

RAPPORT

Infrastructuur gereed voor slimme voertuigen

Kostenraming aanpassen markering en snelheidsborden

Klant: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Referentie: BI7265-MI-RP-221122-1318

Status: Definitief/00

Datum: 22 november 2022



HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Mobility & Infrastructure
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: Infrastructuur gereed voor slimme voertuigen

Sub titel: Kostenraming aanpassen markering en snelheidsborden
Referentie: BI7265-MI-RP-221122-1318
Status: 00/Definitief
Datum: 22 november 2022
Projectnaam: Kostenraming aanpassen infra voor ADAS
Projectnummer: BI7265
Auteur(s): Evert Klem

Opgesteld door: Evert Klem

Gecontroleerd door: Niels Bosch

Datum: 21-11-2022

Goedgekeurd door: Bart Humblet

Datum: 21-11-2022

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden veelevoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Huidige situatie ADAS en kwaliteit infrastructuur	2
2.1	Relatie mens voertuig en infrastructuur	2
2.2	Functioneren huidige markering	3
2.3	Functioneren huidige snelheidsborden	3
3	Aanpassen markering	5
3.1	Hoeveel markering ligt er in Nederland?	5
3.2	Waar zijn de kosten voor het aanpassen van markering uit opgebouwd?	6
3.3	Wat kost het aanpassen van de markering?	7
3.4	Op welke wijze kan het aanpassen van de markering worden uitgevoerd?	7
3.4.1	Alle markering vervangen in één jaar.	8
3.4.2	De markering vervangen over een periode van drie jaar.	8
3.4.3	De markering vervangen conform de onderhoudscyclus van 7 jaar.	10
3.5	Wat kost het op peil houden van de kwaliteit van markering?	11
3.6	Wat is de invloed van nieuwe markering?	11
4	Aanpassen snelheidslimietborden	12
4.1	Hoeveel snelheidslimietborden staan er in Nederland?	12
4.2	Waar zijn de kosten voor het aanpassen van snelheidslimietborden uit opgebouwd?	12
4.3	Wat kost het aanpassen van de snelheidslimietborden?	13
4.4	Op welke wijze kan het aanpassen van de snelheidslimietborden worden uitgevoerd?	14
5	Wat doen de landen rondom Nederland?	15
6	Conclusies en aanbevelingen	16
6.1	Conclusies	16
6.2	Aanbevelingen	16

1 Inleiding

Rijtaakondersteunende systemen, afgekort ADAS¹, kunnen naar verwachting een belangrijke bijdrage leveren aan het vergroten van de verkeersveiligheid. Maar deze systemen zijn wel afhankelijk van de kwaliteit van de infrastructuur en het bijbehorende wegmeubilair, zoals markering en verkeersborden. Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat wil inzicht krijgen in de eventuele kosten van gewenste aanpassingen aan de infrastructuur, zowel de Capex (investeringskosten) als de Opex (instandhoudingskosten).

De ADAS-systemen waarvoor onderzoek naar eventuele aanpassingen aan de infrastructuur zijn gewenst, zijn:

- Lane Keeping System (LKS): systemen waaronder Lane Keeping Assist (LKA) die het voertuig binnen de rijstrook houden.
- Intelligente Snelheids Assistent (ISA): systemen die aangeven welke snelheidslimiet op de betreffende locatie geldt.

De ADAS-systemen LKA en ISA zijn vanaf juli 2022 verplicht in alle nieuwe typen personenauto's en vanaf 1 juli 2024 in alle nieuwe personenauto's.

Het Ministerie wil de kosten weten van de benodigde aanpassing van markering op alle A- en N-wegen in Nederland en van de benodigde aanpassing van de snelheidslimietborden op zowel het autosnelwegennet, als het onderliggende wegennet, met onderscheid naar rijks-, provinciale, waterschaps- en gemeentelijke wegen.

Daarnaast vraagt het Ministerie om een uitwerking van scenario's op basis van het marktaandeel van ISA en LKS, beheer- en onderhoudsplanning van de wegbeheerders voor implementatie. Tot slot wil het Ministerie inzicht krijgen in hetgeen in de ons omringende landen wordt gedaan.

Als de markering en de snelheidslimietborden niet gedetecteerd kunnen worden door de ADAS-toepassingen of verkeerd geïnterpreteerd worden, dan zal het effect op de verkeersveiligheid beperkt blijven. Als automobilisten te veel vertrouwen op die systemen of die systemen uitschakelen vanwege de beperkingen, kan het effect zelfs negatief uitpakken.

Het Ministerie heeft aan Royal HaskoningDHV opdracht gegeven voor het uitvoeren van dit onderzoek. Na deze inleiding gaan wij, in hoofdstuk twee, kort in op de aanleiding van de onderzoeksvraag. Hoofdstuk drie beschrijft de situatie omtrent markering. Hoeveel kilometer markering ligt er in Nederland op de A- en N-wegen, wat kost het aanpassen en op welke wijze kunnen de aanpassingen vormgegeven worden?

In hoofdstuk vier gaan we in op de situatie met betrekking tot de snelheidslimietborden. Hoeveel snelheidslimietborden staan er in Nederland op alle wegen, hoeveel borden kunnen problemen opleveren voor de ADAS-toepassingen, wat kost het aanpassen van deze bebording en op welke wijze kan de uitvoering worden georganiseerd.

