

RAPPORT

Slimme voertuigen op toekomstbestendige provinciale wegen

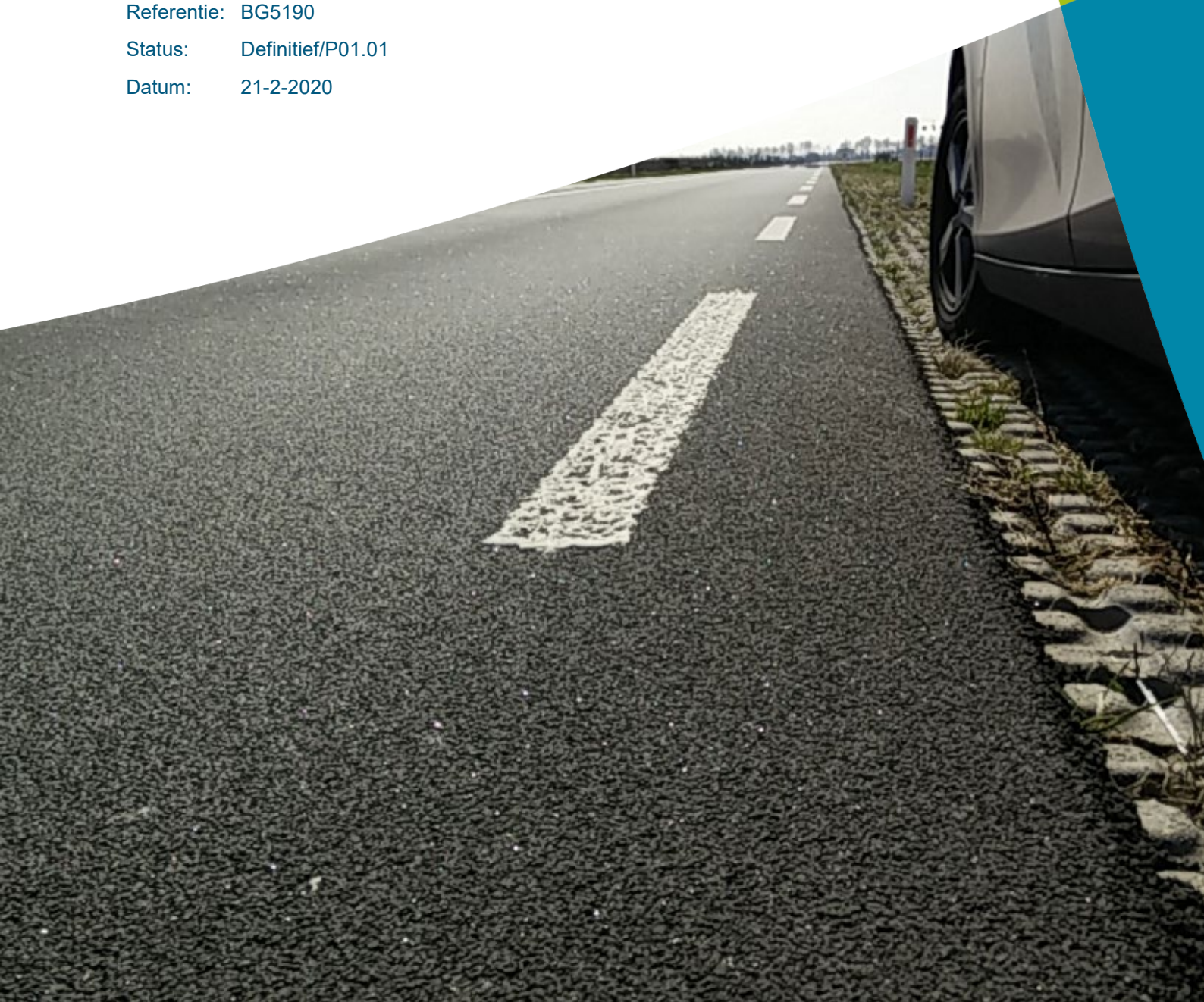
Een verkenning naar de implicaties van slimme voertuigen op het provinciale wegennet

Klant: CROW/IPO Vakberaad Beheer en Bouw

Referentie: BG5190

Status: Definitief/P01.01

Datum: 21-2-2020



HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX AMERSFOORT
Transport & Planning
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Slimme voertuigen op toekomstbestendige provinciale wegen

Ondertitel: Slimme voertuigen
Referentie: BG5190
Status: P01.01/Definitief
Datum: 21-2-2020
Projectnaam: CROW/IPO Slimme voertuigen
Projectnummer: BG5190
Auteur(s): Peter Morsink, Mark Gorter

Classificatie

Projectgerelateerd



Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and ISO 45001:2018.

Inhoud

Samenvatting	1
1 Handelingsperspectief nodig voor provinciale wegbeheerders	2
1.1 Context en aanleiding	2
1.2 CROW projectplan	2
1.3 Vraag voor het huidige project	3
1.4 Leeswijzer	4
2 Ontwerpelementen en functioneren van slimme voertuigen	5
2.1 Achtergrond handelingsperspectief wegbeheerder	5
2.2 De redeneerlijn	7
2.3 Wegtypen binnen de scope van dit project	8
2.4 Rijtaken en ondersteunende functies van slimme voertuigen	8
2.5 Inventarisatie relevante ontwerp- en inrichtingselementen	9
3 Langsmarkering en verkeersborden	10
3.1 Huidige richtlijnen voor langsmarkering en verkeersborden	10
3.1.1 Langsmarkering	10
3.1.2 Verkeersborden	11
3.2 Bevindingen uit de regiobijeenkomsten	12
3.3 Bevindingen uit de literatuur en interviews	14
3.4 Van kwaliteitscriteria naar functionele en technische eisen	17
3.4.1 Langsmarkering	17
3.4.2 Verkeersborden	19
4 No-regret maatregelen en aanzet tot standaardisatie	21
4.1 Consequent hanteren van huidige ontwerprichtlijnen en normen	21
4.2 Onderhoud intensiveren	21
4.3 Aanvulling/aanpassing van de richtlijnen	21
4.4 Verkennen van innovaties	22
4.5 Digitale data op orde	22
4.6 Acties buiten de directe invloedssfeer van de provinciale wegbeheerders	22
5 Kennis- en ontwikkelvragen	23
5.1 Langsmarkering	23
5.2 Verkeersborden	23

6	Conclusies en doorkijk: acties voor nu en straks	25
6.1	Aandachtspunten en eisen aan langsmarkering en verkeersborden	25
6.2	Wat nu al doen?	25
6.3	Verder onderzoek en ontwikkeling	26
6.4	Samenwerking	27
6.5	Doorkijk	28
Bijlagen		
A1	Impressie dwarsprofielen GOW en SW	1
A2	Voertuigsystemen verplicht op nieuwe voertuigen vanaf 2022/2024	3
A3	Vergelijkingstabel voor infrastructuurelementen	4
A4	Overzicht relevante ontwerpelementen	6
A5	Toepassing van richtlijnen voor langsmarkering door de provincies	9
A6	Resultaten van de case studies uit de regiobijeenkomsten	11
A7	Referenties	15
A8	Lijst van afkortingen	16

Samenvatting

Het aandeel slimme voertuigen op de Nederlandse wegen neemt gestaag toe. Steeds meer nieuwe auto's beschikken over systemen die de menselijke bestuurder ondersteunen in rijtaken zoals koers, snelheid en afstand houden. Als ze goed worden gebruikt en goed functioneren, hebben ze een positief effect op de verkeersveiligheid en maken ze rijden comfortabeler en duurzamer. Het daadwerkelijk realiseren van dit positieve perspectief is een multidisciplinaire, gezamenlijke opgave voor o.a. automotive partijen, wetgevers en wegbeheerders. Ook voor provinciale wegbeheerders is het van belang te weten hoe zij infrastructuur toekomstbestendig kunnen maken en eventuele nieuw geïntroduceerde risico's kunnen beheersen. Ook al op de korte termijn binnen 0-5 jaar. Reden genoeg voor het IPO Vakberaad Beheer en Bouw en CROW om het handelingsperspectief voor provinciale wegbeheerders beter in kaart te krijgen.

Om het voor de wegbeheerders inzichtelijk te maken wat zij in termen van no-regret maatregelen al op korte termijn kunnen doen, is een gestructureerde aanpak gevolgd. Daarbij is uitgegaan van voertuigen die ondersteunen in koers houden (lane keeping), snelheid en afstand houden (adaptive cruise control) en verkeersbordherkenning (SAE level 1 en 2). Voor deze voertuigfuncties is een systematisch overzicht gemaakt van relevante ontwerp- en inrichtingselementen op rechte wegvakken van gebiedsontsluitings- en stroomwegen in het onderliggend wegennet. Voor veilig en comfortabel functioneren van de systemen bleken voor de korte termijn met name de juiste toepassing en kwaliteit van langsmarkering en verkeersborden relevant. In diverse werksessies met regionale wegbeheerders zijn deze thema's verder uitgediept aan de hand van praktijksituaties en gerelateerd aan de huidige ontwerprichtlijnen en normen.

Voor langsmarkering en verkeersborden zijn functionele specificaties opgesteld op basis van kennis van het functioneren van de in-car systemen in relatie tot wegontwerp, beheer en onderhoud. Deze laten zich vertalen naar diverse praktische aanbevelingen, bijvoorbeeld op het gebied van zichtbaarheid van markering en borden in verschillende condities, contrast naast reflectie, juiste locaties van borden, uniformiteit, consistentie, kwaliteit van onderhoud en beheer. Een goede eerste slag wordt geslagen door de wegen aan te leggen, te beheren en te onderhouden volgens uniforme standaarden. Consequent en correct toepassen van de huidige richtlijnen en normen is daarvoor het vertrekpunt. En voor standaardisatie liggen er mogelijkheden om handboeken van de provincies onderling en met het Handboek Wegontwerp van CROW af te stemmen. Meer aandacht voor beheer en onderhoud levert een extra kwaliteitsslag op, zodat de wegvakken niet alleen bij de aanleg maar ook gedurende de verdere levenscyclus blijven voldoen aan criteria voor veilig en comfortabel gebruik van de voertuigsystemen. Aanvulling of aanpassing van de ontwerprichtlijnen en aanscherping van normen voor beheer en onderhoud zullen voor een verdere kwaliteitsslag zorgen. Dat geldt ook voor het op orde hebben van digitale informatie (bijvoorbeeld snelheidslimieten) en verkennen en toepassen van innovaties op het gebied van bijvoorbeeld markeringsmaterialen, voertuig-wal communicatie, satelliet plaatsbepaling en nauwkeurige digitale kaarten. Wegbeheerders kunnen pro-actief in kaart brengen hoe goed de huidige langsmarkering en bebording is afgestemd op slimme voertuigen door een 'ADAS toets' uit te voeren op hun wegen, als pilot of als onderdeel van hun trajectaanpak voor beheer en onderhoud (pre-verkenning) of verkeersveiligheidsaudit. In het kader van het vervolg op het huidige project is het ook zinvol niet alleen naar wegvakken maar ook naar andere wegsituaties zoals kruispunten te kijken.

Het handelingsperspectief van wegbeheerders op korte termijn kent ook zijn grenzen. Bij situaties zoals rijstrooksplittingsen of tijdelijke verkeersmaatregelen functioneren de voertuigsystemen nog niet goed en kan de wegbeheerder daar vooralsnog weinig aan veranderen, terwijl voertuigontwikkelingen doorgaan. Daarnaast liggen er kennisvragen op het gebied van het functioneren van slimme voertuigen in bochten en de relatie met rijrichtingscheiding, redresseerruimte en obstakelvrije zones. Hiervoor is verder onderzoek en samenwerking nodig vanuit de gezamenlijke wegbeheerders met automotive partijen zoals RDW, EuroNCAP, fabrikanten en toeleveranciers.

1 Handelingsperspectief nodig voor provinciale wegbeheerders

1.1 Context en aanleiding

Het Kennisplatform CROW en het IPO Vakberaad Beheer en Bouw werken aan het thema zelfrijdende auto's op provinciale wegen, in navolging van eerdere verkenningen door CROW en RWS/I&W. En in aansluiting op de Kamerbrief 'Smart Mobility Dutch Reality' (eind 2018), waarin *toekomstbestendige infrastructuur en wegbeheer* als één van de vier speerpunten is benoemd voor samenwerking op internationale, nationale én regionale schaal.

In lijn met de Kamerbrief is het ook voor provinciale wegbeheerders van belang beter zicht te krijgen op de implicaties van slimme, (deels) zelfrijdende auto's op het ontwerp en de inrichting van hun wegen voor de korte en langere termijn. Met beter zicht op de ontwikkelingen in dit multidisciplinaire en dynamische werkveld zijn de provinciale wegbeheerders beter in staat om zich te beraden op hun positie en kerntaken. Daarmee krijgen ze een duidelijker beeld van hun handelingsperspectief: wat willen en kunnen ze zelf, waar zijn andere partijen verantwoordelijk voor (bijvoorbeeld de automotive industrie) en met welke partijen is samenwerking nodig. En met beter zicht op de ontwikkelingen en hun kerntaken kunnen de wegbeheerders ook gezamenlijk bewegen naar een aangepaste standaard van weginrichting waarin de ontwikkelingen van slimme voertuigen zijn verdisconteerd.

Dat ook de provinciale wegbeheerders het onderwerp slimme voertuigen in toenemende mate serieus oppakken, blijkt ook uit de deelname van diverse provincies en andere overheden aan de ADAS Alliantie¹. Samen met 42 andere partijen uit het publieke en private domein hebben zij zich gecommitteerd aan doelstelling om het veilig gebruik van ADAS (Advanced Driver Assistance Systems = rijtaak ondersteunende systemen) te stimuleren door het bevorderen van doorontwikkeling, bekendheid en aanschaf van de systemen met een aantoonbaar positief veiligheidseffect. Alle deelnemende organisaties hebben hiertoe ook een eigen uitvoeringsplan met concrete acties opgesteld, met bestuurlijk commitment.

1.2 CROW projectplan

Vanuit deze context en aanleiding heeft CROW een projectplan opgesteld om het onderwerp voor de provinciale wegbeheerders verder uit te diepen en concreet te maken. In dit plan worden 5 sporen onderscheiden:

- Spoor 1. Management/bestuurlijk
- Spoor 2. Cultuur en houding
- Spoor 3. Kennis actief vergaren en verspreiden
- **Spoor 4. Verkennen en uitwerken inhoudelijke thema's**
- Spoor 5. Resultaten opnemen in kennisbank CROW

Het doel van het volledige project is tweeledig²:

1. Ervoor zorgen dat de provincies een gelijkwaardige partner zijn in overleg met andere partijen, waar het over de introductie van zelfrijdende auto's op provinciale wegen gaat. Het gaat dus om naast het reageren op wat er in de omgeving gebeurt ook om het proactief meepraten met partijen zoals de automotive industrie en toeleveranciers.
2. Komen tot maatregelen en hulpmiddelen op verschillende niveaus (de sporen) die alle wegbeheerders kunnen helpen om te gaan met het fenomeen zelfrijdende auto.

