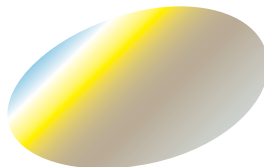


Verkeer in Nederland 2015



TrafficQuest
CENTRE FOR EXPERTISE ON TRAFFIC MANAGEMENT

Inhoud.



Voorwoord	4		
1. De verkeersafwikkeling in Nederland	8	3. De belangrijkste thema's van 2015	40
1.1. Verkeersafwikkeling in cijfers	9	3.1. Stedelijk verkeersmanagement	41
1.2. Case A12 Zevenhuizen-Harmelen	14	3.2. Integratie wegkant en in-car	44
1.3. Case A4-N14 bij Leidschendam	18	3.3. Automatisch rijden	48
1.4. Verkeersveiligheid in cijfers	20	3.4. Human Factors	56
1.5. Luchtkwaliteit in cijfers	21	3.5. Incidentmanagement	58
1.6. Samenvatting	22		
2. Trends voor (stedelijk) verkeersmanagement	26	Interview Frans op de Beek	60
2.1. De verstedelijking in cijfers	27	4. Nieuwe ontwikkelingen in onderzoek	68
2.2. Ontwikkelingen en de invloed op (stedelijk) verkeersmanagement	28	4.1. Onderzoeksthema's	69
2.3. Stedelijke initiatieven	36	4.2. Relevant promotieonderzoek	78
		4.3. Interessante literatuur	84

5. Pilots verkeersmanagement	88
5.1. Gecoördineerd netwerkbreed verkeersmanagement	89
5.2. Automatisch rijden	92
5.3. Veiligheid	95
5.4. Data en datafusie	97
5.5. Programma's en samenwerkingsverbanden	100
 Interview Laurens Schrijnen en Marion Braams	 104
 Over TrafficQuest	 108
Colofon	109

Voorwoord.

U heeft nu ons tweede jaarbericht in handen, *Verkeer in Nederland 2015*. Dat op zich is al mooi, want het betekent dat we ons gehouden hebben aan de belofte om jaarlijks een overzicht te bieden van de ontwikkelingen in ons kennisgebied. We konden ook niet anders, want de reacties op onze uitgave *Verkeer in Nederland 2014* waren zeer positief. Waarvoor dank!

Maar er zijn uiteraard dwingender redenen om in een ‘stand van zaken’ te voorzien. In hoofdstuk één zetten we weer alle cijfers over de verkeersafwikkeling op een rij en die laten goed uitkomen dat het voorlopig gedaan is met de relatieve rust op de weg. De economie trekt aan, en zo ook de files op de weg! We zullen al onze verkeersmanagementzeilen moeten bijzetten om de bereikbaarheid de komende jaren een beetje op peil te houden.

Omdat de stad weer helemaal in is en maar blijft groeien, verdient het verkeer daar ook onze aandacht. Er lopen tal van ontwikkelingen, van big data tot connected zijn en het delen van vervoersmiddelen, die de verkeersafwikkeling in de stedelijke omgeving beïnvloeden. Maar hoe en wat kunnen we van die

ontwikkelingen verwachten? In hoofdstuk twee gaan we daar nader op in.

En dan de toekomst iets verder weg. Het feit is dat we aan de vooravond staan van belangwekkende innovaties, die we gerust *game changers* kunnen noemen. We hebben het dan vooral over coöperatief rijden en automatisch rijden – en uiteindelijk wellicht ‘coöperatief automatisch rijden’. Het zal nog wel even duren voordat die toepassingen gemeengoed worden en hun invloed op het verkeerssysteem doen gelden, maar in de wetenschappelijke wereld wordt er al jaren druk onderzocht en ontwikkeld. De eerste praktijkproeven zijn zelfs gaande! En omdat ook hier geldt dat ‘regeren vooruitzien is’, hebben beleidsmakers en andere betrokkenen ook redenen te over om nu al na te denken over de mogelijkheden en consequenties van deze ontwikkelingen. In de hoofdstukken drie, vier en vijf gaan we hier verder op in.

Genoeg aanleidingen dus om in een nieuw jaarbericht alle cijfers en ontwikkelingen weer op een rij te zetten. We hebben dit keer zelfs voor extra duiding gezorgd door enkele specialisten

uit het vakgebied aan het woord te laten. Marion Braams van Rijkswaterstaat en Laurens Schrijnen van De Innovatiecentrale gaan vanaf pagina 104 in op de toekomst van de verkeerscentrale. Welke rol zal die nog spelen, gezien ontwikkelingen als de transitie naar in-car?

Lees ook zeker het interview met Frans op de Beek, topadviseur Verkeersmanagement bij Rijkswaterstaat, vanaf pagina 60. Zijn boodschap over Nederland als verkeersmanagementland is helder: “We lopen nog voorop, maar dat kan snel veranderen.”

Als TrafficQuest hopen we ervoor te zorgen dat Nederland z'n voorsprong op het gebied van verkeersmanagement behoudt. We dragen daaraan bij door kennis te verzamelen, te bundelen en te ontsluiten. Dat laatste doen we in onze rapporten, artikelen en adviezen, zie www.traffic-quest.nl voor een overzicht, maar zeker ook met dit jaarbericht *Verkeer in Nederland 2015*. Inzicht begint immers bij overzicht!

Het TrafficQuest-team, juli 2015

Behoeftte aan verdieping?

Meer weten over een specifiek thema, onderzoek, proefschrift of pilot?

Waar mogelijk en praktisch verwijzen we in deze uitgave naar geraadpleegde literatuur en achterliggende documenten of websites.

Maar op www.traffic-quest.nl/nl/jaarbericht2015 hebben we een uitgebreidere lijst aan verwijzingen opgenomen, inclusief links naar (vrij verkrijgbare) documenten.





De verkeersafwikkeling in Nederland.

2013 was nog het jaar van minder files en minder reistijdverlies, wat weer ten dele samenhangt met 'minder economie'. Maar voor 2014 was een kleine kentering voorzien: er werd weer meer verkeer en ook meer congestie op de Nederlandse wegen verwacht. In hoeverre is die voorspelling uitgekomen? En hoe staat het eigenlijk met de verkeersveiligheid en leefbaarheid? In dit eerste hoofdstuk zetten we de cijfers op een rij.

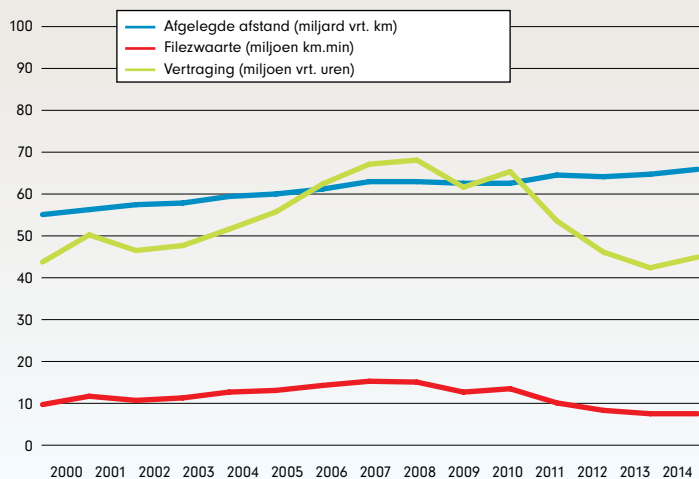
1.1. Verkeersafwikkeling in cijfers

Na een periode van economische stagnatie en achteruitgang was 2014 eindelijk weer eens jaar met economische plussen. In de eerste drie kwartalen groeide het bruto binnenlands product met cijfers variërend van 1,6% tot 2,6% in vergelijking met dezelfde kwartalen in 2013.

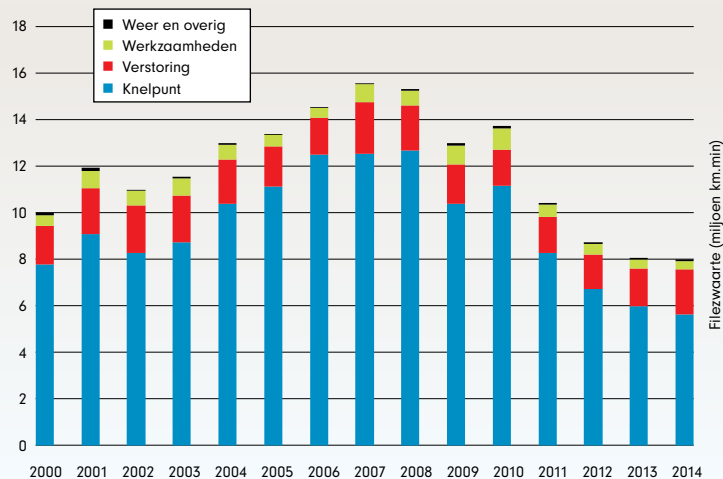
Een economische opleving laat zich meestal vertalen in een groei van het verkeersaanbod en in 2014 was dat niet anders. In de Rotterdamse haven bijvoorbeeld werden volgens Port of Rotterdam in 2014 5,8% meer containers verwerkt dan in 2013, en dat leidde uiteindelijk tot meer vrachtwagens op de weg. Op de N15 – de weg naar de Maasvlakte – nam het aantal vrachtwagens in het afgelopen jaar met ongeveer 4% toe, wat staat voor een kleine 400 extra vrachtauto's per dag op die weg.

Ook elders in Nederland nam de hoeveelheid verkeer toe. In het onderstaande bespreken we de cijfers over de verkeersafwikkeling in Nederland, waarbij we in paragraaf 1.2 en 1.3 ook even inzoomen op twee specifieke trajecten. Overigens komen alle gepresenteerde gegevens uit dezelfde bronnen als die van het jaarbericht 'Verkeer in Nederland 2014'. Voor meer informatie over het bronmateriaal verwijzen we dan ook naar die uitgave.*

*
Zie paragraaf 1.1 van 'Verkeer in Nederland 2014'. Dit jaarbericht is als pdf beschikbaar op www.traffic-quest.nl/jaarbericht2014.



Figuur 1: Indicatoren hoofdwegenet (bron: Rijkswaterstaat).



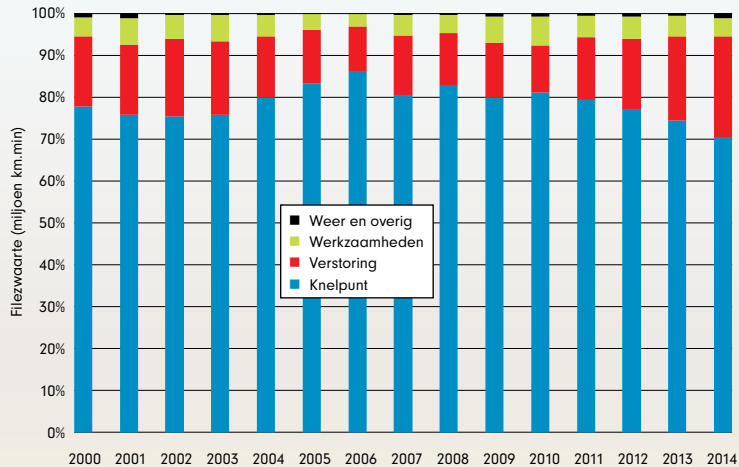
Figuur 2: Filezwaarte naar oorzaak, absoluut (bron: Rijkswaterstaat).

Ontwikkelingen hoofdwegenet

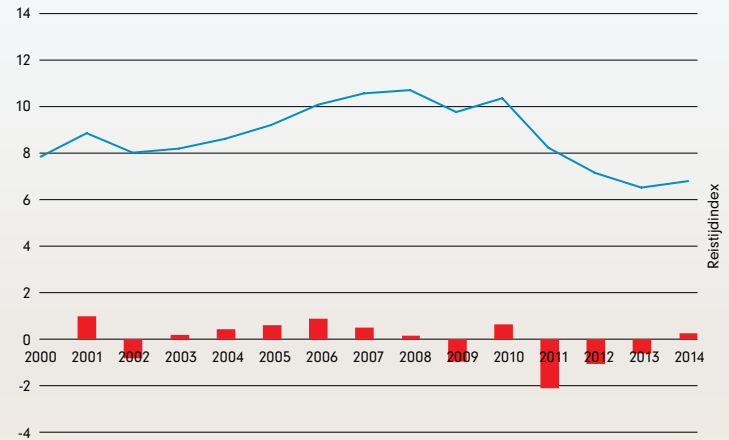
Rijkswaterstaat publiceert drie keer per jaar een publieksrapportage met daarin de belangrijkste ontwikkelingen ten aanzien van het verkeer op het hoofdwegenet. Figuur 1 toont de indicatoren afgelegde kilometers, filezwaarte en vertraging.

Opvallend is dat de hoeveelheid afgelegde kilometers op het hoofdwegenet maar blijft stijgen. In 2014 werden er op het hoofdwegenet

net 2% meer voertuigkilometers afgelegd dan in 2013; de stijging ten opzichte van 2000 is maar liefst 19%. Ook opvallend is dat de filezwaarte – lengte maal duur congestie – ongeveer gelijk is gebleven, maar dat de vertraging wel met 6% is toegenomen. De helft van deze extra vertraging kunnen we op het conto van de files schrijven. De andere helft laat zich verklaren door onze lagere gemiddelde snelheid buiten de files, onder meer als gevolg van geldende maximale



Figuur 3: Filezwaarte naar oorzaak, relatief (bron: Rijkswaterstaat).



Figuur 4: Reistijdindex voor het hoofdwegenet (bron: Rijkswaterstaat en TrafficQuest).

snelheden (al dan niet dynamisch).

Kijken we naar de oorzaken van files, dan is er in 2014 een verschuiving opgetreden. In de figuren 2 en 3 is te zien dat het aandeel *verstoringen* als oorzaak voor files is toegenomen van 20% in 2013 naar 24% in 2014. Dat onderstreept nog maar eens het belang van incidentmanagement, dat erop gericht is de gevolgen van incidenten en ongevallen zoveel mogelijk te beperken.

De bijdrage van knelpunten aan de files is juist afgenomen. Wat dit alles betekent voor de extra reistijd die een weggebruiker gemiddeld genomen kwijt is, zien we in figuur 4: de reistijdindex van TrafficQuest is in 2014 toegenomen met 0,2 punten tot 6,8. Dit betekent dat een gemiddelde rit in 2014 6,8% langer duurde dan in vrij verkeer. Dus een rit over het hoofdwegenet die bij vrij verkeer 60 minuten zou duren, duurde in 2014 64,1 minuten.

Ontwikkelingen stedelijk wegennet

De hoeveelheid congestie en de reistijden op het hoofdwegennet zijn in 2014 dus iets toegenomen ten opzichte van 2013. Maar hoe was het gesteld met het verkeer in de steden? De Traffic Index van TomTom en de Traffic Scorecard van INRIX beantwoorden die vraag. Hun (enigszins uiteenlopende) cijfers hebben we bij elkaar gezet in figuur 5.

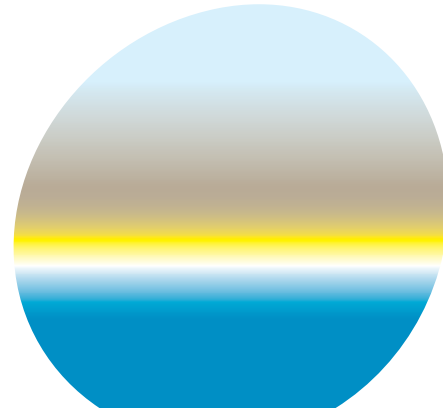
Uit de figuur is af te lezen dat INRIX voor de steden de congestie ziet afnemen, behalve voor Den Haag. Volgens TomTom blijft de congestie in de steden gelijk of neemt die zelfs iets toe. De verklaring voor deze verschillen moeten we wellicht zoeken in de verschillende databronnen die zijn gebruikt. INRIX betreft haar informatie vooral uit uitgeruste voertuigen behorende bij een vloot en uit wegkantsystemen. TomTom gebruikt vooral data uit haar navigatiesystemen.

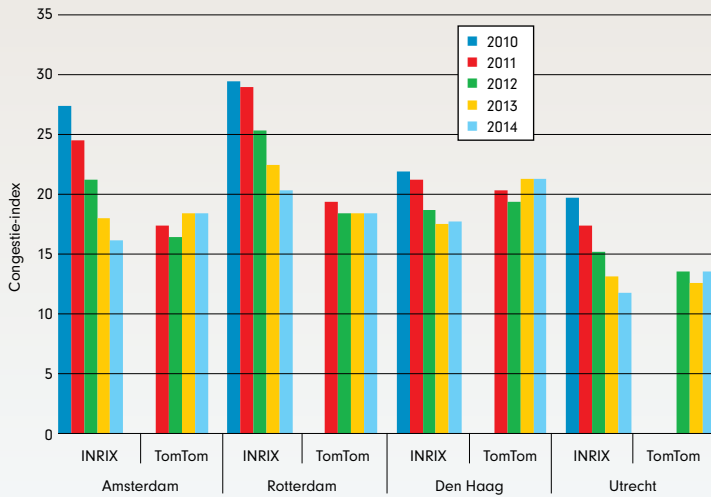
TomTom maakt overigens per stedelijk gebied ook onderscheid tussen het hoofdwegennet en het stedelijke wegennet. Figuur 6 toont de congestie-indices voor Amsterdam, Rotterdam en Den Haag. Het blijkt dat op de hoofdwegennetten rond Amsterdam en Rotterdam de congestie is afgenomen, terwijl in die steden zelf de congestie juist toenam. In Den Haag ligt het net even anders: daar nam op zowel het hoofdwegennet als het stedelijke wegennet de congestie toe.

Conclusie

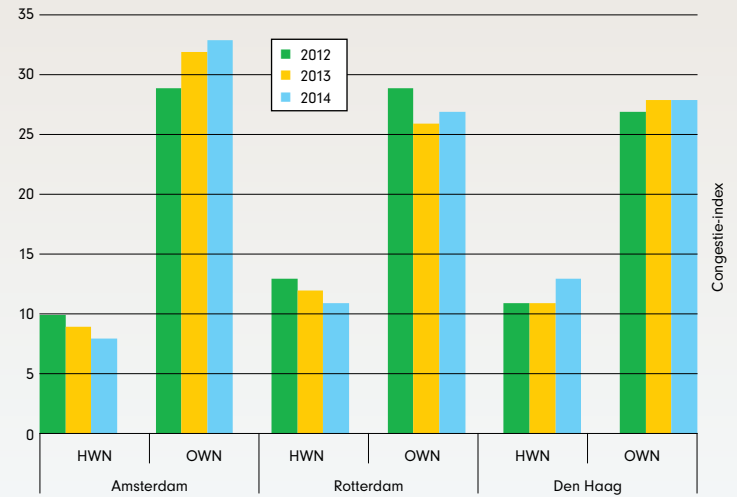
Al met al kunnen we concluderen dat het gedaan is met de afname van de files en dat hier en daar de congestie weer toeneemt, in ieder geval op het hoofdwegennet.

Uiteraard hebben we het dan over gemiddelden die geen recht doen aan de uiteenlopende situaties op het wegennet. Om iets beter te begrijpen wat zich precies op het wegennet afspeelt, zoomen we in de volgende paragrafen in op twee specifieke locaties: de A12 Zevenhuizen-Harmelen en de aansluiting van de N14 op de A4 nabij Leidschendam. Hoe is de verkeersafwikkeling daar in het afgelopen jaar veranderd?





Figuur 5: Congestie-indices voor stedelijke netwerken (bron: INRIX en TomTom).



Figuur 6: Congestie-indices voor HWN en OVN van stedelijke netwerken (bron: TomTom).

1.2. Case A12 Zevenhuizen-Harmelen

De A12 tussen Zevenhuizen en Harmelen is een van de trajecten waar de vertraging in het afgelopen jaar sterker is toegenomen dan gemiddeld.

Zoals ook blijkt uit figuur 7 nam in 2014 het aantal voertuigverliesuren ten opzichte van 2013 toe met 18,1% (landelijk was dat 5,8%), terwijl de verkeersprestatie steeg met 1,5%. Overigens is de stijging in voertuigverliesuren voorafgegaan door een forse afname van de vertraging in 2012 – een direct gevolg van de aanleg van een extra rijstrook op dit traject. Het effect hiervan op de dagelijkse voertuigverliesuren op dit traject is afgebeeld in figuur 8. Wat de figuur duidelijk laat zien, is dat de vertraging na september 2014 weer begint op te lopen.

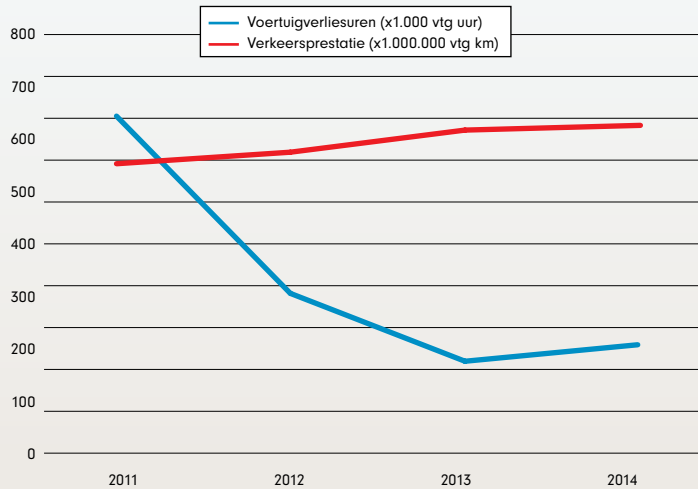
Hoewel de doorstroming in de loop der jaren is verbeterd, is het nog steeds druk te noemen op het beschouwde traject. Dit wordt ondersteund door figuur 9, waarin het verloop van de intensiteit over een gemiddeld etmaal in 2014 wordt afgebeeld voor de wegdoorsnede net voorbij de samenvoeging van de N11 en de A12 bij Bodegraven. Sinds de aanleg van de extra rijstrook blijft de verkeersvraag daar toenemen. Tussen 2011 en 2014 is de gemiddelde etmaalintensiteit op deze doorsnede jaarlijks met 3-4% toegenomen. Deze stijging zou het resultaat kunnen zijn van de latente verkeersvraag voor dit traject. Tussen Gouda en Utrecht zijn er immers geen goede routealternatieven per auto, waardoor er een sterk ‘terug naar de spits’-effect kan zijn.

Merk op dat de waarde van het 95e percentiel* van de intensiteit voor de spitsperiodes in 2011 en 2012 al tegen de theoretische capaciteit lag, maar dat er in de afgelopen twee jaren nog hogere intensiteiten werden gemeten. Dat de 2013- en 2014-lijn van figuur 9 soms ruim door de theoretische capaciteit schieten hoeft ons overigens niet te verbazen: de hoge intensiteiten zijn pieken van ongeveer een half uur, terwijl de capaciteitswaarden gebaseerd zijn op uurgemiddelden. Wanneer we kijken naar de piek in de mediaanwaarde van de intensiteit, dan blijkt die tegen de 7000 vtg/uur aan te zitten, resulterend in een ratio intensiteit/capaciteit van 0,85. In de spitsen zit dit traject dus dicht tegen zijn capaciteit aan.

Het wegontwerp van het beschouwde A12-traject is niet complex. Het stuk tussen Bodegraven en Woerden bijvoorbeeld is een lange rechte weg zonder discontinuïteiten, zoals aansluitingen of veranderingen van de rijstrookindeling. Omdat er op dit traject nogal wat filegolven optreden, die zich over grote afstand stroomopwaarts voortplanten, is hier een dynamisch-verkeersmanagementmaatregel actief die de instroom naar de file beperkt in de hoop de filegolf te breken. Dit gebeurt door ver stroomopwaarts van de filegolf de maximum-

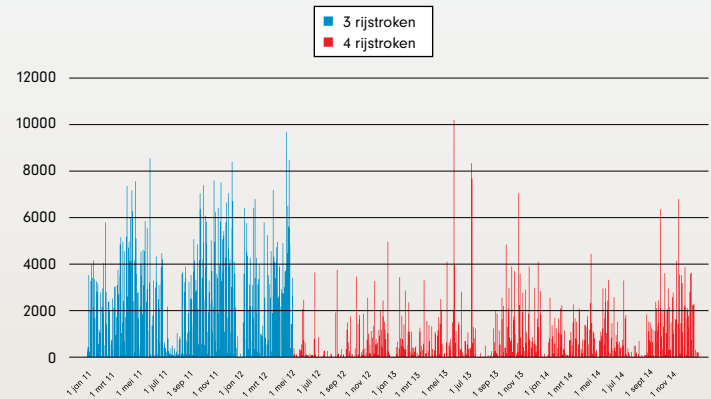
*

De 5% hoogste waarden van de gemeten intensiteiten worden dan niet meegenomen in de grafiek. Dit geeft een realistischer beeld van de dagelijkse intensiteit.



Figuur 7: Verkeersafwikkeling A12 Zevenhuizen-Harmelen (bron: Rijkswaterstaat en TNO).

