



Ongevallen met manoeuvrerende vrachtauto's bij duisternis

Den Haag, november 2002

De eindrapporten van de Raad voor de Transportveiligheid zijn openbaar. Een ieder kan daarvan gratis een afschrift verkrijgen door schriftelijke bestelling bij Sdu Grafisch Bedrijf bv, Christoffel Plantijnstraat 2, Den Haag, telefax nr. 070 378 9744.

Alle rapporten zijn bovendien beschikbaar via de website van de raad: www.rvtv.nl

Raad voor de Transportveiligheid

De Raad voor de Transportveiligheid is een Zelfstandig Bestuursorgaan met een eigen rechtspersoonlijkheid dat bij wet is ingesteld met als taak te onderzoeken en vast te stellen wat de oorzaken of vermoedelijke oorzaken zijn van individuele of categorieën van ongevallen en incidenten in alle transportsectoren te weten, de scheepvaart, de luchtvaart, het railverkeer en wegverkeer alsmede het buisleidingentransport. Het uitsluitend doel van een dergelijk onderzoek is toekomstige ongevallen of incidenten te voorkomen en indien de uitkomsten van een en ander daartoe aanleiding geven daaraan veiligheidsaanbevelingen te verbinden. De organisatiestructuur bestaat uit een overkoepelende Raad voor de Transportveiligheid en daaronder een onderverdeling in vier Kamers en één Commissie per transportsector. Deze worden ondersteund door een staf van onderzoekers en een secretariaat.

SAMENSTELLING VAN DE RAAD EN DE KAMER WEGVERKEER

Raad

Voorzitter: Mr. Pieter van Vollenhoven
F.W.C. Castricum
J.A.M. Elias
Mw. mr. A.H. Brouwer-Korf
Mr. D.M. Dragt
Mr. J.A.M. Hendriks
Mr. E.R. Müller
Ir. K. Nije
Prof. dr. U. Rosenthal
Mw. Mr. E.M.A. Schmitz
J. Stekelenburg
Mr. G. Vrieze
Dr. Ir. J.P. Visser
Prof. dr. W.A. Wagenaar

Kamer Wegverkeer

Voorzitter: F.W.C. Castricum
Ir. G. Blom
Prof. Dr. Ir. R.E.C.M. van der Heijden
D M. Koorstra
Ir. K. Nije
Drs. H. Plasse
Mw. Ir. I. Spapé
Drs. C. Wildervanck
Prof. Dr. J.S.H.M. Wismans

Secretaris-Directeur: Mr. S.B. Boelens
Senior-Secretaris: Drs. J.H. Pongers
Senior-Projectleider: H.J. Klumper

Secretaris: Mw. Drs. Th.M.H. van der Velden
Senior-Onderzoeker: Ing. A. Sloetjes

Bezoek adres: Prins Clauslaan 18
2595 AJ Den Haag
telefoon (031) 70 333 7000

Post adres: Postbus 95404
2509 CK Den Haag
telefax (031) 70 333 7078

Website: <http://www.rvtv.nl>

Inhoudsopgave

Voorwoord	5
Samenvatting	7
1. Aanleiding	9
1.1 Ongeval te Marknesse	9
1.2 Soortgelijke ongevallen	11
2. Analyse	13
2.1 Algemeen	13
2.2 Deelonderzoeken	14
2.3 Wettelijke voorschriften	15
2.4 Ongevalstatistieken	16
2.5 Zichtbaarheid en herkenbaarheid	18
2.5.1 Onderzoek	18
2.5.2 Bevindingen	20
2.6 Retro-reflecterende contourmarkering	25
2.6.1 Algemeen	25
2.6.2 Veiligheidseffect	25
2.6.3 Invoering	28
3. Conclusies	31
4. Aanbevelingen	35
5. Literatuur	37
Bijlagen:	39
A. Verantwoording van het onderzoek.	39
B. Toelichting van de belangrijkste fotometrische begrippen, de waarneembaarheid van objecten en de stopafstand van een voertuig.	41
C. Samenvattend overzicht van de praktijkproeven.	43

Voorwoord

Door de Raad voor de Transportveiligheid worden niet alleen specifieke ongevallen onderzocht, maar ook themastudies verricht. Daarbij wordt een bepaald soort ongeval of veiligheidsprobleem onder de loep genomen. In het voorliggende rapport wordt verslag gedaan van zo'n themastudie, gericht op ongevallen met vrachtauto's waarmee tijdens duisternis op een onverlichte weg wordt gemanoeuvreed.

Bij dergelijke ongevallen blijken in meerdere opzichten structurele veiligheidsproblemen aan de orde te zijn. Zo blijkt een deel van de bedrijfsterreinen maar één uitrit te hebben en verder zodanig te zijn ingericht dat vrachtauto's er niet kunnen keren (waardoor dergelijke voertuigen het terrein achteruitrijdend moeten oprijden of verlaten). Verder is gebleken dat bij duisternis de zijkant van een vrachtauto, ook als deze van de voorgeschreven verlichting en reflectoren is voorzien, onder bepaalde omstandigheden onvoldoende zichtbaar en/of herkenbaar is.


De gesignaleerde problematiek bestaat al sinds jaar en dag. In de loop van de tijd zijn er wel maatregelen genomen (zoals de verplichting tot het aanbrengen van zijreflectoren en later ook zijmarkeringslichten op vrachtauto's), maar er doen zich nog steeds relatief veel ongevallen voor waarbij de gebrekkige zichtbaarheid en/of herkenbaarheid van vrachtauto's een rol speelt. Bovendien moet worden gesteld dat nog niet alle verbeter-mogelijkheden worden benut. Zo kan een deel van de bedrijfsterreinen beter toegankelijk worden gemaakt door een extra uitrit en/of een andere inrichting van het terrein, terwijl de zichtbaarheid en herkenbaarheid van vrachtauto's bij duisternis nog aanmerkelijk kan worden verbeterd door het aanbrengen van retro-reflecterende contourmarkering (RRCM).

Uit een onlangs verschenen SWOV-rapport blijkt, dat er binnen de betreffende transportsector wel wordt onderkend dat het toepassen van RRCM kan bijdragen aan het verder beperken van de veiligheidsrisico's die aan vrachtauto's zijn verbonden. Uit dat rapport blijkt echter tevens dat er binnen die sector geen draagvlak bestaat voor het op vrijwillige basis grootschalig invoeren van RRCM. Als belangrijkste argument wordt aangevoerd dat het deel van de "baten" dat rechtstreeks aan de sector ten goede komt niet opweegt tegen de benodigde investeringen.

Invoering van RRCM kan echter tot een substantiële reductie van het aantal ongevallen en slachtoffers leiden en is bovendien maatschappelijk gezien wel rendabel. De Raad voor de Transportveiligheid is daarom van mening dat ook deze verbeter-mogelijkheid moet worden benut en dat – bij het ontbreken van draagvlak voor vrijwillige invoering – tot wettelijke verplichting moet worden overgegaan. Hierbij kan overigens worden opgemerkt, dat de Raad het – onder het motto "de vervuiler betaalt" – geenszins onredelijk vindt dat een sector ook in financiële zin verantwoordelijk wordt gehouden voor het zo veel mogelijk terugdringen van de veiligheidsrisico's die door de sector zelf worden geïntroduceerd.

De Raad beseft dat het bij een wettelijke RRCM-verplichting om Europese regelgeving gaat en dat bovendien de gebrekkige zichtbaarheid en herkenbaarheid van vrachtauto's bij duisternis geen typisch Nederlands probleem is. De Europese Unie heeft overigens onlangs ook al besloten om RRCM te gaan opnemen in het Europese typegoedkeuringsstelsel voor vrachtauto's. Met de effectuering van dat voornemen zal echter waarschijnlijk nog geruime tijd zijn gemoeid en daarom is de Raad van oordeel dat daarop vooruitlopend de RRCM-verplichting zo spoedig mogelijk in de Nationale

wetgeving moet worden opgenomen. Ook zo'n nationale invoering zal waarschijnlijk al een belangrijk positief effect hebben, omdat bij het overgrote deel van de betreffende ongevallen geen buitenlandse vrachtauto's betrokken zijn.

A handwritten signature in black ink, featuring a large, stylized initial 'P' and the name 'Pieter van Vollenhoven' written in a cursive script.

Mr. Pieter van Vollenhoven
Voorzitter van de Raad

A handwritten signature in black ink, consisting of the initials 'S.B.' followed by the name 'Boelens' in a cursive script, underlined.

Mr. S.B. Boelens
Secretaris-Directeur

Samenvatting

Bij het verkeersongeval dat aan deze themastudie ten grondslag lag, botste een personenauto tegen de zijkant van een vrachtauto die bij duisternis bezig was om achteruitrijdend een uitrit in te rijden.

Opmerkelijk is dat de vrachtauto wel de voorgeschreven verlichting/reflectoren voerde en dat er geen aanleiding bestaat om te veronderstellen dat de bestuurder van de personenauto (aanmerkelijk) te snel reed, onder invloed van alcohol verkeerde of afgeleid werd.

Dergelijke ongevallen blijken zich in ons land gemiddeld ruim 100 keer per jaar te voltrekken, waarbij gemiddeld 2 mensen om het leven komen en ruim 20 mensen zodanig gewond raken dat ze in een ziekenhuis moeten worden opgenomen.

Gesteld kan worden dat bij dit soort ongevallen in grote lijnen de volgende drie structurele veiligheidsproblemen aan de orde zijn:

- De inrichting en ontsluiting van het betreffende bedrijfsterrein is zodanig dat met een vrachtauto achteruitrijdend de uitrit moet worden opgereden.
- Ondanks de wettelijk voorgeschreven verlichting/reflectoren zijn de zijkanten van de vrachtauto bij duisternis niet op voldoende afstand zichtbaar en/of als zodanig herkenbaar.
- Beide bestuurders blijken in die zin over te weinig kennis/inzicht te beschikken, dat ze de ongevaldreiging pas in een (aanmerkelijk) te laat stadium hebben onderkend.

Uit het onderzoek is verder naar voren gekomen, dat de zichtbaarheid en herkenbaarheid van vrachtauto's bij duisternis aanmerkelijk kan worden verbeterd door het aanbrengen van zgn. retro-reflecterende contourmarkering (RRCM).

Een betere zichtbaarheid/herkenbaarheid van vrachtauto's is uiteraard niet alleen van belang bij uitrit-gerelateerde verkeerssituaties. Het totaal aantal ongevallen waarbij deze problematiek mogelijk een rol van betekenis heeft gespeeld bedraagt jaarlijks ongeveer 1800 en daarbij vallen ruim 80 ziekenhuis-gewonden en ongeveer 9 doden. Het invoeren van RRCM kan uiteraard niet al die ongevallen/slachtoffers voorkomen, maar daardoor kan waarschijnlijk wel op jaarbasis het aantal vrachtauto-ongevallen met enkele honderden, het aantal ziekenhuisgewonden met 20 tot 30 en het aantal verkeersdoden met ongeveer 2 á 3 worden gereduceerd.

Op grond van de bevindingen zijn de volgende vier aanbevelingen geformuleerd:

- De betreffende wegbeheerders wordt via hun koepelorganisaties aanbevolen om bij het verlenen/verlengen van uitweg-vergunningen voor bedrijfsterreinen die regelmatig door vrachtauto's worden bezocht, in de beoordeling te betrekken dat de inrichting en ontsluiting zodanig moeten zijn dat ook vrachtauto's het terrein vooruitrijdend kunnen oprijden en verlaten.
- De minister van Verkeer en Waterstaat wordt aanbevolen om de voorgenomen Europese invoering van een wettelijke verplichting tot het aanbrengen van retro-reflecterende contourmarkering bij vrachtauto's zoveel mogelijk te bespoedigen. Tevens dient de RRCM-verplichting – vooruitlopend op de Europese invoering – zo spoedig mogelijk in de nationale wetgeving te worden opgenomen.
- De (branche-)organisaties van verladers, ontvangers en vervoerders, alsook van land- en tuinbouw bedrijven, wordt aanbevolen hun leden nadrukkelijk te adviseren dat vooral tijdens duisternis het manoeuvreren met vrachtauto's op de openbare weg zo

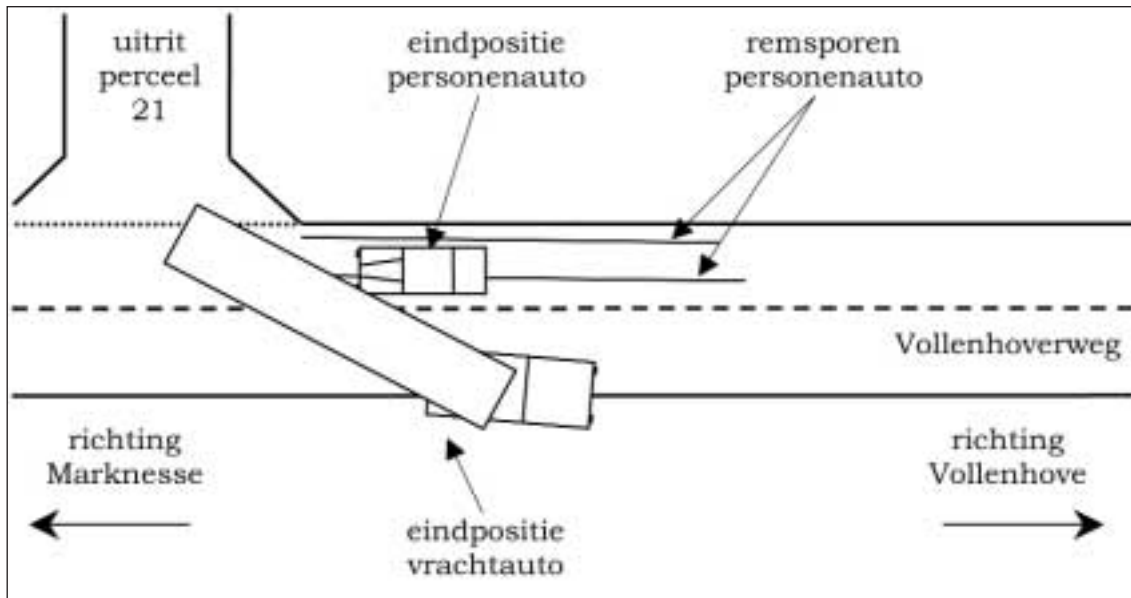
weinig mogelijk dient plaats te vinden en in de resterende gevallen gepaard moet gaan met adequate veiligheidsmaatregelen.

- De problematiek rond de gebrekkige zichtbaarheid en herkenbaarheid van vrachtauto's bij duisternis moet deel gaan uitmaken van de eisen voor het theorie-examen voor de verschillende rijbewijzen alsook die voor het chauffeursdiploma.

1. AANLEIDING

1.1 Ongeval te Marknesse

De directe aanleiding tot deze themastudie werd gevormd door een ernstig verkeersongeval dat op 22 november 2000 te Marknesse heeft plaatsgevonden. Daarbij botste een personenauto tegen de zijkant van een vrachtauto die tijdens duisternis bezig was achteruitrijdend een uitrit in te rijden. Door het ongeval is één van de personenauto-inzittenden overleden en raakten de beide andere inzittenden van dat voertuig ernstig gewond.