¹ ADAS: Advanced Driver Assistance Systems

2 Huidige situatie ADAS en kwaliteit infrastructuur

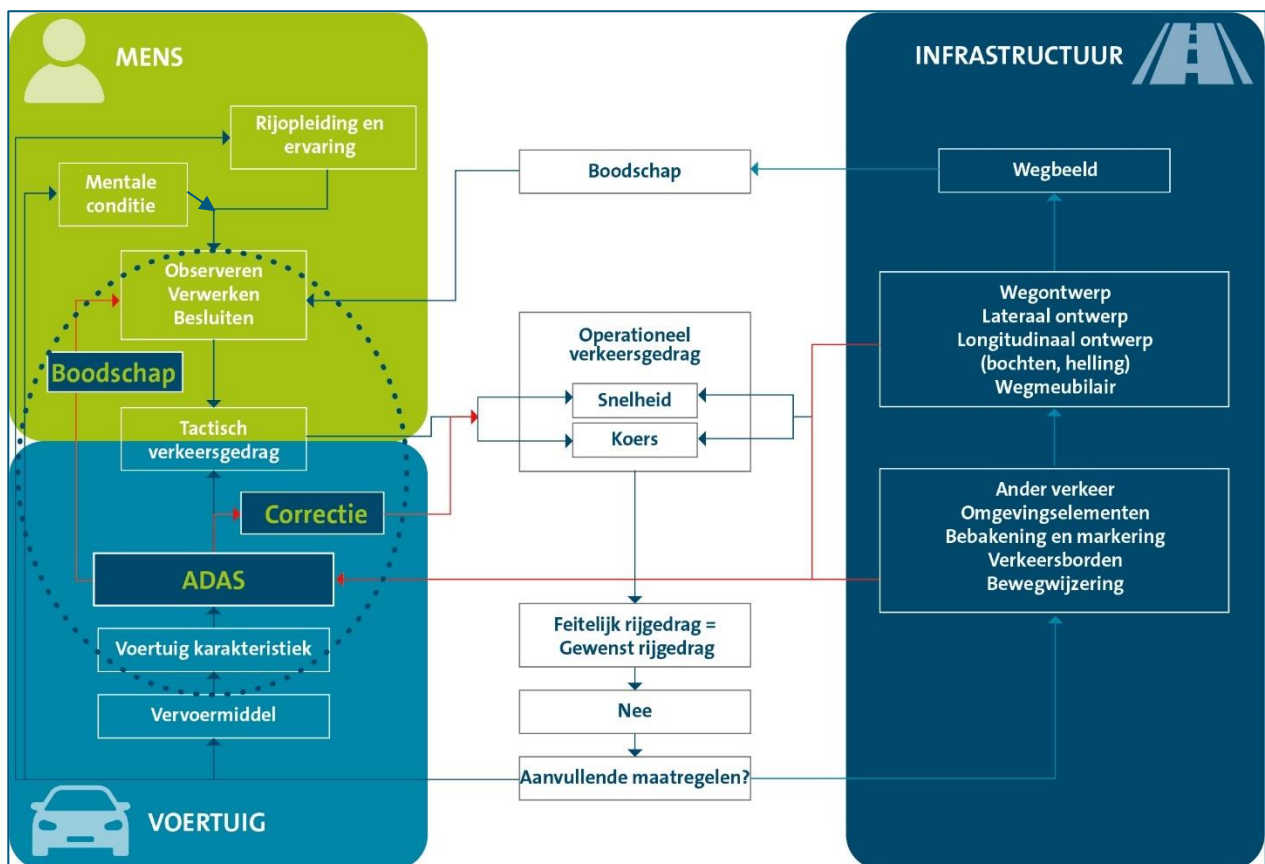
2.1 Relatie mens voertuig en infrastructuur

Om de onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden is het belangrijk inzicht te hebben in de relatie tussen de bestuurder van voertuigen, het voertuig en de infrastructuur en de invloed van de ADAS-toepassingen op die relatie. Onderstaande Figuur 1 laat zien dat het ontwerp, de inrichting en uitrusting en het gebruik van de infrastructuur een wegbeeld en afgeleide informatie ('boodschappen') levert. Hieronder vallen ook de markering en de snelheidslimietborden. Als er op het tactische rijtaakniveau manoeuvres uitgevoerd moeten worden, zoals inhalen, van richting veranderen of stoppen, neemt de bestuurder deze boodschappen waar, verwerkt deze en besluit de manoeuvre te gaan uitvoeren. Op operationeel niveau betekent dat het aanpassen van de snelheid en koers van het voertuig.

Voor de ADAS-toepassingen LKS en ISA kan een voertuig de relevante informatie op twee manieren binnenhalen. Via sensoren (in de meeste gevallen zijn dit camera's) wordt de situatie buiten gedetecteerd en verwerkt en daarnaast komt informatie via de digitale weg binnen in het voertuig. In een ideale situatie komt hetgeen die buiten wordt waargenomen overeen met de informatie die digitaal beschikbaar wordt gesteld en vice versa.

Ook is het belangrijk te constateren dat sommige systemen de bestuurder 'informereren', zodat deze zelf kan besluiten de snelheid of koers aan te passen (bijvoorbeeld Lane Departure Warning Systems).

Andere systemen kunnen echter direct ingrijpen op de snelheid en de koers (bijvoorbeeld Lane Keeping Systems). Het is daarom belangrijk dat ADAS-toepassingen boodschappen ontvangen van minimaal dezelfde kwaliteit (betrouwbaarheid, nauwkeurigheid, uniformiteit, etc.) als de weggebruiker nu.



