Document van de Sectie Verkeerskunde **Technische Universiteit Delft**

1. Rapportnummer	**2. ISSN-nummer**
VK 2000-010	0920-0592
3. Titel rapport	**4. Auteur(s)**
Praktijkstudies FOSIM 4	ir. A.M. de Leeuw ir. T. Dijker
5. Uitvoerend instituut	**6. Opdrachtgever(s)**
Technische Universiteit Delft Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen Laboratorium voor Verkeerskunde Postbus 5048, 2600 GA Delft	Rijkswaterstaat - Adviesdienst Verkeer en Vervoer
7. Onderzoeksthema	**8. Onderzoeksrichting**
Verkeerstechniek	Verkeersafwikkeling op autosnelwegen
9. Categorie rapport	**10. Datum publicatie**
Onderzoeksrapport	Oktober 2000

11. Samenvatting

FOSIM is een microsimulatiemodel dat verkeer op autosnelwegen in detail nabootst. Doordat het model capaciteitswaarden als uitvoer geeft, fungeert het als hulpmiddel bij de afweging van verschillende wegontwerp-alternatieven.
Dit document is een bundeling van drie FOSIM-studies die in 1999 uitgevoerd zijn door de Technische Universiteit Delft in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Noord-Brabant. Elke studie volgt een standaard werkwijze waarmee een capaciteitsvraagstuk met behulp van FOSIM aangepakt kan worden. Dit rapport dient ter ondersteuning bij het gebruik van FOSIM.

12. Trefwoorden	**13. Bijbehorende rapporten**
Praktijkstudie - Verkeersafwikkeling - Microsimulatie - Autosnelweg	-

14. Externe contacten	**15. Aantal pagina's**	**16. Prijs**
Rijkswaterstaat - Adviesdienst Verkeer en Vervoer Rijkswaterstaat - Directie Noord-Brabant	62	Inbegrepen in FOSIM-licentie

Document of the Transportation Planning and Traffic Engineering Section **Delft University of Technology**

1. Report number	**2. ISSN-number**
VK 2000-010	0920-0592
3. Title	**4. Author(s)**
The use of FOSIM 4 illustrated by previously performed simulation studies (In Dutch)	ir. A.M. de Leeuw ir. T. Dijker
5. Published by	**6. Commissioned by**
Delft University of Technology Faculty of Civil Engineering and Geo Sciences Transportation Research Laboratory P.O.Box 5048, 2600 GA Delft	Rijkswaterstaat - Adviesdienst Verkeer en Vervoer
7. Research theme	**8. Research subject**
Traffic Engineering	Traffic flow on freeways
9. Report category	**10. Publication date**
Research report	October 2000

11. Abstract

The microscopic traffic simulation model FOSIM reproduces traffic flow on freeways on a highly detailed level. Because the model determines values for highway capacity, it assists road designers to compare different road design alternatives. This document combines three FOSIM-studies carried out in 1999 by the Delft University of Technology, commisioned by Rijkswaterstaat Directie Noord-Brabant, a regional department of the Dutch Ministry of Transport. Each of the three FOSIM-studies follows a standard procedure to cope with capacity problems. This way, this report supports the use of FOSIM.

12. Key words	**13. Accompanying reports**
Simulation study - Traffic flow - Microcopic simulation - Freeway - Motorway	-

14. In cooperation with	**15. Number of pages**	**16. Price**
Rijkswaterstaat - Adviesdienst Verkeer en Vervoer Rijkswaterstaat - Directie Noord-Brabant	62	Included in FOSIM license

Voorwoord

Tijdens een peiling onder de gebruikers van het microsimulatiemodel FOSIM bleek behoefte te bestaan aan extra ondersteuning bij het gebruik van het programma. Niet de bediening van het programma zelf, maar juist het omgaan met de modeltechnische aspecten geeft soms problemen. Vooral de interpretatie van de simulatieresultaten naar bruikbare praktijkadviezen blijkt een lastige stap te zijn.

Dit rapport komt aan de wens tegemoet om gebruikers meer houvast te geven door eerder uitgevoerde studies van FOSIM als voorbeeld te bundelen. Drie ex-ante evaluatiestudies zijn samengevoegd die in 1999 uitgevoerd zijn door het Laboratorium voor Verkeerskunde van de Technische Universiteit Delft in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Noord-Brabant. Het gaat hierbij om de volgende onderzoeken:

I) Afwikkelingskwaliteit knooppunt Ekkersrijt (maart '99)
Deze studie bepaalt de capaciteit van één weefvakvariant van het toekomstig knooppunt Ekkersrijt ten noorden van Eindhoven. Het betreft een vrij kort asymmetrisch weefvak dat gelegen is in een horizontale boog.

II) Afwikkelingskwaliteit Randweg Eindhoven (mei '99)
Deze studie vergelijkt de capaciteit van vier wegvakvarianten tussen knooppunt De Hogt en de aansluiting Veldhoven-Zuid op de Randweg Eindhoven.

III) Afwikkelingskwaliteit knooppunt Hintham (augustus '99)
Deze studie vergelijkt de capaciteit van twee symmetrische weefvakken van het knooppunt Hintham nabij 's-Hertogenbosch.

Projectleiders van de kant van Rijkswaterstaat waren respectievelijk J. de Bruin, M.A.A. Schouten-Bais en F.M.W. Fieman. Deze projectleiders willen we bedanken voor de gegeven toestemming om de genoemde FOSIM-studies officieel te bundelen en te publiceren.

Het microsimulatiemodel FOSIM is eigendom van Rijkswaterstaat Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV) te Rotterdam en is ontwikkeld en in onderhoud bij de Technische Universiteit Delft. De projectleider aan de kant van Rijkswaterstaat is H. Schuurman.

Delft, oktober 2000
Martijn de Leeuw

Inhoudsopgave

Voorwoord 1

Deel I: Afwikkelingskwaliteit knooppunt Ekkersrijt 5

1 Inleiding 6
1.1 Probleemstelling 7
1.2 Doelstelling 7

2 Simulatieopzet 8
2.1 Wegvakconfiguratie 8
2.1.1 Snelheidsonderdrukking 8
2.1.2 Gewenst en verplicht strookwisselen 9
2.2 Verkeerssamenstelling 11
2.2.1 Prognosecijfers 11
2.2.2 Absolute intensiteiten 11
2.2.3 Verdeling over voertuigtypen 11
2.2.4 Relatieve Herkomst-Bestemmingsmatrix 13
2.3 Uitvoering 14

3 Resultaten 15
3.1 Verkeersproces 15
3.2 Capaciteit van het weefvak 15
3.3 Afwikkelingskwaliteit 17

4 Conclusie 18

Bijlage Invoerbestand Ekkersrijt.fos 19

Deel II: Afwikkelingskwaliteit Randweg Eindhoven 21

1 Inleiding 22

2 Onderzoeksopzet 23
2.1 Schematisering infrastructuur 23
2.2 Schematisering verkeersbelasting 26
2.3 Uitvoering van de simulaties 30

3 Resultaten 31
3.1 Verkeersproces en capaciteitswaarden 31
3.2 Afwikkelingskwaliteit 39

4 Conclusie 41

Bijlage Invoerbestanden Randweg Eindhoven 42

Deel III: Afwikkelingskwaliteit knooppunt Hintham 47

1 Inleiding 48
1.1 Probleemstelling 49
1.2 Doelstelling 49

2 Simulatieopzet 50
2.1 Wegvakconfiguratie 50
2.2 Verkeerssamenstelling 51
2.2.1 Prognosecijfers 51
2.2.2 Absolute intensiteiten 53
2.2.3 Verdeling over voertuigtypen 53
2.2.4 Relatieve Herkomst-Bestemmingsmatrix 55

3 Resultaten 56
3.1 Verkeersproces 56
3.2 Capaciteit van de weefvakvarianten 57
3.3 Afwikkelingskwaliteit van de weefvakvarianten 59
3.4 Capaciteiten in relatie tot het CIA-handboek 59

4 Conclusie 60

Bijlage Invoerbestanden Hintham 61

Deel I: Afwikkelingskwaliteit knooppunt Ekkersrijt

Het bepalen van de capaciteit met behulp van FOSIM van het westelijk asymmetrisch weefvak in variant 2b van het toekomstige knooppunt Ekkersrijt bij Eindhoven

Delft, maart 1999

ir. A.M. de Leeuw

In opdracht van Rijkswaterstaat, Directie Noord-Brabant

Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Directie Noord-Brabant

Technische Universiteit Delft
Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen
Laboratorium voor Verkeerskunde

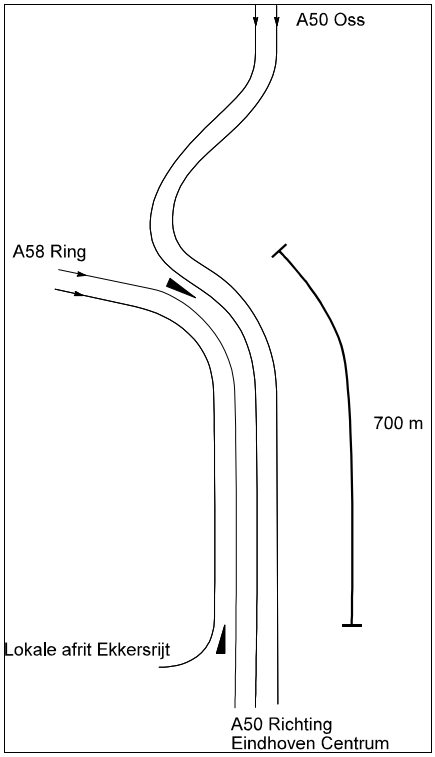
1 Inleiding

Bij de Directie Noord-Brabant van Rijkswaterstaat is de aanleg van rijksweg 50 tussen Oss en Eindhoven in voorbereiding. Deze A50 zal aan de noordzijde van Eindhoven aansluiten op de bestaande A58. Dit heeft tot gevolg dat een nieuw knooppunt 'Ekkersrijt' gerealiseerd moet worden. Ten zuiden van dit nieuwe knooppunt zal de A50 overgaan op de Kennedylaan in de richting van het centrum van Eindhoven.

Voor het nieuwe knooppunt zijn verschillende ontwerpvarianten ontwikkeld. In één van deze varianten (variant 2b) is de kwaliteit van de verkeersafwikkeling niet zondermeer vast te stellen met de Richtlijnen voor het Ontwerp van Autosnelwegen (ROA). De reden hiervoor is dat verschillende discontinuïteiten op korte afstand van elkaar liggen en dat in dit ontwerp enige horizontale bogen voorkomen.

Binnen variant 2b is gekozen voor route-continuïteit voor het doorgaande verkeer. Dit houdt in dat het verkeer vanaf de A50 uit de richting Oss zonder strookwisselingen terecht komt op de ringweg van Eindhoven, de A58. Het verkeer uit de richting Oss dat de A50 wenst te volgen in de richting van het centrum van Eindhoven dient uit te voegen.
Evenzo geldt het principe van route-continuïteit voor het verkeer uit westelijke richting vanaf de A58. Dit verkeer wordt automatisch naar de A50 in de richting Oss geleid. Het verkeer dat van de A58 de richting van Eindhoven Centrum wenst, dient uit te voegen.

Onderwerp van deze studie is het wegvak waar de verkeersstromen vanaf de A58 en de A50 samenkomen en verder gaan in zuidelijke richting, naar Eindhoven Centrum, zie figuur I.1. Beide verkeersstromen beschikken over twee rijstroken, zodat na de samenvoeging de rijbaan uit vier rijstroken bestaat. Op vrij korte afstand van de samenvoeging (na 700 m) is de lokale afrit Ekkersrijt gepland. Deze afrit is vormgegeven als een afvallende rijstrook, zodat de hoofdrijbaan verder gaat met drie rijstroken. Op deze manier ontstaat een asymmetrisch weefvak van 700 m met aan het stroomopwaartse einde twee maal twee rijstroken en aan het stroomafwaartse einde één rijbaan met drie rijstroken en één rijbaan met één rijstrook.



Figuur I.1 Te bestuderen wegvak

De eerste 200 m van het weefvak bevinden zich in een horizontale boog met een boogstraal van 135 m. Bovendien gaat de afvallende rijstrook naar de lokale afrit Ekkersrijt kort na het weefvak over in een krappe horizontale boog van 65 m.

Het is vooraf niet duidelijk wat het effect is van de boogstralen op de capaciteit van het asymmetrische weefvak. De Directie Noord-Brabant van Rijkswaterstaat heeft het Laboratorium voor Verkeerskunde van de TU Delft opdracht gegeven de capaciteit en de afwikkelingskwaliteit van dit asymmetrische

weefvak te bepalen. Voor dit doel is gebruik gemaakt van het microsimulatiemodel FOSIM.

1.1 Probleemstelling

De capaciteit en de afwikkelingskwaliteit van het westelijk asymmetrisch weefvak uit variant 2b voor het toekomstige knooppunt Ekkersrijt zijn niet vast te stellen met behulp van de ROA.

1.2 Doelstelling

Het bepalen van de capaciteit en daaruit afgeleid de afwikkelingskwaliteit van het westelijk asymmetrisch weefvak in variant 2b van het toekomstige knooppunt Ekkersrijt met behulp van het microscopisch simulatiemodel FOSIM.

2 Simulatieopzet

Het microsimulatiemodel FOSIM beschrijft op voertuigniveau het gedrag van individuele voertuigen. De invoer bestaat uit een schematische weergave van het wegvak en de kenmerken van de verkeersstroom. Dit hoofdstuk behandelt achtereenvolgens de genoemde onderwerpen: de wegvakconfiguratie en de verkeerssamenstelling. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een paragraaf over de uitvoering van de simulatie.

2.1 Wegvakconfiguratie

Het wegvak waarvan de capaciteit bepaald moet worden, dient schematisch ingevoerd te worden. In deze paragraaf worden de belangrijkste keuzes genoemd die bij het schematiseren gemaakt zijn. Figuur I.2 toont de gebruikte schematisatie. Het gebruikte invoerbestand is opgenomen in de bijlage.

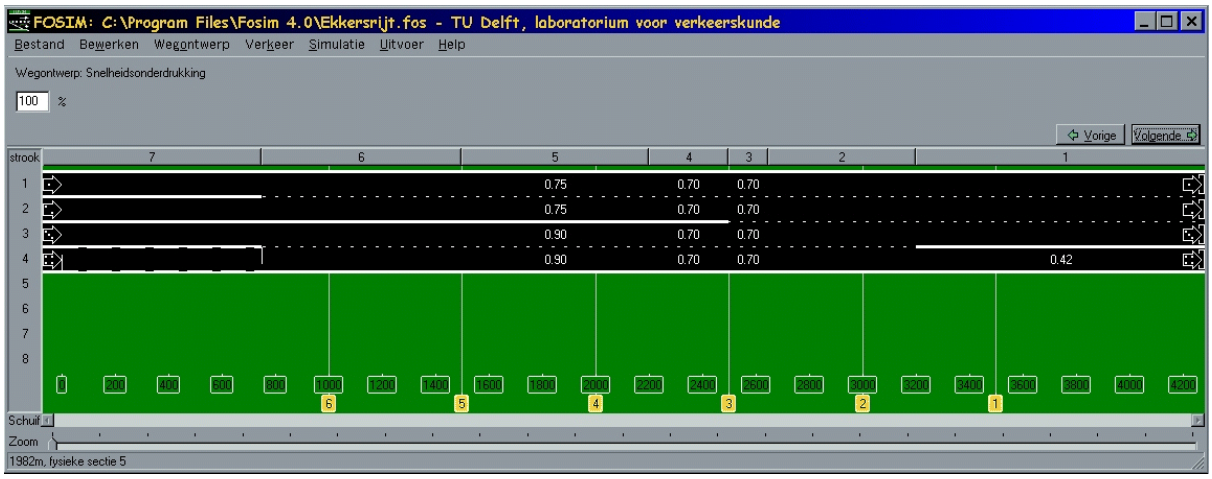
2.1.1 Snelheidsonderdrukking

In FOSIM kunnen niet zondermeer horizontale boogstralen ingevoerd worden. Een boog wordt nagebootst door een recht wegvak waarop het verkeer een bepaalde snelheidsonderdrukking heeft. Vlak voordat de rijbanen samenkomen op het weefvak, bevindt elke rijbaan zich in een boog. De A58 heeft voor de samenvoeging een boogstraal van 287 m en de A50 een boogstraal van 150 m. Ook deze bogen zijn meegenomen in de simulatie omdat een lagere snelheid op de stroomopwaartse wegvakken gevolgen kan hebben voor de verdeling van het verkeer over de rijstroken. Per boog is een waarde gekozen voor de snelheidsonderdrukking. In FOSIM wordt de oorspronkelijke wenssnelheid van elk voertuigtype vermenigvuldigd met deze factor, zodat in de boog een lagere wenssnelheid ontstaat.
In tabel I.1 zijn de gekozen waarden en de resulterende snelheden opgenomen.

Tabel I.1 Resulterende wenssnelheden per boog en per voertuigtype in km/h

	Boogstraal (m)	Toegepaste onderdrukkingsfactor	Wenssnelheid per voertuigtype				
			I	II	III	IV	V
Rechtstand	-	1	*110*	*105*	*100*	*95*	*85*
A50	150	0,75	*83*	*79*	*75*	*71*	*64*
A58	287	0,9	*99*	*95*	*90*	*86*	*77*
Weefvak	135	0,7	*77*	*74*	*70*	*67*	*60*
Afrit	65	0,42	*46*	*44*	*42*	*40*	*36*

Figuur I.2 toont het geschematiseerde wegvak inclusief de toegepaste snelheidsonderdrukking.



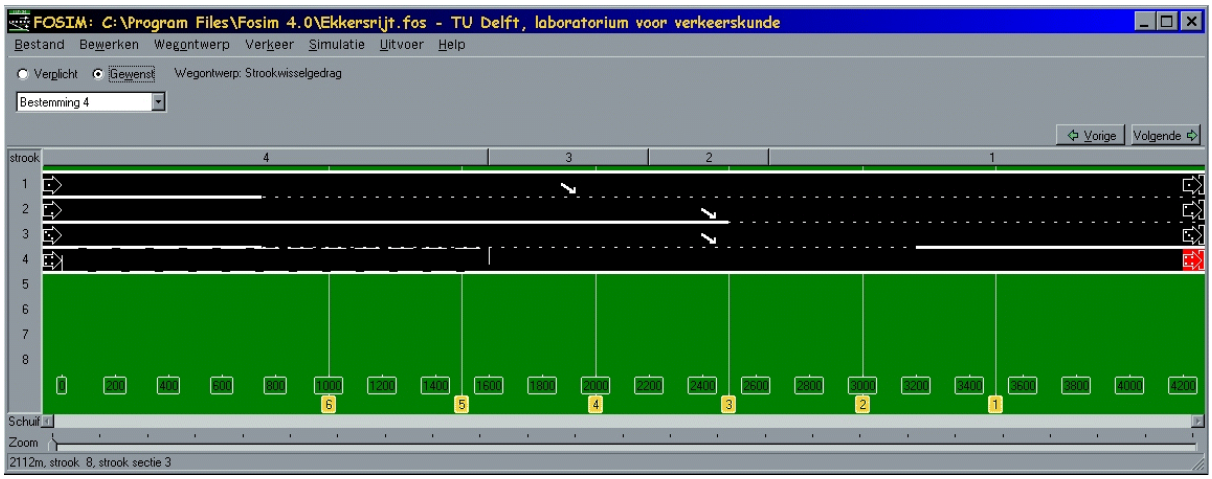
Figuur I.2 Schematisering wegvak inclusief snelheidsonderdrukking

Het wegvak begint met vier enkele stroken van 700 m lengte. Deze lengte is nodig voor een goede plaatsing van de voertuigen. De stroken 1 en 2 stellen de rijbaan van de A50 voor en de stroken 3 en 4 de rijbaan van de A58. Bij 2500 m begint het weefvak met daarop op de eerste 150 m snelheidsonderdrukking. Het weefvak eindigt bij 3200 m.

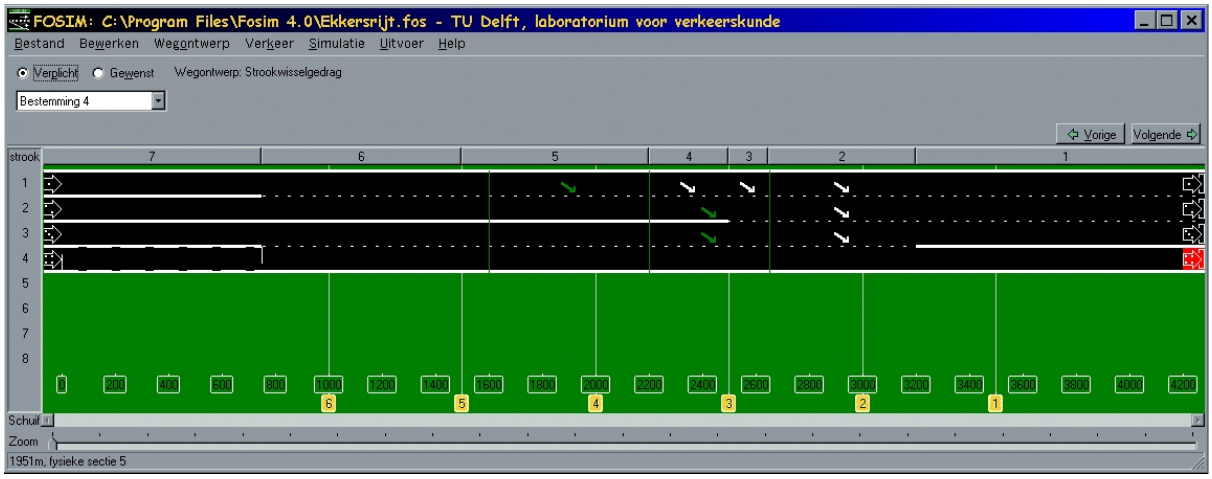
2.1.2 Gewenst en verplicht strookwisselen

Een andere belangrijk aspect van de schematisering is de definitie van gewenst en verplicht strookwisselen in FOSIM.