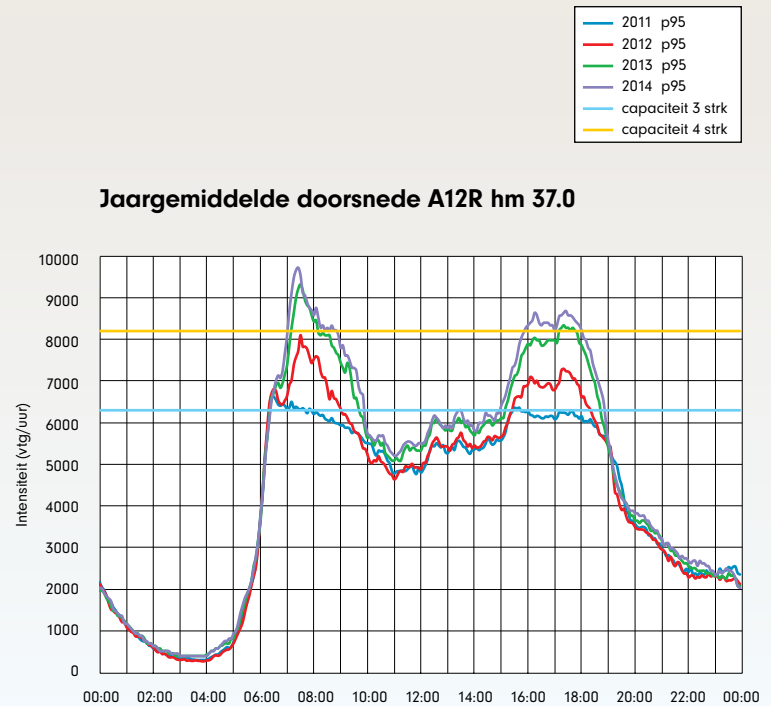
Voertuigverliesuren per dag tussen 2011 en 2014



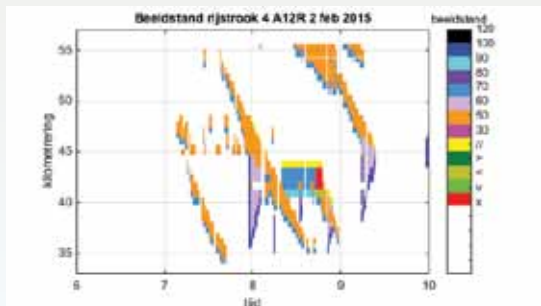
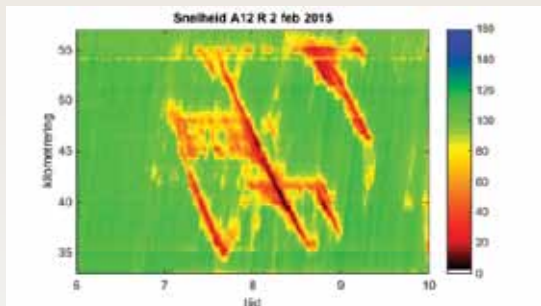
Figuur 8: Voertuigverliesuren A12 Zevenhuizen-Harmelen (bron: Rijkswaterstaat en TNO).

snelheden dynamisch te verlagen. Een voorbeeld is afgebeeld in figuur 10. Boven is de snelheid over afstand en tijd te zien, onder de beeldstanden van de matrixborden met maximumsnelheden. Uit de figuren blijkt dat sommige filegolven inderdaad worden afgebroken (die rond 9.15 uur), terwijl dat andere keren niet lukt (die rond 7.50 uur).

Jaargemiddelde doorsnede A12R hm 37.0



Figuur 9: Verkeersafwikkeling A12 Bodegraven (bron: Rijkswaterstaat en TNO).



Figuur 10: Snelheden en beeldstanden bij filegolven op de A12.

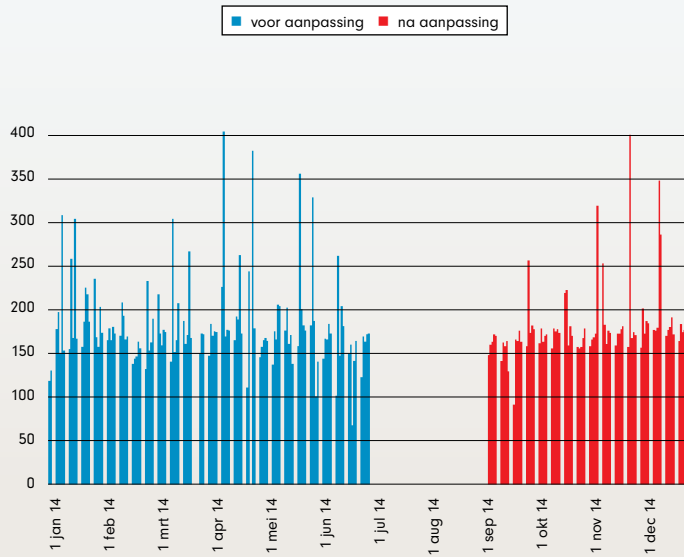
1.3. Case A4-N14 bij Leidschendam

Half augustus 2014 is de toerit vanaf de N14 naar de A4-parallelbaan richting het Prins Clausplein aangepast. Vóór de aanpassing begon de toerit met twee stroken, waarna de linkerstrook afviel en de toerit met één strook samenkwam met de parallelbaan van de A4. Die had twee stroken, zodat de parallelbaan uiteindelijk verder ging met drie stroken. Door de aanpassing is de parallelbaan voor de invoeging versmald tot één strook en komen er twee stroken van de toerit bij. Ook nu gaat de parallelbaan daarna met drie stroken verder. Per saldo is de versmalling naar één strook dus verplaatst van de toerit naar de parallelbaan. Dit is gedaan om de N14 beter te laten doorstromen en zo terugslag in de Vliettunnel op de N14 te voorkomen. De gekozen oplossing was volgens modelstudies de beste. Maar wat waren in de praktijk de consequenties voor de verkeersafwikkeling?

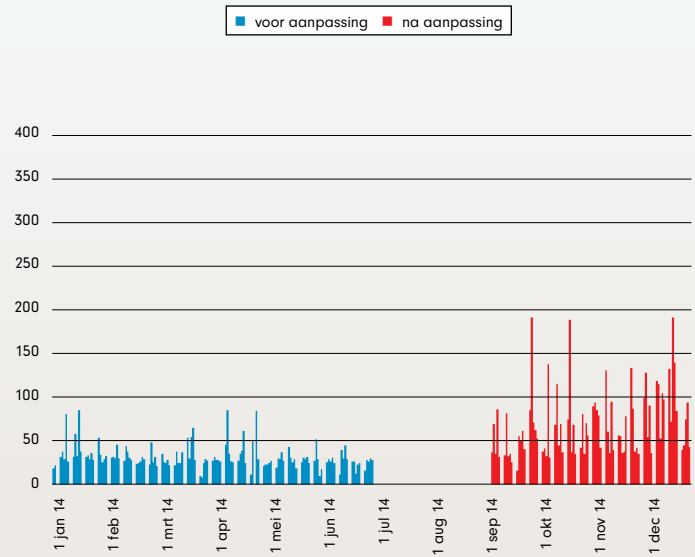
Voor de N14 bekijken we het deel vanaf de ingang van de Vliettunnel tot aan de aansluiting met de A4, omdat dit deel het meest beïnvloed zou moeten zijn. Van de Zoetermeerse Rijweg, die de toerit vanaf de andere kant voedt, zijn helaas geen gegevens beschikbaar. De voertuigverliesuren voor het deel van de N14 zijn weergegeven in figuur 11. De figuur laat weinig verschillen tussen beide situaties zien. Berekeningen wijzen uit dat er door de aanpassing gemiddeld per werkdag 1% minder voertuigverliesuren zijn, terwijl de hoeveelheid verkeer met 2% is toegenomen. Een goed resultaat dus.

De resultaten voor de parallelbaan A4 vanaf de splitsing van de A4 tot aan de toerit van de N14 zijn weergegeven in figuur 12. De absolute aantallen zijn lager, maar er is wel duidelijk te zien dat de hoeveelheid voertuigverliesuren na de aanpassing is toegenomen. Nemen we de som over beide trajecten dan is de verkeersprestatie met 3% toegenomen, maar is ook het aantal voertuigverliesuren gestegen van 219 naar 256 per werkdag, een toename van 17%. De aanpassing is dus voor de N14 voordelig, maar voor de parallelbaan niet en ook voor het totaal niet.

Ook Rijkswaterstaat heeft inmiddels de conclusie getrokken dat de gekozen oplossing niet voldoet. Er wordt nu nagedacht over de optie om de bufferstrook vanuit het Prins Clausplein door te trekken. Het risico is wel dat er dan stroomafwaarts weer een probleem ontstaat.



Figuur 11: Voertuigverliesuren voor werkdagen in 2014 voor de N14 (Vliettunnel-A4).



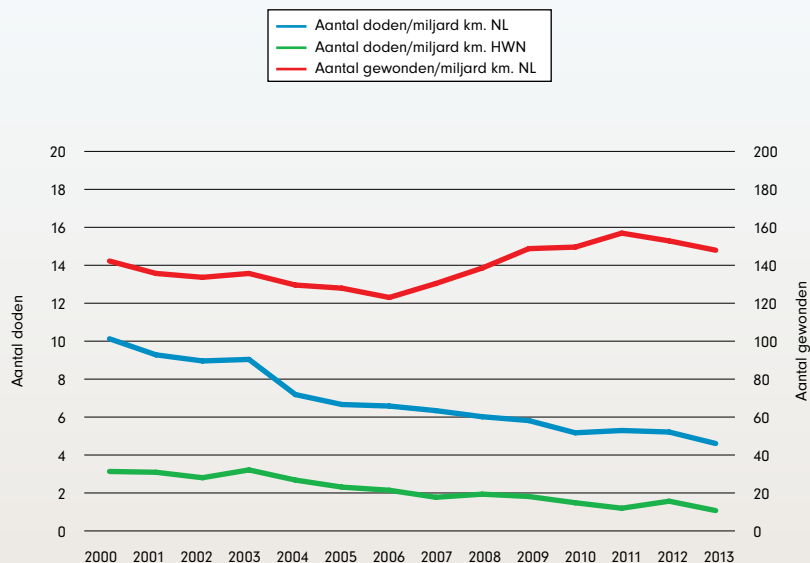
Figuur 12: Voertuigverliesuren voor werkdagen in 2014 voor de parallelbaan A4 (tot N14).

1.4. Verkeersveiligheid in cijfers

De daling van het aantal gewonden die in 2012 begon, heeft zich in 2013 doorgezet. Ten opzichte van een jaar eerder waren er 4% minder gewonden. Ook het totaal aantal verkeersdoden daalt nog steeds en wel met 12%. Spectaculair is de daling van het aantal verkeersdoden op het hoofdwegennet. In 2013 waren dat er 58 tegenover 90 in 2012, 67 in 2011 en 81 in 2010. Het aantal verkeersdoden op het hoofdwegennet in 2013 is ongeveer een derde van het aantal in de jaren net na de eeuwwisseling.

In figuur 13 zijn de relatieve aantallen weergegeven. Het betreft het aantal verkeersdoden en gewonden per miljard gereden voertuigkilometers.

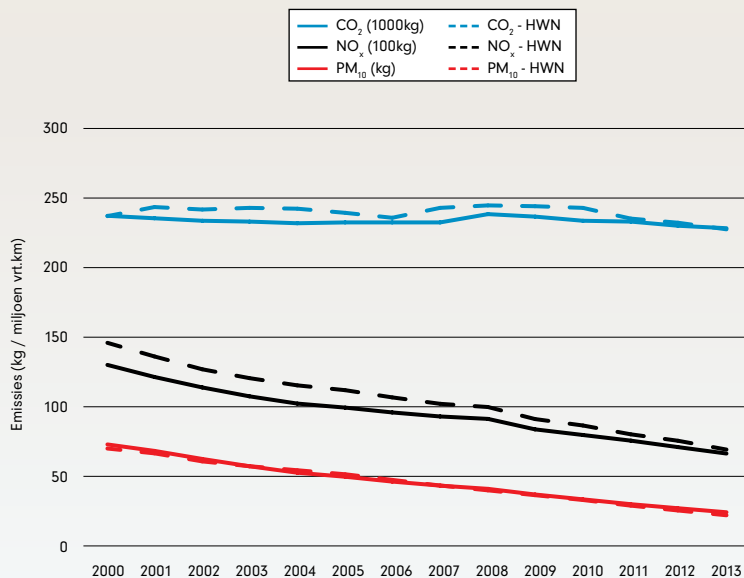
Internationaal gezien doet Nederland het nog steeds goed met een 8e plaats op de IRTAD-ranglijst. Vorig jaar stond Nederland nog 7e, maar we zijn inmiddels ingehaald door Finland.



Figuur 13: Ontwikkeling van het relatieve aantal verkeersdoden en gewonden (bron: RWS en CBS).

1.5. Luchtkwaliteit in cijfers

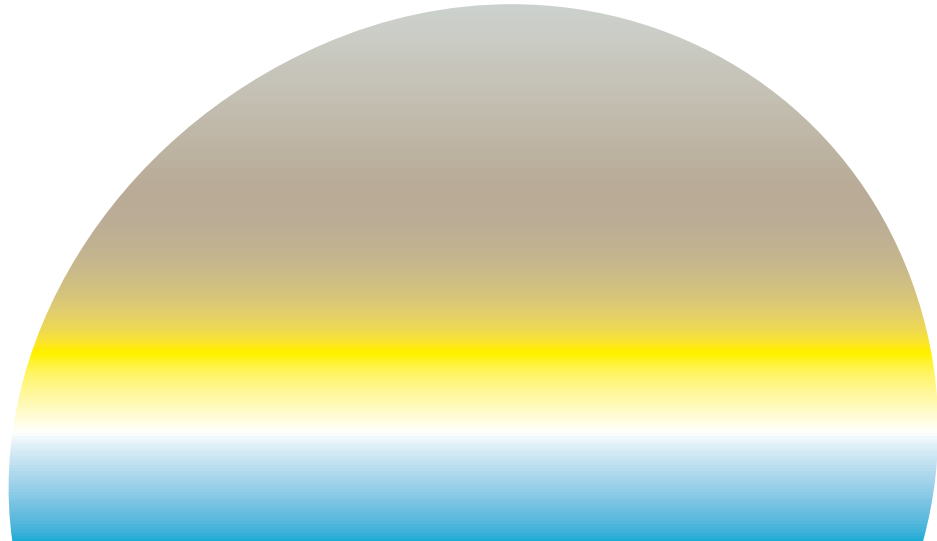
Voor de ontwikkelingen rond de luchtkwaliteit verwijzen we naar figuur 14. Uit de figuur blijkt dat de emissies van NO_x en PM_{10} nog steeds flink dalen. In 2013 was dat 6% respectievelijk 10% ten opzichte van 2012 voor het hele wegennet. De uitstoot van CO_2 daalde ook wel, maar beduidend minder, met een kleine 1%.



Figuur 14: Ontwikkeling van emissies (bron: CBS).

1.6. Samenvatting

Het jaar 2014 laat een omslag zien in de verkeersafwikkeling. Na jaren van dalende trends stijgen de indicatoren die de verkeersafwikkeling beschrijven weer. Het aantal voertuigverliesuren op het hoofdwegennet is toegenomen, vooral veroorzaakt door incidenten. Gelukkig verbetert de verkeersveiligheid nog steeds. Naast het aantal doden is nu ook het aantal gewonden gedaald en dat is een positieve ontwikkeling. Ook positief zijn de trends in de emissies. Op dat vlak blijft alleen de CO₂-uitstoot achter: die is wel gedaald, maar heel weinig.









Trends voor (stedelijk) verkeersmanagement.

Sinds een aantal jaren zit het inwonertal van veel Nederlandse steden weer in de lift. Vooral jongeren trekken in groten getale naar de stad. Deze ontwikkeling heeft uiteraard gevolgen voor de stedelijke mobiliteit. In een paar decennia tijd is het autoverkeer in de grote steden met tientallen procenten toegenomen. Hoe gaan steden met die groei om? En wat betekenen trends als big data, 'connected rijden' en duurzaamheid voor (stedelijk) verkeersmanagement?

2.1. De verstedelijking in cijfers

De cijfers spreken voor zich. In de periode tussen 2000 en 2013 groeide de bevolking van Rotterdam met 4% en die van Amsterdam met 9%. Nog grotere groeicijfers zijn er voor Den Haag en Utrecht met 15%, respectievelijk 38% (CBS). Vooral jongeren trekken naar de stad.

Deze ontwikkeling heeft zijn weerslag op de stedelijke mobiliteit. Het autoverkeer in de agglomeratie Rotterdam is sinds 1986 met 60% toegenomen en binnen de ruit met 30%. Eenzelfde trend is te zien in andere steden. De laatste jaren is tevens een duidelijke

verschuiving zichtbaar van auto- en openbaarverplaatsingen naar fietsverplaatsingen. In Amsterdam bijvoorbeeld nam in de periode 2000-2012 het aandeel fietsverplaatsingen ten opzichte van het totale aantal verplaatsingen toe van 33% naar 53%. Op diverse plekken zijn er al fietsfiles! Dit geeft aan dat niet alleen gemotoriseerd verkeer gemanaged moet worden. Ook kan het verkeersmanagement zich niet beperken tot het hoofdwegenet: alle doorgaande wegen verdienen aandacht. Al met al genoeg redenen om te kijken hoe steden met de groei in mobiliteit omgaan – of zouden kunnen omgaan.

2.2. Ontwikkelingen en de invloed op (stedelijk) verkeersmanagement

De bevolkingsgroei in de stad zet de bereikbaarheid, duurzaamheid en leefbaarheid van die stedelijke omgeving sterk onder druk. Het is bepaald niet eenvoudig om hier een oplossing voor te vinden. Er is een integrale aanpak nodig, en dat betekent weer dat uiteenlopende wetenschapsdomeinen, marktpartijen, overheden en uiteraard de inwoners zelf nauw moeten samenwerken. Een andere complicerende factor is de fysieke en financiële ruimte waarin die oplossingen moeten worden uitgewerkt.

Toch zijn er voldoende aanknopingspunten om de bereikbaarheid, duurzaamheid en leefbaarheid van de stedelijke omgeving te verbeteren. Het is daarbij vooral zaak de ontwikkelingen en trends te (h)erkennen en die ontwikkelingen ook te gebruiken dan wel te beïnvloeden.

In deze paragraaf benoemen we een aantal relevante ontwikkelingen en hun impact op de verkeersafwikkeling en het verkeersmanagement in de (hoog)stedelijke omgeving. We zijn hierbij mede uitgegaan van een trendanalyse van Rijkswaterstaat uit 2014.*

De invloed van (big) data

Dagelijks wordt een enorme hoeveelheid data gegenereerd. Niet alle data zijn openbaar, maar mede dankzij inspanningen van de overheid is de trend wel dat steeds meer informatie openbaar en real-time beschikbaar is.

Veel van die data zijn interessant voor verkeersmanagement, maar het potentieel ervan wordt nog onvoldoende gebruikt. Veel reizigers en voertuigen geven aan waar ze zich bevinden, in tijd en ruimte, en hoe snel ze zich voortbewegen. Sensoren in, boven en langs de weg leveren weer informatie over bijvoorbeeld intensiteit en de verkeersstroom als geheel. Door deze data te combineren met nog andere bronnen is het mogelijk om een nauwkeurig en gedetailleerd inzicht in het verplaatsingsgedrag van de reiziger en de verkeersafwikkeling onder verschillende omstandigheden te verkrijgen, inclusief de impact op leefbaarheid en verkeersveiligheid.

Een ‘data-uitdaging’ in specifiek steden is dat we daar te maken hebben met gemengd verkeer: auto’s, openbaar vervoer, fietsers en voetgangers. Om te bepalen welke stromen dominant zijn, of te veel dan wel te weinig ruimte krijgen, of beter langs een andere route of naar een andere bestemming geleid kunnen worden, is het essentieel om deze stromen goed te onderscheiden. Daarin is de laatste jaren veel vooruitgang geboekt: steden kunnen nu veel beter inzicht krijgen in bijvoorbeeld fiets- en voetgangersstromen. Wel verdient het verwerken, fuseren en analyseren van de grote hoeveelheden data aandacht, om ervoor te zorgen dat het ‘beeld’ van de verkeerssitu-

* ‘Trendanalyse RWS NEXT – Een blik op de toekomst’, een uitgave van Rijkswaterstaat, september 2014.

atie voldoende betrouwbaar is.

Verder vereist het real-time regelen van het verkeer algoritmes die complexe verkeerssituaties vooraf en in een mum van tijd kunnen doorrekenen. Met de huidige rekenkracht van computers, gecombineerd met meer opslagruimte en slimmere algoritmes, is het in principe nu al mogelijk om op basis van grote hoeveelheden actuele gegevens (real-time) berekeningen te maken. Dat leidt tot een grotere variëteit aan systemen voor bestuurdersinformatie en betere verkeersvoorspellingen.

De invloed van 'connected' zijn

Doordat zo ongeveer alles en iedereen tegenwoordig met internet verbonden is – dat wil zeggen: bijna overal en bijna altijd – is er veel meer mogelijk op het gebied van informatievoorziening. Dit geldt voor reizigers, maar ook voor wegbeheerders en andere partijen die betrokken zijn bij verkeersmanagement en verkeersinformatie. Er zijn allerlei manieren om heel snel informatie bij reizigers te krijgen en in veel gevallen kan (in principe) ook nog maatwerk geboden worden, waarbij rekening wordt gehouden met persoonlijke voorkeuren en vaardigheden, maar ook met bestemming, vertrektijdstip, vervoerwijze en route van de individuele reizigers. De mogelijkheden daartoe zullen in de komende jaren verder toenemen, omdat we leren van de ervaringen die we opdoen: ervaringen met commercieel beschikbare diensten,

maar ook in diverse grootschalige proeven met geavanceerdere diensten (zie hoofdstuk 5).

In de komende decennia zullen we steeds meer te maken krijgen met voertuigen die naast 'connected' ook coöperatief en/of automatisch zijn. Verkeerskundigen verwachten dat vooral het coöperatieve element grote effecten op de doorstroming, veiligheid en leefbaarheid zal hebben. Voor stedelijk verkeer zijn al diverse coöperatieve en automatische systemen getest en op enkele plekken zelfs al in gebruik genomen. Voorbeelden zijn coöperatieve verkeerslichten in Helmond en automatische voertuigen als de Parkshuttle, die al jaren van metrohalte Kralingse Zoom in Rotterdam naar drie haltes in bedrijvenpark Rivium in Capelle aan den IJssel rijdt.*

De invloed van de opkomende (multimodale) deeleconomie

In de context van dit rapport bedoelen we met deeleconomie het delen van vervoersmiddelen en alle diensten daaromheen. In het goederenvervoer wordt dit *synchromodaliteit* genoemd. Dit betreft het optimaal flexibel en duurzaam inzetten van verschillende transportmodaliteiten in een netwerk onder regie van een logistieke dienstverlener, zodat de klant (verlader of expediteur) een geïntegreerde oplossing voor zijn vervoer krijgt. Met de ontwikkeling van de ICT, in combinatie met veranderende voorkeuren ten aanzien van (auto) bezit, de beperkte beschikbare ruimte voor het stallen van voertuigen en de opkomst van multimodale reis- en logistieke diensten, wordt 'synchromodaliteit' nu echter ook voor het personenvervoer mogelijk. De informatie moet dan wel beschikbaar zijn. Er moet nog

* Voor meer informatie over dit onderwerp zie het State-of-the-Art achtergronddocument 'Coöperatieve systemen & automatisch rijden' (2014) van TrafficQuest.



veel werk worden verzet om het gewoontegedrag van reizigers te doorbreken en vertrouwen in andere vervoerwijzen te kweken. En tot slot moeten de overstapmogelijkheden op orde zijn. Voor personenverkeer betekent dat bijvoorbeeld meer keuzemogelijkheden op transferia, zoals de (elektrische) fiets of de deelauto voor het laatste, lastige stuk dat niet of niet makkelijk met het openbaar vervoer kan worden afgelegd.

Voor verkeersmanagement betekent dit wel dat het nog lastiger in te schatten is hoe verkeersstromen gaan lopen en hoe daar met maatregelen op kan worden ingespeeld. Voor stedelijk verkeersmanagement betekent het bovendien dat de koppeling tussen verkeersmanagement en ruimtelijke ordening verder aangehaald moet worden. Wat zijn goede locaties voor transferia en centra waar voertuigen gedeeld kunnen worden? Hoe faciliteren we de multimodale verkeersstromen die daardoor gegenereerd worden? Ruimtelijke (big) data kunnen helpen hier inzicht in te krijgen.

De invloed van snelle introductie van nieuwe technologieën
 Personenauto's en openbaar-vervoervoertuigen gaan lang mee en ook wegkantsystemen hebben meestal een lange afschrijvingsduur. De introductie van nieuwe technologieën in het 'park' van voertuigen en wegkantsystemen verloopt dan ook vrij geleidelijk. Bij mobiele apparaten en diensten gaat dat aanmerkelijk sneller, en dat heeft natuurlijk alles te maken met het feit dat mensen hun smartphone, en zeker de software daarop, veel sneller vervangen. Nieuwe technologieën kunnen dus snel (mobiel) of minder snel (voertuig/wegkant) ingang vinden bij de reizigers.

Een kanttekening is wel dat een snelle introductie van nieuwe technologieën ook voor verrassingen kan zorgen. Ze worden ingezet om problemen op te lossen, maar kunnen allerlei secundaire effecten hebben die weer nieuwe problemen veroorzaken. Zo kan een hogere brandstofefficiëntie (of gebruik van goedkopere energie, zoals bij elektrische auto's) ertoe leiden dat sommige reizigers langere afstanden gaan afleggen, waarmee de wegen weer drukker worden. Dat geldt momenteel ook voor de elektrische fiets en in de toekomst wellicht voor automatische voertuigen.

Voor (stedelijk) verkeersmanagement betekent dit dat er goed nagedacht moet worden over de impact van nieuwe technologieën op de mobiliteitspatronen en over de vraag hoe de resulterende verkeersstromen (welke vervoerwijze dan ook!) gemanaged dienen te worden. Daarbij geldt uiteraard: hoe sneller de introductie van de nieuwe technologie, hoe sneller de wegbeheerder zal moeten schakelen. Steden zouden ook moeten nadenken waarop ze zelf nieuwe diensten kunnen inzetten om verkeersstromen en parkeergelegenheden te managen.

