

Verkeer in Nederland 2014



TrafficQuest
CENTRE FOR EXPERTISE ON TRAFFIC MANAGEMENT

Inhoud.

Voorwoord	4		
1. De verkeersafwikkeling in Nederland	8	3. De belangrijkste thema's van 2014	44
1.1. Bronnen van gegevens over de verkeersafwikkeling	9	3.1. Gecoördineerd Netwerkbreed Verkeersmanagement	45
1.2. Verkeersafwikkeling in cijfers	14	3.2. Integratie wegkant en in-car	51
1.3. Verkeersveiligheid in cijfers	24	3.3. Coöperatieve systemen	56
1.4. Luchtkwaliteit in cijfers	26	3.4. Datafusie	59
1.5. Samenvatting	27		
2. De files verklaard	30	4. Nieuwe ontwikkelingen in onderzoek	64
2.1. Verkeerstrends	31	4.1. Nieuwe onderzoeksthema's	65
2.2. Relevante ontwikkelingen	38	4.2. Relevant promotieonderzoek	72
		4.3. Interessante papers en congresbijdragen	78
		4.4. Onderzoeksgroepen	81

5. Pilots verkeersmanagement	86
5.1. Gecoördineerd Netwerkbreed Verkeersmanagement	87
5.2. Integratie wegkant en in-car, Coöperatieve systemen	90
5.3. Automatisch rijden	93
5.4. Veiligheid	97
5.5. Data	98
5.6. Platforms en samenwerkingsverbanden	99
Literatuur	100
Over TrafficQuest	102
Colofon	103

Voorwoord.

De taak die we onszelf als TrafficQuest hebben gesteld, laat zich in één zin samenvatten: kennis en expertise op het gebied van verkeersmanagement en -informatie bijeenbrengen, analyseren en ontsluiten. Die taak hebben we de afgelopen jaren serieus en voortvarend opgepakt. We hebben inmiddels een hele reeks aan rapporten, artikelen en memo's geschreven om het vakgebied in het algemeen en onze partners Rijkswaterstaat, TU Delft en TNO in het bijzonder, te bedienen.

In onze state-of-the-art publicaties hebben we steeds ingezoomd op specifieke thema's als human factors, coördinatie van maatregelen, incidentmanagement, netwerkmanagement vanuit verkeerscentrales, coöperatieve systemen enzovoort. Daarmee voorzien we in een behoefte – alle kennis over het onderwerp in één rapport – maar het betreft wel steeds een deel van het verkeersdomein. Wat neem je waar als je als het ware uitzoomt en de stand van zaken en de ontwikkelingen van 'het verkeer in Nederland' beschouwt? Die vraag is belangrijk voor een grote groep professionals, van beleidsmakers

tot operators in verkeerscentrales. Als TrafficQuest hebben we daarom besloten om naast de specifieke rapporten een bericht uit te brengen dat vooral overzicht biedt. Omdat we het jaarlijks willen updaten, spreken we van een Jaarbericht Verkeer in Nederland.

U heeft nu de eerste uitgave, de 2014-versie, in handen. Wat vindt u in dit Jaarbericht? We bespreken allereerst hoe het gesteld is met de kwaliteit van de verkeersafwikkeling op het Nederlandse wegennet. We gaan in op de ontwikkelingen en trends en proberen die aan de hand van maatschappelijke ontwikkelingen te duiden. Maar ook bespreken we de 'hot topics' van het moment: de onderwerpen waar beleidsmakers, onderzoekers en de industrie enthousiast over zijn. We benoemen de nieuwe onderzoeksthema's die volgens TrafficQuest opgepakt zouden moeten worden. We bieden een overzicht van papers die u gelezen móét hebben. En tot slot geven we een overzicht van belangrijke pilots wereldwijd waarin verkeersmanagement- en verkeersinformatiemaatregelen in een real-world omgeving worden beproefd.



Wie na dit overzicht alsnog wil inzoomen, zal baat hebben bij de verwijzingen bij de onderzoeksthema's, papers en pilots. Die links en downloads hebben we ook overzichtelijk bij elkaar gezet op onze site, op www.traffic-quest.nl/nl/jaaroverzicht2014.

Op deze wijze is het Jaarbericht niet alleen een overzicht, maar ook een startpunt voor zoektochten naar meer informatie over trends, maatregelen en onderzoeksgroepen.

Verkeersmanagement en verkeersinformatie zijn fascinerende kennisdomeinen met een groot maatschappelijk belang. We hebben met veel plezier aan dit Jaarbericht gewerkt en we hopen van harte dat we met deze uitgave onze taak om kennis te verzamelen, analyseren en ontsluiten op een passende wijze invullen – en zo weer een steentje bijdragen aan de ontwikkeling van ons vakgebied!

Het TrafficQuest-team, Mei 2014

Quotes van de Commissie van Toezicht

Dr. ir. André van Lammeren, *Directeur*

Bereikbaarheid en Infrastructuur bij Rijkswaterstaat:

“Voor mij is het netwerk van TrafficQuest van groot belang: een kleine club waarin de kennis van tientallen professionals op het gebied van verkeersmanagement samenkomt!”

Prof. dr. ir. Bart van Arem, *Hoofd van*

de afdeling Transport & Planning bij TU Delft:

“Het nieuwe jaarbericht van TrafficQuest zet de ontwikkeling van het verkeer in deskundig perspectief en geeft richting voor verdere ontwikkeling!”

Dr. ir. Michiel Jak, *Innovatiedirecteur Mobiliteit bij TNO:*

“Het valt me op dat Nederland in het hart van het internationale kennisecosysteem zit en leidend is op een aantal grootschalige pilots.”





De verkeersafwikkeling in Nederland.

In een jaarbericht mag een terugblik uiteraard niet ontbreken. Hoe heeft de verkeersafwikkeling in Nederland zich de afgelopen tijd ontwikkeld? Hoe staat het met de reistijd en reistijdbetrouwbaarheid? Hoe ontwikkelen de verkeersveiligheid en luchtkwaliteit zich? In dit hoofdstuk zetten we de belangrijkste feiten op een rij. Daarbij schep-
pen we enige orde in het soms onoverzichtelijke woud aan gegevensbronnen en indicatoren.

1.1. Bronnen van gegevens over de verkeersafwikkeling



In Nederland verzamelen we jaarlijks tientallen terabytes aan verkeersgegevens. Op veel plaatsen in het wegennet zijn meetpunten opgenomen die gegevens over het volume, de snelheid en de samenstelling van het verkeer verzamelen en doorsturen naar een centrale, waar ze worden bewerkt en verder verspreid. Traditioneel zijn het de wegbeheerders die voor deze basisdata zorgen. De gegevens gebruiken ze voor hun eigen doeleinden, bijvoorbeeld om de (politiek) verantwoordelijken van de juiste informatie te voorzien of voor planstudies. Sinds 1996 stellen de wegbeheerders de basisdata ook beschikbaar aan serviceproviders, die er verkeersinformatie mee samenstellen. De laatste jaren verzamelen serviceproviders ook zelf data om hun service aan reizigers te verbeteren en uit te breiden.

De belangrijkste partijen en producten

Als het gaat om het inwinnen van verkeersgegevens is Rijkswaterstaat nog steeds de belangrijkste bron. Dankzij de ontwikkeling en implementatie van het verkeerssignaleringssysteem en de bijbehorende meetpunten met detectielussen wordt een substantieel deel van het rijkswegennet al jaren goed bemeten.

Een van de producten waarvoor Rijkswaterstaat de verzamelde verkeersgegevens gebruikt, is de *Publieksrapportage Rijkswegennet*. Deze rapportage, die drie keer per jaar verschijnt, presenteert de globale verkeersontwikkelingen op het hoofdwegennet, zoals afgelegde afstand, omvang van de congestie en verliestijd. Ook onderwerpen als hinder door wegwerkzaamheden, tevredenheid van weggebruikers en het aandeel vrachtverkeer komen in de rapportage aan de orde.

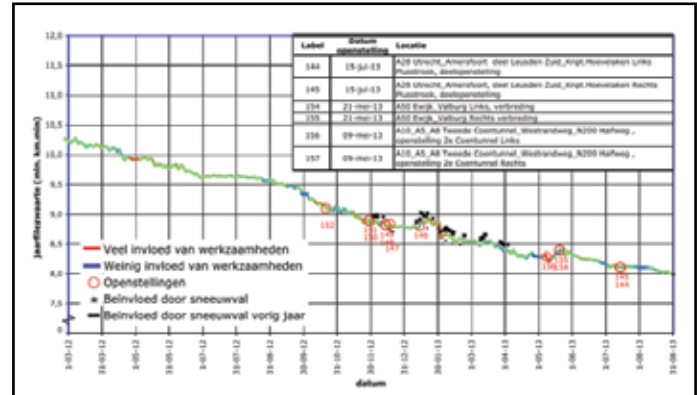
Rijkswaterstaat archiveert zijn gegevens en maakt die historische data deels toegankelijk via het *Netwerkmanagement Informatie Systeem* (NIS). In Figuur 1 is een voorbeeld opgenomen van de ontwikkeling van de filezwaarte* gedurende de periode voorjaar 2012 tot zomer 2013.

De gegevens van Rijkswaterstaat worden ook opgenomen in de *Nationale Databank Wegverkeersgegevens* (NDW). NDW is in 2007 opgericht en bestaat op dit moment uit 24 overheden: het rijk, de provincies, de stadsregio's en de vier grote steden. Zij werken samen aan het inwinnen, opslaan en distribueren van wegverkeersgegevens om het verkeer te managen en weggebruikers goed te informeren. De NDW-databank biedt inzicht in de actuele en historische verkeerssituatie op snelwegen, provinciale wegen en doorgaande stedelijke wegen van de deelnemende overheden. Deze gegevens worden gedistribueerd naar wegbeheerders en aanbieders van verkeersinformatie.

Twee van die aanbieders zijn de ANWB en de VerkeersInformatie-Dienst (VID). Op basis van NDW-data en deels ook eigen data – de VID exploiteert bijvoorbeeld bluetooth-kastjes – stellen zij verkeersinformatie samen, die ze via websites en andere media verspreiden.

*

Filezwaarte is een maat voor congestie en is een product van de lengte van de file en de tijd dat die file er staat. Een file van 1 kilometer die er 60 minuten staat, is dus even zwaar als een file van 60 kilometer die 1 minuut staat.



Figuur 1: Ontwikkeling filezwaarte op het hoofdwegennet (bron: RWS, 2013).

Daarnaast publiceren zij regelmatig berichten over de ontwikkeling van de files in Nederland, gebruikmakend van de hierboven genoemde indicator filezwaarte. In hun berichten gaat het dan over de relatieve veranderingen ten opzichte van een voorgaande periode. Maar de ANWB en VID publiceren ook een eigen *File Top 50*, met absolute filezwaartecijfers (kilometerminuten). In Tabel 1 is bij wijze van voorbeeld een deel van de File Top 50 van de VID over 2013 weergegeven.

2013**2012**

#		km.min	weg	hoofdrichting	koplocatie	#	km.min
1	▲	217.901	A20	Hoek van Holland → Gouda	Terbregseplein	2	238.915
2	▼	130.799	A50	Arnhem → Oss	Ewijk	1	281.427
3	▲	124.559	A20	Hoek van Holland → Gouda	Moordrecht	16	87.171
4	▲	119.452	A16	Breda → Rotterdam	Terbregseplein	8	109.299
5	☀	114.116	A9	Alkmaar → Amstelveen	Badhoevedorp (knp.)	-	30.284
6	▲	105.085	A27	Gorinchem → Breda	Merwedeburg	15	90.097
7	=	104.148	A13	Rijswijk → Rotterdam	Kleinpolderplein	7	111.499
8	▲	99.880	A1	Amsterdam → Amersfoort	Eembrugge	12	99.880
9	▼	86.370	A15	Rozenburg → Ridderkerk	Vaanplein	3	159.978
10	▲	81.120	A20	Gouda → Hoek van Holland	Rotterdam-Centrum	19	75.788
11	▼	80.937	A1	Amsterdam → Amersfoort	Bunschoten	10	101.677
12	▲	76.937	A1	Amersfoort → Amsterdam	Eembrugge	20	73.869
13	▲	73.277	A12	Utrecht → Den Haag	Malieveld	25	62.490
14	▲	73.267	A8	Zaandam → Amsterdam	Zaanstad-Zuid	46	37.981
15	▼	72.859	A27	Utrecht → Almere	Bilthoven	9	104.553
16	▲	69.561	A20	Gouda → Hoek van Holland	Nieuwerkerk aan den IJssel	22	67.655
17	▼	68.159	A27	Almere → Utrecht	Bilthoven	13	96.589
18	▼	64.207	A10	De Nieuwe Meer → Coenplein	Coenplein	5	134.572
19	▼	63.829	A8	Zaandam → Amsterdam	Coenplein	17	86.494
20	☀	58.761	A28	Amersfoort → Utrecht	Rijnsweerd	-	19.971

Tabel 1: De eerste twintig files uit de File Top 50 (bron: VID).

Ook TomTom en INRIX leveren als aanbieders van verkeersinformatie cijfers over de omvang van de congestie. Zij gebruiken daarvoor zowel data uit ‘vaste’ meetpunten (in, boven en langs de weg) als floating car data. Hun actuele verkeersinformatie leveren zij aan andere partijen – de ANWB maakt bijvoorbeeld gebruik van TomTom-data – en rechtstreeks aan de weggebruikers.

Om inzicht te bieden in de ontwikkeling van files publiceert TomTom rapportages met zogenaamde *Traffic Indices*: een vergelijking van de reistijd tijdens en buiten de spitsperiodes. TomTom berekent deze index voor 120 stedelijke agglomeraties in de wereld, waarvan ongeveer de helft in Europa ligt. INRIX gebruikt de *INRIX Index* om verkeersgegevens van steden en landen met elkaar te vergelijken. Deze gaat uit van hetzelfde principe als de Traffic Index van TomTom: een gemeten snelheid wordt vergeleken met een vrije snelheid voor alle wegsegmenten. Daarna worden nog allerlei bewerkingen uitgevoerd om te komen tot een index voor een stad of land. In Figuur 2 is een voorbeeld van zo’n scorecard opgenomen.

Bij het samenstellen van de *Verkeersmonitor* (TNO, 2013) voor de Beter Benutten-regio’s^{*} zijn gegevens uit verschillende bronnen gefu-

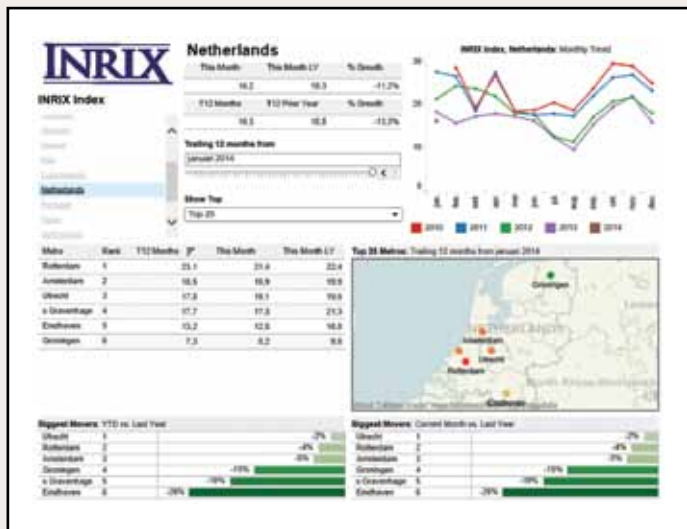
seerd. Het gaat om data uit de historische database van NDW, aangevuld met lokale data uit verkeersregelinstallaties, reistijdcamera’s en bluetooth-meetstations en reistijdgegevens op basis van telefoon-data. De gegevens worden ingelezen, beoordeeld op betrouwbaarheid en databeschikbaarheid in tijd en ruimte, en middels opgestelde rekenregels geaggregeerd naar trajecten. Dat kunnen trajecten op het hoofdwegennet zijn, maar ook trajecten op het stedelijke of het provinciale wegennet, of op verschillende wegennetten. Op basis van de data worden steeds vier indicatoren berekend: voertuigverliesuren, verkeersprestatie, reistijd en gemiddelde snelheid. Overigens berekent de Verkeersmonitor het aantal voertuigverliesuren op een iets andere wijze dan Rijkswaterstaat. Maar omdat de Verkeersmonitor deze indicator elk jaar op dezelfde wijze bepaalt, is een relatieve vergelijking van de verkeerskundige indicatoren geen probleem.

Tot slot is er ook nog het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) dat onder andere gegevens over de infrastructuur, het wagenpark, de mobiliteit van personen en de emissies van het wegverkeer verzamelt en ter beschikking stelt (CBS, 2013).

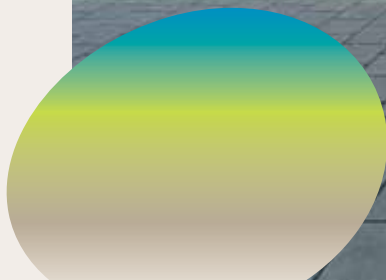
*

In het programma Beter Benutten van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu werken Rijk, regio en bedrijfsleven samen om de bereikbaarheid in de drukste regio’s over weg, water en spoor te verbeteren.





Figuur 2:
 Voorbeeld van een INRIX-scorecard voor Nederland (bron: INRIX).



1.2. Verkeersafwikkeling in cijfers

Er zijn dus veel gegevens beschikbaar. Echter, de bronnen beschrijven steeds een deel van de verkeerssituatie en dat maakt het lastig om een compleet beeld te krijgen van het verkeer in Nederland. Daarom richten we ons nu op de volgende vragen: welke indicatoren gebruiken de verschillende bronnen? Voor welk netwerk en voor welke periode zijn ze geldig? En wat levert een vergelijking van de indicatoren op?

In Tabel 2 hebben we de beschikbare bronnen en de indicatoren die daaruit afgeleid kunnen worden, op een rij gezet. Sommige bronnen leveren meer indicatoren en ook meer gedetailleerde informatie per periode, maar voor dit overzicht gaan we uit van de belangrijkste indicatoren en van jaarcijfers.

Uit deze tabel blijkt dat de verschillende indicatoren niet klakkeloos vergeleken kunnen worden. De ene indicator beschrijft de situatie vanuit het perspectief van de wegbeheerder (filezwaarte), de andere vanuit de weggebruiker (reistijd). Sommige bronnen betreffen alleen het hoofdwegennet, andere ook het onderliggende wegennet. En dan is er nog het verschil in schaalgrootte: heel Nederland of alleen bepaalde regio's of steden.

In het onderstaande gaan we dieper in op een aantal van de indicatoren en laten we de cijfers spreken over de verkeersafwikkeling in de afgelopen jaren.

Filezwaarte hoofdwegennet

Rijkswaterstaat, ANWB en VID gebruiken alle de indicator filezwaarte voor het hoofdwegennet. In hun berichtgeving benadrukken ANWB en VID het relatieve verschil ten opzichte van de vorige periode. De procentuele toename of afname kunnen we ook voor de Rijkswaterstaat-data berekenen. De gegevens van alle drie de bronnen over de afgelopen zes jaar staan in Tabel 3.

Uit de tabel blijkt dat de cijfers redelijk dicht bij elkaar liggen, al zijn de verschillen tussen de cijfers van ANWB en Rijkswaterstaat groter dan die tussen VID en Rijkswaterstaat. Vooral het cijfer voor 2012 laat een behoorlijk verschil zien: ANWB spreekt over -20,1%, terwijl Rijkswaterstaat het op -16,2% houdt (VID: -16,0%). Dat het werkelijke cijfer meer in de orde van grootte van Rijkswaterstaat en VID ligt, wordt ondersteund door de INRIX Index. Deze index geeft een verschil voor 2012 ten opzichte van 2011 van -15,6%, al is dat dan wel voor het hoofdwegennet en de overige wegennetten samen. Voor 2013 zijn de verschillen tussen de bronnen weer verwaarloosbaar.

De tabel laat ook goed uitkomen dat de filezwaarte de afgelopen jaren sterk is afgenomen, behalve in 2010. Deze daling is ook te zien in de gemeten vertraging, zoals weergegeven in Figuur 3. Opvallend is dat het aantal gereden voertuigkilometers op het hoofdwegennet niet afneemt en zelfs nog toeneemt, al is de groei de laatste jaren kleiner dan daarvoor. De vertraging (en ook de filezwaarte) is wel

fors afgenomen en ligt in 2013 onder het niveau van 2000. Deze afname is vooral het gevolg van de uitbreiding van de infrastructuur in de vorm van spitsstroken op een groot aantal trajecten in de jaren 2011 (59% meer spitsstrookkilometers dan in 2010) en 2012 (14% meer spitsstrookkilometers dan in 2011). De kleine toename van de vertraging in 2010 is te wijten aan de vele wegwerkzaamheden in dat jaar en aan een relatief groot aantal dagen met slecht weer.

Filezwaarte hoofdwegennet opgesplitst naar oorzaak

Voor het hoofdwegennet wordt goed bijgehouden wat de oorzaken van de files zijn. Dat biedt mogelijkheden om wat verder in te zoomen op de indicator filezwaarte. De fileoorzaken zijn omwille van de leesbaarheid geclusterd in vier categorieën: *Knelpunt*, *Verstoring* (incidenten en evenementen),

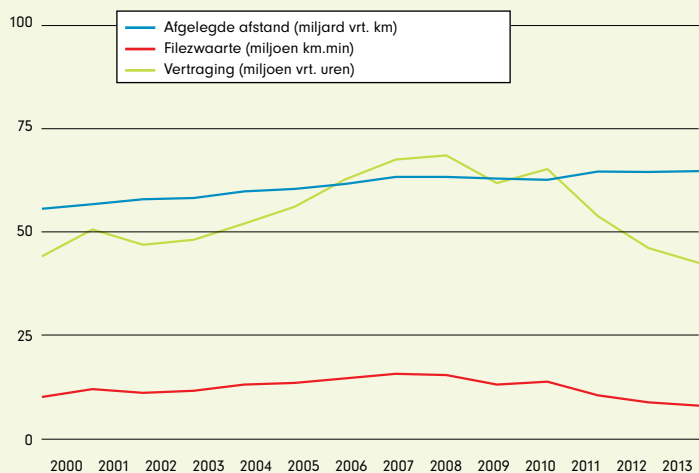
	Wegennet	CBS	RWS	ANWB	VID	TomTom	INRIX	Verk.mon.
Weglengte	NL HWN OWN	● ● ●	●					● ●
Afgelegde afstand	NL HWN OWN	● ● ●	●					● ●
Filezwaarte	NL HWN OWN		●	●	●			
Vertraging	NL HWN OWN		●					● ●
Reistijd	NL HWN OWN		●					● ●
Congestie-index	NL HWN OWN					● ●	● ●	

NL = Heel Nederland, HWN = hoofdwegennet, OWN = overige wegennetten

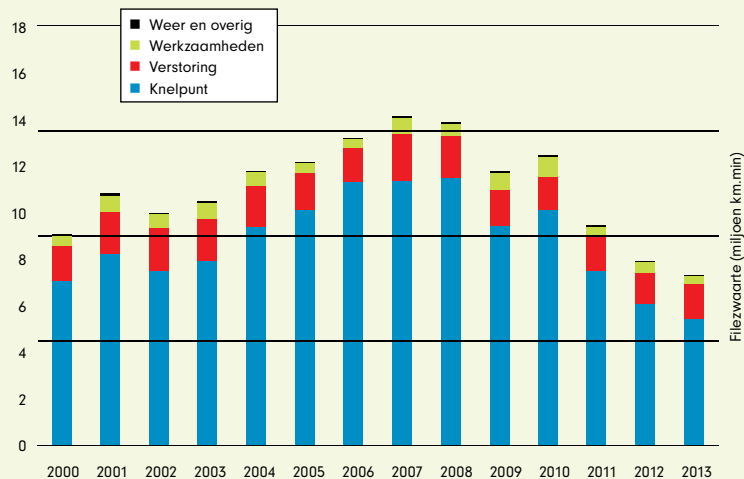
Tabel 2: Overzicht van indicatoren en bijbehorende bronnen. Merk op dat sommige bronnen heel Nederland betreffen (CBS bijvoorbeeld), terwijl andere bronnen zich beperken tot specifieke regio's (zoals de Verkeersmonitor).

Bron	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Rijkswaterstaat	-1,9%	-14,9%	+5,3%	-23,9%	-16,2%	-8,0%
ANWB	-1,4%	-14,0%	+9,0%	-25,0%	-20,1%	-8,0%
VID	-1,7%	-14,5%		-24,1%	-16,0%	-8,0%

Tabel 3: Filezwaarte op het hoofdwegennet: relatief verschil ten opzichte van het jaar ervoor, voor de bronnen Rijkswaterstaat, ANWB en VID.