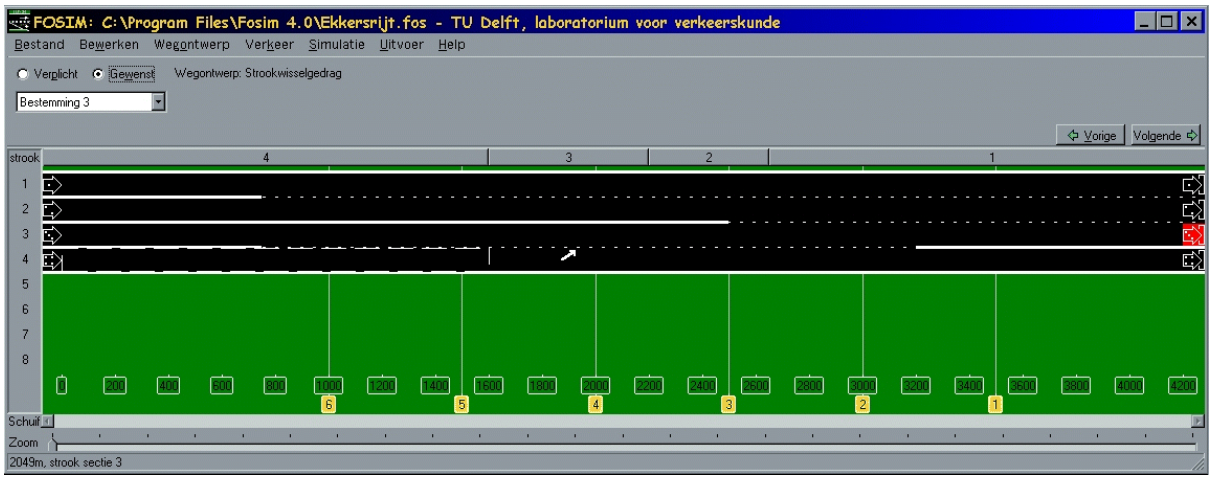
De figuren I.3 t/m I.6 tonen de toegepaste strookwisselwensen en -plichten.



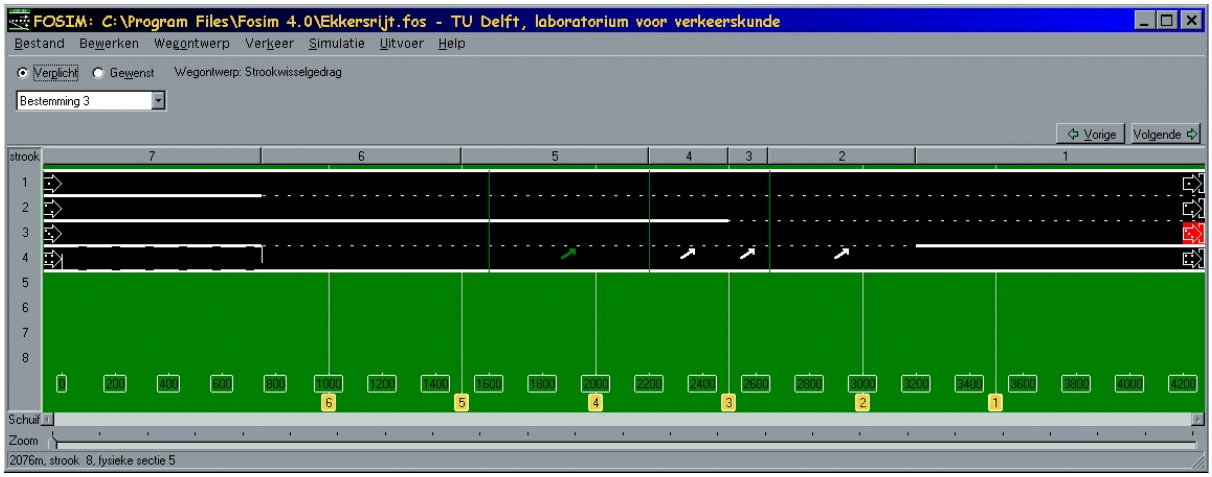
Figuur I.3 Gewenst strookwisselen richting afrit Ekkersrijt



Figuur I.4 Verplicht strookwisselen richting afrit Ekkersrijt



Figuur I.5 Gewenst strookwisselen richting Eindhoven



Figuur I.6 Verplicht strookwisselen richting Eindhoven

2.2 Verkeerssamenstelling

2.2.1 Prognosecijfers

De prognosecijfers voor knooppunt Ekkersrijt zijn geleverd door Directie Noord-Brabant in motorvoertuigen per etmaal en gesplitst naar personenauto's en vrachtverkeer. De voor het weefvak relevante cijfers zijn opgenomen in tabel I.2.

Tabel I.2 Prognosecijfers in motorvoertuigen per etmaal

naar / van	Eindhoven		Ekkersrijt		Som
	personen	vracht	personen	vracht	
A50	*10066*	*3423*	*2232*	*517*	***16238***
A58	*13861*	*1971*	*7840*	*1786*	***25458***

Het percentage vrachtverkeer vanaf de A50 is hierdoor gelijk aan 24,3% en vanaf de A58 gelijk aan 14,8%.

2.2.2 Absolute intensiteiten

Bij het genereren van de voertuigen is de keuze gemaakt om bij zowel de A50 als de A58 3/8 deel van het verkeer te genereren op de rechter rijstrook en 5/8 deel te genereren op de linker rijstrook. Hiermee wordt bereikt dat de generatoren niet verzadigd raken, voordat de capaciteit van het weefvak bereikt wordt.

Onder de aanname dat 10% van de etmaalintensiteit verwerkt wordt in het drukste spitsuur, kan nu per generator de intensiteit vastgesteld worden:

$$A50_{\text{linkerstrook}} = \tfrac{5}{8} \cdot 16238 \cdot 10\% = 1015 \text{ mvt / h}$$

$$A50_{\text{rechterstrook}} = \tfrac{3}{8} \cdot 16238 \cdot 10\% = 609 \text{ mvt / h}$$

$$A58_{\text{linkerstrook}} = \tfrac{5}{8} \cdot 25458 \cdot 10\% = 1591 \text{ mvt / h}$$

$$A58_{\text{rechterstrook}} = \tfrac{3}{8} \cdot 25458 \cdot 10\% = 955 \text{ mvt / h}$$

2.2.3 Verdeling over voertuigtypen

De gecalibreerde set van voertuigkenmerken binnen FOSIM bestaat uit vijf voertuigtypen. De typen I t/m III zijn personenauto's en de typen IV en V zijn vrachtauto's.

De parameters per voertuigtype zijn opgenomen in tabel I.3.

Tabel I.3 Voertuigparameters per voertuigtype

		Personenauto's			Vrachtauto's	
Voertuigtype		I	II	III	IV	V
Max. pos. sprong in acceleratie	[m/s^3]	1	0,6	0,6	0,5	0,4
Volgfactor z2	[s]	0,56	0,72	1,28	2,08	2,23
Max. acceleratie	[m/s^2]	4	2,4	2,4	1	0,4
Max. volgdeceleratie	[m/s^2]	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
Max. strookwisseldeceleratie	[m/s^2]	-3	-2,4	-2,4	-2	-1,6
Max. deceleratie	[m/s^2]	-6	-6	-6	-6	-6
Wenssnelheid	[km/h]	110	105	100	95	85
Voertuiglengte	[m]	4,5	4	4	8	14
Volgfactor z1	[m]	3	3	3	3	3
Volgfactor z3	[s^2/m]	0	0	0	0	0

Per rijbaan wordt het aantal te genereren personenauto's gelijkmatig verdeeld over de voertuigtypen I t/m III en het aantal te genereren vrachtauto's gelijkmatig verdeeld over de voertuigtypen IV en V. Op de linker rijstroken worden alleen de typen I t/m III gegenereerd en op de rechterrijstroken uitsluitend de typen III t/m V.

Door de eerder genoemde keuze dat 3/8 deel van het verkeer op de rechterstrook wordt gegenereerd, wordt het percentage vrachtverkeer op de *rechterstrook* van de A50 gelijk aan 64%. Voor de A58 is dit 40%.
Hiermee ligt de voertuigsamenstelling op de rechterstroken vast. Het percentage vrachtverkeer op de rechterstroken wordt gelijkmatig verdeeld over de typen IV en V en het resterende percentage geldt voor type III.

Tevens betekent de gekozen verdeling over de linker- en rechter rijstrook (5/8 en 3/8) dat van het totaal aantal personenauto's op de A50 82,5% op de linkerstrook gegenereerd wordt. Op de A58 is deze waarde 73,3%.
Hiermee ligt ook de voertuigsamenstelling op de linkerstroken vast. Als voorbeeld wordt nu het percentage van type I genomen op de linkerstrook van de A50:
Eénderde deel van de personenauto's behoort tot type I. Dit gedeelte dient vermenigvuldigd te worden met de verhouding 100/82,5:

$$33\% \cdot \frac{100}{82{,}5} = 40\%$$

Voor type II geldt hetzelfde percentage en het resterende percentage behoort tot type III.

Het resultaat van bovenstaande werkwijze levert de volgende voertuigsamenstelling op, zie tabel I.4.

Tabel I.4 Voertuigsamenstelling in procenten

	Voertuigtype				
Generator	I	II	III	IV	V
A50 linkerstrook	*40*	*40*	*20*	*0*	*0*
A50 rechterstrook	*0*	*0*	*36*	*32*	*32*
A58 linkerstrook	*45*	*45*	*10*	*0*	*0*
A58 rechterstrook	*0*	*0*	*60*	*20*	*20*

2.2.4 Relatieve Herkomst-Bestemmingsmatrix

In de prognosecijfers zijn de relatieve Herkomst-Bestemmingsmatrices (HB-matrices) niet gelijk voor personen- en voor vrachtauto's. In tabel I.5 zijn de relatieve HB-matrices opgenomen zoals die volgen uit tabel I.2.

Tabel I.5 Relatieve HB-matrix in procenten

naar / van	Personenauto's			Vrachtverkeer		
	Eindhoven	Ekkersrijt	Som	Eindhoven	Ekkersrijt	Som
A50	*82*	*18*	*100*	*87*	*13*	*100*
A58	*64*	*36*	*100*	*52*	*48*	*100*

Het is in FOSIM niet mogelijk om per voertuigklasse een verschillende relatieve HB-matrix in te voeren. De cijfers uit tabel I.5 kunnen dus niet zondermeer ingevoerd worden. Wel is het mogelijk om per generator een verschillende HB-matrix op te geven. Dit laatste wordt gebruikt om toch per voertuigcategorie de juiste HB-matrix te genereren.

Het vrachtverkeer op elke rijbaan wordt in zijn totaliteit op de rechter rijstrook gegenereerd. Het is daarom noodzakelijk om op de rechterrijstrook de relatieve HB-matrix toe te passen uit tabel I.5 zoals die geldt voor het vrachtverkeer.
Op de rechterrijstrook worden echter niet alleen vrachtauto's gegenereerd, maar ook personenauto's. De relatieve HB-matrix van deze personenauto's is dus niet in overeenstemming met de waarden uit tabel I.5. Dit kan echter gecompenseerd worden door de HB-matrix van de linkerrijstrook zó te kiezen dat de HB-matrix voor personenauto's over de totale rijbaan wel in overeenstemming is met tabel I.5.

Als voorbeeld wordt nu het percentage verkeer berekend in de richting Eindhoven dat op de linkerstrook van de A50 gegenereerd wordt. Het totale percentage personenauto's richting Eindhoven dient 82% te bedragen, zie tabel I.5. Op de rechterstrook is voor de richting Eindhoven 87 % opgegeven (tabel I.5), terwijl op deze strook 17,5% van het personenautoverkeer gegenereerd wordt. Het percentage personenauto's vanaf de linkerstrook van de A50 richting Eindhoven wordt nu als volgt berekend:

$$0{,}825 \cdot x + 0{,}175 \cdot 87\% = 1{,}000 \cdot 82\% \quad \rightarrow \quad x = 81\%$$

Op deze wijze is ook het percentage vanaf de linkerstrook van de A58 berekend. De gevolgde werkwijze resulteert in tabel I.6.

Tabel I.6 Toegepaste relatieve HB-matrix in procenten

van \ naar	Eindhoven	Afrit Ekkersrijt
A50 linkerstrook	*81*	*19*
A50 rechterstrook	*87*	*13*
A58 linkerstrook	*68*	*32*
A58 rechterstrook	*52*	*48*

2.3 Uitvoering

De bepaling van de capaciteit geschiedt door de intensiteiten te laten toenemen totdat congestie ontstaat. De verhouding tussen de verschillende intensiteiten blijft hierbij gehandhaafd. Elke simulatierun betreft een uur. De simulatie start met 50% van de geprognotiseerde intensiteit. Na 10 minuten simulatie ligt het intensiteitenniveau op 100% en na 30 minuten op 200%. Dit niveau van 200% wordt verder constant gehouden tot aan het einde van de simulatie.

Een simulatierun wordt afgebroken als het twee maal voorkomt dat een willekeurige detector over de totale doorsnede een lagere gemiddelde snelheid meet dan 40 km/h.

Na afloop van elke simulatie wordt bepaald in welke periode van 5 minuten de grootste uitstroom plaatsvond. Deze uitstroom wordt gemeten op meetraai 1, deze ligt op 3500 m. Het maximum aantal gepasseerde voertuigen betreft een vijf-minuten periode. Vermenigvuldigen met twaalf levert zodoende de capaciteit van de simulatierun in mvt/h.

Om een betrouwbare uitspraak te doen over de capaciteit, zijn in totaal 100 simulatieruns uitgevoerd.

3 Resultaten

3.1 Verkeersproces

Bij het uitvoeren van de simulaties is de intensiteit van de verkeersstroom opgevoerd totdat de capaciteit van het wegvak bereikt is. De omstandigheden waaronder de simulaties plaatsvinden, kan men omschrijven als ideaal. Dat houdt in dat er geen neerslag is, er voldoende licht is en dat er geen beperkende omstandigheden zijn, zoals bijvoorbeeld obstakels in de berm van de weg.

Onder invloed van de opgegeven HB-matrix, ontstaat allereerst congestie op strook 3, de linkerstrook van de A58, aan het begin van het weefvak. Vervolgens ontstaat ook congestie op de rechterstrook van de A58, strook 4. De congestie verschuift daarna enigszins stroomopwaarts, waardoor het verkeer op de A50 minder hinder ondervindt van het A58-verkeer. Het verkeer op de A50 blijft daardoor ook bij zware congestie op de A58 op een redelijke snelheid van 50-70 km/h doorrijden. Figuur I.7 geeft een indruk van de verkeerssituatie na het ontstaan van congestie.

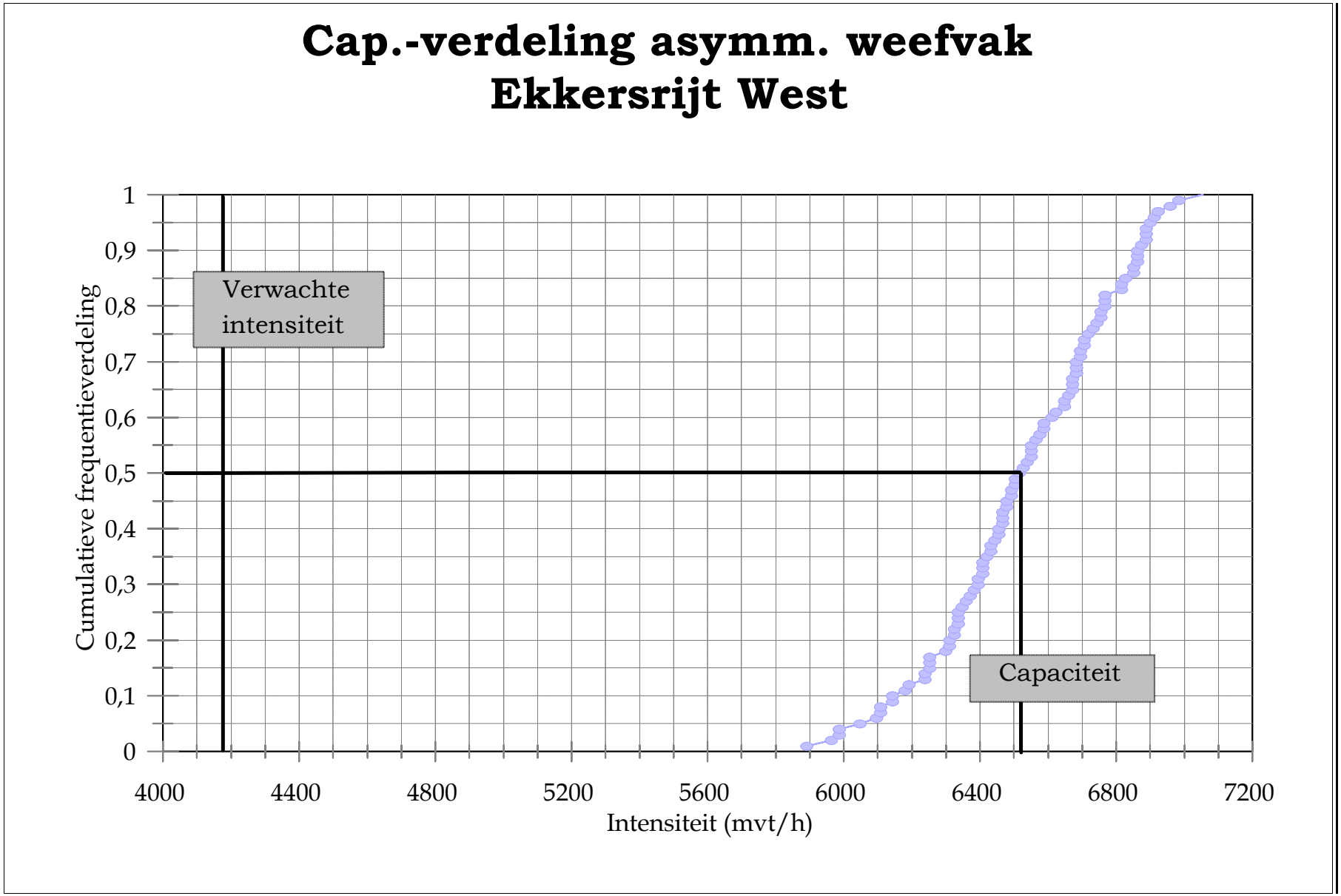
Figuur I.7 Verkeersafwikkeling na het ontstaan van congestie

3.2 Capaciteit van het weefvak

Figuur I.8 geeft de verdeling weer van de 100 resulterende capaciteitswaarden. In tabel I.7 zijn de belangrijkste kenmerken van deze verdeling weergegeven:

Tabel I.7 Kenmerken capaciteitsverdeling in mvt/h

Minimum	5892
Maximum	7056
Gemiddelde	6528
Standaarddeviatie	261
Mediaan	6522


Cap.-verdeling asymm. weefvak
Ekkersrijt West
Verwachte intensiteit
Capaciteit
Cumulatieve frequentieverdeling
1
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
4000
4400
4800
5200
5600
6000
6400
6800
7200
Intensiteit (mvt/h)

Figuur I.8

3.3 Afwikkelingskwaliteit

De afwikkelingskwaliteit wordt weergegeven door de verhouding tussen intensiteit en capaciteit. De geprognotiseerde intensiteit bedraagt 4170 mvt/h. Als capaciteitswaarde kan zowel de gemiddelde waarde als de mediaan gehanteerd worden. Bij de uitgevoerde simulaties zijn deze waarden vrijwel identiek, zodat bij beide een I/C-verhouding ontstaat van 0,64.

Deze I/C-verhouding geldt voor de totale uitstroom van het weefvak. Daarnaast is het mogelijk om theoretische I/C-verhoudingen vast te stellen voor beide rijbanen stroomafwaarts van het weefvak. De geprognotiseerde intensiteit naar Eindhoven bedraagt 2932 mvt/h en naar de afrit Ekkersrijt 1238 mvt/h. Aan de hand van de strookindeling kan een theoretische capaciteit per rijbaan vastgesteld worden, afhankelijk van het aantal stroken. De capaciteit richting Eindhoven is gelijk aan drievierde van de totale capaciteit; dit komt neer op 4896 mvt/h. Voor de afrit Ekkersrijt resteert zodoende een capaciteit van 1632 mvt/h.
De theoretische I/C-verhouding voor de afrit Ekkersrijt komt hiermee op 0,76 en de rijbaan naar Eindhoven op 0,60.

4 Conclusie

Het simulatie-onderzoek naar de capaciteit van variant 2b voor knooppunt Ekkersrijt leidt tot de volgende conclusie:

- De I/C-verhouding op het westelijk asymmetrische weefvak is gelijk aan 0,64. Hieruit volgt dat de geprognotiseerde intensiteit ruimschoots congestievrij afgewikkeld kan worden.

Met betrekking tot de simulatieresultaten nog enkele aanvullende opmerkingen:

- De gevonden waarden zijn de model-uitkomsten van een computersimulatie. Men dient zich er voor te hoeden de nauwkeurigheid van de uitkomsten te overschatten. Een uitkomst die tot op het voertuig nauwkeurig gegeven wordt, geeft de orde van grootte van de capaciteit weer en niet de exacte waarde.

- Het onderzochte weefvak is onderzocht als een onafhankelijke element van het wegennetwerk, waarbij beperkt rekening is gehouden met stroomopwaartse en stroomafwaartse invloedsfactoren.