Figuur 1: Situatie en eindposities bij het ongeval te Marknesse (schematisch).



Op de foto is niet zichtbaar, dat bij de personenauto vooral het rechterdeel van de voorzijde zwaar is beschadigd. Dat komt doordat de rechter-voorhoek van de personenauto tegen het voorste-linkerwiel van de oplegger terecht is gekomen. Om diezelfde reden is de personenauto na de botsing terug geworpen naar links-achter en links naast de remsporen tot stilstand gekomen (zie figuur 1).

Figuur 2: Voertuigbeschadigingen bij het ongeval te Marknesse. (Bron: regiopolitie Flevoland)

De toedracht van het ongeval was in grote lijnen als volgt:

- Het ongeval heeft plaatsgevonden op woensdag 22 november 2000, op de Vollenhoverweg (tussen Marknesse en Vollenhove) in de Noordoostpolder. Het betreft een gebiedsontsluitingsweg; de uit dicht-asfalt-beton bestaande rijbaan is ongeveer 6,5 meter breed, wordt door een onderbroken middenlijn in twee rijstroken verdeeld en is opengesteld voor verkeer in beide richtingen. Naast de rijbaan bevindt zich,

gescheiden door een ongeveer 5,5 meter brede onverharde berm, een vrijliggend fietspad. De weg is aangeduid als voorrangsweg en de wettelijk toegestane maximumsnelheid bedraagt 80 km/uur. Het ongeval heeft plaatsgevonden omstreeks 19.15 uur. Het was toen al donker en verder was er sprake van droog/helder weer.

- De bij het ongeval betrokken vrachtauto, een trekker/oplegger-combinatie die bestuurd werd door een 53 jarige man, is de ongevalplaats genaderd vanuit de richting Marknesse. Het voertuig was geladen met lege kisten, die bestemd waren voor het bedrijf dat gevestigd is op perceel 21. Het betreffende bedrijfsterrein was zodanig ingericht dat er met vrachtauto's als de onderhavige niet kon worden gekeerd. Gekomen ter hoogte van het perceel heeft de bestuurder zijn voertuig eerst op de rechter-rijstrook tot stilstand gebracht. De vrachtauto stond toen kort voorbij de betreffende uitrit, die zich in de rijrichting gezien aan de linkerzijde van de weg bevond; naast de normale (gedimde) verlichting was ook de alarmverlichting ingeschakeld. In die positie heeft de bestuurder van de vrachtauto meerdere voertuigen (uit beide richtingen) laten passeren. Tegenover de politie heeft hij verklaard, dat hij heeft gewacht tot er achter de vrachtauto een auto tot stilstand was gekomen en er van voren alleen op grote afstand nog voertuiglichten zichtbaar waren. Daarna is de vrachtautochauffeur, achteruit-rijdend en linksafslaand, de betreffende uitrit gaan inrijden.
- Terwijl de vrachtauto bezig was de uitrit in te rijden, naderde vanuit tegengestelde richting een personenauto. Dat voertuig werd bestuurd door een 25 jarige man, terwijl zich op de rechter-voorstoel zijn 65-jarige moeder en op de achterbank een 18 jarige vriendin bevond. Volgens de automobilist reed hij bij nadering van de ongevalplaats ongeveer 80 km/uur en heeft hij al op grote afstand, op de weghelft voor het tegemoetkomende verkeer, de koplampen van de vrachtauto gezien. Omdat hij in de veronderstelling was dat de vrachtauto stilstond, wilde hij dat voertuig op de normale wijze passeren. Maar toen hij de vrachtauto op korte afstand was genaderd zag de automobilist op de door hem bereden rijstrook iets glinsteren en in reactie daarop heeft hij krachtig geremd.
- Volgens de verklaring van de vrachtautobestuurder heeft hij tijdens zijn achteruitrijdmanoeuvre wel de koplampen van de uit tegengestelde richting naderende personenauto gezien. Hij verwachtte in eerste instantie dat de bestuurder van dat voertuig wel tijdig zou zien dat de door hem bereden rijstrook door de oplegger werd geblokkeerd en dat hij in reactie daarop zijn voertuig tijdig tot stilstand zou brengen. Op zeker moment werd het de vrachtautochauffeur echter duidelijk dat de personenauto niet tijdig werd afgeremd en daarom heeft hij in laatste instantie nog geprobeerd door vooruit te rijden de andere rijstrook weer vrij te maken.
- Ondanks het krachtige remmen van de personenautobestuurder en het in laatste instantie nog weer vooruitrijden door de vrachtautobestuurder, is het toch tot een aanrijding gekomen. Daarbij is de personenauto met de voorzijde tegen het voorste-linkerwiel van de oplegger gebotst. De passagier op de rechter-voorstoel van de personenauto raakte zodanig ernstig gewond dat zij als gevolg daarvan ongeveer anderhalve week later is overleden; de bestuurder en de passagier op de achterbank raakten zodanig gewond dat ze naar een ziekenhuis moesten worden gebracht. De personenauto en de oplegger raakten zwaar beschadigd.

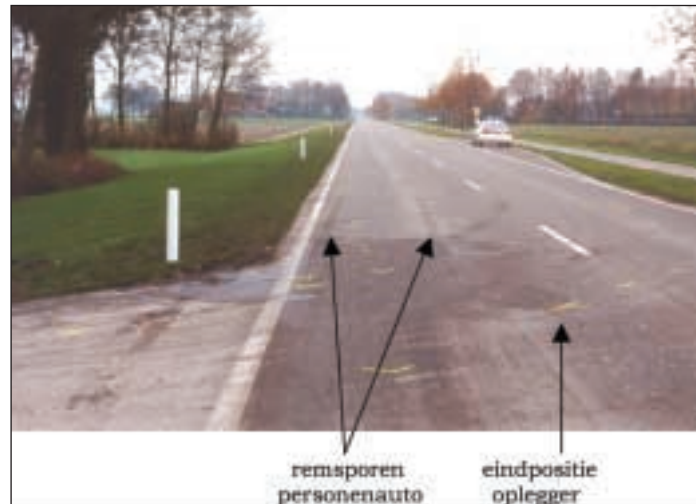
Met betrekking tot de situatie en omstandigheden kan verder nog het volgende worden opgemerkt:

- Het weggedeelte waarover de personenauto bij nadering van de ongevalplaats reed, is (zoals ook op de foto van figuur 3 te zien) over grote afstand recht.

- De vrachtauto was aan de zijkanten voorzien van zijmarkeringslichten en deze waren ook in bedrijf.
- Ten tijde van het ongeval was het droog en helder. De rijbaan was eveneens droog. Op de ongevallocatie is er geen sprake van openbare of andere verlichting.
- De vrachtauto moest achteruitrijdend de uitrit oprijden, omdat het betreffende terrein maar 1 uitrit had en verder zodanig was ingericht dat er met vrachtauto's als de onderhavige niet kon worden gekeerd.

Figuur 3: Het weggedeelte waarover de personenauto de ongevalplaats naderde, gezien vanaf de ongevalplaats.

(Bron: Regiopolitie Flevoland)



De politie heeft een uitgebreid onderzoek ingesteld naar de aanleiding en toedracht van het ongeval. Daarbij heeft men zich ook gericht op de vraag waarom de personenautobestuurder geen kans heeft gezien om zijn voertuig tijdig tot stilstand te brengen. Er zijn geen aanwijzingen gevonden voor onvoldoende oplettendheid, overmatige snelheid, alcoholgebruik of iets dergelijks. De verklaring van de personenautobestuurder komt er op neer dat hij bij nadering van de ongevalplaats wel de koplampen van de trekker op de andere weghelft heeft gezien, maar dat hij niet tijdig heeft opgemerkt dat de door hem bereden rijstrook werd geblokkeerd door de schuin over de weg staande oplegger. Die lezing past bij de uitkomst van het politie-onderzoek; volgens het proces-verbaal zijn de markeringslichten op de zijkant van de oplegger namelijk pas redelijkerwijs zichtbaar geworden voor de personenautobestuurder, toen de onderlinge afstand tussen de voertuigen al te klein was om nog afdoende te kunnen reageren. Opmerkelijk is dat de verlichting van de vrachtauto, ook voor wat betreft de zijkant, wel aan de wettelijke voorschriften voldeed.

Uit de verklaring die de vrachtautobestuurder tegenover de politie heeft afgelegd blijkt verder, dat hij zich heeft verkeken op de periode die nodig was om achteruit de betreffende uitrit in te rijden. Hij dacht de rijbaan weer vrij te kunnen maken zonder het eventueel uit tegengestelde richting komende verkeer te hinderen. Uit zijn verklaring blijkt tevens, dat hij zich ook onvoldoende heeft gerealiseerd dat de zijkant van zijn voertuig (mede vanwege de versluiserende werking van de vrachtautokoplampen) voor tegemoetkomende automobilisten slecht zichtbaar was.

1.2 Soortgelijke ongevallen

Uit navraag bij enkele politiekorpsen is gebleken dat zich vaker ongevallen met een vergelijkbare toedracht voordoen. Als typische voorbeelden kunnen de volgende 2 ongevallen worden genoemd:

Ongeval op 21-10-1998 in de gemeente Noordoostpolder

Het betreft een aanrijding tussen een personenauto en een vrachtauto met aanhangwagen, die omstreeks 06.45 uur plaatsvond op de Westerringweg, ter hoogte van de T-kruising met het Onderduikerspad, gelegen tussen Creil en Espel in de gemeente Noordoostpolder. Het betreffende deel van de Westerringweg bevindt zich buiten de bebouwde kom en is aangeduid als voorrangsweg; de uit asfalt bestaande rijbaan heeft een breedte van ongeveer 6,0 meter en is door een onderbroken streep in twee rijstroken verdeeld. De toegestane maximumsnelheid bedraagt 80 km/uur. Ten tijde van het ongeval was het donker, droog en helder.

Het ongeval heeft plaatsgevonden terwijl de vrachtautobestuurder bezig was om zijn voertuig te keren. Daartoe is hij eerst de T-kruising rechtdoor overgestoken, om vervolgens achteruitrijdend de links gelegen zijweg op te rijden. De personenauto is de kruising vanuit tegengestelde richting genaderd. Ten tijde van de botsing bevond de voorwagen van de vrachtautocombinatie zich ongeveer parallel aan de weg op de rechter rijstrook, terwijl de aanhanger toen schuin over de andere rijstrook stond. De personenauto is met het linkerdeel van de voorzijde tegen het linker-voorwiel van de aanhangwagen terechtgekomen. Ten gevolge van het ongeval raakten de beide inzittenden van de personenauto ernstig gewond en werden beide voertuigen zwaar beschadigd. De vrachtauto voerde, naast de normale (gedimde) verlichting, ook de alarm-verlichting; verder waren zowel de voorwagen als de aanhanger aan de zijkanten voorzien van zijmarkeringslichten. De personenauto voerde gedimde verlichting.

Ongeval op 24-11-1998 te Sellingen (gemeente Vlagtwedde)

Ook bij dit ongeval gaat het om een aanrijding tussen een personenauto en een vrachtauto met aanhangwagen. Het ongeval vond plaats rond 22.55 uur ter hoogte van perceel nr. 9 op de Lammerweg te Vlagtwedde (Gr). Het betreffende weggedeelte bevindt zich buiten de bebouwde kom en is aangeduid als voorrangsweg. De toegestane maximumsnelheid bedraagt 80 km/uur.

De vrachtautobestuurder was bezig om met zijn combinatie vanaf de openbare weg linksafslaand en achteruitrijdend de oprit naast zijn woning op te rijden. Ten tijde van de aanrijding bevond de voorwagen zich nog ongeveer parallel aan de weg op de rechterstrook, terwijl de aanhanger zich toen al ongeveer dwars op de rijbaan bevond. Bij de vrachtauto was de gedimde verlichting en de alarmverlichting in werking; de voorwagen en de aanhanger waren aan de zijkant voorzien van zijreflectoren.

De personenauto is de vrachtauto aan de voorzijde genaderd. De verklaring van de personenautobestuurder komt er op neer, dat hij wel op de andere weghelft de koplampen van de vrachtauto heeft gezien, maar dat hij niet heeft gezien dat de aanhanger zich schuin/dwars op de door hem bereden weghelft bevond. Hij dacht dat de vrachtautobestuurder – waarvan hij wist dat die daar woonde – hem eerst zou laten passeren voordat deze de oprit naar zijn huis zou gaan inrijden.

De personenauto is met de voorzijde ongeveer in het midden tegen de linkerzijde van de aanhanger gebotst. Door die botsing is de bestuurder van de personenauto (die zich alleen in zijn voertuig bevond) ernstig gewond geraakt; de personenauto en de aanhanger werden zwaar beschadigd.

2. ANALYSE

2.1 Algemeen

De drie ongevallen die in hoofdstuk 1 zijn beschreven hebben met elkaar gemeen, dat ze zijn ontstaan doordat een vrachtauto, die tijdens duisternis aan het manoeuvreren was op een buiten de bebouwde kom gelegen weg zonder openbare verlichting, niet tijdig werd opgemerkt door een automobilist. Opmerkelijk is dat de betreffende vrachtauto's wel de wettelijk voorgeschreven verlichting c.q. reflectoren voerden en dat er geen aanwijzingen zijn dat de automobilisten onder invloed van alcohol verkeerden, (aanmerkelijk) te snel reden of afgeleid werden. Een en ander doet vermoeden dat vrachtauto's, met name aan de zijkant, bij duisternis onvoldoende opvallend zichtbaar zijn.

Vrachtauto's zijn op zich, ook aan de achter- en zijkant, bij duisternis niet slechter zichtbaar dan personenauto's. Ze zijn echter wel wezenlijk groter, minder wendbaar en aanmerkelijk trager bij het accelereren en manoeuvreren. Die eigenschappen wreken zich op een aantal manieren, namelijk:

- Vanwege de grotere afmetingen komt het bij vrachtauto's vaker voor, dat bij het op- of afrijden van een weg ook gedurende enige tijd gebruik moet worden gemaakt van de rijstrook die bestemd is voor het tegemoetkomende verkeer.
- Met name bij grote vrachtauto's kan het voorkomen dat vanaf een openbare weg achteruitrijdend een uitrit moet worden ingereden. De reden daarvoor kan bijvoorbeeld zijn, dat er op het betreffende terrein onvoldoende ruimte is om met een vrachtauto te kunnen keren. Hetzelfde geldt als een grote vrachtauto op een onverhard terrein geladen of gelost moet worden (wat zich o.a. vaak voordoet in het kader van de aardappel- en bietencampagne); op dergelijke terreinen valt namelijk met zware voertuigen niet te manoeuvreren zonder dat ze wegzakken. In dergelijke gevallen wordt eerder gekozen voor het achteruit inrijden dan voor het achteruit verlaten van de uitrit.

Vanwege het beperkte zicht dat een vrachtautochauffeur vanaf de bestuurdersplaats naar rechts-achter heeft, zijn dergelijke manoeuvres eigenlijk alleen linksafslaand mogelijk. Bij relatief smalle uitritten moeten ze bovendien vanaf de rechter-weghelft worden ingezet.

