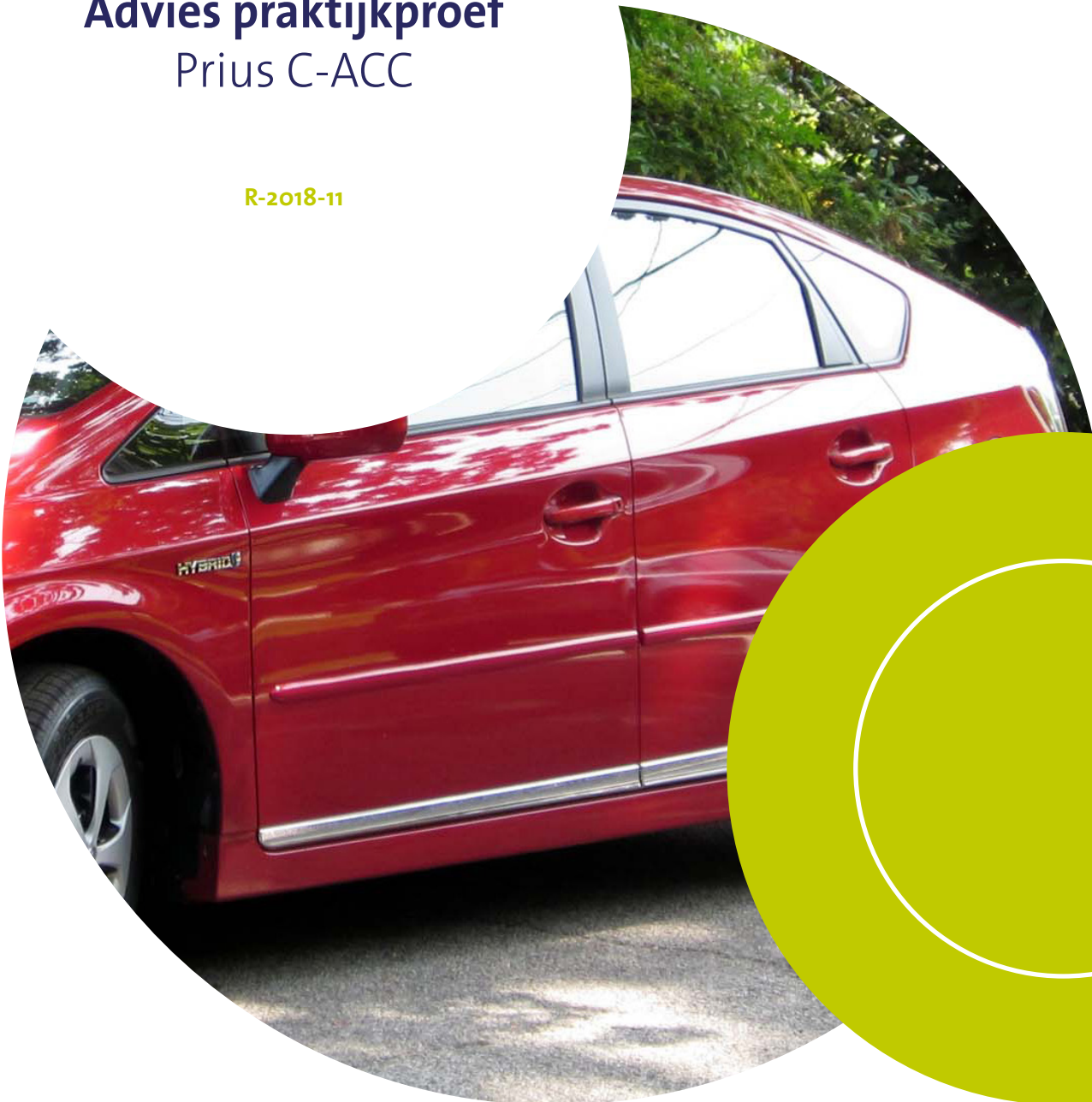


Advies praktijkproef Prius C-ACC

R-2018-11



Advies praktijkproef

Prius C-ACC

R-2018-11

Dr. ir. R.J. Jansen, C. Mons, MSc, ir. R.G. Eenink, ir. W.J.R. Louwerse, A.
Stelling, MSc & dr. ir. C.N. van Nes

Den Haag, 2018

SWOV – Instituut voor Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid

Documentbeschrijving

Rapportnummer:	R-2018-11
Titel:	Advies praktijkproef
Ondertitel:	Prius C-ACC
Auteur(s):	Dr. ir. R.J. Jansen, C. Mons, MSc, ir. R.G. Eenink, ir. W.J.R. Louwerse, A. Stelling, MSc & 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 de praktijkproef met een peloton bestaande uit acht Toyota Priussen die zijn uitgerust met Cooperative Adaptive Cruise Control (C-ACC).
Aantal pagina's:	18 + 10
Uitgave:	SWOV, Den Haag, 2018

De informatie in deze publicatie is openbaar.
Overname is echter 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	4
2.	Beschrijving van de proef	5
2.1.	Gebruikte informatie	5
2.2.	Beschrijving van de proef	5
2.2.1.	De voertuigen	6
2.2.2.	De chauffeurs en taakomschrijving	7
2.2.3.	Weg en route	7
2.3.	Samenvatting en aannames	8
3.	Beoordeling van de risico's voor verkeersveiligheid	10
4.	Het SWOV-advies over de praktijkproef 'Prius C-ACC'	14
4.1.	Veiligheidsadvies	14
4.1.1.	Het bij elkaar willen houden van het peloton (RR 1, 2, 3, 6, 7)	14
4.1.2.	Het herstellen van het peloton (RR 4)	15
4.1.3.	Het maken van een noodstop (RR 5)	16
4.1.4.	Het stoppen van de proef bij onverwachte gebeurtenissen (RR 8)	16
4.2.	Leerpunten	17
4.3.	Aandachtspunten bij bredere uitrol	17
4.4.	Conclusies	17
Bijlage 1	SWOV-Formulier <i>Benodigde informatie voor de beoordeling van proeven met zelfrijdende voertuigen</i>	19
Bijlage 2	Risicomatrix	25

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 het Prius C-ACC-project van TNO. Bij deze praktijkproef wordt op de openbare weg gereden met een peloton bestaande uit acht Toyota Priussen. De voertuigen maken gebruik van Cooperative Adaptive Cruise Control (C-ACC) en houden daarbij zelf een volgtijd van 0,6 seconden aan. Voor het gebruik van C-ACC is een ontheffing van de RDW nodig.

