

GEBRUIK VAN RETROREFLECTERENDE MATERIALEN OP VRACHTAUTO'S VOOR NIET-SIGNAALDOELEINDEN

Een probleemverkenning

R-89-17

Dr. ir. D.A. Schreuder

Leidschendam, 1989

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

INHOUD

Voorwoord

1. Inleiding
2. Waarneming in het verkeer
3. Signaalfunctie en niet-signaalfunctie
 - 3.1. Definitie van signaalfunctie
 - 3.2. De uit de literatuur beschikbare gegevens
4. Functionele eigenschappen van retroreflecterende materialen
 - 4.1. Lichtreflectie en contrast
 - 4.2. De optiek van retroreflectie
 - 4.3. Fotometrische en colorimetrische kenmerken van retroreflecterende materialen
 - 4.4. Invloed van omgevingsfactoren
 - 4.5. Autokoplampen
5. Toepassing van retroreflecterende materialen
 - 5.1. Toepassing op vervoermiddelen
 - 5.2. Verhoging van de opvallendheid
 - 5.3. Verbetering van de herkenbaarheid
6. Waarnemingsaspecten
7. Signalering van aanwezigheid en beweging
8. Classificatie van voertuigen
 - 8.1. Systemen voor classificatie
 - 8.2. De aanduiding van voertuigklassen
 - 8.3. Waarneembaarheid van voertuigklassen
 - 8.4. Praktische uitvoering
9. Reclameboodschappen, logo's en decoratie
 - 9.1. Algemene gezichtspunten
 - 9.2. De luminantie van retroreflectoren

9.3. Ontmoetingen met vrachtauto's

9.4. Conclusies

10. Conclusies

Literatuur

VOORWOORD

Het is niet ongebruikelijk dat vrachtauto's reclameboodschappen voeren, voorzien zijn van het "logo" van hun bedrijf, of van een andere decoratie. Dit alles heeft uiteraard allereerst tot doel om, net als alle reclame, de naambekendheid van de betrokken bedrijven te vergroten, of bepaalde aan te prijzen. De bedrijven, noch de produkten hebben produkten noodzakelijkerwijs iets met het wegverkeer uit te staan.

Momenteel zijn deze aanduidingen uitgevoerd met diffuus reflecterende materialen. Dit betekent dat ze alleen bij dag, en op wegen met straatverlichting gezien kunnen worden. Gezien vanuit het standpunt van de eigenaar of gebruiker van de vrachtauto ligt het voor de hand te zoeken naar middelen om deze aanduidingen ook onder andere omstandigheden zichtbaar te maken, meer in het bijzonder op onverlichte autosnelwegen. Daarvoor komen de bekende retroreflecterende materialen in aanmerking, die, wanneer ze door autokoplantaarns worden aangestraald, sterk oplichten.

Het gebruik van retroreflecterende materialen voor deze doeleinden heeft tot nu toe in Nederland nauwelijks ingang gevonden. Er zijn informele afspraken gemaakt (een zgn. "gentleman's agreement") om zulks achterwege te laten. Recentelijk zijn stemmen opgegaan om deze afspraak af te schaffen, en retroreflecterende materialen ook op vrachtauto's toe te laten. Te verwachten is dat een dergelijk stap consequenties kan hebben voor de verkeersveiligheid. Een bijdrage van de Nederlandse Vereniging de Rijwielen Automobiellindustrie RAI stelde de SWOV in staat de verkeersveiligheidsaspecten van het voor andere dan voor signaaldoeleinden gebruiken van retroreflecterende materialen in het wegverkeer te bestuderen. Het onderhavige rapport bevat de bevindingen van deze studie.

1. INLEIDING

Retroreflecterende materialen hebben de eigenschap dat ze licht terugkaatsen in de richting waar het licht oorspronkelijk vandaan kwam. Deze eigenschap maakt retroreflecterende materialen bij uitstek geschikt voor een aantal signaalfuncties in het wegverkeer bij duisternis. Een voorwaarde is uiteraard dat de lichtbron die het materiaal verlicht, en de waarnemer die het materiaal wil waarnemen, zich onderling dicht bijeen bevinden. Dit beperkt de praktische toepassing van retroreflecterende materialen tot die situaties waar de waarnemer zich in of op een vervoermiddel bevindt dat een sterk bundellicht voert - een auto of een motorfiets - en tot die situaties waar het materiaal met opzet is aangebracht.

Het nut van retroreflecterende materialen is dus beperkt tot die gevallen waar de bestuurder van een motorvoertuig informatie nodig heeft over het voorwerp dat van het retroreflecterende materiaal is voorzien. Dan is het nut echter dusdanig groot dat de bedoelde materialen op zeer grote schaal worden toegepast. In de meeste gevallen gaat het daarbij om het verschaffen van voor het verkeer noodzakelijke informatie. Men onderscheidt daarbij wel de verkeersfunctie in signalerings- en markeringsfuncties; soms ook worden die twee functies korthedshalve samengevat onder de "signaalfunctie van retroreflecterende materialen". In het onderhavige rapport zal dit woordgebruik worden gevolgd. Deze signaalfunctie wordt dan gesteld tegenover die gevallen waarbij retroreflecterende materialen voor andere doeleinden worden toegepast. Meestal gaat het daarbij, evenals bij de signaalfunctie, om het overbrengen van informatie (het overbrengen van een boodschap) aan de weggebruiker die het bundellicht voert. In het algemeen is dat dus de automobilist. Het verschil is gelegen in het feit dat de boodschap niet of tenminste niet direct betrekking heeft op het verkeer en de verkeerssituatie ter plekke. Vaak gaat het om reclameboodschappen. Tenslotte worden retroreflecterende materialen sporadisch toegepast als decoratie.

Het toepassen van retroreflecterende materialen op auto's voor andere dan signaaldoeleinden is niet verboden. Retroreflecterende materialen worden echter voor reclameboodschappen, meer in het bijzonder op vrachtauto's, in Nederland niet toegepast op grond van een tussen de betrokken partijen gemaakte afspraak (Ebell-Vonk et al., 1986, blz. 9). Recentelijk zijn er

stemmen opgegaan om deze afspraak af te schaffen of tenminste ter discussie te stellen. Door IWACC is voorgesteld om dit te realiseren in het kader van een daartoe op te richten Stichting NSR (Ebell-Vonk et al., 1986, Hoofdstuk 5). Nu kan men zich voorstellen dat het op aanzienlijke schaal gebruiken van retroreflecterende materialen in het wegverkeer voor andere dan signaaldoelen een invloed kan hebben op de verkeersveiligheid. De invloed kan positief zijn doordat de waarneembaarheid wordt bevorderd, maar er is ook een zorg dat de eventuele visuele verwarring de verkeersveiligheid negatief kan beïnvloeden.

Voor zover er bij de onderhavige studie aspecten van de verkeersveiligheid aan de orde komen, hebben deze in hoofdzaak betrekking op de gevaren van kop-staartbotsingen, waarbij vrachtauto's (bij duisternis op onverlichte wegen) van achteren worden aangereden door personenauto's. Uit onderzoek is gebleken dat dergelijke ongevallen in Nederland tamelijk zeldzaam zijn, maar dat de afloop relatief zeer ernstig is (Tromp, 1985; 1988). Voorts blijkt dat de verschilsnelheid veelal tamelijk gering is, zodat men mag verwachten dat een betere waarneembaarheid (herkenbaarheid) van de achterzijde van de vrachtauto de kans voor het met succes uitvoeren van een ontwijkmanoeuvre aanzienlijk zal kunnen vergroten. Het feit dat de afloop van dergelijke ongevallen relatief ernstig is, heeft waarschijnlijk te maken met het feit dat - ondanks daartoe geldende richtlijnen - de bescherming aan de achterzijde van vrachtauto's veelal onvoldoende is, zodat personenauto's onder de laadvloer kunnen schieten. Ofschoon deze aspecten feitelijk buiten het terrein van deze studie vallen, hebben wij dit toch vermeld, omdat een nadere studie van de bescherming van de achterzijde van vrachtauto's zeer gewenst lijkt te zijn.

Zeer recent is de markering van de zijkant van vrachtauto's (en van landbouwvoertuigen, die in deze studie niet aan de orde zullen komen) opnieuw in het centrum van de belangstelling komen te staan. Bij de behandeling van de Begroting van V&W voor 1989 zijn in het Parlement vragen dienaangaande gesteld. Voorts heeft de SWOV het voornemen om in het nieuwe Meerjarenonderzoekplan een project over "zwaar verkeer" op te nemen. Bij dit project zullen zowel de markering van de zijkant van vrachtauto's als de toepassing van retroreflecterende materialen (zowel voor signaaldoeleinden als voor niet-signaaldoeleinden) aan de orde komen. Deze twee ontwikkelingen zijn zeer recent, zodat ze bij het opstellen van de onderhavige studie

geen rol hebben kunnen spelen. Voor de toekomst dient echter met deze nieuwe ontwikkelingen terdege rekening te worden gehouden.

Nog een opmerking over de terminologie. We zullen in deze studie - in navolging van het door IWACC ingevoerde gebruik - vaak de toepassing van "niet voor signaaldoeleinden bestemde retroreflectie" met NSR aanduiden (zie Ebell-Vonk et al., 1985, 1986, 1986a).

Bij de opzet van het rapport is uitgegaan van de dagsituatie als referentie. Hiermee is bedoeld dat de waarnemingscondities zoals die zich overdag aan de weggebruikers presenteren, gebruikt zijn als uitgangspunt voor de beschouwingen over de waarneembaarheid van retroreflecterende hulpmiddelen - ook al zijn, zoals zal blijken, deze retroreflecterende hulpmiddelen overdag niet meer effectief dan "gewone" - bijvoorbeeld geverfde - oppervlakken. Na een korte samenvatting van de aspecten van visuele waarneming in het verkeer (Hoofdstuk 2) volgt in Hoofdstuk 3 de omschrijving van signaleren en markeren, en van de signaalfunctie en van de niet-signaalfunctie van retroreflecterende materialen. In Hoofdstuk 4 is een kort overzicht gegeven van de optische kenmerken van de meest gangbare retroreflecterende materialen, alsmede van de invloed op hun werking van vuil, regen, dauw en andere uitwendige factoren. Ook wordt in het kort de werking van de belangrijkste lichtbron voor retroreflectoren beschreven, namelijk het dimlicht van motorvoertuigen - uiteraard slechts voor zover het voor het hier behandelde onderwerp relevant is. In Hoofdstuk 5 wordt de toepassing van retroreflecterende materialen op motorvoertuigen besproken. In Hoofdstuk 6 wordt teruggekomen op de waarnemingsaspecten, en wel meer in het bijzonder op de aspecten die voor de waarneming van retroreflecterende materialen op vrachtauto's van belang zijn. In de Hoofdstukken 7 en 8 worden respectievelijk de signaalaspecten van aanwezigheid en van de classificatie van voertuigen besproken, terwijl in Hoofdstuk 9 de specifieke verkeersveiligheidsaspecten van niet-signaalgebonden reclameboodschappen en van decoratie worden besproken. Hoofdstuk 10 tenslotte bevat de gevolgtrekkingen en de aanbevelingen die uit de gegeven beschouwingen volgen. Een uitgebreide bibliografie is toegevoegd.

2. WAARNEMING IN HET VERKEER

Deelnemen aan het gemotoriseerde wegverkeer brengt risico's met zich mee. Het is bekend dat de risico's bij ongunstige zichtomstandigheden groter zijn dan bij droog helder weer overdag (OECD, 1976, 1980). Uitgedrukt in letselongevallen per afgelegde voertuigkilometer is het risico om als automobilist betrokken te raken in een ongeval bij duisternis tussen anderhalf en viermaal zo hoog als het risico bij dag (Harris, 1979, 1985).

Er is veel onderzoek uitgevoerd omtrent de relatie tussen het zicht en het verkeersrisico; de rol van de visuele waarnemingen is daarbij duidelijk naar voren gekomen. Het is tevens mogelijk gebleken bepaalde objecten aan te wijzen waarvan de waarneming kritisch is in de zin dat het risico om in ongevallen betrokken te raken groot is wanneer deze "visueel kritische elementen" niet - of niet tijdig - worden waargenomen (Padmos, 1984). Het hangt af van de manoeuvre die nodig is om ongevallen te voorkomen ("ontwijkmanoeuvres") welke voorwerpen als visueel kritische elementen dienen te worden aangemerkt (Schreuder, 1988d en e).

Het begrip "voorwerp" vereist enige nadere toelichting. Onder voorwerp wordt hier verstaan ieder object van visuele waarneming. Het kan dus gaan om obstakels voor het verkeer (zoals stenen en dozen, gaten in de weg, maar ook stilstaande auto's en bomen dicht langs de rand van de weg). Maar ook behoren tot de voorwerpen alle andere aan het verkeer deelnemende weggebruikers, ook voetgangers (die juridische niet steeds tot de verkeersdeelnemers worden gerekend!). En tenslotte worden tot de voorwerpen gerekend alle verzamelingen van afzonderlijke elementen die een samenhang (een "Gestalt") vertonen. Daarbij kan men denken aan bomenrijen, of aan rijen wegdekreflectoren; tot deze categorie kan ook de contour van een vrachtauto worden gerekend. De schijnbare afmetingen van een dergelijke contour kunnen een belangrijke aanwijzing geven over de afstand tot de vrachtauto, en over de bewegingsrichten en de snelheid ervan (zie verder par. 3.1).

Bij de waarneming van objecten in het verkeer dient men een onderscheid te maken tussen de zichtbaarheid (het detecteren van de aanwezigheid van het object), de opvallendheid (het kunnen ontwaren van het object bij aanwezigheid van andere - storende - objecten) en de herkenbaarheid (het aan

de juiste klasse van objecten kunnen toerekenen van het object; zie Schreuder, 1985). De eisen te stellen aan (de waarneembaarheid) van het object hangt sterk af van de vraag welke van deze vormen van waarneembaarheid nodig is om de relevante manoeuvre te kunnen uitvoeren. Ook moet bedacht worden dat er meestal geen tijd is om alle aanwezige voorwerpen ook daadwerkelijk waar te nemen; dat is ook meestal niet nodig. Men kan van een waarnemingsprioriteit spreken; het komt erop aan dat voorwerpen die "hoog" staan op de prioriteitenlijst ook inderdaad het eerst (of het best) worden waargenomen (Riemersma et al., 1987; Schreuder, 1985; 1988c). Momenteel wordt op dit gebied een interessant onderzoek uitgevoerd op het Instituut voor Zintuigfysiologie IZF-TNO (Theewes, 1989, 1989a). Zie ook Riemersma (1989) en Koornstra (1989).

Wanneer men denkt aan het doen van waarnemingen vanuit een rijdende auto kunnen alle eisen van waarneembaarheid worden uitgedrukt in de minimale afstand waarop het object moet kunnen worden waargenomen (de zgn. preview-afstand of -tijd; wanneer de rijsnelheid kent, zijn deze twee in elkaar om te rekenen; zie Schreuder, 1985). De minimale previewafstand kan zeer sterk uiteenlopen. Voor routeborden op autosnelwegen is een preview van enige tientallen seconden of soms nog meer noodzakelijk (Schreuder, 1985); voor wegmarkeringen behoeft de previewtijd niet meer dan anderhalf à drie seconden te zijn (Riemersma, 1983; Schreuder, 1985; Freedman et al., 1988). Bij het rijden op een autosnelweg correspondeert dit met een afstand van ca. 50 tot 100 m. Voor andere objecten, waarbij meestal andere manoeuvres nodig zijn, en voor andere wegtypen gelden andere preview-waarden.

Beschouwingen over de waarneming in het verkeer en over de waarneembaarheid van voorwerpen zijn meestal toegespitst op de dagsituatie. De reden is niet dat overdag de hoogste eisen worden gesteld aan de waarneming, noch aan de hulpmiddelen die de waarneming kunnen ondersteunen. De reden is dat de dagsituatie, die goed te definiëren is, gemakkelijk als een "referentietoestand" kan worden beschouwd. Gewoonlijk gaat men nog aanzienlijk verder: men neemt voor de "referentie" meestal de dag bij helder, droog weer (dus geen regen, mist enz.). Ook wat de waarnemer (de verkeersdeelnemer) betreft wordt meestal een "referentie" ingevoerd. Hierbij denkt men aan gezonde, niet vermoeide waarnemers met een goed of tenminste met een adequaat gecorrigeerd gezichtsvermogen, die niet onder de invloed staan van geestelijke of fysieke stress, of van alcohol of drugs. In feite

komt deze "referentiesituatie" die als "normaal" (in de zin van: aan de norm voldoende) helemaal niet vaak voor; het is eerder een uitzondering. Maar omdat deze situatie gemakkelijk is te definiëren, wordt deze "norm-situatie" vaak, zo ook in dit rapport, gebruikt, ook al zijn - zoals reeds in de Inleiding aangeduid - retroreflecterende materialen bepaald niet op een speciale wijze werkzaam bij daglicht.

Ten opzichte van deze "normsituatie" zijn nacht (duisternis) en slecht weer (regen), maar ook de daarmee niet zelden gecombineerde effecten van opspattend water ("splash and spray - spat en sproei") als speciale gevallen te beschouwen.

3. SIGNAALFUNCTIE EN NIET-SIGNAALFUNCTIE

3.1. Definitie van signaalfunctie

De signaalfunctie van lichten en/of retroreflectoren op voertuigen is meestal niet exact gedefinieerd. Gewoonlijk vat men onder dit begrip alle functies samen die te maken hebben met het signaleren van gegevens over het betreffende voertuig naar (andere) weggebruikers toe. Voor de onderhavige studie blijkt deze globale omschrijving echter niet voldoende precies te zijn.