- Vanwege het geringere acceleratievermogen is met manoeuvres als het oversteken van een weg of het optrekken tot kruissnelheid, bij vrachtauto's aanmerkelijk meer tijd gemoeid dan bij personenauto's het geval is.
- Bij gelede vrachtauto's¹ kan zich de situatie voordoen dat het voorste deel (waarop zich de koplampen bevinden) ongeveer parallel aan de weg-as staat, terwijl het achterste deel zich schuin/dwars op de weg bevindt. In dat geval wordt bij duisternis, althans voor het van voren naderende verkeer, de zichtbaarheid van het achterste deel bemoeilijkt door het versluisende effect van de vrachtauto-koplampen. Voor het van voren naderende verkeer kan de situatie zich – tot in een relatief laat stadium – laten aanzien alsof er sprake is van vrachtauto die zich (volledig) op de andere weghelft bevindt.

¹ Gelede vrachtauto's bestaan uit meerdere voertuigdelen, in Europa meestal twee (bijvoorbeeld een voorwagen met aanhanger of een trekker/oplegger-combinatie).

Bovendien is er bij botsingen tussen een vrachtauto en een ander voertuig in drieërlei zin sprake van forse compatibiliteitsproblemen. Namelijk:

- Over het algemeen bedraagt de totale massa bij vrachtauto's een veelvoud van die bij andere voertuigen. Globaal kan worden gesteld dat de massa bij personenauto's doorgaans 1 à 1,5 ton bedraagt, terwijl de massa bij vrachtauto's varieert van ongeveer 5 ton tot meer dan 40 ton. Dat massaverschil is van belang, omdat bij een botsing tussen twee voorwerpen de optredende snelheidsveranderingen omgekeerd evenredig zijn met de massa's. Of met andere woorden: een voertuig ondergaat bij een botsing met een vrachtauto een aanmerkelijk grotere snelheidsverandering dan bij een botsing met een personenauto of ander relatief licht obstakel.
- Over het algemeen zijn vrachtauto's zodanig geconstrueerd dat de deformatie-stijfheid² aanmerkelijk groter is dan die bij personenauto's en bestelauto's. Dat geldt niet alleen voor de voor- en achterkant, maar ook voor de zijkant van vrachtauto's. Het gevolg daarvan is dat bij een botsing met een vrachtauto het overgrote deel van de totale hoeveelheid bewegingsenergie die tijdens de botsing in vervorming wordt omgezet, ten laste komt van het andere voertuig.
- Bovendien is het overgrote deel van het vrachtautopark nog niet voorzien van effectieve onderrijprotectie-systemen. Het gevolg daarvan is dat er vaak in meer of mindere mate sprake is van een zogenaamde onderrijding, waarbij van het andere voertuig niet de relatief sterk geconstrueerde bumperzone maar alleen de aanmerkelijk minder sterke delen daarboven effectief bij de botsing betrokken zijn. Het komt zelfs (vooral bij botsingen tegen de zij- of achterkant van vrachtauto's) regelmatig voor, dat bij het andere voertuig de botsingskrachten hoofdzakelijk door de dakconstructie moeten worden opgenomen. Het gevolg van een en ander is dat bij een botsing met een vrachtauto vaak bij het andere voertuig de passieve veiligheidssystemen (als kreukelzones, gordels en airbags) niet of nauwelijks effectief kunnen functioneren.

Het vorenstaande komt er op neer dat vrachtauto's aan de zijkant bij duisternis eigenlijk beter zichtbaar zouden moeten zijn dan personen- en bestelauto's, terwijl de gesignaleerde ongevallen juist doen vermoeden dat dit nu niet het geval is.

2.2 Deelonderzoeken

Naar aanleiding van de beschreven ongevallen en voornoemde overwegingen zijn de volgende deelonderzoeken uitgevoerd:

- a) Allereerst is een inventarisatie gemaakt van de wettelijke voorschriften waaraan vrachtauto's, voor wat betreft de verlichting aan de zijkant van het voertuig, moeten voldoen (zie 2.3).
- b) Vervolgens is – door een nadere analyse van de ongevalstatistieken – in kaart gebracht, hoe vaak er in ons land ongevallen plaatsvinden waarbij gebrekkige zichtbaarheid van een vrachtauto een rol van betekenis heeft gespeeld (zie 2.4).
- c) Aansluitend is nader onderzoek gedaan naar de zichtbaarheid en herkenbaarheid van vrachtauto's bij duisternis, eerst door middel van een theoretische benadering en vervolgens ook langs experimentele weg (zie 2.5).
- d) Tenslotte heeft een inventarisatie en evaluatie plaatsgevonden met betrekking tot de zgn. retro-reflecterende contourmarkering bij vrachtauto's (zie 2.6).

² De deformatiestijfheid geeft aan welke kracht er bij het betreffende voertuigdeel benodigd is om een zekere vervorming/indrukking te doen ontstaan en wordt uitgedrukt in kN/cm.

2.3 Wettelijke voorschriften

De wettelijke voorschriften waaraan wegvoertuigen moeten voldoen, zijn neergelegd in hoofdstuk 5 (permanente eisen) van het Voertuigreglement³. Voor bedrijfsauto's, de categorie waarin vrachtauto's vallen, zijn de eisen samengevat in afdeling 3. In dit verband is met name paragraaf 10 van dat hoofdstuk relevant, omdat daarin de eisen zijn samengevat die betrekking hebben op respectievelijk de verlichting, lichtsignalen en retroreflecterende voorzieningen.

Normale vrachtauto's

Voor wat de zijkant betreft komen de eisen er op neer, dat vrachtauto's die langer zijn dan 6,00 meter aan beide zijden moeten zijn voorzien van respectievelijk zijreflectoren⁴ en, als het voertuig na 31-12-1995 in gebruik is genomen, zijmarkeringslichten⁵.

De betreffende voorschriften komen er in grote lijnen op neer:

- dat op beide zijkanten van vrachtauto's goedgekeurde zijreflectoren c.q. zijmarkeringslichten moeten zijn aangebracht;
- die zich tussen 0,35 en 1,50 meter boven het wegdek bevinden⁶;
- waarvan de onderlinge afstand maximaal 3,00 meter bedraagt⁷.

Naast die verplichtingen geldt dat vrachtauto's aan de zijkanten en/of aan de achterzijde "mogen"⁸ zijn voorzien van retro-reflecterende contour- of lijnmarkering (RRCM c.q. RRLM)⁹, waarbij het markeringsmateriaal moet voldoen aan de voorwaarden van VN/ECE-Reglement 104. Voor de zijkant komen die voorschriften er op neer, dat voor de markering gebruik moet worden gemaakt van een strook wit of ambergeel retro-reflecterend materiaal¹⁰, met een breedte van 50 tot 60 mm.

Exceptionele transporten

Vrachtauto's met een totale transport- c.q. voertuiglengte van meer dan 22,00 meter¹¹ moeten tevens verplicht voorzien zijn van zgn. lijnmarkering¹². Het betreffende voorschrift komt er op neer:

- dat beide zijden van het voertuig c.q. de lading over tenminste 80% van de lengte van een (zoveel mogelijk horizontale) lijnmarkering moeten zijn voorzien¹³;
- bestaande uit een strook wit of ambergeel retroreflecterend materiaal¹⁴ met een breedte van minimaal 50 en maximaal 60 millimeter;
- die op een hoogte van 0,25 tot 2,10 meter boven het wegdek is aangebracht.

Volledigheidshalve kan nog worden opgemerkt, dat lijnmarkering op uitzonderlijk lange voertuigen alleen verplicht is onder omstandigheden waarbij de wettelijk

3 Het voertuigreglement is een algemene maatregel van bestuur bij de Wegenverkeerswet 1994.

4 Onder zijreflectoren worden (niet-driehoekige) ambergele retroreflectoren verstaan.

5 Zijmarkeringslichten mogen niet anders dan ambergeel stralen.

6 In uitzonderingsgevallen mag de hoogte maximaal 2,10 meter bedragen.

7 In uitzonderingsgevallen mag de onderlinge afstand maximaal 4,00 meter bedragen.

8 Zie de nadere toelichting onder 2.6.3.

9 Bij RRLM/RRCM worden de vorm en afmetingen van een voertuig beter zichtbaar gemaakt door het aanbrengen van stroken retro-reflecterend materiaal op de zij- en/of achterkant.

10 Het materiaal moet goedgekeurd zijn volgens klasse C van ECE Reglement 104.

11 Ontheffingen voor dergelijke uitzonderlijk lange transporten kunnen worden aangevraagd bij het Centrum voor voertuigtechniek en informatie RDW (voorheen Rijksdienst voor het wegverkeer).

12 Bij lijnmarkering wordt alleen een horizontale strook retro-reflecterend materiaal aangebracht.

13 Indien noodzakelijk mag de lijnmarkering over lengtes van maximaal 1,00 meter onderbroken zijn.

14 Het materiaal moet goedgekeurd zijn volgens klasse C van ECE Reglement 104.

voorgeschreven verlichting ook daadwerkelijk moet worden gevoerd (oftewel bij duisternis en overdag als het zicht ernstig belemmerd is)¹⁵.

2.4 Ongevalstatistieken

Uitrit-gerelateerde ongevallen

Eerst is onderzocht hoe vaak zich in ons land ongevallen voordoen met een toedracht als bij het Marknesse-ongeval. Uit het AVV-verkeersongevallenbestand zijn van de kalenderjaren 1999 en 2000 alle ongevallen geselecteerd die bij duisternis of schemer hebben plaatsgevonden en waarbij:

- het om een flankbotsing ging;
- tenminste 2 objecten waren betrokken, waarvan minstens 1 een vrachtauto was;
- sprake was van afslaand en/of kruisend verkeer;
- als bijzonderheid van de ongevalplaats is aangegeven dat het om een uitrit gaat.

Aan voornoemde criteria bleken 151 ongevallen te voldoen. Hierbij kan worden aangetekend dat het werkelijke aantal uitrit-gerelateerde ongevallen met vrachtauto's waarschijnlijk groter is. Het vermoeden bestaat namelijk dat het bijzondere kenmerk "uitrit" niet consequent door de politie in de betreffende registratie wordt aangegeven. Om die reden moeten de hier vermelde aantallen als ondergrenzen worden aangemerkt.

Van de voornoemde 151 ongevallen zijn de politierapportages opgevraagd en aan de hand daarvan is beoordeeld in hoeverre er inderdaad sprake was van een in dit verband relevante ongevaltoedracht. Dat laatste bleek bij 76 ongevallen het geval te zijn, hetgeen impliceert dat er per jaar in ons land gemiddeld ongeveer 35 tot 40 ongevallen worden geregistreerd waarbij een vrachtauto betrokken is die tijdens duisternis/schemer een uitrit in of uit reed. Volgens de registraties vallen daarbij jaarlijks gemiddeld 16 à 17 ziekenhuisgewonden en 2 doden.

Mede gelet op hetgeen bekend is over de mate waarin dit soort ongevallen niet in de officiële registraties terecht komen¹⁶ kan worden gesteld, dat het werkelijke aantal relevante ongevallen ongeveer 110 tot 125 per jaar bedraagt en dat daarbij gemiddeld 2 mensen om het leven komen en ongeveer 20 à 22 mensen zodanig gewond raken dat ze naar een ziekenhuis moeten.

De geselecteerde 76 vrachtauto-ongevallen uit 1999 en 2000 zijn in die zin nader geanalyseerd, dat aan de hand van de zgn. registratieset¹⁷ in kaart is gebracht:

- of de vrachtauto bezig was de uitrit *in te rijden* of *te verlaten*;
- of de vrachtauto daarbij *vooruit* of *achteruit* reed;
- of de vrachtauto *linksaf* of *rechtsaf* ging;
- of het andere voertuig de vrachtauto aan de *voor-* of aan de *achterzijde* naderde.

¹⁵ Voor exceptionele transporten geldt overigens wel een rijverbod bij weersomstandigheden (als mist) die het zicht tot minder dan 200 meter beperken.

¹⁶ Uit de onder [6] genoemde SWOV publicatie blijkt dat de registratiegraad van alle wegverkeersongevallen met minstens 2 motorvoertuigen ongeveer 32% bedraagt, terwijl dat percentage bij het deel van die ongevallen waarbij sprake is van ziekenhuisgewonden ongeveer 77% bedraagt. Op grond van diezelfde SWOV-publicatie is er verder van uitgegaan, dat de registratiegraad bij dodelijk verongelukte voertuiginzittenden wel ongeveer 100% bedraagt.

¹⁷ De registratieset is een formulier dat bij verkeersongevallen van enige betekenis door de politie wordt ingevuld ten behoeve van het Verkeersongevallenbestand van de AVV.

Tabel 1: UITRIT-GERELATEERDE ONGEVALLEN MET VRACHTAUTO'S BIJ DUISTERNIS

totaal in 1999 en 2000	76 ongevallen															
vrachtauto rijdt uitrit in c.q. uit	uitrit in 52								uitrit uit 24							
vrachtauto rijdt vooruit c.q. achteruit	vooruit 5				achteruit 47				vooruit 20				achteruit 4			
vrachtauto slaat linksaf c.q. rechtsaf	links 4		rechts 1		links 46		rechts 1		links 17		rechts 3		links 3		rechts 1	
ander voertuig nadert van resp. voorkant (v) of achterkant (a)	v	a	v	a	v	a	v	a	v	a	v	a	v	a	v	a
	4	0	1	0	38	8	0	1	11	6	0	3	3	0	0	1

Ter toelichting van de waarden in tabel 1 kan het volgende worden opgemerkt:

- In bijna 70% van alle geselecteerde gevallen ging het om een vrachtauto die bezig was een uitrit in te rijden. De verklaring hiervoor zal vrijwel zeker zijn dat het inrijden van een uitrit meestal veel langer duurt dan het verlaten ervan.
- Van de 52 ongevallen waarbij de vrachtauto bezig was een uitrit in te rijden, gebeurde dat (net als bij het ongeval te Marknesse) in bijna 90% van de gevallen *achteruit*-rijdend. De verklaring hiervoor zal – zoals al eerder is aangegeven – ongetwijfeld zijn gelegen in het feit dat bij achteruitrijden de gevaarlijk situatie relatief lang duurt. Van de bedoelde (47) ongevallen, waarbij de vrachtauto bezig was achteruit een uitrit in te rijden, gebeurde dat op 1 uitzondering na steeds links-afslaand. Dat is in die zin niet verwonderlijk, dat de vrachtautobestuurder alleen bij een linksafslaande achteruitrijmanoeuvre voldoende zicht op de uitrit heeft (reden waarom dergelijke manoeuvres aanmerkelijk vaker voorkomen).
- Opmerkelijk is verder, dat in 80% van de (70) ongevallen waarin de vrachtauto bezig was linksafslaand een uitrit in of uit te rijden, het andere voertuig aan de *voorzijde* naderde. De verklaring hiervoor zal vrijwel zeker zijn dat alleen bij die naderingsrichting de andere bestuurder in meer of mindere mate last heeft van de versluisende werking van de vrachtautokoplampen.

