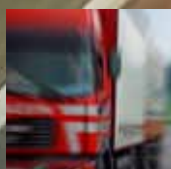


BIVV

OBSERVATORIUM
VOOR DE VERKEERSVEILIGHEID

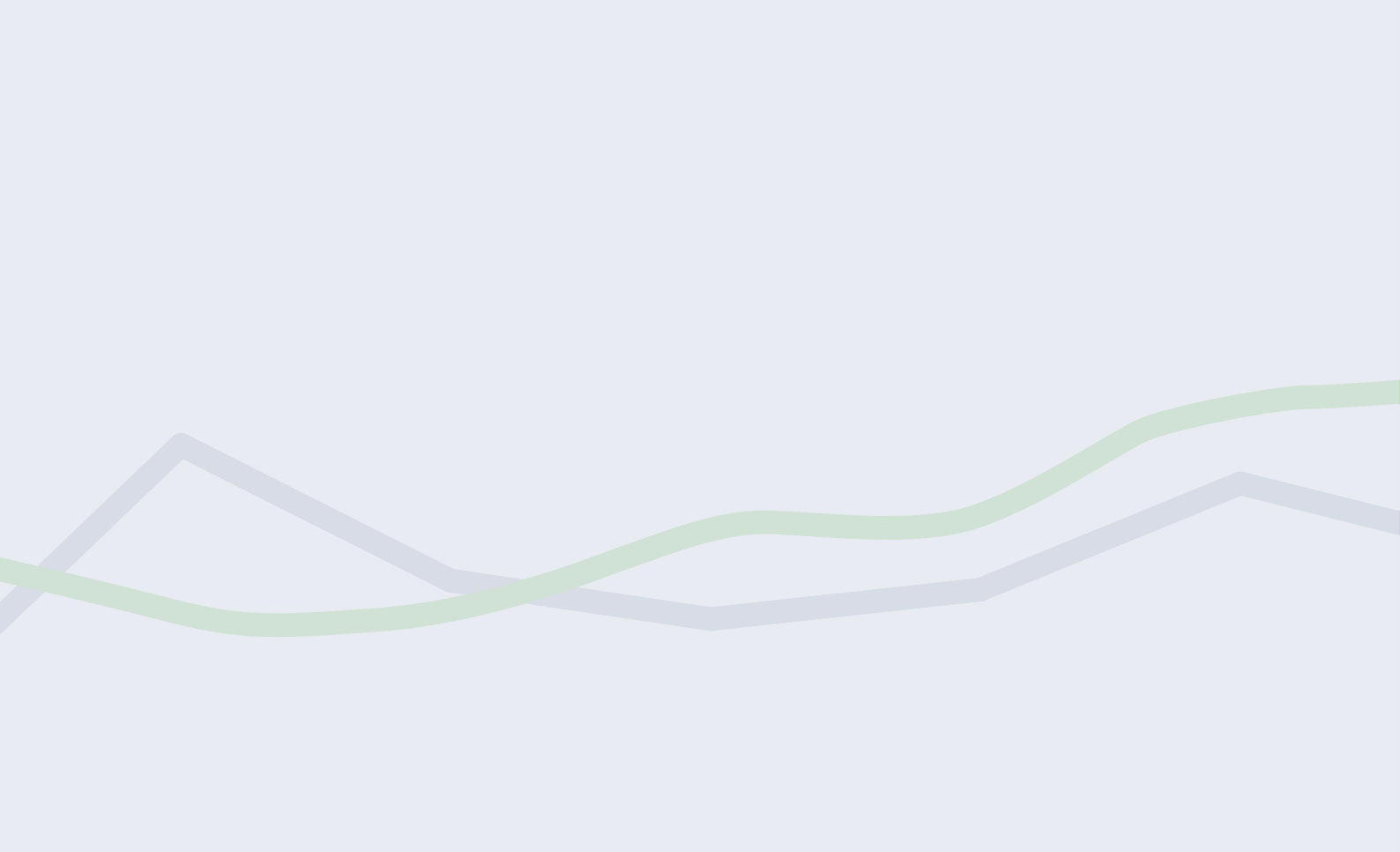
Technische hulpmiddelen ter voorkoming van
dodehoekongevallen bij vrachtwagens
Literatuurstudie



ikbenvoor.be



Belgisch Instituut voor
de Verkeersveiligheid



D/ 2009/0779/63
Auteur: L. Akkermans
Verantwoordelijke uitgever: Patric Derweduwen

© BIVV, Observatorium voor de Verkeersveiligheid, Brussel, 2009

Inhoudstabel

Samenvatting	4
1. Definitie dode hoek en dodehoekongevallen	6
2. Prevalentie van dodehoekongevallen	8
3. Wetgeving met betrekking tot technische hulpmiddelen ter voorkomen van dode- hoekongevallen	10
4. Dode hoeken, manoeuvres en voorwaarden voor oplossingen	12
5. Voertuigtechnische oplossingen voor dode hoeken	16
5.1 Spiegelsystemen	17
5.1.1 Algemene informatie	17
5.1.2 Bruikbaarheid bij dode hoeken	18
5.2 Camerasystemen	18
5.2.1 Algemene informatie	18
5.2.2 Bruikbaarheid bij dode hoeken	19
5.3 Radar- of ultrasone detectiesystemen	20
5.3.1 Algemene informatie	20
5.3.2 Bruikbaarheid bij dode hoeken	21
5.4 Extern geluidssysteem	21
5.4.1 Algemene informatie	21
5.4.2 Bruikbaarheid bij dode hoeken	22
5.5 Informatieve zelfklevers	22
5.5.1 Algemene informatie	22
5.5.2 Bruikbaarheid bij dode hoeken	23
5.6 Cabine ontwerp	23
5.6.1 Algemene informatie	23
5.7 Andere oplossingen: zijdelingse en frontale bescherming	23
5.7.1 Algemene informatie	23
6.1 Types ongevallen en hun frequenties	25
6. Effectiviteit van de verschillende maatregelen	25
6.2 Efficiëntie en effectiviteit	26
6.2.1 Effectiviteit	26
6.2.2 Kost-efficiëntie	27
7. Besluit	29
8. Referenties	31



Samenvatting

Deze studie werd uitgevoerd door het Belgisch Instituut voor Verkeersveiligheid op vraag van de staatssecretaris voor Mobiliteit, Dhr. Etienne Schoupe, in het kader van het beleidsplan voor het jaar 2009.

Doel van deze studie is een overzicht te geven van de verschillende types dodehoeksysteem die momenteel op de markt te vinden zijn en een beknopte analyse te maken van hun efficiëntie. Als dusdanig dient dit rapport beschouwd te worden als een niet-exhaustieve literatuurstudie waarbij aandacht wordt besteed aan de definiëring van het probleem, de verschillende technische oplossingen, de wettelijke bepalingen met betrekking tot deze oplossingen en hun mogelijke effectiviteit.

Als leidraad wordt vooral gebruik gemaakt van studies die gemaakt zijn in situaties die voor de Belgische situatie relevant zijn. In het bijzonder in Nederland en Duitsland zijn recent een aantal praktijkrelevante studies en een praktijkproef uitgevoerd over dodehoeksysteem, hun mogelijkheden en tekortkomingen in de praktijk. (Buck Consultants International, 2007; Niewöhner & Berg, 2004).

De resultaten van deze studies dienen als aangrijpingspunt voor dit rapport. In eerste instantie worden de verschillende dode hoeken, relevante manoeuvres en de gebruikte technieken voor oplossingen in beeld gebracht. Door deze combinaties op te sommen, werd het mogelijk om de toepasbaarheid van de verschillende technische oplossingen na te gaan en uit te werken.

Voor de daadwerkelijke analyse van de effectiviteit en efficiëntie van de voorgestelde oplossingen, dient in eerste instantie alsnog te worden teruggerepen naar de selectie van de meest voorkomende ongevallen. Concreet werd teruggevonden dat vooral ongevallen tussen zwakke weggebruikers en rechtsafslaande vrachtwagens verantwoordelijk zijn voor een groot deel van de dodelijke ongevallen. Hierbij valt tevens op dat het grootste deel van de ongevallen een eerste contactpunt op de rechtervoorzijde van het voertuig heeft.

Wanneer rekening wordt gehouden met verschillende praktischelementen die in de verschillende studies naar voren komen, wordt vastgesteld dat camerasystemen potentieel effectiever zijn dan spiegelsystemen. De effectiviteit wordt voor een groot deel verklaard door de aanwezigheid van een uitgesproken human factor in het correct gebruik van de voorgestelde hulpmiddelen. Wanneer echter rekening wordt gehouden met de kost-efficiëntie, zoals die in de verschillende studies werd gedefinieerd, krijgen spiegelsystemen de voorkeur boven camerasystemen als technisch hulpmiddel die de meest voorkomende dodehoekongevallen helpen voorkomen. Gezien de grote verantwoordelijkheid en veeleisendheid die bij een rijtaak horen, kan een zinvolle aanvulling op spiegel- of camerasystemen eruit bestaan een actief waarschuwingssysteem toe te voegen aan het voertuig waarbij de bestuurder of zijn omgeving daadwerkelijk gewaarschuwd worden voor eventueel gevaar.

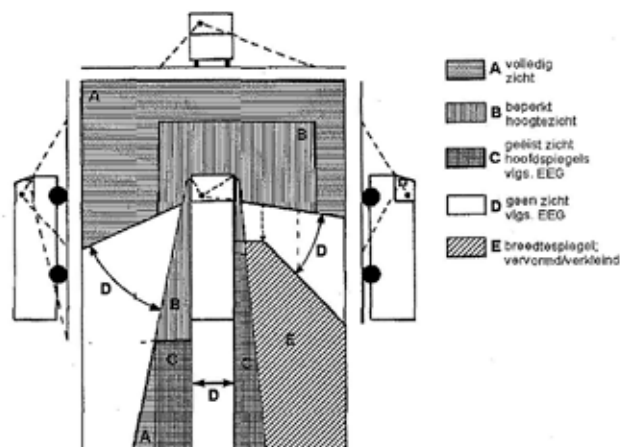


1. Definitie dode hoek en dodehoekongevallen

Het begrip dode hoek komt zeer frequent voor wanneer gesproken wordt over verkeersveiligheid bij vrachtwagens. Nochtans is het begrip niet eenduidig gedefinieerd wanneer men er de literatuur op naslaat. Literatuur die gericht is op het informeren van zwakke weggebruikers spreekt zo goed als uitsluitend over dode hoek wanneer verwezen wordt naar de plaats rechts naast en vlak voor een vrachtwagen (Fietzersbond, 2006). Nochtans zijn dit slechts twee van de vier dode hoeken die in de bredere literatuur vermeld worden (Theeuwes et al., 1998).

