

Waarom begrijpen we onvoldoende van de ontwikkeling van de congestie?

Paul van Beek – Goudappel Coffeng – pvbeek@goudappel.nl

Laura Groenendijk – Goudappel Coffeng – lgroenendijk@goudappel.nl

Peter Jorritsma – Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid – peter.jorritsma@minienm.nl

Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 23 en 24 november 2017, Gent

Samenvatting

Dit paper gaat in op de vraag waarom we onvoldoende begrijpen van de recente ontwikkeling in de groei van de congestie op het hoofdwegennet in Nederland. Tot voor kort was het goed mogelijk om met het bestaande instrumentarium de ontwikkeling van het reistijdverlies op het hoofdwegennet in Nederland te verklaren. Echter, het bleek niet mogelijk om de snelle toename van de congestie tussen 2014 en 2015 - 22% - geheel te verklaren: 9% punten van die 22% groei bleef onverklaard. Dat leidde tot de vraag: wat is er in de recente periode zodanig veranderd dat de congestie is zo snel is toegenomen? Er moest dus gezocht worden naar andere zaken dan bijvoorbeeld de toename van de hoeveelheid verkeer. Zou het rijgedrag van de automobilist van invloed kunnen zijn geweest op de capaciteit van het wegennet en daarmee op de ontwikkeling van het reistijdverlies? Dat is de vraag die in dit paper centraal staat.

In het onderzoek naar de eventuele relatie tussen rijgedrag en congestieontwikkeling zijn twee wegen bewandeld. Ten eerste is op basis van de recente literatuur een beeld gevormd over de rijtaak en rijgedragingen van automobilisten. De volgende resultaten werden gevonden. Tijdens een autorit zijn er drie niveaus van de rijtaak te onderscheiden:

- Strategisch niveau: plannen van de rit (duurt enkele minuten);
- Manoeuvre niveau: inhalen, snelheid, invoegen, reageren op ander verkeer (duurt enkele seconden);
- Operationeel niveau: voertuigbeheersing zoals schakelen, richting aangeven (duurt minder dan een seconde).

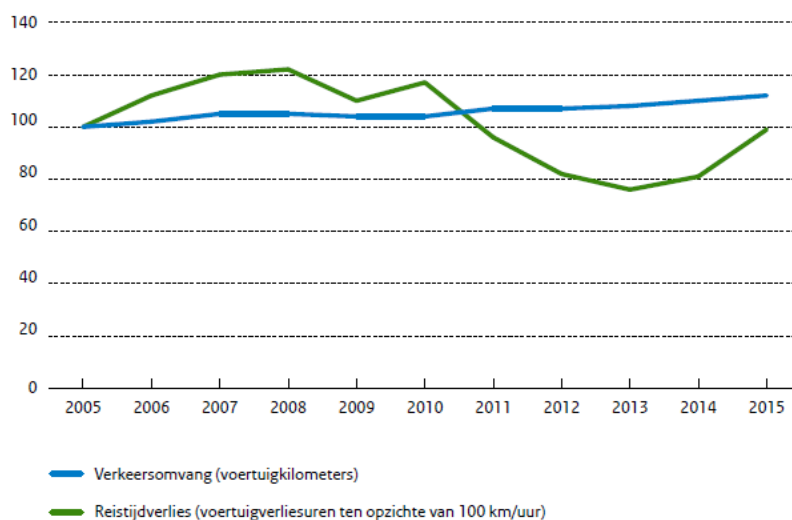
Ten tweede is een expertsessie gehouden om de gevonden resultaten uit de literatuur te toetsen en de eigen inzichten van de experts over rijgedrag en de invloed daarvan op congestieontwikkeling over het voetlicht te brengen. Uit de expertsessie kwam naar voren dat een aantal van de experts het niet waarschijnlijk vindt dat de plotselinge stijging van het reistijdverlies wordt veroorzaakt door veranderingen in gedrag. Andere experts vinden het wel aannemelijk dat het rijgedrag hier iets mee te maken kan hebben. Als het zo is dat het rijgedrag heeft bijgedragen aan de plotselinge stijging van het reistijdverlies, dan is het aannemelijk dat deze stijging kan worden verklaard door de volgende aspecten:

- ADAS (Cruise Control en Adaptive Cruise Control).
- Meer smartphone gebruik.
- Verandering snelheidslimieten
- Trajectcontroles
- Samenstelling verkeer (incl. vrachtwagens)