Verder kan nog worden opgemerkt dat dit soort ongevallen (d.w.z. uitrit-gerelateerde ongevallen met vrachtauto's bij duisternis) significant vaker plaatsvindt als er sprake is van een nat wegdek¹⁸. Dit zal waarschijnlijk worden veroorzaakt door de slechtere zichtomstandigheden en/of langere remwegen onder die omstandigheden.

Overige duisternis-ongevallen met vrachtauto's

Naast de specifieke situatie van het ongeval te Marknesse zijn er ook nog andere situaties denkbaar waarbij de gebrekkige zichtbaarheid van vrachtauto's tijdens duisternis een meer of minder belangrijke rol speelt bij het ontstaan. Hierbij kan worden gedacht aan ongevallen met vrachtauto's die geparkeerd staan op een onverlicht weggedeelte of vanuit een zijweg (in plaats van een uitrit) een weg opdraaien c.q. oversteken.

¹⁸ Bij ruim 55% van de 76 nader onderzochte ongevallen was het wegdek nat of vochtig, terwijl dat bij ongeveer 32% van alle ongevallen met meerdere motorvoertuigen het geval is.

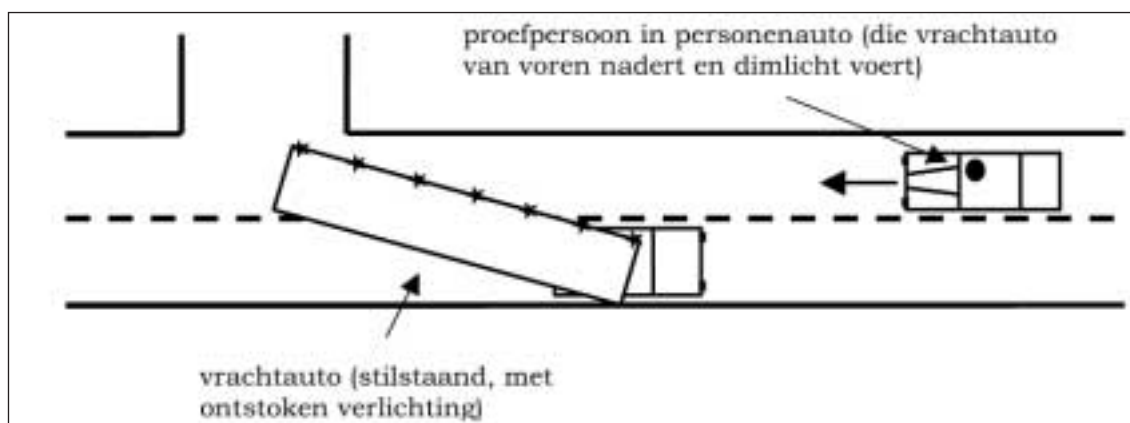
Uit een onlangs door de SWOV afgeronde studie [6] blijkt, dat zich in ons land gemiddeld per jaar waarschijnlijk¹⁹ ongeveer 1800 ongevallen met vrachtauto's voordoen, die bij duisternis of schemer plaatsvinden en waarbij de toedracht van dien aard is dat gebrekkige zichtbaarheid van de vrachtauto mogelijk een rol van betekenis heeft gespeeld²⁰; bij die ongevallen komen jaarlijks in totaal ongeveer 9 mensen om het leven en raken ongeveer 80 tot 85 mensen zodanig gewond dat ze in een ziekenhuis moeten worden opgenomen.

2.5 Zichtbaarheid en herkenbaarheid

2.5.1 Onderzoek

Op grond van de in hoofdstuk 1 beschreven ongevallen en hetgeen in hoofdstuk 2.4 uit de ongevalstatistieken is afgeleid, lijkt het vermoeden gerechtvaardigd dat bij duisternis de zijkant van vrachtauto's (ook in het geval er wel sprake is van de wettelijk voorgeschreven zijreflectoren respectievelijk zijmarkeringslichten) onvoldoende opvallend zichtbaar en/of niet tijdig als zodanig herkenbaar is. Om te kunnen beoordelen in hoeverre dat vermoeden inderdaad juist is, heeft de afdeling Technische Menskunde van TNO op verzoek van de RvTV nader onderzoek verricht naar deze problematiek. Het onderzoek en de daarbij opgedane bevindingen zijn uitgebreid beschreven in de onder [4] en [5] genoemde rapporten. Met betrekking tot dat onderzoek en de daarbij opgedane bevindingen kan in algemene zin het volgende worden opgemerkt:

- a) Het onderzoek heeft zich vooral gericht op de vraag, in hoeverre het bij duisternis voor een tegemoetkomende personenautobestuurder tijdig herkenbaar is dat er een oplegger/aanhanger schuin over de weg staat. Die situatie komt overeen met het Marknesse-ongeval en kan in meerdere opzichten als het "worst-case scenario" worden gezien. Enerzijds omdat zich bij die vrachtautopositie de zijkant van de oplegger bevindt in het gebied naast de relatief felle koplampen van de trekker. Anderzijds omdat personenauto's doorgaans wezenlijk sneller rijden dan bromfietsen en fietsen en dus een grotere afstand nodig hebben om tot stilstand te kunnen worden gebracht.

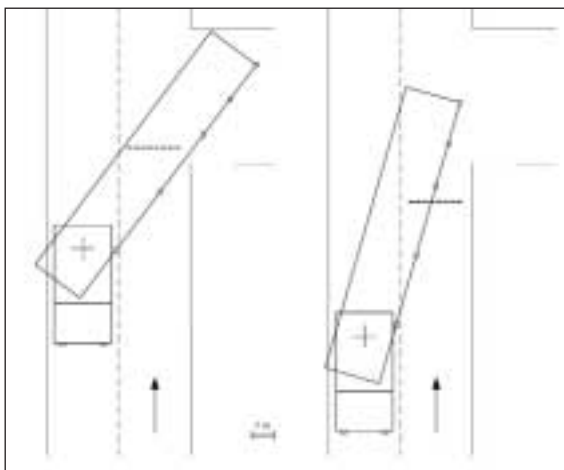


Figuur 4: De onderzochte situatie (schematisch weergegeven)

19 De genoemde aantallen zijn de "best mogelijke schattingen" van de werkelijke aantallen, gebaseerd op de daadwerkelijk geregistreerde aantallen.

20 Het betreft alle verkeersongevallen waarbij respectievelijk minstens 1 vrachtauto en een ander vooruit rijdend motorvoertuig betrokken zijn, die tijdens schemer of duisternis hebben plaatsgevonden, waarbij het raakpunt bij de vrachtauto aan de zij- of achterkant en bij het andere voertuig aan de voorkant is gelegen.

- b) In eerste instantie is gekozen voor een theoretische benadering, zoals beschreven in het onder [4] genoemde TNO-rapport. Daarbij bleek echter dat er over een aantal aspecten onvoldoende bekend is om de invloed ervan voldoende nauwkeurig in een theoretisch model te kunnen opnemen. Het betrof met name de invloed van het strooilicht van de vrachtautokoplampen in respectievelijk de voorruit van de personenauto en het oog van de personenautobestuurder. Bovendien speelde het volgende probleem. In situaties als bij het Marknesse-ongeval is het niet alleen van belang dat de reflectoren/markeringslichten op de zijkant van de oplegger op voldoende afstand zichtbaar worden voor de tegemoetkomende automobilist. Om afdoende op de ongevaldreiging te kunnen reageren dient een tegemoetkomende bestuurder ook tijdig te onderkennen dat de door hem bereden rijstrook wordt geblokkeerd. Het is dus niet alleen van belang dat de reflectoren en/of markeringslichten op de zijkant van de vrachtauto op voldoende afstand zichtbaar zijn; het moet tevens duidelijk zijn dat de betreffende lichtpunten geen reflectorpaaltjes of iets dergelijks zijn maar tot hetzelfde voertuig behoren als de lampen op de voorzijde van de trekker. Ook voor dit aspect geldt echter dat het niet goed langs theoretische weg kan worden beoordeeld (omdat er tevens psychologische mechanismen een rol spelen).
- c) Vanwege het hiervoor onder b) genoemde is tevens experimenteel onderzoek uitgevoerd. Ook dat deel van het onderzoek is op verzoek van de RvTV door TNO-TM verricht (zie [5] en het samenvattende overzicht in bijlage C). Daarbij is aan de hand van een proefopstelling de waarneembaarheid van een schuin over de weg staande oplegger onderzocht, zowel door middel van metingen als waarnemingen door proefpersonen. Voor wat betreft de verlichting van de oplegger zijn alledrie relevante situaties onderzocht, namelijk zijreflectoren, zijmarkeringslichten en retro-reflecterende contourmarkering.
- Bij de vrachtauto was de (gedimde) verlichting in werking. De proefpersonen die de waarnemingen deden bevonden zich in een personenauto, die met gedimde verlichting de proefopstelling aan de voorzijde naderde.
- De waarnemingen zijn zowel met een droge als een natte voorruit gedaan. Ook is de hoek van de oplegger ten opzichte van de weg varieerd (respectievelijk 16 en 37 graden)²¹.



Figuur 5: De twee posities waarin de oplegger zich tijdens de proeven bevond (met een hoek van resp. 37 en 16 graden tussen de weg en de oplegger)

²¹ Deze hoeken zijn gekozen omdat bij een kleinere hoek dan ongeveer 16 graden de rechter-rijstrook nog niet volledig door de oplegger wordt geblokkeerd, terwijl bij een grotere hoek dan ongeveer 37 graden de trekker zich niet meer parallel aan de weg op de rechtterrijstrook bevindt.

- d) Bij de praktijkproeven zijn de volgende 3 waarnemingscriteria onderscheiden:
- de afstand waarop de reflectoren/markeringslichten/contourmarkering op de zijkant van de oplegger voor de proefpersonen zichtbaar werden;
 - de afstand waarop volgens de proefpersonen redelijkerwijs kon worden onderkend dat de reflectoren, markeringslichten c.q. contourmarkeringen bij de vrachtauto hoorden (en geen berm paaltjes of andere omgevingslichten waren) en dat er zich dus ter hoogte van de trekker waarschijnlijk ook iets bevond op de rijstrook die voor de personenauto bestemd was;
 - de afstand waarop de proefpersonen daadwerkelijk konden waarnemen dat de rijstrook door een oplegger/aanhanger werd geblokkeerd.

De proeven moeten in die zin als een verkennend onderzoek worden gezien, dat het maar om een klein aantal (4) proefpersonen ging, de waarnemingen/metingen niet meerdere keren zijn herhaald en er slechts een deel van de relevante combinaties van voertuigposities en weersomstandigheden nader zijn onderzocht.

2.5.2 Bevindingen

De belangrijkste resultaten van het TNO-onderzoek zijn samengevat in tabel 2.

Tabel 2: WAARNEMINGSAFSTANDEN (de hoek tussen de oplegger en de wegas is 37°)

waarnemingscriterium	zijreflectoren		zijmarkeringslichten		retroreflecterende contourmarkering	
	voorruit droog	voorruit nat	voorruit droog	voorruit nat	voorruit droog	voorruit nat
detectie van de reflectoren/markeringen	< 40 m	< 25 m	ruim 500 m	ca. 300 m	ruim 500 m	ruim 300 m
onderkennen van ongevaldreiging	< 40 m	< 25 m	ca. 120 m	ca. 60 m	ruim 300 m	ruim 200 m
herkennen van oplegger	< 40 m	< 25 m	ca. 40 m	ca. 25 m	ca. 220 m	ruim 200 m

Ter beoordeling van de vastgestelde waarnemingsafstanden dienen ze te worden vergeleken met de zgn. stopafstand (dat wil zeggen de afstand die nodig is om een voertuig tot stilstand te brengen). In bijlage B is (onder 3) aangegeven hoe de stopafstand kan worden bepaald voor een bepaalde combinatie van respectievelijk naderingssnelheid, reactieperiode en remvertraging.

Voor een alerte bestuurder die met een personenauto over een weg met gebruikelijke stroefheid rijdt, kan worden gerekend met respectievelijk een remvertraging²² van ongeveer 3,5 m/s² en een reactieperiode²³ van ongeveer 1 seconde. Voor die

22 Met personenauto's kan weliswaar, ook op een natte weg, normaal gesproken een hogere remvertraging worden gehaald dan de in dit verband gehanteerde waarde van 3,5 m/s². Ook bij een remvertraging van 3,5 m/s² gaat het echter al om wezenlijk krachtiger remmen dan in het dagelijks verkeer gebruikelijk is. Bovendien moet voor hogere vertragingen het rempedaal dermate krachtig worden bediend, dat de kans groot is dat niet meer gedoseerd maar overmatig wordt geremd. Een te grote pedaalkracht kan tot blokkerende wielen leiden, hetgeen op zijn beurt tot een langere remweg en/of verlies van de koersstabiliteit kan leiden.

23 In dit verband wordt onder reactieperiode verstaan, de periode tussen enerzijds het moment waarop de ongevaldreiging zichtbaar wordt en anderzijds het moment waarop het voertuig begint te vertragen.

uitgangspunten geldt²⁴ dat de stopafstand bij een snelheid van 80 km/uur ongeveer 90 à 95 meter en bij een snelheid van 100 km/uur ongeveer 130 tot 150 meter bedraagt. Om automobilisten redelijkerwijs in de gelegenheid te doen zijn om afdoende op een manoeuvrerende vrachtauto te kunnen reageren, zouden de zijkanten van die voertuigen dus zodanig moeten zijn uitgevoerd dat de afstand waarop aan het tweede zichtbaarheids criterium (geen reflectorpaaltjes of lichten aan de horizon) wordt voldaan groter is dan voornoemde stopafstand.

Zijreflectoren

Uit de proeven is gebleken dat de gangbare zijreflectoren op vrachtauto's goed zichtbaar zijn, als ze zich onder een hoek van tenminste ongeveer 70 graden schuin ten opzichte van de waarnemingsrichting bevinden. Zo kan voor een ongeveer dwars op de weg staande vrachtauto worden gesteld, dat de zijreflectoren op meer dan 200 meter zichtbaar worden voor een (met dimlicht) naderende automobilist.

Bij kleinere waarnemingshoeken neemt de detectieafstand echter sterk af; uit berekeningen is gebleken dat bij een hoek van 50 graden de detectie-afstand, ook onder gunstige omstandigheden als een droge voorruit, nog maar net voldoende is om een automobilist in de gelegenheid te doen zijn om vanuit een naderingssnelheid van 80 km/uur door middel van relatief krachtig remmen tijdig tot stilstand te komen. In dit verband moet worden bedacht, dat zich bij manoeuvres als het inrijden of verlaten van een uitrit c.q. zijweg aanmerkelijk kleinere waarnemingshoeken voordoen dan voornoemde grenswaarde van ca. 50 graden. Zo bleek bij de praktijkproeven dat de vrachtauto de weg al volledig blokkeerde als de hoek tussen de oplegger en de weg-as nog maar ongeveer 15 graden bedroeg. Bij die positie bleek de detectieafstand minder dan 40 meter te bedragen; de reflectoren werden pas zichtbaar als ook andere, niet retro-reflecterende, voertuigdelen zichtbaar werden.



