

ITS EDU LAB

Alternatieve routes A15 Maasvlakte – Vaanplein

Jop Vlaar

Augustus 2008



Rijkswaterstaat



Alternatieve routes A15 Maasvlakte - Vaanplein

Een onderzoek naar het gebruik van het onderliggend wegennet in de A15 corridor als alternatieve route tijdens congestieperioden

Samenvatting

De Rotterdamse haven is één van de grootste havens van de wereld. Om te kunnen concurreren met andere Europese havens is de bereikbaarheid over weg en over water van groot belang. De bereikbaarheid over de weg staat echter onder druk. De autosnelweg A15 is de ontsluitingsweg van de haven, maar door de dagelijks terugkerende files en het hoge aantal incidenten treden er lange vertragingen op en zijn reistijden onbetrouwbaar. Het Havenbedrijf Rotterdam en Rijkswaterstaat maken plannen om op vele fronten de bereikbaarheid van de haven te verbeteren. Eén van middelen die zij hiervoor inzetten is dynamisch verkeersmanagement. Het doel van dynamisch verkeersmanagement is het beter benutten van de bestaande infrastructuur. Routegeleiding is een mogelijkheid om de infrastructuur beter te benutten. Door een deel van het verkeer tijdens congestie via een alternatieve route te leiden kan de gemiddelde vertraging worden gereduceerd. Er zijn geen alternatieve routes voor de A15 beschikbaar via andere autosnelwegen. Daarom is onderzocht of het omleiden van verkeer via het onderliggend wegennet in de A15 corridor mogelijkheid biedt tot verbetering van de verkeerssituatie. In dit onderzoek is een regeltactiek ontwikkeld, die op basis van de reistijd op hoofd en alternatieve route verkeer via het onderliggend wegennet leidt. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen vracht- en personenverkeer. Doordat deze twee gebruikersklassen verschillende bestemmingen hebben, zijn er verschillende alternatieve routes gebruikt. Wanneer de routes voor de verschillende gebruikersklassen gebruik maken van dezelfde wegen, is prioriteit gegeven aan het omleiden van vrachtverkeer. Hiervoor is gekozen omdat de onzekerheid over de reistijd een grote kostenpost vormt voor de vrachtvervoerders. De regeltactiek heeft als doel het aantal overschrijdingen van de verwachte reistijd te reduceren. De gemiddelde gerealiseerde reistijd over een langere periode is hierbij gehanteerd als de verwachte reistijd. In de perioden waarin vrachtverkeer geen gebruik maakt van een alternatieve route, wordt personenverkeer volgens een gebruikersoptimum verdeeld over de hoofd en alternatieve route. De regeltactiek is getest in het simulatiemodel Vissim. Het gebruik van een simulatiemodel biedt de mogelijkheid verschillende scenario's te testen. Behalve de huidige situatie, is de huidige situatie met regeltactiek en een uitgebreide situatie met regeltactiek gesimuleerd. De uitbreidingen in het laatste scenario zijn een capaciteitsuitbreiding van het onderliggend wegennet ter plaatse van de alternatieve routes.

De resultaten van de simulaties laten zien dat de toepassing van de regeltactiek niet tot significante verbetering leidt. De gemiddelde vertraging per voertuig blijft gelijk in de drie scenario's. De gemiddelde filelengte is ter plaatse van de twee belangrijkste bottlenecks, Spijkenisse en A4, teruggedrongen, maar zeer beperkt. Het aantal vrachtwagens dat de verwachte reistijd overschrijdt is weliswaar gereduceerd, maar de reductie uitgedrukt in de totale overschrijdingstijd laat wederom zien dat van een serieuze verbetering geen sprake is.

De volgende twee punten zijn hiervoor de belangrijkste oorzaak:

- Brugopeningen Botlekbrug
- Reistijden onderliggend wegennet

De belangrijkste bottleneck in de A15 corridor is de afrit Spijkenisse, na de Botlektunnel. Om op dit punt een alternatieve route te bieden, moet gebruik gemaakt worden van de Botlekbrug. Deze brug gaat meer dan 2 keer per uur, gemiddeld 6 minuten open. Hierdoor wordt de capaciteit van de alternatieve routes die over deze brug voeren aanzienlijk beperkt.

Daarnaast is het onderliggend wegennet maar in zeer beperkte perioden een alternatief, wanneer hoofd en alternatieve route vergeleken worden op basis van reistijd. Enerzijds komt dit door de maximum toegestane snelheid, anderzijds doordat de alternatieve routes langer zijn dan de hoofdroutes.

In de huidige situatie wordt de capaciteit van de infrastructuur in de A15 corridor al vrijwel volledig benut. In dit onderzoek is één toepassing van dynamisch verkeersmanagement getest. Het blijkt dat om tot een optimale benutting te komen, de inzet van 1 toepassing niet voldoende is. Voor toekomstig onderzoek is het interessant een combinatie van verschillende toepassingen te testen.

De bruggenproblematiek zal in de toekomst blijven bestaan, ondanks dat de Botlekbrug verbreed en verhoogd wordt. Het plan is om het verkeer met bestemming Spijkenisse over deze nieuwe brug te voeren, in plaats van door de Botlektunnel. Vanwege de toenemende verkeersvraag op de Oude Maas zal dit tot congestie problemen leiden en zeer waarschijnlijk tot langere reistijd dan de huidige reistijd naar Spijkenisse. Een onderzoek naar de haalbaarheid van dit plan wordt dan ook aanbevolen.

Abstract

The port of Rotterdam is one of the biggest ports in the world. The accessibility by road and by water is very important to be able to compete with other European ports. The accessibility by road is vulnerable. Highway A15 is the hinterland connection of the port, but the recurrent congestion and the high number of incidents cause long delays and unreliable travel times. The authority of the Port of Rotterdam and Rijkswaterstaat are planning multiple improvements for the accessibility of the port. One of the means is dynamic traffic management. The aim of dynamic traffic management is better usage of the existing infrastructure.

Route guidance is a way to improve the usage of the infrastructure. By rerouting a part of the traffic during congestion the average delay can be reduced. There are no alternative routes for A15 available at the level of the highway. This report aims to research if diverting traffic to the secondary road network in the A15 corridor is a possibility to improve the traffic situation.

In this research a control strategy has been developed, which reroutes traffic based on the travel time on the main route and the alternative route to the secondary road network. A distinction has been made between freight traffic and cars. Because these two user classes have different destinations, several alternative routes have been used. When the routes for the different user classes use the same roads, priority has been given to rerouting freight traffic. The reason is that the unreliable travel times are a large expense for the freight carriers. The control strategy has the aim to reduce the number of trucks that exceed the expected travel time. The average realized travel time over a longer period has been used as the expected travel time. In the periods in which freight traffic does not use the alternative routes, cars are divided over the main and alternative routes according to a user optimum.

The control strategy has been tested in the simulation model Vissim. The use of a simulation model offers the possibility to test several scenarios. Besides the current situation, the current situation with the control strategy and an extended situation with the control strategy have been simulated. The last scenario is a situation in which the capacity of the secondary road network is extended.

The results of the simulations show that the application of the control strategy does not lead to significant improvement. The average delay per vehicle remains the same in the three scenarios. The average queue length on the two most severe bottlenecks, Spijkenisse and highway A4, have been reduced, but very limited. The number of trucks that exceed the expected travel time has been reduced, but the reduction expressed in the total time shows again no serious improvement.

The following two reasons are the main cause:

- The frequent openings of the Botlekbridge
- Travel times secondary road network

The most important bottleneck in A15 the corridor is the exit Spijkenisse, near the Botlektunnel. To offer an alternative route on this location the Botlekbrug is used. This bridge opens more than 2 time per

hour, for 6 minutes on average. Because of this the capacity of the alternative routes is considerably reduced. Moreover the secondary road network is only in very restrictive periods an alternative. On the one hand this is caused by the maximum permitted speed, on the other hand because the alternative routes are longer than the main routes.

In the current situation the capacity of the infrastructure on the A15 corridor is already nearly entirely used. In this research one application of dynamic traffic management has been tested. It seems that to reach an optimum usage, the use of 1 application is not sufficient. For future research it is interesting to test a combination of several applications.

The problems with the Botlekbridge will also exist in the future, in spite of that the Botlekbridge is raised and broadened. The plan is to divert traffic with destination Spijkenisse to this new bridge, instead of the Botlektunnel. Because of the increasing traffic demand on the Oude Maas this will cause congestion at the bridge and it will probably lead to a longer travel time than the current travel time to Spijkenisse. A study into the feasibility of this plan is thus recommended.

Voorwoord

Voor u ligt mijn Master thesis, de afronding van mijn studie Civiele Techniek aan de TU Delft. Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van Rijkswaterstaat en het Havenbedrijf Rotterdam. Beide ben ik dankbaar voor de mogelijkheid die zij mij hebben geboden me te kunnen verdiepen in een zeer relevant probleem.

Dit rapport markeert mijn overgang van de 'eeuwige' student (Erasmus Universiteit, Hogeschool Rotterdam, TU Delft), naar het werkende leven. Alvorens daar aan te beginnen wil ik een aantal mensen bedanken.

Ten eerste wil ik mijn dagelijks begeleider, Hans van Lint, bedanken. Hij heeft mij in het afgelopen jaar zowel van inspiratie als motivatie voorzien. Zijn 'recht-voor-zijn-raap' mentaliteit waardeer ik zeer en het gaf mij richting in de perioden waarin ik verstrikt raakte in gepuzzel met details.

Ik wil ook de andere commissie leden bedanken: prof. Serge Hoogendoorn, Maurits van Schuylenburg, Ernst Scheerder, Willem Jan Knibbe, Jos Vrancken en Paul Wiggenraad, voor hun kritiek, advies en geduld.

Vervolgens wil ik Willem Mak bedanken voor zijn hulp bij het ontwikkelen van het simulatie model. Zijn kennis en ervaring zijn van grote waarde geweest.

Mijn mede Edu-labbers bedank ik voor hun gezelligheid en interessante discussies.

Tenslotte wil ik mijn familie bedanken, die mij in de afgelopen 10 jaar altijd gesteund hebben en geloofd hebben in dit eindresultaat. En Jantine voor haar geduld en steun.

Inhoudsopgave

1.	Inleiding 15
1.1	Bereikbaarheid Rotterdamse haven 15
1.2	Leeswijzer 16
2.	Probleemanalyse 17
2.1	Actorenanalyse 17
2.2	Huidige Situatie 18
2.3	Congestie 20
2.4	Ongevallen 21
2.5	Maasvlakte – Vaanplein project 21
2.6	Maasvlakte II 23
2.7	Onderliggend wegennet 23
2.8	Coördinatie Alternatieve Routes (CAR) 24
3.	Probleemstelling en doel 26
3.1	Probleemstelling 26
3.2	Doel 26
4.	Methodologie 28
4.1	Testomgeving 28
4.2	Modelkenmerken 29
4.3	Modelkeuze 29
4.4	Routegeleiding en –informatie 30
4.5	Verwachte reistijd 32
4.6	Reistijd voorspellen 32
5.	Experimentele setup 34
5.1	Modelbouw 34
5.2	Alternatieve routes 44
5.3	Koppeling Matlab – Vissim 48
5.4	Regeltactiek 48
5.5	Scenario's 54
6.	Resultaten 55
7.	Conclusies en aanbevelingen 63
8.	Literatuurlijst 66

Figuren

Figuur 1: weginfrastructuur Rotterdamse haven	16
Figuur 2: Kaart studiegebied.....	19
Figuur 3: MaVa-project.....	23
Figuur 4: Schema modelbouw	34
Figuur 5: Kaart studiegebied.....	36
Figuur 6: Kalibratie doorsnedes	37
Figuur 7: Kalibratie kruispunten.....	38
Figuur 8: Locaties VRI's.....	39
Figuur 9: snelheidscontouren A15 links Vissim.....	41
Figuur 10: snelheidscontouren A15 links Monica	41
Figuur 11: snelheidscontouren A4 rechts Vissim.....	42
Figuur 12: snelheidscontouren A4 rechts Monica.....	42
Figuur 13: snelheidscontouren A15 rechts Vissim.....	43
Figuur 14: snelheidscontouren A15 rechts Monica.....	43
Figuur 15: Vracht route 1	45
Figuur 16: Vracht route 2	45
Figuur 17: Vracht route 3	45
Figuur 18: Personenverkeer route 1.....	46
Figuur 19: Personenverkeer route 2.....	47
Figuur 20: Personenverkeer route 3.....	47
Figuur 21: Regeltactiek	49
Figuur 22: Reistijdvoorspeller	50
Figuur 23: Regressie analyse auto route 1	51
Figuur 24: Regressie analyse auto route 2	51
Figuur 25: Regressie analyse vracht route 2	52
Figuur 26: voorbeeld werkelijke en voorspelde reistijd	53
Figuur 27: Filelengte Spijkenisse & A4R -A15L.....	56
Figuur 28: Filelengte ontwikkeling Spijkenisse.....	57
Figuur 29: Gemiddelde reistijd routes voor vrachtverkeer.....	58
Figuur 30: Gemiddelde reistijd routes voor personenverkeer	59
Figuur 31: Aantal overschrijdingen verwachte reistijd vrachtverkeer ...	60
Figuur 32: Totale overschrijdingstijd t.o.v. verwachte reistijd vrachtverkeer	61

Tabellen

Tabel 1: Percentage vrachtverkeer per wegvak 2007	20
Tabel 2: Vissim voertuiggedrag parameters	40
Tabel 3: Vrachtroute 1	44
Tabel 4: Vrachtroute 2	45
Tabel 5: Vrachtroute 3	46
Tabel 6: Personenverkeer route 1	46
Tabel 7: Personenverkeer route 2	46
Tabel 8: Personenverkeer route 3	47
Tabel 9: Vertraging per voertuig totale netwerk	55
Tabel 10: Totale reistijd.....	55
Tabel 11: Totaal aantal gereden kilometers	55
Tabel 12: File lengte Spijkenisse	56
Tabel 13: Filelengte A4R - A15L.....	56
Tabel 14: Reistijd per voertuig vracht route 1	58
Tabel 15: Reistijd per voertuig vracht route 2	58
Tabel 16: Reistijd per voertuig vracht route 3	59
Tabel 17: Reistijd per voertuig auto route 1.....	60
Tabel 18: Reistijd per voertuig auto route 2.....	60
Tabel 19: Reistijd per voertuig auto route 3.....	60
Tabel 20: Aantal overschrijdingen verwachte reistijd op vracht route 1 ..	61
Tabel 21: Aantal overschrijdingen verwachte reistijd op vracht route 2 ..	61
Tabel 22: Aantal overschrijdingen verwachte reistijd op vracht route 3 ..	61
Tabel 23: Totale overschrijdingstijd verwachte reistijd vracht route 1	62
Tabel 24: Totale overschrijdingstijd verwachte reistijd vracht route 2	62
Tabel 25: Totale overschrijdingstijd verwachte reistijd vracht route 3	62

1. Inleiding

1.1 Bereikbaarheid Rotterdamse haven

De Rotterdamse haven is de één van de grootste havens van de wereld. Om deze positie te behouden is de bereikbaarheid, zowel over land als over water, van groot economisch belang. Het Rotterdams Havenbedrijf heeft geconstateerd dat door de constante groei van de goederenstroom de bereikbaarheid onder druk komt te staan. Op vele fronten zal de bereikbaarheid van de haven verbeterd moeten worden, zodat ook in de toekomst Rotterdam de concurrentie aan kan gaan met andere Europese havens.

De autosnelweg A15 is de wegverbinding van de haven met het achterland. 60% van het containervervoer vindt plaats over de A15 en het aandeel vrachtverkeer op de totale verkeersvraag is ongeveer 18%. Enerzijds overschrijdt de verkeersvraag de capaciteit van de A15, anderzijds vinden er bovengemiddeld veel ongevallen plaats op de A15. Dit leidt tot dagelijks terugkerende files. Van de Maasvlakte tot de Rotterdamse ring zijn er geen alternatieve routes beschikbaar met het kwaliteitsniveau van de autosnelweg. Dit is de oorzaak van vertragingen en onbetrouwbare reistijden.

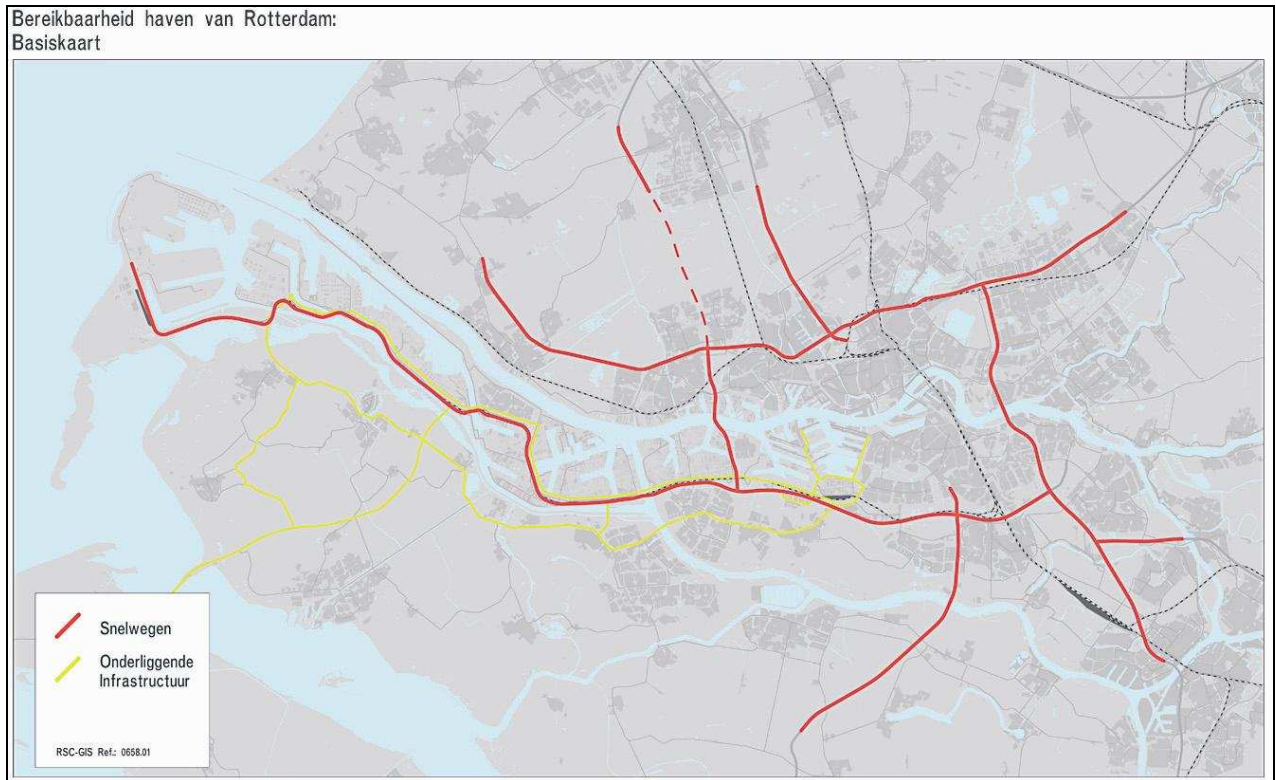
De verwachting is dat door de aanleg van Maasvlakte II en andere ruimtelijke ontwikkelingen de verkeersvraag verder zal toenemen. De nu al overbelaste A15 zal dan de vraag helemaal niet meer kunnen verwerken. Vandaar dat de wegbeheerder, Rijkswaterstaat, uitbreidingen gepland heeft in het project Maasvlakte-Vaanplein. De start van de capaciteitsuitbreiding is in 2008 en het project zal in 2015 gereed komen. Voorspellingen wijzen echter uit dat in 2020 de uitbreidingen al weer volledig benut worden[1].

Ook het Havenbedrijf Rotterdam maakt plannen om de bereikbaarheid van de haven te verbeteren. Dynamisch verkeersmanagement is een van de speerpunten van het bereikbaarheidsplan [2]. De toepassing van dynamisch verkeersmanagement staat centraal in dit rapport.