1. Inleiding en vraagstelling

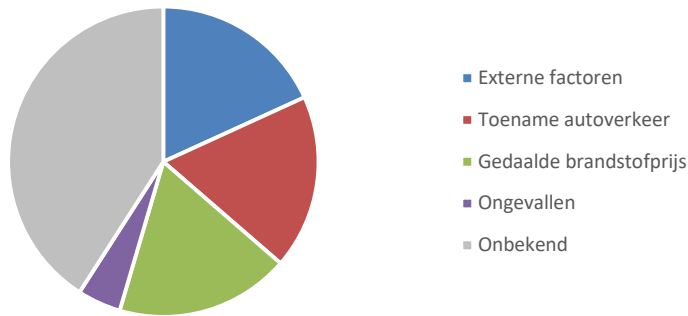
1.1 Wat is er aan de hand?

Na een periode van afname is sinds 2014 de congestie op het hoofdwegenet in Nederland weer aan het toenemen. Congestie is, ondermeer, afhankelijk van de relatie tussen de hoeveelheid verkeer in de spits op het hoofdwegenet en de capaciteit in de spits van het hoofdwegenet. Figuur 1 laat zien dat de congestie in Nederland, na een piek in 2008, een langdurige periode vrij scherp is afgenomen. Dit is voor een groot deel toe te schrijven aan de economische crisis en de opstelling van additionele infrastructuur (KiM, 2017). Vanaf het tweede trimester van 2014 is de congestie op het hoofdwegenet echter weer aan het toenemen. In 2015 bedroeg die toename zelfs 22% en in 2016 lag het congestieniveau nog eens 11% boven het niveau van eind 2015 (RWS, 2016).



Figuur 1: Verkeersomvang en reistijdverlies HWN 2005-2015 (KiM, 2016)

Het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM) heeft het afgelopen jaar geanalyseerd aan welke factoren de recente toename in congestie toegeschreven kan worden (Figuur 2). Van de 22 procent toename in 2015 kon vier procentpunten verklaard worden door externe factoren (verandering in de omvang van de bevolking, banen, autobezit en zakelijke dienstverlening). Daarnaast kon vier procentpunt verklaard worden door lokale toenames in het autoverkeer op hoofdwegen, die niet toegeschreven kunnen worden aan deze externe factoren. Nog eens vier procentpunt was het gevolg van de gedaalde brandstofprijs en één procentpunt kwam door meer ongevallen. Iets minder dan de helft (negen procentpunten) van de scherpe toename van het reistijdverlies in 2015 kon echter niet worden verklaard.



Figuur 2: Factoren als oorzaak van toename van congestie

De factoren die volgens het KiM deels oorzaak zijn voor de recente toename in congestie, zijn voornamelijk aspecten die van invloed zijn op de hoeveelheid verkeer in de spits op het hoofdwegennet. De toename van het aantal ongevallen is van invloed op de capaciteit van het hoofdwegennet, doordat het aantal beschikbare rijstroken afneemt. Maar ook het rijgedrag van chauffeurs is van invloed op de wegcapaciteit (TNO, 2015). Een grotere volgafstand zorgt er bijvoorbeeld voor dat er minder auto's op een rijstrook passen. Het rijgedrag wordt onder andere bepaald door weersomstandigheden en de inrichting van de wegomgeving (bijvoorbeeld rijstrookbreedte).

De Verkeersonderneming (2017) heeft aangetoond dat er op de A20 soms files ontstaan op locaties waar op andere dagen met vergelijkbare omstandigheden in weer en verkeer geen file ontstaat. Ook wordt er een verbetering in doorstroming gezien op de dag ná een dag met slecht weer. Dit zou kunnen komen doordat mensen de volgende dag 'gewend zijn' aan het rijden onder slechte weersomstandigheden en dat zij dan hun rijgedrag aanpassen op een wijze die de doorstroming bevordert.

Dit levert aanwijzingen op dat het rijgedrag van automobilisten van invloed is op de capaciteit van het wegennet en dat hier kansen kunnen liggen om het ontstaan van files zo veel mogelijk te voorkomen. Het is echter niet duidelijk wat optimaal rijgedrag is, zodat de doorstroming zo veel mogelijk bevorderd wordt. Deze paper geeft inzicht in de verschillende manieren waarop het rijgedrag mogelijk van invloed kan zijn op de capaciteit van het wegennet.