Signaleren wordt vaak tegenover "verlichten" gesteld. In navolging van Schreuder (1976) zullen we onder "signaleren" verstaan:

"Het door middel van een lichtsignaal overbrengen van een of andere boodschap. Vaak is deze boodschap gecodeerd. De mogelijkheid tot decoderen is te beschouwen als een onderdeel van het signaleringssysteem. Zo beschouwd is markeren een onderdeel van signaleren (en wel het signaleren van de aanwezigheid-zonder-meer)". Signaleren in deze betekenis is een meer complex probleem dan verlichten (aanstralen):

1. Er moet gelijktijdig een aantal verschillende variabelen naar anderen worden gesignaleerd.
2. In tegenstelling tot de eigenlijke verlichting is het niet altijd zonder meer duidelijk voor wie de signalen zijn bedoeld. Alleen is het zeker dat ze niet zijn bedoeld voor de bestuurder van het voertuig dat de signalen voert.
3. Bij signaleren zijn niet alleen de lichten aan de voorzijde van het voertuig van belang.
4. De werking van signaallichten aan de voorzijde van voertuigen kan worden verstoord door verblinding ten gevolge van de helderheid van brandende koplampen.

(Uiteraard moeten in het kader van de onderhavige studie onder "licht" en "lichtsignaal" ook retroreflecterende materialen worden verstaan, die immers in een signaleringssysteem - mits ze worden aangestraald! - evenzeer als lichtbronnen fungeren).

Het is niet genoeg om alleen de algemene verkeerssituatie en de positie van de relevante objecten (voertuigen) te weten; het zijn juist de toekomst-

stige positie en eventuele voorgenomen wijzigingen daarin die van doorslaggevend belang zijn. De volgende kenmerken van voertuigen dienen daarom te worden gesignaleerd:

- a. aanwezigheid
- b. positie
- c. snelheid, richting;
- d. veranderingen in snelheid en richting;
- e. toekomstige (voorgenomen) veranderingen in snelheid en richting.

Om deze signalering mogelijk te maken zijn alle voertuigen voorzien van signaleringsmiddelen: lichten en/of retroreflectoren. In Durieux (1988) worden de momenteel in Nederland geldende relevante wettelijke maatregelen in detail besproken. Er zij opgemerkt dat er aanzienlijke verschillen kunnen bestaan tussen de wettelijke voorschriften van verschillende landen; zelfs tussen de Lidstaten van de Europese Gemeenschap. Bovendien is het van belang om te constateren dat, net als bij andere regels, ook de regels wat betreft markering, signalisatie en retroreflectie niet stipt worden opgevolgd. Zo bleek uit een klein onderzoekje dat onlangs is uitgevoerd dat bijna 14% van de vrachtauto's niet de vereiste markering voerde. Voorts was in ruim 41% van de gevallen de markering door vervuiling of beschadiging nauwelijks meer functioneel (zie verder Tabel 1).

	Aantal	Percentage
Reclame aan de achterkant		
aanwezig	80	31,4
afwezig	175	68,8
Totaal	255	100
Verplichte retroreflecterende markering		
afwezig	35	13,7
aanwezig maar onbruikbaar	105	41,2
aanwezig en bruikbaar	115	45,1
Totaal	255	100

Tabel 1. Aanwezigheid, gebruik en toestand van verplichte retroreflecterende markering, en van reclame enz. aan de achterkant van vrachtauto's (RW 16 bij Ridderkerk; 20 maart 1989 tussen 10.00 en 12.00 uur; Droog, bewolkt weer).

Vooral ten behoeve van het voorspellen van de toekomstige veranderingen in snelheid en richting (punt e. hierboven) is het nodig globaal het type van het voertuig dat wordt ontmoet, te herkennen, om daarmee een indruk te kunnen krijgen van de soort van manoeuvres die men van het voertuig mag verwachten. Hier ligt de aansluiting tussen de "traditionele" signalering en de aanduiding van het type (of de klasse) waartoe het betreffende voertuig behoort. Verderop zullen we in detail ingaan op de problemen rondom het indelen van weggebruikers (voertuigen en anderen) in klassen en vooral ook op de problemen die bestaan bij het voor andere weggebruikers waarneembaar (herkenbaar) maken van die klassen. Hier zij volstaan met de opmerking dat de definitie van "signaleren" zodanig is gespecificeerd dat het overbrengen van boodschappen aangaande de klasse of het type van voertuigen niet tot de signalisatie wordt gerekend, maar tot NSR (niet voor signaaldoeleinden bestemde retroreflectie; zie Ebell-Vonk et al., 1986).

We zullen derhalve in deze studie de volgende omschrijvingen gebruiken:

- Onder "signalering" wordt verstaan het door middel van lichtsignalen (lichten of retroreflectoren) overbrengen van informatie over de positie, de richting, de snelheid, de veranderingen daarin en de eventuele voorgenomen veranderingen daarin van voertuigen.
- Onder NSR wordt verstaan;
 - ten eerste: het met retroreflecterende middelen (eventueel aangevuld met of ondersteund door lichten) overbrengen van informatie over de klasse waartoe het betreffende voertuig behoort;
 - ten tweede: het met retroreflecterende middelen overbrengen van andere boodschappen (meestal reclameboodschappen) of realiseren van decoratie.

3.2. De uit de literatuur beschikbare gegevens

In de gepubliceerde literatuur is een grote hoeveelheid materiaal beschikbaar over de eigenschappen van retroreflecterende materialen en over de wijze waarop deze materialen kunnen worden toegepast in het verkeer. Overzichten daarvan zijn gegeven door de CIE (1982, 1987) en door Schreuder (1985). Ook is een groot aantal studies verricht over de doeltreffendheid en de doelmatigheid van retroreflecterende voorzieningen in termen van reductie van ongevallen in het wegverkeer. Een voorbeeld daarvan zijn de studies die door de SWOV zijn uitgevoerd over het nut van retroreflectoren op fietsen - van achter en van opzij. Deze studies en de resultaten ervan

in termen van "bespaarde" ongevallen zijn vastgelegd een in een aantal SWOV-publicaties (Arnoldus, 1985; Arnoldus & Harris, 1981; Blokpoel, 1987; Blokpoel et al., 1982; Noordzij, 1976; Noordzij et al., 1971; Schreuder, 1985a; SWOV, 1973, 1976; Van Minnen, 1982).

Van de studies die de rol van retroreflecterende voorzieningen beschrijven om de waarneembaarheid van voertuigen te verbeteren, noemen we hier een drietal recente Duitse studies (Schmidt-Clausen, 1987; Schmidt-Clausen et al., 1987, en Schmidt-Clausen & Kurth, 1987), vooral omdat daarin oplossingen worden voorgesteld die gemakkelijk kunnen aansluiten bij de overwegingen die bij NSR aan de orde komen. Uit deze studies blijkt vooral dat de aanduiding van de contour de waarneembaarheid van vrachtauto's aanzienlijk kan verbeteren. Tot deze conclusie komen ook Ziedman et al. (1981).

Ook over de invloed van de aandacht, en de verdeling ervan, op het rijgedrag, en daarmee op de verkeersveiligheid, is veel onderzoek gedaan. Van belang is vooral het onderzoek dat door Cole, Jenkins en hun medewerkers in Australië, en door het IZF-TNO in Nederland is uitgevoerd. We komen in Hoofdstuk 6 terug op deze studies, waarbij het vooral gaat om de opvallendheid en de kwantificering (en de meting) ervan.

Er zijn enige studies uitgevoerd waarbij is onderzocht wat de invloed is van reclameboodschappen in de wegberm op de verkeersveiligheid. Daarbij heeft men zich gewoonlijk beperkt tot de eventuele vergroting van het risico ten gevolge van het afleiden van de aandacht. Aan de eventuele compensatie door de verhoging van de waakzaamheid is meestal geen aandacht besteed. Zoals door Johnston & Cole (1976) uit de beschikbare literatuur is geconcludeerd, blijkt de toename van het risico afwezig of tenminste zeer klein te zijn. Uit het door Hughes & Cole (1986) uitgevoerde onderzoek lijkt dit ook wel plausibel te zijn: het onderzoek wees uit dat reclameboodschappen alleen de aandacht opeisen in situaties waar de "belasting" wat de betreft de aandacht gering is - waar dus een aanzienlijke hoeveelheid "reserve-aandacht" beschikbaar is. Bovendien bleek dat onder die omstandigheden in een vergelijkbare mate de aandacht werd gericht op andere voor het verkeer niet relevante voorwerpen in die gevallen waar geen reclameboodschappen langs de weg waren aangebracht. Wel is uit hun laboratoriumonderzoek onder bepaalde condities - zoals verwacht mag worden - een aanzienlijke toename van de reactietijd. Er zijn geen aanwij-

zingen dat dit tot een verhoogd risico leidt. Hetzelfde is ook gevonden door Croft (1977). De interactie tussen relevante en irrelevante informatie is onderzocht door Luoma (1986). Deze studie is gericht op het ontwikkelen van een experimentele methode; de conclusie is dat het effect van reclame langs de weg niet op eenvoudige wijze door een enkele parameter kan worden beschreven. Luoma (op. cit.) komt op basis van een studie van de relevante literatuur tot dezelfde conclusie als Johnston & Cole en Croft: er zijn geen duidelijke aanwijzingen dat reclame in de wegberm een extra risico betekent.

Over de niet-signaalfunctie van retroreflecterende materialen op vrachtauto's is daarentegen zeer weinig bekend. In Nederland is alleen door IWACC een aantal studies op dit terrein uitgevoerd. Een deel van dit werk is openbaar gemaakt (Ebell-Vonk et al., 1985, 1986, Groot et al., 1982, IWACC, 1981, 1982, 1982a, b; Theewis et al., 1985). Een samenvatting van deze studies is gegeven door Ebell-Vonk et al. (1986). Deze publikatie bevat verder een voorstel om, door instelling van een Stichting NSR, het gebruik van retroreflecterende materialen te reguleren zonder wetswijzigingen of andere ingewikkelde of langdurige procedures nodig te maken. Het voorstel is niet afgewezen, maar de instelling van de Stichting (of van een andere organisatie met vergelijkbare doelstellingen) laat nog op zich wachten. De publikatie bevat voorts een voorstel voor een "Handleiding voor de uitmonstering van voertuigen met "niet voor signaaldoeleinden bestemde retroreflectie (NSR)". Deze handleiding bevat een groot aantal voorbeelden. Het is niet duidelijk waarop deze voorbeelden zijn gebaseerd, maar het ontbreken van verwijzingen naar experimenten (hetzij in het veld of in het laboratorium) doet vermoeden dat de voorbeelden grafisch zijn geconstrueerd. Ondanks de beperking van een theoretische constructie en een gebrek aan validering lijken de meeste aanbevelingen en voorbeelden uit deze "handleiding" zeer nuttig.

Uit het buitenland zijn een aantal overzichtsartikelen bekend, die echter geen resultaten van wetenschappelijk onderzoek weergeven; slechts enige opinies zijn gegeven. Deze artikelen hebben dan ook nauwelijks waarde voor het beantwoorden van de hier gestelde vraag en zullen dan ook onbesproken blijven.

Ten behoeve van de vraag of retroreflecterend materiaal - wanneer het voor niet-signaaldoeleinden in het wegverkeer wordt gebruikt - de verkeersveilig-

heid kan beïnvloeden (negatief of positief) dient derhalve vooral van theoretische studies gebruik te worden gemaakt. Echter, ook op theoretisch gebied bestaat nog veel onzekerheid. Daarom zal het onderhavige rapport meer het karakter van een probleemverkenning dan van een statusrapport hebben.

4. FUNCTIONELE EIGENSCHAPPEN VAN RETROREFLECTERENDE MATERIALEN

4.1. Lichtreflectie en contrast

Voorwerpen kunnen alleen worden waargenomen wanneer ze een voldoende groot contrast vormen tegenover de achtergrond waar ze tegen afsteken.

In het wegverkeer blijkt vooral het contrast wat betreft de luminantie (de "helderheid") van belang te zijn; kleur en kleurverschillen spelen meestal slechts een ondergeschikte rol (De Boer (ed.), 1967; Schreuder, 1967). Zo lang er sprake is van licht dat van verscheidene kanten tegelijk op het betreffende voorwerp invalt, hangt de luminantie van dat voorwerp in hoofdzaak - en meestal uitsluitend - af van de verlichtingssterkte op dat voorwerp en de (diffuse) reflectiefactor van het oppervlak. Wanneer de voorwerpen aan elkaar grenzen - zoals bijvoorbeeld letters en cijfers op een verkeersbord - hangt het contrast tussen de letters en de achtergrond uitsluitend af van het verschil in de diffuse reflectiefactoren; de verlichtingssterkte is immers gelijk.

Wanneer het licht in hoofdzaak of uitsluitend uit een enkele richting komt, gaat de ruimtelijke verdeling van de reflectiekenmerken van de oppervlakken een rol spelen. Spiegelende oppervlakken kunnen een geheel andere luminantie krijgen dan diffuus reflecterende oppervlakken bij dezelfde lichtinval. Ook de richting van observatie gaat een rol spelen. Zowel het invallende als van teruggekaatste licht hebben de kenmerken van vectoren; de relatie tussen die vectoren (deze relatie is de karakteristiek van de reflectie van het licht aan het oppervlak) is dus een tensor, die door vier componenten kan worden beschreven.

De wijze waarop licht aan een oppervlak wordt gereflecteerd, kan in drie groepen worden onderverdeeld:

o Diffuse reflectie. Het licht wordt naar alle richtingen in de zelfde mate teruggekaast, ongeacht de richting van lichtinval. Voorbeelden: sneeuw, doffe verf enz.

o Reguliere reflectie. Al het licht wordt in een enkele richting teruggekaast; deze richting vormt een even grote, maar tegengestelde hoek met de normaal op het oppervlak als de invallende lichtstraal (de zgn. Wet van Snellius). Voorbeeld: spiegels; een wateroppervlak enz.

o Retroreflectie. Ook hier wordt het licht in een enkele richting terugteruggekaatst, maar deze richting is die van de lichtbron. Het licht wordt dus naar de lichtbron teruggekaatst. Over deze retroreflecterende materialen gaat deze studie.

Volledigheidshalve zij opgemerkt dat er in de praktijk vele mengvormen van deze drie wijzen van lichtreflectie voorkomen.

4.2. De optiek van retroreflectie

Retroreflectie is een speciale categorie van lichtreflectie, en wel in die zin dat het licht precies wordt teruggekaatst in de richting waar het vandaan kwam: terug dus naar de lichtbron. Dit houdt in dat retroreflectie alleen nuttig is in die gevallen waar de verlichtende lichtbron en de waarnemer samenvallen - of tenminste bijna samenvallen. Dit doet zich in het wegverkeer voor in die gevallen waar de omgeving (uitsluitend of tenminste in hoofdzaak) verlicht wordt door de schijnwerpers die door de vervoermiddelen worden meegevoerd - verlichting door middel van autokoplantaarns dus. Onder alle andere omstandigheden heeft het toepassen van retroreflecterende materialen geen zin; soms zelfs heeft het een zeker nadeel wanneer men bedenkt dat het invallende licht in hoofdzaak wordt teruggekaatst in de richting van de lichtbron; overdag of bij openbare verlichting zijn voorwerpen die retroreflecterend zijn uitgevoerd, soms slechter waarneembaar dan "gewone" voorwerpen die een diffuse reflectie vertonen.

Voor het bereiken van retroreflectie worden in hoofdzaak twee optische principes toegepast.

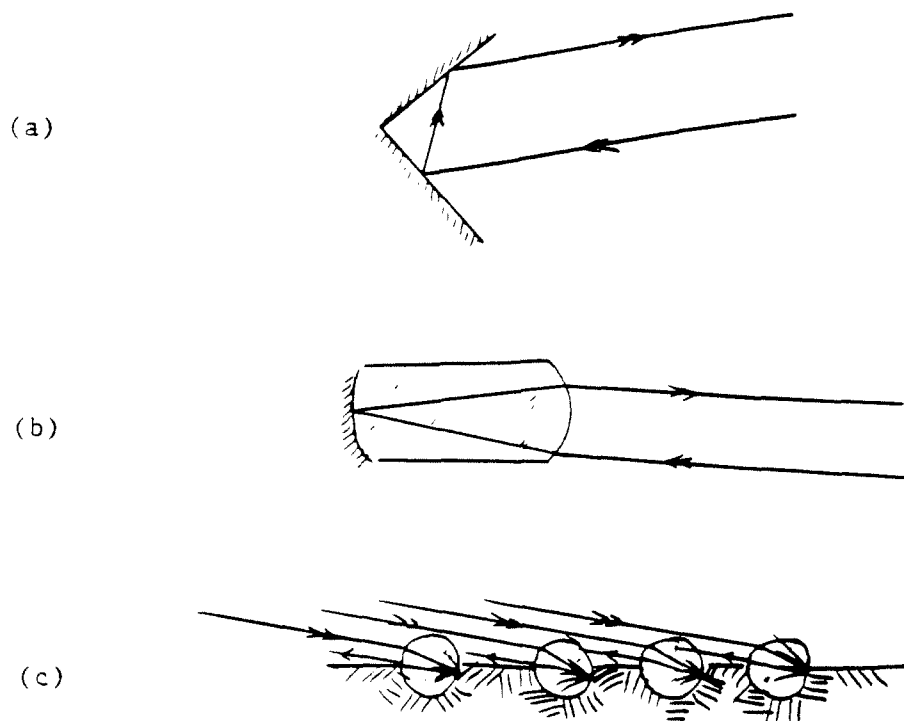
Bij het eerste wordt gebruik gemaakt van het feit dat een lichtstraal na drie opeenvolgende reflecties aan loodrecht op elkaar staande vlakken steeds in de richting wordt teruggekaatst waar het vandaan kwam, ongeacht de positie van deze vlakken. Omdat deze drie vlakken kunnen worden beschreven als de hoek van een kubus, wordt dit optische systeem als "hoekspiegel" of als "corner-cube reflector" aangeduid.