Figuur 1: relatie mens-voertuig-weg en invloed ADAS-toepassingen

2.2 Functioneren huidige markering

Als we specifiek naar de markering kijken, dan zijn hiervoor in de richtlijn BRL9141 eisen opgenomen over de reflectiewaarde. De reflectiewaarde is de hoeveelheid zonlicht, wegverlichting en/of licht van de koplampen van het voertuig, die door de markering wordt teruggekaatst.

De LKS-systemen werken op de contrastwaarde tussen de markering (wit) en de ondergrond (grijs/zwart). Een witte markering op een lichtgrijze asfalt laag, kan een hoge reflectiewaarde opleveren, maar een lage contrastwaarde. Deze contrastwaarde staat nu nog niet in de eisen, maar worden naar verwachting wel opgenomen in de update van de EU-richtlijn. Momenteel wordt onderzocht in hoeverre op Europees niveau overeenstemming kan worden bereikt over zaken als de contrast- en reflectiewaarden, maar ook over standaarden voor de breedte en lengte van verschillende typen markeringen.

Voor markering is in Nederland de garantie-eis aangepast en van 7 jaar naar 3 jaar verschoven. De kwaliteit van markering wordt zelden tot nooit gemonitord. Wel geeft RWS aan dat de kwaliteit (lees: reflectiewaarde) van markering tussen de 3 en 7 jaar gestaag afneemt. Het is niet bekend bij welke leeftijd de markering niet meer gedetecteerd kan worden. Op dit moment loopt wel een verkenning naar de mogelijkheid om met data uit voertuigen meer inzicht te krijgen in de actuele staat van de infrastructuur, zodat op termijn gericht onderhoud gepleegd kan worden waar dat daadwerkelijk nodig is. Dit zou inzichten kunnen geven in hoeverre de belijning na verloop van tijd nog voldoet aan de eisen.

Uit eerder onderzoek van o.a. HaskoningDHV blijkt dat onder droge weersomstandigheden, zowel bij daglicht als bij duisternis, de markering door de meeste geteste LKS-systemen werd gedetecteerd. Er is beperkt onderzoek gedaan naar de detectie van markering bij nat wegdek in combinatie met wegverlichting of verlichting door tegenliggers. Daaruit blijkt dat LKS-systemen de markering niet altijd kunnen detecteren.

Het is voor het onderzoek belangrijk om de huidige situatie als uitgangspunt te nemen.

De fabrikant van de voertuigen is verantwoordelijk voor een ordentelijke werking van de LKS-systemen. Als de LKS-systemen de markering niet kunnen detecteren, dient dit aan de bestuurder van het voertuig te worden gemeld. Dit kan via een pictogram en/of een geluidssignaal.

2.3 Functioneren huidige snelheidsborden

Bij de snelheidslimietborden zien we in de praktijk enkele situaties die tot verkeerde keuzes van de ISA-systemen kunnen leiden. Ten eerste betreft dit de toepassing van verschillende snelheden op twee parallel lopende banen of wegen. Op autosnelwegen kan de snelheid tussen hoofd- en parallelrijbaan verschillen (bijvoorbeeld 100 of 120 versus 80 km/h), zie



Figuur 2: Snelheidslimietbord tussen hoofd- en parallelbaan

Verder zien we verschillen in de maximumsnelheid op autosnelwegen (100, 120 of 130km/h) en parallel lopende plattelands-wegen (60 km/h), zie Figuur 3. Het is niet altijd duidelijk waar de snelheidslimiet, die in de auto wordt getoond, op is gebaseerd. Detecteert de camera het bord buiten of komt het signaal digitaal binnen op basis van een digitale kaart? De ervaring leert ook dat de in de auto getoonde maximumsnelheid af kan wijken van de feitelijk geldende snelheidslimiet.



Figuur 3: Snelheidslimietbord tussen stroomweg en erftoegangsweg

Daarnaast hebben we te maken met borden die het begin van een snelheidslimiet tonen (A0-1) of de beëindiging daarvan (A-02). Het begin, bord met rode rand, wordt door ISA gedetecteerd, maar het einde, wit bord met diagonale strepen, niet altijd. Dit betekent dat het bord 'Einde maximumsnelheid' vervangen zou moeten worden door een A0-1 bord, met daarop de daar geldende snelheidslimiet. Dus bijvoorbeeld geen wit bord plaatsen met 'einde 30', maar een bord met rode rand met limiet 50 km/h.

De Nederlandse wetgeving gaat uit van de kennis van de automobilist, die weet dat binnen de bebouwde kom 50 km/h de standaard is en dat deze snelheid na een 'einde 30 km/h' bord de limiet betreft. Dit geldt ook voor wegen buiten de bebouwde kom waar, tenzij de limiet 60 km/h wordt getoond, de normale limiet '80 km/h' betreft, zonder dat deze overal wordt getoond. Het ontwerp van wegen is op deze kennis afgestemd.

Als we in plaats van het einde bord, de nieuwe limiet gaan tonen, dient dit volgens de regels na elke kruising te worden herhaald. Deze 'standaard snelheden' zijn echter niet in alle EU-landen hetzelfde. Voor de snelheidsborden geldt dat we voor het onderzoek vooralsnog de huidige situatie als uitgangspunt nemen.

3 Aanpassen markering

3.1 Hoeveel markering ligt er in Nederland?

Nederlandse A- en N-wegen² zijn voorzien van markering. Deze bestaat op elke rijbaan uit doorgetrokken strepen aan de zijkant van de rijbaan en onderbroken strepen tussen de rijstroken. Daarnaast zijn er locaties waarbij de asmarkering bestaat uit dubbele doorgetrokken strepen of er zijn een doorgetrokken en een onderbroken streep naast elkaar aangebracht.