Het Havenbedrijf beheert het secundaire wegennet in de haven en, in samenwerking met de andere wegbeheerders, wil zij het onderliggend wegennet optimaal benutten, door het verkeer actief te sturen. In samenwerking met Transport en Logistiek Nederland, wil het Havenbedrijf actuele verkeersinformatie in de cabines van vrachtwagenchauffeurs brengen. Deze informatie moet op maat gesneden zijn, afhankelijk van bijvoorbeeld de positie, de bestemming en de huidige of verwachte verkeerssituatie op de route van de vrachtwagen. Daarnaast heeft het Havenbedrijf al enige tijd het idee het vrachtverkeer een alternatieve route te bieden op het onderliggend wegennet, tijdens de spitsperiodes. Niet alleen de vertraging door files, maar ook de onbetrouwbaarheid van de reistijden vormen een groot probleem voor de vervoerders. De onbetrouwbaarheid van de reistijden leiden namelijk tot extra kosten voor de vervoerders, aangezien zij rekening moeten houden met onverwacht langere reistijden. De vertraging veroorzaakt door een file is een kostenpost, maar zolang de

duur van de vertraging goed in te schatten is, kan hier mee rekening worden gehouden bij de keuze van het vertrektijdstip. Wanneer de duur van de vertragingen echter onvoorspelbaar is, moet naast een eerder vertrektijdstip ook reservetijd worden ingepland, om de speling in de vertraging op te vangen.

Of en hoe het onderliggend wegennet in combinatie met dynamisch verkeersmanagement mogelijkheden biedt tot verbetering van de verkeerssituatie in de A15 corridor wordt in dit rapport onderzocht.



Figuur 1: weginfrastructuur Rotterdamse haven

1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is een probleemanalyse uitgevoerd. Op basis hiervan is in hoofdstuk 3 de probleemstelling beschreven, waaruit de onderzoeksvragen en het onderzoeksdoel volgen. In hoofdstuk 4 is de methodologie uiteengezet, die in hoofdstuk 5 de experimentele set-up wordt toegepast. Hoofdstuk 6 bevat de resultaten van dit onderzoek. Hoofdstuk 7 besluit dit onderzoek met de conclusies en aanbevelingen.

2. Probleemanalyse

In dit hoofdstuk wordt een analyse uitgevoerd om beter inzicht te krijgen in de problematiek van de A15 corridor. De belangen van de verschillende betrokken partijen, de huidige situatie, de toekomstplannen voor het gebied worden beschreven. Daarnaast worden twee gerelateerde projecten kort behandeld, enerzijds om aan te geven welke initiatieven er op dit moment genomen worden om de A15 problematiek te verbeteren, anderzijds omdat deze projecten input vormen voor dit onderzoek.

2.1 Actorenanalyse

Het gebied rond de A15 op het traject Maasvlakte – Vaanplein is zeer divers. Hierdoor zijn er verschillende partijen met zeer uiteenlopende belangen. Zo zijn er de weggebruikers, eigenaren en beheerders van wegen, het Havenbedrijf Rotterdam en de bedrijven in de Rotterdamse haven, de provincie Zuid-Holland, gemeenten en omwonenden. Alle rijkswegen zijn in beheer van Rijkswaterstaat, die zorgt voor het onderhoud en aanpassingen aan deze wegen. Tevens werkt Rijkswaterstaat aan een goede en veilige doorstroming. De belangen van de provincie Zuid-Holland zijn min of meer gelijk aan die van Rijkswaterstaat. Een goede doorstroming en bereikbaarheid hebben prioriteit. De afwikkeling van verkeer dient in eerste instantie zoveel mogelijk te gebeuren over wegen van de hoogste categorie, de rijkswegen. Daarnaast is de provincie eigenaar van het onderliggende wegennet buiten de bebouwde kom. Hier zorgt de provincie voor de aanleg en het onderhoud en is een veilige bereikbaarheid het belangrijkste doel.

Voor het Havenbedrijf Rotterdam en de bedrijven in de haven is de A15 van groot belang. Het is de enige wegverbinding van en naar de haven. Zowel voor de af- en aanvoer van goederen als voor de bereikbaarheid van de bedrijven voor werknemers wordt de A15 door hen gebruikt. Het belang van het Havenbedrijf is dat de haven bereikbaar is over de weg en dat vracht op tijd arriveert, zodat de laad- en lostijden van schepen geminimaliseerd kunnen worden.

Het deel van de A15 van het Beneluxplein tot het knooppunt Ridderkerk is onderdeel van de Rotterdamse Ring. In dit kader is de A15 van belang voor de bereikbaarheid en ontsluiting van Rotterdam. Maar niet alleen op regionale schaal maar ook op nationale schaal speelt de A15 een belangrijke rol. De Ring van Rotterdam is onderdeel van het netwerk voor lange afstandsverkeer van het noorden van de Randstad in de richting van Antwerpen.

De A15 is voor de gemeenten en haar bewoners ten zuiden van Rotterdam een belangrijke ontsluitingsroute. Naast een goede doorstroming pleiten zij ook voor voldoende op- en afritten, zodat de A15 goed toegankelijk is voor haar bewoners. Maar de belangen van deze partijen zijn tegenstrijdig; behalve een goede bereikbaarheid willen ze zo min mogelijk overlast van het wegverkeer. Uit het oogpunt

van veiligheid en overlast zien zij het liefst het verkeer geconcentreerd op de A15 en alleen bestemmingsverkeer op het onderliggend wegennet.

Rijkswaterstaat, de Gemeente Rotterdam, de Stadsregio Rotterdam en het Havenbedrijf Rotterdam hebben een organisatie voor verkeers- en mobiliteitsmanagement (VO) opgericht voor de A15 corridor westelijk van het Beneluxplein. Deze organisatie heeft als doel:

- a. Het optimaliseren van de aanbodkant voor de A15 corridor;
- b. Het reduceren van de vraagkant voor de A15 corridor.

De scope van de VO is de A15 corridor westelijk van het Beneluxplein en het onderliggend wegennet van het Havenbedrijf Rotterdam. In overleg met de Verkeerscentrale Rhoon worden afspraken gemaakt over regelscenario's die ook van invloed zijn op het deel tussen Beneluxplein en Vaanplein. De organisatie wil de verkeersstromen op de corridor en het onderliggend wegennet gezamenlijk monitoren en aansturen. Nu is het nog zo dat Rijkswaterstaat de verantwoordelijkheid heeft voor het verkeer op de A15. Zodra het verkeer de A15 verlaat verdwijnt het ook uit het zicht van Rijkswaterstaat. Het Havenbedrijf beheert het onderliggend wegennet in het havengebied en de provincie Zuid-Holland doet dit onder andere voor de N218. Het Havenbedrijf Rotterdam is sinds november 2007 begonnen met het monitoren van het verkeer op hun wegennet, maar van sturing is nog geen sprake. In een gezamenlijke aanpak willen de partijen nu, vanuit de verkeerscentrale van Rijkswaterstaat in Rhoon, het verkeer op dit wegennet monitoren en aansturen, om zo tot een betere doorstroming te komen in de A15 corridor.

Uit het doel van de organisatie blijkt, dat de aanpak breder zal zijn dan de integrale beheersing van A15 en onderliggend wegennet. Maar voor dit onderzoek zijn met name de boven beschreven plannen interessant om te noemen. De ideeën van de VO zijn beschreven in het projectplan van de VO en verankerd middels een samenwerkingsovereenkomst, ondertekend door de regionale partijen en de minister. De VO zal nieuwe concepten van verkeersmanagement oppakken en het onderzoek in dit rapport sluit daarom hier goed bij aan.

2.2 Huidige Situatie

De rijksweg 15 is de weg die loopt van de Maasvlakte bij Rotterdam naar het knooppunt Ressen bij Elst dicht bij de grens met Duitsland. Het eerste deel vanaf de Maasvlakte is een autoweg, de N15, waarna hij overgaat in een autosnelweg nabij de Thomassentunnel en de Calandbrug. De A15 is de achterlandverbinding over de weg voor de Rotterdamse haven. Daarnaast maakt hij deel uit van de Trans Europese Netwerken (TEN). Ter hoogte van Rotterdam maakt de A15 deel uit van de Rotterdamse Ring en ten noorden ligt parallel aan de A15 de Betuweroute. Tussen het havenspoor en de A15 bevindt zich over grote delen een kabel- en leidingstraat.

Het deel van de A15 dat van belang is voor dit onderzoek loopt vanaf de Dintelhavenbrug tot aan het Vaanplein, zie .



Figuur 2: Kaart studiegebied

Dit deel van de A15 30 kilometer lang en heeft 11 op- en afritten. Op dit traject kruist de A15 het Calandkanaal via de Burgemeester Thomassentunnel en de Oude Maas via de Botlektunnel. Het heeft twee aansluitingen met andere autosnelwegen, op knooppunt Beneluxplein met de A4 en op knooppunt Vaanplein met de A29. Behalve dat de A15 de ontsluiting van de Rotterdamse haven is, is het ook één van de belangrijkste ontsluitingswegen voor de gemeenten Voorne-Putten, Rozenburg, Hoogvliet en Spijkenisse. Van west naar oost neemt het percentage haven gerelateerd verkeer dan ook af. Het Havenbedrijf Rotterdam schat dat het aandeel vrachtverkeer 100% haven gerelateerd is ter hoogte van de Maasvlakte, dit loopt terug tot 53% ter hoogte van het Vaanplein.

Het dwarsprofiel van de A15 is niet overal gelijk: van Maasvlakte tot de Thomassentunnel is het profiel 2x2 rijstroken, vanaf daar tot aan het knooppunt Vaanplein is het profiel 2x3 rijstroken, waarna het overgaat in 2x4 rijstroken. De gemiddelde intensiteiten op een werkdag op de verschillende wegvakken is te zien in Tabel 1: Percentage vrachtverkeer per wegvak. In de laatste kolom staat het percentage haven gerelateerd vrachtverkeer per wegvak [3]

De Thomassentunnel is aangelegd vanwege de beperkte capaciteit van de Calandbrug, in 2004 kwam deze gereed. De Botlektunnel bestaat sinds 1956.

Zowel de Botlektunnel als de Thomassentunnel vallen in categorie II voor het vervoer van gevaarlijke stoffen. Dit betekent dat brandbare en giftige stoffen niet door deze tunnels vervoerd mogen worden. De route voor gevaarlijke stoffen voert in beide gevallen over de naast gelegen brug. Met name de Botlektunnel vormt een knelpunt, aangezien

dit een smalle brug is met 2x1 rijstrook zonder middenscheiding. Daarnaast is de Oude Maas een doorgaande scheepvaartroute richting Dordrecht, waardoor de brug 50 keer per dag geopend moet worden, vanwege de beperkte doorvaart hoogte. De Calandbrug kent hetzelfde probleem, zij het in mindere mate, maar deze gaat toch nog ongeveer 20 keer per dag open, vooral voor autoschepen van en naar de Brittanniëhaven. De Calandbrug heeft 2x2 rijstroken met middenscheiding.

Tabel 1: Percentage vrachtverkeer per wegvak 2007

Van	Naar	Voertuigen werkdag	% vrachtverkeer dag	% haven gerelateerd vrachtverkeer
Stenenbaakplein	Dintelweg	17258	26%	100%
Dintelweg	Elbeweg	18984	25%	100%
Elbeweg	Merwedeweg	22444	26%	100%
Merwedeweg	Brielle	24498	23%	100%
Brielle	Ind.Pothof	48700		75%
Ind.Pothof	Rozenburg	65028		75%
Rozenburg	Botlekhavens	64490	19%	74%
Botlekhavens	Spijkenisse	71222	18%	79%
Spijkenisse	Botlektunnel	108488	19%	68%
Route gev. stoffen	Hoogvliet	116008	17%	68%
Hoogvliet	Kp.Benelux	121546	16%	66%
Kp.Benelux	R'dam Pernis	112087	19%	57%
R'dam Pernis	R'dam Charlois	119602	17%	58%
R'dam Charlois	Kp.Vaanplein	137429	22%	53%

2.3 Congestie

Het filepatroon op de A15 voldoet niet aan het standaardpatroon 's ochtends heen en 's middags terug. In oostelijk richting, richting Rotterdam, ontstaan files voornamelijk 's middags. In westelijke richting, richting haven, ontstaan files zowel 's ochtends als 's middags, met een licht zwaartepunt in de ochtend. In volgorde van gemiddelde zwaarte staan hieronder de knelpunten in oostelijke richting:

1. knooppunt Vaanplein
2. knooppunt Beneluxplein
3. afrit 15 havens 4100 – 5200
4. afrit 16 Spijkenisse
5. Botlekbrug (gevaarlijke stoffen route)

In volgorde van gemiddelde zwaarte staan hieronder de knelpunten in westelijke richting:

1. afrit 16 Spijkenisse
2. afrit 19 Rhoon
3. knooppunt Vaanplein
4. knooppunt Beneluxplein
5. Botlektunnel

De reden dat de afrit 16 Spijkenisse het grootste knelpunt is, komt door de capaciteit van de Hartelbrug. Door de beperkte capaciteit van deze brug ontstaat file op de afrit, die terugslaat tot in de Botlektunnel. In het Maasvlakte – Vaanplein project wordt aan dit knelpunt gewerkt. Het aantal rijstroken wordt uitgebreid op de Hartelbrug en de Botlekbrug wordt vervangen door een bredere brug. Het verkeer dat nu gebruik maakt van de afrit Spijkenisse in de Botlektunnel, zal wanneer de nieuwe Botlekbrug gereed is, via deze brug geleid worden. Congestie op de A15 leidt tot langere reistijden, in de planning van het transport kan hiermee rekening worden gehouden, mits de vertraging voorspelbaar is. Niet alleen de plaats en duur van de congestie is dus van belang, maar ook de betrouwbaarheid van de reistijd. Wanneer er dagelijks file ontstaat op een bepaald punt, waar de gemiddelde duur bekend van is, is dit makkelijk in te passen in een planning. Wanneer er echter op onverwachte tijden en plaatsen files ontstaan, wordt de reistijd onbetrouwbaar, dit is niet in te passen in een planning. Het blijkt dat de meeste files, de files met de grootste vertraging en de meeste onzekerheid over het algemeen in dezelfde tijdperiode vallen. Zoals verwacht is dit in de spitsperioden. De onbetrouwbaarheid van een reistijd kan worden uitgedrukt in de spreiding rond de gemiddelde vertraging. De standaard deviatie kan op sommige routes in de avondspits oplopen tot 50% van de gemiddelde vertraging. Verder is het opvallend dat buiten de spits in oostelijke richting vrijwel elke werkdag een file verwacht mag worden. De meeste van deze files ontstaan om 15:30 uur en zijn feitelijk de vroege avondspits.

2.4 Ongevallen

Het aantal ongevallen op de A15 per kilometer is 50% hoger dan op vergelijkbare snelwegen [4]. Uit onderzoek is gebleken dat er op het traject Maasvlakte - Ridderkerk op meer dan 60% van de dagen een ongeluk plaatsvindt. Er is zelfs een aanzienlijk aantal dagen waarop 2 of 3 ongelukken plaats vinden. De meeste ongelukken zijn niet ernstig. Er zijn geen vrachtwagens bij betrokken en de gevolgen blijven beperkt. Het aandeel vrachtwagens dat bij een ongeluk betrokken is, is ongeveer proportioneel aan het aandeel vrachtverkeer op de weg. Maar wanneer een vrachtwagen betrokken is bij een ongeluk zorgt dit meestal voor langdurende versperringen. Ter plaatse van invoegstroken en weefvakken gebeuren regelmatig ongelukken. Andere plaats waar regelmatig ongelukken plaats vinden is de Botlektunnel, met name door het wisselen van rijstrook en door onvoldoende afstand houden.

2.5 Maasvlakte – Vaanplein project

In 1996 werd de Startnotitie voor de tracé/m.e.r.-procedure Rijksweg 15 Maasvlakte – Vaanplein geschreven. De overheid vatte het plan op de verkeerscapaciteit van de A15 uit te breiden. Aangezien het voor de Rotterdamse haven van groot belang is dat de doorstroming op de A15

goed is en de groei van het verkeer de komende jaren zal doorzetten, is dit besluit genomen.

Meer dan 10 jaar later zijn de volgende uitbreidingen gepland voor de A15 (Figuur 4:):

2.5.1. Aansluiting N57 – aansluiting Spijkenisse

Dit gedeelte wordt uitgebreid van 2 x 2 rijstroken tot 2 x 3 rijstroken.

Tussen de aansluitingen Rozenburg en Spijkenisse kan het verkeer in de spits gebruik maken van een plusstrook (een smallere rijstrook die alleen tijdens de spits mag worden gebruikt).

2.5.2. Botlekbrug

Er komt een nieuwe Botlekbrug, die de huidige brug gaat vervangen.

Hij wordt + 14 meter NAP: een stuk hoger dan de bestaande brug, waardoor de brug minder vaak open hoeft dan nu. Hierdoor kan er een ingrijpende verandering plaats vinden in de verkeersstroom naar Spijkenisse. Verkeer dat nu na de Botlektunnel de afrit Spijkenisse neemt, zal in de nieuwe situatie al voor de Botlektunnel de afrit nemen en via de nieuwe Botlekbrug richting Spijkenisse rijden. Hierdoor zal de doorstroming moeten verbeteren op de A15.

Om de doorstroming rond de huidige Botlekbrug te verbeteren wordt erover nagedacht het verkeer vanaf Spijkenisse richting Rotterdam en omgekeerd, en het verkeer vanaf de Maasvlakte richting Hoogvliet met route-informatiepanelen boven de weg te informeren over de actuele verkeerssituatie. Hierdoor kunnen mensen weloverwogen hun route kiezen.

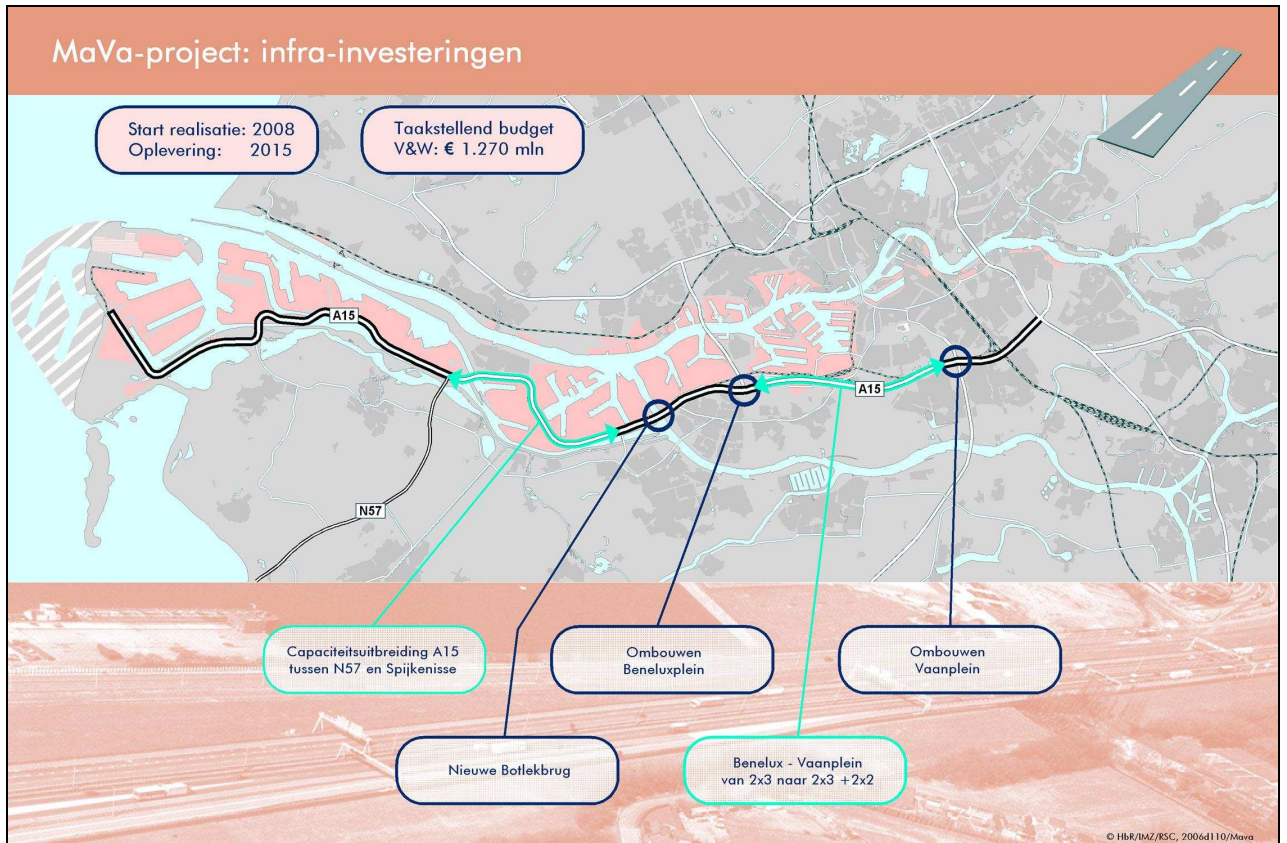
2.5.3. Hartelkruis/Hartelbrug

De krappe bocht vanuit Spijkenisse richting Rotterdam wordt verruimd. Fietsers krijgen een eigen fietsbrug naast de Hartelbrug. Dat zorgt voor meer ruimte op de brug, waardoor er in beide richtingen op de brug 2 rijstroken komen.