Bij het tweede optische principe wordt gebruik gemaakt van het feit dat bij een concentrisch systeem waarbij de voorzijde als collectorlens en de achterzijde als reflector is uitgerust, de stralengang precies wordt omgekeerd zodat ook hier het licht wordt teruggekaatst in de richting waar

het vandaan kwam. Voorwaarde is dat het brandpunt van het voorste vlak op het achterste (spiegelende) vlak ligt. Aangezien het voorste vlak als lens fungeert, spreekt men van "lensreflectoren"; gezien het feit dat dergelijke reflectoren bij duisternis lijken op de ogen van een kat, spreekt men ook wel van "cat's eyes". In beide gevallen is de hoek die de op de spiegels invallende lichtstraal maakt met de normaal op de spiegel kleiner dan de grenshoek, zodat totale reflectie niet kan optreden. De vlakken moeten van een spiegellaag worden voorzien. Details zijn gegeven in de literatuur (Chandler, 1954, 1954a; Ebell-Vonk et al., 1986a; Moerman, 1977, 1982; Morren, 1980; Neis, 1985; Schreuder, 1986, 1988, 1988a; SCW, 1982).

Soms rekent men een derde optische principe ook tot de retroreflectie: het toepassen van bolvormige lenzen in een witte, diffuus reflecterende matrix, en wel in de vorm van glasparels in verf of in plastic. Het invallende licht wordt aan de achterzijde op deze matrix geconcentreerd; deze "brandvlek" fungeert als secundaire lichtbron die een aanzienlijk deel van het invallende licht terug zendt in de richting waar het vandaan kwam. Het effect lijkt dus op retroreflectie; optisch gesproken is het echter een kwestie van diffuse reflectie met collimatie van licht. Overzichten van deze wijze van lichtreflectie en van de praktische toepassingen ervan zijn gegeven door Schreuder (1980, 1986). We zullen aan dit laatste principe, dat op grote schaal wordt toegepast bij (horizontale) wegmarkeringen, verder geen aandacht besteden.

Zowel de hoekspiegels als de lensreflectoren worden toegepast als elementen van enige millimeters groot in glazen of plastic eenheden, en ook - als elementen van ten hoogste enige tienden van mm - in foliematerialen. De glazen of plastic eenheden zijn meestal enige cm tot ten hoogste tien à twintig cm groot; ze worden gewoonlijk met bouten op de te markeren voorwerpen aangebracht. De uitvoeringsvorm en het retroreflecterend vermogen hangt vooral af van de zuiverheid van het te gebruiken materiaal en van de nauwkeurigheid van de fabricage (meestal spuitgietwerk). De foliematerialen zijn meestal enige tienden mm dik en vaak van zelfklevende lagen voorzien. In Afbeelding 1 is het optische principe aangegeven; in Tabel 2 zijn enige voorbeelden gegevens van praktische uitvoeringsvormen en van het reflecterend vermogen dat ermee kan worden bereikt.



Afbeelding 1. Drie principes van retroreflectie: (a) hoekspiegel of corner-cube reflector; (b) lensreflector of cat's eye; (c) glasparels in verf of plastic.

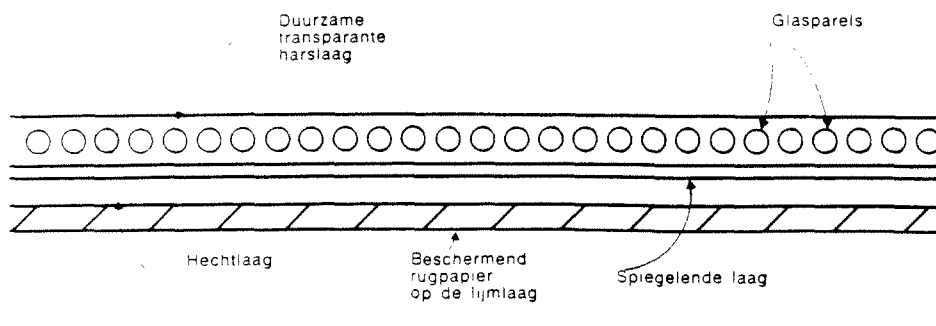
	R'	Invalshoek	Observatietechniek	Bron
<u>Hoekspiegels</u>				
wit	700	5°	20'	A
geel	420	5°	20'	A
oranje	280	5°	20'	A
rood	175	5°	20'	A
groen	105	5°	20'	A
blauw	35	5°	20'	A
<u>Microprismas</u>				
wit	550	5°	20'	A
wit	1100	4°	0,2°	B
<u>Folie Klasse I</u>				
wit	120	4°	0,2°	B
<u>Folie Klasse II</u>				
wit	310	4°	0,2°	B

A: naar CIE (1987); B: naar Erickson & Woltman (1988)

Tabel 2. De retroreflectiecoëfficiënt (R') van een aantal gangbare materialen (in cd/m² per lux).

**Folies met ingesloten
glasparelsysteem**

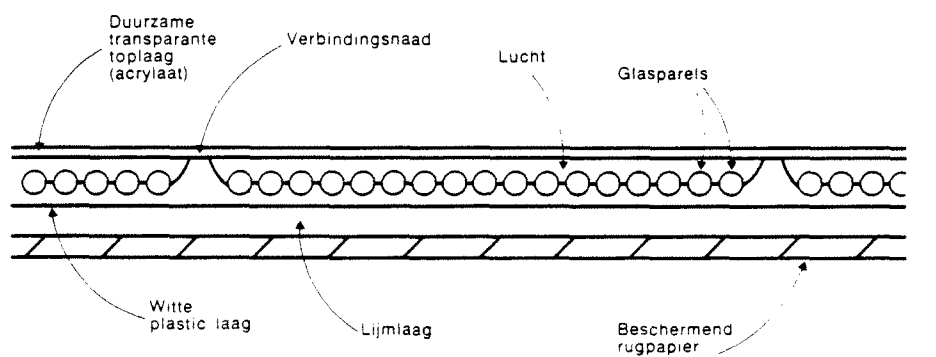
Fig. 15



N.B.
De tekening in doorsnede hierboven
dient als voorbeeld en heeft als enig doel
het functionele principe van deze folie
voor te stellen.

**Folies met ingekapselde
glasparels**

Fig. 16



N.B.
De tekening in doorsnede hierboven
dient als voorbeeld en heeft als enig doel
het functionele principe van deze folie
voor te stellen.

Afbeelding 2. Glasparels met folie Klasse I en II (volgens Anon, 1984).

4.3. Fotometrische en colorimetrische kenmerken van retroreflecterende materialen

Wat betreft het retroreflecterend vermogen worden de materialen in twee klassen onderscheiden (CIE, 1982, 1987). Tot Klasse I behoren de oudere materialen waarbij de glazen kogels (glasparels) in een binder zijn aangebracht, en al dan niet van een vlakke voorlaag zijn voorzien. Bij Klasse II zijn de glazen kogels aan de voorzijde vrij; om beschadiging en vervuiling te voorkomen is een aparte beschermingsfolie aangebracht (zie Afbeelding 2). Deze twee typen worden aangeduid als "sheetings with enclosed glass-spheres" en "sheetings with encapsulated spheres"; bij 3M - een belangrijke leverancier van deze materialen - heten deze "Engineer Grade" en "High Intensity Grade". Recentelijk is een derde type folie-materiaal ter beschikking gekomen: het gaat daarbij om een zeer kleine versie van de hoekspiegels. De 3M-benaming is "Diamond Grade" (zie hiervoor Erickson & Woltman, 1988 en Schreuder, 1988, 1988a). Te verwachten is dat in de toekomst deze en dergelijke materialen in een Klasse III zullen worden ondergebracht. Omdat het hier om een recent materiaal gaat, is de door de CIE gehanteerde type-aanduiding nog niet aangepast.

De lichttechnische kenmerken van de verschillende materialen en uitvoeringsvormen verschillen onderling. In Tabel 2 is het reflecterend vermogen van een aantal materialen in een aantal uitvoeringsvormen gegeven. De gegevens zijn ontleend aan CIE (1987) en aan Erickson & Woltman (1988).

De kleur van retroreflecterende materialen, zoals die door een waarnemer wordt waargenomen, hangt af van de feitelijke kleur van het materiaal (de intrinsieke kleur) en van de kleur van het opvallende licht. In beginsel kunnen retroreflecterende materialen in iedere gewenste (intrinsieke) kleur worden uitgevoerd, voor zover de daartoe vereiste kleurfilters beschikbaar zijn.

De waargenomen kleur, en dus ook de meting van de kleur (de colorimetrie) van retroreflecterende materialen kan problemen opleveren wanneer de kleur van de gebruikte lichtbron niet steeds dezelfde is. Dit is vaak het geval bij verkeersborden waarbij men eist dat het visuele aspect bij dag gelijk is aan dat bij duisternis. Dit moet zo zijn onafhankelijk van het type verlichting dat wordt gebruikt (openbare straatverlichting, extra ver-

lichting voor het bord, en automobielverlichting). Bovendien moet het aspect van de retroreflecterende en van de (diffuus) reflecterende materialen onder al deze verlichtingsomstandigheden hetzelfde zijn. De enige uitzondering die wordt getolereerd is het aspect bij straatverlichting die met de monochromatische lage-druk natriumlampen is uitgevoerd; dan wordt een aparte verlichting van het bord toegepast (extern of intern). Dit punt levert in Frankrijk nog extra problemen op omdat daar de autokoplampen geel licht uitstralen. De CIE heeft veel aandacht aan deze materie besteed (zie CIE, 1982).

Bij de uitrusting van voertuigen met gekleurde tekens of signalen moet men terdege met deze effecten rekening houden; eens te meer als van retroreflecterende materialen gebruik wordt gemaakt voor reclameboodschappen - NSR! Men verlangt dat de kleuren van bijvoorbeeld handelsmerken of logo's overdag alsook 's nachts dezelfde indruk maken, dat deze indruk dezelfde is voor verschillende soorten verlichting, maar ook dat, zoals gezegd, de retroreflecterende uitvoering in al deze gevallen dezelfde kleurindruk te weeg brengt als de niet-retroreflecterende uitvoering. In dit opzicht heeft een retroreflecterend materiaal zekere voordelen boven een diffuus reflecterend materiaal, omdat in het eerste geval de indruk bij duisternis voor een groot deel wordt bepaald door de kleur van de koplantaarns van de auto's. En deze zijn in Nederland voor het allergrootste deel wit van kleur. Een aantal jaren geleden is een uitgebreid onderzoek op dit gebied uitgevoerd (Schreuder, 1975). Toen bleek dat ongeveer 5% van de auto's in Nederland met gele koplantaarns was uitgerust. Een niet gepubliceerde telling in 1988 heeft uitgewezen dat de fractie gele lampen sindsdien nog aanzienlijk is afgenomen; momenteel ligt het aandeel onder de 1,5% (Schreuder, 1988e).

4.4. Invloed van omgevingsfactoren

De fotometrische en colorimetrische eigenschappen van retroreflecterende materialen kan in sterke mate worden beïnvloed door omgevingsfactoren. Deze factoren kunnen in drie groepen worden ingedeeld: onomkeerbare veranderingen (veroudering), omkeerbare veranderingen (invloed van regen, dauw en vuil) en vandalisme (beschadigingen, bekladden met verf). Het zou te ver voeren om deze factoren in dit rapport in detail te bespreken; details zijn te vinden in de literatuur (CIE, 1983a, 1987, 1988; Dutruit,

1976; Schreuder, 1985). We zullen hier volstaan met een paar opmerkingen. Allereerst de levensduur (de houdbaarheid) van de materialen. De recente uitvoeringsvormen hebben steeds een zeer aanzienlijke gebruikslevensduur. Glas heeft uiteraard - behoudens de breekbaarheid - een langere levensduur dan plastic; het zwakke punt bij retroreflecterende materialen is meestal gelegen in de spiegellagen die in of op de materialen zijn aangebracht. Keuringseisen aangaande de levensduur en de houdbaarheid zijn in vrijwel alle landen en voor vrijwel alle toepassingsgebieden van kracht (zie bijvoorbeeld CIE, 1987). Voor NSR gelden echter geen keuringseisen, omdat het niet over verplicht aan te brengen materialen gaat. Het ware te overwegen om, wanneer NSR wordt toegelaten, eisen te formuleren die ongeveer gelijk zijn aan die voor analoge toepassingsgebieden.

Wat betreft foliemateriaal kan worden opgemerkt dat vooral de materialen van Klasse II in de praktijk een hoge levensduur hebben; de voor NSR in aanmerking komende materialen van Klasse I hebben meestal een lagere levensduur (Alferdinck, 1989; Hutchinson & Pullen, 1978; Schreuder, 1985). Algemene getallen zijn moeilijk op te geven: het CIE-rapport dat de meest complete referentie over het gebruik van retroreflecterende materialen bevat, volstaat met de opmerking "As an approximate guide good quality retroreflectors and retroreflecting signs, when not damaged by a strong impact or vandalism, have a useful life of 5 to 10 years" (CIE, 1987, blz. 26). De praktijk leert dat, vooral bij aanbrengen op auto's, de reflecterende eigenschappen van de materialen van Klasse I binnen een paar jaar zover achteruit gaan dat de werking niet meer als voldoende kan worden aangeduid. Veelal is de bruikbare levensduur van het retroreflecterende materiaal daarmee korter dan die van de vrachtauto's waar het materiaal op wordt aangebracht. Voor trekkers rekent men vaak met een levensduur van 8 à 10 jaar, voor opleggers en aanhangwagens - de voertuigen die het meest voor het aanbrengen van retroreflecterend materiaal in aanmerking lijken te komen - neemt men vaak een levensduur van 9 à 12 jaar. Precieze gegevens zijn niet bekend. Dit zou betekenen dat het retroreflecterende materiaal gedurende de gebruiksduur van de vrachtauto wellicht enige malen zou moeten worden vervangen. Deze levensduuraspecten staan uiteraard los van de uit het CIE hierboven geciteerde effecten van beschadigingen en van vandalisme, maar ook van de hierna nog kort aan te stippen invloed van vervuiling, regen en dauw.

Weer en klimaat hebben een zekere, soms grote invloed op de werking van

retroreflecterende materialen. Regen nog het minste; de waterlaag die zich tijdens of na regen op retroreflectoren vormt, heeft weinig invloed op de optische stralengang, en daarmee weinig invloed op de werking (het retroreflecterend vermogen). Daar staat tegenover dat de waarneembaarheid van het voorwerp met de retroreflectoren in relatieve zin vaak wat beter wordt, omdat de waarneembaarheid van voorwerpen zonder reflectoren tijdens regen wel sterk kan teruglopen, en omdat de regen soms wat van het aanwezige stof en vuil kan wegspoelen. Mist heeft op zichzelf geen invloed op het retroreflecterend vermogen maar wel op de werking van retroreflectoren, omdat, in tegenstelling tot zelf-lichtgevende voorwerpen, het licht tweemaal door de mist moet dringen - eenmaal heen, en eenmaal terug (zie ook CIE, 1987). Retroreflecterende signalen zijn in mist niet minder effectief dan diffuus reflecterende signalen, maar wel minder dan zelf-lichtgevende signalen.

Stof en vuil heeft een veel grotere invloed op de werking van reflectoren. Behalve een mogelijke vervanging van het materiaal zal het regelmatig moeten worden gereinigd. Wanneer men de vrachtauto's op de weg bekijkt, is het duidelijk te zien dat daar vaak veel aan ontbreekt! Het reeds genoemde kleine onderzoekje waarvan de resultaten in Tabel 1 zijn weergegeven, gaf aan dat slechts bij ongeveer 45% van de vrachtauto's de wettelijk voorgeschreven retroreflecterende strepen of balken (Durieux, 1988, blz. 60 en 105) aanwezig waren en bovendien voldoende schoon waren om ook naar behoren te kunnen functioneren. Zelfs overdag waren de voorgeschreven achtermarkering vrijwel onzichtbaar geworden door vervuiling. Systematische onderzoeken zijn echter niet bekend.

Ook dauw kan een sterke invloed hebben op de werking van retroreflecterende materialen (Hutchinson & Pullen, 1978). Zelfs bij wegmarkeringen en bij wegdekreflectoren blijkt dauw in aanzienlijke mate de werking te kunnen verstoren (Blaauw & Padmos, 1982, 1982a; Schreuder, 1986).

