

DE RELATIE TUSSEN HET KOERSHOUDEN VAN VOERTUIGEN EN WEGMARKERING OP
80 KM/UUR-WEGEN

Een literatuurstudie

R-90-54

Dr.ir. D.A. Schreuder & ing. C.C. Schoon

Leidschendam, 1990

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

INHOUD

Voorwoord

1. Inleiding
2. Probleemstelling
3. Opzet van de studie
4. Kenmerken en richtlijnen van 80 km/uur-wegen
 - 4.1. Kenmerken
 - 4.2. RONA-richtlijnen
 - 4.3. Richtlijnen voor de bebakening en markering van wegen
5. Waarneming en rijgedrag
 - 5.1. Waarneming algemeen
 - 5.1.1. Algemeen
 - 5.1.2. Risico en risiconemen
 - 5.2. De preview
 - 5.3. Waarneming van markeringen
 - 5.3.1. Algemeen
 - 5.3.2. Onderzoek
 - 5.3.3. Verlichtingssterkte en reflectie
6. Wegdekmarkeringen
 - 6.1. Traditionele wegdekmarkeringen
 - 6.2. Geprofileerde wegdekmarkeringen
 - 6.3. Nieuwe ontwikkelingen
 - 6.4. Acustische en kinestetische waarneming
 - 6.5. Instabiliteit motorfietsen
 - 6.6. Overige aspecten
 - 6.7. Normen en standaards voor markeringen
 - 6.7.1. Algemeen
 - 6.7.2. Kwaliteitscriteria voor markeringen

7. Ongevallen

7.1. Literatuurstudie

7.2. Ongevallenanalyse tweede- en derde-ordewegen

8. Samenvatting en discussie

Literatuur

Tabellen 1 t/m 3

VOORWOORD

In dit rapport wordt aan de hand van literatuurstudie inzicht verschaft in aspecten die verband houden met het uit de koers raken van voertuigen en met de zichtbaarheid van wegmarkeringen. De onderzochte studies hebben zowel betrekking op enkelbaanswegen (voornamelijk 80 km/uur-wegen) als op autosnelwegen. Aangezien de problematiek van van de rijbaan geraakte voertuigen zich vooral afspeelt op de 80 km/uur-wegen, wordt hier met een ongevallenanalyse nader op ingegaan.

Het laatste Nederlandse gedetailleerde literatuuroverzicht over wegmarkeringen stamt uit 1985 (Schreuder, 1985). Deze studie had vooral betrekking op autosnelwegen; het werkterrein van de SCW/SVT-werkgroep E9. Voor de onderhavige studie is het materiaal opnieuw bekeken. Bovendien zijn nieuwe ontwikkelingen sinds 1985 bestudeerd.

Deze studie is een voorbereiding voor een te starten project over de markering van de wegkant (kantstrepen) en beoogt de stand van kennis weer te geven op het gebied van koershouden en wegmarkering. Voor het gehele project zijn de volgende stappen te schetsten:

1. Opstellen van een gerichte probleemstelling en analyse.
2. Detectie en diagnose van probleemgebieden (waar vinden welke problemen plaats en wat zijn de oorzaken?).
3. Bepalen van te realiseren oplossingen met markering van de wegkant en het opstellen van een prognose aangaande de effecten.
4. Maken van een keuze uit de oplossingen en het uittesten op proeftrajecten.

Een bijdrage van de Nederlandse Vereniging van Automobiellasseuradeuren NVVA stelde de SWOV in staat dit rapport op te stellen.

1. INLEIDING

Een deel van de ongevallen op 80 km/uur-wegen buiten de bebouwde kom zullen verband houden met problemen met het koershouden van motorvoertuigen. Aspecten die hierbij een rol spelen zijn de waarneming en beoordeling van de juiste koers en het regelen van de rijsnelheid en koershoek.

Visuele geleiding door middel van bebakening en markering in langsricting van de weg is in dit proces van wezenlijke invloed. Ook kunnen bepaalde auditieve en trillingseffecten die sommige typen wegmarkeringen geven, de bestuurder opmerkzaam maken over een onjuiste koers. Nagegaan wordt in hoeverre deze middelen effectief zijn.

Het probleem "koershouden" mag niet los gezien worden van de diversiteit aan wegen binnen de groep van 80 km/uur-wegen. Deze wegen zijn hiërarchisch te rangschikken van dubbelbaans wegen met gesloten verklaring tot smalle enkelbaans plattelandswegen. De functie van de weg is hierbij gerangschikt van stroomfunctie tot ontsluitingsfunctie. Te veel nadruk leggen op de visuele geleiding bij wegen die tot de laatste categorie behoren kan leiden tot een ongewenst snelheidsgedrag. Dit betekent dat wegmarkering afgestemd moet zijn op de functie van de weg.

Mogelijkerwijs kan de functie van de weg aan het type geleidingssysteem worden herkend. Het is in ieder geval gewenst na te gaan in hoeverre deze systemen behulpzaam kunnen zijn bij het beheersen van de rijsnelheden op de diverse categorieën wegen.

Het doel van deze studie is drieledig:

- het beschrijven van bestaande kennis op het gebied van de rijtaak "koershouden";
- het inventariseren van bestaande wegmarkeringen;
- het verschaffen van inzicht in de relatie tussen wegmarkering en ongevallen waarbij voertuigen van de rijbaan zijn geraakt.

2. PROBLEEMSTELLING

Voertuigen raken van de rijbaan wanneer de deelmanoeuvres "dwarspositie kiezen of handhaven binnen de rijstrook" en "snelheid kiezen" onjuist worden uitgevoerd, en als tevens de daarop volgende "noodmanoeuvre" zonder succes verloopt. Dit verkeersveiligheidsprobleem komt vooral voor op de zogenaamde 80 km/uur-wegen, een groep wegen buiten de bebouwde kom die een grote diversiteit aan kenmerken vertoont, maar als gemeenschappelijk kenmerk heeft dat de toegestane maximale snelheid 80 km/uur bedraagt.

De vraag is aan de orde in hoeverre wegmarkering het houden van een juiste koers kan bevorderen. Om deze vraag te beantwoorden dient kennis te worden verzameld aangaande de volgende onderwerpen:

- wat zijn 80 km/uur-wegen, wat geven de RONA-richtlijnen over deze wegen aan en wat is over markering van deze wegtypen voorgeschreven;
- welke aspecten houden verband met koershouden;
- wat is de relatie tussen koershouden en wegmarkering;
- wat zijn de eigenschappen van wegmarkeringsmiddelen en in hoeverre zijn ze effectief; welke eisen worden er aan gesteld;
- welk verband is er tussen enkelvoudige ongevallen op 80 km/uur-wegen en wegmarkering.

3. OPZET VAN DE STUDIE

Allereerst zijn de zogenaamde 80 km/uur-wegen beschreven. Zoals reeds is aangegeven zijn deze wegen hiërarchisch te rangschikken van dubbelbaans wegen met gesloten verklaring tot smalle enkelbaans plattelandswegen. De functie van de weg is hierbij gerangschikt van stroomfunctie tot ontsluitingsfunctie. Aan de hand van beschikbare kennis en RONA-richtlijnen wordt hierop nader ingegaan. Voor de toepassing van markering op deze wegen zijn de "Richtlijnen voor de bebakening en markering van wegen" (1986) geraadpleegd.

Voor de (theoretische) kennis op het gebied van koershouden van voertuigen en wegmarkering is de literatuur bestudeerd. Dit geldt ook voor de eigenschappen van wegmarkeringen.

Over de eigenschappen en de effectiviteit van wegmarkeringen zijn in het recente verleden door de SVT/SCW-Werkgroep E9 en de SWOV overzichten gemaakt van de betreffende literatuur. De Werkgroep E9 heeft zich in het bijzonder gericht op de rijkswegen (C.R.O.W., 1987). De interpretatie van de resultaten diende dan ook voor dit rapport te worden toegespitst op de 80 km/uur-wegen.

Sinds het gereedkomen van het werk van de Werkgroep E9 zijn nieuwe studies verricht en nieuwe gezichtspunten gevormd, die eveneens in dit rapport aan de orde worden gesteld.

Verder zijn literatuurstudies over ongevallen, alignement en wegmarkeringen bestudeerd. Voor de Nederlandse situatie is een ongevallenanalyse uitgevoerd in zake het uit de koers raken van voertuigen op enkelbaans wegen (wegen met een gesloten verklaring en wegen voor alle verkeer).

4. KENMERKEN VAN EN RICHTLIJNEN VOOR 80 KM/UUR-WEGEN

4.1. Kenmerken

De 80 km/uur-wegen omvatten een belangrijk deel van het (verharde) Nederlandse wegennet buiten de bebouwde kom. In 1986 kwamen volgens een inventarisatie van de SWOV (Janssen, 1988) de volgende wegen voor:

- autosnelwegen: 2003 km;
- autowegen: 2305 km;
- wegen met gesloten verklaring met twee rijbanen: 252 km;
- wegen met gesloten verklaring met één rijbaan: 6537 km;
- wegen voor alle verkeer met twee rijstroken: 11.719 km;
- wegen voor alle verkeer met één rijstrook: 31.702 km.

Het overgrote deel van de 80 km/uur-wegen moet gezocht moeten worden in de laatst genoemde drie categorieën. In totaal betreft dit 49.958 km (92% van het totale wegennet buiten de bebouwde kom).