Vraagstelling

Uit het voorgaande kan de volgende vraag worden afgeleid:

"Meer de helft van de recente toename van de congestie op het hoofdwegennet kan worden verklaard uit factoren die we reeds kennen als de toename van het autoverkeer, de gedaalde brandstofprijs, externe factoren en ongevallen. Een groot deel van de toename is echter niet te verklaren met de huidige inzichten. Wat is er gebeurd de afgelopen jaren wat als verklaring zou kunnen dienen? Zou het rijgedrag van de automobilist van invloed kunnen zijn geweest op de capaciteit van het wegennet en daarmee op de ontwikkeling van het reistijdverlies?"

In deze paper lichten we in paragraaf 2 toe hoe we deze vraagstelling hebben beantwoord, en in paragraaf 3 wat daar uit is gekomen. Het paper sluit af met een aantal conclusies.

2. Onderzoek

Het onderzoek is uitgevoerd door een uitgebreid literatuuronderzoek aangevuld met een expertmeeting.

Literatuuronderzoek

Er is in de recente literatuur gezocht met een tweetal zoekrichtingen:

- Wat is er bekend rondom rijgedrag en het uitvoeren van de rijtaak?
- Wat weten we op basis hiervan over de effecten op de verkeersafwikkeling?

Expertgroep

Het literatuuronderzoek leverde een notitie op met de meest recent inzichten. In dit paper is daar in paragraaf 3 aandacht aan besteed. Omdat op voorhand al gedacht werd dat niet een volledige beantwoording van de onderzoeksvraag mogelijk zou zijn is aanvullend een expert meeting georganiseerd. Hieraan hebben experts van de TU Delft, TU Eindhoven, Connecting Mobility, RWS, het KiM en Goudappel Coffeng deelgenomen. De experts brachten in pitches mogelijke antwoorden op de onderzoeksvraag naar voren, zie ook paragraaf 3.

3. Wat komt er uit?

Om inzicht te krijgen in de verschillende manieren waarop rijgedrag van invloed kan zijn op de capaciteit van het wegennet, is het van belang om eerst te begrijpen welk gedrag een chauffeur wanneer vertoont. Het onderzoek leverde enerzijds algemene bevindingen op en anderzijds (kandidaten van) antwoorden op de probleemstelling.

3.1 Rijtaak en rijgedrag

Rijtaak

Tijdens een autorit zijn er drie niveaus van de rijtaak te onderscheiden:

- Strategisch niveau: plannen van de rit (duurt enkele minuten);
- Manoeuvre niveau: inhalen, snelheid, invoegen, reageren op ander verkeer (duurt enkele seconden);
- Operationeel niveau: voertuigbeheersing zoals schakelen, richting aangeven (duurt minder dan een seconde).

Strategisch niveau

Tijdens het plannen van een rit naar een alledaagse bestemming verlopen de rijgedragingen min of meer automatisch. Bij het reizen naar een onbekende bestemming, wordt een bewustere keuze gemaakt voor een vervoermiddel en vertrektijdstip. Hiervoor neemt de chauffeur informatie uit zijn omgeving op (bijvoorbeeld over het weer en de situatie op de weg). De uitkomsten van deze bewuste afwegingen hangen af van de persoonlijkheid en gemoedstoestand van de chauffeur. Een risicomijdende chauffeur zal bijvoorbeeld extra reistijd inbouwen en een milieubewuste chauffeur zal wellicht de fiets pakken.

Manoeuvre niveau

Afhankelijk van de persoonlijke voorkeur en huidige gemoedstoestand, rijdt de chauffeur zoals hij dat gewend is te doen. Hij voegt op dezelfde manier in, kiest voor dezelfde rijstrook en houdt zijn gebruikelijke volgafstand aan. Als de omstandigheden anders zijn, dan gaat hij deze keuzes bewust maken. De chauffeur maakt dan bewust gebruik van beschikbare informatie in de omgeving zoals verkeersborden, bewegwijzering en matrixborden. Ook hier hangt de uitkomst van deze bewuste afwegingen af van de persoonlijkheid en gemoedstoestand van de chauffeur. Een voorzichtige chauffeur zal bijvoorbeeld minder snel door rood rijden en een agressieve chauffeur zal eerder geneigd zijn tot bumperkleven.