Om de totale lengte van gemarkeerde lijnen te bepalen hebben we onderstaande methode gehanteerd. Wegen in dit onderzoek zijn geselecteerd uit de NWB-netwerkdata voor Nederland in combinatie met WEGGEG-data. Bij het berekenen van de lengte en oppervlakte van de markering zijn de volgende aannames gedaan:

1. De markering en snelheidslimietborden zijn conform vigerende handboeken en richtlijnen aangebracht.
2. De betreffende wegen hebben doorgetrokken lijnen aan de buitenkant van de rijbaan die een breedte hebben van 0,2m.
3. Het aantal rijstroken is bepaald door een combinatie van WEGGEG-gegevens die rijstroken, mengstroken en kantstroken bevatten.
4. Wanneer er geen bijzondere omstandigheden zijn (bv. mengstroken of kantstroken) wordt asmarkering verondersteld van een lengte van 3m. met een tussenruimte van 9m. en een breedte van 0,15m.
5. Waar mengstroken worden geïdentificeerd, wordt één asmarkering in stap 3 vervangen door een 1m. gemarkeerde lijn met een 3m tussenruimte en een breedte van 0,45m (blokmarkering).
6. Kantstroken kennen als verschijningsvorm de spitsstroken of plusstroken. Indien geïdentificeerd, vervangen deze de in stap 3 beschreven markering van één rijstrookscheiding en worden de volgende kenmerken verondersteld:
 1. Spitsstroken: doorlopende lijn met een breedte van 0,2m
 2. Plusstroken: 9m geschilderde lijn met een opening van 3m en een breedte van 0,15m

De totale lengte van wegsegmenten met één of meer rijstroken, bedraagt 6.864 km. Op elk segment zijn lijnen met markering aangebracht.

De totale lengte van de lijnen waarop markering is aangebracht, bedraagt 22.015 km. Van die lengte is **15.835 km** voorzien van markering.

Tabel 1 geeft het aantal kilometer wegsegment met één of meer rijstroken per richting per weg dat in Nederland voorkomt. Per type weg is de totale lengte van de weg weergegeven, vervolgens de lengte van de rijbanen (twee richtingen), de lengte van alle rijstroken en tot slot het aandeel van alle rijstroken per type weg.

² Met N-wegen worden in dit rapport de 2-cijferige N-wegen in beheer bij Rijkswaterstaat bedoeld.

Wegtype	Lengte segmenten (in km)		Aandeel
	Aantal rijstroken	Segment	Alle rijstroken
1	964	964	14%
2	4082	8164	59%
3	1281	3843	19%
4	395	1580	6%
5	112	560	2%
6	30	18	0%
7	0	6	0%
	5212	22169	100%

Tabel 1: aantal kilometers per type weg (Bron: berekening HaskoningDHV 2022)

3.2 Waar zijn de kosten voor het aanpassen van markering uit opgebouwd?

De kosten voor het aanpassen van de markering bestaan globaal uit de volgende posten:

- Inzet mensen en materieel. Onder andere de bestuurders van de verf- en freesmachine, de machines zelf, materiaal om bepaalde figuren te kunnen aanbrengen en het markeringsmateriaal zelf, zoals verf of thermoplast;
- Verkeersmaatregelen om een veilige werkplek te creëren;
- Tijdelijke verkeerssignalering (MRS);
- Tijdelijke wegverlichting.

Op basis van Tabel 1 is per wegtype het aantal kantstrepen (doorgetrokken strepen) en het aantal asmarkeringen (onderbroken/3-9 strepen) bepaald. In de onderstaande opsomming staat weergegeven welke factoren de kostprijs kunnen beïnvloeden en enkele aannames die daarbij zijn gemaakt:

- Per werkgang (één nacht), kan ca. 10 kilometer markering worden aangebracht.
- Per type weg is berekend wat de kosten zijn van het wegstralen van bestaande markering en het aanbrengen van nieuwe markering.
- Voor elke aansluiting geldt dat de puntstukken worden voorzien van sprayplast. Het geschatte aantal aansluitingen bedraagt 700, met elk vier puntstukken met een geschat oppervlak van 150 m² per puntstuk.
- Per type weg is bepaald welke verkeersmaatregelen nodig zijn om deze werkzaamheden veilig te kunnen uitvoeren. Uitgangspunt is dat per afzetting, twee lijnen gemarkeerd kunnen worden en dat het wegstralen en opnieuw markeren aansluitend op elkaar uitgevoerd kan worden. De kosten voor de bijbehorende verkeersmaatregelen zijn daarom één keer in de berekening meegenomen.
- Een deel van het wegennet is voorzien van verkeerssignalering (MTM), zodat het afkruisen van rijstroken via de verkeerscentrale wordt geregeld. Voor andere wegvakken dient Mobiele Rijstrook Signalering (MRS) te worden gebruikt. Hetzelfde geldt voor tijdelijke verlichting. Hiervoor zijn aparte kostenposten opgenomen.

- Aangenomen is dat op de helft van het wegennet MTM en verlichting aanwezig is. Dit betreft ca. 50% van het wegennet. Aangenomen is dat voor alle 1-strooks wegen en 50% van de 2-strooks wegen uit Tabel 1, extra kosten nodig zijn om de MRS-sen en tijdelijke verlichting toe te passen³.
- Alle kosten zijn gebaseerd op prijspeil januari 2022. Bij de kosten dient rekening te worden gehouden met een onnauwkeurigheidsmarge van +25% vanwege risico's en onvoorziene kosten.

