

Rapport

Projectnummer: 352244

Referentienummer: SWNL0204411 - Rapportage validatie FOSIM - D1.docx

Datum: 11-04-2017


Validatie FOSIM

Definitief

Verantwoording

Titel	Validatie FOSIM
Subtitel	
Projectnummer	352244
Referentienummer	SWNL0204411 - Rapportage validatie FOSIM - D1.docx
Revisie	D1
Datum	11-04-2017
Auteur(s)	Niels Henkens; Wouter Mieras; Douwe Bonnema
E-mailadres	Niels.Henkens@sweco.nl

Gecontroleerd door
Paraaf gecontroleerd

Martijn van Rij


Goedgekeurd door
Paraaf goedgekeurd

Rob van Hout


Inhoudsopgave

1	Inleiding en opzet	4
1.1	Aanleiding	4
1.2	Opzet	4
2	Inventarisatiefase	6
2.1	Inleiding.....	6
2.2	Overzicht beschikbare metingen	6
2.3	Nieuw in FOSIM 6.1.....	11
2.4	Samenvatting voor de vervolgstap	11
3	Simuleren en analyseren.....	13
3.1	Uitgangspunten	13
3.1.1	Capaciteitsmeting.....	13
3.1.2	Instellingen wegontwerp.....	14
3.2	Simulaties generieke FOSIM-instellingen	15
3.2.1	Algemeen: Standaardcapaciteit en aandeel vrachtverkeer	15
3.2.2	Algemeen: Schuine rijstroken.....	18
3.2.3	Lokale kenmerken: Barriers.....	19
3.2.4	Lokale kenmerken: Smalle rijstroken	20
3.2.5	Lokale kenmerken: Snelheidsonderdrukking.....	23
3.2.6	Lokale kenmerken: Trajectcontrole.....	24
3.2.7	Lokale kenmerken: Spitsstroken links en rechts.....	25
3.2.8	Lokale kenmerken: Inhaalverbod vrachtverkeer	27
3.2.9	Algemeen: overige constatering	29
3.3	Simulaties praktijksituaties.....	29
3.3.1	Weefvakken	29
3.3.2	Werk in uitvoering.....	31
3.3.3	Toeritten.....	31
3.3.4	Afvallende rijstrook en reguliere rijstroken.....	34
4	Conclusie / samenvatting.....	37

1 Inleiding en opzet

1.1 Aanleiding

Het microsimulatieprogramma Freeway Operations SIMulation (FOSIM) is specifiek ontwikkeld voor *Nederlandse* autosnelwegen en is eigendom van Rijkswaterstaat WVL. FOSIM speelt een belangrijke rol bij het ontwerp van autosnelwegen.

FOSIM is in het verleden gekalibreerd voor de Nederlandse situatie, met specifieke aandacht voor weefvakken. In de loop der jaren is FOSIM op diverse punten aangepast. Tevens is er in de afgelopen jaren een groot aantal metingen van de capaciteit uitgevoerd, die een grote set aan referentiewaarden heeft opgeleverd.

Gezien het belang van nauwkeurige uitkomsten van FOSIM en de wijzigingen sinds de laatste kalibratie, is het wenselijk om de uitkomsten van FOSIM opnieuw te valideren. Deze rapportage beschrijft het proces en de uitkomsten van de uitgevoerde validatie van FOSIM.

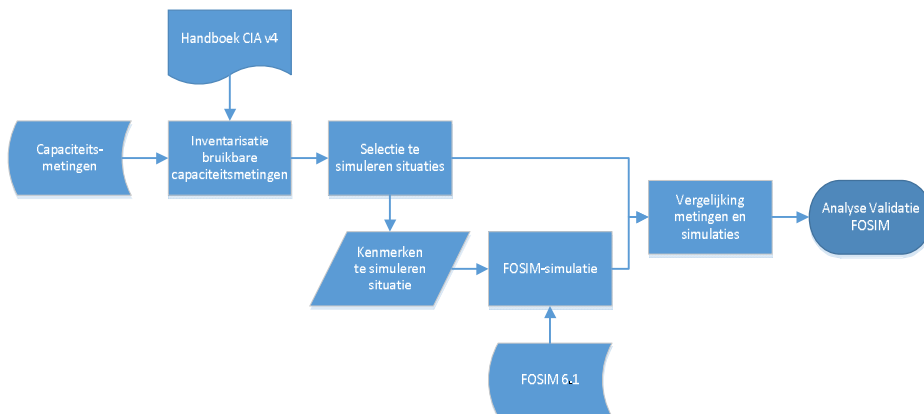
1.2 Opzet

In de periode 2007 – 2015 zijn er veel praktijkmetingen van de capaciteit van autosnelwegen uitgevoerd door Rijkswaterstaat. Deze metingen kunnen voor een deel gebruikt worden als referentiewaarde voor FOSIM.

Niet alle uitgevoerde metingen zijn even bruikbaar voor de validatie. Bijvoorbeeld omdat de capaciteitsmeting niet betrouwbaar/plausibel is of omdat de situatie te veel specifieke omstandigheden kent. In de eerste fase is er daarom een overzicht gemaakt van de capaciteitsmetingen uit de afgelopen jaren die geschikte input bieden voor de FOSIM validatie. Tevens is voor de locaties waar bruikbare capaciteitsmetingen zijn uitgevoerd, ook de ‘standaard’ capaciteitswaarde vanuit het Handboek CIA (versie 4) opgezocht en toegevoegd.

Na deze *inventarisatiefase* is een groot aantal FOSIM-simulaties uitgevoerd. Hierbij zijn (voor zover mogelijk) simulaties uitgevoerd waarbij de kenmerken van de betreffende locatie (aantal rijstroken, rijstrookbreedte, vrachtpercentage, percentage wevend verkeer, etc.) zijn ingevoerd.

Daarna zijn de resultaten van de capaciteitsmetingen uitgezet tegen de berekende FOSIM-capaciteiten. Hierbij is onderscheid gemaakt naar vrije capaciteit en afrijcapaciteit (waar beschikbaar in de metingen). Aan de hand hiervan zijn conclusies getrokken over de validiteit en het gebruiksgebied van FOSIM.



Figuur 1-1 Schematische aanpak Validatie FOSIM

2 Inventarisatiefase

2.1 Inleiding

Tijdens de inventarisatiefase is onderzocht welke capaciteitsmetingen er beschikbaar en geschikt zijn om FOSIM te valideren. Dit hoofdstuk beschrijft de uitkomsten van deze fase, met als eindresultaat een overzicht van te simuleren wegconfiguraties.

2.2 Overzicht beschikbare metingen

Deze paragraaf geeft een overzicht van wegvakken en discontinuïteiten waarbij we beschikken over metingen. In dit hoofdstuk wordt per categorie beschreven of deze metingen overeenkomen met de waarde in het Handboek CIA en wat de mogelijkheden zijn van deze metingen met betrekking tot de validatie van FOSIM. In de onderstaande tabel is het aantal beschikbare metingen per categorie weergegeven. In totaal zijn er 216 beschikbare capaciteitsmetingen uit de periode 2005 – 2015. Daarvan zijn in een eerder project 143 metingen als 'plausibel' aangemerkt. Hiervan betreffen de meeste metingen een afvallende rijstrook, toerit, weefvak of wegwerkzaamheden (WIU).

Tabel 2-1 Overzicht beschikbare plausibele capaciteitsmetingen

Categorie	Aantal
Afvallende rijstrook	19
Brug	4
Filevluchtstrook	2
Samenvoeging	1
Spitsstrook	8
Spitsstrook + brug	1
Spitsstrook + versmalling	1
Toerit	37
Toerit + taper	5
Tunnel	6
Verbindingsboog	2
Versmalling	4
Weefvak	24
Wegvak	3
WIU	26
Eindtotaal	143

Al deze metingen zijn vergeleken met de waarde zoals deze te halen is uit het Handboek CIA. Afwijkende waarden, maar ook overeenkomende waarden kunnen interessant zijn voor de FOSIM-validatie. In onderstaande subparagrafen staan alle categorieën beschreven, met bijzonderheden en in hoeverre ze interessant en relevant zijn voor de validatie van FOSIM.

Afvallende rijstrook

In dit onderzoek zijn er 19 metingen met een afvallende rijstrook, die allemaal in meer of mindere mate overeenkomen met de waarden in het Handboek CIA. De meeste afvallende rijstrooken gaan van vier rijstrooken naar drie rijstrooken of van drie rijstrooken naar twee. Ook zijn er enkele metingen met een eindigende spitsstrook, wat ook relevant kan zijn voor dit onderzoek. Deze categorie kan worden gebruikt om te kijken of de waarden van FOSIM bij afvallende rijstrooken overeenkomen met de gemeten waarden.

Tabel 2-2 Capaciteitsmetingen afvallende rijstrook

Afvallende rijstrook	Aantal	Vrije capaciteit Brilon nonparam 15% vracht			Afrjcapaciteit EMP / Brilon 15% vracht			Handboek CIA Vrije capaciteit
		Gemiddelde (vrije)	Min (vrije)	Max (vrije)	Gemiddelde (afrij)	Min (afrij)	Max (afrij)	
3 rijstroken > 2 rijstroken + afvallend	6	4141	3893	4675	3466	3099	3805	4300
Afvallende rijstrook 4>3	7	6289	5597	7337	5126	4101	6195	6200
3 rijstroken > 2 rijstroken + einde spitsstrook	2	3407	3191	3622	2469	1915	3022	4300
3 rijstroken + Afvallende rijstrook > 2 rijstroken + toerit	4	4334	4023	4626	3814	3419	4115	4300

Door het grote aantal metingen dat beschikbaar is voor 3>2 en 4>3 rijstroken is hier een betrouwbaar gemiddelde te bepalen. Het is echter ook interessant om hier de invloed van het specifieke percentage vrachtverkeer te bepalen. Per locatie kan er dan gekeken worden naar het geldende percentage vrachtverkeer, kan de discontinuïteit met dat percentage in FOSIM worden gesimuleerd en kan de verkregen waarde vergeleken worden met de originele gemeten waarde (in plaats van met de naar 15% vrachtverkeer omgerekende waarde (de standaard in het Handboek CIA)).

Toerit (+ taper)

Conform het Handboek CIA is de capaciteit van een toerit en een afvallende rijstrook vergelijkbaar. Het is echter wel interessant om bij de validatie van FOSIM zowel afvallende rijstroken als toeritten te testen, om eventuele verschillen te zien. Afvallende rijstroken en toeritten zullen een sterk verschillend voertuiggedrag in het model kennen door ritsen, acceleratie, invoegen, etc.

In totaal zijn er op 42 locaties metingen uitgevoerd met een toerit, waarvan 5 met een taper. De meeste van deze metingen komen goed overeen met de waarden uit het Handboek CIA. Enkele waarden, zoals een doorgetrokken streep op de hoofdrijbaan, staan niet in het Handboek CIA. Bij een toerit met taper komen de gemeten waarden ook overeen met de vrije capaciteit uit het Handboek CIA. Deze waarde uit het Handboek CIA is echter niet specifiek voor toeritten met taper.

Tabel 2-3 Capaciteitsmetingen toerit

Toerit	Aantal	Vrije capaciteit Brilon nonparam 15% vracht			Afrjcapaciteit EMP / Brilon 15% vracht			Handboek CIA Vrije capaciteit
		Gemiddelde (vrije)	Min (vrije)	Max (vrije)	Gemiddelde (afrij)	Min (afrij)	Max (afrij)	
2 rijstroken (doorgetrokken streep) + toerit	2	4035	3375	4696	3284	2393	4175	
2 rijstroken + toerit	22	4263	3586	5191	3582	2687	4259	4300
2 rijstroken + toerit (smal profiel)	1	4133	4133	4133	3141	3141	3141	
2 rijstroken + toerit + geen vluchtstrook	1	4317	4317	4317	3575	3575	3575	
3 rijstroken + toerit	10	6380	5798	6862	5288	4733	5982	6200
3 rijstroken + toerit + bocht	1	5832	5832	5832	4721	4721	4721	6200
Toerit + Taper								
3 rijstroken + 2 toerit (taper)	1	6136	6136	6136	5141	5141	5141	6200
2 rijstroken + 2 toerit (taper) > 3	4	5289	3898	6071	4443	3677	5095	6200

Voor de 'standaard' metingen met toerit op 2 of 3 rijstroken zijn goed bruikbaar om een vergelijking te maken met dezelfde situatie in FOSIM doordat er een betrouwbaar gemiddelde te halen is uit het grote aantal metingen. Het is echter ook interessant om hier de invloed van het specifieke percentage vrachtverkeer te bepalen. Per locatie kan er dan gekeken worden naar het geldende percentage vrachtverkeer, kan de discontinuïteit met dat percentage in FOSIM worden gesimuleerd en kan de verkregen waarde vergeleken worden met de originele gemeten waarde (in plaats van met de naar 15% vrachtverkeer omgerekende waarde).

Ook de invloed van de toerit met taper is mogelijk interessant in FOSIM.

Brug

Er zijn in totaal metingen uitgevoerd bij 5 bruggen. In de rapportage *Analyse metingen capaciteitswaarden 2005 – 2015* was al geconcludeerd dat voor de bruggen met een normaal profiel er geen significante afwijking was ten opzichte van een regulier wegvak. Voor de twee metingen op de smallere Merwedebrug was wel een afwijking te zien.

Tabel 2-4 Capaciteitsmetingen brug

Brug	Aantal	Vrije capaciteit Brilon nonparam 15% vracht			Afrjcapaciteit EMP / Brilon 15% vracht			Handboek CIA
		Gemiddelde (vrije)	Min (vrije)	Max (vrije)	Gemiddelde (afrij)	Min (afrij)	Max (afrij)	
2 rijstroken + brug	2	4227	4226	4229	3413	3257	3568	4300
3 rijstroken + brug	1	6792	6792	6792				6200
Brug smal								
2 rijstroken (smal profiel)	1	3899	3899	3899	3118	3118	3118	
2 rijstroken + brug	1	3243	3243	3243	3714	3714	3714	

De waarden van de twee metingen met smalle rijstroken zijn interessant om mee te nemen in de validatie van FOSIM om de werking van de smalle rijstroken in FOSIM te onderzoeken/valideren.

File op vluchtstrook

Er zijn in het verleden twee metingen uitgevoerd op locaties waar file veroorzaakt werd door een wachtrij op de vluchtstrook (A12 Zevenhuizen en A20 Moordrecht). Deze situatie is echter zeer locatiespecifiek. Deze locaties zijn daarom niet meegenomen in het onderzoek.

Samenvoeging

Er is één gemeten waarde over een samenvoeging, deze waarde is ruim lager dan de verwachte vrije capaciteit (6.500 bij 5 rijstroken), maar lijkt ook niet plausibel gezien het gegeven basisdiagram met waarden tot tegen de 12.000 mvt/h.

Op basis van de beschikbare capaciteitsmetingen kunnen samenvoegingen niet meegenomen worden in de validatie. Doorgaans zullen samenvoegingen echter ook niet de bottleneck vormen.

Spitsstrook (+brug + versmalling)

In totaal zijn er 8 metingen waarbij een spitsstrook aanwezig is, met verschillende breedtes en de aanwezigheid van de spitsstrook aan de linker- dan wel rechterkant van de rijbaan. De gemeten capaciteitswaarden zijn input geweest voor de waarden in het Handboek CIA en komen dus (per definitie) goed overeen.

Tabel 2-5 Capaciteitsmetingen spitsstrook

Spitsstrook	Aantal	Vrije capaciteit Brilon nonparam 15% vracht			Afrjcapaciteit EMP / Brilon 15% vracht			Handboek CIA
		Gemiddelde (vrije)	Min (vrije)	Max (vrije)	Gemiddelde (afrij)	Min (afrij)	Max (afrij)	
2 rijstroken + spitsstrook + toerit	2	5022	4268	5777	4463	3944	4983	
2 rijstroken + spitsstrook links	2	6147	5971	6323				6100
2 rijstroken + spitsstrook links (breedtebeperking 2m en 80km/h)	1	6012	6012	6012				5800
2 rijstroken + spitsstrook rechts	3	5262	5100	5444				5300
Spitsstrook + brug								
2 rijstroken + spitsstrook + brug	1	4219	4219	4219	3389	3389	3389	5300
Spitsstrook + versmalling								
2 rijstroken + spitsstrook links (breedtebeperking 2m en 80km/h)	1	5653	5653	5653				5800

In verband met de te onderzoeken invloed van smalle rijstroken in FOSIM is het goed om de spitsstroken mee te nemen in de validatie.

