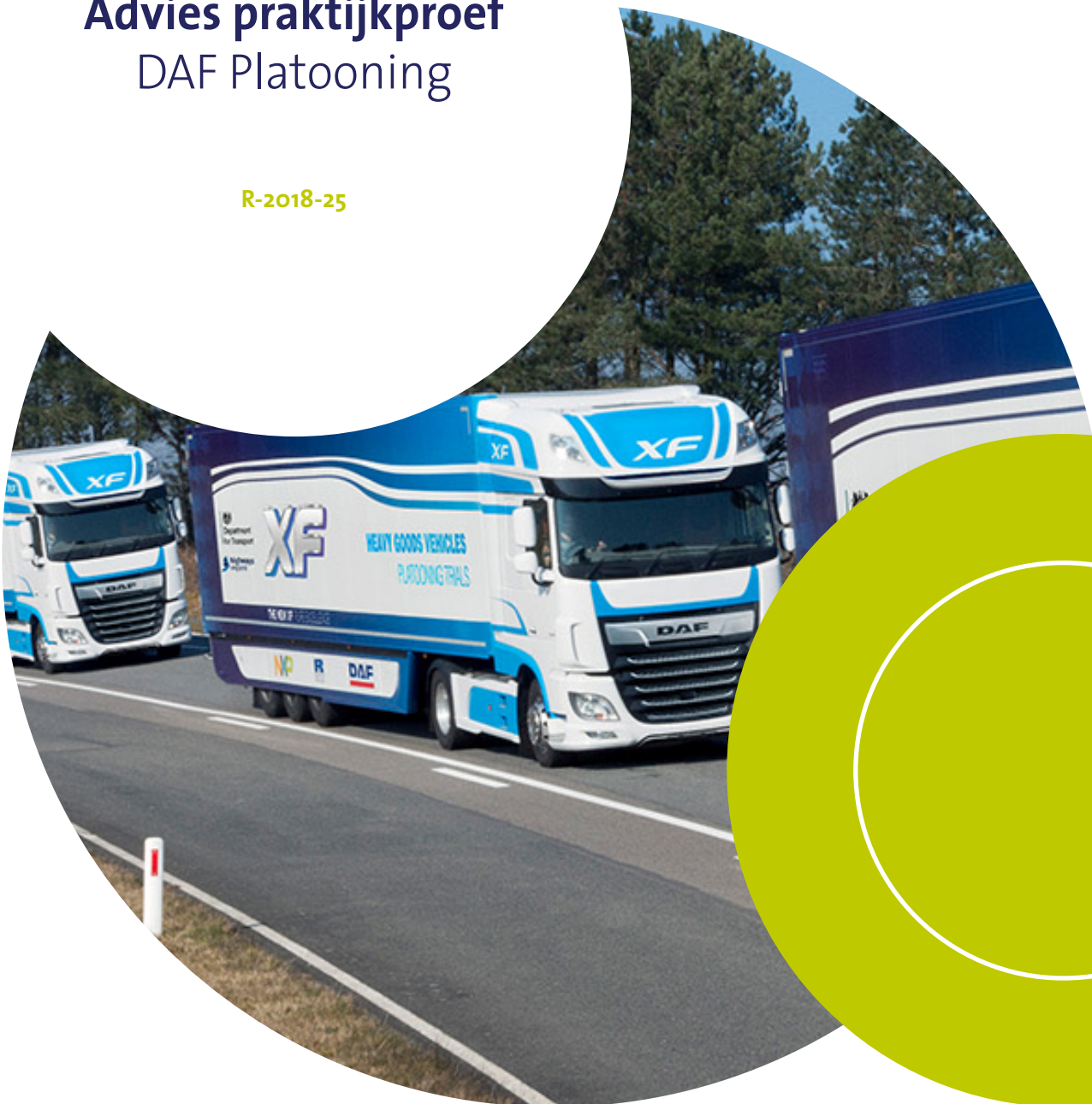


Advies praktijkproef DAF Platooning

R-2018-25



Advies praktijkproef

DAF Platooning

R-2018-25

Dr. ir. R.J. Jansen, C. Mons, MSc, dr. M. de Goede, ir. W.J.R. Louwerse &
dr. ir. C.N. van Nes

Den Haag, 2018

SWOV – Instituut voor Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid

Documentbeschrijving

Rapportnummer:	R-2018-25
Titel:	Advies praktijkproef
Ondertitel:	DAF Platooning
Auteur(s):	Dr. ir. R.J. Jansen, C. Mons, MSc, dr. M. de Goede, ir. W.J.R. Louwerse & dr. ir. C.N. van Nes
Projectleider:	Dr. ir. C.N. van Nes
Projectnummer SWOV:	S18.21b
Trefwoord(en):	Vehicle; automatic; behaviour; road user; traffic; safety; test; test method; road traffic; risk assessment; accident prevention; Netherlands; SWOV
Projectinhoud:	Bij beoordeling van een praktijkproef met (deels) zelfrijdende voertuigen op de openbare weg is de Dienst Wegverkeer (RDW) eindverantwoordelijk voor de ontheffing. SWOV adviseert RDW over de mens-/gedragsaspecten van de betreffende praktijkproef. Deze notitie beschrijft het SWOV-advies over het experiment met trucks in het DAF Platooning-project.
Aantal pagina's:	24 + 12
Omslagfoto:	DAF Trucks N.V., Eindhoven
Uitgave:	SWOV, Den Haag, 2018

De informatie in deze publicatie is openbaar.
Overname is alleen toegestaan met bronvermelding.

SWOV – Instituut voor Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid
Postbus 93113
2509 AC Den Haag
Telefoon 070 317 33 33
Telefax 070 320 12 61
E-mail info@swov.nl
Internet www.swov.nl

Inhoud

1.	Inleiding	5
2.	Beschrijving van de proef	6
2.1.	Gebruikte informatie	6
2.2.	Beschrijving van de proef	6
2.2.1.	De voertuigen	7
2.2.2.	De chauffeurs en hun taakomschrijving	8
2.2.3.	Weg en route	11
2.3.	Samenvatting en aannames	13
3.	Beoordeling van de risico's voor verkeersveiligheid	14
4.	Het SWOV-advies over de DAF Platooning-praktijkproef	20
4.1.	Risicoanalyse	20
4.1.1.	Het beperkte zicht op het overige verkeer (RR 1, 5)	20
4.1.2.	Het in stand willen houden van het peloton (RR 6, 9, 10, 11, 12)	20
4.1.3.	Het herstellen van het peloton (RR 7)	21
4.1.4.	De (mentale) belasting van de chauffeurs (RR 3, 4)	21
4.1.5.	De korte volgtijd (RR 2, 8)	21
4.2.	Leerpunten	22
4.2.1.	Interactie tussen chauffeur en vrachtwagen	22
4.2.2.	Interactie tussen peloton en overig verkeer	23
4.3.	Aandachtspunten bij bredere uitrol	23
4.4.	Conclusie	23
Bijlage 1	SWOV-Formulier <i>Benodigde informatie voor de beoordeling van proeven met zelfrijdende voertuigen</i>	25
Bijlage 2	Trajecten waarop in peloton wordt gereden	29
Bijlage 3	Risicomatrix	33

1. Inleiding

Om innovaties op het gebied van zelfrijdende voertuigen te stimuleren, faciliteert Nederland het testen van zelfrijdende voertuigen op de openbare weg. Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft een *Testprocedure zelfrijdende voertuigen op de Nederlandse openbare weg* opgesteld, die op basis van maatwerk bij een aanvraag voor een praktijkproef wordt gehanteerd. De procedure bestaat uit drie nauw met elkaar samenhangende onderdelen: voertuig, weg en mens (gedrag). Bij beoordeling van een praktijkproef is de Dienst Wegverkeer (RDW) eindverantwoordelijk voor de ontheffing en verantwoordelijk voor het onderdeel 'voertuig'. De betreffende wegbeheerder of Taskforce Dutch Roads is verantwoordelijk voor het onderdeel 'weg'.

SWOV is gevraagd om RDW te adviseren over de mens-/gedragsaspecten van de proeven, zodat zij deze kunnen meewegen in hun (eind)oordeel voor de ontheffing. Het doel van het SWOV-advies is om de mogelijke risicofactoren te beschrijven en te wegen, om zo te kunnen komen tot een bredere afweging dan op basis van het voertuig alleen en daarmee de veiligheid van te beproeven systemen op de openbare weg te bevorderen.

Deze notitie beschrijft het SWOV-advies over de proef met platooning trucks van DAF. Bij deze proef wordt op de openbare autosnelweg gereden met drie gekoppelde (platooning) vrachtwagens. De twee volgvrachtauto's houden zelf een volgtijd aan van minimaal 0,5 seconden en zijn uitgerust met een 'lane keeping'-systeem.

Dit SWOV-advies bevat een inventarisatie van de mogelijke verkeersveiligheidsrisico's en een inschatting van de kans op en de ernst van deze risico's. De belangrijkste risico's worden uitgebreider besproken zodat de aanvrager hiervoor mitigerende maatregelen kan treffen. We gaan er hierbij vanuit dat de systemen werken zoals beschreven in de beschikbare documentatie. Het SWOV-advies beperkt zich tot de omstandigheden van deze specifieke praktijkproef. Met andere woorden, het zegt niets over de verkeersveiligheidseffecten van deze zelfrijdende voertuigen op een andere locatie, op een ander moment, of over een bredere toepassing van dit soort technologieën in ons verkeerssysteem.

2. Beschrijving van de proef

2.1. Gebruikte informatie

Voor dit advies is gebruikgemaakt van de volgende documenten:

- SWOV-formulier *Benodigde informatie voor de beoordeling van proeven met zelfrijdende voertuigen*, zoals ingevuld voor het DAF Platooning-project en per e-mail ontvangen van de RDW op 2 oktober 2018 (zie *Bijlage 1*);
- vier documenten met de beoogde 'Platooning routes' voor Limburg, Oss-Arnhem-Utrecht, Oss-Den Bosch en Rotterdam, per e-mail ontvangen van de RDW op 2 oktober 2018;
- powerpointpresentatie 'DAF Platooning' ('181008_RDW_KickOff1.pptx') gepresenteerd door DAF tijdens de startbijeenkomst op 8 oktober 2018, vooraf per e-mail ontvangen van de RDW op 2 oktober 2018;
- verslag van de startbijeenkomst op 8 oktober, per e-mail ontvangen van de RDW op 19 oktober 2018;
- aanvullende informatie van DAF in het document 'Memo_information_Platooning_exemption', inclusief gereviseerde routes, per e-mail ontvangen van de RDW op 19 oktober 2018;
- antwoord van DAF op vragen van SWOV tijdens en na afloop van de startbijeenkomst, document '181017_DAF SWOV_Vragen DAF Platooning', per e-mail ontvangen van de RDW op 19 oktober 2018.

Daar waar de verschillende documenten tegenstrijdige informatie geven zijn we uitgegaan van de laatst verstrekte informatie.

2.2. Beschrijving van de proef

Het DAF Platooning-project is een vervolg op de praktijkproeven 'EcoTwin' van DAF. De EcoTwin-proeven waren gericht op de ontwikkeling van het rijden van vrachtauto's in een peloton, waarbij het systeem een deel van de rijtaak overneemt van de bestuurders van de volgvrachtauto's. Het doel van het huidige proef is om de EcoTwin-functionaliteit verder te ontwikkelen. Er zal gereden worden met een peloton van drie vrachtauto's bij een minimale volgtijd van 0,5 seconden en met een vorm van stuurondersteuning. Bij de eerdere proeven moesten chauffeurs zelf bij kunnen remmen, omdat de automatische remsystemen van de vrachtauto's in het peloton niet de maximale remcapaciteit ter beschikking hadden. Een risico bij de kleine volgtijd was dat chauffeurs niet tijdig konden reageren op remacties van hun voorligger in het peloton. In de huidige proef beschikt het automatische remsysteem echter bij iedere vrachtauto van het peloton wél over het maximale remvermogen.