In de omgeving van een vrachtwagen bevinden zich drie zones waar geen zicht voor een vrachtwagenbestuurder mogelijk is met de traditionele spiegelinrichting: de rechterflank van de vrachtwagen beginnende bij de stuurcabine en uitbreidend naar achter, achter de oplegger van de vrachtwagen en aan de linkerflank van de vrachtwagen maar verder dan de traditionele spiegelinrichting toelaat. Daarnaast wordt nog een vierde zone geïdentificeerd waar de vrachtwagenbestuurder duidelijk verminderd zicht ervaart: vlak voor de voertuigcabine (zie Figuur 1). In elk van deze zones kunnen één of meerdere dode hoeken worden teruggevonden.

Figuur 1:
Schematische voorstelling van de zichtvelden rondom een vrachtwagen. Voorzieningen vermeld in Europese richtlijnen zijn niet aangeduid..



Op zijn beurt kunnen voor elk van de hierboven beschreven zones verschillende dode hoeken worden geïdentificeerd. De mate van het voorkomen en de grootte van de dode hoek hangt af van het exacte type, merk en model voertuig. Men kan spreken van een dodehoekongeval wanneer een ongeval plaatsvindt waarbij een betrokken weggebruiker zich in één van deze gebieden bevindt. Een voorwaarde om van een dodehoekongeval te kunnen spreken is dat een probleem met betrekking tot het zichtveld van één van de betrokken weggebruikers ten opzichte van de andere weggebruiker is ontstaan die een aanleiding vormt voor het ongeval. Hieronder volgt een gedetailleerde beschrijving van de verschillende dode hoeken voor elk van de zones (zie figuren 1 en 3).

Aan de rechterzijde van een vrachtwagen kunnen vijf aparte dode hoeken worden geïdentificeerd:

- Onmiddellijk rechtsvoor de cabine bevindt zich een eerste dode hoek. Deze ontstaat door de (ondoorzichtige) hoek onderaan de cabine en de aanwezigheid van een A-zuil.
- Rechtsvoor de trekker, maar op een grotere afstand dan de hierboven vermelde dode hoek, bevindt zich een tweede dode hoek die ontstaat door de aanwezigheid van de A-zuil van de cabine en de spiegels aan de rechterzijde.
- Onmiddellijk rechts naast de cabine bevindt zich een derde dode hoek. Deze ontstaat door de (ondoorzichtige) rechterflank van de cabine.
- Rechts naast de bestuurderscabine, maar op een grotere afstand dan de hierboven vermelde hoek, bevindt zich een vierde dode hoek die ontstaat door de aanwezigheid van een (ondoorzichtige) rechterwand van de bestuurderscabine.
- Rechts, schuin achter de bestuurderscabine, bevindt zich een vijfde dode hoek die wegloopt van de vrachtwagen. Deze ontstaat door de (ondoorzichtige) rechterwand van de cabine en de laadbak, trekker, etc.

Ook aan de linkerzijde van een voertuig kunnen vijf aparte dode hoeken worden geïdentificeerd. Deze bevinden zich op dezelfde plaatsen (maar dan gespiegeld) als de hierboven vermelde dode hoeken voor de rechterzijde.

Aan de achterkant van een vrachtwagen kan één dode hoek worden geïdentificeerd:

- Beginnend direct achter het voertuig en uitlopend op een grotere afstand van het voertuig bevindt zich één dode hoek. Deze ontstaat door de (ondoorzichtige) achterkant van de trekker, de oplegger of soortgelijke.

Aan de voorkant van een vrachtwagen kan één dode hoek worden geïdentificeerd:

- Onmiddellijk voor de bestuurderscabine bevindt zich één dode hoek die ontstaat door de hoogte van de (ondoorzichtige) voorkant van de bestuurderscabine.

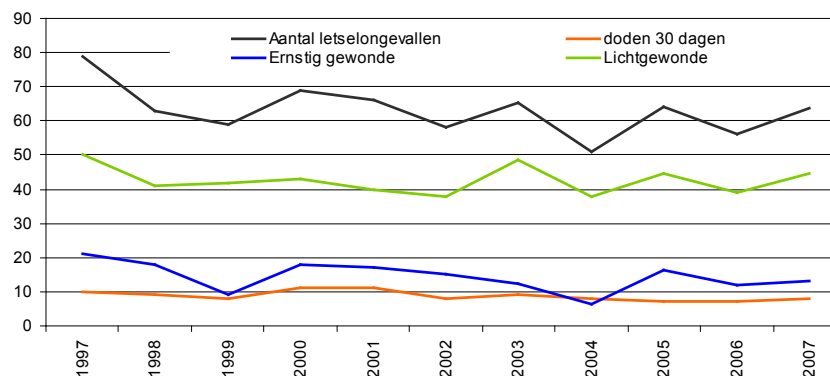
Deze onderverdeling in zones en types dode hoeken dient bij het lezen van deze literatuurstudie in gedachten te worden genomen. Elk type dode hoek vraagt voor specifieke oplossingen die niet steeds bruikbaar zijn als oplossing voor een andere dode hoek. Dit vertaalt zich bijvoorbeeld in de aanwezigheid van verschillende categorieën spiegels die door de wetgever worden voorzien voor de verschillende dode hoeken.

2. Prevalentie van dodehoekongevallen

Om een correct beeld te kunnen vormen van het nut van technische maatregelen in de praktijk, dient in eerste instantie te worden afgevraagd hoeveel dodehoekongevallen plaatsvinden en in welke dode hoek deze ongevallen vooral plaatsvinden. Door het schetsen van een dergelijke context, wordt het mogelijk om de verschillende technische hulpmiddelen op hun daadwerkelijke waarde in te schatten. Idealiter wordt hierbij informatie gebruikt over de verschillende dode hoeken en hun bijhorende ongevallen.

Voor België is het momenteel nog niet mogelijk om gebruik te maken van voldoende gedetailleerde data. De enige informatie die betrouwbaar uit de ongevalstatistieken kunnen worden gewonnen, behandelen de dodehoekongevallen waarbij een rechtsafslaanende vrachtwagen in conflict komt met een zwakke weggebruiker (Martensen, 2009). Zoals kan worden afgelezen in onderstaande grafiek (zie figuur 2), kan men in de periode 2000-2007 gemiddeld een 60-tal letselongevallen van dit type terugvinden. Bij deze ongevallen vielen gemiddeld een tiental doden (doden 30 dagen) te betreuren.

Figuur 2:
Overzicht van aantal letselongevallen, doden 30 dagen, ernstig gewonden en licht gewonden bij dodehoekongevallen waarbij een rechtsafslaanende vrachtwagen en een zwakke weggebruiker in conflict komen.



Figuur overgenomen uit Martensen, 2009

Men dient hierbij op te merken dat de relevante wetgeving die het gebruik van spiegel- of camerasystemen regelt pas in werking is getreden in 2003. De systemen die in de volgende hoofdstukken worden beschreven, zijn dan ook in nog niet door alle voertuigen in het bestaande voertuigenpark opgenomen. Bijgevolg mag men stellen dat, op het moment van het schrijven van dit rapport, men op basis van deze gegevens geen algemeen geldende uitspraak kan doen over het nut van de systemen die zullen worden besproken. Dit neemt echter niet weg dat men op basis van beschikbare studies uit het buitenland indicatieve uitspraken kan maken.



3. Wetgeving met betrekking tot technische hulpmiddelen ter voorkomen van dodehoekongevallen

De volledige wetgeving aangaande de technische hulpmiddelen ter voorkomen van dodehoekongevallen kan worden teruggevonden in artikel 43, paragrafen 4, 5, 6 en 7 van het KB van 15 maart 1968 houdende algemeen reglement op de technische eisen waaraan de auto's, hun aanhangwagens en hun veiligheidstoebehoren moeten voldoen. De technische eisen worden bepaald in bijlage 16 van hetzelfde KB.

Deze wetgeving heeft volgende implicaties voor de praktijk:

- Er gelden alleen wettelijke verplichtingen met betrekking tot dode hoeken voor spiegelsystemen en sommige types van alternatieve detectiesystemen (in het bijzonder camerasystemen).
- Voertuigen van de categorieën N2, N3 en M3 die in dienst zijn gesteld na 1 januari 2003 of waarvan de typegoedkeuring aangevraagd is sinds 1 januari 2003 moeten, aanvullend aan de wettelijk verplichte hoofdspiegel (klasse II) minimaal beschikken over volgende systemen voor indirect zicht om aan de normen met betrekking tot zichtvelden voor, naast en achter het voertuig te voldoen:
 - o Voertuigen van de categorie N2 ($MTM \leq 7,5t$) moeten minimaal beschikken over een breedtespiegel (klasse IV) aan de passagierszijde. Andere spiegelsystemen (klasse IV aan bestuurderszijde, klasse V of VI) zijn facultatief. Wanneer voertuigen van deze categorie daarenboven in het verkeer zijn gebracht na 26 januari 2007, moet aan de passagierszijde ook een trottoirspiegel klasse V worden voorzien.
 - o Voertuigen van de categorie N2 ($MTM > 7,5t$) en N3 moeten minimaal beschikken over een breedtespiegel (klasse IV) aan de passagierszijde en bestuurderszijde. Daarnaast moeten ze beschikken over een trottoirspiegel (klasse V) aan de passagierszijde en een vooruitkijkspiegel (klasse VI). Andere spiegelsystemen (klasse V aan bestuurderszijde) zijn facultatief.
 - o Voertuigen van de categorie M3 moeten minimaal beschikken over een breedtespiegel (klasse IV) aan de passagierszijde. Andere spiegelsystemen (klasse IV aan bestuurderszijde, klasse V of VI) zijn facultatief.

- o Dit zijn minimale eisen. Dit wil zeggen dat, indien deze minimale installaties niet voldoen aan de normen met betrekking tot de zichtvelden, deze systemen moeten worden uitgebreid met andere systemen (bv. spiegels klasse VI of bijkomende andere spiegels klasse IV of V) totdat de vereiste zichtvelden zijn bereikt.
- o Wanneer spiegelsystemen van klasse V verplicht zijn, mogen ze eventueel worden vervangen door een combinatie van spiegelsystemen van klasse IV en VI wanneer deze combinatie het verplichte zichtveld voor spiegelsystemen van klasse V kan opvangen.
- o Als alternatief voor spiegelsystemen van klasse VI (vooruitkijk- en achteruitkijkspiegels) zijn andere systemen voor indirect zicht (zoals camerasystemen) toegestaan op voorwaarde dat de verkregen zichtvelden even groot zijn, de monitoren aan minimale normen met betrekking tot het zichtveld voldoen en ze in grote lijnen in de normale kijkrichting van de hoofdspiegel zijn geplaatst.
- Voertuigen van de categorieën N2, N3 en M3 die in dienst zijn gesteld voor 1 januari 2003 moeten, naast de wettelijk verplichte hoofdspiegels, aan de passagierszijde minimaal beschikken over een inrichting voor indirect zicht waarvan de technische eisen vastgelegd zijn in bovengenoemde bijlage 16 van het KB van 15 maart 1968 en waarvan het minimale zichtveld enkel gedefinieerd is voor de zijkant van het voertuig. Concreet wil dit zeggen dat een breedtespiegel (klasse IV) minimaal verplicht is aan de passagierskant.
- Voertuigen van de categorie M2 die in het verkeer zijn gebracht na 26 januari 2007 moeten minimaal uitgerust zijn met hoofdspiegels van klasse II.
- Voertuigen van de categorieën N1 en M1 die in het verkeer worden gebracht vanaf 26 januari 2010 moeten minimaal uitgerust zijn met hoofdspiegels van klasse III of klasse II (alternatief).