Tunnel (+ dosering)

Het Handboek CIA gaat uit van een vermindering van de vrije capaciteit met 4.5% ten opzichte van een normale rijstrook. In het onderzoek *Analyse metingen capaciteitswaarden 2005 – 2015* was al geconcludeerd dat de beschikbare metingen naar verwachting niet

representatief zijn voor de Nederlandse tunnels als geheel. De verwachting is dan ook dat deze metingen weinig meerwaarde hebben om in FOSIM te gebruiken voor de validatie.

Daarnaast zijn er ook diverse metingen uitgevoerd van de Leidse Rijntunnel tijdens tunneldosering. Deze metingen zullen ook niet representatief zijn voor de validatie van FOSIM.

Verbindingsboog

Verbindingsbogen zijn maar zeer beperkt gemeten en de capaciteit is zeer locatiespecifiek. Onze verwachting is dat de invloed van de krappe boogstraal en eventueel verticaal alignement niet goed meegenomen kan worden in FOSIM. Doorgaans wordt hiervoor bijvoorbeeld een snelheidsonderdrukking in FOSIM gebruikt. Voor de validatie lijkt dit niet de juiste wijze om de betrouwbaarheid van FOSIM te testen. Verbindingswegen worden daarom ook niet meegenomen in de validatie.

Versmalling rijstrookbreedte

Naast de speciale situaties van een smal profiel in combinatie met een spitsstrook, tunnel, brug of werkzaamheden zijn er geen specifieke metingen bij een smal profiel. De enige andere meting op dit vlak is de meting op de A28 bij het geluidsschermbij Zeist. Op deze locatie is er echter meer aan de hand, waaronder de invloed van de overkapping en het horizontaal en verticaal alignement.

Deze situatie is met de huidige metingen dus niet direct mee te nemen in de validatie van FOSIM.

Weefvak

Er zijn veel metingen gedaan bij weefvakken. De locaties lopen uiteen van 5 rijstroken met toerit (+taper) naar een weefvak van 2 rijstroken met 1 invoegstrook. Het grootste deel van de metingen zonder taper komt overeen met de range van waarden in het Handboek CIA. De range in het Handboek is echter vrij breed doordat er een brede range is van de omvang van het percentage wevend verkeer.

Wat opvalt is dat weefvakken met een taper niet overeenkomen met de waarden voor de vrije capaciteit uit het Handboek CIA, maar hoger liggen. Interessant is om te kijken of de nieuwe versie van FOSIM (met de juiste inschatting van de wevende stromen) resultaten geeft die meer bij de geobserveerde waarden liggen.

Tabel 2-6 Capaciteitsmetingen weefvak

Weefvak	Vrije capaciteit Brilon nonparam 15% vracht			Afrijcapaciteit EMP / Brilon 15% vracht			Handboek CIA	
	Aantal	Gemiddelde (vrije)	Min (vrije)	Max (vrije)	Gemiddelde (afrij)	Min (afrij)	Max (afrij)	Vrije capaciteit
3 rijstroken + 1 toerit > 2 rijstroken + 2 afrit	5	5930	4776	7465	4870	3122	5677	5900 - 7360
2 rijstroken + 2 toerit > 2 rijstroken + 2 afrit	3	6048	4820	7695	5281	4209	6107	5620 - 7690
3 rijstroken + 1 toerit > 3 rijstroken + 1 afrit	4	6389	5855	7292	4930	4130	5692	6440 - 7570
Tunnel + 2 rijstroken + 1 toerit > 2 rijstroken > 1 afrit	1	5203	5203	5203	4378	4378	4378	4584 - 5339
2 rijstroken + 2 toerit > 3 rijstroken + 1 afrit	2	6623	5857	7389	4966	4324	5608	6370 - 8280
3 rijstroken + 2 toerit (taper) > 3 rijstroken + 1 afrit	2	6696	6653	6739	5388	4846	5931	5650 - 7080
5 rijstroken + 2 toerit (taper) > 5 rijstroken + 1 afrit	2	11497	11315	11680				6850 - 10520
2 rijstroken + 2 toerit (taper) > 2 rijstroken + 1 afrit	3	5418	4155	7760	5391	4100	7737	4460 - 5280
2 rijstroken + 2 toerit + spitsstrook > 3 rijstroken + 1 afrit	1	7316	7316	7316	6233	6233	6233	
3 rijstroken > 2 rijstroken + 1 toerit > 2 rijstroken + 1 afrit	1	4356	4356	4356	3912	3912	3912	4860 - 5590

In de afgelopen jaren zijn bij diverse weefvakken capaciteitsmetingen uitgevoerd waarbij ook de omvang van de wevende stromen is gemeten¹. De meeste van deze metingen zijn door ons echter als niet-plausibel aangemerkt door sterk afwijkende waarden. Naar verwachting is dit het gevolg van de relatief korte meetperiode die hierbij gehanteerd is (in verband met de losse meetapparatuur). Deze metingen zijn daardoor niet goed bruikbaar. Als alternatief om de metingen wel zoveel mogelijk mee te kunnen nemen, zou er eventueel nog een inschatting van de capaciteitswaarde gemaakt kunnen worden op basis van de beschikbare fundamentele diagrammen. Hier is voornamelijk niet voor gekozen.

Voor de beschikbare (standaard) configuraties van weefvakken waarbij plausibele metingen zijn, is er met behulp van het NRM bepaald wat de vermoedelijke omvang van de wevende stromen is. Zo kan per meting de situatie in FOSIM gereproduceerd worden met inschatting van de wevende stromen en weefvaklengte.

Wegvak 4 en 5 rijstroken

Er zijn enkele capaciteitsmetingen uitgevoerd bij wegvakken met 4 of 5 rijstroken zonder verdere discontinuïteiten.

Voor de FOSIM-validatie kunnen deze metingen niet direct gereproduceerd worden, omdat hier in principe geen file zal optreden (en dat ook niet bij de praktijkmetingen zelf het geval was). We zullen de capaciteit van 4 en 5 rijstroken dan simuleren met respectievelijk een afvallende rijstrook $5 > 4$ en $6 > 5$.

Werk in uitvoering

Er zijn veel metingen gedaan bij werk in uitvoering (26 stuks). Hierbij gaat het om de afrijcapaciteit. Het lastige voor de validatie is dat er veel versmalde rijstroken zijn met verschillende breedtes, waarbij niet altijd duidelijk is hoe breed elke rijstrook is.

De metingen komen deels overeen met de waarden uit het Handboek CIA, en deels niet. Afwijkingen zijn er bijvoorbeeld bij WIU met één rijstrook, waarbij de afrijcapaciteit van alle metingen lager is dan in het Handboek CIA. Bij bijvoorbeeld twee rijstroken zonder vluchtstrook is de waarde van het Handboek CIA juist groter.

Tabel 2-7 Capaciteitsmetingen werkzaamheden

Weefvak	Vrije capaciteit Brilon nonparam 15% vracht				Afrijcapaciteit EMP / Brilon 15% vracht			Handboek CIA	
	Aantal	Gemiddelde (vrije)	Min (vrije)	Max (vrije)	Gemiddelde (afrij)	Min (afrij)	Max (afrij)	Vrije capaciteit	Afrij capaciteit
WIU 1 rijstrook	4	975	677	1191	983	631	1205		1200-1500
WIU 2 rijstroken (smal profiel)	1	3162	3162	3162	3321	3321	3321		2600-3000
WIU 2 rijstroken (smal profiel, 2.85 en 2.50 m)					3500	3500	3500		2600-3000
WIU 2 rijstroken + geen vluchtstrook					3080	2714	3446		3600
WIU 3 rijstroken (smal profiel)	4	5012	3171	6199	4243	4092	4393		4300
WIU 4-2					4811	4811	4811		4300-4500
WIU 4-2 + smal profiel (3.00, 3.00 en 3.25m)					3529	3529	3529		4300-4500
WIU 4-2 + smal profiel (3.00, 3.00 en 3.50m)					4062	4062	4062		4300-4500
WIU 4-2 + smal profiel (3.25, 3.25 en 3.50m)					4643	4643	4643		4300-4500
WIU 3-1 rijstroken (smal profiel, 2.75 en 3.25 m)					2656	2656	2656		3000
WIU 4-0 rijstroken (smal profiel, 3.00 en 3.25m)					3374	3374	3374		3400
WIU 4-0 rijstroken					3256	3256	3256		3400
WIU 3-1 rijstroken					3065	3065	3065		3000-3400
WIU 3-1 rijstroken (verschoven richting, 2.85 en 3.30m)					2688	2688	2688		3000
WIU 4 rijstroken > 3 rijstroken (smal profiel)	1	3789	3789	3789	3542	3542	3542		6200

Gezien de invloed van de smalle rijstroken is het interessant om de WIU-metingen mee te nemen in de validatie. In de praktijk zal er echter naast de smalle rijstroken ook (veel) invloed zijn van de werkzaamheden (zichtbare werkzaamheden, gewenning aan andere situatie, etc.). Deze effecten zijn in FOSIM niet mee te nemen. Daarnaast speelt bij de 4-2-

¹ Zie rapportage *CAPACITEITSMETINGEN HERZIENING HANDBOEK CIA; ONDERDEEL C: METINGEN OP BASIS VAN BESCHIKBARE DATA*

en 3-1-systemen ook nog de invloed van de S-curve aan begin/einde van de werkzaamheden een rol, al zou deze in Nederland in principe niet maatgevend moeten zijn indien deze conform de richtlijnen is ingericht.

Het effect van de werkzaamheden en afleiding e.d. is in FOSIM niet mee te nemen. Vooral de smalle rijstroken zijn echter wel zeer interessant om mee te nemen in de validatie.

2.3 Nieuw in FOSIM 6.1

Naast de inventarisatie van de capaciteitsmetingen, is ook gekeken welke functionaliteit er nieuw is in FOSIM 6.1 en of dit mogelijk relevant is om mee te nemen in de validatie.

- *Schuine elementen.* Hiermee kan je een rijstrook opschuiven. Dit maakt een aantal wegconfiguraties makkelijker in FOSIM toe te voegen. Wij gaan ervan uit dat deze aanpassing enkel visueel is en geen invloed heeft op de capaciteitswaarde. Dit zal echter wel getoetst worden.
- *Trajectcontrole.* Dit is instelbaar per sectie en rijstrook. *“Trajectcontrole is bedoeld om de volgende effecten te simuleren: reductie snelheid en spreiding in de snelheid, afkeer voor het rijden op een bepaalde rijstrook (met name de linkerrijstrook) afname in de wens om van rijstrook te wisselen.”* Er is slechts 1 meting bij trajectcontrole beschikbaar, die als minder plausibel is aangemerkt. Ook is eerder in de literatuur onderzoek gedaan naar de effecten van trajectcontrole op Nederlandse snelwegen (Harms 2006), maar dat geeft geen concreet kwantitatief effect op de capaciteit. De verwachting is dat de trajectcontrole in FOSIM geen invloed heeft op de capaciteit. Dit wordt echter wel getest door meerdere simulaties met en zonder trajectcontrole te vergelijken.
- *Rijstrookbreedte.* Deze parameter is instelbaar per wegsectie (rijstrook), default is 350 cm. *“Strookbreedte, samen met andere lokale kenmerken, wordt gebruikt om gedrag te simuleren bij afwijkende strookbreedte. Door de breedte flink te reduceren, wordt de capaciteit verkleind. De standaard strookbreedte in FOSIM is 350 cm. De strookbreedte moet tussen 190 cm en 360 cm liggen.* Zoals boven bij de bespreking van de metingen aangegeven wordt deze functionaliteit uitvoerig bekeken in de validatie. Daarnaast wordt een tabel opgesteld van simulaties waarbij we stapsgewijs de rijstrookbreedtes hebben aangepast.
- *Barrier links/rechts.* je kunt ja/nee kiezen en de barrierafstand (minimaal 10 cm). Geanalyseerd wordt wat het effect is van verschillende instellingen van deze barriers in de simulatie. Indien er een duidelijk effect is, dan kan dit eventueel ook meegenomen worden bij simulatie van meetlocaties waar dit aanwezig is (bijvoorbeeld WIU of tunnels). De huidige verwachting is echter dat deze instelling geen effect heeft op de capaciteit.
- *Spitsstrook en plusstrook.* Deze zaten al in FOSIM 5.1, maar zijn er waarschijnlijk ingezet om een rijstrook tijdelijk te kunnen afsluiten. Om hier meer inzicht in te krijgen worden deze ook gesimuleerd.

2.4 Samenvatting voor de vervolgstap

De vervolgstap van de Validatie FOSIM is om de diverse geselecteerde situaties te simuleren in FOSIM. Op basis van bovenstaande inventarisatie is de onderstaande selectie gemaakt:

Tabel 2-8 Overzicht te simuleren configuraties

Type discontinuïteit	Situatie	Voorstel actie
Afvallende rijstrook	3>2, verschillende vrachtpercentages overeenkomend met metingen	FOSIM vergelijken met Gemiddelde van metingen
Afvallende rijstrook	4>3, verschillende vrachtpercentages overeenkomend met metingen	FOSIM vergelijken met Gemiddelde van metingen
Toerit	Toerit op 2 rijstroken, verschillende vrachtpercentages overeenkomend met metingen	Individueel simuleren met eigen vrachtpercentage en toeritlengte
Toerit	Toerit op 3 rijstroken, verschillende vrachtpercentages	Individueel simuleren met eigen vrachtpercentage en toeritlengte
Toerit met taper	2 rijstroken + 2 rs (taper) > 3	Gemiddelde van metingen
Brug	2 rijstroken met smal profiel	FOSIM vergelijken met Gemiddelde van metingen
Spitsstrook	2 rijstroken + spitsstrook links	Bepalen of intensiteit gehaald wordt in FOSIM
Spitsstrook	2 rijstroken + spitsstrook links met breedtebeperking	Bepalen of intensiteit gehaald wordt in FOSIM
Spitsstrook	2 rijstroken + spitsstrook rechts	Bepalen of intensiteit gehaald wordt in FOSIM
Weefvak	Diverse configuraties, selectie van de 24 beschikbare weefvakken	individueel simuleren met eigen wevende stromen, weefvaklengte, vrachtpercentage
Wegvak	4 rijstroken	Bepalen of intensiteit gehaald wordt in FOSIM
Wegvak	5 rijstroken	Bepalen of intensiteit gehaald wordt in FOSIM
WIU	1 rijstrook smal profiel	FOSIM vergelijken met Gemiddelde van metingen
WIU	2 versmalde rijstroken, Zicht op breedte?	Vergelijking met meetwaarde
WIU	2 versmalde rijstroken (3.25, 2.75 m)	Vergelijking met meetwaarde
WIU	2 versmalde rijstroken (2.85 en 2.50 m)	Vergelijking met meetwaarde
WIU	2 rijstroken geen vluchtstrook	FOSIM vergelijken met Gemiddelde van metingen
WIU	3 versmalde rijstroken, Zicht op breedte?	Vergelijking met meetwaarde
WIU	3 versmalde rijstroken (2.95, 3.05 en 3.50m)	Vergelijking met meetwaarde
WIU	3 versmalde rijstroken (3.05, 3.15 en 3.25 m)	Vergelijking met meetwaarde
WIU	3-1 niet verschoven richting 2x3,50m	Vergelijking met meetwaarde
WIU	4-2 systeem (niet verschoven richting, 3.00, 3.20, 3.50m)	Vergelijking met meetwaarde
WIU	4-2 systeem (niet verschoven richting, 3.25, 3.25 en 3.50m)	Vergelijking met meetwaarde
Trajectcontrole		Onderzoek naar effect in FOSIM
Barrierafstand		Onderzoek naar effect in FOSIM

3 Simuleren en analyseren

In dit hoofdstuk is onderzocht in hoeverre FOSIM een realistisch verkeersbeeld en een realistische capaciteit geeft bij verschillende instellingen. Paragraaf 3.1 beschrijft de uitgangspunten die zijn gebruikt voor ontwerpkeuzes en hoe de capaciteitsmetingen zijn uitgevoerd. In paragraaf 3.2 zijn een aantal FOSIM instellingen (o.a. smalle rijstroken, barriers, schuine rijstroken) generiek onderzocht door varianten te simuleren en de uitkomsten met elkaar te vergelijken. Daarnaast is in paragraaf 3.3 een vergelijking gemaakt tussen FOSIM en de geïnterpreteerde capaciteitsmetingen.