Operationeel niveau

Tijdens het maken van een rit voert de chauffeur allerlei handelingen uit zoals richting aangeven, schakelen, remmen en gas geven. Als beginnende chauffeur vergen deze handelingen bewuste aandacht. Naarmate een chauffeur meer ervaring krijgt, gaan deze handelingen automatisch. Echter wanneer de omstandigheden anders zijn zoals het rijden in een andere auto of tijdens gladheid, vergen deze handelingen (tijdelijk) bewuste aandacht.

Rijgedrag

Het gedrag dat ontstaat bij het besturen van een auto heeft invloed op de doorstroming en daarmee de capaciteit op het hoofdwegennet. Een lagere capaciteit zorgt ervoor dat er congestie ontstaat. Hoogendoorn & Harms (2014) hebben, gebaseerd op beschikbare literatuur, vijf factoren beschreven op het manoeuvre en tactische niveau die zij verantwoordelijk achten voor problemen met de doorstroming. In deze notitie richten wij ons net als Hoogendoorn & Harms (2014) niet op het strategische niveau omdat we ons richten op het vergroten van de capaciteit op het hoofdwegennet en niet op de hoeveelheid verkeer. Het gaat om de volgende vijf factoren:

1. Variabiliteit in snelheid ter plaatse van kwetsbare delen van het netwerk.
2. Suboptimale acceleratie van voertuigen uit congestie.
3. Variabiliteit in rijgedrag binnen bestuurders.
4. Variabiliteit in rijgedrag tussen bestuurders.
5. Inefficiënte rijstrookkeuze leidend tot een suboptimale verdeling van voertuigen over de rijstroken.

In het rapport is dit verder uitgewerkt (Goudappel Coffeng, 2017).

3.2 Kandidaten voor een verklaring van de toename van de congestie

Zoals in de inleiding is beschreven is een groot deel van de recente toename van de congestie momenteel onverklaard. Daarom zijn de experts gevraagd hier hun licht over te laten schijnen. Dit leverde de onderstaande kandidaten van verklaringen op. Nadrukkelijk spreken we hier over kandidaten omdat vaak wetenschappelijk onderzoek ontbreekt.

Uit de expertsessie is naar voren gekomen dat een aantal van de experts het niet waarschijnlijk vindt dat de plotselinge stijging wordt veroorzaakt door veranderingen in gedrag. Andere experts vinden het wel aannemelijk dat het rijgedrag hier iets mee te maken kan hebben. Als het zo is dat het rijgedrag heeft bijgedragen aan de plotselinge stijging van het reistijdverlies, dan is het aannemelijk dat deze stijging kan worden verklaard door de volgende aspecten:

- ADAS (Cruise Control en Adaptive Cruise Control) en smartphone gebruik
Verkeer is het corrigeren van andersmans fouten. Door ADAS gebeurt dit niet meer, en door afleiding ook niet meer. Daardoor wordt verkeer een systeem met minder correcties voor ongeregelheden. Het aanbod van informatiediensten ter ondersteuning van weggebruikers is de afgelopen sterk toegenomen. Rijkswaterstaat heeft in 2015 onderzoek laten doen naar de wegverkeer gerelateerde informatiediensten die bestuurders tot hun beschikking hebben, hoe zij deze gebruiken en hoe tevreden ze zijn over de kwaliteit van deze diensten (Rijkswaterstaat, 2015). Daarnaast is onderzocht welke rijtaak ondersteunende systemen weggebruikers tot hun beschikking hebben en hoe ze hier gebruik van maken.

Meer dan driekwart van de automobilisten gebruikt informatie over de route, de reistijd en de reisafstand. Tijdens de reis gebruiken automobilisten vooral routeinformatie via de radio (46%). Ook navigatiesystemen (38%), elektronische borden (39%) en bewegwijzering op blauw borden (37%) worden geraadpleegd. Navigatiesystemen worden door 28% van de automobilisten gebruikt en apps met routeinformatie door 16% en apps met file-informatie door 11%. Men vindt dat het gebruik van de radio en navigatiesystemen weinig afleiden van de rijtaak. Apps doen dit wel in de ogen van de automobilisten doordat bediening nodig is tijdens het rijden. Actuele reisinformatie op apps wordt nog relatief weinig gebruikt terwijl hier wel zwaar op ingezet wordt. Het is niet duidelijk waardoor het komt dat deze apps weinig worden gebruikt.