Hieronder beschrijven we achtereenvolgens het voertuigstelsel waarvoor een ontheffing noodzakelijk is, de taken die de chauffeurs in de proef moeten uitvoeren en de locatie waar de proef plaats zal vinden.

2.2.1. De voertuigen

De praktijkproef zal worden uitgevoerd met drie omgebouwde DAF XF-vrachtwagens. Twee vrachtauto's dragen een Nederlands kenteken (jaartal toelating: 2015 en 2016) met het stuur aan de linkerzijde en één Britse vrachtauto heeft het stuur aan de rechterzijde (jaartal toelating onbekend). Alle vrachtauto's zullen met een beladen trailer rijden. Stickers markeren de vrachtauto's als 'testvoertuig'.

Tijdens de proef zullen de testvoertuigen gezamenlijk een ononderbroken peloton vormen. Bij volgsituaties wordt op basis van reactietijd van de bestuurder over het algemeen een volgtijd van 2 seconden geadviseerd.¹ DAF spreekt van een 'reguliere volgsituatie' bij een minimale volgtijd tussen 1,4 en 3,4 seconden en van een peloton bij een volgtijd tussen de 0,5 en 1,4 seconden.^{2,3} De voorste vrachtauto van het peloton wordt altijd bestuurd als een normale vrachtauto en beschikt over drie ondersteunende systemen: 'Automatic Emergency Braking' (AEB), 'Adaptive Cruise Control' (ACC) en 'Lane Keeping Assist' (LKA). De overige vrachtauto's beschikken in een reguliere volgsituatie over dezelfde systemen. Wordt er echter overgegaan naar de peloton-modus, dan zullen in de twee achterste vrachtauto's AEB en ACC worden vervangen door een ander systeem en zal LKA automatisch worden ingeschakeld. Hieronder gaan wij nader in op het gebruik van deze systemen.

Noodremsystemen

De vrachtauto's zijn uitgerust met een 'Automatic Emergency Braking' (AEB) noodremsysteem, conform EU-verordening 661/2009. De functie van AEB is om de impact bij een kopstaartbotsing te verkleinen door automatisch hard te remmen wanneer men een voorligger te dicht nadert. In het peloton zal echter zó dicht op elkaar gereden worden (volgtijden vanaf 0,5 seconden), dat het AEB-systeem de ontstane situatie als een dreigende botsing kan interpreteren en onnodig inschakelt. Daarom zal in dit project de AEB van de volgende testvoertuigen worden uitgeschakeld zodra men in een peloton gaat rijden.

Om toch een noodstop uit te kunnen voeren bij een korte volgtijd, zal er door de tweede en derde vrachtauto van het peloton gebruik worden gemaakt van een nieuw noodremsysteem: 'Cooperative Collision Avoidance' (CCA). Wanneer de voorste vrachtauto plotseling hard remt (bijvoorbeeld door remmen van de chauffeur of AEB), dan zullen de tweede en derde vrachtauto van het peloton met CCA hun maximale remvermogen aanspreken. In tegenstelling tot eerdere proeven hoeven de chauffeurs in de huidige proef niet zelf bij te remmen om dit maximale remvermogen te bereiken.

Afstand houden

Bij reguliere volgsituaties kunnen de chauffeurs gebruikmaken van ACC. ACC is echter niet geschikt voor gebruik bij extreem korte volgtijden, zoals het geval in het peloton van deze proef. In plaats van van ACC zal daarom

1. SWOV (2012). *Volgtijd en verkeersveiligheid*. SWOV-Factsheet, december 2012. SWOV, Leidschendam.

2. DAF-document '181017_DAF SWOV_Vragen DAF Platooning'.

3. In de notulen van de startbijeenkomst wordt een drempelwaarde van 1,5 seconde genoemd in plaats van 1,4 seconde. Wij gaan hier uit van de door DAF verstrekte informatie.

gebruik worden gemaakt van 'Cooperative Adaptive Cruise Control' (CACC) wanneer men in een peloton rijdt. Bij CACC communiceren de vrachtauto's zodanig met elkaar, dat remmen of versnellen van een voorgelegen truck in het peloton direct overgenomen kan worden door een volgende truck in het peloton. De maximale remvertraging van een vrachtauto hangt af van de samengestelde massa van de vrachtwagen, de trailer en de lading. CACC speelt hier op in door een grotere minimale volgtijd te hanteren bij een grotere samengestelde massa.

Volgens de toegestuurde documentatie⁴ zal de Britse vrachtauto voorop in het peloton rijden (voorligger, of 'leading') met een samengestelde massa van 37 ton. De Nederlandse vrachtauto's zullen achter de Britse vrachtauto rijden met een samengestelde massa van 27 ton (directe volger, of 'following') en 17 ton (laatste volger, of 'trailing'). Voor CACC betekent dit dat de minimale volgtijd van de tweede vrachtauto in het peloton ten opzichte van de voorste vrachtauto zal afwijken van die van de derde vrachtauto ten opzichte van de tweede vrachtwagen. De precieze minimale volgtijden die hierbij gehanteerd zullen worden, zijn ons niet meegedeeld. Wij gaan ervan uit dat deze in het geval van een peloton tussen de 0,5 en 1,4 seconden liggen.

Sturen

Behalve met het verplichte 'Lane Departure Warning' (LDW) systeem (EU-verordening 661/2009), waarmee chauffeurs gewaarschuwd worden als zij de huidige rijstrook dreigen te verlaten, zijn de vrachtauto's uitgerust met een 'Lane Keep Assist' (LKA)-systeem. De LKA stuurt actief naar rechts wanneer men de rijstrook aan de linkerkant dreigt te verlaten en naar links wanneer men de rijstrook aan de rechterkant dreigt te verlaten. De LKA is niet zelf-centrerend ten opzichte van de rijstrook. Dit betekent dat de vrachtauto zonder ingrijpen van de chauffeur binnen de rijstrook zal gaan 'zigzaggen'. Door met geringe kracht handmatig te sturen kan de LKA worden 'overruled'. Het blijft daarmee te allen tijde mogelijk om bijvoorbeeld in te halen of uit te voegen. De bestuurder moet dus alert blijven.

Volgens de toegestuurde documentatie is de LKA functioneel bij rijksnelheden van 0 tot 89 km/uur. Bij reguliere volgsituaties kunnen chauffeurs kiezen of zij gebruik willen maken van de LKA, terwijl deze in een peloton automatisch ingeschakeld wordt. Wanneer de lijnmarkering van een rijstrook niet gedetecteerd wordt (bijvoorbeeld omdat deze afwezig is), dan kan de LKA niet actief bijsturen. Ter compensatie van het wegvallen van deze laterale ondersteuning zal de minimale (longitudinale) volgtijd dan automatisch worden vergroot via de CACC. Het precieze minimum dat hierbij gehanteerd wordt is ons niet meegedeeld.

2.2.2. De chauffeurs en hun taakomschrijving

Chauffeurs besturen de testvoertuigen als een normale vrachtauto wanneer deze niet in peloton-modus rijdt. Er is ervaring – of deze zal worden opgedaan – met het systeem op een proefbaan voordat er op de openbare weg zal worden gereden. Verder beschikken de chauffeurs over een 'DAF test rijbewijs'.⁵ Volgens DAF hebben de chauffeurs (daarmee) veel ervaring

4. DAF-document 'Memo_information_Platooning_exemption'.

5. De strekking van een dergelijk rijbewijs is ons niet meegedeeld.

op de Nederlandse weg en met het systeem. Het is echter niet duidelijk of de chauffeur die het Britse testvoertuig zal besturen ervaring heeft met het besturen van een voertuig met het stuur aan de rechterzijde terwijl men rechts op de weg rijdt.

De toegestuurde documentatie verschaft geen consistent beeld van de precieze rol die de chauffeurs tijdens de proef hebben. Op het SWOV-formulier staat aangegeven dat de beoordeling en veiligheidstesten door een 'DAF test engineer' worden gedaan. Verder antwoordde DAF op schriftelijke vragen: "De veiligheidstesten worden altijd gedaan door test engineers. Wanneer deze testen succesvol zijn doorlopen kunnen *andere* [cursief aangebracht, red.] chauffeurs met de platooning-voertuigen gaan rijden." Bij de startbijeenkomst gaf DAF echter aan dat de test engineer negen van de tien keer dezelfde persoon is als de chauffeur en ook in de powerpointpresentatie staat vermeld dat de chauffeur de taak heeft om te allen tijden het systeem te monitoren ("Driver role: [...] monitors function at all times"). Verder staan er in het toegestuurde memo slechts drie 'test drivers/engineers' vermeld, wat impliceert dat er geen *andere* chauffeurs deel uit maken van de proef. Wij gaan er daarom van uit dat de chauffeurs in deze proef tevens de rol van ontwikkelingenieur hebben.

Peloton vormen

Om een peloton te kunnen vormen dient de chauffeur van een testvoertuig via een speciale knop op het middenconsole een verzoek in bij de chauffeur van het voorgelegen testvoertuig. Laatstgenoemde ontvangt het verzoek op het display direct achter het stuur en kan het verzoek inwilligen of afwijzen met een knop op het middenconsole. Voor een peloton van drie testvoertuigen wordt dit 'hand shake'-protocol twee keer uitgevoerd: eenmaal tussen het voorste voertuig (voorligger) en het tweede voertuig (directe volger) en eenmaal tussen het tweede voertuig (in dit paar tevens voorligger) en het derde voertuig (laatste volger).

De mogelijkheid voor het indienen van een verzoek bestaat wanneer de rijsnelheid tussen de 30 en 89 km/uur ligt en wanneer het achterliggende testvoertuig met ACC rijdt en daarbij een volgtijd overeenkomstig een (volgens DAF) reguliere volgsituatie aanhoudt van rond de 1,4 seconden. Wanneer een pelotonverzoek wordt ingewilligd activeert het systeem van het achterliggende testvoertuig de LKA en schakelt deze over van AEB en ACC naar CCA en CACC (zie hierboven). De CACC verzorgt geleidelijk een kleinere volgtijd tussen het koppel van voorligger en achterligger.

Er kan geen peloton tussen twee testvoertuigen gevormd worden wanneer er zich andere weggebruikers tussen deze testvoertuigen bevinden. De chauffeurs zullen volgens DAF "enkel inhalen wanneer dit veilig kan (overig verkeer) en mag (inhaalverbod)".⁶

In peloton rijden

Heeft een peloton zich gevormd, dan zal de voorste chauffeur het testvoertuig als een normale vrachtauto blijven besturen. De chauffeurs van de achterliggende testvoertuigen hoeven zelf geen gas te geven of te remmen. Hoewel er vanuit de LKA ondersteuning is om binnen de rijstrook te blijven, dienen de chauffeurs hun handen te allen tijde aan het stuur te

6. DAF-document '181017_DAF SWOV_Vragen DAF Platooning.doc'

houden om zelf te kunnen sturen (en het voertuig daarbij te centreren ten opzichte van de rijstrook). Over het algemeen geldt dat men bij een kleinere volgtijd een geringer zicht heeft op het voorgelegen verkeer (anders dan de directe voorligger). In deze proef is ter compensatie een tablet boven de voorruit gemonteerd (midden boven de chauffeur aan de bestuurderszijde) waarop het zicht van de voorste vrachtauto van het peloton wordt afgebeeld. Daarnaast zijn de testvoertuigen volgens het SWOV-formulier uitgerust met een open audiokanaal voor communicatie tussen de chauffeurs. DAF geeft aan dat het systeem rekening houdt met verminderde prestaties van sensoren, maar het is niet duidelijk of de camera, bijbehorende tablet en de spraakverbinding deel uit maken van deze sensoren, noch hoe er dan precies rekening wordt gehouden met eventuele uitval.⁷

De snelheid die in het peloton gehanteerd wordt lijkt de wettelijke maximumsnelheid van 80 km/uur te kunnen overschrijden. DAF geeft namelijk op het ingevulde SWOV-formulier aan dat het peloton met een snelheid van maximaal 89 km/uur zal rijden. Verder heeft DAF aangegeven dat in een peloton de stationaire maximale snelheid "iets lager zal liggen (<89 km/uur) dan wanneer er manueel gereden wordt" om ervoor te zorgen dat volgchauffeurs altijd kunnen aansluiten zonder dat een voorligger langzamer hoeft te rijden. Het is niet duidelijk of er met 'iets lager' een snelheid van 80 km/uur of kleiner wordt bedoeld, of bijvoorbeeld 85 km/uur. Daarom kan niet worden uitgesloten dat het peloton boven de 80 km/uur zal rijden.