3.3 Wat kost het aanpassen van de markering?

Bij enkele marktpartijen zijn de kosten opgevraagd voor het wegstralen en aanbrengen van markering voor alle A- en N-wegen, onderscheiden naar de hierboven genoemde kostenposten. Tabel 2 geeft de kosten per post ex- en inclusief BTW weer, naar boven afgerond op een miljoen Euro.

Activiteit	Kosten (afgerond)
Wegstralen markering	€ 58.000.000
Aanbrengen kantstrepen, asmarkering en blokmarkering	€ 60.000.000
Aanbrengen puntstukken	€ 2.000.000
Verkeersmaatregelen	€ 4.000.000
MRS	€ 1.000.000
Tijdelijke werkverlichting	€ 2.000.000
Totale kosten (excl. BTW)	€ 127.000.000
Totale kosten (incl. BTW)	€ 154.000.000

Tabel 2: Kosten vervangen markering (excl. en incl. BTW)

3.4 Op welke wijze kan het aanpassen van de markering worden uitgevoerd?

Om de markering te vervangen hebben we drie uitvoeringsscenario's opgesteld.

1. Alle markering vervangen in 1 jaar (dan is ca. 5% van alle voertuigen voorzien van de ADAS-systemen).
2. Alle markering vervangen in een periode van 3 jaar (ca. 20-25% van alle voertuigen is dan voorzien van ADAS-systemen).
3. Alle markering vervangen volgens de beheer- en onderhoudscyclus van 7 jaar⁴, waarbij de deklagen en dus ook de markering worden vervangen.

Hierna lichten we de scenario's verder toe.

³ De gesommeerde lengte van alle 1-strooks wegen en van 50% van de 2-strooks wegen, bedraagt ca. 50% van de lengte van alle wegen A- en N-wegen

⁴ De beheer en onderhoudscyclus ligt tussen de 7 en 10 jaar. Voor deze berekening is uitgegaan van 7 jaar.

3.4.1 Alle markering vervangen in één jaar.

Ondanks dat de automotive industrie verantwoordelijk is voor een ordentelijke werking van de LKS-systemen, wil het Ministerie onderzoeken of het mogelijk is om door beperkte ingrijpen de kans te beperken dat voertuigen met LKS de markering niet kunnen detecteren en er daardoor veiligheidsrisico's ontstaan. Om deze risico's, die worden veroorzaakt door onvolkomenheden in de markering, te beperken, kan besloten worden om alle markeringen op de A- en N-wegen in Nederland in een zo kort mogelijke periode, bijvoorbeeld in één jaar, uit te voeren.

Dit scenario heeft enkele consequenties:

- Oude markering moet worden weggestraald en nieuwe markering wordt op bestaand asfalt aangebracht. Als het asfalt binnen één of twee jaar vervangen moet worden, betekent dit kapitaalvernietiging van de aangebracht markering.
- Druk op marktpartijen om met beperkte capaciteit in korte tijd alle markering te vervangen.
- Hinder voor het verkeer.
- Extra kosten voor alle extra noodzakelijke verkeersmaatregelen.
- Beperkte restlevensduur van het asfalt waardoor markering relatief snel weer opnieuw moet worden aangebracht

De kosten voor deze variant bedragen, conform met hetgeen in Tabel 2 is weergegeven, € 154 mln. (incl. BTW).

Aangezien de markering die in de drie jaar voorafgaand aan dit scenario is vervangen, is bovenstaand bedrag met drie-zevende gereduceerd en komt daarmee op € 88 mln. in plaats van € 154 mln. Opgemerkt moet worden dat niet is onderzocht of de marktpartijen in staat zijn om alle werkzaamheden in een periode van één jaar te realiseren.

3.4.2 De markering vervangen over een periode van drie jaar.

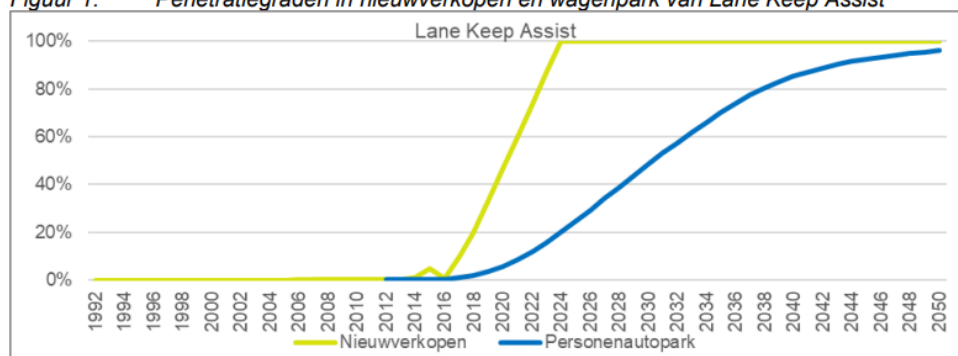
Gezien de ingroeitijd van de nieuwe systemen, zullen er tussen 2023 en 2025 jaarlijks ca. 400.000 nieuwe voertuigen met de betreffende ADAS-toepassingen bij komen. Naast de al aanwezige voertuigen met deze systemen, rijdt eind 2025 circa 25% van de voertuigen van het totale wagenpark met LKS-systemen (zie Figuur 4).

De ontwikkeling van de penetratiegraad van LKA en RCW in de nieuw verkochte voertuigen en het wagenpark

Ontwikkeling penetratiegraad ADAS in nieuw verkopen en wagenpark van Lane Keep Assist
Lane Keep Assist (LKA) kent nu nog een lage penetratiegraad, zowel in de nieuw verkochte auto's als in het wagenpark. In 2022 wordt LKA verplicht in nieuwe modellen en in 2024 in alle nieuwe auto's. De groene lijn in figuur 1 laat zien dat de penetratiegraad in nieuwe auto's vanaf het huidige (lage) niveau heel snel gaat toenemen naar 100% uiterlijk in 2024.