Dit SWOV-advies bevat een inventarisatie van de mogelijke verkeersveiligheidsrisico's, een inschatting van de ernst van deze risico's en een advies over hoe deze risico's beperkt kunnen worden. 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 Prius C-ACC-project en per e-mail ontvangen van Pieter van der Stoep (RDW) op 15 juni 2018 (zie *Bijlage 1*);
- TNO-document *Exemption application*; per e-mail ontvangen van Pieter van der Stoep (RDW) op 15 juni 2018;
- TNO-document *Effect of C-ACC on Traffic Flow*; per e-mail ontvangen van Pieter van der Stoep (RDW) op 15 juni 2018;
- TNO-document *C-ACC Test Noord-Holland*; per e-mail ontvangen van Pieter van der Stoep (RDW) op 15 juni 2018;
- TNO-document *FMEA Team Start-Up Worksheet*; per e-mail ontvangen van Pieter van der Stoep (RDW) op 22 juni 2018;
- TNO-document *Prius Automated Driving – Safety Case – Technical Safety Concept*; per e-mail ontvangen van Pieter van der Stoep (RDW) op 22 juni 2018;
- Verslag van de startbijeenkomst op 20 juni 2018; concept per e-mail ontvangen van Pieter van der Stoep (RDW) op 25 juni 2018, definitieve versie per e-mail ontvangen van Pieter van der Stoep (RDW) op 4 juli 2018;
- TNO-presentatie *C-ACC proef Noord-Holland – Startvergadering aanvraag ontheffing voor N205*; per e-mail ontvangen van Pieter van der Stoep (RDW) op 4 juli 2018.

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

2.2. Beschrijving van de proef

Het doel van het Prius C-ACC-project is het onderzoeken van het effect van coöperatieve systemen zoals C-ACC en intelligente verkeersregelininstallaties (iVRI's) op de verkeersdoorstroming. TNO wil dit effect in opdracht van de provincie Noord-Holland onderzoeken met behulp van computersimulaties. Voor het ontwikkelen van de bijbehorende modellen heeft TNO gegevens nodig die zijn verkregen in echte verkeerssituaties. Hiervoor zal in september 2018 een tweeweekse praktijkproef plaatsvinden op de N205 bij Haarlem. Op het traject van ongeveer 12,5 kilometer zullen acht Toyota Priussen in een peloton gaan rijden. De testvoertuigen zijn uitgerust met ACC en C-ACC en zullen in het laatste geval een volgtijd van 0,6 seconden aanhouden ten opzichte van de voorliggende Prius.¹

De testvoertuigen kunnen communiceren met de iVRI's. De iVRI's kunnen door de provincie Noord-Holland in een zogeheten 'prio'-modus worden geschakeld. Wanneer van de 'prio'-modus gebruik wordt gemaakt, interpreteert het verkeerslicht op basis van binnenkomende berichten van

¹ De voorste Prius wordt altijd handmatig bestuurd. De exacte volgtijd die de bestuurder van deze Prius zal hanteren ten opzichte van andere weggebruikers is ons niet bekend.

voertuigen of er een peloton aanwezig is. Voorts besluit het verkeerslicht of er voor dit peloton een langere groentijd wordt aangehouden.² Hieruit maken wij op dat de 'prio'-modus van de iVRI niet in alle gevallen een langere groentijd aan het peloton verleent.

Verder sturen de iVRI's naar het voorste testvoertuig via een app informatie over groenherkenning en/of de tijd-tot-groen. Groenherkenning houdt in dat de app ontvangt óf het verkeerslicht op groen staat, terwijl de app bij tijd-tot-groen aangeeft wannéér de groenfase begint. TNO heeft tijdens het startgesprek aangegeven dat de bestuurder van dit testvoertuig de app niet zal gebruiken, maar dat de app wel op de achtergrond actief zal zijn voor het verzamelen van gegevens voor de simulatie. Dit advies is enkel bedoeld voor de ontheffing voor de tweeweekse praktijkproef met C-ACC op de N205. Voor het gebruik van de iVRI is geen ontheffing nodig, SWOV brengt hier dan ook geen advies over uit.

2.2.1. De voertuigen

De praktijkproef zal worden uitgevoerd met acht Toyota Priussen. De testvoertuigen beschikken over Adaptive Cruise Control (ACC), wat betekent dat het systeem tijdelijk zelfstandig afstand tot de voorligger houdt. TNO heeft de testvoertuigen zo aangepast dat behalve van ACC ook gebruik gemaakt kan worden van de coöperatieve variant: C-ACC. Hierdoor kunnen de testvoertuigen met elkaar communiceren, zodat er onderling een relatief korte volgafstand (0,6 seconden) kan worden aangehouden. Individuele testvoertuigen hebben een maximale remvertraging van 9,5 m/s². Wanneer de testvoertuigen in C-ACC-modus rijden bedraagt de maximale remvertraging van het peloton 4 m/s²; dit is vergelijkbaar met conventionele ACC-systemen.

Elk testvoertuig beschikt over een interface waarop de status van het C-ACC-systeem wordt weergegeven. Wanneer er iets mis is het met systeem, wordt dit visueel en auditief aangegeven. Het systeem schakelt dan automatisch over op conventionele ACC, waarbij automatisch en geleidelijk een grotere volgtijd dan 0,6 seconden wordt opgezocht.^{3,4} Het systeem detecteert op basis van gps-locaties en -radarbeelden of een medeweggebruiker het peloton heeft opgebroken.⁵ De toegestuurde documentatie geeft niet aan of de C-ACC van het eerstvolgende testvoertuig (en/of het daarop volgende peloton) vervolgens automatisch overschakelt op de conventionele ACC.

De kentekens van de testvoertuigen horen allen bij een Prius van de derde generatie (periode 2009-2016). Het is voor ons niet duidelijk of voertuigen van deze generatie beschikken over een Autonomous Emergency Braking (AEB)-systeem. Ook TNO kon hierover geen uitsluitsel geven.

² TNO-presentatie: *C-ACC proef Noord-Holland – Startvergadering aanvraag ontheffing voor N205*.

³ TNO-document: *FMEA Team Start-Up Worksheet*.

⁴ De exacte volgtijd bij gebruik van conventionele ACC is ons niet bekend.

⁵ TNO-document: *Prius Automated Driving – Safety Case – Technical Safety Concept*.

2.2.2. De chauffeurs en taakomschrijving

Alle chauffeurs zijn in het bezit van een geldig Nederlands rijbewijs. Tevens zijn zij door TNO opgeleid⁶ en hebben zij op een testbaan ervaring opgedaan met het systeem. Tijdens de proef zal zich één chauffeur in elk voertuig bevinden om het voertuig te besturen. Op het testtraject (zie volgende paragraaf) zal op drie manieren worden gereden: handmatig, met conventionele ACC of met C-ACC. Wanneer een chauffeur de C-ACC-functie heeft ingeschakeld, blijven de chauffeurs sturen, de rijomgeving monitoren en het systeem monitoren. De chauffeurs kunnen de C-ACC-functie op elk moment uitschakelen door te remmen of de aan-uitknop te gebruiken, vergelijkbaar met een conventioneel ACC-systeem. Tevens beschikken de voertuigen over een open spraakverbinding (gsm), waarmee de chauffeurs en de testleider met elkaar kunnen communiceren.

Volgens de aan SWOV geleverde informatie kunnen medeweggebruikers het peloton opbreken door ertussen te gaan rijden en krijgen de chauffeurs de instructie om het peloton op te breken als zij dat nodig achten. Bij SWOV is niet bekend of de chauffeurs specifieke instructies ontvangen ter ondersteuning van hun beslissing over het opbreken van het peloton.

2.2.3. Weg en route

Afbeelding 1 toont het testtraject op de N205 bij Haarlem (oranje lijn) met bijbehorende kruispunten (rode markeerpunten) en de start- en eindpunten van het testtraject (blauwe markeerpunten). De C-ACC functie zal alleen op het testtraject worden geactiveerd.