¹ Zie ook www.adasalliantie.nl

² Zie ook <https://www.crow.nl/slimme-voertuigen-op-toekomstbestendige-wegen>

Een bovenliggende vraag daarbij is: betekent de komst van zelfrijdende auto's op verschillende niveaus dat wegbeheerders het wegennet moeten aanpassen aan de behoeften van de huidige en toekomstige generatie slimme auto's of moet de slimme auto zich aanpassen aan de bestaande wegen.

De voorliggende rapportage heeft betrekking op spoor 4. Bij dit spoor gaat het om het uitvoeren van een nadere **verkenning** en uitwerking van mogelijke **no-regret maatregelen**. Dit zijn maatregelen die een positief effect hebben op het functioneren van (deels) zelfrijdende auto's, daarmee het Operational Design Domain (ODD) en rendement van de slimme voertuigen vergroten, terwijl ze passen bij het beleids- en uitvoeringskader van wegbeheerders/overheden en toekomstige ontwikkelingen³ niet blokkeren.

Deze rapportage sluit aan op eerdere verkenningen door CROW, RWS en Ministerie van I&W
Het gaat in dit project om een verdergaande inhoudelijke verkenning van de relatie tussen slimme (deels) zelfrijdend voertuigen en inrichting/ontwerp van provinciale wegen.

We bouwen daarbij voort op de eerste verkenning die hiertoe in opdracht van CROW/RWS gedaan is via de rapportage '**Zelfrijdende Auto's – verkenning van implicaties op het ontwerp van wegen**'⁴ [1] en de daaraan gelieerde notitie 'Zelfrijdende auto's en impact op het wegontwerp – rubricering en prioritering van vragen op basis van use cases'. Een eerste aanzet voor no-regret maatregelen is gegeven, met daarbij de nadruk op het Rijkswegennet.

Als vervolg op deze verkenning is eind 2018 de rapportage '**Infrastructuur klaar maken voor automatisch rijden**'⁵ [2] opgeleverd in opdracht van het Ministerie van I&W. Deze beleidsrapportage roept op tot eenduidigheid in wegontwerp, borgen van minimum kwaliteit van weginrichting en verdere standaardisatie van voorzieningen om verkeersveiligheid voor alle weggebruikers te kunnen borgen.

1.3 Vraag voor het huidige project

Het huidige project werkt de beleidsaanbevelingen uit de eerdere verkenningen verder uit naar de praktijk, met specifieke aandacht voor het onderliggend wegennet (OWN). Waarbij we vaststellen welke maatregelen nodig zijn om risico's door (deels) zelfrijdende voertuigen in gemengd verkeer te voorkomen (garantie basiskwaliteit), en tegelijkertijd vaststellen hoe vergroten van het ODD van deze voertuigen kan bijdragen aan de versnelling van de transitie van conventionele naar slimme voertuigen. En wat dit betekent voor de werkprocessen van provinciale wegbeheerders met betrekking tot wegontwerp en – inrichting, beheer en onderhoud.

De overkoepelende vraag voor het project is als volgt:

1. Voer een verkenning en eerste inhoudelijke uitwerking uit van een selectie van thema's (onderwerpen/ontwerpelementen/no-regret maatregelen) die spelen rondom het geschikt maken van het OWN/provinciale wegen voor (deels) zelfrijdende auto's.
2. Kijk wat nodig en mogelijk is om voor de geselecteerde thema's (onderwerpen/ontwerpelementen/no-regret maatregelen) tot *aanbevelingen voor standaardisatie* van wegontwerp en -inrichting te komen, zodanig dat wegen uit het onderliggend wegennet geschikt(er) zullen worden voor (deels) zelfrijdende auto's.

³ Zie bijvoorbeeld ontwikkelingen op het gebied van 'veilige en doelmatige weginrichting' en 'senior-proof wegontwerp'

⁴ Royal HaskoningDHV, TNO (2016). Zelfrijdende auto's. Verkenning van implicaties op het ontwerp van wegen. Voor CROW/RWS

⁵ GoudappelCoffeng, Rebel (2018). Infrastructuur klaar maken voor automatisch rijden. Voor Ministerie I&W/RWS

De volgende punten gelden als **uitgangspunten/afbakening** voor dit project:

- Alleen fysieke infrastructuur, wegontwerp en -inrichting. We kijken niet specifiek naar digitale infra en data uit voertuigen, en ook niet naar oplossingen op basis van sensoren in de weg.
- Het onderliggend wegennet (met een prominente plaats voor provinciale wegen).
- Regionale stroomwegen en gebiedsontsluitingswegen (erftoegangswegen blijven buiten beschouwing).
- Vooral korte termijn (0-5 jaar), met feeling voor de middellange (5-10 jaar) en lange (> 10 jaar) termijn.
- De focus ligt op wegvakken (kruispunten en rotondes worden niet uitgesloten, maar aanpassingen zijn minder relevant voor de korte termijn).
- De use case '(deels) zelfrijdende personenwagen'. De andere twee van de drie eerder door het Ministerie van I&W gedefinieerde use cases voor automatisch rijden, 'truck platooning' en 'people movers – last mile' blijven buiten beschouwing.
- De huidige mix van deels zelfrijdende en gewone voertuigen op dezelfde weg (hybride situatie).
- Verschillende typen (deels) zelfrijdende auto's, met als vertrekpunt voertuigen met vergaande vormen van rijtaakondersteuning die nu al aan het verkeer deelnemen (SAE level 1 en 2)⁶ [3]: bijvoorbeeld auto's die automatisch snelheid en afstand kunnen houden (adaptieve cruise control) en automatisch in de rijstrook blijven (lane keeping). Daarbij wordt vooruit gekeken naar de steeds verder toenemende automatiseringsgraad van rijtaken in de richting van volledig automatisch rijdende voertuigen (SAE levels 3 tot 5).

De volgende **werkgroep** heeft de uitvoering van het project begeleid:

Oprachtgevers vanuit het Vakberaad Beheer en Bouw van het IPO:

- Bart Swaans (provincie Noord-Brabant)
- Kees van der Plas (provincie Noord-Holland)

Werkgroep:

- John Boender (CROW, opdrachtgever)
- Marco van Burgsteden (CROW)
- Rutger Smeets (provincie Noord-Brabant)
- Arjen Selhorst (provincie Noord-Holland)
- Alex Smienk (provincie Overijssel)
- Jeroen Spaetgens (provincie Limburg)
- Alex van Loon (Rijkswaterstaat WV)
- Peter Morsink en Mark Gorter (Royal HaskoningDHV)

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 van het rapport beschrijft welke elementen uit het ontwerp en de inrichting van provinciale wegen relevant zijn voor het goed (veilig en comfortabel) functioneren van slimme voertuigsystemen. Er wordt vervolgens benoemd welke elementen het meest geschikt zijn om verder uit te werken op basis van het korte termijn handelingsperspectief. Dat zijn de elementen langsmarkering en verkeersborden, en deze worden in *hoofdstuk 3* verder uitgewerkt. In *hoofdstuk 4* beschrijven we dan de no-regret maatregelen en aanzet voor standaardisatie op basis van de bevindingen uit hoofdstuk 3. *Hoofdstuk 5* gaat vervolgens in op de kennis- en ontwikkelvragen die nog beantwoord moeten worden om de vertaling van maatregelen naar de praktijk te optimaliseren. Het rapport wordt afgesloten met een overzicht van de belangrijkste bevindingen en conclusies in *hoofdstuk 6*.

⁶ 'Taxonomy and definitions of terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles' (2018), J3016, Issued 2014-1, Revised 2018-6, Society of Automotive Engineers (SAE).

2 Ontwerpelementen en functioneren van slimme voertuigen

Dit hoofdstuk richt zich op het benoemen van elementen uit het ontwerp en de inrichting van provinciale wegen die relevant zijn voor het veilig en comfortabel gebruik van slimme voertuigen met vergaande vormen van rijtaakondersteuning. Om die elementen te kunnen bepalen en ook een prioriteringslag uit te kunnen voeren, zetten we eerst een **logische redeneerlijn op als centrale leidraad** voor de verdere uitwerking. Deze redeneerlijn is erop gericht om het handelingsperspectief m.b.t. wegontwerp en -inrichting van de provinciale wegbeheerder scherper te krijgen, binnen de gestelde uitgangspunten. In dit hoofdstuk geven we eerst een wat verdere toelichting op het handelingsperspectief, vervolgens bespreken we de opeenvolgende stappen uit de redeneerlijn en komen via een groslijst van relevante elementen tot een short list van elementen die het meest relevant zijn om door wegbeheerders op de korte termijn opgepakt te worden.

2.1 Achtergrond handelingsperspectief wegbeheerder

In algemene zin richt het handelingsperspectief van de provinciale wegbeheerders zich op het beter afstemmen van provinciale wegen en (deels) zelfrijdende auto's. Vanuit de basistaak 'garanderen van veiligheid en doorstroming op de weg' en vanuit de rol als 'facilitator van systemen voor maximaal rendement in termen van het halen van beleidsdoelen'. Daarbij spelen de volgende vragen:

- Welke eisen en voorzieningen (assets) zijn nodig per wegtype voor optimaal renderen van (deels) zelfrijdende auto's, met verschillende automatiseringsniveaus?
- Welke samenwerkingen zijn nodig om inhoudelijk goede keuzes te maken, verantwoordelijkheden en taken helder te hebben, en om te zorgen dat er vanuit draagvlak en business case voordelen zijn voor (bij voorkeur) alle betrokken stakeholders.

De *leidende onderliggende vraag* hierbij is:

- Hoe kan het toepassingsgebied (internationaal aangeduid als Operational Design Domain - ODD) van (deels) zelfrijdende auto's op het onderliggende (provinciale) wegennet vergroot worden?

Het draait hier om de vraag op welke locaties en in welke situaties de (deels) zelfrijdende auto's goed functioneren en waar ze onvoldoende functioneren. Hoe functioneren de (deels) zelfrijdende auto's op verschillende typen wegen (stroomwegen (SW) en gebiedsontsluitingswegen (GOW)) en in verschillende omstandigheden (licht- en weerscondities, verschillende drukte en samenstelling van het verkeer).

Daarvan afgeleide vragen die voor provinciale wegbeheerders relevante zijn:

1. Hoe gaan provinciale wegbeheerders op dit moment om met deze ontwikkelingen?
2. Hoe kan het ontwerp en de inrichting van de weg er aan bijdragen dat de systemen goed/beter functioneren?
3. Hoe kunnen provinciale wegbeheerders de geschiktheid van hun wegen beoordelen voor (deels) zelfrijdende auto's met verschillende automatiseringsniveaus?

Het Operational Design Domain (ODD)

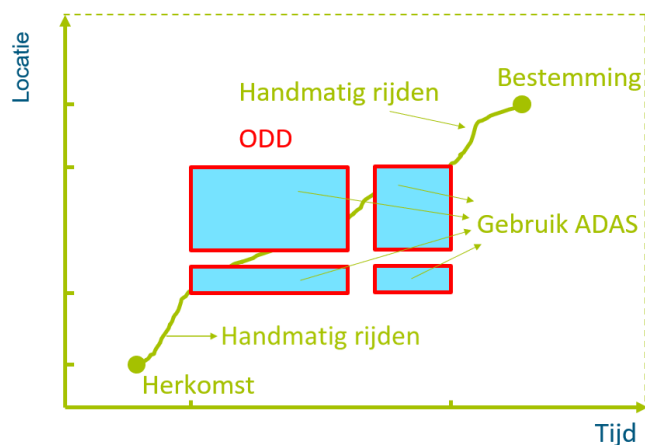
Het Operational Design Domain geeft de omstandigheden aan waaronder een (deels) zelfrijdende auto ontworpen is te functioneren, inclusief, maar niet beperkt tot, milieu-, geografische en tijdsbeperkingen, en/of de vereiste aanwezigheid of afwezigheid van bepaald verkeer of rijbaanmarkeringen.

Eenvoudiger gezegd: dit zijn de omstandigheden waaronder een systeem goed functioneert. Onder omstandigheden vallen dan onder andere:

- De vorm en conditie van de weginfrastructuur
- Weersomstandigheden
- Lichtcondities (dag/nacht)
- Aanwezigheid van ander verkeer

In onderstaande schematische weergave is dit weergegeven voor een fictieve autorit. Het ODD is dus een deel van de rit. In deze rapportage is verkend welke factoren een sterke invloed hebben op het ODD van level 1 en 2 voertuigen en hoe in relatie tot deze factoren het ODD vergroot kan worden.

De figuur laat zien hoe een rit van herkomst naar bestemming beginnen en eindigen met een fase waarin handmatig gereden wordt, vaak op erftoegangswegen (buiten het ODD). Gedurende het middendeel van de rit bevindt het voertuig zich op gebiedsontsluitingswegen en stroomwegen, die in potentie binnen het ODD vallen (het blauwe gebied). Afhankelijk van de omstandigheden zullen er situaties zijn waarin de ondersteunende systemen toch niet functioneren, aangeduid als gaten in het blauwe gebied. De bestuurder moet in die situaties de voertuigcontrole die hoort bij de betreffende ondersteunende functie van het voertuig weer overnemen en handmatig rijden. Dit kunnen tijds- of locatieafhankelijke gaten zijn. Het is zaak zo min mogelijk gaten in het blauwe gebied te hebben, zodat er sprake is van een zo groot mogelijk aaneengesloten blauw gebied.



Bron: Rijkswaterstaat



2.2 De redeneerlijn

Deze paragraaf beschrijft de redeneerlijn om de meest relevante elementen te benoemen binnen de scope van dit project. De redeneerlijn heeft als vertrekpunt de rijtaken, die de bestuurder van de auto met hulp van de rijtaak ondersteunende systemen veilig, vlot en comfortabel moet uitvoeren. De redeneerlijn bestaat uit de volgende stappen⁷:



Figuur 1. Redeneerlijn

Stap 1: Wegen

- Bepalen van wegen die binnen de scope van dit project vallen. Dat zijn de GOW en SW. Zie ook paragraaf 2.3.

Stap 2: Rijtaken:

- Bepalen van de rijtaken die een bestuurder uit moet voeren, en welke van deze rijtaken (deels) overgenomen worden door geautomatiseerde voertuigfuncties. Zie paragraaf 2.4 voor een toelichting op de rijtaken en de voertuigfuncties.

Stap 3: Ontwerpelementen:

- Bepalen van alle ontwerpelementen voor de verschillende typen wegen, zo veel mogelijk gelijk aan het CROW Handboek Wegontwerp. Zie paragraaf 2.5.