2.5.4. Aansluiting Beneluxplein – Vaanplein

De snelweg is nu 2 x 3 rijstroken breed. Dit worden hoofdrijbanen (2 x 3) en parallelrijbanen (2 x 2).

Het tracébesluit wordt genomen in 2008 en de uitvoering start in 2010, de werkzaamheden zullen ongeveer 6 jaar in beslag nemen. De uitbreiding van dit deel van de A15 is noodzakelijk, maar uit onderzoek blijkt dat op de lange termijn deze uitbreidingen niet afdoende zullen zijn [5]



Figuur 3: MaVa-project

2.6 Maasvlakte II

Een belangrijke ontwikkeling in het havengebied is het besluit tot het aanleggen van de Tweede Maasvlakte. Dit gebied zal netto ongeveer 1000 hectare nieuw bedrijfsterein opleveren. Deze nieuwe bedrijvigheid zal uiteraard de vraag naar transport doen toenemen en ondanks dat het Havenbedrijf Rotterdam bedrijven stimuleert gebruik te maken van andere modaliteiten dan het wegvervoer, zal de verkeersdruk op de A15 toenemen door de Tweede Maasvlakte. De toename op de Rotterdams ring zal beperkt zijn, maar de toename op het westelijk deel van de A15, de N218 en de N57 zal duidelijker zijn. In hoeverre het Havenbedrijf slaagt in de modaliteitverschuiving is mede afhankelijk van onder andere de invoering van rekeningrijden, de aanleg van de Oranjetunnel en de afsluiting van de N218 over de Brielse Maasdam voor vrachtverkeer.

2.7 Onderliggend wegennet

Zoals eerder beschreven is de A15 de ontsluitingsweg voor twee gebruikersgroepen. Ten eerste voor het havenverkeer en ten tweede voor het verkeer uit de gemeenten rond de A15, zoals Rozenburg,

Spijkenisse en Brielle. De opritten 12, 13,14, 16 en 17 worden met name door de laatste groep gebruikt. Met name het gebied ten zuiden van het Hartelkanaal kent slechts een beperkt aantal aansluitingen op de A15. Bij Brielle is dit de aansluiting van de N57 via de Harmsenbrug en bij Spijkenisse is dit de aansluiting van de N218 via de Hartelbrug. De andere ontsluitingsweg voor dit gebied is die via de N218 en de Groene Kruisweg. Hiermee zijn direct de belangrijkste wegen van het onderliggend wegennet genoemd, de N218, de N57 en de Groene Kruisweg, alle ten zuiden van de A15 met als belangrijkste functie de ontsluiting van de aangelegen woongebieden. De Hartelbrug is een belangrijk knelpunt in de overgang van het hoofdwegennet naar het onderliggende wegennet. Door de geringe capaciteit van deze brug ontstaat er file op de afrit 16 Spijkenisse, die regelmatig tot in de Botlektunnel reikt.

Ten noorden van de A15 heeft het onderliggend wegennet een havengebonden karakter. Het betreft hier met name de Vondelingenweg, de Botlekweg en de Moezelweg. Deze vervullen een drieledige functie [6]:

- * Distributie- en verzamelweg voor bestemmingsverkeer van en naar de havengebieden;
- * Omleidingroute en calamiteitenroute als rijksweg 15 is gestremd;
- * Vervoer van gevaarlijke stoffen (sommige delen).

Buiten de al eerder vermelde opritten, hebben deze drie wegen nog een aantal aansluitingen op de A15, welke vooral door haven gerelateerd verkeer wordt gebruikt. Het profiel van de wegen ten noorden van de A15 is verschillend. Het grootste gedeelte heeft 2x1 rijstrook, maar het eerste deel van de Vondelingenweg ter hoogte van afrit 18 Pernis is 2x2-strooks. De snelheidslimieten verschillen en zijn afwisselend 50 km/uur en 80 km/uur. Vrijwel elk kruispunt is voorzien van een verkeersregelinstantie, waarbij het rechtdoorgaande verkeer op de noordbaan nog wel eens een vrije doorgang heeft.

2.8 Coördinatie Alternatieve Routes (CAR)

In 2006 is een pilot project afgerond met de titel "CAR-Zuid-Holland, Pilots Corridor A15 en Westland". CAR is de afkorting voor Coördinatie Alternatieve Routes en heeft als doel wegbeheerders en politie voor te bereiden op bijzondere situaties, zoals extreme drukte en een geheel of gedeeltelijke afsluiting van de A15 door een incident. Vanwege de schadelijke gevolgen voor de verkeersveiligheid en de bereikbaarheid zijn in het kader van CAR afspraken gemaakt om verkeer gecoördineerd en gecontroleerd om te leiden. CAR bestaat enerzijds uit de afspraken tussen de verschillende betrokken partijen, simpelweg gezegd wie doet wat, waar en wanneer en hoe wordt er gecommuniceerd tussen de partijen, daarnaast bestaat CAR uit de alternatieve routes die gebruikt dienen te worden. Beiden zijn vastgelegd in het CAR routeboek, waar met behulp van kaarten per wegvak is aangegeven wat de in te stellen omleidingen zijn en daarnaast is schematische vorm is weergegeven wat er van de verschillende partijen verwacht wordt.

Zoals uit de titel van het eindrapport blijkt is deze pilot uitgevoerd voor twee gebieden in Zuid-Holland, te weten de A15 van Maasvlakte tot Vaanplein en voor het Westland. De eerste betreft precies het gebied dat in het kader van dit rapport wordt onderzocht. De Groene Kruisweg, Moezelweg, Botlekweg en Vondelingenweg worden in het CAR rapport genoemd als specifieke aandachtspunten. Deze studie kan gezien worden als een aanvulling of uitwerking van CAR. CAR houdt zich met name bezig met de operationele kant van het oplossen van de verkeersproblematiek op de A15 en de inzet van CAR is specifiek afgestemd op extreme situaties. Hierbij kan gedacht worden aan gekantelde vrachtwagens die de gehele of een groot deel van de A15 blokkeren. CAR is zeer zeker niet bedoeld voor de dagelijkse congestie. Het gevolg van deze benadering is dat bij het uitvoeren van de pilot-studie niet is doorgerekend wat de winst is die behaald wordt, in termen van bijvoorbeeld voertuigverliesuren, met de inzet van CAR. Zoals een van de projectleiders van het project zei: "CAR is bedoeld om in uitzonderlijke situaties te redden wat er te redden valt". [J. Birnie, Goudappel]

Naast de coördinatie van de betrokken partijen zijn ook de alternatieve routes opgesteld in het kader van CAR. Hierbij is bekeken welke wegen geschikt zijn voor een grote verkeersstroom, onder andere de doorrijhoogten en veiligheid zijn bepaald van de wegen rondom de A15. Hierdoor ontstond een kaart waarop alle wegen die ingezet kunnen worden als alternatieve routes zichtbaar waren. Vervolgens is het studiegebied opgedeeld in een aantal wegvakken, door beide kaarten over elkaar heen te leggen konden per wegvak de alternatieve routes bepaald worden. Deze routes zijn zo opgesteld dat verkeer dat de A15 verlaat, na het passeren van de blokkade, weer op de A15 komt. In deze studie is het echter de bedoeling dat verkeer bestemming-specifiek wordt omgeleid, het verkeer zal dus de A15 verlaten via een andere afrit dan de geplande afrit, om zo de instroom ter plaatse van een bottleneck te beperken. De alternatieve route zal leiden naar de bestemming en niet naar een oprit. Dit betekent dat de alternatieve routes zoals opgenomen in het routeboek van CAR niet volledig bruikbaar zijn, maar ze kunnen dienen als basis voor de alternatieve routes die in dit onderzoek gebruikt worden. Een voorwaarde voor het gebruik van de Groene Kruisweg, daar waar deze door woonkernen loopt, alleen gebruikt wordt als alternatieve route voor de ontsluiting van de aanliggende kernen en niet voor doorgaand verkeer. Hiermee wordt voldaan aan de belangen van de gemeenten rond de A15 omtrent veiligheid en overlast.

3. Probleemstelling en doel

3.1 Probleemstelling

Er ontstaat dagelijks congestie op de A15 corridor. Enerzijds wordt dit veroorzaakt doordat de verkeersvraag de capaciteit overschrijdt, anderzijds doordat de capaciteit gereduceerd wordt door ongevallen. Congestie is het logische gevolg hiervan, dit leidt tot langere reistijden. Niet alleen zijn de reistijden langer, ze zijn ook onbetrouwbaar. De directe economische schade ten gevolge van vertragingen voor havengerelateerd vracht- en personenverkeer werd in 2006 geraamd op 6,5 miljoen Euro[3]. De kosten voor de onbetrouwbaarheid van reistijden in de A15 corridor werden geraamd op 7,5 miljoen Euro. Zowel de dagelijkse congestie als het hoge aantal ongevallen beperken de bereikbaarheid van de Rotterdamse haven. Door de groei van personen- en goederenstromen in de toekomst, mede door de uitbreidingen van de haven met de Tweede Maasvlakte, komt de bereikbaarheid verder onder druk te staan. Wil de Rotterdamse haven in de toekomst haar concurrentiepositie behouden, dan zal de bereikbaarheid over de weg verbeterd moeten worden. Welke mogelijkheden zijn er om de bereikbaarheid te verbeteren? Daar waar het verkeersaanbod de capaciteit overschrijdt, kunnen zowel aan de aanbodzijde als aan de capaciteitszijde naar oplossingen gezocht worden. Aan de aanbodzijde kan gedacht worden aan mensen stimuleren te reizen buiten de spits of te kiezen voor een ander vervoersmiddel. Aan de capaciteitszijde is de meest voor de hand liggende oplossing uitbreiding van de infrastructuur. Maar een andere optie is de bestaande infrastructuur beter benutten. Dynamisch verkeersmanagement probeert dit te bereiken, gedacht kan worden aan toeritdoseerinstallaties, spitsstroken, incidentmanagement en routegeleiding en -informatie. Deze middelen kunnen uitkomst bieden op plaatsen waar uitbreiding fysiek onmogelijk is of de vraag naar een oplossing zeer urgent is. Het voordeel van de toepassing van dynamisch verkeersmanagement is dat het relatief goedkoop is en snel is toe te passen in vergelijking met infrastructurele uitbreidingen. Infrastructurele uitbreidingen komen pas gereed in 2015. Op dit moment wordt er op de A15 nog weinig gebruik gemaakt van dynamisch verkeersmanagement. Aangezien de capaciteitsuitbreiding nog een aantal jaren op zich laat wachten, maar er voldoende economisch motief is voor een snelle oplossing, lijkt dynamisch verkeersmanagement de aangewezen oplossingsrichting.

3.2 Doel

Dynamisch verkeersmanagement wordt ingezet om de capaciteit van de infrastructuur optimaal te benutten. Het verkeer beter verdelen over de beschikbare infrastructuur, door het een over een alternatieve route te geleiden is een van de mogelijkheden om de doorstroming te verbeteren. De A15 corridor kent in het Rotterdamse havengebied geen

alternatieve routes op autosnelweg niveau. Wel is er een onderliggend wegennet dat vrijwel parallel loopt aan de A15. Ten noorden van de A15 zijn dit de Moezelweg, Botlekweg en Vondelingenweg, ten zuiden de N218/Groen Kruisweg.

Het Havenbedrijf Rotterdam speelt al enige tijd met het idee, om vrachtverkeer via de wegen ten noorden van de A15 (vanaf hier Havenroute) een alternatieve route te bieden. De motivatie voor dit idee is dat de aankomsttijden van het vrachtverkeer tijdens de spitsperiodes niet gegarandeerd kunnen worden. De reistijd in de A15 corridor wijken vaak af van de verwachting.

Door op de Havenroute tijdens congestie het vrachtverkeer een alternatief te bieden is dit wellicht wel mogelijk. De belangrijkste bottlenecks op de A15 corridor bevinden zich tussen Spijkenisse en het Vaanplein. Tussen afrit Charlois en Spijkenisse kan het onderliggend wegennet uitkomst bieden. Vanaf afrit Charlois tot aan het Vaanplein is dit niet mogelijk, doordat er geen geschikt secundair wegennet is. Uit de beschreven problematiek in de A15 corridor en de wens van het Havenbedrijf om vrachtverkeer een gegarandeerde aankomsttijd te bieden, komen de volgende onderzoeksvragen voort:

- Welke alternatieve routes zijn er mogelijk op het onderliggend wegennet?
- Wanneer zijn deze routes een reëel alternatief, wanneer hoofd- en alternatieve route vergeleken worden op basis van reistijden?
- Hoe ziet een mogelijke regeltactiek eruit, die bepaalt wanneer er gebruik gemaakt wordt van de alternatieve routes, zodat het aantal vrachtwagens dat de verwachte reistijd overschrijdt gereduceerd wordt?
- Wat is het effect van deze regeltactiek op het overige verkeer?
- Wat is het effect op de resultaten wanneer de infrastructuur van het onderliggend wegennet, waar de alternatieve routes over voeren, wordt uitgebreid?

Dit leidt tot het volgende onderzoeksdoel:

Onderzoek of het mogelijk is het aantal vrachtwagens dat de verwachte reistijd overschrijdt te reduceren, door verkeer op de A15 om te leiden via het onderliggend wegennet, waarbij de gemiddeld gerealiseerde reistijd, in de huidige situatie zonder maatregelen, gehanteerd wordt als de verwachte reistijd.

4. Methodologie

In dit hoofdstuk wordt beschreven op welke wijze er een antwoord kan worden gegeven op de onderzoeksvragen.

4.1 Testomgeving

Om inzicht te krijgen in de effecten van het omleiden van verkeer op de A15 naar het onderliggend wegennet, wordt de huidige situatie vergeleken met een situatie waarin routegeleiding plaats vindt. De beste vergelijking vereist dat alle overige factoren, zoals de verkeersvraag en het voertuiggedrag gelijk blijven. Alleen dan is de verandering in de verkeersafwikkeling toe te schrijven aan het geleiden van verkeer.

In de praktijk kunnen gelijk blijvende omstandigheden niet worden gegarandeerd. Daarnaast is het experimenteren met een omleidstrategie in de praktijk kostbaar en het kan leiden tot extra vertragingen. Een simulatiemodel biedt de vrijheid om te experimenteren met verschillende omleidstrategieën en identieke omstandigheden kunnen keer op keer worden gecreëerd. Verder zijn resultaten in een model makkelijker te verkrijgen, doordat men niet afhankelijk is van bestaande meetpunten en -locaties, maar vrij is in de verzameling van gegevens. De doorlooptijd van modelstudies is vaak korter dan praktijkexperimenten en dus is een modelstudie financieel aantrekkelijker. Het nadeel dat een model een vereenvoudiging van de werkelijkheid is, weegt niet op tegen de voordelen die een modelstudie biedt.

In de volgende paragrafen wordt beschreven welke delen van de werkelijkheid in het model worden opgenomen en hierop gebaseerd wordt vervolgens een modelkeuze gemaakt, waarmee de onderzoeksvragen beantwoord worden in de volgende hoofdstukken.

4.1.1. Detail- en schaalniveau

De modellering vindt plaats op voertuigniveau, een microsimulatie. Hiervoor is gekozen om een goede simulatie van congestie en congestie-effecten te krijgen. De voertuigen worden onderscheiden naar voertuigklasse, zodat onderscheid gemaakt kan worden in zowel het voertuiggedrag als de routekeuze van verschillende voertuigklassen. Dit maakt het mogelijk om een voertuigklasse specifieke regeltactiek in het model te simuleren.

De ochtend- en avondspits zijn de perioden waarin de meeste files voorkomen, dit zijn logischerwijs de momenten waarop de regeltactiek het meest effect kan bereiken. Het zwaartepunt ligt in de avondspits, daarom is gekozen de periode van 15 uur tot 19 uur te modelleren. De simulatiestappen liggen in de orde van grootte van minuten, om verkeer zo adequaat en dynamisch mogelijk om te leiden. Een tweede reden voor deze grootte is dat het simuleren van de stijgende en dalende verkeersvraag tijdens de spits in deze tijdstappen goed

mogelijk is.

De kruispunten op het onderliggend wegennet zijn in de meeste gevallen voorzien van een verkeersregelininstallatie (VRI). Veel van deze VRI's zijn geplaatst uit oogpunt van verkeersveiligheid. De VRI's die opgenomen worden in het model, zijn de VRI's die in de werkelijkheid geplaatst zijn om de capaciteit te vergroten van een kruising.

4.1.2. Studiegebied/invloedsgebied

Het studiegebied loopt van Vaanplein tot Maasvlakte en van Nieuwe Waterweg tot N218. Het studiegebied betreft in hoofdlijnen vier wegen. De A15, de A4, de N218/Groene Kruisweg en Havenroute (Vondelingenweg, Botlekweg, Moezelweg). Deze wegen en de onderlinge verbindingen er tussen worden opgenomen in het model. De aansluiting van gebiedsontsluitingswegen op de stroomwegen vormt de grens van de weginfrastructuur. De lengte van deze aansluitingen zal dusdanig zijn, dat wachtrijen zichtbaar worden.

4.2 Modelkenmerken

De modellering van congestie is een belangrijk onderdeel van deze studie. Niet alleen de filelengte en -duur moeten goed overeenkomen met de werkelijkheid, maar ook de schokgolfdynamica, de overgangen tussen verschillende verkeersafwikkelingssituaties. Het model moet een stochastisch karakter hebben, om zo de stochastische aard van de verkeersafwikkeling goed te kunnen simuleren. Zo kan de regeltactiek onder verschillende omstandigheden getest worden. Vervolgens moet het binnen het model mogelijk zijn verkeer te routeren, afhankelijk van de staat van het verkeerssysteem.

Een model waarvoor een bestaand netwerk voor het studiegebied is ontwikkeld, of een model dat een bestaand netwerk van een ander model als basis kan gebruiken geniet de voorkeur boven een model waarvoor een netwerk vanaf de grond moet worden opgebouwd.

Als laatste zijn de mogelijkheid om modeluitkomsten te visualiseren en de bekendheid van de schrijver van dit rapport met het model twee factoren die meewegen in de keuze.

4.3 Modelkeuze

Op basis van bovenstaande gewenste modelkenmerken en beschreven testomgeving is een keus gemaakt uit de volgende beschikbare microsimulatie modellen: Vissim, FLEXYT-II-, FOSIM en Paramics.

FOSIM is ontwikkeld voor de simulatie van wegvakken en niet voor netwerken. FLEXYT-II- heeft een aantal van de vereiste kenmerken, maar is met name bedoeld voor kleinschalige netwerken.

Vissim en Paramics zijn beide zeer geschikt voor het doorrekenen van dynamisch-verkeersmanagementmaatregelen. Voor beide modellen geldt dat er een netwerk bestaat dat als uitgangspunt kan dienen. De bekendheid van de auteur van dit rapport met Vissim en de

mogelijkheid ondersteuning te krijgen bij de modelbouw, heeft geleid tot de keuze voor Vissim.

Vissim voldoet in alle opzichten aan de gestelde eisen. Een netwerk van deze omvang is in te voeren in het model. Het is mogelijk om tijdens de simulatie het model aan te passen via een zogenaamde COM-interface, rerouten van verkeer afhankelijk van de verkeerssituatie is zo mogelijk. Verder kent Vissim zeer goede presentatiemogelijkheden.

Tenslotte kan er een koppeling gemaakt worden vanuit het statische model Visum naar Vissim. Hierdoor kunnen een aantal stappen van de modelbouw uitgevoerd worden in Visum, zoals de verkeerstoedeling. Daarnaast is het door deze koppeling mogelijk onderdelen van een statisch model te gebruiken voor de modelbouw in Vissim. Er zijn statische macromodellen beschikbaar voor het studiegebied, waarvan bijvoorbeeld de herkomst-bestemmingsmatrix en het verkeersnetwerk als basis kunnen dienen voor het Vissim model.

4.4 Routegeleiding en –informatie

Een route is de aaneenschakeling van knooppunten en tussenliggende schakels, die een reiziger kiest om van zijn herkomst naar zijn bestemming te komen. De keuze voor een bepaalde route wordt bepaald door[7]:

- De weggebruiker met zijn subjectieve behoeften, ervaringen, voorkeuren en verwachtingen.
- De natuurlijke omgeving met haar objectieve mogelijkheden en de kenmerken daarvan, of specifieker gezegd, het wegennetwerk en de beschikbare routes van herkomst naar bestemming.