4.5. Autokoplampen

Retroreflecterende materialen zijn alleen functioneel wanneer ze door een sterke lichtbron die zich vlak bij de waarnemer bevindt, worden beschenen. In de praktijk van het wegverkeer betekent dit de koplantaarns van motorvoertuigen - vooral auto's - en dan speciaal bij gebruik van de dimbundel

daarvan. Het lijkt gewenst om in dit verband enige opmerkingen te maken over deze dimbundels. Het dimlicht van een motorvoertuig is door een aantal mechanische hulpmiddelen (schermpjes) en optische hulpmiddelen (prisma's) zodanig ingericht dat er zo weinig mogelijk licht - dat immers tegenliggers zou kunnen verblinden - boven de horizon wordt uitgestraald, en zoveel mogelijk licht - dat immers eventuele obstakels moet verlichten - onder de horizon. Er moet dus een meer of minder scherpe overgang van donker naar licht (de zgn. coupure) in de bundel aanwezig zijn, die ongeveer ter hoogte van de horizon moet liggen. Bovendien wordt extra licht naar de rechter weghelft gericht: de zgn. asymmetrische dimbundel. Veel van de retroreflecterende materialen zijn op een zodanige plaats aangebracht dat ze verlicht worden door licht boven de coupure (tamelijk zwak dus), terwijl in andere gevallen ze worden verlicht door licht onder de coupure (tamelijk sterk dus). Bij het opstellen van eisen omtrent het retroreflecterend vermogen van retroreflecterende materialen moet met deze omstandigheden rekening worden gehouden (zie voor verdere details bijvoorbeeld CIE, 1987; Schreuder, 1966, 1976, 1976a, 1978; Schreuder & Lindeijer, 1987).

Een van de grote problemen bij het ontwerp, de constructie, de fabricage en het gebruik van autokoplantaarns is gelegen in het feit dat de coupure zeer dicht onder de horizon moet liggen (volgens de internationale voorschriften 10 cm op 10 m; een hoek van nauwelijks meer dan 1/2 graad (zie Schreuder, 1976). In de praktijk zijn dan ook zeer aanzienlijke afwijkingen van de "ideale" toestand te vinden. Vervuiling, beschadiging en regen op de voorlens van de lantaarn, fouten bij de afstelling ervan op de auto, invloeden van wegoneffenheden, bochten, verkantingen en hellingen, en vooral van de belading van de auto kunnen zeer grote invloed hebben op de lichtuitstraling. Vrijwel steeds neemt de verblinding sterk toe (Yerrell, 1971; Schreuder, 1976; Schreuder & Lindeijer, 1987; Alferdinck, 1988). Maar de "verlichting" is vaak minder dan vereist (Alferdinck, 1988). Het eerste zou betekenen dat de helderheid van retroreflectoren kan toenemen, maar de waarneembaarheid kan door de eveneens toegenomen verblinding weer minder worden. Het tweede leidt tot een vermindering van de waarneembaarheid van de retroreflectoren.

Er kan nog melding worden gemaakt van nieuwe ontwikkelingen waarbij in theorie de lichtuitstraling boven de coupure zeer gering zou kunnen worden, waardoor het nut van retroreflecterende materialen zou kunnen afnemen. Deze ontwikkelingen betreffen de ellipsoïde reflectoren, de toepassing van plastic in de voorruit van de lantaarn, en tot zekere hoogte te toepassing van gasontladingslampen. Zoals door Schreuder & Lindeijer (1987) is aangetoond zal het wat de afname van de effectiviteit van retroreflectoren wel meevallen: veeleer moet worden gevreesd dat door deze nieuwe ontwikkelingen - wanneer ze ooit op grote schaal zouden worden toegepast, iets waarvoor voorlopig nog niet behoeft te worden gevreesd - eerder de verblinding zou toenemen in plaats van dat het nut van retroreflectoren zou afnemen.

5. TOEPASSING VAN RETROREFLECTERENDE MATERIALEN

5.1. Toepassing op vervoermiddelen

Zoals gezegd, worden retroreflecterende materialen in het wegverkeer op grote schaal en voor zeer uiteenlopende doelen toegepast. In dit hoofdstuk zullen we een overzicht geven van deze toepassingsgebieden, en daarbij aangeven aan welke (functionele) vereisten de materialen dienen te voldoen om optimaal te kunnen functioneren. Nadruk zal daarbij komen te liggen op twee factoren: de fotometrie (het reflectievermogen) en het gemak van aanbrengen. Op de levensduur (de houdbaarheid) zullen we alleen in een enkel geval de aandacht vestigen.

We zullen ons daarbij beperken tot het gebruik op auto's. Het gebruik op andere vervoermiddelen en voetgangers, en gebruik op of bij de weg is elders in detail besproken (Schreuder, 1985, 1988). Opgemerkt dient te worden dat voor de toepassing op voertuigen over het algemeen de verkeersdeelnemers verantwoordelijk zijn, en voor de toepassing op of bij de weg de wegbeheerders.

Het oogmerk van het aanbrengen van retroreflecterende materialen op voertuigen is in hoofdzaak het verhogen van de waarneembaarheid van het vervoermiddel. Uit hetgeen in Hoofdstuk 2 over de waarneming in het verkeer is gezegd, zal duidelijk zijn dat er vooral twee aspecten aan de orde komen. Het eerste is het verhogen van de opvallendheid, dit met het doel om naderende automobilisten - die middels hun koplantaarns de reflectoren beschijnen - betere gelegenheid te bieden om het vervoermiddel te ontwijken. Het tweede aspect is het verhogen van de herkenbaarheid van de situatie, meer in het bijzonder van het vervoermiddel waaraan de retroreflecterende voorzieningen zijn bevestigd. Het gaat er daarbij om het waargenomen vervoermiddel bij de juiste klasse van vervoermiddelen te kunnen indelen, maar ook om de gehele verkeerssituatie te kunnen overzien om daarmee tot betere waarnemingsprioriteiten te kunnen komen. We zullen deze twee toepassingsgebieden achtereenvolgens bespreken.

5.2. Verhoging van de opvallendheid

Bij de opvallendheid is het is dus steeds de naderende automobilist (de motorrijder daaronder begrepen) die de informatie moet ontvangen en ervan gebruik moet maken. Wanneer het gaat om de opvallendheid, kunnen de licht-technische vereisten op eenvoudige wijze worden uitgedrukt in de (totale) lichtsterkte en de kleur; de totale lichtsterkte hangt weer af van de grootte en het retroreflecterend vermogen van de reflector, en van de afstand tussen reflector en lamp. De afstand op haar beurt hangt weer af van de rijnsnelheid en van de afstand (de tijd; de preview) die nodig is voor het uitvoeren van de ontwijkm manoeuvre, zoals in Hoofdstuk 2 is toegelicht.

Op verscheidene plaatsen is onderzoek naar deze materie uitgevoerd. Voor het opstellen van eisen voor retroreflectoren is men vaak uitgegaan van een waarnemingsafstand van 210 meter (SWOV, 1969). Uit de literatuur en uit eigen onderzoek is de vereiste lichtsterkte van de retroreflector afgeleid. Voor de situaties die volgens de ongevalgegevens het meest kritisch zijn (dimlicht; smalle wegen; middelmatig hoge snelheden) zijn daaruit de eisen voor het totale retroreflecterende vermogen van de retroreflector afgeleid. De resultaten zijn niet voor ieder toepassingsgebied dezelfde; de reden daarvoor moet meer in het tijdverloop tussen het opstellen van de richtlijnen voor verschillende toepassingsgebieden worden gezocht dan in een fundamenteel verschil in eisen aan de waarneembaarheid te stellen (zie Schreuder, 1988d en e). Voor gevarendriehoeken is gesteld dat de retroreflectiecoëfficiënt tenminste 90 cd/m^2 per lux moet zijn (Lazet et al., 1967; SWOV, 1969a). In Duitsland geldt overigens een minimum van 125 cd/m^2 per lux (Schreuder, 1988). Voor fietsen is gesteld dat de lichtsterktecoëfficiënt ten minste $2,25 \text{ cd/lux}$ moet zijn; voor afmetingen die op een fiets realiseerbaar zijn, leidt dit tot een minimale eis voor de retroreflectiecoëfficiënt van het materiaal van 55 cd/m^2 per lux (zie SWOV, 1973 en Noordzij, 1976). De eisen bleken dicht te liggen bij de eisen die op minder diepgaande wijze waren geformuleerd voor kentekenplaten. Daar was gevonden dat de retroreflectiecoëfficiënt tenminste 35 cd/m^2 per lux moet bedragen (SWOV, 1969, blz 56).

Voor andere toepassingsgebieden zijn eisen opgesteld analoog aan de eisen voor achterreflectoren van fietsen. Het lijkt dan ook gerechtvaardigd om

de hier genoemde eisen ook als een minimum te beschouwen voor het retro-reflecterend vermogen voor andere toepassingen op vervoermiddelen. Dit stemt overeen met hetgeen men in de praktijk kan vinden: het zijn steeds (ongeveer) dezelfde materialen die men aantreft als achterreflectoren op fietsen en auto's, als gevarendriehoeken, als waarschuwingstekens op langzaam verkeer, als pedaalreflectoren voor fietsen, en als waarschuwingmiddelen voor voetgangers. Het kan daarbij gaan zowel om hoekspiegels of om foliematerialen. Zoals is aangegeven door Schreuder (1988) is er behoefte aan standaardisering van deze eisen. Opgemerkt dient te worden dat vrijwel alle retroreflectoren die op voertuigen worden gebruikt rood zijn, met uitzondering van pedaalreflectoren voor fietsen. De kleur en de toegelaten kleurgebieden zijn vastgelegd in wettelijke maatregelen.

Uit de gegevens van Tabel 2 blijkt dat met hoekspiegels en lenzen, en met foliemateriaal Type II en ook met het nieuwe prismafoliemateriaal aan de genoemde eisen kan worden voldaan. Van belang is het voorts om op te merken dat, aangezien het hier in de eerste plaats om het verhogen van de opvallendheid van vervoermiddelen gaat, er nauwelijks sprake kan zijn van een te sterke reflectie. Het lijkt dus niet nodig eisen te stellen aan het maximum van het retroreflecterend vermogen. Deze laatste opmerking geeft een belangrijk verschil aan tussen de eisen die worden gesteld om de opvallendheid te verhogen, en de meeste andere toepassingsgebieden.

5.3. Verbetering van de herkenbaarheid

Dit leidt ons tot het andere toepassingsgebied van retroreflecterende materialen op vervoermiddelen dat hierboven reeds is aangeduid: middelen om de herkenbaarheid te verhogen, maar niet zozeer de opvallendheid. De belangrijkste daarvan zijn: de (retroreflecterende) kentekenplaten op auto's en de zijreflectie op fietsen. Alleen de eerste zullen hier kort worden besproken, omdat er een vergaande analogie bestaat tussen kentekenplaten en NSR; voor de tweede zij verwezen naar de literatuur (Blokpoel et al., 1982; Schreuder, 1985, 1985a, 1988).

Voor retroreflecterende kentekenplaten op auto's zijn lichttechnische eisen opgesteld die enerzijds een voldoende opvallendheid van de plaat waarborgen, en anderzijds overstraling voorkomen. Dit laatste speelt vooral een rol in die gevallen waarbij de kentekenplaat voor redenen van

registratie of controle worden gefotografeerd. Zoals reeds in par. 5.2. is aangegeven, wordt vereist dat de retroreflectiecoëfficiënt tenminste 35 cd/m^2 per lux moet bedragen. Uit Tabel 2 blijkt dat het materiaal van Type I aan deze eisen kan voldoen. Overigens is wel betoogd dat de herkenbaarheid van auto's en meer speciaal de mogelijkheid om vervoermiddelen van verschillende categorieën te kunnen onderscheiden, niet perse met behulp van kentekenplaten behoeft te gebeuren: wanneer men andere retroreflecterende middelen daarvoor zou gebruiken, kan men de eis om de platen te kunnen fotograferen, los koppelen van de eisen betreffende de waarneembaarheid (Griep, 1971; SWOV, 1969). Deze discussie is recentelijk weer hervat, mede door de verlangens die van verschillende zijden zijn geuit om de kentekenplaat aan de voorzijde weg te laten of tenminste veel kleiner te maken (zie ook Zwahlen, 1988). In 1988 is binnen de Europese Gemeenschap een begin gemaakt met de Europese harmonisatie van kentekenplaten. Deze zaak is nog in behandeling.

De door Schreuder (1988) gesignaleerde wens naar standaardisatie moge blijken uit de hierna opgegeven waarden die vereist zijn voor de retroreflectiecoëfficiënt voor verschillende toepassingsgebieden:

* achterreflector fiets ($A = 225 \text{ cm}^2$)	$R' = 44 \text{ cd/m per lux};$
* zijreflectie fiets ($D = 42 \text{ cm}$)	$R' = 102 \text{ cd/m}^2 \text{ per lux};$
* achterlicht fiets ($A = 10 \text{ cm}^2$)	$R' = 15 \text{ cd/m}^2 \text{ per lux};$
* pedaalreflectoren fiets ($A = 10 \text{ cm}^2$)	$R' = 15 \text{ cd/m}^2 \text{ per lux};$
* achterreflectoren motorvoertuigen	$R' = 122 \text{ cd/m}^2 \text{ per lux};$
* kentekenplaten motorvoertuigen	$R' = 35 \text{ cd/m}^2 \text{ per lux}.$

6. WAARNEMINGSASPECTEN

Retroreflecterende materialen zijn bedoeld om de waarneming in het verkeer te bevorderen. De aspecten die bij de waarneming aan de orde komen zijn in detail in andere rapporten besproken (Schreuder, 1985b, 1986). We volstaan hier met een korte samenvatting van wat in die rapporten in detail is beschreven. Uiteraard zij ook verwezen naar de Hoofdstukken 2 en 3 van het onderhavige rapport.

De waarnemingsaspecten die hier worden besproken, zijn evenzeer voor de dagsituatie als voor de nachtsituatie van belang. Er is echter wel een aanzienlijk verschil te constateren tussen de functionele vereisten, en tussen de fotometrische en colorimetrische eisen wat betreft de waarneming bij daglicht of bij duisternis. We zullen eerst de waarnemingsaspecten in zijn algemeenheid bespreken, en aan het eind van dit hoofdstuk terug komen op de specifieke nachtaspecten.

Het aan het verkeer deelnemen, meer in het bijzonder als bestuurder van een motorvoertuig, kan worden beschreven als het uitvoeren van een aantal opeenvolgende manoeuvres. De keuze van de manoeuvre is het resultaat van een beslissingsproces. De beslissingen omtrent die processen worden voor een belangrijk gedeelte genomen op basis van informatie die ter plekke uit de omgeving wordt afgeleid. Deze informatie is voor het allergrootste deel van visuele aard. Naast deze "on line, real time" verzamelde visuele informatie is ook andere informatie van groot belang om tot een juiste beslissing te kunnen komen. Het belangrijkste is daarbij de informatie die op basis van ervaring, opleiding en training is verzameld en die in het "geheugen" is opgeslagen.

De beslissingen kunnen in een hiërarchisch systeem worden ondergebracht. "Bovenaan" staan beslissingen die te maken hebben met de keuze van het reisdoel en het reismotief, van het vervoermiddel en van de route. Deze beslissingen doen hier niet ter zake omdat ze worden genomen voor het begin van de verplaatsing. "Onderaan" staat de bediening van het vervoermiddel; ook dat is hier niet van belang omdat hierbij geen visuele informatie uit de omgeving gebruikt wordt. Tussen die twee ligt de eigenlijke verkeersdeelname, het zgn. manoeuvreniveau. Dit manoeuvreniveau wordt vaak in deelniveaus onderverdeeld:

- o samengestelde manoeuvres (zoals bijvoorbeeld het passeren van een voorrangskruising; het inhalen van een voorligger op een tweestrooksweg met tegenliggers enz.);
- o de "daaronder" liggende enkelvoudige manoeuvres (zoals bijvoorbeeld stoppen, snelheid aanpassen, uitwijken, enz.);
- o de "daaronder" liggende manoeevredelen (zoals het handhaven van de dwarspositie binnen de rijstrook, het handhaven van de gekozen snelheid en/of afstand tot een voorligger, enz.).

Opgemerkt zij dat de termen "hoger", "lager" enz. alleen betrekking hebben op de plaats in de hiërarchie (zie ook Schreuder, 1974).

Het correct uitvoeren van deze manoeuvres wordt het vervullen van de verkeerstaak genoemd. Wanneer de waarnemingsaspecten van deze verkeerstaak worden bestudeerd, blijkt het vaak handig te zijn om deze taak in twee hoofdaspecten te onderscheiden:

- het binnen redelijke tijd aankomen aan het eindpunt van de verplaatsing;
- het heelhuids - zonder ongevallen - aan het eindpunt aankomen.

Dit is een schematische indeling die uitsluitend op praktische gronden wordt gemaakt en het integrale, maar ook het gecompliceerde karakter van deze taak weinig tot haar recht doet komen. Ofschoon het gaat om onderdelen van dezelfde taak, en ofschoon het eigenlijk ook om dezelfde manoeuvres gaat, is deze onderverdeling in twee taakaspecten nuttig, omdat in het eerste geval meestal voldoende informatie en voldoende tijd beschikbaar is om de optimale manoeuvre te kiezen. In het tweede geval, waarbij het gaat om het ontwijken van plotseling opdoemende obstakels, schieten vaak zowel de informatie als de beslistijd tekort, zodat alleen simpele (ontwijk)manoeuvres uitgevoerd kunnen worden. In termen die vaak bij de omschrijving van de verkeerstaak worden gebruikt, zou met in het eerste geval kunnen spreken van een "self-paced" taak, in het tweede van een "forced-paced" taak (Brown, 1982). Ook kan men dit onderscheid uitdrukken in de vaak gebruikte cybernetische terminologie, en spreken van een open-loop resp. een close-loop systeem (Blaauw, 1984; Godthelp, 1984).