Het peloton zal geen andere weggebruikers inhalen, al blijft manueel inhalen mogelijk (zie ook hieronder: peloton opbreken). Eén van de vragen op het SWOV-formulier betreft hoe er wordt omgegaan met de mogelijkheid dat andere weggebruikers de voertuigen ongewenst uittesten. Het antwoord van DAF was dat de chauffeurs "zijn geïnstrueerd om hiervoor bedacht te zijn en hierop te acteren (met hun ervaring). In het project wordt expliciet rekening gehouden met cut-in scenario's." Tijdens de startbijeenkomst heeft SWOV gevraagd hoe het peloton precies zal omgaan met invoegend en uitvoegend verkeer. DAF gaf aan dat het protocol hiervoor nog opgesteld moet worden. Op het moment van schrijven is dit protocol nog niet ontvangen en is de inhoud ons dus onbekend, met uitzondering van het gegeven dat het peloton niet autonoom zal inhalen.

Peloton opbreken

Er bestaan verschillende acties waardoor het peloton wordt opgebroken:

- De chauffeur van een voorliggend testvoertuig geeft via een knop op de middenconsole aan dat hij/zij geen voorligger meer wil zijn. De chauffeur van het achterliggende testvoertuig ontvangt een visuele melding op het dashboard en een waarschuwingsgeluid. Daarna zal dit voertuig automatisch de volgtijd vergroten totdat een reguliere volgsituatie is bereikt. Hierbij zal niet actief geremd worden (uitrollen, minder gas geven). Indien er met een peloton van drie testvoertuigen wordt gereden en het voorste testvoertuig uit het peloton stapt, dan zullen de achterste twee voertuigen als peloton verder gaan.
- De chauffeur van een achterliggend testvoertuig geeft via een knop op de middenconsole aan dat hij/zij geen achterligger wil zijn. De chauffeur van de voorligger ontvangt hiervan een melding op het dashboard en

7. Ondanks een verzoek heeft DAF geen risicoanalyse (bijv. FMEA of HARA) toegestuurd.

hoeft verder niets te doen. Het voertuig dat zich ontkoppelt zal overschakelen op ACC en AEB en zal door uitrollen automatisch een langere volgtijd aannemen.

- Wanneer één of meer systemen van het peloton een foutmelding geeft, dan zal het peloton automatisch overschakelen naar een reguliere volgsituatie, waarbij ACC en AEB worden ingeschakeld zoals hierboven beschreven.
- Wanneer een chauffeur de rijstrook verlaat, bijvoorbeeld door te sturen, dan zal dit testvoertuig het peloton automatisch verlaten.
- Wanneer de volgtijd als gevolg van remmen boven de 1,4 seconden uit komt, dan zal het voertuig de 'hand shake'-verbinding met de voorligger verbreken.
- Wanneer een andere weggebruiker het peloton onderbreekt, bijvoorbeeld door in te voegen, dan zal het eerstvolgende testvoertuig automatisch overschakelen naar een reguliere volgsituatie op een wijze zoals hierboven beschreven. Een eventuele peloton-koppeling met een achterliggend testvoertuig blijft hierbij gehandhaafd

Variabele belading tijdens de proef

Volgens de toegestuurde documentatie⁸ zullen de testvoertuigen onderling in een vaste volgorde gaan rijden. In de startbijeenkomst werd echter gesproken over het variëren van de massa van de belading en de verdeling van de belading over het peloton (zwaarste massa vooraan of juist achteraan). Hiertoe zullen DAF en RDW gezamenlijk een plan opstellen en aan SWOV ter evaluatie voorleggen. Tot op heden is dit plan nog niet ontvangen.

2.2.3. *Weg en route*

Tijdens de praktijkproef zal er op vier routes afwisselend en in beide richtingen worden gereden: route "Oss-Den Bosch klein", route "Oss-Arnhem-Utrecht", route "Limburg" en route "Rotterdam". Echter wordt er alleen op bepaalde trajecten van deze routes in peloton gereden, namelijk:

- **Traject 1: Oss – 's-Hertogenbosch – Eindhoven (route "Oss-Den Bosch klein")**
 - A50 knooppunt Batadorp – knooppunt Paalgraven
 - A59 knooppunt Paalgraven – knooppunt Hintham
 - A2 knooppunt Hintham – knooppunt Batadorp
 - N2 knooppunt Batadorp – knooppunt Leenderheide
- **Traject 2: Arnhem – Utrecht (route "Oss-Arnhem-Utrecht")**
 - A50 knooppunt Paalgraven – A50 knooppunt Grijsoord
 - A12 knooppunt Grijsoord – A12 knooppunt Lunetten
 - A2 knooppunt Lunetten – A2 knooppunt Hintham
- **Traject 3: Maastricht – Heerlen – Venlo (route "Limburg")**
 - A2 knooppunt Leenderheide – A2 knooppunt Kruisdonk
 - A79 knooppunt Kruisdonk – A79 knooppunt Kunderberg
 - A76 knooppunt Kunderberg – A76 knooppunt Kerensheide
 - N281 Welterlaan – N281 Voerendaal
 - A73 knooppunt Het Vonderen – A73 knooppunt Zaanderheiken
 - A67 knooppunt Zaanderheiken – A67 knooppunt Leenderheide
- **Traject 4: Rotterdam – Breda (route "Rotterdam")**
 - A15 knooppunt Deil – A15 8-Oostvoorne

8. DAF-document "Memo_information_Platooning_exemption".

- A16 Ring Rotterdam (zuid) – A16 knooppunt Gelder
- A58 knooppunt Gelder – A58 knooppunt Batadorp

Indicatieve illustraties van de delen van de routes waarop in peloton wordt gereden zijn te vinden in *Bijlage 2*. Het peloton zal niet vooraf worden onderbroken bij knooppunten en invoegstroken.

DAF schat dat de totale reistijd voor de route “Limburg” (waarvan het traject Maastricht – Heerlen – Venlo deel uitmaakt) rond de 4,5 uur ligt.⁹ Dit is tevens de maximale tijd die een chauffeur volgens de wet op rij- en rusttijden ononderbroken mag rijden.¹⁰ Het DAF-testteam heeft echter tachograafvrijstelling, waardoor er kan worden afgeweken van de rij- en rusttijdenwet. De Arboret blijft in dit geval wel van toepassing.¹¹

Externe omstandigheden

De proef vindt plaats onder verschillende externe omstandigheden (zie *Tabel 1*). Daarnaast zal DAF zich niet beperken tot bepaalde druktes door bijvoorbeeld alleen buiten de spits te rijden. Wel wordt de drukte gefaseerd opgezocht. Hetzelfde geldt voor de andere externe omstandigheden.

Tabel 1. *Overzicht van externe omstandigheden waarbij de proef wel en niet plaatsvindt (tabel overgenomen van DAF document ‘Memo_information_Platooning_exemption’).*

Ambient temperature condition		Operate
-10°C to +35°C		Yes
Light condition		Operate
Day	Dazzling	Yes
	Normal	Yes
	Cloudy	Yes
Night	Dark (both lit and unlit roads)	Yes
Precipitation condition		Operate
None		Yes
Drizzle, light and moderate rain		Yes
Heavy and violent rain		No
Fog		No
Sleet / snow		No
Hail		No
Wind condition		Operate
0 - 6 Beaufort	calm - strong breeze	Yes
7 - 9 Beaufort	hard wind - storm	No
10 - 12 Beaufort	heavy storm - hurricane	No

9. DAF document ‘Platooning Route Limburg’.

10. <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/werktijden/vraag-en-antwoord/rijtijden-en-rusttijden-wegvervoer>

11. Dit bevestigt DAF in het verslag van de startbijeenkomst.

Road condition	Operate
Dry	Yes
Wet	Yes
Snow	No
Ice	No

2.3. Samenvatting en aannames

Hieronder vatten wij de praktijkproef samen:

- Het betreft een experiment met een peloton van maximaal drie vrachtwagens.
- Via een speciaal daartoe ontwikkelde interface doen chauffeurs van volgvoertuigen een verzoek voor een koppeling in het peloton. Het verzoek kan door het voorliggende testvoertuig worden geaccepteerd of afgewezen.
- In pelotonmodus zal er met een volgtijd tussen de 0,5 en 1,4 seconden gereden worden. Het is hierbij nodig om het 'Autonomous Emergency Braking' (AEB)-systeem uit te schakelen en in plaats hiervan wordt een nieuw 'Cooperative Collision Avoidance' (CCA)-systeem gebruikt.
- Er is een ontheffing nodig voor het uitschakelen van AEB, wat de aanleiding is voor het opstellen van dit advies.
- In pelotonmodus wordt overgeschakeld van het reguliere 'Adaptive Cruise Control' (ACC)-systeem naar een nieuw 'Cooperative Adaptive Cruise Control' (CACC)-systeem.
- De massa van de lading varieert tussen de testvoertuigen. Voor de gevolgen hiervan op de effectieve remvertraging zal CACC compenseren, namelijk door een aanpassing van de minimale volgtijd.
- De vrachtauto's zullen op vier vaste routes rijden en alleen op de aangewezen trajecten de pelotonmodus inschakelen.
- Ondanks een verzoek van SWOV heeft DAF geen evaluatie van de eerdere DAF-proeven, noch documentatie over risicoanalyses van de huidige proef, beschikbaar gesteld.

In dit advies hebben we de volgende aannames gedaan:

- De testingenieur maakt bij het monitoren van het systeem geen gebruik van andere apparatuur dan datgene wat beschreven is in de toegestuurde documentatie.
- De camera van het 'see through'-concept op de voorste vrachtauto van het peloton is op een andere positie gesitueerd (zowel verticaal als horizontaal) dan de positie die overeenkomt met die van de ogen van de chauffeur. Hierdoor wijkt het perspectief op het geleverde beeld (tablet) af van het perspectief zoals dat verkregen zou zijn als de chauffeur van een volgende vrachtauto zelf vooraan aanwezig zou zijn.
- DAF sluit een snelheid boven de wettelijke limiet van 80 km/uur in een peloton niet uit.

3. Beoordeling van de risico's voor verkeersveiligheid

Om de risico's in deze proef te beoordelen is een expertteam (allen SWOV-onderzoekers) met de onderstaande expertises samengesteld:

- dr. ir. R.J. Jansen (expertise industrieel ontwerpen, mens-productinteractie en cognitieve psychologie);
- dr. ir. C.N. van Nes (expertise mens-productinteractie, cognitieve psychologie en interactie met (deels) zelfrijdende voertuigen);
- C. Mons, MSc (expertise cognitieve psychologie);
- dr. M. de Goede (expertise cognitieve psychologie en human factors);
- ir. W.J.R. Louwerse (expertise diepteonderzoek naar verkeersongevallen, gekwalificeerd verkeersveiligheidsauditor).

In een consultatie met deze experts op 30 oktober 2018 zijn potentiële risico's in kaart gebracht.