Figuur 3: Congestie-indicatoren voor het hoofdwegenet (bron: Rijkswaterstaat).



Figuur 4: Filezwaarte naar oorzaak, absoluut (bron: Rijkswaterstaat).

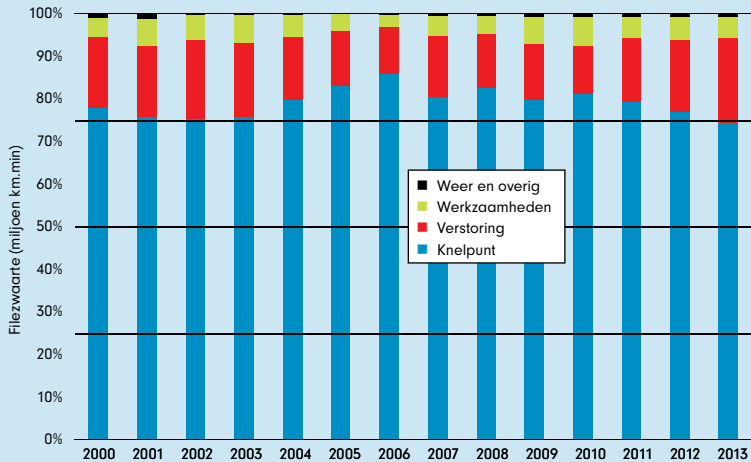
Werkzaamheden en *Weer + overig*. De omvang van de filezwaarte per categorie staat in Figuur 4, de relatieve bijdrage van de onderscheiden categorieën is weergegeven in Figuur 5.

Duidelijk is dat de afname van de filezwaarte in de laatste jaren het sterkst is in de categorie Knelpunten. Daar is dus de meeste winst behaald. Mede daardoor neemt de relatieve omvang van de oorzaak Verstoring toe tot ongeveer 20% in 2013, terwijl deze in absolute

aantallen juist is afgenomen van 2,2 miljoen kilometerminuten in 2007 naar 1,6 miljoen kilometerminuten in 2013.

De congestie-index voor stedelijke netwerken

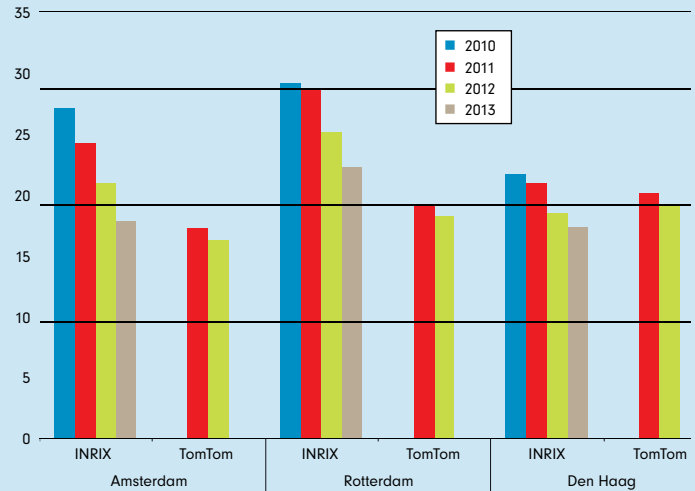
Zowel INRIX als TomTom bepalen elk een eigen congestie-index voor (een aantal) stedelijke netwerken. In figuur 6 hebben we de twee varianten vergeleken voor Amsterdam, Rotterdam en Den Haag, over de jaren 2010-2013. Merk op dat TomTom geen gegevens over 2010



Figuur 5: Filezwaarte naar oorzaak, relatief (bron: Rijkswaterstaat).

biedt en dat hun gegevens over 2013 op het moment van schrijven van dit jaarbericht nog niet beschikbaar waren.

In de figuur is goed zichtbaar dat de congestie ook in stedelijke netwerken afneemt. De indices van INRIX en TomTom komen niet helemaal overeen, hoewel ze eenzelfde dalende trend laten zien. Het verschil is goed te verklaren door de wijze waarop de indices worden berekend: de omvang van het beschouwde netwerk, de hoeveel-

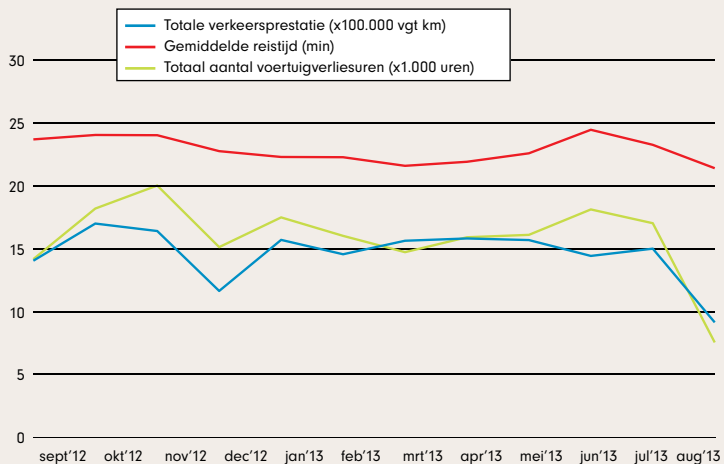


Figuur 6: Congestie-index voor stedelijke netwerken (bron: INRIX en TomTom).

heid gegevens die worden gebruikt en de opschoning daarvan zijn bij INRIX en TomTom steeds net even anders.

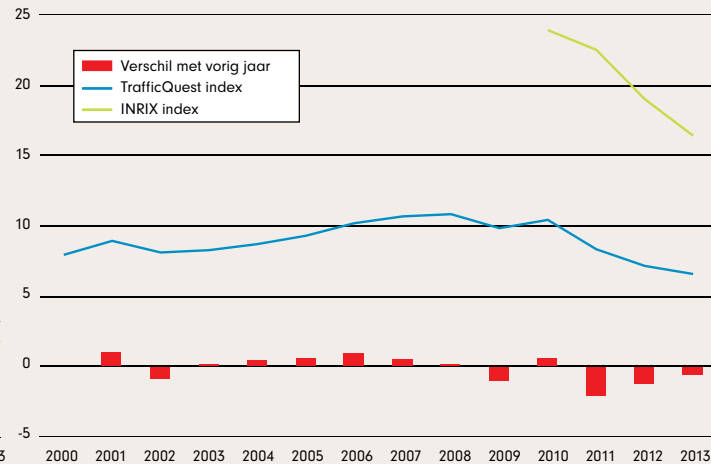
De indicatoren van de Verkeersmonitor

De Verkeersmonitor die voor de Beter Benutten-regio's is opgesteld, gebruikt voor het bemeten wegennet (hoofd en overig) diverse indicatoren. Op dit moment bevat de Verkeersmonitor gegevens vanaf september 2011. Een voorbeeld voor de overige wegennetten is opge-



Figuur 7: Verkeersafwikkeling op het stedelijke traject Kleinpolderplein-Vaanplein, voor een gemiddelde avondspits (bron: TNO).

nomen in Figuur 7. Het betreft het verloop van een aantal prestatie-indicatoren voor de gemiddelde avondspits (15.00-19.00 uur) op het Maastunneltracé in Rotterdam (Kleinpolderplein-Vaanplein), over de meetperiode september 2012 tot en met augustus 2013. Voor de overige wegennetten geldt overigens dat indicatoren die worden afgeleid van de gemeten *intensiteit*, zoals verkeersprestatie en voertuigverliesuren, meer indicatief van aard zijn. Het aantal meetlocaties is er eenvoudigweg nog te beperkt om harde uitspraken te doen. Dat is



Figuur 8: Reistijdindex voor het hoofdwegennet (bron: RWS en INRIX).

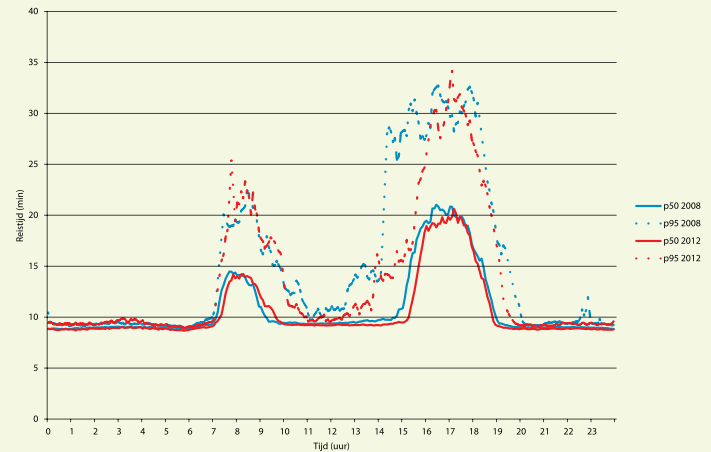
op het hoofdwegennet anders: op drukke trajecten ligt gemiddeld om de 500 meter een meetlus en bovendien is het aantal toe- en afritlocaties beperkt waardoor betere intensiteitsmetingen mogelijk zijn.

TrafficQuest-reistijdindex

De indicatoren die we tot nu toe hebben besproken, leggen sterk de nadruk op wat er gebeurt in de spitsen. Het gaat bij bijvoorbeeld filezwaarte en vertraging immers vooral om (de omvang en gevolgen



Figuur 9: Reistijd en reistijdonbetrouwbaarheid op het hoofdwegenet, relatief (bron: Rijkswaterstaat, bewerking KiM).



Figuur 10: Reistijdpercentielen voor donderdagen in 2008 en 2012 op de A13 richting Rotterdam (bron: Rijkswaterstaat, bewerking TNO).

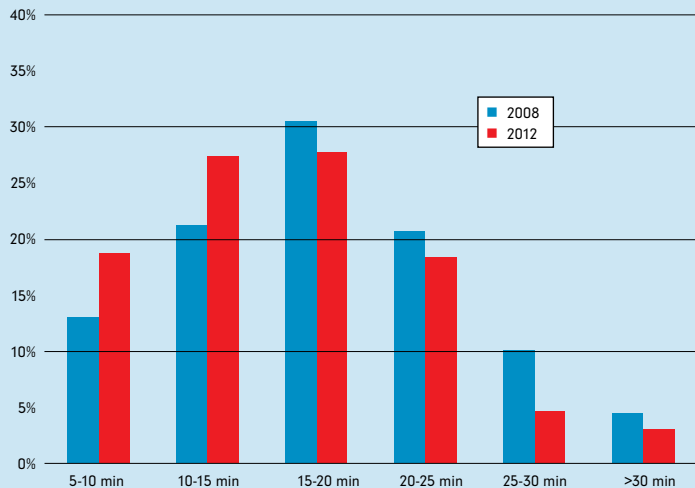
van) congestie en die doet zich hoofdzakelijk voor tijdens de spitsperiodes. Om de focus wat te verbreden heeft TrafficQuest berekend hoeveel extra reistijd een weggebruiker die op een *willekeurig* tijdstip reist, kwijt is op het hoofdwegenet.² Om deze zogenaamde reistij-

2

Helaas zijn er onvoldoende gegevens van de overige wegennetten beschikbaar om eenzelfde berekening voor die netten te kunnen maken. Ook voor een berekening over heel Nederland weten (meten) we nog te weinig.

dindex te bepalen, is gebruik gemaakt van de indicatoren afgelegde afstand en vertraging. Op basis van deze gegevens vergelijken we de waargenomen reistijd met de reistijd die nodig is als je 100 km/uur kan rijden.

De blauwe lijn in Figuur 8 geeft de reistijdindex weer vanaf 2000. Voor 2012 is deze index 7,1% wat betekent dat een rit die bij vrij verkeer (100 km/uur) 60 minuten zou duren in 2012 gemiddeld iets



Figuur 11: Reistijdverdeling voor donderdagavondspitsen in 2008 en 2012 op de A13 Rijswijk richting Rotterdam (bron: Rijkswaterstaat, bewerking TNO).

meer dan 64 minuten (= 107,1% van 60) duurt. Vanaf 2003 neemt de reistijdindex geleidelijk toe om vanaf 2009 weer af te nemen, behalve in 2010 – geheel in overeenstemming met de andere indices. Wel wordt vanaf 2011 de afname steeds kleiner. In deze figuur zijn ook het verschil met het voorgaande jaar opgenomen en de INRIX Index voor heel Nederland gedurende de spitsen (vanaf 2010 tot en met september 2013). Deze INRIX-lijn laat een scherpere daling zien. De verklaring hiervoor is dat de vertraging in de spits relatief sterker afneemt dan daarbuiten. De lijn ligt hoger, omdat in deze index ook het verkeer op het onderliggende wegennet is meegenomen. De hogere waarde laat zich verklaren door het grotere procentuele verschil in snelheid (en reistijd) op het provinciale en stedelijke wegennet gecombineerd met de grotere lengte van die wegennetten. Overigens wordt voor de INRIX Index als referentie een *gemeten* reistijd onder vrije omstandigheden gebruikt.

Reistijdbetrouwbaarheid

De afname van de congestie heeft ook gevolgen voor de (on) betrouwbaarheid van reistijden, zo blijkt uit de berekeningen van het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM, 2013). Het instituut definieert de onbetrouwbaarheid van de reistijd als de mate waarin de reistijd langer of korter is dan de reistijd die de reiziger van tevoren verwacht. Deze definitie, uitgedrukt in de standaardafwijking, omvat zowel de structurele, dagelijkse variaties als de incidentele kleine en grote verstoringen. Reistijden langer dan twee keer de standaardafwijking worden ex-

treme reistijden genoemd. De relatieve ontwikkeling tussen 2001 en 2012 (voor 2000 waren deze gegevens nog niet beschikbaar) wordt getoond in Figuur 9. Duidelijk is dat de onbetrouwbaarheid de laatste jaren fors is afgenomen.

Om de ontwikkelingen van de reistijd(on)betrouwbaarheid te illustreren, hebben we in figuur 10 voor het A13-traject Rijswijk-Rotterdam de situatie van 2008 vergeleken met die van 2012. Het betreft de reistijden op een doordeweekse dag (donderdag). In 2012 loopt de reistijd uiteen van circa 8 minuten onder free-flow condities tot een piek in het 95e percentiel (rode stippellijn) van bijna 35 minuten in de avondspits. Dit is meer dan vier keer de free-flow reistijd. De mediaan van de reistijd tijdens die piek ligt voor 2012 rond 20 minuten, wat nog altijd meer dan twee keer de free-flow reistijd is. Vergeleken met 2008 is de mediaan van de reistijd in 2012 vrijwel hetzelfde, maar de reistijden lopen in de avondspits minder uiteen. In Figuur 11

Weg	Wegvak		2009	2012	Rang
15	Kp Ridderkerk 1	Hendrik Ido Ambacht	239.728	239.400	01 (02)
4	Kp Prins Clausplein	Delft Noord	241.269	239.200	02 (01)
4	Hoofddorp	Kp De Hoek	208.287	215.800	03 (04)
10	Kp De Nieuwe Meer	Amstelveen S108	202.591	213.000	04 (06)
12	Utrecht	Nieuwegein Noord	220.652	208.500	05 (03)
10	RAI S109	Kp Amstel	184.724	200.400	06 (13)
16	R'dam Centrum	Kralingen	198.062	200.100	07 (07)
16	Kralingen	Prins Alexander	205.098	197.100	08 (05)
10	Amstelveen S108	RAI S109	188.115	196.000	09 (10)
4	Kp Badhoevedorp	Vlvd Schiphol	181.294	190.500	10 (14)
4	Kp De Nieuwe Meer	Sloten	181.163	189.100	11 (15)
4	Kp Badhoevedorp	Sloten	189.347	187.900	12 (09)
27	Kp Rijnsweerd	Kp Lunetten	190.652	183.800	13 (08)
4	Hoofddorp	Nieuw-Vennep	186.089	178.400	14 (11)
1	Muiden	Muiderslot	184.964	169.600	15 (12)

Tabel 4: Overzicht van de wegvakken in Nederland met meer dan 180.000 motorvoertuigen per etmaal (beide richtingen samen).



is deze ontwikkeling in de reistijdverdeling ook goed zichtbaar.

Aantal drukke wegvakken

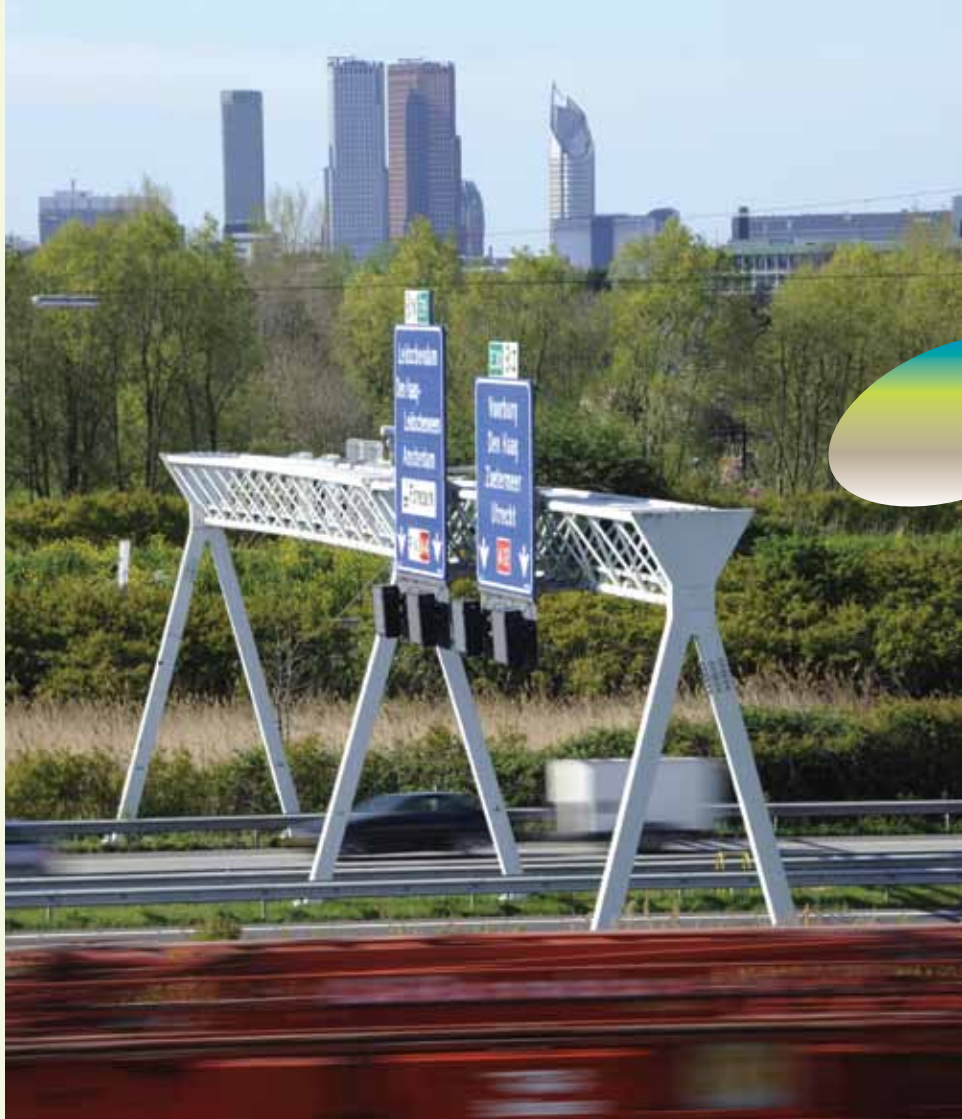
Dat er minder congestie is, betekent niet dat er minder wordt gereden op het hoofdwegenet. Dat hadden we al gezien in Figuur 3, maar het blijkt ook uit het overzicht van de wegvakken met een belasting van meer dan 180.000 motorvoertuigen per etmaal (in beide richtingen). In Tabel 4 is dit overzicht opgenomen voor de jaren 2009 en 2012.

Uit de tabel is af te lezen dat het op sommige wegvakken minder druk is geworden, maar dat op andere wegvakken de drukte juist is toegenomen.

Op basis van de telgegevens kunnen we ook concluderen dat het hoofdwegenet in Nederland zwaar belast is. Terwijl Nederland vijftien wegvakken heeft met een belasting van meer dan 180.000 motorvoertuigen per etmaal, heeft België er slechts zeven, Engeland vijf en Duitsland twee – zie Tabel 5 (VV, 2011; VV, 2013; DfT, 2013; Bast, 2013). Overigens is het ook op deze buitenlandse wegvakken gemiddeld genomen drukker geworden.

Land	Wegvak	2010	2012
België	R1 Antwerpen: Borgerhout – Berchem	259.984	269.869
	R1 Antwerpen: Berchem – Antwerpen-Zuid	232.019	238.829
	R1 Antwerpen: Borgerhout – E313	240.660	236.832
	R1 Antwerpen: Deurne – Antwerpen-Oost	205.177	210.492
	R0 Brussel: Zaventem – Machelen	–	202.382
	R0 Brussel: UZ Jette – Wemmel	181.325	199.360
	R0 Brussel: Zaventem-H. – St-Stevens-Woluwe	–	183.107
Engeland	M25 – M4-Heathrow	185.633	207.485
	M25 – Heathrow-A30	195.360	196.279
	M60 – A572-M602	184.002	190.044
	M1 – A414 (Junction 7/8)	155.662	186.726
Duitsland	M25 – M3-A317	176.150	181.764
	A3 AD Heumar – Köln	183.869	185.422
	A100 Dreieck Funkturm – Kurfürstendamm	186.100	169.422

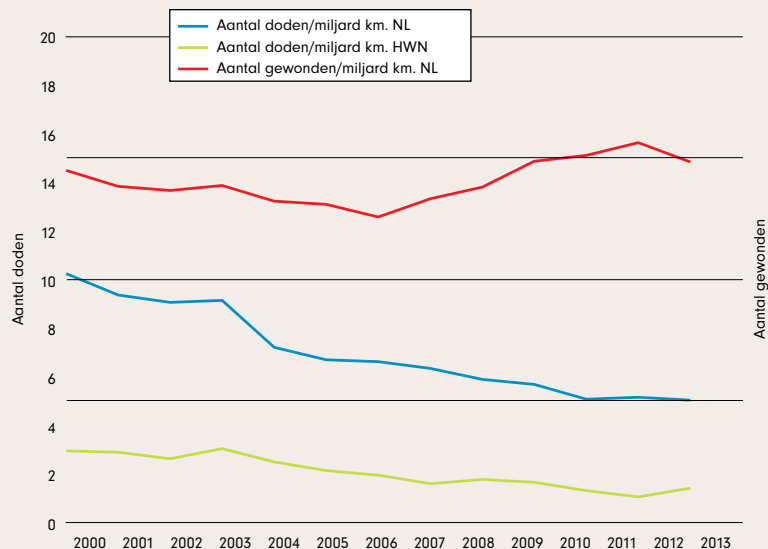
Tabel 5: Overzicht wegvakken in buurlanden met meer dan 180.000 motorvoertuigen per etmaal (beide richtingen samen).



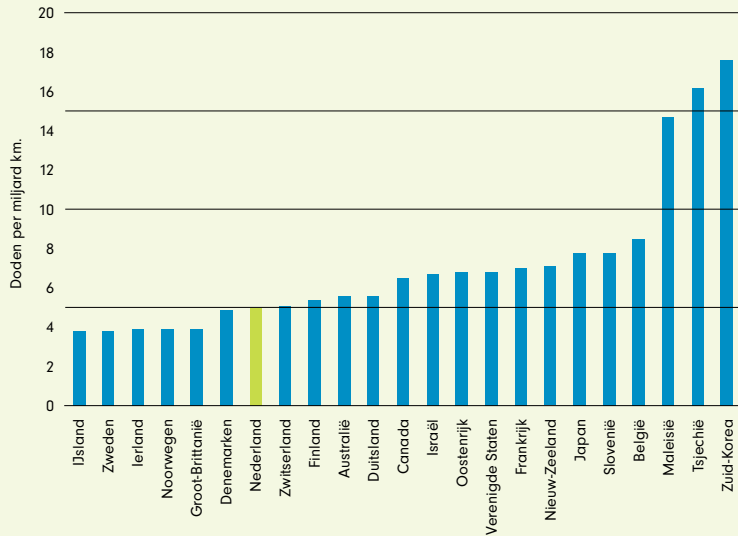
1.3. Verkeersveiligheid in cijfers

De verkeersveiligheid in Nederland ligt al jaren op een hoog peil. Figuur 12 toont de ontwikkelingen in de cijfers voor verkeersdoden (totaal in Nederland en op het hoofdwegennet) en verkeersgewonden (totaal in Nederland) per miljard gereden kilometers voor de periode 2000-2012. De gebruikte cijfers zijn afkomstig van Rijkswaterstaat, SWOV en CBS. Te zien is wel dat de afname in verkeersdoden afvlakt, terwijl het aantal gewonden, relatief en absoluut, sinds 2006 weer toeneemt. In 2013 is er gelukkig weer een daling te zien door een forse afname van het aantal verkeersdoden.