Naar gebruik zijn de 80 km/uur-wegen in drie soorten te verdelen:

Wegen met een belangrijke stroomfunctie (de hoogste categorie). Dit zijn vaak wegen met een gesloten verklaring, die aan hoge eisen voldoen en waarvoor hoge ontwerpcriteria gelden. De verkeersintensiteit is vaak hoog tot zeer hoog, terwijl ook de feitelijke snelheden vaak hoog liggen. Deze wegen zijn veelal bij de provincie in beheer.

Wegen met een ontsluitingsfunctie (de laagste categorie). Dit zijn veelal smalle landbouwwegen en polderwegen die in hoofdzaak of uitsluitend een "erffunctie" hebben. De wegen zijn meestal smal (vaak nauwelijks breder dan één rijstrook, met ten hoogste één enkele passeerplaats), het wegdek is soms asfalt en soms betonstenen. Deze wegen zijn steeds voor alle verkeer opengesteld. De verkeersintensiteit is meestal laag, terwijl ook de feitelijke snelheid laag is. Deze wegen zijn zowel bij gemeenten als waterschappen in beheer.

Wegen met een mengfunctie. Tussen beide uitersten ligt een grote groep van wegen die meestal hoofdzakelijk een verkeersfunctie hebben, maar waarvan de erffunctie ook belangrijk kan zijn. De ontwerpcriteria zijn meestal bescheiden; het verkeer is gemengd, terwijl de feitelijke snelheid vaak toch hoog is, vooral op de wegen met een geringe verkeersintensiteit. Deze wegen zijn meestal bij de gemeenten, maar ook nogal eens bij de provincie in beheer.

Ondanks de diversiteit bestaat een aantal overeenkomsten tussen de 80 km/uur-wegen:

- langs de wegen komt veel beplanting voor;
- een aanzienlijk deel van deze wegen heeft een asfalt wegdek, betonstenen ("klinkers") komen echter ook veel voor;
- het overgrote deel van deze wegen is (bij duisternis) onverlicht;
- er vinden veel enkelvoudige ongevallen plaats, voornamelijk in bochten.

4.2. RONA-richtlijnen

De 80 km/uur-wegen buiten de bebouwde kom vallen volgens de RONA-categorie-indeling in de hoofdcategorieën C en D, resp. weg met geheel of gedeeltelijke gesloten verklaring (in ieder geval voor (brom)fietsers) en weg voor alle verkeer (RONA, 1989). Beide categorieën zijn in twee sub-categorieën verdeeld:

C - V: weg van regionaal belang met een functie voor het lange-afstands-verkeer;

C - VI: weg van overwegend lokaal belang met een zekere verkeersfunctie;

D - VII: weg met overwegend ontsluitingsfunctie en geringe verkeersfunctie;

D - VIII: weg met zuivere ontsluitingsfunctie.

Aan de functies zijn kenmerken gekoppeld die moeten leiden tot een verkeersgedrag dat in overeenstemming is met de wegcategorie. Deze kenmerken zijn te onderscheiden in voertuig-, verkeers- en wegkenmerken. Wegen met een gesloten verklaring sluiten bepaalde categorieën voertuigen uit.

Aangaande de toegestane voertuigbewegingen (keren en stilstaan op de weg e.d.) wordt binnen de categorieën VI, VII en VIII geen onderscheid gemaakt. Uit de richtlijnen blijkt niet of voor categorie V afwijkende bepalingen gelden.

De wegkenmerken hebben betrekking op de verhardingsbreedte en de aanwezigheid van as- en kantstrepen. Deze worden hierna behandeld.

Met "ontwerpelementen" wordt in de richtlijnen duidelijk onderscheid gemaakt tussen de vier wegcategorieën. De ontwerpsnelheid is 80 en 60 km/uur voor resp. categorie V en VI; voor de beide andere wegcategorieën is de ontwerpsnelheid lager dan 60 km/uur. Wat de ontwerp-uurintensiteiten betreft varieert deze van 1400 p.a.e. per rijbaan voor categorie V tot 50 p.a.e. voor categorie VIII.

In dit rapport zijn voor de beschouwing over wegmarkering de categorieën VI en VII samengevoegd, waardoor drie wegcategorieën worden onderscheiden: wegen met een belangrijke stroomfunctie, wegen met een mengfunctie en wegen met een ontsluitingsfunctie. Bij de ongevallenanalyse wordt een onderscheid in twee categorieën gemaakt: wegen met een gesloten verklaring en wegen voor alle verkeer.

4.3. Richtlijnen voor de bebakening en markering van wegen

In het onderstaande is op summiere wijze aangegeven wat in de Richtlijnen voor bebakening en markering voor (enkelbaans)wegen buiten de bebouwde kom (1976, 1981 en 1986) is voorgeschreven.

Onderscheid wordt gemaakt in lengte- en dwarsstrepen, en in reflectorpalen en bebakening (borden en schilden e.d.).

Lengtestrepen zijn de as- en kantstrepen; dwarsmarkeringen hebben betrekking op kruispunten en oversteekplaatsen, maar worden soms ook gebruikt als middel voor beïnvloeding van de snelheid. Dit laatste wordt echter niet aanbevolen, daar volgens de richtlijnen nog onderzoek wordt verricht.

Normale asstrepen bestaan uit strepen met een lengte van 3 of 1 m met een onderlinge afstand van 9, resp. 3 m. Daarnaast zijn er waarschuwingstrepen met een lengte van 9 of 3 m met een onderlinge afstand van 3, resp. 1 m. De doorgetrokken asstreep wordt aanbevolen voor onoverzichtelijke bochten en hellingen.

Kantstrepen zijn ononderbroken en worden, om vervuiling e.d. tegen te gaan, op enige afstand van de rand van de verharding aangebracht.

De kleur van as- en kantstrepen is wit. Uitzondering wordt slechts gemaakt voor parkeerbeperkingen en werken in uitvoering.

Rumble strips worden nog niet aanbevolen "zolang onderzoek gaande is".

Voor wegvakken tussen kruisingen wordt de toepassing van as- en kantstrepen afhankelijk gesteld van de rijbaan- en/of rijstrookbreedte. Bij een wegbreedte van 5,80 m of meer worden as- en kantstrepen aangebracht. Is de breedte geringer dan 5,80 m dan wordt alleen een asstreep voorgeschreven als er een rijstrookbreedte van tenminste 2,50 m overblijft. Slechts in bijzondere gevallen, zoals op dijkwegen, mogen kantstrepen worden aangebracht. Op wegen met een breedte tussen 4,50 en 5,10 m kan een bijzondere markeringsstreep (suggestiemarkering) worden toegepast; deze is 30 cm lang met een onderlinge afstand van 3 m.

Reflectorpalen worden aan beide zijden van de weg aangebracht. De breedte van de paal is 10 cm en de kleur is wit. Vanuit de rijrichting gezien is de reflector aan de linkerzijde van de weg wit en aan de rechterzijde rood. De afmeting van de reflector bedraagt 4 x 18 cm. Het reflecterend vermogen dient voor de witte reflector factor 5 groter te zijn dan voor de rode reflector.

De reflectorpaal wordt op ten minste 50 cm buiten de verharding geplaatst (zo mogelijk 1,50 m vanaf de binnenzijde van de kantstreep). De reflectorhoogte bedraagt 50 cm boven maaiveld. De reflectorpaal wordt zodanig geplaatst dat de reflector loodrecht op de as van de weg staat. In bogen wordt een zodanige stand gekozen dat het licht van de koplampen "in de juiste richting" wordt teruggekaatst. De onderlinge afstand tussen de palen bedraagt 40 m op rechte wegvakken en bogen met een straal van ten minste 600 m. De onderlinge afstand in buitenbogen wordt geringer naarmate de boogstraal kleiner is: bijvoorbeeld bij een straal van 100, 300 en 500 m is de onderlinge afstand resp. 10, 20 en 35 m. Op deze wijze zijn volgens de richtlijnen steeds ten minste vijf palen zichtbaar. In binnenbogen ($r < 600$ m) staat een reflectorpaal tegenover elke paal in de buitenboog. Is de straal minder dan 100 m staat tegenover elke tweede paal in de buitenboog een paal in de binnenboog.

In onoverzichtelijke, misleidende en krappe bogen kan bebakening worden toegepast. Hieronder wordt verstaan: verkeersborden (waarschuwing en adviesnelheid), geleidehekken, bochtschilden en zwart-witte blokken op bijv. geleiderail en geleidehekken. Voor krappe bogen is de toepassing van deze middelen afhankelijk van de K-waarde: snelheid in de boog/snelheid op het weggedeelte voor de boog.

In het algemeen dient in buitenbogen met een straal van minder dan 600 m de geleiderail wit geschilderd te worden.

In dit rapport wordt onder "wegmarkeringen" verstaan de zogenaamde horizontale markeringen, bestaande uit strepen of smalle banden van wit materiaal (verf of plastic), die direct op het wegdek zijn aangebracht, en de wegdekreflectoren. Onder "bermreflectoren" wordt verstaan de verticale markeringen die in de wegberm worden aangebracht en die in de Richtlijnen als reflectorpalen worden betiteld.