De keerpunten voor het peloton (groene markeerpunten) betreffen rotondes op de kruising van de N205 en de N232 (noordelijke keerpunt) en de Noordelijke Randweg in Nieuw-Vennep (zuidelijke keerpunt). Als uitvalsbasis (oranje markeerpunt) wordt een parkeerterrein gebruikt in een 30km/uur-zone (Fandango, Nieuw-Vennep). Vanaf de uitvalsbasis wordt de Noordelijke Randweg bereikt via een 50km/uur-weg. Bij kruispunt 2, bij het zuidelijke keerpunt en bij de uitvalsbasis kunnen kwetsbare verkeersdeelnemers oversteken.

De snelheidslimiet op de N205 is 100 km/uur. In de buurt van de kruispunten geldt echter een limiet van 70 km/uur. Bij een rijnsnelheid van 100 km/uur heeft het peloton een totale lengte van 153 meter en bij 70 km/uur bedraagt deze lengte 118 meter. In zuidelijke richting gaat de weg na kruispunt 2 van drie naar twee rijstroken, waarbij het verdrijvingsvlak begint op ongeveer 270 meter na het passeren van de kruising. Na kruispunt 3 gaat de weg van twee rijstroken naar één rijstrook, ditmaal op ongeveer 140 meter na de kruising. In noordelijke richting zijn er eveneens overgangen van drie naar twee rijstroken en van twee naar één rijstrook, met vergelijkbare afstanden tot het verdrijvingsvlak.

⁶ Chauffeurs hebben de interne rijtraining "Level B2 limit handling driver training" succesvol afgerond.



Afbeelding 1. Testtraject op de N205 bij Haarlem.⁷

2.3. Samenvatting en aannames

Hieronder vatten wij de praktijkproef samen:

- Het betreft een tweeweekse praktijkproef op de N205 bij Haarlem.
- De praktijkproef zal plaatsvinden in september 2018.
- Tijdens de proef zal met een peloton van acht Toyota Priussen worden gereden.
- De testvoertuigen zijn door TNO uitgerust met C-ACC en houden, eenmaal geactiveerd, een onderlinge volgtijd van 0,6 seconden aan.
- In elk testvoertuig is een chauffeur aanwezig om rijtaken uit te voeren (waaronder sturen), de C-ACC in te schakelen en het systeem te monitoren.

⁷ Deze kaart is overgenomen van het TNO-document *Effect of C-ACC on Traffic Flow*.

- Alle chauffeurs zijn in het bezit van een geldend Nederlands rijbewijs, zijn opgeleid door TNO en hebben op een testbaan ervaring opgedaan met het systeem.
- De testvoertuigen bevatten een systeem dat informatie van iVRI's ontvangt over groenherkenning en de tijd-tot-groen. De chauffeurs zullen geen gebruik maken van deze informatie.

In dit advies hebben we de volgende aannames gedaan:

- De testvoertuigen zijn niet uitgerust met een Autonomous Emergency Braking (AEB) systeem.
- Conform verordening EC 561/2006 artikel 4.c beschouwen wij de chauffeurs voor deze praktijkproef als beroepschauffeurs.⁸ Wij gaan er daarom van uit dat zij de wet op rij- en rusttijden zullen naleven.⁹

⁸ Regulation (EC) No 561/2006 of the European Parliament and of the Council of 15 March 2006 on the harmonisation of certain social legislation relating to road transport and amending Council Regulations (EEC) No 3821/85 and (EC) No 2135/98 and repealing Council Regulation (EEC) No 3820/85.

⁹ De proef is gedurende twee weken gepland tussen 8:00 en 21:00. We merken hierbij op dat deze tijdsduur langer is dan wat een beroepschauffeur dagelijks mag rijden.

3. Beoordeling van de risico's voor verkeersveiligheid

Om de risico's in deze proef te beoordelen is het volgende expertteam (allen SWOV-onderzoekers) samengesteld:

- ir. R.G. Eenink (technisch natuurkundig ingenieur, expertise technologie en gedrag);
- dr. ir. R.J. Jansen (industriële ontwerper; expertise mens-product-interactie en cognitieve psychologie);
- ir. W.J.R. Louwerse (verkeerskundige; expertise diepteonderzoek naar verkeersongevallen, gekwalificeerd verkeersveiligheidsauditor);
- C. Mons, MSc (psycholoog; expertise cognitieve psychologie);
- A. Stelling, MSc (psycholoog; expertise cognitieve psychologie en verkeersgedrag).

In een consultatie met deze experts op 26 juni 2018 zijn potentiële risico's in kaart gebracht.

Risicomatrix

Voor het advies is gebruikgemaakt van de door SWOV ontwikkelde risicomatrix (zie *Bijlage 2*). In de matrix worden drie niveaus van automatisering onderscheiden: gedeeltelijke, conditionele en volledige automatisering. De praktijkproef – *Prius C-ACC* – is op het eerste niveau (gedeeltelijke automatisering) beoordeeld. Het systeem (C-ACC) houdt tijdelijk zelfstandig afstand tot de voorligger; de chauffeur voert de overige dynamische rijtaken uit: sturen, de rijomgeving monitoren en het systeem monitoren.

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.¹⁰

Alle potentiële risico's zijn in zwart weergegeven. Risico's met minstens 2 x 2 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 is aangegeven dat de bestuurders door TNO worden opgeleid, inclusief ervaring met het systeem. 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 in peloton rijden met 8 voertuigen bij een korte volgtijd beschouwen wij als nieuwe vaardigheid. Wij zien het risico dat chauffeurs te veel focussen op het bij elkaar houden van het peloton.	Chauffeurs rijden langer door tijdens de geelfase van een verkeerslicht (RR 1) .	**	**
				Chauffeurs maken gevaarlijke inhaal- of invoegmanoeuvres (RR 2) .	**	**
				Chauffeurs geven onvoldoende ruimte voor invogend verkeer (RR 3) .	**	**
Transition of control	Mentale Taakbelasting	Is de taak mentaal belastend of juist (te) weinig belastend?	Doordat de chauffeurs minder rijtaken op zich hoeven te nemen bestaat het risico dat zij actief afleiding gaan zoeken. Dit geldt vooral voor rechte stukken zonder verkeerslichten en in- of uitvoegstroken.		*	**
			Door de hoge taakbelasting bij verkeerslichten en in- en uitvoegstroken bestaat het risico dat chauffeurs verkeerde beslissingen nemen.		*	**
			De taakbelasting van de chauffeurs tijdens deze proef kent twee uitersten: relatief lange perioden van lage taakbelasting (op rechte stukken zonder verkeerslichten en in- of uitvoegstroken) en relatief korte perioden van hoge taakbelasting (bij verkeerslichten		*	**

¹⁰ Bij een 'gelijke stand' in het oordeel van de experts is het hoogst aantal sterren aangehouden.