Zoals uit deze opsomming kan worden afgeleid, beperkt de wetgeving met betrekking tot installaties die het indirect zicht in dode hoeken kunnen verbeteren zich tot systemen waarbij gebruik wordt gemaakt van spiegels of "andere inrichtingen voor indirect zicht" (in hoofdzaak camera's). Binnen deze twee groepen van oplossingen kunnen verschillende technische verschillen en mogelijkheden worden waargenomen. Daarnaast bestaan ook andere technische oplossingen die op hun beurt andere oplossingen bieden voor de dode hoek problematiek. Deze oplossingen zijn weliswaar niet verplicht binnen de huidige wetgeving en bieden mogelijke alternatieven aan ter voorkomen van dodehoekongevallen of de vermindering van de ernst ervan maar zonder dat sprake is van "indirect zicht". In de volgende hoofdstukken zullen de verschillende technische oplossingen meer in detail worden besproken.



4. Dode hoeken, manoeuvres en voorwaarden voor oplossingen

Wanneer sprake is van dodehoekongevallen, moet een onderscheid gemaakt worden tussen de verschillende types manoeuvres die kunnen worden herkend wanneer sprake is van ongevallen met vrachtwagens waarbij het zichtveld van de bestuurder een rol kan hebben gespeeld (Kampen & Schoon, 1999). Kampen en Schoon maakten reeds een onderscheid tussen vier voor vrachtauto's karakteristieke manoeuvres waartussen verschillen kunnen worden verondersteld wanneer het, in het algemeen, tot een ongeval komt: afslaan naar rechts, afslaan naar links, inhalen en kop/staart botsingen.

Met betrekking tot ongevallen met vrachtwagens waarbij het zichtveld van de bestuurder een rol heeft gespeeld, maakte Theeuwes (Theeuwes et al., 1998) een analyse van de risico's die aan bepaalde rijmanoeuvres vasthangen in functie van de locaties van de verschillende dode hoeken ten opzichte van de vrachtwagen. Uit dergelijk onderzoek blijkt dat het belangrijk is om steeds de dode hoek in relatie te zien met een specifiek manoeuvre dat wordt uitgevoerd. Een overzicht van de velden rondom de vrachtwagen waar zichtveldproblemen kunnen optreden en de specifieke manoeuvres waarbij deze problemen optreden, is terug te vinden in tabel 1. Zoals ook in figuur 3 te zien is, kunnen aan één kant van het voertuig zich verschillende zichtveldproblemen en dode hoeken tegelijkertijd voordoen. Aangezien voor elke dode hoek mogelijke oplossingen bestaan, dienen deze oplossingen ook in verband te worden gebracht met de manoeuvres die voor deze dode hoeken in verband worden gebracht en dient hierbij rekening te worden gehouden bij de analyse van de technische oplossingen.

Tabel 1

Overzicht zichtveldproblemen en probleemstelling manoeuvres op basis van Theeuwes (1999).

Locatie zichtveldprobleem	Probleemstelling manoeuvre (specifieke voorwaarden)	Complexiteit manoeuvre	Frequentie
Rechts, direct naast voertuig	Rechts afslaan (gemengd verkeer, traag rijden of stilstand)	Zeer complex	Zeer frequent
	Rijstrookwissel naar rechts (voorsorteevakken of fietsstroken, weefmanoeuvres)	Complex	Frequent
Rechts, enige afstand van voertuig	Rijstrookwissel naar rechts (inhalen)	Niet complex	Weinig frequent
	Rechts afslaan (vrijliggend fietspad, sommige rotondes)	Zeer complex	Frequent
Rechts, achterste zij- en achterkant voertuig	Rechts afslaan bij ingedraaide trekker/bus/truck	Zeer complex	Frequent
Links, naast het voertuig	Uitzwaaien voertuig bij rechts afslaan	Zeer complex	Weinig frequent
	Rijstrookwissel naar links (inhalen)	Niet complex	Weinig frequent
Achter voertuig	Achteruit rijden	Complex	Frequent
Direct voor voertuig	Manoeuvreren	Complex	Frequent

(Theeuwes et al., 1998) en Kampen & Schoon

Figuur 3:
Schematische weergave van dode hoeken op basis van maquette van het BIVV, rekening houdende met recente wetgeving.)



Blauw: gezichtsvelden waar rechtstreeks oogcontact met andere weggebruikers mogelijk is

Grijs: gezichtsveld dat moet bereikt worden met de hoofdspiegels (klasse II)

Geel: gezichtsveld dat moet bereikt worden met de groothoekspiegels (klasse IV) en trottoirspiegel (oud model)

Oranje: gezichtsveld dat moet bereikt worden met de vooruitkijkspiegels (klasse VI) en trottoirspiegel (klasse V – nieuw model)

Rood: gezichtsvelden die onzichtbaar zijn voor de bestuurder

Figuur overgenomen uit Touring Express, 2009

Aanvullend kunnen de verschillende mogelijke dodehoekproblemen en hun technische oplossingen ook worden geanalyseerd in functie van de complexiteit van elk van de manoeuvres die vooraf gaan aan het daadwerkelijk stellen van de problemen en de belasting die deze manoeuvres voor de bestuurder met zich meebrengen. Het belang van de complexiteit van een manoeuvre werd reeds door Schoon (2006) opgemerkt bij de analyse van de problematiek van rechtsafslaan vrachtwagens. Dezelfde redenering kan worden gebruikt voor andere manoeuvres.

Zowel in het rapport van Schoon (2006) als die van Buck Consultants International (2003 & 2007) wordt opgemerkt dat bij de rechtsafslaan vrachtwagens het in sommige omstandigheden zo goed als onmogelijk is voor een vrachtwagenbestuurder om ten allen tijde een goed beeld te vormen van de positie van alle weggebruikers om een vrachtoertuig heen. Bij uitbreiding wordt zelfs opgemerkt dat de maatregelen die door de Nederlandse overheid reeds werden getroffen met betrekking tot dodehoekspiegels (Nederlandse



wetgeving geldend in 2003) nog geen voldoende oplossing boden. Concreet merkt men bij rechts afslaande vrachtwagens dat de vrachtwagenbestuurder op relatief korte tijd zijn aandacht over zeer uiteenlopende stukken van de omgeving van de vrachtwagen moet verdelen waardoor de kans zeer groot is dat informatie onherroepelijk verloren gaat. Afwisselend moet aandacht worden geschonken aan volgende locaties en weggebruikers rond de vrachtwagen: rechts in de straat (verkeer in de straat dat bocht kan hinderen), kort rechtsvoor de vrachtwagen (zwakke weggebruikers), rechts naast en achter de vrachtwagen (zwakke weggebruikers die achterop komen) en links van de vrachtwagen (tegenliggers die uitzwaai kunnen hinderen). Tevens moet de vrachtwagenbestuurder rekening houden met het veranderen van zichtvelden in spiegels omwille van het scharnieren van de vrachtwagencombinatie, het verschuiven van de dode hoeken ten opzichte van het straatbeeld en de bewegingen van de verschillende weggebruikers zelf. Met betrekking tot dit type ongevallen merkt Schoon (2006) ook op dat het grootste deel van de ongevallen waarbij een dode hoek betrokken is rechtsvoor aan de vrachtwagen plaatsvonden.

Soortgelijke overwegingen met betrekking tot de complexiteit van de rijtaak gelden ook voor andere manoeuvres. Algemeen kan gesteld worden dat rechts afslaan het meest gecompliceerde manoeuvre is voor een vrachtwagenbestuurder. Nochtans zijn ook voorsorteren (rechts of links), achteruit rijden en kort manoeuvreren relatief veeleisende manoeuvres. Bij voorsorteren dienen de verschillende spiegels aan de gewenste kant voortdurend gecontroleerd te worden waarna het manoeuvre overgaat in het afslaan van de vrachtwagen. In de praktijk wil dit zeggen dat de vrachtwagenbestuurder de hele flank van de vrachtwagen moet controleren maar ook verkeer voor en achter de vrachtwagen moet observeren. Bij achteruitrijden worden in principe de zijspiegels (hoofd- en breedtespiegels) aan beide kanten voortdurend gecontroleerd om zich te vergewissen van de positie van obstakels achter de vrachtwagen. Daarnaast moet ook de positie van obstakels vlak naast het voertuig worden gecontroleerd door gebruik te maken van trottoirspiegels (rechts) of zelf fysiek verplaatsen voor rechtstreeks zicht (links). Eventueel uitzwenken van de trekker om de oplegger te corrigeren bemoeilijkt de taak significant. Ook bij kort manoeuvreren kan het voorkomen dat de bestuurder van een vrachtwagen veel verschillende zichtvelden met controleren afhankelijk van de bewegingsrichting. Enkel bij inhaalmanoeuvres wordt relatief weinig extra inspanning van de bestuurder verwacht: de zijflank van het voertuig en verkeer achter het voertuig dient te worden gecontroleerd.

Als gevolg van deze korte analyse van de complexiteit van de rijtaak bij de verschillende dodehoekproblemen, wordt duidelijk dat een aantal voorwaarden aan de mogelijke oplossingen gesteld kunnen worden. De technische oplossingen moeten er zeker voor zorgen dat de aandacht van de bestuurder niet verder verspreid wordt en idealiter zelfs dat de bestuurder minder zijn aandacht moet verleggen. Wanneer een bestuurder zijn aandacht vaker over grote afstanden dient te verleggen, neemt het risico op het missen van belangrijke informatie immers toe wat vermeden moet worden. Daarnaast moet ook de vraag worden gesteld of de mogelijke oplossingen dan enkel een "passieve" hulpfunctie moeten vervullen (bv. spiegels die het zichtveld vergroten) of ook een "actieve" waarschuwingfunctie (bv. geluid- of lichtsignaal bij detectie weggebruiker). Actieve technische maatregelen kunnen de aandacht van een bestuurder trekken zodra een gevaarlijke situatie ontstaat, zelfs bij complexe manoeuvres.

Naast de verschillende technische mogelijkheden die dienen als hulpmiddel voor de bestuurder van de vrachtwagen, bestaan ook oplossingen die dienen om de andere weggebruikers te informeren. Hierbij mag gedacht



DODE HOEKEN, MANOEUVRES EN VOORWAARDEN VOOR OPLOSSINGEN

worden aan geluidssignalen bij afslaan of manoeuvrerende vrachtwagens die voor de omgeving hoorbaar zijn of bv. informatiestickers. Ook hier geldt de opmerking dat dergelijke oplossingen aan sommige voorwaarden verbonden moeten zijn: weggebruikers rondom de vrachtwagen moeten duidelijke en niet tegenstrijdige informatie krijgen over het mogelijke gevaar dat ze lopen en dat een specifieke actie van hun kant ook aangewezen kan zijn.