Een weggebruiker maakt een keuze uit de verschillende routealternatieven (de objectieve mogelijkheden) op basis van een afweging die persoonlijke elementen bevat. De kenmerken van verschillende routes wordt ingeschat en gewaardeerd, waarna een keuze volgt voor de route die het meest voldoet aan de eisen van de weggebruiker. De reistijd en reisafstand zijn de belangrijkste factoren in de afweging, andere factoren zijn verkeerscomfort, verkeersveiligheid, kenmerken van de weg en de kenmerken van het informatieaanbod. Over het algemeen wordt voor verkeersmodellering aangenomen dat weggebruikers hun route kiezen volgens een gebruikersoptimum. Dit betekent dat zij hun route zo kiezen, dat er geen snellere route mogelijk is in de op dat moment heersende condities. Een belangrijk onderdeel van deze aanname is dat weggebruikers volledig bekend zijn met de heersende condities. Dit is uiteraard niet het geval.

De wegbeheerder heeft vaak een beter beeld van de situatie op de weg dan de weggebruiker. Door informatie te geven aan de weggebruiker of door de weggebruiker te adviseren over de te volgen route, wordt getracht de verkeerssituatie in positieve zin te beïnvloeden. De weggebruiker kan dus enerzijds voorzien worden van informatie op basis waarvan hij een betere keuze kan maken, anderzijds kan de weggebruiker een route voorgeschreven worden door de wegbeheerder. De inhoud van de informatie en de voorgeschreven

routes zijn afhankelijk van de situatie op de weg, dit maakt het een dynamisch proces.

Door een weggebruiker te voorzien van informatie over de huidige verkeerssituatie op zijn routealternatieven, kan de weggebruiker een betere keuze maken over de te volgen route. De weggebruiker maakt een keuze die voor hem een optimale situatie oplevert. Vanuit het perspectief van de wegbeheerder wordt er door middel van het geven van informatie getracht een optimum voor het netwerk te bereiken. Alternatieve routes worden aangeboden om het verkeer beter te verdelen over de bestaande wegcapaciteit en zodoende een robuuster systeem te creëren. Wanneer de doorstroming op een bepaalde route gestremd of beperkt is, kunnen andere routes gebruikt worden, waardoor de bereikbaarheid van een gebied gegarandeerd blijft. De informatie wordt op verschillende tijdstippen aangeboden. Allereerst is er de pre-trip informatie. Hierbij kan gedacht worden aan file-informatie op teletekst of internet. Op basis van deze informatie kan het vertrektijdstip worden aangepast, of er kan gekozen worden voor een alternatief vervoersmiddel. Eenmaal onderweg is er in-car informatie; dit is informatie die de reiziger ontvangt terwijl hij onderweg is, zoals fileberichten op de radio. En als laatste is er informatie die hij tijdens de reis ontvangt, die langs de kant van de weg is te zien. Hierbij kan gedacht worden aan dynamische route-informatiepanelen (DRIPS), die de weggebruiker bijvoorbeeld op de hoogte kan stellen van de verwachte reistijd over een bepaald traject. De informatie die een weggebruiker ontvangt op verschillende tijdstippen wordt verstrekt in verschillende vormen. Deze informatie kan descriptief of prescriptief zijn: de weggebruiker wordt of geïnformeerd over de verkeerssituatie en maakt op basis daarvan een keuze over de te volgen route, of hem wordt een route voorgeschreven op basis van de verkeerssituatie.

Naast de vorm en het tijdstip is er nog een derde element in de informatievoorziening. Dit is het soort informatie die de weggebruiker krijgt. Deze kan momentaan zijn, oftewel gebaseerd zijn op de situatie zoals die op dit moment is. De informatie kan predictief zijn, oftewel gebaseerd zijn op een voorspelling voor de nabije toekomst. Of deze kan gebaseerd zijn op een gewenste staat van de verkeerssituatie. De informatie wordt dan in een dusdanige vorm verstrekt dat de beslissingen die de weggebruikers maken leiden tot een systeemoptimum.

Een cruciale factor in de effectiviteit van de verstrekte informatie is het percentage weggebruikers dat daadwerkelijk gebruik maakt van de informatie. De informatie kan weggebruikers bekend maken met alternatieve routes en het kan hem op de hoogte stellen van de toestand op de alternatieve routes in vergelijking met de huidig gekozen route. Maar de effectiviteit valt of staat bij de keuze van de weggebruiker om zijn routekeuze aan te passen op basis van de informatie die hem wordt aangereikt.

De eerder beschreven prescriptieve informatie probeert deze onzekerheid te reduceren. Routegeleiding probeert door de weggebruiker een route voor te schrijven in plaats van hem op basis van verstrekte informatie zelf te laten kiezen, de afhankelijkheid van het beslissingsproces van de weggebruiker te minimaliseren.

4.5 Verwachte reistijd

De kosten van vertragingen voor vervoerders in het havengebied bestaat uit twee componenten. De eerste zijn de directe kosten ten gevolge van de vertragingen. De tweede zijn de kosten ten gevolge van de onbetrouwbaarheid van de reistijden. De vrachtvervoerders hebben een bepaalde verwachting van de reistijd op een gegeven vertrektijdstip. Deze verwachting is gebaseerd op ervaring. De verwachte en gerealiseerde reistijd wijken van elkaar af door het optreden van onverwachte vertragingen. Vervoerders hebben te maken met twee soorten onverwachte vertragingen, namelijk:

- de dagelijkse 'random' variatie in de reistijd, veroorzaakt door reguliere files.
- vertragingen veroorzaakt door incidenten

Vervoerders plannen reservetijd in voor de eerste vorm van onverwachte vertragingen. De tweede vorm is volkomen onvoorspelbaar en niet in te plannen.

De vrije reistijd vermeerderd met het gemiddelde reistijdverlies wordt gebruikt als definitie voor de verwachte reistijd [8]. Het gemiddelde reistijdverlies wordt veroorzaakt door de reguliere files en de files die ontstaan door incidenten.

In Vissim vinden geen incidenten plaats, de files ontstaan slechts door overschrijding van de capaciteit. Het gemiddelde wordt in het model dus bepaald door de 'random' variatie in de reistijd ten gevolge van files. Deze random variatie wordt verkregen door meerdere simulaties uit te voeren met verschillende random seeds. De gemiddelde gerealiseerde reistijd voor de routes over 10 simulaties, wordt in dit onderzoek gehanteerd als de verwachte reistijd.

4.6 Reistijd voorspellen

Het voorspellen van reistijden is een zeer complexe bezigheid [9]. Er zijn grofweg 3 benaderingen om reistijden te voorspellen:

- de model gebaseerde benadering
- de instantane benadering
- de data gebaseerde benadering

Voor de regeltactiek is een middenweg tussen de eerste en derde benadering genomen. Een eenvoudig voorspel model, op basis van een wachtrij model is gebruikt. De basis is de massa balans methode, die zegt:

$$TT_i(t) = TT_{free_i} + \frac{N_i(t)}{C_{i:eff}}$$

Waarin:

i: route

TT(t): de instantane reistijd op tijdstip t

TTfree: de vrije reistijd

N(t): het geschatte aantal voertuigen op route i op tijdstip t

Ceff: de effectieve afrijdcapaciteit

De reistijd is de som van de vrije reistijd en de vertraging ten gevolge van de gevormde wachtrij door de voertuigen in het wegvak. Een lineair verband tussen de reistijd en het aantal voertuigen in een wegvak is niet realistisch. Een BPR-functie [9] geeft een realistischer resultaat voor de reistijd ontwikkeling bij toenemende dichtheid. Aanpassing van bovenstaande functie leidt tot:

$$TT_i(t) = TTfree_i * \left(1 + a * \left(\frac{N_i(t)}{C_{i,eff}} \right)^b \right)$$

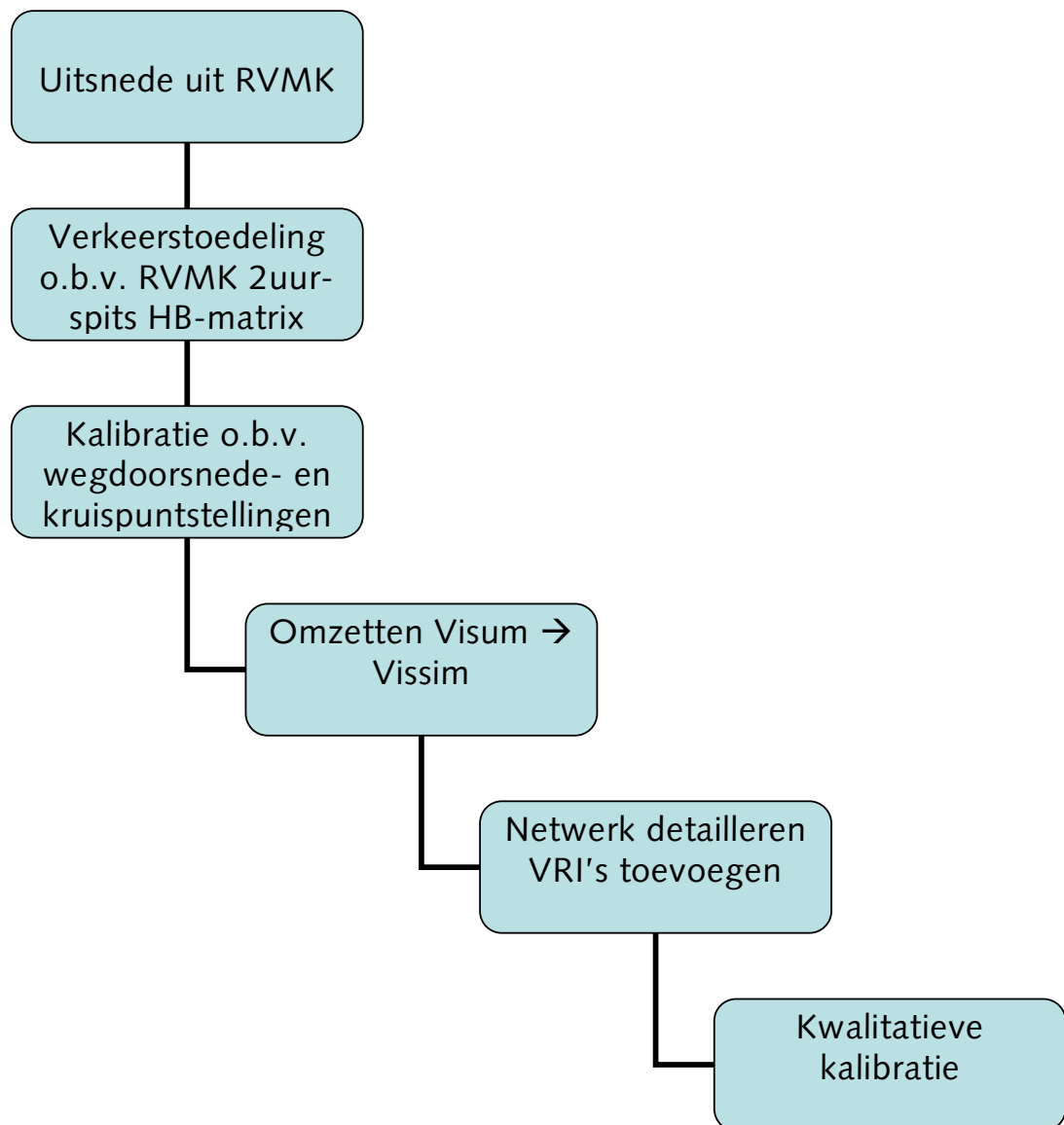
De factor a en exponent b hangen af van hoe sterk de reistijd stijgt in een wegvak, wanneer het aantal voertuigen de capaciteit nadert. Op een autosnelweg is deze gevoeligheid lager dan op het onderliggend wegennet. In de experimentele setup wordt verder ingegaan op de bepaling van de onbekenden a en b met behulp van regressie-analyse. Er moet worden opgemerkt dat het schatten van het aantal voertuigen in het wegvak van essentieel belang is voor de bepaling van de reistijd. In Vissim is het mogelijk alle inkomende en uitgaande links te voorzien van een detector, die 100% betrouwbaar is. In werkelijkheid is dit niet het geval, detectoren zijn verre van 100% betrouwbaar en fouten in de telling van het aantal voertuigen worden vaak gemaakt. Deze methode is dan ook niet toepasbaar in de werkelijkheid. Het nadeel van deze methode is dat het de reistijden niet zeer nauwkeurig voorspelt. De relatie tussen het aantal voertuigen en de reistijd geeft slechts een zeer beperkt beeld van de verkeersdynamiek, zeker gedurende perioden van congestie.

5. Experimentele setup

In dit hoofdstuk wordt de modelbouw beschreven, waarmee de onderzoeksvragen beantwoord kunnen worden. De verschillende alternatieve routes die in het model gebruikt worden, worden in dit hoofdstuk beschreven. En de regeltactiek wordt aan de hand van de voorwaarden uit het vorige hoofdstuk ontwikkeld.

5.1 Modelbouw

In Figuur 4 staat hoe het Vissimmodel is gebouwd.



Figuur 4: Schema modelbouw

5.1.1. Uitsnede

De basis van het model is de weginfrastructuur en een herkomst-bestemmingsmatrix. De weginfrastructuur is een uitsnede uit het netwerk van de Regionale VerkeersMilieu Kaart (RVMK). Dit is een netwerk in Omnitrans, een macromodel, ontwikkeld voor regio Rotterdam, waarmee de relatie tussen verkeer en milieu in kaart gebracht wordt.

De belangrijkste wegen in de uitsnede zijn de A15, de A4, de wegen door het havengebied en de N218/ Groene Kruisweg. Daarnaast zijn alle verbindingen tussen deze 3 wegen in het model opgenomen. De wegen binnen de verschillende gemeentes zijn alleen in de uitsnede opgenomen wanneer deze in verbinding staan met de bovengenoemde 3 wegen. Zie Figuur 5: Kaart studiegebied

Aan de oostzijde is de uitsnede ter hoogte van het Vaanplein gemaakt, aan de westzijde ter hoogte van de N15/Europaweg waar deze toegang biedt tot de Maasvlakte.

5.1.2. Verkeerstoedeling

De herkomst-bestemmingsmatrix is ook verkregen uit de RVMK. De herkomst-bestemmingsmatrix heeft 3 submatrices. Twee voor de ochtend- en avondspits en een voor tussenliggende periode buiten de spits. De herkomst-bestemmingsmatrix heeft 2004 als basisjaar en de spitsmatrices zijn voor een 2-uursspitsperiode. In dit model wordt een 4-uursspitsperiode gesimuleerd. Op basis van de totale telcijfers is hiervoor een ophoogfactor berekend.

$$\frac{\textit{personenvoertuigen}_{1500-1900}}{\textit{personenvoertuigen}_{1600-1800}} = 1.86$$

$$\frac{\textit{vrachtwagens}_{1500-1900}}{\textit{vrachtwagens}_{1600-1800}} = 1.86$$

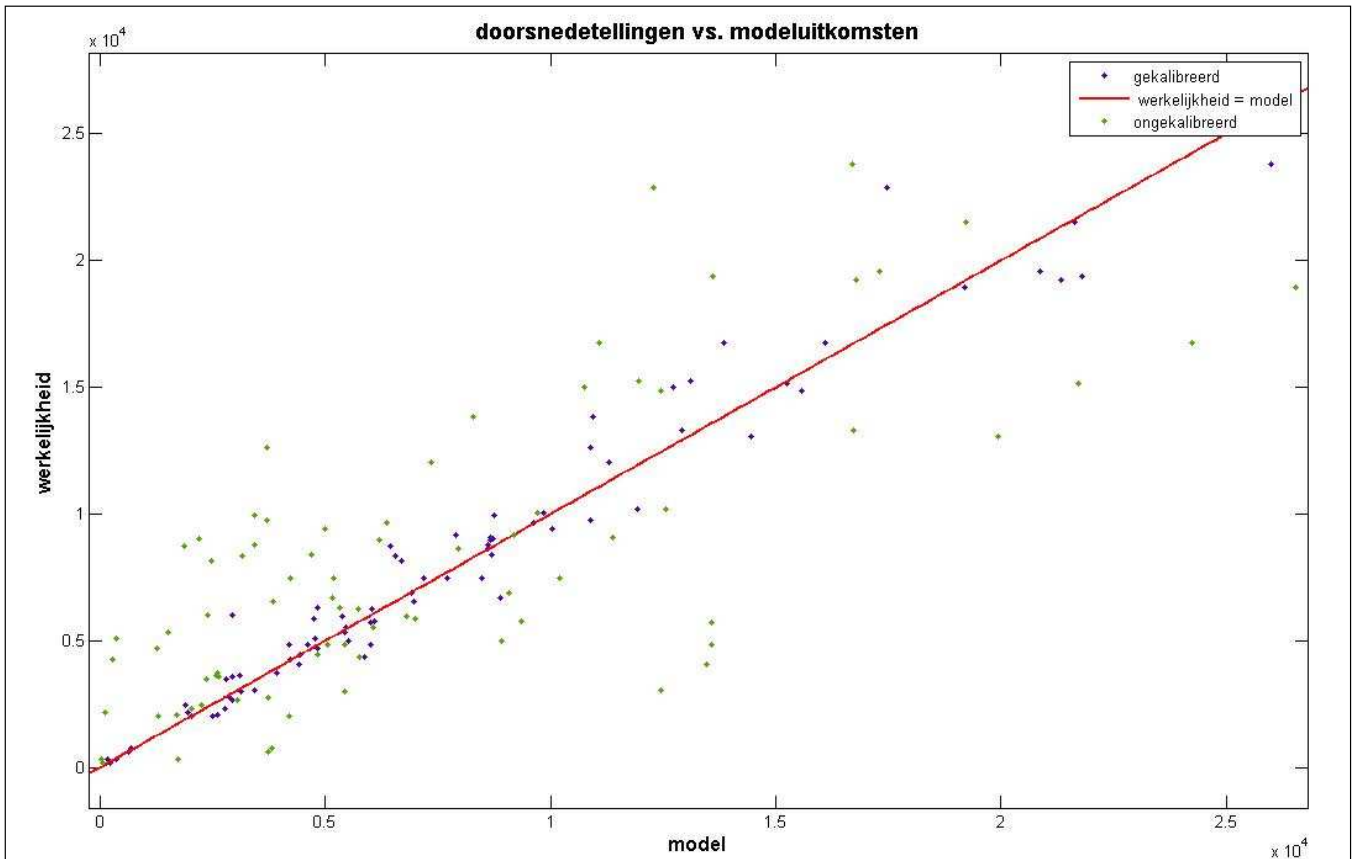
Op basis van de herkomst-bestemmingsmatrix en de kenmerken van de weginfrastructuur is de verkeersvraag statisch toegedeeld aan het netwerk in Visum. De toedeling is volgens een gebruikersoptimum, waarbij de reistijden zijn bepaald met BPR-functies. De routes die uit deze toedeling volgen gelden voor de volledige simulatieperiode. De fluctuerende verkeersintensiteit, gedurende de spitsperiode, is in Vissim gerealiseerd door de verkeersinstroom aan de randen van het netwerk te variëren in de tijd.