			en in- of uitvoegstroken). Het risico bestaat dat chauffeurs na een transitie van hoge naar lage taakbelasting enige tijd minder gevoelig zijn voor het detecteren van gevaren. ¹¹		
			Chauffeurs kunnen worden afgeleid door de open communicatie-verbinding tussen chauffeurs.	*	**
			Tijdens het startgesprek heeft TNO aangegeven dat als er externen in de testvoertuigen meerijden, er óók een rijder zal meegaan die voor de communicatie met deze externen zal zorgen. Wij zien daarom geen extra risico in de aanwezigheid van externen.	n.v.t.	n.v.t.
	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?	Om het testvoertuig te kunnen sturen zijn de chauffeurs continu 'in the loop'.	n.v.t.	n.v.t.
Falen systeem		Wordt duidelijk aangegeven dat het systeem niet (meer) werkt?	Ja. Via led-verlichting en buzzers wordt aangegeven als het systeem niet meer werkt.	n.v.t.	n.v.t.
Oneigenlijk gebruik van het systeem		Hoe wordt oneigenlijk gebruik (bijvoorbeeld in-/uitschakelen op onbedoeld moment) tegengegaan?	De human machine interface van de iVRI-applicatie wordt voor het experiment niet gebruikt, maar is wel degelijk zichtbaar voor de chauffeur. Wanneer chauffeurs gebruikmaken van de 'tijd-tot-groen'-informatie, dan bestaat het risico dat zij vroegtijdig optrekken, terwijl er nog overstekend verkeer op een kruispunt aanwezig is. Dit risico is met name relevant op kruispunten waar ook kwetsbare verkeersdeelnemers kunnen oversteken.	*	**
Onverwachte gebeurtenis		Is er een protocol voor onverwachte gebeurtenissen (overstekende dieren/voetganger / object, file op het traject, lekke band)?	In het SWOV-formulier staat het volgende beschreven: "Een andere bestuurder kan dit peloton opbreken door ertussen te gaan rijden bv normale invoeg manoeuvre." Er staat echter niet beschreven of/hoe het peloton hersteld zal worden. Indien er langzamer gereden wordt door de voorste bestuurders om het peloton te completeren, dan kan dit gedrag de eerder ingevoegde weggebruiker forceren om een lange, gevaarlijke inhaalmanoeuvre te maken (RR 4).	**	**
			Volgens het SWOV-formulier heeft het peloton een kleinere remvertraging (4 m/s^2) dan de individuele voertuigen ($9,5 \text{ m/s}^2$). In C-ACC-modus hebben de voertuigen onvoldoende remvertraging om te kunnen reageren op een noodstop. Gezien de korte volgtijd hebben bestuurders van het peloton onvoldoende tijd om zelf extra bij te remmen (RR 5).	**	***

¹¹ Gluckman, J.P., Warm, J.S., Dember, W.N. & Rosa, R.R. (1993) . *Demand transitions and sustained attention*. In: The Journal of General Psychology, vol. 120, nr. 3, p. 323-337.

2. Interactie met andere weggebruikers				
Afleiding	Zijn de kenmerken van de voertuigen zo opvallend dat overig wegverkeer hierdoor kan worden afgeleid?	Individuele testvoertuigen wijken niet merkbaar af van andere auto's. Het gaat bij deze proef echter om een peloton van acht testvoertuigen die elkaar op korte afstand volgen. Bij deze proefopstelling bestaat het risico dat medeweggebruikers worden afgeleid.	**	*
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 zich aangemoedigd voelen om achter het peloton aan te sluiten en hierbij eenzelfde volgtijd aan te houden (0,6 sec). 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?	Door de korte volgtijd binnen het peloton is er voor medeweggebruikers onvoldoende ruimte om in te voegen. Bijvoorbeeld wanneer de rijbaan wordt versmald van drie naar twee rijstroken en van twee naar één rijstrook. Hierdoor ontstaat het risico dat andere weggebruikers gevaarlijke manoeuvres gaan uitvoeren om toch in te kunnen voegen of het peloton in te halen (RR 6).	**	**
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?	De testlocatie beschikt over goed zicht, rijrichtingscheiding en relatief veilige berm. De snelheid van het peloton is conform de omstandigheden.	n.v.t.	n.v.t
Externe omstandigheden: weer en verkeer	Is er voldoende rekening gehouden met de verwachte weersomstandigheden en verkeersdruk?	Tijdens de startbijeenkomst werd aangegeven dat er protocollen zijn die voorschrijven dat de proef wordt gestopt nog voordat de ACC-sensor aangeeft dat de camera (bijv. bij regen) geen zicht meer heeft. Wij gaan er daarom van uit dat er voldoende rekening wordt gehouden met weersomstandigheden.	n.v.t.	n.v.t
		Bij grote verkeersdruk hindert het lange peloton andere weggebruikers bij het invoegen op verdrijvingsvlakken na een VRI en bij het kiezen van het juiste voorsorteervak bij een VRI (RR 7).	***	**
4. Algemeen				
Projectinrichting & management	Is er een protocol voor incidenten?	Op het SWOV-formulier is aangegeven dat zowel de projectleider als de chauffeurs de proef kunnen stoppen. Omdat niet duidelijk is wie eindverantwoordelijk is over deze beslissing, bestaat het risico dat de proef doorgang vindt onder ongunstige omstandigheden (RR 8).	**	**

4. Het SWOV-advies over de praktijkproef 'Prius C-ACC'

4.1. Veiligheidsadvies

De potentiële risico's met minstens 2 x 2 sterren in de risicomatrix zijn aangemerkt als relevant risico (RR) en worden hieronder benoemd met mogelijke maatregelen om de risico's te beperken. Een aantal van deze risico's vertoonden enige overlap, deze zijn daarom in dit veiligheidsadvies gecombineerd. Tevens moet vermeld worden dat de risico's niet geheel weggenomen kunnen worden met deze maatregelen. Het experimenteren met innovatieve vervoerswijzen op de openbare weg zal altijd gepaard gaan met een bepaalde mate van risico.

4.1.1. *Het bij elkaar willen houden van het peloton (RR 1, 2, 3, 6, 7)*

De chauffeurs moeten een nieuwe taak verrichten, namelijk het in een peloton rijden met acht voertuigen met een korte onderlinge volgtijd. Dit peloton heeft bij een snelheid van 100 km/uur een lengte van ruim 150 meter. Wij zien het risico dat chauffeurs te veel focussen op het bij elkaar houden van het peloton en daardoor ander verkeer onnodig hinderen of gevaarlijke situaties laten ontstaan. Wij zien hierbij de volgende risico's:

- Het risico dat chauffeurs langer doorrijden tijdens de geelfase van een verkeerslicht in een rijdende situatie. Bij een snelheid van 70 km/uur en een volgtijd van 0,6 seconden heeft het peloton 6 seconden nodig om een verkeerslicht te passeren. De geeltijd van een verkeerslicht is op 70 km/uur-wegen doorgaans 5 seconden voor rechtdoor gaand verkeer en 4 seconden voor afslaand verkeer.¹² Kortom, het peloton heeft bij aanvang van de geelfase onvoldoende tijd om een kruispunt te passeren. Dit risico kan zich ook voordoen bij optrekken vanuit stilstand. Zeker wanneer andere weggebruikers vóór het peloton staan te wachten voor een verkeerslicht, kan de gecombineerde groen- en geelfase te kort zijn om het gehele peloton te laten passeren.¹³
- Het risico dat pelotonchauffeurs gevaarlijke inhaal- of invoegmanoeuvres maken. Met een snelheid van 100 km/uur duurt het in totaal ruim 100 seconden voordat het peloton een personenauto heeft gepasseerd die met een snelheid van 95 km/uur rijdt. Een gevaarlijke inhaalmanoeuvre ontstaat wanneer er behalve deze personenauto op de rechter rijstrook verderop ook nog een langzamere medeweggebruiker op de linker rijstrook is blijven rijden. Deze twee medeweggebruikers komen steeds dichterbij elkaar te rijden, zodat voor het inhalende peloton de doorgang steeds kleiner wordt. De kans bestaat dat de laatste chauffeur de aansluiting aan het peloton niet wil verliezen en toch te krap tussen de medeweggebruikers door rijdt.
- Het risico dat de bereidheid minder zal zijn om voertuigen te laten invoegen (tussen het peloton te laten), bijvoorbeeld wanneer het peloton een vrachtwagen inhaalt en een auto op de rechter rijstrook dezelfde inhaalmanoeuvre wil maken. Volgens de verkeersregels dient een

¹² Wilson, A. (2014). *Handboek Verkeerslichtenregelingen 2014*. Publicatie 343, pagina 86-88. CROW, Ede.

¹³ Tenzij de iVRI geconfigureerd staat in 'prio' modus en daarbij ook in deze situatie (afrijden vanuit stilstand) het peloton detecteert en lang genoeg groen geeft.

voertuig dat van rechts naar links van rijstrook wil wisselen voorrang te verlenen aan voertuigen op de linker strook. Echter, in de praktijk geeft een deel van de bestuurders op de linker strook in de beschreven situatie het voertuig op de rechter strook mogelijkheid om in te voegen. Een medeweggebruiker kan dan een verkeerde verwachting hebben van de bereidheid van chauffeurs van de testvoertuigen om hem/haar in te laten voegen.

- Tot slot het risico bij rijbaanversmallingen wanneer het peloton op de rechter (of middelste) strook rijdt of wanneer het peloton op een kruispunt afrijdt en medeweggebruikers hindert bij het voorsorteren. Door de beperkte ruimte om in te voegen (na kruispunt 3: 140 meter versus een peloton-lengte van 118 meter) bestaat het risico dat andere weggebruikers toch proberen zich in de smalle ruimte tussen de testvoertuigen te voegen¹⁴, of dat zij extra gasgeven om het gehele peloton nog voor het einde van de invoegstrook in te kunnen halen.

Alle hierboven genoemde risico's worden versterkt bij grote verkeersdruk.

Op het SWOV-formulier heeft TNO aangegeven dat chauffeurs de instructie krijgen om het peloton op te breken als zij dit nodig achten. Wij zijn echter van mening dat deze instructie niet specifiek genoeg is en chauffeurs druk kunnen voelen om het peloton in stand te houden.

Daarom adviseren wij ter aanvulling van de bestaande instructie om de omgang met bovengenoemde scenario's in een protocol op te nemen. Daarnaast adviseren wij om het peloton gedurende het experiment stapsgewijs op te bouwen (d.w.z., starten met 3 voertuigen, vervolgens 4 voertuigen, enz.) en om na iedere iteratie te evalueren of het peloton verder uitgebreid kan worden.¹⁵

4.1.2. *Het herstellen van het peloton (RR 4)*

In het SWOV-formulier staat het volgende beschreven: "Een andere bestuurder kan dit peloton opbreken door ertussen te gaan rijden bv normale invoeg manoeuvre." Deze mogelijkheid bestaat zowel op de testroute, als op de 'aanrijroute' vanaf de rotonde tot aan het eerste verkeerslicht van de N205. Immers, als op de rotonde verkeer van links de rotonde oprijdt, moet mogelijk een deel van het peloton dat verkeer voor laten gaan. Er staat echter niet beschreven of/hoe het peloton hersteld zal worden. Door het gebrek aan instructie bestaat het risico op gevaarlijke manoeuvres. Uit de evaluatie van een eerdere proef, waarbij met vrachtwagens in een peloton werd gereden, bleek bijvoorbeeld dat chauffeurs op de vluchtstrook op elkaar wachtten om het peloton te herstellen.¹⁶ Bij de Prius C-ACC-proef zien wij het risico dat er door de voorste chauffeurs langzamer gereden wordt om het peloton te completeren, waardoor de eerder ingevoegde weggebruiker geforceerd wordt om een lange, gevaarlijke inhaalmanoeuvre te maken.

¹⁴ Tijdens het startgesprek gaf TNO aan dat medeweggebruikers bij een eerdere proef met C-ACC op de A270 zich in de smalle ruimte tussen de testvoertuigen hebben gevoegd.

¹⁵ Per iteratie kunnen alle voertuigen actief blijven, maar bij de eerste iteraties opgesplitst in meerdere, kleinere pelotons.

¹⁶ Rijkswaterstaat (2015). *Evaluatie Scania Demonstratie 9 februari 2015*. RWS Bedrijfsinformatie.

Om dergelijke situaties te voorkomen adviseren wij een protocol op te stellen waarin expliciet wordt omschreven of, hoe, waar en wanneer het peloton hersteld dient te worden. We raden af het peloton tijdens het rijden te herstellen en adviseren het peloton op de start- en eindpunten van het traject te herstellen, bijvoorbeeld door op de uitvalsbasis (zie *Afbeelding 1*, oranje markeerpunt) op elkaar te wachten.

4.1.3. *Het maken van een noodstop (RR 5)*

Volgens het SWOV-formulier is de maximale remvertraging van het peloton 4 m/s^2 . Deze remvertraging is kleiner dan de wettelijke minimale remvertraging voor personenauto's van $5,2$ of $5,8 \text{ m/s}^2$ (voor respectievelijk personenauto's in gebruik genomen voor en na 1 januari 2012).¹⁷ Hoewel een remvertraging van 4 m/s^2 zonder bijremmen van de chauffeur gebruikelijk is voor conventionele ACC-systemen, hebben de voertuigen in C-ACC-modus onvoldoende remvertraging om te kunnen reageren op een noodstop. In de C-ACC modus wordt namelijk dichter op elkaar gereden. Bij een noodstop moeten de chauffeurs dus zelf bijremmen om een aanrijding te voorkomen. Uit onderzoek blijkt dat de reactietijd van bestuurders varieert van minder dan één seconde tot ruim twee seconden.^{18,19} Bij optimale alertheid van getrainde en ervaren chauffeurs (zoals de TNO-chauffeurs) lijkt 1 seconde reactietijd een minimum. Een volgtijd van 0,6 seconden geeft de chauffeurs in het peloton dus onvoldoende tijd om zelf extra bij te remmen. Bij afwezigheid van AEB zal de ernst van een potentiële aanrijding niet gemitigeerd kunnen worden.