De invloed van verduurzaming

Veel meer dan op langeafstandsverbindingen zullen wegbeheerders in de stedelijke omgeving een afweging moeten maken tussen verschillende beleidsdoelen, voor het gemak samengevat in bereikbaarheid, veiligheid en leefbaarheid. Veel steden hebben leefbaarheid en klimaat hoog in het vaandel en maken dan ook duidelijk andere keuzes dan steden waar dit minder prioriteit krijgt. Zo doseert de

Zwitserse stad Zürich autoverkeer aan de rand van de stad, niet alleen om de bereikbaarheid, maar ook om de leefbaarheid te verbeteren. Rotterdam probeert de steeds maar groeiende stroom fietsers in goede banen te leiden.

Op welke wijze kan verkeersmanagement ingezet worden ter ondersteuning van de verduurzaming van (de mobiliteit van) de samenleving? Dit wordt een belangrijke opgave, omdat een focus op verduurzaming leidt tot een leefbare en dynamische stad, waar mensen graag wonen en werken. Duurzaam verkeersmanagement is een belangrijke component van duurzame mobiliteit. Voor verduurzaming van verkeersmanagement is het belangrijk dat het primaat niet meer niet meer bij doorstroming ligt, maar bij de realisatie van een *gecombineerde* doelstelling, waarin naast doorstroming ook veiligheid, milieu en leefbaarheid een plek krijgen. Dit betekent onder meer dat de focus moet verschuiven van het managen van sec gemotoriseerd verkeer naar het managen van gemengd verkeer waarin het openbaar vervoer, de fiets (inclusief de e-bike) en de voetganger een prominente rol spelen.

De invloed van klimaatmitigatie en klimaatadaptatie

Klimaatmitigatie en klimaatadaptatie hebben te maken met het beperken van de klimaatveranderingen en het aanpassen aan de effecten van klimaatveranderingen. Denk bijvoorbeeld aan het verminderen van de CO₂-uitstoot (mitigatie) of het verhogen van de dijken (adaptatie).

Wat het transportsysteem betreft zal verkeersmanagement een (bescheiden) steentje kunnen bijdragen aan klimaatmitigatie, bijvoorbeeld door de uitstoot te verminderen of door fiets en openbaar vervoer extra te faciliteren. Zie hiervoor het voorgaande punt.

Maar het transportsysteem zal ook niet ontkomen aan klimaatadaptatie. Zo zullen we naar verwachting vaker geconfronteerd worden met extreme weersomstandigheden die zich vertalen naar een onzekerdere netwerkbeschikbaarheid, misschien een wijzigende vervoerswijzekeuze en het vaker optreden van (grote) incidenten. De klimaatverandering en de daarmee samenhangende extreme weersomstandigheden kunnen ook leiden tot het uitvallen van bijvoorbeeld het elektriciteitssysteem of internet – wat de toepassing van verkeersmanagement wellicht tijdelijk onmogelijk maakt.

Deze ontwikkelingen vereisen meer aandacht voor assetmanagement. De klimaatcrisis stelt hoge eisen aan de robuustheid en veerkracht van het transportsysteem en de gebruikte systemen. Verkeersmanagement zal ook onder moeilijke omstandigheden moeten blijven werken.

De invloed van de overheid

De dominante, agenderende, regisserende en uitvoerende rol van de overheid bij de planning, de implementatie en het beheer van verkeersmanagementsystemen en bij de toepassing van verkeersmanagementstrategieën zal veranderen. Naar verwachting zullen bepaalde verantwoordelijkheden doorgeschoven worden naar de markt, zeker als voor een toepassing een sluitende businesscase kan worden gefor-

muleerd. De overheid zal in dat geval een meer adviserende rol vervullen. Burgers en maatschappelijke organisaties zullen actief in het hele proces, van probleemsignalering tot evaluatie, participeren.

Mogelijke rollen voor de overheid in de toekomst zijn: bewaken van het gemeenschappelijke belang (formuleren, prioriteren en toetsen van doelstellingen op het vlak van veiligheid, leefbaarheid en bereikbaarheid), toezicht houden op naleving van Europese en nationale regelgeving op het vlak van veiligheid, leefbaarheid en bereikbaarheid, het stellen van grenzen (op basis van randvoorwaarden voortvloeiend uit het eigendom van de infrastructuur), het stimuleren van nieuwe innovatieve ontwikkelingen en het faciliteren van deze initiatieven (middelen vrijmaken voor onderzoek en pilots).

Deze ‘samenwerking nieuwe stijl’ vereist wel een grote mate van transparantie van alle betrokken organisaties. De overheid zal meer moeten openstaan voor initiatieven van burgers en maatschappelijke organisaties, en alle betrokken partijen zullen van meet af aan gezamenlijk optrekken.

Deze verbondenheid tussen de partijen betekent voor verkeersmanagement dat er zowel op het technische, organisatorische, juridische en financiële vlak nieuwe kaders nodig zijn. Gelukkig is daar in Nederland in het verleden al een goede basis voor gelegd met Gebiedsgericht Benutten en het vervolg Gebiedsgericht Benutten Plus. Ook kent Nederland diverse samenwerkingsverbanden waar publieke en private partijen bij elkaar komen – zie hoofdstuk 5.

De invloed van de bevolkingssamenstelling

Naast generatie Z, de generatie die permanent online is, hebben we ook in toenemende mate te maken met een ‘verzilverende’ samenleving. De grote groep 65-plussers blijft mobiel en vraagt vanwege de groepseigen beperkingen (zicht, kijkgedrag, reactiesnelheid en informatieverwerking) om extra aandacht, zodat ook deze groep veilig kan deelnemen aan het verkeer.

‘Verzilvering’ van verkeersmanagement impliceert dat ouderen meer tijd wordt geboden voor het uitvoeren van de rijtaak, waaronder het verwerken van de door verkeersmanagement geboden en op de leeftijd afgestemde informatie, geleiding en sturing. Vooral in een stedelijke omgeving zal dat van belang zijn. Ouderen wennen minder snel aan nieuwe gadgets en reageren minder snel op aangeboden informatie, wat kan conflicteren met de snelle adaptatie en toepassing van nieuwe technologie die zo kenmerkend is voor jongere mensen. Verkeersmanagement en verkeersinformatie kan hierin een belangrijke rol spelen, omdat beide groepen veel informatie nodig hebben om aan hun mobiliteitsbehoefte te voldoen.

De invloed van veranderingen in mobiliteit

Het ‘nieuwe werken’ (flexibiliteit is de norm) heeft grote gevolgen voor de mobiliteitspatronen. Het traditionele patroon met een geprononceerde ochtend- en avondspits zal veranderen in een meer gelijkmatig over de dag verdeeld patroon. Als gevolg van de grote flexibiliteit verandert ook de samenstelling van de verkeersstroom, met een grote diversiteit aan verplaatsingen, voortdurend. Dit



schept mogelijkheden voor een efficiënter gebruik van de beschikbare capaciteit – en dynamisch verkeersmanagement speelt daarin een cruciale rol. De inzet van regelstrategieën zal voortdurend afgestemd moeten worden op de kenmerken van de actuele verkeersstromen. Omdat reizigers enerzijds en wegbeheerders en serviceproviders anderzijds voortdurend onderling informatie uitwisselen, zijn er goede mogelijkheden om vraag en aanbod op elkaar af te stemmen. Dit vraagt wel om snel toegankelijke en betrouwbare informatiesystemen.

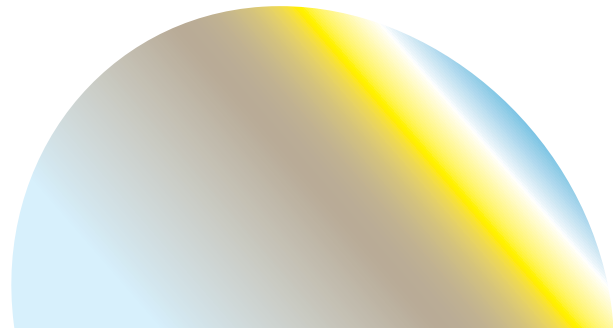
Ook het verplaatsingspatroon verandert. In de stedelijke omgeving zijn de verplaatsingen steeds minder gericht op het centrum, maar steeds meer ‘van de ene wijk naar de andere wijk’. Tegelijkertijd zijn de toenemende sociaal-recreatieve verplaatsingen juist wel voor een groot deel gericht op het centrum.

Verder spelen in stedelijke gebieden fiets en voetganger een steeds prominentere rol bij de afwikkeling van verplaatsingsstromen. Het verkeersmanagement zal zich dan ook meer moeten richten op de efficiënte afwikkeling en ondersteuning van fietsers- en voetgangersstromen, en op de afwikkeling van ‘gemengde’ verkeersstromen (alle aanwezige vervoerwijzen samen). Vooral op drukke kruisingen zal dit de nodige uitdagingen met zich mee brengen.

De invloed van mobiliteitsdiensten

Een laatste ontwikkeling die z'n impact zal hebben op het verkeer en het verkeersmanagement is de opkomst van mobiliteitsdiensten door serviceproviders. Deze mobiliteitsproviders verzorgen het vervoer van hun klanten (individuele deals). Een mobiliteitsdienst kan bestaan uit een voertuig dat beschikbaar wordt gesteld dan wel een zitplaats die op een bepaalde tijd en route is gereserveerd. De opkomst van de mobiliteitsproviders leidt tot een gewijzigde, naar verwachting getrapte organisatie van verkeersmanagement.

Een mogelijke invulling is dat in eerste instantie netwerksysteembeheerders en mobiliteitsproviders onderling komen tot een globale afstemming van de in te zetten capaciteit (toe te passen regelstrategieën). Vervolgens zal op basis van de informatie-uitwisseling tussen de reiziger en de systeembeheerder de afstelling van het verkeersmanagementsysteem worden verzorgd. Vooral bij ongewone omstandigheden (incidenten, slecht weer, evenementen) kan dit veel opleveren.





2.3. Stedelijke initiatieven

Als afsluiting van dit ‘stedelijke’ hoofdstuk bespreken we een aantal projecten en initiatieven die zich (mede) richten op de stedelijke verkeersproblemen.

Veel ontwikkelingen die nu in de stad plaatsvinden, worden geschaard onder het containerbegrip ‘Smart Cities’. Ook in Nederland zijn overheden en andere partijen actief om onder de noemer Smart Cities maatschappelijke opgaven in stedelijke gebieden aan te pakken en om de economische concurrentiekracht te vergroten. Het concept komt voort uit de ontwikkeling van de ICT en het gebruik daarvan om stedelijke vraagstukken aan te pakken. Smart Cities is een middel om stedelijke gebieden efficiënter, duurzamer, leefbaarder, concurrerender en veiliger te maken. De hedendaagse maatschappij en de snelheid waarmee deze als gevolg van technologie verandert, bieden mogelijkheden om in nieuwe coalities van burgers, bedrijven en overheid de ontwikkeling van steden vorm te geven. Smart Cities bestaat dan uit het samenspel tussen slimme technologie, slimme burgers en een slimme overheid.

Binnen Smart Cities hebben mensen dus meer invloed op hun leefomgeving en wordt ernaar gestreefd om stedelijke systemen efficiënter te gebruiken. Dit kan bijvoorbeeld door systemen uit verschillende domeinen aan elkaar te koppelen.

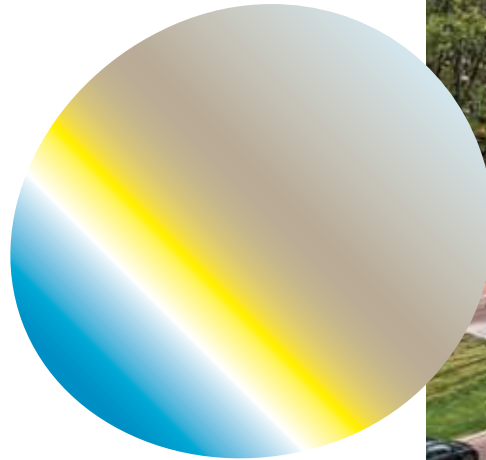
In Nederland zijn verschillende steden actief bezig met Smart Cities-projecten. Zo zet Almere een systeem op dat kan helpen bij het ana-

lyseren van problemen in bepaalde wijken, door informatie over onder andere bevolking, inkomen, huurachterstanden en schooluitval te koppelen. In Amsterdam loopt een proef met het lokaal opwekken van zonne-energie. Tilburg is een pilot gestart waarbij burgers zelf de WOZ-waarde van hun woningen kunnen aanpassen.

Maar in Amsterdam gebeurt nog meer – en ook wat specifieker op het vlak van mobiliteit. Amsterdam Metropolitan Solutions (AMS) is een initiatief dat met innovaties op metropolitane schaal de problematiek wil aanpakken. Daartoe is het Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Solutions in het leven geroepen. Dit instituut bundelt kennis en expertise van een groot aantal toonaangevende partijen, zoals TU Delft, Wageningen University & Research, The Massachusetts Institute of Technology (MIT), TNO, KPN, IBM, Accenture, Alliander, Cisco, ESA, Shell, Waternet en de stad Amsterdam. Uiteenlopende gegevensbronnen zullen worden aangewend om het functioneren van de stad te doorgronden. Op basis van deze inzichten zullen vervolgens geïntegreerde oplossingen en ontwerpen worden ontwikkeld die een antwoord moeten geven op de gesignaleerde uitdagingen.

Een van de kernthema’s van AMS betreft de ontwikkeling van ‘Slimme infrastructuren’ en ‘Slimme managementsystemen’ voor de afwikkeling van stedelijke stromen, waarbij het dan naast verkeer, ook gaat om bijvoorbeeld energie, water en voedingsmiddelen. Deze aanpak toont een belangrijke overeenkomst met het eerder door TrafficQuest uitgevoerde onderzoek ‘Analogieën met Verkeersmanagement’.*

Andere initiatieven gericht op de stedelijke omgeving zijn hierboven al aan de orde gekomen. Zo maakt het merendeel van de weggebruikers gebruik van een smartphone. De apps hierop helpen veel reizigers bij het vinden van een route, op basis van kaartinformatie en gedeelde informatie over snelheden. Ook kunnen apps met real-time informatie helpen om een vrije parkeerplaats in de buurt van de bestemming te vinden, of een combinatie van de trip met het openbaar vervoer (P + R) aangeven.



* Zie het gelijknamige TrafficQuest-rapport (verslag van workshop in 2012). Het rapport is beschikbaar als pdf op www.traffic-quest.nl/rapporten.







De belangrijkste thema's van 2015.

Over welke onderwerpen praten, schrijven en vergaderen de professionals in ons vakgebied het meest? Ook in dit jaarbericht besteden we weer aandacht aan de belangrijkste thema's van het moment. Wat ons betreft zijn dat: stedelijk verkeersmanagement, de integratie van wegkant- en in-car systemen, automatisch rijden, human factors en incidentmanagement.



3.1. Stedelijk verkeersmanagement



De stedelijke gebieden krijgen steeds meer verkeer te verwerken – dat punt hebben we in de voorgaande hoofdstukken al gemaakt. Maar dat betekent ook dat het belang van stedelijk verkeersmanagement alleen maar toeneemt.

Traditioneel zijn de verkeerslichtenregelingen hét stedelijke verkeersmanagementinstrument en op dat vlak wordt er nog steeds geïnnoveerd en geëxperimenteerd. De gemeente Veldhoven nam bijvoorbeeld als eerste een netwerkregeling in gebruik die regelt op basis van de verzadigingsgraad in plaats van de intensiteit. De gemeente Breda onderzocht of ze op een aantal kruispunten niet zonder verkeerslichten kunnen: bij enkele rustige kruispunten werden bij wijze van proef de verkeerslichten een paar weken uitgeschakeld.

Maar ook andere zaken dan verkeerslichten vragen aandacht. In juli 2014 organiseerde TrafficQuest een workshop rond stedelijk verkeersmanagement.* Uit de gesprekken en discussies werd goed duidelijk welke thema's er spelen:

- **Monitoring en evaluatie.** Het bepalen van de precieze impact van stedelijk verkeersmanagement – wat levert het nou op? – blijft lastig. Het zou goed zijn als steden hun monitoringsprogramma's op elkaar afstemmen, zodat de gemeten resultaten beter te vergelijken zijn en

*

Zie het TrafficQuest rapport 'Stedelijk verkeersmanagement – Problemen van nu en oplossingsrichtingen voor de toekomst' (oktober 2014). Het rapport is beschikbaar als PDF op www.traffic-quest.nl/rapporten.

partijen meer van elkaar kunnen leren. Daarnaast is een inventarisatie van evaluatietechnieken gewenst: welke techniek is voor wat geschikt?

- **Value added asset management.** Wat is de optimale allocatie van middelen voor het beheer, het onderhoud en de exploitatie van de wegeninfrastructuur, inclusief systemen? Om die vraag te beantwoorden moet er een aanpak worden ontwikkeld die wegbeheerders helpt de ‘ideale allocatie’ te identificeren.
- **Communicatie met bestuurders.** Een terugkerend probleem: hoe maken we aan bestuurders en beleidsmakers duidelijk wat het belang is van verkeersmanagement? En hoe houden we die aandacht scherp?
- **Regelaanpak voor de stedelijke omgeving.** Het stedelijke wegennet heeft zijn eigen dynamiek. Er is daarom een regelaanpak nodig die goed om kan gaan met de stedelijke situatie (bijvoorbeeld: veel gemengd verkeer) en bijbehorende problematiek.

Om kennis en ervaring over deze onderwerpen te delen, zou er idealiter een platform Stedelijk Verkeersmanagement moeten komen. De deelnemers aan de TrafficQuest-workshop hebben die wens in ieder geval duidelijk op tafel gelegd. Inmiddels vindt er, op initiatief van TrafficQuest, overleg plaats tussen de betrokken partijen over de oprichting van een dergelijk platform.

Praktijkproef Amsterdam

De belangrijkste proef op het gebied van stedelijk verkeersmanagement is nog steeds de Praktijkproef Amsterdam, kortweg PPA. In

ons vorige jaarbericht hebben we aandacht besteed aan de principes en opzet van de proef rond *gecoördineerd netwerkbreed verkeersmanagement*. In deze uitgave belichten we de uitwerking van de principes en de eerste resultaten van het ‘wegkantspoor’.

Doel van het wegkantspoor van PPA is om het ontstaan van congestie op de hoofdrijbaan uit te stellen, om zodoende ook de capaciteitsval uit te stellen.* Speciaal voor de PPA zijn de verkeersregelsystemen op en in de buurt van de toeritten S101 tot en met S107, de A10-West, aangepast. Daarnaast is op de S102-corridor een real-time verkeersregelsysteem geïmplementeerd die de doorstroming op de corridor moet waarborgen.

De in PPA gehanteerde regelprincipes zijn kort gezegd als volgt. De systemen op de A10-West detecteren en voorspellen wanneer er congestie ontstaat. Vóórdat die congestie daadwerkelijk optreedt, worden de toeritdoseerinstallaties in werking gesteld. Dit veroorzaakt normaliter wachtrijen. Om een lokaal infarct te voorkomen, mag deze wachtrij nooit terugslaan op de kruising aan het begin van de toerit. Als de wachtrijen te lang dreigen te worden, worden de verkeersregelinstallaties van de toeleverende kruispunten daarom bijgeschakeld. Deze zorgen ervoor dat verkeer dat naar de toerit wil langer moet wachten, zodat het overige verkeer beter kan doorstromen.

*

De capaciteitsval is het fenomeen dat op het moment dat er congestie ontstaat, de capaciteit (hoeveel voertuigen die de weg verwerkt) fors terugvalt, tot wel 15%.

Ook dat gebeurt gelaagd: eerst worden de dichtstbijzijnde kruispunten als buffer ingezet en vervolgens wordt stroomopwaarts gekeken. Op de S102 wordt dat ondersteund door een real-time verkeersregelsysteem dat het verkeer op de corridor beter laat doorstromen.

In 2014 is dit geheel van samenwerkende detectie- en regelsystemen geëvalueerd. Daartoe is gedurende een aantal dagen in de periode april tot en met juni 2014 verkeersdata verzameld over de snelweg en over de stedelijke wegen. Deze data is verwerkt tot indicatoren, waarna de situatie mét gecoördineerde regelingen is vergeleken met de situatie zónder. De conclusie van de evaluatie is dat dankzij de inzet van PPA de doorstroming op de A10-West ter hoogte van de Coentunnel is verbeterd. Dit heeft ook geleid tot een verbeterde doorstroming op de A5. In totaal was er een afname van de voertuigverliesuren in de avondspits. Maar als gevolg van het doseren op de toeritten en het bufferen op kruispunten zijn de wachtrijlengtes en daarmee de verliestijd op het stedelijk wegennet juist weer toegenomen. De belangrijkste uitkomst van de evaluatie is dat per saldo de PPA heeft geresulteerd in een verslechtering van de doorstroming in het netwerk als geheel. Uit nadere analyses blijkt dat dit vooral te wijten is aan het te vroeg inschakelen van de doseersystemen op de stroomopwaarts van de bottleneck gelegen toeritten. Een aanpassing van de regelinstellingen zou de situatie moeten verbeteren – en dat wordt in fase 2 van de PPA getest.



3.2. Integratie wegkant en in-car

Het is door voortschrijdende techniek en verdergaande standaardisatie steeds makkelijker om op hoge snelheid en met een grote bandbreedte informatie uit te wisselen tussen weggebruikers, voertuigen, de ITS-infrastructuur langs de weg en de verkeersmanagementsystemen van wegbeheerders en vlootmanagers. Waar de ITS-toepassing zich fysiek bevindt, wordt steeds minder relevant: die zou zich in principe overal kunnen bevinden. Een interessant gevolg hiervan is dat ITS-diensten dus ook makkelijk in het voertuig kunnen worden aangeboden.*

Wegbeheerders zien hierin kansen om kosten te besparen: ITS-toepassingen die voorheen wegkantgebonden waren (zoals communicatie via route-informatiepanelen) zouden overgeheveld kunnen worden naar het voertuig zelf (communicatie via een app of een on-board unit), en in plaats van data in te winnen via wegkantgebonden detectie kan zogenaamde floating car data worden gebruikt. Daarmee bespaar je op kosten voor installatie en onderhoud van systemen langs de weg, is de gedachte.

Een andere mogelijke benadering is echter om wegkant- en in-car systemen te *integreren* om zo meerwaarde te creëren. Door bijvoor-

beeld wegkantdata en voertuiggebonden data te combineren en/of te fuseren kun je een veel fijnmaziger en vollediger beeld van de verkeersafwikkeling opbouwen dan mogelijk zou zijn op basis van elke bron afzonderlijk. Met de rijkere 'fusiedata' zou je weggebruikers bijvoorbeeld een veel gericht advies kunnen geven over een optimaal snelheidsprofiel bij het naderen van een filegolf of de wachtrij voor een kruispunt. En wegbeheerders en vlootmanagers krijgen een beter beeld van de kwaliteit van de verkeersafwikkeling op het netwerk – hoofdwegennet, maar bijvoorbeeld ook het stedelijk wegennet – en hebben beter zicht op de ruimte die er nog in het netwerk is.

De voordelen van een fijnmaziger beeld werken door op alle niveaus van het verkeerssysteem, waaronder de operationele, tactische en strategische rijtaak van de weggebruiker, de werking van verkeersregelinstallaties en toeritdoseerinstallaties, en de tactische en strategische verkeersmanagementprocessen bij wegbeheerders en vlootmanagers.

De integratie van wegkant en in-car krijgt op verschillende locaties vorm. Dicht bij huis is er het 'in-car spoor' van de eerder genoemde Praktijkproef Amsterdam. In dit project worden verkeersgegevens uit diverse bronnen, waaronder uiteraard mobiele, in de verkeerscentrale gecombineerd. Ook houden de in-car adviezen real-time rekening met regelscenario's die vanuit de verkeerscentrale worden ingezet (en die nog voornamelijk uit 'wegkant-maatregelen' bestaan).

* Een ander gevolg is dat ook andere partijen dan wegbeheerders ITS-services kunnen verzorgen. Op deze transitie 'wegbeheerder-markt' komen we terug in hoofdstuk 5.5.