Bijlage Invoerbestand Ekkersrijt.fos

```
* 1 * lengte, aantal stroken, nvoed en
nbest
  4200     4     4     4
* 2 * fysieke sekties
     6  3200  2650  2500  2200  1500   750
* 3 * strooktypen
 1 0 2 3
 1 0 0 2
 1 0 0 2
 1 2 1 2
 1 2 1 2
 1 2 1 2
 3 3 3 3
* 4 * verplicht strookwisselen
 0 0 0 0
 8 8 8 8
 0 0 0 4
 3 3 3 8
 0 0 0 4
 3 4 4 8
 0 0 0 4
 3 8 8 8
 0 0 0 0
 8 8 8 8
 0 0 0 0
 8 8 8 8
 0 0 0 0
 8 8 8 8
* 5 * snelheidsondersdrukking
 1.00 1.00 1.00  .42
 1.00 1.00 1.00 1.00
  .70  .70  .70  .70
  .70  .70  .70  .70
  .75  .75  .90  .90
 1.00 1.00 1.00 1.00
 1.00 1.00 1.00 1.00
* 6 * strooksekties
     3  2651  2201  1601
* 7 * gewenst strookwisselen
 0 0 0 0
 8 8 8 8
 0 0 0 1
 4 3 3 8
 0 0 0 4
 3 4 8 8
 0 0 0 0
 8 8 8 8
* 8 * meetraaien
     6  3500  3000  2500  2000  1500  1000
* 9 * globale voertuigkenmerken
  3  .3  .2  10.00 -10.00  5
* 10 * kenmerken per voertuigtype
   1.000    .600    .600    .500    .400
    .560    .720   1.280   2.080   2.230
   4.000   2.400   2.400   1.000    .400
   -.500   -.500   -.500   -.500   -.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
    .005    .005    .005    .005    .005
* 11 * randomseed, tijdstap en
simulatieduur
         1   .5  7200
* 12 * tijdstippen voor een voertuiglijst
    10   300   600   900  1200  1500  1800
2100  2400  2700  2800
* 13 * tijdstippen voor meetgegevens
    12   600  1200  1800  2400  3000  3600
4200  4800  5400  6000  6600  7200
* 14 * intensiteitenverloop
     4     0  1200  3600  7200
        507  1015  2030  2030
     4     0  1200  3600  7200
        304   609  1218  1218
     4     0  1200  3600  7200
        796  1591  3182  3182
     4     0  1200  3600  7200
        477   955  1909  1909
* 15 * voertuigtype-distributie
  40.00  40.00  20.00    .00    .00
    .00    .00  36.00  32.00  32.00
  45.00  45.00  10.00    .00    .00
    .00    .00  60.00  20.00  20.00
* 16 * herkomst-bestemmings-matrix
    .00    .00  81.00  19.00
    .00    .00  87.00  13.00
    .00    .00  68.00  32.00
    .00    .00  52.00  48.00
* 17 * aantal verkeerslichten
    0
* 18 * koordinaat, kruisp.nr., sign.gr.nr.
en aktiviteit 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 * specifikatie uitvoer
verkeerslichten (regpar)
    0
```

Deel II: Afwikkelingskwaliteit Randweg Eindhoven

Delft, mei 1999

ir. T. Dijker

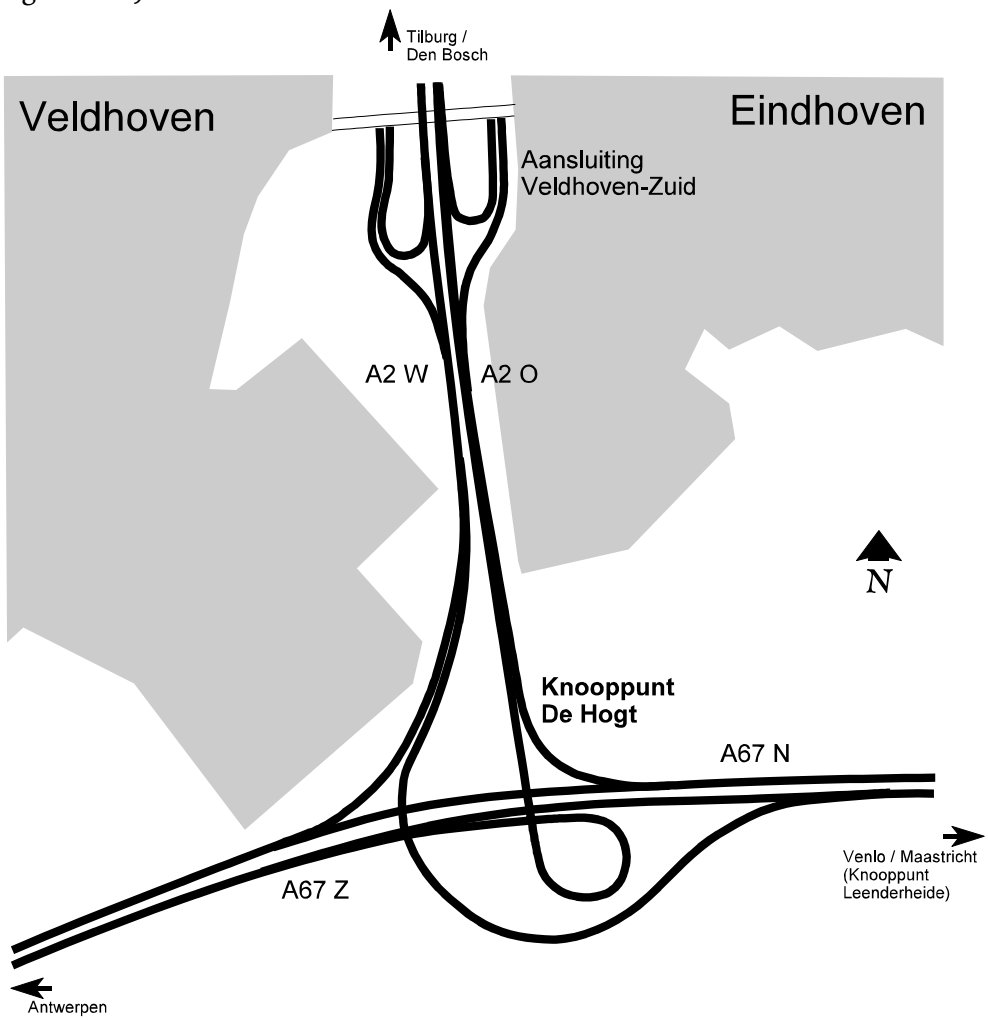
In opdracht van Rijkswaterstaat, Directie Noord-Brabant

Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Directie Noord-Brabant

Technische Universiteit Delft
Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen
Laboratorium voor Verkeerskunde

1 Inleiding

Ten behoeve van uitbreiding van de capaciteit van het autosnelwegennet rond Eindhoven overweegt de Directie Noord-Brabant van Rijkswaterstaat wijzigingen aan te brengen aan het wegvak tussen knooppunt De Hogt en de aansluiting Veldhoven-Zuid op de A2 Oost (zie figuur II.1).



Figuur II.1 Situatie A2 en A67 ten zuidwesten van Eindhoven

De voorstellen voor de wijzigingen voorzien onder andere in het toepassen van een dynamische extra rijstrook. Hiervoor zijn verschillende geometrische ontwerpen mogelijk. Deze zullen verschillen ten aanzien van de verkeersafwikkeling (capaciteit).

Dit rapport gaat in op de verwachte afwikkeling en de bijbehorende capaciteit van de voorgestelde alternatieven. Dit gebeurt op basis van simulaties met het microscopisch model FOSIM.

De opbouw van het rapport is als volgt. Hoofdstuk 2 beschrijft de manier waarop de simulaties zijn uitgevoerd. Hoofdstuk 3 behandelt de verkeersafwikkeling per alternatief op basis van de uitkomsten van de simulaties. Tenslotte volgt in hoofdstuk 4 de conclusie.

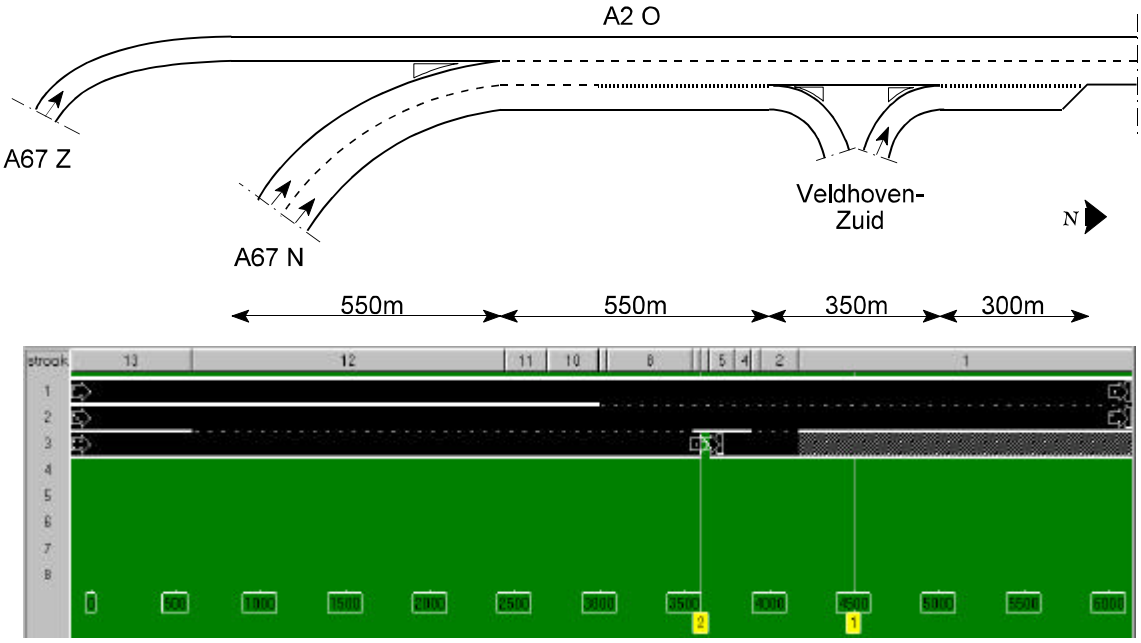
2 Onderzoeksopzet

Dit rapport doet een uitspraak over de verkeersafwikkeling van verschillende geometrische ontwerpen van wegvakken. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van het simulatiemodel FOSIM. De uitkomsten van het model zijn uiteraard afhankelijk van de manier waarop de wegvakken in het model ingevoerd worden.

Dit hoofdstuk behandelt de gebruikte invoer. De invoer is hierbij op te splitsen in de schematisering van de infrastructuur (paragraaf 2.1) en van de verkeersbelasting (paragraaf 2.2). Vervolgens beschrijft paragraaf 2.3 de manier van uitvoeren van de simulaties. De resultaten van de simulaties staan in hoofdstuk 3.

2.1 Schematisering infrastructuur

Huidige situatie
Figuur II.2 geeft de huidige situatie van de oostelijke rijbaan van de A2 van het Knooppunt De Hogt naar de aansluiting Veldhoven-Zuid weer. Het betreft een a-symmetrisch weefvak. Vanaf de A67 N (uit de richting Venlo/Maastricht) komen twee rijstroken, vanaf de A67 Z (uit de richting Antwerpen) komt één rijstrook. Van deze drie rijstroken gaat na 550 meter de rechter rijstrook verder als afrit voor Veldhoven-Zuid. De andere twee gaan verder als de A2 richting Tilburg/Den Bosch. Dit betekent, dat vanaf de A67 N een deel van het doorgaande verkeer van strook moet wisselen. Op de hoofdrijbaan voegt vervolgens verkeer vanaf de oprit Veldhoven-Zuid in.



Figuur II.2 Huidige situatie

In figuur II.2 staat ook de schematisatie van het wegvak voor FOSIM. De belangrijkste kenmerken hiervan zijn als volgt:

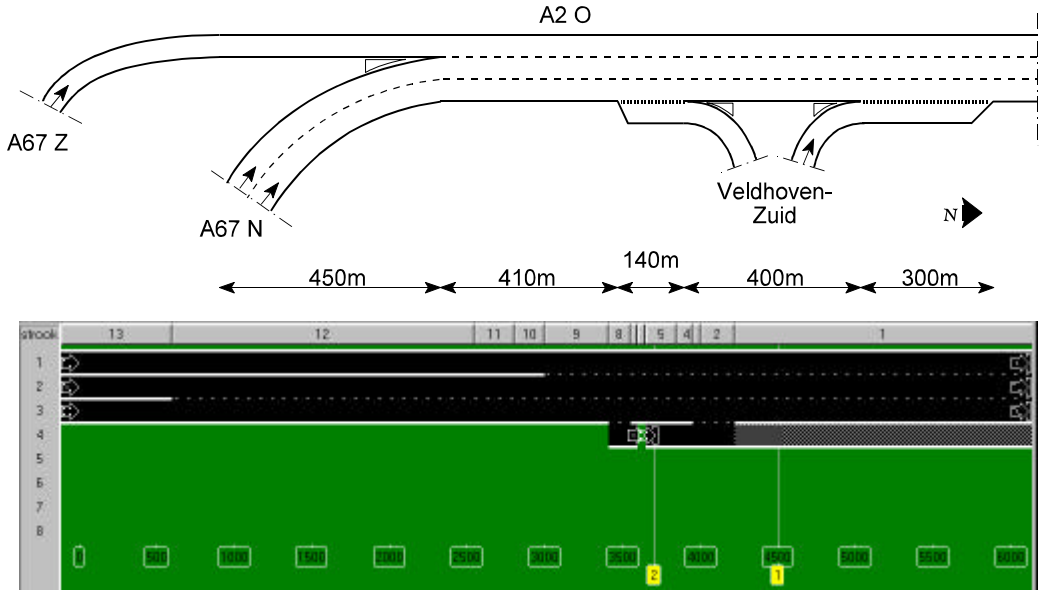
- De enigszins krappe verbindingsboog van de A67 Z naar de A2 O is in FOSIM nagebootst door de snelheden daar te onderdrukken. De toegepaste

snelheidsonderdrukking bedraagt 75%. Dat wil zeggen, dat de hoogste snelheden tussen 63,75 km/h (vrachtverkeer) en 82,5 km/h (personenauto's) liggen. Vanwege de beschikbare weglengte na de boog om voor het weefvak weer te accelereren is geen grote invloed van de snelheidsonderdrukking op het geheel te verwachten;

- De lagere snelheid van het verkeer vanaf de invoeging Veldhoven-Zuid wordt meegenomen door tot 100 meter voor het begin van de invoeging een snelheidsonderdrukking van 50% te gebruiken (d.w.z. de hoogste snelheden tussen 42,5 km/h en 55 km/h);
- Bij de schematisering is aangenomen, dat al voor het begin van het weefvak bestuurders op de rijbaan vanaf de A67 N van strook wisselen (voorsorteren) om de juiste bestemming te bereiken. De aanname ten aanzien van dit voorsorteren is van invloed op de uitkomsten van de simulaties.

Alternatieve oplossing 1: Driestrooks hoofdrijbaan met uitvoeging

Bij alternatief 1 (zie figuur II.3) is het aantal toeleidende stroken hetzelfde als bij de huidige situatie: één vanaf de A67 Z en twee vanaf de A67 N. Nu gaan echter al deze stroken verder als hoofdrijbaan. Een bestuurder bereikt dan Veldhoven-Zuid via een uitvoegstrook. Doorgaand verkeer (d.w.z. in de richting Tilburg/Den Bosch) hoeft nu dus niet meer van strook te wisselen. Zo'n 400 meter na de uitvoeging volgt de invoeging vanaf Veldhoven-Zuid.



Figuur II.3 Alternatieve oplossing 1

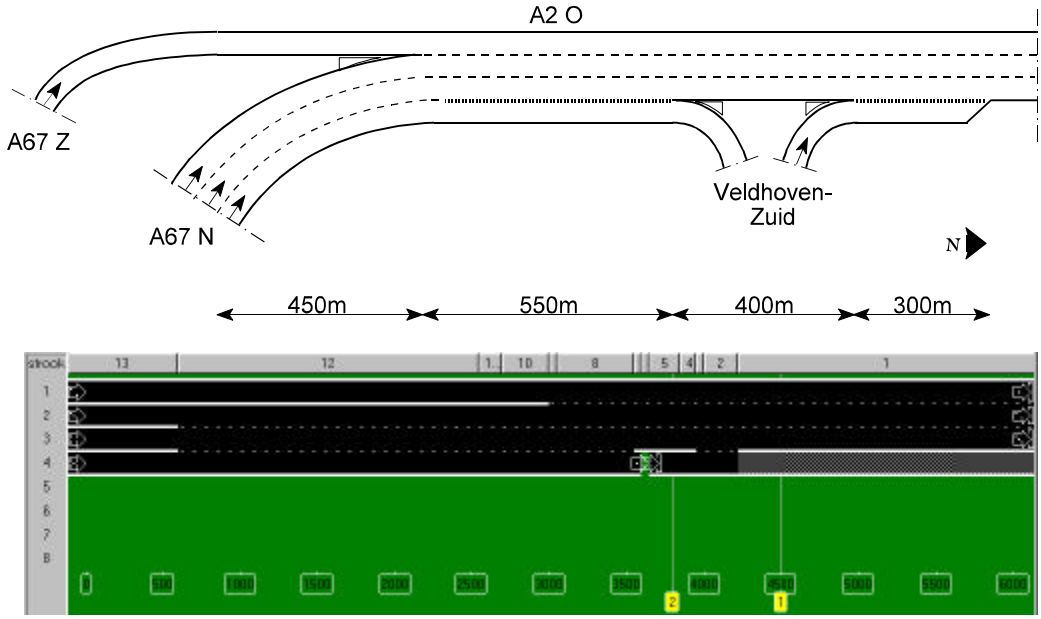
Ten aanzien van de schematisering gelden in grote lijnen dezelfde aannamen als bij de schematisering van de huidige situatie:

- In de verbindingsboog vanuit de A67 Z is de snelheidsonderdrukking 75%;
- Stroomopwaarts van de invoeging Veldhoven-Zuid geldt een snelheidsonderdrukking van 50%.

Alternatieve oplossing 2: Vierstrooks a-symmetrisch weefvak

Evenals de huidige situatie betreft alternatief 2 een a-symmetrisch weefvak (zie figuur II.4). Nu komen vanaf de A2 echter geen twee, maar drie stroken. De rijbaan vanaf de A67 Z blijft enkelstrooks. Van de vier stroken wordt de rechter strook de afrit naar Veldhoven-Zuid. De overige drie stroken vormen de doorgaande A2, waarop het verkeer vanaf de oprit Veldhoven-Zuid invoegt.

Ten aanzien van de schematisatie gelden verder dezelfde opmerkingen als bij de huidige situatie.

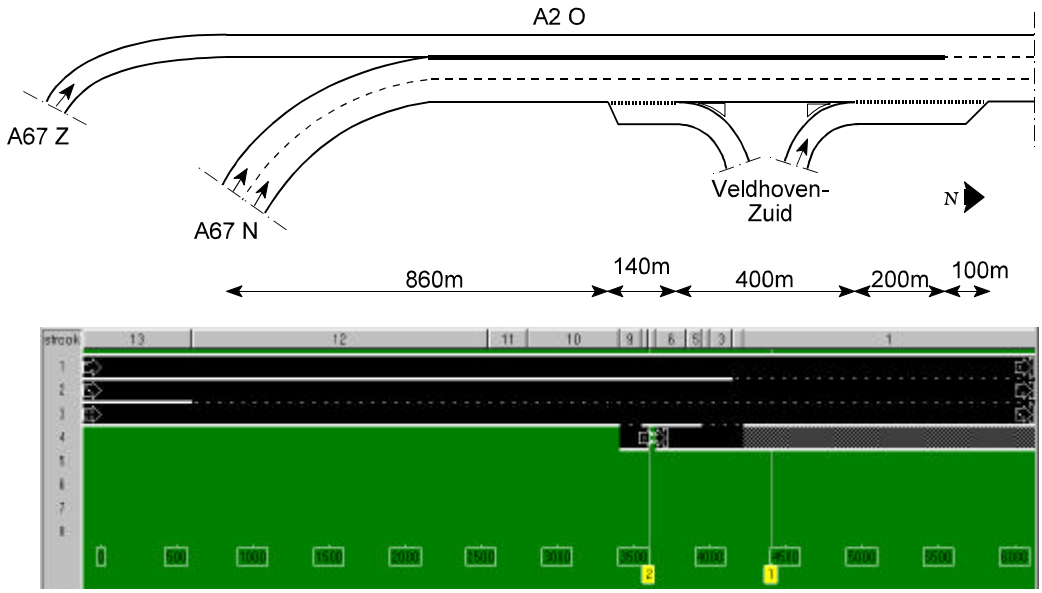


Figuur II.4 Alternatieve oplossing 2

Alternatieve oplossing 3

Bij alternatief 3 (zie figuur II.5) is het aantal toeleidende stroken hetzelfde als bij de huidige situatie. Nu bereiken bestuurders de afrit Veldhoven-Zuid echter via een uitvoegstrook, net als bij alternatief 1. Bovendien kunnen bij dit alternatief bestuurders uit de richting Antwerpen die afrit niet meer bereiken, want de banen vanaf de A67 Z en de A67 N komen nu pas ter hoogte van de oprit Veldhoven-Zuid bij elkaar.

De verbindingsboog vanaf de A67 Z wordt ook in dit geval weer nagebootst met een snelheidsonderdrukking van 75% en de boog vooraf aan de invoeging Veldhoven-Zuid met een snelheidsonderdrukking van 50%.



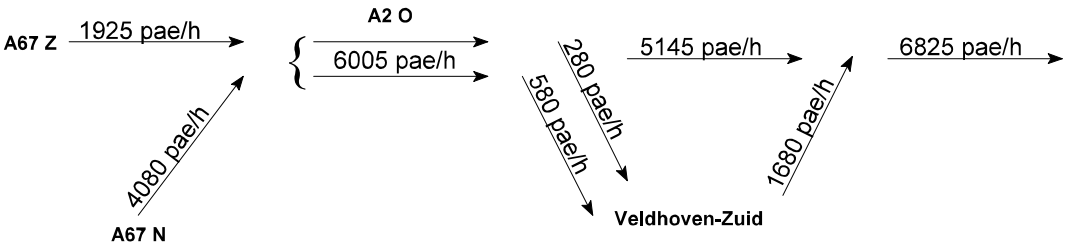
Figuur II.5 Alternatieve oplossing 3

2.2 Schematisering verkeersbelasting

Ten aanzien van de verkeersbelasting moet het Herkomst-Bestemmingspatroon (HB), het intensiteitenverloop en de voertuigtypedistributie opgegeven worden.

HB-patroon

De door Rijkswaterstaat Directie Noord-Brabant geprognosticeerde intensiteiten ('model VTE, variant 4x2 MMA', in pae's per uur) voor de spits van het jaar 2010 staan in figuur II.6. Voor de prognose geldt een percentage vrachtverkeer van 28% op de hoofdrijbaan en 10% op de oprit vanaf Veldhoven-Zuid. De gehanteerde pae-factor bedraagt 1,5. Tabel II.1 geeft het HB-patroon in percentages weer. Er wordt aangenomen, dat voor vrachtverkeer en personenverkeer dezelfde HB-matrix geldt.



Figuur II.6 Herkomst-bestemmingspatroon

Bij de simulaties wordt per herkomst het HB-patroon in procenten ingevoerd. De juiste verhouding tussen de intensiteiten op de verschillende rijbanen volgt uit het opgegeven intensiteitenverloop.

Tabel II.1 HB-patroon in procenten

Bestemming / **Herkomst**	*Veldhoven-Zuid*	*A2 O (Tilburg/Den Bosch)*
A67 N (Venlo/Maastricht)	86	14
A67 Z (Antwerpen)	85	15

Intensiteitenverloop en voertuigtypedistributie

Tijdens de simulatie genereert FOSIM vijf voertuigtypen: drie typen personenauto's en twee typen vrachtauto's. Hiervoor is een set parameters beschikbaar waarmee FOSIM is afgeregeld om de werkelijkheid goed te beschrijven (zie tabel II.2). Omdat het hier een autosnelweg met een maximum snelheid van 100 km/h betreft, is de parameter wenssnelheid hierop aangepast.