Hoewel de focus in dit onderzoek ligt op capaciteitsmetingen, is het vaststellen van de capaciteit niet altijd goed mogelijk. Een weefvak of een afvallende rijstrook is een duidelijke discontinuïteit, maar bij een spitsstrook ligt dit al minder voor de hand – ook in de praktijk is het moeilijk om de capaciteit van een spitsstrook vast te stellen. In deze gevallen is ook gekeken naar het voertuiggedrag in FOSIM – wat is bijvoorbeeld de verdeling van het verkeer over de rijstroken of de gemiddelde snelheid?

3.1 Uitgangspunten

3.1.1 Capaciteitsmeting

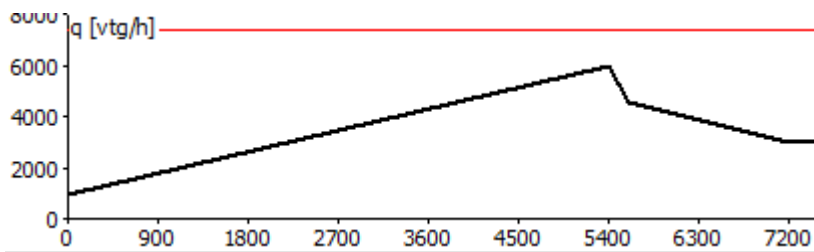
Voor de capaciteitsmetingen in FOSIM sluit dit onderzoek zoveel mogelijk aan bij de methodiek die ook gehanteerd is voor de meest recente FOSIM-berekeningen voor het Handboek CIA (v3 en v4).

Capaciteitsmeting:

- De modellen zijn zo ingesteld dat er iedere simulatierun file ontstaat. Er zijn steeds 100 simulatieruns gedraaid per wegconfiguratie.
- De snelheden en intensiteiten zijn gemeten op basis van aggregatieniveau van 5 minuten
- De filedetector staat net stroomopwaarts van waar file ontstaat. Voor de definitie van file is een snelheid van minder dan 50 km/u op een rijstrook gehanteerd
- De (afrij)capaciteit is net stroomafwaarts van de file gemeten.
- De uiteindelijk gepresenteerde capaciteit is de mediaan van de 100 capaciteitsmetingen. Voor alle wegconfiguraties zijn de Brilon, FOSIM en afrijcapaciteit berekend.

Verloop intensiteiten tijdens de capaciteitsbepaling:

- Iedere simulatierun duurt 7200 seconden (2 uur).
- De intensiteit neemt met 75 voertuigen/uur/strook toe tot de maximale intensiteit op $t=5400$, waarbij de file in ieder geval pas na $t=1800$ ontstaat. Hierbij is het aantal stroken op basis van de aanwezige stroken in de bottleneck genomen.
- Na $t=5400$ neemt de intensiteit af zodat de file niet teveel toe- of afneemt: op $t=5600$ ligt de intensiteit 15% lager dan op $t=5400$ en aan het einde van de simulatie op $t=7200$ 50% lager dan op $t=5400$.



Figuur 3-1 Intensiteitsverloop tijdens simulatie

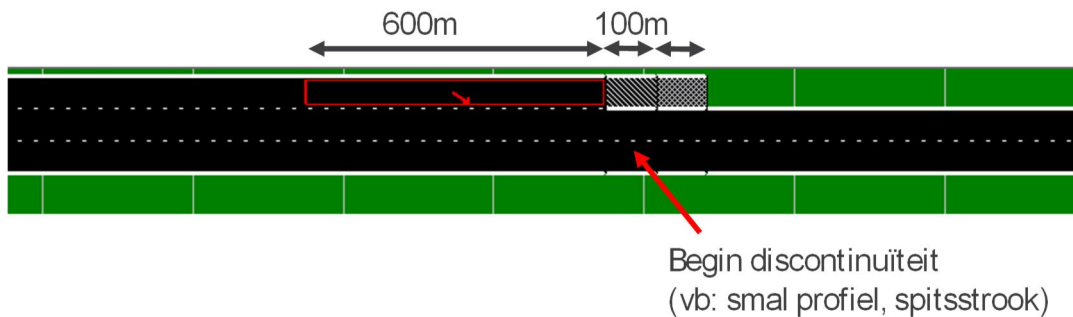
Overige uitgangspunten:

- Standaard wordt een vrachtpercentage van 15% gehanteerd, als hiervan is afgeweken is dit vermeld.
- Voor en na de te onderzoeken discontinuïteit is in de modellen 2 km reguliere weg opgenomen.

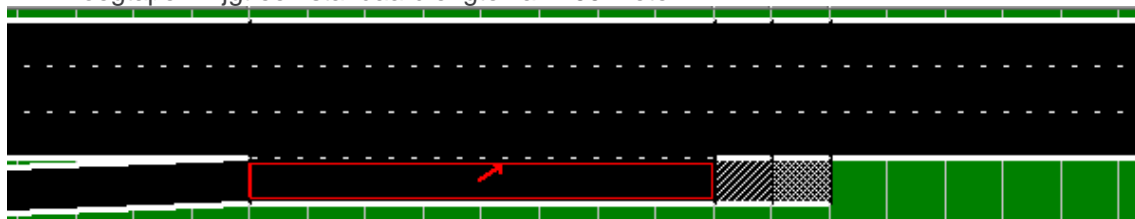
3.1.2 Instellingen wegontwerp

Voor het wegontwerp en de strookwisselgebied is in dit onderzoek zoveel mogelijk uitgegaan van dezelfde uitgangspunten per wegconfiguratie om de varianten onderling te kunnen vergelijken:

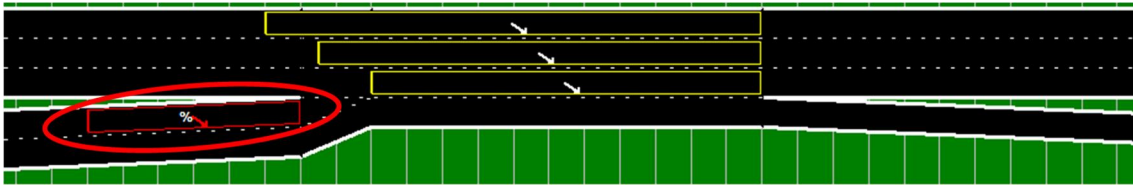
- Discontinuïteit op doorgaande weg (zonder invoegende of uitvoegende verkeersstromen): Deze zijn gemodelleerd door een afvallende linkerrijstrook. Hierbij is een verplicht strookwisselgebied van 600 meter gehanteerd, samen met een afstropping van 100 meter met aan het eind een afzetting.



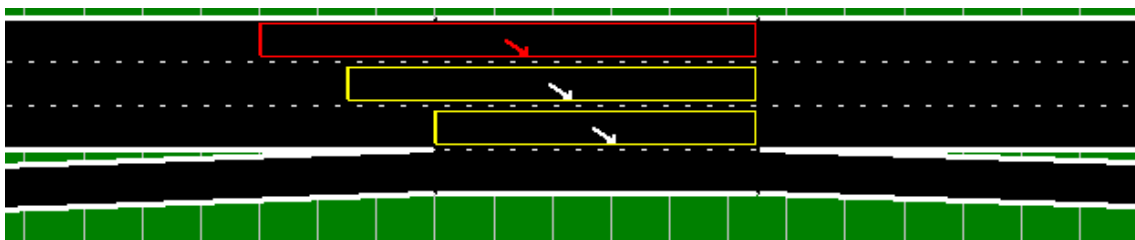
- Invoeging: verplicht strookwisselgebied over de gehele lengte van de invoeging. Een invoegtaper krijgt een standaardlengte van 200 meter.



Bij een invoegtaper is het mogelijk om (een deel van) het verkeer op de linkerrijstrook vóór het begin van de taper rechts te laten voorsorteren afhankelijk van de bestemming. Dit staat standaard op 0 meter, deze instelling wordt ook in de modellen gehanteerd tenzij het voor de modellering noodzakelijk blijkt om hiervan af te wijken. Een voorbeeld waar dit wel wenselijk is, is een taper bij een weefvak, waar het niet logisch is dat verkeer richting de uitvoeging eerst nog invoegt op de hoofdrijbaan:

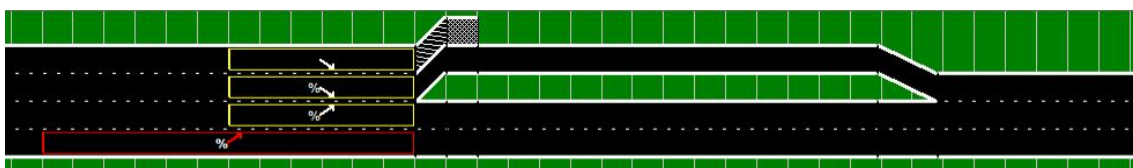


- Weefvakken: voor het CIA is de volgende instelling van strookwisselgebieden gebruikt: verplicht strookwisselen over de gehele weefvaklengte + 150 meter per extra rijstrook(wisseling) en altijd 0 meter gewenst strookwisselen. Dezelfde instellingen zijn ook gebruikt in de modellen voor de FOSIM-validatie.



De gedachte achter deze instelling is dat bij lage intensiteiten het verkeer snel aan het begin van het weefvak zal wisselen van rijstrook. Bovendien geeft deze instelling een vaste regel om FOSIM-modellen in te stellen, waardoor deze makkelijker onderling vergelijkbaar zijn. Het kan echter voorkomen dat de capaciteit van een weefvak in FOSIM beter benaderd kan worden door af te wijken van deze regel en bijvoorbeeld een stuk gewenst strookwisselen op te nemen. Dit vraagstuk komt verderop ter sprake.

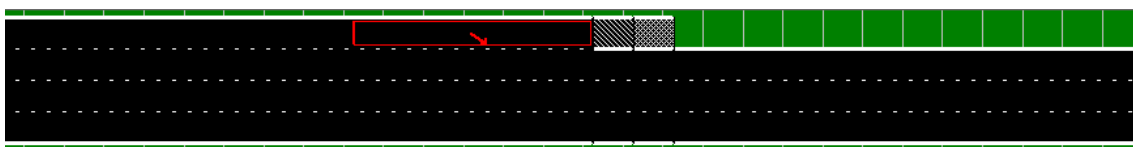
- Werk in Uitvoering: bij een 3-1- en een 4-2-systeem is sprake van gescheiden rijbanen in dezelfde richting. In deze situatie wordt het vrachtverkeer op de meest rechter rijbaan gezet. Het overige verkeer wordt optimaal over de twee rijbanen verdeeld. In FOSIM is het alleen mogelijk om routekeuze expliciet te modelleren door een splitsingsfractie in te stellen bij het keuzepunt.



3.2 Simulaties generieke FOSIM-instellingen

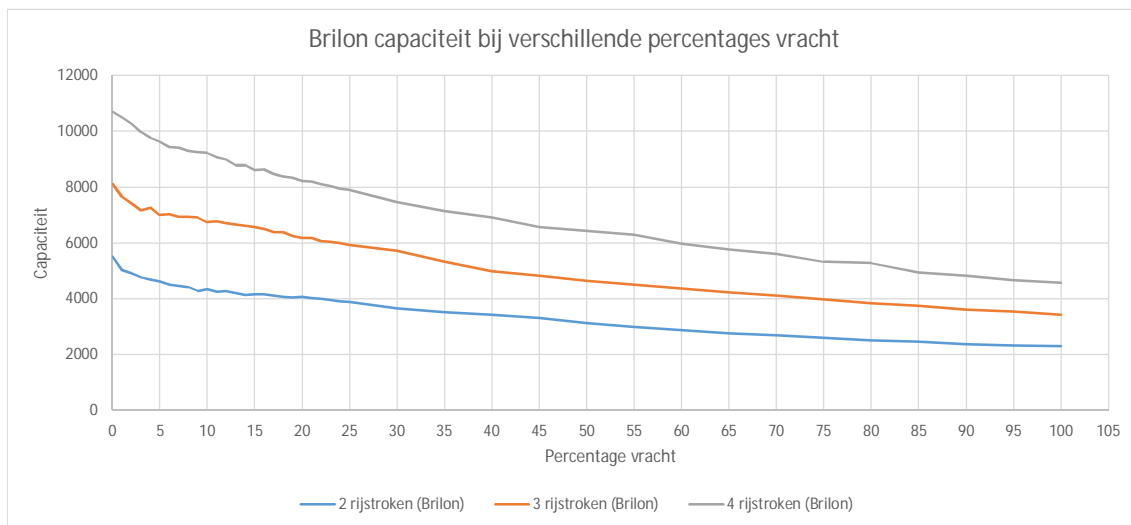
3.2.1 Algemeen: Standaardcapaciteit en aandeel vrachtverkeer

Als referentiemetingen zijn modelruns gedraaid voor de reguliere situatie met 2, 3 en 4 rijstroken en met een variërend percentage vracht van 0 tot 100%.

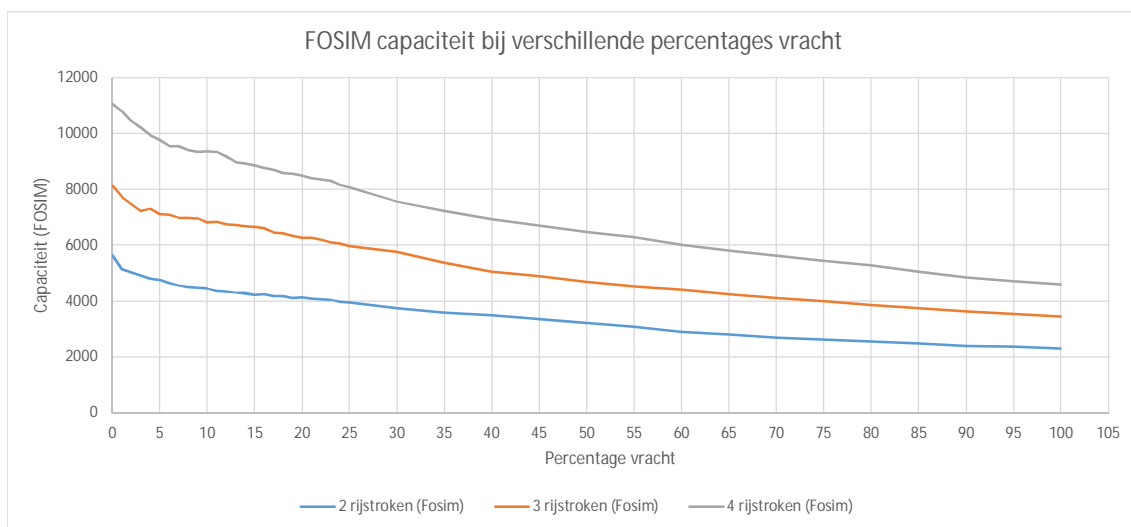


In onderstaande grafieken zijn de resultaten van deze referentiemetingen weergegeven. Het meest opvallende is dat bij een zeer laag percentage vracht (0-2% vracht) de vrije capaciteit fors toeneemt. Dit geldt zowel voor de Brilon-capaciteit als voor de FOSIM-capaciteit en is het sterkst terug te zien bij 2 of 3 rijstroken. Bij hogere percentages vracht is het verband tussen de capaciteit en het percentage redelijk lineair.

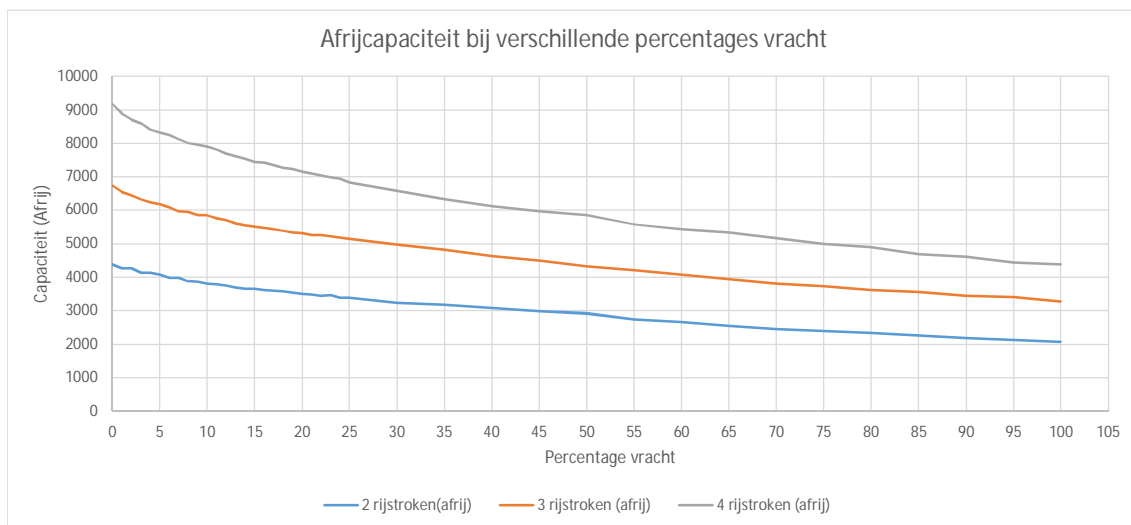
De 'rimpeltjes' in het verloop van de capaciteitswaarde zijn het gevolg van de keuze om de mediaan van 100 modelruns te nemen. Bij een hoger aantal runs zou het verloop naar verwachting nog iets soepeler zijn geweest.