5. WAARNEMING EN RIJGEDRAG

5.1. Waarneming

5.1.1. Algemeen

De weg dient zo ontworpen te zijn dat een goede regeling van koers en snelheid steeds mogelijk is en de bestuurder kan anticiperen op komende veranderingen (Riemersma, 1989). Het verwachtingspatroon van de bestuurder speelt hierbij een belangrijke rol. In de voorlopige RONA-richtlijnen (1986) wordt hierop al duidelijk ingespeeld. Aangegeven is dat er binnen één wegcategorie consistentie in kenmerken dient te zijn. Belangrijke factoren zijn hierbij: de continuïteit in kenmerken, de uniformiteit en de herkenbaarheid. Veranderingen in het wegbeeld die niet passen in het verwachtingspatroon van de bestuurder kan leiden tot ongewenst verkeersgedrag.

Onverwachte objecten worden veel moeilijker waargenomen. De verwachting hangt af van een aantal factoren:

- de waakzaamheid van de waarnemer;
- de oplettendheid van de waarnemer;
- de bekendheid met de objecten;
- de bekendheid met de situatie.

Janssen (1989) geeft aan dat het verkeersgedrag goed kan worden gestuurd bij een duidelijk herkenbare functie van de weg en goede vormgeving van de verkeersvoorzieningen. Zijn de functie van de weg en de daaruit af te leiden vormgeving niet duidelijk, kan dit leiden tot ongevallen.

Of een bestuurder een bepaald object als relevant voor de rijtaak beoordeelt, hangt af van twee aspecten (Wertheim, 1986):

- de visuele opvallendheid (het perspectieve aspect);
- de waarnemingsprioriteit (het cognitieve aspect).

De opvallendheid wordt verderop behandeld. De waarnemingsprioriteit is afhankelijk van bepaalde kenmerken, zoals wegcategorie en rijsnelheid. De kans op herkenning wordt beïnvloed door de mate van ervaring van de weggebruiker.

Veel onderzoek is uitgevoerd naar het kijkgedrag van bestuurders. Met instrumenten is op objectieve wijze waar te nemen waar de bestuurder zijn

ogen op richt (het zogenaamde foveale waarnemen). Niet bekend is in welke mate deze informatie wordt verwerkt. Inhoeverre informatie door perifere waarneming wordt waargenomen is moeilijker vast te stellen. Aangenomen wordt echter dat ook deze wijze van waarnemen voor het koershouden van groot belang is.

Bij bogen beginnen bestuurders ruim voor de boog (2,5 - 5 sec) de boog af te zoeken. Als het weggedeelte niet zichtbaar is dan wordt getracht via de wijdere omgeving een idee van de boog te krijgen, zoals met behulp van een bomen- en lichtmastenrij (Riemersma, 1989). Hierbij is er onderscheid in ervaren en onervaren weggebruikers. De eersten zoeken op grotere afstanden en in een beperkter gebied. De laatsten kijken ook naar niet relevante objecten.

In een laboratoriumexperiment (Triggs et al., 1979) is vastgesteld dat bochten naar rechts (voor links rijdend verkeer!) betere resultaten geven dan bochten naar links; het verschil wordt versterkt door de aanwezigheid van bermpaaltjes. Als verklaring wordt door de auteurs opgemerkt dat het perspectief en andere kenmerken die voor de geleiding van belang zijn beter kunnen worden opgemerkt.

In diverse studies is vastgesteld dat de beoordeling van de gekromdheid van de boog niet door de boogstraal wordt beoordeeld, maar door de grootte van de hoekverdraaiing (Fildes & Triggs, 1982, 1985; Riemersma, 1988). De aanwezigheid van elementen die het totale verloop van de boog aangeven kunnen dus als bijzonder belangrijk worden aangemerkt.

Het goed kunnen waarnemen van het verloop van de weg wordt in ongunstige zin beïnvloed door duisternis, slechte voertuigverlichting, regen (spiegeling, nevel), verblinding door tegenliggers, alcoholgebruik, vermoeidheid. Juist in deze omstandigheden is de visuele geleiding voor het koershouden van belang. Daarnaast moet een goede lay-out misleiding voorkomen. Door de DVK, afdeling Wegbeeld, wordt gesteld dat het wegbeeld aan een aantal kwaliteitseisen dient te voldoen: goed gedoseerde hoeveelheid informatie, continuïteit in informatie, beelddominantie dient in overeenstemming met de functie te zijn, herkenbaarheid van de functie van beeldelementen (Stoffelsen & Hartman, 1989). In de RONA-richtlijnen (1989) wordt reeds gewezen op het belang van het goed kunnen detecteren van krappe bogen. Voor de nachtsituatie wordt naast de toepassing van visuele middelen als bebakening en reflectoren, aangegeven dat misleidende en zichtbeperkende elemen-

ten verwijderd of afgeschermd moeten worden. Het aanbrengen van verticale elementen of achtergrondinformatie wordt aanbevolen om het verloop van de weg te verduidelijken.

5.1.2. Risico en risiconemen

In vele gevallen kan worden geconstateerd dat het aanbrengen of verschaffen van een verkeersveiligheidsmaatregel minder "oplevert" dan in eerste instantie werd verwacht. Kennelijk wordt een gedeelte van de toegevoegde (extra) veiligheid die door de maatregel wordt verschaft, te niet gedaan door een wijziging van het gedrag. Deze gedachte is in theoretisch opzicht zeer in detail onderzocht; men spreekt daarbij van risicocompensatie. Zoals gebruikelijk bij beschouwingen over risico, risiconemen en risicocompensatie wordt vrijwel uitsluitend de keuze van de rijsnelheid als maatgevend beschouwd voor het risiconemend gedrag. Nu is de snelheid gemakkelijk te meten, maar het is de vraag of de snelheid wel een goede maat is voor dit gedragsaspect.

Een in redelijke mate compleet overzicht van de effecten van risicocompensatie in het verkeer is gegeven in OECD (1990). Aangegeven wordt dat kantstrepen een positieve, zij het niet zeer grote, invloed op de veiligheid hebben; er schijnt een zekere risicocompensatie op te treden, maar ook daarvan is de omvang niet groot. De in het OECD-rapport beschreven onderzoeken zijn niet onderverdeeld naar staat van verlichting en/of weersinvloeden; het is dus zeer goed mogelijk dat wegmarkering bij slechte omstandigheden een aanzienlijke positieve invloed heeft, terwijl die invloed in het totale resultaat niet duidelijk naar voren treedt.

In dit verband kan ook worden genoemd dat het goed en op grote afstand kunnen waarnemen van het wegverloop kan leiden tot het toenemen van de rijsnelheid. Vooral op wegen die geen stroomfunctie hebben kan dit als een ongewenst effect worden bestempeld. Door de IWACC (1986) is dit probleem onderkend en er worden verschillende mogelijkheden ter ondervanging van dit probleem genoemd: het toepassen van visuele geleidingsmiddelen die geen grote waarnemingsafstanden hebben, maar wel voldoende contrast; "koersgemak" vermijden door de toepassing van belijning te beperken; het vermijden van objecten die kenmerkend zijn voor wegen met een doorstroomfunctie.

De RONA-richtlijnen (1986) behandelen eveneens dit dilemma: wegen met veel lange-afstandverkeer dienen zowel in langs- als dwarsrichting zo min mogelijk dwarsfrictie te hebben. Voor wegen van een lagere orde zijn deze fricties minder bezwaarlijk. Soms is een bepaalde mate van frictie zelfs gewenst om daardoor een bepaald rijgedrag af te dwingen. Bij aanwezigheid van discontinuïteiten dienen deze tijdig binnen de "anticipatieruimte" door de weggebruiker waargenomen te worden zodat diens attentieniveau voor dergelijke zaken op een hoger niveau wordt gebracht (RONA, 1989).

5.2. De preview

In een aparte notitie is aangegeven wat het belang is van de "preview" voor verschillende manoeuvres op verschillende wegtypen (Schreuder, 1990). Onder preview wordt daarbij verstaan de afstand (uitgedrukt in tijd of in lengte) waarop een voorwerp (of een groep van voorwerpen) gezien moet kunnen worden om de betreffende, door het voorwerp noodzakelijk geworden manoeuvre, nog in redelijke mate uit te voeren. In redelijke mate betekent daarbij: zonder zichzelf of het overige verkeer in gevaar te brengen, en zonder ernstige overlast te ondervinden of te veroorzaken.

De bedoelde notitie geeft een aantal theoretische overwegingen, en de daarop gebaseerde waarden die voor de preview wenselijk zijn. Er zij met nadruk op gewezen dat de waarden vooral uit deze theoretische overwegingen zijn afgeleid, en dat experimentele toetsing slechts in een enkel geval heeft plaats gevonden. Meer in het bijzonder is te verwachten dat voor ervaren automobilisten de uit de theorie afgeleide waarden aan de hoge kant zullen blijken te zijn, omdat in de gebruikte theorie weinig rekening is gehouden met de "hogere" (cognitieve) aspecten van de visuele waarneming. We zullen in deze studie de gepresenteerde waarden als richtgetallen bezigen; momenteel zijn ze nog niet ver genoeg bevestigd om ze als basis voor richtlijnen te gebruiken. Wel kunnen ze in een aantal gevallen tot een aanbeveling leiden.