Tabel II.2 Kenmerken van de voertuigtypen in termen van calibratieparameters

		Personenauto's			Vrachtauto's	
Voertuigtype		I	II	III	IV	V
Wenssnelheid	[km/h]	110	105	100	95	85
Max. pos. sprong in acceleratie	[m/s^3]	1,0	0,6	0,6	0,5	0,4
Max. acceleratie	[m/s^2]	4,0	2,4	2,4	1,0	0,4
Max. volgdeceleratie	[m/s^2]	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
Max. strookwisseldeceleratie	[m/s^2]	-3,0	-2,4	-2,4	-2,0	-1,6
Max. deceleratie	[m/s^2]	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0
Voertuiglengte	[m]	4,5	4,0	4,0	8,0	14,0
Volgfactor z1	[m]	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Volgfactor z2	[s]	0,56	0,72	1,28	2,08	2,23
Volgfactor z3	[s^2/m]	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005

Volgens de prognose bedraagt het aandeel vrachtverkeer 28% op de hoofrijbaan. Dit percentage wordt in gelijke mate verdeeld over voertuigtype IV en V, de overige 72% over de typen I, II en III. Voor de invoeging geldt een verhouding vrachtverkeer - personenverkeer van 10% - 90%.

Het opgeven van de voertuigtypedistributie gebeurt per strook en is afhankelijk van de te genereren intensiteit. De maximaal haalbare intensiteit is vervolgens weer afhankelijk van de voertuigdistributie. Het komt er uiteindelijk op neer, dat de voertuigdistributie per strook verschilt afhankelijk van het aantal stroken per rijbaan. Tabel II.3 geeft voor de hier relevante situaties de gebruikte verdelingen van voertuigtypen. Hierbij is het vrachtverkeer telkens

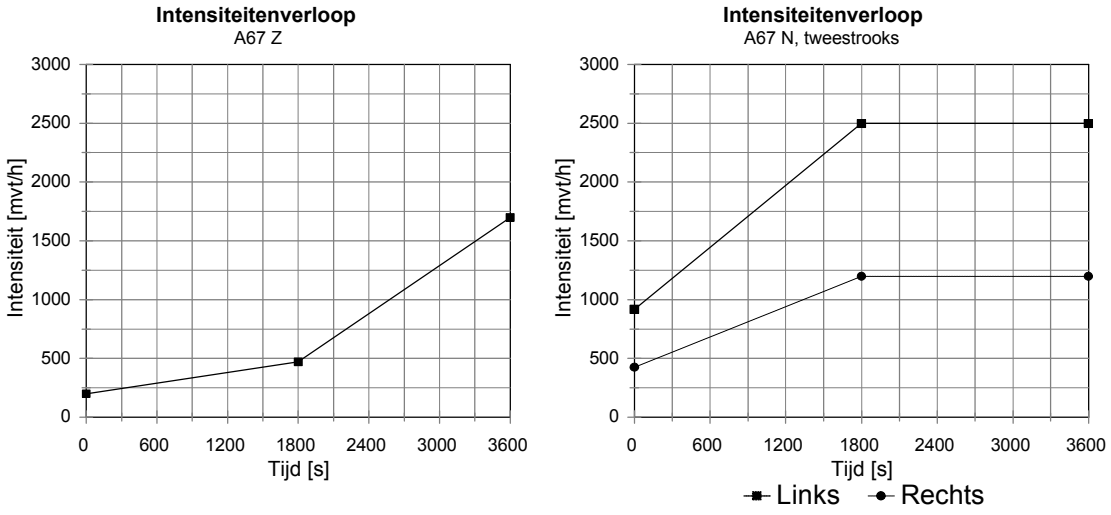
zoveel mogelijk rechts geplaatst.

De intensiteit neemt gedurende de simulatie toe van een lage waarde tot de maximale waarde. De verhouding tussen de intensiteiten van de verschillende stroken is hierbij telkens gelijk aan die bij de maximale intensiteit, zodat het aandeel vrachtverkeer altijd overeenkomt met de geprognosticeerde waarde.

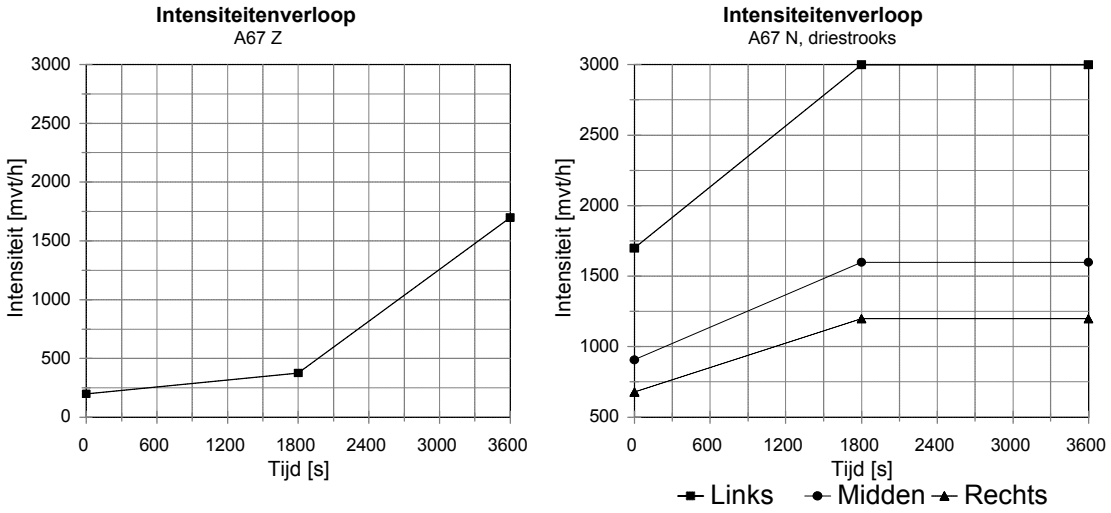
De verhouding tussen de intensiteiten op de verbindingsbogen vanaf de A67 N, de A67 Z en de oprit komt overeen met het geprognosticeerde HB-patroon. Na het bereiken van de maximale intensiteit vanaf de A67 N kan de intensiteit vanaf de A67 Z en de invoeging wel verder toenemen. Dan verandert echter de verhouding tussen de intensiteiten ten opzichte van het HB-patroon van de prognose. In figuur II.7, II.8 en II.9 zijn de gebruikte intensiteiten weergegeven.

Tabel II.3 Voertuigtypedistributie

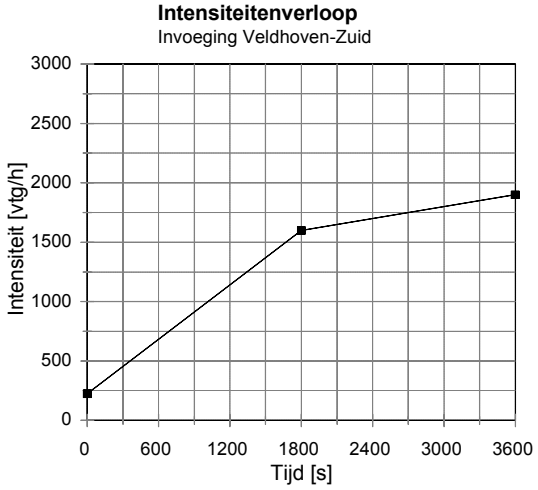
	Maximale intensiteit [mvt/h]	Personenauto's [%]			Vrachtauto's [%]	
		I	II	III	IV	V
Enkelstrooks rijbaan						
Rijbaan	1700	24	24	24	14	14
Tweestrooks rijbaan						
Linker strook	2500	35,5	35,5	29	0	0
Rechter strook	1200	0	0	14	43	43
Driestrooks rijbaan						
Linker strook	3000	46	46	8	0	0
Midden strook	1600	0	0	74	13	13
Rechter strook	1200	0	0	0	50	50
Oprit Veldhoven-Zuid						
Rijbaan	1900	30	30	30	5	5



Figuur II.7 Intensiteitenverloop simulatie bij een tweestrooks rijbaan vanaf de A67 N



Figuur II.8 Intensiteitenverloop simulatie bij een driestrooks rijbaan vanaf de A67 N

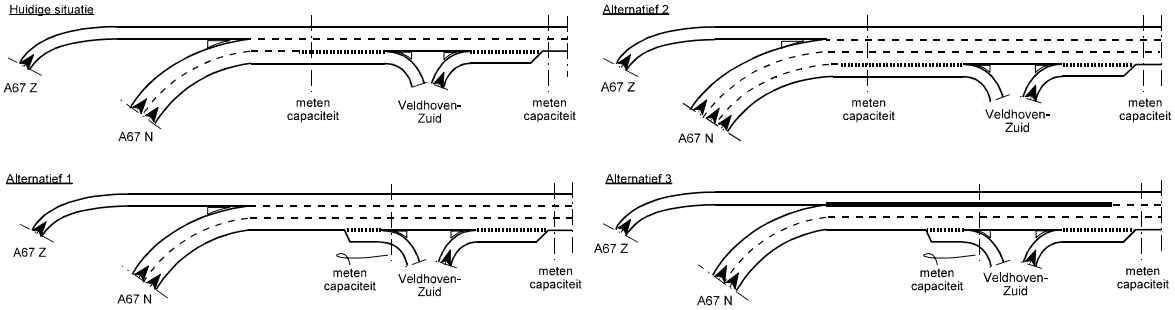


Figuur II.9 Intensiteitenverloop simulatie oprit vanaf Veldhoven-Zuid

2.3 Uitvoering van de simulaties

Het bepalen van de capaciteit geschiedt door de intensiteit te laten toenemen totdat congestie ontstaat. Na het ontstaan van congestie wordt bepaald in welke *vijf*-minutenperiode de grootste uitstroom plaatsvond.

De plaats van meten is hierbij even stroomafwaarts van de beschouwde bottleneck. Bij de te onderzoeken situaties kunnen verschillende elementen bepalend zijn voor de capaciteit, namelijk het weefvak, de uitvoeging en de invoeging. Bij de simulaties worden al deze mogelijkheden meegenomen. De gebruikte meetraaien voor het meten van de capaciteit zijn in figuur II.10 weergegeven.



Figuur II.10 Locaties meten capaciteit

Omdat FOSIM een stochastisch model is en de uitkomsten van een bepaalde toevalsfactor afhankelijk zijn, kan op basis van één simulatie-run kan geen uitspraak gedaan worden over het verkeersproces. Om het stochastische karakter van het model, en het verkeersproces zelf, te beschrijven, worden daarom honderd simulaties uitgevoerd per situatie. De resultaten van deze simulaties worden verwerkt tot een capaciteitsverdeling van de gevonden waarden, waaraan dan de afwikkelingskwaliteit te relateren is. De uitkomsten volgen in hoofdstuk 3.

3 Resultaten

Dit hoofdstuk geeft resultaten van de simulaties waarvan in het vorige hoofdstuk de invoer beschreven is. Paragraaf 3.1 beschrijft de verkeersafwikkeling van de onderzochte situaties op basis van de uitgevoerde simulaties. Bovendien worden de capaciteiten geschat. Deze worden in paragraaf 3.2 gebruikt om de afwikkelingskwaliteit (I/C-waarde) te bepalen.

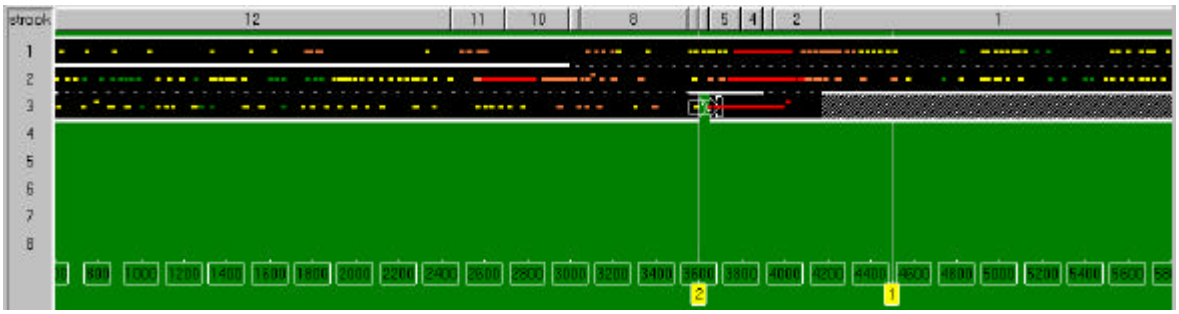
3.1 Verkeersproces en capaciteitswaarden

Bij de capaciteiten die in deze paragraaf gegeven worden, is het volgende van belang:

- Capaciteit is niet één vaste waarde, maar is te karakteriseren als een gemiddelde met een verdeling hier omheen. Bij het vergelijken van capaciteiten wordt met 'de capaciteit' de mediaan (50-percentiel waarde) van de verdeling bedoeld;
- De omstandigheden waarvoor met de simulaties capaciteiten zijn bepaald, zijn als 'ideaal' te beschouwen. Dat houdt in dat er geen neerslag is, er voldoende licht is en dat er geen beperkende omstandigheden als obstakels in de berm van de weg zijn.

Huidige situatie

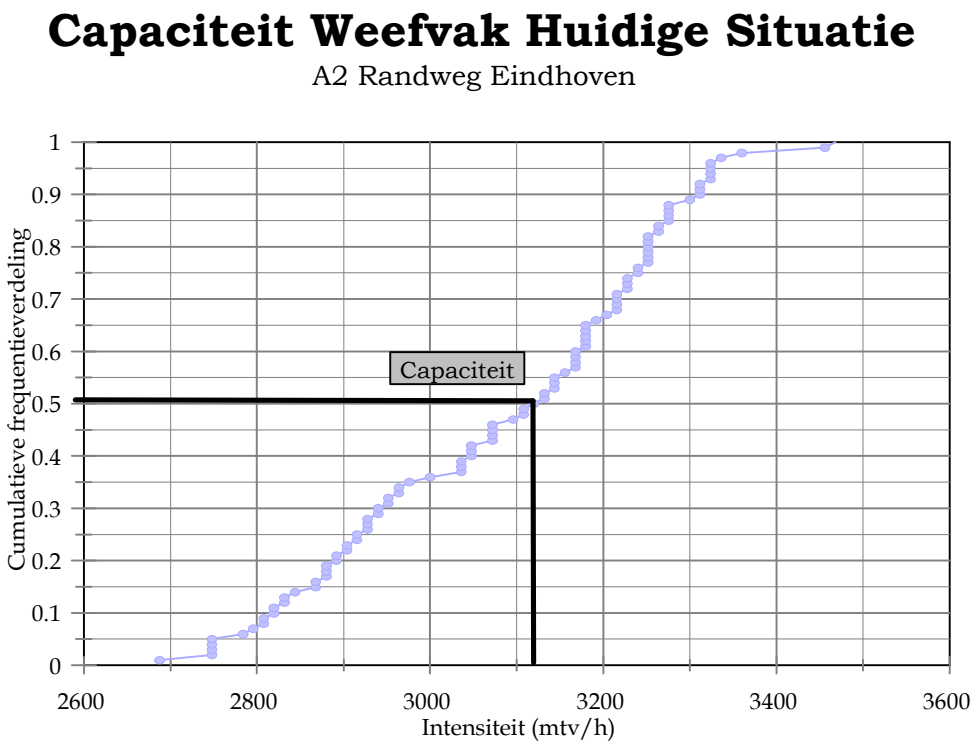
In de huidige situatie wordt zowel de capaciteit van het weefvak als van de invoeging bereikt (zie figuur II.11).



Figuur II.11 Ontstaan file huidige situatie

- *Het weefvak*
  Er ontstaat file op de rijbaan vanuit de richting Venlo/Maastricht (A67 N), net voor het begin van het weefvak. Dit komt, doordat het verkeer deels al voor het weefvak voorsorteert. Aangezien het overgrote deel de autosnelweg wil blijven volgen, neemt hierdoor de dichtheid op de linker strook van de tweestrooks rijbaan fors toe.

  Er blijkt een capaciteit van 3126 mvt/h, ofwel 3564 pae/h (28% vrachtverkeer met pae-waarde 1,5). De verdeling van de bij deze situatie behorende capaciteitswaarden staat in figuur II.12, enkele kenmerkende waarden staan in tabel II.4. De gevonden capaciteit hoort bij het opgegeven HB-patroon. Bij het bereiken van de capaciteit is er echter nog geen file voor het verkeer uit de richting Antwerpen. Hier kan de intensiteit dus nog verder toenemen. Dan verandert wel het HB-patroon ten opzichte van de prognose.



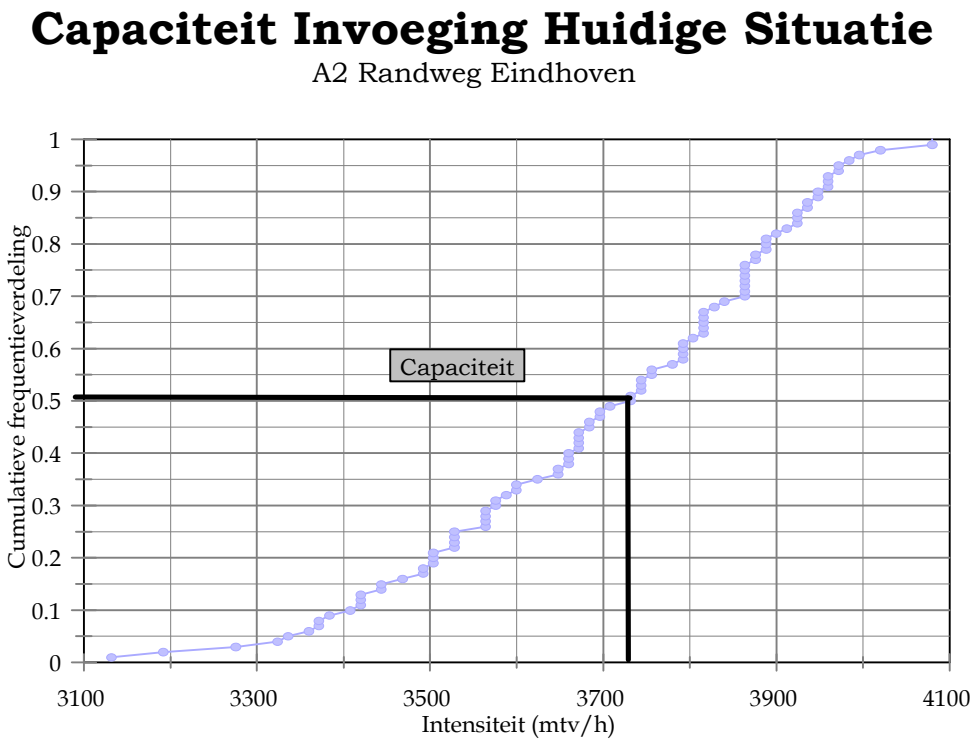
Figuur II.12 Capaciteit weefvak huidige situatie

De uitkomsten van de simulaties zijn uiteraard afhankelijk van de schematisatie van weg en verkeer. In dit geval speelt vooral de aanname ten aanzien van het voorsorteren vooraf aan het weefvak een belangrijke rol. Om de gevoeligheid van de capaciteit voor de aanname in te schatten is de mate waarin voorgesorteerd wordt, gevarieerd.

Dit is gedaan door de weglengte stroomopwaarts van het weefvak, waarvoor zogenaamd 'verplicht strookwisselen' gedefinieerd is, kleiner te maken. Zoals vooraf te verwachten was, blijkt de capaciteit hoger te zijn als het voorsorteren dichter bij het begin van het weefvak begint. De capaciteit zoals gemeten bij een schematisatie waarbij nauwelijks bestuurders voorsorteren, bedraagt 3660 mvt/h. Aangezien het in werkelijkheid te verwachten is, dat vooraf aan het weefvak wel veel bestuurders zich genoodzaakt zullen voelen om van strook te wisselen, is een dergelijke hoge waarde niet reëel. Het geeft slechts aan wat voor gevolgen de manier van schematiseren op de uitkomsten heeft. In het vervolg wordt voor de capaciteit dan ook de waarde van 3126 mvt/h aangehouden.

- *De invoeging*
  Nog net voor het ontstaan van file bij het weefvak stremt het verkeer bij de invoeging al. Hierbij speelt ook de beperkte snelheid van het vrachtverkeer op de oprit, door de krappe boog vooraf aan de invoeging, een rol. Door het bereiken van de capaciteit van het weefvak wordt de toestroom van verkeer wel beperkt, waardoor de file bij de invoeging nauwelijks in lengte toeneemt.

De capaciteit van de invoeging bedraagt 3732 mvt/h. Met een percentage vrachtverkeer van 20% (het percentage vrachtverkeer op de hoofdrijbaan en op de invoeging verschilt van elkaar) en een pae-waarde van 1,5 voor vrachtverkeer komt dit neer op 4105 pae/h. Figuur II.13 geeft de verdeling van de capaciteitswaarden, tabel II.4 geeft enige karakteristieke waarden.



Figuur II.13 Capaciteit invoeging huidige situatie

Tabel II.4 Capaciteit huidige situatie

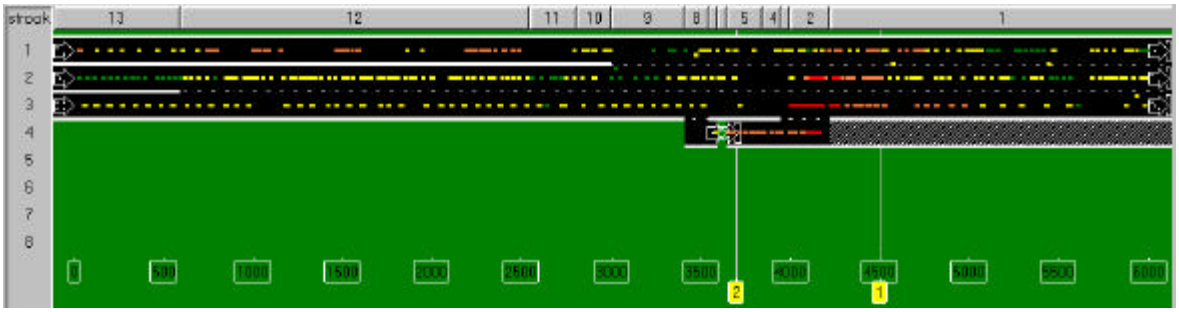
	Gemiddelde [mvt/h]	Standaard-afwijking [mvt/h]	**Mediaan** [mvt/h]	**Mediaan** [pae/h]
Weefvak	3084	186,0	**3126**	**3564**
Invoeging	3701	209,7	**3732**	**4105**

Alternatieve oplossing 1

Er gaat, volgens de prognose, een zo klein aandeel van het verkeer naar de afrit Veldhoven-Zuid, dat bij het toepassen van een hoofdrijbaan met een uitvoegstrook door deze configuratie geen file kan ontstaan. De capaciteit van de invoeging is dan bepalend voor het geheel (zie figuur II.14).