Risicomatrix

Voor het advies is gebruikgemaakt van de door SWOV ontwikkelde risicomatrix (zie *Bijlage 3*). In de matrix worden drie niveaus van automatisering onderscheiden: gedeeltelijke, conditionele en volledige automatisering. De DAF Platooning praktijkproef is op het eerste niveau (gedeeltelijke automatisering) beoordeeld. Hoewel het systeem rijtaken als afstand houden, remmen en gasgeven overneemt moet de chauffeur blijven sturen.

De tabel op de volgende pagina's toont de uitgewerkte risicomatrix voor deze praktijkproef. De risico's zijn verdeeld in vier categorieën:

1. Risico's die kunnen spelen bij de interactie van de bestuurders(s) met het geautomatiseerde systeem in het voertuig.
2. Risico's die kunnen spelen bij de interactie tussen het voertuig (en zijn bestuurder) en andere verkeersdeelnemers.
3. Risico's die samenhangen met de locatie en het moment van de praktijkproef. Hierbij zijn de route en de plaats op de weg belangrijke uitgangspunten.
4. Algemene risico's die samenhangen met de projectinrichting en management.

De kolommen van de matrix beschrijven het volgende:

- In de eerste kolom staat het beoordelingscriterium.
- In de tweede kolom volgt een toelichting op het criterium.
- In de derde kolom staat aangegeven of het risico van toepassing is op deze praktijkproef. Hiervoor is consensus gezocht tussen de experts.
- In de laatste kolom wordt aangegeven wat de kans is dat het risico zich tot een kritische situatie ontwikkelt en wat dan de gevolgen in termen van letsel zijn (* = klein, ** = middelgroot en *** = groot). Elke expert heeft hiervoor een individuele inschatting gegeven. Voor de uiteindelijke inschatting op *kans en gevolg* is de modus (de beoordeling die het vaakst voorkomt) bepaald.¹²

¹² Bij een 'gelijke stand' in het oordeel van de experts is het hoogst aantal sterren aangehouden.

Alle potentiële risico's zijn in zwart weergegeven. Risico's met minstens 2 x 2 sterren zijn aangemerkt als relevant risico (RR) en worden in het volgende hoofdstuk uitgebreider besproken. Als een beoordelingscriterium niet van toepassing is op de praktijkproef, of reeds is afgedekt, is deze in lichtgrijs weergegeven. In de derde kolom is aangegeven waarom deze niet van toepassing is en/of geen risico vormt. De 'kans/gevolg'-beoordeling is niet kwantitatief, en geeft dus geen oordeel over het absolute risico of de gevolgen in termen van letsel. De beoordeling wordt gebruikt als indicatie welke risico's volgens de experts het meest relevant zijn.

	Toelichting op beoordelingscriterium	Toepassing op deze praktijkproef?	Kans	Gevolg
1. Interactie met systeem/voertuig				
Opleiding	Is de bestuurder opgeleid / geïnformeerd om met het systeem om te gaan in de gegeven situatie?	Ja. Op het SWOV-formulier wordt aangegeven dat de bestuurders stap voor stap getraind worden en in het bezit zijn van een DAF test rijbewijs. We gaan er daarom van uit dat de bestuurders voldoende zijn opgeleid om met het systeem om te kunnen gaan.	n.v.t.	n.v.t.
Nieuwe/andere vaardigheden	Moet de bestuurder nieuwe of andere verrichtingen uitvoeren (bijvoorbeeld inhalen met gekoppelde vrachtwagen, extreem lang voertuig)?	Het is ons niet bekend of de chauffeurs voldoende relevante ervaring hebben met het besturen van een vrachtauto met het stuur aan de rechterzijde op het Nederlandse wegennet. De mogelijkheid bestaat bovendien dat de vrachtauto met het stuur aan de rechterzijde niet meer aan kop rijdt als er met wisselende lading gereden gaat worden. Door het beperkte zicht direct rondom de linkerzijde van de cabine zien wij het risico dat medeweggebruikers die door het peloton heen willen uitvoegen gemist worden (RR1).	**	**
		Door de korte volgafstand moeten volgchauffeurs hun laterale positie in plaats van op basis van de belijning op basis van de voorligger bepalen. Hierdoor ontstaat het risico dat het voertuig dichterbij de linker kant van de rijstrook terechtkomt en inhalende weggebruikers hiervan schrikken. Dit effect wordt vergroot wanneer de linkerrijstrook relatief smal is.	**	*
		Wij zien een risico wanneer de chauffeur aan kop van het peloton, bij gebrek aan ondersteunende protocollen voor Cooperative Collision Avoidance, een onvoldoende defensieve rijstijl aanneemt. CCA van de achterliggende testvoertuigen zal namelijk geen (ketting)botsing kunnen voorkomen, wat een grote verantwoordelijkheid legt bij de bestuurder van de voorste vrachtauto (RR2).	**	***

		Toelichting op beoordelingscriterium	Toepassing op deze praktijkproef?	Kans	Gevolg
Transition of control	Mentale Taakbelasting	Is de taak mentaal belastend of juist (te) weinig belastend?	Doordat de volgchauffeurs minder rijtaken op zich hoeven te nemen bestaat het risico dat zij zich gaan vervelen en daarom neventaken gaan uitvoeren. ¹³	*	**
			Chauffeurs kunnen worden afgeleid door de open communicatieverbinding tussen chauffeurs.	*	*
			Doordat er via de HMI verschillende extra signalen worden gegeven zien wij het risico dat de chauffeurs niet alle nodige/gewenste informatie waarnemen/verwerken en hierdoor risicovolle beslissingen nemen.	**	*
			Wanneer de chauffeurs tegelijkertijd ook testingenieurs zijn, bestaat het risico dat de taakbelasting te hoog wordt en zij niet meer adequaat kunnen handelen (RR3).	**	**
	Situation Awareness	Blijft de bestuurder 'in the loop' (bewust van de verkeerssituatie)? Wordt de bestuurder tijdig geïnformeerd door het voertuig, zodat hij de rijtaken over kan nemen?	De testchauffeurs zijn niet gebonden aan de wet voor rij- en rusttijden. Het risico bestaat dat chauffeurs vermoeid raken na een lange rit en daardoor de rijtaak minder goed uitvoeren (uit 'the loop' raken, traag reageren, in slaap vallen etc., RR4).	**	**
			Chauffeurs van de 'following' en 'trailing' trucks kunnen via een 'see through'-tablette beeld zien wat er voor de eerste vrachtauto gebeurt. Omdat de tablet buiten het blikveld van de bestuurder is geplaatst bestaat het risico dat hij tijdens het raadplegen van de tablet geen/niet voldoende overzicht heeft van het verkeer op de weg rondom zijn eigen vrachtauto (RR5).	**	**
			Het tablet van het 'see through'-concept verschaft beperkte informatie om de verkeerssituatie vóór het peloton in te kunnen schatten. ¹⁴ Hierdoor blijft het risico bestaan dat kritieke situaties niet tijdig worden opgemerkt.	*	***
Falen systeem	Wordt duidelijk aangegeven dat het systeem niet (meer) werkt? Is er dan genoeg tijd om over te nemen?	Wanneer er tijdens het rijden in pelotonmodus een noodstop gemaakt moet worden en het systeem faalt, is de chauffeur vanwege de relatief korte volgtijd (t.o.v. reguliere volgsituaties m.b.v. ACC) in geen geval in staat hierop tijdig en adequaat te reageren.	*	***	

¹³ Een illustratie van dergelijke neventaken is te vinden in demonstratievideo's van het EcoTwin II-project (<https://www.youtube.com/watch?v=R08mg0XmbS0>) en van Mercedes (<https://www.youtube.com/watch?v=gB58xnCcYp0>, beide video's laatst bekeken op 28 november 2018).

¹⁴ Het geleverde perspectief wijkt af van dat van de chauffeur als deze vooraan in het peloton zou hebben gereden. Daarnaast biedt een tablet qua sensorische verwerking geen mogelijkheid tot het inschatten van diepte via bewegingsparallax, noch via stereovisie.

	Toelichting op beoordelingscriterium	Toepassing op deze praktijkproef?		Kans	Gevolg
Oneigenlijk gebruik van het systeem	Hoe wordt oneigenlijk gebruik (bijvoorbeeld in-/uitschakelen op onbedoeld moment) tegengegaan?	Het is mogelijk dat chauffeurs extra risico's nemen om het peloton in stand te houden, omdat het moeite kost om het peloton te ontkoppelen en weer te herstellen (bijvoorbeeld auto's niet tussen laten voegen). Dit risico wordt vergroot bij afwezigheid van een protocol (RR6).		**	**
Onverwachte gebeurtenis	Is er een protocol voor onverwachte gebeurtenissen (overstekende dieren/ voetganger / object, file op het traject, lekke band)?	In het SWOV-formulier staat beschreven dat "in het project expliciet rekening [wordt] gehouden met cut-in-scenario's". Er wordt echter niet expliciet beschreven hoe er dan rekening wordt gehouden met dit soort scenario's. We zien een aantal risico's.	Er staat niet beschreven of en hoe het peloton na een cut-in-scenario hersteld zal worden. Indien er langzamer gereden wordt door de voorste bestuurder om het peloton te completeren, dan kan dit gedrag ingevoegde weggebruikers forceren om een inhaalmanoeuvre te maken (RR7).	**	**
			Wanneer er een cut-in-scenario plaatsvindt wordt het peloton ontkoppeld. Hierbij zien wij het risico dat de AEB een noodremming inzet en achterliggend verkeer op het overgebleven deel van het peloton inrijdt (RR8).	**	***
		Wanneer de voorste vrachtauto van het peloton de rijstrook plotseling verlaat (uitwijken voor een obstakel, een nog snel te nemen afslag), dan wordt de volger automatisch losgekoppeld. De volgchauffeur kan mogelijk niet tijdig een adequate stuuractie uitvoeren.	*	***	
		Er is geen protocol voor de omgang met naderende kritieke situaties, zoals inrijden op een filestaart, waargenomen via de tablet van het 'see through'-concept. Wij zien het risico dat chauffeurs bij afwezigheid van een dergelijk protocol tot het laatste moment in pelotonmodus blijven rijden, in plaats van preventief de volgtijd te vergroten (waarbij het peloton als zodanig automatisch wordt opgebroken).	*	***	

	Toelichting op beoordelingscriterium	Toepassing op deze praktijkproef?	Kans	Gevolg
2. Interactie met andere weggebruikers				
Informatie	Zijn andere weggebruikers geïnformeerd over de praktijkproef? ¹⁵	De aanduiding 'testvoertuig' verschaft geen informatie over de relatief grote lengte van het peloton. Medeweggebruikers kunnen daardoor niet goed inschatten of zij een veilige inhaalmanoeuvre uit kunnen voeren (RR9).	**	**
Afleiding	Zijn de kenmerken van de voertuigen zo opvallend dat overig wegverkeer hierdoor kan worden afgeleid?	De voertuigen wijken niet merkbaar af van andere vrachtwagens. We gaan er dan ook niet van uit dat andere weggebruikers hierdoor worden afgeleid.	n.v.t.	n.v.t.
Kopieergedrag	Wat is de kans dat andere weggebruikers op onwenselijke wijze gedrag van automatische voertuigen overnemen (bijvoorbeeld te korte volgafstand (<5m) in navolging van platooning trucks).	Medeweggebruikers kunnen op dezelfde korte volgafstand gaan rijden als het peloton. Hierdoor ontstaat het risico dat deze medeweggebruikers in kritieke situaties niet meer op tijd kunnen ingrijpen.	*	*
3. Locatie en tijden praktijkproef				
Plaats op de weg: massa, snelheid en omvang	Is de voorgestelde plaats op de weg de meest veilige als het voertuig mengt met ander verkeer?	Ja. Op snelwegen en de genoemde N-wegen treffen we geen voetgangers en fietsers en wordt er met een vergelijkbare snelheid gereden.	n.v.t.	n.v.t.
		Een uitzondering betreft de invoegende taper, een rijstrook eindigt als gevolg van een rijbaansamenvoeging. Wanneer het peloton op de rechterrijstrook rijdt ter hoogte van de taper, dan is er gezien de lengte van het peloton geen mogelijkheid voor medeweggebruikers om in te voegen vanuit de linkerrijstrook van de invoegende taper (RR10).	**	**
Route: snelheid en obstakelbeveiliging	Is de snelheid van het voertuig conform de omstandigheden? (bijv. niet te langzaam of te snel voor de omstandigheden.) Zijn wegmeubilair en andere obstakels voldoende afgeschermd?	DAF heeft aangegeven met maximaal 89 km/uur te willen gaan rijden. Wij zien het risico dat er structureel met het peloton boven de wettelijke limiet gereden zal worden, wat gepaard gaat met een groter letselrisico. ¹⁶	*	*

¹⁵ Normaliter wordt het onderdeel 'informatie' niet meegenomen in een beoordeling van risico's bij gedeeltelijke automatisering. Aangezien het risico tijdens de brainstormsessie expliciet werd genoemd, hebben wij er voor gekozen om het risico toch op te nemen in de tabel.