Stap 4: Relatie rijtaken en ontwerpelementen:

- Bepalen voor elk wegtype welke relatie rijtaak – ontwerpelement relevant en urgent is voor het functioneren van slimme voertuigen. Zie paragraaf 2.5

Stap 5: Functionele eisen:

- Bepalen wat de functionele eis aan het ontwerpelement is om de rijtaak uit te kunnen voeren. Zie hoofdstuk 3 voor de uitwerking hiervan voor de short list van elementen (langsmarkering en bebording).

Stap 6: Technische eisen:

- Vertalen van functionele eis naar technische eis. Zie hoofdstuk 3 voor de uitwerking hiervan voor de short list van elementen (langsmarkering en bebording).

Stap 7: Aanpassing richtlijn en haalbaarheid:

- Aanzet geven voor standaardisatie: bepalen of aanpassing richtlijn nodig is en inschatten haalbaarheid hiervan. En toepassing van no-regret maatregelen. Zie hoofdstuk 4 voor de uitwerking hiervan voor de short list van elementen (langsmarkering en bebording).

⁷ Deze redeneerlijn wordt ook gevolgd in het LVMB project actie 1 'Infrastructuur van de toekomst: onderzoeksvraag 1 - aanpassen fysieke infrastructuur a.g.v. slimme auto's'. Dit project richt zich op een langere tijdspanne van 10 jaar.

2.3 Wegtypen binnen de scope van dit project

In de afbakening in paragraaf 1.3 is aangegeven dat het project zich richt op de regionale SW en GOW. De figuren in **bijlage A1** geven een impressie van dwarsprofielen van verschillende typen wegen die onder deze categorieën vallen.

Op voorhand relevant geachte ontwerpelementen (indeling volgens het CROW Handboek Wegontwerp) [4] zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tracé:	Dwarsprofiel:	Inrichting en Uitrusting
Horizontaal alignment: <ul style="list-style-type: none"> - Horizontale rechtstand - Horizontale boog - Overgangsboog - Verkanting Verticaal alignment: <ul style="list-style-type: none"> - Helling - Bolle boog - Holle boog 	<ul style="list-style-type: none"> - Rijstrook - Redresseerstrook - Langsmarkering - Overige markering - Obstakelvrije zone (breedte, obstakels) - Geleiderail/afschermingsvoorziening 	<ul style="list-style-type: none"> - Bebording - Bewegwijzering - Verlichting - Brug - Tunnel

Tabel 1. Ontwerpelementen, indeling volgens het CROW Handboek Wegontwerp

2.4 Rijtaken en ondersteunende functies van slimme voertuigen

Voor het specificeren van rijtaken hanteren we de onderstaande, binnen het werkveld verkeersgedrag gangbare **indeling in rijtaken**:

- *Strategische rijtaak*:
 - o Routekeuze
- *Tactische rijtaken*:
 - o Weg- en verkeerssituatie inschatten
 - o Anticiperen op veranderende weg- en verkeerssituatie
 - o Wisselen van rijstrook, inhalen verkeer in zelfde richting
 - o Rijden op invoegstrook/ uitvoegstrook/ weefstrook
 - o Interacteren met verkeer in haakse richting
- *Operationele rijtaken*
 - o Koers houden
 - o Snelheid houden
 - o Afstand houden tot ander verkeer

Wat betreft de **rijtaak ondersteunende systemen**, de slimme voertuigfuncties, hanteren we de volgende systemen (in lijn met SAE level 1 en 2), die naar verwachting het meest relevant zijn voor korte termijn impact⁸ [25]:

- *Lateral Support Systems*:
 - o Lane Keeping Assist (LKA)*: geeft stuurcorrecties en een waarschuwing wanneer u onbedoeld uw rijstrook dreigt te verlaten
 - o Lane Centering: centreert het voertuig in de rijstrook

⁸ Deze omschrijvingen zijn overeenkomstig EuroNCAP

- *Longitudinal Support Systems*:
 - o ISA/SpeedAlert*: de snelheid van de auto kan begrensd worden op een handmatig in te stellen snelheid of de maximumsnelheid op het wegvak
 - o Adaptive Cruise Control (ACC): biedt de mogelijkheid om de gewenste snelheid en afstand tot de voorganger in te stellen
 - o Autonomous Emergency Braking Systems*: functie die waarschuwt of een noodstop maakt bij dreigende botsingen
- *Verkeersbordherkenning*: toont verkeersborden (die de bestuurder wellicht kan missen) op een scherm in het voertuig

*) deze systemen zijn volgens EU-regelgeving verplicht op alle nieuwe voertuigen vanaf 2022/2024. Zie **bijlage A2** voor de volledige lijst van verplichte systemen vanaf dat moment.

2.5 Inventarisatie relevante ontwerp- en inrichtingselementen

Deze paragraaf beschrijft de aanpak om te komen tot een overzicht van relevante ontwerp- en inrichtingselementen voor het veilig en comfortabel functioneren van de genoemde voertuigsystemen. Daartoe is een aantal stappen doorlopen:

1. Vanuit de focus op rechte wegvakken (zie de uitgangspunten in paragraaf 1.3) kijken we naar de volgende rijtaken:
 - o Weg- en verkeerssituatie inschatten (tactisch)
 - o Anticiperen op veranderende weg- en verkeerssituatie (tactisch)
 - o Afstand houden (tactisch/operationeel)
 - o Koers houden (operationeel)
 - o Snelheid houden (operationeel)
2. Er is een vergelijkingstabel opgesteld voor infrastructuur elementen waarin een eerste relatie is gelegd met het functioneren van de genoemde rijtaak ondersteunende systemen/ADAS. Zie de tabel in **Bijlage A3**.
3. Er is een inventarisatie uitgevoerd onder de 12 provinciale wegbeheerders m.b.t. de richtlijnen die zij hanteren voor de elementen die in de vergelijkingstabel van stap 2 zijn benoemd. Gericht op het inventariseren en structureren van informatie uit handboeken en richtlijnen van provincies.
4. In werksessies met het project expertteam, de projectwerkgroep, en bijeenkomsten met externe experts heeft een confrontatie plaatsgevonden van de verschillende rijtaken en de ontwerp- en inrichtingselementen. Het resultaat hiervan is weergegeven in de overzichtstabel van **Bijlage A4** [5]. Deze tabel geeft aan welke relaties tussen ontworpelementen (horizontale as) en rijtaken (verticale as) relevant en urgent zijn. Als de relatie relevant en urgent is, is het betreffende vakje donker gekleurd⁹.

Uit deze stappen volgen als **de meest relevante elementen om binnen de scope van dit project** verder uit te werken:

- Langsmarkering
- Verkeersborden

⁹ Deze stap is gezamenlijk uitgevoerd met het LMVB project actie 1 'Infrastructuur van de toekomst: onderzoeksvraag 1 - aanpassen fysieke infrastructuur a.g.v. slimme auto's' [5]. Dit project heeft een brede scope en richt zich op een langere tijdspanne van 10 jaar.

3 Langsmarkering en verkeersborden

In dit hoofdstuk vindt een verdere verkenning en verdieping plaats van de geprioriteerde thema's langsmarkering en verkeersborden. Dat gebeurt op de volgende manieren:

- In beeld brengen van de huidige richtlijnen voor deze twee elementen en de praktijk rondom de toepassing van de huidige richtlijnen door de provinciale wegbeheerders (paragraaf 3.1).
- Uitvoeren van case studies als onderdeel van regiobijeenkomsten met provinciale wegbeheerders (paragraaf 3.2).
- De praktische bevindingen uit de case studies en regiobijeenkomsten aanvullen met bevindingen uit state of the art literatuur en expert interviews (paragraaf 3.3).

3.1 Huidige richtlijnen voor langsmarkering en verkeersborden

3.1.1 Langsmarkering

Onder langsmarkering wordt de belijning verstaan die bedoeld is om het voertuig te geleiden. Goed waarneembare langsmarkering is randvoorwaardelijk voor het functioneren van LKA systemen. Kwaliteitseisen voor langsmarkering zijn opgenomen in diverse documenten met normen en CROW-richtlijnen. Relevante documenten zijn:

- BRL 9141 Nationale beoordelingsrichtlijn voor het KOMO-productcertificaat voor wegmarkeringsmaterialen
- BRL 9142 Nationale beoordelingsrichtlijn voor het KOMO-procescertificaat voor de applicatie van wegmarkeringsmaterialen (deze BRL is niet relevant voor dit vraagstuk, maar KOMO-product en proces certificaat horen nu eenmaal bij elkaar).
- NEN-EN 1436 +A1 Wegmarkeringsmaterialen – Eisen gesteld aan de wegmarkering ten behoeve van de weggebruiker
- Componentenspecificatie Markeringen, Rijkswaterstaat, Grote projecten en Onderhoud, Functionele RWS-eisen ten behoeve van aanleg, beheer en onderhoud van wegmarkeringsmaterialen. Eisen markering (versie 1 oktober 2015)
- CROW-richtlijn Bebakening en markering van wegen, paragraaf 1.2.4, tabel 1.1
- Standaard RAW bepalingen, deelhoofdstuk 32.1 Markeringen (in herziening voor versie 2020) – wordt gericht op functionele eisen i.p.v. materiaaleisen.
- Kwaliteitscatalogus Openbare Ruimte, A t/m D, standaard kwaliteitsniveaus voor onderhoud, CROW (2018).



Figuur 2. Impressie van documenten met richtlijnen voor de toepassing van langsmarkering

Bijlage A5 geeft een overzicht van de toepassing van richtlijnen voor langsmarkering door de provincies.

3.1.2 Verkeersborden

Verkeersborden staan langs de weg om weggebruikers te informeren, te waarschuwen en gewenst of verplicht gedrag te communiceren naar de weggebruiker. Alle officiële verkeersborden zijn vastgelegd in het Reglement Verkeersregels en Verkeerstekens (RVV, 1990). Daarbij vinden er met enige regelmaat updates en aanpassingen plaats. Gebods- of verbodsborden zijn in sommige gevallen voorzien van onderborden die context en aanvullende informatie geven over het betreffende bord. Verkeersborden worden over het algemeen geplaatst op locaties waar een verandering van de situatie plaats vindt, maar borden worden ook geplaatst om boodschappen naar weggebruikers te herhalen.

Ook relevant is het Besluit Administratieve Bepalingen inzake het Wegverkeer (BABW), waarin regels voor de wegbeheerder zijn vastgelegd voor de toepassing van verkeerstekens, onderborden en maatregelen op of aan de weg. En de Uitvoeringsvoorschriften BABW inzake verkeerstekens waarin voorschriften zijn vastgelegd voor de uitvoering, plaatsing en toepassing van verkeerstekens, onderborden en verkeerstekens op het wegdek.

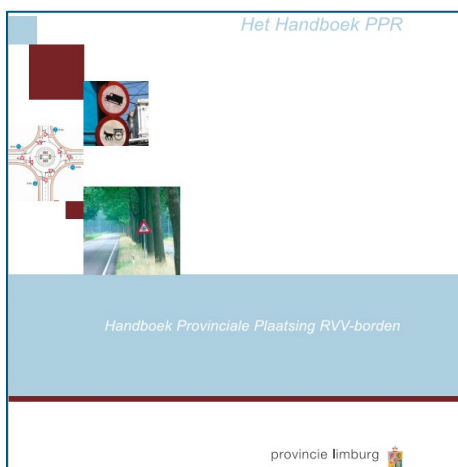
Uitdagingen bij het plaatsen van borden, voor gewone weggebruikers en voor slimme voertuigen:

- Veel borden tegelijk
- Onderborden
- RVV borden en niet-RVV borden
- Complexe borden
- Afwijkende omvang (groter/kleiner)
- Fantasieborden



Figuur 3. Impressie overdaad aan informatie op verkeersborden

In aanvulling op het RVV hebben sommige provincies ook een eigen handboek voor het plaatsen van RVV bebording op provinciale wegen. De provincie Limburg gebruikt bijvoorbeeld een Handboek Provinciale Plaatsing RVV bebording (2016) om te komen tot een uniforme plaatsing van RVV bebording op alle provinciale wegen en om het aantal overbodig geplaatste borden te beperken.



Figuur 4. Handboek provinciale plaatsing RVV borden provincie Limburg

3.2 Bevindingen uit de regiobijeenkomsten

In de vier regio's van het land (noord, oost, midden en west) zijn werkbijeenkomsten georganiseerd met de provinciale wegbeheerders uit de betreffende regio. Als onderdeel van deze bijeenkomsten zijn case studies ingebracht van representatieve situaties op de provinciale wegen m.b.t. langsmarkering en bebording (conform, niet-conform richtlijn, issues met onderhoud, uitzonderlijke situaties). De cases gaven een goede weergave van praktijksituaties waarin de slimme voertuigfuncties goed en conform verwachting functioneerden (binnen het ODD) en situaties waarin de systemen niet goed functioneerden (zowel binnen als buiten het ODD). Figuur 5 geeft een impressie van de uitvoering van de sessies in de regio's.



Figuur 5. Compilatie met impressie foto's van de bijeenkomsten.

De deelnemers hadden een achtergrond vanuit de disciplines beheer & onderhoud, ontwerp, verkeersmanagement, verkeersveiligheid en beleid. Voor alle case situaties zijn de volgende vragen bediscussieerd en beantwoord door de deelnemers aan de sessies:

- Voldoet deze situatie aan de richtlijnen die jullie hanteren?
- Als afgeweken is van de richtlijnen, wat is daarvan de motivatie?
- Levert deze situatie problemen op voor het functioneren van slimme voertuigen?
- Hoe zouden we deze problemen kunnen oplossen?

De resultaten van alle individuele cases zijn weergegeven in **Bijlage A6**. Hieronder staan de observaties die als totaalbeeld uit de verschillende cases volgen:

Bevindingen uit de casussen - algemeen:

- Het is van belang dat wegen volgens de richtlijnen aangelegd worden. Dat leidt tot beter functioneren van de voertuigsystemen.
- Goed en tijdig onderhoud van langsmarkering en bebording leidt ook tot beter functioneren van de voertuigsystemen.
- Het ODD van ADAS dient gedefinieerd te worden en gecommuniceerd naar de auto en bestuurder (wanneer is het systeem veilig te gebruiken), bijvoorbeeld:
 - o Middels een bord 'Schakel uw systemen uit'
 - o Of middels communicatie naar voertuig zodat systemen zelf melding geven
- Veel verantwoordelijkheid wordt gelegd bij autofabrikanten om te zorgen dat systemen compleet en failproof zijn.

Bevinding uit de casussen – langsmarkering

- Zorg ervoor dat materialen gebruikt worden die zichtbaarheid van de markering mogelijk maken bij verschillende licht- en weerscondities.
- Let op tijdelijke markering bij wegwerkzaamheden.
- Let op afwijkende markering bij bijvoorbeeld af- en opritten bij spitsstroken.
- Let op contrast tussen de markering en het wegoppervlak (niet alleen op reflectie).
- Let op lasnaden, correcties van scheuren in het wegdek, die door het lane keeping systeem foutief als markering kan worden aangezien.