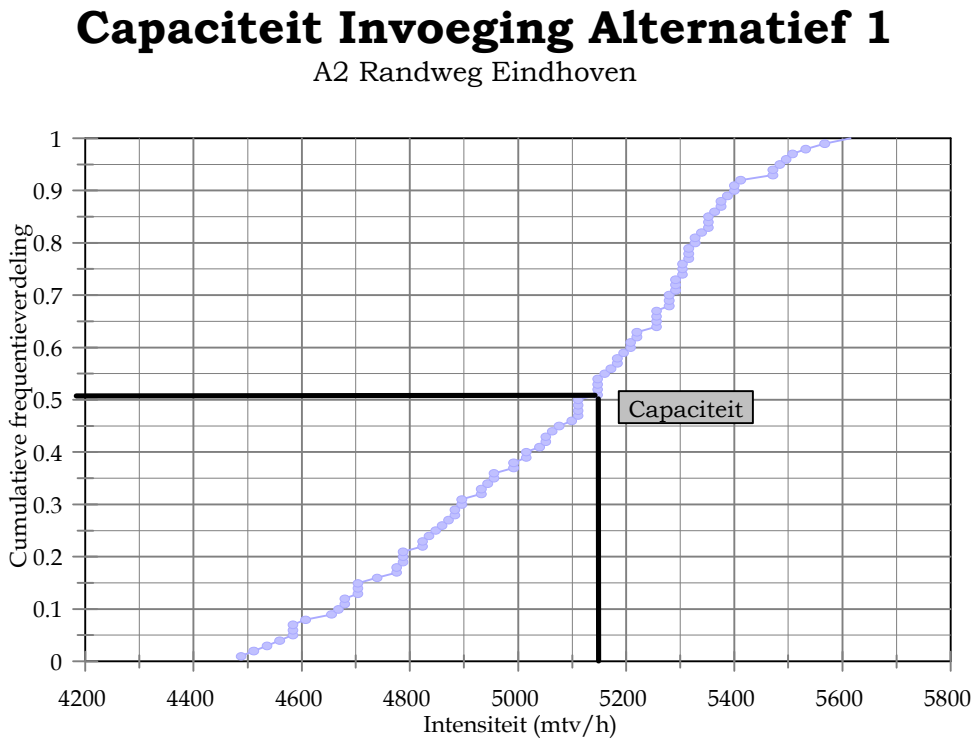
De capaciteit van de invoeging bedraagt 5130 mvt/h, ofwel 5643 pae/h (bij 20% vrachtverkeer en een pae-waarde voor vrachtauto's van 1,5). De frequentieverdeling van de

capaciteit staat in figuur II.14, enige kentallen staan in tabel II.5.



Figuur II.14 Ontstaan file alternatieve oplossing 1

De capaciteit *van de uitvoeging* kan alleen gehaald worden, als meer verkeer de afslag Veldhoven-Zuid wil gebruiken. Ter referentie is de capaciteit bepaald wanneer 25% van het verkeer naar Veldhoven-Zuid gaat. Dan wordt vlak voor de uitvoeging de dichtheid op de rechter strook zo groot, dat file ontstaat. De capaciteit van de uitvoeging bedraagt dan 5202 mvt/h, ofwel 5930 pae/h (28% vrachtverkeer, pae-waarde van 1,5). Enige samenvattende karakteristieken van deze capaciteit staan in tabel II.5.



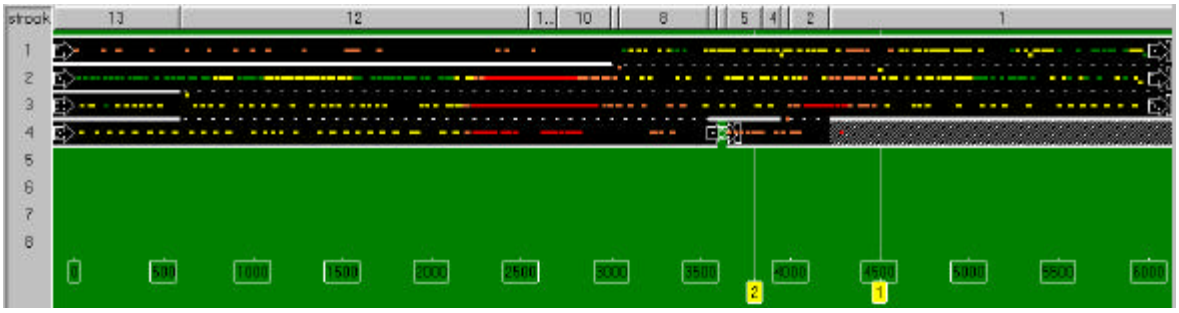
Figuur II.15 Capaciteit invoeging alternatieve oplossing 1

Tabel II.5 Capaciteit alternatieve oplossing 1

	Gemiddelde [mvt/h]	Standaard-afwijking [mvt/h]	**Mediaan** [mvt/h]	**Mediaan** [pae/h]
Invoeging	5079	283,0	**5130**	**5643**
Uitvoeging (aangepaste HB, ter referentie)	5166	317,5	**5202**	**5930**

Alternatieve oplossing 2

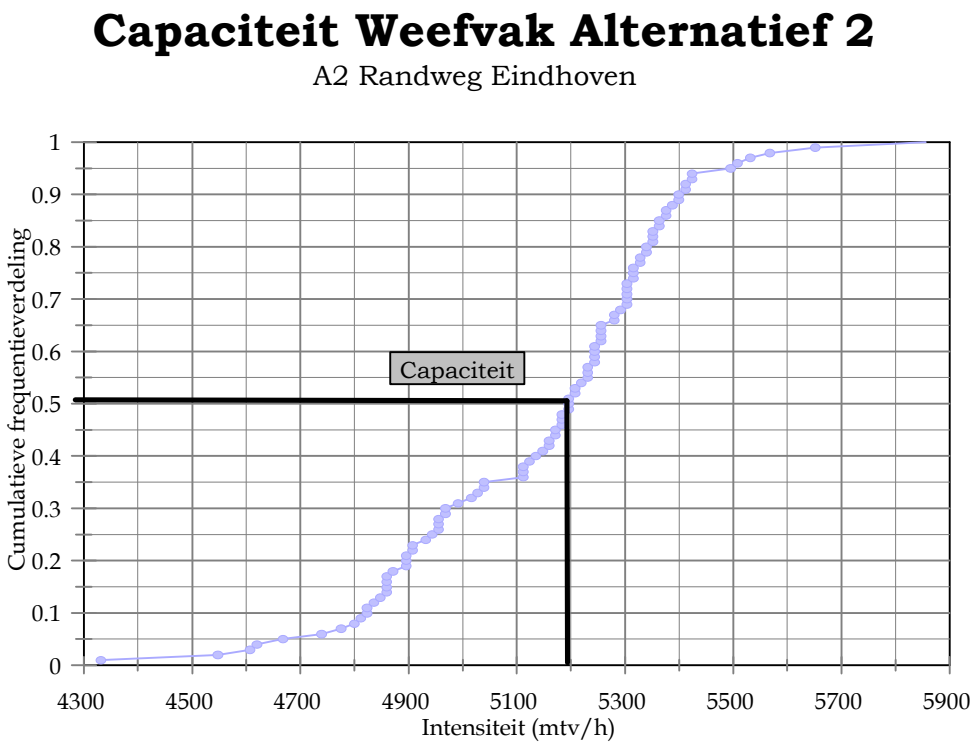
De verkeersafwikkeling lijkt bij dit alternatief sterk op de huidige situatie. Zowel de capaciteit van het weefvak en van de invoeging worden bereikt (zie figuur II.16).



Figuur II.16 Ontstaan file alternatieve oplossing 2

- *Het weefvak*
  File ontstaat kort voor het weefvak op de baan uit de richting Venlo/Maastricht (zie figuur II.17). Opnieuw is er nog geen file op de baan uit de richting Antwerpen, zodat daar de intensiteit verder kan toenemen.

  De capaciteit van het weefvak bedraagt 5196 mvt/h, ofwel 5923 pae/h (28% vrachtverkeer, pae-waarde van 1,5). Zie voor de verdeling van de capaciteitswaarden figuur II.17 en voor enkele karakteristieke waarden tabel II.6.

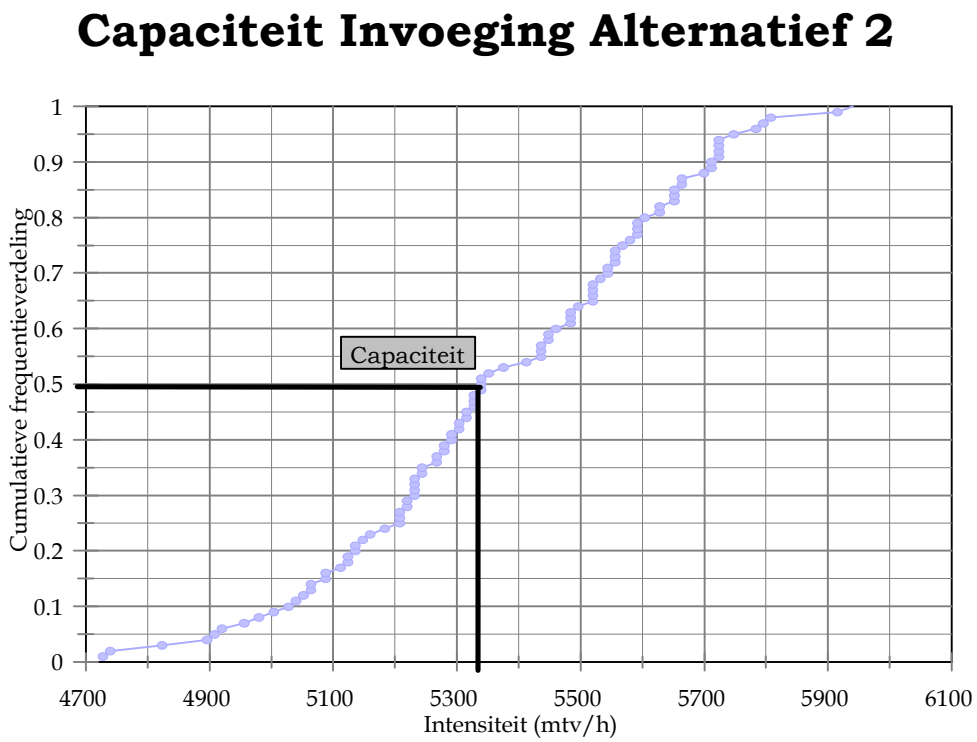


Figuur II.17 Capaciteit weefvak alternatieve oplossing 2

Evenals voor de huidige situatie is voor de hier gebruikte schematisatie een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd ten aanzien van het voorsorteren op de baan uit de richting Venlo/Maastricht. Indien zeer weinig bestuurders voorsorteren, blijkt opnieuw een hogere capaciteit, namelijk van 5496 mvt/h. Het is echter weer aannemelijk, dat wel een groot deel van de bestuurders voor het weefvak voorsorteert, zodat in het vervolg de capaciteit van 5196 mvt/h aangehouden wordt.

- *De invoeging*
  Ongeveer tegelijk met het ontstaan van file bij het weefvak stremt het verkeer bij de invoeging. Door het bereiken van de capaciteit van het weefvak wordt de toestroom van verkeer beperkt, waardoor de file bij de invoeging nauwelijks in lengte toeneemt.

  De capaciteit van de invoeging bedraagt 5340 mvt/h, ofwel 5874 pae/u (20 % vrachtverkeer met pae-waarde 1,5). In figuur II.18 staat de verdeling van de capaciteitswaarden, in tabel II.6 staan enige samenvattende waarden voor de capaciteit.



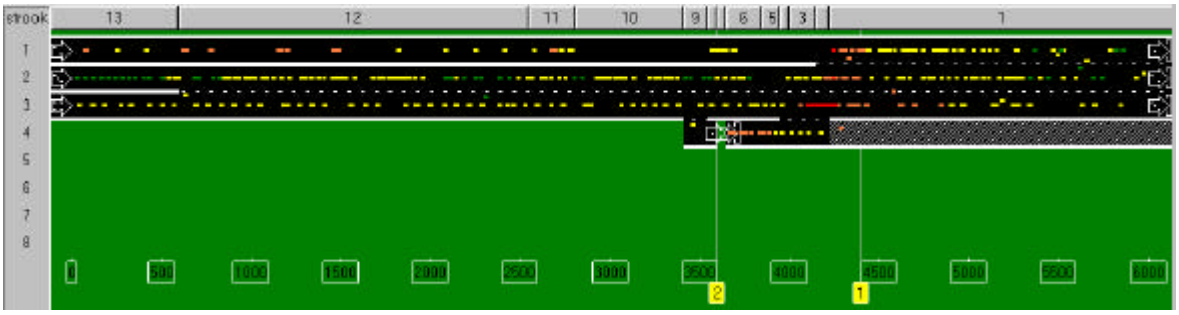
Figuur II.18 Capaciteit invoeging alternatieve oplossing 2

Tabel II.6 Capaciteit alternatieve oplossing 2

	Gemiddelde [mvt/h]	Standaard-afwijking [mvt/h]	**Mediaan** [mvt/h]	**Mediaan** [pae/h]
Weefvak	5143	255,9	**5196**	**5923**
Invoeging	5371	265,2	**5340**	**5874**

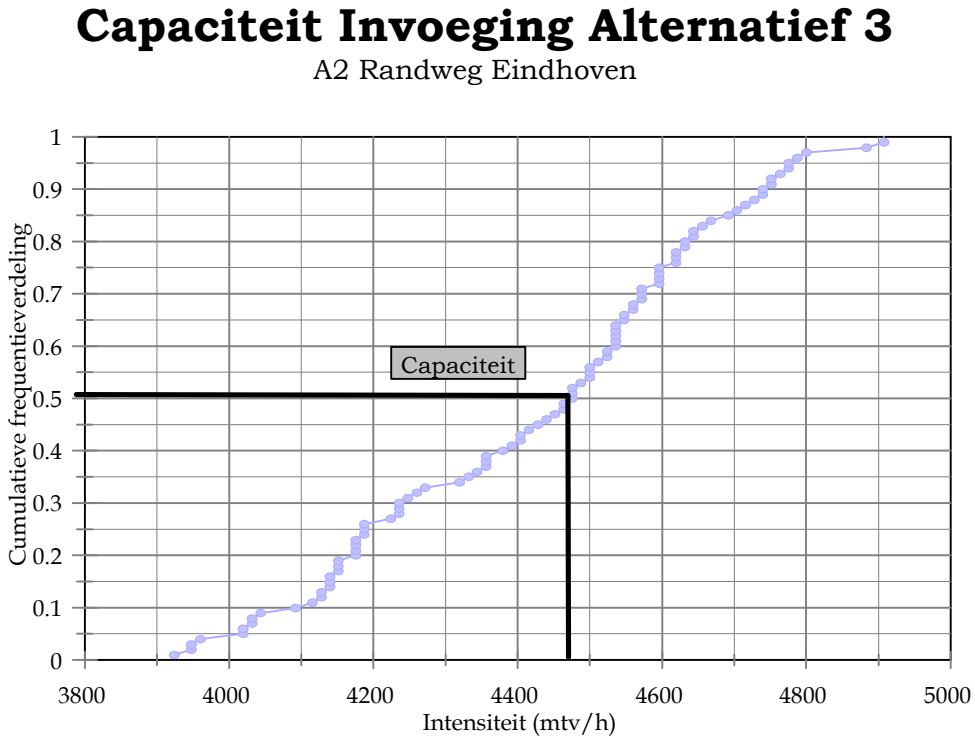
Alternatieve oplossing 3

Bij alternatief 3 wordt de capaciteit ter plaatse van de invoeging bereikt (zie figuur II.19). Er gaat te weinig verkeer naar de uitvoeging Veldhoven-Zuid om problemen te veroorzaken.



Figuur II.19 Ontstaan file alternatieve oplossing 3

De capaciteit van dit alternatief bedraagt 4476 mvt/h, ofwel 4924 pae/h (20% vrachtverkeer met een pae-waarde van 1,5). De frequentieverdeling staat in figuur II.20, enkele statistieken staan in tabel II.7. De capaciteit van dit alternatief is relatief laag, omdat het in feite gaat om een invoeging op een tweestrooks hoofdrijbaan, in plaats van een driestrooks hoofdrijbaan.



Figuur II.20 Capaciteit invoeging alternatieve oplossing 3

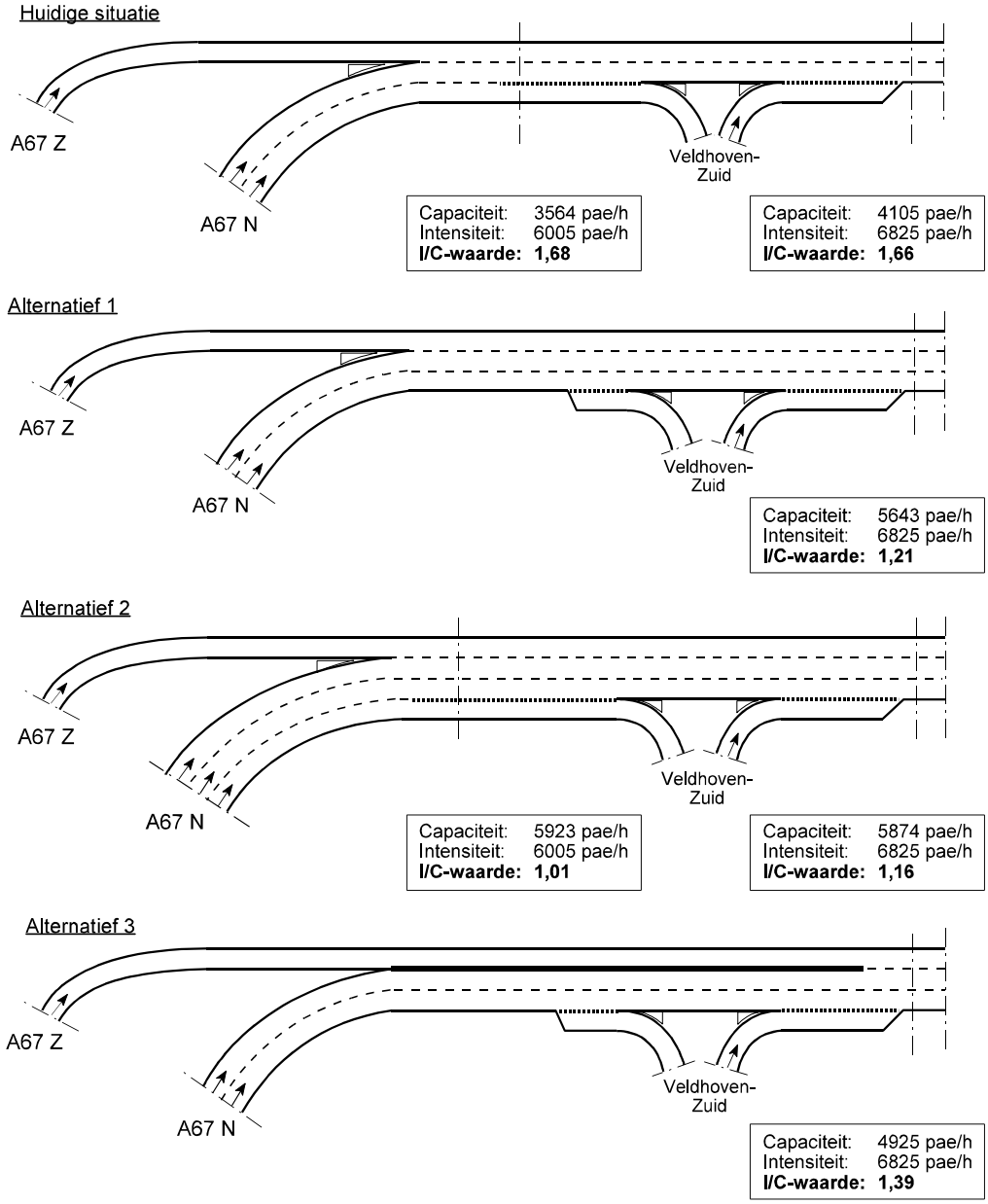
Tabel II.7 Capaciteit alternatieve oplossing 3

	Gemiddelde [mvt/h]	Standaard-afwijking [mvt/h]	**Mediaan** [mvt/h]	**Mediaan** [pae/h]
Invoeging	4427	247,6	**4476**	**4924**

3.2 Afwikkelingskwaliteit

Deze paragraaf behandelt de afwikkelingskwaliteit bij de verschillende onderscheiden wegvakken. De afwikkelingskwaliteit wordt bepaald aan de hand van de I/C-waarde, ofwel de verhouding tussen de (geprognosticeerde) intensiteit en de capaciteit.

De I/C-waarden staan in figuur II.21. Ze zijn bepaald met intensiteiten en capaciteiten in pae's per uur. In plaats hiervan hadden ook de waarden in voertuigen per uur gebruikt kunnen worden. Voor de I/C-waarden maakt dit echter niet uit, omdat de grootte van de pae-waarde niet van invloed is op de *verhouding* tussen de intensiteit en de capaciteit.



Figuur II.21 I/C-waarden

Voor alle gevallen blijkt de I/C-waarde groter dan één. Dit wil zeggen, dat de geprognosticeerde intensiteiten in geen van de gevallen filevrij verwerkt kunnen worden. Alternatief 2 (vierstrooks a-symmetrisch weefvak) heeft de laagste I/C-waarden, kort daarop gevolgd door alternatief 1 (driestrooks hoofdrijbaan met uitvoeging). Overigens is het weefvak wel behoorlijk kort om een vierstrooks weefvak toe te passen. Alternatief 3 komt op de derde plaats. Dit alternatief lijkt sterk op alternatief 1. Het enige verschil is, dat het bestuurders uit de richting Antwerpen onmogelijk maakt om de uitvoeging Veldhoven-Zuid te bereiken. Dit levert dus geen voordelen op ten aanzien van de capaciteit. De huidige situatie heeft de laagste afwikkelingskwaliteit van alle beschouwde wegvakken.