¹⁶ Aarts, L., & Schagen, I. van. (2006). *Driving speed and the risk of road crashes: A review*. In: Accident Analysis & Prevention, vol. 38, nr. 2, p. 215-224.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.aap.2005.07.004>.

	Toelichting op beoordelingscriterium	Toepassing op deze praktijkproef?	Kans	Gevolg
Externe omstandigheden: weer en verkeer	Is er voldoende rekening gehouden met de verwachte weersomstandigheden en verkeersdrukte?	Bij hoge verkeersdrukte hindert het lange peloton andere weggebruikers bij in- en uitvoegen (RR11).	**	**
		Er is duidelijk aangegeven bij welke weersomstandigheden er wel en niet gereden wordt. Echter is ons niet duidelijk hoe er met ongunstige veranderingen in de weersomstandigheden wordt omgegaan wanneer de rit reeds gestart is. Wij zien een risico dat chauffeurs in zulke gevallen toch in peloton blijven rijden (RR12).	**	**
4. Algemeen				
Projectinrichting & management	Is er een protocol voor incidenten?	Zowel de test chauffeur als de project-ingenieur zijn bij machte om een beslissing te nemen over doorgang of afblazen van de proef bij onverwachte gebeurtenissen of ongunstige omstandigheden. Omdat er niet één eindverantwoordelijke is aangewezen bestaat het risico dat de proef doorgang vindt onder ongunstige omstandigheden.	*	**

4. Het SWOV-advies over de DAF Platooning-praktijkproef

4.1. Risicoanalyse

In dit veiligheidsadvies duiden wij de belangrijkste risico's waarvoor DAF mitigerende maatregelen dient te treffen. De potentiële risico's met minstens 2 x 2 sterren in de risicomatrix zijn aangemerkt als relevant risico (RR) en worden hieronder uitgebreider besproken. Een aantal van deze risico's vertoonden enige overlap, deze zijn daarom in deze risicoanalyse gecombineerd.

4.1.1. *Het beperkte zicht op het overige verkeer (RR 1, 5)*

Wij zien het risico dat chauffeurs op bepaalde momenten te weinig zicht rondom hun eigen vrachtauto hebben, waardoor andere verkeersdeelnemers over het hoofd worden gezien. Hierdoor kunnen er gevaarlijke situaties ontstaan, zoals (bijna-)botsingen met andere voertuigen en/of de testvoertuigen. Dit risico speelt vooral in de volgende twee situaties:

- wanneer de chauffeurs van de 'following' en 'trailing' trucks het 'see through'-tablet, dat buiten hun blikveld gemonteerd is, raadplegen om te zien wat er voor de eerste vrachtauto gebeurt;
- wanneer er, bijvoorbeeld doordat de verdeling van de belading van de testvoertuigen wordt gevarieerd, een situatie ontstaat waarin de vrachtauto met het stuur aan de rechterzijde niet meer aan kop rijdt maar als volger, waardoor het zicht direct rondom de linkerzijde van de cabine wordt beperkt. Medeweggebruikers die tussen het peloton door willen uitvoegen kunnen hierdoor worden gemist.¹⁷

4.1.2. *Het in stand willen houden van het peloton (RR 6, 9, 10, 11, 12)*

Voor zover bij ons bekend, is er geen protocol dat beschrijft wanneer het peloton opgebroken dient te worden. In het algemeen bestaat de mogelijkheid dat chauffeurs extra risico's nemen om het peloton in stand te houden, omdat het moeite kost om het peloton te ontkoppelen en weer te herstellen, of omdat zij de druk voelen de praktijkproef te laten slagen. Meer specifiek zien wij de volgende risico's:

- Het niet tussen laten voegen van andere verkeersdeelnemers. Dit geldt bij in- en uitvoegstroken evenals bij tapers (een rijstrook die eindigt als gevolg van een rijbaansamenvoeging). Wanneer het peloton op de rijstrook links van de in- of uitvoegstrook of op de rechterrijstrook ter hoogte van de taper rijdt, is er gezien de lengte van het peloton beperkte mogelijkheid voor medeweggebruikers om in te voegen. Andere weggebruikers kunnen dan geforceerd worden lange inhaalmanoeuvres te maken. Hierbij speelt nóg een risico, namelijk dat de aanduiding 'testvoertuig' geen informatie verschaft waarmee medeweggebruikers adequaat kunnen anticiperen, zoals het feit dat de voertuigen in een peloton rijden en om hoeveel voertuigen het gaat. Bij hoge verkeersdruk worden de hiergenoemde risico's versterkt.

¹⁷ Voor invoegende medeweggebruikers zien wij een kleiner risico, omdat deze in het uiterste geval na het einde van een invoegstrook doorgaans gebruik kunnen maken van de vluchtstrook.

- Het in peloton blijven rijden wanneer de weersomstandigheden gedurende de rit verslechteren. Er is duidelijk aangegeven bij welke weersomstandigheden er wel en niet gereden wordt. Echter is ons niet duidelijk hoe er met ongunstige veranderingen in de weersomstandigheden wordt omgegaan wanneer de rit reeds gestart is.

4.1.3. *Het herstellen van het peloton (RR 7)*

Voor het herstellen van het peloton tijdens een rit zal het normale HMI proces gevolgd worden.¹⁸ Door het gebrek aan expliciete instructies bestaat het risico op gevaarlijke manoeuvres. Uit de evaluatie van een eerdere proef, waarbij met vrachtauto's in een peloton werd gereden, bleek bijvoorbeeld dat chauffeurs op de vluchtstrook op elkaar wachtten om het peloton te herstellen.¹⁹

4.1.4. *De (mentale) belasting van de chauffeurs (RR 3, 4)*

We zien het risico dat de (mentale) belasting voor de testchauffeurs te hoog is wanneer zij tegelijkertijd ook testingenieurs zijn. Als zij zich namelijk op hun taak als testingenieur richten bestaat de kans dat zij belangrijke informatie met betrekking tot hun taak als chauffeur missen en niet meer adequaat kunnen handelen. Denk hierbij aan het missen van een melding of de aanwezigheid en de koers van een andere verkeersgebruiker. Dit risico wordt versterkt wanneer chauffeurs vermoeid zijn. De kans op vermoeidheid schatten wij hoog in aangezien 1) de chauffeurs niet gebonden zijn aan de wet voor rij- en rusttijden en 2) er lange ritten worden voorzien (bijvoorbeeld een route van 4,5 uur)²⁰. Het is voor ons niet duidelijk wanneer pauzes ingelast zullen worden en hoe lang de werkdag van een chauffeur zal duren. Indien chauffeurs te lang zonder pauze rijden kunnen zij door vermoeidheid bijvoorbeeld uit 'the loop' raken, trager reageren, zaken over het hoofd zien en wellicht in slaap vallen.

4.1.5. *De korte volgtijd (RR 2, 8)*

De korte volgtijd tussen de vrachtauto's in het peloton legt een grote verantwoordelijkheid bij de bestuurder van de voorste vrachtwagen. Het Cooperative Collision Avoidance systeem van de achterliggende testvoertuigen zal namelijk geen (ketting)botsing kunnen voorkomen (net als AEB van het voorste testvoertuig) maar alleen de gevolgen van een dergelijke botsing kunnen verminderen. Het is dus aan de chauffeur van de eerste vrachtauto om een defensievere rijstijl (voldoende grote volgafstand houden, eerder snelheid verminderen, etc.) aan te nemen. Hiervoor zijn echter geen protocollen beschikbaar die de chauffeur een handvat bieden.

Daarnaast zien wij een risico wanneer er bij een korte volgtijd een cut-inscenario plaatsvindt. Wanneer een medeweggebruiker invoegt, wordt het peloton ontkoppeld en zullen de testvoertuigen overgaan op de reguliere AEB. In de nieuw ontstane volgsituatie is sprake van een nog kortere volgtijd, waarbij de kans bestaat dat de AEB een noodremming zal inzetten in plaats van dat er via ACC door lichter te remmen snelheid wordt

¹⁸ DAF-document '181017_DAF SWOV_Vragen DAF Platooning'.

¹⁹ Rijkswaterstaat (2015). *Evaluatie Scania Demonstratie 9 februari 2015*. RWS Bedrijfsinformatie.

²⁰ DAF-document 'Platooning Route Limburg'.

geminderd. Wanneer dit gebeurt ontstaat er waarschijnlijk een kop-staartbotsing met andere achterliggende weggebruikers.²¹

4.2. Leerpunten

Ten behoeve van kennisopbouw bij dit soort experimenten zien wij twee typen vragen die onderzocht zouden moeten worden. Het ene type vragen is gerelateerd aan de interactie tussen de chauffeur en de vrachtauto en het andere aan de interactie van het peloton met overig verkeer,

4.2.1. *Interactie tussen chauffeur en vrachtwagen*

Deze vragen gaan over hoe de bestuurder gebruikmaakt van de nieuwe HMI/systemen van de vrachtauto.

- Volgers in het peloton hoeven geen snelheid te kiezen, maar moeten nog wel sturen en opletten.
 - Wat is het effect hiervan op de rijprestatie, in termen van alertheid, gevaarherkenning en situation awareness? Hierbij kan nog een verschil worden gemaakt tussen rijprestaties tijdens het rijden in het peloton en rijprestaties direct na het verbreken van het peloton.
 - Hoe wordt deze lage taakbelasting ervaren (verveling, minder opletten, vermoeidheid) en is men eerder/vaker betrokken bij neventaken (bellen, sms'en, eten etc.)?
- Volgers in het peloton kunnen gebruikmaken van een tablet voor het zicht op de weg zoals opgenomen vanaf het voorste voertuig van het peloton ('see through'-concept).
 - Hoe verdelen volgende bestuurders de aandacht tussen deze tablet, het dashboard, de spiegels en de weg?
 - Helpt het 'see through'-concept bij het opbouwen van situation awareness van de bestuurder?
- Aankoppelen volgens het 'hand shake'-protocol:
 - In welke situaties en waarom wordt een aankoppelverzoek afgewezen of toegekend?
 - Is de procedure van de 'hand shake' duidelijk voor beide partijen? Zowel het verzoek als de bevestiging/afwijzing?
- Er is een 'hand shake'-protocol bij het aankoppelen van het peloton, maar niet bij het loskoppelen van het peloton.
 - Hoe is het voor de bestuurder van het voorste voertuig als een volger los koppelt? Wordt dit opgemerkt? Is er behoefte aan een duidelijk(er) signaal?
 - Hoe is het voor een volger als het voorgelegen voertuig van het peloton hem/haar los koppelt? Wordt dit (op tijd) opgemerkt? Is er behoefte aan een duidelijk(er) signaal?