Figuur 6: Foto van de proefopstelling met zijreflectoren. (Bron: TNO-TM)

²⁴ Voor de berekeningsmethode zie bijlage B (onder 3).

Als een vrachtauto zich niet ongeveer dwars maar schuin op een weg bevindt, leveren de zijreflectoren dus geen wezenlijke bijdrage aan de zichtbaarheid voor het over die weg naderende verkeer. Of anders uitgedrukt: als een vrachtauto zich schuin op de weg bevindt, dan zijn zijreflectoren niet toereikend om – althans onder omstandigheden die buiten de bebouwde kom gebruikelijk zijn – tijdig zichtbaar te zijn voor automobilisten.

Zijmarkeringslichten

Uit de praktijkproeven is gebleken dat de detectieafstand bij zijmarkeringslichten aanmerkelijk groter is dan bij zijreflectoren. Dat geldt ook bij relatief kleine waarnemingshoeken. Bij een hoek tussen de oplegger en de weg van ongeveer 37 graden bleek de detectie-afstand ongeveer 500 meter te bedragen, terwijl bij een waarnemingshoek van ongeveer 16 graden de detectie-afstand nog ongeveer 300 meter bedroeg. Dat de detectie-afstand bij een kleiner wordende waarnemingshoek afneemt, wordt veroorzaakt doordat de lichtsterkte van de gebruikelijke zijmarkeringslichten (net als de reflectiegraad van zijreflectoren) in sterke mate richtingsafhankelijk is.

Uit hetgeen hiervoor over de detectie-afstand van zijmarkeringslichten is genoemd, mag echter niet zondermeer worden afgeleid dat het aanbrengen van zijmarkeringslichten toereikend is om de zijkanten van een vrachtauto onder alle relevante omstandigheden tijdig herkenbaar te maken. Volgens de proefpersonen konden de zijmarkeringslichten namelijk in eerste instantie, althans door “argeloze” waarnemers, gemakkelijk worden aangezien voor oplichtende bermpaaltjes of voor lichtpunten nabij de horizon. Pas op een afstand van ongeveer 120 meter was er volgens de proefpersonen voldoende reden voor argwaan om te kunnen onderkennen dat de lichten mogelijk bij de vrachtauto hoorden en er dus sprake was van een ongevalsdreiging. De oplegger als zodanig werd, evenals bij zijreflectoren, pas herkenbaar op een afstand van ongeveer 40 meter.



Figuur 7: Foto van de proefopstelling met zijmarkeringslichten. (Bron: TNO-TM)

Dat de zijmarkeringslichten niet meteen als zodanig worden herkend, wordt in belangrijke mate veroorzaakt doordat ze ongeveer op dezelfde hoogte zijn aangebracht als waarop zich de ogen van personenautobestuurders bevinden. Daardoor bevinden ze zich voor automobilisten altijd ongeveer op de hoogte van de horizon. In combinatie met hun relatief geringe lichtsterkte, worden ze daardoor gemakkelijk aangezien voor lichten die zich op grote afstand bevinden.

Verder werd door de proefpersonen opgegeven, dat de zijmarkeringslichten – vanwege hun hoogte en de regelmatige tussenafstanden – ook gemakkelijk konden worden aangezien voor oplichtende berm paaltjes. Een dergelijke regelmatige rij lichtpuntjes ongeveer op horizonhoogte doet zich voor automobilisten immers ook voor bij nadering van een bocht naar links. Het is bekend dat automobilisten in dergelijke situaties het waargenomen beeld zo lang mogelijk proberen te “matchen” met het interne ervaringsbeeld dat ze in de loop der tijd hebben opgebouwd van een bochtige weg bij duisternis. Pas als de waargenomen scène (te) sterk van dat interne ervaringsbeeld gaat afwijken, ontstaat er argwaan en gaat men op zoek naar een ander ervaringsbeeld (bijvoorbeeld van een dwars over de weg staande oplegger) dat wel past bij het waargenomen beeld.

Uit de proeven is gebleken dat de afstand waarop het voor een van voren naderende automobilist duidelijk wordt dat de waargenomen zijmarkeringslichten geen oplichtende berm paaltjes (of ver weg gelegen lichtpunten) zijn, sterk afhankelijk is van enerzijds de hoek tussen de oplegger en de wegas en anderzijds het feit of de voorruit droog of nat is. De eerdergenoemde waarde van ongeveer 120 meter heeft betrekking op relatief gunstige omstandigheden, want de waarnemingshoek bedroeg ongeveer 37 graden en de voorruit van de auto waarin de proefpersonen zich bevonden was droog. Bij een natte voorruit²⁵ werd de ongevalsdreiging pas onderkend op een afstand van ongeveer 60 meter. Het effect van een kleinere waarnemingshoek²⁶ bleek in die zin vergelijkbaar, dat bij een hoek van 16 graden (en een droge voorruit) het onderkennen van de ongevalsdreiging pas bij een afstand van ongeveer 50 meter bleek plaats te vinden.

Het vorenstaande betekent dat ook zijmarkeringslichten niet toereikend zijn om de zijkant van een vrachtauto onder alle relevante omstandigheden voldoende opvallend waarneembaar te maken. Met name bij kleine waarnemingshoeken en/of een natte voorruit zijn zijmarkeringslichten pas als zodanig herkenbaar, als de afstand al aanmerkelijk te klein is om – althans bij snelheden die buiten de bebouwde kom gebruikelijk zijn – nog tijdig tot stilstand te kunnen afremmen.

Retro-reflecterende contourmarkering

Uit de praktijkproeven is gebleken dat de oplegger met contourmarkering, ook onder ongunstige omstandigheden, op voldoende afstand als zodanig herkenbaar wordt. De afstand waarop de contourmarkering zichtbaar wordt, bleek ongeveer gelijk te zijn aan de afstand waarop zijmarkeringslichten zichtbaar worden (namelijk bij een waarnemingshoek van 37 graden op ruim 500 meter met een droge voorruit en op ongeveer 300 meter met een natte voorruit). De afstand waarop de ongevalsdreiging werd onderkend

25 Dat de zijmarkeringslichten bij een natte voorruit pas op kleinere afstand werden gedetecteerd en als zodanig onderkend, kan worden verklaard door het feit dat er bij een natte voorruit sprake is van oplichtende druppels die veel lijken op de zijmarkeringslichten.

Bij een droge ruit is er daarentegen sprake van een homogene achtergrond, waardoor de zijmarkeringslichten duidelijker opvallen.

26 De invloed van de waarnemingshoek wordt veroorzaakt door het feit dat de lichtsterkte van zijmarkeringslichten bij kleine waarnemingshoeken maar ongeveer 40% bedraagt van die bij een grote hoek. Opgemerkt kan worden dat er in de betreffende wettelijke voorschriften met betrekking tot de lichtsterkte van zijmarkeringslichten alleen minimum eisen worden gesteld voor een waarnemingshoek tussen respectievelijk 45 en 135 graden.

bleek daarentegen wel aanmerkelijk groter te zijn dan bij zijmarkeringslichten het geval is; zelfs bij een natte voorruit bedroeg de afstand waarop het de proefpersonen duidelijk was dat het om een schuin over de weg staande oplegger ging nog ruim 220 meter.

Kennelijk geeft het kunnen zien van de contouren voldoende informatie om te kunnen onderkennen dat er achter de trekker een oplegger schuin over de weg staat. Dit is waarschijnlijk het gevolg van het feit dat het bovenste deel van de contouren zich – althans vanuit de positie van een naderende automobilist gezien – duidelijk boven de horizon bevindt, zodat geen verwarring mogelijk is met verder weg gelegen lichtpunten en/of reflectorpaaltjes. En, wat minstens zo belangrijk is, doordat de contourmarkering een lijnvormige structuur heeft kan verwarring met puntvormige lichtbronnen vrijwel worden uitgesloten.



Figuur 8: Foto van de proefopstelling met contourmarkering. (Bron: TNO-TM)

Met betrekking tot de zichtbaarheid van retro-reflecterende contourmarkering dient volledigheidshalve nog het volgende te worden opgemerkt. Bij de praktijkproeven is de zichtbaarheid van retroreflecterende contourmarkering alleen onderzocht voor het geval de hoek tussen de oplegger en de weg-as ongeveer 37 graden bedroeg. Omdat de weg al bij aanmerkelijk kleinere hoeken volledig wordt geblokkeerd, is het ook relevant om te weten in hoeverre de retro-reflecterende contourmarkering bij die kleine hoeken opvallend zichtbaar is. Opmerkelijk is dat er in de betreffende voorschriften (VN/ECE-Reglement 104) ten aanzien van de reflectiegraad van het voor de contourmarkering te gebruiken materiaal, alleen minimum retroreflectie-waarden worden gesteld voor waarnemingshoeken tussen 60 en 120 graden. Om te kunnen beoordelen of de reflectiegraad ook buiten dat bereik toereikend is, zijn aanvullende proeven c.q. metingen nodig.

2.6 *Retro-reflecterende contourmarkering*

2.6.1 *Algemeen*

Uit literatuurstudies (beschreven in de onder respectievelijk [4], [5] en [6] genoemde publicaties) is gebleken dat de zichtbaarheidsproblematiek van vrachtauto's bij duisternis inmiddels uitgebreid is onderzocht. Geconstateerd kan worden dat de oplossing voor de gebrekkige zichtbaarheid vooral wordt gezocht in retro-reflecterende contourmarkering (RRCM). Daarbij gaat het om het aanbrengen van smalle stroken retro-reflecterend materiaal langs de contouren van de zij- en achterkant. Het belangrijkste argument is, dat door het aanbrengen van RRCM de herkenbaarheidsafstand aanmerkelijk toeneemt (zie ook resultaten van de praktijkproeven). Het accentueren van de voertuigcontouren kan uiteraard ook door het aanbrengen van markeringslichten. Het voordeel daarvan is dat lampen tot op grotere afstand zichtbaar zijn (doordat ze niet door het licht van een naderend voertuig hoeven te worden aangestraald maar zelfstandig licht uitstralen). Het gebruik van retro-reflecterend materiaal heeft daarentegen meerdere belangrijke voordelen: Zo geldt bij gebruik van stroken reflecterende materiaal dat er – vanwege de lijnstructuur – eigenlijk geen verwarring met andere lichtpunten kan plaatsvinden. Als tweede voordeel kan worden genoemd, dat retro-reflecterende contourmarkering ook functioneert als de verlichting van de vrachtauto wordt uitgeschakeld of defect is. Bovendien is retro-reflecterend materiaal, in tegenstelling tot zijmarkeringslichten, niet storingsgevoelig.



Figuur 9: Foto van vrachtauto's met en zonder retro-reflecterende contourmarkering. (Bron: 3M)

2.6.2 *Veiligheidseffect*

Algemeen

De SWOV heeft medio 2002 de resultaten van een literatuurstudie [6] gepubliceerd, die betrekking had op de vraag welke veiligheidseffecten er te verwachten zijn bij invoering van RRCM. Daarbij zijn zowel enkele laboratoriumonderzoeken alsook een drietal veldstudies geëvalueerd.

De laboratoriumonderzoeken, zie resp. [6.1], [6.2] en [6.3], hadden voornamelijk betrekking op de vraag welke uitvoeringsvorm van de markeringen de voorkeur verdient voor wat betreft de waarneembaarheid en de herkenbaarheid. Van de 3 veldstudies werden er 2 in de Verenigde Staten (respectievelijk door de NHTSA en het onderzoeksbureau Vector [6.4]) en 1 in Duitsland (door de TH te Darmstadt [6.5]) uitgevoerd. In twee gevallen betrof het zgn. case-control-studies, waarbij gedurende een langere periode de ongevalbetrokkenheid werd vergeleken van een groep vrachtauto's die wel en een even grote groep vrachtauto's die niet van markeringen waren voorzien. Bij de derde studie (NHTSA) ging het om een analyse van een groot aantal (ruim 1500) zij- en achteraanrijdingen met vrachtauto's die bij duisternis of schemer hebben plaatsgevonden.

Concluderend kan worden gesteld, dat alle drie buitenlandse veldstudies een positief beeld geven van contourmarkering op vrachtauto's. De grootte van het veiligheidseffect verschilt echter sterk per studie, namelijk:

- het NHTSA-onderzoek [6.4], dat als grootste en best gedocumenteerde kan worden aangemerkt, komt uit op een reductie met 29% bij zij- en achteraanrijdingen met trekker/oplegger-combinaties onder donkere omstandigheden;
- de Vector-studie [6.4] komt uit op een reductie met 15% bij zij-aanrijdingen en 25% bij achter-aanrijdingen met vrachtauto's onder donkere omstandigheden;
- het onderzoek van de TH Darmstadt [6.5] komt uit op een reductie van 97% bij de groep zij- en achteraanrijdingen die (uitsluitend) te maken hebben met de opvallendheid van vrachtauto's.

Het laatstgenoemde reductiepercentage (97%) dient overigens naar het oordeel van de SWOV met terughoudendheid te worden gehanteerd. Het betreffende onderzoek had namelijk alleen betrekking op ongevallen die naar alle waarschijnlijkheid voornamelijk werden veroorzaakt door problemen met de zichtbaarheid van de vrachtauto; door het buiten de selectie houden van ongevallen waarbij andere factoren (die mogelijk kunnen interacteren met zichtbaarheidsproblemen) een rol speelden, moet het gevonden reductiepercentage geflatteerd worden genoemd.

Op grond van voornoemde cijfers heeft de SWOV een zo goed mogelijke schatting gemaakt van de ongevalreductie die in ons land te verwachten is bij algehele invoering van retro-reflecterende contourmarkering. De bevindingen kunnen als volgt worden samengevat:

- Uit een nadere analyse van het AVV-vekeersongevallenbestand blijkt dat er in ons land gemiddeld per jaar ruim 2400 ongevallen worden geregistreerd die bij duisternis of schemer plaatsvinden en waarbij minstens 1 vrachtauto en een vooruitrijdend ander motorvoertuig is betrokken. Bij ongeveer een kwart van die ongevallen (bijna 600) wordt de vrachtauto aan de achter- of de zijkant geraakt en ligt het aangrijppunt bij het andere voertuig aan de voorzijde. Laatstgenoemde selectiegroep kan naar het oordeel van de SWOV worden gezien als de meest bruikbare schatting van het aantal geregistreerde ongevallen waarbij de zichtbaarheidsproblematiek van vrachtauto's onder donkere omstandigheden een rol kan hebben gespeeld. Uit de ongevalregistraties blijkt, dat bij de betreffende ongevallen gemiddeld per jaar 9 doden en 64 ziekenhuis-gewonden vallen. Omdat niet alle ongevallen en slachtoffers in het betreffende AVV-bestand terechtkomen, zullen de werkelijke aantallen hoger liggen. Op grond van hetgeen bekend is omtrent de registratiegraad (die o.a. afhankelijk is van de ongevalernst) is een zo goed mogelijke schatting gemaakt van

de werkelijke aantallen en daarbij kwam men uit op respectievelijk ongeveer 1800 relevante ongevallen, 9 doden en ruim 80 ziekenhuisgewonden per jaar.