De geschatte capaciteiten zijn relatief laag. Voor de lage waarden zijn de volgende twee verklaringen van belang:

- Het HB-patroon is relatief ongunstig voor het toepassen van een a-symmetrisch weefvak. Een grote meerderheid van het verkeer blijft namelijk de doorgaande richting volgen;
- Voor het berekenen van de capaciteiten in pae's per uur is een pae-waarde van vrachtverkeer van 1,5 gebruikt. Dit is relatief laag. Vermijs (1998) vindt bij een simulatiestudie naar symmetrische weefvakken waarden van 2,5 à 3. De gevonden waarden verschillen vervolgens ook weer met het type weefvak. Voor het berekenen van de I/C-waarden maakt de gebruikte pae-waarde echter niet uit.

4 Conclusie

In dit rapport is een aantal geometrische ontwerpen van wegvakken tussen knooppunt De Hogt en de aansluiting Veldhoven-Zuid bestudeerd met het simulatiemodel FOSIM. Deze ontwerpen van Rijkswaterstaat Directie Noord-Brabant hebben tot doel de capaciteit van het autosnelwegennet rond Eindhoven uit te breiden met het oog op de toenemende verkeersvraag.

De beschouwde situaties zijn:

- De huidige situatie: Een driestrooks a-symmetrisch weefvak gevolgd door een invoeging;
- Alternatieve oplossing 1: Een samenvoeging leidend tot een driestrooks hoofdrijbaan met een uitvoeging en invoeging;
- Alternatieve oplossing 2: Een vierstrooks a-symmetrisch weefvak gevolgd door een invoeging;
- Alternatieve oplossing 3: Een tweestrooks hoofdrijbaan met een uitvoeging, gevolgd door tegelijk een invoeging en een samenvoeging, leidend tot een driestrooks hoofdrijbaan.

Uit de simulaties blijkt het volgende:

- Geen van de bestudeerde wegvakken kan de voor het jaar 2010 geprognosticeerde intensiteiten filevrij verwerken;
- De huidige situatie biedt de laagste afwikkelingskwaliteit;
- Alternatieve oplossing 2 biedt de beste afwikkelingskwaliteit;
- Alternatieve oplossing 1 biedt een iets slechtere afwikkelingskwaliteit dan alternatief 2, maar gebruikt hiervoor minder ‘asfalt’;
- Alternatieve oplossing 3 verschilt ten opzichte van alternatief 1 alleen ten aanzien van de plaats van de samenvoeging, maar vertoont een slechtere afwikkeling.

Bijlage Invoerbestanden Randweg Eindhoven

Huidige situatie:

```
* 1 * lengte, aantal stroken, nvoed en
nbest
  6000     3     4     3
* 2 * fysieke sekties
    12  4175  3950  3900  3800  3650  3600
3550  3050  3000  2700  2450   600
* 3 * strooktypen
 1 2 5
 1 0 2
 1 0 2
 1 2 3
 1 2 3
 1 2 9
 1 2 3
 1 0 2
 1 0 2
 3 1 2
 3 1 2
 3 1 2
 3 3 3
* 4 * verplicht strookwisselen
 1 1 4
 3 8 8
 1 1 4
 3 8 8
 1 1 1
 3 8 8
 1 1 1
 3 8 8
 1 1 1
 3 8 8
 1 1 1
 3 8 8
 1 1 1
 3 8 8
 1 1 3
 2 2 8
 1 1 3
 8 2 8
 1 1 3
 8 2 8
 1 1 1
 8 8 8
 1 1 1
 8 8 8
 1 1 1
 8 8 8
* 5 * snelheidsondersdrukking
 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  .50
 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
  .75 1.00 1.00
  .75 1.00 1.00
* 6 * strooksekties
     6  3951  3899  3051  2999  2701  2100
* 7 * gewenst strookwisselen
 1 1 1
 3 8 8
 1 1 4
 3 8 8
 1 1 1
 3 8 8
 1 1 1
 2 8 8
 1 1 1
 8 8 8
 1 1 3
 8 2 8
 1 1 1
 8 8 8
* 8 * meetraaien
     2  4500  3600
* 9 * globale voertuigkenmerken
  3  .3  .2  10.00 -10.00  5
* 10 * kenmerken per voertuigtype
   1.000    .600    .600    .500    .400
    .560    .720   1.280   2.080   2.230
   4.000   2.400   2.400   1.000    .400
   -.500   -.500   -.500   -.500   -.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
    .005    .005    .005    .005    .005
* 11 * randomseed, tijdstap en
simulatieduur
       457   .5  7200
* 12 * tijdstippen voor een voertuiglijst
     0
* 13 * tijdstippen voor meetgegevens
    12   600  1200  1800  2400  3000  3600
4200  4800  5400  6000  6600  7200
* 14 * intensiteitenverloop
     3     0  3600  7200
        225  1600  1900
     3     0  3600  7200
        200   472  1700
     3     0  3600  7200
        919  2500  2500
     3     0  3600  7200
        424  1200  1200
* 15 * voertuigtype-distributie
  30.00  30.00  30.00   5.00   5.00
  24.00  24.00  24.00  14.00  14.00
  35.50  35.50  29.00    .00    .00
    .00    .00  14.00  43.00  43.00
* 16 * herkomst-bestemmings-matrix
    .00 100.00    .00
    .00  85.00  15.00
    .00  86.00  14.00
    .00  86.00  14.00
* 17 * aantal verkeerslichten
    0
* 18 * koordinaat, kruisp.nr., sign.gr.nr.
en aktiviteit 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 * specifikatie uitvoer
verkeerslichten (regpar)
    0
```

Alternatieve oplossing 1:

```
* 1 * lengte, aantal stroken, nvoed en
nbest
  6000     4     4     4
* 2 * fysieke sekties
    12  4225  4000  3950  3850  3650  3600
3550  3410  3000  2810  2550   600
* 3 * strooktypen
 1 0 2 5
 1 0 0 2
 1 0 0 2
 1 0 2 3
 1 0 2 3
 1 0 2 9
 1 0 2 3
 1 0 0 2
 1 0 2 9
 3 1 2 9
 3 1 2 9
 3 1 2 9
 3 3 3 9
* 4 * verplicht strookwisselen
 1 1 1 5
 4 8 8 8
 1 1 1 5
 4 4 4 8
 1 1 1 1
 4 4 8 8
 1 1 1 1
 8 4 8 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
 1 1 1 4
 3 3 3 8
 1 1 1 1
 3 3 8 8
 1 1 1 1
 8 3 8 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
* 5 * snelheidsondersdrukking
 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  .50
 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 1.00 1.00 1.00
  .75 1.00 1.00 1.00
  .75 1.00 1.00 1.00
* 6 * strooksekties
     4  4001  3949  2811  2210
* 7 * gewenst strookwisselen
 1 1 1 1
 4 8 8 8
 1 1 1 5
 4 4 8 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
 1 1 1 1
 8 3 8 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
* 8 * meetraaien
     2  4500  3700
* 9 * globale voertuigkenmerken
  3  .3  .2  10.00 -10.00  5
* 10 * kenmerken per voertuigtype
   1.000    .600    .600    .500    .400
    .560    .720   1.280   2.080   2.230
   4.000   2.400   2.400   1.000    .400
   -.500   -.500   -.500   -.500   -.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
    .005    .005    .005    .005    .005
* 11 * randomseed, tijdstap en
simulatieduur
     10457   .5  7200
* 12 * tijdstippen voor een voertuiglijst
    12   300   600   900  1200  1500  1800
2100  2400  2700  3000  3300  3600
* 13 * tijdstippen voor meetgegevens
    12   600  1200  1800  2400  3000  3600
4200  4800  5400  6000  6600  7200
* 14 * intensiteitenverloop
     3     0  3600  7200
        225  1600  1900
     3     0  3600  7200
        200   472  1700
     3     0  3600  7200
        919  2500  2500
     3     0  3600  7200
        424  1200  1200
* 15 * voertuigtype-distributie
  30.00  30.00  30.00   5.00   5.00
  24.00  24.00  24.00  14.00  14.00
  35.50  35.50  29.00    .00    .00
    .00    .00  14.00  43.00  43.00
* 16 * herkomst-bestemmings-matrix
    .00    .00 100.00    .00
    .00    .00  85.00  15.00
    .00    .00  86.00  14.00
```

```
    .00    .00  86.00  14.00
* 17 * aantal verkeerslichten
    0
* 18 * koordinaat, kruisp.nr., sign.gr.nr.
en aktiviteit 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 * specifikatie uitvoer
verkeerslichten (regpar)
    0
```

Alternatieve oplossing 2:

```
* 1 * lengte, aantal stroken, nvoed en
nbest
  6000     4     5     4
* 2 * fysieke sekties
    12  4225  4000  3950  3850  3650  3600
3550  3050  3000  2700  2550   600
* 3 * strooktypen
 1 0 2 5
 1 0 0 2
 1 0 0 2
 1 0 2 3
 1 0 2 3
 1 0 2 9
 1 0 2 3
 1 0 0 2
 1 0 0 2
 3 1 0 2
 3 1 0 2
 3 1 0 2
 3 3 3 3
* 4 * verplicht strookwisselen
 1 1 1 5
 4 8 8 8
 1 1 1 5
 8 8 8 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
 1 1 1 4
 3 3 3 8
 1 1 1 4
 8 3 3 8
 1 1 1 4
 8 3 3 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
* 5 * snelheidsondersdrukking
 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  .50
 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 1.00 1.00 1.00
  .50 1.00 1.00 1.00
  .50 1.00 1.00 1.00
* 6 * strooksekties
     6  4001  3949  3051  2999  2701  2100
* 7 * gewenst strookwisselen
 1 1 1 1
 4 8 8 8
 1 1 1 5
 8 8 8 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
 1 1 1 1
 3 8 8 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
 1 1 1 4
 8 3 3 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
* 8 * meetraaien
     2  4500  3800
* 9 * globale voertuigkenmerken
  3  .3  .2  10.00 -10.00  5
* 10 * kenmerken per voertuigtype
   1.000    .600    .600    .500    .400
    .560    .720   1.280   2.080   2.230
   4.000   2.400   2.400   1.000    .400
   -.500   -.500   -.500   -.500   -.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
    .005    .005    .005    .005    .005
* 11 * randomseed, tijdstap en
simulatieduur
     11933   .5 10800
* 12 * tijdstippen voor een voertuiglijst
    12   300   600   900  1200  1500  1800
2100  2400  2700  3000  3300  3600
* 13 * tijdstippen voor meetgegevens
    18   600  1200  1800  2400  3000  3600
4200  4800  5400  6000  6600  7200  7800
8400  9000  9600 10200 10800
* 14 * intensiteitenverloop
     3     0  3600 10800
        225  1600  1900
     3     0  3600 10800
        200   377  1700
     3     0  3600 10800
       1700  3000  3000
     3     0  3600 10800
```

```
        908  1600  1600
     3     0  3600 10800
        680  1200  1200
* 15 * voertuigtype-distributie
  30.00  30.00  30.00   5.00   5.00
  24.00  24.00  24.00  14.00  14.00
  46.00  46.00   8.00    .00    .00
    .00    .00  74.00  13.00  13.00
    .00    .00    .00  50.00  50.00
* 16 * herkomst-bestemmings-matrix
    .00    .00 100.00    .00
    .00    .00  85.00  15.00
    .00    .00  86.00  14.00
    .00    .00  86.00  14.00
    .00    .00  86.00  14.00
* 17 * aantal verkeerslichten
    0
* 18 * koordinaat, kruisp.nr., sign.gr.nr.
en aktiviteit 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 * specifikatie uitvoer
verkeerslichten (regpar)
    0
```

Alternatieve oplossing 3:

```
* 1 * lengte, aantal stroken, nvoed en
nbest
  6000     4     4     4
* 2 * fysieke sekties
    12  4225  4150  4000  3950  3850  3650
3600  3550  3410  2810  2550   600
* 3 * strooktypen
 1 0 2 5
 1 0 0 2
 3 1 0 2
 3 1 0 2
 3 1 2 3
 3 1 2 3
 3 1 2 9
 3 1 2 3
 3 1 0 2
 3 1 2 9
 3 1 2 9
 3 1 2 9
 3 3 3 9
* 4 * verplicht strookwisselen
 1 1 1 5
 4 8 8 8
 1 1 1 5
 8 8 8 8
 1 1 1 5
 8 8 8 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
 1 1 1 4
 8 3 3 8
 1 1 1 1
 8 3 8 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
* 5 * snelheidsondersdrukking
 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 1.00 1.00  .50
 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
  .75 1.00 1.00 1.00
  .75 1.00 1.00 1.00
* 6 * strooksekties
     4  4001  3949  2811  2210
* 7 * gewenst strookwisselen
 1 1 1 1
 4 8 8 8
 1 1 1 5
 8 8 8 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
 1 1 1 1
 8 3 8 8
 1 1 1 1
 8 8 8 8
* 8 * meetraaien
     2  4400  3600
* 9 * globale voertuigkenmerken
  3  .3  .2  10.00 -10.00  5
* 10 * kenmerken per voertuigtype
   1.000    .600    .600    .500    .400
    .560    .720   1.280   2.080   2.230
   4.000   2.400   2.400   1.000    .400
   -.500   -.500   -.500   -.500   -.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
    .005    .005    .005    .005    .005
* 11 * randomseed, tijdstap en
simulatieduur
       333   .5  7200
* 12 * tijdstippen voor een voertuiglijst
    24   300   600   900  1200  1500  1800
2100  2400  2700  3000  3300  3600  3900
4200  4500  4800  5100  5400  5700  6000
6300  6600  6900  7200
```

```
* 13 * tijdstippen voor meetgegevens
    24   300   600   900  1200  1500  1800
2100  2400  2700  3000  3300  3600  3900
4200  4500  4800  5100  5400  5700  6000
6300  6600  6900  7200
* 14 * intensiteitenverloop
     3     0  3600  7200
        225  1600  1900
     3     0  3600  7200
        200   472  1700
     3     0  3600  7200
        919  2500  2500
     3     0  3600  7200
        424  1200  1200
* 15 * voertuigtype-distributie
  30.00  30.00  30.00   5.00   5.00
  24.00  24.00  24.00  14.00  14.00
  35.50  35.50  29.00    .00    .00
    .00    .00  14.00  43.00  43.00
* 16 * herkomst-bestemmings-matrix
    .00    .00 100.00    .00
    .00    .00  85.00  15.00
    .00    .00  86.00  14.00
    .00    .00  86.00  14.00
* 17 * aantal verkeerslichten
    0
* 18 * koordinaat, kruisp.nr., sign.gr.nr.
en aktiviteit 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 * specifikatie uitvoer
verkeerslichten (regpar)
    0
```

Deel III: Afwikkelingskwaliteit knooppunt Hintham

Het bepalen van de capaciteiten van twee weefvakvarianten nabij het knooppunt Hintham in 's-Hertogenbosch met behulp van FOSIM

Delft, augustus 1999

ir. A.M. de Leeuw

In opdracht van Rijkswaterstaat, Directie Noord-Brabant

Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Directie Noord-Brabant

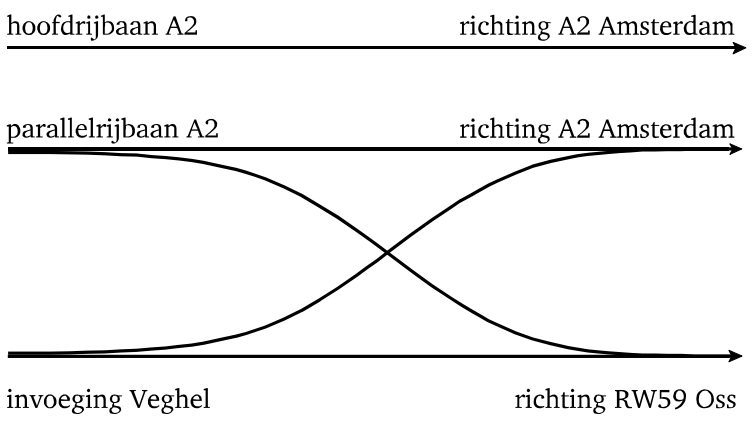
Technische Universiteit Delft
Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen
Laboratorium voor Verkeerskunde

1 Inleiding

Bij de Directie Noord-Brabant van Rijkswaterstaat is een uitbreiding van rijksweg 2 nabij 's-Hertogenbosch in voorbereiding. Een deel van de A2 (Amsterdam - Maastricht) fungeert als rondweg van 's-Hertogenbosch. Er zal een splitsing gerealiseerd worden van het doorgaande en het regionale verkeer door toepassing van een hoofdrijbaan en een parallelrijbaan. Dit heeft onder andere gevolgen voor de verkeerssituatie rond knooppunt Hintham. Bij knooppunt Hintham sluit rijksweg 59 richting Oss aan op de rondweg van 's-Hertogenbosch.

Ter hoogte van knooppunt Hintham sluit de hoofdrijbaan van de A2 niet direct aan op RW59 in de richting Oss. Het verkeer vanaf de A2 in de richting van RW59, dient dan ook gebruik te maken van de parallelrijbaan van de A2. De verkeerssituatie van een deel van de oostelijke parallelrijbaan, dus het verkeer in noordelijke richting, is onderwerp van deze studie.

Het verkeer vanuit het zuiden met bestemming Oss dient vlak voor het knooppunt Hintham uit te voegen vanaf de parallelrijbaan. Op deze plaats is tevens de invoeging Veghel aanwezig, waarvandaan het verkeer zowel de A2 als RW59 moet kunnen kiezen. De genoemde verkeersstromen moeten elkaar op een bepaalde manier kruisen, zie figuur III.1.

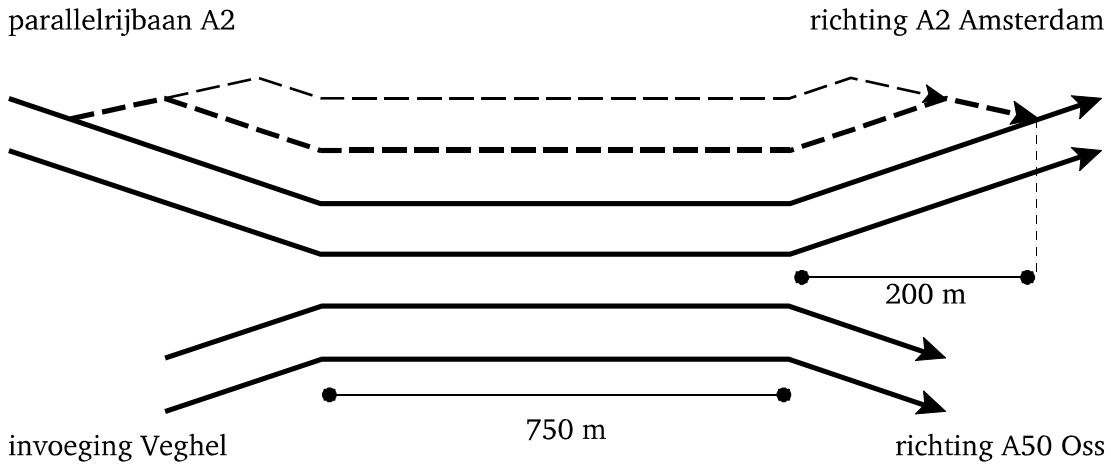


Figuur III.1 Principe verkeersstromen

De vraag is of in deze situatie een weefvak voldoende capaciteit biedt om het verkeer congestievrij af te wikkelen. Als dit niet het geval is, moeten de genoemde verkeersstromen elkaar ongelijkvloers kruisen. Deze zgn. breiwerk-oplossing is echter aanzienlijk duurder dan een weefvak.

Deze studie is bedoeld om te beoordelen of een weefvak voldoende capaciteit biedt. Bij deze capaciteitsbepaling ligt het exacte aantal rijstroken van het weefvak nog niet vast. Wel ligt het aantal in- en uitgaande rijstroken vast. Elke herkomst en elke bestemming beschikt namelijk over twee rijstroken. Het ligt voor de hand om een 2+2 weefvak toe te passen. Een manier om vervolgens de capaciteit van dit weefvak te vergroten is het toevoegen van één of twee extra rijstroken aan de linkerzijde van de parallelrijbaan. Figuur III.2 geeft dit schematisch weer.

Het weefvak heeft een lengte van 750 m. De extra rijstroken aan de linkerzijde van de parallelrijbaan moeten 200 m stroomafwaarts van het weefvak beëindigd zijn, in verband met de daar geplande fly-over voor het verkeer vanaf de westelijke parallelrijbaan van de A2 in de richting RW59.



Figuur III.2 Strokenschema

Voor algemene gevallen geeft het door Rijkswaterstaat uitgegeven handboek 'Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen'[1] (verder CIA-handboek genoemd) capaciteitswaarden voor een dergelijk weefvak. In dit geval kan er niet zondermeer gebruik gemaakt worden van dit handboek. De redenen hiervoor zijn enerzijds dat de extra rijstroken aan de linkerzijde van de parallelrijbaan op slechts 200 m vanaf het weefvak beëindigd moeten worden en anderzijds dat de geprognosticeerde intensiteit vanaf de parallelrijbaan (2300 mvt/h) duidelijk verschilt van de intensiteit vanaf de invoeging Veghel (1320 mvt/h). In het genoemde handboek wordt wél van een evenwichtige verkeersbelasting uitgegaan.

Omdat het CIA-handboek niet gebruikt kan worden bij het bepalen van de capaciteit van het weefvak, heeft de Directie Noord-Brabant van Rijkswaterstaat het Laboratorium voor Verkeerskunde van de TU Delft opdracht gegeven om de capaciteit en de daaraan gekoppelde afwikkelingskwaliteit te bepalen van twee varianten, namelijk een 2+2 weefvak en een 3+2 weefvak. Voor dit doel is gebruik gemaakt van het microsimulatiemodel FOSIM.

1.1 Probleemstelling

Met behulp van het handboek 'Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen' is niet met zekerheid vast te stellen of een weefvak qua capaciteit en afwikkelingskwaliteit in de hiervoor genoemde verkeerssituatie zal voldoen.