²¹ Indien er nog sprake is van een peloton van twee vrachtauto's, dan zal de achterste vrachtauto van dit peloton via CCA de noodremming van de voorste vrachtauto van het peloton overnemen. Het genoemde risico voor achterliggende medeweggebruikers blijft in deze situatie van toepassing.

4.2.2. *Interactie tussen peloton en overig verkeer*

Het tweede type vragen heeft betrekking op de interactie tussen (bestuurders van) het peloton enerzijds en het overige verkeer anderzijds.

- Gaan andere vrachtauto's die geen onderdeel zijn van het peloton net zo dicht achter de laatste volger rijden als dat de voertuigen van het peloton onderling van elkaar rijden?
- Hoe vaak en in welke situaties voegen andere voertuigen in het peloton? Op welke afstand van de leader of volger?
- Hoe gaat invoegend verkeer om met het peloton? En (hoe vaak) leidt dit tot risicovolle situaties? En welke situaties? Hoe kan dit worden voorkomen?
- Hoe gaat uitvoegend verkeer om met het peloton? En (hoe vaak) leidt dit tot risicovolle situaties? En welke situaties? Hoe kan dit worden voorkomen?
- Hoe passen verkeersdeelnemers hun inhaalgedrag aan wanneer er een peloton moet worden ingehaald?

4.3. **Aandachtspunten bij bredere uitrol**

Deze praktijkproef beperkt zich tot vier specifieke routes. Een bredere uitrol van vrachtauto's in een peloton in Nederland valt in principe buiten de scope van dit advies. We zijn wel van mening dat er alleen sprake kan zijn van een bredere uitrol wanneer onomstotelijk vast is komen te staan dat dit geen risico's oplevert voor het overige verkeer. Dit houdt in dat medeweggebruikers altijd veilig en comfortabel kunnen in- en uitvoegen. Wellicht houdt dit in dat niet ten hoogte van toe- en afritten kan worden gereden met een gekoppeld peloton of dat een dynamisch toeritsysteem moet worden geplaatst bij (sommige) opritten.

Daarnaast zien wij een aandachtspunt met betrekking tot snelheidskeuze. Wij zijn van mening dat met zicht op een bredere uitrol geen precedent mag worden geschapen waarbij een autonoom functionerend systeem dat (mede) is bedoeld om de verkeersveiligheid te verbeteren standaard aanstuurt op het overschrijden van de wettelijke maximumsnelheid.

4.4. **Conclusie**

In dit rapport zijn risico's geconstateerd met betrekking tot het beperkte zicht op het overige verkeer, het in stand willen houden van het peloton, het herstellen van het peloton, de belasting van de chauffeurs en de korte volgtijd. Wij concluderen dat een aanzienlijk deel van de geïnteriseerde risico's te maken heeft met het in stand willen houden van het peloton, waardoor er beperkt ruimte beschikbaar is voor andere verkeersdeelnemers om tussen de vrachtauto's in het peloton in te voegen (*Paragraaf 4.1.2*). Deze risico's voor het overige verkeer – dat niet heeft gekozen om deel te nemen aan deze proef – zouden zwaarder gewogen moeten worden dan risico's voor de vrijwillige deelnemers aan de proef. Wij adviseren de RDW daarom de ontheffing alleen te verlenen als de vrachtauto's ter hoogte van op- en afritten of tapers ruimte garanderen voor in- of uitvoegend verkeer.

De mogelijkheid om een snelheid tot 9 km/uur boven de wettelijke limiet voor vrachtwagens (80 km/uur) aan te houden achten wij opmerkelijk en niet nodig. Wij zouden RDW dan ook willen adviseren in de ontheffing op te

nemen dat de chauffeurs te allen tijde de verkeersregels volgen; het respecteren van de snelheidslimiet valt daar onder.

Tot slot adviseren wij de RDW erop toe te zien dat de aanvrager concrete mitigerende maatregelen treft voor de in dit hoofdstuk beschreven risico's en pas een ontheffing te verlenen wanneer de RDW heeft kunnen vaststellen dat de door de aanvrager getroffen maatregelen voldoende mitigerend zijn.

We willen benadrukken dat de lijst met risico's niet uitputtend is en dat niet alle risico's geheel weggenomen kunnen worden. Het experimenteren met innovatieve vervoerswijzen op de openbare weg zal altijd gepaard gaan met een bepaalde mate van risico.

De belangrijkste adviezen samengevat:

1. Verleen de ontheffing alleen als de vrachtwagens ter hoogte van open afdritten of tapers ruimte garanderen voor in- of uitvoegend verkeer.
2. Neem in de ontheffing op dat de testchauffeurs te allen tijde de verkeersregels volgen, waaronder het niet overschrijden van de limiet.
3. Zie erop toe dat de aanvrager concrete mitigerende maatregelen voor de risico's treft en verleen de ontheffing pas wanneer de RDW heeft kunnen vaststellen dat de getroffen maatregelen voldoende mitigerend zijn.

Bijlage 1

SWOV-Formulier *Benodigde informatie voor de beoordeling van proeven met zelfrijdende voertuigen*

PROJECTINFORMATIE

Naam project Platooning

PROEF

Leg in één alinea uit wat het doel van de proef is – Gaat het om een demonstratie of experiment? – Welk scenario wordt getest?		Korte afstand 3 truck platooning met Lane-keeping assist, automation level 1 met test chauffeurs voor evaluati/test doeleinden op snelweg			
Waar vindt de proef plaats?	Welke stad, dorp, provincie?	Eindhoven, Helmond, Noord-Brabant			
	Over welk type wegen wordt gereden (snelweg, provinciale weg, enz.) incl. snelheidslimieten	snelwegen			
	Wat is de exacte route (straatnamen of evt. route kaart)	 Zie Platooning Routes.zip			
	Welk ander verkeer maakt gebruik van deze wegen (fietsers, voetgangers, auto's, vrachtverkeer)?	Auto's, motoren, vrachtverkeer, bussen			
Op welke dag of in welke periode vindt de proef plaats?	Van	30-10-2018	Tot	30-4-2019	

VOERTUIG/BESTUURDER

Algemene omschrijving van het voertuig: is het (vergelijkbaar met) een:	<input type="checkbox"/> Bus	
	<input checked="" type="checkbox"/> Vrachtauto	
	<input type="checkbox"/> Personenauto	
	<input type="checkbox"/> 'People mover'	
	<input type="checkbox"/> Anders, namelijk	
Met welke snelheid rijdt het voertuig?	Max 89 km/u	
Welke aspecten van de rijtaak zijn geautomatiseerd (bijvoorbeeld: Sturen / Versnellen en remmen / Monitoren van de rijomgeving / Monitoren van het voertuig)?	Versnellen/vertragen van voertuig, automation level 1	
Ziet het voertuig er anders uit dan huidige voertuigen in het wegbeeld? Zo ja, waarin verschilt het?	Ja, styling trailers en testvoertuig aanduiding	
Gedraagt het voertuig zich zoals een gemiddelde bestuurder zich zou gedragen?	Volgt het voertuig bijvoorbeeld de formele verkeersregels en – tekens? Zo nee, waarin wijkt het af?	Ja, zie hieronder
	Houdt het voertuig zich aan informele verkeersregels? Zo nee, waarin wijkt het af? Bijvoorbeeld: Het voertuig rijdt (veel) langzamer dan de maximum snelheid of verleent vaker voorrang dan volgens verkeersregels zou moeten.	Ja, alle voertuigen worden door chauffeurs bestuurd, echteris de korte afstand van de volgvoertuigen anders dan gebruikelijk

Hoe gaat het voertuig om met langzaam rijdend verkeer (wel/niet inhalen, afstand bij inhalen/achterblijven)?		Niet inhalen tijdens platooning stand, inhalen wordt manueel gedaan
Welke informatie zal het voertuig gebruiken van de wegen, zoals strepen, borden, lichten, etc.?		Belijning en voorliggend voertuig
Wat moet de bestuurder / operator zelf doen?		Voorste chauffeur rijdt het voertuig manueel of op (A)CC, waarbij overige voertuigen in de langs richting automatisch volgen. De chauffeur is altijd de fall-back en dient de omgeving te monitoren en kan ten alle tijden ingrijpen/overrulen
Ingrijpen/Taken overnemen	Hoe wordt de bestuurder/operator geïnformeerd dat het systeem niet meer werkt en hij/zij moet ingrijpen/taken overnemen?	HMI, voertuig response, error melding, waarschuwing (geluid, visueel)
	Op welke manier kan de bestuurder/operator ingrijpen?	Remmen, sturen, gasgeven, knoppen
	Hoeveel tijd is er om in te grijpen/taken over te nemen?	Varieert per taak of ingreep, dit is in detail per onderwerp uitgewerkt in safety documentatie/analyses
Hoeveel ervaring heeft de bestuurder?	Welke opleiding heeft de bestuurder gehad om met het systeem om te gaan? Of hoe is de bestuurder geïnformeerd om met het systeem om te gaan?	Bestuurders worden stap voor stap getraind of doen ervaring op met systeem; proefbaan → openbare weg. Ook wordt de functionaliteit stap voor stap getest. De beoordeling en veiligheidstesten worden door een DAF test engineer gedaan. Chauffeurs hebben een DAF test rijbewijs
	Ervaring met het systeem:	Veel, zie boven
	Ervaring op de (Nederlandse) weg:	Veel
Welke informatie krijgt een bestuurder tijdens het rijden aangeboden (bijvoorbeeld over de werking van het systeem, routeinformatie, communicatie met andere chauffeurs of een 'control room')?		See-through (beeld van eerste truck zicht op verkeer en verkeerssituatie), open audio kanaal voor communicatie tussen chauffeurs, en beeldscherm met systeem HMI

PLATOON

Wat is het protocol bij onderbreking van de platoon? Hoe wordt de platoon weer tot stand gebracht?	Door HMI bevestiging van de verschillende platoonende chauffeurs
Wat is de maximale remvertraging van de volledige platoon (zonder bijremmen van tweede of derde chauffeur)?	Systeem kan tot maximaal remming overgaan (collision avoidance algoritme)
Hoeveel voertuigen zullen de platoon vormen?	3 trucks
Met welke volgafstand wordt gereden?	Minimale volgtijd 0.5-0.8 sec
Op welke delen van het traject wordt gekoppeld gereden (bijvoorbeeld ook bij op- en afritten)?	Op steady-state snelweg, verdere details en scenario's worden uitgewerkt in documentatie