Samenvattend kan gesteld worden dat, in grote lijnen, twee groepen manoeuvres kunnen worden herkend. Een eerste groep manoeuvres wordt gekenmerkt door een hoge complexiteit van de manoeuvres: afslaan (rechts/links), achteruit rijden, rijstrookwissel bij voorsorteren en kort manoeuvreren. Hierbij kan het nuttig zijn dat zowel de bestuurder van de vrachtwagen als zijn omgeving worden gewaarschuwd voor eventuele problemen. Een tweede groep manoeuvres wordt gekenmerkt door een relatief beperkte complexiteit van het manoeuvre: rijstrookwissels bij "vrije beweging". Hierbij zal vooral de bestuurder geïnformeerd worden. Voor elk van de manoeuvres in deze twee groepen kunnen hulpmiddelen worden gevonden die het risico onder bepaalde voorwaarden doen afnemen.



5. Voertuigtechnische oplossingen voor dode hoeken

Voor elk van de verschillende zichtveldproblemen en dode hoeken bestaan verschillende oplossingen. Deze oplossingen voor de dodehoekproblematiek kunnen op verschillende manieren van elkaar worden onderscheiden. In eerste instantie dient een onderscheid te worden gemaakt tussen de doelgroep die men poogt te bereiken met het hulpmiddel: probeert men de bestuurder te helpen of probeert men net extra informatie aan de omgeving van de vrachtwagen te geven? Daarnaast kan een onderscheid gemaakt worden tussen hulpmiddelen die eerder preventief werken en hulpmiddelen die er net op gericht zijn om de gevolgen van een ongeval te verminderen eens het tot een ongeval is gekomen. Tevens dient een onderscheid gemaakt te worden tussen hulpmiddelen die passief blijven of hulpmiddelen die net actief de aandacht van de betrokken personen proberen te trekken.

In lijn met de beknopte analyse die in het vorige hoofdstuk werd gemaakt met betrekking tot de verschillende locaties en manoeuvres waar problemen met dode hoeken zich kunnen voordoen, worden de verschillende technische hulpmiddelen in dit hoofdstuk kort geanalyseerd naar hun bruikbaarheid. Hierbij worden de hierboven vermelde factoren bijzonder in het oog gehouden en worden specifieke voordelen en nadelen van de verschillende hulpmiddelen benadrukt.

De technische hulpmiddelen die worden voorgesteld, kunnen worden toegepast bij verschillende categorieën voertuigen. Volgens de wijziging in het technisch reglement (KB van 15 maart 1968 houdende algemeen reglement op de technische eisen waaraan de auto's, hun aanhangwagens en hun veiligheidstoebehoren moeten voldoen) die in werking is getreden op 1 januari 2003 moeten voertuigen voor goedertransport van meer dan 3,5 ton en autobussen en autocars van meer dan 5 ton (voertuigen van categorieën N2, N3 en M3) over minstens een goedgekeurd spiegelsysteem al dan niet in combinatie met een camerasysteem beschikken. In het vervolg van deze tekst wordt steeds uitgegaan van vrachtwagencombinaties (trekker-oplegger) aangezien deze groep voertuigen de meest ingewikkelde problemen stelt. Oplossingen die voor deze groep voertuigen gelden, kunnen ook worden toegepast op de andere categorieën voertuigen.

5.1 Spiegelsystemen

5.1.1 Algemene informatie

Buiten de hoofdspiegels die wettelijk verplicht zijn voor vrachtwagens bestaan ook verschillende type spiegels die het zichtveld van de bestuurder in de dode hoeken kunnen vergroten wanneer ze correct zijn aangebracht en correct worden gebruikt. De technische eisen van deze spiegels worden beschreven in bijlage 16: "Voorschriften voor inrichting voor indirect zicht" van het KB van 15 maart 1968 houdende algemeen reglement op de technische eisen waaraan de auto's, hun aanhangwagens en hun veiligheidstoebehoren moeten voldoen. Hierbij moet worden opgemerkt dat de laatste wijziging pas van toepassing is sinds 2003. Dit wil zeggen dat de daadwerkelijke toepassing van deze systemen nog niet bij alle betrokken voertuigen het geval is.

De spiegels die specifiek voor de oplossing van dode hoeken worden voorgesteld zijn opgedeeld in verschillende klassen. Concreet gaat het om spiegels klasse IV (breedtespiegel zijkant), klasse V (trottoirspiegel) en klasse VI (vooruitkijkspiegel). Wat betreft de technische eisen is het vooral belangrijk te beseffen dat het telkens gaat om een groothoekspiegel die een zekere beeldvervorming toelaat of zelfs vereist. Door deze beeldvervorming en de specifieke plaatsing van de spiegel kan de zichtbaarheid in specifieke dode hoeken worden verbeterd.

Het voordeel van groothoekspiegels bij auto's is reeds eerder vastgesteld (Luoma et al., 2000). Vraag is echter of dit ook voor andere voertuigcategorieën met een specifieke dodehoekproblematiek het geval is. Spiegelsystemen bieden namelijk vier nadelen die sterk worden uitvergroot bij vrachtwagens. Een eerste, en mogelijk het belangrijkste nadeel, is het gegeven dat het zichtveld in een spiegel meestal niet kan worden aangepast wanneer dit wenselijk zou zijn. Wanneer een trekker-oplegger combinatie afdraait, komen beide delen van de combinatie in een schaarpositie te staan waarbij het gewenste zichtveld van de spiegel niet langer overeenkomt met de daadwerkelijke locatie van de dode hoek. Dit probleem geeft de beperktheid van spiegelsystemen goed weer.

Een tweede nadeel ontstaat bij de plaatsing van de spiegels aan het voertuig: afhankelijk van waar ze worden geïnstalleerd zijn ze verantwoordelijk voor de vergroting van sommige dode hoeken achter de spiegels. Spiegelsystemen zijn op zich immers ondoorzichtig waardoor de bestuurder geen informatie meer krijgt van wat zich achter de spiegels zelf afspeelt. Vooral wanneer een bestuurder informatie moet inwinnen over verkeer in een zijstraat kan dit tot problemen leiden. Daarnaast zorgt de kromming van de spiegel ervoor dat het moeilijker wordt om de afstand tot een voorwerp correct in te schatten (Flanagan & Sivak, 2003). Dit effect wordt nog versterkt wanneer de afstand van het object tot de bestuurder van het voertuig groot is. Hierbij komt ook dat spiegels relatief kwetsbaar zijn bij manoeuvres en relatief diefstalgevoelig kunnen zijn: sommige spiegels zijn bijvoorbeeld verwijderbaar voor extreme manoeuvres.

Spiegelsystemen dienen uitsluitend als hulpmiddel voor de bestuurder van de vrachtwagen. Ze zijn volledig passief, de bestuurder ontvangt geen noodsignaal wanneer een gevaar in een dode hoek dreigt. Spiegelsystemen zijn weinig onderhevig aan defecten maar kunnen wel verontreinigd geraken. Eventuele defecten of verontreiniging kunnen echter meestal snel worden opgelost, ook op verplaatsing.

Voor de optimale verbetering van het zichtveld in de dode hoeken met behulp van spiegelsystemen moet steeds aan een aantal voor de hand liggende voorwaarden zijn voldaan. De spiegels moeten correct geïnstalleerd, afgesteld en voldoende gereinigd zijn. Daarnaast moet de bestuurder zijn rij- en kijkgedrag aanpassen aan het gebruik van de spiegel en het uitgevoerde manoeuvre. Tot slot moet de bestuurder zich bewust zijn van de beeldvervorming die in dergelijke spiegels optreedt waardoor het schatten van afstanden wordt bemoeilijkt en hij moet zich bewust zijn van het feit dat de plaats van de gevarezone rondom zijn voertuig

niet steeds op dezelfde positie in de dode hoek of zelfs niet op dezelfde positie in het zichtveld van de spiegels ligt. Een groot deel van de verantwoordelijkheid ligt dus bij de bestuurder van het voertuig.

Voorbeelden van dergelijke systemen zijn de DOBLI-dodehoekspiegel (klasse IV en V) en de FROSPI- (klasse VI).

5.1.2 Bruikbaarheid bij dode hoeken

De verschillende mogelijke spiegelsystemen (klasse VI, V en VI) bieden oplossingen voor een aantal dode hoeken die zich aan de rechter, linker- en voorkant van het voertuig bevinden.

Breedtespiegels (klasse IV) laten toe om de dode hoek aan de rechter- en linker zijflank, weglappend van het voertuig op te vangen. De aanwezigheid van een breedtespiegel (klasse IV) sluit niet uit dat het voertuig moet uitgerust zijn met een conventionele hoofdspiegel (klasse II).

Trottoirspiegels (klasse V) laten toe om de dode hoek onmiddellijk rechts naast de bestuurderscabine van het voertuig op te vangen. Vooruitkijkspiegels (klasse VI) laten toe om de dode hoek onmiddellijk voor het voertuig op te vangen. Deze twee klassen spiegels kunnen in verregaande mate op elkaar worden afgesteld waardoor de volledige dode hoek kort voor en naast de bestuurderscabine kan worden opgevangen. In theorie kan ook aan de kant van de bestuurder een trottoirspiegel worden gehangen. Dit gebeurt echter meestal niet, de bestuurder moet zich fysiek verplaatsen om te verifiëren of er geen objecten onmiddellijk links van de cabine van het voertuig kunnen worden gevonden.

Voor de dode hoek op grotere afstand naast de bestuurderscabine en de dode hoek die zich achter het voertuig bevindt, bieden spiegelsystemen geen oplossing. Dit is technisch zo goed als onmogelijk.

5.2 Camerasystemen

5.2.1 Algemene informatie

Een camerasysteem voor hulp bij dode hoeken bestaat uit twee elementen: de camera zelf en het beeldscherm waarop het zichtveld van de camera kan worden geprojecteerd. Beiden zijn onderhevig aan technische vereisten die worden beschreven in bijlage 16: "Voorschriften voor inrichting voor indirect zicht" van het KB van 15 maart 1968 houdende algemeen reglement op de technische eisen waaraan de auto's, hun aanhangwagens en hun veiligheidstoebehoren moeten voldoen. Hierbij moet worden opgemerkt dat de laatste wijziging pas van toepassing is sinds 2003. Dit wil zeggen dat de daadwerkelijke toepassing van deze systemen nog slechts bij een beperkt aantal voertuigen het geval is.

Naast de standaard camera's zijn de camera's mogelijk ook uitgerust met een infrarood systeem wat detectie 's nachts makkelijker maakt voor de eindgebruiker. Met behulp van een paar kleine aanpassingen, kan de verwachte positie van de trekker-oplegger combinatie in geval van specifieke manoeuvres op het beeldscherm worden toegevoegd. Dit zorgt voor een bijzonder goed beeld op potentiële gevaren bij manoeuvres met betrekking tot de dode hoeken.