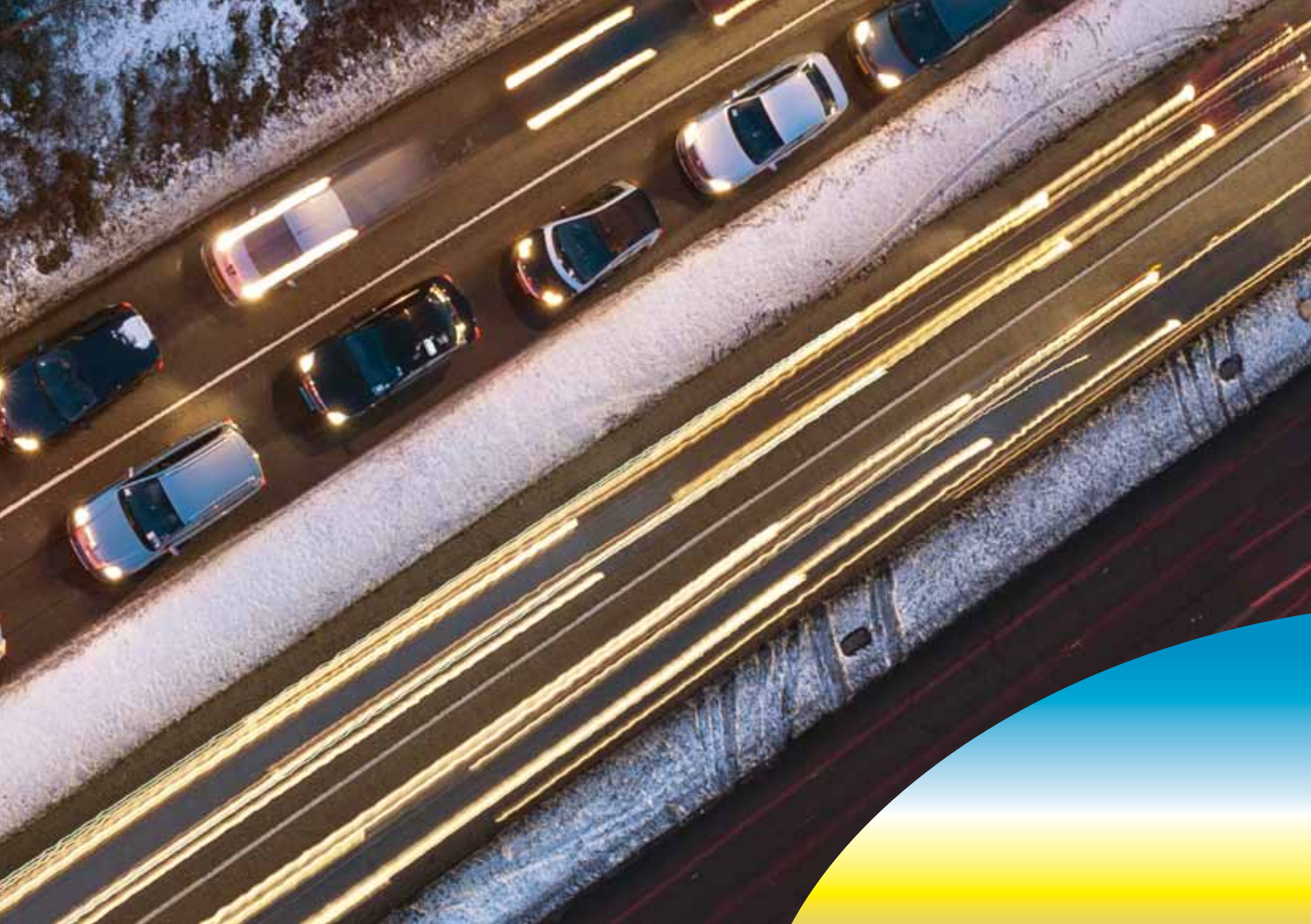
Japan is het land waar de integratie van wegkant en in-car het verst gevorderd is. Veel voertuigen die in Japan rondrijden zijn al ‘connected’ en ook het aantal auto’s met short-range communicatie (DSRC) is groot. Enkele imposante cijfers: Japan telt 63 miljoen navigatiesystemen, 43 miljoen VICS-units (in-car systemen voor verkeersinformatie) en 47 miljoen units voor Electronic Toll Collection. En dat op een totaal van ongeveer 127 miljoen inwoners en 57,6 miljoen auto’s!

Maar ondanks die in-car voorsprong is Japan niet van plan bestaande wegkantssystemen als DRIP’s en GRIP’s uit te faseren. Het bouwt zijn arsenaal aan wegkantssystemen juist uit – en dan vooral met wegkantssystemen voor korte-afstandscommunicatie met voertuigen, de zogenaamde ITS-spots. Er zijn al 1600 van die ITS-spots geïmplementeerd op *express ways*, en er komen er nog eens 1500 bij voor *highways*. Ondertussen groeit het aantal on-board units die met de ITS-spots communiceren, ook in een rap tempo, tot 360.000 in juli 2014.

Eén argument om te investeren in de ITS-spots is dat deze korte-afstandscommunicatie voor veel toepassingen goedkoper is dan lange-afstandscommunicatie. De ITS-spots worden ook niet lukraak geplaatst, maar alleen op locaties waar er problemen zijn met de verkeersveiligheid of de doorstroming. De uit voertuigen afkomstige data (*road probe data*) wordt gebruikt om die locaties te selecteren, bijvoorbeeld door te kijken waar vaak hard geremd wordt.

Op de ITS-spots draaien een aantal dag-1 applicaties, zoals een mobiliteitservice, een veiligheidsservice en Electronic Toll Collection. Maar er zijn al dag-2 applicaties in voorbereiding. Zo zijn er op dit moment veldtesten gaande met de vrachtwagenapplicaties *Weigh-in-motion systems* en *Heavy vehicle permission systems*. Ook wordt er getest met applicaties die snelheids- en volgtijdadvies geven op wegen in bergachtige gebieden, waar vaak files ontstaan omdat voertuigen te langzaam heuvelopwaarts rijden.





3.3. Automatisch rijden

Automatisch rijden staat enorm in de belangstelling. Minister Schultz van Haegen stuurde op 16 juni 2014 een brief aan de Tweede Kamer waarin zij aangeeft dat ze kansen ziet om Nederland “wereldwijd op de kaart te zetten als land waar deze innovaties [van zelfrijdende auto’s] kunnen plaatsvinden”. Het is de bedoeling dat de overheid deze ontwikkelingen zal faciliteren, zonder alles vooraf dicht te regelen. Een eerste stap hierin is om de regelgeving aan te passen: de Rijksdienst voor het Wegverkeer (RDW) wordt bevoegd om ontheffing te verlenen voor grootschalige testritten op de openbare weg. Er zijn wel strenge toetsingseisen, zodat alleen serieuze testen met voldoende aandacht voor de veiligheid in overweging genomen worden. Als het goed is, treedt deze regelgeving in 2015 in werking. Inmiddels hebben verschillende geïnteresseerde partijen zich gemeld voor het uitvoeren van testritten op het Nederlandse wegennet – zie de pagina hiernaast.

Dat automatisch rijden zo enorm in de belangstelling staat, is niet verwonderlijk. Het heeft de potentie om de verkeersveiligheid sterk te verbeteren: automatische voertuigen raken niet afgeleid, en hebben zeer korte reactietijden. Het dringt het energiegebruik en dus de emissies terug. Automatisch rijden verhoogt ook het rijcomfort en op termijn kunnen ‘bestuurders’ onderweg zelfs iets anders gaan doen. Mogelijk zijn ze helemaal niet meer nodig, bijvoorbeeld in een deel van de vrachtwagens die in pelotons rijden. Gezien het verwachte gebrek aan vrachtwagenchauffeurs is dit een gewenste ontwikkeling.

Tot slot zijn ook de beloften voor de doorstroming groot. Zo kan de capaciteit van de weg substantieel omhoog: met automatische voertuigen zijn in theorie zeer korte volgtijden mogelijk en dus past er letterlijk meer verkeer op hetzelfde stukje weg. Proeven zullen moeten uitwijzen of de verwachte voordelen ook daadwerkelijk optreden.

In deze paragraaf bespreken we welke niveaus van automatisch rijden er zijn, gaan we in op de verschillen tussen autonoom, connected en coöperatief rijden, en benoemen we een aantal (verkeerskundige) vragen die nog antwoord behoeven.*

Niveaus van automatisering van de rijtaak

Als we spreken over automatisch rijden dan bedoelen we niet noodzakelijkerwijs dat het voertuig volledig zelfstandig kan rijden. Er zijn namelijk verschillende niveaus van automatisering, die al beginnen bij de relatief eenvoudige rijtaakondersteuning.

Een veel gebruikte indeling is die van SAE – zie figuur 16. Op de weg komen we nu vooral voertuigen tegen met een automa-

*

Voor meer informatie over automatisch rijden, zie het TrafficQuest-rapport ‘Coöperatieve systemen en automatisch rijden’. Dit document is als pdf beschikbaar op www.traffic-quest.nl/rapporten.

Aangekondigde testen met automatische voertuigen in Nederland

Minister Schultz past de regelgeving zo aan dat tests op de openbare weg met automatische voertuigen in principe mogelijk zijn. Inmiddels zijn er al vijf aanvragen ingediend voor zulke tests. De RDW verleent alleen een ontheffing voor het uitvoeren van de test als de aanvrager het (streng) beoordelingsproces met goed gevolg heeft doorlopen. De vijf aanvragen zijn:

TLN, Scania: In februari 2015 organiseerden Transport en Logistiek Nederland en Scania een *platooning* (treintje rijden) demonstratie van zelfrijdende vrachtauto's.

TNO, DAF, Havenbedrijf Rotterdam, TLN: TNO bereidt samen met onder andere DAF, het Havenbedrijf Rotterdam en TLN een *platooning* test voor met autonome



vrachtwagens. De technische tests zijn al uitgevoerd. De EcoTwin-vrachtwagens werden in maart 2015 gedemonstreerd op de Automotive week in Helmond – zie foto.

Gelderland, Wageningen UR: De provincie Gelderland en Wageningen UR verkennen de mogelijkheden voor toepassing van automatische voertuigen in het gebied Foodvalley. Ook de TU Delft en TNO zijn bij dit initiatief betrokken.

TU Delft: Het Rail-cluster van het Transport Instituut van TU Delft is van plan een technische test uit te voeren met automatische voertuigen op een fietspad in het Mekelpark. De test is onderdeel van een bijzonder project waarin automatische voertuigen worden gebruikt voor het natransport van treinreizigers.

DAVI (TU Delft, TNO, RWD en Connekt): Het *Dutch Automated Vehicle Initiative*, kortweg DAVI, organiseerde eind 2013 al een demonstratie op de A10, waaraan ook de minister deelnam. Het samenwerkingsverband plant voor 2016 een nieuwe demonstratie.

tiseringsniveau 0 of 1; slechts een zeer klein aantal auto's uit de hogere segmenten heeft automatiseringsniveau 2. De hoogste niveaus 4 en 5, 'High automation' en 'Full automation', worden wel getest, maar er zijn nog heel wat barrières te slechten voordat er auto's van dit niveau op de openbare weg kunnen rijden.

Hoe gaan we rijden: autonoom, connected of coöperatief?

Om het automatisch rijden in de juiste context te plaatsen, is het ook goed stil te staan bij andere, parallelle innovaties in het wegverkeer. Eén daarvan is het *connected* rijden. Omdat steeds meer mensen onderweg toegang hebben tot internet (3/4G), komen er ook steeds meer in-car informatiediensten die de weggebruikers slim en gepersonaliseerd informeren en waarschuwen.

Een tweede parallelle ontwikkeling is het coöperatieve rijden. Hierbij zijn de voertuigen niet alleen 'connected' met de serviceprovider (of wegbeheerder) op afstand, maar ook met voertuigen en wegwagentssystemen in de directe omgeving. De coöperatieve technologie wordt ook wel *talking traffic* genoemd omdat er voortdurend met het overige verkeer 'gepraat' (informatie uitgewisseld) wordt.*

Terwijl het automatisch rijden en het connected rijden zich gestaag ontwikkelen, lijkt het coöperatieve rijden wat achter te blijven.

* Bij coöperatieve systemen is er sprake van twee manieren van communiceren: over korte afstand via Wifi-p voor tijdkritische toepassingen zoals veiligheidssystemen en schokgolfdemping, en over lange afstand via 3/4G voor minder tijdkritische toepassingen als navigatie en routeadvies.

Dat heeft te maken met het feit dat er veel partijen nodig zijn om deze innovatie aan de gang te krijgen: autobouwers, toeleveranciers, de verkeersindustrie en wegbeheerders. Een ander probleem is dat coöperatief rijden langetermijninvesteringen vereist, onder meer in wegwagentstations voor de korte-afstandscommunicatie. In een tijd waarin veel van de stakeholders moeten bezuinigen, is dat een uitdaging op zich. Autonoom rijdende automatische voertuigen, die alleen op basis van de input van hun eigen sensoren rijden en niet communiceren met andere voertuigen of de wegwagent, zijn in die zin eenvoudiger te ontwikkelen voor autofabrikanten.

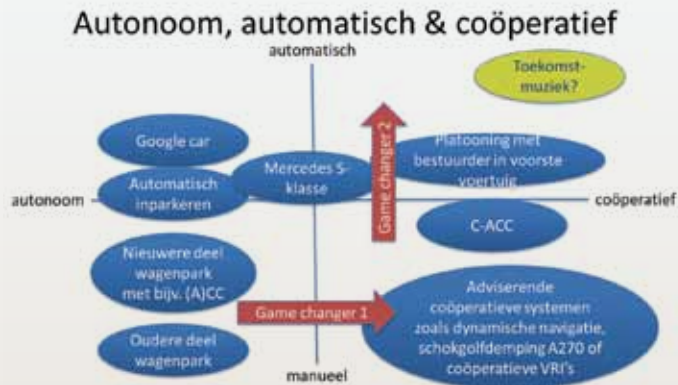
Toch zijn alle betrokken stakeholders, inclusief autofabrikanten, het erover eens dat de potentie van automatisch rijden het best benut wordt als er ook sprake is van coöperatie. Het verkeer krijgt er dan als het ware een extra 'laag' intelligentie bij: het evolueert van 'slimme, rijdende eilandjes' in slimme, samenwerkende groepen.

Als we het in de verkeerswereld hebben over echte *game changers* dan bedoelen we dus meestal niet alleen de ontwikkeling van manueel naar automatisch rijden, maar ook de ontwikkeling van autonoom naar coöperatief rijden – zie figuur 17. (De game changer 2 in de figuur betreft de overgang van automatiseringsniveau 2 naar 3.)

Omdat het verkeer deze overgangen nooit in één keer zal doorlopen, is het waarschijnlijk dat we aan het begin staan van een lange transitieperiode met daarin gemengd verkeer: automatische voertuigen van diverse niveaus, al dan niet coöperatief, met daarnaast nog voertuigen die hooguit over cruise control beschikken. In die transi-

SAE level	Name	Narrative Definition	Execution of Steering and Acceleration/Deceleration	Monitoring of Driving Environment	Fallback Performance of Dynamic Driving Task	System Capability (Driving Modes)
Human driver monitors the driving environment						
0	No Automation	the full-time performance by the <i>human driver</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even when enhanced by warning or intervention systems	Human driver	Human driver	Human driver	n/a
1	Driver Assistance	the <i>driving mode</i> -specific execution by a driver assistance system of either steering or acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	Human driver and system	Human driver	Human driver	Some driving modes
2	Partial Automation	the <i>driving mode</i> -specific execution by one or more driver assistance systems of both steering and acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	System	Human driver	Human driver	Some driving modes
Automated driving system ("system") monitors the driving environment						
3	Conditional Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the dynamic driving task with the expectation that the <i>human driver</i> will respond appropriately to a <i>request to intervene</i>	System	System	Human driver	Some driving modes
4	High Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an automated driving system of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even if a <i>human driver</i> does not respond appropriately to a <i>request to intervene</i>	System	System	System	Some driving modes
5	Full Automation	the full-time performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> under all roadway and environmental conditions that can be managed by a <i>human driver</i>	System	System	System	All driving modes

Figuur 16: Niveaus van automatisering van wegvoertuigen (bron: SAE International, 2014).



Figuur 17: Van autonoom en manueel naar automatisch en coöperatief.

tieperiode zullen in eerste instantie maar weinig substantiële baten worden gerealiseerd. De veiligheid zal mogelijk iets verbeteren, maar op het gebied van de verkeersafwikkeling kan het in de beginperiode alle kanten op: van een licht positief effect tot geen effect of zelfs een negatief (neven)effect.

Automatisch rijden vanuit verschillende perspectieven

Maar om die transitie naar automatisch rijden – al dan niet coöperatief – echt in te kunnen zetten, moeten nog wel de nodige vragen worden beantwoord. TrafficQuest heeft in een werksessie een aantal hobbels op de weg naar automatisch rijden geïdentificeerd en zal deze in de komende tijd verder onderzoeken. In het onderstaande noemen we per perspectief – bestuurder, wegbeheerder, industrie, wetenschap – een aantal van de voorziene aandachtspunten.

Vanuit het oogpunt van de **bestuurder** is een eerste vraag in hoeverre die in staat is om zich in zijn nieuwe rol te passen. Zolang het bijvoorbeeld nodig is dat de bestuurder de rijtaak weer over kan nemen (wel automatisch rijden, maar de verantwoordelijkheid ligt bij de bestuurder), moet hij constant in de gaten houden of het automatisch rijden wel goed gaat. Maar lukt dat wel? Zijn de situaties waarin het voertuig het niet zelf aan kan, niet ook juist de situaties waarin een bestuurder het zelf moeilijk zal hebben – vooral als hij na lang passief monitoren plotseling weer actief moet handelen? En zelfs als de bestuurder er min of meer op voorbereid is dat hij de rijtaak weer moet overnemen, bijvoorbeeld omdat hij een seintje krijgt dat hij een weg nadert waar automatisch rijden niet mogelijk is,

kun je er dan vanuit gaan dat zijn attentieniveau voldoende hoog is als hij lange tijd niets heeft hoeven doen? En op de langere termijn: verleer je het manueel rijden niet als je een groot deel van de tijd automatisch rijdt?

Een andere vraag is hoe weggebruikers reageren wanneer de verkeersstroom bestaat uit een mix van voertuigen met verschillende niveaus van automatisering en coöperatie. Is het wenselijk dat bestuurders kunnen zien dat een voertuig in hun buurt ‘autonoom automatisch’ rijdt, zodat ze er dan op voorbereid zijn dat dit voertuig (bijvoorbeeld) bij invoegen geen ruimte geeft? En wat moeten fietsers en voetgangers weten om veilig met gemotoriseerde automatische voertuigen te interacteren?

Een heel ander punt is dat als op termijn monitoren (rijtaak) niet of niet voortdurend vereist is, de *value of time* naar beneden bijgesteld kan worden. Reizen is geen belemmering meer als je als ‘bestuurder’ iets anders kunt doen. Gaat dit leiden tot meer en langere verplaatsingen (meer tijd besteed aan verplaatsen)?

Vanuit het oogpunt van de **wegbeheerder** zijn er ook aandachtspunten. Een eerste punt is dat duidelijk moet worden of automatische voertuigen specifieke wensen en/of eisen hebben met betrekking tot de infrastructuur. Moet bijvoorbeeld de belijning van continue hoge kwaliteit zijn? Pas als de eisen duidelijk zijn, kunnen wegbeheerders bepalen of ze daar wel of niet aan kunnen voldoen en zo ja, op welke delen van het netwerk.

Behalve de weg zelf verdienen ook de wegkantssystemen aandacht, en dan in het bijzonder de interactie tussen wegkant- en in-car systemen. Gaan de wegkantssystemen in de transitiefase naar automatisch rijden niet conflicteren met in-car adviezen? En welke taken moeten worden vervuld in geval van incidenten, wegwerkzaamheden en slechte weersomstandigheden? Kan de wegbeheerder ervan uitgaan dat voertuigen elkaar hierover informeren, of blijft wegkant informatie via bijvoorbeeld DRIP’s en GRIP’s nodig? Ook moet verkend worden of er met het toenemen van het aantal autonoom rijdende voertuigen ook een verschuiving optreedt van een systeemoptimum naar een gebruikersoptimum – in andere woorden: of de capaciteit niet nadelig beïnvloed wordt.

Ook de **automotive industrie en de verkeersindustrie** (leveranciers/programmeurs van wegkant- en backofficesystemen) staan voor vragen. Een zeer belangrijke is: Spreken systemen van verschillende fabrikanten wel dezelfde taal? Interpreteren ze elkaars boodschappen op een eenduidige manier? En wat gebeurt er als dat niet zo is? Een vraag van een heel andere orde is hoe de transitie van automatiseringsniveau ‘partial’ (level 2) naar ‘conditional’ (level 3) gecommuniceerd moet worden naar de gebruikers. Dit is een cruciale overgang waarbij er veel verandert voor de weggebruiker. Voorlichting zal dan extra aandacht moeten krijgen: bestuurders zijn vaak niet goed op de hoogte van wat hun voertuig wel of niet kan. Ze willen het automatiseringsniveau van hun voertuig nog wel eens overschatten, met alle mogelijke gevolgen van dien (bijvoorbeeld: te laat weer overnemen van de rijtaak).



Systemen voor automatisch rijden moeten verder *fail safe* zijn, of in ieder geval een stuk veiliger dan de gemiddelde menselijke bestuurder. Dit betekent dat er diverse buffers en backupsystemen ingebouwd moeten worden, met als mogelijk gevolg dat zij uiteindelijk minder efficiënt presteren dan de mens zelf. Heeft het dan wel zin om te automatiseren, gelet op kosten en baten?

Voor de **wetenschap** zijn de vragen vooral verkeerskundig van aard. Hoe zullen automatische voertuigen van verschillende niveaus de capaciteit beïnvloeden? Het gaat dan vooral om de situaties waarin het nu al regelmatig misgaat met de verkeersafwikkeling, dus bijvoorbeeld bij in- en uitvoegingen en weefvakken op snelwegen en bij geregelde en ongeregelde kruispunten. Hierbij is ook van belang of voertuigen wel of niet met elkaar (en/of met de wegkant) communiceren. Het is zonder communicatie met de directe omgeving bijvoorbeeld niet eenvoudig om verkeer efficiënt te laten 'ritsen'. Als het met de verkeersafwikkeling niet (helemaal) goed gaat, zouden de gevolgen met automatisch rijden ook nog anders kunnen zijn dan verwacht. Als gereden wordt met korte volgtijden, en er dus weinig 'buffer-ruimte' is om kleine verstoringen op te vangen, kan de instabiliteit flink toenemen. In simulaties is al aangetoond dat schokgolven zich anders gedragen dan in het huidige verkeer. Verwacht mag worden dat (delen van) de verkeersstroomtheorie herzien moeten worden.

Tot slot

Al met al is er dus nog op verschillende fronten veel werk aan de winkel. Onderzoek is nodig om te bepalen hoe de verkeersafwikkeling eruit zal komen te zien bij verschillende samenstellingen van verkeer en onder verschillende omstandigheden. Daarbij gaat het vooral om druk verkeer met veel interactie tussen verschillende verkeersdeelnemers – gemotoriseerde voertuigen, maar ook fietsers en voetgangers!

Zeker bij autonome automatische voertuigen zijn er qua verkeersafwikkeling zorgpunten, en de inzet van coöperatieve systemen lijkt onontbeerlijk om de baten van automatische voertuigen volledig te kunnen benutten.

Initiatieven om de invoering van coöperatief rijden te versnellen

Binnen Nederland werken het samenwerkingsverband DITCM en het programma Connecting Mobility van het Ministerie van Infrastructuur & Milieu aan de versnelling van de implementatie van coöperatieve systemen – zie hoofdstuk 5. Ook het programma Beter Benutten II draagt zijn steentje bij: de deelnemers aan het Beter Benutten-project Spookfiles A58 bijvoorbeeld werken een architectuur uit voor coöperatieve systemen en ontwikkelen als *use case* een eerste coöperatieve toepassing, gericht op het terugdringen van filegolven ('spookfiles'). In Europees verband is er het onlangs opgerichte C-ITS Platform, waarin experts uit verschillende lidstaten samenwerken.

De interesse van Nederland is vooral ingegeven door bereikbaarheidsproblemen; in andere landen zijn het verbeteren van de verkeersveiligheid en energie-efficiëntie de belangrijkste doelen.

3.4. Human Factors

TrafficQuest heeft in verleden een aantal rapporten gepubliceerd over *human factors* in verkeersmanagement.* Dit onderwerp is inmiddels goed ingebed in verkeersmanagement, en er is ook in de verschillende gremia en programma's voldoende aandacht voor: een van de programmalijnen van DITCM is gewijd aan human factors en binnen Connecting Mobility is er het thema 'Human Factors en gebruikersgedrag'. De organisaties achter DITCM en Connecting Mobility zijn zelfs een gezamenlijk project gestart, DITCM *Connecting Mobility Behaviour*. Hierin delen publieke en private organisaties hun kennis op het gebied van gedrag en er is vraagbaak voor human factors en gebruikersgedrag ingesteld.

De website van Connecting Mobility, www.connectingmobility.nl, telt inmiddels verschillende interessante documenten over human factors. Het rapport 'State of Practice: Gedrag in smart mobility projecten' (2015) ordent de bestaande kennis zoals die is toegepast in zestien recente 'smart mobility'-projecten. De auteurs identificeren welke human-machine interfaces zijn toegepast in de projecten, wat er aan gebruikersgedrag en verkeersgedrag is onderzocht, en welke onderzoeksmethoden zijn toegepast.

* Het gaat om de rapporten 'Human factors in verkeersmanagement' (2012), 'De ontwerpweggebruiker' (2013) en 'Coöperatieve systemen en automatisch rijden' (2014). Deze documenten zijn als pdf beschikbaar op www.traffic-quest.nl/rapporten.

Daarnaast is er de 'Human factor guidelines for the design of safe in-car traffic information services' (2014). Dit document geeft praktische ondersteuning aan ontwikkelaars van in-car verkeersinformatiediensten en hun opdrachtgevers. Het doel is niet om 'voor te schrijven', maar om te stimuleren dat serviceproviders bij het ontwerp van hun diensten in ieder geval rekening houden met wat weggebruikers aan kunnen. Het document is dus vooral een handreiking, bedoeld als een startpunt voor partijen die goede en veilige diensten willen aanbieden.

Om het onderzoek naar gedrag te stroomlijnen hebben Connecting Mobility en DITCM ook een korte- en middellangetermijn onderzoeksagenda opgesteld. In 2014 zijn aan de hand van relevante literatuur, werkdocumenten, interviews en expertsessies eerst de kennisvragen geïnventariseerd. Uit deze longlist is vervolgens een shortlist afgeleid, een lijst met vragen die prioriteit verdienen. Een greep uit de vragen:

- In hoeverre kunnen wegkantsystemen worden uitgefaseerd? Bij welke penetratiegraad van in-car systemen kan dit voor alle weggebruikers op een veilige en soepele wijze verlopen? Welke informatie zal vrij voor alle weggebruikers beschikbaar moeten blijven om de rijtaak goed uit te kunnen voeren?
- Hoe passen verkeersdeelnemers hun rijgedrag aan na de implementatie van een systeem? Wat zijn de korte- en langetermijneffecten?

- Welke effecten treden er bij het automatiseren van de rijtaak op als de bestuurder de rol van monitor of back-up van technische systemen vervult?

De complete lijst is beschikbaar op de Connecting Mobility-website. Alle betrokken stakeholders kunnen bijdragen aan de beantwoording van de kennisvragen. De bedoeling is dat in 2015 de kennisagenda interactiever wordt gemaakt, zodat iedereen informatie kan toevoegen.