1.2 Doelstelling

Het bepalen van de capaciteit en daaruit afgeleid de afwikkelingskwaliteit (I/C-verhouding) van twee weefvakvarianten op de toekomstige oostelijke parallelrijbaan van de A2 tussen de aansluiting Veghel en het knooppunt Hintham in 's-Hertogenbosch met behulp van het microsimulatiemodel FOSIM.

[1] 'CAPACITEITSWAARDEN INFRASTRUCTUUR AUTOSNELWEGEN - HANDBOEK', Rotterdam: RWS Adviesdienst Verkeer en Vervoer, april 1999.

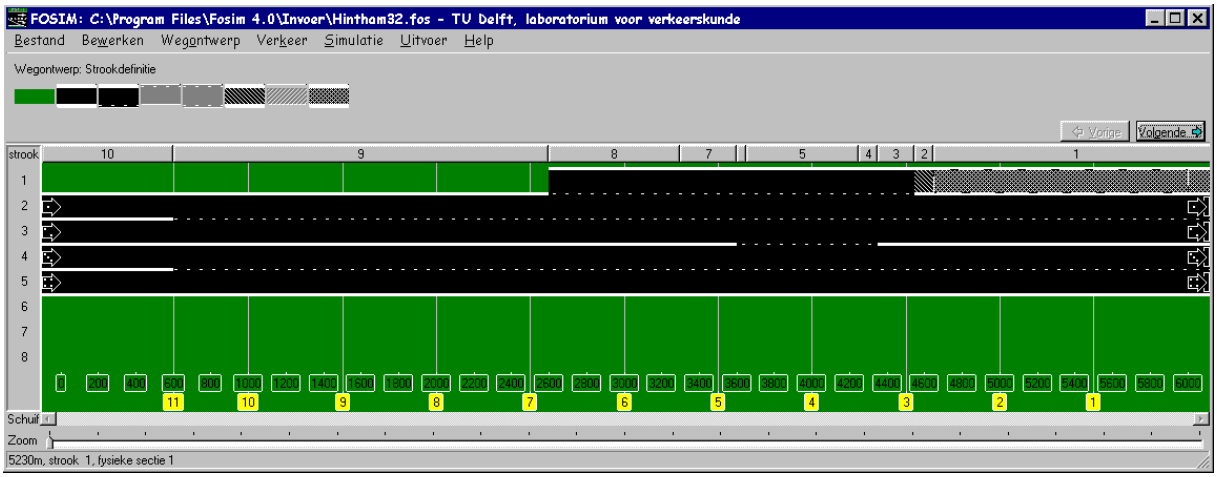
2 Simulatieopzet

Het microsimulatiemodel FOSIM beschrijft op voertuigniveau het gedrag van individuele voertuigen. De invoer bestaat uit een schematische weergave van het wegvak en de kenmerken van de verkeersstroom. Dit hoofdstuk behandelt achtereenvolgens de genoemde onderwerpen: de wegvakconfiguratie en de verkeerssamenstelling. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een paragraaf over de uitvoering van de simulatie.

Omdat de twee weefvakvarianten sterk overeenkomen, beschrijft dit hoofdstuk uitsluitend de opbouw van het 3+2 weefvak. De 2+2 variant is vervolgens verkregen door de linkerstrook van de parallelrijbaan te verwijderen. De verkeerssamenstellingen van de twee varianten komen volledig overeen.

2.1 Wegvakconfiguratie

Het wegvak waarvan de capaciteit bepaald moet worden, wordt schematisch ingevoerd. In deze paragraaf worden de belangrijkste keuzes genoemd die bij het schematiseren gemaakt zijn. Figuur III.3 toont de gebruikte schematisering. De gebruikte invoerbestanden zijn opgenomen in de bijlage.



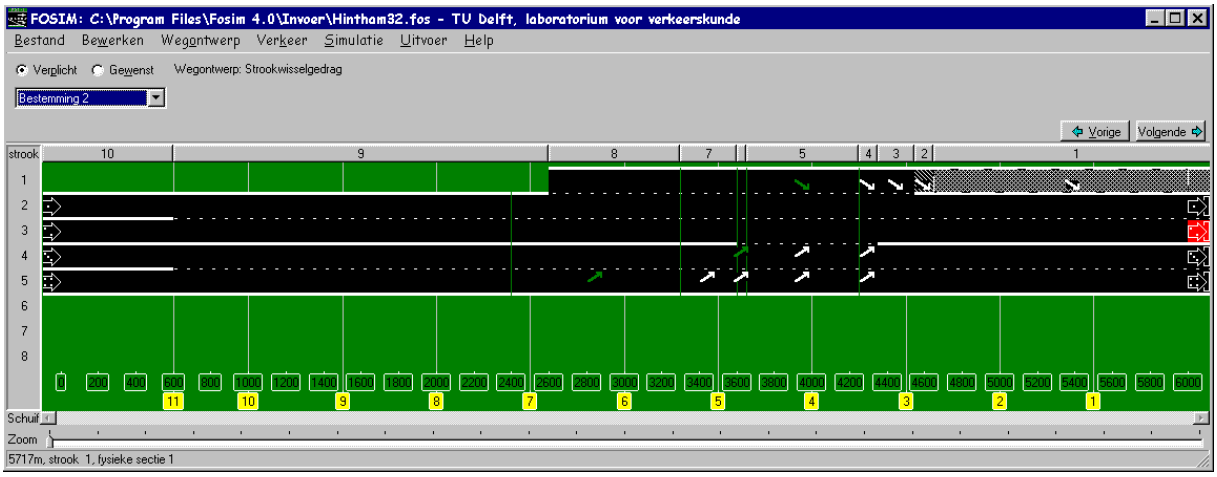
Figuur III.3 Toegepaste wegvakschematisering

In verband met modeltechnische redenen moet niet alleen het eigenlijke weefvak ingevoerd worden, maar ook een inleidend wegvak. Het meest stroomopwaartse weggedeelte in de modellering representeert dus niet de werkelijkheid, maar dit gedeelte is noodzakelijk voor een goede voertuigverdeling over de rijstroken. Het wegvak begint met 4 enkele rijstroken van 600 meter lengte. De herkomsten 1 en 2 (op de stroken 2 en 3) stellen de parallelrijbaan van de A2 voor in de richting Amsterdam, terwijl de herkomsten 3 en 4 de invoeging Veghel voorstellen. Na de enkelstrooks wegvakken volgt het genoemde inleidend wegvak van 2 km. Eén kilometer stroomopwaarts van het weefvak ontstaat aan de linkerzijde van de parallelrijbaan een extra rijstrook. Hierna volgt het eigenlijke weefvak van 3+2 rijstroken met een lengte van 750 meter. Op 200 meter afstand van het weefvak wordt de extra rijstrook van de parallelrijbaan weer afgestreept. De lengte van de extra rijstrook wordt hiermee gelijk aan 1950 m.

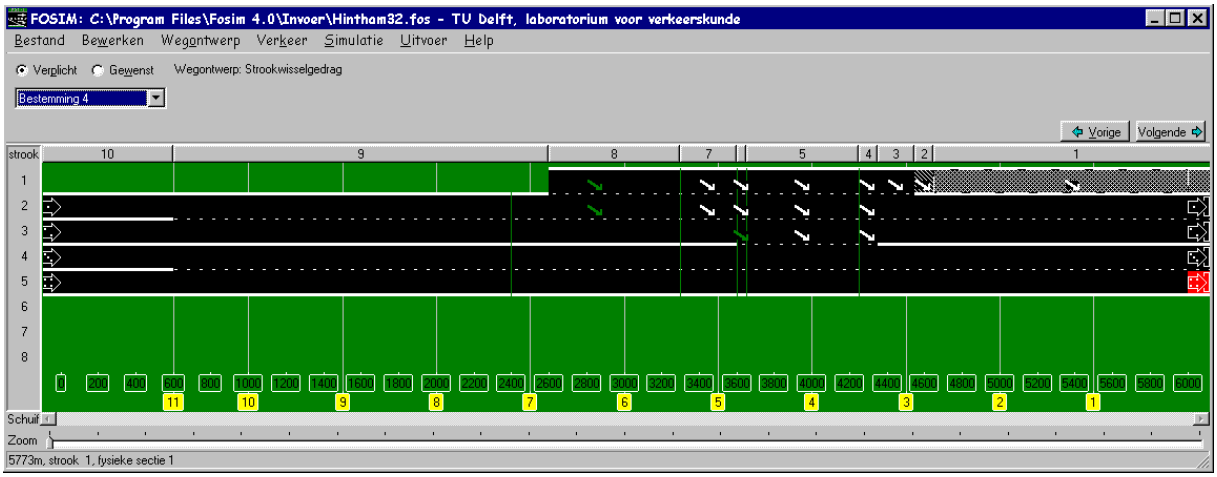
Belangrijk bij het schematiseren is de definitie van het strookwisselgedrag. In FOSIM moet het

zogenaamd gewenst en verplicht strookwisselgedrag opgegeven worden. Voor het weefvak zijn dezelfde instellingen gehanteerd als bij de simulatiestudies voor het CIA-handboek. Voor de afstreping van de parallelrijbaan van 3 naar 2 rijstroken zijn de volgende instellingen gehanteerd: 600 m gewenst strookwisselen, gevolgd door 300 m verplicht strookwisselen.

De figuren III.4 en III.5 geven het gewenst en verplicht strookwisselen weer van resp. de richting A2 naar Amsterdam en RW59 naar Oss. De lichte pijlen stellen het verplicht strookwisselen voor, terwijl de donkere pijlen het gewenst strookwisselen weergeven.



Figuur III.4 Gewenst en verplicht strookwisselen in de richting A2 naar Amsterdam

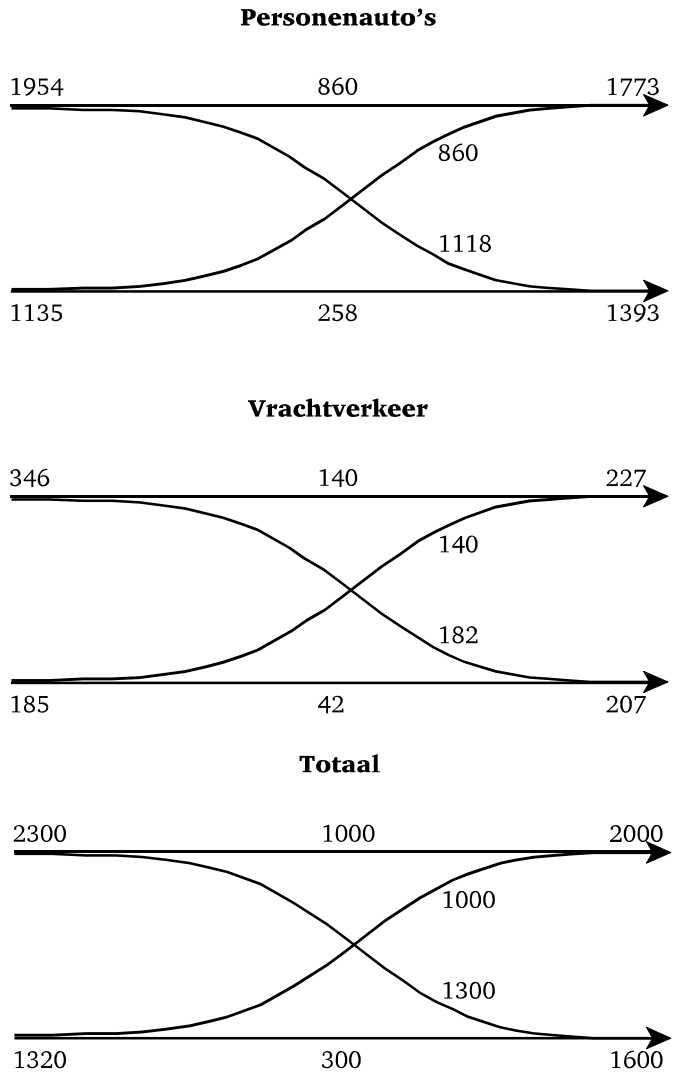


Figuur III.5 Gewenst en verplicht strookwisselen in de richting RW59 naar Oss

2.2 Verkeerssamenstelling

2.2.1 Prognosecijfers

De prognosecijfers voor het weefvak zijn geleverd door de Directie Noord-Brabant in motorvoertuigen per uur voor het spitsuur en gesplitst naar personenauto's en vrachtverkeer. De voor het weefvak relevante cijfers zijn opgenomen in figuur III.6.

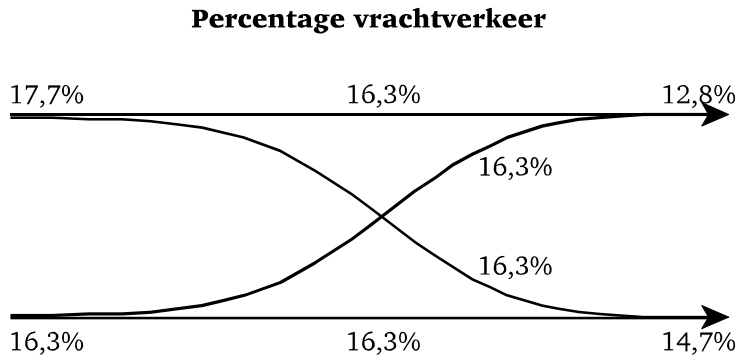


Figuur III.6 Prognosecijfers in mvt/h

Deze prognosecijfers zijn niet volledig consistent. Bij het oplossen van de inconsistenties is uitgegaan van een 'worst-case' benadering:

1. Het eerste punt geldt de totale intensiteit vanaf de invoeging Veghel. Voor de invoeging geldt een intensiteit van 1320 mvt/h, terwijl volgens de intensiteiten op het weefvak deze waarde gelijk moet zijn aan 1000 + 300 = 1300 mvt/h. Omdat de intensiteit vanaf de invoeging Veghel niet voor congestie zorgt, is tijdens de simulatie uitgegaan van een intensiteit van 1300 mvt/h. Een keuze van 1320 mvt/h zal namelijk een hogere capaciteit opleveren en dus een optimistischer beeld geven. Bij de beschouwing van de afwikkelingskwaliteit in hoofdstuk 3 wordt echter de waarde 1320 gehanteerd.
2. De tweede inconsistentie in de prognosecijfers geldt het percentage vrachtverkeer. Het blijkt dat de totale intensiteiten verder met elkaar in overeenstemming zijn, maar dat

de percentages vrachtverkeer niet overeenkomen. De uit de prognosecijfers berekende percentages zijn opgenomen in figuur III.7. Deze inconsistentie is verwijderd door in alle gevallen een percentage te hanteren van 16,3%.



Figuur III.7 Percentages vrachtverkeer volgens prognose

2.2.2 Absolute intensiteiten

Bij het genereren van de voertuigen is de keuze gemaakt om bij zowel de parallelrijbaan als bij de invoeging Veghel ⅔ deel van het verkeer te genereren op de linker rijstroken en ⅓ deel te genereren op de rechter rijstroken. Hiermee wordt bereikt dat de generatoren niet verzadigd raken, voordat de capaciteit van het weefvak bereikt wordt. De uiteindelijke voertuigverdeling over de stroken ter plaatse van het weefvak wordt niet bepaald door de generatoren, maar door het 2 km lange inleidend wegvak dat voorafgaat aan het weefvak.

De te genereren intensiteiten zijn nu als volgt:

$$\text{Parallelrijbaan}_{\text{linker rijstrook}} = \tfrac{2}{3} \cdot 2300 = 1533 \text{ mvt / h}$$
$$\text{Parallelrijbaan}_{\text{rechter rijstrook}} = \tfrac{1}{3} \cdot 2300 = 767 \text{ mvt / h}$$
$$\text{Invoeging}_{\text{linker rijstrook}} = \tfrac{2}{3} \cdot 1300 = 867 \text{ mvt / h}$$
$$\text{Invoeging}_{\text{rechter rijstrook}} = \tfrac{1}{3} \cdot 1300 = 433 \text{ mvt / h}$$

2.2.3 Verdeling over voertuigtypen

Voor FOSIM is één set voertuigkenmerken beschikbaar waarmee het model de Nederlandse verkeerssituatie representeert. Deze gecalibreerde set van voertuigkenmerken bestaat uit vijf voertuigtypen. De typen I t/m III zijn personenauto's en de typen IV en V zijn vrachtauto's.

De parameters per voertuigtype zijn opgenomen in tabel III.1. De wenssnelheden zijn afgestemd op een maximumsnelheid van 100 km/h.

Tabel III.1 Voertuigparameters per voertuigtype

		Personenauto's			Vrachtauto's	
Voertuigtype		I	II	III	IV	V
Max. pos. sprong in acceleratie	[m/s^3]	*1*	*0,6*	*0,6*	*0,5*	*0,4*
Volgfactor z2	[s]	*0,56*	*0,72*	*1,28*	*2,08*	*2,23*
Max. acceleratie	[m/s^2]	*4*	*2,4*	*2,4*	*1*	*0,4*
Max. volgdeceleratie	[m/s^2]	*-0,5*	*-0,5*	*-0,5*	*-0,5*	*-0,5*
Max. strookwisseldeceleratie	[m/s^2]	*-3*	*-2,4*	*-2,4*	*-2*	*-1,6*
Max. deceleratie	[m/s^2]	*-6*	*-6*	*-6*	*-6*	*-6*
Wenssnelheid	[km/h]	*110*	*105*	*100*	*95*	*85*
Voertuiglengte	[m]	*4,5*	*4*	*4*	*8*	*14*
Volgfactor z1	[m]	*3*	*3*	*3*	*3*	*3*
Volgfactor z3	[s^2/m]	*0,01*	*0,01*	*0,01*	*0,01*	*0,01*

Per rijbaan wordt het aantal te genereren personenauto's gelijkmatig verdeeld over de voertuigtypen I t/m III en het aantal te genereren vrachtauto's gelijkmatig verdeeld over de voertuigtypen IV en V. Op de linker rijstroken worden alleen de typen I t/m III gegenereerd en op de rechter rijstroken uitsluitend de typen III t/m V.

Door de eerder genoemde keuze dat ⅓ deel van het verkeer op de rechterstrook wordt gegenereerd, wordt het percentage vrachtverkeer op de beide *rechterstroken* gelijk aan 3 maal 16,3 = 49%. Hiermee ligt de voertuigsamenstelling op de rechterstroken vast. Het percentage vrachtverkeer op de rechterstroken wordt namelijk gelijkmatig verdeeld over de typen IV en V en het resterende percentage geldt voor type III.

Tevens betekent de gekozen verdeling over de linker- en rechter rijstrook (⅔ en ⅓) dat van het totaal aantal personenauto's 79,6% op de linkerstrook gegenereerd wordt.
Hiermee ligt ook de voertuigsamenstelling op de linkerstroken vast. Als voorbeeld wordt nu het percentage van type I genomen op de linkerstrook van de parallelrijbaan:
Eénderde deel van de personenauto's behoort tot type I. Dit gedeelte dient vermenigvuldigd te worden met de verhouding 100/79,6:

$$33\% \cdot \frac{100}{79{,}6} = 42\%$$

Voor type II geldt hetzelfde percentage en het resterende percentage behoort tot type III.
Het resultaat van bovenstaande werkwijze levert de volgende voertuigsamenstelling op, zie tabel III.2.

Tabel III.2 Voertuigsamenstelling in procenten

	Voertuigtype				
Generator	I	II	III	IV	V
Parallelrijbaan linkerstrook	*42*	*42*	*16*	*0*	*0*
parallelrijbaan rechterstrook	*0*	*0*	*51*	*25*	*24*
Invoeging Veghel linkerstrook	*42*	*42*	*16*	*0*	*0*
Invoeging Veghel rechterstrook	*0*	*0*	*51*	*25*	*24*

2.2.4 Relatieve Herkomst-Bestemmingsmatrix

De relatieve Herkomst-Bestemmingsmatrix is gelijk voor personenauto's en vrachtauto's. De relatieve HB-matrix kan daarom direct afgeleid worden uit de prognosecijfers van figuur III.6 onder het kopje 'Totaal', zie tabel III.3:

Tabel III.3 Relatieve HB-matrix

naar / van	Parallelrijbaan	RW59 Oss	Totaal
Parallelrijbaan	1000/2300 = *43%*	1300/2300 = *57%*	*100%*
Invoeging Veghel	1000/1300 = *77%*	300/1300 = *23%*	*100%*

2.3 Uitvoering

De bepaling van de capaciteit geschiedt door de intensiteiten te laten toenemen totdat congestie ontstaat. De verhouding tussen de verschillende intensiteiten blijft hierbij gehandhaafd. De simulatie start met 50% van de geprognosticeerde intensiteit. Na 30 minuten simulatie ligt het intensiteitenniveau op 100% en na 60 minuten op 175%. Dit niveau van 175% wordt verder constant gehouden tot aan het einde van de simulatie.

Een simulatierun wordt afgebroken vijf minuten nadat een willekeurige detector over de totale doorsnede een lagere gemiddelde snelheid meet dan 40 km/h.

Na afloop van elke simulatie wordt bepaald in welke periode van 5 minuten de grootste uitstroom plaatsvond. Deze uitstroom wordt gemeten op meetraai 1, deze ligt op de coördinaat 5500 m (zie figuur III.3). Het maximum aantal gepasseerde voertuigen betreft een vijf-minuten periode. Vermenigvuldigen met twaalf levert zodoende de capaciteit van de simulatierun in mvt/h.

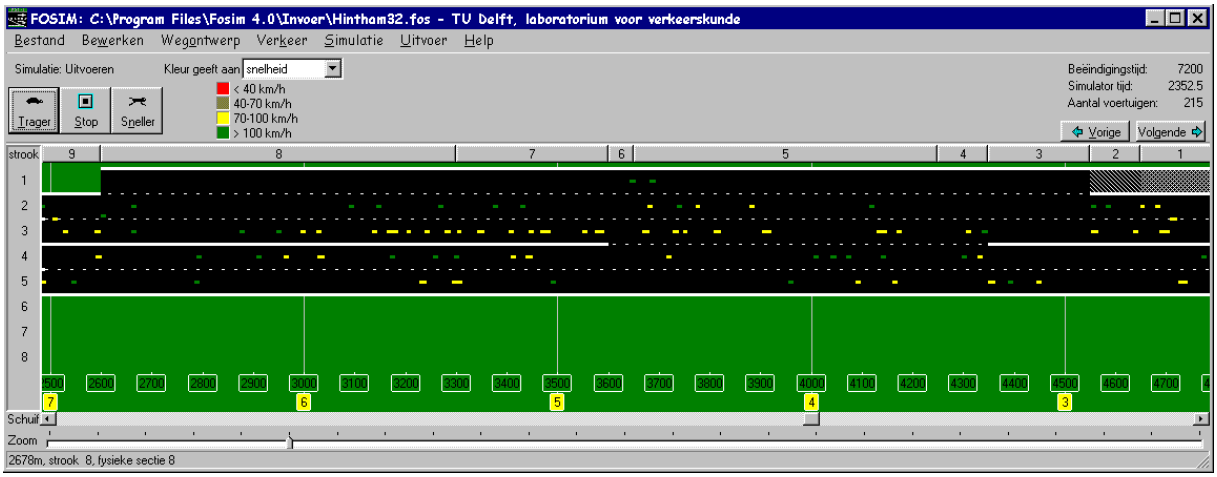
Om een betrouwbare uitspraak te doen over de capaciteit, zijn in totaal 100 simulatieruns uitgevoerd.