Bevindingen uit de casussen - verkeersborden:

- Bij bebording zijn de juiste locatie/plaatsing, leesbaarheid en uniformiteit van belang.
- Snelheidslimieten (komgrens, autoweg, adviessnelheden) dienen expliciet weergegeven te worden.

Onderstaande tabel geeft een impressie van cases m.b.t. langsmarkering en bebording (zie Bijlage A6 voor het volledige overzicht).

Langsmarkering	Bebording
 <p data-bbox="164 685 783 792">Horizontaal alignment en kwaliteit van de markering belemmeren het functioneren van het LKA systeem</p>	 <p data-bbox="783 685 1417 792">Foutieve interpretatie van het '50t' bord bij oprijden van de brug</p>
 <p data-bbox="164 1122 783 1227">Kwaliteit van de langsmarkering belemmert het functioneren van het LKA systeem</p>	 <p data-bbox="783 1122 1417 1227">Voertuig associeert het 'autoweg' bord niet met een snelheidslimiet van 100 km/u</p>

Tabel 2. Impressie van cases langsmarkering en bebording uit de regiobijeenkomsten

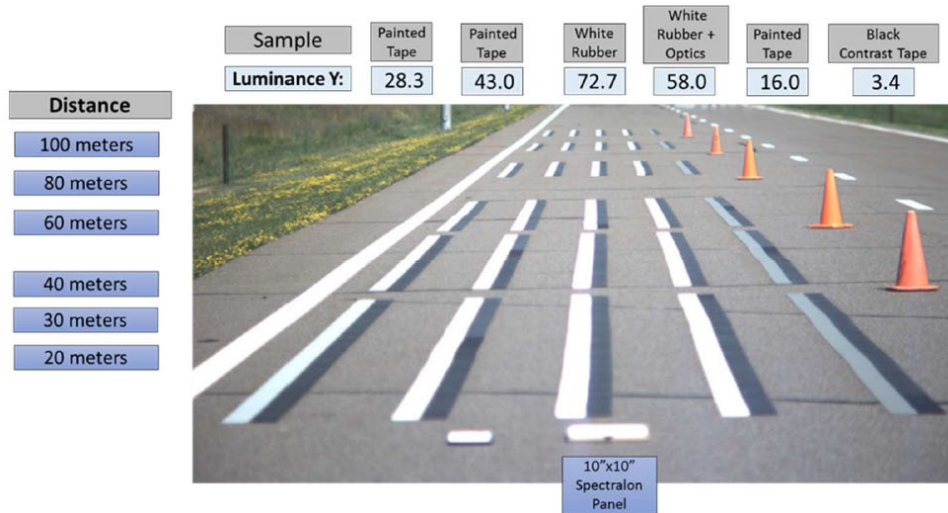
3.3 Bevindingen uit de literatuur en interviews

De praktische bevindingen uit de case studies zijn aangevuld met bevindingen uit state of the art literatuur en expert interviews. **Bijlage A7** geeft een overzicht van sleutelpublicaties die daarbij zijn gehanteerd.

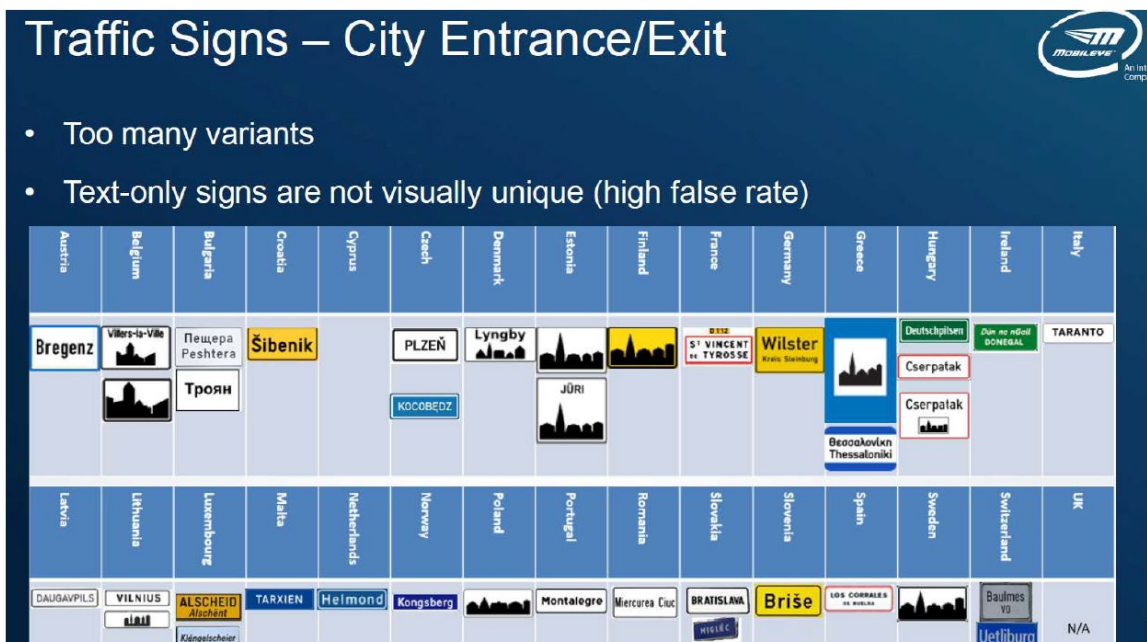
Hieronder volgt een overzicht van opvallende bevindingen uit de literatuur en interviews, met betrekking tot het functioneren van de voertuigsystemen in situaties die vergelijkbaar zijn met case situaties uit paragraaf 3.2.:

- De huidige ADAS voertuigsystemen gebruiken voor het detecteren van de wegsituatie en het wegverloop vooral camera's. De prestatie van deze camera's is afhankelijk van veranderlijke omgevingscondities.
- Adequate langsmarkering heeft een sterke positieve invloed op het functioneren van de slimme voertuigsystemen, vooral in 'hot spot' situaties (situaties die voor het voertuig ingewikkeld zijn). Innovatieve markeringstypen die ook door radar en LIDAR gedetecteerd kunnen worden, zullen er aan bijdragen dat de voertuigen de markering beter en vaker detecteren dan in de huidige situatie.
- Regen, zeker in combinatie met gebrek aan daglicht (nacht), heeft een negatief effect op de zichtbaarheid van langsmarkering en daarmee op het functioneren van het LKA systeem.
- Een zwarte streep naast een witte markeringsstreep verhoogt het contrast in een groot aantal condities. Witter maken van de markering is gunstig in condities met weinig licht (bron: ERF)

- LKA systemen hebben moeite met opeenvolgende bochten. In situaties waarbij sprake is van een S-curve functioneert het Lane Keeping systeem meestal niet in de tweede bocht (observaties van EuroNCAP).
- Lichtvervuiling in de stad bij duisternis verslechtert de detectie van verkeersborden door in-car camera's.
- Verkeersborden met alleen tekst resulteren in een hoog gehalte aan foutieve interpretaties, high false rates (bron: ERF, Mobileye)



Figuur 6. Onderzoek naar langmarkering met versterkt contrast (bron: ERF)



Figuur 7. Onderzoek naar zichtbaarheid/interpreteerbaarheid van verkeersborden (bron: ERF, Mobileye)

De onderstaande figuren geven een goede impressie van het belemmeren van het functioneren van LKA systemen bij duisternis, openbare verlichting, met name in combinatie met een nat wegdek, op basis van ervaringen uit veldexperimenten die zijn uitgevoerd door Royal HaskoningDHV voor diverse wegbeheerders.



Figuur 8. LKA systemen functioneren minder goed bij duisternis en nat wegdek, impressie



Figuur 9. Functioneren van LKA systemen in bogen en smalle rijstroken

3.4 Van kwaliteitscriteria naar functionele en technische eisen

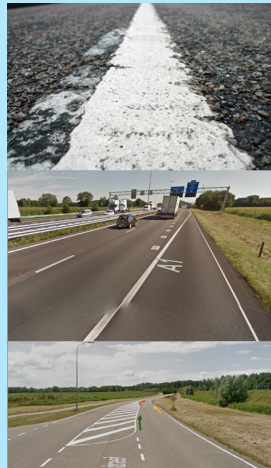
De praktische bevindingen uit paragraaf 3.2 en de meer theoretische uit paragraaf 3.3 leiden samen tot een overzicht van specificaties voor langsmarkering en verkeersborden. Deze beschrijven de relatie tussen criteria voor goed functioneren van de slimme voertuigsystemen en de huidige richtlijnen. En ze geven een beeld van nieuwe mogelijkheden die zich aandienen. Op basis hiervan kunnen dan (in hoofdstuk 4) voorstellen voor no-regret maatregelen gedaan worden of kan een aanzet gegeven worden voor stappen in de richting van standaardisatie en/of aanvulling en aanpassing van de richtlijnen.

3.4.1 Langsmarkering

Goed waarneembare langsmarkering is randvoorwaardelijk voor het veilig en comfortabel functioneren van slimme voertuigen, en met name de laterale controle functies (Lane Keeping, Lane Centering). Goede markering heeft een continue kwaliteit gedurende de levensduur van de deklaag en is op elk moment goed zichtbaar voor de weggebruiker. In de praktijk zal de deklaag langer meegaan dan de markering en zal de markering tussentijds vervangen/overlaagd moeten worden om dit criterium te halen. Elke wegbeheerder maakt een afweging tussen de levensduur van een deklaag en de markering. Functionele eisen aan langsmarkering worden om te beginnen gerelateerd aan de rijtaken waar de langsmarkering relevant voor is (zie paragraaf 2.4):

Rijtaak	Functionele eis
Aan de verkeersregels houden	Moet duidelijk maken wat de verkeersregels op die locatie zijn
Weg- en verkeerssituatie inschatten	Moet wegsituatie duidelijk maken naar de auto
Wisselen van rijstrook, inhalen verkeer in dezelfde richting, wanneer toegestaan	Moet duidelijk maken waar wisselen van rijstrook en inhalen toegestaan is
Rijden op invoegstrook/uitvoegstrook/weefstrook	Moet duidelijk maken waar in- en uitvoegen en weven toegestaan is
Koers houden	Moet gewenste koers van de auto duidelijk maken en geleiden

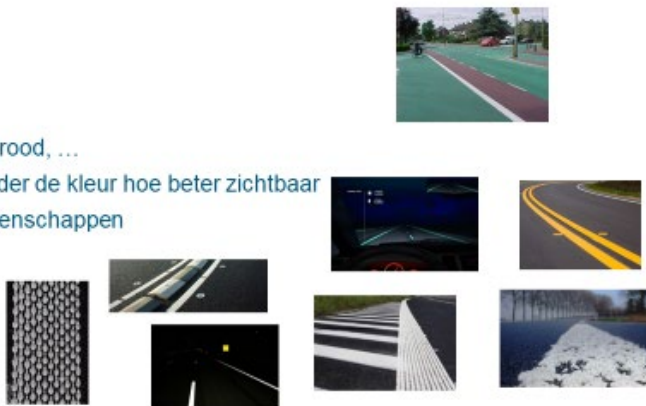
In de context van dit project ligt de nadruk op de rijtaak 'koers houden'. Goede waarneembaarheid van langsmarkering wordt bereikt met de volgende **functionele eisen**:

Functionele eisen waarneembaarheid langsmarkering	
<ul style="list-style-type: none"> - Zichtbaarheid (bij daglicht/ duisternis, droog/nat weer) - Contrast - Retro-Reflectief - Ondubbelzinnig - Beknopt - Gestandaardiseerde maten en kleuren (internationaal) - Resistent voor viezigheid (dirt-resistant marking) - Patroon van markering - Demarkering volledig verwijderd, geen 'resten' zichtbaar - Regelmatig onderhoud 	

Zichtbaarheid

O.a. afhankelijk van:

- Kleur: wit, geel, groen, rood, ...
- Helderheid: hoe helderder de kleur hoe beter zichtbaar
- Retro reflecterende eigenschappen
- Contrast
- Vormgeving



35 Slimme voertuigen en toekomstbestendige provinciale wegen | 25 juni 2019

Bron: Rijkswaterstaat
Royal HaskoningDHV

Figuur 10. Voorbeelden van verschillende typen langsmarkering in relatie tot zichtbaarheid.

Aan de functionele eisen kunnen diverse **technische eisen** verbonden worden. We beperken ons hier nu tot een overzicht van eisen m.b.t. retro-reflectie en contrast, omdat deze het meest bepalend zijn voor het goed functioneren van de slimme voertuigsystemen (bron: CROW, 3M en AustRoads [17]).

Technische details voor retro-reflectie	Technische details contrastwaarden
<p><u>Minimale retroreflectie:</u> <u>Droog weer:</u> 150/150 regel: 150 mm breed en 150 mcd/lux/m² <u>Nat wegdek:</u> 150 mm breed en 35 mcd/lux/m² EN1436: Performance Characteristics for Road Markings Droog > 300 mcd/lux/m² Nat/regen > 150 mcd/lux/m² mcd/lux/m², mate van retro-reflectie mcd = millicandela, mate van lichtsterkte</p>	<p>Witte markering geeft sterkste contrastwaarde Asfalt geeft variabele contrastwaarden</p> <ul style="list-style-type: none"> - Niet lineaire waarden bij verjaring <p>Zwarte contraststreep verhoogt de contrastwaarden met witte markering</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lage lichtsterkte zwarte contraststreep, hoge lichtsterkte witte markering - Buffer tegen verkleuring van asfalt - Hogere contrastwaarden voor dezelfde markering en minder verlichting

Ook de afweging voor de materiaalkeuze type I of type II markering is relevant. Daarbij spelen de volgende overwegingen (bron: CROW):

- Voordelen thermoplasten/koudplasten: alle markering op de weg + kruispunten kan in het zelfde product uitgevoerd worden, eenvoudiger in onderhoud
- Voordeel geprofileerde markering: attentie verhogend + betere zichtbaarheid in regen en nacht
- Nadelen geprofileerde markering: vervuild sneller, lastiger in onderhoud, geluidsoverlast

Met name op basis van betere zichtbaarheid bij duisternis en regen, die ook gunstig is voor camera's van LKA systemen, krijgt type II markering de voorkeur boven type I.