Het ontwijken van gevaar dat lang van te voren te ontwaren is, wordt tot het eerste en niet tot het tweede taakaspect gerekend (Schreuder, 1988d en e). Het hier ingevoerde onderscheid blijkt van aanzienlijk belang te

zijn bij het op hun merites beoordelen van hulpmiddelen die bedoeld zijn om de informatie-overdacht te optimaliseren, alsmede voor het beoordelen van het eventuele bezwaar dat tegen (retroreflecterende) reclameboodschappen op vrachtauto's kan worden ingebracht.

Bij het waarnemen gaat het om objecten in de algemene zin van het woord. De term "waarneembaarheid" is de verzamelterm voor de kenmerken van object en de omgeving die de waarneming beschrijven. Het - in drempelsituaties - waarnemen van objecten wordt aangeduid met de zichtbaarheid of de detecteerbaarheid. Van meer belang voor het verkeer is de opvallendheid; daarmee wordt bedoeld de mate waarin een object waarneembaar is in het geval er meer objecten aanwezig zijn en er een "taak" dient te worden uitgevoerd. Voor ons onderwerp is van nog groter belang de zgn. "herkenbaarheid"; hiermee wordt bedoeld de mate waarin een waarnemer het object niet alleen kan waarnemen, maar ook op de juiste wijze klasseren als behorende tot een bepaalde klasse van objecten. Uiteraard speelt juist bij het herkennen het "geheugen" een belangrijke rol. De omvang en de diepgang van het wetenschappelijk onderzoek is niet in overeenstemming met het belang van deze begrippen.

De zichtbaarheid is zeer uitgebreid onderzocht. We noemen hier alleen het onderzoek van Blackwell (1946) en de in belangrijke mate daarop gebaseerde rapporten van de CIE (1972, 1979). Over de opvallendheid is veel minder onderzoek uitgevoerd. De problematiek van de opvallendheid van (licht)-signalen in het verkeer, gezien tegen een "complexe achtergrond", is het onderwerp geweest van Australisch onderzoek (Cole & Brown, 1968; Cole & Jenkins, 1979; Jenkins, 1979, 1982; Jenkins & Cole, 1984; Jenkins & Lay, 1983). Dit onderzoek was toegespitst op de waarneembaarheid van verkeerslichten. Omdat het vooral exploratief, kwalitatief en theoretisch van aard was, heeft het weinig opgeleverd dat voor de praktijk van belang is. Samenvattingen van de met opvallendheid in het verkeer samenhangende aspecten zijn te vinden bij Schreuder (1966, 1967, 1970, 1975, 1976, 1981) en in Schreuder & Lindeijer (1987), zie ook Anon (1971).

Recentelijk is echter de belangstelling voor de problemen die met de opvallendheid samenhangen, toegenomen, waarbij aansluiting is gezocht bij de visuele aspecten van het herkennen. Aanleiding voor deze belangstelling zijn onder meer het probleem van de eventuele voorrang van rechts voor langzaam verkeer, en het probleem van de invoering van motorvoertuigver-

lichting overdag. Het eerste probleem is in detail beschreven in IWACC (1984, 1986; zie ook Welleman, 1985 en Tenkink, 1985); het tweede in Polak (1987) en Schreuder (1988c). Het recente onderzoek wordt uitgevoerd door het Instituut voor Zintuigfysiologie te Soesterberg; een deel van de resultaten is reeds gepubliceerd (Godthelp & Tenkink, 1987; Padmos, 1988; Riemersma, 1988, 1988a; Riemersma et al., 1987; Wertheim, 1986; Wertheim & Tenkink, 1987; Theewes, 1989, 1989a).

Voor de toekomst mag van dit onderzoek een aanzienlijke bijdrage voor het onderhavige onderwerp worden verwacht; momenteel gaat het vooral om een theoretisch kader. Een deel van dit kader is (impliciet) in de onderhavige studie gebruikt (zie ook Schreuder, 1988d). Dit theoretische kader betreft in hoofdzaak de zgn. visuele selectie. Hierbij wordt de volgende gedachte ontvouwd. Ten behoeve van het op de juiste wijze komen tot een beslissing omtrent de uit te voeren manoeuvre dient, zoals hierboven reeds is aangegeven, visuele informatie uit de omgeving worden vergaard. Daarbij is het niet alleen van belang dat de juiste objecten worden waargenomen; ook is van belang dat het gehele beeld (het gehele tafereel) op de juiste wijze wordt gezien, en dat de verschillende objecten binnen dit tafereel in de juiste volgorde worden waargenomen. Vooral dit laatste punt is van essentieel belang voor de verkeersveiligheid, want het aanbod van waar te nemen objecten is veel groter dan de mogelijkheid tot kritische waarneming. Er moet dus een juiste volgorde van belangrijkheid worden aangehouden. Men duidt dit wel aan als de optimale waarnemingsprioriteit. De volgorde in deze prioriteit wordt bepaald door de invloed die een eventuele juiste of onjuiste waarneming heeft op het correct kunnen uitvoeren van verkeers-taak. Een juiste herkenning van objecten draagt sterk bij tot het komen tot de juiste waarnemingsprioriteit. Hierbij kunnen retroreflecterende materialen een belangrijke rol spelen.

In al de hierboven genoemde gevallen is er steeds sprake van het overbrengen van informatie. De informatie kan daarbij in drie groepen worden onderverdeeld:

1. Ongestructureerde informatie. Het gaat daarbij om de informatie die door het voorwerp zelf, zonder verdere hulpmiddelen, wordt verschaft: het voorwerp "spreekt voor zich". Te denken valt aan de wijze waarop het wegverloop wordt aangeduid door de rand van het asfalt.

2. Gestructureerde informatie. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de in de voorwerpen aanwezige inherente structuur om de informatie verder te ondersteunen. Te denken valt aan wegmarkeringen, waarbij door het duidelijk zichtbaar maken van de wegrand de informatie over het verloop van de weg wordt ondersteund.

3. Gecodeerde informatie. Hierbij gaat het om het in een gecodeerde vorm overbrengen van "boodschappen". Als voorbeeld gelden de verkeerslichten; de code is "rood : stop"; "groen : doorrijden" enz. De code moet aangeleerd worden, en de weggebruiker moet de code ook kennen. Ook geschreven tekst hoort tot de gecodeerde informatie. Nadere details over de overdracht van informatie zijn te vinden bij Schreuder (1973, 1985b).

Tot zover zijn de waarnemingsaspecten in hun algemeenheid besproken; dat wil zeggen die aspecten die in gelijke mate van belang zijn voor het waarnemen bij daglicht en bij duisternis. Retroreflecterende middelen zijn echter alleen werkzaam bij duisternis, en dan alleen maar voor zover ze worden aangestraald door een intense lichtbron die zich zeer dicht bij de waarnemer bevindt. Dit betekent dat onder dergelijke omstandigheden er een zeer markant verschil kan bestaan tussen voorwerpen (oppervlakken) die van retroreflecterende materialen zijn voorzien, en oppervlakken die (alleen maar) een diffuse reflectie vertonen. De luminantie van de eerste kan gemakkelijk het honderdvoudige bedragen van de luminantie van de tweede. Het is echter van belang dat het algemene aspect (het "tafereel") bij nacht niet al te zeer afwijkt van dat bij dag, omdat immers de mogelijkheden tot herkennen van situaties en voorwerpen voor een deel is gebaseerd op het aanwezige verwachtingspatroon. In dit opzicht kan het aanbrengen van retroreflecterend materiaal op de logo of de reclameboodschap aan de achterkant van een vrachtauto ertoe bijdragen dat het verschil tussen het dag-aspect en het nacht-aspect van de vrachtauto niet te groot wordt. De mogelijkheden tot "herkennen" zijn op die wijze overdag en 's nachts ongeveer gelijk.

Een ander specifiek probleem bij duisternis is de verblinding. Ook overdag kan verblinding optreden (door de laagstaande zon bijvoorbeeld), maar het is meestal geen groot probleem. Anders is het bij duisternis: in het nachtelijk verkeer op de drukke wegen van West-Europa is verblinding vrijwel steeds aanwezig, en niet zelden in een overheersende mate. Op drukke wegen, vooral die zonder straatverlichting - de wegen dus waarbij retro-

reflecterende materialen het meest effectief geacht worden te zijn - wordt de waarneming meestal ernstig geschaad, en soms geheel onmogelijk gemaakt, door verblinding. Meer specifiek: bij sterke verblinding zijn diffuus reflecterende oppervlakken vaak geheel onzichtbaar, terwijl retroreflecterende oppervlakken nog redelijk zichtbaar kunnen zijn - juist door hun relatief hoge luminantie. Het toepassen van retroreflectoren is dus een middel om de waarneembaarheid van voorwerpen te waarborgen, ook bij sterke verblinding.

7. SIGNALERING VAN AANWEZIGHEID EN BEWEGING

Zoals in het voorgaande is aangegeven, is een belangrijke functie van retroreflecterende materialen het bij duisternis verzorgen of tenminste het ondersteunen van de signaalfunctie. Uiteraard wordt de signaalfunctie niet uit-sluitend door retroreflecterende materialen geleverd; lampen (als "actieve" signaleringsbronnen) spelen een zeer belangrijke rol.

Signalerings- en markeringsmiddelen komen voor aan de weg en aan de voer-
voermiddelen (daarbij inbegrepen de fietsers en voetgangers). De eisen te stellen aan retroreflecterende materialen voor de verschillende toepassingsgebieden zijn in de reeds genoemde rapporten in detail beschreven; Schreuder & Lindeijer (1987) voor de toepassingen aan motorvoertuigen, Schreuder (1985) voor de toepassingen aan andere voertuigen, aan voetgangers en aan de weg, Schreuder (1978, 1980, 1985c, 1988b) voor de toepassing in wegmarkeringen, en Schreuder (1985a) voor toepassingen aan fietsen (zie ook Hoofdstuk 2).

In de meeste gevallen gaat het daarbij om het verbeteren van de opvallendheid, soms ook om het verbeteren van de "kale" zichtbaarheid. In een aantal nieuwere studies is de aandacht meer gericht op het bevorderen van de herkenbaarheid. Het belang daarvan is vooral naar voren gekomen in verband met de vraag of in Nederland, net als in de nabuurlanden, op onregelde kruisingen alle verkeer van rechts - inclusief het langzame verkeer - voorrang moet hebben. Zoals in Hoofdstuk 6 is aangegeven heeft onderzoek uitgewezen dat daarbij vaak de herkenbaarheid kritisch is. Deze problemen hebben aanleiding gegeven tot het opzetten van een groter onderzoek over de waarnemingsprioriteiten en de daarmee samenhangende visuele selectie. De eerste resultaten van dit onderzoek die speciaal op het gebruik van verlichting overdag door motorvoertuigen waren toegespitst, zijn intussen ter beschikking gekomen (Riemersma et al., 1987). Uit deze oriënterende studie komt naar voren dat men zich niet te veel zorgen behoeft te maken over de mogelijke verstoring van de juiste waarnemingsprioriteiten door het in het tafereel voorkomen van auto's die licht voeren. Voor het onderhavige onderwerp is dit resultaat van belang: het geeft de suggestie dat de juiste waarnemingsprioriteiten blijkbaar minder gemakkelijk worden verstoord dan sommigen wel meenden.

Bij de signalering van voertuigen gelden bepaalde regels en gewoonten; de meest belangrijke is de keuze van de kleur. Witte signaallichten en witte retroreflecterende materialen worden gewoonlijk niet aan de achterzijde van auto's noch van fietsen aangebracht. Uitzonderingen zijn de achteruitrijlampen en retroreflecterende kentekenplaten. Rood mag niet aan de voorzijde van voertuigen voorkomen. Ofschoon deze regels slechts zelden zijn ondersteund door wettelijke maatregelen lijkt het voor de uniformiteit in het verkeer van belang dat ze gehandhaafd blijven, ook voor retroreflecterende materialen, al-dan-niet met een signaalfunctie.

8. CLASSIFICATIE VAN VOERTUIGEN

8.1. Systemen voor classificatie

Zoals zelfs de meest oppervlakkige beschouwing leert, komen er zeer uiteenlopende typen van weggebruikers voor. Onderscheid bestaat niet alleen in afmetingen en bewegingskarakteristieken (snelheid; wendbaarheid); ook de wettelijke status is zeer verschillend (voetgangers; langzaam verkeer; snelverkeer). Aan de ene kant probeert men het aantal klassen zo klein mogelijk te maken, vooral uit het oogpunt van regelgeving en -handhaving; aan de andere kant probeert men weggebruikers met specifieke kenmerken tot een afzonderlijke groep of klasse bijeen te brengen. De problematiek van de klasse-indeling van weggebruikers is nog verre van opgelost. De SWOV heeft dienaangaande een aantal rapporten gepubliceerd. De meest recente is de studie over de categorie-indeling van tweewielers (Mulder, 1987). Deze studie bevat een uitgebreide literatuurlijst.

Voor zover de categorie-indeling juridische aspecten betreft zoals wegenbelasting, verzekering, het al-dan-niet verplicht dragen van helmen of veiligheidsgordels, of het al-dan-niet vereist zijn van een rijbewijs, is het voldoende dat de wetshandhavers het verschil tussen de klassen kunnen zien. Wanneer echter voor verschillende klassen andere gedragsregels of andere gedragskenmerken gelden, is het essentieel dat ALLE weggebruikers de klasse kunnen zien, herkennen en interpreteren. Het kan daarbij gaan om formele verschillen (voorrang, gebruik van fietspaden, voetpaden of zebra's) of praktische (verschil in afmetingen, acceleratie, draaicirkel, remweg enz.).

8.2. De aanduiding van voertuigklassen

De aanduiding van de klasse waartoe een weggebruiker (voertuig of voetganger) behoort, is in het algemeen overdag geen groot probleem. Het algemene aspect en het uiterlijk zijn meestal voldoende om de klasse te kenmerken. Hierbij is dus sprake van het overbrengen van ongestructureerde informatie (zie Hoofdstuk 7). Dit wordt vaak ondersteund door de waargenomen bewegingskenmerken (die daarmee dus kunnen bijdragen tot de verwachting omtrent de toekomstige bewegingskenmerken). Uiteraard is dit niet steeds het geval; er zijn vele motorfietsen die op bromfietsen lijken, en

nog meer bromfietsen die op motoren lijken. Ook zijn er met bromfietsen gelijkgestelde invalidewagens die veel op personenauto's lijken. Vooral voertuigen die op elkaar lijken, maar die aan verschillende juridische gedragsregels moeten voldoen, kunnen tot vergissingen leiden. Het is niet bekend of dergelijke vergissingen frequent tot ongevallen leiden.

Bij duisternis is het onderscheiden van verschillende categorieën zeer veel moeilijker. Het ligt voor de hand te proberen de algemene aspecten die overdag tot de herkenning van de klasse bijdragen ook bij duisternis zo veel mogelijk te handhaven. Naast de vorm zijn vooral de specifieke bewegingskenmerken van belang. Voor zover deze ook bij duisternis niet "vanzelf" waarneembaar zijn, moeten deze door speciaal daartoe aangebrachte hulpmiddelen worden ondersteund (gestructureerde informatie; zie Hoofdstuk 4). Zo kunnen voetgangers duidelijk worden herkend aan de hand van de kenmerkende stapbewegingen van de voeten en de zwaaibewegingen van de armen (Padmos, 1984a; Schreuder, 1985). Iets dergelijks geldt voor paarden (Anon, 1985a; Schreuder, 1985). Fietsen zijn te herkennen aan de kenmerkende trapbewegingen, maar ook aan de tweewieligheid (Blokpoel et al., 1982; Schreuder, 1985). Voor vrachtauto's komt de omtrek als kenmerk in aanmerking. Uit de in Hoofdstuk 2 genoemde Duitse studies komt naar voren dat het markeren van de omtrek tevens de opvallendheid verhoogt.

Niet steeds is het mogelijk om bij de aanduiding bij duisternis van klassen van weggebruikers gebruik te maken van ongestructureerde of van gestructureerde informatie. Wanneer de weggebruikers (de voertuigen) in hun gedaante veel op elkaar lijken, maar wanneer er aanzienlijke verschillen in gebruikskennmerken bestaan of te verwachten zijn - hierboven zijn een aantal voorbeelden genoemd - moet gecodeerde informatie worden gebruikt (zie Hoofdstuk 4). In sommige gevallen is dit zelfs overdag nodig, zoals bijvoorbeeld het uitrusten van politie- en ambulancevoertuigen met een blauw zwaailicht om ze op opvallende en ondubbelzinnige wijze te kunnen onderscheiden van "gewone" personen- of bestelauto's.

8.3. Waarneembaarheid van voertuigklassen

Uiteraard moeten deze kenmerken zichtbaar gemaakt worden door signaleringsmiddelen. Voor zover het om ongestructureerde informatie gaat, moeten de signaleringsmiddelen vrij groot zijn. Uit technische overwegingen, vooral

wat de afmetingen betreft, maar ook vaak wat betreft het energiegebruik (vooral bij fietsen en voetgangers) komen signaallichten vaak niet in aanmerking, zodat de klasse-aanduiding voor een aanzienlijk deel met behulp van retroreflecterende materialen plaatsvindt. Uiteraard betekent dit dat de bijbehorende kenmerken voor de klasse-indeling alleen voor bestuurders van motorvoertuigen (die immers over voldoende sterke schijnwerpers beschikken) te zien zijn.