Wij adviseren de voorste Toyota Prius van het peloton een volgtijd aan te laten houden van ten minste 2 seconden. Indien andere weggebruikers voor of binnen het peloton invoegen, dient zo snel mogelijk (maar wel zo veilig mogelijk) opnieuw een volgtijd van ten minste 2 seconden ten opzichte van deze weggebruikers te worden opgezocht. Tevens adviseren wij de testvoertuigen onderling een volgtijd van minimaal 1 seconde aan te laten houden.^{20,21}

4.1.4. *Het stoppen van de proef bij onverwachte gebeurtenissen (RR 8)*

Op het SWOV-formulier is aangegeven dat zowel de projectleider als de chauffeurs de proef kunnen stoppen. Omdat niet duidelijk is wie eindverantwoordelijk is over deze beslissing, bestaat het risico dat de proef doorgang vindt onder ongunstige omstandigheden.

Wij adviseren daarom om duidelijk te formuleren wie eindverantwoordelijk is voor de veiligheid en voor de beslissing of het experiment afgebroken moet worden of niet. Deze beslissing kan vereenvoudigd worden door

¹⁷ RDW (2018). *Regelgeving Algemene Periodieke Keuring* (versie 20 mei 2018, Artikel 5.2.38).

¹⁸ Lamm, R. et al. (1999). In: SWOV (2012). *Volgtijd en verkeersveiligheid*. SWOV Factsheet, december 2012. SWOV, Leidschendam.

¹⁹ Petegem, J.H. van, et al. (2015). *European Sight Distances in perspective - EUSight: Literature review report; Deliverable 2.1 of CEDR Call 2013: Safety*. CEDR, Brussels.

²⁰ SWOV ziet dit als een absoluut minimum en gezien de variatie in reactietijden tot ruim twee seconden is dit geen garantie dat altijd op tijd kan worden gereageerd.

²¹ Mochten de testvoertuigen toch zijn uitgerust met AEB, dan dient deze ingeschakeld te zijn om – alsnog – een volgtijd van 0,6 seconden aan te houden.

een protocol op te stellen waarin expliciet wordt omschreven onder welke omstandigheden het experiment wel of geen doorgang vindt.

4.2. Leerpunten

De belangrijkste leerpunten voor de proef liggen in de interactie tussen het peloton en andere verkeersdeelnemers. Als SWOV zien wij hiervoor een aantal relevante onderzoeksvragen, namelijk:

- Hoe vaak komt het voor dat andere weggebruikers invoegen binnen het peloton? In welke situatie gebeurt dit het vaakst?
- Uit hoeveel voertuigen kan het peloton maximaal bestaan zonder dat het tijdens de rit wordt onderbroken door andere verkeersdeelnemers of VRI's? (zie advies in 4.1.1.)
- Hoe reageren andere weggebruikers op het peloton? Beschouwen ze dit bij bijvoorbeeld rotondes of kruispunten als 'één voertuig' en laten ze het peloton als geheel voor, of voegen ze zich er tussen?

4.3. Aandachtspunten bij bredere uitrol

Deze praktijkproef beperkt zich tot een specifieke tijd en locatie. Een bredere uitrol van pelotons van personenauto's 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. Een volgtijd korter dan 1 seconde is alleen mogelijk wanneer het gehele peloton zonder bijremmen van een chauffeur aan de wettelijke minimale remvertraging kan voldoen (zie 4.1.3. 'Het maken van een noodstop').

4.4. Conclusies

De belangrijkste adviezen samengevat:

1. Stel een protocol op waarin voorbeelden beschreven staan van situaties waarin het peloton opgebroken dient te worden zodat andere verkeersdeelnemers geen hinder ondervinden (4.1.1.).
2. Stel een protocol op waarin beschreven staat of, hoe, waar en wanneer het peloton hersteld dient te worden (4.1.2.).
3. Houd ten opzichte van andere weggebruikers een minimale volgtijd van 2 seconden aan en houd ten opzichte van de andere testvoertuigen een minimale volgtijd van 1 seconde aan (4.1.3.).
4. Formuleer wie eindverantwoordelijk is voor de beslissing of het experiment afgebroken moet worden of niet (4.1.4.).

Bijlage 1

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

BENODIGDE INFORMATIE VOOR DE BEOORDELING VAN PROEVEN MET ZELFRIJDENDE VOERTUIGEN

Formulier

PROJECTINFORMATIE

Naam project	Praktijkonderzoek en simulatiestudie C-ACC
--------------	--------------------------------------------

CONTACTPERSOON / PROJECTLEIDER

Achternaam		Voornaam		Tussenvoegsel	
Telefoonnummer		Email			

PROEF

<p>Leg in één alinea uit wat het doel van de proef is en beantwoord daarbij de volgende vragen:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Gaat het om een demonstratie of experiment? – Welk scenario wordt gedemonstreerd/getest? 		<p>Het gaat om een test waarbij het effect van coöperatieve systemen zoals C-ACC en Coöperatieve-VRI's op de verkeersdoorstroming bekeken wordt. Dit zal onderzocht worden op een traject (N205) dat uitgerust is met slimme verkeerslichten. Op dit traject zal bekeken worden wat de invloed van een peloton bestaande uit 8 voertuigen met C-ACC en de interactie met slimme verkeerslichten is op de verkeersdoorstroming. De bestuurder in het eerste voertuig zal daarbij via een separaat systeem door de VerkeersRegelInstallaties (VRI's) geïnformeerd worden mbt de tijd tot groen. De voertuigen zullen op het traject (zie bijlage) in een peloton op en neer rijden om meetdata te verzamelen.</p>			
Locatie van de proef	Welke plaats, provincie?	Noord Holland, Haarlem			
	Over welk type wegen rijdt het voertuig (snelweg, provinciale weg, enz.)?	N205 Haarlem, provinciale weg			
	Met welke snelheid rijdt het voertuig op deze wegen?	De maximum snelheid (Maximaal 100km/h)			
	Welk ander verkeer maakt gebruik van deze wegen (fietsers, voetgangers, auto's, vrachtverkeer, enz.)?	Auto's, vrachtverkeer			
	Wat is de exacte route van het voertuig (straatnamen of evt. route kaart)?	In de bijlage is een kaart bijgesloten			
	Met welk type wegen <i>kruist</i> de route (snelweg, provinciale weg, enz.) en wat zijn hier de snelheidslimieten?	Provinciale en binnenwegen			
	Welk ander verkeer maakt gebruik van deze <i>kruisende</i> wegen (fietsers, voetgangers, auto's, vrachtverkeer, enz.)?	Auto's, vrachtverkeer, fietsers, voetgangers			
Op welke dag of in welke periode vindt de proef plaats?	Van	Augustus 2018	Tot	September 2018	

VOERTUIG

Is het soort voertuig (vergelijkbaar met) een:		<input type="checkbox"/> Bus	<input type="checkbox"/> Vracht-auto	<input checked="" type="checkbox"/> Personen-auto	<input type="checkbox"/> 'People mover'	<input type="checkbox"/> Anders, namelijk:
Voertuig-specificaties	Model	Toyota Prius (onderstaande gegevens zijn gebaseerd op één van de kentekens: 31-LBZ-5)				
	Massa	1455 kg rijklaar				
	Afmetingen (lxbxh)	Personenwagen				