Nu volgen de waarden van de preview gegeven voor wegen buiten de bebouwde kom, waarbij de feitelijke (nominale) snelheid is gesteld op 25 m/s (ongeveer 90 km/uur). Voor de hierboven genoemde manoeuvres (voor 90 km/uur) komen de volgende minimale waarden van de preview in aanmerking:

dwarspositie kiezen of handhaven binnen de rijstrook:	75 meter
snellheid kiezen:	75 meter
stoppen voor discontinuïteit:	175 meter
nemen van een bocht:	375 meter
noodmanoeuvre: uitwijken:	125 meter
noodmanoeuvre: noodstop:	140 meter

Wegmarkeringen en bermreflectoren komen in aanmerking om te voorkomen dat voertuigen op 80 km/uur-wegen van de weg raken. Daartoe zijn reeds de volgende preview-afstanden genoemd:

- wat betreft de wegmarkeringen:
 - ten behoeve van het handhaven van de dwarspositie: 75 meter;
 - ten behoeve van het handhaven van de (gekozen) snelheid: 75 meter;
 - (eventueel) voor het stoppen voor discontinuïteiten: 175 meter.
- wat betreft de bermreflectoren:
 - ten behoeve van het nemen van bochten: 375 meter
 - ten behoeve van het stoppen voor discontinuïteiten: 175 meter.

Naast wegmarkeringen en bermreflectoren kunnen ook lichtmasten een bijdrage leveren. Dit valt in de praktijk voor 80 km/uur-wegen tegen, en wel om drie redenen:

- de meeste 80 km/uur-wegen zijn onverlicht;
- de bijdrage van lichtmasten is vooral te verwachten bij duisternis, wanneer de lampen immers zijn ontstoken;
- de plaatsing van lichtmasten wordt vooral uit de lichttechnische vereisten betreffende de straatverlichting afgeleid; deze plaatsing is niet steeds optimaal voor het verschaffen van de vereiste preview. Meer in het bijzonder: uit lichttechnische overwegingen plaatst men de lichtmasten vaak in een zgn. "zig-zag"-configuratie, terwijl een éézijdige opstelling voor de preview beter is (Van Bommel & De Boer, 1980).

Ook verkeerstekens, waarschuwingstekens, -lichten en verkeerslichten kunnen een bijdrage leveren tot de preview. Ook hier zijn bedenkingen aan te voeren:

- verkeerstekens brengen gecodeerde informatie over;
- verkeerslichten komen in hoofdzaak voor op 80 km/uur-wegen met een stroomfunctie;

- waarschuwingslichten zijn a-specifiek; anderzijds zijn ze zeer opvallend, zodat ze alleen met mate dienen te worden gebruikt.

5.3. Waarneming van wegmarkeringen en bermreflectoren

5.3.1. Algemeen

Bij de waarneming van signaalmiddelen (waartoe wegmarkeringen en bermreflectoren behoren) dient steeds een aantal aspecten te worden onderscheiden. Deze zijn:

- de waarneembaarheid: het algemene begrip van het verzamelen en verwerken van informatie;
- de detecteerbaarheid: de mate (de kans) waarin de aanwezigheid van een object wordt geconstateerd;
- de opvallendheid: de mate waarin het object kan worden waargenomen in zijn omgeving;
- de herkenbaarheid: de mate waarin het object aan een klasse van vooraf bekend objecten kan worden toegedeeld.

Men kan stellen dat in de gegeven volgorde (detecteerbaarheid - opvallendheid - herkenbaarheid) steeds hogere niveaus van het centrale zenuwstel, alsmede van het bewustzijn, bij de waarneming betrokken zijn. Dit is van belang als men maatregelen overweegt om de waarneming te verbeteren en/of de herkenning van wegcategorieën te bewerkstelligen. Verbeteren van de zichtbaarheid kent namelijk zijn beperkingen. De opvallendheid kan door training worden verbeterd en de herkenbaarheid door opleiding en educatie.

Bij de visuele waarneming speelt het waarnemen van contrasten een belangrijke rol. Het contrast is te beschouwen als de verhouding tussen de helderheid (de luminantie) van het object en zijn directe achtergrond. Voor het bepalen van de luminantie is de reflectie van belang.

Een object kan alleen worden waargenomen wanneer het contrast tussen het object en zijn directe achtergrond groter is dan de drempelwaarde. Een klein object (bijvoorbeeld een reflector) kan alleen met voldoende contrast worden waargenomen. Als een grote waarnemingsafstand vereist is, dient dus veel aandacht aan het contrast besteed te worden.

Voor een vlotte herkenning van een object kan van specifieke vormen van het object gebruik gemaakt worden. Op grotere afstand is de betekenis van een bepaald object dan al waar te nemen. Deze vormen die bekend zijn van

de situatie overdag, moeten 's nachts eveneens waargenomen kunnen worden. De toepassing van kleuren voor bijvoorbeeld het aanduiden van verschil in wegcategorieën wordt minder geschikt geacht. Bij afnemend lichtniveau neemt het onderscheidingsvermogen voor kleuren sneller af dan voor luminanties. Bij een laag lichtniveau moeten bij kleine objecten de kleurcontrasten groot zijn (IWACC, 1986).

5.3.2. Onderzoek

Naar aanleiding van een veldexperiment op een recht wegvak wordt door Riemersma (1985) aangegeven dat voor het koershouden continue belijning beter is dan discrete met bijvoorbeeld wegdekreflectoren. Door verkleining van de onderlinge afstand tussen reflectoren kan echter toch een soort lijn karakter behouden blijven. Met betrekking tot herkenning dient geïsoleerde markering ook achterwege te blijven: een configuratie van lichtpunten maakt eerdere herkenning mogelijk (IWACC, 1986).

Een andere belangrijke conclusie van Riemersma (1975) betreft de reflectoren in de berm. De ooghoogte en laterale afstand tot deze bermreflectoren geven aan dat deze middelen in de directe visuele geleiding nauwelijks een rol kunnen spelen. Hun voornaamste belang ligt in het aangeven van toekomstige bogen. Door Triggs et al. (1979) is in een laboratoriumexperiment hetzelfde resultaat vastgesteld.

Door Godthelp (1984) wordt aangenomen dat door de positie van de bestuurder (links in de auto) betere observaties ten aanzien van de afstand tot de asstreep kunnen worden gedaan dan tot de rechter kantstreep, waardoor koerscorrecties ten opzichte van de asstreep minder variaties vertonen dan ten opzichte van de zijkant.

Uit een praktijkstudie in Australië (Triggs & Wisdom, 1978) stelden de onderzoekers eveneens het belang vast van visuele geleiding van de asstreep. Bij aanwezigheid van een asstreep werd dichtbij de asstreep gereden; in het geval dat er geen streep was werd dichterbij de wegrand gereden.

Met behulp van een rijsimulator is door Ranney & Gawron (1986) vastgesteld dat kantstrepen de rijtaak verlichtten van zowel nuchtere als onder invloed van alcohol verkerende bestuurders.

5.3.3. Verlichtingssterkte en reflectie

De waarneming van markering 's nachts is onder meer afhankelijk van de verlichtingssterkte en reflectie. Een voorwerp kan drie soorten reflectie vertonen:

- Diffuse reflectie: het licht wordt ongeacht de wijze van instraling, naar alle richtingen even sterk weerkaatst (verstrooid); dit is het geval bij traditionele markering.
- Spiegelende (of reguliere) reflectie: het licht volgt de zgn. spiegelwetten: de hoek van inval is gelijk aan de hoek van terugkaatsing (bijvoorbeeld een nat wegdek).
- Retroreflectie: het licht wordt teruggekaatst in de richting waar het vandaan kwam; daartoe zijn die materialen of voorwerpen voorzien van zgn. retroreflectoren.

Wegmarkeringen kunnen op drie wijzen worden verlicht, door:

- daglicht;
- openbare (straat)verlichting;
- verlichting door de koplampen van (motor)voertuigen.

In de volgorde waarin de verlichtingswijzen zijn opgesomd, neemt de "alzijdigheid" van de verlichting af. Overdag is sprake van vrijwel compleet alzijdige verlichting.

Bij openbare verlichting wordt ieder punt van de wegmarkering verlicht vanuit enige lantaarns, dus vanuit enige richtingen. De verlichting is echter verre van alzijdig, en bovendien wordt ieder punt van de weg op een geheel andere wijze verlicht.

Tenslotte is bij verlichting door de koplampen van voertuigen de verlichting zeer eenzijdig. De verlichting is daarnaast zeer strijkend omdat de koplampen (van personenauto's) laag bij de weg zijn.

Verder is de zitpositie van de waarnemer in van belang. Moderne personenauto's zijn zodanig geconstrueerd dat de bestuurder vrij laag zit. Bij een ooghoogte van ca. 1,20 meter en een preview van enige tientallen meters wordt het wegdek onder een zeer strijkende hoek waargenomen. Bij een waarnemingshoek van 1 graad met de horizontaal vertonen vrijwel alle oppervlakken een sterke spiegeling, ook die oppervlakken die onder steilere waarneming diffuus lijken te reflecteren. Bovendien hangen de reflectie-eigenschappen van vrijwel alle materialen die in het wegverkeer van belang zijn, sterk af van de vochtigheidstoestand van het oppervlak. Dit geldt in het bijzonder voor wegmarkeringen die niet zijn geprofileerd.

Voor vrachtauto's is de situatie gunstiger dan voor personenauto's daar de zitpositie aanmerkelijk hoger is.