Mogelijke innovatie:

- Radar-reflectieve markering op basis van koud plastic (buiten zichtveld detectie)

3.4.2 Verkeersborden

Om slimme voertuigsystemen voor verkeersbordherkenning goed te laten functioneren (i.e. de automobilist tijdige en juiste informatie en waarschuwingen te geven) moeten verkeersborden waarneembaar, leesbaar en begrijpelijk zijn. In het algemeen geldt: zo min mogelijk verschillende borden en onderborden. Dat is wenselijk voor slimme voertuigen én voor gewone weggebruikers. Op dit moment worden alleen snelheidsborden en inhaalverbod-borden waargenomen door verkeersbordherkenning. Borden met adviessnelheden bijvoorbeeld niet. En ook de overdaad aan informatie zoals weergegeven in de voorbeelden van figuur 3 niet. Ook komt het op dit moment voor dat verkeersbordherkenning niet de juiste borden waarneemt. Er wordt bijvoorbeeld een snelheidsaanduiding op de parallelweg gelezen terwijl het voertuig op de hoofdrijbaan rijdt. Functionele eisen aan verkeersborden worden om te beginnen gerelateerd aan de rijtaken waar verkeersborden relevant voor zijn (zie paragraaf 2.4):

Rijtaak	Functionele eis
Aan de verkeersregels houden	Moet duidelijk maken wat de verkeersregels op die locatie zijn
Weg- en verkeerssituatie inschatten	Moet wegsituatie duidelijk maken naar de auto
Anticiperen op veranderende weg- en verkeerssituatie	Moet veranderende wegsituatie duidelijk maken naar de auto
Wisselen van rijstrook, inhalen verkeer in dezelfde richting, wanneer toegestaan	Moet duidelijk maken waar wisselen van rijstrook en inhalen toegestaan is
Snelheid houden	Moet snelheidsregime duidelijk maken

In de context van dit project ligt de nadruk op de rijtaak 'snelheid houden'. Goede waarneembaarheid, leesbaarheid en begrijpelijkheid van verkeersborden worden bereikt met de volgende **functionele eisen**.

Functionele eisen waarnemen, lezen en begrijpen verkeersborden

- Goed zichtbaar en leesbaar
- Contrast
- Retro-Reflectief
- Ondubbelzinnig
- Beknopt
- Zo min mogelijk verschillende borden
- Zo min mogelijk onderborden
- Gestandaardiseerde maten en kleuren (internationaal)
- Resistent voor viezigheid
- Zichtbaarheid in de nacht (lichtvervuiling naast de weg)
- Op de juiste locatie geplaatst
- Positie in zichtveld camera's / radars (verschil in hoogte bestuurder personenauto en vrachtauto)
- Lettertype en grootte van letters
- Verwijderen onnodige inconsistenties in lettertype, kleur
- Bebording en markering dienen niet tegenstrijdig te zijn.
- Regelmatig onderhoud





Figuur 11. Impressie van een conflicterende situatie tussen bebording en markering. De weginrichting (groene markering in de rijrichtingsscheiding) suggereert een snelheidslimiet van 100 km/u. Het verkeersbord geeft een snelheidslimiet aan van 70 km/u i.v.m. naderende bocht. Automobilist en voertuig moeten deze situatie op de juiste manier interpreteren.

Wat betreft de **technische eisen** die aan de functionele eisen verbonden kunnen worden, verwijzen we in dit stadium naar de nieuwe versie van de NEN norm 3381 'Wegmeubilair: eisen voor permanente en tijdelijke verkeersborden (concept april 2019)'. Aanvullend daarop is het van belang dat bij de plaatsing van borden rekening wordt gehouden met de zichthoek van in-car camerasystemen. Dat kan per systeem en fabrikant verschillend zijn, waardoor goede afstemming met de betreffende fabrikanten nodig is. Voor menselijke waarneming geldt dat laag geplaatste borden beter waarneembaar zijn (vanuit personenauto +/- 90 cm ooghoogte, vanuit vrachtauto +/- 220 cm ooghoogte). Voor camerasystemen geldt dit onderscheid mogelijk ook. Verder wordt als aandachtspunt meegegeven te letten op koplampen met xenonverlichting i.r.t. de waarneming van verkeersborden.

4 No-regret maatregelen en aanzet tot standaardisatie

Op basis van de bevindingen uit hoofdstuk 3 geeft dit hoofdstuk een compacte aanzet voor no-regret maatregelen en standaardisatie voor langsmarkering en verkeersborden. Het betreft acties die wegbeheerders nu al kunnen nemen om binnen een termijn van 0-5 jaar bij te dragen aan veilig en comfortabel functioneren van rijtaak ondersteunende systemen op stroomwegen en gebiedsontsluitingswegen (focus op wegen in beheer van provinciale wegbeheerders).

Voor deze acties worden de volgende categorieën benoemd:

1. Consequent hanteren van huidige ontwerprichtlijnen en normen
2. Onderhoud intensiveren
3. Aanpassing/aanvulling van de richtlijnen
4. Verkennen van innovaties
5. Digitale data op orde
6. Acties buiten de directe invloedssfeer van de provinciale wegbeheerders

4.1 Consequent hanteren van huidige ontwerprichtlijnen en normen

Bij de korte termijn acties ligt er vooral focus op het consequent aanleggen, beheren en onderhouden van de markering en bebording, volgens de huidige ontwerprichtlijnen, onderhoudsnormen en beheersystematieken. De huidige richtlijnen en normen worden voldoende goed geacht om een *basiskwaliteit* van langsmarkering en bebording aan te bieden waarmee de huidige rijtaak ondersteunende systemen veilig en comfortabel kunnen functioneren (binnen het ODD). Praktijkcasussen laten zien dat langsmarkering niet altijd volgens de richtlijn en onderhoudsnormen wordt aangelegd en onderhouden. Ook verkeersborden worden niet altijd volgens de richtlijn geplaatst en onderhouden. Dat leidt in sommige situaties tot verminderde zichtbaarheid van de bebording.

Wat betreft de aanzet tot standaardisatie bevelen we aan om vanuit de observaties in dit project goed te bekijken op welke punten de provinciale handboeken voor wegontwerp nader op elkaar en op het CROW Handboek Wegontwerp afgestemd kunnen worden.

4.2 Onderhoud intensiveren

Door het onderhoud van langsmarkering en bebording te intensiveren kan de *basiskwaliteit* gegarandeerd worden en kan een *basiskwaliteit plus* gerealiseerd worden. Activiteiten betreffen het bijwerken, opruimen, goed verwijderen van tijdelijke markering en vervangen van markering indien nodig. Ook is het nodig te voorkomen dat reparaties van het wegdek (lasnaden) door de voertuigsystemen worden aangezien voor langsmarkering. M.b.t. de verkeersborden gaat het over bijvoorbeeld de juiste plaatsing van borden, weg halen van onnodige en onduidelijke borden, reinigen van borden, snoeien voor voorhangende begroeiing en recht zetten van borden als ze zijn verdraaid.

4.3 Aanvulling/aanpassing van de richtlijnen

De bevindingen in hoofdstuk 3 laten zien dat er ook mogelijkheden zijn voor aanvulling/aanpassing van richtlijnen om het functioneren van slimme voertuigen te verbeteren. Voor langsmarkering betekent dit met name dat de contrastwaarde van de markering meegenomen wordt naast de reflectiewaarde. Het verdient aanbeveling het proces van opname van dit aspect in de richtlijn in gang te zetten. In de richtlijnen voor plaatsing en onderhoud van bebording dient rekening gehouden te worden met karakteristieken van verkeersbordherkenningssystemen, zodat de systemen de juiste borden waarnemen. Ook wordt aanbevolen bij verandering van snelheidsregime borden met expliciete snelheidsaanduiding te plaatsen (in aanvulling op bijvoorbeeld de autoweg en komgrens borden). Deze maatregelen dragen bij aan het realiseren van een *basiskwaliteit plus* voor langsmarkering en bebording.

4.4 Verkennen van innovaties

In aanvulling op de bovenstaande punten kunnen wegbeheerders ook experimenteren met nieuwe typen markering, zoals de eerder genoemde radar-reflectieve markering. Dit zal naar verwachting het functioneren van slimme voertuigsystemen verder verbeteren, en ook inspelen op de verwachte technologische doorontwikkeling van de voertuigsystemen. Wat betreft bebording kan het digitaal beschikbaar maken van de informatie in het voertuig via V2X communicatie als kansrijke innovatie gezien worden. Door resultaten van de betreffende experimenten in de praktijk toe te passen, maken wegbeheerders de stap van *basiskwaliteit plus* naar *basiskwaliteit plus extra ambitieniveau*. Hiervoor is samenwerking met de verkeers- en automotive industrie nodig.

4.5 Digitale data op orde

Digitale data op orde heeft betrekking op alle assets van wegbeheerders. Veel wegbeheerders zijn hier al mee bezig in het kader van de digitaliseringsopgave en de data top 15 die daarvan is afgeleid. Wat betreft het verkeersborden areaal is het voor wegbeheerders goed een digitaal overzicht te hebben van de geplaatste borden en het snelheidsregime op de verschillende traject(del)en. Deze informatie kan via digitale kaarten ook gedeeld worden met service providers (bijvoorbeeld via een data-warehouse) om mogelijke conflicten tussen informatie via detectie van de borden en via weergave in navigatiesystemen te vermijden. Dit is nuttig in reguliere situaties en ook bij bijvoorbeeld wegwerkzaamheden.

4.6 Acties buiten de directe invloedssfeer van de provinciale wegbeheerders

Het is voor de wegbeheerders zinvol om hun handelingsperspectief, zeker binnen de periode 0-5 jaar, goed af te bakenen. Er zijn situaties, waarin de voertuigsystemen nog niet goed functioneren, en waar wegbeheerders op relatief korte termijn geen doorslaggevende rol kunnen spelen. Voorbeelden daarvan zijn de toepassing van blokmarkering¹⁰, rijstrooksplittingsen en -samenvoegingen. Deze zijn 'ingebakken' in het huidige verkeerssysteem voor bestuurders van conventionele voertuigen. Veranderingen in de weginrichting op korte termijn zijn niet haalbaar en ook niet wenselijk.

Een ander punt zijn de markering en bebording bij tijdelijke verkeersmaatregelen bij werk in uitvoering. Op dit moment is er nog veel variatie in de inrichting van de tijdelijke maatregelen door verschillende aannemers. De prioriteit ligt bij het überhaupt naleven van de betreffende richtlijn 96b in plaats van nieuwe aandachtspunten toevoegen.

De genoemde situaties vallen buiten het ODD van de rijtaak ondersteunende systemen. Eenduidige informatie over het functioneren van de systemen en bekendheid hiervan bij gebruikers zijn hiervoor een eerste vereiste¹¹. Automotive partijen zijn hiervoor als eerste aan zet om stapsgewijze uitbreiding van het ODD te realiseren.

¹⁰ Uit veldtesten blijkt dat blokmarkering in sommige situaties/locaties niet door voertuigsystemen als begrenzing van de rijstrook wordt herkend.

¹¹ Zie ook het recente rapport van de Onderzoeksraad voor Veiligheid 'Wie stuurt? Verkeersveiligheid en automatisering in het wegverkeer' OVV (2019) [24].

5 Kennis- en ontwikkelvragen

Dit hoofdstuk geeft een aanzet voor het benoemen van de belangrijkste kennis- en ontwikkelvragen, rondom langsmarkering en verkeersborden, die in aanmerking komen voor nadere uitwerking en/of onderzoek. Het gaat hierbij om de volgende typen vragen:

- Specifiek voor langsmarkering, specifiek voor bebording.
- Vragen die beantwoord moeten worden voor optimale toepassing van no-regret maatregelen op korte termijn.
- Meer fundamentele kennisvragen omtrent de relevantie van ontwerpelementen en de mogelijke aanpassing van deze elementen op langere termijn.
- Vragen waarvan de beantwoording alleen plaats kan vinden via dialoog met de automotive industrie.

5.1 Langsmarkering

- Wat zijn juiste contrastwaarden/ratio's voor ADAS?
- Welke eigenschappen van markering / verharding zijn nodig voor een acceptabele contrast ratio?
- Hoe om te gaan met het effect van openbare verlichting op de zichtbaarheid van markering?
- Wat zijn nieuwe eisen voor markering met betrekking tot het effect van regen en natte wegen? (drainage eisen bijvoorbeeld)?
- De grote variatie in uitvoeringsvormen van markeringen bij tijdelijke verkeersmaatregelen bij met name werk in uitvoering (WIU) belemmeren het functioneren van Lane Keeping systemen. Tijdelijke verkeerssituaties vallen nu dan ook buiten het ODD, en het is van belang dat weggebruikers hiervan op de hoogte zijn. De vraag daarbij is welke rol wegbeheerders het best kunnen oppakken rondom het functioneren van slimme voertuigen bij tijdelijke verkeersmaatregelen?
- Wat mogen we verwachten van innovaties zoals: radar-reflectieve markering op basis van koud plastic (buiten zichtveld detectie)?
- Welke specifieke eisen zijn er aan langsmarkering te stellen voor goed functioneren in verschillende typen bochten? Bijvoorbeeld in situaties waarbij sprake is van een S-curve functioneert het Lane Keeping systeem meestal niet in de tweede bocht (observaties van EuroNCAP). Bij welke configuraties, boogstralen en waarden van de k-factor¹² in bogen, gebeurt dit?
- Hoe kunnen de eisen aan langsmarkering voor Lane Keeping functionaliteit van slimme voertuigen gerelateerd worden aan eisen voor rijrichtingsscheiding (de huidige dubbele asstreek) en de redresseerruimte. Rijrichtingsscheiding en redresseerruimte zijn nu gebaseerd op het uitvoeren van koerscorrecties door conventionele voertuigen. Voldoet de huidige richtlijn of is er een aanpassing nodig (breder) om het mogelijk falen van slimme voertuigen te kunnen corrigeren? Belangrijke factoren hierin zijn de kans op falen van de Lane Keeping systemen, die mede afhankelijk is van de kwaliteit van de markering, de snelheidslimiet ter plaatse, en de tijd die de menselijke bestuurder nodig heeft om een koerscorrectie uit te voeren als Lane Keeping uitvalt.
- Hoe kunnen we de ontwikkelingen van locatiebepaling met nauwkeurige GPS, digitale kaart (HD map), en markering goed op elkaar afstemmen?

5.2 Verkeersborden

- Wat is het beste contrast niveau voor borden om door in-car camera's waargenomen te worden?

¹² De k-factor in een bocht geeft de verhouding tussen de gereden snelheid in de bocht en voor de bocht. Dit is ook als aandachtspunt benoemd in de recente verkenning naar infrastructuur van de toekomst door het LVMB [5].

- Wat is het beste lettertype en lettergrootte op verkeersborden? In welke situaties gaat het waarnemen en interpreteren van letters/tekens op borden door in-car camera's niet goed?
- Wat is de beste positie om borden te plaatsen langs de weg?
- Hoe om te gaan met signaalgevers (matrixborden) met een snelheidslimiet aanduiding (niet op alle signaalgevers kunnen 3 digits weergegeven worden)?
- Hoe gaan autofabrikanten om met het waarnemen en interpreteren van voor Nederland specifieke borden?
- Welke karakteristieken van verkeersbordherkenningssystemen zijn het meest bepalend voor de juiste detectie van verkeersborden (via overleg met autofabrikanten en/of toeleveranciers van in-car camera systemen).