Qua rijtaak ondersteunende systemen heeft ongeveer de helft van de automobilisten de beschikking over cruise control (52%). Systemen zoals adaptive cruise control, waarschuwingen voor aanrijdingen, dode hoek, verlaten van de rijstrook en in slaap vallen komen nog zeer weinig voor. Onder degenen die cruise control aan boord hebben gebruikt een kwart dat altijd en 1 op de 10 nooit.

Het is mogelijk dat het toenemende gebruik van ADAS systemen en smartphones leidt tot een toename in het aantal voertuigverliesuren. Het is dan echter wel te verwachten dat dit geleidelijk gebeurt omdat het gebruik steeds meer toeneemt, en niet als plotselinge stijging zoals in 2014.

■ Verandering snelheidslimieten

Verhoging maximumsnelheid naar 130 km/h

In 2013 is op diverse trajecten op het hoofdwegennet in Nederland de maximumsnelheid verhoogd naar 130 km/h. In 2011 heeft Arcadis (2011) de effecten geëvalueerd op een aantal trajecten waar geëxperimenteerd is met een (dynamische) maximumsnelheid van 130 km/h. Hieruit is gebleken dat het effect van de verhoging ten aanzien van de doorstroming positief is. Gemiddeld neemt de snelheid van het personenverkeer toe met ongeveer 2 á 3 km/h, waardoor de reistijd afneemt. De verhoging van de maximumsnelheid heeft geen effect op de snelheid van het vrachtverkeer en op files. Op de verkeersveiligheid heeft de verhoging wel een negatief effect omdat de snelheidsverschillen tussen de verschillende voertuigen hoger zijn. Wij verwachten dat het mogelijk is dat de verhoging van de maximumsnelheid heeft bijgedragen, maar dat hier nader onderzoek naar gedaan moet worden om hier uitspraken over te doen.

Dynamisering snelheidslimieten

In 2009 is Rijkswaterstaat gestart met het dynamiseren van snelheidslimieten (TNO, 2010). Dit betekent dat er geen vaste maximum snelheid geldt, maar dat de maximale snelheidslimiet wisselt ten opzichte van de verkeersdrukke op dat moment. Ook wordt deze limiet ingezet om filegolven te voorkomen. Doordat automobilisten hun snelheid verlagen, neemt de capaciteit toe en kan het verkeer blijven doorstromen.

In 2010 heeft TNO deze dynamisering geëvalueerd aan de hand van evaluatieaspecten op het gebied van doorstroming, gedrag en veiligheid. Hieruit is gebleken dat negatieve effecten van de maatregel grotendeels uitblijven. Op de A1 en de A12 is specifiek gekeken naar de effecten op de doorstroming. Door het verhogen van de snelheidslimiet in rustige uren op de A1, neemt de reistijd met 7% af. Op de A12 tussen Bodegraven en Woerden werd de snelheidslimiet verlaagd van 120 km/h naar 60 km/h om filegolven op te lossen. Gemiddeld is er 1,6 file-ingreep per dag. Dit heeft geleid tot een vermindering van 29 VVU per dag. Op de A12 voorbij Voorburg werd de snelheidslimiet in de randen van de spits en 's nachts tijdelijk verhoogd van 80 km/h naar 100 km/h. Dit heeft geleid tot een kortere reistijd en vermindering van 200-400 VVU per dag.

Gebaseerd op bovenstaande evaluatie lijkt het ons niet waarschijnlijk dat de dynamisering een oorzaak is van de snelle stijging van de voertuigverliesuren. Daarnaast is de dynamisering al in 2009 gestart, terwijl de stijging in voertuigverliesuren pas in 2014 is waargenomen.