Aangezien de meeste 80 km/uur-wegen geen straatverlichting hebben, komen voor de onderhavige studie dus slechts twee verlichtingswijzen in aanmerking: daglicht en verlichting door autokoplampen. Hierboven hebben we reeds aangeduid hoe groot het verschil is in reflectie bij deze verlichtingswijzen; meer in het bijzonder geldt dit voor retroreflecterende materialen, die overdag donkerder zijn dan witte verf, maar waarvan bij verlichting door autokoplampen de reflectie soms wel het honderdvoudige bedraagt.

6. WEGMARKERINGEN

In het verleden zijn reeds verschillende gedetailleerde literatuuroverzichten betreffende wegmarkeringen opgesteld (Schreuder, 1978, 1985). Deze studies hadden vooral betrekking op het werkterrein van de SCW/SVT-groep E9, namelijk de autosnelwegen. Vanwege de aandacht voor 80 km/uur-wegen is het materiaal opnieuw bekeken. Bovendien zijn er sinds 1985 enige nieuwe ontwikkelingen te melden.

6.1. Traditionele wegmarkeringen

Traditionele wegmarkeringen die uit verfstrepen bestaan, zijn bij een nat wegoppervlak vrijwel onzichtbaar. Niet alleen strekt een eventuele waterlaag zich, door de geringe dikte van de verflaag (0,3 mm of minder), gelijkelijk uit over de weg en over de markering; bovendien volgt de verflaag de (macro)textuur van het wegdek, zodat de "textuur" van de bovenkant van de waterlaag voor de weg en voor de markering dezelfde is. De visuele aspecten van een natte verfstreep en van een nat wegoppervlak zijn dus precies gelijk; de streep is onzichtbaar.

Traditionele wegmarkeringen bestaande uit thermoplasten of uit voorgevormde markingsplaten zijn iets dikker, maar de dikte is meestal minder dan 3 mm. De waterlaag kan zich dus eveneens heel gemakkelijk vrijwel zonder onderbreking over de weg en over de wegmarkering uitstrekken. De afwateringsgootjes die gebruikelijk zijn in markeringen met een dikte van meer dan 2 mm voorkomen plasvorming naast de wegmarkering, maar de markering zelf blijft onveranderd nat. Vooral bij voorgevormde platen (tenminste in nieuwe toestand) kan de textuur van die van de weg afwijken, waardoor een (zij het meestal gering) verschil in reflectiekenmerken, en dus in de visuele aspecten, tussen weg en wegmarkering ontstaat. Bij de veel meer toegepaste thermoplasten is het verschil in textuur tussen de wegmarkering en de gangbare (grof-dichte) wegdekken gering, zodat ook de waterlaag vrijwel dezelfde "textuur" heeft. Thermoplasten zijn in natte toestand meestal alleen te zien ten gevolge van het waterlaagje (plasje) dat zich "stroomopwaarts" van de wegmarkering vormt. Dit kleine plasje verhoogt de zichtbaarheid, maar het kan gevaarlijk zijn wegens aquaplaning. Daarom worden zelfs thermoplasten gewoonlijk zodanig uitgerust met dwarsgootjes dat dwarsdrainage kan plaats vinden.

Deze factoren komen overdag aan de orde. Bij duisternis dient daaraan nog

te worden toegevoegd dat horizontale, als retroreflector uitgevoerde, materialen (thermoplast of wegenvverf met glasparels) in natte toestand hun retroreflecterend vermogen vrijwel geheel verliezen. De reden is dat de op het oppervlak aanwezige waterlaag verhindert dat het opvallende licht de optische elementen (meestal glasparels) kan binnendringen; de retroreflecterende werking kan dus ook niet optreden.

Ook bij mist zijn traditionele wegmarkeringen bijzonder weinig effectief, omdat mist vrijwel steeds gepaard gaat met een vochtig wegoppervlak. Markeringslichten (die immers zelf licht uitstralen) zijn veel effectiever dan diffuus reflecterende voorwerpen. Retroreflectoren nemen een tussenpositie in tussen deze twee extremen. Lichttechnisch gezien kan een retroreflector als een "zelfstandige" lichtbron worden beschouwd, maar het licht dat de reflector bereikt, heeft eerst de weg door de mist moeten afleggen.

6.2. Geprofileerde wegmarkeringen

Tot voor kort werd vooral aandacht besteed aan de retroreflecterende kenmerken van markeringsmaterialen in droge toestand. Kleine glasparels in een witte "matrix" blijken daarbij uitstekend te voldoen. Wordt een dergelijk oppervlak echter nat, dan wordt de (retro)reflectie tot vrijwel nul gereduceerd. De enige remedie is het aanbrengen van verticale elementen in de wegmarkering. Dit wordt bereikt met geprofileerde wegmarkeringen en de wegdekreflectoren die hoger zijn dan de waterlaag, en bovendien het afvloeien van het water niet belemmeren (Schreuder, 1980).

Dejaiffe et al. (1990) halen onderzoek aan waaruit blijkt dat de afvloeiing van water bij een laagdikte van 0,05 mm door geprofileerde wegmarkeringen niet wordt belemmerd. Dit correspondeert met een regenval van 20 mm per uur (zie Kulakowski & DiGiovanni, 1987).

De laatste tijd is in diverse Europese landen veel onderzoek uitgevoerd naar de waarneembaarheid van wegmarkeringen op natte wegen. In al deze gevallen is duidelijk naar voren gekomen dat geprofileerde wegmarkeringen (wegdekreflectoren daarbij inbegrepen) op natte wegen, en vooral bij regen, zeer aanzienlijke voordelen hebben boven traditionele (vlakke) wegmarkeringen. Het onderzoek dat aan deze rapporten ten grondslag ligt, is over het algemeen apart gepubliceerd.

In een aantal studies zijn metingen verricht waarbij de reflectie in droge en in natte toestand is vergeleken. Volgens Kop (1990) is de reflectie in

natte toestand de helft van die in droge toestand. Dit wordt ondersteund door een groot Deens onderzoek (Anon, 1988). De verhouding in zichtbaarheid (overigens niet precies gedefinieerd) van geprofileerde wegmarkeringen tussen natte en droge toestand is volgens Lundkvist (1990) tussen 1:4 en 1:1,5. Voor traditionele thermoplast bedraagt de verhouding 1:20.

In de laatste jaren is het steeds meer gebruikelijk geworden om alle wegmarkeringen met retroreflectoren uit te voeren, ook binnen de bebouwde kom. Daartoe hebben een paar factoren bijgedragen.

Ten eerste de vermindering van de openbare verlichting. Deze vermindering is ingezet kort na de "energiecrisis" van 1973/74 om energie te besparen, maar ze is voortgezet als kostenbesparende maatregel (Schreuder, 1985a). Ten tweede zijn door toepassing van halogeenlampen, en meer recentelijk door het toepassen van ellipsoïde spiegels, de autokoplampen veel helderder geworden. De luminantie van retroreflecterende wegmarkeringen kan daardoor ook groter worden - een noodzaak gezien de sterk toegenomen verblindings door de heldere dimlichten (Schreuder & Lindeijer, 1987). Een opvallende zaak dient hier te worden gesignaleerd: vaak wordt deze toename van de verlichting zo belangrijk gevonden dat de toename van de verblindings wordt genegeerd of gebagatelliseerd. Als voorbeeld daarvan moge gelden Schmidt-Clausen (1990).

6.3. Nieuwe ontwikkelingen

Op het gebied van wegmarkeringen die speciaal bij natte wegdekken zichtbaar zijn (blijven), hebben zich de laatste jaren verschillende interessante nieuwe ontwikkelingen voorgedaan.

Ten eerste noemen we de verdere ontwikkelingen van het uit Denemarken afkomstige "Spotflex"-proces (Reg); voor een gedetailleerd verslag waarbij naast de traditionele en geprofileerde markeringen ook "Spotflex" is onderzocht, wordt verwezen naar Anon (1989). Bij "Spotflex" worden, meestal op een verfstreep, kleine "plukjes" thermoplastisch materiaal met doorgemengde glasparels aangebracht. De plukjes zijn ca. 2 à 3 cm in diameter, en enige mm hoog. De onderlinge afstand van de plukjes is in de dwarsrichting enige cm, in de lengterichting ca. 10 à 15 cm. De plukjes zijn daarmee hoog genoeg om boven een eventuele waterlaag op de weg uit te steken; hun afstand is groot genoeg om de waarneembaarheid te waarborgen. Het patroon wordt soms regelmatig gemaakt, wanneer het acustisch/kinestetisch

effect gewenst wordt (op kantstrepen van buitenwegen bijvoorbeeld), of ook "gerandomiseerd" wanneer het geluidseffect juist ongewenst wordt geacht (in bewoonde gebieden bijvoorbeeld). De verfstreep dient om het visuele (en juridische) aspect van een doorgetrokken witte streep te behouden. "Spotflex" wordt op zeer grote schaal (als standaard kantstreep) op autosnelwegen in Denemarken toegepast; de ervaringen ermee zijn zeer goed en strekken zich reeds over een aantal jaren uit (zie Anon, 1988, 1989 en 1989a). Uit de meetgegevens blijkt dat "Spotflex" wat betreft de houdbaarheid, dag- en nachtzichtbaarheid en stroefheid direct met andere typen geprofileerde wegmarkeringen kan worden vergeleken. Wat betreft de geluidproductie binnen het voertuig blijft "Spotflex" door variatie binnen de constructie aan de eisen te kunnen worden aangepast (Anon, 1989). Ook op andere plaatsen begint men ervaring met dit systeem op te doen (zie bijvoorbeeld Meseberg, 1990b).