Figuur 3-2: Vrije capaciteit (Brilon) bij 2, 3 en 4 rijstroken en met verschillende percentages vrachtverkeer



Figuur 3-3: Vrije capaciteit (FOSIM) bij 2, 3 en 4 rijstroken en met verschillende percentages vrachtverkeer



Figuur 3-4 Afrjcapaciteit bij 2, 3 en 4 rijstroken en met verschillende percentages vrachtverkeer

Tabel 3-1: Capaciteitswaarden bij verschillende percentages vrachtverkeer

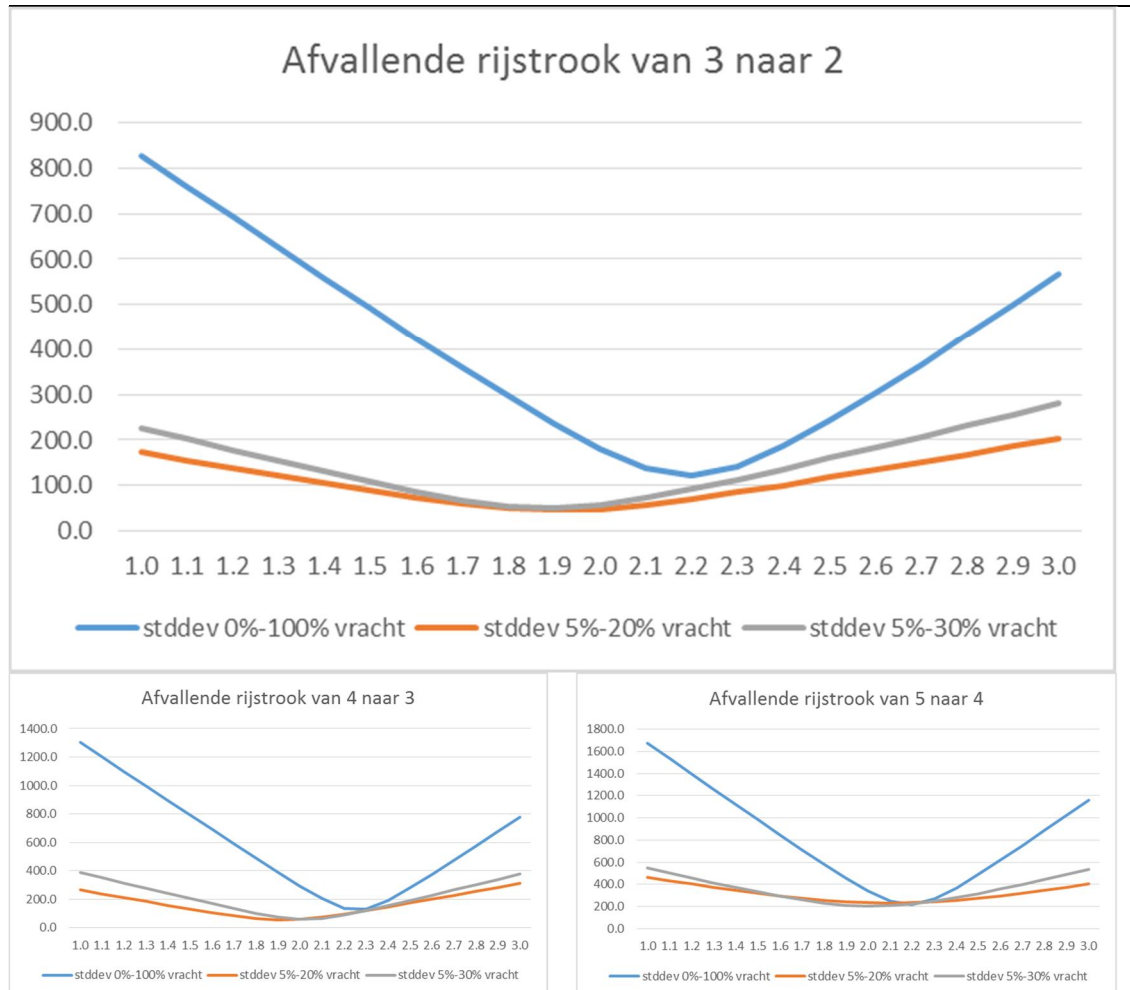
Percentage vracht	Brilon capaciteit			FOSIM capaciteit			Afrjcapaciteit		
	2 rijstroken	3 rijstroken	4 rijstroken	2 rijstroken	3 rijstroken	4 rijstroken	2 rijstroken	3 rijstroken	4 rijstroken
0%	5508	8112	10716	5652	8136	11052	4380	6744	9180
1%	5028	7656	10500	5136	7728	10800	4260	6552	8880
2%	4908	7416	10272	5028	7476	10452	4260	6444	8712
3%	4764	7164	9972	4908	7224	10212	4140	6324	8592
4%	4680	7260	9768	4788	7308	9936	4128	6240	8412
5%	4608	6996	9636	4752	7104	9768	4068	6180	8328
10%	4344	6744	9216	4440	6804	9360	3816	5844	7896
15%	4152	6576	8616	4212	6660	8856	3660	5508	7440
20%	4056	6180	8220	4128	6264	8496	3492	5316	7164
25%	3888	5916	7908	3936	5964	8064	3388	5148	6840
30%	3648	5712	7464	3732	5760	7560	3240	4980	6576
50%	3120	4632	6432	3216	4668	6480	2916	4320	5856
75%	2592	3972	5316	2616	3996	5424	2400	3732	4992
100%	2292	3420	4572	2292	3432	4572	2064	3276	4380

Voor een goede vergelijking van wegvakken met verschillende percentages vrachtverkeer wordt de capaciteit doorgaans van motorvoertuigen (mvt) omgerekend naar personenauto-equivalenten (pae). Daarbij wordt in het Handboek CIA een pae-factor van 2,0 gehanteerd, ofwel een vrachtauto telt voor 2 personenauto's.

Indien zowel de pae-factor als het FOSIM-model correct zou zijn, dan zou voor hetzelfde wegvak onafhankelijk van het percentage vrachtverkeer in theorie overal dezelfde capaciteit in pae moeten gelden.

Om hier meer inzicht in te krijgen, is voor de simulatie van 0%-100% vrachtverkeer de capaciteit berekend bij verschillende pae-factoren (van 1,0 t/m 3,0). Bij een 'juiste' pae-factor zouden de capaciteitswaarden bij verschillende percentages vrachtverkeer zo dicht mogelijk bij elkaar moeten liggen, ofwel een zo klein mogelijke standaarddeviatie moeten hebben. Kijkend over de hele range van vrachtverkeerpercentages is de standaarddeviatie het laagste bij een pae-factor van 2,2 - 2,3. De hele hoge (en lage) percentages vrachtverkeer zijn echter zeer extreem en daardoor niet geheel representatief. Als gekeken wordt naar de simulaties met de meer representatieve 5%-20% vrachtverkeer en 5%-30%

vrachtverkeer, dan ligt de pae-factor rond respectievelijk 1,9 – 2,1 en 1,9 – 2,0. Dit ligt dicht in de buurt van de in het Handboek CIA gehanteerde pae-factor van 2,0.



Figuur 3-5: Standaarddeviatie bij verschillende grootte pae-factor

Conclusie: bij 0% vracht geeft FOSIM een onrealistisch hoge capaciteit. Bij hogere percentages vracht is de capaciteit plausibel.

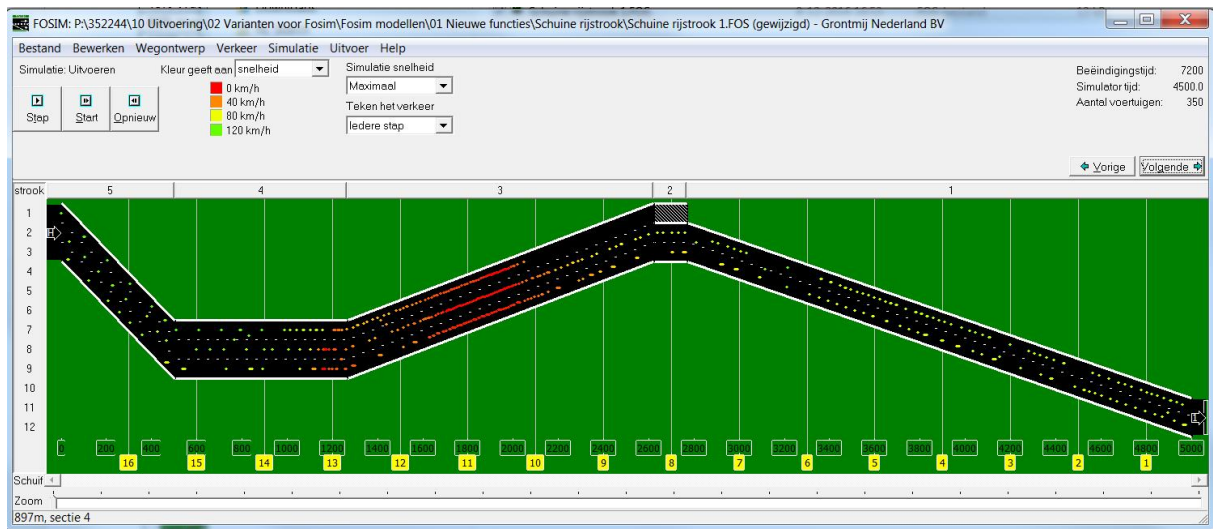
3.2.2 Algemeen: Schuine rijstroken

In FOSIM 6.1 is het ook mogelijk om schuine rijstroken ('schuine elementen') toe te passen. Schuine rijstroken zijn bedoeld om enkele meer complexe wegconfiguraties mogelijk te maken zonder 'trucs' uit te hoeven halen in FOSIM, en kunnen ook dienen om het wegontwerp te verduidelijken / herkenbaarder te maken. De schuine rijstroken hebben geen verkeerskundige betekenis en zouden geen effect op het voertuiggedrag moeten hebben.

Als een rijstrook schuin wordt gecreëerd, heeft deze optisch een langere lengte dan wanneer deze recht wordt gelegd. Auto's rijden hier visueel sneller zodat ze op hetzelfde moment bij het volgende wegvak zijn als bij een recht wegvak. De hectometrerings blijft hierdoor kloppen. In onderstaande tabel is te zien dat de schuine rijstroken geen effect hebben op de capaciteit van de weg, de uitkomsten blijven exact hetzelfde.

Tabel 3-2 Berekende capaciteiten uit FOSIM-simulaties met schuine rijstroken; alle varianten geven identieke resultaten.

Model	Brillon	Fosim	Afrij
Schuine rijstrook 0 opgeschoven (referentie)	4128	4260	3672
Schuine rijstrook 1 opgeschoven	4128	4260	3672
Schuine rijstrook 2 opgeschoven	4128	4260	3672
Schuine rijstrook 3 opgeschoven	4128	4260	3672
Schuine rijstrook 10 opgeschoven	4140	4284	3672

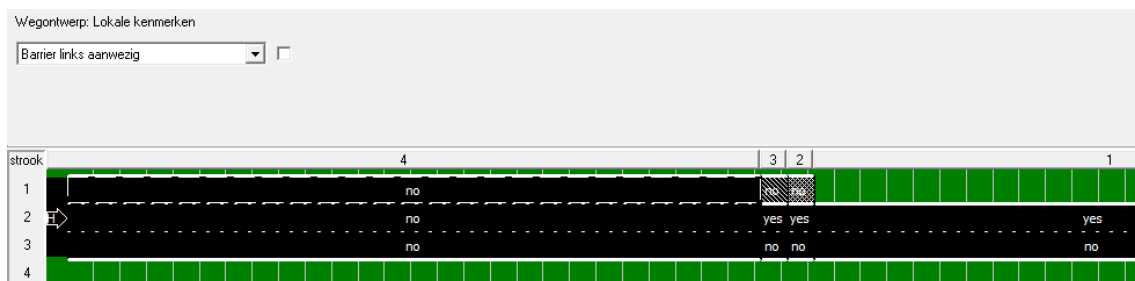


Figuur 3-6 Voorbeeld FOSIM-simulatie schuine rijstroken. Ook deze exotische vormgeving geeft exact dezelfde uitkomsten als de configuratie zonder schuine rijstroken.

Conclusie: het toepassen van de schuine stroken heeft geen effect op de capaciteit, voertuigen gedragen zich op deze stroken exact hetzelfde als op rechte stroken.

3.2.3 Lokale kenmerken: Barriers

In FOSIM kunnen barriers geplaatst worden aan de zijkant van een rijbaan, dit kan zowel links als rechts of aan beide kanten. Ook kunnen de barriers op een verschillende afstand geplaatst worden.



Figuur 3-7: Instellen barrier op de linkerrijstrook in FOSIM

Onderstaande tabel laat de berekende capaciteiten zien met verschillende varianten voor een barrier in het model - barrier links, rechts of aan beide kanten; en een afstand van de barrier op 10, 100 of 200 cm. Wat opvalt is dat de barrier bij alle instellingen exact dezelfde resultaten laat zien, die bovendien overeenkomen met de modelresultaten zonder barrier. Het effect van een barrier zou naar verwachting het sterkste zijn bij smalle rijstroken dicht

op de rijbaan. Ook een combinatie van smalle rijstroken (190 cm) en een barrier heeft echter dezelfde capaciteit als enkel de smalle rijstroken (zie paragraaf 3.2.4). De barrier lijkt daarmee geen invloed te hebben op de modelresultaten.

Tabel 3-3: FOSIM-simulaties barriers

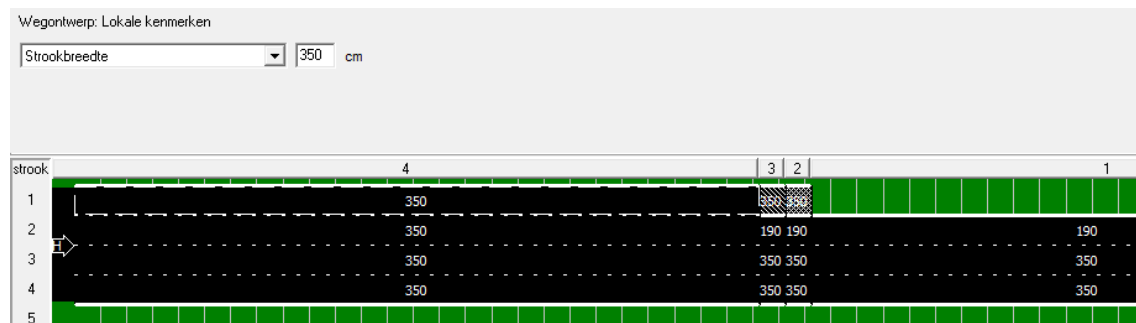
Model	Brilon	Fosim	Afrij
<i>Referentie zonder barriers - 2 rijstroken</i>	4128	4260	3672
Barriere beide - 2 rijstroken - 10cm	4128	4260	3672
Barriere beide - 2 rijstroken - 100cm	4128	4260	3672
Barriere beide - 2 rijstroken - 200cm	4128	4260	3672
Barriere links - 2 rijstroken - 10cm	4128	4260	3672
Barriere links - 2 rijstroken - 100cm	4128	4260	3672
Barriere links - 2 rijstroken - 200cm	4128	4260	3672
Barriere rechts - 2 rijstroken - 10cm	4128	4260	3672
Barriere rechts - 2 rijstroken - 100cm	4128	4260	3672
Barriere rechts - 2 rijstroken - 200cm	4128	4260	3672

Conclusie: het instellen van barriers in FOSIM heeft geen effect op het model

3.2.4 Lokale kenmerken: Smalle rijstroken

Om te onderzoeken hoe FOSIM omgaat met smalle rijstroken is een serie simulaties uitgevoerd met verschillende wegconfiguraties:

- De breedte van de smalle rijstrook / stroken is gevarieerd van 190 (de minimaal instelbare rijstrookbreedte) tot 350 cm.
- Wegconfiguraties met 2 rijstroken en 3 rijstroken zijn bekeken, hierbij is gekeken naar het geval dat alle rijstroken versmald zijn, alleen de linkerrijstrook of alleen de rechterrijstrook.
- Vrachtpercentage is gevarieerd, o.a. om het effect van gestaffeld rijden te onderzoeken.