Figuur 5: Kaart studiegebied



5.1.3. Kalibratie Visum

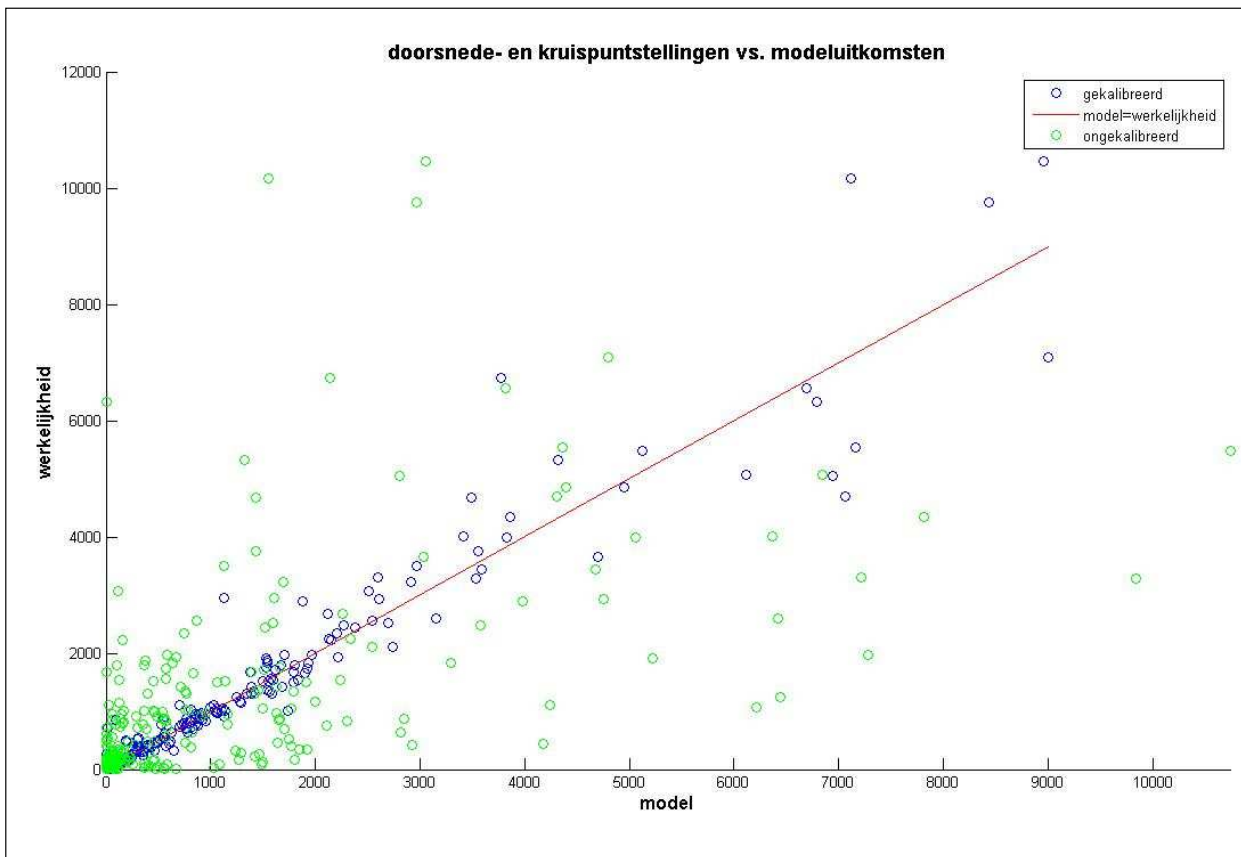
Ten behoeve van de kalibratie van het model zijn verkeerstellingen verzameld. De verkeersvraag is voor de A15 verkrijgbaar uit detectielusdata, zogenaamde Monicadata. De detectielussen hebben een afstand van 500 meter en meten per minuut onder andere de verkeersintensiteit. Voor het onderliggend wegennet is zulke gedetailleerde data niet beschikbaar. De meetpunten op de N218 hebben een onderlinge afstand van enkele kilometers. Vaak betreft het kwartiers- of uurtellingen. Deze informatie is dus aanzienlijk grofmaziger dan de Monicadata. Naast de tellingen op de N218 zijn er ook permanente tellingen beschikbaar voor de bruggen in het gebied. De tellingen voor de overige wegen in het gebied hebben een incidenteel karakter. De kruispunten worden slechts eens in een aantal jaar handmatig geteld. De verkeersvraag voor de A15 kan dus redelijk nauwkeuriger worden bepaald, maar voor het onderliggend wegennet is dit op basis van de beschikbare telcijfers niet mogelijk.



Figuur 6: Kalibratie doorsnedes

Op basis van 60 kruispunten en 80 doorsnedes is de herkomstbestemmingsmatrix gekalibreerd. Deze matrix is voor het jaar 2004. De veranderingen in het aantal trips dat van en naar een zone gemaakt wordt, is op basis van de telcijfers en volumes op de routes. In Figuur 6 en Figuur 7 zijn de ongekalibreerde en de gekalibreerde cijfers voor de doorsnedes en kruispunten, voor vracht- en personenverkeer gesommeerd, weergegeven. De verbetering door een aantal kalibratierondes is zichtbaar. Voor de kruispuntstellingen is de mean squared error van het ongekalibreerde model $2.7 \cdot 10^6$, tegen een mean squared error $2.2 \cdot 10^5$ voor de het gekalibreerde model. Voor de doorsnedetellingen is de mean squared error van het ongekalibreerde model $1.8 \cdot 10^7$, tegen een mean squared error $1.6 \cdot 10^6$ voor de het gekalibreerde model.

Figuur 7: Kalibratie kruispunten



5.1.4. Omzetting Visum naar Vissim

Het gekalibreerde model is vanuit Visum omgezet naar Vissim. Het is gedetailleerd en VRI's zijn toegevoegd op de volgende locaties (omcirkeld in Figuur 8):

1. Groene Kruisplein
2. Reeweg-A15
3. Aveling-A15
4. Hartelweg-A15
5. Hartelweg-N218
6. N57-N218



Figuur 8: Locaties VRI's

De toedeling in Visum is statisch, het verkeer is gelijkmatig verdeeld over de 4 uur. Op basis van de telcijfers is bepaald hoe de verkeersvraag verloopt gedurende de 4-uursspitsperiode. Dit verloop is aangebracht aan de randen van het netwerk om een spitsgolf te creëren.

5.1.5. Validatie Vissim

De routekeuze is vastgelegd tijdens de kalibratie in Visum, het voertuiggedrag is in Vissim bepaald. Het voertuiggedrag speelt een belangrijke rol in het ontstaan van files, op de juiste locaties en met de juiste duur. Dit is te realiseren door de parameters voor voertuiggedrag aan te passen. De keuze voor de parameters is gemaakt op basis van een visuele kalibratie. In Tabel 2 staan de gebruikte parameters.

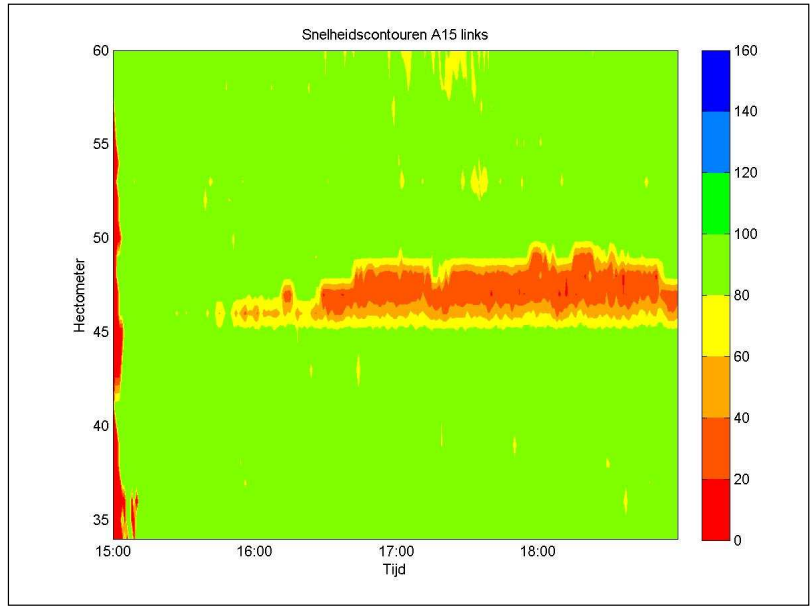
Tabel 2: Vissim voertuiggedrag parameters

CC0 standstill distance	1.50m
CC1 headway time	0.90s
Safety reduction factor	0.10
Waiting time before diffusion	30 s
Maximum deceleration (lane change)	-6 m/s ²
Accepted deceleration	-2.50 m/s ²

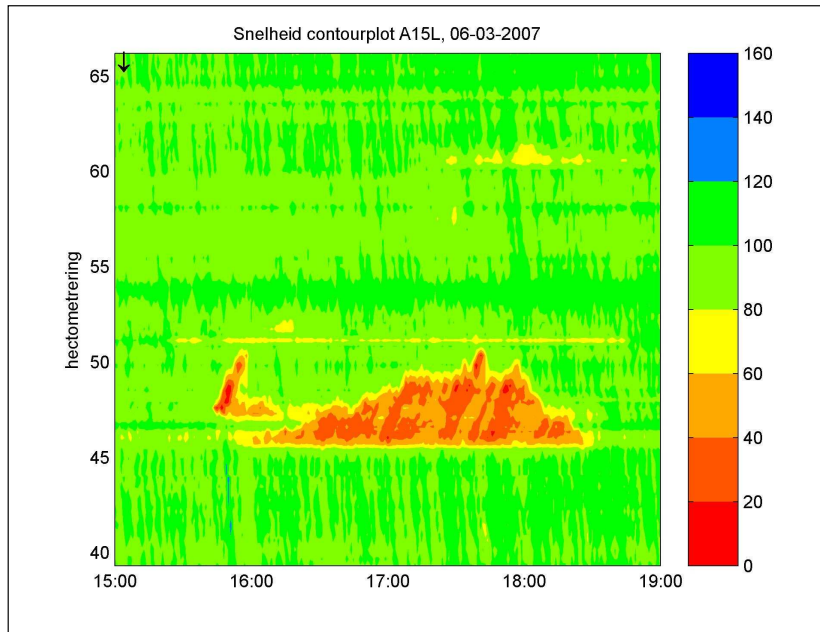
Verder is het model gecontroleerd op onlogische routekeuzes, met name ter plaatse van af- en opritten zijn deze waargenomen. Figuur 9 tot en met Figuur 14 laten zogenaamde snelheidscontourplots zien van de ruwe Monica data en de gekalibreerde Vissim simulatie. Merk op dat de schaal op de y-as in de Vissim- en Monicaplots van elkaar verschillen.

Aangezien het niet het streven is een exacte kopie van de werkelijkheid te maken, maar een verkeersbeeld te creëren dat mogelijk kan ontstaan op een willekeurige werkdag in de avondspits, is het model in deze vorm geaccepteerd als uitgangspunt voor de modelstudie. De variatie in het verkeersbeeld wordt verder gesimuleerd door het gebruik van verschillende random seeds.

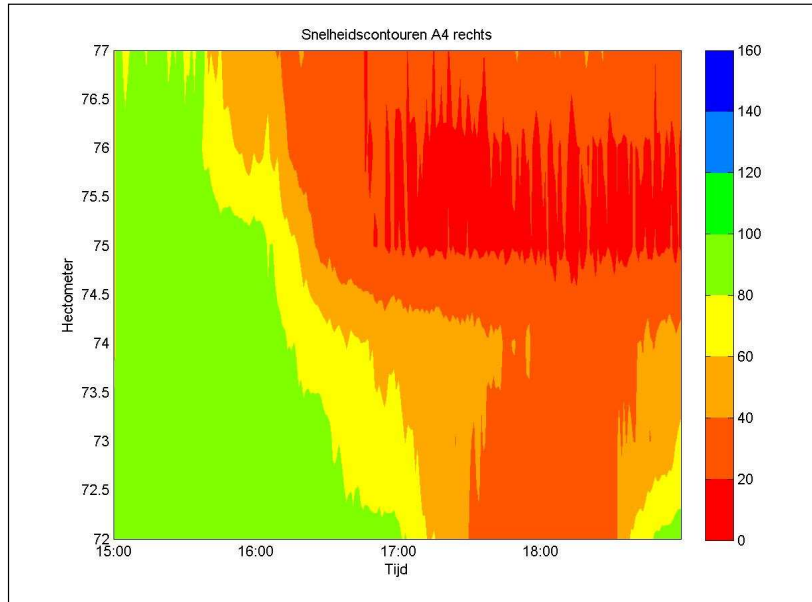
Er zijn een aantal verschillen te constateren tussen de Monica en Vissim plots, de oorzaken hiervan worden hieronder toegelicht. Monica data is per minuut geaggregeerd, terwijl Vissim data per 5 minuten geaggregeerd is. Hierdoor worden snelheden gelijkmatiger verdeeld. Daarnaast hebben telpunten in de werkelijkheid een onderlinge afstand van 500 meter, in Vissim is deze afstand 1000 meter. Als laatste is de snelheidsverdeling in Vissim gelijkmatiger dan in de werkelijkheid, ook dit leidt tot een rustiger wegbeeld dan in werkelijkheid.



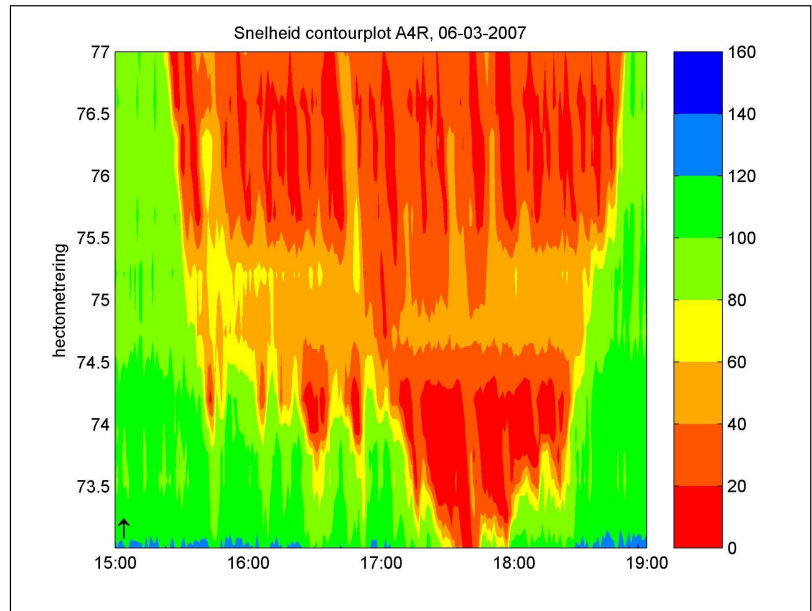
Figuur 9: snelheidscontouren A15 links Vissim



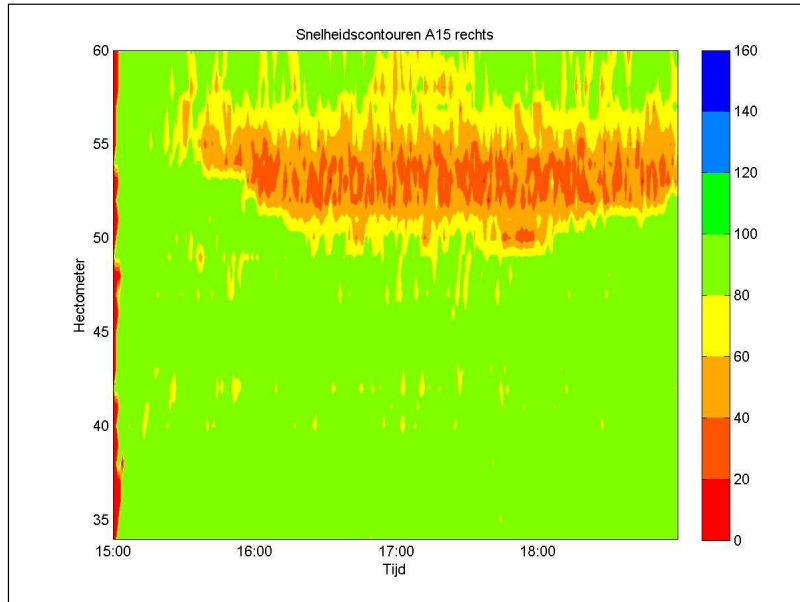
Figuur 10: snelheidscontouren A15 links Monica



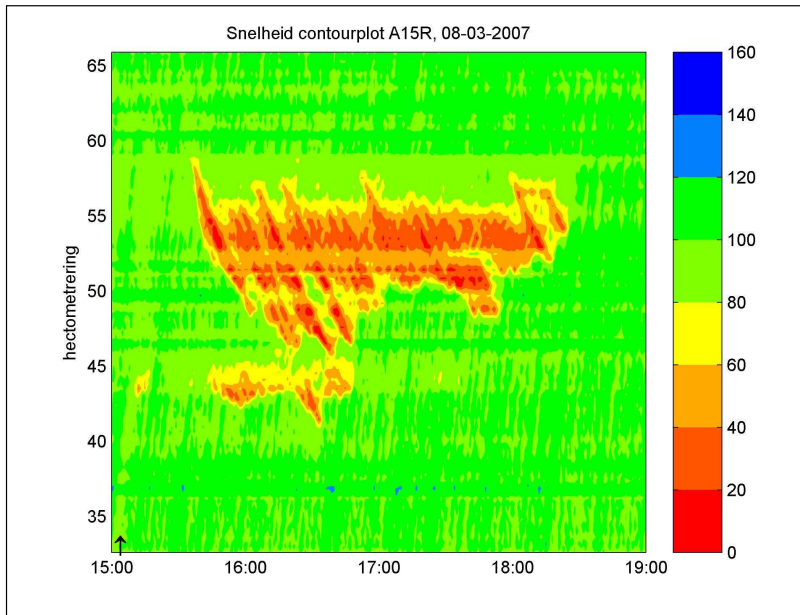
Figuur 11: snelheidscontouren A4 rechts Vissim



Figuur 12: snelheidscontouren A4 rechts Monica



Figuur 13: snelheidscontouren A15 rechts Vissim



Figuur 14: snelheidscontouren A15 rechts Monica

5.2 Alternatieve routes

Het belangrijkste eis aan een alternatieve route is dat deze reistijden biedt die vergelijkbaar zijn met de reistijd op de A15 in de spitsperiodes. Daarnaast moet er capaciteit zijn om extra verkeersvraag te verwerken.

Op basis van deze kenmerken is de regeltactiek ingezet op 6 routes, bestaand uit een hoofdroute en een alternatieve route. Drie routes zijn om vrachtverkeer een gegarandeerde reistijd te geven, de drie andere zijn om verkeer met bestemming Hoogvliet en Spijkenisse te verdelen over het netwerk. Alle routes maken gebruik van het wegennet van aan de noordzijde van de A15.

Er zijn geen routes die over de Groene Kruisweg/N218 voeren. Deze weg heeft zodanige kenmerken dat hij bij globale beschouwingen niet als haalbaar alternatief wordt beschouwd.

Hieronder zijn de verschillende routes beschreven en in een figuur is met rood de hoofdroute en met blauw de alternatieve route aangegeven.

De drie vrachtroutes zijn:

1. Hoofdroute: A15-Botlek tunnel- tot afrit 15 Havens 4100-5200

Alternatieve route: A15- Botlekbrug - oprit Spijkenisse- tot afrit 15 (Figuur 15)

Tabel 3: Vrachtroute 1

	Vrije reistijd [s]	Lengte [km]
Hoofdroute	170	4.2
Alternatieve route	235	4.2

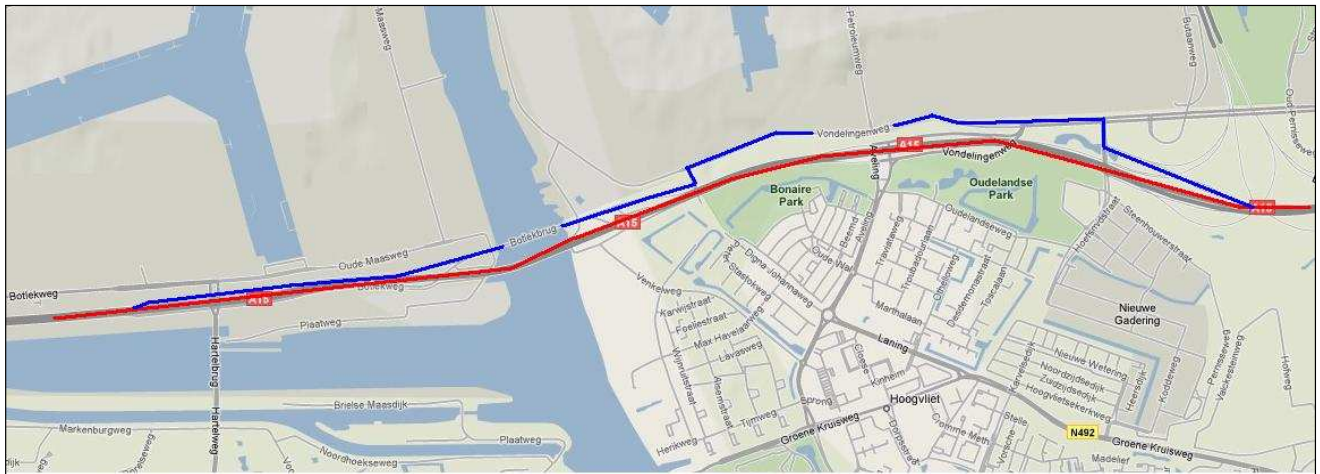


Figuur 15: Vracht route 1

- 2. Hoofdroute: A15 Beneluxplein- Botlektunnel- tot afrit 15
- Alternatieve route: A15 Beneluxplein- afrit Hoogvliet
bedrijventerrein- Vondelingenweg- Botlekbrug- oprit
Spijkenisse- tot afrit 15 (Figuur 16)

Tabel 4: Vrachtroute 2

	Vrije reistijd [s]	Lengte [km]
Hoofdroute	285	7.2
Alternatieve route	456	7.5



Figuur 16: Vracht route 2

- 3. Hoofdroute: A4 Beneluxplein- A15- Botlektunnel- tot afrit 15
- Alternatieve route: A4 Beneluxplein- afrit Pernis-
Vondelingenweg- Botlekbrug- oprit Spijkenisse- tot afrit 15.
(Figuur 17)



Figuur 17: Vracht route 3

Tabel 5: Vrachroute 3

	Vrije reistijd [s]	Lengte [km]
Hoofdroute	266	6.9
Alternatieve route	465	7.1

De drie routes voor personenverkeer zijn:

1. Hoofdroute: A15- Botlektunnel- afrit Spijkenisse
 Alternatieve route: A15- Botlektbrug- afrit Spijkenisse
 (Figuur 18)

Tabel 6: Personenverkeer route 1

	Vrije reistijd [s]	Lengte [km]
Hoofdroute	89	2.3
Alternatieve route	125	2.3

**Figuur 18: Personenverkeer route 1**

2. Hoofdroute: A15 Beneluxplein- afrit Hoogvliet
 Alternatieve route: A15 Beneluxplein- afrit Hoogvliet
 bedrijventerrein- Vondelingenweg- afrit Hoogvliet
 (Figuur 19)

Tabel 7: Personenverkeer route 2

	Vrije reistijd [s]	Lengte [km]
Hoofdroute	67	1.5
Alternatieve route	105	1.7



Figuur 19: Personenverkeer route 2

3. Hoofdroute: A4 Beneluxplein- A15- afrit Hoogvliet
 Alternatieve route: A4 Beneluxplein- afrit Pernis-
 Vondelingenweg- afrit Hoogvliet (Figuur 20)

Tabel 8: Personenverkeer route 3

	Vrije reistijd [s]	Lengte [km]
Hoofdroute	66	1.5
Alternatieve route	105	1.7



Figuur 20: Personenverkeer route 3

5.3 Koppeling Matlab – Vissim

Tijdens de simulatie is Vissim gekoppeld aan Matlab met behulp van een COM-interface. Matlab fungeert als COM-client en Vissim als COM-server. Tijdens de simulatie vraagt Matlab informatie van detectoren en reistijdmetingen op in Vissim, voert hier de regeltactiek op uit en verstuurt vervolgens instructies naar Vissim over de instellingen van alternatieve routes.