De snelheid waarmee het wagenpark geleidelijk wordt vervangen bepaalt de veel tragere ingroei van LKA in het wagenpark, aangegeven met de blauwe lijn. In 2038 (14 jaar na het ingaan van de wettelijke verplichting) is de penetratiegraad in het wagenpark zo'n 80%. De volledige 100% wordt pas na 2050 bereikt.

Figuur 1: Penetratiegraden in nieuwverkopen en wagenpark van Lane Keep Assist



Figuur 4: Ingroei Lane Keep Assist in Nederland. Bron: Bandbreedte ontwikkeling penetratiegraad ADAS. MuConsult, juni 2021

Het risico dat voertuigen met LKS, problemen krijgen met markering die niet gedetecteerd kan worden, neemt dan toe. Door in een periode van drie jaar alle markering op A- en N-wegen te vervangen kan dit risico worden beperkt.

Ook dit scenario heeft enkele consequenties:

- Oude markering wordt weggestraald en nieuwe markering wordt op bestaand asfalt aangebracht.
- Druk op marktpartijen om met beperkte capaciteit in korte tijd alle markering te vervangen.
- Hinder voor het verkeer.
- Extra kosten voor alle extra noodzakelijke verkeersmaatregelen.
- Op een deel van de wegen is de afschrijfperiode van de markering korter vanwege de technische levensduur van het asfalt.

Tabel 3 geeft de bijbehorende jaarlijkse kosten weer.

Activiteit	Kosten (afgerond) excl. BTW
Wegstralen markering	€ 19.000.000
Aanbrengen kantstrepen, asmarkering en blokmarkering	€ 20.000.000
Aanbrengen puntstukken	€ 1.000.000
Verkeersmaatregelen	€ 2.000.000
MRS	€ 1.000.000
Tijdelijke werkverlichting	€ 1.000.000
Totale kosten (excl. BTW)	€ 44.000.000
Totale kosten (incl. BTW)	€ 54.000.000

Tabel 3: Jaarlijkse kosten vervangen markering over periode van 3 jaar (ex. en incl. BTW)

3.4.3 De markering vervangen conform de onderhoudscyclus van 7 jaar.

De afnemende kwaliteit van de markering kan ertoe leiden dat LKS-systemen de markering niet kunnen detecteren, waardoor gevaarlijke situaties kunnen ontstaan. Dit kan situaties betreffen waarbij bestuurders niet het gewenste rijgedrag vertonen en onvoldoende alert de rijtaak uitvoeren, maar ook bestuurders, die bijvoorbeeld onwel worden en dus buiten de eigen schuld de rijtaak niet kunnen uitvoeren.

Een derde scenario is om de update van de markering te laten verlopen via de normale beheer- en onderhoudsplanning. Nu is dat ca. elke 7 jaar. Door de huidige onderhoudscyclus aan te houden zijn er in feite beperkt extra kosten, namelijk de mogelijk hogere kosten voor de nieuwe markering zelf. Dit is nu als PM-post opgenomen.

Alle andere kosten zijn reeds voorzien en begroot, zie Tabel 4.

Activiteit	Kosten (afgerond) excl. BTW
Wegstralen markering	Niet van toepassing
Aanbrengen kantstrepen, asmarkering en blokmarkering	PM (kosten nieuwe markering)
Aanbrengen puntstukken	PM (kosten nieuwe markering)
Verkeersmaatregelen	Al begroot
MRS	Al begroot
Tijdelijke werkverlichting	Al begroot
Totale kosten	PM

Tabel 4: Jaarlijkse kosten vervangen markering over periode van 7 jaar

Markering toepassen die langer meegaat dan het asfalt, heeft alleen zin als deze markering ook hergebruikt kan worden, dus verwijderd en opnieuw aangebracht.

3.5 Wat kost het op peil houden van de kwaliteit van markering?

Naast een investering om alle markering op A-0 en N-wegen op peil te brengen, is ook extra budget nodig om de markering op peil te houden (lees: te laten voldoen aan de eisen voor markering). Op dit moment wordt de kwaliteit van markering in Nederland niet gemonitord. Bij aanleg wordt een garantie geëist van 3 jaar, maar RWS geeft aan dat de kwaliteit van de markering tussen de 3 en 7 jaar afneemt. Het is niet bekend bij welke leeftijd de markering niet meer gedetecteerd kan worden. Voor deze studie nemen we als uitgangspunt dat:

- De markering ná 3,5 jaar niet meer voldoet aan de eisen en dus niet onder alle omstandigheden (overdag als 's nachts en bij droog en nat wegdek) detecteerbaar is.
- Het asfalt elke 7 jaar vervangen wordt.

Dat betekent dat de markering elke 3,5 jaar vervangen moet worden. Eén keer kan dat tegelijk met het vervangen van het asfalt, binnen de huidige beheer- en onderhoudscontracten en één keer, na 3,5 jaar, moet alleen de markering worden vernieuwd. De kosten hiervoor bedragen:

- Gelijk met vervangen van asfalt, dus geen kosten voor wegstralen markering: € 84 mln. (incl. BTW).
- Tussentijds, inclusief wegstralen van bestaande markering: € 154 mln. (incl. BTW).

De kosten voor het op peil houden van de markering uitgaande van de huidige eisen, nemen daardoor sterk toe.