	Constructiesnelheid	Niet bij ons bekend >100 km/h (maximum snelheid op test traject)
	Remvertraging	9,5 m/s ²
Welke aspecten van de rijtaak zijn geautomatiseerd (sturen, versnellen en remmen, monitoren van de rijomgeving, monitoren van het voertuig, enz.)?		Versnellen en remmen, monitoren van de rijomgeving, monitoring van het voertuig.
Hoe verschilt het uiterlijk van het voertuig ten opzichten van de huidige voertuigen in het wegbeeld?		Niet, de instrumentatie zit aan de binnenkant. Aan de buitenkant zijn slechts enkele kleine communicatie antennes op het dak te zien.
Gedrag van het voertuig in vergelijking met een gemiddelde bestuurder	Hoe wijkt het voertuig af van de formele verkeersregels en -tekens?	Niet, volgafstand is bv gelijk/groter aan de huidige A270 ontheffing.
	Hoe wijkt het voertuig af van de informele verkeersregels en -tekens? Bijvoorbeeld: Rijdt het voertuig (veel) langzamer dan de maximum snelheid of verleent het voertuig vaker voorrang dan volgens verkeersregels zou moeten?	De voertuigen rijden waar mogelijk in een peloton. Een andere bestuurder kan dit peloton opbreken door ertussen te gaan rijden bv normale invoeg manoeuvre. Het is één van de doelen om te bekijken of een dergelijk peloton een positieve invloed heeft op de doorstroming.
Welke informatie zal het voertuig gebruiken van de wegen (strepen, borden, lichten, enz.)?		Rijbaan markering wordt mogelijk gebruikt bij het monitoren van de rijomgeving. (Niet gebruikt worden onder andere wegmarkeringen, borden, lichten etc.)

BEMANNING VOERTUIG

Wat moet de bestuurder/operator zelf doen?		<p><u>Bestuurder van het eerste voertuig in het peloton:</u> Deze auto rijdt manueel. De bestuurder beschikt alleen over een scherm dat de VRI functies TTG en groenherkenning mogelijk maakt (bv: countdown display + buzzer).</p> <p><u>Andere bestuurders:</u> Vergelijkbare handelingen als voor een ACC functie. Sturen, aan/uitzetten van C-ACC en monitoren van het systeem.</p>
Ingrijpen /Taken overnemen	Wie wordt er geïnformeerd dat het systeem niet meer werkt?	De bestuurder van ieder individueel voertuig.
	Hoe wordt deze persoon geïnformeerd dat het systeem niet meer werkt en hij/zij moet ingrijpen/taken overnemen?	Vergelijkbaar met een standaard ACC functie. Terugkoppeling via HMI. Middels een audiosignaal en waarschuwing op het display wordt de bestuurder gewaarschuwd dat er iets mis is met het systeem. Het systeem schakelt zichzelf dan uit.
	Op welke manier kan deze persoon ingrijpen?	De bestuurder kan ten alle tijden de controle overnemen door intuïtief te handelen (remmen/gasgeven) of door een noodstop te bedienen.
	Hoeveel tijd is er om in te grijpen/taken over te nemen?	De volgafstand is binnen wat wettelijk is toegestaan. Er is dus evenveel of meer tijd om in te grijpen dan wanneer een standaard ACC functie gebruikt zal worden.
Ervaring van de bestuurder /operator	Welke opleiding heeft de bestuurder/operator gehad om met het systeem om te gaan? Of hoe is de bestuurder geïnformeerd om met het systeem om te gaan?	TNO leidt bestuurders op. Hierbij worden de volgende vier zaken in acht genomen: <ol style="list-style-type: none"> 1) In het bezit zijn van een geldig Nederlands rijbewijs 2) Succesvol afgesloten hebben van een interne rijtraining ("Level B2 limit handling driver training") die focust op voertuigbesturing in limitgevallen. 3) Ervaring hebben met het systeem: <ol style="list-style-type: none"> a. Instructie mbt functionaliteit b. Testbaan ervaring 4) Monitoring/registratie van rijervaring
	Welke ervaring heeft de bestuurder/operator met het systeem?	
	Welke ervaring heeft de bestuurder/operator op de Nederlandse weg?	Alle bestuurders hebben een geldig rijbewijs.
Welke informatie krijgt een bestuurder/operator tijdens het rijden aangeboden (informatie over de werking van het systeem, routeinformatie, communicatie met andere chauffeurs of een 'control room', enz.)?		De bestuurder beschikt over twee interfaces met het systeem waarop afhankelijk van de systeemstatus bepaalde informatie wordt aangeboden. <ol style="list-style-type: none"> 1) Veiligheidskritische interface: buzzer en drie LED's (Groen=OK, rood=NIETOK, oranje= transitie) 2) Niet veiligheidskritisch interface: Display waarop systeemstatus en status van de meest belangrijke componenten (communicatie, radar, camera) grafisch worden weergegeven. 3) Bestuurders en testleider kunnen handsfree communiceren via een open spraakverbinding (GSM).

PLATOON

Wat is het protocol bij onderbreking van de platoon? Hoe wordt de platoon weer tot stand gebracht?	C-ACC is gebaseerd op ACC en kan op dezelfde manier bediend/overgenomen worden (set, resume, cancel knoppen, THW-instelling, rem, gaspedaal). Het systeem kan dan ook al rijdende/ad-hoc aan/uit geschakeld worden. De interactie met de bestuurder is hetzelfde als bij een commercieel ACC systeem. Het systeem controleert dus zelf of het aan gezet kan worden en als het aan staat wordt de functionaliteit gemonitord.
Wat is de maximale remvertraging van de volledige platoon (zonder bijremmen van tweede of derde chauffeur)?	De maximale remvertraging is 4m/s ² hetgeen ook de maximale remvertraging is die de meeste ACC systemen kunnen realiseren.
Hoeveel voertuigen zullen de platoon vormen?	8 voertuigen
Op welke delen van het traject wordt gekoppeld gereden (bijvoorbeeld ook bij op- en afritten)?	In de bijlage wordt het traject waarop in platoon gereden wordt aangegeven. Dit is in twee rijrichtingen.

PASSAGIERS/ANDERE WEGGEBRUIKERS

Zullen er passagiers meerijden? Zo ja: Wie zijn dit (notabelen, pers, studenten, projectmedewerkers, enz.)?	Projectmedewerkers (ontwikkelaars) zullen meerijden. In een later stadium (afsluiting) zullen wellicht ook notabelen en pers meerijden.
Hoe zijn andere weggebruikers en/of omwonenden geïnformeerd over de praktijkproef?	Niet, overig verkeer zou niets moeten merken van de test. Hun informeren zou er toe kunnen leiden dat zij afgeleid worden hetgeen resulteert in onveilige situaties.
Hoe wordt omgegaan met de mogelijkheid dat andere weggebruikers het voertuig uittesten? Bijvoorbeeld: Andere weggebruikers die testen of het voertuig inderdaad automatisch remt.	Net zoals bij een ACC systeem kan misbruik tot gevaarlijke situatie leiden. Om deze reden hebben de bestuurders een training gehad zodat zij in een groter werkgebied veiligheid kunnen garanderen. Bovendien stelt een open spraakverbinding hen in staat om direct te communiceren met de andere bestuurders.