PASSAGIERS/ANDERE WEGGEBRUIKERS

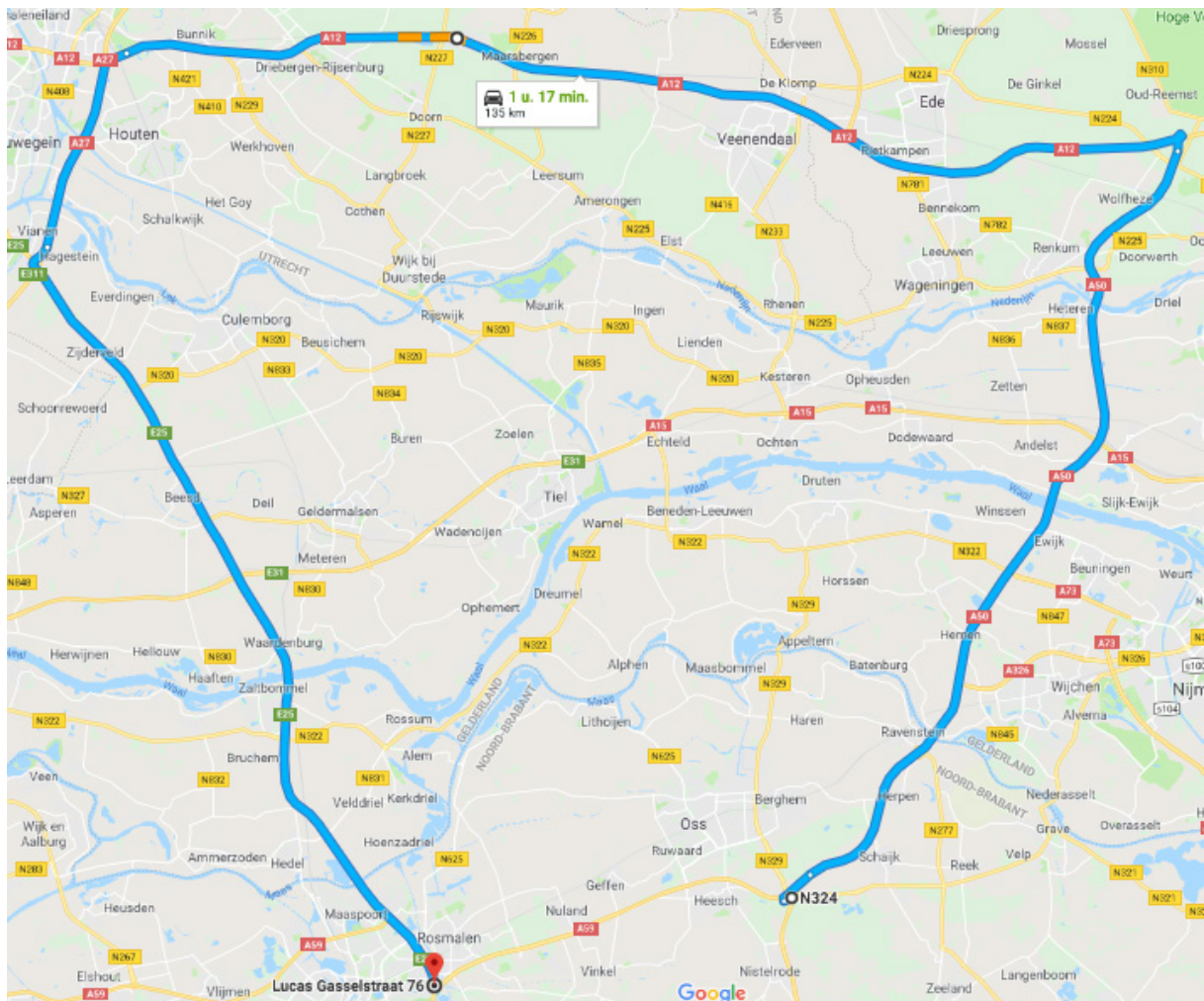
Zullen er passagiers meerijden? Zo ja: Wie zijn dit (bijvoorbeeld notabelen, pers, studenten, projectmedewerkers, enz.?)	Test/ontwikkel ingenieurs
Zijn andere weggebruikers en/of omwonenden geïnformeerd over de praktijkproef? Zo ja, hoe?	Niet geïnformeerd
Is er nagedacht over de mogelijkheid dat andere weggebruikers het voertuig ongewenst uittesten? (bijvoorbeeld: overige weggebruikers testen of het voertuig inderdaad automatisch remt) -- > zo ja, hoe wordt hier mee omgegaan?	Ja, hier zijn de test engineers/chauffeurs op voorbereid → gekozen voor ervaren, door DAF geselecteerde, chauffeurs met veel rijervaring en zijn geïnstrueerd om hiervoor bedacht te zijn en hierop te acteren (met hun ervaring). In het project wordt expliciet rekening gehouden met cut-in scenario's

ORGANISATIE

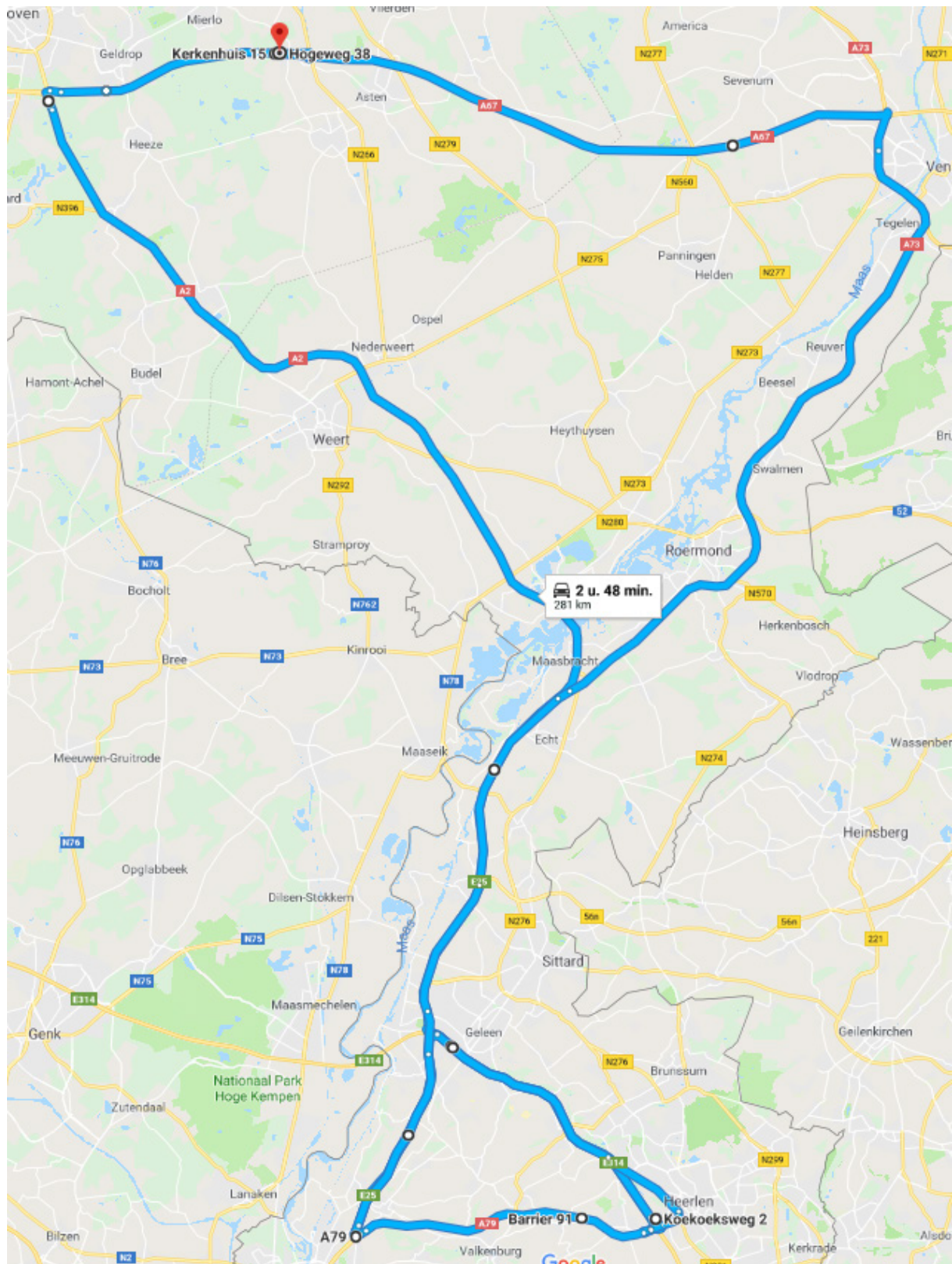
Is er een protocol over wat er gebeurt bij onverwachte gebeurtenissen (file op het traject, lekke band, onverwachte verkeersdrukke)?	Ja, in het voertuig ligt een protocol voor dit soort omstandigheden en bestuurders zijn gebriefd.
Wie neemt de beslissing voor doorgang of afblazen bij onverwachte gebeurtenissen?	DAF test chauffeurs, of project ingenieur

Testresultaten	Is het systeem eerder getest (op een testbaan of openbare weg)?	Ja gepland, op test baan.
	Zijn de resultaten beschikbaar? Zo ja, graag bijvoegen. Zo nee, graag een beknopte samenvatting van de resultaten.	Nog niet beschikbaar, wel gepland in de tijd
	Is er een FMEA is uitgevoerd? Zo ja, dan ontvangen we hier graag de resultaten van.	Nog niet beschikbaar, wel gepland in de tijd, overige safety documenten beschikbaar

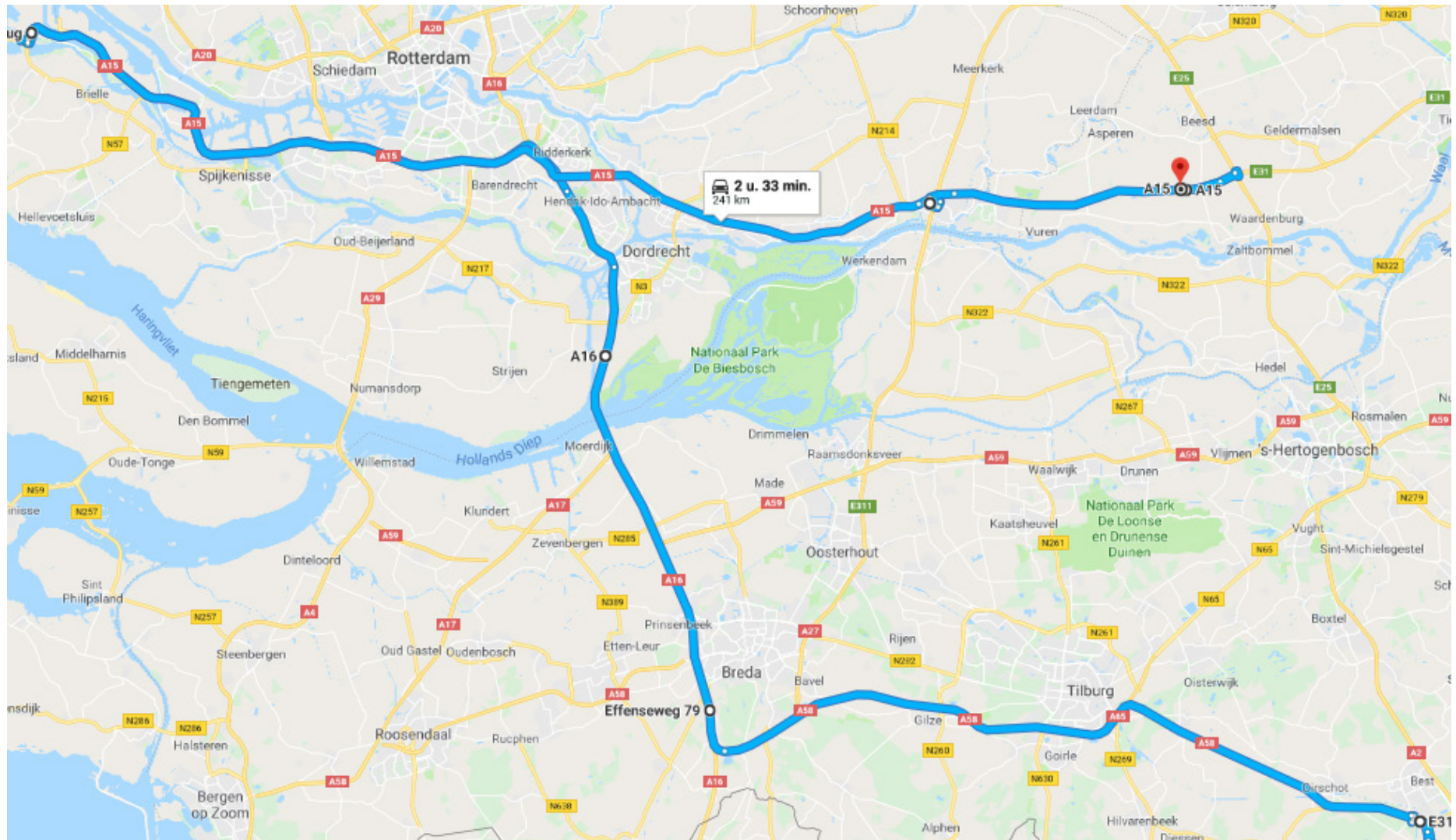
Traject 2: Arnhem – Utrecht (route “Oss-Arnhem-Utrecht”)



Traject 3: Maastricht – Heerlen – Venlo (route “Limburg”)



Traject 4: Rotterdam – Breda (route “Rotterdam”)



Op basis van expertkennis en literatuur is een 'risicomatrix' opgesteld.²² Deze beschrijft hoe potentiële risico's die voor verschillende niveaus van automatisering voor verschillende gedragsaspecten te verwachten zijn en hoe ze kunnen worden – of al zijn – afgedekt. Zie het rapport *Veiligheid bij praktijkproeven met (deels) zelfrijdende voertuigen*²³ voor een uitgebreide beschrijving van het samenstellen van de matrix.