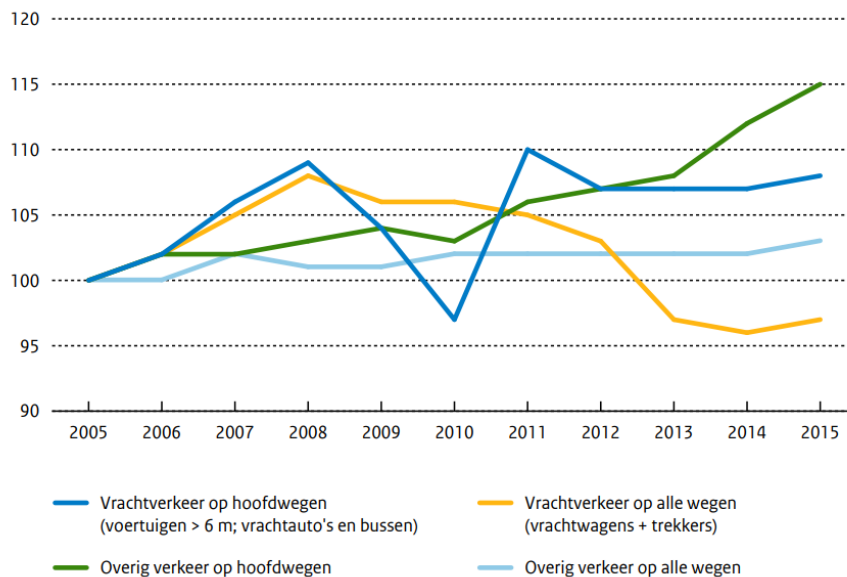
■ Trajectcontroles

Goudappel Coffeng heeft in 2004 onderzoek gedaan naar de effecten van snelheidsverlaging tot 80km/h met strikte handhaving op tien locaties op het hoofdwegennet op het gebied van luchtkwaliteit, geluidshinder, doorstroming en verkeersveiligheid (Goudappel Coffeng, 2004). De snelheidsverlaging met strikte handhaving heeft tot een afname van de gemiddelde snelheid geleid. Deze afname is vooral waar te nemen in situatie van vrije doorstroming. De afname was klein in het geval van filevorming. De snelheidsmaatregel heeft er niet toe geleid dat files oplossen, wel dat files kleiner worden en/of later starten en eerder oplossen. Het effect van de maatregel is echter het grootst in congestievrije situaties. Gebaseerd op bovenstaande

conclusies en op onderzoek van het KiM, (2016) hebben snelheid verlagingen en trajectcontroles voor 1% bijgedragen aan de ontwikkelingen van de congestie. Desondanks lijkt het niet waarschijnlijk dat de trajectcontroles invloed hebben opgeleid tot de snelle stijging van het aantal voertuigverliesuren. Wat wel mogelijk is dat het inrijden van een traject waar controle is, zorgt voor rembewegingen waardoor een verstoring ontstaat.

■ Samenstelling verkeer (incl. vrachtwagens)

Figuur 3 laat zien dat het vrachtverkeer in 2015 weer is gaan toenemen, na een stagnatie in de groei sinds 2011. In 2014, het jaar waarin de grote toename van het aantal voertuigverliesuren is waargenomen, is het aandeel vrachtverkeer in 2014 net zo hoog als in 2013. In 2015 is het aandeel vrachtverkeer weer iets gestegen. Het lijkt onwaarschijnlijk dat de groei van het vrachtverkeer heeft bijgedragen aan de snelle toename van het aantal voertuigverliesuren op het hoofdwegennet in 2014.



Figuur 2: Factoren als oorzaak van toename van congestie (KIM, 2016)

4. Conclusies en hoe verder

Op basis van dit onderzoek trekken we de volgende conclusies/aanbevelingen:

- Onderzoek of de toename in 1 jaar een voorbode is voor toename in andere jaren. Of bepaal of de toename tussen 2014 en 2015 een toevalstreffer is op basis van de gebruikte formule of onderliggende factoren.
- Onderzoek of hetzelfde effect in andere landen is opgetreden.
- Onderzoek of er data beschikbaar zijn over het gebruik van ADAS systemen en afleiding door de smartphone. Leg het gebruik in tijd naast de voertuigverliesuren en kijk of je een verband ziet.
- Onderzoek of er verandering is geweest in het gebruik van de smartphone in de betreffende periode. Neem daarin mee: de opkomst van specifieke mogelijkheden voor

dataverbinding onderweg (4g, databundels, muziekabbonementen, navigatie, snapchat, whatsapp et cetera).

- Onderzoek wat de bijdrage aan doorstroming is van trajectcontrole, snelheidslimieten, afleiding, ADAS et cetera.
- Onderzoek of het bestaan van een drempelwaarde voor effecten op doorstroming kan verklaren waarom er in 1 jaar ineens een grote toename is.
- Er is geen maat voor het meten van rijgedrag. Capaciteit wordt gemeten, maar rijgedragingen niet. Ontwikkel een maat om rijgedragingen te meten.