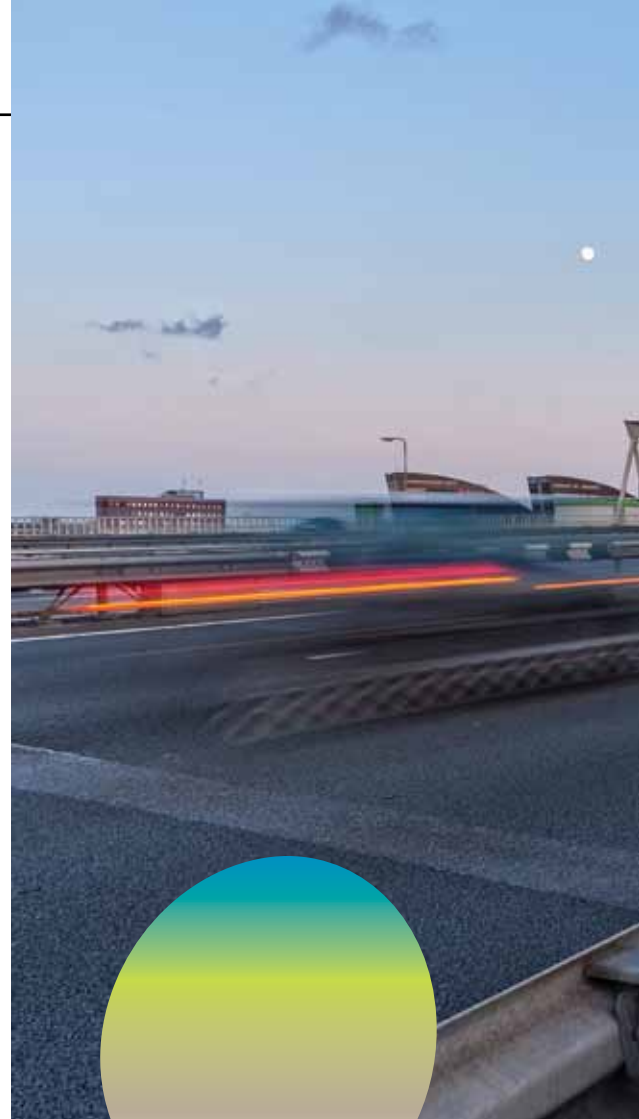
Plaatsen we de Nederlandse situatie in internationaal perspectief, dan krijgen we Figuur 13. Aan de basis van dit overzicht staan de data uit 2011 betreffende het aantal doden per miljard gereden kilometers (IRTAD, 2013). Met een zevende plek doet Nederland het internationaal gezien nog steeds goed. Ook als we de verkeersveiligheid uitdrukken in aantal verkeersdoden per miljoen inwoners, doen we bovenaan mee: binnen Europa nemen we dan de vierde plaats in met ongeveer 40 verkeersdoden per miljoen inwoners (gemiddeld over de jaren 2009-2011), na Malta, Zweden en het Verenigd Koninkrijk (SWOV, 2013).



Figuur 12: Verkeersveiligheid in Nederland (bron: Rijkswaterstaat, SWOV en CBS).



Figuur 13: Verkeersveiligheid in internationaal perspectief (bron: IRTAD).

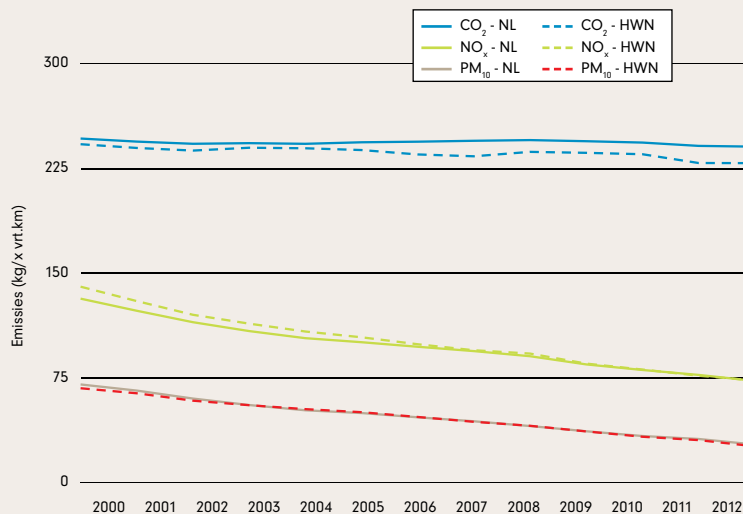


1.4. Luchtkwaliteit in cijfers

Het Centraal Bureau voor de Statistiek publiceert ook data over de emissies van schadelijke stoffen door het wegverkeer (CBS, 2013). Deze data hebben we bewerkt tot uitstoot van CO₂, NO_x en PM₁₀ per afgelegde afstand. Voor CO₂ is dat kilogram per duizend afgelegde kilometers, voor NO_x kilogram per honderdduizend afgelegde kilometers en voor PM₁₀ kilogram per miljoen voertuigkilometers. De verschillende afstanden zijn gebruikt om de ontwikkeling van de emissies in één grafiek te kunnen presenteren. Het resultaat voor heel Nederland (NL) en het hoofdwegennet (HWN) is te zien in Figuur 14.

Het is duidelijk dat alle emissies de afgelopen jaren zijn afgenomen. Tussen 2000 en 2012 was deze afname voor CO₂ het kleinst met 2% voor heel Nederland en 6% voor het hoofdwegennet. De hoeveelheid NO_x nam beduidend fors af met respectievelijk 45% en 48%. De uitstoot PM₁₀ nam eveneens sterk af, met 61% voor zowel Nederland als het hoofdwegennet.

Volgens het Europees Milieuagentschap (EEA) wordt het wagenpark snel schoner. In Nederland is de uitstoot van het nieuwe wagenpark het laagst van heel Europa. De uitstoot van nieuwe auto's in 2013 is 8% lager dan in 2012.



Figuur 14: Emissies van het wegverkeer (bron: CBS, bewerking: TrafficQuest).

1.5. Samenvatting

Al met al kan geconcludeerd worden dat het met de verkeersafwikkeling in Nederland steeds beter gaat. Op het hoofdwegennet is de vertraging teruggedrongen tot ongeveer het peil van 2000, terwijl er toch meer kilometers gereden zijn. Van de overige wegennetten weten we minder, maar ook daar is een daling in de vertraging te zien. Bemoedigend is dat het aantal verkeersdoden nog steeds afneemt en dat ook de emissies van het wegverkeer lichtjes afvlakken (CO_2) dan wel sterk verminderd zijn (NO_x en PM_{10}). De enige indicator die tegen de trends ingaat, is het aantal gewonden op het Nederlands wegennet: dit aantal is de afgelopen jaren gestegen.







2

De files verklaard.

Nu we alle cijfers over de bereikbaarheid in Nederland op een rij hebben gezet, kunnen we ons richten op de betekenis van die data. Hoe zijn de trends van de afgelopen jaren te verklaren? Welke factoren hebben een rol gespeeld? En ook: wat leert dat ons over de nabije toekomst? Welke ontwikkelingen buiten het verkeersdomein – (sociaal)economische, maatschappelijke en demografische veranderingen – zullen de komende tijd hun weerslag hebben op het verkeer in Nederland?

2.1. Verkeerstrends

In het vorige hoofdstuk zijn ook de stedelijke en provinciale wegennetten aan bod gekomen, mede dankzij de overzichten van TomTom, INRIX en de Verkeersmonitor. In dit hoofdstuk zullen we ons strikter tot het hoofdwegennet beperken. Niet omdat de overige wegennetten minder interessant zijn, maar puur omdat er te weinig informatie beschikbaar is over de fijnmazige en zeer diverse stedelijke en provinciale netten om er algemene, Nederlandse trends uit te kunnen destilleren. De trends in de mobiliteit, bereikbaarheid en betrouwbaarheid die we in het onderstaande bespreken, zijn dan ook gebaseerd op de gegevens van het hoofdwegennet.

De paragraaf over verkeersveiligheid betreft wel weer cijfers over alle wegennetten.

Trends in mobiliteit en bereikbaarheid

De ontwikkeling van de files op het hoofdwegennet in Nederland laat een grillig beeld zien: is er tot 2007 sprake van een duidelijke groei in de filezwaarte en de collectieve reistijdvertraging als gevolg van congestie, vanaf begin 2008 neemt de filezwaarte jaarlijks af. Inmiddels ligt de filezwaarte op een niveau (ruim) onder dat van 2000 en dat geldt ook voor het reistijdverlies. Wel ligt de bijbehorende verkeersvraag zo'n 16% hoger – zie Tabel 6.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Verkeersomvang	100	102	104	105	108	109	111	114	114	113	113	116	116	116
Reistijd	100	103	104	105	108	110	113	117	117	115	115	117	115	115
Reistijdverlies	100	115	106	109	118	127	142	153	155	140	148	122	105	96
Filezwaarte	100	119	110	115	130	134	145	155	152	130	137	104	87	79

Tabel 6: Ontwikkeling van verkeersomvang (afgelegde kilometers), reistijd en reistijdverlies (voertuigverliesuren) op het hoofdwegennet, 2000-2013 (bron: Rijkswaterstaat en TrafficQuest).

Relatie tussen verkeersvraag en -aanbod.

Voor wegbeheerders is inzicht in de relatie tussen de verkeersvraag en het verkeersaanbod (de capaciteit) heel belangrijk. Het gaat dan vooral om de vraag: met hoeveel voertuigen moet de belasting van een specifiek knelpunt worden verminderd om de vertraging op een acceptabel peil te krijgen? Weet je dat, dan weet je ook wat de exacte opgave is voor verkeers- en mobiliteitsmanagement. De hoeveelheid te weren verkeer wordt ook wel de X-factor genoemd.

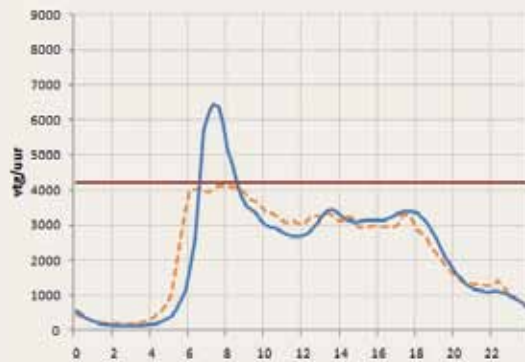
In 2011 is deze X-factor modelmatig voor de vijftig grootste knelpunten in ons land bepaald (Transpute, 2011). Het acceptabele peil waar naartoe werd gerekend, bedroeg een vertraging van 10 minuten. De reductie in voertuigverliesuren en de economische winst die de X-factor oplevert, zijn ook berekend.

De grafiek op de bladzijde hiernaast toont het voorbeeld van de A10 Coentunnel richting Zuid. De verkeersvraag (blauwe lijn) is op basis van meetcijfers bepaald. In de figuur is sprake van congestie: de vraag is immers groter dan de gemeten intensiteit (oranje lijn). De grafiek laat ook goed uitkomen dat het verkeer, als reactie op de structurele file, zich verplaatst naar de randen van de spits. Voor dit knelpunt komt de met een simulatie bepaalde X-factor uit op 2.080

voertuigen in de ochtendspits op een gemiddelde werkdag. Zou dit aantal met bijvoorbeeld verkeersmanagement en mobiliteitsmanagement uit de ochtendspits worden gehaald, dan levert dit een winst op van 8.830 voertuigverliesuren per gemiddelde werkdag. Voor deze berekening is geen rekening gehouden met terugslageffecten en een 'terug-naar-de-spitseffect'.

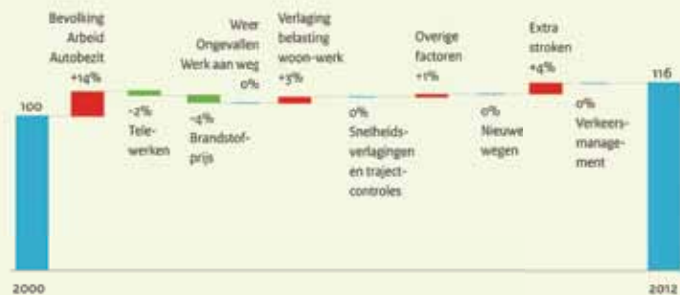
De gemiddelde X-factor voor de knelpunten in de top 50 ligt in de ochtendspits overigens een stuk lager en komt uit op 4,4% van het totaal aantal voertuigen dat in de ochtendspits langs de betreffende knelpunten rijdt. Voor de avondspits komt de X-factor op 2,2%. Het genoemde voorbeeld op de A10 Coentunnel richting Zuid vormt met 11,8% dus een uitschieter.

- Intensiteit (gemeten)
- Verkeersvraag (gereconstrueerd)
- Capaciteit



De berekende verkeersvraag voor de A10 Coentunnel richting knooppunt De Nieuwe Meer (bron: Transpute, 2011).





Figuur 15: Oorzaken voor de veranderingen in de verkeersomvang op het hoofdwegennet tussen 2000 en 2012 (bron: KiM, 2013).

De oorzaken van de afname in de filezwaarte en de reistijdvertragingen liggen aan zowel de vraagkant als de aanbodkant. In de Mobiliteitsbalans 2013 van het KiM zijn op grond van een uitgebreide data-analyse verschillende factoren in kaart gebracht. In Figuur 15 worden de belangrijkste weergegeven.

De figuur laat zien dat er in de periode 2000-2012 sprake was van een aanzienlijke toename in de verkeersomvang op het hoofdwegennet (16%). Belangrijkste factor die heeft bijgedragen aan deze groei is Bevolking-Arbeid-Autobezit (+14%), oftewel de bevolkingsgroei,



Figuur 16: Oorzaken voor de afname van het reistijdverlies op het hoofdwegennet tussen 2008 en 2012 (bron: KiM, 2013).

de arbeidsparticipatie en het autobezit en -gebruik. Ook de aanbodzijde heeft aan de groei bijgedragen: de aanleg van extra rijstroken zorgde voor 4% meer verkeer.

Uit Tabel 6 blijkt dat ook dat het reistijdverlies tot 2008 toenam en daarna weer is afgenomen. Als we kijken naar de oorzaken van deze afname voor de periode 2008 tot 2012 – Figuur 16 – dan blijkt de afname van het reistijdverlies met 32% vooral het resultaat te zijn van de aanleg van extra rijstroken (-34%) en de toepassing van verkeersmanagement (-3%).

Het werken aan de weg veroorzaakte in 2013 circa 5% van de filezwaarte op het hoofdwegenet (zie ook Figuur 5). Omdat het aantal grote wegwerkzaamheden zal afnemen, daalt dit percentage waarschijnlijk verder. Het aandeel congestie door incidenten zal daardoor verhoudingsgewijs toenemen. Dit zal de komende tijd extra aandacht vragen.

Wat verder opvalt, is dat hoewel de mobiliteit sinds de jaren zeventig gestaag groeit, we sinds 2005 een afvlakking zien in de groei van het auto-gebruik. In 2012 was er voor het eerst een beperkte daling van het aantal voertuigkilometers op het hoofdwegenet (afname van 0,2% ten opzichte van 2011), maar 2013 liet weer een kleine stijging zien (+0,3%). Onduidelijk is dus, of er sprake is van een structurele afname of dat het gaat om een toevallige afname die past binnen de 'natuurlijke ruis'. De cijfers lijken te wijzen in de richting van een stabilisering van het aantal gereden kilometers.

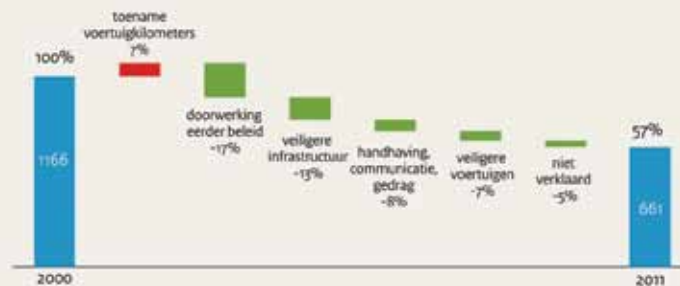
Uit onderzoek van het KiM is gebleken dat de volgende factoren een rol spelen bij de waargenomen afvlakking van de groei:

- Afname van de (auto)mobiliteit van jongvolwassenen in zowel het aantal verplaatsingen als de afgelegde kilometers (sinds 1995). Dit komt mogelijk door een afname van het aantal werkende jongvolwassenen, een lager autobezit en toenemende verstedelijking.
- Ontwikkelingen in de arbeidsparticipatie: stabilisatie bij vrouwen vanaf 2008, daling bij mannen.
- Een toename van de internationale mobiliteit en het optreden van verzadigingsverschijnselen (auto- en rijbewijsbezit). Deze factor lijkt slechts een beperkte invloed op de afvlakking te hebben.





Figuur 17: Oorzaken van de verandering in onbetrouwbaarheid op het hoofdwegenet tussen 2001 en 2012 (bron: KiM, 2013).



Figuur 18: Oorzaken voor de afname van het aantal verkeersdoden tussen 2000 en 2011 (bron: KiM, 2012).

Wat we niet goed vast kunnen stellen, is de invloed van de internet-samenleving. Probleem is onder meer dat er zowel sprake is van een beperkende invloed (minder verplaatsingen voor werken en winkelen) als een aanjagende invloed (thuisbezorging).

Trends in betrouwbaarheid reistijd

Figuur 9 uit hoofdstuk 1 toonde hoe de betrouwbaarheid van de reistijd zich de afgelopen jaren heeft ontwikkeld. Wat opvalt, is dat de gemiddelde reistijd sinds 2006 redelijk stabiel is, terwijl de betrouw-

baarheid gemiddeld gezien is toegenomen (of in de terminologie van Figuur 9: de onbetrouwbaarheid daalt). De aanleg van extra spitsstroken en plusstroken, doorgevoerde wegverbredingen en verkeersmanagement zorgden samen voor een toename van de betrouwbaarheid met 28%, zoals gevisualiseerd in Figuur 17.

Trends in verkeersveiligheid

Uit Figuur 12 konden we opmaken dat het aantal verkeersdoden sinds 2000 gestaag afneemt, al is de laatste jaren de daling wat aan

het afremmen. In Figuur 18 wordt deze daling verklaard. De factor 'Eerder beleid' heeft betrekking op de Duurzaam Veilig-maatregelen die voor het jaar 2000 zijn opgesteld en doorgevoerd, en op maatregelen voor de verkeersveiligheid van jongeren. 'Veiligere infrastructuur' betreft de invoering van 30 km/uur-zones, de aanleg van rotondes en de invoering van de snelheidslimiet van 60 km/uur op landelijke wegen. Verder zijn de voertuigen zelf veiliger geworden, terwijl ook communicatiecampagnes effectief bleken te zijn.

Zorgelijk is wel dat het aantal gewonden de laatste jaren is toegenomen. Er is nog geen onderzoek gedaan naar de oorzaken hiervan.



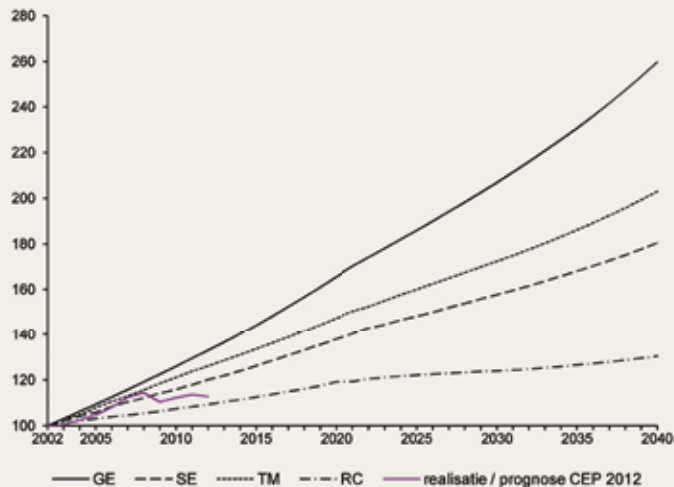
2.2. Relevante ontwikkelingen

Verkeer is uiteraard geen fenomeen dat op zichzelf staat. Zoals we in de voorgaande bladzijden vaststelden – zie bijvoorbeeld Figuur 15 en 16 – zijn er ook tal van ‘niet-verkeerskundige’ factoren die invloed hebben op de toestand op de weg. Denk aan arbeid, bevolkingsomvang, maatschappelijke veranderingen enzovoort. Om enig inzicht te krijgen in de vraag hoe het verkeer zich in de toekomst zal ontwikkelen, is het daarom nuttig stil te staan bij de trends in de ‘context’ van het verkeer. Het gaat dan vooral om economie, maatschappij en technologie.

Economie

De groei van de binnenlandse (auto)mobiliteit is sinds enkele jaren aan het afvlakken. De logische vraag is dan: zal deze ontwikkeling zich in de toekomst voortzetten? Met name drie factoren zijn hiervoor bepalend: het autobezit, de bevolkingsomvang en de werkgelegenheid.

Het CPB stelde in 2012 dat het niet aannemelijk is dat de economische ontwikkeling buiten de bandbreedte zal vallen van de Welvaart en Leefomgeving-scenario's 2002-2040 (WLO, 2006) en dat de WLO-groeiscenario's dus ook nog geen aanpassing behoeven (zie Figuur 19). Het KiM verwacht mede op basis hiervan dat de ontwikkeling van de (auto)mobiliteit zich in de toekomst binnen de bandbreedte van de meest recente



Figuur 19: Realisatie bruto binnenlands product 2002-2012 en de WLO-scenario's (bron: CPB, 2012).

prognoses (NMCA*, 2011) zal bewegen.

Gezien de recente afvlakking van de groei van de (auto)mobiliteit en de huidige economische terugval is de kans groot dat de ontwikkeling van de mobiliteit de komende jaren dicht tegen de ‘onderkant’ van de aangegeven bandbreedtes blijft liggen.

De wijze waarop de omgeving en de automobilititeit in de toekomst veranderen, hebben ook hun weerslag op de ontwikkeling van de congestie. Het KiM verwacht in 2013 nog een daling van de congestie op het hoofdwegennet, maar in de periode 2014-2017 zal het verkeer en daarmee de congestie waarschijnlijk weer gaan groeien door de aantrekkende economie en een geringe daling van de brandstofprijzen. De wegcapaciteit neemt nog wel toe en vangt een deel van de mobiliteitsgroei op, maar doet dat in mindere mate dan in de periode 2010-2013.

Het is overigens belangrijk de economische ontwikkeling nauwkeurig te blijven volgen. De berekeningen voor toekomstige knelpunten (NMCA) zijn immers gebaseerd op economische (groei)scenario's.

* NMCA staat voor de Nationale Markt- en Capaciteitsanalyse, een analyse van de knelpunten op de Nederlandse autowegen, spoorwegen en vaarwegen. De analyse wordt uitgevoerd met behulp van de vier Nederlandse Regionale Modellen (NRM), die op hun beurt de landelijke Welvaart en Leefomgeving (WLO)-scenario's van de planbureaus als basis hebben.