Figuur 3-8: Instellen smalle rijstroken in FOSIM. In het voorbeeld is de linkerstrook versmald naar 190 cm, de overige rijstroken hebben de standaardwaarde van 350 cm behouden.

In onderstaande tabellen is de resulterende afrijcapaciteit weergegeven voor de verschillende wegconfiguraties – waarbij in de onderste tabel de afrijcapaciteit is uitgedrukt als een indexcijfer ten opzichte van de situatie zonder versmalde rijstroken. Hierbij valt op dat de invloed van de versmallingen op de afrijcapaciteit zeer beperkt is. Een enkele keer ligt de afrijcapaciteit met versmalling zelfs iets hoger dan zonder versmalling.

Tabel 3-4 Afrijcapaciteit FOSIM-simulaties smalle rijstroken voor verschillend aantal rijstroken (2 of 3), rijstrookbreedte smalle stroken (190-350 cm), percentage vracht, en rijstroken die versmald zijn (links, rechts, of alle rijstroken smal).

Afrijcapaciteit		Alle rijstroken smal				Linker rijstrook smal				Rechter rijstrook smal			
Breedte smalle stroken (cm)		0%	5%	15%	25%	0%	5%	15%	25%	0%	5%	15%	25%
2 rijstroken	350	4356	4056	3660	3372								
	300	4356	4044	3636	3360	4356	4056	3660	3396	4356	4044	3660	3396
	280	4356	4056	3624	3372	4404	4044	3636	3372	4332	4044	3636	3396
	250	4380	4008	3684	3396	4368	4056	3636	3396	4332	4008	3672	3348
	220	4416	4056	3672	3384	4356	4080	3672	3384	4356	4056	3624	3360
190	4380	4080	3648	3348	4368	4080	3672	3432	4332	4068	3672	3372	
3 rijstroken	350	6792	6192	5532	5196								
	300	6792	6192	5532	5112	6792	6192	5508	5160	6792	6204	5544	5160
	280	6780	6192	5532	5136	6828	6168	5544	5160	6792	6168	5508	5160
	250	6732	6204	5568	5184	6804	6168	5508	5160	6804	6204	5520	5136
	220	6864	6168	5496	5100	6804	6228	5484	5136	6804	6180	5520	5148
190	6792	6168	5532	5124	6768	6204	5520	5172	6816	6156	5520	5136	

Tabel 3-5 Afrijcapaciteit FOSIM-simulaties met smalle rijstroken, vergelijking met indexcijfer t.o.v. referentie zonder versmallingen

Afrijcapaciteit (indexcijfer: vergelijking met situatie zonder smalle rijstroken)		Alle rijstroken smal				Linker rijstrook smal				Rechter rijstrook smal			
Breedte smalle stroken (cm)		0%	5%	15%	25%	0%	5%	15%	25%	0%	5%	15%	25%
2 rijstroken	350	100	100	100	100								
	300	100	100	99	100	100	100	100	101	100	100	100	101
	280	100	100	99	100	101	100	99	100	99	100	99	101
	250	101	99	101	101	100	100	99	101	100	99	100	99
	220	101	100	100	100	100	101	101	100	100	100	99	100
190	101	101	100	99	100	101	100	102	99	100	100	100	
3 rijstroken	350	100	100	100	100								
	300	100	100	100	98	100	100	100	99	100	100	100	99
	280	100	100	100	99	101	100	100	99	100	100	100	99
	250	99	100	101	100	100	100	100	99	100	100	100	99
	220	101	100	99	98	100	101	99	99	100	100	100	99
190	100	100	100	99	100	100	100	100	100	99	100	99	

In onderstaande tabellen is ook de resulterende vrije capaciteit (Brilon) weergegeven. Ook hier zijn de verschillen tussen de wegconfiguraties beperkt. Opvallend zijn de wegconfiguraties met 3 rijstroken waarbij alle rijstroken versmald zijn of alleen de rechterrijstrook. Hier ligt de capaciteit **hoger** dan in de referentiesituatie.

Tabel 3-6: Vrije capaciteit (Brilon) FOSIM-simulaties met smalle rijstroken

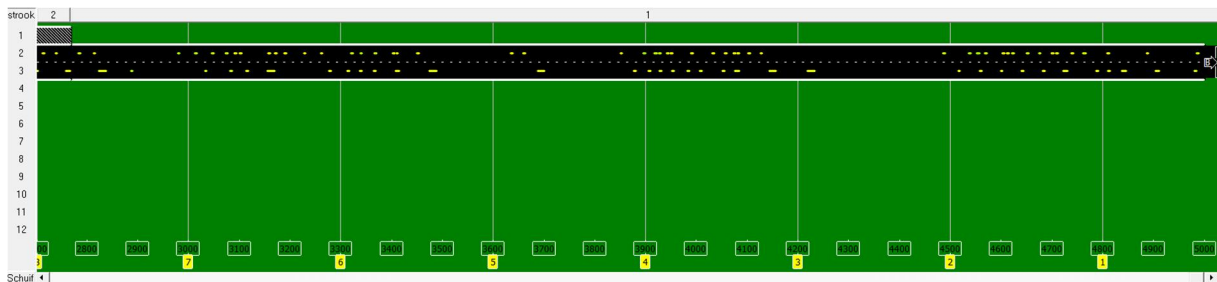
Brilon capaciteit		Alle rijstroken smal				Linker rijstrook smal				Rechter rijstrook smal			
Breedte smalle stroken (cm)		0%	5%	15%	25%	0%	5%	15%	25%	0%	5%	15%	25%
2 rijstroken	350	5568	4560	4140	3876								
	300	5568	4560	4116	3888	5568	4560	4152	3876	5568	4560	4116	3852
	280	5508	4536	4152	3912	5508	4548	4152	3924	5544	4560	4128	3792
	250	5448	4404	3948	3780	5544	4548	4140	3936	5532	4536	4080	3804
	220	5592	4644	4140	3936	5388	4440	4080	3900	5364	4476	4068	3852
190	5580	4548	4104	3804	5376	4428	3996	3852	5388	4476	4092	3888	
3 rijstroken	350	8040	7020	6480	5868								
	300	8040	7092	6492	6120	8040	7020	6468	5904	8040	7056	6432	5784
	280	8028	7020	6492	6180	8028	7116	6468	5916	8040	7092	6432	5808
	250	7932	6900	6504	6168	8016	7068	6456	5856	7956	7032	6468	6120
	220	8172	7260	6852	6456	7956	7056	6384	5808	7920	7008	6432	6060
190	8256	7176	6732	6204	7908	6972	6396	5736	7872	7008	6420	6132	

Tabel 3-7 Vrije capaciteit (Brilon) FOSIM-simulaties met smalle rijstroken, vergelijking met indexcijfer t.o.v. referentie zonder versmallingen

Brilon capaciteit (indexcijfer: vergelijking met situatie zonder smalle rijstroken)

Breedte smalle stroken (cm)	Alle rijstroken smal				Linker rijstrook smal				Rechter rijstrook smal				
	0%	5%	15%	25%	0%	5%	15%	25%	0%	5%	15%	25%	
2 rijstroken	350	100	100	100	100					100	100	99	99
	300	100	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100	98
	280	99	99	100	101	99	100	100	101	100	100	100	98
	250	98	97	95	98	100	100	100	102	99	99	99	98
	220	100	102	100	102	97	97	99	101	96	98	98	99
	190	100	100	99	98	97	97	97	99	97	98	99	100
3 rijstroken	350	100	100	100	100					100	101	99	99
	300	100	101	100	104	100	100	100	101	100	101	99	99
	280	100	100	100	105	100	101	100	101	100	101	99	99
	250	99	98	100	105	100	101	100	100	99	100	100	104
	220	102	103	106	110	99	101	99	99	99	100	99	103
	190	103	102	104	106	98	99	99	98	98	100	99	104

Het instellen van smalle rijstroken lijkt op zowel de vrije capaciteit als de afrijcapaciteit beperkt invloed te hebben. In de simulaties is wel een ander voertuiggedrag zichtbaar. Eén effect wat lijkt op te treden is gestaffeld rijden. Zoals te zien is op onderstaande afbeelding, waar de linkerrijstrook versmald is. Hierbij durft slechts een klein percentage van de automobilisten nog vrachtwagens in te halen, de rest blijft er gestaffeld achter rijden. Hoe breder de rijstroken, hoe groter het percentage auto's is dat vrachtwagens durft in te halen. Dit is het geval wanneer beide rijstroken 190 cm zijn, tot wanneer de rijstroken 290 cm zijn. Bij 300 cm rijstrookbreedte lijken alle auto's vrachtwagens in te halen. Auto's onderling halen elkaar wel in op normale wijze.



Figuur 3-9: Auto's halen minder vaak vrachtwagens in en blijven er achter hangen.

Om dit effect nader te onderzoeken is gekeken naar de gemiddelde snelheden en de verdeling van het verkeer over de rijstroken bij verschillende configuraties in de situatie waarin het redelijk druk is op de weg maar waarin er nog geen file ontstaat. Verder is onderscheid gemaakt naar de situatie direct bij het begin van de versmalling en het effect ruim een kilometer stroomafwaarts hiervan. Te zien is dat de versmalling zorgt voor lagere gemiddelde snelheden. Vlak na het begin van de versmalling komt de verdeling van het verkeer redelijk overeen met die van de situatie zonder versmalling, een kilometer stroomafwaarts stelt zich een nieuwe verdeling in. Bij een versmalling op de rechterrijstrook lijkt de verdeling van het verkeer nog het meest op die van de situatie zonder versmalling, de gemiddelde snelheid ligt hierbij nog wel lager.

Tabel 3-8: Gemiddelde snelheid en verdeling verkeer over de rijstroken bij smalle rijstroken (2)

Situatie vlak na begin smalle rijstroken

	Gemiddelde snelheid (km/u)			
	Referentie	Links smal (190 cm)	Rechts smal (190 cm)	Beide smal (190 cm)
Rijstrook 1	103	97	99	88
Rijstrook 2	93	92	88	86
Verdeling verkeer over de rijstroken				
Rijstrook 1	64%	61%	66%	61%
Rijstrook 2	36%	39%	34%	39%

Situatie >1km strookafwaarts na begin smalle rijstroken

	Gemiddelde snelheid (km/u)			
	Referentie	Links smal (190 cm)	Rechts smal (190 cm)	Beide smal (190 cm)
Rijstrook 1	102	92	92	84
Rijstrook 2	92	89	86	83
Verdeling verkeer over de rijstroken				
Rijstrook 1	67%	56%	65%	53%
Rijstrook 2	33%	44%	35%	47%

Tabel 3-9: Gemiddelde snelheid en verdeling verkeer over de rijstroken bij smalle rijstroken (3)

Situatie vlak na begin smalle rijstroken

	Gemiddelde snelheid (km/u)			
	Referentie	Links smal (190 cm)	Rechts smal (190 cm)	Beide smal (190 cm)
Rijstrook 1	110	107	109	95
Rijstrook 2	102	102	98	87
Rijstrook 3	92	92	88	87
Verdeling verkeer over de rijstroken				
Rijstrook 1	46%	42%	49%	50%
Rijstrook 2	31%	34%	31%	27%
Rijstrook 3	23%	24%	21%	23%

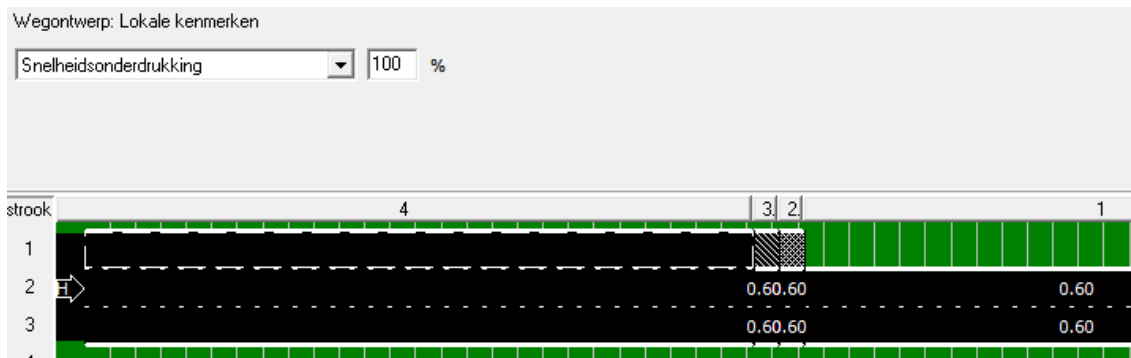
Situatie >1km strookafwaarts na begin smalle rijstroken

	Gemiddelde snelheid (km/u)			
	Referentie	Links smal (190 cm)	Rechts smal (190 cm)	Beide smal (190 cm)
Rijstrook 1	110	106	104	87
Rijstrook 2	101	101	94	82
Rijstrook 3	92	91	86	81
Verdeling verkeer over de rijstroken				
Rijstrook 1	46%	41%	51%	39%
Rijstrook 2	31%	36%	29%	32%
Rijstrook 3	23%	23%	21%	29%

Conclusie: het instellen van smalle rijstroken in FOSIM heeft een zeer beperkt effect op zowel de vrije capaciteit als de afrijcapaciteit. Wel gedragen voertuigen zich (iets) anders door de smalle rijstroken.

3.2.5 Lokale kenmerken: Snelheidsonderdrukking

In FOSIM is het ook mogelijk om op wegvakken een snelheidsonderdrukking in te stellen, bijvoorbeeld om een krappe bocht te modelleren. Het percentage snelheidsonderdrukking is het percentage wat overblijft van de gewenste snelheid. Dus 80% snelheidsonderdrukking met een maximale snelheid van 120 km/uur levert een gewenste snelheid van 96 km/uur op.



Figuur 3-10: Instellen snelheidsonderdrukking in FOSIM.

Uit de helpfunctie: “Omdat snelheidsonderdrukking altijd toegepast wordt op de wenssnelheden bij een snelheidslimiet van 120 km/h, kunt u snelheidsonderdrukking niet combineren met een maximumsnelheid lager dan 120 km/h. Als u dit toch doet, stelt FOSIM de snelheidslimiet voor de betreffende locatie automatisch op 120 km/h.” Dit is getest en klopt met de daadwerkelijke werking in het simulatiemodel. Als je de snelheids- onderdrukking wijzigt, wordt de maximumsnelheid automatisch weer 120 km/u, zonder melding. Een snelheids- onderdrukking van 50% levert dus altijd een snelheidslimiet van 60 km/uur op, ongeacht de vooraf ingestelde maximumsnelheid.

Om het effect van de snelheids- onderdrukking op de capaciteit te onderzoeken zijn varianten met een verschillende snelheids- onderdrukking gemaakt. Hierbij valt op dat de snelheids- onderdrukking alleen in 10-tallen ingesteld kan worden, dus bijvoorbeeld wel 70% maar niet 75%. Bij een sterke snelheids- onderdrukking (60% of een lager percentage) vertraagt het verkeer zodanig dat de snelheid ook zonder echte file onder de 50 km/u komt. Voor deze situatie is de capaciteit niet meer goed te meten.

In de tabel is te zien dat de snelheids- onderdrukking nauwelijks effect heeft op de afrijcapaciteit en een licht effect op de vrije capaciteit. Het beperkte effect op de afrijcapaciteit is verklaarbaar, aangezien in congestie de snelheid doorgaans lager zal zijn dan de ingestelde snelheids- onderdrukking.