Camerasystemen zijn tegenwoordig weinig onderhevig aan defecten maar er moet wel met de storingsgevoeligheid van dergelijke systemen rekening worden gehouden. Daarnaast kunnen de camera's zelf verontreinigd geraken. Eventuele verontreinigingen door opspattend regenwater of modder kunnen echter meestal snel worden opgelost, ook op verplaatsing. Hetzelfde kan niet worden gezegd wanneer daadwerkelijk een defect optreedt. In dat geval verliest de bestuurder elke informatie in het zichtveld dat door de defecte camera zou worden opgevangen wanneer geen back-up systeem voor handen zou zijn (spiegels klasse IV, V of VI). Eventuele reparaties zullen ook moeilijker uit te voeren

zijn op verplaatsing en de hulp van een vakman is eventueel zelfs noodzakelijk. Vooral tijdens lange afstandsritten waar men in onbekend terrein komt zou dit een probleem kunnen opleveren.

De camerasystemen kunnen in theorie op verschillende plaatsen worden geïnstalleerd maar moeten minstens voldoen aan de zichtbaarheidsvoorwaarden die aan de spiegels worden opgelegd. Met betrekking tot de zichtvelden kan de uitleg van de vorige paragraaf dan ook integraal worden overgenomen. Aangezien met camera's en monitors wordt gewerkt, worden ook voorwaarden gesteld aan de lichtgevoeligheid en minimale contrasten die moeten kunnen worden gegarandeerd. Camerasystemen sluiten de verplichting voor het gebruik van andere spiegelsystemen niet uit: enkel spiegels klasse VI (vooruit- of achteruitkijkspiegels) mogen hierdoor volledig worden vervangen.

De beeldschermen die worden gebruikt voor camerasystemen worden op wettelijk bepaalde posities aangebracht: "de kijkrichting voor het beeldscherm moet ongeveer overeenkomen met die voor de hoofdspiegel". In de praktijk is het echter niet eenvoudig voor een vrachtwagenbestuurder om in één oogopslag zowel spiegels als beeldscherm voldoende te onderzoeken op mogelijke andere weggebruikers of objecten. Relatief grote oogbewegingen moeten worden gemaakt om spiegel en beeldscherm actief te onderzoeken. Dit impliceert dat het kijk- en rijgedrag van de vrachtwagenbestuurders daadwerkelijk correct moet worden aangeleerd om een camera-systeem goed te gebruiken. Daarnaast bestaat ook bij camerasystemen een probleem met betrekking tot het inschatten van de afstand tot andere voertuigen. Flannagan en Sivak (2003) vonden dat de geschatte afstand tot een voertuig afhankelijk was van de grootte (van de projectie) van het beeldscherm. Dergelijke human factors dienen dus ook te worden erkend bij de analyse van een camera-systeem.

Zoals eerder werd aangehaald voor spiegelsystemen, hangt ook de efficiëntie van de verschillende camerasystemen voor een groot deel af van het correcte gebruik van deze systemen. Deels is dit terug te voeren op de correcte installatie, afstelling en reiniging van de camera's maar dit is ook gedeeltelijk terug te voeren op het juiste kijk- en rijgedrag van de vrachtwagenbestuurder zelf. Wanneer de camerasystemen passief zijn en bijgevolg enkel dienen als hulpmiddel voor visuele waarneming van objecten in de dode hoeken, zal het systeem geen zinvolle bijdrage kunnen leveren wanneer aan deze voorwaarden niet is voldaan. Wanneer de camerasystemen actief gevaren detecteren en de bestuurder hiervan op de hoogte brengen, zou het camera-systeem ook nog zinvol kunnen zijn, zelfs wanneer de bestuurder geen correct gebruik maakt van de beeldschermen.

Voorbeelden van bestaande camerasystemen zijn de systemen van ORLACO of FTA.

5.2.2 Bruikbaarheid bij dode hoeken

Omwille van de componenten die gebruikt worden bij camerasystemen beschikken ze over een groot voordeel ten opzichte van de spiegelsystemen: de camera's worden op plaatsen aan de buitenkant van de cabine opgehangen waar ze geen bijkomende dode hoek of vergroting van bestaande dode hoeken kunnen veroorzaken. Problemen zoals beeldvervalsing zoals deze kunnen bestaan bij het gebruik van groothoekspiegels zijn slechts beperkt van toepassing voor camerasystemen.

Daarnaast kunnen de camera's ook worden opgehangen op plaatsen waar het plaatsen van spiegels technisch geen bijdrage levert aan de dodehoekproblematiek. Dit is bijvoorbeeld het geval aan de zijkant of achteraan de oplegger. Ook kunnen goed geplaatste camerasystemen eventueel het probleem opvangen van het verplaatsen van de gevarenzone ten opzichte van de zichtvelden wanneer het voertuig een manoeuvre uitvoert (scharen van trekker-opleggercombinatie). In theorie kunnen dan ook zeer veel dode hoeken door een camera-systeem

worden opgevangen en zijn de mogelijkheden van camerasystemen dan ook veel uitgebreider dan die van spiegelsystemen. De kostprijs van camerasystemen is echter navenant wat, samen met de huidige wetgeving, voor een beperkte toepassing in de praktijk zorgt.

5.3 Radar- of ultrasone detectiesystemen

5.3.1 Algemene informatie

Een radar- of ultrasoon detectiesysteem bestaat uit drie elementen. Enerzijds bevinden zich op de zij-, voor- of achterkant van de vrachtwagen detectiestroken (of andere zend- en ontvangstapparatuur) die dienen voor het detecteren van een object dat binnen een vastgestelde afstand van het voertuig komt. Anderzijds bevindt zich in de cabine van de bestuurder een geluidssysteem voor de actieve waarschuwing van de bestuurder wanneer een gevaar in een dode hoek dreigt. Deze beide elementen worden door een verwerkingssysteem met elkaar verbonden. Het verwerkingssysteem is verantwoordelijk voor de analyse van ontvangen gegevens van de detectiestroken en het bepalen of een signaal overeenkomt met een potentieel gevaarlijk object of niet. De output van een dergelijk systeem is niet noodzakelijk visueel (beeldscherm) maar eerder bijvoorbeeld auditief (waarschuwingsgeluid) of haptisch (trilling).

Radar- of ultrasone detectiesystemen zijn actief: de bestuurder ontvangt een noodsignaal wanneer een gevaar in een dode hoek dreigt. Deze detectiesystemen dienen momenteel uitsluitend als hulpmiddel voor de bestuurder van de vrachtwagen maar kunnen in theorie ook dienen als hulpmiddel voor de weggebruikers in de omgeving van de vrachtwagen. De aanwezigheid van radar- of ultrasone detectiesystemen ontslaat het voertuig niet van de verplichting uitgerust te zijn met aangepaste spiegelsystemen, al dan niet in combinatie met een camerasysteem.

Radar- of ultrasone detectiesystemen zijn relatief weinig onderhevig aan defecten maar er moet wel met de storingsgevoeligheid van dergelijke systemen rekening worden gehouden. Verontreiniging is in theorie geen probleem maar zou, indien het voorkomt, zeer gemakkelijk kunnen worden opgelost. Wanneer daadwerkelijk een defect optreedt, verliest de bestuurder elke informatie in het zichtveld dat door het detectiesysteem zou worden opgevangen. Eventuele reparaties zullen ook moeilijker uit te voeren zijn op verplaatsing en de hulp van een vakman is eventueel zelfs noodzakelijk. Vooral tijdens lange afstandsritten waar men in onbekend terrein komt zou dit een probleem kunnen opleveren. Momenteel is het volgens de wettelijke bepaling echter nog altijd zo dat, zelfs wanneer een radar- of ultrasoon detectiesysteem aanwezig is, een vrachtwagen nog altijd over één van de twee hoger vermelde systemen moet beschikken. Dergelijke systemen dienen dan ook logischerwijze als aanvulling of back-up in geval van defect.

Een belangrijk voordeel van dergelijke radar- of ultrasone detectiesystemen is dat ze, in tegenstelling tot spiegelsystemen of de meeste camerasystemen, ook goed kunnen functioneren bij duisternis of in omstandigheden waar verblinding kan optreden. Daarnaast laten ze toe om eventueel het probleem op te vangen van het verplaatsen van de gevarezone ten opzichte van de zichtvelden wanneer het voertuig een manoeuvre uitvoert (scharen van trekker-oplegger combinatie).

Ook voor de weggebruikers die zich in de onmiddellijke omgeving van de vrachtwagen bevinden, biedt dit systeem voordelen. Zij kunnen met een eenvoudige handbeweging (slag tegen strip) ook een noodsignaal naar de bestuurder van de vrachtwagen sturen. Daarnaast kan het systeem in theorie worden uitgebreid met een geluidssignaal voor deze weggebruikers om hen te waarschuwen (zie volgende paragraaf: externe geluidssystemen).

Net zoals bij de voorgaande systemen zijn er een aantal belangrijke voorwaarden verbonden aan het installeren en gebruik van dit systeem om zo effectief mogelijk te kunnen functioneren. Deels is dit terug te voeren op de correcte installatie en afstelling van het detectiesysteem om zo veel mogelijk vals-positieven en vals-negatieven te vermijden.

Daarnaast moet de bestuurder van het voertuig duidelijk aangeleerd krijgen wat de verschillende mogelijke signalen die door een detectiesysteem worden gegeven net betekenen en hoe hij hierop gepast reageert. Een eventuele aanvulling met een extern geluidssysteem zou dit systeem effectiever kunnen maken doordat ook de omgeving gewaarschuwd wordt en men bijgevolg niet alleen afhankelijk is van de reactie van de voertuigbestuurder. Een voorbeeld van een dergelijk systeem is het Lexguard systeem.

5.3.2 Bruikbaarheid bij dode hoeken

Radar- of ultrasone detectiesystemen zijn zeer veelzijdig in te zetten. Omwille van de componenten die gebruikt worden beschikken ze over een groot voordeel ten opzichte van de spiegelsystemen: de detectiestroken worden op plaatsen aan de buitenkant van de cabine opgehangen waar ze geen bijkomende dode hoek of vergroting van bestaande dode hoeken kunnen veroorzaken. Net zoals bij camerasystemen geldt dat ze een veelheid aan dode hoeken kunnen opvangen maar dan wel zolang de dode hoek zich relatief dicht bij het voertuig bevindt. Ze zijn ook in staat om het belangrijkste probleem van spiegelsystemen (verandering zichtveld bij scharnieren van trekker-oplegger combinatie) op te vangen.