Een variant op het gebruik van kleine plukjes thermoplast is ontworpen door de firma Italvernici uit Italië. Deze firma heeft een systeem ontwikkeld waarbij kleine cirkelvormige reflectoren (diameter ca. 3 cm) als een soort mini-markeerknop op de weg worden aangebracht. De reflectoren zijn "hard"; ze zijn gevormd uit twee componentenplastics met glasparels. Bij de door Italvernici gepatenteerde uitvoeringsvorm wordt bovendien een kleine prismareflector in de mini-markeerknop aangebracht. Het systeem schijnt in Italië met succes te zijn toegepast; nadere gegevens zijn echter niet bekend (Anon, 1990).

Ten tweede kan genoemd worden de toepassing van "grote" glasparels. De "zeer grote" knickers (ca. 10 mm diameter; Dale, 1970) hebben blijkbaar geen blijvend succes opgeleverd. Reeds door Dale zijn bezwaren naar voren gebracht: hechting van de knickers, en beschadiging van het oppervlak. Wanneer momenteel van "grote" glasparels wordt gesproken, gaat het om glazen bollen van ca. 1 mm diameter - dus ongeveer tien tot twintig maal groter dan de gebruikelijke parels (Schreuder, 1978). Parels van deze grootte blijken uitstekend te voldoen (Anon, 1988; Dejaiffe et al., 1990; Meseberg, 1990a; 1990b). De hechting is verbeterd door speciale oppervlakbehandelingen van de parels (Anon, 1986; 1986a). Bovendien kunnen, net als bij traditionele markeringen, losgerukte parels worden vervangen door parels die dieper in de matrix liggen. Ook kunnen dergelijke parels als "nastrooi-parels" worden gebruikt (Finking & Seliger, 1989).

In Meseberg (1990a) is een aantal verschillende producten waarbij grote

glasparels worden gebruikt, beschreven en onderling vergeleken. De grote glasparels blijken zeer goed te voldoen. Een ander belangrijk produkt, dat pas zeer recent op de markt is gekomen, is de "Visibead (Reg)" uit Amerika. Dit produkt - glasparels met een diameter van 0,85 tot 1,5 mm - is o.a. beschreven door Dejaiffe et al. (1990). Daarbij is ook de afvloeiing van het water besproken. Verschillende bindmiddelen waarin de parels zijn gevat, zijn vergeleken. Aan de door Domhan & Serres (1987) voorgestelde eis van 50 mcd/m².lux wordt voldaan.

Naast deze nieuwe produkten zijn de meer gebruikelijke vormen van geprofileerde wegmarkeringen verder ontwikkeld. Een aantal firma's beschikken over wegmarkeringen met reflecterende strippen of richels die reflecterend zijn uitgevoerd. Voorbeelden zijn: 3M Company (USA), Ref-lite Co Ltd (Japan), Kiwalite (Japan) en Sabulite (Japan). Gegevens over ervaringen in de praktijk alsmede over de omvang van de toepassing ontbreken.

6.4. Acustische en kinestetische waarneming

In het voorstaande is de visuele waarneming van geprofileerde wegmarkeringen aan de orde gesteld. Sommige van deze typen markeringen komen tevens bij uitstek in aanmerking als bron van acustische en kinestetische informatie. De eerste toepassing van geprofileerde wegmarkeringen waren de bekende "rumble strips".

De wegmarkering moet zodanig zijn uitgevoerd dat de gewenste acustische en/of kinestetische signalen ook inderdaad worden afgegeven en de bestuurder/waarnemer bereiken. Daarvoor is een bepaalde graad van oneffenheid van het oppervlak nodig, die de auto of bepaalde onderdelen ervan zodanig in trilling brengt dat geluid wordt afgegeven of dat de waarnemer een vibratie voelt.

De acustische en kinestetische signalen komen vooral tot hun recht als waarschuwing bij een laag niveau van oplettendheid, bij regen en bij mist. Vooral bij mist, wanneer de visuele waarneming ernstig is belemmerd of soms geheel onmogelijk is geworden, kunnen deze signalen belangrijk zijn. Acustische en kinestetische signalen zijn voor bestuurders van personenauto's beter waarneembaar dan voor vrachtautobestuurders. Dit vanwege de meer en meer toegepaste geluidisolatie bij cabines van vrachtauto's en de grotere massa van bijvoorbeeld het wielophangingsysteem die lichte trillingen eerder uitdempent.

Aan de toepassing van sterk geprofileerde wegmarkeringen is echter een zeker bezwaar verbonden. Het geluid is meestal ook buiten de auto te horen, en het kan dus hinder opleveren voor omwonenden. Wegdekreflectoren leveren wat dat betreft minder bezwaar op.

Recent is zowel in Denemarken (Kop, 1990) als in Frankrijk (Muller, 1990) onderzoek gedaan naar de lawaai-overlast ten gevolge van geprofileerde wegmarkeringen. Details ontbreken echter.

Uit Nederlands onderzoek (C.R.O.W., 1987) is gebleken dat geprofileerde wegmarkeringen tot een zekere verhoging van de geluidproductie kunnen leiden. De mate van de verhoging hangt sterk af van het beschouwde materiaal, van het type weg waarmee wordt vergeleken, van de rijsnelheid, en van het voertuigtype. Voorts is uiteraard de afstand tussen de bron (het wiel) en de toehoorder van belang. Maar bij deze verhoging moet allereerst worden gelet op het percentage van de tijd dat de wegmarkering daadwerkelijk wordt bereden. Daarbij spelen de piekwaarde (tijdens het feitelijk berijden van de markering) en de gemiddelde waarde, waarbij rekening wordt gehouden met het feit dat gewoonlijk de markeringen slechts sporadisch worden bereden. Uit de metingen blijkt dat bij een piekverhoging van 14 dBA en een tijd van berijden van 10% (tamelijk extreme waarden) de gemiddelde geluidstoename ter plaatse van het wiel ca. 6 dBA bedraagt. Bovendien kan de toename van het geluid voor verschillende frequentiebanden sterk verschillen, waardoor ook de "aard" van het geluid kan verschillen (een min of meer duidelijke "toon" wanneer een smalle frequentieband wordt geproduceerd tegenover een "ruis" wanneer de frequentieband breed is). Ten slotte moet rekening worden gehouden met het feit dat het geluid soms een "pulserend" karakter heeft, en dat zulk pulserend geluid als hinderlijker wordt ervaren dan continu geluid met dezelfde gemiddelde waarde. De bedoelde publikatie geeft de volgende conclusie:

" Overrijden van geprofileerde markeringen geeft een zo geringe verhoging van het geluidniveau te zien dat daarvan op zichzelf geen overlast te verwachten is. Desondanks wordt het overrijden van de markeringen als hinderlijk ervaren" (C.R.O.W., 1987, blz 100).

6.5. Instabiliteit van motorfietsen

In het verleden is wel eens naar voren gebracht dat motorrijders hinder zouden kunnen ondervinden van geprofileerde wegmarkeringen en van wegdekreflectoren.

Recente studies bevestigen eerdere ervaringen: er bestaan geen aanwijzingen voor instabiliteit van motorfietsen bij geprofileerde wegmarkeringen, zelfs niet bij snelheden tot 130 km/uur (Bayer & Neis, 1987). Slechts voor nog hogere snelheden wordt nader onderzoek aanbevolen. De zelfde resultaten zijn in Frankrijk gevonden (Muller, 1990). Er zijn aanwijzingen dat geprofileerde wegmarkeringen voor berijders van motorfietsen beter zijn dan traditionele wegmarkeringen. Uit de gegevens is niet duidelijk of het daarbij gaat om een betere visuele geleiding of om minder verstoring van de stabiliteit.

6.6. Overige aspecten

Er zijn nog enkele aspecten die van belang zijn voor de visuele geleiding. Ze komen puntsgewijs aan de orde.

- Wegdekken: lichte wegdekken (cementbeton, Luxovit -Reg-) geven geen probleem voor de waarneembaarheid van wegmarkeringen, mits aan bepaalde minimale voorwaarden is voldaan (Meseberg, 1986).
- Drainerende wegdekken kunnen bij het aanleggen problemen opleveren wanneer dunvloeiende wegmarkeringen worden toegepast (Schreuder, 1991).
- Levensduur: de eerdere problemen dienaangaande zijn grotendeels opgelost (C.R.O.W., 1987). Daarom is het opvallend dat Kop (1990) aangeeft dat na één jaar nog maar 4 van de 64 proefvakken bij een experiment meer dan 100 mcd/m².lux opleverden. Deze opgave is moeilijk te duiden, omdat nadere gegevens ontbreken.
- Van bermreflectoren zijn geen nadere ontwikkelingen bekend na het overzichtsrapport van Lundkvist & Nilsson (1984).

6.7. Normen en standaards voor markeringen

6.7.1. Algemeen

In verband met de nadering van het jaar 1992 wanneer de Europese markten verenigd zullen worden, zal het gehele stelsel van normen en standaards zeer ingrijpend worden veranderd door het invoeren van het Europese keurmerk: het zogenaamde CE-merk. Dit betekent dat veel produkten aan essentiële eisen moeten voldoen; ze moeten ten teken daarvan het CE-merk voeren. Zonder CE-merk mag in Europa (EG en EFTA) niets worden verkocht. De essentiële eisen betreffen de veiligheid, de gezondheid en het milieu.