3 Resultaten

3.1 Verkeersproces

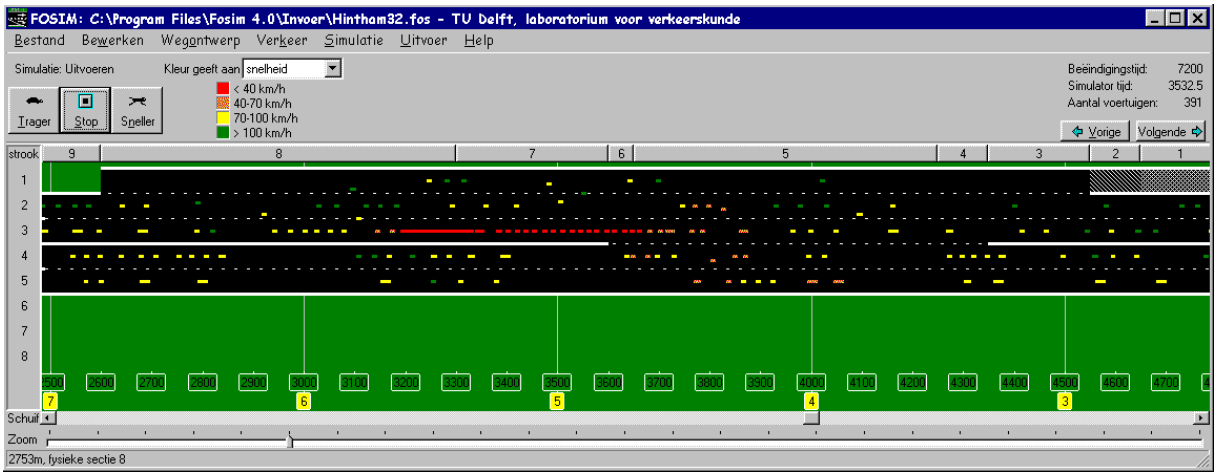
Bij het uitvoeren van de simulaties is de intensiteit van de verkeersstroom opgevoerd totdat de capaciteit van het wegvak bereikt is. Hierbij wordt de geprognosticeerde intensiteit ruimschoots overschreden. De omstandigheden waaronder de simulaties plaatsvinden, kan men omschrijven als ideaal. Dat houdt in dat er geen neerslag is, er voldoende licht is en dat er geen beperkende omstandigheden zijn, zoals bijvoorbeeld obstakels in de berm van de weg.

De twee doorgerekende weefvakvarianten vertonen beide hetzelfde verkeersproces. Bij de geprognosticeerde intensiteit is er geen sprake van congestie, zie figuur III.8.



Figuur III.8 Verkeersbeeld bij de geprognosticeerde intensiteit

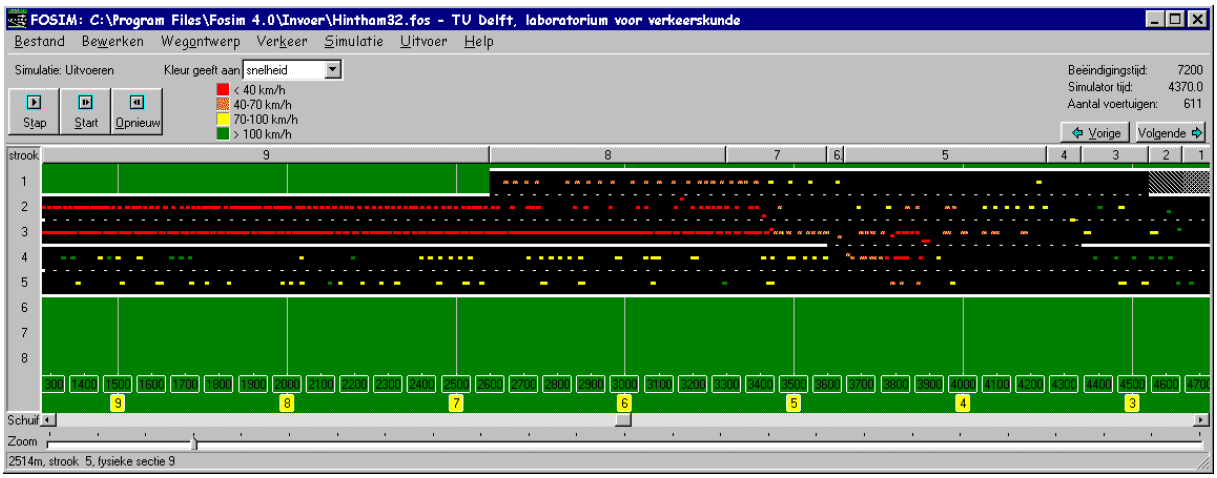
Als de intensiteiten verder opgevoerd worden, ontstaat allereerst congestie op strook 3, de rechterstrook van parallelrijbaan, aan het begin van het weefvak, zie figuur III.9.



Figuur III.9 Verkeersbeeld bij het ontstaan van congestie

Deze congestie breidt zich vervolgens stroomopwaarts uit over de parallelrijbaan. Na enige tijd is zo ook het verkeer op strook 2 van de parallelrijbaan volledig congestief. In het geval

van het 3+2 weefvak ontstaat ook congestie op strook 1, maar de snelheden blijven hier aanmerkelijk hoger dan op strook 3. Het verkeer vanaf de invoeging Veghel ondervindt nauwelijks hinder van de genoemde congestie. Alleen ter plaatse van het begin van het weefvak zijn de snelheden korte tijd laag. Op de stroken 4 en 5 is verder van congestie geen sprake, ook niet na forse filevorming op de parallelrijbaan, zie figuur III.10.



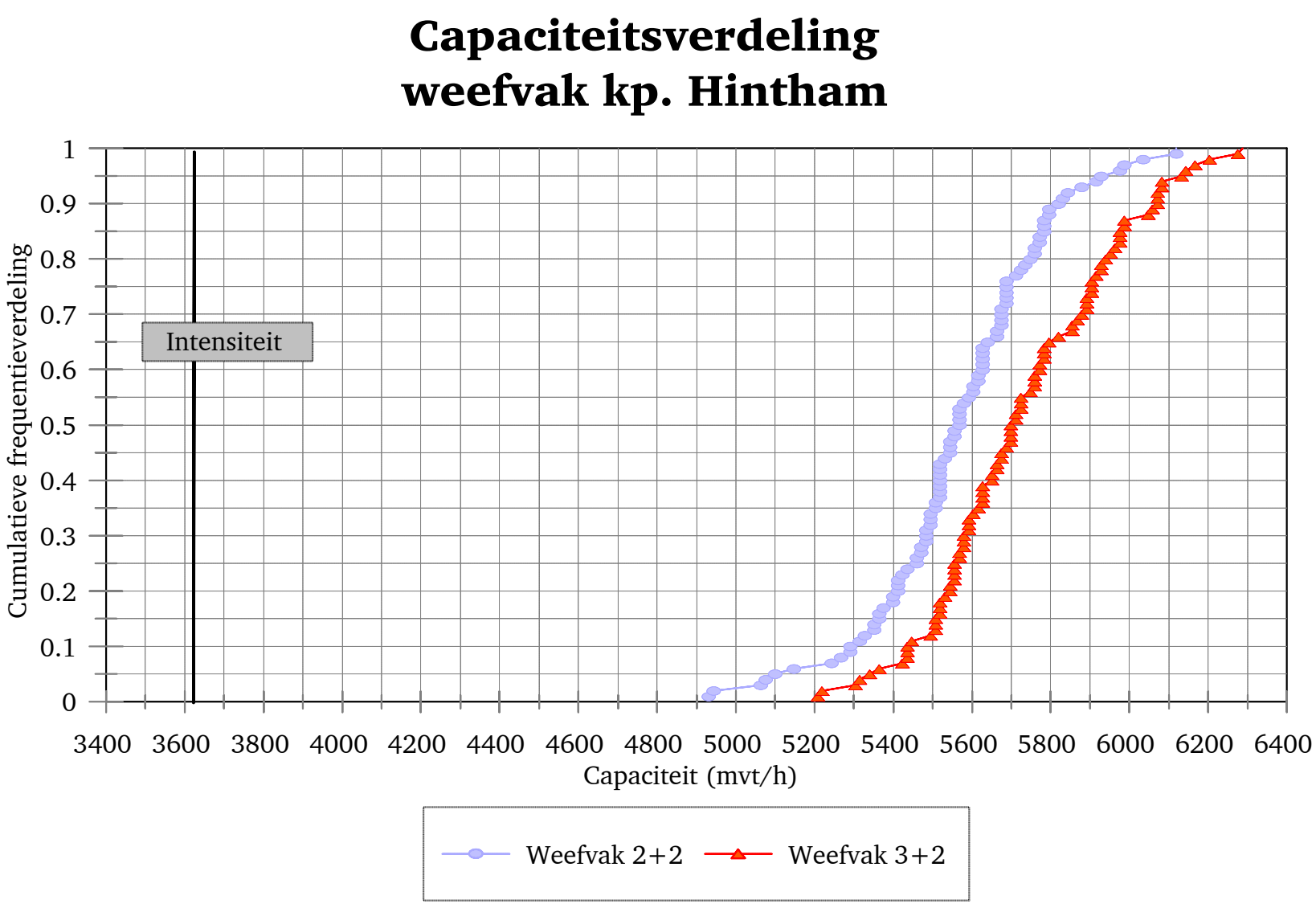
Figuur III.10 Verkeersbeeld bij volledige congestie

3.2 Capaciteit van de weefvakvarianten

Figuur III.11 geeft de verdeling weer van de 100 resulterende capaciteitswaarden per variant. In tabel III.4 zijn de belangrijkste kenmerken van de verdelingen weergegeven:

Tabel III.4 Kenmerken capaciteitsverdelingen in mvt/h

	Weefvak 2+2	Weefvak 3+2
Minimum	*4932*	*5208*
Maximum	*6120*	*6288*
Gemiddelde	*5570*	*5734*
Standaarddeviatie	*226*	*235*
Mediaan	*5568*	*5706*



Figuur III.11

3.3 Afwikkelingskwaliteit van de weefvakvarianten

De afwikkelingskwaliteit wordt weergegeven door de verhouding tussen intensiteit en capaciteit. De geprognosticeerde intensiteit bedraagt 3620 mvt/h. Als capaciteitswaarde kan zowel de gemiddelde waarde als de mediaan gehanteerd worden. Bij de uitgevoerde simulaties zijn deze waarden vrijwel identiek, zodat bij beide dezelfde I/C-verhoudingen ontstaan.

De gevonden I/C-waarden zijn voor het 2+2 en het 3+2 weefvak respectievelijk 0,65 en 0,63.

Een andere maat voor de afwikkelingskwaliteit is de restcapaciteit. De restcapaciteit geeft weer hoeveel de verkeersintensiteit mag toenemen voordat congestie zal ontstaan. Uitgangspunt bij het bepalen van de restcapaciteit is de vuistregel dat de I/C-verhouding mag stijgen tot een waarde van 0,8 (zie CIA-handboek, blz. 5.3). De restcapaciteit van het 2+2 weefvak is onder de gedane aanname gelijk aan $0{,}8 \cdot 5568 - 3620 = 834 \text{ mvt / h}$. Dit komt overeen met een procentuele stijging van 23%. De restcapaciteit van het 3+2 weefvak is gelijk aan $0{,}8 \cdot 5706 - 3620 = 945 \text{ mvt / h}$. Deze waarde betekent een procentuele stijging van 26%.

3.4 Capaciteiten in relatie tot het CIA-handboek

In het CIA-handboek worden capaciteitswaarden gegeven voor zowel 2+2 als voor 3+2 weefvakken. De volgende weg- en verkeerskenmerken daarvan komen het meest overeen met het hier doorgerekende wegvak:

- Lengte weefvak: 800 m (i.p.v. 750 m)
- Percentage vrachtverkeer: 15% (i.p.v. 16,3%)
- Percentage wevend verkeer: 75% (i.p.v. 77%)

Het CIA-handboek geeft voor het 2+2 weefvak een waarde van 5172 mvt/h (deze studie 5568 mvt/h) en voor het 3+2 weefvak 6240 mvt/h (deze studie 5706 mvt/h). De verschillen worden voornamelijk veroorzaakt door de verschillen in HB-matrix. Het CIA-handboek gaat ervan uit dat elke toeleidende strook dezelfde belasting kent. Bij het weefvak in deze studie is dit niet het geval. De verhouding tussen de intensiteiten vanaf de invoeging en vanaf de parallelrijbaan = 1300 : 2300 = 1 : 1,77, terwijl dit volgens het CIA-handboek bij een 2+2 weefvak gelijk is aan 1 : 1 en bij een 3+2 weefvak gelijk aan 1 : 1,5.

De verschillen hebben gevolgen voor het percentage wevend verkeer *vanaf de parallelrijbaan*. Allereerst wordt nu de situatie van het 2+2 weefvak beschouwd. Het CIA-handboek gaat ervan uit dat de twee wevende verkeersstromen aan elkaar gelijk zijn, dus dat het percentage wevend verkeer vanaf de parallelrijbaan ook gelijk is aan 75%. In deze studie is dat percentage echter gelijk aan 57%. Hierdoor is de capaciteitswaarde van het 2+2 weefvak in deze studie hoger dan de capaciteit in het CIA-handboek bij 75% wevend verkeer.
Bij het 3+2 weefvak is de situatie omgekeerd, hier geeft het CIA-handboek een hogere capaciteitswaarde. Het CIA-handboek gaat er in deze situatie vanuit dat het percentage wevend verkeer *vanaf de parallelrijbaan* gelijk is aan 50%. Zodoende worden namelijk de absolute aantallen wevend verkeer aan elkaar gelijk (50% van 3 stroken = 75% van 2 stroken). Omdat in deze studie dit percentage gelijk is aan 57%, geeft het CIA-handboek een overschatting van de capaciteit.

4 Conclusie

De capaciteit en de afwikkelingskwaliteit van de twee weefvakvarianten worden weergegeven in tabel III.5.

Tabel III.5 Capaciteit en afwikkelingskwaliteit

	Weefvak 2+2	Weefvak 3+2
Capaciteit (mvt/h)	*5568*	*5706*
I/C-verhouding (I=3620 mvt/h)	*0,65*	*0,63*
Restcapaciteit absoluut (mvt/h) (tot I/C=0,8)	*834*	*945*
Restcapaciteit procentueel (%) (tot I/C=0,8)	*23*	*26*

Deze waarden geven aan dat de geprognosticeerde intensiteit in beide weefvakvarianten ruimschoots congestievrij verwerkt kan worden. Opvallend is het relatief geringe verschil in de capaciteitswaarden van de twee varianten van 138 mvt/h. Hiervoor zijn twee redenen aan te geven:

1. Het wevend verkeer vanaf de parallelrijbaan in de richting Oss is de hoofdveroorzaker van congestie. Dit verkeer kan echter niet gebruik maken van de extra rijstrook aan de linkerzijde van de parallelrijbaan.
2. De extra rijstrook aan de linkerzijde van de parallelrijbaan wordt op slechts 200 m afstand van het weefvak beëindigd. Dit betekent dat het verkeer op het weefvak reeds probeert om de extra rijstrook te verlaten. Het 3+2 weefvak fungeert dus deels als een 2+2 weefvak. Verwacht wordt dat een verlenging van de extra rijstrook in stroomafwaartse richting een verhoging van de capaciteit zal betekenen. Verlenging van de strook in stroomopwaartse richting zal nauwelijks tot capaciteitsverhoging leiden.

De aanleg van de extra rijstrook en verlenging van deze strook in stroomopwaartse richting betekent wel een duidelijke vergroting van de zogenaamde bufferruimte. Bij het ontstaan van congestie zal de filelengte minder snel toenemen bij toepassing van een extra rijstrook. Dit houdt in dat de file minder snel terug zal slaan op de hoofdrijbaan van de A2 en dit betekent minder hinder voor het doorgaande verkeer.

Met betrekking tot de simulatieresultaten nog enkele aanvullende opmerkingen:

- De gevonden waarden zijn de model-uitkomsten van een computersimulatie. Men dient zich er voor te hoeden de nauwkeurigheid van de uitkomsten te overschatten. Een uitkomst die tot op het voertuig nauwkeurig gegeven wordt, geeft de orde van grootte van de capaciteit weer en niet de exacte waarde.

- Het onderzochte weefvak is onderzocht als een onafhankelijke element van het wegennetwerk, waarbij beperkt rekening is gehouden met stroomopwaartse en stroomafwaartse invloedsfactoren.

Bijlage Invoerbestanden Hintham

Weefvak 2+2 (hintham22.fos):

```
* 1 * lengte, aantal stroken, nvoed en
nbest
  6000     5     4      4
* 2 * fysieke sekties
     9  4650  4550  4350  4250  3650  3600
3300  2600   600
* 3 * strooktypen
 9 1 2 1 2
 9 1 2 1 2
 9 1 2 1 2
 9 1 0 0 2
 9 1 0 0 2
 9 1 0 0 2
 9 1 2 1 2
 9 1 2 1 2
 9 1 2 1 2
 9 3 3 3 3
* 4 * verplicht strookwisselen
 0 0 0 0 0
 0 8 8 8 8
 0 0 0 0 0
 0 8 8 8 8
 0 0 0 0 0
 0 8 8 8 8
 0 0 0 3 3
 0 2 2 8 8
 0 0 0 3 3
 2 2 2 8 8
 0 0 0 0 3
 2 2 8 8 8
 0 0 0 0 3
 2 2 8 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 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 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
 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
* 6 * strooksekties
     5  4251  3651  3601  3301  2401
* 7 * gewenst strookwisselen
 0 0 0 0 0
 8 8 8 8 8
 0 0 0 0 0
 0 8 8 8 8
 0 0 0 3 0
 8 8 2 8 8
 0 0 0 0 0
 8 8 8 8 8
 0 0 0 0 3
 2 2 8 8 8
 0 0 0 0 0
 8 8 8 8 8
* 8 * meetraaien
    11  5500  5000  4500  4000  3500  3000
2500  2000  1500  1000   600
* 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 28800
* 12 * tijdstippen voor een voertuiglijst
     0
* 13 * tijdstippen voor meetgegevens
    48   600  1200  1800  2400  3000  3600
4200  4800  5400  6000  6600  7200  7800
8400  9000  9600 10200 10800 11400 12000
12600 13200 13800 14400 15000 15600 16200
16800 17400 18000 18600 19200 19800 20400
21000 21600 22200 22800 23400 24000 24600
25200 25800 26400 27000 27600 28200 28800
* 14 * intensiteitenverloop
     3     0  3600  7200
        767  1533  2683
     3     0  3600  7200
        383   767  1342
     3     0  3600  7200
        433   867  1517
     3     0  3600  7200
        217   433   758
* 15 * voertuigtype-distributie
  42.00  42.00  16.00   0.00   0.00
   0.00   0.00  51.00  25.00  24.00
  42.00  42.00  16.00   0.00   0.00
   0.00   0.00  51.00  25.00  24.00
* 16 * herkomst-bestemmingsmatrix
   0.00  43.00   0.00  57.00
   0.00  43.00   0.00  57.00
   0.00  77.00   0.00  23.00
   0.00  77.00   0.00  23.00
* 17 * aantal verkeerslichten
    0
* 18 * koordinaat, kruisp.nr., sign.gr.nr.
en aktiviteit 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 * specifikatie uitvoer
verkeerslichten (regpar)
    0
```

Weefvak 3+2 (hintham32.fos):

```
* 1 * lengte, aantal stroken, nvoed en
nbest
  6000     5     4      4
* 2 * fysieke sekties
     9  4650  4550  4350  4250  3650  3600
3300  2600   600
* 3 * strooktypen
 6 1 2 1 2
 4 1 2 1 2
 1 0 2 1 2
 1 0 0 0 2
 1 0 0 0 2
 1 0 0 0 2
 1 0 2 1 2
 1 0 2 1 2
 9 1 2 1 2
 9 3 3 3 3
* 4 * verplicht strookwisselen
 0 0 0 0 0
 0 8 8 8 8
 0 0 0 0 0
 0 8 8 8 8
 0 0 0 0 0
 0 8 8 8 8
 0 0 0 3 3
 0 2 2 8 8
 0 0 0 3 3
 2 2 2 8 8
 0 0 0 0 3
 2 2 8 8 8
 0 0 0 0 3
 2 2 8 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 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 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
 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
* 6 * strooksekties
     5  4251  3651  3601  3301  2401
* 7 * gewenst strookwisselen
 0 0 0 0 0
 8 8 8 8 8
 0 0 0 0 0
 0 8 8 8 8
 0 0 0 3 0
 8 8 2 8 8
 0 0 0 0 0
 8 8 8 8 8
 0 0 0 0 3
 2 2 8 8 8
 0 0 0 0 0
 8 8 8 8 8
* 8 * meetraaien
    11  5500  5000  4500  4000  3500  3000
2500  2000  1500  1000   600
* 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
        767  1533  2683
     3     0  3600  7200
        383   767  1342
     3     0  3600  7200
        433   867  1517
     3     0  3600  7200
        217   433   758
* 15 * voertuigtype-distributie
  42.00  42.00  16.00   0.00   0.00
   0.00   0.00  51.00  25.00  24.00
  42.00  42.00  16.00   0.00   0.00
   0.00   0.00  51.00  25.00  24.00
* 16 * herkomst-bestemmingsmatrix
   0.00  43.00   0.00  57.00
   0.00  43.00   0.00  57.00
   0.00  77.00   0.00  23.00
   0.00  77.00   0.00  23.00
* 17 * aantal verkeerslichten
    0
* 18 * koordinaat, kruisp.nr., sign.gr.nr.
en aktiviteit 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 * specifikatie uitvoer
verkeerslichten (regpar)
    0
```