6 Conclusies en doorkijk: acties voor nu en straks

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de belangrijkste bevindingen en conclusies. Deze hebben betrekking op het korte termijn (0-5 jaar) handelingsperspectief van provinciale wegbeheerders om bij te dragen aan veilig en comfortabel functioneren van rijtaak ondersteunende voertuigsystemen op hun wegen. De meest relevante ontwerpelementen om op deze termijn aan te werken, zijn langsmarkering en verkeersborden. Een goede waarneming van deze elementen heeft een directe relatie met operationele rijtaken (koers en snelheid houden) en tactische rijtaken (o.a. de weg- en verkeerssituatie inschatten) van de menselijke bestuurder ondersteund door in-car technologie. Het goede nieuws, er is handelingsperspectief voor de wegbeheerders, er kan extra aandacht besteed worden langsmarkering en bebording. Dat zal helpen om de systemen in meer situaties goed te laten functioneren, en daarmee zal het veiligheidspotentieel van de systemen versneld in de praktijk merkbaar zijn. Tegelijkertijd kunnen de wegbeheerders het niet alleen, er is een systeembenadering nodig, waarin ook voorlichting en educatie aan weggebruikers en doorontwikkeling van de voertuigtechnologie, cruciale componenten zijn.

In dit project is in beeld gebracht tegen welke zaken voertuigsystemen als LKA, verkeersbordherkenning/ACC aanlopen op het onderliggend wegennet. Voor de wegbeheerders is het daarmee duidelijker geworden waar de systemen naar kijken, waar ze problemen mee hebben, wat ze nodig hebben om goed te functioneren, en in welke situaties het al goed gaat. Wanneer we vanuit deze context inzoomen op het handelingsperspectief van de provinciale wegbeheerders, dan kunnen we de volgende conclusies trekken.

6.1 Aandachtspunten en eisen aan langsmarkering en verkeersborden

In de praktijkcasussen en de literatuur zijn diverse situaties benoemd waarin de voertuigsystemen moeite hebben om goed te functioneren. Alleen situaties die binnen het ODD vallen, zijn in dit kader relevant, want voor situaties buiten het huidige ODD ligt het initiatief allereerst bij automotieve partijen.

- *Langsmarkering* moet goed waarneembaar, uniform en ondubbelzinnig zijn (zie paragraaf 3.4.1). Een belangrijk nieuw aspect hierin is de contrastwaarde van de langsmarkering. Ook de afweging tussen type I en type II markering is van belang. Wegbeheerders worden aanbevolen om de lijst met functionele eisen te vertalen naar drie kwaliteitsniveaus: *basiskwaliteit*, *basiskwaliteit plus* en *basiskwaliteit plus extra ambitie* (zie ook paragraaf 6.2). De focus ligt daarbij op reguliere situaties, omdat bij tijdelijke verkeersmaatregelen (werk in uitvoering) in de praktijk veel variatie optreedt, die op korte termijn moeilijk te vermijden is.
- Voor *verkeersborden* geldt: zo min mogelijk verschillende borden en onderborden. Dat is wenselijk voor slimme voertuigen én voor gewone weggebruikers. Op dit moment worden alleen snelheidsborden en inhaalverbod-borden waargenomen door verkeersbordherkenning. Borden met adviessnelheden bijvoorbeeld niet. Ook komt het op dit moment voor dat verkeersbordherkenning niet de juiste borden waarneemt. Er wordt bijvoorbeeld een snelheidsaanduiding op de parallelweg gelezen terwijl het voertuig op de hoofdrijbaan rijdt. Snelheidslimieten (komgrens, autoweg, adviessnelheden) dienen expliciet weergegeven te worden.

6.2 Wat nu al doen?

De volgende activiteiten kunnen nu al opgepakt worden:

- Consequent toepassen van de huidige ontwerprichtlijnen en normen voor beheer/onderhoud
- Uniformiteit in langsmarkering en verkeersborden
- Bij langsmarkering: meer aandacht voor contrast naast reflectie, afweging type I / II markering
- Bij borden: goede positie (locatie en oriëntatie), expliciete snelheidsaanduiding
- Digitale informatie rondom verkeersborden op orde hebben

- Toets op ADAS geschiktheid, bijvoorbeeld gekoppeld aan trajectaanpak.

Consequenter toepassen van de huidige ontwerprichtlijnen en normen voor beheer/onderhoud.

Consequent en correct toepassen van de huidige ontwerprichtlijnen en normen beheer en onderhoud van langsmarkering en verkeersborden is het vertrekpunt voor het geschikt(er) maken van het wegennet voor slimme auto's. Hiermee kan een *basiskwaliteit* van langsmarkering en bebording gegarandeerd worden waarmee de huidige rijtaak ondersteunende systemen veilig en comfortabel kunnen functioneren (binnen het ODD). We bevelen aan ook op de contrastwaarde te toetsen, de bebording uniform te maken en de hoeveelheid soorten borden en onderborden te heroverwegen. Bij plaatsing en onderhoud bebording moet rekening gehouden worden met systemen voor verkeersbordherkenning, zodat de systemen alleen de correcte borden waarnemen. Afwijken van de richtlijnen zal anders onderbouwd moeten worden, namelijk met niet alleen de menselijke bestuurder in gedachten, maar ook op basis van het functioneren van voertuigsystemen die zich baseren op software en sensoren. Dat zou er voor kunnen zorgen dat afwijkingen die tot nu toe veilig leken, dat in de toekomst niet meer zijn.

Meer aandacht voor beheer en onderhoud

Voor langsmarkering en bebording is het van belang dat ze niet alleen bij de aanleg maar ook gedurende de verdere levenscyclus blijven voldoen aan criteria voor veilig en comfortabel gebruik van de voertuigsystemen. Door het onderhoud van langsmarkering en bebording te intensiveren kan de *basiskwaliteit* verder gegarandeerd worden en kan een *basiskwaliteit plus* gerealiseerd worden (zie ook hoofdstuk 4).

Aanvulling of aanpassing van de richtlijn en aanscherping van normen

Er liggen ook mogelijkheden voor de aanvulling of aanpassing van richtlijnen en normen (zie ook hoofdstuk 4). Voor langsmarkering betekent dit met name dat de contrastwaarde van de markering meegenomen wordt naast de reflectiewaarde. Bij verkeersborden gaat het vooral om de plaatsing en uniformiteit van de borden. We bevelen aan om het proces van aanvulling of aanpassing van de richtlijnen in gang te zetten. Dit draagt bij aan het realiseren van een *basiskwaliteit plus* voor langsmarkering en bebording.

Toets op ADAS geschiktheid van traject(del)en

Opzet/aanzet maken voor een 'ADAS audit', checklist waarmee wegbeheerders kunnen beoordelen in hoeverre wegontwerp en -inrichting veilig en comfortabel functioneren van ADAS ondersteunt. Bijvoorbeeld in te zetten als onderdeel van de pre-verkenning / deelonderzoek binnen een verkennende trajectstudie als onderdeel van de trajectaanpak die veel provincies momenteel hanteren om planmatig en integraal beheer en onderhoud te organiseren voor hun areaal. Dit sluit ook goed aan bij ontwikkelingen om verkeersveiligheidsaudits voor provinciale wegen verplicht te maken, in navolging van de Europese richtlijn voor verkeersveiligheidsaudits op rijkswegen. Provincies kunnen nu al in pilotvorm nuttige ervaring opdoen met de 'ADAS toets' als onderdeel van trajectstudies en verkeersveiligheidsaudits.

6.3 Verder onderzoek en ontwikkeling

Voor diverse onderwerpen die in dit project zijn benoemd, is verder onderzoek nodig. Enerzijds voor een verdere onderbouwing van korte termijn keuzes (zie hoofdstuk 5) en anderzijds voor het scherper krijgen van het handelingsperspectief van wegbeheerders op de langere termijn. Voor de laatste categorie is vooral de interactie en afstemming met de automotive industrie van belang, bijvoorbeeld m.b.t. de onderstaande aandachtspunten:

- Onderzoek naar de effecten van verschillende typen markering, ook nieuwe innovatieve, op het functioneren van in-car systemen bij verschillende condities (licht- en weersomstandigheden).

- Zorgen dat voertuigen ook overige markering kunnen waarnemen (blokmarkering, haaiantanden, stopstrepen, en de verkeersregels gekoppeld aan deze markering in acht kunnen nemen (stoppen, voorrang verlenen, ...).
- Zorgen dat voertuigen in staat zijn borden waar te nemen en te interpreteren die een verandering van snelheidsregime impliceren, zoals komborden, of borden die een auto- of snelweg aangeven.
- Zorgen dat voertuigen andere borden naast snelheidsborden kunnen waarnemen, en de regels in acht nemen.
- Verder onderzoeken hoe de relatie is tussen het functioneren van slimme voertuigen en de dimensies van verschillende elementen uit het dwarsprofiel: breedte van de rijstrook, redresseerstrook en obstakelvrije zone.
- Onderzoeken hoe de slimme voertuigen functioneren in horizontale bogen (bij verschillende boogstralen en ontwerpsnelheden) en bij discontinuïteiten.
- Onderzoeken of een veilige vormgeving van in- en uitvoegstroken gevonden kan worden waar slimme voertuigen rijdend op de spitsstrook geen hinder van ondervinden.
- Nadere definitie van het ODD van verschillende ADAS, en duidelijke communicatie naar auto en bestuurder wanneer het betreffende systeem veilig (binnen ODD) te gebruiken is. Bijvoorbeeld via een bord 'Schakel uw systemen uit' en via communicatie naar het voertuig zodat het voertuig zelf een melding aan de bestuurder geeft.

6.4 Samenwerking

Het naadloos implementeren van slimme voertuigen in het huidige verkeerssysteem is een gezamenlijke opgave voor wegbeheerders, automotive partijen, toelatingsinstanties en partijen die met voorlichting en educatie van weggebruikers bezig zijn. Voor de provinciale wegbeheerders is het van belang aan te sluiten bij initiatieven van andere wegbeheerders, nationaal en internationaal, en ook afstemming en samenwerking te zoeken met de andere partijen in het werkveld.

De volgende samenwerkingsvormen worden genoemd:

- Automotive partijen, RDW (keuringsinstantie), EuroNCAP (consumenten toetsinstantie)
- Landelijke initiatieven:
 - o LVMB, actie Infrastructuur van de Toekomst
 - o Krachtenbundeling, subbundel CAV en subbundel shuttles/PODs
 - o RWS, Ministerie van I&W, Strategisch Plan Verkeersveiligheid (SPV2030)
- ADAS alliantie
- Europese initiatieven:
 - o EC werkgroep CAD (Cooperative & Automated Driving)
 - o European Road Federation (ERF)

Wat betreft het contact met de automotive branche is het op korte termijn vooral van belang om de samenwerking met de RDW nader vorm te geven. Bij de keuringen die zij uitvoeren is ook de infrastructuur waarop de voertuigen rijden een belangrijke factor (systeembenadering). De samenwerking tussen RDW en wegbeheerders (Dutch Roads) die nu voor de toelating van automatische shuttle busjes/PODs plaatsvindt, kan als inspiratie dienen voor de toetsing van ADAS. Bij voorkeur vindt het contact met automotive partijen plaats vanuit de koepel van wegbeheerders om een eenduidig geluid te laten horen en een eenduidige, en daarmee voor automotive partijen beter werkbare, handreiking te kunnen geven vanuit de gezamenlijke wegbeheerders.

6.5 Doorkijk

De onderstaande figuren geven een impressie van het beeld dat de deelnemers aan de eindbijeenkomst van deze projectfase (op 20 november 2019) hebben van vervolgstappen die in de volgende projectfase genomen kunnen worden vanuit het Vakberaad Beheer en Bouw en CROW.



Figuur 12. Impressie van belangrijke onderwerpen voor de volgende project fase.



Figuur 13. Veel aandacht voor samenwerking nodig.

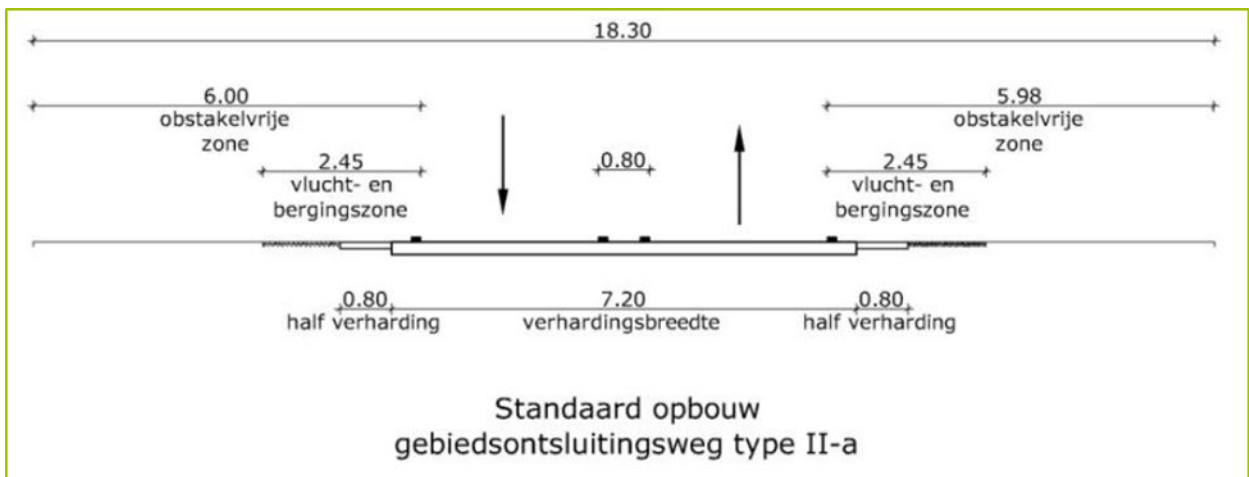
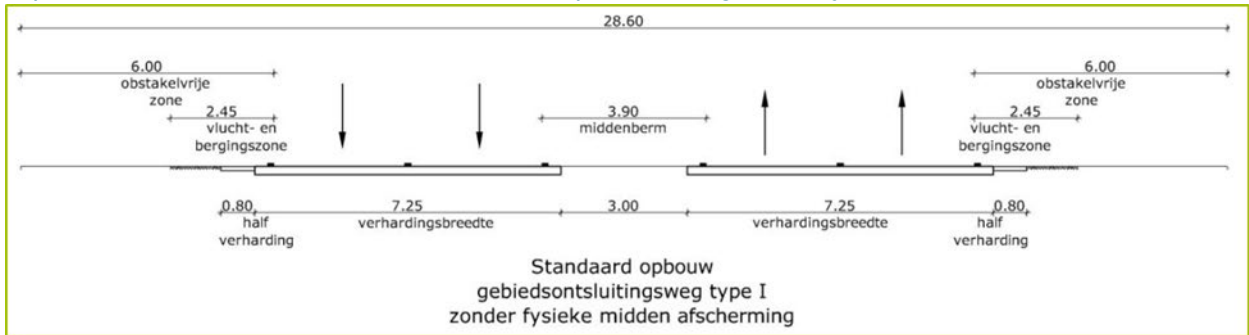
Bijlagen