Literatuur

- Algemeen Dagblad. (2014). *Fileloze vrijdag een groot raadsel: net zoveel verkeer als anders*. <http://www.ad.nl/binnenland/fileloze-vrijdag-groot-raadsel-net-zoveel-verkeer-als-anders~a99dcaee/>
- Amsterdam Mobiel. (2015). *Eindrapport Praktijkproef Amsterdam*.
- Arcadis (2011). *Onderzoek invoering verhoging maximumsnelheid*.
- Campbell, K.L. (2012). *The SHRP 2 Naturalistic Driving Study*. TR NEWS, 282(1), 31-36.
- Cassidy, M. J., & Bertini, R. L. (1999). *Some traffic features at freeway bottlenecks*. Transportation Research Part B: Methodological, 33(1), 25-42.
- Davidse, R. (2007). *Assisting the older driver; Intersection design and in-car devices to improve the safety of the older driver*. SWOV, Leidschendam.
- Davis, L. C. (2006). *Effect of cooperative merging on the synchronous flow phase of traffic*. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 361(2), 606-618.
- De Baat, M. 2016. *Empirical Investigation of Strategy-Based Lane Change Choice*. Master's thesis, Delft University of Technology, Delft, the Netherlands.
- De Volkskrant. (2004). *Flink 'opzwaaien' en het verkeer rijdt weer*.
- Eenink, R., Barnard, Y., Baumann, M., Augros, X., Utesch, F. (2014). *UDRIVE: the European naturalistic driving study*. Transport Research Arena.
- Goudappel Coffeng. (2004). *Lucht voor 10!* In opdracht van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer.
- Goudappel Coffeng. (2015). *Evaluatie Brabant in-car III*. In opdracht van de Provincie Noord-Brabant.
- Hof, T. (2015). *Beïnvloeden van rijgedrag ter bevordering van de doorstroming op de A20*. TNO.
- Hogema, J. H. (1996). *Effects of rain on daily traffic volume and on driving behaviour* (No. TNO-TM-96-8019,).
- Hoogendoorn, R. G., Hoogendoorn, S. P., Brookhuis, K. A., & Daamen, W. (2011). *Adaptation longitudinal driving behavior, mental workload, and psycho-spacing models in fog*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2249(1), 20-28.
- Hoogendoorn, R.G. & Harms, I.M. (2014). *Rijtaak en doorstromingsproblematiek*. Connecting Mobility.
- Hoogendoorn, S.P. (2010). *Sturen op verkeersstromen*. NM Magazine.
- Hoogendoorn, S.P. (2014) *Over rijgedrag en files: de fileprofessor legt uit*. Filedier.
- Keyvan-Ekbatani, M., Knoop, V. L., Grébert, V., & Daamen, W. (2016). *Lane Change Strategies on Freeways: A Microscopic Simulation Study*. In Traffic and Granular Flow'15 (pp. 395-402). Springer International Publishing.
- KIM. (2016). Mobiliteitsbeeld 2016.

- Knoop, V. L., Buist, P. J., Tiberius, C. C., & van Arem, B. (2012, September). *Automated lane identification using precise point positioning an affordable and accurate GPS technique*. In Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2012 15th International IEEE Conference on (pp. 939-944). IEEE.
- Knoop, V. L., Hoogendoorn, S. P., & Van Zuylen, H. J. (2008). *Capacity reduction at incidents: empirical data collected from a helicopter*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2071(1), 19-25.
- Kraaijeveld, R. (2008). *Onderzoek naar de identificatie van kwetsbare wegvakken*. Master's thesis, Delft University of Technology, Delft, the Netherlands.
- Ossen, S., & Hoogendoorn, S. P. (2011). *Heterogeneity in car-following behavior: Theory and empirics*. Transportation research part C: emerging technologies, 19(2), 182-195.
- Provincie Noord-Brabant. (2017). *Spookfiles A58*.
- SWOV. 2012a. *Groot Naturalistic Driving-onderzoek in Europa gestart*.
- SWOV. 2012b. *Naturalistic Driving: observatie van het natuurlijk rijgedrag*.
- TNO. (2010). *Evaluatie dynamisering maximumsnelheden*.
- Rijkswaterstaat. 2015. *Monitoring wegverkeer gerelateerde informatiediensten 2015*.
- VanderWerf, J., Shladover, S., Kourjanskaia, N., Miller, M., & Krishnan, H. (2001). *Modeling effects of driver control assistance systems on traffic*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1748(1), 167-174.
- Yuan, K., Knoop, V. L., & Hoogendoorn, S. P. (2015). *Capacity Drop: Relationship Between Speed in Congestion and the Queue Discharge Rate*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, (2491), 72-80.