Ze zijn geformuleerd in Europese richtlijnen. Uit de essentiële eisen volgen normen, en daaruit keuringsvoorschriften. De richtlijnen zijn niet voor alle (groepen van) produkten of processen even streng. De minst strenge geeft aan dat de fabrikant (leverancier) zelf de keuringen verricht en zelf het CE-keur aanbrengt. De overheid houdt toezicht. Bij de strenge richtlijnen moeten de keuringen door een derde, onafhankelijke instantie worden uitgevoerd. Daar tussen zitten een aantal varianten. Het geheel is omschreven in ISO en in CEN-documenten (dat zijn families van documenten: de ISO 9000 en de CEN 45 000 series). Het oogmerk van de Europese normalisatie is tweeledig: het afbreken van internationale handelsbelemmeringen binnen Europa, en het bevorderen van de produktveiligheid.

Deze nieuwe regels zullen voor alle produkten gelden, dus ook voor wegmarkeringen. Het hangt van het type produkt af of het gaat om het verlenen van keurmerken voor materialen, voor gereede produkten of voor applicatiesystemen (in het geval van wegmarkeringen dus voor applicateurs). Naast deze technische normen, die vooral de kwaliteit van het produkt betreffen, zijn er uiteraard de nationale en internationale normen en standaards die de uitvoering en de vormgeving betreffen (de Weense en Geneefse conventies).

In Duitsland heeft men het gemis aan richtlijnen gevoeld. Omdat er geen wettelijke grond voor een DIN-norm kon worden gegeven (wellicht in het licht van de Europese normalisatie die hierboven is besproken) is een ad-hoc-werkgroep opgericht die "Hinweise" (niet-bindende aanbevelingen) heeft opgesteld. Deze Hinweise zijn toegelicht door Meseberg (1990b).

6.7.2. Kwaliteitscriteria voor markeringen

Onlangs zijn meetmethoden en meetapparatuur beschikbaar gekomen waarmee de reflectie-eigenschappen van wegmarkeringen met voldoende nauwkeurigheid kunnen worden gemeten. Dit maakte het mogelijk lichttechnische eisen voor wegmarkeringen op te stellen. Meseberg (1986) geeft aan dat de reflectiewaarde voor een waarnemingsafstand van 75 m ten minste $100 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{lux}$ moet bedragen, en voor 100 meter ten minste $250 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{lux}$. Voor een natte weg moet de reflectie 50% meer bedragen. Dit zijn gebruikswaarden. Deze waarden stemmen overeen met de door Schmidt-Clausen (1990) gegeven eisen: $150 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{lux}$ in nieuwe toestand, 100 in gebruikstoestand en 70 bij zeer

zwaar gebruik (er is niet nader aangegeven wat hieronder wordt verstaan). Deze eisen zijn zwaarder dan de waarden die uit praktische overwegingen zijn gekozen. Zo verlangen Domhan & Serres (1987) een minimum van 50 mcd/m².lux voor wegmarkeringen tijdens regen. Deze waarde wordt ook door Muller (1990) en door Dejaiffe et al. (1990) aangegeven.

7. ONGEVALLEN EN WEGMARKERINGEN

7.1. Literatuurstudie

Het probleem van het niet houden van de koers manifesteert zich in hoofdzaak door het van de rijbaan afraken. Naar verhouding vindt dit veelal plaats bij bochten buiten de bebouwde kom. Overheersende kenmerken van deze typen ongevallen komen in elke (buitenlandse) studie naar voren: jonge bestuurders, personenauto's, weekeindnachten, gebruik van alcohol. De kenmerken van bogen die bijdragen aan het ontstaan van ongevallen zijn ook reeds vaak aangetoond: de kleinere boogstralen, de grotere hoekverdraaiingen (uitgedrukt in het aantal graden per lengte eenheid), de smalere wegbreedte (zie onder meer Oei & Schoon, 1990). Op deze aspecten zullen we hier verder niet ingaan; wel zullen studies over alignement en wegmarkeringen worden behandeld.

Veel ongevallenstudies zijn verricht naar het alignement en effect van wegmarkeringen.

In termen van verwachtingspatronen is de studie interessant waarin de relatie is gelegd tussen ongevallen en de "prior curvature". De laatste is uitgedrukt in de som van alle booghoeken gemeten op wegvakken die zich op een afstand van 2 km voor een betreffende bocht bevonden. Het blijkt dat bij toename van de som van de booghoeken de ongevallenratio (duidelijk) afneemt. Opgemerkt wordt dat de gevonden relatie is gebaseerd op weinig gegevens (Matthews & Barnes, 1988).

In verband met de zichtbaarheid van het verloop van een horizontale bocht (naar links en rechts) kunnen twee studies worden aangehaald die de relatie leggen tussen ongevallen en de richting van de bocht. In een studie uitgevoerd binnen zes staten van de Verenigde Staten is vastgesteld dat van de ongevallen in bochten van enkelbaanswegen 62% plaats vonden in linker bochten en 38% in rechter bochten (Brinkman & Perchonok, 1979). Voor wegen met gescheiden rijbanen is het juist andersom, maar de verschillen tussen links en rechts zijn iets kleiner, resp. 42 en 58%. Een Zwitserse studie (Cohen & Zwahlen, 1989) laat voor enkelbaanswegen andere cijfers zien dan in de Verenigde Staten voor dit wegtype is gevonden: in linker bochten vond 42% van de ongevallen plaats en in rechter bochten 58%. De verschillen tussen de ongevallen overdag en 's nachts zijn hierbij gering. Een nader onderscheid naar het type ongeval bij dit

Zwitsers onderzoek geeft aan dat bij de linker bochten het aandeel van de eenzijdige ongevallen groter is en bij de rechter bochten het aandeel van de inhaalongevallen en frontale botsingen.

Gezien de verschillen tussen beide buitenlandse onderzoeken is het jammer dat - voor zover bekend - in Nederland geen onderzoek naar het verschil tussen linker en rechter bogen is uitgevoerd. Weliswaar is in een studie die Bureau Goudappel en Coffeng (BGC) in opdracht van de DVK heeft uitgevoerd verschil gevonden in het aantal ongevallen in "links- en rechts draaiende" bochten (bepaald naar oplopende hectometrering), maar een koppeling met de rijrichting tijdens het ongeval heeft niet plaatsgevonden (BGC, 1987).

In Groot-Brittannië is op drie locaties een positief effect van het verwijderen van overgangsbogen aangetoond. Aangaande de voorliggende studie is de opgave van de reden van dit effect van belang: verondersteld wordt dat bij afwezigheid van een overgangsboog de bestuurder beter in staat is de ernst van de gekromdheid van de eigenlijke boog in te schatten en zijn rijgedrag daarop af te stemmen (Stewart, 1987).

Er blijkt van land tot land verschillende voorkeur te bestaan voor diverse soorten wegmarkering. De Amerikaanse ongevallenstudies gaan vooral over wegdekreflectoren, de Engelse studies over wegmarkeringen, en de Franse en Zweedse studies in hoofdzaak over bermreflectoren. De resultaten zijn steeds analoog: er worden aanzienlijke reducties in ongevallen gemeld, maar het is niet steeds zonder twijfel vast te stellen of dit effect uitsluitend het gevolg is van de wegmarkering (Schreuder, 1985).

In een OECD-rapport (1990) zijn overzichten gegeven van de veiligheidsaspecten van as- en kantstrepen met de bijbehorende gedragsaspecten. Wat betreft de asstrepen wordt geconcludeerd dat op smalle wegen (minder dan ca. 5 meter breed), asstrepen wel eens tot een toename van de ongevallen zouden kunnen leiden, ofschoon dit niet uit het beschikbare materiaal is vast te stellen.

Meer in het algemeen blijkt uit literatuurstudies dat het effect van asstrepen op de veiligheid uit het beschikbare materiaal nauwelijks aantoonbaar is, en dat verschillende onderzoeken soms tot verschillende resultaten leiden. Gedragsveranderingen - snelheidsveranderingen - zijn nauwelijks bestudeerd en niet gevonden. Dit in tegenstelling tot de oude studie van Frybourg (1972).

Over kantstrepen is meer onderzoek gedaan. Over het algemeen is gevonden dat kantstrepen op tweestrooks wegen een positieve bijdrage leveren tot de veiligheid, ofschoon er ook studies zijn die geen duidelijk effect hebben kunnen aangeven. Een aantal simulatorstudies geven aan dat de snelheid toeneemt; dit kan worden beschouwd als een verhoging van het risiconemend gedrag, maar ook als een beter gebruik van de weg, met name in die gevallen waarbij de snelheid nog onder de snelheid overdag blijft (Johnston, 1983; Ranney & Gawron, 1984).

Door Thomson (1985) wordt een studie beschreven waarbij is vastgesteld dat in ca. 25% van de boogongevallen met dodelijke afloop en alcoholgebruik niet te zien was dat de bestuurder pogingen in het werk had gesteld de bocht in te sturen. Gesuggereerd wordt dat het in deze gevallen niet zo zeer ging om het feit dat de bocht niet gezien zou zijn, maar dat de bestuurder de informatie eenvoudigweg niet verwerkte. Als dit juist zou zijn wordt gesteld dat het niet efficiënt is de belijning van de bogen te verbeteren, maar dat maatregelen ter alarmering van de bestuurder (o.a. de toepassing van rumble strips) waarschijnlijk succesvoller zijn.