Tabel 3-10: FOSIM-simulaties snelheids- onderdrukking

Model	Snelheid (km/u)	Brilon	Fosim	Afrij
Snelheids- onderdrukking 70pct	84	3876	3984	3636
Snelheids- onderdrukking 80pct	96	4092	4188	3648
Snelheids- onderdrukking 90pct	108	4116	4224	3648
Snelheids- onderdrukking 100pct (referentie)	120	4104	4272	3684

Conclusie: de snelheids- onderdrukking heeft een (licht) effect op de capaciteit

3.2.6 Lokale kenmerken: Trajectcontrole

Bij de optie trajectcontrole zijn geen onderliggende parameters instelbaar. De keuze is om op een wegvak wel of geen trajectcontrole toe te passen. Het aanzetten van de trajectcontrole levert een onrealistisch verkeersbeeld op. Voertuigen rijden met een snelheid van rond de 30 km/uur op een wegvak met trajectcontrole. Hierdoor is het niet mogelijk om een (zinvolle) capaciteitsberekening te maken, er ontstaat namelijk altijd file.

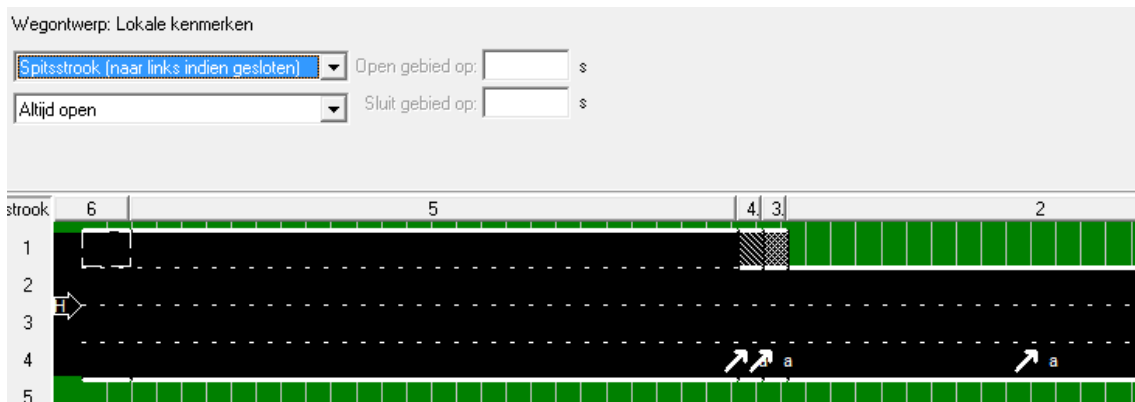


Figuur 3-11: Simulatie met trajectcontrole, weergegeven is de situatie na enkele minuten simuleren met lage intensiteiten.

Conclusie: trajectcontrole heeft een sterk onrealistisch effect op het verkeersgedrag.

3.2.7 Lokale kenmerken: Spitsstroken links en rechts

In FOSIM kan zowel een spitsstrook rechts als een spitsstrook links (plusstrook) worden ingesteld. Per voertuigtype is in de voertuigparameters de 'kans peak lane' (respectievelijk 'kans plus lane' voor plusstroken) ingesteld die het gedrag van de voertuigen op de spitsstrook beïnvloedt. Hierbij betreft het gekozen percentage het deel van de voertuigen dat bereid is van de spitsstrook gebruik te maken. Bij een 'kans peak lane' van 0.9 zal bijvoorbeeld 10% van het verkeer de spitsstrook mijden. In de ingestelde voertuigparameters valt op dat de waarden per voertuigklasse sterk verschillend zijn. Een vraag die hierbij opkomt, is in hoeverre de effecten van een smalle rijstrookbreedte voor een spitsstrook al gemodelleerd worden door deze parameters, en of de combinatie van een spitsstrook en daarnaast nog een versmalde rijstrook een onrealistisch effect geeft in FOSIM. Om een indruk te krijgen van het effect van deze parameters zijn de FOSIM-modellen doorgerekend met de standaardinstellingen en met de instellingen 'kans peak lane' op 0 voor alle voertuigtypen en 'kans peak lane' op 1 voor alle voertuigtypen.



Figuur 3-12: Instellen spitsstrook in FOSIM

Een spitsstrook links of rechts kan automatisch worden opengezet door FOSIM, gebaseerd op tijd, of snelheid of intensiteit bij een bepaalde detector. Dit lijkt zonder problemen te werken in de simulaties.

Tabel 3-11: Berekende capaciteiten FOSIM-simulaties spitsstrook links en rechts

	Brilon capaciteit		
	standaard	peaklane = 0	peaklane = 1
3 rijstroken reguliere rijstroken	6480		
spitsstrook rechts	6228	4332	6516
spitsstrook links (plusstrook)	5988	4464	6432
4 rijstroken reguliere rijstroken	8676		
spitsstrook rechts	8472	6240	8760
spitsstrook links (plusstrook)	7932	6768	8460

		Fosim capaciteit		
		standaard	peaklane = 0	peaklane = 1
3 rijstroken	reguliere rijstroken	6696		
	spitsstrook rechts	6492	4788	6756
	spitsstrook links (plusstrook)	6204	4752	6732
4 rijstroken	reguliere rijstroken	8904		
	spitsstrook rechts	8832	7224	8952
	spitsstrook links (plusstrook)	8316	7236	8856

		Afrijcapaciteit		
		standaard	peaklane = 0	peaklane = 1
3 rijstroken	reguliere rijstroken	5544		
	spitsstrook rechts	5568	4512	5532
	spitsstrook links (plusstrook)	5568	4764	5532
4 rijstroken	reguliere rijstroken	7440		
	spitsstrook rechts	7476	6648	7452
	spitsstrook links (plusstrook)	7512	6936	7452

In de simulatieresultaten is te zien dat de capaciteit van een spitsstrook rechts met standaardinstellingen iets lager ligt dan met reguliere rijstroken. In de capaciteitsmetingen heeft een spitsstrook rechts echter een significant lagere vrije capaciteit, namelijk ongeveer 5.300 mvt/u tegenover 6.200 mvt/u uit FOSIM.

De capaciteit van een spitsstrook links (plusstrook) ligt bij de FOSIM-simulaties nog een stukje lager dan bij een spitsstrook rechts. De capaciteitsmetingen geven voor een spitsstrook links echter juist een hogere waarde van 6.100 mvt/u (bij normale rijstrookbreedte, anders 5.800 mvt/u), iets lager dan de reguliere capaciteit. Dit ligt meer in lijn met de 6.000 mvt/u uit FOSIM (hoewel de standaard capaciteit bij 3 rijstroken in FOSIM hoger ligt dan het gemiddelde van de metingen (namelijk 6.200 mvt/u).

De afrijcapaciteit is voor de drie varianten gelijk. Met de instelling 'kans peak lane' op 0 neemt de capaciteit sterk af, de spitsstrook wordt hierbij bijna niet meer gebruikt. Te zien is dat voertuigen zo snel mogelijk van de spitsstrook op de overige rijstroken proberen in te voegen. Met 'kans peak lane' op 1 is de capaciteit van de varianten met spitsstrook nagenoeg gelijk aan de referentiesituatie.

Tabel 3-12: Verdeling verkeer over de rijstroken bij 3 (2+1) rijstroken en een intensiteit van 5200 mvt/u

	Regulier	Spitsstrook links	Spitsstrook rechts
Rijstrook 1	47%	30%	52%
Rijstrook 2	31%	45%	34%
Rijstrook 3	22%	24%	14%

Tabel 3-13: Verdeling verkeer over de rijstroken bij 4 (3+1) rijstroken en een intensiteit van 7000 mvt/u

	Regulier	Spitsstrook links	Spitsstrook rechts
Rijstrook 1	33%	15%	36%
Rijstrook 2	27%	42%	27%
Rijstrook 3	24%	27%	25%
Rijstrook 4	16%	16%	12%

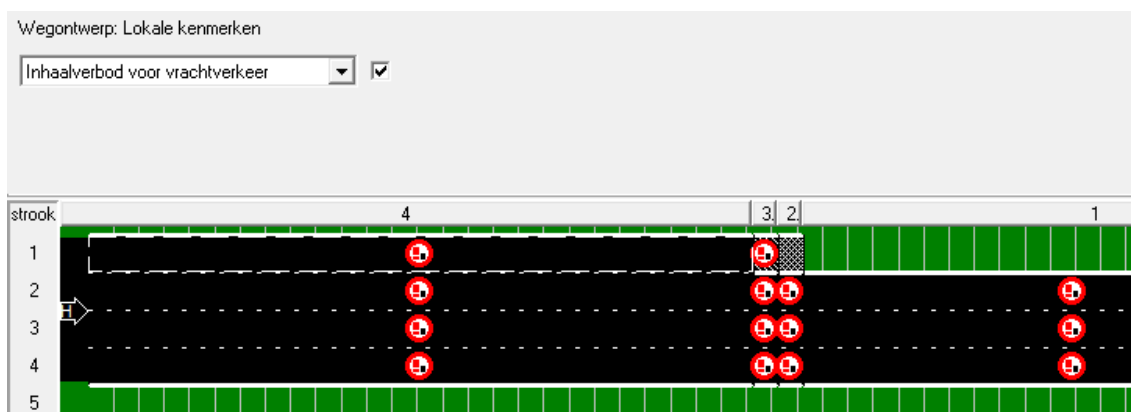
In Tabel 3-12 en Tabel 3-13 staat de verdeling van het verkeer over de rijstroken weergegeven voor zowel de referentie als voor de varianten met spitsstroken in de situatie dat het redelijk druk is op de weg maar er nog geen file ontstaat. Hierin komen duidelijke verschillen naar voren. Met 2+1 rijstroken inclusief een spitsstrook rechts valt op dat de meest linkerrijstrook 52% van het totaal aantal voertuigen bevat, dit lijkt een hoog percentage. Echter in de referentiesituatie met 3 reguliere rijstroken bevat de linkerrijstrook ook al 47% van het verkeer.

Conclusie: het instellen van een spitsstrook heeft invloed op het verkeersgedrag en daarmee ook op capaciteit. Het verkeersgedrag verschilt sterk per voertuigtype. Onduidelijk is in hoeverre de modellering van smalle rijstroken al impliciet opgenomen is in de modellen. De plusstrook heeft een lagere capaciteit dan de spitsstrook in FOSIM. Dit is tegenstrijdig aan de beschikbare capaciteitsmetingen. Voor een spitsstrook rechts liggen de meetwaarden van de vrije capaciteit significant lager dan de resultaten uit FOSIM.

3.2.8 Lokale kenmerken: Inhaalverbod vrachtverkeer

In FOSIM kan per wegvak een inhaalverbod worden ingesteld voor vrachtverkeer. Om te onderzoeken wat het effect is van een inhaalverbod op de capaciteit in FOSIM is onderscheid gemaakt naar drie situaties:

1. de referentiesituatie zonder inhaalverbod;
2. een inhaalverbod voor vrachtverkeer na de afvallende rijstrook;
3. een inhaalverbod voor vrachtverkeer in het gehele model.



Figuur 3-13: Instellen inhaalverbod voor vrachtverkeer in FOSIM

Voor deze situaties is voor verschillende percentages vrachtverkeer en voor een verschillend aantal rijstroken de capaciteit berekend, zie Tabel 3-14 en Tabel 3-15.

Tabel 3-14: FOSIM-simulaties inhaalverbod vrachtverkeer

Vrije capaciteit (Brilon)

# Rijstroken	Referentie	Vrachtverbod na afvallende rijstrook			Vrachtverbod gehele model	
5% vracht	2	4560	4572	0,3%	4620	1,3%
	3	7080	7032	-0,7%	7056	-0,3%
	4	9492	9492	0,0%	9480	-0,1%
15% vracht	2	4140	4140	0,0%	4164	0,6%
	3	6444	6456	0,2%	6588	2,2%
	4	8640	8736	1,1%	8868	2,6%
25% vracht	2	3864	3852	-0,3%	3996	3,4%
	3	5904	5940	0,6%	6072	2,8%
	4	7836	7872	0,5%	8076	3,1%

Tabel 3-15: Afrijcapaciteit FOSIM inhaalverbod vrachtverkeer

Afrijcapaciteit

# Rijstroken	Referentie	Vrachtverbod na afvallende rijstrook			Vrachtverbod gehele model	
5% vracht	2	4092	4116	0,6%	4092	0,0%
	3	6204	6228	0,4%	6228	0,4%
	4	8388	8352	-0,4%	8424	0,4%
15% vracht	2	3672	3660	-0,3%	3672	0,0%
	3	5556	5544	-0,2%	5592	0,6%
	4	7440	7440	0,0%	7656	2,9%
25% vracht	2	3396	3396	0,0%	3456	1,8%
	3	5160	5136	-0,5%	5268	2,1%
	4	6864	6828	-0,5%	6960	1,4%

In de tabellen is te zien dat bij een inhaalverbod voor vracht na de afvallende rijstrook de capaciteit soms iets afneemt en soms iets toeneemt ten opzichte van de referentie, de afwijkingen zijn echter klein. Bij deze metingen is er ook weinig 'voordeel' van het inhaalverbod voor vracht bij het weven bij de discontinuïteit. Bij een inhaalverbod voor vracht voor het volledige model is wel een licht positief effect te zien, wat sterker is bij een hoger percentage vracht.

Het inhaalverbod in het gehele model zorgt voor een capaciteitstoename van 0,0 - 2,9% (bij 15% vrachtverkeer). Dit komt goed overeen met de in het Handboek CIA gehanteerde gemiddelde waarde van 1,4% (met een spreiding tussen de 0% en 4% op basis van diverse onderzoeken).

Bij 25% vrachtverkeer in het model is het effect bij 2 en 3 rijstroken echter nog positiever, terwijl hier conform het Handboek CIA de verwachting is dat het effect lager is doordat er zich treintjes van vrachtwagens gaan vormen achter een langzamere vrachtwagen. Effecten op de capaciteit ontstaan in de praktijk dan echter rondom invoegstroken en locaties met

veel weefbewegingen, waar treintjes van vrachtwagens het in-/uitvoegen bemoeilijken. In deze simulatie is hiervan geen sprake. De verschillen zijn ook klein.

Conclusie: De effecten bij 15% vrachtverkeer liggen in de lijn van verwachting op basis van eerder uitgevoerde onderzoeken. De capaciteitswaarde in FOSIM bij 25% vracht is echter nog hoger, terwijl het Handboek CIA hierover zegt dat het effect juist negatiever zou moeten uitpakken.

3.2.9 Algemeen: overige constatering

Tijdens het opstellen van de verschillende varianten zijn er een aantal punten aan de orde gekomen die nog niet kunnen in FOSIM 6.1. Dit zijn onder andere:

- De maximale snelheid die kan worden ingevoerd in FOSIM ligt tussen de 70 km/u en 120 km/u. Wegen waarop 130 km/u wordt gereden kunnen dus niet correct worden ingevoerd in FOSIM. In een recent onderzoek van Sweco ('Verkeersveiligheidsanalyse snelheidsverhoging autosnelwegen') is ook gekeken naar het effect van het invoeren van 130 km/u op de gerealiseerde snelheden. Hieruit kwam naar voren dat de gemiddelde gerealiseerde snelheid slechts beperkt toeneemt (1-2 km/u toename).
- FOSIM crashte een enkele keer bij het wijzigen van het percentage vrachtverkeer. Hier is nog geen logica achter gevonden wanneer het model wel/niet crasht. FOSIM geeft ook vaak een foutmelding bij het afsluiten na een simulatie. FOSIM 6.1 lijkt wel een stuk stabiel te werken dan versie 6.0.5.
- Als je een netwerk hebt gebouwd inclusief lokale kenmerken, dan moet je eerst het model opslaan, FOSIM afsluiten en dan het model opnieuw openen. Hierdoor worden alle instellingen vastgezet voor de simulatie. Anders kan het voorkomen dat de simulatie nog met oude instellingen wordt gedraaid, ondanks dat deze al wel zijn aangepast.

3.3 **Simulaties praktijksituaties**

3.3.1 Weefvakken

De weefvakken waarvan gemeten capaciteiten beschikbaar zijn, zijn nagebouwd in FOSIM. Voor de meeste van deze weefvakken is niet alle benodigde informatie beschikbaar: het percentage wevend verkeer, het aandeel vrachtverkeer en de verhouding van het verkeer op de ingaande takken. Deze informatie is in deze gevallen uit het NRM West 2016 (basisjaar 2010) gehaald, voor de percentages wevend verkeer zijn selected links gedraaid; de waarden zijn gebaseerd op de maatgevende (drukste) spitsperiode. Voor verzorgingsplaatsen, die niet in het NRM zitten, is een inschatting gemaakt. Voor het berekenen van de capaciteit van nieuwe weefvakken met FOSIM is het NRM veelal de enige bron van informatie over de te verwachten verkeersstromen.