Het belangrijkste nadeel van radar- of ultrasone detectiesystemen is dat ze in hoofdzaak actief zijn in de onmiddellijke omgeving van het voertuig. De dode hoeken die zich op grotere afstand van het voertuig bevinden, kunnen niet worden opgevangen met de huidige detectiesystemen. Concreet wil dit zeggen dat met het huidige systeem problemen met betrekking tot de dode hoeken die zich verder weg van het voertuig bevinden (bv. weglappend van de zijkant of schuinvoor het voertuig), niet worden opgelost met dit systeem. Als dusdanig blijft het noodzakelijk voor dergelijke systemen om gecombineerd te worden met spiegel- of camerasystemen die toestaan om een overzicht te bewaren op grotere afstand van het voertuig.

5.4 Extern geluidssysteem

5.4.1 Algemene informatie

Een extern geluidssysteem is een systeem dat begint te werken zodra bijvoorbeeld de bestuurder van de vrachtwagen een richtingaanwijzer heeft aangezet en niet sneller rijdt dan 30km/h of wanneer een detectiesysteem een gevaar in een dode hoek opmerkt. Deze systemen dienen uitsluitend als hulpmiddel voor de onmiddellijke omgeving van het voertuig. Als dusdanig dienen ze niet om het zichtveld van de bestuurder van een voertuig in een dode hoek te verbeteren maar dienen ze uitsluitend om zijn omgeving te waarschuwen voor mogelijk gevaar. Het is en blijft dan ook aangewezen om zeker één van de wettelijk voorziene systemen (spiegel- of camerasystemen) te behouden.

Ze zijn actief, de directe omgeving die dreigt in een dode hoek te komen ontvangt een duidelijk hoorbaar geluidssignaal. Dergelijke systemen zijn niet onderhevig aan invloeden van verontreiniging. Daarnaast lijken technische defecten eerder zeldzaam op te kunnen treden.

Een belangrijk nadeel van deze systemen is dat ze slechts werkzaam zijn tot op een relatief beperkte afstand van het voertuig. Dodehoekproblemen die verder van het voertuig bestaan worden door dit systeem niet opgevangen. Bovendien moeten de weggebruikers die zich in de onmiddellijke omgeving van het voertuig begeven goed (kunnen) reageren op het geluidssignaal dat wordt uitgezonden. Hun werking hangt dan ook voor een groot deel af van het correct interpreteren van het geluidssignaal en uitwijken uit de gevarenzone door andere weggebruikers.

Voorbeelden van dergelijke systemen zijn LISA en bike-beep.

5.4.2 Bruikbaarheid bij dode hoeken

Externe geluidssystemen kunnen worden ingezet om weggebruikers te waarschuwen die zich in de dode hoeken in de onmiddellijke omgeving van het voertuig bevinden. Dit kan in principe volledig rondom het voertuig gebeuren. In het geval van de dodehoekproblemen bij manoeuvres aan de rechterzijde kunnen weggebruikers bijvoorbeeld gewaarschuwd worden totdat een bepaalde snelheid gereden wordt en de richtingaanwijzers worden gebruikt.

Voor de dode hoek achteraan het voertuig kan een extern geluidssysteem worden gebruikt om andere weggebruikers te waarschuwen voor eventuele achteruitrijmanoeuvres van het voertuig.

In het geval van de dodehoekproblemen bij manoeuvres aan de rechter of linkerzijde dient een extern geluidssysteem in hoofdzaak maar niet uitsluitend om andere weggebruikers te helpen voordat het betrokken voertuig begonnen is met een manoeuvre.

5.5 Informatieve zelfklevers

5.5.1 Algemene informatie

Informatieve zelfklevers kunnen aan de buitenkant van vrachtwagens worden geplakt met een duidelijk leesbare en eenduidig interpreteerbare gevaarboodschap voor andere weggebruikers. Zelfklevers dienen dan ook uitsluitend als hulpmiddel voor de omgeving van het voertuig. Als dusdanig dienen ze niet om het zichtveld van de bestuurder van een voertuig in een dode hoek te verbeteren maar dienen ze uitsluitend om zijn omgeving te waarschuwen voor mogelijk gevaar. Het is en blijft dan ook aangewezen om zeker één van de wettelijk voorziene systemen (spiegel- of camerasystemen) te behouden.

Dergelijke zelfklevers zijn uitsluitend passief. Andere weggebruikers dienen deze boodschap eerst te (kunnen) lezen en vervolgens naar een andere positie ten opzichte van de vrachtwagen te gaan waar de weggebruikers wel zichtbaar zijn voor de bestuurder van het voertuig. Verontreiniging of beschadiging van de zelfklevers kunnen reële problemen opleveren met betrekking tot het opmerken of het lezen van de zelfklevers.

Een belangrijk nadeel van deze systemen is dat ze slechts werkzaam zijn tot op een relatief beperkte afstand van het voertuig. Dodehoekproblemen die verder van het voertuig bestaan worden door dit systeem niet opgevangen.

5.5.2 Bruikbaarheid bij dode hoeken

Informatieve zelfklevers kunnen in principe overal op of rond het voertuig worden gebruikt. Ze dienen uitsluitend voor het informeren van de weggebruikers die zich in de dode hoeken onmiddellijk rond het voertuig bevinden. In het geval van de dode hoek problemen bij manoeuvres aan de rechterzijde kunnen weggebruikers bijvoorbeeld gewaarschuwd worden voordat het betrokken voertuig begonnen is met een manoeuvre naar de rechterzijde. Hun werking hangt dan ook voor een groot deel af van het daadwerkelijk lezen, interpreteren en uitvoeren van het advies dat op de zelfklever staat geschreven door andere weggebruikers.

5.6 Cabine ontwerp

5.6.1 Algemene informatie

Het basisontwerp van de cabine zelf kan het zichtveld van de bestuurder ook merkbaar verbeteren. Direct zicht is de makkelijkste en meest natuurlijke manier

van kijken, waardoor de kans op fouten verkleind wordt. Bovendien zien andere weggebruikers zo de bestuurder makkelijker zitten en is oogcontact dus eenvoudiger. Mogelijke constructievoordelen van de cabine zijn:

- smallere of ontdubbelde A stijlen
- lagere zitpositie (cabine lager geplaatst, andere configuratie motor/cabine)
- lagere voorruit (of verlaagde ruit rechts vooraan)
- extra zijruit beneden in de rechterdeur
- extra zijruit beneden in de linkerdeur
- extra zijruit (beneden) achter de rechterdeur

Grote vrachtwagens (o.a. trekker-oplegger), die geschikt zijn voor lange afstandsvervoer, rijden ook in de steden en gemeenten om hun lading ter plekke te brengen. Hun constructie heeft tot doel een zo groot mogelijk laadvolume te bieden: de cabine zit hierdoor boven de motor. Alhoewel deze constructie sommige voordelen kan bieden voor de veiligheid van de bestuurder bij kopstaartongevallen (beperkt achteruitschuiven van cabine bij impact met voorligger), gaat dit tegelijkertijd niet te voordele van de veiligheid in stedelijke omgeving. De zichtbaarheid in stedelijke omgeving lijdt onder deze opstelling. Passieve veiligheid op open wegen zorgt hier dus voor een conflict met veiligheid in stedelijke omgeving.

5.7 Andere oplossingen: zijdelingse en frontale bescherming

5.7.1 Algemene informatie

Naast oplossingen die als doel hebben dodehoekongevallen te voorkomen, dient ook aandacht te worden gevestigd op een oplossing die de uitkomst van eventuele ongevallen, waarbij de dode hoeken aan de zijkant van het voertuig een rol hebben gespeeld, verbeteren. Concreet moet gedacht worden aan zijafscherming voor vrachtauto's. Hier zijn twee types te onderscheiden: open en gesloten zijafschermingen. Onder andere met betrekking tot deze afschermingen is onderzoek gebeurd door Schoon (1994) en Langeveld en Schoon (2004). Het gebruik van open zijafscherming is wettelijk verplicht voor voertuigen die ingeschreven werden sinds 1992 (Paragraaf 3 van artikel 55 van het KB van 15 maart 1968 houdende algemeen reglement op de technische eisen waaraan de auto's, hun aanhangwagens en hun veiligheidstoebehoren moeten voldoen). Nochtans zou het gebruik van gesloten rijafscherming een aantal bijgevoegde voordelen kunnen bieden (aerodynamica, verder verlaagd risico ongevallen, etc.).

Ook het afschermen van de wielen kan de veiligheid verhogen. Wanneer de voorwielen bij het (rechts) afslaan gedraaid staan, komen ze een stuk buiten het koetswerk en ontstaat een open ruimte tussen wielkast en wiel die potentieel gevaarlijk kan zijn. Ook eventueel uitstekende wielbouten zijn dan gevaarlijk. Een oplossing wordt geboden door het afschermen van de voorwielen. Deze oplossing is momenteel echter alleen nog maar terug te vinden op bussen. Het afschermen van de achterwielen is constructief eenvoudiger en eveneens nuttig voor de veiligheid van zwakke weggebruikers. Bijkomende voordelen zijn minder opspattend water en een betere aerodynamica.

Daarnaast dient ook alles in het werk te worden gesteld om te verhinderen dat personen onder de voorzijde van de vrachtwagen terecht komen. Hiervoor dient de schokbreker laag genoeg te komen. De volledige voorzijde mag bovendien niet voorzien zijn van agressieve 'addenda' zoals 'koevangers' etc. In tegenstelling tot personenwagens hebben vrachtwagens geen motorkap, waarover zwakke weggebruikers bij een impact kunnen worden afgeleid. Bij voorkeur zou de rechte voorzijde dan ook afgerond moeten zijn, om zwakke weggebruiker bij een impact af te leiden naar de zijkant en op die manier overrijden te vermijden en de impact af te zwakken.



6. Effectiviteit van de verschillende maatregelen

6.1 Types ongevallen en hun frequenties

Zoals reeds eerder werd aangehaald (hoofdstuk 2, figuur 3) zijn momenteel slechts weinig voldoende gedetailleerde data beschikbaar voor België. De enige informatie die betrouwbaar uit de ongevalstatistieken kunnen worden gewonnen, behandelen de dodehoekongevallen waarbij een rechtsafslannde vrachtwagen in conflict komt met een zwakke weggebruiker (Martensen, 2009). Uit de analyse die Martensen maakt, blijkt dat tussen 1997 en 2007 geen noemenswaardige verbetering plaats gevonden heeft.

Deze bevinding kan leiden tot het in vraag stellen van de effectiviteit van de verschillende systemen die momenteel gebruikt worden. Echter, men dient op te merken dat de relevante wetgeving die het gebruik van spiegel- of camerasystemen regelt pas in werking is getreden in 2003 pas in de praktijk wordt toegepast voor vrachtwagens die een eerste keuring in 2003 ondergaan. Dit wil zeggen dat men er niet vanuit mag gaan dat de recentste technische maatregelen doorgedreven aanwezig zijn in het wagenpark. Om hierover exacte uitspraken te kunnen maken, is het noodzakelijk om een correct beeld te hebben van het huidige uitrustingsniveau bij de relevante voertuigen en van de incidentie van de verschillende soorten dodehoekongevallen.