- Op basis van de gegevens uit de eerdergenoemde drie buitenlandse veldstudies is berekend dat bij grootschalige invoering van contourmarkering op vrachtauto's in ons land op jaarbasis ongeveer de volgende veiligheidswinst gerealiseerd zou kunnen worden: een reductie van enkele honderden ongevallen, 2 tot 3 minder doden en 20 tot 30 minder ziekenhuisgewonden. In financiële zin komt die reductie neer op een totale besparing van ongeveer 15 tot 20 miljoen euro per jaar²⁷.
- Met betrekking tot voornoemde waarden wordt in het SWOV-rapport [6] opgemerkt, dat er zowel argumenten zijn op grond waarvan de effectberekening "optimistisch" moet worden genoemd alsook argumenten die de betiteling "conservatief" rechtvaardigen²⁸. Alles overziend wordt het vermoeden uitgesproken, dat de schatting een *tamelijk positief beeld* geeft van de te verwachten slachtofferreductie.

Duurzaam Veilig

De SWOV heeft ook onderzocht hoe invoering van retro-reflecterende contourmarkering zich verhoudt tot de principes van Duurzaam Veilig²⁹ (DV). Daartoe is beoordeeld in hoeverre contourmarkering voldoet c.q. verenigbaar is met de drie basisprincipes van Duurzaam Veilig: *functionaliteit, homogeniteit en voorspelbaarheid*.

De conclusies kunnen als volgt worden samengevat:

- Het aanbrengen van contourmarkering past binnen de DV-eis, dat de herkenbaarheid van verschillende voertuigtypen onder alle omstandigheden zo groot mogelijk dient te zijn. Door het markeren van de contouren worden vrachtauto's immers niet alleen opvallender zichtbaar maar kunnen ze ook makkelijker als vrachtauto worden herkend. Dit is relevant voor de verwachtingen van andere weggebruikers omdat vrachtauto's ten opzichte van andere voertuigen wezenlijk verschillen voor wat betreft snelheid, gewicht en wendbaarheid.
- Er worden echter ook twee zorgpunten genoemd. Ten eerste wordt gewezen op het feit dat gedeeltelijke invoering mogelijk een negatief effect kan hebben op de voorspelbaarheid. Voor het geval slechts een deel van het vrachtautopark van contourmarkering is voorzien geldt immers, dat er ook bij het niet zichtbaar zijn van een contourmarkering toch sprake van een vrachtauto kan zijn. Het andere zorgpunt betreft de mogelijkheid dat een stilstaande vrachtauto met retro-reflecterende contourmarkering voor een reclamebord kan worden aangezien als er tevens retro-reflecterende reclame op is aangebracht.

Kosten

In eerdergenoemde SWOV-rapportage [6] is tevens een schatting gemaakt van de kosten die naar verwachting met grootschalige invoering van retro-reflecterende

27 In de betreffende SWOV-publicatie is berekend, dat de totale kosten van de verkeersonveiligheid in ons land ruim 8 miljard euro per jaar bedragen (ofwel ongeveer 7 miljoen euro per verkeersdode).

28 Als argumenten die mogelijk tot een te optimistische schatting van het veiligheidseffect zouden kunnen leiden worden genoemd: eventueel effectoverlap met de reeds verplicht ingevoerde zijmarkeringslichten, methodologische onduidelijkheden bij de veldstudie van de TH Darmstadt, de mogelijkheid dat bij niet algehele invoering negatieve neveneffecten (verkeerde verwachtingen) optreden, alsmede de mogelijk negatieve invloed van visuele maskering en/of afleiding bij tegelijkertijdige toepassing van retroreflecterende reclame. Als argumenten voor een mogelijk te conservatieve inschatting worden genoemd: het positieve effect van algehele invoering ten opzichte van de gedeeltelijke invoering bij de veldstudies en het feit dat bij de veldstudies vermoedelijk gebruik is gemaakt van reflectiemateriaal met een geringere opvallendheid dan volgens VN/ECE-Reglement 104 is voorgeschreven.

29 Volgens het concept van Duurzaam Veilig (dat de basis vormt van het vigerende verkeersveiligheids-beleid in Nederland) neemt de kans op ongevallen toe naarmate respectievelijk de onderlinge snelheidsverschillen toenemen, er meer ontmoetingen met verkeer uit andere richtingen zijn, de snelheid hoger is en de verkeerssituaties minder voorspelbaar zijn.

contourmarkering zullen zijn gemoeid. Op grond van globale berekeningen wordt de verwachting uitgesproken, dat de kosten voor het achteraf aanbrengen van retro-reflecterende contourmarkering ongeveer 500 euro voor een trekker/oplegger-combinatie en ongeveer 350 euro voor een bakwagen zullen bedragen³⁰. De levensduur wordt geschat op ongeveer 6 jaar.

Het vorenstaande betekent, in combinatie met de omvang van het Nederlandse vracht-autopark, dat met algehele invoering van contourmarkering een totale investering van bijna 10 miljoen euro per jaar zal zijn gemoeid.

2.6.3 Invoering

Bij besluit van 26 juni 2001 heeft de Raad van de Europese Unie het VN/ECE-Reglement 104 aanvaard en besloten om dit reglement te gaan opnemen in het communautaire stelsel van typegoedkeuringen voor voertuigen. Dat reglement bevat eisen voor retro-reflecterende materiaal dat gebruikt mag worden om de vorm en/of afmetingen van grote vrachtauto's door lijn- of contourmarkering beter zichtbaar te maken. Omdat zich laat aanzien dat de implementatie van het betreffende reglement in het Europese typegoedkeuringsstelsel nog geruime tijd zal duren, heeft de Minister van Verkeer en Waterstaat onlangs besloten om daarop vooruitlopend het nationale Voertuigreglement zodanig te gaan aanpassen dat bij grote vrachtauto's en aanhangwagens³¹ het aanbrengen van retro-reflecterende belijningen overeenkomstig VN/ECE-Reglement 104 wordt toegestaan. De betreffende ontwerp-algemene maatregel van bestuur is momenteel³² in behandeling bij de Tweede Kamer.

Door de SWOV is in het eerder genoemde onderzoek [6] ook in kaart gebracht, wat met betrekking tot invoering van RRCM de meningen en inzichten zijn van respectievelijk de landelijke overheid, de brancheorganisaties, twee grote transportbedrijven, alsmede een vrachtauto-fabrikant en een WAM-verzekeraar³³. Alle partijen gaven aan er overtuigd van te zijn dat RRCM een positief veiligheids-effect heeft en dat men daarom op zich voorstander is van toepassing. Uit de inventarisatie bleek echter tevens dat er met name binnen de transportbranche weinig draagvlak bestaat voor een algehele/verplichte invoering van RRCM, waarbij de ongunstige kosteneffectiviteit (althans op investeerdersniveau³⁴) het belangrijkste criterium vormde. Verder bleek dat zowel bij de overheid als de betreffende WAM-verzekeraar (die een wezenlijk deel van het vrachtautopark tegen wettelijke aansprakelijkheid heeft verzekerd) terughoudendheid bestaat ten aanzien van een eventuele medefinanciering (in de vorm van een subsidie c.q. premie-reductie).

Voor wat betreft de invoering van RRCM kunnen naast algehele invoering (waarbij alle vrachtauto's vanaf een bepaalde datum van RRCM moeten zijn voorzien) in principe de

30 De genoemde bedragen gelden voor het geval de contourmarkering achteraf wordt aangebracht, met dien verstande dat het aanbrengen plaatsvindt in combinatie met een reguliere onderhoudsbeurt; als het aanbrengen van de markeringen afzonderlijk plaatsvindt, zullen de kosten uiteraard wat hoger uitvallen. Voor het geval de contourmarkering reeds bij de fabricage van het voertuig wordt aangebracht, zijn lagere kosten te verwachten.

31 De grens is gelegd bij voertuigen met een toegestane massa van meer dan 3500 kg.

32 Het ontwerp is, inclusief een nota van toelichting, op 30 augustus 2002 ontvangen op de griffie van de Eerste en de Tweede Kamer.

33 Geïnterviewd werden vertegenwoordigers van resp. V&W-DGG en RDW, TLN en EVO, BK-Gas en Van Gend & Loos, DAF en TVM.

34 Dat de kosteneffectiviteit op investeerdersniveau ongunstig is wordt veroorzaakt door het feit dat de "opbrengsten" die aan het invoeren van RRCM verbonden zijn voor een belangrijk deel bestaan uit besparingen op maatschappelijk niveau (zoals medische kosten, productieverlies t.g.v. letsel en/of filevorming, immateriële schade).

volgende twee alternatieven worden onderscheiden: gefaseerde invoering en partiële invoering. Bij gefaseerde invoering kan gedacht worden aan eerst alleen nieuwe vrachtauto's en na een zekere overgangsfase ook het bestaande park; bij partiële aan alleen grote vrachtauto's of alleen vrachtauto's die gebruikt worden voor bepaalde transportvormen (waarvoor een verhoogd risico geldt). Vanuit verkeersveiligheidsoogpunt is het, vanwege het voorspelbaarheidscriterium, ongewenst dat (al dan niet tijdelijk) slechts een deel van het vrachtautopark wordt voorzien van retro-reflecterende contourmarkering. Voor de situatie dat slechts een deel van de vrachtauto's van RRCM is voorzien geldt immers, dat het niet zichtbaar zijn van een contourmarkering niet zondermeer betekent dat er zich geen vrachtauto in het betreffende gebied bevindt. Om die reden verdient het de voorkeur, dat het aanbrengen van RRCM niet alleen bij nieuwe voertuigen maar ook bij het bestaande voertuigenpark plaatsvindt. Ten aanzien van dat laatste kan ook nog worden opgemerkt, dat het aanbrengen van RRCM op oudere vrachtauto's³⁵ een extra verbetering van de zichtbaarheid betekent (omdat die voertuigen tot nu toe alleen van zijreflectoren hoeven te zijn voorzien). In dit verband kan overigens worden geconstateerd, dat het achteraf aanbrengen van de betreffende stroken retro-reflecterend materiaal technisch gezien zeer wel mogelijk is.

³⁵ Hierbij dient te worden bedacht, dat de economische levensduur met name van opleggers en aanhangers relatief groot (ongeveer 15 jaar) is.

3. CONCLUSIES

Het ongeval te Marknesse blijkt geenszins uniek te zijn, want er kan – zoals eerder toegelicht – worden geconstateerd:

- dat uit navraag bij de verkeersafdelingen van een aantal politiekorpsen meer ongevallen met een nagenoeg gelijke toedracht bekend zijn geworden;
- dat uit een analyse van het AVV-ongevallenbestand is gebleken dat er in ons land jaarlijks gemiddeld ongeveer 110 tot 125 van dergelijke ongevallen plaatsvinden, als gevolg waarvan respectievelijk 20 tot 22 mensen in een ziekenhuis moeten worden opgenomen en 2 mensen om het leven komen;
- dat uit een in 2002 door de SWOV verrichte studie is gebleken, dat het totale aantal ongevallen waarbij gebrekkige zichtbaarheid van vrachtauto's mogelijk een rol van betekenis heeft gespeeld ongeveer 1800 per jaar bedraagt; volgens die studie gaat het bij die ongevallen om ongeveer 80 tot 85 ziekenhuisgewonden en 9 doden.

Ook kan worden geconstateerd dat er bij de betreffende ongevallen geen sprake was van roekeloze bestuurders (in de zin dat ze bewust bepaalde veiligheidsrisico's hebben genomen). Op grond van het verrichte onderzoek kan worden gesteld, dat er bij dit soort ongevallen de volgende structurele veiligheidsproblemen aan de orde kunnen zijn:

- zodanige inrichting en/of ontsluiting van het betreffende terrein, dat met een vrachtauto achteruitrijdend de uitrit moet worden ingereden;
- ontoereikende zichtbaarheid en/of herkenbaarheid van de vrachtautozijkanten bij duisternis;
- onvoldoende kennis/inzicht bij de vrachtautochauffeur met betrekking tot zowel de beperkte zichtbaarheid en herkenbaarheid van zijn voertuig bij duisternis, alsook de tijdsduur die gemoeid is met het uitvoeren van dergelijke manoeuvres;
- onvoldoende inzicht bij de andere bestuurder met betrekking tot het tijdig onderkennen van de (mogelijke) ongevalsdreiging.

ad a) Inrichting/ontsluiting terreinen

Met een voertuig vanaf de openbare weg achteruitrijdend een uitrit inrijden, is uiteraard ook los van de zichtbaarheidsproblematiek een gevaarscheppende manoeuvre. Zeker als dat met een vrachtauto gebeurt, omdat bij dergelijke voertuigen zo'n manoeuvre doorgaans linksafslaand moet worden uitgevoerd en bovendien relatief lang duurt. Dergelijke manoeuvres zijn echter onvermijdbaar als het betreffende terrein maar één uitrit heeft en verder zodanig is ingericht dat er met vrachtauto's niet kan worden gekeerd. Geconstateerd moet worden dat er op dit punt momenteel geen wettelijke voorschriften van kracht zijn.

ad b) Zichtbaarheid vrachtauto's bij duisternis

Vrachtauto's zijn op zich bij duisternis van opzij niet slechter zichtbaar dan personenauto's of bestelauto's. Maar dergelijke voertuigen zijn wel aanmerkelijk groter en zwaarder, alsook minder wendbaar. Bovendien kan met vrachtauto's minder snel worden geaccelereerd. Ten aanzien van gelede voertuigen geldt bovendien dat tijdens manoeuvres de situatie kan ontstaan, dat het voorste voertuigdeel zich op de rechter weghelpt en ongeveer parallel aan de wegas bevindt terwijl het achterste gedeelte schuin over de linker weghelpt staat. Bij die positie wordt voor het van voren naderende verkeer het waarnemen van het achterste voertuigdeel bemoeilijkt door de versluisende werking

van de vrachtauto-koplampen. Het gevolg van voornoemde eigenschappen is dat met vrachtauto's vaker gevaarscheppende manoeuvres (als het achteruit een uitrit inrijden) moeten worden uitgevoerd, terwijl die gevaarlijke situaties bovendien wezenlijk langer duren. Daar komt nog bij dat botsingen met vrachtauto's, vanwege respectievelijk hun grote massa, sterke constructie en ongunstige vormgeving, doorgaans aanmerkelijk ernstiger aflopen.

Uit het onderzoek is gebleken, dat de huidige wettelijke voorschriften niet toereikend zijn om te waarborgen dat vrachtauto's bij duisternis in alle relevante situaties voldoende zichtbaar en herkenbaar zijn voor het overige verkeer. Dat geldt weliswaar het sterkst voor vrachtauto's die vóór 1996 zijn toegelaten en waarop alleen zijreflectoren hoeven te zijn aangebracht, maar eveneens voor de actuele situatie (volgens welke vrachtauto's tevens van zijmarkeringslichten moeten zijn voorzien). Wat dat laatste betreft moet worden gesteld, dat ook zijmarkeringslichten onder bepaalde omstandigheden pas op een kleinere afstand zichtbaar worden dan redelijkerwijs nodig is om automobilisten in de gelegenheid te doen zijn om er afdoende op te kunnen reageren. Bovendien is uit het experimentele onderzoek naar voren gekomen dat zijmarkeringslichten gemakkelijk verkeerd geïnterpreteerd kunnen worden (omdat ze qua intensiteit en waarnemingspositie veel gelijkenis vertonen met reflectorpaaltjes of lichtpunten die zich op grotere afstand bevinden).