Door het gebruik van de COM-interface wordt de simulatie aanzienlijk vertraagd, maar het biedt wel de mogelijkheid de simulatie te beïnvloeden tijdens een run. Op basis van de regeltactiek zal rerouting ingeschakeld worden, dit zal de verkeersafwikkeling beïnvloeden. Op basis van de nieuw verkregen situatie zal de regeltactiek bepalen of rerouting gehandhaafd blijft, of dat deze weer uitgeschakeld kan worden.

Iedere tijdstap, in dit geval vijf minuten, ontvangt Matlab data van Vissim. Iedere vijf minuten kan op basis van de uitkomsten uit de regeltactiek Vissim de opdracht krijgen bepaalde partiële routes aan of uit te zetten. Ondanks dat de COM-interface dus vertragend werkt, zal het gebruik ervan de simulatie dynamischer maken.

Zonder het gebruik van de COM-interface zal de simulatie namelijk gestopt moeten worden, de instellingen voor partiele routes worden aangepast en de simulatie van voor af aan opnieuw moeten worden gedraaid. Nieuwe aanpassingen, die op een tijdstap na het aanpassen van de partiele routes, plaats vinden leiden wederom tot het opnieuw moeten opstarten van een simulatie. Het gebruik van de COM-interface maakt dit werk niet alleen makkelijker, maar maakt het ook eenvoudiger aanpassingen in de regeltactiek te doen.

5.4 Regeltactiek

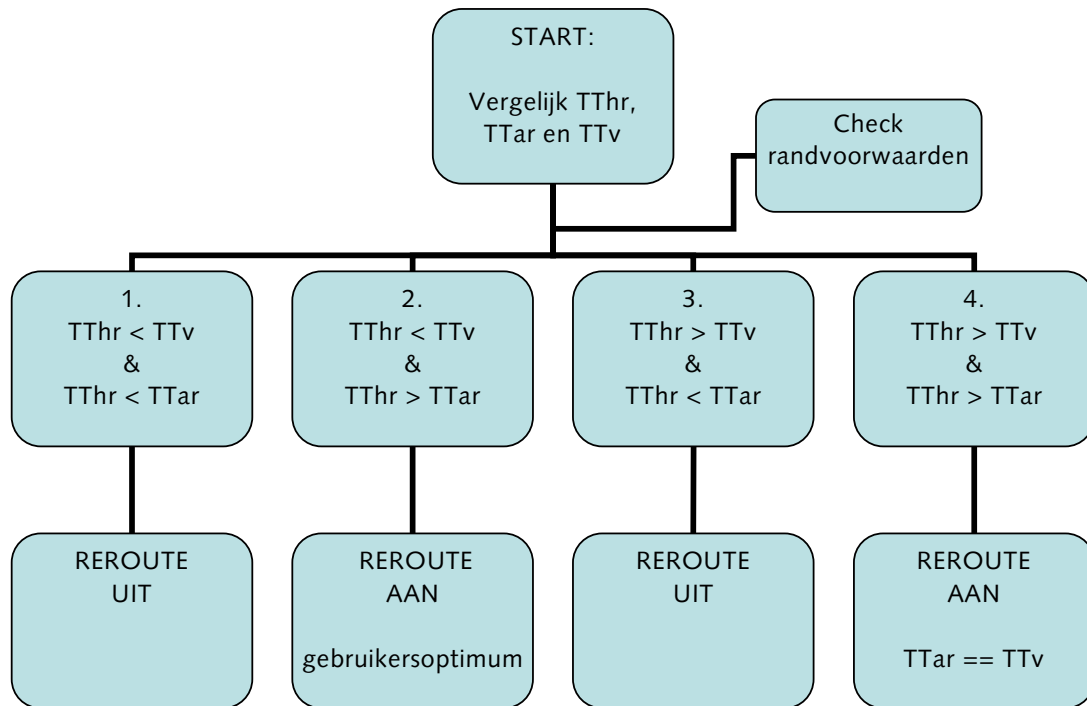
In deze studie wordt onderzocht of routegeleiding leidt tot een betere verkeersafwikkeling in de A15 corridor. Hiervoor is een regeltactiek ontwikkeld, die de in- en uitschakeling van de routegeleiding bepaalt. Het doel van de regeltactiek is ten eerste het garanderen van reistijden voor vrachtverkeer.

Wanneer dit niet nodig is, omdat de verwachte reistijd niet overschreden wordt, of wanneer het garanderen van de verwachte reistijd niet kan, omdat de reistijd op het onderliggend wegennet groter is dan de verwachte reistijd voor een bepaalde route, kan een tweede doel gedefinieerd worden.

Het tweede doel van de regeltactiek is het geleiden van het verkeer van de A15 naar het onderliggend wegennet, wanneer de reistijd op het onderliggend wegennet lager is dan op de A15. Het verkeer wordt dan verdeeld volgens een gebruikersoptimum, voor dat deel van de A15 corridor, waar de route over het onderliggend wegennet een alternatief voor biedt.

Het garanderen van reistijden aan vrachtverkeer heeft prioriteit boven het verdelen van verkeer over beide wegen. Wanneer de huidige reistijd de verwachte reistijd niet overschrijdt, wordt bepaald of het tweede doel behaald kan worden.

In Figuur 21 is de regeltactiek samengevat.



Figuur 21: Regeltactiek

Waarin:

TThr: voorspelde reistijd op de hoofdroute (A15/A4)

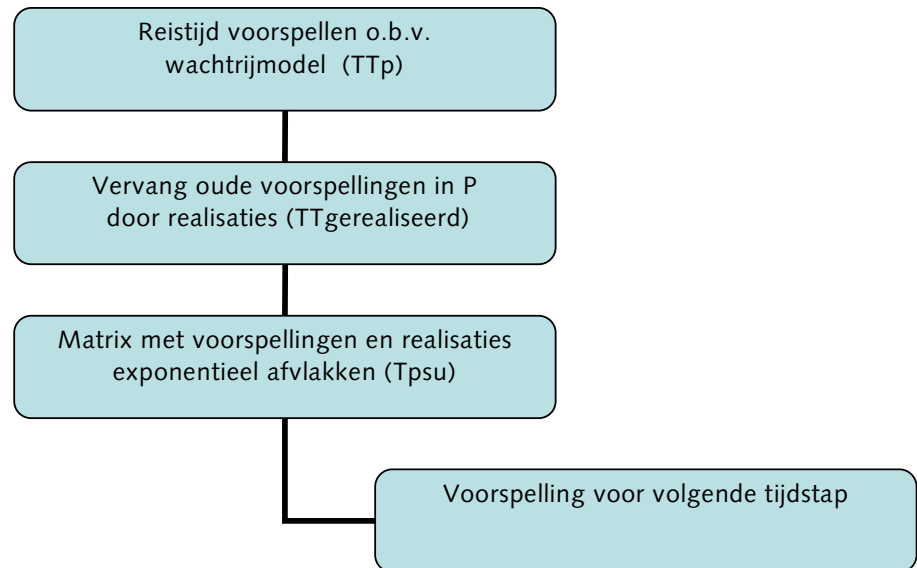
TTv: verwachte reistijd

TTar: voorspelde reistijd alternatieve route

De regeltactiek in bovenstaande 4 situaties is:

1. geen rerouting, hoofdroute is de snelste optie
2. verkeer verdelen over hoofdroute en alternatieve route zodat de reistijd op beide routes gelijk wordt
3. geen rerouting, verwachte reistijd kan niet worden gegarandeerd
4. een percentage van het vrachtverkeer rerouten naar OWN, zodanig dat $TTar == TT_{verw}$

5.4.1. Reistijd voorspeller

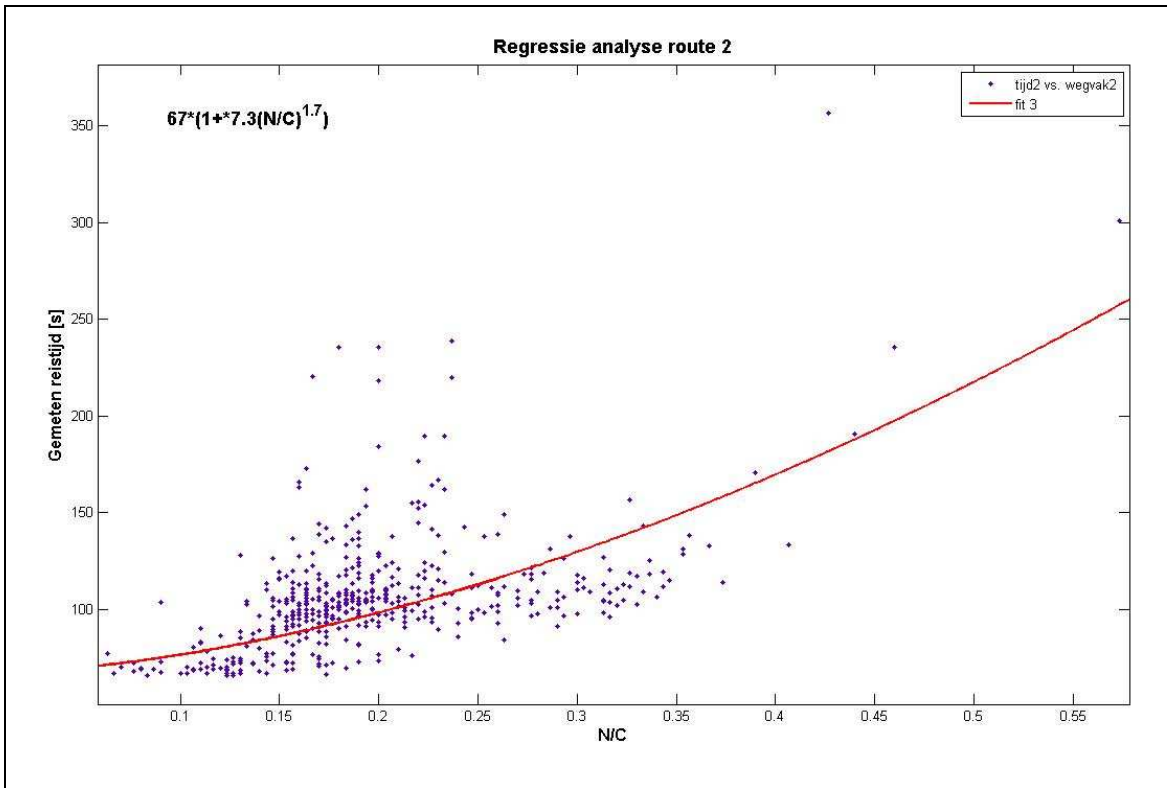


Figuur 22: Reistijdvoorspeller

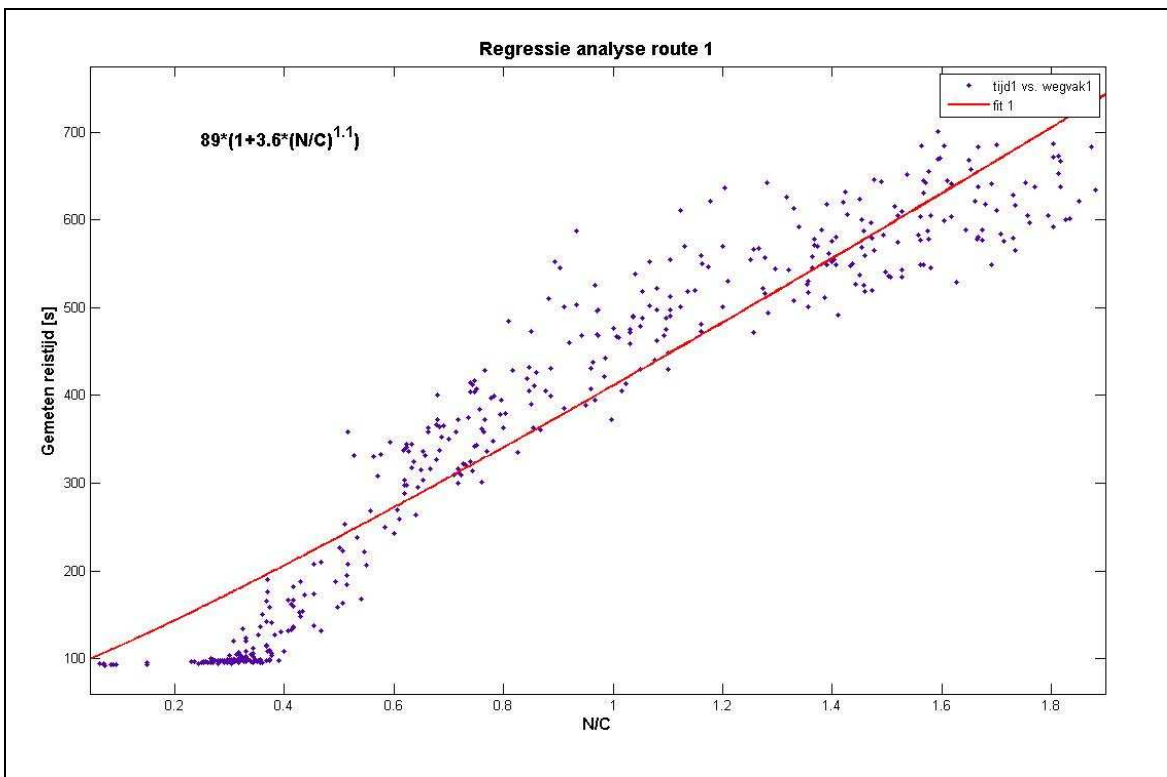
De regeltactiek maakt gebruik van voorspelde reistijden. Zoals in het hoofdstuk methodologie beschreven is, wordt hierbij gebruik gemaakt van een aangepast wachtrij model.

$$TT_p = TT_{free} * (1 + a * (N / C)^b)$$

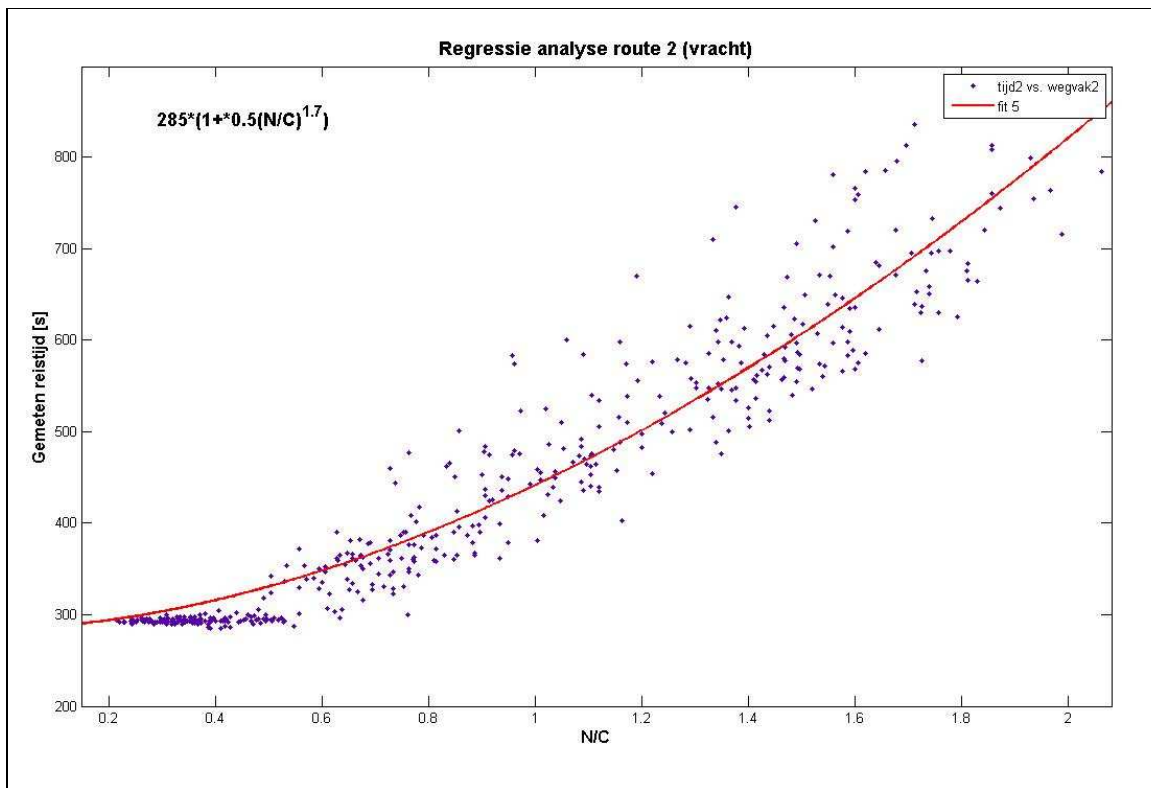
De factor a en exponent b zijn bepaald met regressie analyse. In Figuur 23, Figuur 24 en Figuur 25 is het resultaat voor enkele wegvakken te zien. Door de gehanteerde aanpak om TT_p te bepalen, is het slechts een ruwe benadering van de reistijd gebaseerd op het aantal voertuigen in het wegvak. Maar voor dit doel voldoende bruikbaar.