Buitenland

Uiteraard wordt er niet alleen binnen onze landsgrenzen human factors-onderzoek gedaan. Op EU-niveau loopt het project HFAuto, waarin onderzoek wordt gedaan naar de human factors-vragen rond automatisch rijden. En in de VS is er het (grote) Human Factors Research Program, van de Intelligent Transportation Systems Joint Program Office. De VS heeft trouwens veel aandacht voor *driver distraction*, en het doel is om beter te begrijpen welk risico gepaard gaat met afgeleide bestuurders en hoe systemen zo ontworpen kunnen worden dat ze bestuurders ondersteunen zonder ze af te leiden van de rijtaak. Of, als het om automatisch rijden gaat, hoe bestuurders de rijtaak weer over kunnen nemen van het voertuig als ze een tijdje legitiem afgeleid zijn omdat het voertuig het zelf af kon. Dit onderwerp zal, gezien de voortschrijdende technologische ontwikkelingen, de komende jaren hoog op de agenda blijven staan – ook buiten de VS.

3.5. Incidentmanagement

Het is alweer meer dan twintig jaar geleden dat Rijkswaterstaat het initiatief nam om professioneel incidentmanagement toe te passen op het Nederlandse hoofdwegennet. De aanpak heeft ertoe geleid dat de verschillende ‘incidentmanagement-partijen’ – politie, brandweer, ambulance, de wegbeheerder en ingeschakelde marktpartijen als bergers – intensief met elkaar zijn gaan samenwerken en hun werkzaamheden ook goed afstemmen. In de loop der jaren zijn er diverse maatregelen geïntroduceerd, zoals de personenautoregeling en vrachtautoregeling, en is de toepassing van incidentmanagement uitgebreid naar belangrijke lagere orde-wegen.

De verwachting is dat dankzij deze maatregelen de ambitie uit 2008 om in 2015 het aantal door incidenten veroorzaakte voertuigverliezen te hebben teruggebracht met 25%, grotendeels wordt gehaald. Slechts op één onderdeel wordt het doel zeker niet bereikt: de pechhulp aan vrachtauto's. Voor dit probleem is er in het kader van Beter Benutten dan ook een speciaal Plan van Aanpak geformuleerd, ‘Verminderen hinder vrachtauto incidenten door ITS informatieplatform’. Hoe dan ook kunnen we spreken van een succesvol en ook belangrijk initiatief. Vanwege de drukte op het wegennet hebben incidenten een forse impact op de kwaliteit van de verkeersafwikkeling en de betrouwbaarheid van reistijden – en het halen van de 2008-ambitie is dan ook een resultaat van formaat.

Ondanks de goede resultaten tot nu toe dwingen recente ontwikkelingen echter tot een tempering van de verwachtingen voor de nabije

toekomst. De bijdrage van incidenten in de totale omvang van de congestie op het Nederlandse wegennet is de afgelopen jaren in ieder geval *procentueel* toegenomen – zie ook hoofdstuk 1 in dit Jaarbericht. Tezelfdertijd is de expertise in dit toch specifieke werkgebied in rap tempo aan het afkalven. De (lopende) reorganisatie van de politie heeft er bijvoorbeeld toe geleid dat het KLPD, verantwoordelijk voor onder meer het toezicht op de veiligheid op autosnelwegen, als organisatie is opgeheven. Het gevolg is dat de betrokkenheid van de politie bij de afwikkeling van incidenten fors is afgenomen.* En dan zijn er nog de bezuinigingen en reorganisaties bij de nationale en provinciale wegbeheerders. Rijkswaterstaat bijvoorbeeld heeft het aantal weginsecteurs dat kan worden ingezet met 100 teruggeschoefd. De afhandeling van incidenten duurt mede daardoor langer.

Deze verschraling zou de mooie resultaten van de afgelopen jaren gemakkelijk weer teniet kunnen doen. Ook de beveiliging van de hulpverlening bij incidenten komt zo verder onder druk te staan. Alleen al in 2014 zijn maar liefst 21 auto's van weginsecteurs aangereken. Dat is niet rechtstreeks en zeker niet uitsluitend aan bovenstaande ontwikkelingen toe te schrijven, maar minder betrokkenheid van de politie en minder kennis en expertise helpen allerminst.

*

Als compensatie voor het verdwijnen van het KLPD is er een experiment gestart om (een beperkt aantal) weginsecteurs de bevoegdheid van Buitengewoon Opsporingsambtenaar (BOA) te verstrekken.

Er is dus een nieuwe ambitie nodig om de toepassing van incidentmanagement op de Nederlandse wegen op het juiste hoge niveau te houden. We noemen tot slot van deze paragraaf enkele punten die in zo'n ambitie zeker niet mogen ontbreken:

- De rolverdeling tussen de bij incidentmanagement betrokken hulpverleners moet worden heroverwogen. In samenhang daarmee is een vernieuwde opzet nodig voor de verdeling van de kosten van het incidentmanagement.
- De efficiëntie van de pechhulpverlening en doorberekening van de daarmee samenhangende kosten aan de automobilist en de transporteur behoeft aandacht. Veel buitenlandse vervoerders blijken bijvoorbeeld niet verzekerd voor hulpverlening en het is dan moeilijk zo niet onmogelijk om de kosten op de juiste wijze door te zetten.
- Er dient meer aandacht te worden besteed aan de beveiliging van de hulpverlening, zowel van de weginsecteurs als de bergers.
- Het is zaak de verkeersgeleidende rol van de wegbeheerder formeel en juridisch vast te leggen, met concreet geformuleerde verantwoordelijkheden en bevoegdheden, in zowel reguliere als niet-reguliere situaties.
- Er zal tot slot meer informatie over incidenten moeten worden ingewonnen. Die informatie is niet alleen belangrijk voor de hulpverleners zelf maar ook voor de weggebruikers.

Interview

“We lopen nog voorop, maar dat kan snel veranderen”



TrafficQuest doet veel kennis op door te spreken met mensen die werkzaam zijn in het vakgebied verkeersmanagement en verkeersinformatie. Speciaal voor deze uitgave bezochten we Frans op de Beek, topadviseur Verkeersmanagement voor wegen en vaarwegen bij Rijkswaterstaat. Een verslag.

Hoe leg jij het belang van verkeersmanagement uit?

“Iedereen snapt dat we niet onbeperkt nieuwe wegen kunnen aanleggen. We moeten daarom op zoek naar manieren om de wegen die er al zijn, efficiënter te benutten – en dat is precies waar verkeersmanagement voor bedoeld is. Door het slim aan te pakken kun je zelfs de bereikbaarheid én de leefbaarheid en veiligheid bevorderen.

Het belang van verkeersmanagement zit ook in het bewaken van de collectieve doelstellingen en randvoorwaarden. Op dat vlak is er een verschuiving gaande: taken worden overgeheveld naar de markt, er wordt meer verantwoordelijkheid bij de weggebruiker gelegd. De gedachte hierachter is dat zelfsturing goed werkt, zeker als er voldoende informatie beschikbaar is. Wegbeheerders zorgen in samenwerking met de markt voor die informatie. Maar als zelfsturing niet meer werkt en niet meer aan de voorwaarden voldaan wordt, moet er ingegrepen worden. Verkeersmanagement is dan geen leuk extra-tje, maar hard nodig.

Dat is trouwens ook de reden dat wegbeheerders nauw samenwerken. Soms staan we bijvoorbeeld een file toe op het *hoofdwegennet*, om een leefbaarheidsprobleem of een ander ernstig probleem op het *onderliggende* wegennet te helpen bestrijden. We letten dus op onze ‘systeemverantwoordelijkheid’.”

Het mobiliteitsdomein is behoorlijk in beweging. Welke gebeurtenissen hebben het afgelopen jaar indruk op je gemaakt?

“We zitten in een transitiefase: van wegkant naar in-car, van collectief naar individueel communiceren, van ‘Rijkswaterstaat doet alles’ naar een situatie waarin we het samen met de markt gaan doen. Dat is een heel interessant proces! De transitie wordt gevoed door technologische ontwikkelingen, zoals navigatie en de opkomst van de smartphone. Die dwingen ons op een andere manier naar verkeersmanagement te kijken en onze rol te heroverwegen. Vroeger was je als wegbeheerder ‘de baas’, degene die verkeersmanagement uitvoerde, maar we hebben nu meer de rol van teamspeler. Verkeersmanagement gaat over diensten, en Rijkswaterstaat wordt een speler in de dienstenketen. Dat is een compleet andere positie.”

Wat zijn de thema’s die voor jou, als topadviseur verkeersmanagement, momenteel de meeste aandacht vragen?

“Op dit moment is dat vooral die transitie. Hoe zal het verkeersmanagement zich ontwikkelen, verkeerskundig gezien? Hoe richten we de publiek-private samenwerking goed in? Hoe vullen de nieuwe rol en positie van Rijkswaterstaat het beste in? De transitie heeft ook een financiële kant. Uitgangspunt in onze

nieuwe investeringsstrategie is dat we niet meer in conventionele informerende en adviserende technieken investeren – al worden die technieken wel onderhouden – maar alleen in nieuwe technieken. Omdat de conventionele systemen nog niet helemaal afgebouwd kunnen worden, levert dat niet direct een besparing op, maar de investeringen veranderen wel van aard.

Bij de overgang van collectief verkeersmanagement naar een meer individualistische benadering speelt verder gedrag een belangrijke rol. Hoe zorg je ervoor dat de in-car informatie de bestuurder ook werkelijk bereikt? Moet je binnenkomende boodschappen niet gaan prioriteren, om te zorgen dat belangrijke informatie niet ondersneeuwt of dat verschillende boodschappen elkaar tegenspreken? En hoe zorg je ervoor dat de bestuurder niet van zijn primaire taak, het voertuig besturen, wordt afgeleid?

Veel van deze issues pakken de markt en de fabrikanten van de systemen zelf op. Rijkswaterstaat kan de markt van de aftermarket-systemen wel een beetje beïnvloeden, maar de fabrikanten van apparatuur minder.

Een thema van heel andere orde dat nu speelt, maar daarom niet minder belangrijk, is het voorzitterschap van de EU door Nederland, in de eerste helft 2016. Daar zijn we ons op dit moment druk op aan het voorbereiden. Zelf richt ik me op het onderwerp ‘Harmonisatie connected/coöperatief en automatisch rijden.’”

Is dat meteen hét thema van de komende paar jaar?

“Zeker! Natuurlijk zullen de hoofdthema’s doorstroming, veiligheid en leefbaarheid dezelfde blijven, want vijf jaar is een te korte termijn voor echte verandering. Issues als emissies, geluid en veiligheid vragen voorlopig nog wel de aandacht, vooral in de stad. Maar het belangrijkste thema voor de komende tijd is toch wel de ontwikkeling van connected naar coöperatief en naar automatisch rijden. Elk van deze fases en overgangen zal weer zijn eigen uitdagingen kennen. Voor de coöperatieve fase zijn bijvoorbeeld wifi-bakens langs de weg nodig, voor de datacommunicatie met de voertuigen. Maar hoe organiseer je de uitrol? Waar is wat nodig? En welke diensten sta je toe in het coöperatieve systeem? Welke businessmodellen kan de markt hanteren? Dat zijn belangrijke vragen, want als wegbeheerder wil je anticiperen op technologische ontwikkelingen, om daaraan richting te kunnen geven, in samenwerking met de markt. De volgende stap hierin is dan ook dat de organisatie moet veranderen. Rijkswaterstaat investeert nog wel in de wegwijk, niet zozeer in de informerende en adviserende portalen, maar met name in de ge- en verboden, waarbij de al eerder genoemde wifi-bakens een belangrijke rol gaan spelen.

In het verleden waren we daar wel eens minder scherp op, en liep bijvoorbeeld de wetgeving altijd achter op de techniek. Daar hebben we van geleerd: voor de ontwikkeling naar automatisch rijden worden nu al juristen ingeschakeld. Heel recent is de wet aangepast om testritten op de openbare weg mogelijk te maken.

Op dit vlak is trouwens ook internationale afstemming nodig. De wetten binnen Europa liggen soms ver uit elkaar. In Frankrijk mag bijvoorbeeld niet gecommuniceerd worden dat een verkeerslicht op groen gaat. Als we verkeerslichten met voertuigen willen laten communiceren om de afwikkeling te verbeteren, moet de wet daar dus aangepast worden.”

Je stipte net al even gedrag aan. Zie je mogelijkheden om het rijgedrag van de reiziger zo te beïnvloeden, dat de verkeersafwikkeling er baat bij heeft?

“We hopen dat we met de verschuiving van collectief naar individueel, het rijgedrag positief kunnen beïnvloeden. Die gepersonaliseerde communicatie zal vooral via de serviceproviders lopen, dus daar moeten we goed mee samenwerken. Maar dan nog blijft gedragsbeïnvloeding een hele toer. Neem als voorbeeld de spookfiles: je zegt ‘ga langzamer rijden, want dan voorkom je spookfiles’. Men volgt dit advies op, maar vervolgens ziet men de spookfiles niet meer, want die zijn voorkomen. Zal de weggebruiker de volgende keer het advies dan weer opvolgen?

Het is dus belangrijk mensen goed te informeren over waar ze aan bijdragen. Je kan het wellicht uitleggen via het in-car systeem, maar wellicht heb je ook spotjes in de media nodig. Hoe dan ook, alles

valt of staat met de acceptatie en het goed gebruiken van nieuwe mobiliteits- en verkeersmanagementdiensten.”

Hoe beoordeel je het verkeersmanagement in Nederland in vergelijking met andere landen? Op welk vlak kunnen we leren van andere landen?

“Wat de toepassing van verkeersmanagement betreft loopt Nederland voorop. Wij hebben signalering, verkeersregelinstallaties en toeritdoseerinstallaties. Bij de transitie die we nu ingaan, zie je dat wij qua beleid ook nog wel voorop lopen, maar dat andere landen die transitie inmiddels ook inzetten, maar daarbij veel harder lopen. Zij kunnen dat doen omdat zij minder ‘installed base’ hebben: zij gaan direct, en fors, investeren in in-car technologie. Wij kijken juist hoe we in de toekomst met de signalering om moeten gaan, die overigens uitstekend functioneert, en wat in-car daar nog aan toe kan voegen, gegeven de huidige performance. Vooralsnog is die bijdrage van in-car onvoldoende, maar die discussie verandert als je meeneemt dat onze installed technologie toch echt in gebruik zal raken.

Wat dat betreft kun je de huidige situatie vergelijken met de introductie van het spoorvervoer in de 19e eeuw. Omdat we beschikten over een voortreffelijk functionerend systeem van trekvaarten, zijn we in Nederland pas laat gaan investeren in de aanleg van spoorwegen.”

Waar zie je nog grote kansen liggen voor de toepassing van verkeersmanagement?

“Ik zie nog veel kansen voor leefbaarheid, zeker op het stedelijk wegennet. Ook het belang van incidentmanagement blijft onverminderd groot. Dat hangt ook weer samen met robuustheid: als we geen robuust wegennet hebben, hebben incidenten een enorme impact op het netwerk, en dan is incidentmanagement heel hard nodig. Ook verkeersmanagement bij evenementen zal in belang toenemen. En tot slot: ik ben ervan overtuigd dat de introductie van automatisch rijden zal leiden tot allerlei innovatieve vormen van verkeersmanagement. Dus ook voor de toekomst kansen genoeg voor verkeersmanagement!”

Je zal naar verwachting in 2016 het stokje van topadviseur Verkeersmanagement overdragen aan een ander. Wat wil je je opvolger meegeven?

“Belangrijk is dat hij of zij de richting die we nu ingaan, verder uitwerkt en bewaakt. De integratie tussen connected, coöperatief en automatisch rijden en de gevolgen die dit heeft voor verkeersmanagement vormen daar een belangrijk onderdeel van. De overheid moet een aantrekkelijk en stabiel investeringsbeleid creëren voor de markt en de industrie, zodat zij bereid zijn om te investeren in mobiliteitsmanagement, verkeersinformatie en verkeers-

management. Ook in dat verband is doorgaan op de ingeslagen weg belangrijk. En Rijkswaterstaat moet zich verder positioneren als een belangrijke speler in de dienstenketen.

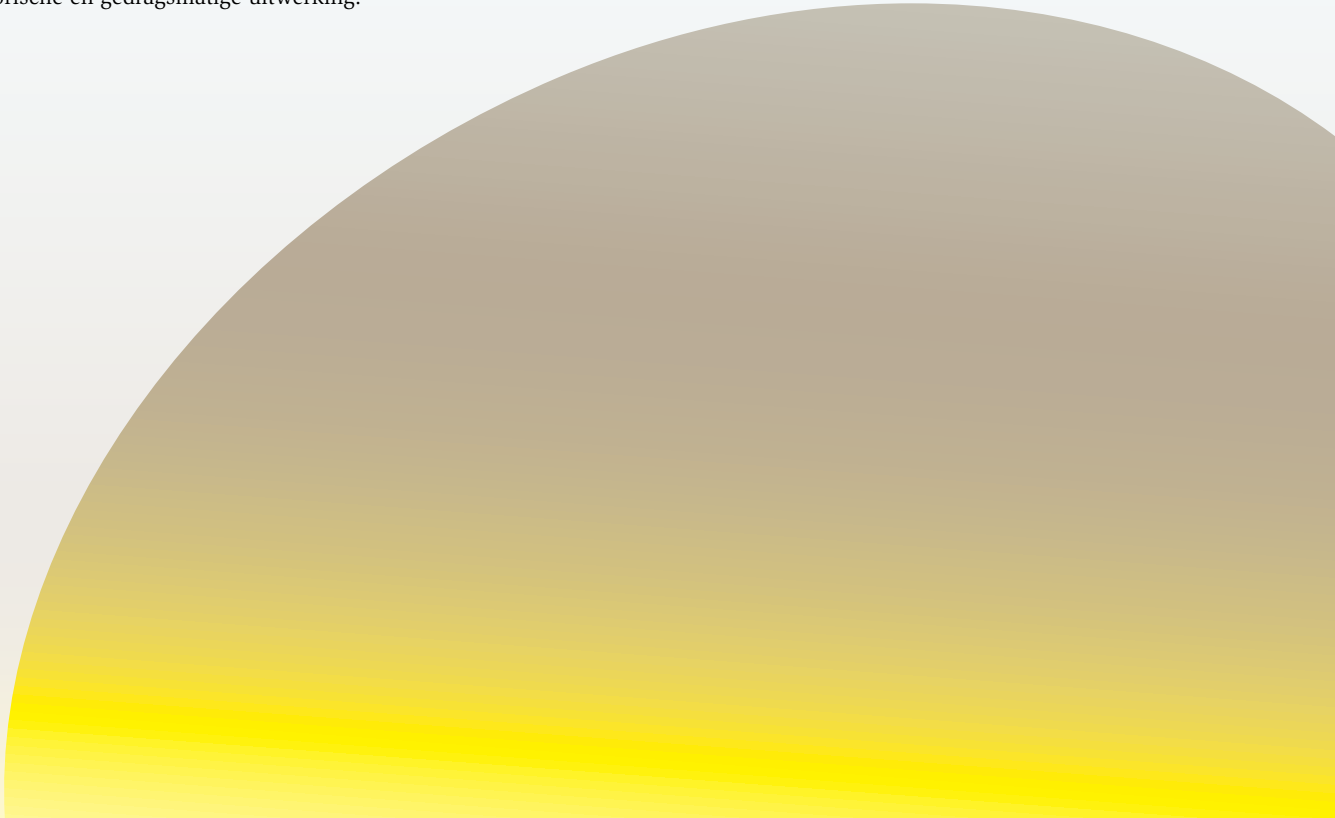
Of de markt alleen wil werken aan die diensten die ‘de krenten uit de pap’ zijn? Dat zou kunnen. Maar er kan ook een marktpotentie gecreëerd worden, liefst internationaal, wat standaardisatie noodzakelijk maakt. Ik denk dan aan dienstenbundels, opgebouwd uit commerciële diensten, maar ook enige niet-commerciële diensten, zodat niet alleen de krenten uit de pap gevist worden. Om dit mogelijk te maken is veel internationaal overleg nodig met de markt, bijvoorbeeld in het C-ITS platform.

Maar wat ik mijn opvolger toch vooral duidelijk wil maken, is dat dit een hartstikke leuke job is, met veel uitdagingen.”

Tot slot: zijn er volgens jou bepaalde onderwerpen waar TrafficQuest zich over zou moeten buigen?

“TrafficQuest is een interessant samenwerkingsverband van organisaties waar veel kennis zit. Die bundeling van krachten moeten we goed inzetten bij het doorlopen van de verschillende fases. Onderwerpen waar jullie je mee bezig kunnen houden zijn bijvoorbeeld: Hoe richten we de samenwerking met de markt in zodat we beschikken over een robuust netwerk? Hoe bepalen we goede parameters voor optimalisatie en afweging van de gezamenlijke verkeersma-

nagementdoelen doorstroming, leefbaarheid en veiligheid? Daarnaast zal de bewakingsrol van de wegbeheerder ingevuld moeten worden. Deze opgave vraagt zowel een verkeerskundige (modellering), als een organisatorische en gedragsmatige uitwerking.”

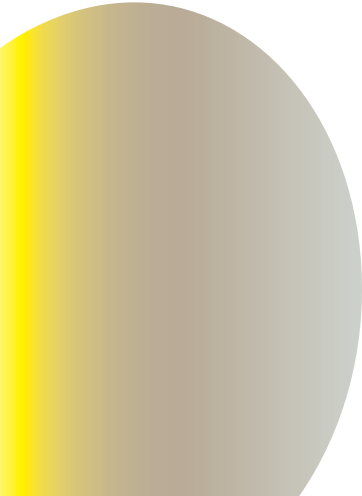






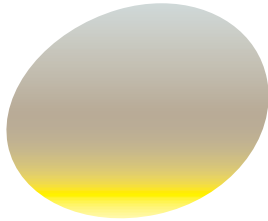


Nieuwe ontwikkelingen in onderzoek.



Lang voordat nieuwe methodieken, technologieën en systemen op straat worden toegepast, hebben onderzoekers ze al grondig getest en bemeten. Vaak zijn innovaties zelfs een direct gevolg van (fundamenteel) wetenschappelijk onderzoek. Om een idee te krijgen van de toekomst van ons vakgebied, is een rondje langs de onderzoekstafels dan ook uiterst leerzaam. We hebben dat rondje gemaakt en geven in dit hoofdstuk antwoord op de vraag: wat zijn de belangrijke onderzoeksthema's van dit moment?

4.1. Onderzoeksthema's



Reis- en rijgedrag

Onderzoeksdoel: Kennis vergaren over het gedrag van weggebruikers, inclusief rijgedrag (longitudinaal en lateraal gedrag) en keuze-gedrag (bestemming, route, vervoerwijze, vertrektijdstip etc.).

Toelichting: Verkeersmanagement beoogt het gedrag van weggebruikers te beïnvloeden om de verkeersafwikkeling en verkeersveiligheid van het hele verkeers- en vervoersysteem te verbeteren. Het bestuderen van het gedrag van de reiziger is dan ook een doorlopend en altijd belangrijk onderzoeksthema.

Naast onderzoek naar de traditionele vervoerwijzen (personenauto, vrachtauto, trein, tram) wordt steeds meer onderzoek gedaan naar langzaam verkeer (voetganger, fietser) en de interacties in gemengd verkeer. Het opkomen van nieuwe technologieën in verkeer en vervoer, zoals coöperatieve systemen, automatische voertuigen en in-car systemen, zal de traditionele manier van reizen beïnvloeden. In hoeverre verkeersmanagement de ontwikkelingen kan bijhouden, hangt af van

een goed begrip en een goede voorspelling van het gedrag van reizigers.

Meer lezen *

- *Characteristics of Chinese Driver Behavior.* Jie Li (juni 2014). TRAIL Thesis Series T2014/3, Nederland. ISBN 978-90-5584-171-4.
- *Cooperative In-Vehicle Advice: A Study into Drivers' Ability and Willingness to Follow Tactical Driver Advice.* Malte Risto (december 2014). TRAIL Thesis Series T2014/10, Nederland. ISBN 978-90-5584-178-3.
- *Dynamic Route Choice Modelling of the Effects of Travel Information using RP Data.* Giselle de Moraes Ramos (februari 2015). TRAIL Thesis Series T2015/3, Nederland. ISBN 978-90-5584-184-4.
- *The Effects of Information and Communication Technologies on Accessibility.* Zack Lu (februari 2015). TRAIL Thesis Series T2015/4, Nederland. ISBN 978-90-5584-186-8.

* **Zie voor links en/of downloads**

www.traffic-quest.nl/jaarbericht2015.



Toestandschatten en voorspellen van de verkeersafwikkeling

Onderzoeksdoel: Het ontwikkelen van modellen en tools om de huidige staat van verkeerssystemen te begrijpen en de ontwikkelingen in de verkeersafwikkeling te voorspellen.

Toelichting: Schattingen van de staat van de verkeersafwikkeling in het netwerk nu en in de (nabije) toekomst zijn de basis voor effectief verkeersmanagement. Onbetrouwbaarheid en gebrek aan kennis over de verkeersafwikkeling nu en in het verleden leiden immers tot onnauwkeurige voorspellingen, waardoor verkeersmanagementmaatregelen niet effectief of te laat ingezet worden.

Schattingen van de verkeerstoestand van de verschillende vervoerwijzen in het netwerk zijn in meerdere opzichten uitdagend. Naast gemotoriseerd verkeer moet ook de staat

van voetgangers- en fietsverkeer in beeld gebracht worden en dat vereist nieuwe modellen en nieuwe verkeersmanagementmaatregelen. Het onderzoek op dit gebied richt zich verder op de combinatie van gegevens uit verschillende bronnen (infrastructuurgebonden sensoren, floating car data, bluetooth- en wifi-data) en uit social media (route- en bestemmingsinformatie).

Meer lezen *

- *Dynamic OD Demand Estimation and Prediction for Dynamic Traffic Management. Tamara Djukic (november 2014). TRAIL Thesis Series T2014/9, Nederland. ISBN 978-90-5584-179-0.*
- *Prediction and forecasting models, TrafficQuest State-of-the-art Report. In voorbereiding, Delft.*

* Zie voor links en/of downloads

www.traffic-quest.nl/jaarbericht2015.