Uit het onderzoek is verder gebleken dat zowel de zichtbaarheid als de herkenbaarheid van vrachtautozijkanten aanzienlijk kan worden verbeterd door toepassing van retro-reflecterende contourmarkering. De SWOV heeft (door de resultaten van een drietal veldstudies naar de Nederlandse situatie te vertalen) berekend, dat door algehele invoering van RRCM een reductie zou kunnen worden gerealiseerd van respectievelijk enkele honderden ongevallen, 20 tot 30 ziekenhuisgewonden en 2 à 3 doden per jaar. Uit diezelfde SWOV-studie is echter naar voren gekomen, dat er binnen de transportbranche geen draagvlak bestaat voor het vrijwillig invoeren van RRCM. Vanuit die branche wordt aangevoerd dat het niet rechtvaardig is om de betreffende kosten (van ongeveer eens per zes jaar een bedrag van 350 tot 500 Euro per voertuig) voor rekening van de transportbedrijven te laten komen; als argument daarvoor wordt aangevoerd dat de baten niet specifiek aan de transportbranche ten goede komen maar aan de maatschappij in het algemeen. Maar tegen die argumentatie kan worden aangevoerd, dat het (volgens het motto: de vervuiler betaalt) geenszins onrechtvaardig is om de kosten voor het voorkomen van ongevallen die specifiek door vrachtauto's worden veroorzaakt te laten rusten op de transportbranche. Geconstateerd kan worden dat deze discussie eerder al heeft gespeeld, namelijk met betrekking tot de invoering van DOBLI-spiegels. Ook in dat verband bleek de transportbranche niet vrijwillig bereid te zijn tot relatief geringe investeringen om een veiligheidsprobleem te bestrijden dat specifiek door vrachtauto's wordt veroorzaakt. In dat geval bleek zelfs het verminderen van het door de transportbranche te investeren bedrag (door middel van een substantiële overheidssubsidie) niet tot het op grote schaal vrijwillig aanbrengen van de betreffende extra spiegels te leiden.

Met het oog op de verkeersveiligheid is algehele invoering van RRCM te verkiezen boven partiële of gefaseerde invoering. Hoewel Europese invoering uiteraard de voorkeur verdient, dient – met het oog op de relatief lange duur van de betreffende procedures – te worden overwogen in hoeverre daarop vooruitlopend RRCM (evenals de DOBLI-spiegel) eerst alleen in ons land moet worden ingevoerd. Opgemerkt kan worden dat

ook alleen nationale invoering waarschijnlijk al een belangrijk effect kan hebben; omdat buitenlandse vrachtauto's overwegend gebruik maken van de hoofdwegen en bovendien vrijwel uitsluitend op relatief grote fabrieks/industrie-terreinen worden geladen/gelost, zijn in ons land bij het overgrote deel van de probleemgevallen alleen Nederlandse vrachtauto's betrokken³⁶.

ad c) Kennis/inzicht vrachtautochauffeurs

Bij de nader geanalyseerde ongevallen (zie hoofdstuk 1) komt naar voren dat de betreffende vrachtautobestuurders op een aantal punten beoordelingsfouten hebben gemaakt die waarschijnlijk terug te voeren zijn op onvoldoende inzicht. Allereerst kan worden opgemerkt, dat de vrachtautochauffeurs zich onvoldoende bewust waren van het feit dat de zijkant van hun voertuig niet tijdig zichtbaar was voor (met name) van voren naderende automobilisten. Hierbij kan worden aangetekend dat ze de zijkant van hun voertuig zelf aanmerkelijk beter konden zien, omdat zij (vanuit hun cabine) geen last hadden van de versluisende werking van de vrachtautokoplampen. Ook hebben de vrachtautochauffeurs zich verkeken op enerzijds de periode die zij nodig hadden om hun achteruitrij-manoeuvre uit te voeren en anderzijds de periode die eventueel tegemoetkomende auto's nodig zouden hebben om het te overziene weggedeelte te overbruggen. Dat laatste (het overschatten van de periode dat snelverkeer doet over het overbruggen van een wat grotere afstand) kan in zekere zin als een algemeen probleem worden aangemerkt; slechts weinig mensen realiseren zich dat bij een snelheid van 80 km/uur met het overbruggen van een afstand van 100 meter een tijdsduur van minder dan 5 seconden is gemoeid. Hierbij moet worden bedacht dat voor het voltooiën van onderhavige achteruitrij-manoeuvres meestal meer dan een halve minuut en soms zelfs nog aanmerkelijk meer tijd nodig is. Een en ander betekent dat vrachtautochauffeurs de weg zelden over voldoende afstand kunnen overzien om voorafgaande aan een dergelijke manoeuvre te kunnen beoordelen of men deze met het oog op eventueel naderend verkeer ook tijdig kan afronden.

ad d) Kennis/inzicht overige bestuurders

Bij de nader geanalyseerde ongevallen (zie hoofdstuk 1) bleek verder dat ook de betreffende personenautobestuurders de situatie niet goed hebben beoordeeld. Zij hebben zich onvoldoende gerealiseerd dat er, kort achter de vrachtautokoplampen die zij op de andere rijstrook zagen, een oplegger of aanhanger dwars op de weg kon staan die – mede door de versluisende werking van de vrachtautokoplampen – te laat als zodanig herkenbaar werd om er nog afdoende op te kunnen reageren.

³⁶ Bij de 76 nader onderzochte uitrit-gerelateerde ongevallen (zie 2.4) bleek het slechts in 2 gevallen om een buitenlandse vrachtauto te gaan.

4. AANBEVELINGEN

4.1 *Inrichting/ontsluiting van terreinen afstemmen op verkeersveiligheid*

Naar het oordeel van de Raad is het allereerst zaak dat gevaarscheppende manoeuvres met vrachtauto's op de openbare weg (zoals het – al dan niet bij duisternis – achteruit een uitrit inrijden) zo veel mogelijk moeten worden voorkomen. Daarom dienen terreinen die regelmatig door vrachtauto's worden bezocht zodanig te zijn ingericht en ontsloten, dat ook dergelijke voertuigen het terrein vooruitrijdend kunnen oprijden en verlaten.

Aanbeveling 1:

De betreffende koepelorganisaties (het Interprovinciaal Overleg, de Vereniging van Nederlandse Gemeenten en de Unie van Waterschappen) wordt aanbevolen om te bevorderen dat alle relevante wegbeheerders bij het verlenen/verlengen van uitwegvergunningen voor bedrijfsterreinen die regelmatig door vrachtauto's worden bezocht, in de beoordeling gaan betrekken dat de inrichting en ontsluiting zodanig moeten zijn dat ook vrachtauto's het terrein vooruitrijdend kunnen oprijden en verlaten.

4.2 *Verbetering zichtbaarheid vrachtauto's bij duisternis*

De bevindingen van deze studie leiden naar het oordeel van de Raad tevens tot de conclusie, dat het volledige vrachtautopark zo spoedig als mogelijk van RRCM moet worden voorzien. De Raad beseft dat het hier Europese regelgeving betreft. Bovendien gaat het bij de gebrekkige zichtbaarheid en herkenbaarheid van vrachtauto's niet om een typisch Nederlands probleem³⁷. Omdat echter de Europese invoering waarschijnlijk nog geruime tijd zal vergen, moet de RRCM-verplichting daarop vooruitlopend reeds in de nationale wetgeving worden opgenomen.

Aanbeveling 2:

De minister van Verkeer en Waterstaat wordt aanbevolen om de voorgenomen Europese invoering van een wettelijke verplichting tot het aanbrengen van retro-reflecterende contourmarkering bij vrachtauto's zoveel mogelijk te bespoedigen. Tevens dient de RRCM-verplichting – vooruitlopend op de Europese invoering – zo spoedig mogelijk in de nationale wetgeving te worden opgenomen.

4.3 *Extra maatregelen bij manoeuvreren met vrachtauto's bij duisternis*

In gevallen dat het – incidenteel – toch nodig is dat met een vrachtauto achteruit een uitrit moet worden ingereden, dient het overige verkeer op adequate wijze te worden gewaarschuwd. Als er gedurende een bepaalde periode op een bepaalde plaats vaker sprake is van een dergelijke situatie (bijvoorbeeld in kader van de aardappel/bieten-campagne) kan gedacht worden aan het tijdelijk plaatsen van openbare verlichting en/of waarschuwingsborden.

³⁷ Vanwege het Europese karakter van deze problematiek zal dit rapport ook worden toegezonden aan de Europese Commissie (ter attentie van de Commissaris voor Transport en Energie).

Aanbeveling 3:

De (branche-)organisaties van verladers, ontvangers en vervoerders, alsook van land- en tuinbouw bedrijven, wordt aanbevolen hun leden nadrukkelijk te adviseren, dat vooral tijdens duisternis het manoeuvreren met vrachtauto's op de openbare weg zo weinig mogelijk dient plaats te vinden en in de resterende gevallen gepaard moet gaan met adequate veiligheidsmaatregelen. Deze aanbeveling is met name gericht aan respectievelijk: Transport en Logistiek Nederland (TLN), Ondernemersorganisatie voor logistiek en transport (EVO), Vereniging Eigen Rijders Nederland (VERN), Koninklijk Nederlands Vervoer (KNV) en Land- en Tuinbouw Organisatie Nederland (LTO).

4.4 Gerichte voorlichting/opleiding voertuigbestuurders

Bestuurders van motorvoertuigen dienen zich terdege bewust te zijn van het feit dat de zijkant van vrachtauto's, zeker wanneer deze (nog) niet van retro-reflecterende contourmarkering zijn voorzien, bij duisternis niet opvallend zichtbaar en slecht herkenbaar zijn. Men dient vooral bedacht te zijn op de gevaarlijke situatie die kan ontstaan, als met dergelijke voertuigen bij duisternis op de openbare weg wordt gemanoeuvreed. Het is evident dat vooral de vrachtautochauffeurs zelf zich terdege van deze problematiek bewust moeten zijn.

De Raad is van oordeel dat de problematiek rond de gebrekkige zichtbaarheid en herkenbaarheid van vrachtauto's bij duisternis deel moet gaan uitmaken van de eisen voor het theorie-examen voor de verschillende rijbewijzen alsook die voor het chauffeursdiploma.

Omdat een soortgelijke aanbeveling ook bij enkele andere nog lopende RvTV-onderzoeken (als verdrinkingsongevallen en vluchtstrookongevallen) aan de orde is, zullen de betreffende aanbevelingen te zijner tijd gebundeld aan de Minister van Verkeer en Waterstaat worden aangeboden.

5. LITERATUUR

- [1] Proces-verbaal 200057448, opgemaakt door de regiopolitie Flevoland, betrekking hebbend op het ongeval d.d. 22/11/2000 te Marknesse (Noordoostpolder).
- [2] Proces-verbaal 98044499-OD, opgemaakt door de regiopolitie te Flevoland, betrekking hebbend op het ongeval d.d. 21/10/1998 te Noordoostpolder.
- [3] Proces-verbaal PL0150/98-688411, opgemaakt door de regiopolitie te Groningen, betrekking hebbend op het ongeval d.d. 24/11/1998 te Vlagtwedde.
- [4] R.F.T. Brouwer, J.W.A.M. Alferdinck & M. Hoedemaker (2001). Zijmarkeringslichten en de opvallendheid van opleggers (TNO-rapport: TM-01-C025). Soesterberg: TNO Technische Menskunde³⁸.
- [5] J.W.A.M. Alferdinck & M. Hoedemaker (2002). Zichtbaarheid van opleggers, praktijkproef (TNO-rapport: TM-02-C012). Soesterberg: TNO Technische Menskunde³⁸.
- [6] M. de Niet, Ch. Goldenbeld & P.M.M. Langeveld (2002). Veiligheidseffecten van retro-reflecterende contourmarkering op vrachtauto's (R-2002-16). Leidschendam, SWOV.

De in dit verband relevante delen van voornoemd rapport [6] zijn voornamelijk gebaseerd op de volgende publicaties:

- [6.1] E.D. Hildebrandt & P.J. Fullarton (1997). Effectiveness of heavy truck conspicuity treatments under different weather conditions. In: Proceedings of the Canadian multidisciplinary road safety conference, 8 tot 11 juni 1997, Toronto, Canada.
- [6.2] H.J. Schmidt-Claussen & K.M. Kurth (1987). Rückwärtiges Signalbild von LKW. In: Deutsche Kraftfahrtforschung und Strassenverkehrstechnik, Heft 303, VDI-Verlag, Düsseldorf.
- [6.3] H.J. Schmidt-Claussen, U. Pawlak & J.E. Hartge (1987). Seitenbeleuchtung von LKW. In: Deutsche Kraftfahrtforschung und Strassenverkehrstechnik, Heft 302, VDI-Verlag, Düsseldorf.
- [6.4] Ch. Morgan (2001). The effectiveness of retro-reflective tape on heavy trailers. DOT HS 809 222. National Highway Traffic Safety Administration NHTSA, Springfield.
- [6.5] H. Finsterer & H.J. Schmidt-Claussen (1992). Kentlichmachung von LKW Forschungsberichte der Bundesminister für Verkehr, Bereich Fahrzeugtechnik, no. 10. Bundesanstalt für Strassenwesen, Bergisch Gladbach.

³⁸ De onder [4] en [5] genoemde publicaties hebben betrekking op deelstudies (die de afdeling Technische Menskunde van TNO in opdracht van de Raad voor de Transportveiligheid heeft uitgevoerd). De betreffende rapportages vormen onderdeel van dit rapport en zijn opvraagbaar.

Bijlage: A

Betreft: Verantwoording van het onderzoek

Deze themastudie is uitgevoerd door medewerkers van de Raad voor de Transportveiligheid, onder supervisie van de Kamer Wegverkeer.

Er is gebruik gemaakt van gegevens verstrekt door respectievelijk:

- de regiopolitie van resp. Flevoland en Groningen;
- de Adviesdienst Verkeer en Vervoer;
- de Stichting Processen Verbaal.

Tevens zijn interviews gehouden met medewerkers van diverse instanties.

Ondersteunend onderzoek werd verricht door de afdeling Technische Menskunde van TNO; de twee rapporten waarin dat deel van het onderzoek is beschreven (respectievelijk [4] en [5]) vormen onderdeel van dit rapport en zijn opvraagbaar.

Dit rapport is (in conceptvorm en zonder de in hoofdstuk 4 geformuleerde aanbevelingen) voor commentaar voorgelegd aan respectievelijk de afdeling Technische Menskunde van TNO en de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV). Het verkregen commentaar is verwerkt.