A1	Impressie dwarsprofielen GOW en SW	1
A2	Voertuigsystemen verplicht op nieuwe voertuigen vanaf 2022/2024	3
A3	Vergelijkingstabel voor infrastructuurelementen	4
A4	Overzicht relevante ontwerpelementen	6
A5	Toepassing van richtlijnen voor langsmarkering door de provincies	9
A6	Resultaten van de case studies uit de regiobijeenkomsten	11
A7	Referenties	15
A8	Lijst van afkortingen	16

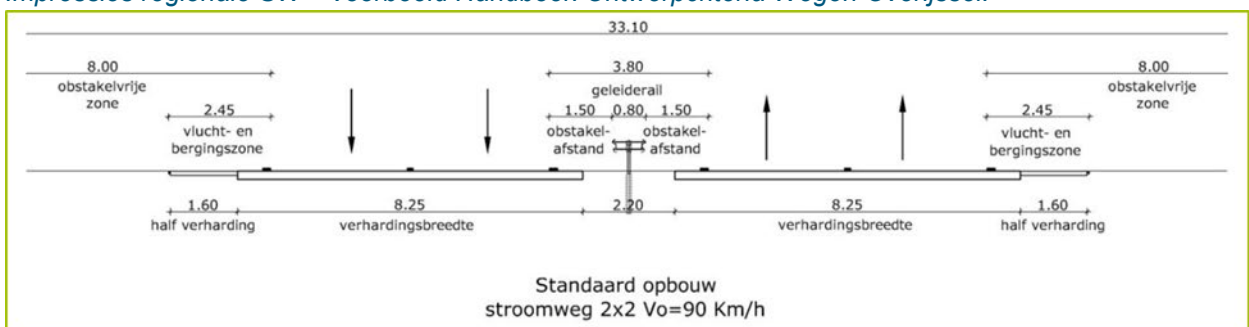


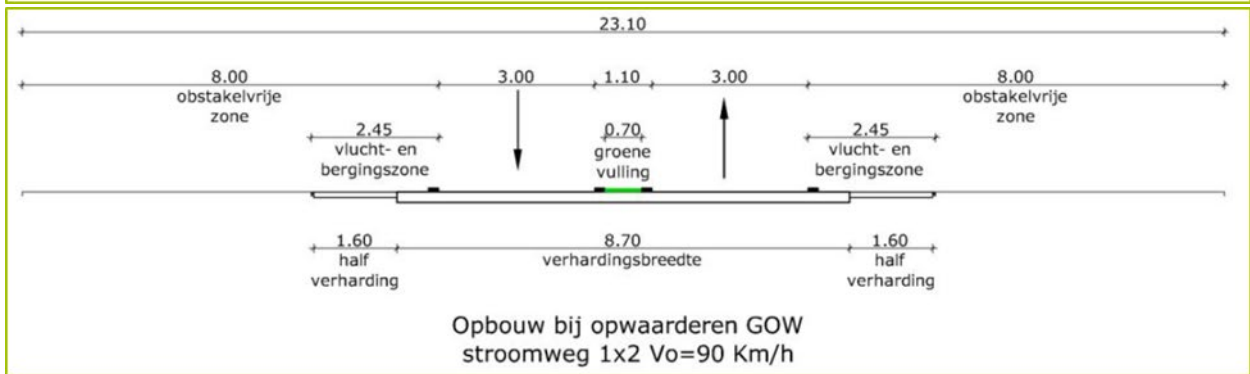
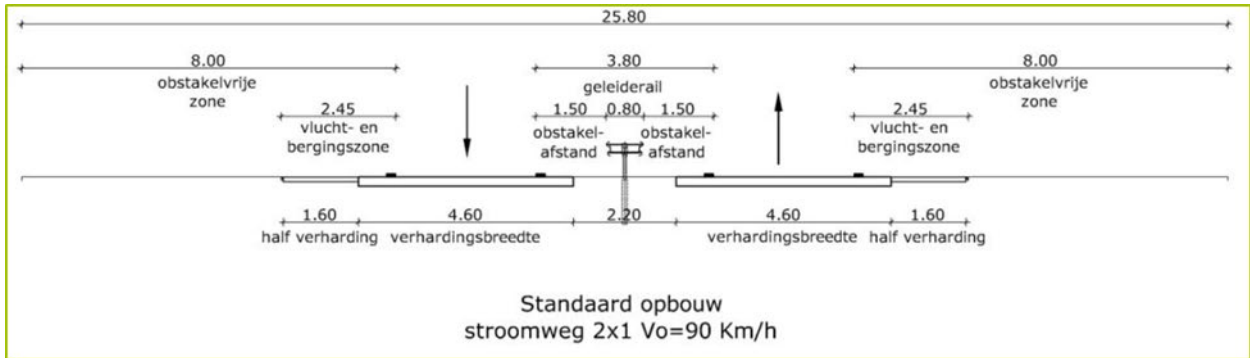
A1 Impressie dwarsprofielen GOW en SW

Impressies GOW – voorbeeld Handboek Ontwerpcriteria Wegen Overijssel:



Impressies regionale SW – voorbeeld Handboek Ontwerpcriteria Wegen Overijssel:





A2 Voertuigsystemen verplicht op nieuwe voertuigen vanaf 2022/2024

De volgende systemen zijn per 2022 verplicht op alle nieuwe automodellen die op de markt komen, en per 2024 op alle nieuwe auto's op de Europese markt – EC Directive

- **Autonomous Emergency Braking**
- Voorbereiding voor alcoholslot
- Waarschuwing voor slaperigheid
- Waarschuwing voor smartphonegebruik/afleiding
- Datarecorder voor ongevallen
- Noodstopsignaal (knipperende achterlichten)
- Verbeterde gordels
- Verbeterde bescherming bij aanrijding voetgangers en fietsers
- **Intelligente snelheidsassistent**
- **Lane Keeping Assist**
- Achteruitrijcamera of –sensoren

A3 **Vergelijkingstabel voor infrastructuurelementen**

Wegtype	Wegonderdeel	Ontwerpelement	Huidige CROW-richtlijn uit Handboek Wegontwerp	Huidige richtlijn provincie (Overijssel als voorbeeld ingevuld)	Wijkt provincie structureel af van eigen richtlijn?	Kwaliteitscriterium Level 2	Aanbeveling richtlijn voor level 2	Achtergrond	
Algemeen	Rechtstand	Bebording	Zie CROW Kennismodule Verkeerstekens	Conform CROW		Goed zichtbaar en uniform. Zo min mogelijk verschillende borden en zo min mogelijk onderborden	Herzien verschillende borden en onderborden		
		Bewegwijzering	Zie CROW-publicatie 322 'Richtlijn bewegwijzering 2013'	Conform CROW		ADAS stelt zelfde eisen als bestuurder	Geen verandering		
		Eigenschappen van het wegdek	Zie CROW-publicatie Asfalt in weg- en waterbouw			Check effect van mogelijke spoorvorming, Kleur asfalt moet contrasteren met markering	Zo veel mogelijk contrast asfalt - markering		
	Boog	Verlichting	Zie CROW-publicatie Licht en Ruimte			LKS heeft last van tegenlicht en schaduwen, zeker onder natte omstandigheden	Uit/gedimd waar mogelijk	Op basis van onderzoek voor Provincie Utrecht	
		Verkanting	Afhankelijk van boogstraal. Zie afbeelding 7.8 Handboek Wegontwerp			ADAS stelt zelfde eisen als bestuurder	Geen verandering		
	Bochtverbreding	Bij bogen kleiner dan 300m		Verbreding afhankelijk van boogstraal		ADAS stelt zelfde eisen als bestuurder	Geen verandering	Afhankelijk van hoe goed LKS het voertuig midden in de rijstrook houdt.	
Stroomweg	Rechtstand	Rijstrookbreedte	2x1: 3,00m. 2x2: 3,25m	2,75-3,25m		Minimaal 2,80m	Minimaal 2,80m	Op basis van onderzoek voor RWS	
		Begrenzing van de rijstrook	Kantstreep 20cm		markering thermoplast, 15-20cm breed, 3mm dik, wit		Markering moet goed zichtbaar zijn onder alle omstandigheden, Contrast is criterium, in plaats van reflectiewaarde	Geen verandering	
		Redresseerstrook	60cm		45-80cm		Infrastructuur moet vergevingsgezind zijn voor falende ADAS-systemen	Geen verandering	
		Obstakelvrije zone	10m		6 - 8m		Infrastructuur moet vergevingsgezind zijn voor falende ADAS-systemen	Geen verandering	Voorkom afleiding, verwarring of verrassing door belemmering van zicht door objecten in de berm.
		Rijrichtingscheiding	markering 20cm, redresseerstrook 60cm, middenberm met geleiderail 2,20m, redresseerstrook 60cm, markering 20cm	Stroomweg 2x2/2x1: middenberm 3,80m met geleiderail, Stroomweg 1x2: dubbele markeringslijn met groene vulling,		Overweeg groter te maken, Systemen rijden minder goed dan bestuurder,	Moeilijk overrijdbare scheiding		
		Vluchtstrook/ bergingsruimte/ pechhaven	Vlucht- en bergingszone 2,45m. Om de 1km vluchthavens	Bergingszone 2,40-2,65m (kantstreep - redresseerstrook, half verharde berm)		uitwijkmogelijkheden voor gestrande ADAS-voertuigen moeten aanwezig zijn	elke XX meter		
		Afschermings- en geleidingsvoorzieningen	Op kunstwerken en in tunnels, en als obstakelvrije zone te klein is.	Buitenberm: Bij OVZ kleiner dan norm, Middenberm: bij 2x2 en 2x1 stroomwegen		Infrastructuur moet vergevingsgezind zijn voor falende ADAS-systemen	Zo min mogelijk		
		Snelheidslimiet	100 km/u			Snelheidslimiet zo dat infrastructuur toestaat overal de snelheidslimiet aan te houden,	Geen adviessnelheden		
		Hellingspercentage	4-5%						
	Boog	Zichtlijnen	280m (rechtstand) en 140m (boog)				ADAS stelt zelfde eisen als bestuurder	Geen verandering	
		Boogstraal	650m bij geen verkanting. Zie afbeelding 7.8 Handboek Wegontwerp				Auto's moeten maximumsnelheid kunnen handhaven	Conform maximum snelheid	
		Invoeger	Lengte invoegstrook	265m			Langere invoegstrook of groter verdrijvingsvlak nodig	Verdrijvingsvlak groter	ADAS kan bij kleine hiaten niet in staat zijn in te voegen en dus stilvallen
		Uitvoeger	Lengte uitvoegstrook	140m			ADAS stelt zelfde eisen als bestuurder	Geen verandering	
		Weefvak	Lengte weefvak	225m			Langere invoegstrook of groter verdrijvingsvlak nodig	Verdrijvingsvlak groter	ADAS kan bij kleine hiaten niet in staat zijn in te voegen en dus stilvallen
	Gebieds-ontsluitings-weg	Rechtstand	Rijstrookbreedte	GOW1: 3,10m. GOW2: 2,75m	2,75-3,25m		Minimaal 2,80m	Minimaal 2,80m	Op basis van onderzoek voor RWS
Begrenzing van de rijstrook			Kantstreep 15cm		markering thermoplast, 15-20cm breed, 3mm dik, wit		Markering moet goed zichtbaar zijn onder alle omstandigheden, Contrast is criterium, in plaats van reflectiewaarde	Geen verandering	
		Redresseerstrook	30cm		45-80cm		Infrastructuur moet vergevingsgezind zijn voor falende ADAS-systemen	Geen verandering	
		Obstakelvrije zone	6m		6 - 8m		Infrastructuur moet vergevingsgezind zijn voor falende ADAS-systemen	Geen verandering	Voorkom afleiding, verwarring of verrassing door belemmering van zicht door objecten in de berm.
		Rijrichtingscheiding	GOW1: Middenberm 3,90m. GOW2: Scheidingsstreep (15cm) - rijrichtingscheiding (80cm) - scheidingsstreep (15cm)	GOW1: middenberm 3,90m, GOW2: dubbele markeringslijn met wegdekreflectoren		Overweeg groter te maken, Systemen rijden minder goed dan bestuurder,	Moeilijk overrijdbare scheiding		
		Vluchtstrook/ bergingsruimte/ pechhaven	Vlucht- en bergingszone 2,40m	Bergingszone 2,40-2,65m (kantstreep - redresseerstrook, half verharde berm)		uitwijkmogelijkheden voor gestrande ADAS-voertuigen moeten aanwezig zijn	elke XX meter		
		Afschermings- en geleidingsvoorzieningen	Op kunstwerken en in tunnels, en als obstakelvrije zone te klein is.	Buitenberm: Bij OVZ kleiner dan norm, Middenberm: bij 2x2 en 2x1 stroomwegen		Infrastructuur moet vergevingsgezind zijn voor falende ADAS-systemen	Zo min mogelijk		
		Snelheidslimiet	80 km/u			Snelheidslimiet zo dat infrastructuur toestaat overal de snelheidslimiet aan te houden,	Geen adviessnelheden		
		Hellingspercentage	5-6%						
Boog		Zichtlijnen	200m (rechtstand) en 105m (boog)				ADAS stelt zelfde eisen als bestuurder	Geen verandering	
	Boogstraal	380m bij geen verkanting. Zie afbeelding 7.8 Handboek Wegontwerp				Auto's moeten maximumsnelheid kunnen handhaven	Conform maximum snelheid		

Wegtype	Wegonderdeel	Ontwerpelement	Huidige CROW-richtlijn uit Handboek Wegontwerp	Huidige richtlijn provincie (Overijssel als voorbeeld ingevuld)	Wijkt provincie structureel af van eigen richtlijn?	Kwaliteitscriterium Level 2	Aanbeveling richtlijn voor level 2	Achtergrond
	Geregeld kruispunt	Kruispuntoppervlak				LKS heeft geleiding nodig op kruispunt	Markering ook op kruispunt	Auto is niet in staat te remmen voor rood licht, Dit vergt ingrijpen van bestuurder, Fysieke infrastructuur heeft hier geen invloed op,
	Vorrangs-kruising					LKS heeft geleiding nodig op kruispunt	Markering ook op kruispunt	Auto is niet in staat te remmen voor naderende kruising, Dit vergt ingrijpen van bestuurder, Fysieke infrastructuur heeft hier geen invloed op,
	(Turbo)rotonde	Snelheidslimiet	Zelfde als bij rechtstand	Zelfde als bij rechtstand		Snelheidslimiet geleidelijk verlagen bij naderen van rotonde zodat voertuig zijn snelheid aanpast,	Gefaseerde verlaging snelheidslimiet vóór rotonde	
	(Turbo)rotonde	Inrichting middeneiland	1,00m hoog	1,10m hoog		ADAS heeft geen verhoogd middeneiland nodig	Geen verandering	Voor bestuurder is verhoogd middeneiland nodig

A4 **Overzicht relevante ontwerpelementen**

Onderstaande tabel geeft aan welke relaties tussen ontwerpelementen (horizontale as) en rijtaken (verticale as) relevant en urgent zijn. Als de relatie relevant en urgent is, is het betreffende vakje donker gekleurd.