In tegenstelling tot het ondersteunen van de ongestructureerde en de gestructureerde informatie, kan het verschaffen van gecodeerde informatie heel goed door lampen (signaallichten) worden uitgevoerd. Dit betekent dat ze ook voor weggebruikers die niet over sterke bundellichten beschikken, (voetgangers en fietsers) waarneembaar zijn. In het verleden is vrij veel onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden om te komen tot een goede aanduiding van de klassen van voertuigen met gebruikmaking van lichten, al dan niet in combinatie met retroreflecterende materialen. Een classificatie van vierwielige motorvoertuigen (personenauto's, bestelauto's en vrachtauto's) is voorgesteld door Roszbach (1972, 1972a, 1974). Voor tweewielers is een systeem voorgesteld door Stoovelaar & Groot (1976, 1977).

De mogelijkheden voor coderingen met behulp van verlichtingsmiddelen (lampen of retroreflectoren) zijn zeer beperkt. Grootte, intensiteit en positie op het voertuig blijken voor lichten nauwelijks als coderingsdimensie in aanmerking te komen (Roszbach, 1972a; SWOV, 1969). Hetzelfde kan worden gesteld voor retroreflecterende materialen. De kleur wel, maar voor het gebruik op voertuigen komen slechts wit en rood in aanmerking (Hargroves, 1971; Schreuder, 1976a). Groen en blauw hebben in het verkeer speciale functies, en het verschil tussen geel en wit is te gering om ze beide in een coderingssysteem op te nemen (CIE, 1975; Schreuder, 1975).

8.4. Praktische uitvoering

Uit het bovenstaande blijkt dat de principes voor de classificatie van vervoermiddelen bekend zijn. Ook aangaande de principes om deze klassen voor weggebruikers zichtbaar te maken, is veel kennis beschikbaar. Er moet echter worden geconstateerd dat van deze kennis weinig gebruik wordt gemaakt. Het hierna volgende overzicht is gebaseerd op de door Durieux (1988) gemaakte toelichting en samenvatting van de betreffende artikelen van het Wegenverkeersregelement.

Allereerst het verschil tussen motorfietsen, bromfietsen en snorfietsen. Zo blijkt dat het enige visuele verschil tussen motoren en bromfietsen - die aan zeer verschillende verkeersregels dienen te voldoen - het gele "bromfietsplaatje" aan de voorkant en de nummerplaat, resp. het verzekeringsplaatje aan de achterkant is. Het verschil tussen bromfietsen en snorfietsen, die weliswaar aan dezelfde verkeersregels moeten voldoen, maar die sterk uiteenlopen in hun bewegingskenmerken, is het feit dat het plaatje bij snorfietsen oranje is en bij bromfietsen geel (het verschil in wielmaat is sinds 1987 vervallen).

Voorts de classificatie van auto's. De belangrijkste klassen van auto's zijn:

- personenauto's en lichte bestelauto's
- vrachtauto's (inclusief trekkers) en zware bestelauto's
- autobussen.

Er bestaan belangrijke verschillen tussen deze klassen wat betreft de voor hen maximaal toegelaten snelheid, wat betreft hun bewegingskenmerken (acceleratie, deceleratie, draaicirkels enz), afmetingen en "agressie" bij botsingen (Tromp, 1985). Er is een gedetailleerde studie gemaakt van de ongevallen waarbij vrachtauto's betrokken zijn. Deze studie betreft gegevens uit Nederland en uit een aantal andere landen (Tromp, 1988, 1988a). De studie wijst uit dat deze verschillen tussen de klassen waarschijnlijk van groot belang zijn voor de verkeersveiligheid, in het bijzonder voor de mate waarin vrachtauto's bij botsingen zijn betrokken, alsmede voor de ernst van de afloop van botsingen wanneer ze worden vergeleken met botsingen waarbij alleen personenauto's zijn betrokken. Ook blijken de constructieve aspecten door hun verschillen voor de afloop van ongevallen van belang te zijn, vooral bij ongevallen waarbij zware en lichte auto's in botsing komen (Schreuder, 1987a). Op basis van een Franse studie (Favero, 1979; zie ook Schreuder, 1987a en Tromp, 1988) blijkt dat in ongeveer 74% van een steekproef van bijna 1100 letselongevallen met zware voertuigen een (hoofd-)causale factor aanwijsbaar te zijn. Het overgrote deel daarvan (bijna 65%) blijkt rechtstreeks met het voertuigontwerp (slechte rij-eigenschappen en blokkerende wielen) in verband te staan. Van de rest vertegenwoordigen de defecten aan de signalisatie de grootste deelgroep: ruim 20% (5,3% van het totaal).

Desondanks zijn de wettelijke voorschriften wat betreft de uitmonstering aangaande signaleringsmiddelen (lampen en retroreflectoren) vrijwel gelijk-luidend. Verplicht zijn voor alle klassen van personenauto's en vrachtauto's;

- twee koplichten;
- twee rode achterlichten;
- twee rode reflectoren.

Weliswaar zijn twee stadslichten verplicht, maar die behoeven niet te worden gevoerd wanneer koplichten worden gevoerd, zodat ze voor rijdende auto's geen enkele betekenis hebben. Ze kunnen ten hoogste als parkeerlichten dienen.

Er is slechts een enkele verplichte aanduiding die voor personenauto's en kleine bestelauto's afwijkt van die voor vrachtauto's: de retroreflecterende markeringen aan de achterzijde (Durieux, 1988, blz. 60 en 105). Zoals reeds eerder is vermeld, is uit een klein onderzoekje de suggestie naar voren gekomen dat deze (verplichte) markering lang niet altijd aanwezig is, en wanneer ze aanwezig is, vaak door vervuiling of beschadiging nauwelijks effectief is (zie Tabel 1).

Voorts is een aantal voorzieningen toegelaten, maar niet verplicht. Deze voorzieningen zijn bovendien voor alle klassen dezelfde. De enige voorziening die (kan) verschillen is het voeren van gele reflectoren opzij: verplicht voor bussen en voor vrachtauto's langer dan 6 meter. Deze zijn echter voor de andere klassen en typen toegestaan, dus zelfs hier is geen sprake van een eenduidig verschil. Deze gegevens zijn ontleend aan Durieux (1988).

Ten slotte de langzaam rijdende karren, wagens en het landbouwverkeer. Wat betreft de buitenafmetingen zijn dergelijke vervoermiddelen vaak vergelijkbaar met vrachtauto's, maar wat betreft de wettelijke status en de bewegingskenmerken lijken ze in het geheel niet op vrachtauto's.

Vrachtauto's moeten een andere markering voeren dan langzaam verkeer en landbouwverkeer, maar de praktijk leert dat er gemakkelijk verwarring kan ontstaan tussen deze zeer uiteenlopende categorieën. Deze verwarring kan des te gemakkelijker ontstaan omdat de verplichte markeringen en signalering van wagens en landbouwverkeer gelijk zijn aan die van personenauto's

(Durieux, 1988). Ook de ongevalgegevens geven de suggestie dat er vaak gevaarlijke situaties ontstaan die het gevolg kunnen zijn van verwarring.

Samenvattend kan worden gesteld dat er een aantal categorieën voertuigen op de weg voorkomt die een zeer verschillende wettelijke status en zeer verschillende bewegingskenmerken hebben; dat het van groot belang is dat de weggebruikers de categorieën gemakkelijk en ondubbelzinnig uit elkaar kunnen houden. Ook blijkt echter dat van de ruim aanwezige mogelijkheden tot markering van deze klassen slechts weinig gebruik wordt gemaakt. Het verschil tussen de klassen van vrachtauto's, personenauto's en landbouwverkeer - van groot belang voor de verkeersveiligheid wordt alleen gemarkeerd door de voor vrachtauto's verplichte - maar vaak afwezige en vaak door vuil of beschadigingen niet effectieve - achtermarkeringen. Wat dit betreft lijkt het met retroreflecterende materialen uitrusten van reclameboodschappen en logo's op de achterzijde van vrachtauto's een zekere bijdrage te kunnen leveren voor de herkenbaarheid van de categorie vrachtauto's, en daarmee tot de verkeersveiligheid.

9. RECLAMEBOODSCHAPPEN, LOGO'S EN DECORATIE

9.1. Algemene gezichtspunten

Zoals reeds in Hoofdstuk 2 is aangegeven is er over reclameboodschappen en decoratie op vrachtauto's niet veel bekend. Wel zijn er opinies over. Sommigen menen dat ze de verkeersveiligheid negatief beïnvloeden omdat ze de aandacht afleiden (een mogelijke verstoring dus van de waarnemingsprioriteiten); anderen vermoeden dat ze de verkeersveiligheid juist bevorderen door de waakzaamheid op peil te houden. Omdat deze tegenstrijdige opinies blijven bestaan, kan worden vermoed dat het hier waarschijnlijk om een marginaal effect gaat.

Hiermee komen we tot het eigenlijke onderwerp van deze studie: heeft de mogelijke toepassing van retroreflecterende materialen voor reclameboodschappen en voor decoraties op vrachtauto's invloed op de verkeersveiligheid?

Vooraf dient echter te worden opgemerkt dat reclameboodschappen en logo's (en eventuele decoratie) geen zeldzaamheid vormen op vrachtauto's, maar ook geen algemene regel zijn. Het reeds enige malen aangehaalde kleine onderzoekje dat in het voorjaar van 1989 is uitgevoerd, wees uit dat bij een steekproef van 255 voertuigen meer dan twee-derden geen reclame of iets dergelijks aan de achterzijde voerde (68,8%) tegen bijna een derde (31,4%) die wel reclame had aan de achterkant (zie Tabel 1). Aangezien men mag verwachten dat zeker niet alle vrachtauto's die momenteel reclame voeren, onmiddellijk deze reclame zullen vervangen door een uitvoering in retroreflecterend materiaal, zal - zeker in het begin - het gebruik van retroreflecterend materiaal een uitzondering blijven.

9.2. De luminantie van retroreflectoren

Allereerst moet worden opgemerkt dat de luminantie van retroreflecterende materialen wanneer ze door een dimlicht boven de "coupure" worden aangestraald niet veel hoger is dan de luminantie welke vergelijkbare niet-retroreflecterende materialen verkrijgen wanneer ze door gangbare openbare verlichting worden aangestraald. Dit is als volgt te zien: de toegelaten waarde van de verlichtingssterkte van een koplamp gemeten op 25 m afstand

bedraagt in het gebied boven de "coupure" 0,7 lux (het ECE-voorschrift 20; zie hiervoor bijvoorbeeld Schmidt-Clausen, 1985 en SWOV, 1969b). In Tabel 2 is opgegeven dat normale witte retroreflecterende foliematerialen een retroreflectiecoëfficiënt hebben van 100 a 200 cd/m^2 per lux. Voor twee koplampen levert dit een luminantie op van ca. 9, resp. 18 cd/m^2 voor 100 m afstand en ca. 2, resp. 4 cd/m^2 voor 200 m afstand. Gebruikelijke openbare verlichting levert een wegdek-luminantie van ca. 0,5 à 2 cd/m^2 op; witte oppervlakken hebben een reflectie die ongeveer het viervoudige is van gemiddelde (asfalt)wegdekken, dus voor witte diffuus reflecterende oppervlakken vindt men luminanties van 2 à 8 cd/m^2 . Dit geldt voor horizontale oppervlakken; voor verticale oppervlakken moet men op ongeveer de helft daarvan rekenen, dus 1 à 4 cd/m^2 . Verlicht met uitsluitend autokoplampen op wegen zonder openbare verlichting vindt men uiteraard veel lagere waarden: voor 100 m afstand ca. 0,012 cd/m^2 en voor 200 m afstand ca. 0,004 cd/m^2 . Gerekend is met een helder wit oppervlak met een reflectiefactor van 90%. Wanneer echter retroreflecterende materialen beschenen worden door de hoofdbundels van auto's kan de luminantie zeer hoog oplopen; vaak treedt - vooral bij wit retroreflecterende folie van Klasse II - hinderlijke verblinding op. Met twee koplampen met een totale lichtsterkte van 200000 cd (een zeer gebruikelijke waarde) vindt men voor een gewoon materiaal van Klasse I (100 cd/m^2 per lux) op 100 m afstand een luminantie van 2000 cd/m^2 en op 200 m afstand 500 cd/m^2 . Bij een wit materiaal van Klasse II (400 cd/m^2 per lux; zie Tabel 2) wordt dit 8000 cd/m^2 voor 100 m en 2000 cd/m^2 voor 200 m. Uiteraard zijn de hier gegeven waarden slechts een ruwe benadering; voor nauwkeuriger waarden zijn echter gegevens over de specifieke situatie en de specifieke materialen nodig.

Dit betekent dat retroreflecterende materialen op wegen met openbare verlichting veel lijken op diffuus reflecterende materialen, en dat ze alleen op opvallende wijze van niet-retroreflecterende materialen afwijken op wegen zonder openbare verlichting of wanneer de hoofdbundels van de koplampen worden gebruikt. Een mogelijke invloed van de lichtkleur (bijvoorbeeld voor lage-druk natriumlampen bij de openbare verlichting of voor gele koplampen) zal hier buiten beschouwing blijven. Wegen zonder openbare verlichting treft men uitsluitend buiten de bebouwde kom aan.

In het huidige drukke verkeer wordt het hoofdlicht (de hoofdbundel) vrijwel uitsluitend als signaallicht gebruikt. Voorts is het gebruik van het

hoofdlicht verboden wanneer men dicht achter een voorligger rijdt, of wanneer men een tegenligger ontmoet.

De mogelijkheden die het hoofdlicht (de hoofdbundel) biedt als signaallicht, wordt vaak onderschat. Niet alleen geeft het hoofdlicht veel informatie voor andere weggebruikers, bijvoorbeeld bij het naderen van een voorrangskruising, of van een horizontale of verticale boog. Maar ook kan het hoofdlicht zeer nuttig zijn om verkeersborden of bewegwijzering te lezen, ook al wordt voor het overige alleen dimlicht gebruikt. De ervaring leert dat zelfs een zeer korte "flits" met het hoofdlicht, die zo kort is dat het andere verkeer niet wordt gehinderd, voldoende is om een verkeersbord of een wegwijzer te lezen. Hetzelfde geldt voor het ontwaren van voorliggers, meer in het bijzonder van langzaam (of langzamer) rijdende vrachtauto's. Aan deze belangrijke vorm van informatieverschaffen wordt noch door de wetgever, noch door de verkeersborden, noch door de voorvechters van de verkeersveiligheid enige aandacht besteed, waarschijnlijk omdat het op deze wijze gebruiken van het hoofdlicht niet overeenstemt met de letter van de wet. Voor de onderhavige studie is dit onconventioneel, maar zeer frequent voorkomend gebruik van het hoofdlicht van speciaal belang, omdat juist door het (eventueel kort) inschakelen van het hoofdlicht de retroreflecterende materialen, in het bijzonder wanneer ze op de achterzijde van vrachtauto's zijn aangebracht, duidelijk waarneembaar kunnen worden, ook op grote afstand. Het lijkt echter niet nodig om speciale uitvoeringseisen te stellen aan de retroreflecterende materialen; uit de hierboven gegeven rekenvoorbeelden blijkt dat ook materiaal van Klasse I een zeer hoge luminantie kan krijgen, terwijl voor verblinding wegens de korte duur van het inschakelen niet hoeft te worden gevreesd. We zullen de hoofdbundel van de autokoplantaarns verder buiten beschouwing laten.

We zullen ons bij de hierna volgende bespreking concentreren op grote stukken retroreflecterend materiaal: het is uit de ervaring bekend dat kleine stukken van de afmeting van bijvoorbeeld een kentekenplaat geen enkele storing van de waarneming teweeg brengen; ze kunnen daarentegen wel de herkenbaarheid ondersteunen. Dit is reeds door Griep geconstateerd (SWOV, 1969). Deze constatering heeft mede een rol gespeeld bij het positieve advies omtrent de invoering van retroreflecterende kentekenplaten. In dit opzicht is de suggestie de kentekenplaat aan de voorzijde maar weg

te laten, niet verstandig, tenzij er een ander retroreflecterend element van gelijke "waarde" wordt toegevoegd - waarmee het verwijderen zijn zin verliest. Deze suggestie wordt door de EEG dan ook niet overgenomen; integendeel. Er ligt een voorstel om alle kentekenplaten in de EEG-landen even groot te maken, en allemaal wit retroreflecterend - ook aan de voorzijde van auto's (Anon, 1988).

9.3. Ontmoetingen met vrachtauto's

Bij de ontmoeting van twee auto's moet men drie gevallen onderscheiden:

- de twee auto's komen elkaar tegemoet (tegenliggers);
- de auto's rijden elkaar achterop (meeliggers)
- de auto's naderen elkaar van opzij (dwarsverkeer).