Het sturen van verkeer op snelwegen

Onderzoeksdoel: Het verbeteren van de verkeersafwikkeling op snelwegen door de inzet van toeritdosering, variabele snelheidslimieten, dynamische route-informatiepanelen etc.

Toelichting: Verkeersmanagement op snelwegen is nog steeds een belangrijk aandachtsgedebied van onderzoekers en wegbeheerders. Routegeleiding en maatregelen als toeritdosering en variabele snelheidslimieten worden ingezet om congestie te verminderen en de verkeersveiligheid te verbeteren. Dit is bevorderlijk voor de doorstroming, vooral ook omdat zo de capaciteitsval kan worden voorkomen of op z'n minst uitgesteld.

De effectiviteit van afzonderlijke maatregelen is echter beperkt. De mogelijkheden van toeritdosering bijvoorbeeld worden begrensd door de beschikbare bufferruimte op toeritten. Als we echter *verschillende* regelinstallaties *gecoördineerd* inzetten, kunnen

we de prestaties van verkeersmanagement verbeteren. Onderzoekers kijken daarbij ook nadrukkelijk naar de mogelijkheden om in-car systemen te gebruiken om het verkeer te sturen en veiliger te maken – zie ook de volgende paragraaf.

Meer lezen *

- *SPECIALIST-RM: integrated variable speed limit control and ramp metering based on shock wave theory.* Schelling, A. Hegyi, S.P. Hoogendoorn (2011). *IEEE-ITSC 2011*.
- *Integrated feedback ramp metering and mainstream traffic flow control on motorways using variable speed limits.* R.C. Carlson, I. Papamichail, M. Papageorgiou (2014). *Transportation Research Part C, volume 46, september 2014, pag. 209–221*.
- *Cooperative systems based control for integrating ramp metering and variable speed limits.* G. van de Weg, A. Hegyi, H. Hellendoorn, S. Shladover (2014). *Transportation Research Board 93rd Annual Meeting, 2014*.
- *Integrated Approach to Variable Speed Limits & Ramp Metering: extension of*

COSCAL v2 algorithm with ramp metering and ramp queue constraints. Niharika Mahajan (2014). *ITS-Edulab master thesis*.

* Zie voor links en/of downloads

www.traffic-quest.nl/jaarbericht2015.

Integratie van wegkant en in-car systemen

Onderzoeksdoel: Integratie van wegkant- en in-car systemen, gebruik makend van connected en coöperatief rijden, om verkeer optimaal te kunnen monitoren en managen.

Toelichting: Er is veel aandacht voor connected en coöperatief rijden in een met communicatiesystemen uitgerust wegennetwerk. Maar alleen de mogelijkheid van communicatie tussen voertuigen onderling en tussen

voertuigen en de wegkant, verkeerscentrale of back-office is niet genoeg. De achterliggende ideeën over hoe de verkeersafwikkeling positief beïnvloed kan worden, dienen ook aangepast te worden aan de nieuwe mogelijkheden die ontstaan als voertuigen allerlei gegevens delen en (eventueel op maat gemaakte) adviezen in het voertuig aangeboden kunnen worden.

Tot nu toe communiceerden wegbeheerders vooral via wegkantssystemen met de weggebruikers, bijvoorbeeld door een boodschap op dynamische route-informatiepanelen te plaatsen. Maar in het merendeel van de voertuigen is inmiddels een navigatiesysteem of smartphone aanwezig – apparaten waarop in principe ook verkeersmanagementapplicaties zouden kunnen draaien. Via deze applicaties zouden de wegkantssystemen hun informatie dan in-car kunnen presenteren. Omgekeerd kunnen systemen in het voertuig communiceren naar de wegkant of verkeerscentrale, en hun informatie kan weer doorgestuurd worden naar andere voertuigen. Denk dan aan gegevens over positie en snelheid, of de informatie dat de rui-

tenwissers van meerdere voertuigen op stand ‘hevige regen’ staan, wat te vertalen is in berichten over files of slecht weer verderop.

Het heeft een tijd geduurd voordat het onderzoek naar de integratie van wegkant en in-car systemen echt op gang kwam, maar er is nu volop interesse. Dit komt ook door de sterke opkomst van de smartphone en het feit dat automobielfabrikanten steeds meer connectiviteit in hun voertuigen stoppen, waarmee de potentiële penetratiegraad sterk toeneemt. Het onderwerp heeft ook de aandacht van ICT-onderzoekers, waardoor de communicatiemogelijkheden van systemen verder toenemen. Toepassing op grote schaal van specifieke verkeersmanagementapplicaties blijft echter nog uit.

Integratie wordt gezien als zeer wenselijk voor de komende tijd, om de kosten van (aanleg, onderhoud en exploitatie van) dure wegkantssystemen terug te dringen. Integratie van wegkant en in-car systemen speelt ook een belangrijke rol in de Praktijkproef Amsterdam (PPA) om de doorstroming te verbeteren door optimale route- en reisadviezen.

Meer lezen *

- *Real-Time Travel Time Prediction Framework for Departure Time and Route Advice.* Calvert, S. C., Snelder, M., Bakri, T., Heijligers, B., & Knoop, V. L. (2015). In *Transportation Research Board 94th Annual Meeting (No. 15-3916)*.
- *Hybrid powertrain optimization with trajectory prediction based on inter-vehicle communication and vehicle-infrastructure integration.* Zulkefli, M. A. M., Zheng, J., Sun, Z., & Liu, H. X. (2014). *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 45, 41-63.
- *Developing vehicular data cloud services in the IoT environment.* He, W., Yan, G., & Da Xu, L. (2014). *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(2), 1587-1595.
- *A reference architecture for cooperative driving.* Behere, Sagar, Martin Törmgren, and De-Jiu Chen (2013). *Journal of Systems Architecture* 59.10: 1095-1112.
- *Analysis and design of controllers for cooperative and automated driving.* Ploeg, J. Jeroen (2014). *PhD dissertation. Technische Universiteit Eindhoven*.
- *Connected Car: Quantified Self become Quantified Car.* Swan, M. (2015). *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 4(1), 2-29.
- *Coöperatieve systemen en automatisch rijden, TrafficQuest State-of-the-Art achtergronddocument.* Wilminck, I., K. Malone, A. Soekroella & H. Schuurman (12 november 2014). Delft, TrafficQuest.

* Zie voor links en/of downloads

www.traffic-quest.nl/jaarbericht2015.

Automatisch rijden

Onderzoeksdoel: Het begrijpen van de effecten van de gefaseerde invoering van automatisch rijden in de context van verkeersmanagement: voor weggebruikers, voor het gebruik van wegkantsystemen en voor het ontwerp van het wegnnet.

Toelichting: Automatisch rijden betekent anno nu dat de bestuurder de rijtaak deels overlaat aan autonome (sub)systemen in het voertuig. De bestuurder houdt wel de controle over het voertuig of monitort het rijden, zodat hij of zij snel de controle weer over kan nemen. Geautomatiseerde systemen kunnen continu actief zijn (bijvoorbeeld *steer-by-wire*) of alleen als er interventies nodig zijn (bijvoorbeeld *emergency braking of parking assist*). Er zijn verschillende niveaus van automatisering – zie ook hoofdstuk 3 en de Automated Driving Roadmap van ER-TRAC.

Het is belangrijk dat we begrip krijgen van de effecten die de introductie van automatisch rijdende voertuigen heeft op verkeers-

stromen (hoe worden de snelheid, intensiteit en dichtheid beïnvloed?) en verkeersmanagement (welke maatregelen zijn nodig/nuttig?), en de mogelijkheden van deze nieuwe technologie om te komen tot een efficiënter en veiliger verkeer. Human factors spelen hierin een grote rol. Hoe bijvoorbeeld gaan menselijke bestuurders om met de automatisering van de rijtaak (zowel *stated* als *revealed preference*)? Voordat automatisch rijden veilig ingang kan vinden op de openbare weg, zullen we passende oplossingen moeten hebben voor menselijke fouten en systeemfouten.

Enkele relevante projecten rond het automatisch rijden zijn:

- **Dutch Automated Vehicle Initiative (DAVI).** Binnen DAVI wordt onderzoek gedaan naar automatisch rijden en worden demonstraties met automatische voertuigen gegeven op de openbare weg. Zie www.davi.connekt.nl.
- **Human Factors of Automated Driving (HFAuto).** In dit project wordt kennis vergaard over human factors die

spelen bij (veiligheidsaspecten van) automatisch rijden. Zie www.hf-auto.eu.

- **AutoNet2003.** Dit project ontwikkelt en test technologieën voor coöperatief-automatisch rijden, gebaseerd op een gedecentraliseerde beslisstrategie waarbij informatie gedeeld wordt met nabijgevoertuigen. Zie www.autonet2030.eu.
- **AdaptIVe.** Het project AdaptIVe ontwikkelt functies voor automatisch rijden door het automatiseringsniveau aan te passen aan de situatie en de staat waarin de bestuurder verkeert. Het project bekijkt ook juridische aspecten die van invloed kunnen zijn op de introductie van automatische voertuigen in de markt. Zie www.adaptive-ip.eu.
- **Truck Merging Support - a Step towards Autonomous Driving.** Dit is een STW-project waarin het invoeggedrag van vrachtwagenchauffeurs wordt bestudeerd met behulp van empirische gegevens. Er worden algoritmes voor rijstrookwisselgedrag ontwikkeld en ook wordt gekeken naar de effecten van ‘truck merging support’ op de karakteristieken van verkeersstromen.

Meer lezen *

- *Roadmap Automation in Road Transport. iMobility Forum (2013). Version 1.0. May 2013.*
- *Coöperatieve systemen en automatisch rijden, TrafficQuest State-of-the-Art achtergronddocument. Wilmink, I., K. Malone, A. Soekroella & H. Schuurman (12 november 2014). Delft, TrafficQuest.*
- *Automated Driving Roadmap. ERTRAC Task Force 'Connectivity and Automated Driving' (2015). 3rd Draft for public consultation, versie 3.0, 16 februari 2015.*
- *Truck platooning - Driving the future of transportation. Janssen, R., H. Zwijnenberg, I. Blankers & J. de Kruijff (februari 2015). Nederland, TNO.*
- *Overview and Analysis of Vehicle Automation and Communication Systems from a Motorway Traffic Management Perspective. Technical University of Crete (mei 2014). Deliverable 1. TRAMAN - Traffic Management for the 21st century.*
- *Traffic-Flow Characteristics of Cooperative vs. Autonomous Automated Vehicles. Arash Olia, Hossam Abdelgawad, Baher Abdulhai, Saiedeh N. Razavi (2015). Transportation Research Board 94th Annual Meeting. No. 15-3225.*
- *Car Drivers' Preferences regarding Level of and Circumstances for Automated Driving: a Stated Choice Approach. Peter van der Waerden, Ilse Megens, Wim Schaefer (2015). Transportation Research Board 94th Annual Meeting. No. 15-2066.*
- *Human factors evaluation of level 2 and level 3 automated driving concepts: Concepts of operation. Marinik, A., R. Bishop, V. Fitchett, J.F. Morgan, T.E. Trimble & M. Blanco (juli 2014). Report No. DOT HS 812 044, National Highway Traffic Safety Administration, Washington DC.*
- *Driving next to automated vehicle platoons: How do short time headways influence non-platoon drivers' longitudinal control? Gouya, M., K. Wiedemann, A. Stevens, G. Brunett & Nick Reed (2014). Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, Volume 27, Part B, november 2014, pag. 264-273.*
- *Tem de robotauto - De zelfsturende auto voor publieke doelen. Timmer J., L. Kool (red.) (oktober 2014). Den Haag, Rathenau Instituut.*

* Zie voor links en/of downloads

www.traffic-quest.nl/jaarbericht2015.

Verkeersmanagement van gemengde verkeersstromen

Onderzoeksdoel: Bepalen hoe het verkeersmanagement en het wegontwerp ingericht moeten worden om gemengd verkeer (auto's, fietsers en voetgangers) goed te kunnen faciliteren.

Toelichting: De populariteit van de fiets neemt toe: in veel steden is het een van

de belangrijkste vervoerwijzen. Dat is een positieve ontwikkeling, omdat de fiets een gezond en duurzaam vervoersmiddel is. Z'n populariteit veroorzaakt echter ook nieuwe problemen in steden, zoals parkeeroverlast, en soms zelfs fietsfiles. Ook gaat de intensievere interactie met andere vervoerwijzen gepaard met verkeersveiligheidsrisico's. Daarom wordt verkeersmanagement van fietsstromen steeds belangrijker. Kruispunten, waar verschillende verkeersstromen bij elkaar komen, zijn een duidelijk aandachtspunt: wie krijgt prioriteit en waarom? Met de toegenomen aantallen fietsers in drukke stedelijke gebieden krijgen fietsparkeren en fietsdelen ook meer aandacht. Nakamura & Abe (2014) geven een goed overzicht van uitdagingen en mogelijke oplossingen. Verder krijgt datacollectie voor niet-gemotoriseerde verkeersstromen (fietsers en voetgangers) steeds meer aandacht. De National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) heeft een rapport gepubliceerd over gegevensverzameling voor fiets- en voetgangersstromen, en behandelt diverse dataverzamelingstechnieken (NCHRP, 2014). De grootste stappen worden

momenteel gezet bij het gebruik van *floating device data* (FDD). Steeds meer mensen hebben een smartphone waarmee ze hun verplaatsingen kunnen monitoren, en waarmee ook andere informatie verzameld kan worden. De verzamelde gegevens bieden inzicht in fietsstromen en zijn ook van belang om de verkeersstromen te kunnen voorspellen. Dit soort onderzoek is echter in de meeste gevallen nog in de beginfase.

Meer lezen *

- *Evaluation of the hybrid model of public bicycle sharing operation and private bicycle parking management.* Nakamura, Hiroki and Abe, Nagoya (2014). *Transport Policy, Volume 35, September 2014, pag. 31-41.*
- *Methods and Technologies for Pedestrian and Bicycle Volume Data Collection.* Ryus, Paul, et al. (2014). *NCHRP Project 07-19.*

* Zie voor links en/of downloads

www.traffic-quest.nl/jaarbericht2015.

Toolkit voor verkeersstroomanalyses

Onderzoeksdoel: Het verbeteren van verkeersstroomanalyses voor verschillende typen verkeersstromen, inclusief het verzamelen van ruwe data, de ontwikkeling van verkeersmodellen, en scenario's voor verkeerssimulaties van verkeersmanagement en beslissingsondersteuning.

Toelichting: Het idee is om een toolkit of een 'data- en informatieplatform' te ontwikkelen, waar gegevens van verschillende netwerken, van verschillende formaten en/of met verschillende ruimtelijke schalen dan wel tijdsschalen worden samengebracht. Met zo'n platform wordt het mogelijk om verkeersgegevens te relateren aan gegevens uit andere sectoren, zoals demografie, economie, energie en elektriciteitsnetwerken, om zodoende een beter inzicht te krijgen in zaken als het gebruik van elektrische voertuigen, vervuiling, leefbaarheid en veiligheid. Het koppelen van verschillende typen gegevens geeft ook een beter begrip

van de verschillende verkeersstromen door een stad, wat een eerste stap is richting een geavanceerd ‘multi-scale model’ voor korte- en lange termijn voorspellingen, en het gebruik daarvan in een beslissingsondersteunend systeem. Dit alles wordt mogelijk gemaakt door diverse vormen van datafusie.

De combinatie van verschillende gegevensbronnen zorgt voor unieke mogelijkheden voor data-analyse en modelleren. Zo kunnen de waargenomen activiteiten en de reiskeuzes op een bepaalde dag eenvoudig gekoppeld worden aan waargenomen verkeerssituaties, evenementen die plaatsvonden, informatie die verstrekt werd, enzovoort. Dit maakt analyses van gedragskeuzes op de korte termijn mogelijk, maar het kan ook inzicht geven in het ‘langetermijngedrag’: strategische keuzes van huishoudens en bedrijven en ontwikkelingen op het gebied van de verkeersafwikkeling (gemiddelde reistijden en vertragingen, variatie in reistijden etc.) als uitvoer van verschillende modellen, kunnen gecombineerd worden om nieuwe kwalitatieve en kwantitatieve inzichten te genereren in de belangrijkste drivers van

langetermijnveranderingen in gedrag. Deze informatie is belangrijk om gepersonaliseerde reisinformatie te ontwikkelen, die gebaseerd is op ‘push’-technologieën. Andere mogelijke toepassingen zijn het optimaliseren van netwerken en dienstregelingen, en het analyseren van de invloed van kleine en grote interventies in het systeem (bron: Urban Mobility Lab, 2014).

Relevante projecten zijn:

- Urban Mobility Lab, een project van het Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Solutions (AMS). Zie www.ams-institute.org/solution/urban-mobility-lab.
- DiTTlab, Delft Integrated Traffic & Travel Laboratory. Zie www.dittlab.org.

Meer lezen *

- *Traffic under a microscope*. Lint, J.W.C. van (2014). *Intreerede van Hans van Lint, TU Delft, 2 april 2014*.

* Zie voor links en/of downloads

www.traffic-quest.nl/jaarbericht2015.

Visualisatie

Onderzoeksdoel: De ontwikkeling van visualisatietools voor de volgende generatie verkeersmodellen en communicatietools voor het toelichten van modelresultaten aan beleidsmakers.

Toelichting: Een goede communicatie van de resultaten van kwantitatieve analyses, zoals die met bijvoorbeeld verkeersmodellen gedaan worden, is erg belangrijk. Modelberekeningen en data-analyses kunnen veel bijdragen aan onze kennis, maar ze moeten wel juist geïnterpreteerd worden. Een nieuwe generatie modellen en de beschik-

baarheid van nieuwe soorten data brengen een brede waaier aan extra informatie met zich mee, zoals informatie over de betrouwbaarheid en stochastiek van het verkeer of over multimodale mobiliteit. Communicatie van dergelijke informatie vraagt om nieuwe manieren van visualisatie en presentatie om toegevoegde waarde te kunnen hebben.

Voor drukwerk (rapporten) kan een combinatie van visuele aanwijzingen en data-sjablonen een goede manier zijn om extra informatie te delen. Echter, in beleidsprocessen en operationele situaties worden meer en meer interactieve en dynamische platforms gebruikt om beslissingen te nemen. In zo'n interactieve omgeving zijn de mogelijkheden voor visualisatie en communicatie uiteraard veel groter. Wel moet er voor gezorgd worden dat de gebruikers niet overbelast raken.

Welke informatie in welk detailniveau nodig en bruikbaar is, verschilt van persoon tot persoon en van rol tot rol. Daarom is een duidelijk onderscheid nodig tussen de verschillende groepen die informatie

gebruiken. Beslissers hebben baat bij een globaal overzicht van de resultaten, terwijl beleidsmakers vaak meer detail en meer achtergrondinformatie willen. Verkeersoperators en technici hebben nog gedetailleerdere informatie en zelfs ongefilterde data nodig. Dat betekent dat de eisen die aan de visualisatie en aan de communicatiestijl gesteld worden, per stakeholder verschillen.

Meer lezen *

- *Visualisation of uncertainty in probabilistic traffic models for policy and operations.* Calvert, S.C., Jouke Rypkema, Bas Holleman, Daniel Azulay & Arnoud de Jong (wordt binnenkort gepubliceerd).
- *Virtualized Traffic at Metropolitan Scales.* Wilkie, D., Sewall, J., Li, W., & Lin, M. C. (2015). *Frontiers in Robotics and AI*, 2(11).

* **Zie voor links en/of downloads**

www.traffic-quest.nl/jaarbericht2015.



4.2. Relevant promotieonderzoek

In ons vorige jaarbericht maakten we al melding van de promotieonderzoeken van Gerdien Klunder en Simeon Calvert, die mede door TrafficQuest worden gefinancierd. Hieronder beschrijven we de laatste ontwikkelingen in hun onderzoeken. Ook schenken we kort aandacht aan andere relevante promotieonderzoeken.

Relatie datakwaliteit en verkeersmanagement

Verkeersdata komen steeds makkelijker beschikbaar. Maar omdat de kwaliteit van deze data per bron soms flink verschilt – op meerdere aspecten, zoals tijdigheid, nauwkeurigheid en betrouwbaarheid – zijn de data niet zomaar bruikbaar voor verkeersmanagementtoepassingen. Het promotieonderzoek van Gerdien Klunder is erop gericht te onderzoeken welke relatie er is tussen

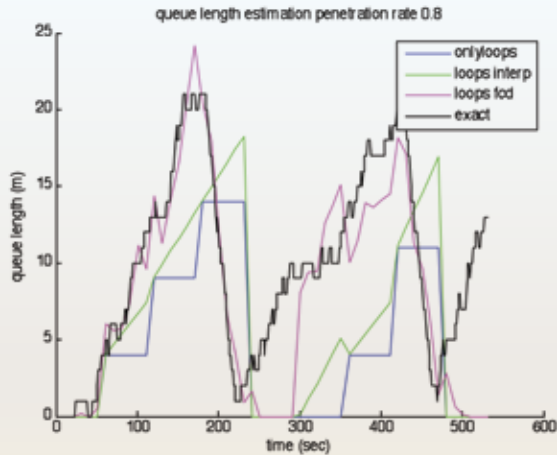
de kwaliteit van de verschillende soorten verkeersdata en de effectiviteit van verkeersmanagement.

Om het effect van de onzekerheid van bepaalde data en invoerparameters op de uiteindelijke prestaties van het systeem te kwantificeren, moet eerst worden vastgesteld wat het doel van de maatregel is en hoe dit kan worden gemeten en gekwantificeerd. Daarvoor is een *measure of effectiveness* (MOE) ontwikkeld. Uiteindelijk zou een kwantitatief verband moeten worden gevonden tussen de nauwkeurigheid van de invoerdata en de MOE. Het eerder door Klunder opgestelde raamwerk hiervoor is getoetst aan de hand van een aantal cases.

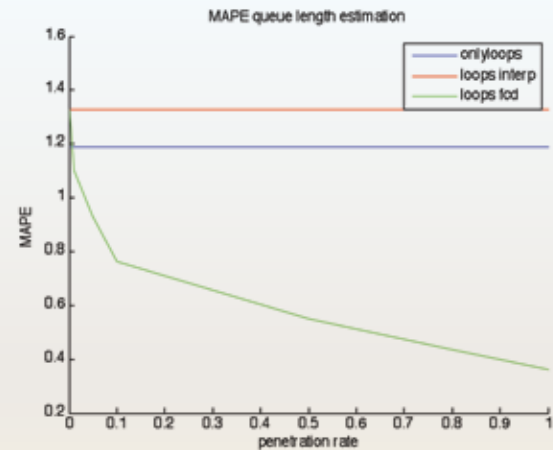
Een eerdere casestudie onderzocht een netwerk met een toeritdoseerinstallatie (TDI). Daaruit bleek dat de nauwkeurigheid van de invoergegevens een grote invloed heeft op de verkeersprestaties van het netwerk.

Met behulp van simulaties is bepaald wat het effect is van de nauwkeurigheid van de inwindata voor een TDI op de prestatie van het netwerk, uitgaande van een gangbare configuratie van detectielussen. Er is aangenomen dat dezelfde metingen ook met camera's gedaan kunnen worden, die minder nauwkeurige metingen opleveren maar wel goedkoper zijn in aanschaf en onderhoud. Op deze manier werd een 'design-time'-optimalisatie gedaan waarin aan de hand van een kosten-batenanalyse een investeringsbeslissing kan worden genomen.

De genoemde aanpak is verder uitgewerkt voor de schatting van de wachtrijlengte bij een TDI met een combinatie van lusdata en floating car data (FCD). Een goede wachtrijlengteschatting op het stedelijk wegennet is relevant, omdat door de TDI tijdig uit te schakelen, voorkomen kan worden dat wachtrijen op het stedelijk wegennet te lang worden en er terugslag ontstaat. Klunder concludeert dat het zeer lastig is om op basis van onnauwkeurige lusdata de wachtrijlengte te schatten, omdat foutieve tellingen cumulatief doorwerken en de geschatte lengte steeds meer zal afwijken van de werkelijke



Figuur 18: Het verschil in nauwkeurigheid van de geschatte wachtrij voor een toeritdoseerinstallatie bij verschillende algoritmen.



Figuur 19: Het effect van de hoeveelheid FCD-voertuigen op de gemiddelde fout van de geschatte wachtrij.

lengte. Door met FCD de opgebouwde fout te corrigeren, kan de schatting echter verbeterd worden. Om te bepalen welke penetratiegraad van FCD wenselijk is, heeft Klunder een microsimulatiestudie uitgevoerd en diverse algoritmes geïmplementeerd en vergeleken. De resultaten laten zien hoe FCD-penetratiegraad en meetfouten de nauwkeurigheid van de wachtrijlengteschatting beïnvloeden en wat de gevolgen zijn voor

de effectiviteit van de toeritdosering en voor de netwerkprestatie. Figuur 18 toont het verschil in nauwkeurigheid van de geschatte wachtrij bij verschillende algoritmen over de tijd en figuur 19 het effect van de hoeveelheid FCD-voertuigen op de gemiddelde fout van de geschatte wachtrij. Uiteindelijk is het de bedoeling dat dit ook dynamisch wordt ingezet, waarbij real-time wordt bepaald wat de actuele databehoeftes is.