Figuur 23: Regressie analyse auto route 1 (R²=0.90)



Figuur 24: Regressie analyse auto route 2 (R²=0.50)



Figuur 25: Regressie analyse vracht route 2 (R²=0.91)

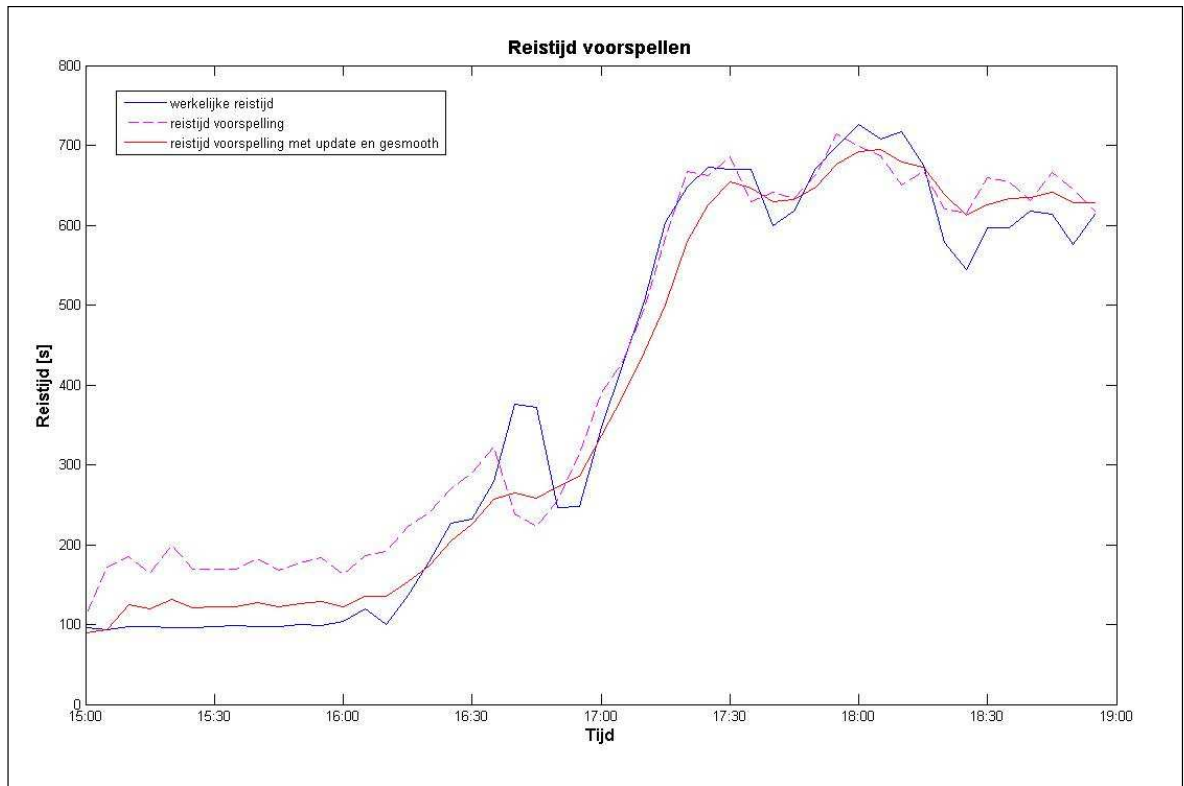
Deze formules leveren per route een voorspelde reistijd (TT_p). Voor iedere tijdstap wordt de voorspelling bewaard (P). De voorspelling wordt exponentieel afgevlakt met voorgaande voorspellingen, om zo te compenseren voor de spreiding van de voorspellingen, die wordt veroorzaakt door de korte tijdsperioden tussen voorspellingen (TT_{ps}).

$$TT_{ps} = \alpha * TT_p(i) + (1 - \alpha) * TT_{ps}(i - 1)$$

In het model worden tijdens de simulatie reistijden gemeten. Op basis van de gerealiseerde reistijd, wordt bepaald wat het bijbehorende vertrektijdstip is.

$$t_{vertrek} = t - TT_{gerealiseerd}$$

Nu wordt in P de voorspelde reistijd op $t_{vertrek}$ vervangen door de gerealiseerde reistijd. De gerealiseerde reistijd is namelijk de reistijd die op $t_{vertrek}$ voorspeld had moeten worden. Deze correctie levert bij het exponentieel afvlakken op, dat TT_{ps} een combinatie is van oude voorspellingen en werkelijk gemeten reistijden (TT_{psu})



Figuur 26: voorbeeld werkelijke en voorspelde reistijd

In Figuur 26 zijn de werkelijke reistijd ($TT_{gerealiseerd}$), de voorspelde reistijd (TT_p) en de voorspelde en afgevlakte reistijd (TT_{psu}) weergegeven voor auto route 1. Het verloop van de afgevlakte reistijd komt redelijk overeen met de werkelijke reistijd. De vertraagde reactie op nieuwe voorspellingen is inherent aan het exponentieel afvlakken. De tekortkomingen van deze reistijd voorspel methode worden onderkend, maar de methode heeft voldoende voorspellende waarde voor dit onderzoek.

5.4.2. Bepaling omleid percentage

In de regeltactiek wordt op basis van de reeds aanwezige hoeveelheid voertuigen in een wegvak bepaald hoeveel ruimte er is om verkeer om te leiden. Deze ruimte wordt uitgedrukt in de reistijd over een route. De reistijd voorspelmethode maakt gebruik van het verband tussen het aantal voertuigen in een wegvak en de reistijd over het wegvak. Het aantal voertuigen in een wegvak voor de volgende tijdstap ($i+1$) is de som van het huidig aantal voertuigen in het wegvak (N_i), de instroom van voertuigen zonder keuze voor een alternatieve route (I_{hr} / I_{ar}), de uitstroom (C) en het percentage voertuigen met een keuze voor een alternatieve route dat wordt omgeleid ($\gamma * I_k$).

$$N_{i+1}^{hr} = N_i^{hr} + I_{hr} * t + \gamma * I_k * t - C^{hr} * t$$

$$N_{i+1}^{ar} = N_i^{ar} + I_{ar} * t + (1 - \gamma) * I_k * t - C^{ar} * t$$

$$TT_{hr}(N_{i+1}^{hr}) = TT_{ar}(N_{i+1}^{ar})$$

γ is in omleid strategie 2 (gebruikersoptimum) het percentage waarbij de reistijd op de hoofdroute gelijk is aan de reistijd op de alternatieve route. In omleid strategie 4 is γ het percentage waarbij de reistijd op de alternatieve route gelijk is aan de verwachte reistijd.

5.5 Scenario's

Drie scenario's worden gesimuleerd. Ten eerste de huidige situatie zonder rerouting, ten tweede de huidige situatie met rerouting en ten derde een uitgebreide situatie met rerouting.

Het derde scenario is om niet alleen inzicht te krijgen in wat er mogelijk is in het huidige netwerk, maar ook in een netwerk met een grotere capaciteit op het onderliggend wegennet.

De uitbreidingen bestaan uit een extra rijstrook op de Vondelingenweg richting het westen, een extra rijstrook op de Botlekbrug en op de aansluiting vanaf de brug tot Spijkenisse. Daarnaast is de toegestane maximum snelheid op het onderliggend wegennet verhoogd van 60 km/uur naar 80 km/uur.

6. Resultaten

In dit hoofdstuk staan de resultaten van de simulaties. Als eerste drie indicatoren voor het gehele netwerk (Tabel 9, Tabel 10, Tabel 11). De gemiddelde reistijd per voertuig blijft ongeveer gelijk. Dit geldt ook voor de totale reistijd en het aantal gereden kilometers.

Tabel 9: Vertraging per voertuig totale netwerk

	Huidige situatie	Huidig met reroute	Uitgebreid met reroute
Gemiddeld [s]	148	145	146
Standaard deviatie	8	7	5

Tabel 10: Totale reistijd

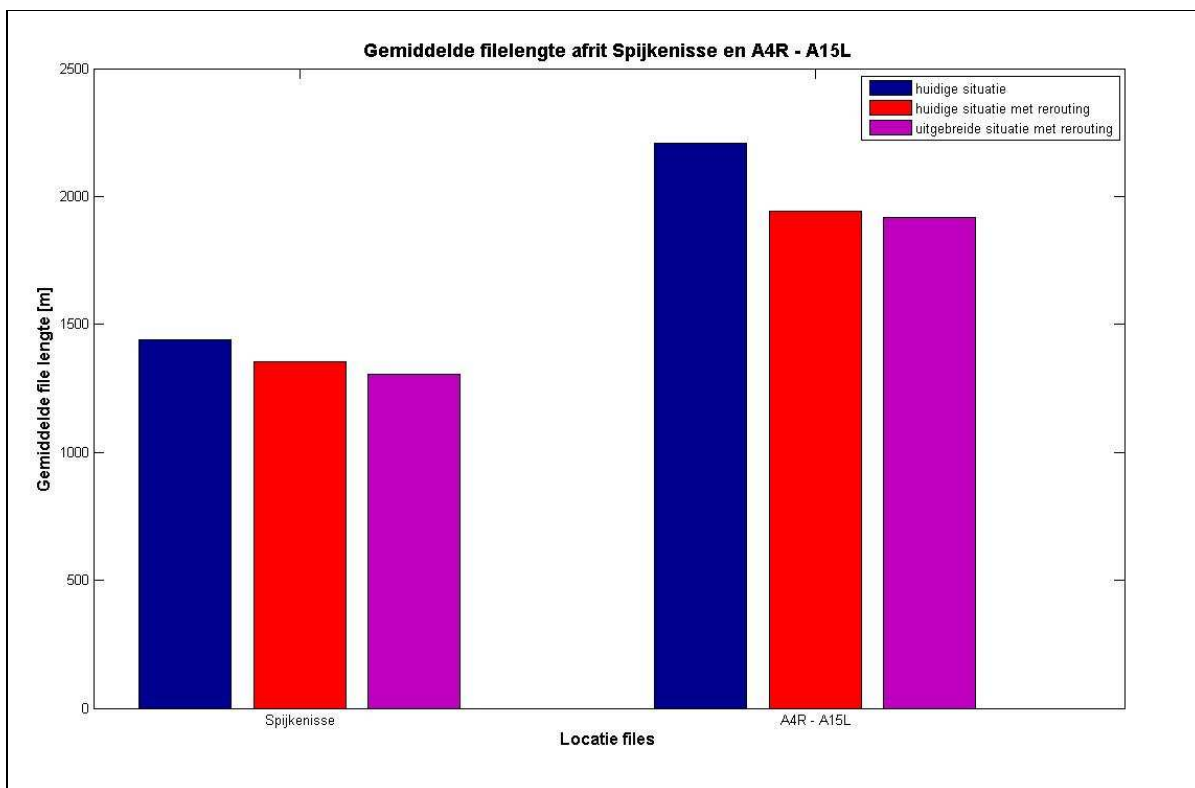
	Huidige situatie	Huidig met reroute	Uitgebreid met reroute
Gemiddeld [h]	26588	26568	26600
Standaard deviatie	534	361	268

Tabel 11: Totaal aantal gereden kilometers

	Huidige situatie	Huidig met reroute	Uitgebreid met reroute
Gemiddeld [km]	1410164	1419901	1420984
Standaard deviatie	21165	3978	3992

Vervolgens de file lengte bij Spijkenisse en de aansluiting A4 vanaf de Beneluxtunnel naar de A15 richting Botlektunnel (Figuur 27). De gemiddelde file lengte voor de afrit Spijkenisse neemt in de huidige situatie met rerouting af met 6%, in de uitgebreide situatie met 9% (Tabel 12).

Voor de file lengte op de A4 is dit respectievelijk 12% en 13% (Tabel 13).



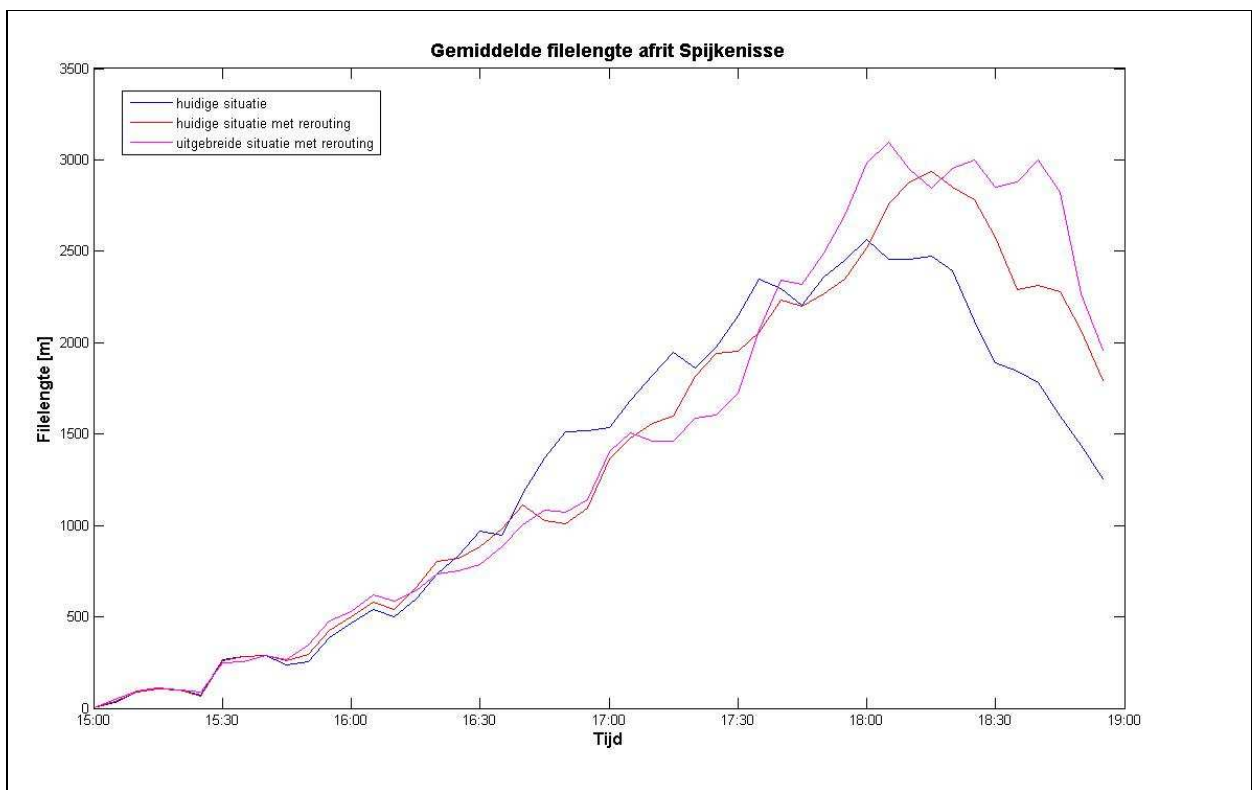
Figuur 27: Filelengte Spijkenisse & A4R -A15L

Tabel 12: File lengte Spijkenisse

	Huidige situatie	Huidig met reroute	Uitgebreid met reroute
Gemiddeld [m]	1439	1356	1306
Standaard deviatie	352	315	374

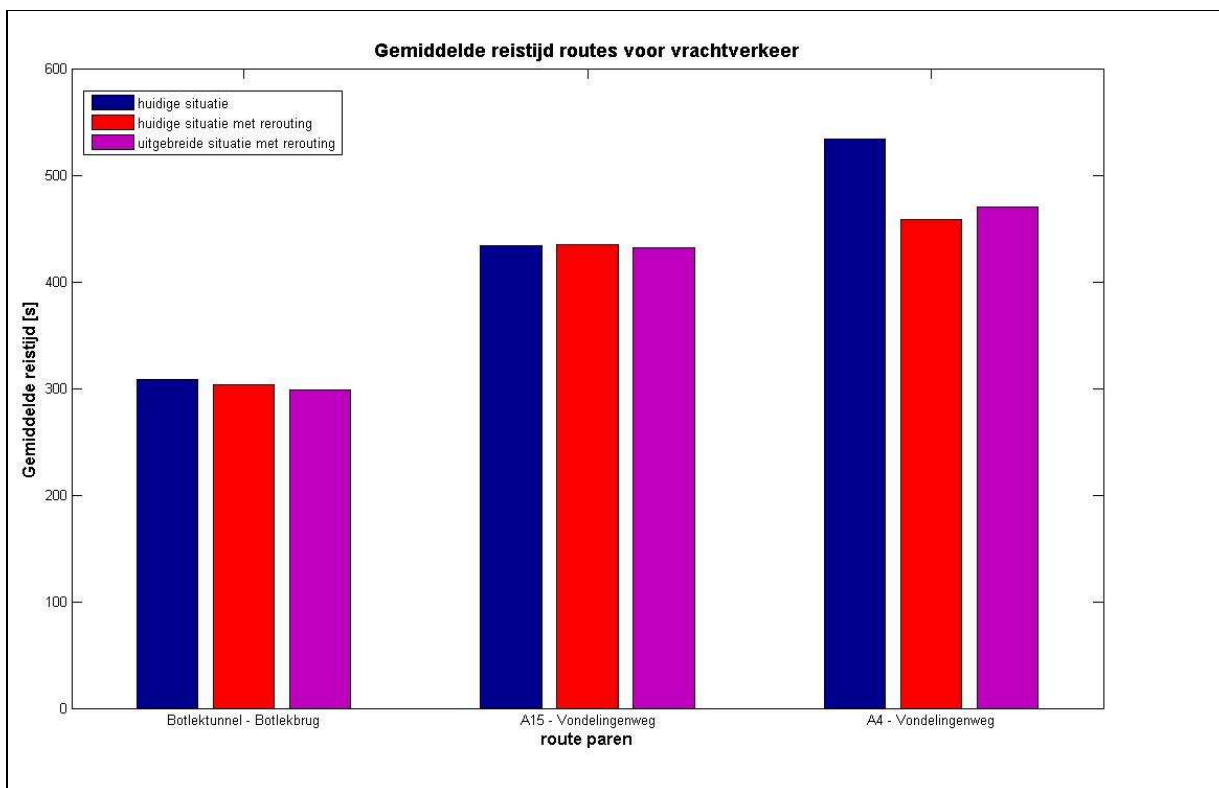
Tabel 13: Filelengte A4R - A15L

	Huidige situatie	Huidig met reroute	Uitgebreid met reroute
Gemiddeld [m]	2209	1943	1918
Standaard deviatie	301	261	279



Figuur 28: Filelengte ontwikkeling Spijkenisse

In Figuur 28 is de file lengte ontwikkeling over de simulatieperiode te zien. Het valt op dat de file lengte in de beide reroute varianten na 17:30 uur stijgt boven de huidige variant. De oorzaak hiervan is dat Vissim een staart van een file, die samen gaat met een kop van een andere file, meet als 1 file. Wanneer de file voor de afrit Spijkenisse een lengte bereikt van 3500 meter, bereikt hij de kop van de file in het weefvak bij de aansluiting A4 – A15. Hierdoor wordt in een aantal simulaties de file lengte voor de afrit Spijkenisse op dit punt 1500 meter langer.



Figuur 29: Gemiddelde reistijd routes voor vrachtverkeer

In Figuur 29 staat de gemiddelde reistijd per voertuig voor de drie verschillende vrachtroutes. Het betreft hier de reistijd over de hoofdroute als over de alternatieve route. Voor de eerste twee routes levert dit geen verschil op met de huidige situatie. Voor vrachtverkeer dat gebruik maakt van de A4 zorgt rerouten voor een reistijd vermindering van 14% en de uitgebreide situatie voor een vermindering van 19%. Deze winst wordt zowel veroorzaakt doordat vrachtverkeer via de Vondelingenweg wordt omgeleid, als doordat de filezwaarte op de A4 afneemt.

Tabel 14: Reistijd per voertuig vracht route 1

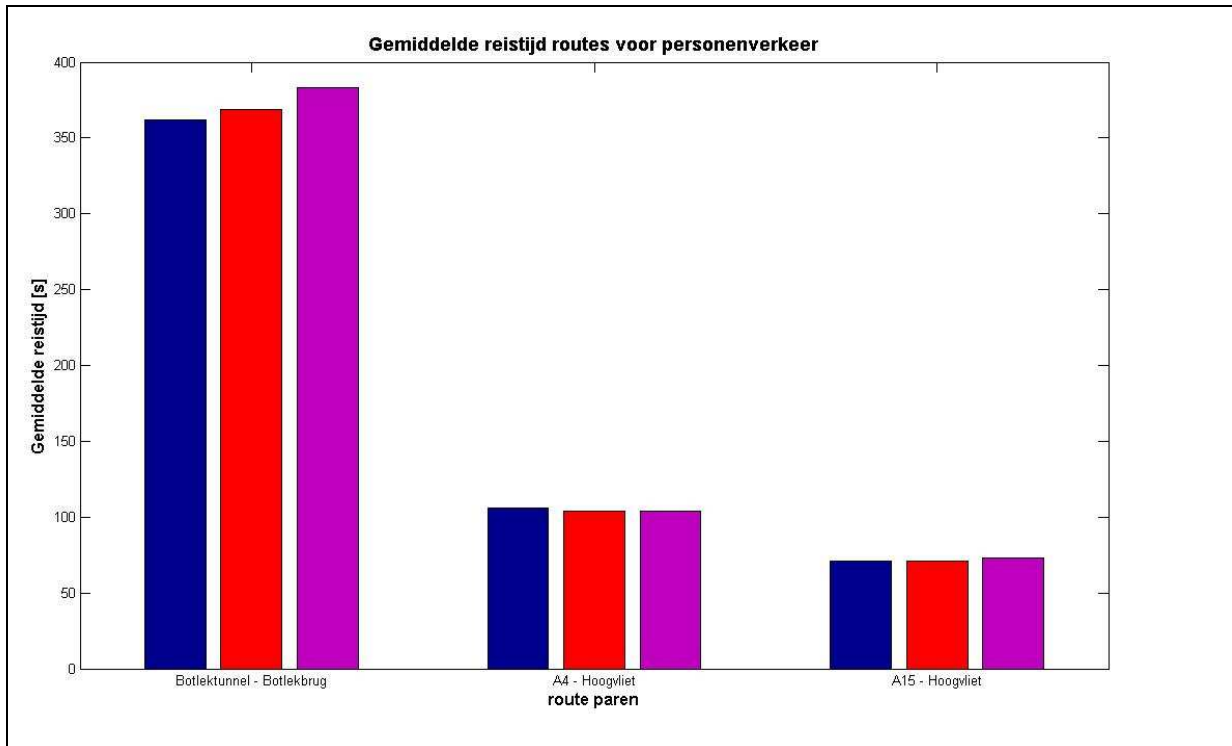
	Huidige situatie	Huidig met reroute	Uitgebreid met reroute
Gemiddeld [s]	308	303	299
Standaard deviatie	46	37	49

Tabel 15: Reistijd per voertuig vracht route 2

	Huidige situatie	Huidig met reroute	Uitgebreid met reroute
Gemiddeld [s]	434	435	432
Standaard deviatie	54	52	63

Tabel 16: Reistijd per voertuig vracht route 3

	Huidige situatie	Huidig met reroute	Uitgebreid met reroute
Gemiddeld [s]	534	458	470
Standaard deviatie	52	39	65



Figuur 30: Gemiddelde reistijd routes voor personenverkeer

In Figuur 30 staat de gemiddelde reistijd per voertuig voor de drie personenverkeer routes. De eerste route levert in de huidige situatie met rerouting een stijging op van 1%, de uitgebreide situatie zorgt voor een stijging van 3%. De oorzaak hiervan is te vinden in de vele brugopeningen van de Botlekbrug. Deze brug gaat in de spitsperiodes 1 keer per 24 minuten open. In de regeltactiek is hier rekening mee gehouden door in de randvoorwaarden op te nemen, dat verkeer niet omgeleid wordt wanneer de brug open gaat. Toch wordt een deel van het verkeer op deze momenten wel omgeleid, doordat zij reeds een nieuwe route hebben gekregen voordat de brug opent. Dit effect wordt versterkt in de uitgebreide situatie, omdat de Botlekbrug meer capaciteit heeft en er dus meer verkeer omgeleid wordt.