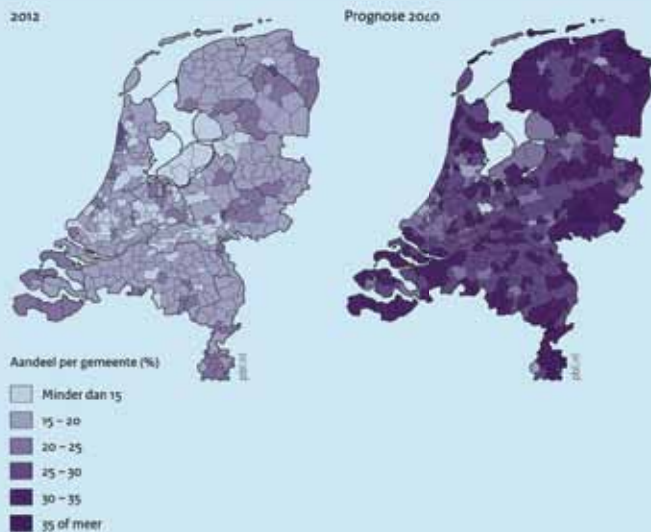
Maatschappelijke veranderingen

Sociale media spelen vooral bij jongvolwassenen – ook wel generatie Y of Net-generatie genoemd – een grote rol. Of en zo ja hoe dit gaat uitwerken op het autogebruik, is echter lastig te zeggen. Uit recent Duits onderzoek (Autoscout24, 2012) blijkt in ieder geval dat er nog geen sprake is van een afname van het aantal ‘fysieke ontmoetingen’ onder jongeren. Ook is de auto nog altijd een statussymbool. Met de stelling ‘Auto’s zijn een belangrijke maat voor succes’ is 32% van generatie Y het eens, tegenover bijna een kwart van alle ondervraagden. Dat jongeren nog steeds gevoelig zijn voor de status van de auto, lijkt ook voor Nederland op te gaan. Zo was van de generatie Y maar 64% het eens met de stelling ‘Een auto is voor mij niets meer dan een vervoermiddel’, tegenover 85% van de generatie uit de jaren 1960 en 1970. Er zijn dus vooralsnog geen duidelijke aanwijzingen dat de status van autobezit onder (Nederlandse) jongvolwassenen afneemt. Het KiM verwacht dan ook niet dat de eerder geconstateerde afname van de automobilititeit van jongvolwassenen zich verder zal voortzetten (KiM, 2013).

Demografische veranderingen

Ook de ontwikkelingen in de leeftijdsopbouw van de bevolking – het aandeel ouderen, zie Figuur 20 – zal een rol spelen bij de ontwikkeling van de mobiliteit. De leeftijdscategorie 65+ is verantwoordelijk voor bijna de helft van de mobiliteitsgroei.

De vergrijzing zal overigens ook gevolgen hebben voor de uitvoering van de rijtaak. Zo is er bij ouderen sprake van beperkingen in de in-



Figuur 20: Aandeel 65+ in 2012 en 2040 (bron: CBS/PBL).

formatieverwerking en de reactiesnelheid. Ontwikkelingen op het gebied van rijtaakondersteuning zullen daarom extra belangrijk worden de komende tijd.

Sociaaleconomische veranderingen

De sociaaleconomische veranderingen hebben eveneens invloed op de mobiliteit. Uit Figuur 16 bleek dat ‘Telewerken’ (Slim Werken Slim Reizen, Het Nieuwe Werken) verantwoordelijk is voor een afname van 2% van de mobiliteit in de afgelopen jaren. Diverse spitsmijden-projecten hebben bijgedragen aan een vermindering met zo’n 5% van de congestiedruk op regionale knelpunten. In veel van deze projecten is gebruik gemaakt van een financiële prikkel, zoals een vergoeding voor elke ‘spitsmijding’. Uit onderzoek blijkt dat een deel van de deelnemers ook na het staken van de vergoeding het gewenste gedrag volhoudt. Het percentage dat is bewogen tot een blijvende gedragsverandering hangt sterk af van de lokale situatie: de urgentie om de spits te mijden wordt voornamelijk bepaald door de congestiedruk op die locaties.

Een deel van de spitsmijden-projecten wordt de komende jaren doorgezet in het programma Beter Benutten.

Smartphones en (mobiel) internet

De smartphone biedt de gebruiker de mogelijkheid om zich ‘altijd en overal’ te informeren over de actuele toestand op de weg en om de reis te plannen. De sterke opkomst van de smartphone draagt dan ook zeker bij aan een betere benutting van de weg.

Voor pre-trip reisinformatie is internet – vast en mobiel – met ruim 50% de grootste informatiebron. Bij on-trip reisinformatie is dat nu nog de autoradio (41%), gevolgd door navigatiesystemen (24%). Maar apps (17%) en internet (12%) worden samen al meer gebruikt dan de informatie op de dynamische route-informatiepanelen (14%), zo blijkt uit recent onderzoek (I&O Research, 2013).

Intelligente voertuigen

Binnen tien jaar zal zo'n 60% van het Nederlandse wagenpark continu connected zijn, via de bestuurder en/of de apparatuur in het voertuig. Die trend zet zich naar verwachting door: op een termijn van vijftien tot twintig jaar zal nagenoeg het volledige wagenpark connected zijn met andere voertuigen of met online diensten (Connekt, 2013). Op de langere termijn zullen ook geautomatiseerde voertuigen hun intrede doen op de weg. Op de Innovatie Estafette in oktober 2013 werd een prototype van een dergelijk voertuig op de weg gedemonstreerd door het Dutch Automotive Vehicle Initiative (DAVI), een samenwerking tussen TNO, TU Delft, RDW en Connekt.



Figuur 21: Transitie Verkeersmanagement en Informatie uit het actieprogramma Connecting Mobility (Connekt, 2013).

Deze ontwikkelingen zullen een grote invloed hebben op de domeinen verkeersmanagement en verkeersinformatie. Vooral de manier waarop verkeersinformatie de weggebruiker bereikt, zal veranderen. Deze

transitie vormt de kern van het actieprogramma Beter Geïnformeerd op Weg, inmiddels omgedoopt tot Connecting Mobility. De onderliggende transitie die voorzien zijn, zijn weergegeven in Figuur 21.





De belangrijkste thema's van 2014.

Het vakgebied verkeersmanagement is continu in beweging. Welke thema's houden de gemoederen van vakgenoten bezig? Waar maken beleidsmakers zich zorgen over en waar zien ze kansen? In dit hoofdstuk is een selectie gemaakt van de 'hot topics', onderwerpen die nu en de komende tijd onze aandacht verdienen: gecoördineerd netwerkbreed verkeersmanagement, de integratie van wegwagent en in-car, coöperatieve systemen en datafusie.



3.1. Gecoördineerd Netwerkbreed Verkeersmanagement



Gecoördineerd netwerkbreed verkeersmanagement, kortweg GNV, is al sinds de jaren negentig van de vorige eeuw de grote belofte van het vakgebied. Wegbeheerders zouden met deze aanpak hun beschikbare verkeersmanagementmaatregelen veel effectiever kunnen inzetten. Punt is alleen dat dit de theorie is – in de praktijk heeft GNV zich in al die jaren nog nauwelijks kunnen bewijzen.* Des te interessanter is het dat GNV nu een serieuze kans krijgt met de grootschalige *Praktijkproef Amsterdam*. Op de komende bladzijden schetsen we de principes van GNV en de mogelijkheden ervan, met een focus op de aanpak die is gevolgd voor de Praktijkproef Amsterdam.

Wat is GNV?

Gecoördineerd netwerkbreed verkeersmanagement is het in samenhang inzetten van wegkant en/of in-car maatregelen om de verkeersafwikkeling in een regionaal netwerk te optimaliseren. Daarnaast kan GNV worden ingezet voor het verbeteren van de betrouwbaarheid, veiligheid en leefbaarheid.

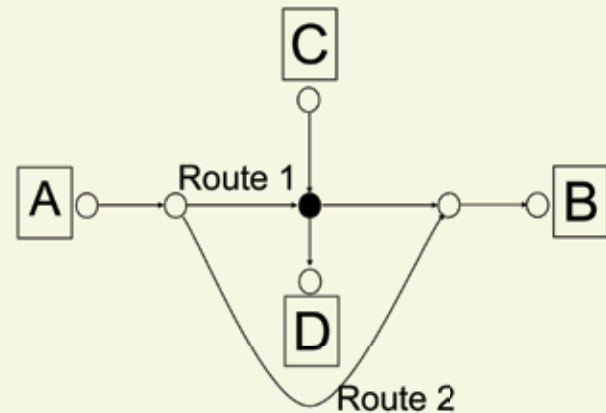
Uit de vele studies die zijn uitgevoerd naar de effectiviteit van lokale of geïsoleerde verkeersmanagementmaatregelen kunnen we concluderen dat de meeste van deze maatregelen kostenefficiënt zijn (Taale & Schuurman, 2013). De effecten zijn echter dikwijls veel lager dan dat we op grond van de theorie zouden verwachten. Ter illustratie: een toeritdoseerinstallatie zou in theorie de zogenaamde capaciteitsval, ver-

*

Ook internationaal is het aantal succesvolle praktijktoepassingen op één hand te tellen, met de gecoördineerde toeritdosering op de Monash-snelweg bij Melbourne (Australië) als een van de weinige geslaagde implementaties van GNV.

antwoordelijk voor een afname van de capaciteit tussen de 10 en 15 %, moeten kunnen voorkomen. In de praktijk is er echter geen enkele toeritdoseerinstallatie die dat voor elkaar krijgt. Sterker nog: globaal gesteld ligt de winst in (effectieve) capaciteit die we met de inzet van toeritdoseerinstallaties kunnen realiseren tussen de 0 en 5 %, zelfs indien het algoritme goed ontworpen en ingeregeld is. De verklaring hiervoor is dat toeritdoseerinstallaties alleen kunnen doseren als er voldoende ruimte op de toerit beschikbaar is om de wachtrij te bergen (bufferruimte). En omdat de toeritten in Nederland gemiddeld slechts een paar honderd meter lang zijn, is de bufferruimte beperkt en is de effectieve doseerduur kort.

Maar er zijn meer verklaringen voor de beperkte effectiviteit van toeritdoseerinstallaties en andere dynamisch-verkeersmanagementmaatregelen. In het kader op de bladzijde hiernaast noemen we de vier belangrijkste. De drie eerste punten spreken voor zich, maar het vierde punt zullen we verduidelijken aan de hand van het voorbeeld in figuur 22 (Taale, 2008). In dit eenvoudige netwerk is sprake van een tweetal herkomst-bestemmingsparen: van A naar B en van C naar D. De reizigers die van A naar B gaan, kunnen kiezen uit twee routes, waarbij route 1 kruist met de enige route voor reizigers van C naar D. We gaan ervan uit dat de situatie in evenwicht is: de wegbeheerder heeft de verkeerslichten zo afgesteld dat het kruispunt met zo min mogelijk vertraging geregeld wordt, waarbij rekening wordt gehouden met de hoeveelheid verkeer op beide inkomende armen van het kruispunt.



Figuur 22: Voorbeeldnetwerk.

In verband met fijnstofproblemen besluit de wegbeheerder op een gegeven moment om de snelheid op route 2 te reduceren. Hierdoor wordt route 1 aantrekkelijker en kiezen meer reizigers van A naar B voor deze route. Deze grotere verkeersvraag op route 1 leidt tot meer vertraging op het kruispunt. De wegbeheerder zal de regeling daarom zo aanpassen, dat de verkeersafwikkeling lokaal weer geoptimaliseerd wordt. Dit gaat ten koste van de reizigers van C naar D. Bovendien zorgt de optimalisatieslag ervoor dat route 1 nog aantrekkelijker wordt ten opzichte van route 2, zodat nog meer reizigers van A naar B route 1 kiezen. Dit proces herhaalt zich tot er een nieuw evenwicht ontstaat.

Het blijkt echter dat dit nieuwe evenwicht beduidend hogere wachttijden kent dan de uitgangssituatie. Als we aannemen dat de snelheidslimiet voor route 2 in de beginsituatie 100 km/uur was en dat deze wordt verlaagd naar 80 km/uur, dan leidt het nieuwe evenwicht tot ongeveer 30% meer vertraging voor deze specifieke case. Dit voorbeeld laat zien dat als je als

Vier redenen om voor de netwerkaanpak te kiezen

1. Door beleidsmatige randvoorwaarden of locatiespecifieke beperkingen worden de afzonderlijke maatregelen vaak slechts beperkt – kortdurend – ingezet.

Zo kunnen toeritdoseerinstallaties alleen doseren als er voldoende ruimte op de toerit beschikbaar is om de wachtrij te bergen (bufferruimte).

2. Het effect van een enkele maatregel is meestal onvoldoende om een probleem op te lossen.

De winst in de effectieve capaciteit die met een afzonderlijke toeritdoseerinstallatie behaald kan worden, is bijvoorbeeld ontoereikend om filevorming op de hoofdweg te voorkomen.

3. Het effect van een maatregel wordt teniet gedaan door problemen elders in het netwerk.

Een knelpunt stroomafwaarts van de maatregel of zware congestie op stedelijke routes waarlangs verkeer wordt omgeleid, zou per saldo tot geen effect of een negatief effect kunnen leiden.

4. De reacties van reizigers op de ingezette maatregel doen de effecten van de maatregel (deels) teniet.

wegbeheerder niet anticipeert op reacties van de weggebruiker en alleen kijkt naar de lokale situatie (in dit geval: de situatie bij het gesignaleerde kruispunt) het gebruik van het netwerk suboptimaal is.

Welke methoden zijn beschikbaar?

De oplossing voor de genoemde problemen is – althans in theorie – eenvoudig: kies een netwerkaanpak. Dit geldt zowel voor het ontwerpen van de strategie voor dynamisch verkeersmanagement als voor de inzet van de beschikbare maatregelen. Wat strategie betreft zijn methodieken als Gebiedsgericht Benutten Plus bruikbaar. Voor de inzet is gecoördineerd netwerkbreed verkeersmanagement de aangewezen vorm.

Het simpele feit dat we al vanaf de jaren negentig bezig zijn met het bedenken van methoden om GNV op een efficiënte wijze toe te passen, geeft echter goed aan dat de netwerkaanpak in de praktijk geen sinecure is. De wetenschap heeft zich sinds die tijd vooral gericht op het ontwikkelen van geavanceerde, op modellen gebaseerde optimalisatiemethoden waarmee je kunt bepalen op welk moment welke maatregel moet worden ingezet. Zo'n methode, die vaak wordt aangeduid met de term *Model Predictive Control* (MPC), gebruikt een verkeerssimulatiemodel als METANET, FastLane, StreamLine, DynaSmart of DynaMIT om op grond van de huidige (bemeten en geschatte) situatie in het netwerk een korte-termijnvoorspelling te doen. Deze voorspelling is afhankelijk van de voorziene inzet van maatregelen. Met MPC gaan we vervolgens op zoek naar de maatregeleninzet die leidt tot een optimale voorspelde verkeersafwikkeling. Het behoort

geen toelichting dat een dergelijke aanpak, zeker voor grotere netwerken met meerdere maatregelen, rekenkundig een enorme opgave is. Vandaar dat we juist de laatste jaren een tendens zien waarbij onderzoekers zich richten op het versnellen van de rekenprocessen, bijvoorbeeld door het vereenvoudigen van het optimalisatieprobleem (MILP-aanpak door Lin et al., 2011) of door een slimme herformulering ervan te gebruiken (LQR-beschrijving door Le et al., 2013). We zijn echter nog een aantal jaren verwijderd van de praktische toepassing van zulke optimalisatiemethoden.

De praktijk heeft zich ondertussen vooral gericht op de ontwikkeling en toepassing van methoden die een aanpak met zogenaamde regelscenario's mogelijk maken. Een regelscenario beschrijft welke maatregelen onder welke omstandigheden ingezet moeten worden. Een belangrijke beperking hierbij is, dat a priori geen inschatting kan worden gegeven van het oplossend vermogen van een zeker regelscenario voor de vigerende situatie. Ook loop je tegen het probleem aan dat je over een enorme hoeveelheid regelscenario's moet beschikken om alle mogelijk optredende situaties in het netwerk af te dekken. De aanpak met de Scenario Coördinatie Module of SCM (Wang, et al., 2010), ontwikkeld in het kader van het project Verbeteren Doorstroming Ring A10, onderdeel van het FileProof-programma, pakt dit punt aan door met deelscenario's ("bouwblokken") te werken die door de ontwikkelde module met elkaar worden gecombineerd. Doordat tijdens de evaluatie van SCM (TrafficQuest, 2010) niet goed kon worden achterhaald op welke momenten de module nu wel of niet operationeel was, was het niet mogelijk om het effect



van de coördinatie eenduidig vast te stellen. Een schatting geeft echter aan dat coördinatie met de SCM ongeveer 4% minder vertraging op de ring A10 oplevert, terwijl er toch zo'n 2% meer verkeer was (DHV, 2012). Dit komt dan boven op de 12,5% minder vertraging die al met de lokale maatregelen, zonder coördinatie, bereikt was (TrafficQuest, 2010).

GNV en de Praktijkproef Amsterdam

Het FileProof-project Verbeteren Doorstroming Ring A10 heeft een vervolg gekregen in de Praktijkproef Amsterdam. Binnen deze proef is de GNV-aanpak op een aantal punten verbeterd, onder meer door de toepassing van *proactief* en *verfijnd* regelen. Hiermee bedoelen we dat de maatregelen zoveel mogelijk vóór het ontstaan van congestie worden ingezet en dat de mate van inzet nauwkeurig wordt afgestemd op de aard en de ernst van het probleem. Voor het doseren op de toeritten betekent dit bijvoorbeeld dat er niet te veel en niet te weinig verkeer wordt tegengehouden.

Voor de Praktijkproef Amsterdam zijn enkele regeltechnische uitgangspunten geformuleerd:

- 1. De capaciteitsval moet zoveel mogelijk worden voorkomen of uitgesteld.** Zodra er congestie ontstaat, valt de capaciteit met procenten tegelijk terug. Daarom is het zaak om anticiperend te regelen en de verkeersvraag naar de bottleneck te beïnvloeden, zodat je congestie (en daarmee de capaciteitsval) voorkomt of op z'n minst uitstelt.

2. **Een verkeersstroom in het netwerk mag niet onnodig gehinderd worden.** De aanpak is om blokkades en terugslag bij kruispunten en aansluitingen te voorkomen. Om dit te realiseren worden de verkeersregelingen aangepast en wordt de kracht van de regeling afgestemd op de actuele verkeerssituatie.
3. **Een verkeersprobleem moet zoveel mogelijk opgelost worden op het niveau waar het probleem zich voordoet (wordt veroorzaakt).** Dit kan door gelaagd te regelen en tijdig op te schalen en door de ruimte in het netwerk optimaal te benutten, gegeven de actuele verkeerssituatie.

Gebruikmakend van deze uitgangspunten zijn vervolgens 'regelaars' ontwikkeld. Een belangrijk kenmerk van deze regelaars is de feedback-structuur, wat inhoudt dat de kracht (omvang) van de regeling in direct verband staat met het (gewenste) effect ervan.

Zoals eerder is besproken, voorziet de Routekaart van het actieprogramma Connecting Mobility in een transitie naar een meer in-car georiënteerde verkeersmanagementaanpak. Binnen de Praktijkproef Amsterdam worden binnen het zogenaamde *In-car spoor* proeven gedaan die inzicht moeten geven in de technische en verkeerskundige mogelijkheden van zo'n aanpak. Het spoor richt zich voornamelijk op het inwinnen van data en het verschaffen van persoonlijke reis- en route-informatie.



3.2. Integratie wegkant en in-car

De laatste jaren is er veel aandacht voor de mogelijkheden die in-car technologie biedt voor het verzamelen van informatie over de verkeersafwikkeling en de beïnvloeding van die verkeersafwikkeling. Wat de beïnvloeding betreft gaat het in eerste instantie om technologie die de ‘strategische rijtaak’ ondersteunt, zoals het verstrekken van gepersonaliseerde reis- en routeadviezen, en in tweede instantie om technologie die (delen van) de daadwerkelijke rijtaak kan overnemen.

Er is internationaal veel aandacht voor het onderwerp. In de Verenigde Staten zijn er bijvoorbeeld de ‘Connected Vehicle Research’ projecten, terwijl in Europa de projecten CVIS, eCoMove en Compass4D lopen of net zijn afgerond. Het betreft overwegend onderzoeksprojecten, waarbij in kleinschalige pilots vooral de potentie van dergelijke systemen wordt onderzocht.

Transitie en integratie wegkant en in-car

De overgang naar een op in-car maatregelen gebaseerd verkeersmanagementsysteem zal naar verwachting geleidelijk plaatsvinden. Dit betekent dat gedurende een aanzienlijke periode wegkant en in-car systemen naast elkaar zullen worden toegepast. De vraag is of, en zo ja hoe, je beide systemen laat samenwerken gedurende de transitieperiode. Houd je beide systemen gescheiden, waarbij bijvoorbeeld de markt in-car systemen inzet om de weggebruiker te informeren en de overheid meer sturend bezig is via wegkantssystemen? Of is er

winst te behalen door beide systemen in een vroeg stadium te integreren? Je zou bijvoorbeeld de gegevens van wegkant en in-car kunnen delen. Een illustratie van wat dan mogelijk is: na een incident worden de weggebruikers door hun in-car systemen omgeleid. De in-car systemen delen die adviezen met de wegkantssystemen, die op hun beurt tijdig de verkeersregelingen aanpassen om de verhoogde verkeersvraag op de omleidingsroute te faciliteren.

De verwachting is dat het samenbrengen van gegevens uit de wegkantssystemen en de in-car systemen ook leidt tot een verbetering van de kwaliteit van de gegevens. Denk dan aan het gebruik van ‘floating-car traces’ om de situatie op de snelweg beter in beeld te brengen, eventueel met minder lussen – zie ook de sectie over datafusie – of het beter schatten van wachtrijen op het stedelijke wegennet. Een andere interessante optie is het gebruik van actuele herkomst-bestemmingsinformatie of route-intensiteiten voor gebiedsgericht netwerkbreed verkeersmanagement.

Wat zijn andere aandachtspunten bij de uitrol van in-car systemen? Een vaak genoemd voordeel van in-car systemen is dat deze het zelforganiserend vermogen van het verkeer zouden vergroten, wat de noodzaak om van buiten op de verkeersstromen in te grijpen vermindert. Wanneer ingrijpen in de afwikkeling van de verkeersstromen toch gewenst is, biedt in-car technologie bovendien de mogelijkheid om de verkeersstromen op een veel fijnmaziger manier te volgen en te beïnvloeden. Maar willen we die voordelen daadwerkelijk benutten, dan is meer duidelijkheid gewenst over de doelen die je

met in-car technologie wil nastreven – de focus – en de consequenties daarvan. Op dit moment richten in-car diensten zich vooral op het verbeteren van de situatie van de individuele mobilist en minder op het verbeteren van de systeemprestatie. Dit heeft te maken met het feit dat in-car systemen doorgaans door marktpartijen worden beheerd en dat het voor hen vooral interessant is om hun klanten zo goed mogelijk te bedienen. Wil in-car technologie tot een volwaardig verkeersmanagementinstrument uitgroeien, dan is het belangrijk om een modus te vinden waarin op momenten dat het nodig is, het zogenaamde systeemoptimum leidend wordt – en niet het gebruikersoptimum.

Een laatste punt van aandacht is dat in-car maatregelen de effectieve capaciteit van de weg niet vergroten, dit in tegenstelling tot wegkantmaatregelen zoals toeritdosering. Anders gezegd: met de huidige generatie in-car systemen kan de beschikbare capaciteit in het netwerk wel worden uitgenut, maar niet worden verhoogd. Pas op de langere termijn zal dit veranderen, wanneer geavanceerde toepassingen zoals platooning worden geïntroduceerd. Mogelijk zien we dan een echte verschuiving waarbij in-car maatregelen als sturende maatregelen kunnen worden ingezet.

Doorkijkje naar de nieuwe rol van bestaande wegkantsystemen

Hoe de transitie ook verloopt en hoe bovengenoemde punten ook worden opgepakt, duidelijk is dat de traditionele wegkanttechnologie de komende decennia nog een belangrijke ondersteunende rol zal vervullen. De rol van die wegkantmaatregelen zal wel geleidelijk ver-

anderen in een meer coöperatieve, waarbij wegkant en in-car als één geheel opereren.

In het onderstaande bespreken we de consequenties die dit heeft voor de belangrijkste wegkantsystemen. We gaan daarbij eerst in op de verkeerskundige functies die de betreffende wegkantmaatregelen nu vervullen, om vervolgens te bespreken hoe in-car systemen daar aan bij kunnen dragen.

- **Toeritdoseerinstallaties**

De inzet van een toeritdoseerinstallatie heeft normaliter twee verkeerskundige doelstellingen. De eerste is het *doseren van de instroom van verkeer op de hoofdrijbaan*, om ervoor te zorgen dat de belasting van de hoofdrijbaan niet de kritische grens bereikt. Hiermee wordt een capaciteitsval voorkomen of in ieder geval uitgesteld. Het tweede doel is het *vergemakkelijken van het invoegproces* door het invoegend verkeer beter te spreiden in tijd. Hierdoor wordt voorkomen dat abrupte invoegacties de doorstroming verstoren.