3.6 Wat is de invloed van nieuwe markering?

Enkele marktpartijen, zoals 3M, werken aan de ontwikkeling van nieuwe vormen van markering. Op dit moment worden door RWS op de innovatiestroken langs de A58 (InnovA58) verschillende nieuwe vormen van markering getest. Deze nieuwe markering levert volgens experts van 3M de volgende voordelen op:

- De markering heeft een hogere contrastwaarde en wordt beter gedetecteerd onder situaties met nat wegdek, gecombineerd met duisternis en openbare verlichting. Daar waar de huidige markering niet altijd goed gedetecteerd kan worden.
- De nieuwe markering heeft een langere levensduur en zou minimaal de periode waarbinnen het asfalt wordt vervangen overbruggen. Dat betekent dat er geen (tussentijdse) kosten gemaakt hoeven te worden voor het vervangen van de huidige markering, hetgeen een besparing oplevert van € 154 mln. Daarnaast bespaart het ook administratieve kosten omdat er minder aanbestedingsprocedures doorlopen hoeven te worden.
- Nieuwe markering is eenvoudiger aan te brengen. Er worden kosten en materialen bespaard door de wijze waarop de nieuwe markering wordt aangebracht.

4 Aanpassen snelheidslimietborden

4.1 Hoeveel snelheidslimietborden staan er in Nederland?

We hebben uit de database van het NDW, de snelheidslimietborden geselecteerd op alle wegen in Nederland. Vervolgens hebben we bepaald welke snelheidslimietborden voor problemen kunnen zorgen bij gebruik van rijtaakondersteunende systemen, zoals Intelligente Snelheids Assistentie (ISA). Het gaat om borden die binnen een bepaalde afstand van een wegvak staan, maar niet bedoeld zijn voor bestuurders op dat wegvak. Dit kunnen borden zijn op haaks aansluitende wegvakken of borden op wegvakken van parallel gelegen wegen of rijbanen en die gedetecteerd kunnen worden door het betreffende voertuig.

Ook borden die het einde van een snelheidslimiet aangeven, zoals bij wegwerkzaamheden, leveren voor veel ADAS-voertuigen problemen op. Dit probleem kan worden opgelost door in plaats van het einde snelheidslimietbord, de vanaf dat punt geldende snelheidslimiet te tonen. Of in plaats van het bord 'einde bebouwde kom' het snelheidslimietbord met 80 tonen. Dit kan ook worden toegepast bij tijdelijke snelheidslimieten, zoals bij wegwerkzaamheden.

De selectie richt zich op de volgende borden:



Figuur 5: Overzicht van geselecteerde snelheidslimietborden

4.2 Waar zijn de kosten voor het aanpassen van snelheidslimietborden uitgebouwd?

De volgende problemen kunnen zich voordoen met snelheidslimietborden:

- Het bord is zichtbaar voor verkeer op de doorgaande rijbaan en moet gedraaid of verplaatst worden.
- Het bord is ook voor andere verkeersdeelnemers op een parallel lopende weg of rijbaan zichtbaar en hiertussen moet een afscheiding worden geplaatst.

Snelheidslimietborden die niet zichtbaar of niet leesbaar zijn door begroeiing, beschadigingen of veroudering, zijn niet in de gebruikte bestanden opgenomen en dus niet in dit onderzoek meegenomen. Uitgangspunt is dat de wegbeheerder het technisch beheer en onderhoud op orde heeft.

4.3 Wat kost het aanpassen van de snelheidslimietborden?

Voor het bepalen van de kosten hebben we de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- We gaan ervan uit dat alleen borden in de zijberm van de weg problemen kunnen veroorzaken. Dat betekent dat er geen aanvullende verkeersmaatregelen (afzettingen van rijstroken op A- en N-wegen) nodig zijn voor het aanpassen van snelheidslimietborden in de middenberm.
- We nemen borden mee die binnen 10 meter van de doorgaande weg zijn geplaatst. Er zit een verschil in de afstand waarop de camerasystemen in voertuigen de snelheidslimietborden detecteren.

Voor de kostenberekening gaan we uit van 2 situaties:

- Het bord is zichtbaar voor verkeer op de doorgaande weg en moet gedraaid of verplaatst worden. Navraag bij twee marktpartijen leert dat de kosten ca. € 120 (incl. BTW) bedragen. We schatten dat dit geldt voor 80% van alle borden.
- Het bord is ook voor andere verkeersdeelnemers zichtbaar en er moet een afscheiding komen. De kosten hiervoor bedragen ca. € 1.200 (incl. BTW). We nemen aan dat deze situatie, die voornamelijk voorkomt op de autosnelwegen, geldt voor 20% van alle probleemborden.

Voor heel Nederland hebben we 96.344 snelheidslimietborden geïdentificeerd, waarvan er ca. 21.490 voor verwarring kunnen zorgen. Voor het berekenen van de kosten gaan we ervanuit dat de problemen op het onderliggende wegennet door verplaatsing of omdraaien opgelost kunnen worden en dat voor de problemen op het hoofdwegenet er een afscherming geplaatst moet worden, zodat het bord alléén zichtbaar is voor de verkeersdeelnemers waarvoor het bord is bestemd.

In de Uitvoeringsvoorschriften van het Besluit Administratieve Bepalingen inzake het Wegverkeer (BABW) is opgenomen hoe en waar borden verkeersborden geplaatst moeten worden. De nieuwe plaats van borden kan strijdig zijn met de 'Uitvoeringsvoorschriften BABW'. Wij adviseren om te onderzoeken in hoeverre het BABW en eventueel ook het RVV aangepast moet worden gezien de diverse ADAS-ontwikkelingen.