In Nederland was een uitgebreidere analyse mogelijk van de belangrijkste locaties waar de dodehoekproblematiek daadwerkelijk tot dodelijke ongevallen heeft geleid (Buck Consultants International, 2006). Op basis van gegevens van het archief van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer vond men dat het grootste deel van de ongevallen met dodelijke ongevallen als impactpunt op het voertuig de rechterflank en meerbepaald rechtsmidden en rechtsvoor van het voertuig hadden. Soortgelijke bevindingen werden gemaakt door Niewöhner en Berg (2004). Bij een algemene literatuurstudie werd teruggevonden dat een zeer groot deel van de ongevallen waarbij een dode hoek in het spel was, ongevallen waren waarbij een vrachtwagen rechtsaf sloeg. Ook bij een volgende dieptestudie van dodehoekongevallen vond men dat 57 procent van de ongevallen met rechtsafslannde voertuigen, het eerste contact op de rechtervoorkant van het voertuig plaats vondt.

Met deze gedachte in het achterhoofd, lijkt het aannemelijk om te stellen dat systemen die op deze voertuiglocaties van toepassing zijn, ook daadwerkelijk in de praktijk het meest efficiënt kunnen blijken. Aangezien echter alle voorgestelde systemen op die voertuiglocaties kunnen worden toegepast, is meer informatie nodig om een onderscheid te maken naar de effectiviteit en efficiëntie van de verschillende maatregelen.

6.2 Efficiëntie en effectiviteit

Een dergelijk beeld kan op twee verschillende manieren worden geschetst: een afweging waarbij rekening gehouden wordt met de kostprijs van installaties en de mogelijke winst (kosten-batenanalyses) en anderzijds een afweging waarbij enkel rekening wordt gehouden met het daadwerkelijke effect van een bepaald systeem zoals dat eventueel kan worden gemeten in termen van ongevallen of zoals dat kan worden vastgesteld bij de eindgebruikers.

6.2.1 Effectiviteit

Wanneer gekeken wordt naar de gegevens met betrekking tot dodehoekongevallen die gepresenteerd worden door Martensen (2009), zou men vragen kunnen stellen over de effectiviteit van dodehoeksystemen. Blijkbaar hebben dodehoeksystemen nog niet het gewenste effect bereikt. Naast het feit dat dergelijke systemen überhaupt nog niet frequent gebruikt worden, kan dit ook aan andere, menselijke, factoren liggen. Het gebruik van de hoger vermelde systemen in praktijksituaties is het onderwerp geweest van verschillende relevante onderzoeken die hieronder worden beschreven.

De meest uitgebreide studie werd uitgevoerd door Buck Consultants International (2006) waarbij verschillende systemen in de praktijk werden getest. Concreet werden verschillende concurrerende spiegel- en camerasystemen en radar- of ultrasone detectiesystemen met elkaar vergeleken. Tijdens het onderzoek geven de vrachtwagenbestuurders aan dat bij alle drie de verschillende systemen tot (ongeveer) 40 à 50 procent van de gevaarlijke situaties door onopgemerkte objecten die mogelijk tot een ongeval kunnen leiden, voorkomen.

Deze studie werd voort opgevolgd door het Ministerie van Verkeer en Waterstaat (Buck Consultants International 2007) uitsluitend de nadruk kwam te liggen op systemen die dienen om de dode hoek aan de voorkant van de vrachtwagens te verbeteren: spiegel- en camerasystemen. Uit deze studie kwamen soortgelijke resultaten naar voor met als belangrijkste bijkomend element dat de vrachtwagenbestuurders aangaven dat de camerasystemen hun voorkeur kregen. De lichte voorkeur voor camerasystemen zou overigens in de toekomst nog sterker kunnen gaan doorwegen, wanneer gebruik zou worden gemaakt van langere vrachtwagencombinaties (Hagen et al., 2006). Desondanks bleek ook dat bestuurders slechts matig gebruik maakten van de aangeboden zichtveldsystemen. Blijkbaar is een belangrijke human factor aanwezig bij het succesvol gebruik van deze systemen.

Soortgelijke bevindingen werden gemaakt door Brouwer (et al. 2000). Naast een lichte voorkeur voor het gebruik van camerasystemen in vergelijking met spiegelsystemen werd opgemerkt dat een correcte installatie van belang is. Het is belangrijk dat er fysiek plaats is voor het juist installeren van systemen. Vooral spiegelsystemen hebben hier last van. Daarnaast is het correct afstellen van de zichtvelden ook een zeer belangrijke aangelegenheid en dienen vrachtwagenbestuurders hier bijzonder aandacht aan te geven. Suboptimale afstelling van spiegels of camera's leidt tot een suboptimale

efficiëntie. Vrachtwagenchauffeurs merkten daarbij ook frequent op dat externe factoren een grote invloed kunnen hebben op het gebruik van de systemen: resonantietrillingen, vervuiling, aandamping, etc. verminderden het effect van het gebruik van spiegel- of camerasystemen.

Specifieke nadelen met betrekking tot de spiegelsystemen waren het vergroten van de blinde hoek rechtsvoor het voertuig en wekerende problemen bij het correct afstellen van de spiegels. Een minimaal contact met de buitenspiegel is genoeg om opnieuw de spiegel te moeten afstellen. Deze problemen werden niet ervaren met camerasystemen. Camerasystemen bieden echter een specifiek human factor probleem: het beeldscherm moet te allen tijde een voldoende contrastrijk beeld opleveren en de positie van het beeldscherm in de cabine is zeer belangrijk. De eindgebruiker mag slechts zo weinig mogelijk tijd verliezen bij het kijken naar een extra informatiebron om zijn rijtaak zo goed mogelijk te kunnen voortzetten.

Aan de kant van de vrachtwagenbestuurders zelf, dient ook de nodige aandacht te worden gegeven aan het correcte gebruik van de verschillende systemen. Zeker in het geval van passieve systemen die geen bijkomende alarmsignalen aan bestuurders of andere weggebruikers geven, moet rekening worden gehouden met het probleem dat het gebruik van deze systemen een extra stap is in de rijtaak van een bestuurder. Zogenaamde "looked but failed to see" ongevallen zouden anders vaak kunnen voorkomen (Vargas-Martin & Garcia-Perez, 2005; Koustanai et al., 2008).

Omwille van deze reden zouden actieve systemen die een alarmsignaal aan bestuurders of andere weggebruikers uitsturen, een lichte voorkeur kunnen verdienen als het op effectiviteit aankomt. Zelfs wanneer bestuurders geen correct gebruik maken van spiegel- of camerasystemen en daardoor cruciale informatie in de dode hoeken missen, kan een alarmsignaal de bestuurder nog tijdig helpen. In dit opzicht zijn actieve radar- of ultrasone detectiesystemen een spoor voor de toekomst dat zeker moet worden gevolgd. Niet alleen zijn ze robuust (verontreiniging en schade) maar ze bieden ook de makkelijkste manier om vrachtwagenbestuurders te alarmeren. Indien gezocht wordt naar een laagtechnologische oplossing zou een waarschuwingssysteem voor de omgeving van het voertuig kunnen worden overwogen als aanvulling op de bestaande systemen.

Een soortgelijke redenering kan ook worden opgebouwd voor het onderscheid tussen gesloten of open zijdelingse bescherming (Schoon, 1996). Alhoewel het niet mogelijk is om een exacte berekening te maken van de voordelen van een gesloten zijdelingse bescherming voor de verschillende types ongevallen met betrekking tot dode hoeken, geven bestuurders aan dat in de praktijk een gesloten zijdelingse bescherming een aantal voordelen biedt (betere zichtbaarheid bij regen door minder opspattend water, gebruiksgemak, verlaagde brandstofkosten door betere aerodynamica, etc.).

6.2.2 Kost-efficiëntie

Wanneer gekeken wordt naar kosten-baten analyse kunnen we beschikken over een relatief uitgebreide kosten-baten analyse zoals deze gemaakt is in Langeveld en Schoon (2004). Uit hun studie bleek dat de hoogste kosten-batenefficiëntie kan worden teruggevonden voor spiegelsystemen, gevolgd door camerasystemen en ten slotte respectievelijk open en gesloten zijdelingse bescherming voor vrachtwagens. Met betrekking tot de zijdelingse bescherming dient te worden opgemerkt dat dit mogelijk verbetert naargelang gesloten zijdelingse bescherming standaard wordt geleverd bij de opleggers en niet meer nadien dient te worden geïnstalleerd (Schoon, 1996).

Echter, twee beperkingen bestaan bij het overnemen van de resultaten van Langeveld en Schoon (1996) naar België toe. Ten eerste gaat deze studie uit van het Nederlandse uitgangspunt en gebruikt ze de geschatte penetratiegraad van de verschillende maatregelen in 2001 als basis voor de berekeningen. Hierbij moet worden opgemerkt dat de Nederlandse wetgeving niet parallel aan de Belgische wetgeving is ingevoerd en deze penetratiegraad niet noodzakelijk overeenkomt met die in België. Daarenboven worden niet alle van de hierboven besproken mogelijke maatregelen opgenomen in de studie. Enig voorbehoud dient dan ook gemaakt te worden bij het overnemen van de resultaten.

Daarnaast kan ook worden opgemerkt dat de kosten-batenanalyse van dergelijke systemen zeer sterk onderhevig is aan de marktwerking en marktwaarde van dergelijke systemen. Ingewikkelde, technologische systemen zijn momenteel eerder prijsselijk. Dit ligt niet in het minst aan het feit dat dergelijke systemen nog niet op de brede markt beschikbaar zijn en er momenteel nog sprake is van relatief unieke en kostelijke oplossingen. Wanneer dergelijke systemen meer zouden worden geproduceerd, mag men er ook van uitgaan dat de kostprijs gaat zakken. Dit kan de kosten-batenanalyse grondig beïnvloeden.

Met betrekking tot de overige oplossingen die in dit rapport ter sprake zijn gekomen is het relatief moeilijk om een correcte inschatting te geven van de efficiëntie ervan. Zelfklevers zijn op zich zeer goedkoop maar vraag is of ze überhaupt een bijdrage leveren aan de problematiek. Ook externe geluidssystemen die de omgeving van het voertuig waarschuwen zijn relatief goedkoop maar ook hier is het onbekend of ze een oplossing vormen voor het probleem.

7. Besluit



Wanneer men probeert om de verschillende technische oplossingen die mogelijk zijn voor de dodehoekproblematiek te analyseren, moet rekening worden gehouden met zeer uiteenlopende aspecten van de problematiek. Niet alleen zijn de voorgestelde technieken zeer verschillend qua aard (actief of passief; hoogtechnologisch of zeer primitief; preventief of gevolgbeperkend), het is daarnaast ook nog eens zeer moeilijk om een oplossing te vinden die voor alle dode hoeken een goede oplossing zou zijn (dichtbij of veraf, voor of naast het voertuig).