De doseerfunctionaliteit van de toeritdoseerinstallatie zal op korte termijn niet door in-car technologie kunnen worden vervangen. In-car technologie kan echter wel een belangrijke bijdrage leveren aan het ondersteunen van het invoegproces. Het invoegproces kent namelijk twee kanten, die van de toerit en die van de hoofdrijbaan. Een toeritdoseerinstallatie grijpt, zoals de naam al aangeeft, alleen in op het verkeer op de toerit – één kant van de ‘rits’. In-car technologie biedt de mogelijkheid om beide kanten van de rits tegelijkertijd te beïnvloeden en wel zodanig dat de positionering van voertuigen ten opzichte

van elkaar kan worden bepaald. Een voorwaarde voor een succesvolle toepassing van zo'n 'invoegassistent' is wel dat voldoende voertuigen, op zowel de hoofdrijbaan en de toerit, met de in-car technologie zijn uitgerust.

Wanneer één maatregel niet toereikend is om een (verwacht) verkeersprobleem op te lossen, kan een combinatie van maatregelen worden ingezet. Bij een toeritdoseerinstallatie kan bijvoorbeeld de situatie ontstaan dat de wachtrij op de toerit dreigt terug te slaan op het onderliggende wegennet. Door de last te delen met verder stroomopwaarts gelegen toeritten kan het risico van terugslag (of: de noodzaak om de installatie uit te zetten vanwege die dreigende terugslag) worden voorkomen. In Nederland wordt deze vorm van coördinatie nu beproefd als onderdeel van de Praktijkproef Amsterdam binnen het zogenaamde wegkantspoor. Een nadeel van 'regelen op afstand' is echter dat een deel van het verkeer dat op een stroomopwaartse toerit wordt tegengehouden, mogelijk niet van plan was om langs het knelpunt te reizen. Informatie vanuit de voertuigen kan dan worden aangewend om beter in te schatten hoeveel verkeer moet worden gedoseerd, maar ook of de vertraging voor verkeer dat niet langs de knelpuntlocatie zal reizen, acceptabel is. Daarnaast kunnen in-car systemen de gebruikers van een stroomopwaartse toerit informeren over de reden van doseren. Dit helpt het aantal roodlichtnegaties terug te dringen – weggebruikers zullen het rode licht beter respecteren als duidelijk is waarom zij moeten wachten – en maakt wellicht de nu nog noodzakelijke roodlichtcamera's overbodig.



In-car systemen kunnen ook ondersteunend worden ingezet door de verkeersdeelnemer vroegtijdig te informeren over het aanstaande knelpunt op de hoofdrijbaan of toerit, zodat de weggebruiker indien mogelijk kan kiezen voor een andere route. Dit heeft én voordelen voor de betreffende verkeersdeelnemer én voor het verkeer dat niet de mogelijkheid heeft een andere route te kiezen.

- **Verkeersregelininstallaties**

Doel van een verkeersregelininstallatie is het verkeer op een kruispunt veilig en efficiënt af te wikkelen. Met een verkeersregelininstallatie kun je bijvoorbeeld sturen op de verdeling van de oversteekmomenten, zodat deze ‘eerlijk’ over de verkeersdeelnemers worden verdeeld. Ook kunnen wegbeheerders dankzij de verkeersregelingen invulling geven aan de prioritering van specifieke doelgroepen, zoals hulpdiensten en openbaar vervoer.

Een efficiëntere afwikkeling van verkeer op een kruispunt kan worden bewerkstelligd door de groentijd beter te benutten. Dat kan aan de weggantzijde door de verkeersregelininstallatie te voorzien van voldoende informatie, zodat deze een optimale verdeling van de groentijd kan bepalen gegeven de aard en omvang van het conflicterende verkeer. Zolang de penetratiegraden van in-car systemen nog laag zijn, zal deze informatie afkomstig zijn van weggantgebonden sensoren. Maar in-car informatie als gemiddelde ‘aanrijnsnelheid’, gekozen richting bij het kruispunt en positie in de wachtrij kunnen wel gebruikt worden om de verdeling van de groentijden verder te optimaliseren. Ook kunnen de smartphones die voetgangers en fietsers

bij zich dragen, gebruikt worden om hun aantallen te bepalen. Die meetmethode werkt nauwkeuriger dan de methode die gebaseerd is op traditionele weggantsensoren.

Een betere benutting van de groentijd is ook mogelijk aan de voertuigzijde. Wanneer de groentijden en het verwachte passeermoment van de stopstreep voor een voertuig bekend zijn, kan in-car bepaald worden hoe het verkeerslicht te benaderen. Bijvoorbeeld door de snelheid aan te passen waardoor het voertuig de stopstreep op een zo hoog mogelijke snelheid en zonder stoppen kan passeren, of juist door eerder het gas los te laten als het groen toch niet gehaald kan worden, om zodoende brandstof en de leefomgeving te sparen.

Wanneer er een duidelijke hoofdstroom kan worden onderscheiden die een aantal opeenvolgende kruispunten passeert, kan het bovendien zinvol zijn een groene golf te realiseren voor het verkeer op de hoofdroute. In dat geval wegen de voordelen van een groene golf voor de hoofdstroom op tegen de nadelen voor de overige verkeersdeelnemers. Groene golven kennen we natuurlijk al in de ‘wegkantvorm’. Maar op basis van in-car informatie kunnen de stromen over een deeltraject real-time worden gevolgd en kun je ook de toegevoegde waarde van een groene golf in real-time bepalen. Tevens is het dan mogelijk de reistijden tussen kruispunten te berekenen, waarmee de groenvensers van opvolgende kruispunten beter op elkaar kunnen worden afgestemd.

• Dynamische route-informatiepanelen

In de regel worden dynamische route-informatiepanelen ingezet om verkeer beter over het netwerk te verdelen. Bij het bepalen van de informerende tekst speelt altijd de vraag welke boodschap naar verwachting het meest effectief is gegeven de (eind)bestemming en andere eigenschappen van het op dat moment passerende verkeer. De boodschap op de informatiepanelen bedient dus de grootste gemene deler van het verkeer dat het betreffende paneel passeert. In-car systemen kunnen worden ingezet om deze grootste gemene deler te bepalen, en mede daardoor de effectiviteit van de route-informatiepanelen te verhogen – en dan vooral voor dat deel van het verkeer dat geen gebruik maakt van een in-car navigatiesysteem. Voor het verkeer dat wel gebruik maakt van een in-car navigatiesysteem kan de informatie op maat, dat wil zeggen gepersonaliseerd op basis van bestemming, route-voorkeuren enzovoort, worden aangeboden.

• Verkeerssignalering

Verkeerssignalering is ontwikkeld om de verkeersveiligheid en de doorstroming te bevorderen door verkeer tijdig te waarschuwen voor abrupte snelheidsovergangen stroomafwaarts. Met het afkruisen van rijstroken kunnen bovendien wegwerkers en tot stilstand gekomen voertuigen worden ‘veiliggesteld’. Dat laatste is met in-car technologie niet mogelijk. Dat zou vereisen dat alle voertuigen zijn uitgerust, wat op korte termijn niet reëel is. Het waarschuwen voor abrupte snelheidsovergangen stroomafwaarts is echter wel goed te doen. Met een relatief klein percentage uitgeruste voer-

tuigen kan al een geleidelijke snelheidsaanpassing voor de totale verkeersstroom worden gerealiseerd.

Verkeerssignalering kan ook worden ingezet om de aangroei van een file te vertragen, zodat deze eerder oplost. Als je daarbij afhankelijk zou zijn van alleen wegwakansystemen, dan is de ruimte die nodig is om een dergelijke verkeersherstellende maatregel effectief in te zetten een belemmerende factor. Doordat de verkeersafwijking normaliter om de 500 meter wordt bemeten en beïnvloed, is veel meer ruimte nodig dan bij een fijnmazig, voertuiggebaseerd systeem. Een en ander betekent dat zelfs bij lagere penetratiegraden voertuigsystemen een duidelijke meerwaarde hebben. Doordat verstoringen sneller gedetecteerd worden, kunnen ze ook sneller worden weggeregeld en is er minder ruimte nodig om dat voor elkaar te krijgen.

Vorkomen is echter beter dan genezen. Door voertuigen te voorzien van de juiste technologie kan bij een voldoende penetratiegraad het *ontstaan* van schokgolven zelfs worden bestreden.

3.3. Coöperatieve systemen

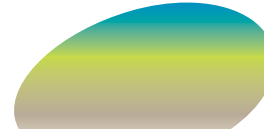
Op basis van de huidige communicatietechnologieën is het mogelijk om informatie meer en veelvuldiger te delen. Dat biedt perspectieven voor het verkeerssysteem: de tot dusver op zichzelf staande systemen in het voertuig en langs de weg kunnen zo intelligenter en op basis van meer en/of actuelere informatie functioneren. Zulke gekoppelde systemen duiden we in het verkeersdomein aan als *coöperatieve systemen*. Binnen die systemen kan sprake zijn van communicatie tussen voertuigen onderling (V2V), tussen voertuigen en infrastructuur (V2I), tussen infrastructuurelementen onderling (I2I), tussen voertuig en device (V2D) enzovoort – zie ook Figuur 23.

Wil de communicatie slagen, dan is het wel een vereiste dat de communicerende partijen dezelfde taal spreken en – in het geval van coöperatieve systemen ook letterlijk – op dezelfde golflengte zitten. Juist op dit gebied zijn de laatste jaren belangrijke stappen gezet, waardoor de grootschalige uitrol van coöperatieve systemen al vanaf 2015 mogelijk wordt. We benoemen in het onderstaande kort de belangrijkste initiatieven en resultaten.

De Europese Commissie heeft eind 2008 het *ITS Action Plan* aangenomen. Doel van dit plan is de realisatie van intelligente transport-systemen (ITS) te versnellen en te coördineren. De standaardisatie-organisaties ETSI en CEN werden in 2009 gevraagd om gezamenlijk een minimumset van standaarden te ontwikkelen voor interoperabiliteit, en hebben deze begin 2014 opgeleverd. De eind 2010



Figuur 23: illustratie van een coöperatief systeem (bron: CVIS).



aangenomen *Directive 2010/40/EU* is een belangrijke motor achter de gecoördineerde implementatie van ITS in Europa. Deze richtlijn moet ervoor zorgen dat ITS-diensten interoperabel worden, waarbij lidstaten zelf een keuze kunnen maken over de systemen waarin geïnvesteerd wordt.

In Nederland hebben bedrijfsleven, overheid en kennisinstellingen zich verenigd in DITCM, de *Dutch Integrated Testsite for Cooperative Mobility*. DITCM wil hét aanspreekpunt in Nederland zijn op het gebied van ontwikkeling, standaardisatie, testen en toepassing van smart mobility. Daarnaast streeft DITCM ernaar om internationaal een toonaangevende partner te worden op het gebied van coöperatieve mobiliteit. De publiek-private organisatie werkt langs vier programmalijnen die elk als belangrijkste doel hebben de uitrol van coöperatieve systemen te versnellen: Human Factors (beperkingen en mogelijkheden van de bestuurder), Technology (standaardisatie), Effect Studies (gereedschappen om verkeerskundige baten vast te stellen) en International Policy (het matchen van internationale vraagstukken en ITS-ontwikkelingen). Binnen Rijkswaterstaat fungeert *Connecting Mobility* als aanjager van de ontwikkelingen.

In Europa hebben de partijen die de gezamenlijke uitrol van coöperatieve ITS in Europa voor 2015 willen faciliteren, zich georganiseerd in de zogenaamde *Amsterdam Group*^{*}. Het gaat om de koepelorgani-

*

Zie ook www.amsterdamgroup.eu.

Day one-toepassingen tussen voertuigen onderling (v2v)	Day one-toepassingen tussen wegkant en voertuig (v2i)
1 Hazardous location warning	1 Probe Vehicle Data (Floating Car Data)
2 Slow vehicle warning	2 Signal phase and time of traffic lights
3 Stationary vehicle warning	3 Road works warning
4 Emergency brake light	4 In-vehicle signage
5 Emergency vehicle warning	
6 Motorcycle approaching indication	

Tabel 7: Tien 'day one'-toepassingen voor coöperatieve systemen (bron: Amsterdam Group).

saties CEDR (Conference of European Directors of Roads), ASECAP (European Association of Operators of Toll Road Infrastructures), C2C-CC (Car-to-Car Communication Consortium) en POLIS (netwerk van Europese steden en regio's die samenwerken aan 'sustainable mobility'). De partners werken aan een routekaart voor de beoogde uitrol van coöperatieve ITS. Er zijn zeventien punten gedefinieerd die aanvullende acties behoeven. Het bepalen van de zogenaamde 'day one'-toepassingen is één van die punten. Dit zijn toepassingen die relatief snel kunnen worden gerealiseerd en direct toegevoegde

waarde hebben voor de bestuurder – zelfs als nog maar een relatief klein deel van de voertuigen is toegerust voor de toepassing. In Tabel 7 staat een overzicht van de gekozen ‘day one’-toepassingen.

De CEDR-landen Nederland, Duitsland en Oostenrijk hebben het voortouw genomen om twee van de geïdentificeerde ‘day one’-toepassingen te realiseren over een doorlopend traject dat de drie landen met elkaar verbindt: de Cooperative ITS Corridor. Het betreft de applicaties ‘Road works warning’ en ‘Probe vehicle data’. Hoewel het op papier weinig vooruitstrevende toepassingen betreft, is de uitdaging vooral om de toepassingen over de hele corridor naadloos werkend te krijgen. Typisch stedelijke toepassingen als ‘Signal phase and time of traffic lights’ worden in POLIS-verband opgepakt en in Europese projecten als eCoMove en Compass4D.

Een ander punt dat volgens de Amsterdam Group aandacht behoeft, is het ‘upgraden’ van voertuigen die niet zijn uitgerust met coöperatieve technologie. Hiertoe zou een link gemaakt kunnen worden tussen de smartphone van de bestuurder en het voertuig. Het *Car Connectivity Consortium* houdt zich hiermee bezig: het heeft een open industriële standaard ontwikkeld voor de integratie van smartphones in het voertuig, genaamd MirrorLink. Dankzij deze standaard wordt het mogelijk toegang te krijgen tot de voertuigsensordata. Verder worden richtlijnen opgesteld voor het ontwikkelen van toepassingen die de standaard in het voertuig gebruiken. Het consortium heeft een transparant certificatieproces ingericht voor connectiviteit en toepassingen.



3.4. Datafusie

Het onderwerp datafusie heeft het afgelopen jaar veel aandacht gekregen. De verwachting is dat het samenbrengen van verschillende databronnen zal leiden tot een aanzienlijke verbetering in zowel de kwaliteit als de compleetheid van de informatie die we uit onze verkeersgegevens kunnen halen. Hiermee bedoelen we dus niet alleen dat de nauwkeurigheid, betrouwbaarheid en tijdigheid van de informatie verbetert, maar ook dat er meer verkeerskundige grootheden gemeten kunnen worden. Een voorbeeld: met alleen inductielussen weten we de verkeersintensiteit, maar door die data te combineren met bluetooth-waarnemingen achterhalen we ook de reistijden en de herkomst-bestemmingsgegevens.

Datafusie lijkt dus een synoniem voor meer met minder. Dat kan een kwaliteitssprong impliceren, maar ook een reductie van de kosten bij gelijkblijvende kwaliteit. Een combinatie van slechts enkele lussen en floating car data (FCD) kan wellicht dezelfde informatiekwaliteit leveren als het huidige dichte meetlussennet. In een tijdsgewricht waarin termen als ‘verdunnen’ van het meetnet vaak in de mond worden genomen, lijkt datafusie een interessant optie!

Om verschillende databronnen efficiënt en effectief te kunnen combineren zijn echter wel state-of-the-art datafusietechnieken nodig. Recent zijn diverse methoden ontwikkeld, waarvan een aantal ‘ready to use’ zijn en zelfs hun weg naar toepassingen al hebben gevonden. Dat brengt praktische (verkeers)toepassingen een stuk dichterbij.

Niveau	Doel	Toepassing (technieken)
1	Verwerken van ruwe data	Toestandschatten (digitale filters, Kalman-filters, Adaptive Smoothing Method)
2	Afleiden kenmerken en patronen	Classificatiemethoden (patroonherkenning, neurale netwerken, Fuzzy Set-theorie)
3	Nemen van beslissingen	Beslissingsondersteunende systemen en expertsystemen (Bayesian Belief Networks, Fuzzy, AI)

Tabel 8: Voorbeelden van datafusie op verschillende niveaus.

Wat is datafusie?

In de meest algemene zin behelst datafusie het combineren van informatie (inferencing) uit meerdere databronnen. Dit kan op verschillende niveaus: het verwerken van ruwe data, het afleiden van kenmerken en patronen en het nemen van beslissingen. Tabel 8 geeft voorbeelden van datafusie op deze drie niveaus en de daarbij toegepaste technieken.

Het eerste niveau is de vorm van datafusie waar de laatste tijd veel aandacht voor is en waar we ook in het onderstaande nader op ingaan. Het gaat om het samenbrengen van verschillende ruwe databronnen, zoals inductielussen, floating car data, reistijddata en video, om zo relevante verkeerskundige grootheden te kunnen bepalen.

Het belang van datafusie

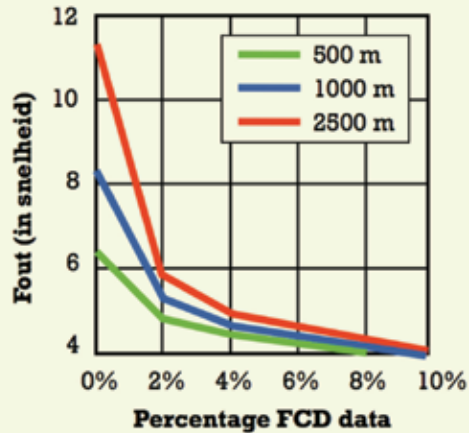
Elke bron van verkeersdata bevat fouten. De oorzaken en kenmerken van deze fouten zijn divers. Bij inductielussen komen fouten voort uit het missen of dubbel tellen van voertuigen, vooral op locaties waar sprake is van veel rijstrookwisselingen. Ook worden de individuele snelheidsmetingen op de verkeerde wijze gemiddeld, namelijk over de tijd, waardoor de minuutgemiddelde snelheden structureel worden overschat. Bij floating car data ontstaan fouten omdat slechts van een (klein) deel van de voertuigen gegevens beschikbaar zijn. Ook werkt de GPS-plaatsbepaling niet altijd en overal.

De kracht van datafusie zit juist in het combineren van data met verschillende semantische eigenschappen. Zo geven lusdata een prima beeld van wat er op een doorsnede gebeurt, rekening houdend met alle voertuigen die zijn gepasseerd. FCD-traces geven voor een deel van het verkeer een uitstekend beeld in tijd en ruimte. Op die manier worden de ‘gaten’ van de ene bron, ingevuld door de andere bron. Daarnaast zijn sommige grootheden simpelweg niet uit één enkele databron te bepalen. Voorbeelden hiervan zijn herkomstbestemmingsmatrices en data over de routekeuze van weggebruikers.

Kansen

De verwachtingen van datafusie zijn hooggespannen, maar is dit terecht? Om dit te illustreren noemen we hier twee casussen. In de eerste casus is onderzocht tot welke datakwaliteit de combinatie van lusdata en FCD-traces leidt voor verschillende configuraties. Hierbij is met name gekeken naar de afstanden tussen de lusdetectoren (500 m, 1000 m en 2500 m) en de penetratie van de met FCD uitgeruste voertuigen die een FCD-trace afgeven. Om de uitkomsten met de ‘ground truth’ te kunnen vergelijken, is het simulatiemodel FOSIM gebruikt. De gebruikte casus betrof de A13 tussen Den Haag en Rotterdam.

Figuur 24 toont het resultaat van de berekening voor het schatten van de snelheden op een willekeurige locatie met behulp van de *Adaptive Smoothing Method* (Van Lint en Hoogendoorn, 2008). De grafiek laat duidelijk zien hoe met een beperkte hoeveelheid floating car data de schatting van de snelheden aanzienlijk kan worden verbeterd: bij 2% FCD halveert de fout ten opzichte van de 0% FCD-situatie. Tegelijkertijd laat de figuur zien dat in de huidige situatie (alleen lussen om ongeveer iedere 500 m) de fout iets meer dan 6% is. Dezelfde fout kan worden gehaald met veel minder lussen (bijvoorbeeld om de 2500 m), zolang de gegevens worden gecombineerd met voldoende FCD (in dit geval, ongeveer 2%). Kortom, deze theoretische exercitie geeft duidelijk weer wat de kansen voor datafusie zijn.



Figuur 24: Relatie tussen het percentage fouten bij het schatten van de snelheid en het aandeel voertuigen dat floating car data genereert.

Ook voor het onderliggende wegennet biedt datafusie kansen om de kwaliteit van de op dit moment beschikbare verkeersgegevens aanzienlijk te verbeteren. In een recent onderzoek (Kuwahara et al., 2013) wordt aangetoond hoe schattingen van de wachtrijlengte, die essentieel zijn voor het goed regelen van verkeer op het stedelijke wegennet, kunnen worden verbeterd door de lusdata te combineren met floating car data. In dit concept worden de trajectoriën van de floating cars, ook wel ‘probes’ genoemd, (deels) bekend verondersteld, terwijl de tellingen aan de randen van het traject worden gebruikt om in combinatie met een model de dynamiek van de wachtrij te reconstrueren. Dit geeft uitstekende resultaten waarbij de wachtrijen zeer nauwkeurig worden geschat.

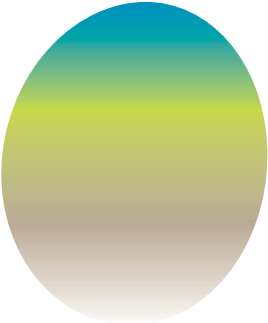
Op dit moment voert de Nationale Databank Wegverkeersgegevens (NDW) een pilot met datafusie uit. De resultaten worden later in 2014 verwacht.







Nieuwe ontwikkelingen in onderzoek.



Gedegen onderzoek is het fundament onder ons vakgebied. Dat onderzoek is nodig om nieuw beleid, nieuwe systemen en nieuwe methodieken eerst goed tegen het licht te houden – om ze vervolgens veilig, effectief en verantwoord in te voeren. Daarom in dit hoofdstuk aandacht voor de belangrijkste onderzoeksthema's. Wat willen we nog weten? Wat is er de afgelopen tijd onderzocht en gepubliceerd? En ook: wat zijn internationaal gezien dé onderzoekscentra op het gebied van verkeer en vervoer?

4.1. Nieuwe onderzoeksthema's



Voor wetenschappers is het de belangrijkste vraag: wat weten we nog *niet*? We beginnen dit hoofdstuk dan ook met het benoemen van een aantal witte plekken in het kennislandschap van verkeersmanagement. Deze onderzoeksthema's volgen voor een belangrijk deel de 'hot topics' die we in het voorgaande hoofdstuk hebben besproken of ze zijn randvoorwaardelijk voor die onderwerpen. Het gaat om achtereenvolgens gedrag, het voorspellen met modellen, automatisch rijden, de integratie wegkant en in-car, het Netwerk Fundamenteel Diagram, het managen van gemengd verkeer (waaronder fietsstromen) en de open locatierferentie.

Aan elk onderzoeksthema koppelen we een duidelijk onderzoeksdoel. Op basis van een (korte) uitwerking van het thema geven we aan waar het onderzoek zich vooral op zal moeten richten.

Gedrag

Onderzoeksdoel: Vergroten van de kennis van en het inzicht in het gedrag van ver-

keersdeelnemers. Op basis daarvan kunnen de effecten van verkeersmanagement- en verkeersinformatiemaatregelen beter worden voorspeld en kan de effectiviteit van het verkeersmanagement worden vergroot.

Toelichting: Doel van een verkeersmanagementmaatregel is normaliter om het gedrag van de weggebruiker te beïnvloeden, op strategisch, tactisch en/of operationeel niveau.

Op dit moment ligt de nadruk van de beïnvloeding sterk op informeren, maar de verwachting is dat in de toekomst die nadruk verschuift naar geleiden en sturen. Dat vraagt om nieuwe kennis over het keuzegedrag van de verkeersdeelnemer (zoals route, snelheid en inhalen) onder invloed van psychologische, infrastructurele en voertuiggebonden kenmerken bij verschillende externe omstandigheden. Moderne gedragsbeïnvloeding richt zich bovendien niet op één specifiek gedragsniveau. De uitdaging is om juist de interacties tussen de niveaus te benutten: vertrektijdstip, snelheidsgedrag, routekeuze, modaliteitsgedrag enzovoort. Deze interacties vragen dan weer om een



verbinding tussen de macro-, meso- en microscopische modellen.