De risicomatrix beschrijft de mogelijke risico's bij drie niveaus van automatisering (geïnspireerd op de 'SAE levels' van automatisering)²⁴. Het belangrijkste verschil tussen de niveaus wordt gevormd door wat de bestuurder nog zelf moet doen (sturen, versnellen/remmen, monitoren, achtervang zijn en signaleren of actie nodig is):

1. Gedeeltelijke automatisering – Bestuurder in actie

Bij gedeeltelijke automatisering neemt het systeem tijdelijk ofwel het sturen ofwel versnellen/remmen over. De bestuurder voert alle overige dynamische taken wel zelf uit, zoals het monitoren van de rijomgeving en van het systeem. Bovendien treedt de bestuurder op als achtervang als het systeem daar om vraagt en kan hij het systeem 'overrulen'. Het systeem kan door de bestuurder geactiveerd en uitgezet worden. Om de geautomatiseerde delen van de rijtaak goed uit te kunnen voeren gebruikt het systeem informatie over de rijomgeving. Een voorbeeld van dit niveau van automatisering zijn systemen die de bestuurder ondersteunen bij het uitvoeren van een lastige of vermoeiende rijtaak, zoals de fileassistent bij het filerijden. De fileassistent houdt een gelijkmatige snelheid en een bepaalde afstand tot de voorligger.

2. Conditionele automatisering – bestuurder is belangrijk

Bij conditionele automatisering wordt de volledige rijtaak door het systeem uitgevoerd. De bestuurder monitort de rijomgeving, fungeert als achtervang als het systeem daar om vraagt, en is hiermee als het ware toezichthouder geworden. Op dit niveau is het voor de veiligheid cruciaal dat de bestuurder tijdig kan ingrijpen als het systeem of de verkeerssituatie hierom vraagt, de bestuurder fungeert als achtervang. Dit niveau van automatisering wordt bijvoorbeeld gebruikt bij vrachtauto's die gekoppeld in colonne op de weg rijden. Dit wordt ook wel 'platooning trucks' genoemd. In een gekoppelde colonne heeft de voorste vrachtauto de leidende rol en een lager automatiseringsniveau.

²² Hierbij is gebruikgemaakt van de FMEA-methode (zoals beschreven in het ADVISORS-project: ADVISORS (2003). *Advanced Driver Assistance and Vehicle Control System Implementations, Standardisation, Optimum Use of the Road Network and Safety: Final report*. Commission of the European Communities, Brussels.)

²³ Boele, M.J., et al. (2015). *Procedure en criteria voor de veiligheid van praktijkproeven op de openbare weg met (deels) zelfrijdende voertuigen. Achtergrond en aanpak van het SWOV-veiligheidsadvies*. R-2015-15A. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Den Haag.

²⁴ SAE (2014). *Summary of SAE International's levels of driving automation for on-road vehicle*. Geraadpleegd 8 april 2015 op www.sae.org: http://www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf

3. Volledig automatisering – bestuurder is niet belangrijk

Bij volledige automatisering neemt het systeem alle rijtaken over en monitort het de rijomgeving en zichzelf. Op dit niveau hoeft het systeem niet meer terug te vallen op de bestuurder. De bestuurder heeft geen rol in dit voertuig en is daarmee passagier geworden. Voertuigen op dit niveau kunnen onbemand zijn en hebben soms geen stuur en geen pedalen. Eventueel kan een operator op afstand toezicht houden over het voertuig en zijn omgeving. Een voertuig op dit niveau van automatisering is technisch gezien vergelijkbaar met bijvoorbeeld een automatische 'people mover'. Deze voertuigen brengen passagiers van A naar B over een aan het voertuig toegewezen pad, zonder aanwezigheid van een bestuurder. Voor een SWOV-advies over een praktijkproef hanteren we dit niveau van volledige automatisering uiteraard voor voertuigen die op de openbare weg zullen rijden.

De risicomatrix toont de potentiële risico's die wij verwachten op elk van de drie niveaus van automatisering; deze vormen de horizontale dimensie van de matrix. De andere dimensie van de matrix wordt gevormd door de volgende vier categorieën risico's:

1. Risico's die kunnen spelen bij de interactie tussen de bestuurder (of operator) en het geautomatiseerde systeem in het voertuig;
2. Risico's die kunnen spelen de interactie tussen het voertuig (en zijn bestuurder) en andere weggebruikers;
3. Risico's die samenhangen met de locatie en het moment van de praktijkproef. Hierbij zijn de route en de plaats op de weg belangrijke uitgangspunten;
4. Algemene risico's die samenhangen met de projectinrichting en management.

De risicomatrix dient als leidraad bij het beoordelen van de testaanvraag voor de praktijkproef.

		Gedeeltelijke automatisering	Conditionele automatisering	Volledige automatisering
1. Interactie met systeem/voertuig				
Opleiding ²⁵		Is de bestuurder opgeleid / geïnformeerd om met het systeem om te gaan in de gegeven situatie?		Is de operator opgeleid om beslissingen te kunnen nemen?
Nieuwe / andere vaardigheden		Moet de bestuurder nieuwe of andere verrichtingen uitvoeren (bijvoorbeeld inhalen met gekoppelde vrachtwagen, extreem lang voertuig)?		Heeft de operator genoeg informatie om de juiste beslissing te nemen?
Transition of control	Mentale taakbelasting ²⁶	Is de taak mentaal belastend of juist (te) weinig belastend?		
	Situation Awareness ^{27,28}	Blijft de bestuurder 'in the loop' (bewust van de verkeerssituatie)? Wordt de bestuurder tijdig geïnformeerd door het voertuig, zodat hij de rijtaken over kan nemen?		Wordt de operator tijdig geïnformeerd, zodat hij op tijd kan beslissen? (op afstand) overnemen?
Falen systeem ²⁹		Wordt duidelijk aangegeven dat het systeem niet (meer) werkt?	Wordt duidelijk aangegeven dat het systeem niet (meer) werkt? Is er dan genoeg tijd om over te nemen?	Wat gebeurt als het voertuig onverwachts stopt (wordt aangegeven dat er iets aan de hand is)?
Oneigenlijk gebruik van het systeem ³⁰		Hoe wordt oneigenlijk gebruik (bijvoorbeeld in-/uitschakelen op onbedoeld moment) tegengegaan?		Hoe wordt misbruik (bijvoorbeeld inschakelen op onbedoeld moment) tegengegaan?
Onverwachte gebeurtenis		Is er een protocol voor onverwachte gebeurtenissen (overstekende dieren/ voetganger / object, file op het traject, lekke band)?		

²⁵ Larsson, A.F.L., Kircher, K. & Andersson Hultgren, J. (2014). *Learning from experience: Familiarity with ACC and responding to a cut-in situation in automated driving*. In: Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, vol. 27, Part B, nr. 0, p. 229-237.

²⁶ Waard, D. de (1996). *The measurement of drivers' mental workload*. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen RUG, Groningen.

²⁷ Endsley, M.R. (1995). *Toward a theory of situation awareness in dynamic systems*. In: Human Factors, vol. 37, nr. 1, p. 32-64.

²⁸ Endsley, M.R. & Kaber, D.B. (1999). *Level of automation effects on performance, situation awareness and workload in a dynamic control task*. In: Ergonomics, vol. 42, nr. 3, p. 462-492.

²⁹ Strand, N., Nilsson, J., Karlsson, I.C.M. & Nilsson, L. (2014). *Semi-automated versus highly automated driving in critical situations caused by automation failures*. In: Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, vol. 27, Part B, nr. 0, p. 218-228.

³⁰ Marinik, A., Bishop, R., Fitchett, V., Morgan, J.F., et al. (2014). *Human factors evaluation of level 2 and level 3 automated driving concepts: Concepts of operation*. National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC.

	Gedeeltelijke automatisering	Conditionele automatisering	Volledige automatisering
2. Interactie met andere weggebruikers			
Informatie ³¹		Zijn andere weggebruikers geïnformeerd over de praktijkproef?	
Afleiding	Zijn de kenmerken van de voertuigen zo opvallend dat overige wegverkeer hierdoor kan worden afgeleid?		
Voorspelbaarheid ^{32,33}		Reageert het voertuig conform verwachtingen van andere weggebruikers?	
(Anticiperen op) onverwacht gedrag andere weggebruikers		Kan het voertuig anticiperen op onverwachte gedrag van andere weggebruikers?	
Verkeersregels ^{15,16}		Volgt het voertuig de verkeersregels en – tekens?	
Oneigenlijk gebruik		Is er voldoende rekening gehouden met de mogelijkheid dat andere weggebruikers het voertuig uittesten? (bijvoorbeeld: overige weggebruikers testen of het voertuig inderdaad automatisch remt)	
Kopieergedrag ^{34,35}	Wat is de kans dat andere weggebruikers op onwenselijke wijze gedrag van automatische voertuigen overnemen (bijvoorbeeld te korte volgfstand (<5m) in navolging van platooning trucks)		
3. Locatie en tijden praktijkproef			
Plaats op de weg: massa, snelheid en omvang ³⁶	Is de voorgestelde plaats op de weg de meest veilige als het voertuig mengt met ander verkeer?		
Route: snelheid en obstakelbeveiliging ¹⁹	Is de snelheid van het voertuig conform de omstandigheden? (bv niet te langzaam of te snel voor de omstandigheden) Zijn wegmeubilair en andere obstakels voldoende afgeschermd?		
Externe omstandigheden: weer en verkeer	Is er voldoende rekening gehouden met de verwachte weersomstandigheden en verkeersdrukte?		
4. Algemeen			
Projectinrichting & management	Is er een protocol voor incidenten?		

³¹ Hoekstra, T. & Wegman, F. (2011). *Improving the effectiveness of road safety campaigns: Current and new practices*. In: IATSS Research, vol. 34, nr. 2, p. 80-86.

³² Houtenbos, M. (2008). *Expecting the unexpected: a study of interactive driving behaviour at intersections*. SWOV dissertation series. SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam.

³³ Sivak, M. & Schoettle, B. (2015). *Road safety with self-driving vehicles : general limitations and road sharing with conventional vehicles*. UMTRI-2015-2. University of Michigan Transportation Research Institute, Ann Arbor.

³⁴ Gouy, M., Wiedemann, K., Stevens, A., Brunett, G., et al. (2014). *Driving next to automated vehicle platoons: How do short time headways influence non-platoon drivers' longitudinal control?* In: Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, vol. 27, Part B, nr. 0, p. 264-273.

³⁵ Skottke, E.M., Debus, G., Wang, L. & Huestegge, L. (2014). *Carryover effects of highly automated convoy driving on subsequent manual driving performance*. In: Human Factors, vol. 56, nr. 7, p. 1272-1283.

³⁶ Wegman, F. & Aarts, L. (2005). *Door met Duurzaam Veilig; Nationale verkeersveiligheidsverkenning voor de jaren 2005-2020*. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.