Bijlage: B

Betreft: Toelichting van de belangrijkste fotometrische begrippen, waarneembaarheid en stopafstand

1. Fotometrie

De hoeveelheid lichtenergie die per eenheid van tijd (t) door een lichtbron of doorschijnend c.q. reflecterend vlak wordt uitgezonden, wordt *lichtstroom* genoemd, aangegeven met Φ en uitgedrukt in lumen of [lm]. De lichtstroom die per eenheid van ruimtehoek (ω) wordt uitgestraald, wordt *lichtsterkte* genoemd, aangegeven met I en uitgedrukt in candela of [cd].

De lichtstroom die per eenheid van oppervlak op een vlak (A) valt, wordt *verlichtingssterkte* genoemd, aangegeven met E en uitgedrukt in lux of [lx].

De verhouding tussen enerzijds de lichtsterkte (I) van het licht dat een vlak in een bepaalde richting uitstraalt en anderzijds het schijnbare oppervlak (A_s) van dat vlak voor de betreffende waarnemingsrichting, wordt de *luminantie* genoemd, aangegeven met L en uitgedrukt in cd/m². De luminantie van een vlak is een objectieve maat voor de subjectieve eigenschap *helderheid* (die, naast de kleur, bepalend is voor de visuele waarneming ervan).

De onderlinge relatie tussen deze grootheden kan als volgt in vergelijkingen worden uitgedrukt:

<i>Lichtsterkte</i>	$I = \frac{\Phi}{\omega}$	in cd (of lm/sr) met Φ = lichtstroom [lm] ω = ruimtehoek [sr]
<i>Verlichtingssterkte</i>	$E = \frac{I \cdot e^{-3.4 \frac{d}{Z}}}{d^2}$	in lx (of lm/m ²) met d = afstand [m] Z = meteorologisch zicht [m] Als Z groot is t.o.v. d , dan nadert de term $e^{-3.4 \frac{d}{Z}}$ tot de waarde 1, waardoor de vergelijking overgaat in: $E \approx \frac{I}{d^2}$
<i>Luminantie</i>	$L = \frac{I}{A_s}$	in cd/m ² met A_s = schijnbaar oppervlak in waarnemingsrichting [m ²]

2. Waarneembaarheid

Met betrekking tot lichtuitstralende voorwerpen kan onderscheid worden gemaakt tussen enerzijds voorwerpen die licht produceren (lichtbronnen) en voorwerpen die licht van andere lichtbronnen doorlaten of reflecteren.

Een voorwerp of gedeelte daarvan is visueel waarneembaar als het uitgestraalde licht zich qua kleur en/of helderheid onderscheidt ten opzichte van de omgeving. Helderheid is een subjectief begrip, maar als objectieve maat daarvoor kan de (meetbare) grootte luminantie dienen; dat is de verhouding tussen respectievelijk de lichtsterkte in de richting van de waarnemer en het schijnbare oppervlak.

Voor het beoordelen van de waarneembaarheid van objecten (als zijmarkerings-lichten en reflectoren) kan het volgende worden gesteld:

- a) Een lichtbron of reflector is *waarneembaar* (zichtbaar) als de verlichtingssterkte ervan groter is dan de zgn. detectiedrempel E_{dd} en *opvallend zichtbaar* als de verlichtingssterkte groter dan de opvallendheidsdrempel E_{do}
- b) De waarde van de *detectiedrempel* E_{dd} en de *opvallendheidsdrempel* E_{do} worden bepaald door de zgn. *omgevingsluminantie* L_b en die is op zijn beurt afhankelijk van respectievelijk:
 - de achtergrondluminantie (t.g.v. van het natuurlijke licht) L_o
 - de verblindingsluminantie van andere lichtbronnen in het oog L_{vo}
 - de strooilichtluminantie van andere lichtbronnen in respectievelijk de atmosfeer L_{va} en de voorruit van het voertuig waarin de waarnemer zich bevindt L_{vv} .In bijlage B van het TNO-rapport [5] zijn voornoemde grootheden (alsook de factoren die bepalend zijn voor de grootte ervan) nader toegelicht.
- c) Omdat de verlichtingssterkte van een lichtbron of reflector afhankelijk is van de afstand tot de waarnemer, kan ook worden aangegeven tot op welke afstand d het object zichtbaar (d_{dd}) c.q. opvallend zichtbaar (d_{do}) is. Als het meteorologische zicht (Z) relatief groot is geldt bij benadering voor resp. de *zichtbaarheids- en opvallendheidsafstand*:

$$d_{dd} = \sqrt{\frac{I}{E_{dd}}} \quad \text{c.q.} \quad d_{do} = \sqrt{\frac{I}{E_{do}}}$$

(waarin I is de lichtsterkte lichtbron/reflector in de richting van de waarnemer).

3. Stopafstand

De zichtbaarheidsafstand kan op zijn beurt worden vergeleken met de zgn. *stopafstand* (s_{stop}), zijnde de afstand die nodig is om een voertuig tot stilstand te brengen. Voor de stopafstand geldt bij benadering:

$$s_{stop} = \frac{v_o^2}{2 \cdot a_g} + v_o \cdot t_r \quad \text{in m}$$

waarin: v_o naderingssnelheid [in m/s]
 a_g gemiddelde vertraging tijdens de remperiode [in m/s²]
 t_r duur van de reactieperiode [in s]

Bijlage: C

Betreft: Samenvattend overzicht van de praktijkproeven

1. Algemeen

Op verzoek van de RvTV heeft de afdeling Technische Menskunde van TNO nader onderzoek ingesteld naar de zichtbaarheid van vrachtautozijkanten bij duisternis. In dat verband hebben o.a. praktijkproeven plaatsgevonden. Die proeven waren met name gericht op de mate waarin de zichtbaarheid van vrachtautozijkanten (voor een personenautobestuurder) verbetert door het aanbrengen van resp. zijreflectoren, zijmarkeringslichten en retro-reflecterende contourmarkering. De beoordeling heeft zowel door lichtmetingen als met behulp van proefpersonen plaatsgevonden. De praktijkproeven zijn uitvoerig beschreven in de onder [5] beschreven rapportage (die onderdeel van dit rapport uitmaakt en opvraagbaar is). De proeven moeten in die zin als een verkennend onderzoek worden gezien, dat het om een relatief klein aantal (4) proefpersonen ging, de waarnemingen/metingen niet meerdere keren zijn herhaald en niet alle relevante combinaties van voertuigposities en weersomstandigheden nader zijn onderzocht.

2. Procedure

De proeven zijn uitgevoerd met een vrachtauto die opgesteld stond op een onverlichte weg. Het betreffende weggedeelte is buiten de bebouwde kom gelegen. De uit asfalt bestaande rijbaan heeft een breedte van ongeveer 6,5 meter en is door middel van een onderbroken streep in twee rijstroken verdeeld. Tijdens de proeven was het betreffende weggedeelte afgesloten voor ander verkeer.

Bij de vrachtauto ging het om een alleszins gangbare trekker/oplegger-combinatie: de oplegger had een gesloten opbouw en was ongeveer 2,5 meter breed, 13 meter lang en 3,8 meter hoog. De oplegger was aan de zijkant voorzien van de wettelijk voorgeschreven zijreflectoren en zijmarkeringslichten. In het laatste stadium van de proeven is de oplegger in die zin tevens voorzien van retro-reflecterende contourmarkering, dat langs de randen van de opleggerzijkant een 5 cm brede strook wit reflecterend materiaal (klasse C van ECE Reglement 104) werd geplakt.

De trekker stond parallel aan de weg op de rechter-rijstrook; de oplegger stond schuin over de linker-rijstrook. Er zijn metingen/beoordelingen gedaan bij 2 verschillende posities van de oplegger; in het ene geval bedroeg de hoek tussen de lengte-as van de oplegger en de weg 16 graden, terwijl in het andere geval die hoek 37 graden bedroeg.

De proefpersonen bevonden zich op de rechter-voorstoel van een personenauto die de vrachtautocombinatie aan de voorzijde naderde. Het betrof 1 vrouw en 3 mannen, die allen beschouwd kunnen worden als ervaren op het gebied van de visuele waarneming van verkeerssituaties. Alle proefpersonen waren beeldragend, hadden een normaal gezichtsvermogen en waren niet kleurenblind.

Bij een van de beide opleggerposities (37 graden t.o.v. de weg) zijn de waarnemingen ook gedaan terwijl de voorruit van de personenauto nat was.

Zowel bij de vrachtauto als de personenauto was de normale (gedimde) verlichting ingeschakeld.

De proefpersonen was vooraf verzocht om bij nadering van de proefopstelling aan te geven wanneer er aan de volgende 3 waarnemingscriteria werd voldaan:

- het stadium waarin de zijreflectoren, zijmarkeringslichten of contourmarkering van de oplegger daadwerkelijk zichtbaar werd naast de koplampen van de trekker;
- het stadium waarin redelijkerwijs kon worden onderkend dat de waargenomen zijreflectoren, zijmarkeringslichten of contourmarkeringen geen bempaaltjes of iets dergelijks waren maar waarschijnlijk bij de vrachtauto hoorden (en er zich dus ter hoogte van de trekker waarschijnlijk ook iets bevond op de rijstrook die voor de personenauto bestemd was);
- het stadium waarin de oplegger als zodanig zichtbaar en herkenbaar werd.

Als de proefpersoon tijdens het naderen van de proefopstelling aangaf dat een van de voornoemde criteria werd voldaan, werd de onderlinge afstand tussen de voertuigen afgelezen (met behulp van een afstandschaal die op het wegdek was aangebracht).

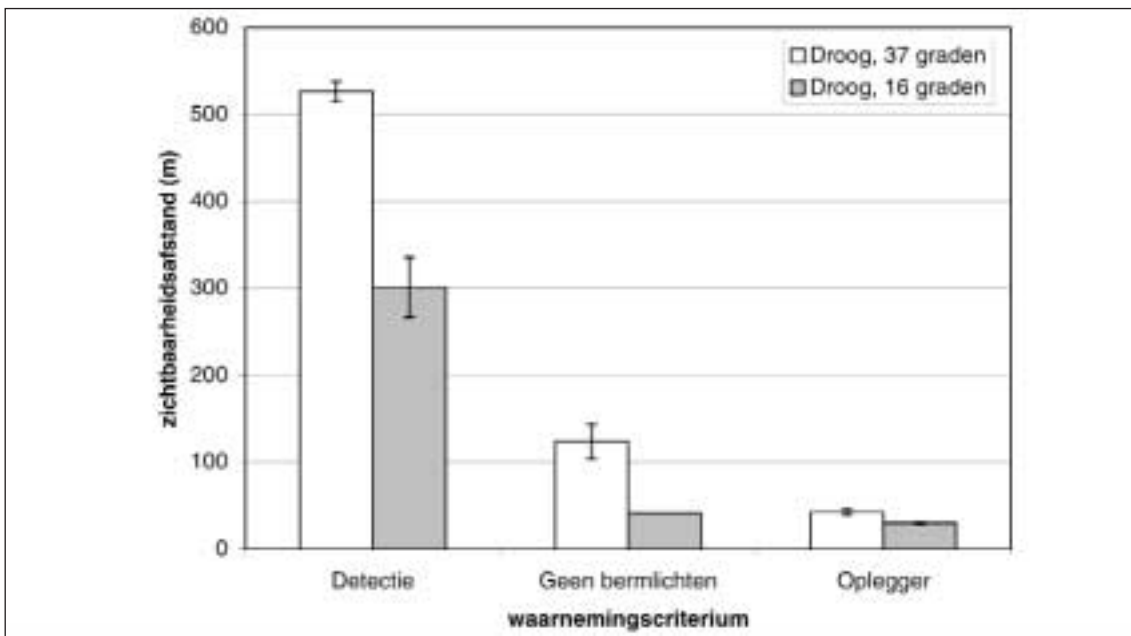
3. Resultaten

3.1 Lichtmetingen

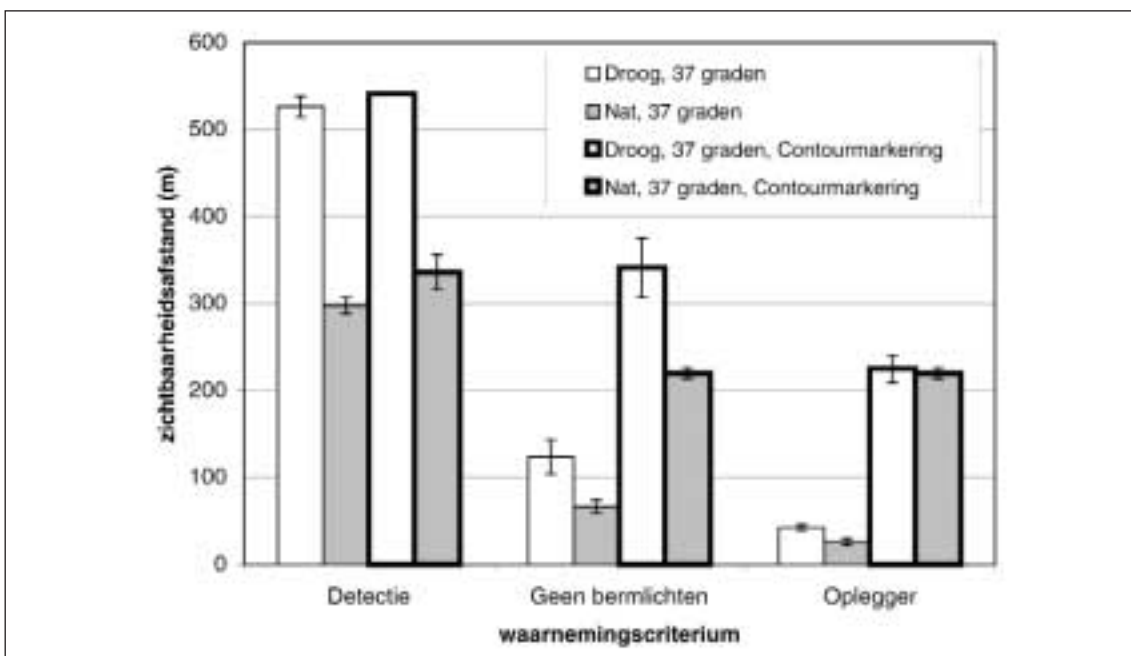
Lamp	Lichtsterkte (cd)	
	Hoek oplegger 37 graden	Hoek oplegger 16 graden
Koplamp, links	242	242
Koplamp, rechts	275	275
Zijmarkeringslicht 1	0,192	0,108
Zijmarkeringslicht 2	0,158	0,052
Zijmarkeringslicht 3	0,211	0,067
Zijmarkeringslicht 4	0,183	0,063
Achterste positielicht (wit)	0,457	~ 1

Lichtsterkte van de vrachtauto-koplampen/zijmarkeringslichten. Bron: [5]

3.2 Waarnemingen



De zichtbaarheidsafstanden voor de drie beoordelingscriteria voor zijmarkeringslichten, bij een droge voorruit. Bron: [5].



De zichtbaarheidsafstanden voor de drie beoordelingscriteria, voor zijmarkeringslichten en retro-reflecterende contourmarkering, voor resp. een droge en een natte voorruit. Bron: [5].