Een ander punt dat speelt, is de veranderende aansturing van verkeersmanagement. Verkeersmanagement heeft zich ontwikkeld vanuit de taakopvatting van de wegbeheerders, maar op dit moment is de trend dat meer en meer taken op het bordje van private partijen komen. Parallel hieraan spelen de groeiende invloed van in-car systemen en de mogelijkheden die mobiele communicatie biedt. Deze ontwikkelingen veranderen de taakin-vulling van de verkeersmanager onherroepelijk: afstemming met private partijen en andere dienstverleners wordt bijvoorbeeld cruciaal. De vraag is hoe het verkeersmanagement in dit nieuwe speelveld zo gebruikt kan worden dat het gedrag van de weggebruiker effectief en consistent wordt beïnvloed.

Meer lezen*

- *De ontwerpweggebruiker – Kenmerken van de weggebruiker en de relatie met verkeersmanagement.* TrafficQuest, 2013.

- *Human factors in verkeersmanagement.* TrafficQuest, 2012.
- *Verkeerscentrales en netwerkmanagement.* TrafficQuest, 2011.

* Zie voor links en/of downloads

www.traffic-quest.nl/jaarbericht2014.

Voorspellen

Onderzoeksdoel: Bepalen op welke wijze en met welke methodes modellen betrouwbare informatie kunnen genereren over in te zetten verkeersmanagementmaatregelen, op zowel de lange als de korte termijn.

Toelichting: Lange-termijnvoorspellingen en korte-termijnvoorspellingen vragen elk om een eigen aanpak en eigen voorspelmethoden. Daarbij moet altijd een afweging plaatsvinden tussen nauwkeurigheid (hoe goed kloppen de voorspellingen met de werkelijkheid?) en de complexiteit van de methode (wat voor investering vraagt de methode?).

Lange-termijnvoorspellingen

Vaak zullen we modellen inzetten voor zogenaamde offline-toepassingen. Het kan dan gaan om de voorspelling van een trend, bijvoorbeeld ‘de files in 2030’, of om de voorspelling van de effecten van maatregelen, zoals ‘de situatie volgend jaar bij de aanleg van een spitsstrook’. Een statisch verkeersmodel volstaat normaliter voor het inschatten van algemene trends en prognoses op de lange termijn, maar voor een nauwkeurig beeld van de filevorming en de effecten van maatregelen moeten we terugvallen op dynamische modellen.

Enkele vragen die we in dit verband moeten beantwoorden, zijn:

- [Op welke wijze kunnen kruispuntweerstand op een correcte wijze in de modelberekeningen worden meegenomen, ook in overbelaste situaties?](#)
- [Hoe kan een betrouwbare dynamische tabel met herkomst/bestemmingsrelaties worden geschat?](#)
- [Wat is de invloed van verschillende](#)

verkeersdeelnemers en modaliteiten op de capaciteit en de kwaliteit van de verkeersafwikkeling?

- Wat is de invloed van maatregelen gericht op het bestuurdersgedrag?
- Hoe kunnen we de verkeersafwikkeling bij een overbelaste invoegstrook modelleren?

Korte-termijnvoorspellingen

Voorspellingen van de verkeersafwikkeling kunnen heel nuttig zijn bij gecoördineerd netwerkbreed verkeersmanagement: er kan op basis van die voorspellingen proactief geregeld worden. Dit vereist wel dat men real-time, *parallel aan het operationele proces*, de effecten van allerlei maatregelen doorrekent, uitgaande van de actuele verkeerssituatie en tot maximaal twee uur vooruit voorspellend. De uitkomsten van die berekeningen kunnen direct aan gebruikers worden gecommuniceerd, bijvoorbeeld op DRIP's of via een in-car applicatie, of dienen als input voor verkeersmanagement.

De toepassing van korte-termijnvoorspellingen in proactief verkeersmanagement vraagt nader onderzoek en verdere verbetering ten aanzien van de volgende aspecten:

- Hoe kunnen we de rekestijd voldoende versnellen? Eigenlijk moeten we sneller dan real-time een (aantal) verkeerssimulatie(s) kunnen draaien.
- Welk effect hebben externe invloeden – de instroom, incidenten, weersgesteldheid – op de verkeersafwikkeling?
- Voor korte-termijnvoorspellingen is het essentieel meer inzicht te verkrijgen in hoe verkeersdeelnemers reageren op verkeersmanagementmaatregelen en in welke mate ze die opvolgen.

Meer lezen*

- *Dynamic Origin-destination Matrix Estimation in Large-scale Congested Networks*. Rodric Frederix, 2012. Doctoraatsproefschrift aan de faculteit Ingenieurswetenschappen van de KU Leuven, Groep Wetenschap & Technologie. ISBN 978-94-6018-505-2.

- *Intersection Modelling and Marginal Simulation in Macroscopic Dynamic Network Loading*. Ruben Corthout, 2012. Doctoraatsproefschrift aan de faculteit Ingenieurswetenschappen van de KU Leuven, Groep Wetenschap & Technologie. ISBN 978-94-6018-506-9.
- *Bayesian Data Assimilation for Improved Modeling of Road Traffic*. Chris van Hinsbergen, CPIJ, 2010. TRAIL-thesis nr. T2010/9, TU Delft. ISBN 978-90-5584-132-5.
- *Multi-Class Continuum Traffic Flow Models: Analysis and Simulation Methods*. Femke van Wageningen-Kessels, maart 2013. TRAIL-thesis nr. T2013/7, TU Delft. ISBN 978-90-5584-163-9.
- *Lagrangian Multi-Class Traffic State Estimation*. Yufei Yuan, maart 2013. TRAIL-thesis nr. T2013/5, TU Delft. ISBN 978-90-5584-162-2.

* Zie voor links en/of downloads

www.traffic-quest.nl/jaarbericht2014.

Automatisch rijden

Onderzoeksdoel: Bepalen hoe het concept automatisch rijden in de toekomst toegepast kan worden. Op welke delen van het netwerk zou dat kunnen? Welke problemen dienen dan eerst opgelost te worden?

Toelichting: Dankzij *Adaptive Cruise Control (ACC)* en *Cooperative Adaptive Cruise Control (CACC)* kan het voertuig al veel bestuurderstaken overnemen. Maar daarbij stoppen de ontwikkelingen niet: op verschillende plaatsen in de wereld wordt geëxperimenteerd met een volledig automatisch voertuig, een auto die zonder inmenging van de bestuurder kan deelnemen aan het verkeer. De invoering van zo'n automatisch voertuig kan grote gevolgen hebben voor de afwikkeling van het verkeer (Van Arem, 2013). Een paar verwachtingen:

- Geautomatiseerd rijden met voertuigen die met elkaar communiceren, kan de huidige congestie aanzienlijk verminderen, onder meer door te anticiperen op de stroomafwaartse verkeerssituatie en door het verhogen van de uitstroom van de wachtrij.

- Een belangrijk doel van geautomatiseerd rijden is het 100% reduceren van ongevallen met voertuigen. Met behulp van geavanceerde technologie kan het voertuig adequater dan de bestuurder ongevalsrisico's detecteren en neutraliseren. Zo vermindert ook de aan ongevallen gerelateerde congestie.
- Geautomatiseerd rijden kan het energieverbruik van een voertuig verbeteren met 20% (Van Arem, 2013).
- Dankzij geautomatiseerd rijden zal ook de reiservaring prettiger worden. Chauffeurs kunnen genieten van hun persoonlijke ruimte in de auto, met de vrijheid om aandacht te besteden aan andere (nuttige, leuke) activiteiten.

In diverse landen zijn pilots opgezet die de mogelijkheden van automatisch rijden onderzoeken – zie ook hoofdstuk 5.3. Maar de introductie van automatisch rijden is geen gelopen race. Er zijn nog allerlei technische uitdagingen, zoals de integriteit van de technologieën en de integratie daarvan. Ook de volgende punten vragen om een oplossing (EU, 2011; KPMG and CARgroup, 2012):

- **Wet- en regelgeving.** Wie beheerst de verkeersstroom? Wie is verantwoordelijk bij ongevallen? Volgens de Vienna Conventie dienen bestuurders te allen tijde de controle over het voertuig te kunnen behouden. Hoe wordt dat uitgewerkt?
- **Acceptatie door verkeersdeelnemers.** Wat zijn de effecten van de invoering van automatisch rijden op het gedrag van de 'bestuurder'? Hoe wordt de informatieoverdracht met de bestuurder geregeld en hoe wordt een overload met informatie voorkomen?
- **Training.** Hoe moeten gebruikers worden opgeleid? Moeten weggebruikers die niet geautomatiseerd rijden ook getraind worden om voorbereid te zijn op de nieuwe verkeersdeelnemers?
- **Financiën.** Wie doet de noodzakelijke investeringen? Draait alleen de consument op voor de in-car systemen?
- **Techniek.** Hoe zit het met de standaardisatie van gebruikte technologieën, zoals

die voor *automated vehicle control* en de interface? Hoe kunnen de computers en communicatiesystemen in de voertuigen beschermd worden tegen hackers?

- **Transitie.** Hoe moet het automatische voertuig functioneren in gemengd verkeer?

Meer lezen*

- *Self-driving cars: The Next Revolution.* KPMG en Center for Automotive Research, 2012.
- *Four Reasons Why the Car Should Do the Driving.* Bart van Arem, 2013. *Korte notitie*, TU Delft.

* **Zie voor links en/of downloads** www.traffic-quest.nl/jaarbericht2014.

Integratie wegkant en in-car

Onderzoeksdoel: Wegkant- en in-car systemen optimaal laten samenwerken om de verkeersdoorstroming op peil te houden.

Toelichting: De komende jaren zullen auto's naar verwachting steeds meer 'connected' worden: er kan dan meer informatie van en naar auto's gestuurd worden. Dat betekent dat niet alle informatie van wegkantsystemen hoeft te komen. In hoofdstuk 3 hebben we al beschreven welke impact de overgang naar een volledig in-car systeem zal hebben en hoe deze systemen gedurende de transitieperiode naast elkaar zouden kunnen bestaan. Maar wegkant en in-car kunnen elkaar ook versterken. Een simpel voorbeeld: (connected) voertuigen winnen data over de staart van een file in en die informatie wordt vervolgens in-car én via vaste wegkantsystemen gecommuniceerd. Daarmee bereik je zowel connected als niet-connected voertuigen.

Maar terwijl de overgang van wegkant naar in-car een hot topic is, krijgt de integratie van beide systemen in het actuele onderzoek nog weinig aandacht. Juist door die integratie kan een aantal praktische vraagstukken beter opgelost worden. Mogelijk is ook het transitiepad van wegkant naar in-car gemakkelijker af te leggen door die integratiemogelijkheden te gebruiken.

Netwerk Fundamenteel Diagram

Onderzoeksdoel: Het op een simpele en accurate manier beschrijven van verkeer in een groot stedelijk gebied.

Toelichting: Sinds 2007 staat het Netwerk Fundamenteel Diagram of Macroscopisch Fundamenteel Diagram weer flink in de belangstelling. Traditioneel wordt verkeer op

het niveau van een voertuig (microscopisch) of op het niveau van een weg (macroscopisch) beschreven. In 2007 werd een ouder idee weer geïntroduceerd, namelijk dat de verkeersstoestand in een gebied afhankelijk is van het aantal voertuigen in een gebied. Daarmee wordt een derde niveau van beschrijving geïntroduceerd, dat van gebieden. Een gebied beslaat hier een (liefst homogeen) stuk van één tot enkele kilometers in diameter, zoals bijvoorbeeld een stadscentrum. Na de empirische vaststelling van een Netwerk Fundamenteel Diagram in Yokohama (Geroliminis en Daganzo, 2008) is er een heel actief onderzoeksveld op gang gekomen. Op dit moment zijn de onderwerpen van studie vooral de (in-) homogeniteit in het gebied en de dynamiek van het systeem. Oftewel: wat gebeurt er als er verkeer in of uit een gebied stroomt? Als dat bekend is, kan met een geschikt verkeersmodel voor een groot gebied snel de verkeersstroom doorgerekend worden. Zo'n simulatie kan gebruikt worden om verkeersmanagementmaatregelen vooraf door te rekenen en de verkeersstroom te optimaliseren.

Meer lezen*

- *Urban Gridlock: Macroscopic Modeling and Mitigation Approaches.* Carlos F. Daganzo, 2007. *Transportation Research, Part B: Methodological* 41.1 (2007): 49-62.
- *Existence of Urban-scale Macroscopic Fundamental Diagrams: Some Experimental Findings.* Nikolas Geroliminis en Carlos F. Daganzo, 2008. *Transportation Research, Part B: Methodological* 42.9 (2008): 759-770.
- *Impact of Traffic Dynamics on Macroscopic Fundamental Diagram.* Victor L. Knoop, Serge Hoogendoorn en Hans van Lint, 2013. *Transportation Research Board 92nd Annual Meeting.* No. 13-0595.
- *Urban Network Gridlock: Theory, Characteristics, and Dynamics.* Hani S. Mahmasani en Meead Saberi, 2013. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 80 (2013): 79-98.
- *Een nieuwe kijk op verkeersafwikkeling in netwerken.* Serge Hoogendoorn en Victor L. Knoop, 2013. *NM Magazine, jaargang 2013, uitgave 2, pag. 34-36.*
- *Network Transmission Model: a dynamic traffic model at network level.* Serge Hoog-

endoorn en Victor L. Knoop, 2014. *Transportation Research Board 92nd Annual Meeting.* No. 14-1104.

* Zie voor links en/of downloads

www.traffic-quest.nl/jaarbericht2014.

Management van gemengd verkeer (fietsstromen)

Onderzoeksdoel: Hoe kan het fietsverkeer goed meegenomen worden in de verkeersregelingen?

Toelichting: Het fietsverkeer in de steden neemt gestaag toe (Gemeente Amsterdam, 2012). Deze verkeersstroom is inmiddels zo sterk dat ze van belang wordt voor het stedelijke verkeersmanagement. Praktisch

gezien wil dit zeggen dat verkeerslichtenregelingen moeten worden aangepast op de fietsstromen, wat vertraging oplevert voor andere verkeersdeelnemers. Daarnaast is er al sprake van ‘fietsersfiles’ in de binnenstad van de grote steden.

Er zijn twee belangrijke (wetenschappelijke) uitdagingen voor deze modaliteit.

Ten eerste is het onduidelijk hoe fietsverkeer als stroom gemodelleerd kan worden. Dat maakt het doorrekenen van verkeersmanagementmaatregelen lastig. Verder levert de groei van het fietsverkeer een veiligheidsprobleem op: fietsers zijn een kwetsbare groep. Beide onderzoeksonderwerpen zijn vooral interessant voor verkeer in gemengde stromen (auto’s en langzaam verkeer samen).

Meer lezen*

- *A Porous Flow Approach to Modeling Heterogeneous Traffic in Disordered Systems.* Rahul Nair, Hani S. Mahmassani en Elise Miller-Hooks, 2011. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 17 (2011): 611-627.
- *Meerjarenplan Fiets 2012-2016.* Gemeente Amsterdam, *Dienst Infrastructuur Verkeer en Vervoer*, 2012.

Zie ook www.vruits.eu, de website van het EU-project VRUITS, oftewel *Improving Safety and Mobility of Vulnerable Road Users through ITS Applications*.

* Zie voor links en/of downloads

www.traffic-quest.nl/jaarbericht2014.

Open locatiereferen tie

Onderzoeksdoel: Het introduceren van een open standaard waarin iedere data-aanbieder zijn verkeersdata eenduidig kan coderen.

Toelichting: Door de snelle opmars van technieken om data te versturen, zijn er steeds meer mogelijkheden om verkeersgegevens via weggebruikers in te winnen. Willen deze data bruikbaar zijn voor informatie- en ITS-diensten, dan is het wel nodig dat posities en nog belangrijker wegen eenduidig gecodeerd worden. Met dat doel heeft TomTom in 2009 de standaard OpenLR,

oftewel ‘open locatiereferen tie’, opgezet. Doel is om alle wegen functioneel te classificeren. OpenLR kan vrij gebruikt worden, zonder kosten.

Hoewel de standaard nog lang niet is ontwikkeld, is het zonder meer nuttig een uniforme standaard te hebben. Deze kan ook gebruikt worden voor het verder ontwikkelen van (open source) kaarten als OpenStreetMap en voor andere informatie-doeleinden, zoals reistijdinformatie via het netwerk Waze.

Voor meer informatie over OpenLR zie www.openlr.org.



4.2. Relevant promotieonderzoek



Om de gewenste kennisontwikkeling te stimuleren, ondersteunt TrafficQuest actief een aantal onderzoeken. Op dit moment neemt TrafficQuest een deel van de financiering op zich van twee promotieonderzoeken: het onderzoek van Gerdien Klunder naar de relatie tussen de kwaliteit van verkeersgegevens en de effectiviteit van het verkeersmanagement en het onderzoek van Simeon Calvert naar het modelleren van de variaties in verkeer. Beiden doen hun promotie aan de TU Delft.

Relatie datakwaliteit en effectiviteit verkeersmanagement

Er komen steeds meer verkeersgegevens beschikbaar vanuit een eveneens groeiend aantal inwinbronnen: lusdetectoren, floating car data, bluetooth-data enzovoort. De kwaliteit van deze data verschilt per bron op aspecten als tijdigheid, nauwkeurigheid en betrouwbaarheid. Zelfs binnen één type bron kan

de kwaliteit sterk variëren, afhankelijk van bijvoorbeeld de dichtheid van het meetnetwerk ter plaatse. Een belangrijke vraag in dit verband is: wanneer is welke kwaliteit goed genoeg? Het is evident dat de kwaliteitseisen niet voor elke verkeersmanagementmaatregel of verkeersinformatiedienst en niet voor elke situatie hetzelfde hoeven te zijn. Een tijdkritische maatregel als het automatisch incidentdetectiesysteem heeft bijvoorbeeld behoefte aan nauwkeurigere en hogere resolutie data dan een systeem voor route-informatie of een netwerkbreed verkeersmanagementsysteem. Maar wat de precieze relatie is tussen de verschillende toepassingen en de kwaliteitseisen van de data, is in de meeste gevallen niet bekend. Dit is wel een belangrijk punt. Immers, als je met een mindere kwaliteit van data toekunt, levert dit een besparing op, bijvoorbeeld omdat er minder detectielussen nodig zijn.

Door de relatie datakwaliteit-effectiviteit goed in kaart te brengen, kan verkeersmanagement met dezelfde gegevens beter presenteren. In geavanceerdere toepassingen zou er zelfs afhankelijk van de tijd geschakeld kun-

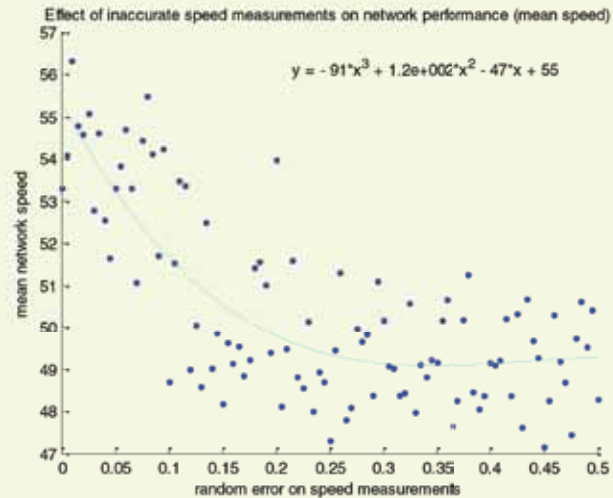
nen worden tussen verschillende kwaliteitsniveaus. De centrale onderzoeksvraag in het promotieonderzoek van Gerdien Klunder is daarom: wat is de relatie tussen de kwaliteit van verschillende soorten verkeersgegevens en de doeltreffendheid van verkeersmanagement?

Omdat er geen standaardaanpak beschikbaar was, is een algemeen raamwerk voor dit probleem opgesteld, gebaseerd op de *utility theory* en de gevoeligheidsanalyse. Om het effect van onzekerheid van een bepaalde invoerparameter 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 met een zogenaamde *measure of effectiveness* (MOE). Uiteindelijk kan een kwantitatief verband worden gevonden tussen de nauwkeurigheid van de invoervariabelen en de MOE. Dit raamwerk is getoetst aan de hand van een aantal casussen.

Uit een case over de impact van de lusdetectorafstand en de penetratiegraad van floating

cara data op de filestaartwaarschuwing blijkt dat bij een detectorafstand van meer dan 300 meter de prestaties snel verslechteren en dat de toevoeging van floating car data met een penetratiegraad van slechts 1% de prestaties sterk verbetert. Een tweede

casestudie onderzocht een netwerk met een toeritdoseersysteem. Bij dit onderzoek is gebleken dat de nauwkeurigheid van de invoergegevens een grote invloed hebben op de verkeersprestaties van het netwerk. In het voorbeeld hebben de onderzoekers met



Figuur 26: Effect van onnauwkeurige metingen op de netwerkprestatie van de toeritdoseering (Klunder et al., 2014).

behulp van simulaties bepaald wat het effect is van de nauwkeurigheid van de inwindata voor een toeritdoseerinstallatie (TDI) op de prestatie van het netwerk, uitgaande van een gangbare configuratie van lusdetectoren. Vervolgens 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 is een design/time-optimalisatie gedaan waarin aan de hand van een kosten-batenanalyse een investeringsbeslissing kan worden genomen. Zowel de snelheids- als de intensiteitsmetingen zijn in de simulatie kunstmatig aangepast om zodoende onnauwkeurige metingen te simuleren. Onderzocht is wat het effect van deze onnauwkeurigheden is op het functioneren van de TDI – zie bijvoorbeeld Figuur 26. Uit de resultaten blijkt onder andere dat een fout in de intensiteiten een minder grote invloed heeft dan een fout in de snelheidsmetingen. Voor elk type fout is een nutsfunctie afgeleid. Op deze manier is de relatie tussen de nauwkeurigheid van de inwindata en het uiteindelijke effect op het verkeerssysteem bepaald. Vervolgens is op

basis van aannames over de investerings- en onderhoudskosten en de nauwkeurigheden van verschillende meetsystemen, de kosten-effectiviteit van de verschillende meetsystemen in beeld gebracht.

In het vervolg van de studie zal Klunder deze aanpak verder uitwerken voor real-time optimalisatie. Als casus is gekozen voor wachtrijlengteschatting bij een TDI met gebruikmaking van een combinatie van lusdata en floating car data. De aanpak zal theoretisch worden uitgewerkt en vervolgens worden gegeneraliseerd. Ook zal zij verder onderzoeken welke meetfouten in de praktijk voorkomen, met de statistische correlaties daartussen, en de invloed daarvan op de kwaliteit van diverse verkeersmanagementtoepassingen met uiteenlopende tijdschalen: *adaptive cruise control* (heel tijdkritisch), wachtrijschatter (minder tijdkritisch) en een dynamisch routeringssysteem (weinig tijdkritisch).

Meer lezen*

- *Datafusie – wat wordt ermee bedoeld en wat heb je eraan?* Gerdien Klunder, Serge Hoogendoorn, Leon Kester en Henk Taale, 2013. *NM Magazine*, jaargang 2013, uitgave 4.
- *The Impact of Loop Detector Distance and Floating Car Data Penetration Rate on Queue Tail Warning.* Gerdien Klunder, Henk Taale en Serge Hoogendoorn, 2013. *MT-ITS Dresden*.
- *The Effect of Inaccurate Traffic Data for Ramp Metering: Comparing Loop Detectors and Cameras Using Information Utility.* Gerdien Klunder, Henk Taale, Leon Kester en Serge Hoogendoorn, 2014. 19th *IFAC World Congress*, Cape Town.

* Zie voor links en/of downloads

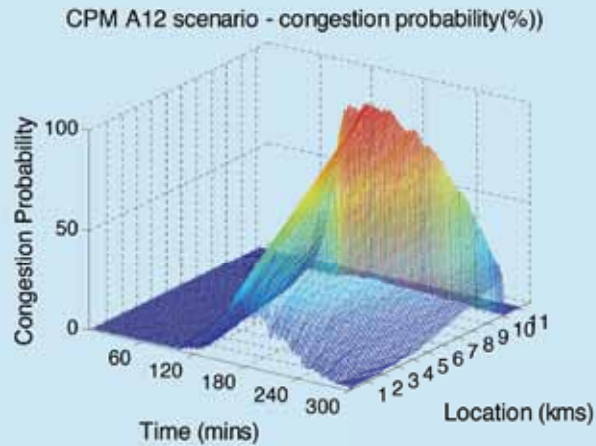
www.traffic-quest.nl/jaarbericht2014.