1. Tegenliggers

Wanneer men een vrachtauto tegenkomt, is uiteraard alleen de voorzijde van de vrachtauto van belang. Aan de voorzijde van een vrachtauto kan het retroreflecterende materiaal alleen hoog (boven de cabine) worden aangebracht. De lichtsterkte van dimlichten naar die richtingen is slechts gering. Derhalve is de luminantie van het retroreflecterende materiaal ook gering en kan nauwelijks tot storing aanleiding geven, zeker wanneer men bedenkt dat de vrachtauto aan de voorzijde zijn eigen koplampen voert. Wel kan een retroreflector hoog boven de cabine behulpzaam zijn bij het juist schatten van de afstand en de snelheid van de tegenligger, en ertoe bijdragen dat de vrachtauto ook als een vrachtauto wordt herkend: de in Hoofdstuk 6 behandelde classificering van voertuigen. Dit is van belang bij het beoordelen van het tafereel, met name wanneer op een tweestrooks-weg een inhaalmanoeuvre wordt overwogen, terwijl men een tegemoetkomende vrachtauto ontwaart. Men mag vermoeden dat het juist kunnen beoordelen van het tafereel een grotere (positieve) invloed heeft op de verkeersveiligheid dan de eventuele (negatieve) invloed van het ten onrechte menen dat nog voor de vrachtauto kan worden ingehaald. Het aanbrengen van retroreflecterend materiaal aan de voorzijde van vrachtauto's lijkt dus eerder de verkeersveiligheid te kunnen bevorderen dan te kunnen schaden. Gezien hetgeen is vermeld in par. 8.3, mag men verwachten dat de markering vooral voordeel kan opleveren wanneer deze aan de rand van de vrachtwagen wordt aangebracht. Die markering vormt daarmee een onderdeel van de contourmarkering die voor de klasse-indicatie van belang is. Eventueel kan de contourmarkering worden ondersteund door de kentekenplaat.

2. Meeliggers

Wanneer men een vrachtauto van achteren nadert (achteroprijdt) is uiteraard alleen de achterzijde van de vrachtauto van belang. Uit ongevallestudies blijkt dat de achterzijde van vrachtauto's vooral op autosnelwegen een risicofactor is; niet verwonderlijk overigens gezien de daar voorkomende verkeersbewegingen (Schmidt-Clausen & Kurth, 1987).

Retroreflecterende materialen zijn een erkend hulpmiddel bij het markeren van de achterzijde van auto's, meer in het bijzonder van vrachtauto's, zowel betreffende de aanwezigheid als betreffende de voertuigklasse. Deze erkenning is echter niet gemakkelijk met experimentele gegevens te onderbouwen. In de nationale en de internationale richtlijnen wordt enige aandacht besteed aan retroreflectoren (Durieux, 1988). De retroreflecterende kentekenplaat blijft een belangrijk onderdeel van het markeringssysteem (zie ook SWOV, 1969).

Bij het toepassen van retroreflecterend materiaal aan de achterzijde van vrachtauto's moet echter ook met een aantal mogelijke bezwaren rekening worden gehouden:

- * Retroreflecterende materialen aan de achterzijde van vrachtauto's kunnen van kleinere afstand worden beschenen dan wanneer ze aan de voorzijde of aan de zijkant zijn aangebracht, zodat de luminantie hoger is dan in het geval van tegemoetkomend verkeer of van verkeer van opzij.

- * De lichtsterkte van achterlichten is zeer veel geringer dan die van dimlichten, zodat de achterlichten gemakkelijk "in het niet kunnen vallen" ten opzichte van het retroreflecterende materiaal. Dit kan vooral van belang zijn wanneer het om de remlichten of om de richtingaanwijzers gaat.

- * Niet aan het verkeer deelnemende, langs de weg geparkeerde vrachtauto's zijn - afgezien van het niet-branden van de achterlichten die relatief minder opvallen - niet op een gemakkelijke wijze te onderscheiden van vrachtauto's die wel aan het verkeer deelnemen. Overigens moet worden opgemerkt dat onverlicht geparkeerde vrachtauto's, vooral in woongebieden, op zichzelf weer een risico voor het verkeer kunnen opleveren (Noordzij & Van Kampen, 1973), zodat een besliste uitspraak in deze niet kan worden gegeven.

- * Vooral op een autoweg, maar ook op een autosnelweg kan het voorkomen dat een bestuurder lange tijd achter dezelfde vrachtauto moet blijven rijden - vooral de bestuurder van een andere vrachtauto. De afleiding van de aandacht die binnen acceptabele grenzen blijft bij een korte aanbieding kan

bij lange beschouwing aanzienlijk worden. Voorts kan de adaptatietoestand van het oog van de achterrijdende bestuurder verhoogd worden waardoor de waarneming bij duisternis ongunstig kan worden beïnvloed. Men kan echter opmerken dat deze effecten niet al te groot zullen zijn omdat de observatiehoek aanzienlijk wordt bij een korte volgafstand en een grote (verticale) afstand tussen het oog van de bestuurder en de lampen van zijn auto. En bij grote observatiehoeken is de luminantie meestal slechts laag (Schreuder, 1988).

Een voorligger met een groot vlak met retroreflecterend materiaal biedt de mogelijkheid dat men zich reeds op vrij grote afstand een goede indruk kan vormen over het verkeer en de verkeerssituatie voor zich uit. Dit is een belangrijk voordeel van het voeren van het door vrachtauto's voeren van in retroreflecterende materialen uitgevoerde reclame- en andere boodschappen. In dit opzicht kan een vergelijking worden gemaakt met de reeds genoemde gele, oranje en gestreepte platen, die ook retroreflecterend worden uitgevoerd (Durieux, 1988).

In dit verband, maar vooral ook bij de hierna te bespreken situatie van verkeer van opzij, dient de reeds eerder genoemde studie van IWACC te worden genoemd (Ebell-Vonk et al., 1986). In de aan die studie toegevoegde, ook reeds eerder genoemde, "Handleiding" is een groot aantal voorbeelden van uitvoeringsvormen van de uitmonstering van vrachtauto's opgenomen. Deze voorbeelden zijn op twee grondregels gebaseerd: ten eerste moet het door de retroreflectoren geleverde nachtaspect - dus bij afwezigheid van openbare verlichting - identiek of tenminste analoog zijn aan het dagaspect, zowel wat betreft afmetingen, vormen alsook wat betreft de kleuren. Dit stelt uiteraard aanzienlijke eisen aan de uitmonstering met retroreflecterende materialen. Ten tweede moet bij de uitmonstering de aandacht meer in het bijzonder worden gericht op de aanduiding van de contour, ofschoon door IWACC in vele gevallen wordt aanbevolen om de contour niet "vol" te maken om daarmee het oppervlak aan retroreflecterend materiaal binnen de perken te houden. Aangenomen mag worden dat daarbij zowel overwegingen van kosten (materiaalgebruik en onderhoud) evenals die van waarneembaarheid (verblinding) een rol hebben gespeeld.

We hebben reeds aangegeven dat deze "Handleiding" een nuttig gereedschap kan zijn bij het ontwerpen van reclame- en andere boodschappen op vracht-

auto's, alsmede bij de uitmonstering zelf van de vrachtauto's. Een bezwaar is dat de voorbeelden grafisch zijn geconstrueerd; alvorens de handleiding voor gebruik in de praktijk vrij te geven lijkt het in werkelijkheid uitvoeren en evalueren van de voorbeelden noodzakelijk.

3. Verkeer van opzij

Tenslotte dient het voeren van retroreflecterende materialen aan de zijkant van vrachtauto's te worden behandeld. De momenteel geldende nationale regels (die voor het overgrote deel analoog zijn aan de internationale voorschriften) zijn beschreven door Durieux (1988). Zoals reeds in de Inleiding is aangegeven, is de markering van de zijkant van vrachtauto's (en van landbouwvoertuigen) recentelijk opnieuw in de belangstelling komen te staan. De bestaande voorschriften voor de uitmonstering van de zijkanten van vrachtauto's met markeringslichten en retroreflectoren wordt in het algemeen onvoldoende geacht om een voor de verkeersveiligheid adequate waarneembaarheid te kunnen waarborgen.

Het gebruik van retroreflecterende materialen voor niet-signaaldoeleinden kan de voor de verkeersveiligheid vereiste zijmarkering (signalering) van lampen en reflectoren ondersteunen. De voor- en nadelen bij verkeer van opzij zijn tot zekere hoogte analoog aan die welke zijn genoemd betreffende de voor-, en vooral de achterzijde van vrachtauto's. Daarbij dient echter te worden opgemerkt dat de gebruikelijke afstanden tussen de elkaar ontmoetende auto's bij naderen van opzij aanzienlijk groter zijn dan bij achteroprijden, maar veel kleiner (kunnen) zijn dan bij het tegemoetkomen. Verblinding en overstraling zijn dus ook meer dan bij tegenliggers en minder dan bij meeliggers een probleem. Hierbij is van belang dat de (actieve) verlichting van opzij niet alleen zwakker is dan de dimlichten bij tegenliggers, maar ook zwakker dan de achterlichten bij meeliggers. Tenslotte dient te worden bedacht dat het probleem van het opzij naderen in hoofdzaak een probleem is voor het verkeer binnen de bebouwde kom. Meeliggers leveren vooral een probleem op bij verkeer op autosnelwegen, en tegenliggers vooral op (tweestrooks) autowegen en wegen voor gemengd verkeer buiten bebouwde kommen.

9.4. Conclusies

Op basis van het bovenstaande kan men concluderen dat in het algemeen gesproken het aanbrengen van retroreflecterende materialen op vrachtauto's

ten behoeve van het leveren van reclame- of andere boodschappen zowel voor- als nadelen voor de verkeersveiligheid kan opleveren. De indruk bestaat dat de voordelen over het algemeen groter zijn dan de nadelen, vooral wanneer de voorzieningen voor NSR zodanig zijn ontworpen en uitgevoerd dat de NSR zowel de markering en signalering alsook de aanduiding van het type of de klasse van de betreffende voertuigen ondersteunt. Zoals hierboven is aangegeven, bestaan daartoe velerlei middelen. Voor deze aanduidingen worden traditioneel zowel lichten als retroreflectoren gebruikt. De indruk bestaat dat het bij de eventuele negatieve aspecten niet om een belangrijk effect op de verkeersveiligheid gaat. Deze eventuele negatieve invloeden kunnen voorts nog worden verkleind door de afmetingen van de retroreflecterende materialen beperkt te houden en door een optisch goed ontwerp te maken (zie hiervoor bijv. Ebell-Vonk et al., 1986). Daarentegen mag worden verwacht dat het door NSR ondersteunen van de markering en signalering van vrachtauto's, en het ondersteunen van de klasse- en type-aanduiding wel een positieve bijdrage kan leveren tot de verkeersveiligheid. Op basis van de momenteel ter beschikking staande gegevens is het niet mogelijk om dit eventuele voordeel te kwantificeren.

Meer specifiek kan nog worden opgemerkt dat door de keuze van het retroreflecterend materiaal kan worden bereikt dat de mogelijke nadelen worden verminderd. Het lijkt verstandig om retroreflecterend materiaal van Type II voor de toepassing op vrachtauto's niet te gebruiken; Type I (het zgn. "Engineer Grade" of analoge typen) lijkt zonder bezwaar gebruikt te kunnen worden.

10. CONCLUSIES

Uit het voorafgaande kan worden geconcludeerd dat er weinig wetenschappelijk gefundeerde kennis beschikbaar is waarmee de eventuele invloed van het aanbrengen van reclameboodschappen van retroreflecterend materiaal ("niet voor signaaldoeleinden bestemde retroreflectie": NSR) aan vrachtauto's op de verkeersveiligheid kan worden bepaald. Het beschikbare materiaal levert de suggestie dat het als "resultante" om een positief effect zal gaan; de grootte van het effect kan momenteel niet worden aangegeven. Aangezien het vooral om een ondersteuning van reeds aanwezige markering en signalering gaat, is het niet te verwachten dat het effect erg groot zal zijn.

Iets dergelijks volgt ook uit de kwalitatieve beschouwingen over waarnemingsprioriteiten. Ook hierbij is er sprake van (mogelijke) voor- en nadelen. Aan NSR kleven zekere bezwaren die echter voor een belangrijk deel ongedaan kunnen worden gemaakt door slechts retroreflecterend materiaal van Klasse I te gebruiken. Aan de andere kant bestaan er ook zekere voordelen, met name wat betreft de herkenbaarheid van de vrachtauto en de inzichtelijkheid in de situatie.

Als slotconclusie kan worden gesteld dat er geen zware argumenten zijn om de toepassing van retroreflecterende materialen voor reclameboodschappen (NSR) op vrachtauto's uit overwegingen van de verkeersveiligheid te verbieden, mits bij het aanbrengen van het retroreflecterend materiaal aan een aantal voorwaarden is voldaan. Deze voorwaarden betreffen plaats, kleur, afmetingen en materiaalkeuze. Gezien de onzekerheden die nog bestaan, lijkt het niet verstandig om de bestaande "gentlemen's agreement" omtrent het gebruik op auto's van retroreflecterend materiaal voor niet-signaaldoeleinden op te heffen.

Hieraan kan worden toegevoegd dat het wenselijk is de gehele problematiek van de voorzieningen aan de achterzijde van vrachtauto's aan een nadere studie te onderwerpen: de aspecten van de waarneembaarheid kunnen niet geïsoleerd worden bekeken, maar ze dienen te worden beschouwd in relatie tot andere veiligheidsaspecten, meer in het bijzonder aangaande het risico dat bij kop-staartbotsing een auto onder de laadvloer van de vrachtauto kan schieten.

LITERATUUR

- Alferdinck, J.W.A.M. (1984). Achteruitgang van de retroreflecterende eigenschappen van borden en pilonen bij gebruik voor werk in uitvoering. IZF 1984 C-2. IZF-TNO, Soesterberg, 1984.
- Alferdinck, J.W.A.M. (1988). Car headlamps: Influence of dirt, age and poor aim on glare and illumination intensities. Lighting Res. Technol. 20 (1988) 195-198.
- Anon (1971). The perception and application of flashing lights. Hilger, London, 1971.
- Anon (1974). Wegontwerp en wegverlichting tegen de achtergrond van de verkeersveiligheid. Pre-adviezen Congresdag, 6 december 1974. Het Nederlandse Wegencongres, 's Gravenhage, 1974.
- Anon (1985). Symposium "Rijden bij nacht en ontij". 18 april 1985. IZF-TNO, Soesterberg, 1985.
- Anon (1985a). Zichtbaarheid en herkenbaarheid van paard en ruiter in het verkeer. Ned. Hippische Bond/Philips, Eindhoven, 1985 (jaartal geschat).
- Anon (1988). Final report to European Commission of technical recommendation for a standardised vehicle number plates for vehicles registered by member states (Ontwerp, niet gepubliceerd). EEG, Brussel, 1988.
- Arnoldus, J.G. (1985). Fietsverlichting en aanwezigheid reflectie. Intern rapport. SWOV, Leidschendam, 1985 (Niet gepubliceerd).
- Arnoldus, J.G. & Harris, S. (1981). Weinig fietsen zonder rode reflector. R-81-17. SWOV, 1981. Zie ook Verkeerskunde 32 (1981) 297-298.
- Blaauw, G.J. (1984). Car driving as a supervisory control task. Thesis TU-Delft. IZF-TNO, Soesterberg, 1984.
- Blaauw, G.J. & Padmos, P. (1982). Nighttime visibility of various types road markings - A study on durability, including conditions of rain, fog and dew. SAE Technical Paper 820412. SAE, Detroit, 1982.
- Blaauw, G.J. & Padmos, P. (1982a). De zichtbaarheid 's nachts van wegmarkeringen op droge en natte wegen. IZF 1981 C-20. IZF-TNO, Soesterberg, 1982.
- Blackwell, H.R. (1946). Contrast thresholds of the human eye. Journ. Opt. Soc. Amer. 36 (1946) 624-643.
- Blokpoel, A. (1987). Zijreflectie bij fietsen. R-87-24. SWOV, Leidschendam, 1987.

- Blokpoel, A.; Schreuder, D.A. & Wegman, F.C.M. (1982). De waarneembaarheid bij duisternis van de zijkant van fietsen. R-82-36. SWOV, Leidschendam, 1982.
- Brown, I.D. (1982). Exposure and experience are confounded nuisance in research on driver behaviour. *Acc. Anal. Prev.* 14 (1982) 345-352.
- Chandler, K.N. (1954). The theory of corner-cube reflectors. Research Note No. RN/2267/KNC. Road Research Laboratory, 1954.
- Chandler, K.N. (1954a). The theory of a lens-type reflector. Research Note No. RN/2266/KNC. Road Research Laboratory, 1954.
- CIE (1972). A unified framework of methods for evaluating visual performance aspects of lighting. Publication No. 19. CIE, Paris, 1972.
- CIE (1975). Colours of light signals. Publication No. 2-2. CIE, Paris, 1975.
- CIE (1979). A unified framework of methods for evaluating visual performance aspects of lighting. Publication No. 19/2. CIE, Paris, 1979.
- CIE (1982). Retroreflection, definition and measurement. Publication CIE No. 54. CIE, Paris, 1982.
- CIE (1983). Visual aspects of road markings. Symposium, Paris, May 1983. CIE, Paris, 1983.
- CIE (1983a). Recommendations for surface colours for visual signalling. Publication No. 39/2. CIE, Paris, 1983.
- CIE (1987). Guide to the properties and uses of retroreflectors at night. Publication CIE No. 72. CIE, Vienna, 1987.
- CIE (1988). Roadsigns. Draft Technical Report (in preparation). CIE, Paris, 1988.
- Cole, B.L. & Brown, B. (1968). Specification of road traffic signal light intensities. *Human Factors* 10 (1968) 245-254.
- Cole, B.L. & Jenkins, S.E. (1979). The effect of size and luminance on visual conspicuity in the road traffic environment. Internal Report AIR 218-3. ARRB, 1979.
- Croft, P.G. (1977). Roadside advertising and traffic crashes: A review. NSW Traffic Accident Research Unit, Roseberg (NSW), 1977.
- De Boer, J.B. (ed.) (1967). Public lighting. Centrex, Eindhoven, 1967.
- Durieux, A.M. (1988). Het WVR per voertuig bekeken. Van den Brink, Lochem, 1988.
- Dutruit, M. (1976). Retro-reflective sheeting, an effective help to road traffic in darkness. Proc. 3rd African Road Conference, Abidjan, 1976.