Het huidige onderzoek van Klunder richt zich op het opzetten van twee andere case-studies waarin de combinatie van lusdata en FCD centraal staat. Eén daarvan focust op het individueel ‘slim’ routeren van verkeer aan de hand van netwerkbrede snelheids- en intensiteitsschattingen (‘smart routing’) en de andere op het real-time schatten van een herkomst-bestemmingsmatrix op basis van tellingen aangevuld met floating car data. In

de casestudie naar smart routing onderzoekt zij wat het effect is van de hoeveelheid en kwaliteit van FCD-informatie voor het bepalen van routealternatieven die geadviseerd kunnen worden aan (een deel van) de weggebruikers, om zo de individuele en de totale (netwerk)reistijd te verbeteren. Deze aanpakken kunnen later worden ingezet voor diverse verkeersmanagementtoepassingen, zoals geoptimaliseerde verkeersregelingen op kruisingen of reistijdvoorspellingen. Opnieuw rijst de vraag welke datakwaliteit van zowel de lusdata als de FCD gewenst is voor deze toepassingen. Een bijkomende vraag is welke meetfouten in de praktijk voorkomen bij verschillende type sensoren.

Meer lezen *

- *The Effect of Inaccurate Traffic Data for Ramp Metering: Comparing Loop Detectors and Cameras Using Information Utility.* Klunder, G.A., H. Taale, L. Kester and S. Hoogendoorn (2014). Paper voor de 19e IFAC World Congress, Kaapstad.
- *Data fusion to improve data quality – Queue length estimation with loop detec-*

tor data and FCD. Klunder, G.A. (2015). Presentatie voor de 18e bijeenkomst van de Euro Working Group in Transportation, Delft.

* Zie voor links en/of downloads

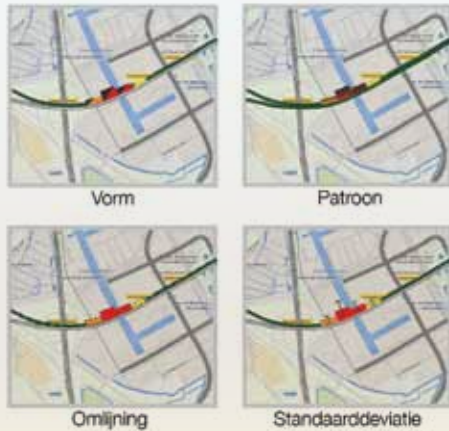
www.traffic-quest.nl/jaarbericht2015.

Modelleren van variaties in het verkeer

Verkeersmodellen zijn belangrijke hulpmiddelen om toekomstige verkeersomstandigheden te voorspellen, inclusief de effecten van verkeersmanagement. De meeste verkeersmodellen gaan uit van gemiddelde situaties en daarmee worden de effecten van onzekerheid en stochastiek in het verkeer gereduceerd of zelfs veronachtzaamd. Stochastische variaties en onzekerheid zijn echter algemeen aanwezig in het verkeer en het is ook duidelijk dat ze relevant zijn voor

het modelleren van verkeer en de toepassing van verkeersmanagementmaatregelen. Het doel van het promotieonderzoek van Simeon Calvert is dan ook om inzicht te verschaffen in deze stochastische fluctuaties en onzekerheden, en om modellen te ontwikkelen die daar rekening mee houden. Dit zou moeten leiden tot een meer realistische modellering van het verkeer. In zijn onderzoek wijdt Calvert verder uit over de kwantificering van verstoringen in het verkeer. Het begrijpen van de reikwijdte van deze verstoringen is nodig om betrouwbare invoer voor verkeersmodellen te genereren.

In de afgelopen periode is er veel vooruitgang geboekt in het onderzoek, met interessante conclusies en inzichten als resultaat. Zo is er gewerkt met Monte Carlo-simulaties, een techniek voor gevoeligheids- en onzekerheidsanalyses waarbij veel simulaties worden uitgevoerd. Normaliter staan veel simulaties voor een lange rekentijd, maar Calvert heeft laten zien dat het gebruik van *advanced sampling and sequencing*-technieken kan leiden tot een substantiële reductie in rekentijden met een minimale



Figuur 20: Voorbeelden van enkele visualisatievormen voor onzekerheid in verkeersmodellen.

extra inspanning. Ook heeft hij op basis van een analyse van fluctuaties van de capaciteit onder verschillende omstandigheden laten zien dat stochastische capaciteitswaarden voor Nederlandse snelwegen op een algemene manier gekwantificeerd kunnen worden. Daarbij wordt onderscheid gemaakt naar dagen van de week, weekenddagen en vakantiedagen. Deze inzichten zijn belang-

rijk, omdat ze iets zeggen over het bereik van de onzekerheden in modellen en over de effectiviteit van maatregelen die de capaciteit beïnvloeden.

Een ander aspect dat onderzocht is, betreft de visualisatie van onzekerheden. Communicatie van modelresultaten is belangrijk. Als dat goed gedaan wordt, zullen modelstudies effectiever worden ingezet. Samen met een cognitieve psycholoog is gekeken naar visuele vormen van presentatie en deze zijn ook getest – zie figuur 20 voor een aantal variaties. Deze visualisatievormen kunnen worden gebruikt in rapporten

of interactieve omgevingen.

De komende periode zal Calvert zich richten op de stochastische aspecten van de interactie van voertuigen op microscopisch niveau en op de vraag hoe deze op macroscopisch niveau gemodelleerd kunnen worden. Interacties op individuele schaal hebben namelijk veel invloed op de algehele onzekerheid. Bij

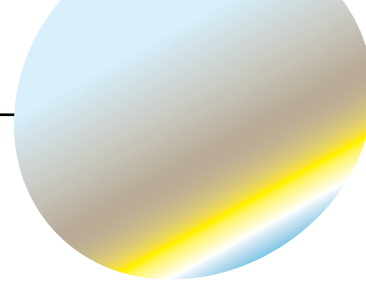
dit aspect hoort ook nader onderzoek naar de capaciteitsval.

Meer lezen *

- *Application of advanced sampling for efficient probabilistic traffic modelling.* Calvert, S.C., H. Taale, M. Snelder and S.P. Hoogendoorn (2014). *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 49, pp. 87-102.
- *Quantification of motorway capacity variation: influence of day type specific variation and capacity drop.* Calvert, S.C., H. Taale and S.P. Hoogendoorn. *Journal of Advanced Transportation* (wordt binnenkort gepubliceerd).
- *Visualisation of uncertainty in probabilistic traffic models for policy and operations.* Calvert, S.C., J. Rypkema, B. Holleman, D. Azulay and A. de Jong (wordt binnenkort gepubliceerd).

* **Zie voor links en/of downloads**

www.traffic-quest.nl/jaarbericht2015.



Ander relevant promotieonderzoek

Ruihua Lu

The Effects of Information and Communication Technologies on Accessibility

Het is de verwachting dat ICT een grote invloed heeft op het gedrag van reizigers en daarmee op de bereikbaarheid. Echter, het inzicht van de effecten van ICT op de bereikbaarheid is beperkt. Dit proefschrift probeert het inzicht te vergroten door een generiek formeel geïntegreerd gedragsmodel te gebruiken om de effecten te beschrijven en te evalueren.

Qing Ou

Fusing Heterogeneous Traffic Data: Parsimonious Approaches using Data-Data Consistency

Een betrouwbare en nauwkeurige schatting van de verkeerssituatie is van groot belang voor allerlei praktische en wetenschappelijke toepassingen. Het probleem is dat data uit verschillende bronnen normaliter verschillend van aard zijn en verschillende kenmerken hebben. Dat maakt het lastig ze te combineren tot consistente en betrouwbare verkeersinformatie. Dit proefschrift onderzoekt een efficiënte en ‘zuinige’ aanpak om heterogene verkeersdata te fuseren. De resultaten laten zien dat deze aanpak de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de schatting significant verbetert.

Tamara Djukic

Dynamic OD Demand Estimation and Prediction for Dynamic Traffic Management

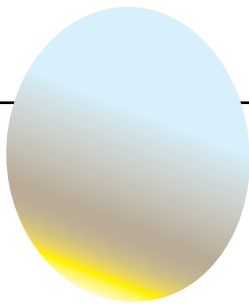
Dynamische herkomst-bestemmingsmatrices (HB-matrices) zijn belangrijke input voor verkeersmodellen die de verkeerssituatie in een netwerk voorspellen. De moeilijkheid om HB-matrices van voldoende kwaliteit samen te stellen maakt de voorspellingen van verkeersmodellen onbetrouwbaar, hoe goed de modellen ook gekalibreerd zijn. Het proefschrift presenteert methoden om efficiënte en betrouwbare dynamische HB-informatie samen te stellen voor verkeersmanagementtoepassingen.

Meng Wang**Generic Model Predictive Control Framework for Advanced Driver Assistance Systems**

Dit onderzoek beschrijft een raamwerk voor modelgebaseerd voorspellend regelen (*model predictive control*, MPC) voor geavanceerde systemen, om de bestuurder te ondersteunen bij de rijtaak. Het raamwerk is toegepast om verschillende autonome en coöperatieve regelaars te ontwerpen. Het is ook gebruikt om de eigenschappen van deze regelaars op microscopisch niveau en de resulterende macroscopische eigenschappen van de verkeersstroom te onderzoeken. De resultaten geven nieuwe inzichten in de effecten van dit soort systemen op de verkeersafwikkeling.

Lin Xin**Assessing the impact of imposing environmental hard constraints in traffic network**

Dit onderzoek richt zich op het ontwikkelen en vaststellen van een evaluatieraamwerk om de invloed van harde leefbaarheidseisen op verkeersnetwerken te bepalen. Leefbaarheidseisen zijn vaak tegenstrijdig met andere doelstellingen van verkeersmanagement. Daarom is het bepalen van de kosten die gemoeid zijn met deze eisen van groot belang. Gecombineerd met de traditionele aanpak om leefbaarheid te evalueren, geeft dit raamwerk beleidsmakers en wegbeheerders de mogelijkheid om de beste oplossing te vinden die rekening houdt met én de verkeersafwikkeling in het netwerk én de leefbaarheid.



4.3. Interessante literatuur

Een belangrijk ‘product’ van veel wetenschappelijke congressen en bijeenkomsten zijn de ingediende papers. In deze paragraaf beschrijven we een aantal publicaties die recent verschenen en die relevant zijn voor verkeersmanagement en de ontwikkeling van het vakgebied.

IEEE-ITSC 2014

De IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) is een jaarlijks terugkerend evenement van de IEEE Intelligent Transportation Systems Society. In 2014 werd de ITSC in Qingdao, China gehouden. De organisatie reikte prijzen uit voor het beste paper en het beste proefschrift per vakgebied. Voor wegverkeer werden de volgende publicaties beloond:

Beste proefschrift

- *Real-Time Urban Traffic Control under Saturated Traffic Conditions.* Mehdi Keyvan-Ekbatani.

Beste papers

- *Influence of Information Flow Topology on Closed-loop Stability of Vehicle Platoon with Rigid Formation.* Zheng, Yang; Li, Shengbo; Wang, Jianqiang; Wang, Le Yi; Li, Keqiang.
- *Index Modulated OFDM with Interleaved Grouping for V2X Communications.* Cheng, Xiang; Wen, Miaowen; Yang, Liuqing; Li, Yuke.

Zie www.itsc2014.org.

TRB 2015

De 94e editie van de jaarlijkse bijeenkomst van de Transportation Research Board werd van 11 tot 15 januari 2015 gehouden in Washington DC. Dit grootste en meest genommeerde transportcongres had weer een uitgebreid programma, met meer dan 5.000 presentaties in bijna 750 sessies over alle gebieden van verkeer en vervoer.

Op het gebied van verkeersafwikkeling is de Greenshieldsprijs belangrijk. Deze werd dit jaar toegekend aan het paper ‘Empirical observations of congestion propagation and dynamic partitioning with probe data for large scale systems’ van Yuxuan Ji, Jun Luo en Nikolas Geroliminis.

Zie amonline.trb.org.

CVS 2014

Het 40e Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk werd op 20 en 21 november 2014 in Eindhoven gehouden. Het thema was 'Iets met ethiek – dilemma's in de vervoersplanologie'. Toch was er ook veel aandacht voor de gewone uitdagingen die verkeer met zich meebrengt. TrafficQuest presenteerde een paper over de huidige problemen en de richting die stedelijk verkeersmanagement in zou moeten slaan. Ook het beste paper van het congres ging over stedelijk verkeer: 'De choreografie van een kruispunt: Naar een gebruiksgeoriënteerde ontwerplogica voor kruispunten' van Marco te Brömmelstroet. Dit paper heeft op een andere manier gekeken naar hoe fietsers rijden en welke verkeersregels ze daarbij hanteren. De vraag is of het ontwerp van kruispunten dit gedrag moet faciliteren of dat het ontwerp van kruispunten dit gedrag juist moet ontmoedigen. Het paper biedt wat dit betreft stof tot nadenken en daarnaast is het gewoon een leerzaam en goed verhaal.

Zie www.cvs-congres.nl.

NVC 2014

Het Nationaal Verkeerskundecongres is een jaarlijks congres waarin professionals uit onderzoek en praktijk elkaar ontmoeten en de laatste ontwikkelingen met elkaar delen. Op 12 november 2014 werd de vijfde editie gehouden in Utrecht en deze trok 400 bezoekers. Twee onderwerpen kregen veel aandacht, namelijk data in verkeer en stedelijk verkeersmanagement. De prijs voor het beste paper ging naar een bijdrage van Willem Schepper en Erik Klok over de toepassing van wifi in het verplaatsingsonderzoek (herkomst-bestemming) van fietsers en voetgangers.

Zie

www.nationaalverkeerskundecongres.nl.







Pilots verkeersmanagement.

Nadat nieuwe methodieken en technologieën uitvoerig zijn onderzocht en geanalyseerd, is het tijd voor de gecontroleerde proeven op straat. Deze pilots leveren interessante inzichten op voor verkeersmanagement. In dit hoofdstuk bespreken we een aantal van deze proeven, in Nederland en daarbuiten, gegroepeerd naar deelonderwerp van verkeersmanagement.

5.1. Gecoördineerd Netwerkbreed Verkeersmanagement

Spookfiles A58

De A58 is een druk bereiden snelweg waar regelmatig filegolven voorkomen, ook wel bekend als ‘spookfiles’. In de pilot Spookfiles A58 wordt geprobeerd om met in-car informatie via smartphone-apps (Zoof, SmartCAR of Filejeppen) de filegolven op het traject Tilburg-Eindhoven te ‘dempen’.

Het project kent twee fasen, de ‘connected’ fase en de coöperatieve fase. Fase 1 startte in februari 2015 met een gebruikerstest van beperkte omvang, met 60 gebruikers. In maart volgde een geleidelijke opschaling naar zo’n 2000 gebruikers. De apps maken in fase 1 alleen gebruik van ‘long-range’ communicatie (3G/4G), waarbij floating device data uit de app naar een backoffice gaan, en de gebruikers adviezen terug krijgen – in ieder geval een snelheidsadvies. Er wordt geëvalueerd of de apps in deze ‘connected’ fase logische adviezen geven, hoe tevreden gebruikers zijn over de apps en of er effecten te zien zijn op de verkeersafwikkeling.

In de zomer van 2015 worden er langs het traject antennes voor short-range communicatie geplaatst voor de tweede, coöperatieve fase. De apps en de backoffice kunnen dan gebruik maken van veel snellere communicatie en nauwkeurigere data uit de voertuigen, en kunnen dus ook sneller en meer op maat advies terug geven. Ook fase 2 zal beginnen met een beperkte groep ‘friendly users’. Na een paar weken testen kunnen dan ook andere geïnteresseerden aansluiten.

Zie www.spookfiles.nl.

Brabant In-car III

Brabant In-car III is begin dit jaar succesvol afgerond. Het project zette de lijn van de projecten Brabant In-car I en II voort, die zich op technische tests richtten. In III is aan de hand van een pilot bekeken of het gebruik van in-car technologie functioneel een verbetering oplevert ten opzichte van bestaande wegkantoplossingen.

De case betreft de doorstromingsproblemen op de A67. Deze snelweg telt 2x2 rijstroken, heeft korte invoegstroken en kent een groot aandeel vrachtverkeer. De doorstroming is slecht en er gebeuren zo'n vierhonderd ongelukken per jaar, waarvan veertig procent met vrachtauto's. De focus in de pilot ligt op het geven van strookadvies in combinatie met snelheidsadvies, waarbij het advies op de doelgroep (vrachtauto's en personenauto's) wordt toegesneden. In de proef werden drie apps ingezet: Smoover, ZOOF en Dynamic Lane Guidance. De voertuigen leveren *floating vehicle data* en maken gebruik van long-range communicatie. Een externe partij zal de resultaten (zoals het effect op de weg) evalueren.

Zie

www.beterbenutten.nl/brabant-in-car-iii

en www.sre.nl/projecten/brabant-in-car-iii.

Zie voor meer links en/of downloads

www.traffic-quest.nl/nl/jaarbericht2015.

Praktijkproef Amsterdam

De Praktijkproef Amsterdam, kortweg PPA, is een grootschalige proef waarin innovatieve wegkant- en in-car technieken worden getest. In 2014 zijn de wegkantsystemen getest – zie hierover paragraaf 3.1. Begin 2015 gingen ook de in-car proeven van start. Twee consortia, Amsterdam Onderweg en Amsterdam Mobiel, hebben elk twee smartphone-apps ontwikkeld: één voor 'regulier verkeer' (de dagelijkse ritten) en één voor 'evenementenverkeer'. De deelnemers krijgen via de app informatie en adviezen over een optimale route en parkeermogelijkheden. De apps zijn te vinden onder de namen Superroute & Superticket (consortium Amsterdam Onderweg), en ADAM & EVA (consortium Amsterdam Mobiel). De consortia verzamelen zelf verkeersdata en gebruiken daarnaast data van de wegebeheerders in de regio.

Tijdens de proef worden grote hoeveelheden data verzameld, over het gebruik van de app en over de verkeersafwikkeling in de regio Amsterdam. De proef zal uitgebreid geëvalueerd worden, met ook aandacht voor de ervaringen van de gebruikers.

Zie

www.amsterdamonderweg.nl

en www.amsterdammobiel.nl.

Zie voor meer links en/of downloads

www.traffic-quest.nl/nl/jaarbericht2015.

Coöperatieve ITS Corridor

In het project Coöperatieve ITS Corridor worden in internationaal verband coöperatieve diensten gerealiseerd. Het doel is om partijen uit het werkveld ervaring te laten opdoen met de implementatie ervan. Gestart wordt met het verzamelen van data uit voertuigen en het geven van waarschuwingen bij wegwerkzaamheden. De insteek hierbij is om de weggebruikers alerter te maken, om zo het aantal ongevallen bij wegwerkzaamheden terug te dringen.

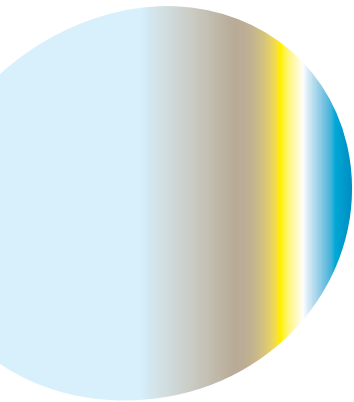
De projectorganisatie voor de Coöperatieve ITS Corridor is inmiddels ingericht, er zijn budgetten toegewezen, en momenteel wordt een programma van eisen opgesteld. De voortgang is vrij traag: wederom blijkt dat het traject van een *Memorandum of Understanding* tot de invoering van een service op de weg weerbarstig is. Er wordt internationaal samengewerkt, maar ieder land heeft zijn eigen aanpak.

Zie voor links en/of downloads

[www.traffic-quest.nl/
nl/jaarbericht2015](http://www.traffic-quest.nl/jaarbericht2015).



5.2. Automatisch rijden



Nederland wil proeftuin zijn voor automatische voertuigen. De RDW verleent een ont-heffing voor het uitvoeren van de test als de aanvragers het beoordelingsproces met goed gevolg hebben doorlopen. Inmiddels zijn in Nederland vijf aanvragen ingediend om te testen met automatische (zelfrijdende) auto's – zie pagina 49.

Proeven in het buitenland

Ook diverse andere landen plannen proeven of voeren die al uit. In Zweden bereidt Volvo een proef voor met 100 zelfrijdende Volvo's op de openbare weg. Eerst worden tests uitgevoerd met auto's die met de Autopilot-technologie zijn uitgerust: die zijn in staat om zelf in een strook te blijven, hun snelheid aan te passen en in te voegen. Op termijn moeten de voertuigen zelf een hele route kunnen rijden.

In het Verenigd Koninkrijk organiseren drie consortia proeven in Greenwich, Bristol, Milton Keynes en Coventry. Het Gateway-project test zelfrijdende shuttles op afgesloten wegen. Het Venturer-project bestudeert de wettelijke en verzekeringstechnische aspecten van automatisch rijden en onderzoekt hoe het

publiek reageert op automatische voertuigen. Het UK Autodrive-project focust op voertuig-voertuig- en voertuig-wegkantcommunicatie en de daarvoor vereiste infrastructuur.

In Duitsland richt de overheid een deel van de A9 in Beieren in als *Digitales Testfeld Autobahn*, zodat daar geavanceerde automotieve technologieën kunnen worden getest. Aan de wegkant komt communicatie-infrastructuur waardoor voertuig-wegkant- en voertuig-voertuigcommunicatie mogelijk moet worden, en waarmee gegevens uit voertuigen verzameld kunnen worden.

In het EU-project AdaptIVe worden functies voor automatisch rijden ontwikkeld voor dagelijks verkeer met de daarbij horende, soms complexe omgevingen. Diverse automatiseringsniveaus worden meegenomen, tot en met 'highly automated'. Er worden demonstraties uitgevoerd met diverse personenauto's en een vrachtauto.

Het EU-project AutoNet2030 ontwikkelt en test technologieën voor automatisch rijden, gebaseerd op een gedecentraliseerde besluitvormingsstrategie die gebruik maakt van

informatie die voertuigen die bij elkaar in de buurt rijden met elkaar delen. Dit project kijkt wat verder in de toekomst, naar technologie die in de periode 2020-2030 ingevoerd zou kunnen worden.

In de VS lopen ook diverse projecten met automatische voertuigen. Zo is er het project 'Human Factors Evaluation of Level 2 and Level 3 Automated Driving Concepts', dat onderzoek doet naar de human factors die spelen bij automatiseringsniveau 2 en 3 – zie paragraaf 3.3. Er zijn diverse concepten en scenario's geformuleerd die laten zien hoe de eerste generatie voertuigen van automatiseringsniveau 2 en 3 er waarschijnlijk uit zullen zien, en welke vragen later in het project beantwoord dienen te worden. Het project 'Partial Automation for Truck Platooning' richt zich op het ontwikkelen en testen van *cooperative adaptive cruise control* (C-ACC) voor vrachtwagens, voor gebruik op termijn op de corridor I-710 bij Los Angeles, waar een aparte rijbaan voor vrachtwagens gepland wordt die door met C-ACC uitgeruste voertuigen extra goed benut zou kunnen worden. Het project wordt afgesloten met

demonstraties van dit systeem in Los Angeles en Washington DC.

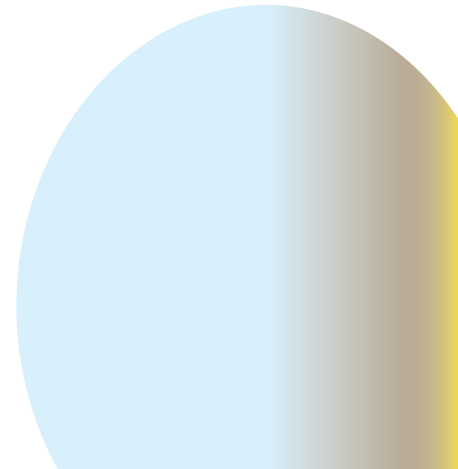
In Michigan wordt een speciale testomgeving gebouwd, M City, met daarin een wegennetwerk met allerlei configuraties, van 5-strooks wegen tot rotondes, zebrapaden en bushaltes. In deze omgeving zullen onder meer 'connected and automated vehicle systems' worden getest.

In Japan ten slotte loopt het project SIP-Adus voor systemen voor automatisch rijden. Het project valt onder het Strategic Innovation Promotion (SIP)-programma van de Japanse overheid. Het verbeteren van de verkeersveiligheid is het belangrijkste doel, en het demonstreren van automatische voertuigen tijdens de Olympische Spelen in Tokio in 2020 is een belangrijke mijlpaal. Ze streven ook naar het produceren van een dynamische kaart die gebruikt kan worden door automatische voertuigen.

Zie www.adaptive-jp.eu en www.autonet2030.eu.

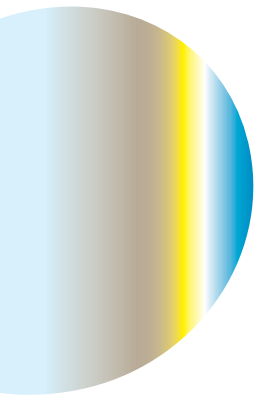
Zie voor meer links en/of downloads

www.traffic-quest.nl/jaarbericht2015.





5.3. Veiligheid



Connected Vehicle Safety Pilot Program

In 2014 berichtten we al over de Safety Pilot in de VS, waarin de effectiviteit en bruikbaarheid van de draadloze voertuigcommunicatietechnologie in multimodale rijomstandigheden getest worden, op het wegennet van Ann Arbor. De diensten die in de Safety Pilot getest werden, zijn: *Forward Collision Warning*, *Emergency Electronic Brake Light*, *Intersection Movement Assist*, *Blind Spot Warning*, *Lane Change Warning*, *Left Turn Assist*, *Do Not Pass Warning*. De Safety Pilot Model Deployment wordt verlengd en uitgebreid met diensten gebaseerd op voertuiginfrastructuurcommunicatie. Voetgangers en fietsers worden erbij betrokken, met (veiligheids)diensten op smartphones. De pilot zit nu in een overgangsfase van onderzoek naar commercieel gebruik.