Modelleren van variaties in het verkeer

In macroscopische verkeersmodellen kennen we aan de verschillende invoervariabelen steeds een bepaalde gemiddelde waarde toe. In werkelijkheid kunnen de waarden van deze invoervariabelen echter een grote spreiding vertonen, veroorzaakt door bijvoorbeeld variaties in menselijk gedrag en allerlei externe invloeden. Het doel van het promotieonderzoek van Simeon Calvert is een methode te ontwikkelen om schommelingen in het verkeer te modelleren. Hiermee kunnen we een beter inzicht verkrijgen in de variatie en betrouwbaarheid van de modeluitkomsten en, daarmee samenhangend, in de onzekerheden van het verkeerssysteem. Een ander doel van het onderzoek is de benodigde rekestijd te verkorten om zo de toepasbaarheid van het model te vergroten.

In zijn onderzoek werkt Calvert onder meer de kwantificering van verstoringen in het verkeer verder uit. Inzicht in de omvang van deze verstoringen is nodig om betrouwbare input te produceren voor het verkeersmodel. Daarnaast ontwikkelt hij een raamwerk dat

het mogelijk maakt de betrouwbaarheid van de uitkomsten (de onzekerheden) van verkeersmodellen op een duidelijke wijze te communiceren met de gebruikers, zoals beleidsmedewerkers. Een correcte interpretatie van de uitkomsten van verkeersmodellen



Figuur 27: Gemodelleerd congestiebeeld voor een testcase op de A12 (Calvert, 2014).

vraagt immers om een toelichting op zowel de gebruikte invoergegevens als de uitgevoerde modelberekeningen.

In de afgelopen periode zijn enkele interessante resultaten geboekt. Zo heeft Calvert middels een uitgebreide data-analyse de belangrijkste variabelen in kaart gebracht die invloed hebben op verkeersdoorstroming op met name het hoofdwegennet. Vooral de dagspecifieke variatie (bijvoorbeeld dag van de week of vakantiedagen) en weersinvloeden (zoals neerslag, vorst en andere extreme weersomstandigheden) blijken een grote rol te spelen. Bij het vaststellen van de invloed op de verkeersdoorstroming is rekening gehouden met variaties in de vraag (de verkeersvraag onder wisselende omstandigheden), variaties in het aanbod (de capaciteit van de weg) en de interactie tussen vraag en aanbod. Dit maakte het onder andere mogelijk onzekerheden af te leiden betreffende de capaciteitsval – het extra verlies van capaciteit bij de overgang van vrij stromend verkeer naar fileverkeer – in verschillende situaties. Het resultaat van deze analyses is vastgelegd in een reeks kansverdelingen die

als input kunnen dienen voor een probabilistisch verkeersmodel.

Ook is een conceptuele theoretische beschrijving van het probabilistisch verkeersmodel of *Core Probability Framework* (CPF) opgesteld. Stapsgewijs is een methodiek ontwikkeld die het mogelijk maakt waarschijnlijkheid en betrouwbaarheid in een modelberekening te beschrijven. De beschrijving van de methodiek is op hoofdlijnen afgerond, maar de verdere invulling van het model is nog gaande.

De bedoeling is om in het vervolg aandacht te besteden aan het presenteren van de resultaten van een probabilistisch model. In Figuur 27 zijn, als voorbeeld, de uitkomsten van een berekening van de kans op file op de A12 weergegeven. Het voorbeeld maakt duidelijk dat het geen triviale zaak is de resultaten op een eenduidige wijze te visualiseren. Daarom is de hulp ingeroepen van cognitieve wetenschappers om gezamenlijk een visualisatiesystematiek uit te werken die het mogelijk maakt om op een begrijpelijke wijze de onzekerheden in de modeluitkomsten te communiceren.

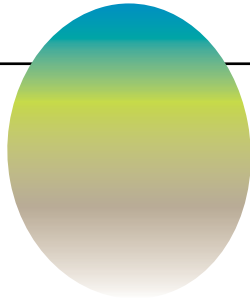
Meer lezen*

- *De Noodzaak van Probabilistisch Modelleren voor Tactische en Operationele Analyses*. Simeon Calvert en Henk Taale, 2014. *Tijdschrift Vervoerwetenschap*, Jaargang 51, nr. 2, mei 2014.
- *Kwantificatie van de invloed van regen op de verkeersdoorstroming*. Simeon Calvert, Wouter van Stralen en Eric Molin, 2013. *Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk*, 21-22 november 2013, Rotterdam.

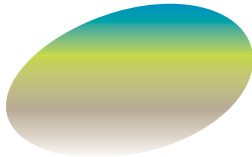
* **Zie voor links en/of downloads**

www.traffic-quest.nl/jaarbericht2014.





4.3. Interessante papers en congresbijdragen



Elk jaar presenteren onderzoekers uit het vakgebied hun onderzoeksresultaten op verschillende (inter)nationale congressen en bijeenkomsten. Een aantal van deze papers viel op door hun bijzondere invalshoek of praktische nut. Zonder de andere werken tekort te willen doen, geven we hier een opsomming van de belangrijkste bijdragen.

ISTTT20

Tijdens de twintigste editie van het *International Symposium on Traffic and Transportation Theory*, van 17 tot en met 19 juli 2013 in Noordwijk, zijn vooral theoretisch georiënteerde bijdragen gepresenteerd. Maar in onderstaande twee papers is de link naar praktische verkeersmanagementtoepassingen snel gelegd.

- *Freeway On-ramp Bottleneck Activation, Capacity and the Fundamental Relationship.* Seoungbum Kim en Benjamin Coifman, 2013.

Deze publicatie bespreekt hoe het concept van de capaciteitsval wellicht verklaard kan worden door een andere interpretatie van de metingen.

- *Modelling Supported Driving as an Optimal Control Cycle: Framework and Model Characteristics.* Meng Wang, Martin Treiber, Winnie Daamen, Serge Hoogendoorn en Bart van Arem, 2013.

Deze paper geeft aan hoe de verkeersstroom kan wijzigen wanneer voertuigen automatisch rijden en daarbij zowel doorstroming als verbruik optimaliseren.

* Zie voor links en/of downloads

www.traffic-quest.nl/jaarbericht2014.

Zie ook www.isttt.net.

IEEE-ITSC

Jaarlijks organiseert IEEE het *Intelligent Transport Solutions Congress* (ITSC), een congres over ITS en de technische kant daarvan. In 2013 werd het ITSC in Den Haag gehouden, van 6 tot en met 9 oktober. Het IEEE reikte ook deze editie weer verschillende Best Paper Awards uit. Voor het wegverkeer waren vooral de volgende bijdragen interessant.

- *Analysis of Traffic Performance of a Ramp Metering Strategy Using Cooperative Vehicles.* Riccardo Scarinci, Benjamin Heydecker en Andreas Hegyi, 2013.
Deze paper beschrijft hoe je met behulp van in-car technieken het effect van toeritdosering kunt verbeteren.
- *A Cooperative System Based Variable Speed Limit Control Algorithm against Jam Waves – an Extension of the SPECIALIST Algorithm.* Andreas Hegyi, Bart Netten, Meng Wang, Wouter Schakel, Thomas Schreiter, Yufei Yuan, Bart van Arem en Tom Alkim, 2013.

Centraal in deze bijdrage staat de vraag hoe je door middel van in-car snelheidsadviezen filegolven kunt oplossen.

* Zie voor links en/of downloads

[www.traffic-quest.nl/jaarbericht2014.](http://www.traffic-quest.nl/jaarbericht2014/)

Zie ook www.ieee-itsc13.org.

ITS World Congress

Het *ITS World Congress* brengt nieuwe ideeën en best practices van ITS wereldwijd samen. Bij het ITS World Congress 2013, gehouden van 14 tot en met 18 oktober 2013 in Tokyo, zijn drie *Best Paper Awards* toegekend door respectievelijk de Europese, Japanse en Amerikaanse ITS-commissie. Het gaat om de volgende:

- *Improving Moving Jam Detection Performance with V2I Communication.* Bart Netten, Andreas Hegyi, Meng Wang, Wouter

Schakel, Yufei Yuan, Thomas Schreiter, Bart van Arem, Coen van Leeuwen en Tom Alkim, 2013.

Deze paper is vergelijkbaar met het SPECIALIST-paper op IEEE-ITSC – zie hierboven.

- *Development of a Car-Following Tendency Prediction Method and Its Application to a Forward Collision Warning System.* Hirofumi Aoki en Osamu Ozaki, 2013.

In deze bijdrage beschrijven de auteurs hoe een driver assistance system het rijgedrag van een bestuurder kan 'leren', zodat het alleen waarschuwt bij afwijkende manoeuvres.

- *Dynamic Travel Time Prediction using Pattern Recognition.* Hao Chen, Hesham Rakha en Catherine McGhee, 2013.
Deze paper licht toe hoe je met behulp van patroonherkenning reistijdvoorspellingen kunt doen, gebruikmakend van de verkeerskarakteristieken.

* Zie voor links en/of downloads

[www.traffic-quest.nl/jaarbericht2014.](http://www.traffic-quest.nl/jaarbericht2014/)

Zie ook www.itsworldcongress.jp.

Nationaal Verkeerskunde Congres 2013

Tijdens het Nationaal Verkeerskunde Congres, gehouden op 6 november 2013 in Den Bosch, werd onder meer de beste afstudeerscriptie gekozen:

- *Slimmer organiseren, slimmer reizen. Martijn Hoogenraad en Gijs van der Kolk (Hogeschool Windesheim), 2013.*

Het betreft in feite een project om een toolbox te ontwerpen voor mobiliteitsmanagementmaatregelen: wat is de geschikte maatregel voor een bepaald type probleem? Voor de toolbox zijn negentig maatregelen geanalyseerd, gerubriceerd en in een Excel-toepassing verwerkt. De toolbox geeft een nagenoeg compleet overzicht van kansrijke middelen om te komen tot gedragsbeïnvloeding.

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

www.traffic-quest.nl/nl/jaarbericht2014.

Zie ook

www.nationaalverkeerskundecongres.nl.

4.4. Onderzoeksgroepen



Figuur 28: Belangrijke onderzoekscentra op het gebied van verkeer: een geografisch overzicht.

Als afsluiting van het ‘onderzoekshoofdstuk’ in dit Jaarbericht beschrijven we kort waar in de wereld – aan welke universiteit en aan welke instellingen – relevant onderzoek gebeurt. We putten hierbij onder meer uit de lijst winnaars van het *IEEE ITS Institutional Award*, een prijs die ieder jaar wordt uitgereikt aan het meest invloedrijke instituut op het gebied van ITS. We benoemen echter

ook andere relevante instellingen, meer specifiek rond verkeersmanagement.

PATH, University of California, Berkeley (VS). Berkeley is een van de campussen van de University of California. Berkeley is erg goed in het terugbrengen van problemen tot de essentie en is daarmee de meer theoretische telg in het universiteitssysteem. Uit-

zondering hierop is het Berkeley-onderdeel PATH, Partners for Advanced Transportation Technology, dat juist de meer praktische problemen bestudeert. Deze onderzoeksgroep won de IEEE ITS Institutional Award in 2007.

VisLab, Universit degli Studi di Parma (Italië) en NavLab, CMU (VS). Deze instituten, winnaars van de Institutional Award in respectievelijk 2008 en 2009, werken voornamelijk aan het faciliteren van ondersteund automatisch rijden.

CAST Lab, Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences (China). De onderzoekers van het CAST Lab – winnaars van de Institutional Award in 2010 – houden zich bezig met de automatiseringskant van verkeersmanagement: parallel rekenen en kunstmatige intelligentie. Het gaat de groep vooral om het ontwikkelen van software en hardware.

Technical University of Crete (Griekenland). De TU van Kreta, in de verkeersmanagementwereld vooral bekend als de universiteit van prof. Markos Papage-

orgiou, heeft een uitgebreide historie op het gebied van verkeersregelingen. Het is de bakermat van het verkeersmodel METANET en het HERO-algoritme voor de coördinatie van toeritdoseerinstallaties. De TU Kreta won de IEEE ITS Institutional Award in 2011.

Northwestern University in Chicago (VS). Sinds september 2007 is Hani Mahmassani verbonden aan de Northwestern University in Chicago. Zijn werk karakteriseert zich door een aanpak waarbij de verkeersdynamica wordt beschreven op basis van data. De groep heeft de IEEE ITS Institutional Award gewonnen in 2012.

Google Self-Driving Car Team, Google (VS). In 2013 is de IEEE ITSC Institutional Award gewonnen door het Self-Driving Car Team van Google. Zie ook hoofdstuk 5.4.

Siemens, TomTom, DLR in Berlijn (Duitsland). De Duitse hoofdstad is voor Siemens een belangrijke proeftuin voor verkeersmanagementtoepassingen. TomTom heeft er zijn Duitse hoofdkantoor staan en voert er een groot deel van het verkeerskun-

dig onderzoek uit. Ook DLR, het Duitse centrum voor Lucht- en Ruimtevaart, is in Berlijn gevestigd. Het Institut für Verkehrssystemtechnik onder leiding van Peter Wagner is onderdeel van DLR en houdt zich intensief met verkeersstroming en -regeling bezig.

Transport & Planning, TU Delft (Nederland). Deze onderzoeksgroep is een van de grootste op het gebied van transport in de wereld. Het onderzoek beslaat het hele spectrum van planning en strategische modellen (Bart van Arem) tot verkeersafwikkeling van voertuigen en voetgangers (Serge Hoogendoorn). Verkeersmanagement neemt een belangrijke plek in binnen het onderzoekswerk. Ook bij andere groepen en faculteiten van de TU Delft wordt verkeersonderzoek gedaan. Al deze onderzoeksactiviteiten zijn gebundeld in het Transport Institute Delft onder leiding van Bart van Arem.

EPFL in Lausanne (Zwitserland). EPFL, de École Polytechnique Fédérale de Lausanne, heeft twee groepen die zich met verkeersmanagement bezighouden. Michel Bierlaire richt zich voornamelijk op gedrags-

modellen, terwijl Nikolas Geroliminis met zijn groep focust op het modelleren en regelen van Urban Transport.

Imperial College London, University College London, City University London (Groot-Brittannië).

De metropool Londen heeft verkeersproblemen te over en om die op te lossen is een flink onderzoeksbudget vrijgemaakt. Imperial College London is de technische universiteit, met John Polak aan het hoofd van de afdeling Transport. Er is een grote groep onderzoekers die alle transportgerelateerde onderwerpen oppakt, inclusief verkeersmanagement. De meest relevante niet-technische universiteit is University College London. De groep van Benjamin Heydecker heeft een algemene interesse in verkeersmanagement. Recent is Ioannis Kaparias een verkeerskunde afdeling op City University London begonnen.

Institute for Transport Studies in Leeds (Groot-Brittannië).

Dit instituut is breed georiënteerd op verkeersstromen, maar heeft vooral een goede naam op het gebied van Human Factors (Oliver Carsten).

IFSTTAR in Lyon (Frankrijk). In Lyon zit als onderdeel van IFSTTAR een kleine groep onder leiding van Ludovic Leclercq en Christine Buisson die zich sterk gespecialiseerd heeft in verkeersstroming. Op dit specifieke gebied horen de onderzoekers zeker tot de wereldtop. De scope is vrij nauw, waardoor netwerkmanagement en optimalisatie van verkeersregelingen niet tot het onderzoeksveld behoren.

Siemens, BMW, TU München in München (Duitsland). In München zit veel Duitse industrie die zich bezighoudt met verkeersmanagement. Zo heeft Siemens zijn verkeersafdeling in München gevestigd. Ook komt BMW uit München en dit bedrijf investeert de laatste jaren sterk in research & development voor communicerende voertuigen en automatisch rijden. Daarnaast is er bij de Technische Universität München een groep die zich richt op verkeer en verkeerstechniek (Fritz Busch).

University of Newcastle (Groot-Brittannië). Op deze universiteit werkt men aan diverse onderwerpen die

raken aan de zogenaamde multicriteria optimalisatie van verkeersmanagement. Zo houdt Margaret Bell zich bezig met milieuvriendelijk verkeersmanagement en monitoring in de stedelijke omgeving (o.a. met sensornetwerken). De groep richt zich ook op intelligente transportsystemen.

Kyoto University (Japan). In Kyoto richt Nobuhiro Uno van de Kyoto University zich op ITS. In het bijzonder onderzoekt zijn groep hoe IT-systemen helpen bij het verbeteren van de verkeersprocessen. Recent is er een nieuwe, moving base rijnsimulator geïnstalleerd, die voor nieuwe inzichten moet zorgen.

Tohoku University (Japan). Masao Kuwahara is al enkele decennia actief binnen het onderzoeksveld verkeerskunde en de toepassing van ITS-systemen. Lange tijd heeft hij bij de universiteit van Tokyo gezeten, maar nu is hij verbonden aan Tohoku University, ook in de agglomeratie Tokyo.





3

3

Pilots verkeersmanagement.

In dit laatste hoofdstuk richten we ons op onderzoek én praktijk, oftewel de praktijkproeven en -pilots. Omdat de geteste technologieën en diensten al zo dicht tegen uitrol aanzitten, bieden de proeven in 'real world' een aardig inkijkje in de verkeerssystemen en diensten van morgen. We geven themagewijs een overzicht van de belangrijkste pilots waarin verkeersmanagementmaatregelen en intelligente transportsystemen worden beproefd. Ook benoemen we enkele platforms die praktijkproeven faciliteren en stimuleren.

5.1. Gecoördineerd Netwerkbreed Verkeersmanagement

Connecting Mobility (Nederland)

De uitdaging die de minister van Infrastructuur en Milieu zich heeft gesteld met het actieprogramma *Connecting Mobility*, is om in een solide samenwerking tussen overheden, serviceproviders en industrie te komen tot een slimme en inhoudelijk consistente mix van informatie via smartphones, navigatiesystemen en collectieve informatiekanalen. Daarmee wil de minister werken aan verschillende maatschappelijke doelen: 1) bijdragen aan de doelstellingen van het ministerie voor bereikbaarheid, leefbaarheid en veiligheid, 2) verbeteren van de dienstverlening naar reizigers, 3) verbeteren van de (kosten)effectiviteit en efficiëntie van publiek verkeersmanagement en 4) versterken van de concurrentiepositie van het Nederlandse bedrijfsleven.

Het programma voor 2014 omvat de volgende 'routeprojecten' (zie ook verderop in het hoofdstuk):

- Thema Gecoördineerd Netwerkbreed Verkeersmanagement: Praktijkproef Amsterdam.
- Thema Logistiek en Internationaal: Coö-

peratieve ITS-corridor Nederland-Duitsland-Oostenrijk.

- Thema Multimodale Stedelijke Bereikbaarheid: De Digitale Wegbeheerder.
- Thema Automotive en In-car (coöperatieve systemen): Rijden met in-car systemen.

Spookfiles A58 (Nederland)

Binnen dit project wil regio Brabant de zogenaamde spookfiles (schokgolven) met behulp van ITS-toepassingen aanpakken. Het idee is om met in-car snelheidsadviezen het ontstaan van filegolven en de aangroei van files door filegolven te verminderen of zelfs te voorkomen.

Meer informatie:

www.sre.nl/projecten/spookfiles.

USDOT Integrated Corridor Management Pioneer Sites (VS)

Het U.S. Department of Transportation (USDOT) heeft acht 'pioneer sites' geselecteerd die fungeren als kritische partner bij de ontwikkeling, implementatie en evaluatie

van *Integrated Corridor Management (ICM)*-strategieën. Deze strategieën zijn ontwikkeld om de congestie in de drukste stedelijke corridors te bestrijden. In Tabel 9 staat een overzicht van de *pioneer sites*, met daarbij aangegeven welke applicaties er in de sites worden toegepast.

De tests in de pionier sites doorlopen steeds drie fasen:

- *Fase 1*: Ontwikkeling beheerconcept, verzameling gegevens en opstellen programma van eisen.
- *Fase 2*: Analyse, modellering en simulatie.
- *Fase 3*: Demonstratie en evaluatie.

Meer informatie:

www.its.dot.gov/icms/pioneer.htm.

DMA-ATDM Analysis-Modeling-Simulation Test Bed (VS)

Ook het *Analysis-Modeling-Simulation Test Bed*, kortweg *AMS Test Bed*, is een initiatief van het U.S. Department of Transportation. Het *Test Bed* biedt een virtuele computerondersteunde simulatieomgeving voor doelgerichte, geïntegreerde proeven voorafgaand aan de inzet in het veld. Het *AMS Test Bed* wordt gebruikt om de effecten te bepalen van *Dynamic Mobility Applications (DMA)*: innovatieve applicaties die mogelijk zijn dankzij de data van draadloos verbonden voertuigen, reizigers en de infrastructuur. Ook worden de mogelijkheden onderzocht van *Active Transportation and Demand Management (ATDM)*.

Zie voor links en/of downloads:

www.traffic-quest.nl/jaarbericht2014.

ITS Spot Services (Japan)

ITS Spot Services is een samenwerkingsverband van tien autofabrikanten (Audi, Citroën, Mazda, Mercedes-Benz, Mitsubishi Motors, Nissan, Peugeot, Suzuki, Toyota en Volkswagen) en zes ontwikkelaars van navigatiesystemen en *on-board units* (Alpine, Clarion, Mitsubishi Electric, Mitsubishi Heavy Industries, Panasonic, Pioneer). Op de testsite worden drie diensten aangeboden: dynamisch routeadvies, advies voor veilig rijden en automatische tol. De testsite bestaat uit 1670 'ITS-spots' op de expressways in Japan.

Zie voor links en/of downloads:

www.traffic-quest.nl/jaarbericht2014.

Pioneer Site Location	Corridor Assets to Be Integrated with ICM									
	Freeway			Arterial	Bus			Rail		
	HOV	Tolling	Value Pricing	Real-Time Control	Fixed Route	Express Buses	Bus Rapid Transit	Commuter Rail	Light Rail	Subway, Heavy Rail
Dallas, Texas	●	●		●	●	●			●	
Houston, Texas	●	●	●	●	●	●	●			
Minneapolis, Minnesota	●	●	●	●	●	●	●			
Montgomery County, Maryland	●			●	●	●		●		●
Oakland, California	●	●		●	●	●	●	●		●
San Antonio, Texas				●	●	●				
San Diego, California	●	●	●	●	●	●	●			
Seattle, Washington	●			●	●	●		●	●	

Tabel 9: Integratie van applicaties per 'Integrated Corridor Management Pioneer Site' (bron: USDOT, 2014).

5.2. Integratie wegwagent en in-car, Coöperatieve systemen



Praktijkproef Amsterdam (Nederland)

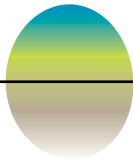
De Praktijkproef Amsterdam is een groot-schalige en innovatieve proef waarin overheid, markt en wetenschap samenwerken om files in de regio Amsterdam te verminderen. Weggebruikers krijgen gepersonaliseerde reisinformatie in de auto zodat ze de beste routekeuze kunnen maken. Verkeerslichten en toeritdoseerinstallaties reageren gecoördineerd op voorspellingen van files. Zo komen weggebruikers sneller op hun bestemming en kunnen zij rekenen op een betrouwbare reistijd. Bij aangetoonde kosteneffectiviteit kunnen de Praktijkproef Amsterdam-toepassingen nationaal en internationaal worden uitgerold.

Het project bestaat uit drie fasen. In de eerste fase worden de mogelijkheden van wegwagentssystemen en in-car systemen nog gescheiden beproefd. In fase 2 en 3 volgen proeven waarmee optimale capaciteitsbenutting van wegen wordt nagestreefd met volledige integratie van beide systemen op netwerkniveau.

Coöperatieve ITS Corridor Nederland-Duitsland-Oostenrijk (Nederland)

In de *Coöperatieve ITS Corridor* worden in internationaal verband coöperatieve diensten gerealiseerd. Niet meer als experiment of proef, maar als echte praktijktoepassing. Nederland, Duitsland en Oostenrijk richten zich met het project op de corridor Rotterdam-Frankfurt-Wenen. Het project levert in eerste instantie twee diensten: waarschuwen voor wegwerkzaamheden en het verzamelen van data uit sensoren in voertuigen voor verkeersmanagement- en verkeersinformatiedoeleinden.

Zijn die diensten eenmaal gereed dan zullen er in samenwerking met de markt andere diensten worden toegevoegd, gebruik makend van de toegepaste technologie en beschikbare data. Denk dan aan het in-car brengen van verkeersborden of geavanceerde informatie voor vrachtverkeer van en naar de haven van Rotterdam, rekening houdend met wegwerkzaamheden, beschikbare parkeerplaatsen langs de route, rij- en rusttijden en laad- en losmogelijkheden in de haven.



