verkeersvraag en HB-relatie van invloed is op de capaciteit.

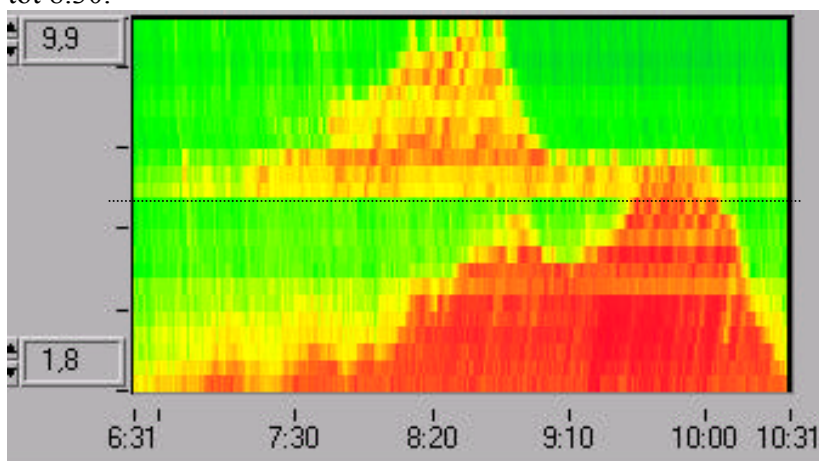
Bijlage G: Snelheidscontouren

Hieronder zijn de snelheidscontouren weergegeven van de simulatie (met op de x-as de lengte) en van de MARE-gegevens (met op de y-as de lengte, tussen km 1.8 en 9.9)

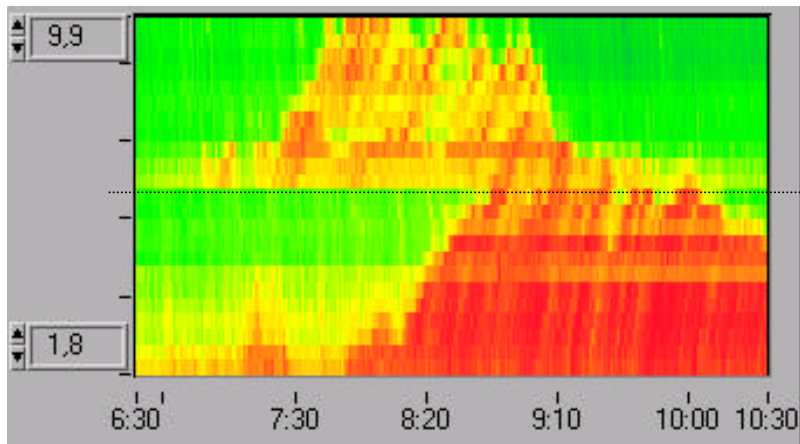


Figuur 55 Snelheidscontour FOSIM op basis van snelheid op alle stroken

Uit de MARE- snelheidscontouren is de terugslag van de congestie op de Utrechtsebaan tot het weefvak (aangegeven met de stippellijn) duidelijk af te lezen. Voor beide dagen is te zien dat dit niet de verkeersafwikkeling beïnvloedt gedurende het analyse-uur van 7.30 tot 8.30.



Figuur 56 Snelheidscontour MARE (6 september)



Figuur 57 Snelheidscontour MARE (7 september)

Bijlage H: Invoerfile FOSIM

```

* 1 * lengte, aantal stroken, nvoed en nbest
  3500    5    5    4
* 2 * fysieke sekties
    7  2880  2700  2280  2200  2000   600   300
* 3 * strooktypen
  1 0 2 3 6
  1 0 0 2 5
  1 0 0 2 5
  1 2 1 2 5
  1 2 1 0 2
  1 2 1 2 3
  1 2 1 2 9
  3 3 3 3 9
* 4 * verplicht strookwisselen
  0 0 0 0 0
  8 8 8 8 8
  0 0 0 4 0
  3 3 3 8 8
  0 0 0 4 0
  3 3 3 8 8
  0 0 0 2 0
  3 8 3 8 8
  0 0 0 1 5
  3 8 4 8 8
  0 0 0 0 0
  8 8 8 8 8
  0 0 0 0 0
  8 8 8 8 8
  0 0 0 0 0
  8 8 8 8 8
* 5 * snelheidsonderdrukking
  1.00 1.00 1.00 0.40 1.00
  1.00 1.00 1.00 0.70 1.00
  1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
  1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
  1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
  1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
  0.80 0.80 0.80 0.80 1.00
  0.80 0.80 0.80 0.80 1.00
* 6 * strooksekties
    4  2279  2201  2000  1700
* 7 * gewenst strookwisselen
  0 0 0 0 0
  8 8 8 8 8
  0 0 0 1 0
  8 8 8 8 8
  0 0 0 2 0
  8 8 3 8 8
  0 0 0 4 0
  3 8 3 8 8
  0 0 0 0 0
  8 8 8 8 8
* 8 * meetraaien
    5  2850  2550  2350  2250  1800
* 9 * globale voertuigkenmerken
  3 0.3 0.2 10.00 -10.00 5
* 10 * kenmerken per voertuigtype
    1.000  0.600  0.600  0.500  0.400
    0.560  0.720  1.280  2.080  2.230
    4.000  2.400  2.400  1.000  0.400
   -0.500 -0.500 -0.500 -0.500 -0.500
   -3.000 -2.400 -2.400 -2.000 -1.600
   -6.000 -6.000 -6.000 -6.000 -6.000
  110.000 105.000 100.000 95.000 85.000
    4.500  4.000  4.000  8.000 14.000
    3.000  3.000  3.000  3.000  3.000
    0.005  0.005  0.005  0.005  0.005

```

```

* 11 * randomseed, tijdstap en simulatieduur
      1 0.50 14400
* 12 * tijdstippen voor een voertuiglijst
      0
* 13 * tijdstippen voor meetgegevens
      24 600 1200 1800 2400 3000 3600 4200 4800 5400 6000 6600 7200 7800
8400 9000 9600 10200 10800 11400 12000 12600 13200 13800 14400
* 14 * intensiteitenverloop
      3 0 3600 7200
        600 1200 1200
      3 0 3600 7200
        900 1800 1800
      3 0 3600 7200
        900 1800 1800
      3 0 3600 7200
        600 1200 1200
      3 0 3600 7200
        600 1200 1200
* 15 * voertuigtype-distributie
      31.00 32.00 32.00 2.00 3.00
      65.00 35.00 0.00 0.00 0.00
      0.00 30.00 64.00 3.00 3.00
      64.00 36.00 0.00 0.00 0.00
      0.00 27.00 63.00 5.00 5.00
* 16 * herkomst-bestemmingsmatrix
      70.00 0.00 0.00 30.00
      0.00 78.00 0.00 22.00
      78.00 0.00 0.00 22.00
      68.00 0.00 0.00 32.00
      68.00 0.00 0.00 32.00
* 17 * aantal verkeerslichten
      0
* 18 * koordinaat, kruisp.nr., sign.gr.nr. en activiteit per verkeerslicht
* 19 * geeltijd
      .00
* 20 * startlag, endgain en remvertraging bij verkeerslichten
      .00 .00 .00
* 21 * aantal lange lusdetektoren
      0
* 22 * eindkoord,beginkoord,kruispnr,detnr,volgnr,str per l.l.detektor
* 23 * aantal snelheidsdetektoren
      0
* 24 * koordinaat,kruispnr,detnr,volgnr,str per snelh.detektor
* 25 * specificatie uitvoer verkeerslichten (regpar)
      0

```