ORGANISATIE

Omschrijf welke protocollen er zijn in het geval van onverwachte gebeurtenissen (file op het traject, lekke band, onverwachte verkeersdrukte, enz.).	Het C-ACC systeem en de VRI-informatie moeten de bestuurder ondersteunen. Iedere bestuurder krijgt de instructie om het peloton op te breken als hij/zij dat nodig acht. Het systeem is zo ontworpen dat ook het opbreken van een peloton op een veilige manier kan (degradatie van CACC-> ACC). Een individuele bestuurder kan dan ook bij onverwachte gebeurtenissen het peloton opbreken zelfs als hij/zij de ander chauffeurs niet inlicht via de open spraak verbinding.	
Wie neemt de beslissing voor doorgang of afblazen bij onverwachte gebeurtenissen?	De testleider dirigeert/inteert een test. De chauffeurs /of de testleider kan een test beëindigen.	
Testresultaten	Waar is het systeem eerder getest (op een testbaan of openbare weg)?	C-ACC: Testbaan+ A270 Helmond voor 3 voertuigen (jaarontheffing) VRI: Getest op de verschillende wegen zoals: Engelse Weg Helmond, N205 Hoofddorp.
	Zijn de resultaten beschikbaar? Zo ja, graag bijvoegen. Zo nee, graag een beknopte samenvatting van de resultaten.	RDW beschikt over alle informatie mbt de jaarontheffing.
	Is er een FMEA is uitgevoerd? Zo ja, graag bijvoegen.	Deze zal opgesteld en aan RDW overgedragen worden.

TOT SLOT...

... ontvangen we graag alle informatie waarvan de projectleiders, RDW en/of wegbeheerders denken dat het belangrijk is voor SWOV om mee te nemen in het advies.

Introductie:

In het verleden, voor de commerciële introductie van ACC system, is het effect van ACC al bestudeerd aan de hand van grootschalige testen. Om ervoor te zorgen dat de regelgeving en wegwijkant voorbereid is voor de introductie van Coöperatieve (communicatie tussen voertuig en met de wegwijkant) technologieën is dit project belangrijk. Dat automobiefabrikanten zich richten op de coöperatieve systemen voor de volgende voertuig generatie blijkt onder andere ook uit de initiatieven die bv Audi ontplooid mbt Time-To-Green (TTG).

In dit project worden twee coöperatieve technologieën bij elkaar gebracht (C-ACC en communicatie met VRI) en wordt het effect op de verkeersdoorstroming onderzocht. Bovendien worden de simulatiemodellen voor de verkeersdoorstroming verbeterd.

C-ACC

Bij C-ACC wordt inter-voertuig communicatie gebruikt om de ACC regeling beter in staat te stellen om een correcte volgafstand te realiseren tot voertuigen waarmee ze communiceren kunnen. Als communicatie niet beschikbaar is zal het systeem overgaan op de conventionele ACC. De testen zullen met 8 voertuigen uitgevoerd worden.

Communicatie met VRI

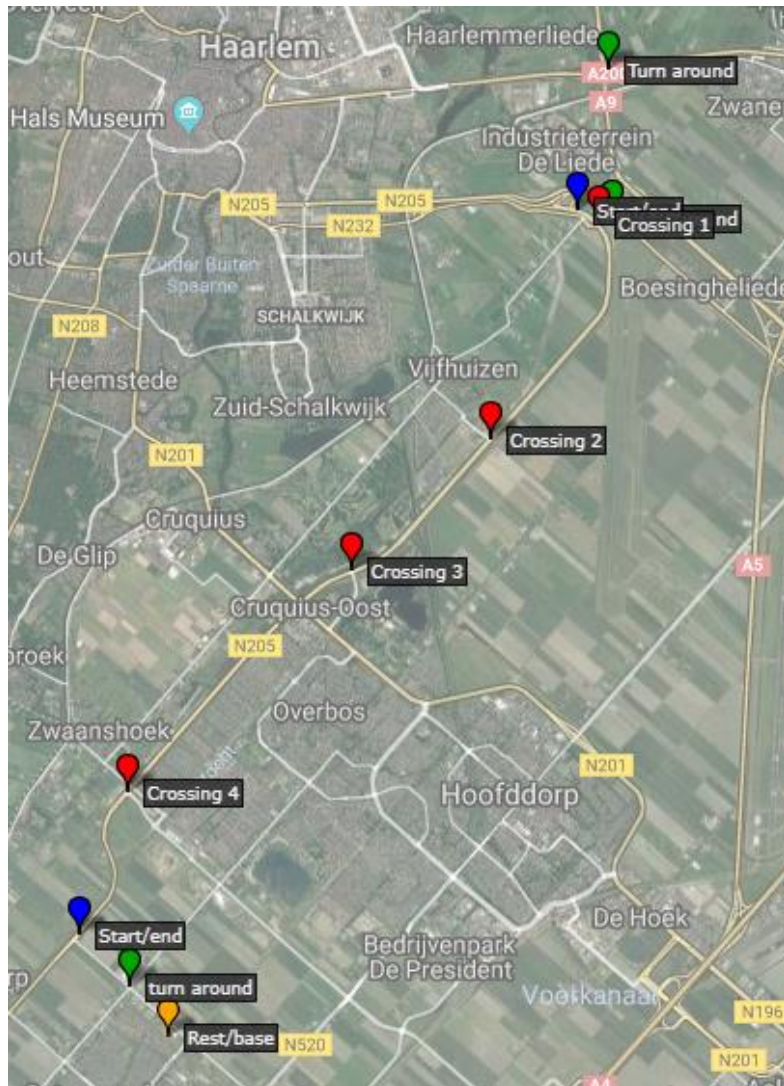
De 8 voertuigen zullen communiceren met de VRI's. Zij sturen berichten die de VRI in staat stellen om de verkeersdoorstroming beter te regelen (peloton herkenning). Verder zullen de VRI's Tijd Tot Groen (TTG) informatie naar het eerste voertuig in het peloton sturen dat de bestuurder informeert over de tijd tot groen. Het systeem dat hiervoor gebruikt wordt is niet gekoppeld aan de automatiseringssysteem van de testvoertuigen.

Ontwikkeling

De testen vergen gedegen voorbereiding. De volgende stappen zullen doorlopen worden in het ontwikkelproces.

- Verkenning van het traject (verzamelen van meetdata)
- Ontwikkeling in simulatie
- Testbaan proeven (bv Lelystad, Aldenhoven ATC of ATP Papenburg)
- Initiële kleinschalige testen A270 Helmond
- Initiële kleinschalige testen op N205
- Grootschalige testen op N205

Bijlage: Trajectbeschrijving N205



Name	Color	Description
Turn around	Green	Turn around North
Turn around 2	Green	Turn around north (currently at most northern crossing!)
Start/end	Blue	Start/end North
Crossing 1	red	Connecting road to N232
Crossing 2	Red	Vijfhuizerweg
Crossing 3	Red	Drie Mereweg (Connecting road to N201)
Crossing 4	Red	Nieuwe Bennebroekerweg
Start/end	Blue	Start/end South
turn around	Green	turn around south
Rest/base	Orange	Rest/base location South (trampoline park)

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 vrachtwagens die gekoppeld in colonne op de weg rijden. Dit wordt ook wel 'platooning trucks' genoemd. In een gekoppelde colonne heeft de voorste vrachtwagen 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 volgafstand (<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 verkeersdruk?		
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.