DRIVE C2X (EU)

In het EU-project *DRIVE C2X* worden door middel van *field operational tests* op verschillende plaatsen in Europa coöperatieve systemen beproefd en geëvalueerd. Op deze testlocaties kunnen de deelnemende partijen de voordelen van coöperatieve systemen verifiëren en de weg effenen voor introductie door de markt. Het project is op dit moment in volle gang.

Er zijn in totaal zeven testlocaties in Duitsland, Italië, Nederland, Zweden, Spanje, Frankrijk en Finland. De functies die worden beproefd betreffen: in-vehicle signage, waarschuwingen voor obstakels, wegwerkzaamheden, files, voertuigen van hulpdiensten en slecht weer, snelheidsadvies op geregelde kruisingen en allerlei informatiediensten. De bedoeling is om de impact van coöperatief rijden op de gebruikers, het milieu en de maatschappij te onderzoeken. Ook de technische functionaliteit en de robuustheid van de systemen – in gunstige én ongunstige omstandigheden – worden in het praktijkonderzoek meegenomen.

Meer informatie: www.drive-c2x.eu.

Compass4D (EU)

Zeven Europese steden – Bordeaux, Kopenhagen, Helmond, Newcastle, Thessaloniki, Verona en Vigo – hebben in *Compass4D* de krachten gebundeld met als gezamenlijk doel de verkeersveiligheid te verbeteren, de energie-efficiency te verhogen en het congestieniveau voor het wegtransport te verminderen. Om deze uitdagingen op te pakken, zullen de steden en industriële partners gezamenlijk drie coöperatieve diensten uitvoeren:

- *Forward Collision Warning: het verminderen van verkeersongevallen door bestuurders te waarschuwen voor fileverkeer of voertuigen die (stroomopwaarts) plotseling remmen of vertragen.*
- *Red Light Violation Warning: gericht op vermindering van het aantal roodlichtnegaties en het minimaliseren van de effecten van dergelijke schendingen, bijvoorbeeld bij hulpverleningsvoertuigen die oversteken.*
- *Energy Efficiency Intersection Service: deze dienst stelt de bestuurder in staat een brandstofbesparend en comfortabel*

snelheidsprofiel te kiezen bij het oversteken van een kruispunt.

Meer informatie: www.compass4d.eu.

Connected Vehicle Research - V2V and V2I Technology Test Bed (VS)

De *V2V and V2I Test Bed* is bedoeld om veiligheids-, mobiliteits- en milieutoepassingen te testen in een omgeving met de nieuwste coöperatieve technologie uit het Vehicle-to-Vehicle (V2V) en Vehicle-to-Infrastructure (V2I) onderzoeksprogramma van het U.S. Department of Transportation. De Test Bed biedt wegkantapparatuur in een aantal steden in Oakland County, Michigan. In totaal zijn 32 mijl *interstate highways en divided highways* en 43 mijl *arterial roads* van wegkantapparatuur voorzien.

Zie voor links en/of downloads:

zie www.traffic-quest.nl/nl/jaarbericht2014.

ITS Green Safety (Japan)

Doelstelling van *ITS Green Safety* is om ITS in te zetten voor een milieuvriendelijkere en veiligere samenleving. De praktijkproeven vinden plaats in 'groot Tokyo'. De technologieën die worden toegepast zijn:

- *Next Generation Driver Safety Support Systems (I2V)*
- *Cooperative Advanced Safety Vehicles (V2V, V2P)*
- *Smartway met ACC/CACC (I2V, V2V)*
- *ITS Spot Services (I2V)*
- *Mobile and ITS Spot Cooperative Services (I2V)*

Meer informatie:

www.its-jp.org/english/its-green-safety-showcase.



5.3. Automatisch rijden

Rijden met in-car systemen (Nederland)

Het project *Rijden met in-car systemen* is het gebruikersgerichte dwarsverband tussen een aantal lopende projecten binnen het thema automotiviteit en in-car, te weten Compass4D, Spookfiles A58, Coöperatieve ITS Corridor, SPITSlive, Praktijkproef Amsterdam (in-car spoor) en *Brabant In-Car III*. Binnen de programmalijn 'De menselijke factor' van DITCM – zie 5.6. – delen markt, overheid en kennisinstellingen gezamenlijk ervaringen rondom het gebruik, de beleving en de tevredenheid van weggebruikers van in-car diensten. Denk bijvoorbeeld aan de verschillende wijzen waarop in-car adviezen over snelheden kunnen worden gegeven: wat werkt goed en wat niet? In dit project ontstaan adviezen over benodigde (wettelijke) voorwaarden om gebruikersgerichte in-car communicatie te kunnen uitrollen en implementeren. Ook biedt het input voor een kennisagenda binnen de zogenaamde Uitvoeringsagenda van het actieprogramma Connecting Mobility.

Brabant in-car II (Nederland)

In Brabant hebben in 2012 vier verkeersproeven plaatsgevonden, waarin de effecten van actuele informatie in de auto op het rijgedrag zijn onderzocht. Bij deze Brabant in-car II-projecten stond de relatie tussen mens en techniek centraal: hoe reageert de weggebruiker op nieuwe technologie in de (vracht) auto? En wat zijn de maatschappelijke effecten? De informatie werd pre-trip of on-trip via smartphone, tablet of navigatiesysteem aangeboden. In totaal hebben ruim 600 testrijders aan de proeven deelgenomen. Het vervolproject Brabant In-Car III is onderdeel van het project Rijden met in-car systemen.

Meer informatie:

www.sre.nl/projecten/brabant-in-car-ii.

Zelfrijdende auto op A270 (Nederland)

De provincie Noord-Brabant ontwikkelt zich tot een proeftuin voor de zelfrijdende auto. Deze wagen zal rijden op de A270, de weg tussen Helmond en Eindhoven. Het voertuig wordt eerst verantwoord in een zogeheten gesloten omgeving op de A270 getest, voordat het tussen het dagelijkse verkeer gaat rijden. Deze fase gaat zeker zeven jaar duren.

DAVI (Nederland)

De TU Delft, TNO, RDW en Connekt hebben DAVI geïnitieerd: het *Dutch Automated Vehicle Initiative*. DAVI zal geautomatiseerde voertuigen ontwikkelen met robotvisie, voertuig-naar-infrastructuur (V2I)-communicatie en voertuig-naar-voertuig (V2V)-communicatie. De geautomatiseerde voertuigen gaan de weg delen met handmatig bestuurde voertuigen. Een eerste publieke demonstratie van automatisch rijden vond plaats op 12 november 2013 tijdens de Innovatie Estafette in Amsterdam.

Meer informatie: www.davi.connekt.nl.

Automatisch rijden (EU)

In Europa is het vooral de auto-industrie die zich sterk maakt voor de invoering van automatisch rijden. Zo wil Volvo in 2020 een ongevalsvrije auto op de markt brengen. Daartoe ontwikkelt het bedrijf systemen voor automatisch rijden in file, systemen voor automatisch remmen bij kruispunten en systemen gericht op detectie van loslopende dieren.

Mercedes hoopt in 2020 een Mercedes S-klasse-voertuig gereed te hebben die geheel automatisch kan deelnemen aan het verkeer. Nu al beschikt Mercedes over een volautomatisch prototype, de S500 Intelligent Drive, waarmee zonder ingrijpen van de bestuurder een 90 km lang traject is afgelegd. Ook Audi, Bosch en BMW zijn betrokken bij de ontwikkeling van een automatisch voertuig.

Kenmerkend voor de Europese aanpak is dat in alle gevallen de bestuurder de controle over het voertuig blijft behouden. Dit is in overeenstemming de *Vienna Convention* (1968), waarin staat: “Every driver shall at all times, be able to control his vehicle or to guide his animals.”

Meer informatie:

www.imobilitysupport.eu,

www.citymobil-project.eu,

www.haveit-eu.org

en www.sartre-project.org.





Bron: Dutch Automated Vehicle Initiative

Automatisch rijden (VS)

Sinds 2005 is Google betrokken bij de ontwikkeling van een automatisch voertuig, de *Google Driverless Car*. Inmiddels heeft dit voertuig ongeveer een miljoen kilometers gereden zonder tussenkomst van een chauffeur en zonder ongevallen. Interessant is dat de staat Nevada in juni 2011 een wet heeft aangenomen die het gebruik van automatisch geleide voertuigen regelt. Ook Florida en California hebben wetgeving aangenomen die het gebruik van automatische voertuigen toestaat. De *U.S. National Highway Traffic Safety Administration* heeft echter haar zorgen geuit over de regelgeving van de staten. De organisatie “does not recommend at this time that states permit operation of self-driving vehicles for purposes other than testing”.

General Motors ontwikkelt samen met Segway het General Motors EN-V (Electric Networked-Vehicle) voertuig. Dit is een tweezits, elektrisch aangedreven concept car geschikt voor gebruik in een stedelijke omgeving. Ook Tesla is actief in de ontwikkeling van een driverless car.

Zie voor links en/of downloads:

www.traffic-quest.nl/nl/jaarbericht2014.

Autopilot System (Japan)

Ook in Japan is een programma opgesteld gericht op het testen van de technologie voor een automatische auto – zie figuur 30.

De volgende stappen worden in het ontwikkelingstraject doorlopen:

- Invoering van systemen die de autonome rijtaak ondersteunen, zoals Adaptive Cruise Control (ACC), Pre-crash Brake en Lane Keeping Assist.
- Invoering van coöperatieve rijtaakondersteuning, zoals een experiment op congestiepunten op de autoweg met gebruikmaking van ACC en wegkant-naar-voertuigcommunicatie.
- Realisatie van een autopilot: coöperatieve rijtaakondersteunende systemen voor de controle over het voertuig op autowegen (ACC, longitudinaal en lateraal).

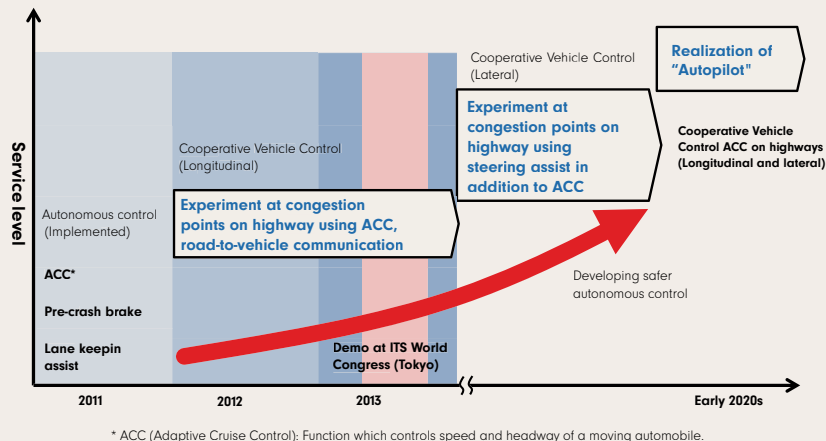
Omstreeks 2020 zal automatisch rijden mogelijk moeten zijn op het Japanse autosnelwegennetwerk. Zoals gebruikelijk in Japan wordt bij de ontwikkeling van de Autopilot intensief samengewerkt tussen overheid, bedrijfsleven (waaronder autofabrikanten als Nissan, Toyota, Mazda en Honda) en kennis-

instellingen (Tokyo Institute of Technology). Autofabrikanten hebben ook eigen testsites ingericht om bepaalde merkgebonden technologieën uit te testen. Nissan onderzoekt bijvoorbeeld samen met NTT DoCoMo mogelijkheden om via communicatie de veiligheid van voetgangers te verbeteren (conflicten met voertuigen voorkomen). Op 12 november 2012 heeft Toyota het Higashi-Fuji

Technical Center in Susono City, Shizuoka, in gebruik genomen. Op deze site kunnen intelligente transportsystemen worden getest. Het belangrijkste doel is het verminderen van het aantal verkeersongevallen door toepassing van wegkant-naar-voertuigcommunicatie.

Zie voor links en/of downloads:

www.traffic-quest.nl/nl/jaarbericht2014.



Figuur 30: Ontwikkelingstraject autopilot systeem in Japan.

5.4. Veiligheid



SAFER (Zweden)

SAFER is een multidisciplinaire onderzoekseenheid van 25 partners uit de Zweedse automotieve industrie, de academische wereld en de overheid die samenwerken op het gebied van voertuig- en verkeersveiligheid. Verkeersveiligheid heeft in Zweden een hoge prioriteit, wat onder andere blijkt uit de in de beleidsvisie *Vision Zero* neergelegde ambitie. Onder de vlag van SAFER is recentelijk het project *SemiFOT, Sweden Michigan Naturalistic Field Operational Test*, afgerond. In deze proef zijn op grote schaal gegevens verzameld over de interactie tussen mens, voertuig en weg (omgeving) van reguliere bestuurders tijdens hun dagelijkse verplaatsingen. Verder zijn in Zweden diverse proeven uitgevoerd met *Intelligent Speed Adaptation (ISA)*. Het gevolg is dat Zweden koploper is met de implementatie van ISA: diverse overheden hebben hun voertuigvloot al met ISA uitgerust. Overigens zijn ook in veel andere Europese landen, zoals het Verenigd Koninkrijk, Frankrijk, Denemarken, Spanje, België, Nederland (Tilburg) en Hongarije, ISA-proeven gehouden.

Zie voor links en/of downloads:

www.traffic-quest.nl/nl/jaarbericht2014.

Connected Vehicle Safety Pilot Program (VS)

Het *Connected Vehicle Safety Pilot Program* is een wetenschappelijk onderzoeksinitiatief dat zich richt op de real-world implementatie van onderling verbonden (V2V) technologieën, applicaties en systemen voor verkeersveiligheid. De doelstellingen van de Safety Pilot zijn onder meer het testen van de effectiviteit en bruikbaarheid van de draadloze voertuigcommunicatietechnologie in multimodale rijomstandigheden. Ook krijgt de gedragscomponent veel aandacht: hoe passen gewone bestuurders zich aan draadloze voertuigcommunicatietechnologie aan en hoe gebruiken ze het?

Meer informatie:

www.its.dot.gov/safety_pilot.

5.5. Data

Digitale Wegbeheerder (Nederland)

De *Digitale Wegbeheerder* beproeft een concept waarbij een virtueel platform marktpartijen, overheden en weggebruikers (consumenten) elektronisch met elkaar verbindt. Het is een open platform waarop informatie en diensten kunnen worden aangeboden en afgenomen. Partijen die zijn aangesloten op de Digitale Wegbeheerder kunnen zo elkaars hulp inschakelen om hun eigen maatregelen en adviezen nog effectiever te maken. Denk hierbij aan navigatieleveranciers die herkomst-bestemmingsinformatie *brenghen* en de actuele regelintenties van de overheid *halen*. De basis van de communicatie en samenwerking is een uniform en open technisch en organisatorisch concept. Het project is erop gericht het concept aan de hand van drie pilots in Amsterdam daadwerkelijk te realiseren en te testen. Het gaat hierbij niet alleen om de functionele werking, maar ook om de mate van betrokkenheid en draagvlak bij alle stakeholders. De drie pilots in het project richten zich op toepassing op stedelijke schaal en hebben een multimodaal karakter.

Sensor City (Nederland)

De provincie Drenthe en de gemeente Assen hebben samen het project *Sensor City* opgezet. In het experiment *Sensor City Mobility* onderzoeken overheid en bedrijfsleven in welke mate auto- en treinreizigers profijt ondervinden van reisinformatie- en verkeersmanagementdiensten en hoe dit verkeersmanagers kan ondersteunen bij het realiseren van hun collectieve doelen (betere doorstroming, minder milieubelasting en grotere verkeersveiligheid).

Bij Sensor City Mobility zijn de volgende partijen betrokken: DySI, Elevation Concepts, gemeente Assen, Goudappel Coffeng, MagicView, Mobuy, NXP, 9292, Parkingware, Imtech, Quest Traffic Consultancy, Stichting Sensor City, TNO en TomTom.

Meer informatie:

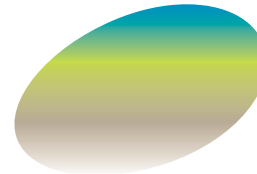
www.sensorcitymobility.nl
www.sensorcity.nl.

Information Integration (Japan)

Doelstelling van de Japanse pilot *Information Integration* is het inrichten van een informatieplatform voor ITS-diensten. Daartoe worden grote hoeveelheden data bijeengebracht en gedeeld in een gemeenschappelijk platform. De bedoeling hiervan is publieke en private gegevensbronnen zo effectief mogelijk te gebruiken door waardecreatie en de ontwikkeling van nieuwe ITS-diensten mogelijk te maken.

Zie voor links en/of downloads:

www.traffic-quest.nl/nl/jaarbericht2014.



5.6. Platforms en samenwerkingsverbanden

DITCM (Nederland)

DITCM is een open innovatie-organisatie waarin overheid, bedrijfsleven en kennisinstellingen samenwerken aan de introductie van coöperatieve systemen. DITCM heeft op dit moment bijna dertig partners die gezamenlijk een ontwikkel- en testomgeving voor nieuwe vormen van intelligente voertuigen en de bijbehorende intelligente wegkantsystemen exploiteren.

In DITCM werken de volgende partners samen: TNO, TU Delft, TU Eindhoven, Universiteit Twente, NHTV, Fontys, Arcadis, Goudappel, TomTom, DAF, Imtech, ARS T&TT, Vialis, Grontmij, TASS, Siemens, NXP, Technolution, HERE, AutomotiveNL, ANWB, NDW, RDW, Rijkswaterstaat, Provincie Noord-Brabant, gemeente Eindhoven, gemeente Helmond, SRE, Beter Bereikbaar Zuidoost-Brabant en Brainport Development.

Meer informatie: www.ditcm.eu

iMobility Forum (EU)

Het *iMobility Forum* wil in de periode 2011-2020 door de implementatie van ITS de volgende verbeteringen in het Europese transportsysteem realiseren:

- 30% *reductie van het aantal verkeersdoden.*
- 30% *reductie van het aantal ernstig gewonden.*
- 15% *vermindering van de aan het wegverkeer gerelateerde congestie.*
- 20% *verbetering van de energie-efficiëntie van het wegverkeer.*
- 50% *toename in de beschikbaarheid van real-time verkeers- en reisinformatie.*

Om dit mogelijk te maken biedt het Forum een platform voor alle belanghebbenden in Europa voor het ontwikkelen, implementeren en monitoren van werkprogramma's gekoppeld aan roadmaps die ter bevordering van de internationale samenwerking nodig zijn voor de succesvolle ontwikkeling en invoering van ITS.

De ANWB heeft op 11 september 2013 een internationale demonstratiedag *Intelligent Mobility for Smart Cities* georganiseerd.

Doel was te laten zien hoe Europese steden slimme, energie-efficiënte, milieuvriendelijke en veilige transportsystemen kunnen implementeren.

Meer informatie: www.imobilitysupport.eu

CHARM (EU)

CHARM is een Engels-Vlaams-Nederlands samenwerkingsverband tussen de Highways Agency, Rijkswaterstaat, Mobiliteit en Openbare Werken, Technology Strategy Board en Agentschap NL. Het doel van deze samenwerking is het definiëren van een nieuwe generatie verkeersmanagementsystemen die gezamenlijk kunnen worden aangeschaft. De markt wordt uitgedaagd om nieuwe oplossingen te ontwikkelen voor de volgende generatie verkeerscentrale. Daartoe zijn een aantal uitdagingen geformuleerd: 1) innovatief, netwerkbreed verkeersmanagement, 2) innovatieve verkeersvoorspellingsmethoden en 3) de ondersteuning van coöperatieve ITS-functies.

Literatuur.

ANWB (2013).

www.anwb.nl/verkeer/nederland/verkeersinformatie/filezwaarte, geraadpleegd op 21 oktober 2013.

Autoscout24 (2012).

The cars we want tomorrow 2013/14, onderzoeksrapport, 2012.

Bast (2013).

www.bast.de/cln_032/nn_42248/DE/Aufgaben/abteilung-v/referat-v2/v2-verkehrszaehlung/zaehl_node.html, geraadpleegd op 20 november 2013.

CBS (2013).

statline.cbs.nl, *CBS Statline*, geraadpleegd op 23 oktober 2013.

Connekt (2013).

Beter geïnformeerd op weg. Routekaart 2013-2023 – Samenvatting. In opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu, oktober 2013.

CPB (2012).

Actualiteit WLO scenario's. Centraal Planbureau, notitie, mei 2012.

DHV (2012).

Evaluatie scenario's VDA10 – Evaluatie verkeersregelscenario's ter verbetering van de doorstroming op de ringweg A10. Rapport in opdracht van Rijkswaterstaat, december 2012.

DfT (2013).

www.dft.gov.uk/traffic-counts/download.php, *Department for Transport*, United Kingdom, geraadpleegd op 20 november 2013.

INRIX (2013).

scorecard.inrix.com/scorecard/methodology.asp, *INRIX*, geraadpleegd op 21 oktober 2013.

IRTAD (2013).

Road Safety Annual Report 2013. International Transport Forum, International Traffic Safety Data and Analysis Group, 2013.

KiM (2012).

Mobiliteitsbalans 2012. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, november 2012.

KiM (2013).

Mobiliteitsbalans 2013. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, oktober 2013.

Kuwahara, M., T. Ohata, T. Takigawa (2013).

Estimating Vehicle Trajectories on a Signalized Urban Arterial and a Motorway by Data Fusion of Probe and Detector Data. OPTIMUM 2013, International Symposium on Recent Advances in Transport Modelling.

Le, T.; H.L. Vu, Y. Nazarathy, Q. Bao Vo, S. Hoogendoorn (2013).

Linear-Quadratic Model Predictive Control for Urban Traffic Networks. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 36: 498-512, 2013.

Lin, S., B. De Schutter, Y. Xi and H. Hellendoorn (2011).

Fast Model Predictive Control for Urban Road Networks via MILP. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 12, no. 3, pp. 846–856, Sept. 2011.

Lint, H. van; S. Hoogendoorn (2008). *Reistijdvoorspellingen en reistijdbetrouwbaarheid.* NM Magazine, jaargang 3 (2008), nr. 3.

NDW (2013).

www.ndw.nu. *Nationale Databank Wegverkeersgegevens*, geraadpleegd op 21 oktober 2013.

RWS (2012).

Veilig over Rijkswegen 2011 – Deel A: Verkeersveiligheid landelijk beeld. Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Rijkswaterstaat, december 2012.

RWS (2013).

Publieksrapportage Hoofdwegennet – 2e periode 2013. Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Rijkswaterstaat, 19 september 2013.

SWOV (2013).

Nederlandse verkeersveiligheid in internationaal perspectief, SWOV-Factsheet, augustus 2013.

Taale, H. (2008). *Integrated Anticipatory Control of Road Networks – A Game Theoretical Approach.* Proefschrift, TU Delft, TRAIL, Delft, november 2008.

Taale, H. en H. Schuurman (2013).

Effecten van benutting in Nederland – Een overzicht van meer dan 175 praktijkevaluaties – Versie 3.0. TrafficQuest, sept 2013.

TNO (2013).

Verkeersmonitor Beter Benutten. Eénmeting, oktober 2013. TNO rapport TNO 2013 R11687, oktober 2013.

TrafficQuest (2010).

Evaluatie lokale maatregelen VDA10. Memo voor Rijkswaterstaat, december 2010.

Transpute (2011).

Overschot verkeersaanbod 2011 - X-factor. Rapport voor Rijkswaterstaat DVS, juni 2011.

TomTom (2013).

www.tomtom.com/nl/trafficindex, geraadpleegd op 23 oktober 2013.

VID (2014).

www.verkeersinformatiedienst.nl/top50.html. *Verkeersinformatiedienst*, geraadpleegd op 8 januari 2014.

VV (2011).

Verkeersindicatoren Hoofdwegennet Vlaanderen 2010. Verkeerscentrum Vlaanderen, februari 2011.

VV (2013).

Verkeersindicatoren Hoofdwegennet Vlaanderen 2012. Verkeerscentrum Vlaanderen, maart 2013.

Wang, Y.; J. Vrancken; M. Valé and M. Davarynejad (2010).

The Scenario Coordination Module for the Municipality of Amsterdam and Traffic Management Center of North-Holland. Paper voor TRAIL Congress, november 2010.

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. dr. ir. Serge Hoogendoorn

prof. ir. Ben Immers

dr. ir. Ronald van Katwijk

dr. Victor L. Knoop

ir. Henk Schuurman

dr. ir. Henk Taale

ir. Isabel Wilmink

Productie

Essencia Communicatie, Den Haag

Fotografie

Robert de Voogd

© 2014 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.