In onderstaande tabel zijn de capaciteitsmetingen van weefvakken vergeleken met de FOSIM-berekeningen. Te zien is dat er zowel locaties zijn waarbij de berekende capaciteiten fors hoger zijn dan de gemeten waarden als locaties waar de berekende capaciteiten fors lager liggen.

Tabel 3-16: Weefvakcapaciteiten: gemeten waarden en FOSIM berekeningen

Naam locatie	Vrije capaciteit (Brilon)		Verschil		Afrijcapaciteit		Verschil	
	model	meting	absoluut	%	model	meting	absoluut	%
A4 HRR Kp. De Hoek - Burgerveen	8604	12048	-3444	-40%	9408			
A10R Splitsing De Nieuwe Meer	6312	8016	-1704	-27%	5352	6084	-732	-14%
A27R Weefvak Lunetten-Rijnsweerd	6924	8040	-1116	-16%	4800	6380	-1580	-33%
Knp Hintham	3828	4344	-516	-13%	3408	4533	-1125	-33%
A1L Invoeger Kp Muiderberg	7164	7956	-792	-11%	6516	6051	465	7%
A10L Watergraafsmeer - Zeeburg	6324	7020	-696	-11%	6300	6258	42	1%
A15 Maasvlakte-Rotterdam	4692	5180	-488	-10%	4032	4359	-327	-8%
A8R Weefvak Coenplein - Zaandam	6888	6780	108	2%	5184	5348	-164	-3%
A12 hrr Voorburg -> Pr. Clauspln	6012	5832	180	3%	4728	6204	-1476	-31%
A27R Invoeger Hagestein	4704	4496	208	4%	4104	4248	-144	-4%
A13 HRL Delft-noord	7752	7176	576	7%	5868	5160	708	12%
A13R Toerit Delft-Zuid	7200	6624	576	8%	5988	5676	312	5%
A12 Den Haag-Utrecht	6624	6075	549	8%	4692	5178	-486	-10%
A1 Diemen-Muiderberg	7860	6684	1176	15%	6492	4925	1567	24%
A12R Zoetermeer - Bleiswijk	5628	4728	900	16%	5112	4246	866	17%
A10 Ring Zuid Watergraafsmeer-knp Amstel	7716	6263	1453	19%	7680	4418	3262	42%
A20 Hoek van Holland-Rotterdam	7512	6096	1416	19%	5628	4500	1128	20%
A27 knp Gorinchem-knp Everdingen	5916	4359	1557	26%	4488	2849	1639	37%
A27 Rijnsweerd-Lunetten	7200	5016	2184	30%	4956	4380	576	12%

Voor een deel van de weefvakken waar FOSIM hogere capaciteiten geeft dan de metingen lijken deze metingen onrealistisch laag. Voor de vijf weefvakken waarbij de capaciteitswaarde in FOSIM relatief het laagst is ten opzichte van de meting is de oorzaak onderzocht:

- A4 HRR Kp. De Hoek – Burgerveen: een hoog aandeel invoegend verkeer in het NRM;
- A10R Splitsing De Nieuwe Meer: een hoog aandeel wevend verkeer vanaf de A10;
- A27R Lunetten Rijnsweerd: de verhouding van het verkeer op de ingaande takken ligt wat scheef waardoor hier eerder een bottleneck ontstaat dan in het weefvak zelf;
- Knp. Hintham: een hoog aandeel verkeer gaat naar de afrit.
- A1L Invoeger Kp Muiderberg: zeer weinig verkeer gaat naar de afrit.

In alle gevallen lijkt een verschil tussen de NRM-input en de werkelijke omstandigheden het verschil in capaciteit te verklaren. Voor het berekenen van de capaciteit van te realiseren ontwerpen is het daarom aan te bevelen om een gevoeligheidsanalyse uit te voeren op de invoer.

Naast bovengenoemde verschillen tussen NRM-input en de werkelijke omstandigheden kan het voorkomen dat het verkeer in werkelijkheid efficiënter wordt afgewikkeld dan met de gekozen standaardinstellingen in FOSIM zoals beschreven in paragraaf 3.1.2. Dit is bijvoorbeeld vastgesteld in het weefvak Lunetten – Rijnsweerd (situatie met 6 rijstroken) in de notitie 'Capaciteit 3+3-weefvak Lunetten – Rijnsweerd, Sweco 2016'. Door met de strookwisselgebieden te variëren en ook gewenst strookwisselen toe te passen is de capaciteit in FOSIM te verhogen. In werkelijkheid is echter vaak de werkelijke capaciteit van een weefvak onbekend en wordt FOSIM juist ingezet om deze vast te stellen.

Conclusie: er is geen reden om te twijfelen aan de capaciteiten die berekend worden voor weefvakken met FOSIM, gegeven de invoer. Het blijft echter wel moeilijk om de werkelijkheid te reproduceren, veelal door gebrek aan informatie.

3.3.2 Werk in uitvoering

Voor werk in uitvoering is alleen de berekende afrijcapaciteit vergeleken met de metingen, omdat voor de meeste meetlocaties alleen een gemeten afrijcapaciteit beschikbaar is.

Model	Afrijcapaciteit		Verskil (model minus meting)
	model	gemeten	
1 rijstrook (niet versmald)	1680	983	697
2 rijstroken (niet versmald)	3624	3030	594
2 versmalde rijstroken (2.85 2.50)	3636	3500	136
2 versmalde rijstroken (3.25 2.75)	3648	3504	144
3 versmalde rijstroken (3.25 3.15 3.05)	5508	4410	1098
3 versmalde rijstroken (3.50 3.05 2.95)	5532	4542	990
WIU 3-1 systeem (3.25 2.75)	3336	2656	680
WIU 3-1 systeem (niet versmald)	3348	3065	284
WIU 4-0 systeem (3.25 3.00)	3660	3374	286
WIU 4-0 systeem (niet versmald)	3624	3256	368
WIU 4-2 systeem (3.25 3.00 3.00)	5184	3529	1655
WIU 4-2 systeem (3.50 3.00 3.00)	5196	4062	1134
WIU 4-2 systeem (3.50 3.25 3.25)	5196	4643	553
WIU 4-2 systeem (niet versmald)	5208	4811	397

Te zien is dat voor alle locaties de afrijcapaciteit in FOSIM hoger ligt dan de metingen. In enkele gevallen komen de waarden wel in de buurt. In de gevallen waarbij de rijbaan gesplitst is, zal verder optimaliseren van de splitsingsfracties in FOSIM waarschijnlijk een nóg iets hogere capaciteit geven, wat het verschil hier nog groter maakt.

In FOSIM wordt het effect van barriers niet meegenomen, de invloed van smallere rijstroken werkt niet goed en ook andere effecten van werkzaamheden zijn niet aanwezig (gewenning aan nieuwe situatie, of er mensen aan het werk zijn langs de weg, etc.). Dit kan het verschil tussen de meting en het model mogelijk deels verklaren. Een andere verklaring is de meetmethodiek: hoe wordt de capaciteit hier in werkelijkheid vastgesteld.

Conclusie: Ervan uitgaande dat de metingen een realistisch beeld geven, geeft FOSIM **geen** realistische capaciteiten bij het modelleren van werkzaamheden.

3.3.3 Toeritten

De gemeten capaciteiten komen voor de wegconfiguraties met toeritten redelijk overeen met de berekende capaciteiten met FOSIM; de capaciteiten uit FOSIM liggen gemiddeld iets lager dan de gemeten waarden, zie Tabel 3-17.

Tabel 3-17: FOSIM-simulaties toeritten

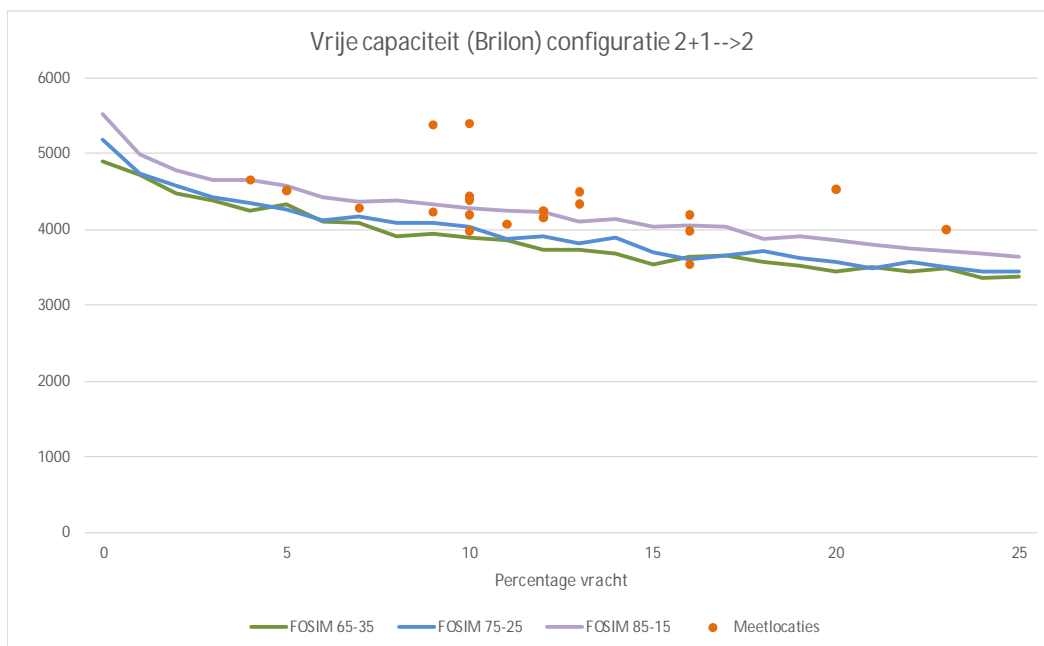
Wegconfiguratie	Aantal meetlocaties	Brilon capaciteit			Afrijcapaciteit		
		model	metingen	% verschil	model	metingen	% verschil
Toerit op 2 rijstroken	22	4104	4263	-4%	3516	3582	-2%
Toerit op 2 rijstroken + doorgetrokken streep	2	3816	4035	-6%	3300	3284	0%
Toerit op 3 rijstroken + taper	4	5808	6136	-6%	5616	5141	8%
Toerit op 3 rijstroken	10	6228	6380	-2%	5592	5288	5%

Om nader te onderzoeken hoe de meetwaarden zich verhouden tot de capaciteiten uit FOSIM zijn in Figuur 3-14 t/m Figuur 3-17 de afzonderlijke meetwaarden uitgezet tegen berekende capaciteiten met FOSIM. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd voor de FOSIM-simulaties:

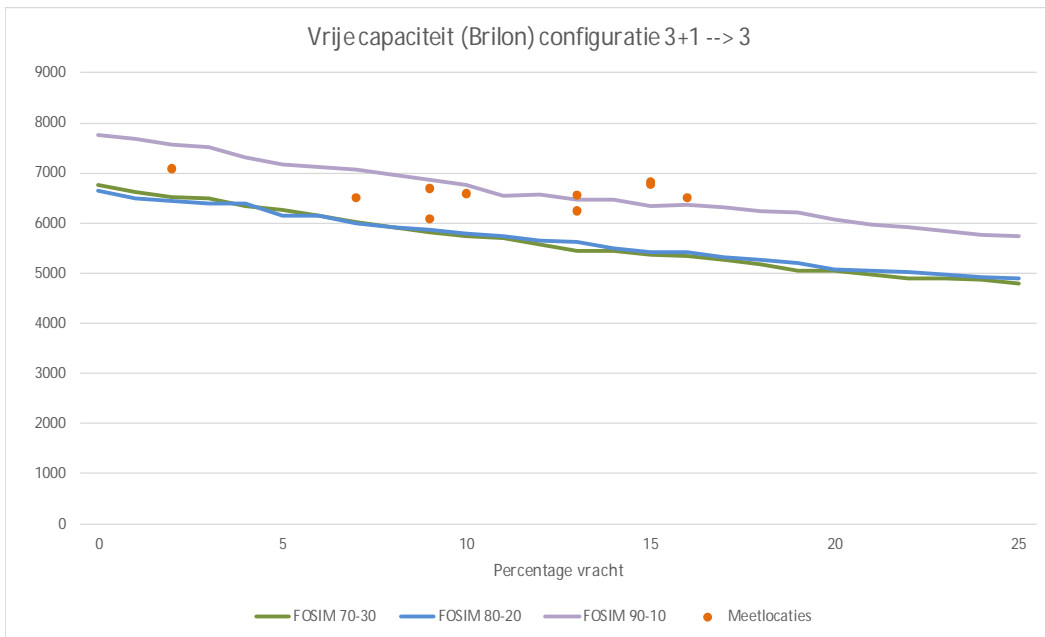
- Een invoegstrook van 250 meter + 100 meter afstreping conform ROA 2014.
- Het percentage vrachtverkeer is gevarieerd van 0 tot 25 procent.

- Voor de verdeling van het verkeer tussen de hoofdrijbaan en de toerit zijn drie verschillende verhoudingen doorgerekend, voor zowel 2 rijstroken als 3 rijstroken. 'FOSIM 75-25' in de grafiek geeft aan dat 75% van het verkeer op de hoofdrijbaan zit en 25% op de toerit.

Voor de vrije capaciteit valt op dat deze in de FOSIM-simulaties hoger ligt bij een lager aandeel verkeer op de toerit. Omdat er relatief minder invoegend verkeer is, verloopt de afwikkeling iets soepeler en ontstaat er iets later file. Over het algemeen liggen de afzonderlijke meetwaarden in de buurt van de berekende FOSIM-capaciteiten. Twee uitschieters geven een capaciteit van meer dan 5.000 motorvoertuigen bij 10% vrachtverkeer, deze metingen lijken niet realistisch.

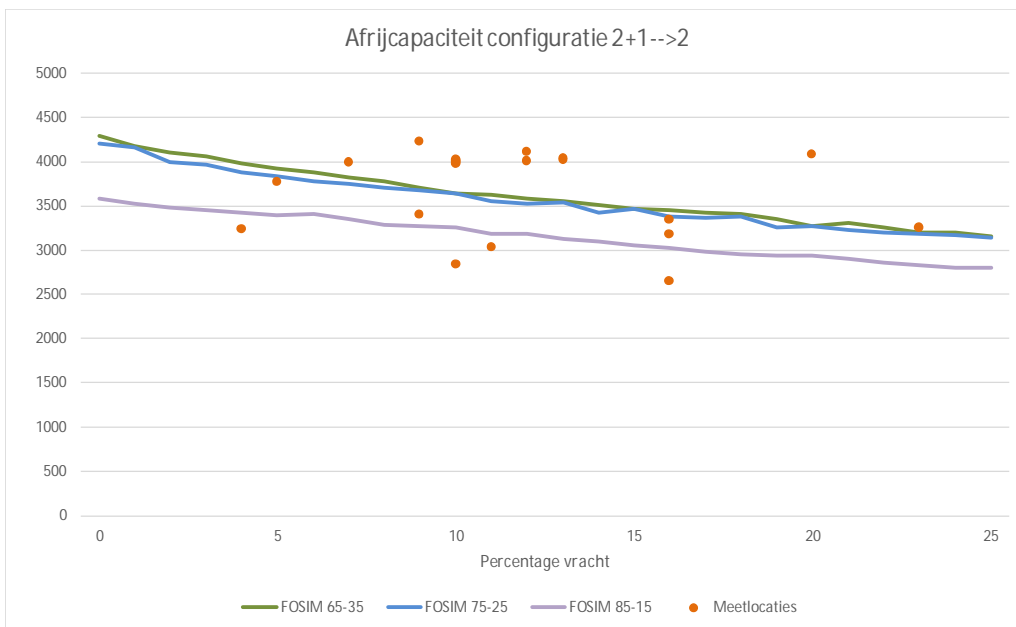


Figuur 3-14 Vrije capaciteit (Brilon) toerit op 2 rijstroken, FOSIM versus de meetlocaties uitgesplitst naar vrachtpercentage.