A5 Toepassing van richtlijnen voor langsmarkering door de provincies

	CROW	Overijssel	Drenthe	Fryslân
Begrenzing rijstrook	Kantstreep 20 cm	Thermoplast, 15-20 cm, 3mm dik, wit	20 cm	20 cm
Rijrichting-scheiding	<i>2 rijbanen, middenberm</i>	1x2 Dubbele lijn, groene vulling, 70 cm	2x2 met middenberm 4,80m met geleiderail	Stroomweg 1x2: dubbele lijn met groene vulling, 0,20-0,40-0,20m
Begrenzing rijstrook	Kantstreep 15 cm	Thermoplast, 15-20 cm, 3mm dik, wit	15 cm	15 cm
Rijrichting-scheiding	Streep 15 cm, ruimte 80 cm, streep 15 cm	Dubbele belijning, wegdekreflectoren	Dubbele as lijn	Markering 10 cm Tussen 20 cm Markering 10 cm

	CROW	Overijssel	Noord-Brabant	Zeeland
Begrenzing rijstrook	Kantstreep 20 cm	Thermoplast, 15-20 cm, 3mm dik, wit	Conform CROW	Kantstreep 20 cm
Rijrichting-scheiding	<i>2 rijbanen, middenberm</i>	1x2 Dubbele lijn, groene vulling, 70 cm	Conform CROW	Stroomweg 1x2: dubbele lijn 15 cm met groene vulling tot 80 cm
Begrenzing rijstrook	Kantstreep 15 cm	Thermoplast, 15-20 cm, 3mm dik, wit	Conform CROW	Kantstreep 15 cm
Rijrichting-scheiding	Streep 15 cm, ruimte 80 cm, streep 15 cm	Dubbele belijning, wegdekreflectoren	Conform CROW veelal dubbele-asmarkering met een onderlinge afstand variërend tussen 80 en 15 cm.	Dubbele lijn, uitsterf-constructie met gebrabalken

	CROW	Overijssel	Gelderland	Zeeland
Begrenzing rijstrook	Kantstreep 20 cm	Thermoplast, 15-20 cm, 3mm dik, wit	Agglomeraat (koudplast) type II, kantstreep 20 cm	Kantstreep 20 cm
Rijrichting-scheiding	<i>2 rijbanen, middenberm</i>	1x2 Dubbele lijn, groene vulling, 70 cm	1x2 dubbele lijn 0.20m, 0.40m tussen, groene vulling (min. prof.)	Stroomweg 1x2: dubbele lijn 15 cm met groene vulling tot 80 cm
Begrenzing rijstrook	Kantstreep 15 cm	Thermoplast, 15-20 cm, 3mm dik, wit	Agglomeraat (koudplast) type II, kantstreep 15 cm	Kantstreep 15 cm
Rijrichting-scheiding	Streep 15 cm, ruimte 80 cm, streep 15 cm	Dubbele belijning, wegdekreflectoren	GOW type 2 dubbele asmarkering 15 cm, minimaal 0.15m tussenruimte (GOW SOBER) en maximaal 0.80m (GOW GOED)	Dubbele lijn, uitsterfconstructie met gebrabalken

	CROW	Noord-Holland	Zuid-Holland	Utrecht
Begrenzing rijstrook	Kantstreep 20 cm	Thermoplast, 20 cm, 3mm dik, conform CROW	Conform CROW	Conform CROW
Rijrichting-scheiding	<i>2 rijbanen, middenberm</i>	Conform CROW	Conform CROW	Conform CROW
Begrenzing rijstrook	Kantstreep 15 cm	Thermoplast, 15 cm, 3mm dik	Conform CROW 3-3 markering	Conform CROW
Rijrichting-scheiding	Streep 15 cm, ruimte 80 cm, streep 15 cm	GOW 1: streep 15cm, redresseer 30cm, middenberm 300cm, redresseer 30cm, streep 15cm GOW 2: streep 15cm, ruimte 20cm, streep 15cm	<i>Ideaal:</i> middenberm tussen 360 en 510 cm <i>Minimaal:</i> streep 15cm - rijrichtingscheiding 80cm - streep 15cm	GOW 1: middenberm 3,90m GOW 2: dubbele lijn met wegdekreflectoren

A6 Resultaten van de case studies uit de regiobijeenkomsten

Resultaten per situatie/casus:

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Te veel info, tekst kan niet gelezen worden ▪ Oplossingen: <ul style="list-style-type: none"> - Virtuele borden en communicatie tussen auto en cloud - Communiceren: dit is buiten ODD van ADAS
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Voldoet niet: markering vuil, asmarkering ontbreekt ▪ Belijning is niet te volgen. ▪ Oplossingen: <ul style="list-style-type: none"> - Programmeren dat gele lijnen voor witte gaan - Belijning demarkeren, aslijn aanbrengen, schoon houden - Communiceren: dit is buiten ODD van ADAS
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kantmarkering is smal ▪ Binnen ODD van ADAS ▪ Bord 'Autoweg' wordt niet gelezen ▪ Oplossing: <ul style="list-style-type: none"> - Digitale kaarten - Snelheidslimiet 100 weergeven
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Attentieverhogend materiaal in asmarkering is niet volgens richtlijn ▪ Wegprofiel met twee bochten is ook uitdagend ▪ Oplossing: <ul style="list-style-type: none"> - Belijning conform richtlijn maken - Wegontwerp digitaal vastleggen - Communiceren: dit is buiten ODD van ADAS
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Weg voldoet aan richtlijn ▪ Adviesbord wordt niet begrepen ▪ Oplossingen: <ul style="list-style-type: none"> - Adviesbord dient meegenomen te worden door verkeersbordherkenning - Snelheidslimiet verlagen - Verantwoordelijkheid bestuurder benadrukken - Voertuig snelheid laten aanpassen op basis van weglayout

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Weg voldoet niet aan richtlijnen. Opvolgende boogstralen zijn te krap, geen overgangsbogen ▪ Oplossing: <ul style="list-style-type: none"> - Slinger uit weg halen - Auto moet beter voorspellen (met kaarten of verre radar) hoe het verloop van de weg is - Communiceren: dit is buiten ODD van ADAS
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Situatie voldoet aan richtlijn ▪ Kwaliteit markering is slecht ▪ Reparatietechniek dient niet toegepast te worden
 <p>slecht zichtbare (herkenbare) bebording</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Situatie voldoet niet. Bord is niet goed te zien en belijning niet goed zichtbaar door water op rijbaan ▪ Oplossing: <ul style="list-style-type: none"> - Beter onderhoud
 <p>Voor wie is bord B06 bedoeld?</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Situatie voldoet niet aan zichtlijnen. Verkeersbord dient verplaatst te worden ▪ Situatie levert geen problemen op voor ADAS, omdat dit bord niet waargenomen wordt en omdat kruispunt toch buiten ODD valt
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ N271 t.h.v. Bergen hmp. 100.75 t/m 101.7 ▪ Inrijden kom van 80 km/h naar 50km/h ▪ Bord komgrens wordt niet waargenomen. ▪ Psycho-bremsen worden niet waargenomen ▪ Oplossing: <ul style="list-style-type: none"> - Komgrensbord aanvullen met snelheidsbeperking 50
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ N271 t.h.v. Bergen hmp. 100.75 t/m 101.7 ▪ T.h.v. hmp. 100.94 bromfietzers op de rijbaan ▪ Situatie voldoet aan richtlijnen voor 50 km/u ▪ Markering mogelijk niet geschikt voor ADAS ▪ Oplossing: <ul style="list-style-type: none"> - Communiceren: dit is buiten ODD van ADAS - Kantmarkering aanbrengen



- N271 t.h.v. Bergen hmp. 100.75 t/m 101.7
- T.h.v. Hmp. 101.65 overrijdbare middengeleider voor inrit
- Markering niet geschikt voor ADAS.
- Oplossing:
 - Communiceren: dit is buiten ODD van ADAS
 - Markering aanbrengen



- N256 Zeelandbrug hm 20.2
- Bord 50t wordt gelezen als snelheidslimiet
- Oplossingen:
 - Bord 50t dient aangepast te worden
 - RVV-borden in auto programmeren



- N786 – regionale verbindingsweg
- Weg te smal door inpassingsprobleem
- Geen dubbele rijrichtingscheiding
- Oplossingen:
 - Weg dient conform richtlijnen te zijn
 - Communiceren: dit is buiten ODD van ADAS



- N377 hmp 24.5/31.7 Lichtmis Coevorden
- Weg heeft slecht onderhoud
- Geen dubbele asmarkering
- Oplossing:
 - Beter beheer en onderhoud



- N331: rechtstand Zwartsluis - Vollenhove
- Weg voldoet
- ADAS doet niets met glasbollen





- N331: bocht Zwartsluis - Vollenhove
- Weg voldoet aan richtlijn



- N240 18.1, bij Medemblik
- Auto verlaat rijstrook
- Weg voldoet niet aan richtlijn:
 - Oude markering
 - Rijzicht beperkt door 'bultje'
 - Geen redresseerruimte
- Reden: Prioritering, investeringskosten
- Oplossing: Weg herinrichten
- Haaiantanden worden niet waargenomen als langsmarkering
- Dit dient afgestemd te worden met fabrikant



- N240 19.1, bij Medemblik
- Auto verlaat rijstrook
- Weg voldoet niet
- Verbetermaatregelen:
 - Boogstraal vergroten
 - Snelheid verlagen
 - Dubbele asmarkering



- N307 (Westfrisiaweg), 38.3 bij Hoorn
- LKA stuurt naar rechts vanwege oude tijdelijke markering
- Oplossing:
 - nieuwe deklaag
 - LKA-systeem verbeteren

A7 Referenties

- [1] 'Zelfrijdende auto's: verkenning van implicaties op het ontwerp van wegen', Royal HaskoningDHV/TNO in opdracht van Rijkswaterstaat WVL en CROW, 2016.
- [2] 'Infrastructuur klaarmaken voor automatisch rijden', Goudappel Coffeng / Rebel in opdracht van Ministerie van I&W, 2018.
- [3] 'Taxonomy and definitions of terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles', J3016, Issued 2014-1, Revised 2018-6, Society of Automotive Engineers (SAE), 2018.
- [4] 'Handboek Wegontwerp', Basis Criteria, Gebiedsontsluitingswegen, Regionale Stroomwegen, CROW, 2013.
- [5] 'Infrastructuur van de toekomst - onderzoeksvraag 1 - aanpassen fysieke infrastructuur a.g.v. slimme auto's', Royal HaskoningDHV in opdracht van het Landelijk Verkeersmanagement Beraad (LVMB), 2019.
- [6] 'EuroNCAP definities ADAS', www.euroncap.com/nl, 2019.
- [7] 'New safety features in your car', European Commission fact sheet, 2019.
- [8] 'Handboek Ontwerpcriteria Wegen Overijssel', Standaarden in de provincie Overijssel, 2017.
- [9] 'Handboek Provinciale Plaatsing RVV borden, Provincie Limburg, 2016.
- [10] 'Notitie Sober en doelmatig - uitwerken onderzoeksvraag: wat is goede markering?', CROW, 2016.
- [11] 'Roads that cars can read', joint consultation paper by EuroNCAP and EuroRAP, 2014.
- [12] 'Road Markings', 'Traffic Signs', ERF road safety training Malta (ERF, 3M), 2019.
- [13] 'ERF Technical Recommendations to adapt CAV's – road markings', CEN-TC226-WG2_N0249_ERF-Recommendations-on-Road-Markings_FIN, ERF, 2019.
- [14] 'Understanding the optimal characteristics of pavement markings for detection by forward facing optical cameras', ITS World Congress Copenhagen, 3M, 2018.
- [15] 'Connected and Autonomous Vehicles: interface analysis', FEV consulting paper, prepared for Ministry of I&W, 2019.
- [16] 'Assessment of key road operator actions to support automated vehicles', AustRoads research report, 2017.
- [17] 'Infrastructure changes to support automated vehicles on rural and metropolitan highways and freeways', Project findings and recommendations – module 5, AustRoads research report AP-R606-19, 2019.
- [18] 'Road Infrastructure Requirements for Improved Performance of Lane Assistance Systems', TU Delft met Royal HaskoningDHV in opdracht van provincie Noord-Holland, 2019.
- [19] 'ADAS op de N59', Royal HaskoningDHV in opdracht van provincie Zuid-Holland, 2019.
- [20] 'Herkenbaarheid markering voor Lane Keeping Systemen', Royal HaskoningDHV in opdracht van provincie Overijssel, 2018.
- [21] 'Toepassing LKS op smalle rijstroken', Royal HaskoningDHV in opdracht van Rijkswaterstaat WVL, 2017.
- [22] 'Markering en Rijtaakondersteunende Systemen', Royal HaskoningDHV in opdracht van provincie Utrecht, 2016.
- [23] 'Veiligheidseffecten van rijtaakondersteunende systemen', Bijlage bij convenant ADAS alliantie, SWOV R-2019-14, 2019.
- [24] 'Wie stuurt? Verkeersveiligheid en automatisering in het wegverkeer', Onderzoeksraad Voor Veiligheid, 2019.
- [25] 'Factsheet Slimme Voertuigen, ontwikkelingen en cijfers veiligheids- en comfortsystemen wagenpark 2019, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2019.

A8 Lijst van afkortingen

ACC	Adaptive Cruise Control
ADAS	Advanced Driver Assistance System
CAD	Cooperative & Automated Driving
ETW	Erftoegangsweg
EuroNCAP	European New Car Assessment Programme
EuroRAP	European Road Assessment Programme
ERF	European Road Federation
GOW	Gebiedsontsluitingsweg
IPO	Interprovinciaal Overleg
LKA	Lane Keeping Assist
LDW	Lane Departure Warning
LVMB	Landelijk Verkeersmanagement Beraad
ODD	Operational Design Domain
OVV	Onderzoeksraad Voor Veiligheid
OWN	Onderliggend Wegennet
SAE	Society of Automotive Engineers
SW	Stroomweg
V2X	Vehicle to X communication