- Ebell-Vonk, E.M. et al. (1985). Retroreflecterende materialen en de visuele inrichting van het wegverkeer. IWACC 1985-V. IWACC, Oudendijk, 1985.
- Ebell-Vonk, E.M.; Ebell, R.J.E.V.; Groot-Kaper, M.; Groot, R.E.; Theewis-van der Stoop, M.E. & Theewis, S.R. (1986). De toelaatbaarheid van het uitmonsteren van wegvoertuigen met niet voor signaaldoeleinden bestemde retroreflectie (NSR). IWACC 1986-I. IWACC, Oudendijk, 1986.
- Ebell-Vonk, E.M.; Ebell, R.J.E.V.; Groot-Kaper, M.; Groot, R.E.; Theewis-van der Stoop, M.E. & Theewis, S.R. (1986a). Retroreflecterende materialen en de visuele inrichting van het wegverkeer. IWACC 1986-VII. IWACC, Oudendijk, 1986.
- Erickson, R.L. & Woltman, H.L. (1988). Sign luminance as a methodology for matching driver needs, roadway variables and traffic signing materials. In: SWOV (1988).
- Favero, J.L. (1979). Étude des accidents et conception des poids lourds. Cahier d'études. Bull. No. 47. ONSER, Paris, 1979.
- Freedman, M.; Staplin, L.K.; Gilfillan, D.P. & Byrnes, A.M. (1988). Noticeability requirements for delineation on nonilluminated highways. Ketrion, Malvern, PA, 1988.
- Godthelp, H. (1984). Studies on human vehicle control. Thesis TU-Delft. IZF-TNO, Soesterberg, 1984.
- Godthelp, J. & Tenkink, E. (1987). Zichtcriteria voor wegontwerp en informatiedragers (Concept). IZF-TNO, Soesterberg, 1987.
- Griep, D.J. (1971). Analyse van de rijtaak 2. Waarnemingsaspecten van het manoeuvregedrag. Verkeerstechniek 22 (1971) 370-378.
- Groot, R.E. et al. (1982). NSR: Non-signal retroreflective vehicle markings and traffic safety. IWACC, Oudendijk, 1982.
- Harris, S. (1979). Road accidents at night in The Netherlands. R-79-17. SWOV, 1979.
- Harris, S. (1985). Een verschil van dag en nacht; de analyse van de ongevalscijfers. In: Anon (1985).
- Hargroves, R.A. (1971). A survey of the use of flashing lights on roads and road vehicles. In: Anon (1971).
- Hughes, P.K. & Cole, B.L. (1986). What attracts attention when driving? Ergonomics 29 (1986) 377-391.
- Hutchinson, J.W. & Pullen, T.A. (1978). Performance of signs under dew and frost conditions (Abridgement). Transportation Research Record 681, p. 16-20. TRB, Washington D.C., 1978.

- IWACC (1981). Discussienota NSR, Eerste termijn. IWACC, Oudendijk, 1981.
- IWACC (1982). Richtpunten voor niet voor signaaldoeleinden bestemde retroreflecterende uitmonsteringen van wegvoertuigen (NSR). Eerste proef-fase jan.-mrt, 1982. IWACC, Oudendijk, 1982.
- IWACC (1982a). Discussienota NSR, Tweede termijn. IWACC, Oudendijk, 1982.
- IWACC (1982b). Notities ten aanzien van de juridische aspecten van NSR. IWACC, Oudendijk, 1982.
- IWACC (1984). Middelen voor het visuele waarnemen van bij duisternis van rechts kruisende fietsen en bromfietsen. Kumulatief verslag, deel I. IWACC 1984-III, IWACC, Oudendijk, 1984.
- IWACC (1986). Overzicht van randvoorwaarden bij onderzoek naar visuele aandacht en cues bij mengverkeer. IWACC 1986-III. IWACC, Oudendijk, 1986.
- Jenkins, S.E. (1979). An investigation into the nature and physical determinants of visual acuity. Ph.D. Thesis. University Press, Melbourne, 1979.
- Jenkins, S.E. (1982). Consideration of the effects of background on sign conspicuity. Proceedings Part 5, p. 182-205. ARRB, Vermont South, Vic, 1982.
- Jenkins, S.E. & Cole, B.L. (1984). Daytime conspicuity of road traffic control devices. In: TRB (1984).
- Jenkins, S.E. & Lay, M.G. (1983). Overview of ARRB research on delineation. In: CIE (1983).
- Johnston, A.W. & Cole, B.L. (1976). Investigation of distraction by irrelevant information. Australian Road Research 6 (1976). 3 (Sept.): 3-23.
- Koornstra, M.J. (1989). Road safety and daytime running lights. Paper presented to the Joint Meeting of the ECMT's Road Safety Committee and Committee for Road Traffic, Signs and Signals, The Hague, The Netherlands, 15 March 1989. R-89-4. SWOV, Leidschendam, 1989.
- Lazet, A.; Leebeek, H.J. & Van Meeteren, A. (1967). Zichtbaarheid van gevarendriehoeken. IZF 1967-C6. IZF-TNO, Soesterberg, 1967.
- Luoma, J. (1986). The acquisition of visual information by the driver: interaction of relevant and irrelevant information. Thesis. University of Technology, Helsinki, 1986.
- Moerman, J.J.B. (1977). Accuracy of photometry of retro-reflectors and retro-reflective materials. Lighting Res. Technol. 9 (1977) 85.
- Moerman, J.J.B. (1982). Design and application of red cube-corner retroreflectors. Elektrotechniek 60 (1982) 182-186.

- Morren, L. (1980). Peculiarities of the photometry of retroreflective road markings. CIE Bulletin (1980) May, 28-30.
- Mulder, J.A.G. (1987). Naar een nieuwe categorie-indeling voor tweewielers. R-87-22. SWOV, Leidschendam, 1987.
- Neis, H. (1985). Zur Problematik der Erfassung und Beurteilung von profilierten Fahrbahnmarkierungen in trockenem und nassem Zustand. Dissertation D17. Technische Hochschule, Darmstadt, 1985.
- NEVAM (1988). Wegmarkering: Geen sluitpost maar noodzaak! Symposium 28 maart 1988. NEVAM/VVVF, Utrecht, 1988.
- Noordzij, P.C. (1976). Cycling in the dark. Journ. Safety Res. 8 (1976) 73-76.
- Noordzij, P.C.; Griep, D.J. & Maas, R. (1971). Mogelijkheden voor het verhogen van de waarneembaarheid in het duister van de achterzijde van de fiets(er). Verkeerstechniek 22 (1971) 237-242.
- Noordzij, P.C. & Van Kampen, L.T.B. (1973). Ongevallen met geparkeerde vrachtwagens. Verkeerstechniek 29 (1973) 243-245.
- OECD (1972). Symposium on road user perception and decision making. OECD Rome, 1972.
- OECD (1975). Road marking and delineation. OECD, Paris, 1975.
- OECD (1976). Adverse weather, reduced visibility and road safety. OECD, Paris, 1976.
- OECD (1980). Road safety at night. OECD, Paris, 1980.
- OECD (1987). Symposium on the role of heavy freight vehicles in traffic accidents. 28-30 April 1987. OECD, Montreal, 1987.
- Padmos, P. (1984). Visually critical elements in night driving in relation to public lighting. In: TRB (1984).
- Padmos, P. (1984a). Zichtbaarheid van retroreflecterende armbanden. Voordracht 23 november 1984. IZF-TNO, Soesterberg, 1984.
- Padmos, P. (1988). Visuele problemen bij duisternis op autosnelwegen (Concept). IZF-TNO, Soesterberg, 1988.
- Polak, P. (1986). Motorvoertuigverklaring overdag: Het attentielicht. R-86-27. SWOV, Leidschendam, 1986.
- Riemersma, J.B.J. (1988). Zonering en herkenbaarheid; Een experiment. IZF 1988C-2. IZF-TNO, Soesterberg, 1988.
- Riemersma, J.B.J. (1988a). De waarneming van boogkenmerken. IZF 1988 C-8. IZF-TNO, Soesterberg, 1988.
- Riemersma, J.B.J. (1983). Visual processes in vehicle guidance. In: CIE (1983).

- Riemersma, J.B.J. (1989). Cognition and perception of road scenes. Paper presented to the Joint Meeting of the ECMT's Road Safety Committee and Committee for Road Traffic, Signs and Signals, The Hague, The Netherlands, 15 March 1989.
- Riemersma, J.B.J.; Welsh, M.; Wertheim, A.H. & Bakker, P.J. (1987). De opvallendheid van het attentielicht. Memo IZF-1987-M40. IZF-TNO, Soesterberg, 1987.
- Roszbach, R. (1972). Improving vehicle rear lighting and signalling. In: OECD (1972).
- Roszbach, R. (1972a). Some problems in the design of improved vehicle rear lighting configurations. In: SWOV (1972).
- Roszbach, R. (1974). Verlichting en signalering aan de achterzijde van voertuigen. R-74-11. SWOV, 1974.
- Schmidt-Clausen, H.J. (1985). Zur Blendungsbegrenzung von Scheinwerfern für das Ablendlicht. Automobiltechnische Zeitschrift ATZ 87 (1985) 235-239.
- Schmidt-Clausen, H.J. (1987). Conspicuity of trucks during night-time driving. In: OECD (1987).
- Schmidt-Clausen, H.J. & Kurth, K.M. (1987). Rückwärtiges Signalbild von LKW. Deutsche Kraftfahrtforschung und Strassenverkehrstechnik. Heft 303. VDI Verlag, Düsseldorf, 1987.
- Schmidt-Clausen, H.J.; Pawlak, U. & Hartge, J.E. (1987). Seitenbeleuchtung von LKW. Deutsche Kraftfahrtforschung und Strassenverkehrstechnik. Heft 302. VDI Verlag, Düsseldorf, 1987.
- Schreuder, D.A. (1966). Verlichting voor nachtelijk wegverkeer. T. Soc. Geneeskunde 44 (1966) 230-235.
- Schreuder, D.A. (1967). Theoretical basis of road lighting design. Chapter III. In: De Boer, J.B. (ed.) (1967).
- Schreuder, D.A. (1970). Road lighting and traffic safety; A functional approach. Lux 57 (1970) 146-147; 256-263.
- Schreuder, D.A. (1973). De codering en overdracht van informatie met behulp van wegverlichting. Electrotechniek 51 (1973) 633-637.
- Schreuder, D.A. (1974). De rol van de functionele eisen bij de wegverlichting. In: Anon (1974).
- Schreuder, D.A. (1975). Wit of geel licht voor autokoplantaarns? Argumenten bij de discussie omtrent de lichtkleur van autokoplantaarns. Publicatie 1975-3N. SWOV, 1975.
- Schreuder, D.A. (1976). Vehicle lighting within built-up areas. R-76-43. SWOV, 1976.

- Schreuder, D.A. (1976a). Voertuigverlichting binnen de bebouwde kom. R-76-7. SWOV, 1976.
- Schreuder, D.A. (1978). Zichtbaarheid van wegmarkeringen op natte wegen. SCW, Arnhem, 1978.
- Schreuder, D.A. (1978a). The relation between lighting parameters and transportation performance. Transportation Research Record 681, pp. 43-47. TRB, Washington D.C., 1978.
- Schreuder, D.A. (1980). Geprofileerde wegmarkeringen. R-80-51. SWOV, 1980.
- Schreuder, D.A. (1981). Enige overwegingen omtrent de verlichting van fietsen. Verkeerskunde 32 (1981) 244-246.
- Schreuder, D.A. (1985). Toepassing en gebruiksmogelijkheden van retro-reflecterende materialen in het wegverkeer. R-85-62. SWOV, Leidschendam, 1985.
- Schreuder, D.A. (1985a). Kwaliteitsverbetering aan de verlichting van fietsen. R-85-6. SWOV, Leidschendam, 1985.
- Schreuder, D.A. (1985b). Visuele en verlichtingskundige aspecten van de verkeersveiligheid; Een conceptuele studie. R-85-61. SWOV, Leidschendam, 1985.
- Schreuder, D.A. (1985c). De zichtbaarheid van wegmarkeringen op natte wegen; Een aanvullende literatuurstudie. R-85-23. SWOV, Leidschendam, 1985.
- Schreuder, D.A. (1986). The function of road markings in relation to drivers' visual needs. R-86-29. SWOV, Leidschendam, 1986.
- Schreuder, D.A. (1987). Safety aspects of heavy goods vehicle construction. In: OECD (1987).
- Schreuder, D.A. (1988). Gebruik van retroreflecterende materialen in het wegverkeer. Elektrotechniek 66 (1988) 1127-1132.
- Schreuder, D.A. (1988a). Het gebruik van retroreflecterende materialen in het wegverkeer. R-88-29. SWOV, Leidschendam.
- Schreuder, D.A. (1988b). Wegmarkering en verkeersveiligheid. In: NEVAM (1988).
- Schreuder (1988c). Motorvoertuigverlichting overdag (MVO). R-88-4. SWOV, Leidschendam, 1988.
- Schreuder (1988d). Visibility aspects of road lighting. Voordracht Kroatisch Ingenieursinstituut, Zagreb (Joegoslavië) 1988.
- Schreuder, D.A. (1988e). Visual aspects of the driving task on lighted roads. CIE Journal 7 (1988) 15-20.

- Schreuder, D.A. & Lindeijer, J.E. (1987). Verlichting en markering van motorvoertuigen. R-87-7. SWOV, Leidschendam, 1987.
- SCW (1982). Zichtbaarheid 's nachts van wegmarkeringen op droge en natte wegen. SCW, Arnhem, 1982.
- Stoovelaar, F. & Groot, R.E. (1976). Een zichtbare fiets. Verkeerskunde 27 (1976) 115-119; 169-174.
- Stoovelaar, F. & Groot, R.E. (1977). Zichtbare motor- en bromfietsen. Verkeerskunde 28 (1977) 356-362; 428-434.
- SWOV (1969). Retroreflecterende kentekenplaten en alternatieve middelen. Rapport 1969-5. SWOV, 1969.
- SWOV (1969a). Gevarendriehoeken; functie, vormgeving en toepassing. Rapport 1969-8. SWOV, 1969.
- SWOV (1969b). Stads- en dimlichten binnen de bebouwde kom. Rapport 1969-6. SWOV, 1969.
- SWOV (1972). Psychological aspects of driver behaviour. SWOV, 1972.
- SWOV (1973). Fietsen bij schemer/duisternis. Publikatie 1973-3N. SWOV, 1973.
- SWOV (1976). Pedestrians, two-wheelers and road safety. Publ. 1976-3E. SWOV, 1976.
- SWOV (1988). International Symposium on traffic safety theory and research methods, Amsterdam, April 26-28, 1988. SWOV, Leidschendam, 1988.
- Tenkink, E. (1985). Voorrang voor langzaam verkeer van rechts. Werkgroep Veiligheid R-85-2. Rijksuniversiteit Leiden, 1985.
- Theewes, J. (1989). Visual selection: exogenous and endogenous control; A review of the literature. IZF 1989 C-3. IZF-TNO, Soesterberg, 1989.
- Theewes, J. (1989a). Conspicuity is task dependent: evidence from selective search (Draft). IZF-TNO, Soesterberg, 1989.
- Theewis, S.R. e.a. (1985). De visuele waarneembaarheid van Wegenwachtvoertuigen. IWACC 1985-I en IWACC 1985-IV. IWACC, Oudendijk, 1985.
- TRB (1984). Providing visibility and visual guidance to the road user. Symposium, July 30 - August 1, 1984. Transportation Research Board, Washington, D.C., 1984.
- Tromp, J.P.M. (1985). Zware voertuigen en de verkeersveiligheid; Een probleemverkenning. R-85-34. SWOV, Leidschendam, 1985.
- Tromp, J.P.M. (1988). Ongevallen met zware voertuigen; Een vergelijking van gegevens uit Nederland, Europa en de Verenigde Staten. R-88-30. SWOV, Leidschendam, 1988.
- Tromp, J.P.M. (1988a). Onderzoek naar ongevallen met zware voertuigen (In voorbereiding). SWOV, Leidschendam, 1988.

- Van Minnen, J. (1982). Het effect van achterreflector en reflecterende pedalen op de veiligheid van fietsers. R-82-9. SWOV, Leidschendam, 1982.
- Welleman, A.G. (1985). Ongevallengegevens voor het project voorrangsgeregelingen. R-85-56. SWOV, Leidschendam, 1985.
- Wertheim, A.H. (1986). Over het meten van visuele opvallendheid van objecten in het verkeer. IZF 1986 C-25. IZF-TNO, Soesterberg, 1986.
- Wertheim, A.H. & Tenkink, E. (1987). Excentrische waarneembaarheid van objecten als index voor visuele opvallendheid; Een validiteitsstudie. IZF 1987 C-8. IZF-TNO, Soesterberg, 1987.
- Yerrell, J.S. (1971). Headlamp intensities in Europe and Britain. RRL Report LR 383. RRL, Crowthorne, 1971.
- Ziedman, K.; Burger, W.J.; Smith, R.L.; Mullholland, M.U. & Sharkley, T. (1981). Improved commercial vehicle conspicuity and signalling systems. Task II. Interim Report. Vector Research, Santa Monica (Cal.), 1981.
- Zwahlen, H.T. (1988). Research methodology to assess the importance of peripheral visual detection at night. In: SWOV (1988).