SCOOP@F

Onder leiding van het Franse Ministerie van Duurzame Ontwikkeling wordt op vijf testsites – Île de France, Bretagne, Paris-Strasbourg, Bordeaux en het departement Isère – de proef SCOOP@F met coöperatieve ITS voorbereid. Er worden 3000 voertuigen en 2000 km weg uitgerust met extra communicatiemogelijkheden (wifi en gsm). Voertuigen zullen hun positie, snelheid, obstakels etc. delen met de infrastructuur en andere uitgeruste voertuigen. De wegen zullen informatie delen over de verkeersafwikkeling, werkzaamheden, de geldende snelheidslimiet, ongevallen, spookrijders, obstakels en P + R informatie. Bestuurders krijgen deze informatie op een tablet in het voertuig. Het project SCOOP@F zal onderzoeken welke services de weggebruikers het meest waarderen. Een ander doel is te bekijken hoe de wegbeheerder kosten kan reduceren.

Zie voor links en/of downloads

www.traffic-quest.nl/jaarbericht2015.

Proeven met ITS voor kwetsbare verkeersdeelnemers

Intelligente transportsystemen worden ook ingezet om de verkeersveiligheid van kwetsbare verkeersdeelnemers te verbeteren. In het EU-project VRUITS worden in Nederland en Spanje tests uitgevoerd met systemen voor fietsers en voetgangers. In Helmond gaat het om het waarschuwen van automobilisten voor mogelijk gevaarlijke situaties met kruisende fietsers, die nog niet zichtbaar zijn voor de automobilist. Zo is het Intelligente Kruispunt in Helmond uitgerust met apparatuur om allerlei veiligheidsapplicaties te testen. Het kruispunt detecteert fietsers en waarschuwt nabije voertuigen, waarna de voertuigen bepalen of ze moeten remmen of niet (Cooperative Autonomous Emergency Braking).

In Alcalá de Henares in Spanje wordt een intelligent voetgangerslicht geïmplementeerd, het *Intelligent Pedestrian Traffic Signal System*. Er zijn twee use cases. In de eerste kunnen voetgangers om groen licht vragen met een app op hun smartphone. Ook kunnen mensen met een mobiliteitsbeperking het licht langer op groen houden. De tweede case richt zich op het voorkomen van ongevallen veroorzaakt door rechtsaf slaande voertuigen die rechtdoor gaande voetgangers niet goed kunnen zien. Een camera detecteert of er voetgangers zijn en waarschuwt de voertuigen hiervoor. De stad Valladolid, eveneens in Spanje, past *Intelligent Pedestrian Detection Traffic Signal and Light Demand* toe. Het systeem heeft drie functies: (1) detecteren hoeveel voetgangers op groen licht wachten, (2) de groentijd verlengen als er nog mensen aan het oversteken zijn, en (3) voertuigen waarschuwen voor de voetgangers.

Zie www.vruits.eu.

5.4. Data en datafusie

Marktplaats voor data

In ons Jaarbericht 2014 spraken we nog van het platform Digitale Wegbeheerder, maar inmiddels is het initiatief bekend onder de naam *Marktplaats voor data*. Er wordt gewerkt aan het ontsluiten en koppelen van data, zodat serviceproviders de data makkelijk kunnen vinden en dat er afspraken en protocollen zijn voor het gebruik van de data.

Zie www.marktplaatsvoordata.nl.

NDW-pilot Datafusie

In 2014 organiseerde de Nationale Databank Wegverkeersgegevens (NDW) samen met DITCM een pre-competitieve pilot om te onderzoeken of het gebruik van floating car data (FCD) en datafusie een goede aanpak is om de hoeveelheid vaste meetlocaties te kunnen reduceren. Drie teams namen deel aan de pilot en onderzochten voor de testlocatie – delen van het hoofdwegennet en het onderliggende wegennet rondom Delft – voor verschillende scenario's welke kwaliteit wegverkeersgegevens behaald kan worden met de inzet van FCD, data uit vaste meetlocaties en datafusie. De pilot liet zien dat FCD en datafusie prima geschikt zijn voor het genereren van gegevens over snelheden. Voor het bepalen van intensiteiten zijn echter nog vaste meetlocaties nodig, maar dankzij fusie met FCD mogelijk (veel) minder dan in de huidige situatie. Verder bleek het met datafusie mogelijk om patronen zoals bij filegolven en incidenten goed in beeld te brengen. Dat is een duidelijke meerwaarde, ook bij het inzicht krijgen in de kwaliteit en plausibiliteit van de data. De betrokken partijen hebben in korte tijd veel inzichten opgedaan en hebben er vertrouwen in

dat FCD en datafusie op korte termijn ingezet kunnen worden. NDW neemt de 'lessons learned' uit de Datafusie-pilot mee in de strategiebepaling voor de toekomstige inwinning. De organisatie verwacht dat datafusie in de toekomst van gegevensinwinning een belangrijk rol zal spelen om de kwaliteit en toepasbaarheid van gegevens te verbeteren en de kosten voor de inwinning te reduceren. De eerste daadwerkelijk uitrol van datafusie bij NDW wordt in 2015 verwacht.

De eindrapportage van de pilot Datafusie is beschikbaar op www.ndw.nu/documenten.

PPA-West fase 2

In de eerste fase van de Praktijkproef Amsterdam waren het nog twee gescheiden sporen: de ontwikkeling en implementatie van nieuwe algoritmes voor de coördinatie van wegkantssystemen en het gebruik van mobiele data om betere verkeersinformatiediensten aan de weggebruikers te leveren. In de tweede fase is het de bedoeling om beide sporen te integreren, om zo richting een geïntegreerde oplossing te komen en daar ervaring mee op te doen. De integratie zal vooral bestaan uit het uitwisselen van data die beide systemen verzamelen. Hoe de systemen daarvan kunnen profiteren en hoe weggebruikers hun gedrag zullen aanpassen, is nog onderwerp van onderzoek.

Data Top 5

Rijk en regio's hebben zich verplicht om binnen vijf thema's, de zogenaamde Data Top 5, de datakwaliteit te verbeteren. Het gaat om de thema's wegwerkzaamheden, locatiereferentie, maximumsnelheden, restduurindicatie incidenten en verkeersmaatregelen in regelscenario's. Inmiddels worden steeds meer data uit deze Data Top 5 inderdaad ontsloten en gebruikt door serviceproviders. Dit is een goede ontwikkeling, en laat zien dat de transitie 'van eigendom van data naar maximale openheid en beschikbaarheid van data' (Routekaart Beter Geïnformeerd op Weg, zie Figuur 21) in volle gang is. De transitie naar open en beschikbare data kan nog versterkt worden door de datakwaliteit en -betrouwbaarheid verder te verbeteren en geografisch uit te breiden. Een marktconsultatie gaf aan dat er uitbreidingen verwacht worden met VRI-data en parkeedata.

Zie www.beterbenutten.nl/data-top-5.

Transitiepaden



Figuur 21: Transitie Routekaart Beter Geïnfomeerd op Weg.

5.5. Programma's en samenwerkingsverbanden

DITCM

DITCM richt zich op de kansen die coöperatieve systemen bieden om de veiligheid en de efficiëntie van het verkeerssysteem te vergroten. DITCM Facilities is een commerciële organisatie, die diensten en faciliteiten levert voor het testen van 'smart mobility' toepassingen. Binnen DITCM Innovations, een publiek-private samenwerking, worden voorbereidende projecten uitgevoerd, die een gemeenschappelijk belang dienen en die ook veelal gezamenlijk worden opgepakt.

DITCM Innovations is opgebouwd uit vier programmalijnen, te weten: Human Factors, Cooperative Technologies, Effect Studies, en International Policy. Binnen deze programmalijnen en deels ook over de programmalijnen heen worden projecten opgestart, die zich richten op onderwerpen als security en privacy, de standaardisatie van logging en data, en de formulering van een

gemeenschappelijke architectuur.

Als TrafficQuest leveren wij met name een bijdrage in de programmalijn Effect Studies. Door middel van coöperatieve systemen kan sneller en fijnmaziger op verstoringen in de verkeerafwikkeling worden ingegrepen dan op basis van de meer traditionele wegkantmaatregelen mogelijk is. Coöperatieve systemen grijpen vaak in op microniveau, en DITCM besteedt dan ook relatief veel aandacht aan de effecten op dit niveau. Vanuit TrafficQuest zijn we echter vooral geïnteresseerd op de effecten van dergelijke systemen op de verkeersafwikkeling als geheel en de samenhang met de bestaande verkeersmanagementmaatregelen. Onze inbreng heeft met name op deze aspecten betrekking.

Zie www.ditcm.eu.

Connecting Mobility

Connecting Mobility van Rijkswaterstaat is het Uitvoeringsprogramma voor de Routekaart Beter Geïnformeerd op Weg. Dit is naast het Programma Beter Benutten een belangrijk programma voor verkeersmanagement en ITS. Het Connecting Mobility-team faciliteert en regisseert de benodigde samenwerking van overheden en marktpartijen, onder andere door middel van preconcurrentiële samenwerkingsvormen van markt, kennisinstellingen en overheid. Connecting Mobility monitort daarnaast de ontwikkelingen op het gebied van ITS, biedt overzicht en jaagt vernieuwing aan. Op meerdere vlakken werken Connecting Mobility en TrafficQuest samen, bijvoorbeeld op het gebied van de monitoring van de effecten van ITS op veiligheid, bereikbaarheid en leefbaarheid.

Op de website van Connecting Mobility is veel informatie te vinden over lopende en afgeronde ITS-projecten, diensten en faciliteiten in Nederland: het ITS-overzicht Nederland. Er wordt ook aangegeven hoe deze projecten, diensten en faciliteiten bijdragen aan de zes transities die benoemd zijn – zie

figuur 21. Verder geeft de Connecting Mobility website informatie over de zes thema's.

Zie www.connectingmobility.nl.

SWIPE

SWIPE is een programma binnen Rijkswaterstaat om de implementatie van innovaties in verkeersmanagement te versnellen. Het gaat dan onder meer om het vertalen van de ontwikkelingen op het gebied van ITS en coöperatieve, connected en automatische voertuigen naar de operationele praktijk van Rijkswaterstaat. Denk dan aan procesmatige zaken, zoals de voorbereiding van maatregelen en programma's. Hoe vertaalt de visie zich tot concrete ontwikkelingen en hoe pas je die toe? Eventueel wordt de visie herijkt als blijkt uit casussen dat het anders werkt dan gedacht.

CHARM

In CHARM werken Rijkswaterstaat en Highways England samen aan specificaties voor vernieuwing van verkeerscentrales. Ook het agentschap Mobiliteit en Openbare Werken van Vlaanderen heeft zich inmiddels bij deze samenwerking aangesloten. Alle functies en processen zijn beschreven, en de markt is uitgenodigd hiervan *advanced traffic management systems* (ATMS) te maken. Hiervoor worden 'off the shelf' producten ingezet. In Nederland is het bedoeling dat de vijf regionale verkeerscentrales van Rijkswaterstaat hiermee uitgerust worden. Voor VCNL en de Innovatiecentrale Helmond worden ook andere functies voorzien.

Verder wordt in het kader van CHARM aan innovatieve instrumenten gewerkt, die ontwikkeld worden in Pre-Commercial Procurement projecten. Er zijn projecten op drie onderwerpen, betiteld als 'challenges':

- *Challenge 1: Advanced Distributed Network Management.* Een zelflerende module voor netwerkbreed verkeersmanage-



ment. Het is de bedoeling dat de module de juiste balans vindt tussen verschillende beleidsdoelen.

- *Challenge 2: Detection and Prediction of Incidents.* Een module die snel incidenten (ongevallen, pechgevallen en files) waarneemt. In dit verband wordt ook wel gesproken van 'virtual patrolling'.
- *Challenge 3: Support of Cooperative ITS Functions.* Het betreft een module die de implementatie ondersteunt van coöperatieve systemen en services waarbij de wegwagent een rol speelt.

Programma Beter Benutten

Het programma Beter Benutten is erop gericht de bereikbaarheid in de drukste regio's te verbeteren, over weg, water en spoor.

Rijk, regio en bedrijfsleven werken samen om een pakket van ruim 300 maatregelen in te voeren, en te evalueren of dit leidt tot de gewenste vermindering van de files. Het tweede effectoverzicht was eind 2014 gereed. Eind 2015 wordt de eindevaluatie verwacht. De eerste resultaten waren positief en inmiddels is besloten het programma voort te zetten ('Beter Benutten Vervolg'). Het ministerie en de regio's investeren aanvullend circa 600 miljoen euro in de periode 2014 tot en met 2017. Het doel is om de reistijd van deur tot deur in de spits in de drukste regio's van Nederland met 10% te verbeteren.

Een deel van de Beter Benutten-projecten zal voortgezet worden binnen Beter Benutten Vervolg. Intelligente transportsystemen (ITS) zullen in het vervolgprogramma een belangrijke rol spelen, met C-ITS (coöperatieve ITS) als nieuwkomer. Daarmee wordt voortgeborduurd op projecten als Compass4D, Spook-

files A58 en Brabant in-car III. Daarnaast worden de nodige projecten omtrent vraagbeïnvloeding (spitsmijden) en fietsprojecten opgestart en doorgestart. Het vervolgprogramma kent de volgende thema's:

- Duurzaamheid
- Infrastructurele aanpassingen
- ITS
- Fiets
- Logistiek
- Samenwerking met de markt
- Onderwijs
- Openbaar vervoer (decentraal)
- Spitsmijden
- Werkgeversaanpak

Zie www.beterbenutten.nl.

CEDR

CEDR is de *Conference of European Directors of Roads*. Deze samenwerking werd eerst door de EU ondersteund, in twee ERA-NET ROAD projecten. Sinds 2010 wordt de internationale samenwerking ondersteund door de CEDR Group on Research. Inmiddels is men bij het zevende ‘transnationally funded research programme’, waarin de nationale wegbeheerders uit Oostenrijk, België (Vlaanderen), Finland, Duitsland, Ierland, Nederland, Noorwegen, Zweden en het Verenigd Koninkrijk meedoen (en budgetten en expertise toegezegd hebben). Dit keer zijn de onderwerpen *Asset Management and Maintenance en Mobility and ITS*. Onder dat laatste vallen de deelonderwerpen *Mobility as a Service, The journey to High and Full automation en The business case for connected and cooperative vehicles*.

Begin 2015 wordt een aantal nieuwe projectvoorstellen beoordeeld en na de zomer begint een serie nieuwe tweejarige projecten. De bedoeling is om voortaan jaarlijks een CEDR call uit te schrijven. Interessante projecten die voortgekomen zijn uit de call van

2013 en nu lopen (met Nederlandse partners in het consortium) zijn:

- PRIMA, Proactive incident management: gericht op het verbeteren van incidentmanagement;
- METHOD, Management of European Traffic using Human-Oriented Designs: gericht op het belichten en opnemen van human factors-aspecten in verkeersmanagement, zodat kennis hierover wordt toegepast en maatregelen effectiever worden.

Zie www.cedr.fr.

C-ITS Platform

Diverse coöperatieve systemen zijn, in ieder geval technisch gezien, klaar om breed geïmplementeerd te worden. Er zijn echter nog heel wat zaken op te lossen omtrent bijvoorbeeld wetgeving, standaardisatie en de organisatie van de complexe invoeringsprocessen met veel stakeholders. Coöpe-

ratieve systemen zullen niet zomaar breed geïmplementeerd worden – daar zijn solide en overtuigende business cases voor nodig. De Europese Commissie wil in de invoering van coöperatieve systemen een constructieve rol spelen en heeft daarom het C-ITS Deployment Platform opgezet. Hierin nemen nationale overheden, relevante C-ITS-stakeholders (denk aan industrie- en kennispartners) en diverse directoraten-generaal van de Europese Commissie zitting. Het platform dient een visie, roadmaps en beleidsaanbevelingen te formuleren en oplossingen te bedenken voor algemeen voorkomende barrières bij implementatie. Daarbij wordt allereerst gekeken naar toepassingen die nu ingevoerd kunnen worden, de zogenaamde *day one applications*.

In Nederland is een expertgroep gevormd die de Nederlandse inbreng in dit platform bespreekt en coördineert. Dit is een bredere groep dan de Nederlandse afgevaardigden in het C-ITS platform.

Zie voor links en/of downloads

www.traffic-quest.nl/jaarbericht2015.

Interview**Marion Braams en Laurens Schrijnen over**

De toekomst van de verkeerscentrale

In dit jaarbericht *Verkeer in Nederland 2015* hebben we veel aandacht besteed aan de veranderingen die ons de komende jaren te wachten staan, waaronder de transitie van wegkant naar in-car. Maar hoe kijken verkeersprofessionals uit het veld hiernaar? Hoe zien zij de toekomst van verkeersmanagement en met name de rol van de verkeerscentrale daarin? We spraken met Marion Braams, Rijkswaterstaat, en Laurens Schrijnen, De Innovatiecentrale.

Laurens Schrijnen is vanuit het Ministerie van Infrastructuur en Milieu directeur van De Innovatiecentrale in Helmond. Marion Braams is voor Rijkswaterstaat programmamanager van CHARM, het samenwerkingsverband van Rijkswaterstaat met Highways England en het agentschap Mobiliteit en Openbare Werken van Vlaanderen. Het doel van CHARM is het vernieuwen van de verkeerscentrales. Beiden verdiepen zich dus beroepsmatig in de toekomst van verkeersmanagement in het algemeen en de verkeerscentrale in het bijzonder.

Kunnen jullie kort iets over jullie werk vertellen?

Marion: “Ik ben vanuit Rijkswaterstaat betrokken bij de inkoop van IT-systemen voor verkeersmanagement. Binnen het CHARM-programma zijn we op zoek naar een nieuwe generatie verkeersmanagementsystemen voor onze verkeerscentrales. We streven naar een hogere graad van automatisering om de wegverkeersleider nog beter te ondersteunen. Waar nu vele losse systemen gebruikt worden, willen we dit zoveel mogelijk integreren. Ook willen we een beter zicht op de actuele situatie op de weg krijgen, een *common operational picture*. Daarnaast willen we oplossingen voor nieuwe (soms nog onbekende) problemen, zoals in-car. We doorlopen dit traject met diverse marktpartijen en met diverse inkoopstrategieën, zoals een *pre commercial procurement*- aanpak.”

Laurens: “Mijn taak is om samen met mijn collega’s [van Rijkswaterstaat, de provincie Noord-Brabant, DITCM en Connecting Mobi-

lity] De Innovatiecentrale vorm te geven en te operationaliseren. In deze Innovatiecentrale bieden wij marktpartijen en overheden de unieke mogelijkheid om innovatieve projecten te hosten en coöperatieve en andere verkeersmanagementoplossingen te beproeven en door te ontwikkelen. Het mooie is dat ze kunnen experimenteren met ‘live’ verkeer op de openbare weg van gemeentes, provincies én rijk. Hiervoor zijn twee desks ingericht in de verkeerscentrale van Rijkswaterstaat Zuid-Nederland in Helmond. Er is dus een directe koppeling mogelijk met de data waarover wegbeheerders beschikken. De innovatieve oplossingen die Marion in CHARM laat ontwikkelen passen hier goed bij. Sterker nog ze zijn broodnodig.”

Wat is het belang nog van een verkeerscentrale binnen verkeersmanagement gezien alle in-car ontwikkelingen?

Marion: “Technisch gesproken zijn er al veel in-car snufjes, waardoor bepaalde functies niet meer door de verkeerscentrale hoeven worden uitgevoerd. Maar een verkeerscentrale heeft ook taken die niet of nauwelijks door slimme voertuigen kunnen worden overgenomen. Denk aan incidentmanagement, de bediening van bruggen en tunnels, en het openen en sluiten van spitsstroken. Bovendien: de penetratie van in-car technologie is de komende tijd nog laag. Ik herken dat in De Innovatiecentrale een combinatie van bewezen en nieuwe technieken wordt toegepast.”

Laurens: “Je kan als overheid natuurlijk de beslissing nemen om taken af te stoten. Waarom nog langer betalen voor verkeersmanagementsystemen langs en boven de weg, zoals route-informatiepanelen? Veel auto’s krijgen de informatie die op die panelen verschijnt ook al via navigatiesystemen of smartphones binnen. Je zou nieuwe in-car technologie ook verplicht kunnen stellen bij nieuwe auto’s, zoals in de VS gebeurt. In De Innovatiecentrale beogen we niet het onmiddellijk weghalen van deze systemen, maar dat we hier samen over nadenken.”

Marion: “Je krijgt de komende jaren een mix van voertuigen met en zonder slimme technologie aan boord. Je kan bijvoorbeeld speciale rijstroken aanwijzen die alleen voor geëquipeerde voertuigen toegankelijk zijn.”

Laurens: “Persoonlijk zie ik nu drie toekomstscenario’s. Het eerste is een totalitair systeem waarbij alleen bepaalde auto’s toegelaten worden op de weg. Niet erg realistisch op korte termijn. Het tweede is dat de markt steeds meer services aanbiedt aan weggebruikers als ‘luke-item’. Inparkeer-apps, keep-your-lane, file-rijden etc. En het derde is vrachtwagen-platooning met enorme besparing op brandstof én mogelijk ook op personeel (rij- en rusttijden). Hierbij zal een verkeerscentrale toezicht moeten houden op al die treintjes met vrachtwagens. Bij een incident kan er immers veel misgaan vanwege de grote massa die de voertuigen hebben.

Ik zie ook een crisismanagersrol voor de verkeerscentrales. Je weet nooit van tevoren wanneer een calamiteit plaatsvindt, dus je ontkomt niet aan een permanente bemanning in een verkeerscentrale. Afgezien van de scenario’s is een mengvorm van zelfrijdende en niet-zelfrijdende auto’s veel spannender; dan krijg je de weggebruiker als verkeersmanager.”

Marion: “In de eindsituatie, waarin voertuigen volledig coöperatief en autonoom zijn, is een verkeerscentrale in een of andere vorm nog steeds nodig, maar in de tussentijd nog wel op het huidige niveau. Het transitieproces kost natuurlijk tijd. Ook al is het technisch gezien allemaal mogelijk, organisatorisch gaat het niet zo snel en gebruikers schaffen nieuwe technologie ook niet allemaal gelijk aan. Neem cruise control: dat bestaat ook al twintig jaar maar nu zie je pas dat het als standaard wordt aangeboden.

De vraag is ook of je over vijftien jaar nog wel een privéauto wilt hebben. Bij de jonge generatie zie je het autobezit afvlakken. Cars-haring en Uber worden juist populair.”

Zolang verkeerscentrales er nog zijn, moeten die dan van de overheid of van private partijen zijn?

Laurens: “Als je kijkt naar de taken die nu in een verkeerscentrale worden uitgevoerd, zoals operationeel verkeersmanagement, object-beheer en werk in uitvoering, dan vraag ik mij af: waarom moeten ambtenaren van Rijkswaterstaat dit doen? Dit zou ook opgepakt

kunnen worden door marktpartijen. Je ziet dit ook in andere sectoren en in het buitenland.”

Marion: “De keuze of het rijk taken wel of niet zelf doet is een politieke keuze. Als je het uitbesteedt, moet je goed kijken naar de financieringsvorm en de voorwaarden voor specials, zoals een NSS. Als we bijvoorbeeld maatregelen zoals die bij de NSS-top in maart 2014 door marktpartijen laten uitvoeren, zou het allemaal veel te duur worden.”

Hoe vinden jullie het samenspel tussen overheid en markt eigenlijk gaan tot nu toe?

Laurens: “Ik vind het machtig van Rijkswaterstaat dat de verkeerscentrale opengesteld wordt voor marktpartijen om te experimenteren. Het getuigt van vertrouwen om die partijen toegang te verlenen tot de systemen, en om hen zelfs de actuatoren te laten bedienen. Met De Innovatiecentrale laten we dan ook aan marktpartijen zien dat Rijkswaterstaat écht samen wil optrekken met de markt – dat ze wil innoveren en voorop wil lopen.”

Marion: “Nederland wordt vaak gezien als (onafhankelijke) voorzitter op transportgebied, aangezien we geen eigen auto-industrie hebben. We worden ook vaak geprezen omdat we samen met Engeland een heel veilig wegennet hebben. Vanuit die positie kunnen we in Nederland heel subtiel de regie aan de markt geven. Wat we met

CHARM hebben gezien bijvoorbeeld is dat we door de manier van aanbesteden de markt kunnen veranderen. Door het type specificaties geef je richting aan wat de markt moet ontwikkelen.”

Hoe de ontwikkelingen precies zullen verlopen, is onzeker. Concluderend stellen Marion en Laurens dat we ons wel slim kunnen voorbereiden op die onzekere toekomst. CHARM en De Innovatiecentrale kunnen daar goed bij helpen, zeker samen.



Over TrafficQuest.



TrafficQuest, het Expertisecentrum Verkeersmanagement, is een samenwerkingsverband tussen Rijkswaterstaat, TNO en de TU Delft. In de wereld van verkeersmanagement gebeurt veel en de ontwikkelingen gaan snel. TrafficQuest helpt om het overzicht te houden door het systematisch bundelen, ontwikkelen en overdragen van kennis. De partners in TrafficQuest bestrijken samen het hele terrein van de meer fundamentele, theoretische kennis over verkeersmanagement tot de operationele kennis over het toepassen van verkeersmanagement in de praktijk. De activiteiten van TrafficQuest bestaan uit het beantwoorden van vragen, het geven van advies in projecten, het doen van eigen onderzoek en het vastleggen en verspreiden van kennis.

www.traffic-quest.nl

Colofon.

Tekst

prof. ir. Ben Immers
ir. Henk Schuurman
dr. ir. Henk Taale
ir. Isabel Wilmink
dr. ir. Ronald van Katwijk
prof. dr. ir. Serge Hoogendoorn
dr. ir. Yufei Yuan

Productie

Essencia Communicatie, Den Haag

Fotografie

Robert de Voogd

© 2015 TrafficQuest

Niets uit deze uitgave mag worden veeleenvoudigd in enige vorm zonder voorafgaande toestemming van de uitgever. Hoewel de gegevens van deze brochure met grote zorgvuldigheid zijn bijeengebracht, aanvaardt de uitgever geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolledigheden.