Deze verschillen vallen op wanneer men de verschillende technieken probeert te beschrijven en analyseren in combinatie met de verschillende dode hoeken en de verschillende manoeuvres die eigen zijn aan de problemen die in deze dode hoeken kunnen optreden. Sommige problemen zijn zeer typisch voor een langzaam manoeuvrerend voertuig terwijl andere dan weer eigen zijn aan een voertuig dat over een autosnelweg rijdt. Vanzelfsprekend brengt dit met zich mee dat het éénduidig analyseren van de verschillende technieken en selecteren van goede oplossingen zeer genuanceerd dient te gebeuren.

Naast eventuele problemen die ontstaan voor de analyse van technische oplossingen op zich, dient ook te worden rekening gehouden met de concrete situatie waarin een technische oplossing wordt gebruikt en het wettelijke kader dat momenteel geldt. Steeds moet worden overwogen of de beste technische oplossing ook de beste oplossing in de praktijk zou zijn. Het is niet omdat een spiegelsysteem in theorie een zeer eenvoudige en elegante oplossing zou zijn, dat ze daarom in de praktijk ook altijd goed wordt gebruikt door een chauffeur. Net zoals een camerasysteem in theorie wel ideaal lijkt maar dat niet uitsluit dat gebruikersfouten zouden optreden.

Daarnaast zijn de meest moderne oplossingen voor het dodehoekprobleem ook nog eens zeer recent ingevoerd in de praktijk. De laatste wijzigingen, die tevens de eerste min of meer volledige aanpak van de dodehoekproblematiek betekenden, zijn pas van toepassing sinds 2003. Dit maakt dat het moeilijk is om voldoende uitgebreide en volledige studies te vinden waarin de efficiëntie en effectiviteit van dergelijke hulpsystemen wordt beschreven.

Wanneer rekening wordt gehouden met verschillende praktischelementen die in de verschillende studies naar voren komen, wordt vastgesteld dat camerasystemen potentieel effectiever zijn dan spiegelsystemen. De effectiviteit wordt voor een groot deel verklaard door de aanwezigheid van een uitgesproken human factor in het correct gebruik van de voorgestelde hulpmiddelen. Wanneer echter rekening wordt gehouden met de kost-efficiëntie, zoals die in de verschillende studies werd gedefinieerd, krijgen spiegelsystemen weer de voorkeur boven camerasystemen als technisch hulpmiddel die de meest voorkomende dodehoekongevallen helpen voorkomen. Een goede aanvulling voor spiegel- of camerasystemen is het gebruik van actieve waarschuwingssystemen waarbij de bestuurder van het voertuig of zijn omgeving daadwerkelijk gewaarschuwd worden voor eventueel gevaar.



8. Referenties

Brouwer, R.F.T., Martens, M.H., & Vos, A.P. de (2000). *Praktijkproef met zichtveldverbeteringssystemen voor vrachtauto's*. Nederland, Soesterberg: TNO Technische Menskunde, 78pg.

Buck Consultants International (2003). *Evaluatie en praktijkproef DEARTRUCK: Test rapport systemen*. Rapport in opdracht van Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Goederenvervoer. Nederland, Nijmegen: BCI, 68pg.

Buck Consultants International (2007). *Demonstratieproject voor camera's en vooruitkijkspiegels*. Rapport in opdracht van Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Nederland, Nijmegen: BCI, 39pg.

Fietsersbond (2006). *Preventiegids voor fietsers. 10 Preventietips voor de woon-werkfietser*. België, Berchem: de Fietsersbond VZW, 32pg.

Flanagan, M.J., & Sivak, M. (2003). Framing effects on distance perception in rear-vision displays. In *SAE Special Publication, SP-1787: lighting technology*. USA, Warrendale: SAE International, pg 33-40.

Hagen, G., Götz, N.A., Lieshout, R.B.T., & Rodenberg, F.A. (2006). *Monitoringsonderzoek vervolgproef LZV: Resultaten van de vervolgproef met langere of langere en zwaardere voertuigcombinaties op de Nederlandse wegen*. Rapport in opdracht van Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer. Nederland, Arnhem: Arcadis, 116pg.

Kampen, L.T.B. van, & Schoon, C.C. (1999). *De veiligheid van vrachtauto's. Een ongevals- en maatregelenanalyse in opdracht van Transport en Logistiek Nederland*. Rapport R-99-31. Nederland, Leidschendam: SWOV, 106pg.

Koustanai, A., Boloix, E., Elslande, P. van, & Bastien, C. (2008). Statistical analysis of "looked-but-failed-to-see" accidents: Highlighting the involvement of two distinct mechanisms. In *Accident Analysis and Prevention, Vol 40*, pg 461-469.

Langeveld, P.M.M., & Schoon, C.C. (2004). Kosten-batenanalyse van maatregelen voor vrachtauto's en bedrijven. Rapport R-2004-11. Nederland, Leidschendam: SWOV, 60pg.

Luoma, J., Flannagan, M.J., & Sivak, M. (2000). Effects of nonplanar driver-side mirrors on lane change crashes. Rapport UMTRI-2000-26. USA, Michigan: The University of Michigan Transportation Research Institute, 16pg.

Martensen, H. (2009). Ongevallen met minstens één vrachtwagen. België, Brussel: BIVV/IBSR – Belgisch observatorium voor de Verkeersveiligheid.

Niewöhner, W., & Berg, F.A. (2004). Gefährdung von Fussgängern und Radfahrern an Kreuzungen durch rechts abbiegende LKW. Rapport F54. Duitsland, Stuttgart: Dekra Automobil GmbH & Bundesanstalt Für Strassenwesen, 84pg.

Schoon, C.C. (1996). Praktijkonderzoek zijafscherming voor vrachtauto's. Rapport R-96-24. Nederland, Leidschendam: SWOV, 99pg.

Schoon, C.C. (2006). Problematiek rechtsafslaande vrachtauto's. Rapport R-2006-2. Nederland, Leidschendam: SWOV, 27pg.

Theeuwes, J., Vos, A.P. de, Snel, R., Munster, A.J. van, Linden, R.P.J. van der, & Kusters, L.J.J. (1998). Verbetering van de zichtsvelden voor chauffeurs van vracht- en bestelauto's. Rapport 98.OR.NT.002.2/LKU. Nederland, Delft: TNO Wegtransportmiddelen, 73pg.

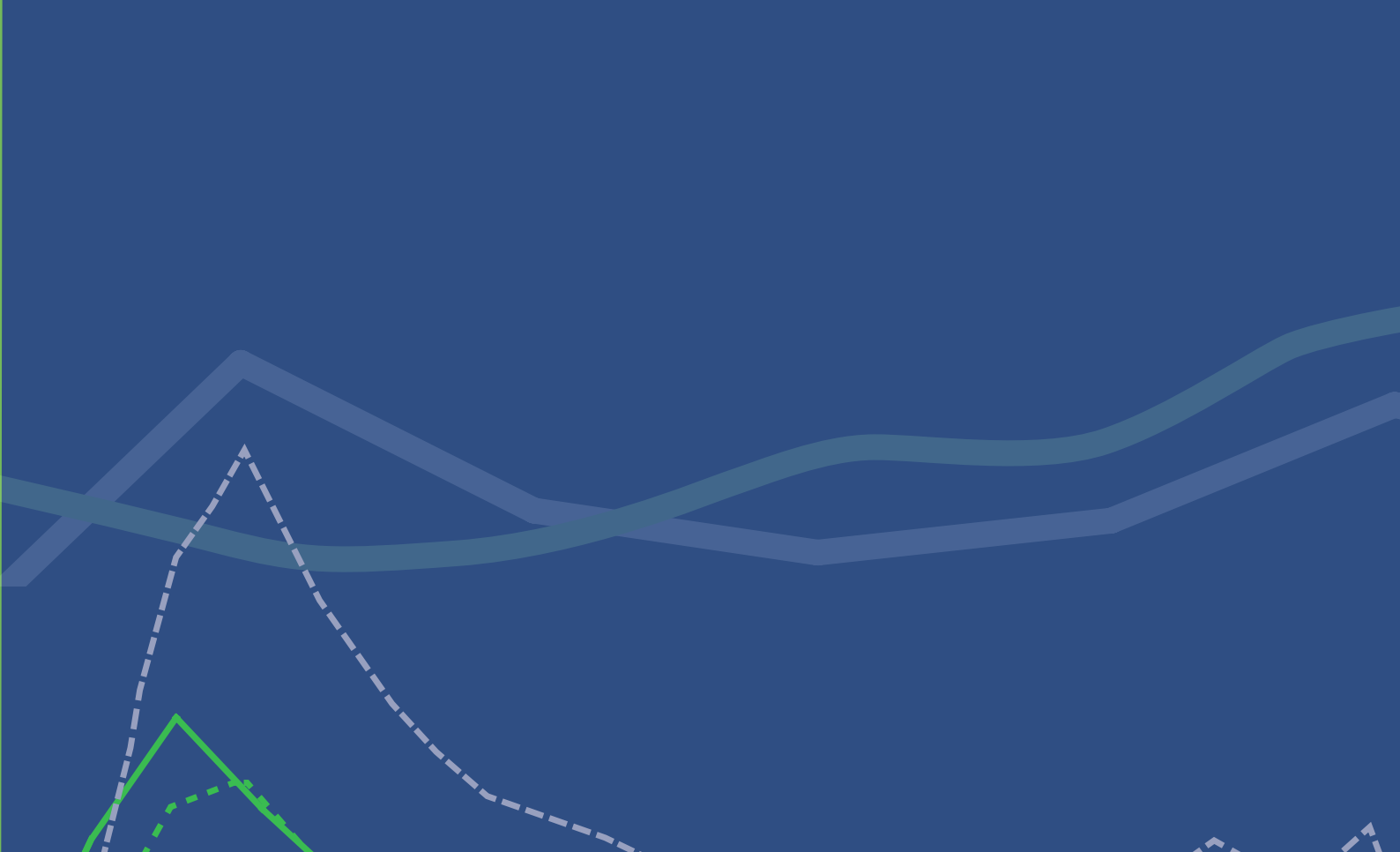
Vargas-Martin, F., & Garcia-Perez, M.A. (2005). Visual fields at the wheel. In *Optometry and Vision Science*, Vol 82(8), pg 675-681.

FIGUREN

- Figuur 1: Schematische voorstelling van de zichtvelden rondom een vrachtwagen. Voorzieningen vermeld in Europese richtlijnen zijn niet aangeduid.....6
- Figuur 2: Overzicht van aantal letselongevallen, doden 30 dagen, ernstig gewonden en licht gewonden bij dodehoekongevallen waarbij een rechtsafslaande vrachtwagen en een zwakke weggebruiker in conflict komen.9
- Figuur 3: Schematische weergave van dode hoeken op basis van maquette van het BIVV, rekening houdende met recente wetgeving..... 13

TABELLEN

- Tabel 1 Overzicht zichtveldproblemen en probleemstelling manoeuvres op basis van Theeuwes.13



Belgisch Instituut voor
de Verkeersveiligheid

ikbenvoor.be ➤