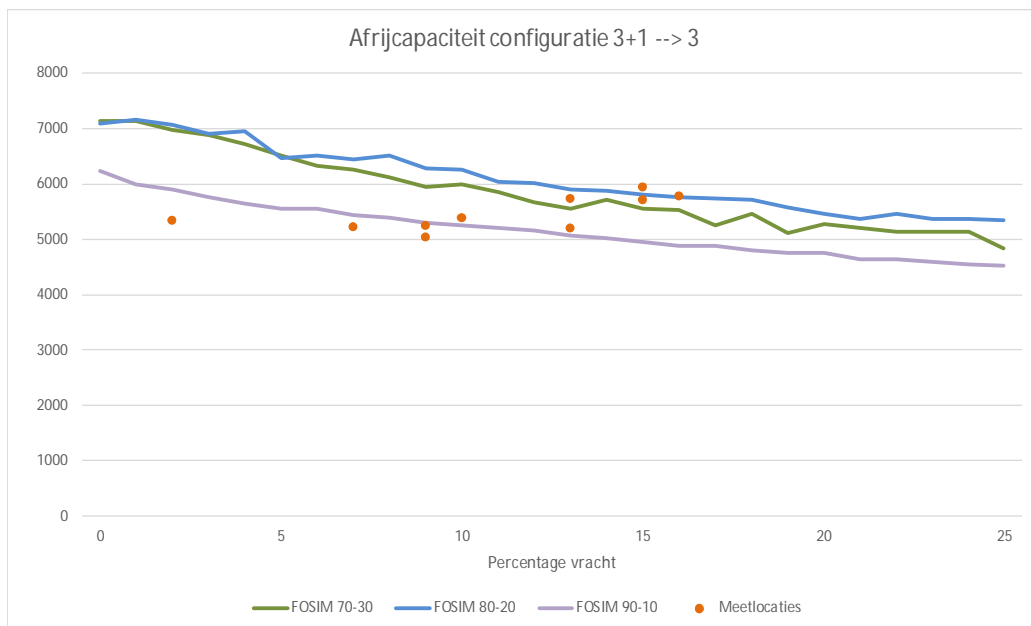


Figuur 3-15 Vrije capaciteit (Brilon) toerit op 3 rijstroken, FOSIM versus de meetlocaties uitgesplitst naar vrachtpercentage.

De afrijcapaciteit laat meer spreiding zien in de meetwaarden dan de vrije capaciteit, met name bij een toerit op 2 rijstroken. Verder valt op dat de afrijcapaciteit in FOSIM juist afneemt bij een lager aandeel verkeer op de toerit.



Figuur 3-16 Afrijcapaciteit toerit op 2 rijstroken, FOSIM versus de meetlocaties uitgesplitst naar vrachtpercentage.



Figuur 3-17 Afrijcapaciteit toerit op 3 rijstroken, FOSIM versus de meetlocaties uitgesplitst naar vrachtpercentage.

Conclusie: De vrije capaciteit en de afrijcapaciteit van toeritten in FOSIM liggen redelijk in lijn met de gemeten capaciteitswaarden. De FOSIM-waarden liggen gemiddeld iets lager dan de metingen.

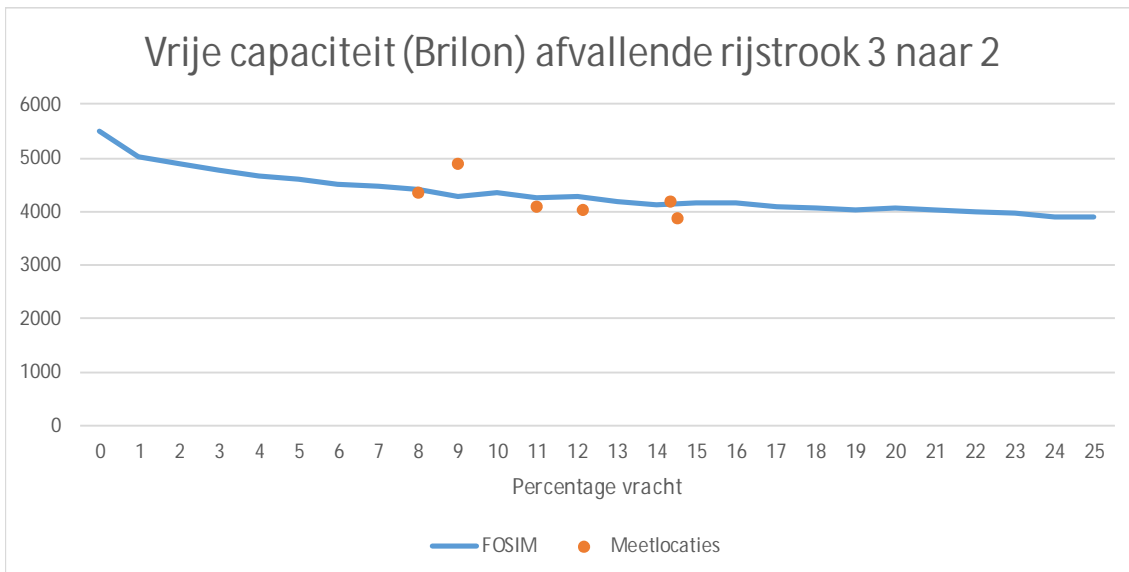
3.3.4 Afvallende rijstrook en reguliere rijstroken

Voor de wegconfiguratie met een afvallende rijstrook 4à 3 en 3à 2 zijn diverse metingen beschikbaar. In Tabel 3-18 zijn de gemiddelde capaciteitswaarden van de metingen (omgerekend naar 15% vracht) vergeleken met de berekende FOSIM-capaciteiten. Te zien is dat deze voor de wegconfiguratie 3à 2 zeer goed overeenkomen. Voor de wegconfiguratie 4à 3 rijstroken liggen de FOSIM-capaciteiten iets hoger dan de gemeten capaciteitswaarden, voor zowel de vrije capaciteit als voor de afrijcapaciteit.

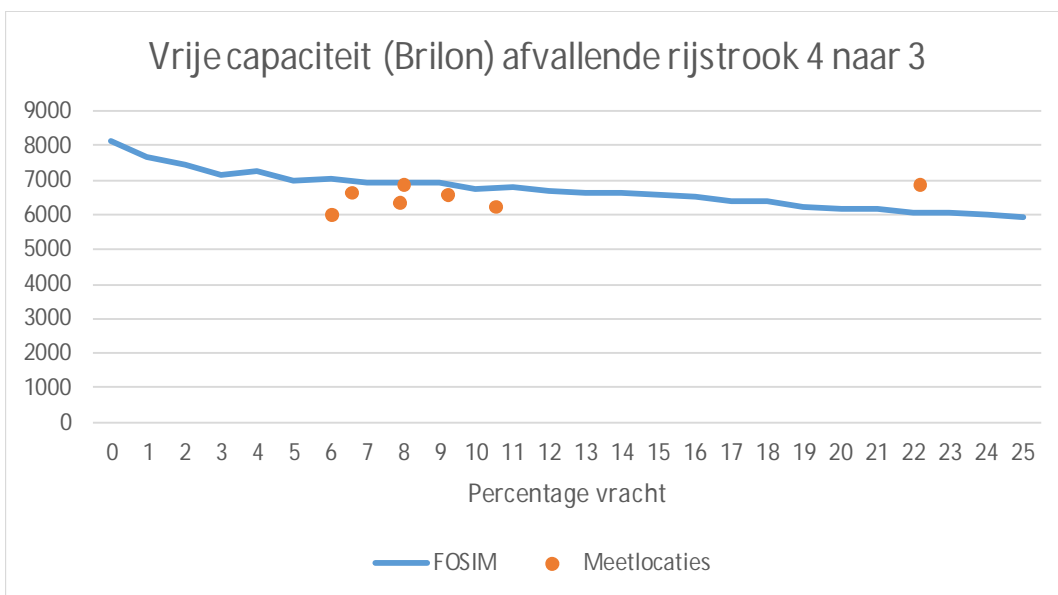
Tabel 3-18 FOSIM-simulaties afvallende rijstroken versus het gemiddelde van de meetlocaties (omgerekend naar 15% vracht).

Wegconfiguratie	Aantal meetlocaties	Brilon capaciteit		Afrijcapaciteit	
		model	gemeten	model	gemeten
afvallende rijstrook 3 naar 2	6	4152	4141	3660	3466
afvallende rijstrook 4 naar 3	7	6576	6289	5508	5126

In Figuur 3-18 en Figuur 3-19 zijn de afzonderlijke meetlocaties met bijbehorend percentage vracht naast de berekende FOSIM-capaciteiten gezet.



Figuur 3-18 Vrije capaciteit (Brilon) afvallende rijstrook 3 naar 2, FOSIM versus de meetlocaties uitgesplitst naar vrachtpercentage.



Figuur 3-19 Vrije capaciteit (Brilon) afvallende rijstrook 4 naar 3, FOSIM versus de meetlocaties uitgesplitst naar vrachtpercentage.

Voor de wegconfiguratie met 4 en 5 rijstroken zonder discontinuïteiten is een beperkt aantal meetlocaties beschikbaar. Hierbij is er bij de metingen geen echte capaciteitswaarde gemeten omdat hier in principe geen file ontstaat. In FOSIM is de capaciteit van 4 en 5 rijstroken gesimuleerd met een afvallende rijstrook, respectievelijk met 5 à 4 rijstroken en 6 à 5 rijstroken. In Tabel 3-19 zijn de gemeten intensiteiten vergeleken met de berekende capaciteiten in FOSIM. Voor de wegconfiguratie met 4 rijstroken ligt de berekende vrije capaciteit uit FOSIM iets hoger dan de gemeten intensiteitswaarden. Omdat er bij de metingen geen file ontstaat lijkt dit een logisch resultaat. Voor de wegconfiguratie met 5 rijstroken ligt de berekende vrije capaciteit uit FOSIM juist iets lager dan de gemeten

intensiteitswaarde. Verder valt op dat er voor de Brilon-capaciteit geen verschil is tussen de berekening met 10% vrachtverkeer en 15% vrachtverkeer in FOSIM.

Tabel 3-19: Vrije capaciteit (Brillon) 4 en 5 rijstroken

Locatie	Wegconfiguratie	% Vracht	Brilon capaciteit		Brilon capaciteit (15% vracht)	
			model	gemeten	model	gemeten
A10 HRL Amstel > W'meer	4 rijstroken	6%	9444	8508	8616	7842
A10 HRR W'meer > Amstel	4 rijstroken	6%	9444	8400	8616	7743
A4 HRL Burgerveen - Kp. De Hoek	5 rijstroken	10%	11040	11712	11064	11203

Conclusie: bij de configuratie 3 à 2 ligt de vrije capaciteit uit FOSIM zeer dicht bij de meetwaarden. Bij 4 à 3 ligt de vrije capaciteit uit FOSIM iets hoger dan de meetwaarden. Voor de configuraties 5 à 4 en 6 à 5 kunnen op basis van de beperkte set meetwaarden geen duidelijke conclusies getrokken worden.

4 Conclusie / samenvatting

Werking nieuwe functies (lokale kenmerken) FOSIM 6.1 :

- **Schuine rijstroken:** het instellen van schuine rijstroken beïnvloedt de simulatieresultaten niet en werkt dus goed.
- **Barriers:** het instellen van barriers heeft geen effect op de simulatie.
- **Smalle rijstroken:** het instellen van smalle rijstroken heeft een invloed op het voertuiggedrag en een zeer beperkte invloed op de capaciteit. De invloed van de rijstrookbreedte blijft echter achter bij de beschikbare capaciteitsmetingen.
- **Trajectcontrole:** heeft een sterk onrealistisch effect op het verkeersbeeld.
- **Spitsstroken:** er bestaat enige onduidelijkheid over welke effecten hierbij precies worden gemodelleerd: modelleert een spitsstrook links ook deels het effect van smalle rijstroken of niet. Er is een sterk effect op de verdeling van het verkeer op de rijstroken. De gemodelleerde capaciteit van een spitsstrook rechts is onrealistisch hoog in vergelijking met de beschikbare capaciteitsmetingen.

Werking bestaande functies en overige constatering:

- Het gebruik van 0% vracht geeft een onrealistisch hoge capaciteitswaarde
- Snelheidsonderdrukking heeft een licht effect op de vrije capaciteit.
- inhaalverbod vrachtverkeer: er is een effect zichtbaar in FOSIM. Bij hogere percentages lijkt het effect echter tegenstrijdig aan het Handboek CIA.
- Het is niet mogelijk om 130 km/u in te stellen in FOSIM, maar naar verwachting zal dat niet tot afwijkende resultaten leiden.
- Versie 6.1 werkt al een stuk stabielere dan versie 6.0.5. Aandachtspunt is dat het soms nodig is om het model af te sluiten en het opnieuw op te starten om de nieuwe instellingen in werking te zetten.

Capaciteiten FOSIM versus gemeten capaciteiten

- **Spitsstroken:** De gemodelleerde capaciteit van een spitsstrook rechts is onrealistisch hoog in vergelijking met de beschikbare capaciteitsmetingen.
- **Weefvakken:** bij het gebruik van de standaardinstellingen van FOSIM wijken de resultaten vaak af van gemeten capaciteiten. De oorzaken hiervan zijn echter niet direct het gevolg van FOSIM, maar van de vertaling van de metingen naar de FOSIM-instellingen:
 - foutieve (niet-plausibele) capaciteitsmetingen,
 - capaciteit is zeer afhankelijk van omstandigheden (aandeel wevend verkeer, verhouding verkeer op de ingaande takken, aandeel vrachtverkeer) en deze omstandigheden zijn met een 'best guess' uit het NRM waarschijnlijk nog steeds afwijkend van de werkelijke situatie,
 - in complexe situaties zijn er mogelijk afwijkende instellingen voor strookwisselgebieden nodig.
- **Werk in uitvoering:** Alle gemeten afrijcapaciteiten tijdens WIU liggen lager dan de berekende capaciteiten uit FOSIM. Het model houdt echter ook geen rekening met gewenning, afleiding, etc.
- **Toeritten:** De in FOSIM berekende capaciteiten liggen redelijk in lijn met de meetwaarden. De FOSIM-waarden liggen gemiddeld iets lager dan de metingen.
- **Afvallende rijstroken:** De in FOSIM berekende capaciteiten liggen redelijk in lijn met de meetwaarden.

Aanbevelingen

- Link met werkwijzer dynamische modellen die op dit moment wordt opgesteld.
- De functionaliteiten voor het toevoegen van barriers en trajectcontrole werken niet. Om verwarring en verkeerd gebruik te voorkomen, wordt aanbevolen om deze kenmerken ofwel te schrappen of correct inbouwen. Voor het laatste is nog meer onderzoek noodzakelijk.
- Het kunnen simuleren van Werk-in-uitvoering-situaties is een interessante toepassing voor FOSIM. Bijvoorbeeld voor het vooraf kunnen simuleren van de verwachte doorstroom/hinder bij geplande werkzaamheden/faseringen. Met de huidige instellingen/mogelijkheden van FOSIM valt dit echter nog niet betrouwbaar genoeg te simuleren.
- Er is twijfel over de wijze waarop FOSIM smalle rijstroken en spitsstroken simuleert. Echter ook de metingen die hiervoor zijn uitgevoerd zijn niet allemaal ideaal (voor smalle rijstroken deels bij wegwerkzaamheden met meer invloeden en metingen bij spitsstroken zijn voor het merendeel niet bij congestie).
- Voor weefvakken is de capaciteit sterk afhankelijk van omstandigheden waar in de praktijk een inschatting voor moet worden gemaakt. Bij doorrekenen zou je eigenlijk moeten variëren met verschillende instellingen om zo een gevoel te krijgen voor de bandbreedte waarbinnen de capaciteit ligt.
- Een probleem bij de vergelijking met metingen is dat deze op verschillende manieren zijn uitgevoerd, o.a. de manier waarop de capaciteit is vastgesteld. Verder is het niet altijd duidelijk wat de omstandigheden precies zijn geweest (bijvoorbeeld precieze omvang wevende stromen), wat de reproductie in FOSIM bemoeilijkt. Bovendien lijken een aantal metingen fouten te bevatten. Aanbeveling is om bij nieuwe metingen zo goed mogelijk de omstandigheden te documenteren.
- 130 km/u kan nu niet met FOSIM worden gesimuleerd. Onderzocht kan worden in hoeverre de snelheidsverhoging invloed heeft gehad op de capaciteit. De verwachting is echter dat de eventuele invloed beperkt is.