Tabel 5 geeft de geschatte kosten voor het aanpassen van de snelheidslimietborden of het aanbrengen van een afscheiding zodat borden alleen zichtbaar zijn voor het verkeer waarvoor het bord is geplaatst.

De totale kosten voor het aanpassen van bebording op het onderliggende wegennet bedragen ca. € 2 mln. (incl. BTW). Voor het aanbrengen van een afscheiding tussen borden op het hoofdwegenet zijn de geraamde kosten ca. € 5 mln. (incl. BTW).

Aantal snelheidslimietborden	Geregistreeerde borden	Probleem borden	A- en N-wegen	Overige wegen	Kosten per bord	
					€ 100	€ 1.000
Nederland	96.344	21.490	20%	80%	€ 2 mln.	€ 5 mln.

Tabel 5: Kosten aanpassen snelheidslimietborden (kosten ex. en incl. BTW)

4.4 Op welke wijze kan het aanpassen van de snelheidslimietborden worden uitgevoerd?

De meeste probleemgevallen doen zich voor op wegen in beheer bij gemeenten. Om te zorgen voor opvolging van de nodige maatregelen dient de communicatie met gemeenten geïntensiveerd te worden, zodat zij weten waarom de voorgestelde maatregelen nodig zijn.

Het merendeel van deze aanpassingen kan worden uitgevoerd via de lopende beheer- en onderhoudscontracten.

5 Wat doen de landen rondom Nederland?

De aandacht voor de kwaliteit van markering is de afgelopen jaren enigszins toegenomen sinds de komst van de Lane Keeping Systemen. Daarvoor was de aandacht voor de kwaliteit van markering beperkt. Dit is mogelijk ook de reden dat er, behalve de specifieke productgegevens van fabrikanten, weinig tot geen informatie te vinden is over markering, zowel in Nederland als in het buitenland.

In Frankrijk wordt vooral gekeken naar de natte nachtzichtbaarheid vanwege de hogere veiligheidsrisico's die dan gelden. België kiest voor een duurzaam product vanwege de langere levensduur en de daarmee te besparen kosten.

Deze ontwikkelingen leiden ook (onbewust) tot een betere detectie door de Lane Keeping Systemen.

Over de aanpassing van bebording zijn geen buitenlandse ervaringen gevonden.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

De rijtaakondersteunende systemen (ADAS) en met name de Lane Keeping Assist (LKA) en Intelligente Snelheids Assistentiesystemen (ISA) kunnen naar verwachting bijdragen aan het verbeteren van de verkeersveiligheid in Nederland. Vanaf juli 2024 dienen alle nieuwe voertuigen hiermee te zijn uitgerust. De automotieve industrie is verantwoordelijk voor het goed functioneren van de systemen. Als de systemen de noodzakelijke informatie (lijnen en borden) niet kunnen detecteren, dient de bestuurder hierover een signaal te ontvangen. Het Ministerie stelt zich op het standpunt dat ondanks deze verantwoordelijkheid van de automotieve industrie, de wegbeheerders ernaar moeten streven om de kwaliteit van de markering en bebording (met name de snelheidslimietborden) waar mogelijk te verbeteren. Deze verbetering helpt niet alleen de ADAS-toepassingen, maar ook de bestuurder die de komende jaren nog zonder deze hulpsystemen gebruikt maakt van onze wegen.

Rijkswaterstaat geeft aan dat de kwaliteit van de markering na verloop van jaren minder wordt. Niet bekend is wanneer een ondergrens wordt bereikt en de LKS-systemen de markering niet meer kunnen detecteren.

Vanuit de EU wordt gewerkt aan een nieuwe richtlijn voor markering, waarin rekening wordt gehouden met het gebruik van LKS in voertuigen.

De kosten van het aanpassen van de markering bedragen € 154 mln., wanneer alles in één keer wordt vervangen. Als de aanpassing wordt meegenomen in het reguliere beheer- en onderhoudsprogramma zijn er geen significante extra kosten te verwachten.

Voor de snelheidslimietborden geldt dat in sommige situaties de ISA-systemen in verwarring kunnen komen doordat borden worden 'gelezen' die niet voor die betreffende voertuigen bestemd zijn, maar voor verkeer op een andere weg of rijbaan.

De kosten voor het aanpassen van de snelheidslimietborden bedragen tussen de € 2 en € 5 mln. Ook deze kosten kunnen deels via de lopende beheer- en onderhoudsprogramma's worden meegenomen.

6.2 Aanbevelingen

De kwaliteit van markering speelt een belangrijke rol bij het goed laten functioneren van de Lane Keeping Systemen. Daarmee kunnen naar verwachting ongevallen en slachtoffers voorkomen worden. De automotieve industrie is in eerste instantie verantwoordelijk voor het goed functioneren van deze systemen. Wel kunnen wegbeheerders hieraan bijdragen door te zorgen voor goede markering.

Aanbevolen wordt om meer onderzoek te doen naar de kwaliteit van de huidige markering, onder de diverse licht- en weersomstandigheden, met name 's nachts bij nat wegdek en openbare verlichting.

Aanbevolen wordt om door monitoring inzicht te krijgen in het verloop van de kwaliteit over de jaren heen.

Daarnaast bevelen we aan om de kwaliteit van nieuwe typen markering te onderzoeken. Dan kan vastgesteld worden of het vervangen van markering bijdraagt aan een betere (lees: 100%) detectie door LKS-systemen, daarbij rekening houdend met de verbetering van de kwaliteit van de Lane Keeping Systemen.