Tabel 17: Reistijd per voertuig auto route 1

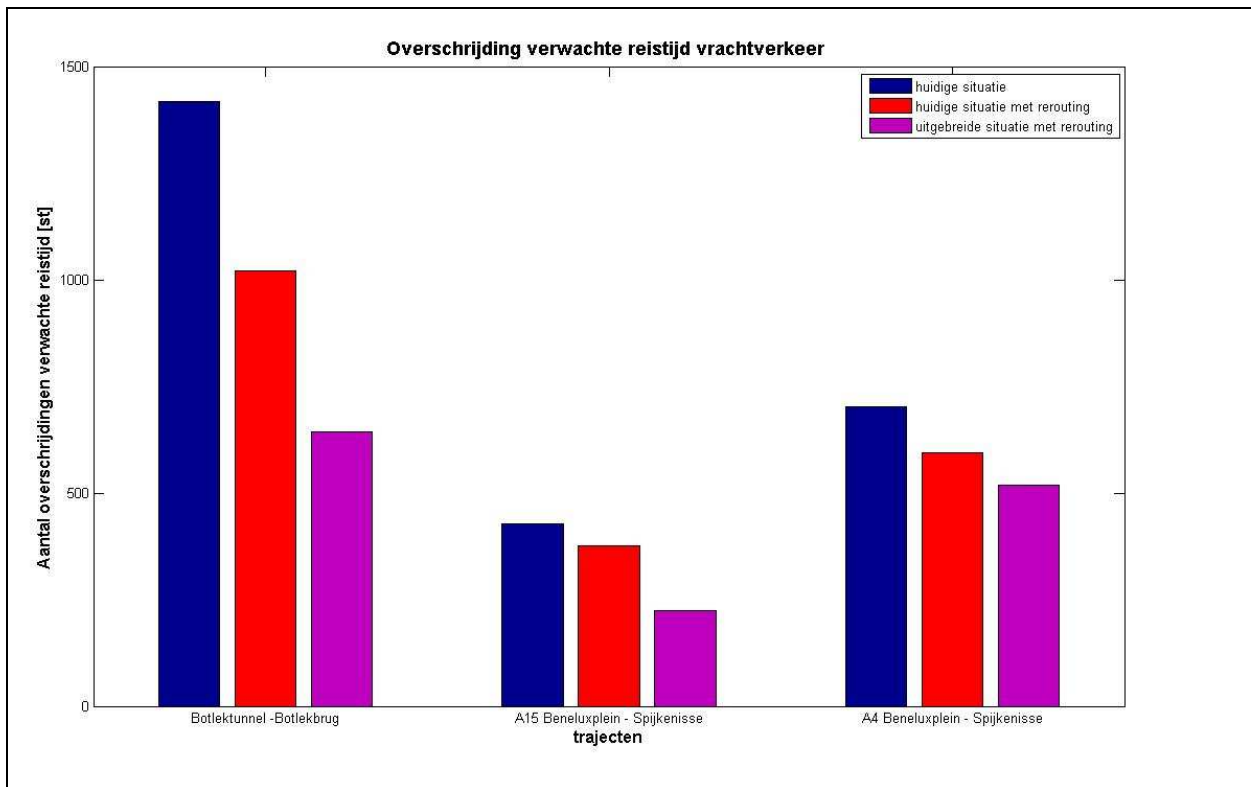
	Huidige situatie	Huidig met reroute	Uitgebreid met reroute
Gemiddeld [s]	357	360	369
Standaard deviatie	52	39	65

Tabel 18: Reistijd per voertuig auto route 2

	Huidige situatie	Huidig met reroute	Uitgebreid met reroute
Gemiddeld [s]	106	104	104
Standaard deviatie	6	5	6

Tabel 19: Reistijd per voertuig auto route 3

	Huidige situatie	Huidig met reroute	Uitgebreid met reroute
Gemiddeld [s]	71	71	73
Standaard deviatie	0	0	1

**Figuur 31: Aantal overschrijdingen verwachte reistijd vrachtverkeer**

In Figuur 31 is het aantal vrachtwagens dat de verwachte reistijd overschrijdt per route aangegeven. Het gaat hier om de verwachte reistijd van die specifieke route, waarvoor een alternatief beschikbaar is. Het gaat niet om een overschrijding van de verwachte reistijd van de gehele reis.

Bij Spijkenisse wordt een afname van de file bereikt door rerouting, dit heeft direct effect op het aantal vrachtwagens dat de verwachte reistijd overschrijdt. Bij de eerste route is dit het best te zien, 28% en 55%, de langere tweede route laat dit effect ook zien, 12% en 48%. Ook voor de 3^e route is een daling van het aantal vrachtwagens dat de verwachte reistijd overschrijdt te zien, 15% en 26%.

Tabel 20: Aantal overschrijdingen verwachte reistijd op vracht route 1

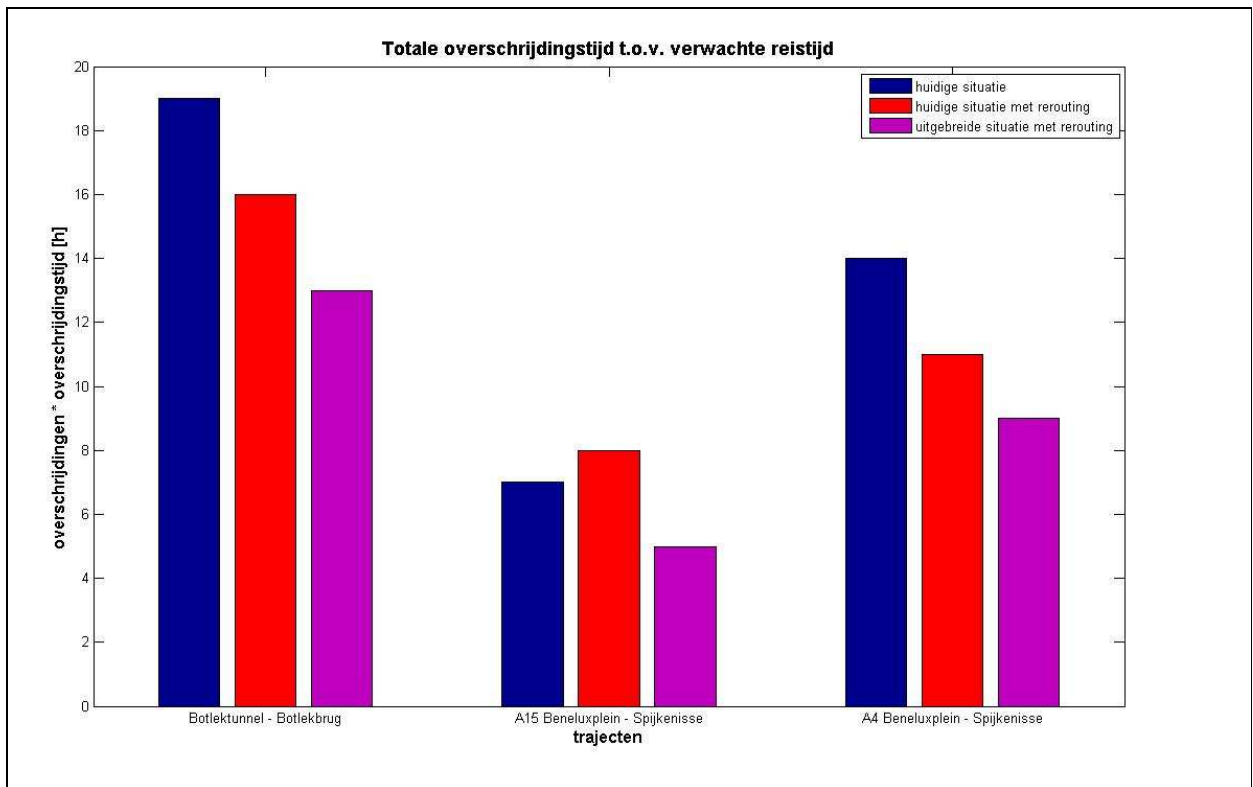
	Huidige situatie	Huidig met reroute	Uitgebreid met reroute
Gemiddeld [st]	1417	1020	644
Standaard deviatie	630	492	324

Tabel 21: Aantal overschrijdingen verwachte reistijd op vracht route 2

	Huidige situatie	Huidig met reroute	Uitgebreid met reroute
Gemiddeld [st]	428	376	224
Standaard deviatie	219	202	131

Tabel 22: Aantal overschrijdingen verwachte reistijd op vracht route 3

	Huidige situatie	Huidig met reroute	Uitgebreid met reroute
Gemiddeld [st]	702	595	518
Standaard deviatie	271	201	155



Figuur 32: Totale overschrijdingstijd t.o.v. verwachte reistijd vrachtverkeer

In Figuur 32 staat de totale overschrijdingstijd. Dit is het aantal vrachtwagens dat de verwachte reistijd overschrijdt vermenigvuldigt met de tijd waarmee ze de verwachting overschrijden. Door iedere seconde overschrijding te waarden als een overschrijding kan een verkeerd beeld ontstaan. Het beeld dat we krijgen van de daling is in aantal voertuigen gemeten aanzienlijk, maar we krijgen een reëler beeld wanneer het wordt uitgedrukt in totale overschrijdingstijd.

Tabel 23: Totale overschrijdingstijd verwachte reistijd vracht route 1

	Huidige situatie	Huidig met reroute	Uitgebreid met reroute
Gemiddeld [h]	19	16	13
Standaard deviatie	19	11	8

Tabel 24: Totale overschrijdingstijd verwachte reistijd vracht route 2

	Huidige situatie	Huidig met reroute	Uitgebreid met reroute
Gemiddeld [h]	7	8	5
Standaard deviatie	8	8	6

Tabel 25: Totale overschrijdingstijd verwachte reistijd vracht route 3

	Huidige situatie	Huidig met reroute	Uitgebreid met reroute
Gemiddeld [h]	14	11	9
Standaard deviatie	14	10	7

7. Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk volgen de conclusies op basis van het uitgevoerde onderzoek. Eerst worden de onderzoeksvragen beantwoord. Daarna volgen algemene conclusies die getrokken zijn aan de hand van het onderzoek. Waarna het hoofdstuk wordt afgesloten met een aantal aanbevelingen.

De onderzoeksvragen:

- *Welke alternatieve routes zijn er mogelijk op het onderliggend wegennet?*

Het belangrijkste kenmerk van een alternatieve route is dat deze reistijden biedt die vergelijkbaar zijn met de reistijd op de A15 in de spitsperioden. Daarnaast moet er capaciteit zijn om extra verkeersvraag te verwerken.

Er zijn drie routes voor vrachtverkeer:

1. Hoofdroute: A15-Botlektunnel- tot afrit 15 Havens 4100-5200
Alternatieve route: A15- Botlekbrug - oprit Spijkenisse- tot afrit 15
2. Hoofdroute: A15 Beneluxplein- Botlektunnel- tot afrit 15
Alternatieve route: A15 Beneluxplein- afrit Hoogvliet
bedrijventerrein- Vondelingenweg- Botlekbrug- oprit
Spijkenisse- tot afrit 15
3. Hoofdroute: A4 Beneluxplein- A15- Botlektunnel- tot afrit 15
Alternatieve route: A4 Beneluxplein- afrit Pernis-
Vondelingenweg- Botlekbrug- oprit Spijkenisse- tot afrit 15.

En er zijn drie routes voor personenverkeer:

1. Hoofdroute: A15- Botlektunnel- afrit Spijkenisse
Alternatieve route: A15- Botlekbrug- afrit Spijkenisse
2. Hoofdroute: A15 Beneluxplein- afrit Hoogvliet
Alternatieve route: A15 Beneluxplein- afrit Hoogvliet
bedrijventerrein- Vondelingenweg- afrit Hoogvliet
3. Hoofdroute: A4 Beneluxplein- A15- afrit Hoogvliet
Alternatieve route: A4 Beneluxplein- afrit Pernis-
Vondelingenweg- afrit Hoogvliet

- *Wanneer zijn deze routes een reëel alternatief, wanneer hoofd- en alternatieve route vergeleken worden op basis van reistijden?*

In het algemeen is de alternatieve route een reële optie, wanneer de reistijd op de hoofdroute groter is dan de reistijd op de alternatieve route. Dit is ook als uitgangspunt voor de regeltactiek gebruikt.

De precieze perioden zijn daarmee afhankelijk van de verkeersafwikkeling op beide routes.

- *Hoe ziet een mogelijke regeltactiek eruit, die bepaalt wanneer er gebruik gemaakt wordt van de alternatieve routes, zodat het aantal vrachtwagens dat de verwachte reistijd overschrijdt gereduceerd wordt?*

Het uitgangspunt van deze regeltactiek is dat vrachtverkeer voorrang krijgt in het gebruik van het onderliggend wegennet. Om zo, in perioden waarin de verwachte reistijd overschreden wordt, op het hoofdwegennet vrachtverkeer een reistijd te bieden, die gelijk is aan de verwachte reistijd. De capaciteit van het onderliggend wegennet bepaalt hoeveel vrachtverkeer er omgeleid kan worden. In de andere perioden wordt bepaald of het personenverkeer via het onderliggend wegennet geleid kan worden. Zodanig dat de reistijd over het hoofdwegennet en het onderliggend wegennet gelijk is. Dit kan tevens het aantal overschrijdingen van de verwachte reistijd op het hoofdwegennet verminderen.

- *Wat is het effect van deze regeltactiek op het overige verkeer?*

De restrictie dat het overig verkeer geen extra vertraging ondervindt, wordt in ieder geval nageleefd in de regeltactiek. Maar de enige gemeten verbetering is de afname in file lengte voor Spijkenisse en op de A4.

- *Wat is het effect op de resultaten wanneer het onderliggend wegennet, waar de alternatieve routes over voeren, wordt uitgebreid?*

Het uitbreiden van de capaciteit leidt nauwelijks tot verbeteringen ten opzichte van de huidige situatie. Doordat het onderliggend wegennet ondanks de hogere capaciteit, maar in zeer beperkte perioden een alternatief biedt. Zowel de lagere snelheid op het onderliggend wegennet als de grotere route lengte zijn hiervan de oorzaak.

Uit dit onderzoek blijkt dat het aantal vrachtwagens dat de verwachte reistijd overschrijdt weliswaar kan worden gereduceerd, door verkeer over het onderliggend wegennet te leiden. De winst in totale reistijd is echter verwaarloosbaar.

Uit de resultaten blijkt dat er weinig verbetering van de verkeersafwikkeling mogelijk is in de A15 corridor, wanneer verkeer in congestie perioden omgeleid wordt via het onderliggend wegennet.

7.1.1. Aanbevelingen

Een van de belangrijkste knelpunten in het netwerk is de Botlekbrug. De capaciteit van alternatieve routes over de Botlekbrug is zeer beperkt doordat deze brug iedere 24 minuten 5 minuten geopend is. De

openingen en de daardoor veroorzaakte files maken deze route maar zeer beperkt bruikbaar.

In de toekomst zal de Botlekbrug verbreed en verhoogd worden. De plannen zijn om het verkeer met bestemming Spijkenisse over deze brug te voeren, in plaats van door de Botlektunnel. Vanwege de toenemende verkeersvraag op de Oude Maas zal dit tot congestie problemen leiden en zeer waarschijnlijk tot langere reistijd dan de huidige reistijd naar Spijkenisse.

In dit onderzoek is specifiek één instrument van dynamisch verkeersmanagement onderzocht. In deze beperking ligt ook direct de uitdaging om te onderzoeken of andere verkeersmanagement instrumenten, of een combinatie van verschillende instrumenten wel kan leiden tot een verbetering van de verkeerssituatie in de A15 corridor.

8. Literatuurlijst

1. Sarink, H.M., Elings, C.F., *Milieueffectrapport Bestemming Maasvlakte 2*. Havenbedrijf Rotterdam N.V., Rotterdam, April 2007
2. Havenbedrijf Rotterdam, *Bereikbaar*. Havenbedrijf Rotterdam N.V., Rotterdam, 2007
3. Nijdam, M., Lugt, L. van der, *Kosten van Congestie in en om de Haven van Rotterdam (concept)*. Erasmus Universiteit Rotterdam, Rotterdam, juli 2007
4. Knoop, V.L., Viti, F., Tu, H., Jagtman, E., Zuylen, H.J. van en Smit, H., *Accessibility of the Harbour of Rotterdam*. TRAIL Research School, Delft, mei 2007
5. Projectdirectie Project Maincorridor Zuid, *Verkeerskundige Analyse Project Mainportcorridor Zuid*. Rijkswaterstaat, Rotterdam, april 2007
6. Rijkswaterstaat, *Tracé/m.e.r. Procedure Rijksweg 15 Maasvlakte-Vaanplein*. RWS, 1996
7. Bovy, P.H.L. & Stern, E., *Route choice; Wayfinding in transport networks*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1990
8. Huiskens, G., *Inter-urban Short-term Traffic Congestion Prediction*. TRAIL Research School, Delft, december 2006
9. Lint, J.W.C. van, *Reliable Travel Time Prediction for Freeways*. TRAIL Research School, Delft, mei 2004
10. Bovy, P.H.L., Bliemer, M.C.J., *Transportation Modeling*. Technische Universiteit Delft, Delft, augustus 2005

8.1.1. Overig geraadpleegde literatuur

Adviesdienst Verkeer en Vervoer, *Ontwikkeling Blauwdruk Regeltactieken (de methodiek aan de basis) Eindrapport*. Rijkswaterstaat, september 2001

Grontmij, *Leidraad Model- en Evaluatiestudies Benuttingsmaatregelen*. AVV, september 2002

Immers, B., Egeter, B., *Stelselmatig naar een Betere Netwerkstructuur, OWN als Redmiddel tegen Verkeersinfarct*. Verkeerskunde nr. 2-2002: 18-25

Lint, J.W.C. van, Zuylen, H.J. van, Tu, H., *Altijd zondag?* Symposium Dynamisch Verkeersmanagement 2005

McLean, T, Brader, C., Diakaki, C., Papageorgiou, M, *Urban Integrated Traffic Control in Glasgow, Scotland*. Proceedings of the Road Transport Information and Control Conference, publication No. 454, 1998

Poschinger, A., Popovic, A., Kim, Y., *A Method for Dynamic Routing Using Measured Effects*. ITS World Conference, Toronto, Canada, 1999

Provincie Zuid-Holland, Rijkswaterstaat Zuid-Holland, *CAR-Zuid-Holland, Pilots Corridor A15 en Westland, Eindrapportage*. november 2006

Ruiter, J.C.C. de, Schouten, W.J.J.P., *Berekenen van Reistijden door het Monibas Systeem*. RTIC conferentie van het IEE, 2002