In de Richtlijnen voor de bebakening en markering van wegen (zie par. 4.3) worden dwarsstrepen genoemd als een middel voor de beïnvloeding van de snelheid (ze worden overigens niet aanbevolen). In Canada zijn ze beproefd op een afrit van een autosnelweg om de snelheid te reduceren van 100 tot 50 km/uur. Vastgesteld is dat de ernst van de ongevallen was afgenomen, dat de invloed op de snelheid niet groot was en dat het effect op weggebruikers die de eerste keer van de weg gebruik maakten het grootst was (Leibel & Bowron, 1984).

7.2. Ongevallenanalyse tweede- en derde-orde wegen

Bij het vergelijken van de ongevallenfrequentie van de tweede- en derde-orde wegen met hogere wegcategorieën, zijn de lagere categorieën erg onveilig. Als we het aantal letselongevallen naar verkeersprestatie als maat hanteren, ziet het beeld er als volgt uit (Janssen, 1988):

- autosnelweg (2 rijstroken per baan): 0,07 letselongevallen/vrt.km;
- autoweg (1 rijbaan): 0,11 letselongevallen/vrt.km;
- weg met gesl. verklaring (1 rijbaan): 0,30 letselongevallen/vrt.km;
- weg voor alle verkeer (2 rijstroken): 0,51 letselongevallen/vrt.km;
- weg voor alle verkeer (1 rijstrook): 0,85 letselongevallen/vrt.km.

De drie laatst genoemde wegcategorieën stellen we hier nader aan de orde.

Voor het kunnen leggen van de relatie tussen wegmarkering en ongevallen zijn inventarisatiegegevens nodig van de aanwezigheid van markeringen.

Voor zover bekend zijn deze gegevens niet beschikbaar.

Wel kan een impliciete relatie worden gelegd tussen de verkeersonveiligheid van de 80 km/uur-wegen en de in de Richtlijnen aanbevolen markeringen voor enkelbaanswegen. Dit is alleen mogelijk als de aanname wordt gedaan dat deze wegen volgens de Richtlijnen van markering zijn voorzien. Hoewel deze aanname waarschijnlijk niet reëel is, kan een verdeling van de ongevallen naar markeringsklasse inzicht bieden in de onveiligheid van wegen. De wijze van markering van de wegtypen is gekoppeld aan de rijbaanbreedte; deze breedte komt als kenmerk in de meeste ongevallen- en wegkenmerkbestanden voor.

Het onderzoek is als volgt uitgevoerd. Allereerst is een verdeling van de aanbevolen as- en kantstrepen naar rijbaanbreedte gemaakt. Volgens de Richtlijnen voor de bebakening en markering van wegen (1976, 1981 en 1986) is deze indeling als volgt:

Rijbaanbreedte (m)	Rijstrookbreedte (m)	Markering	
		asstreep	kantstreep
< 4,50		nee	nee
4,50 - 5,10		sugg. mark.	nee
5,10 - 5,80	> 2,50	ja	nee *)
> 5,80		ja	ja

*) wel op bijvoorbeeld dijkwegen

Vervolgens is met een bestaand bestand met weg-, verkeers- en ongevallenkenmerken (BRO, 1988) een vergelijkbare indeling in wegbreedteklassen gemaakt. Aangezien de wegbreedte in dit bestand in klassen van hele meters is gecodeerd, zijn de volgende drie klassen onderscheiden:

< 5 m; 5-6 m; > 6 m.

Dit bestand met gegevens uit de jaren 1983 t/m 1986 heeft onder meer betrekking op de twee wegcategorieën "weg met gesloten verklaring" en "weg voor alle verkeer". Beide categorieën zijn hier afzonderlijk beschouwd.

Wegtype Naar breedte (m)	Totaal aantal ongevallen			Enkelvoudige ongevallen			Perc. enkelvoudige ongevallen		
	ums	letsel + dood	totaal	ums	letsel + dood	totaal	ums	letsel + dood	totaal
WG < 5	54	15	69	33	8	41	61	53	59
WG 5-6	484	136	620	182	47	229	38	35	37
WG > 6	1654	457	2111	812	180	992	49	39	47
WA < 5	1850	443	2293	926	213	1139	50	48	50
WA 5-6	1082	214	1296	590	139	729	55	65	56
WA > 6	707	181	888	315	79	394	45	44	44

Tabel 1. Totaal aantal ongevallen en enkelvoudige ongevallen (1983 t/m 1986) van wegen met een gesloten verklaring (WG) en wegen voor alle verkeer (WA) naar wegbreedte.

Wegtype naar breedte (m)	Intensiteit (etmaal)	Lengte (km)	Motorvrt-km (x10 ⁶)	Enkelvoudige ongevallen		
				totaal	gerelateerd aan: lengte	motorvrt-km
WG < 5	1284,39	26,3	49,32	41	0,39	0,83
WG 5-6	3437,49	78,4	393,47	229	0,73	0,58
WG > 6	9459,11	260,3	1843,92	992	0,95	0,54
WA < 5	357,15	2125,7	1108,42	1139	0,13	1,03
WA 5-6	1177,27	363,7	625,13	729	0,50	1,17
WA > 6	5604,68	134,5	527,08	394	0,73	0,75

Tabel 2. Enkelvoudige ongevallen (ums+letsel gem. per jaar) gerelateerd aan de lengte en motorvoertuigkm's voor de wegen met een gesloten verklaring (WG) en wegen voor alle verkeer (WA) naar wegbreedte.

De resultaten van de analyse zijn in twee tabellen weergegeven. In Tabel 1 zijn opgenomen het totale aantal ongevallen, het aantal enkelvoudige ongevallen en hun onderlinge verhouding uitgedrukt in het percentage.

Uit deze tabel blijkt dat de smalste rijbaanbreedte (< 6 m) van wegen met een gesloten verklaring het grootste percentage enkelvoudige ongevallen geeft. Voor wegen voor alle verkeer is dit voor de middelste klasse het geval (5 - 6 m).

In Tabel 2 zijn de expositiegegevens gegeven en de relatering van de enkelvoudige ongevallen aan deze cijfers.

Wat de weglengte betreft zijn bij de wegen met een gesloten verklaring de grootste wegbreedteklasse met 71% het duidelijkst vertegenwoordigd. Bij de wegen voor alle verkeer is dit juist de kleinste klasse (81%). Het grootste aantal absolute enkelvoudige ongevallen is eveneens bij deze twee klassen te vinden, maar uitgedrukt naar het aantal ongevallen per kilometer weglengte zijn er grote onderlinge verschillen. Nu geven de twee hoogste wegbreedteklassen van beide wegtypen de grootste ongevallenratio. Voor wegen voor alle verkeer is het verschil tussen de klasse "< 5" en "> 6" een factor 5,5; voor wegen met een gesloten verklaring bedraagt de factorwaarde tussen deze beide klassen 2,5.

De wegen met relatief weinig verkeer - dit zijn ook de smalste wegen - geven de meeste ongevallen per motorvoertuigkilometer.

N.B. Gezien het relatief grote aantal ongevallen dat in bochten van enkelbaans wegen plaatsvindt, zou het voor de hand liggen bij de analyses hier aandacht aan te besteden. Hoewel het kenmerk "mate van bochtigheid" in het bestand is opgenomen, is dit kenmerk echter zodanig geïnventariseerd en gecodeerd, dat slechts 4% van de wegvakken als "zeer bochtig" en "matig bochten" zijn aangemerkt; de rest is in de klasse "recht" terecht gekomen. Nadere analyse werd derhalve niet zinvol geacht.

Geconcludeerd kan worden dat relatief gesproken veel enkelvoudige ongevallen op de smalste wegen van de wegen met een gesloten verklaring en wegen voor alle verkeer plaatsvinden. Als de wegmarkering volgens de richtlijnen zou zijn uitgevoerd, zijn deze wegen in ieder geval niet voorzien van kantstrepen en soms voorzien van een suggestiemarkering voor de asstreep. Nu kan zeker niet zonder meer worden gesteld dat de waarschijnlijke afwezigheid van wegmarkering de oorzaak van het relatief grote aantal ongevallen is. Wel kan de hypothese worden geformuleerd dat de afwezigheid van wegmarkering in negatieve zin bijdraagt aan het aantal ongevallen op

beschouwde wegtypen. Of deze hypothese bevestigd kan worden zal uit nader onderzoek dienen te blijken.

8. SAMENVATTING EN DISCUSSIE

Vergeleken met autosnelwegen en autowegen vinden op de 80 km/uur-wegen meer letselongevallen per voertuigkilometer plaats. Op de smalste wegen gebeuren relatief de meeste enkelvoudige ongevallen. Ongunstige omstandigheden (duisternis, slecht weer, alcohol), hoge snelheid en slechte wegmarkering kunnen hierbij een rol spelen. De volgende fouten kunnen hierbij een rol spelen:

- onjuiste snelheidskeuze voor de lokale en temporele situatie;
- onjuiste inschatting van het wegverloop en de bochten erin;
- onjuiste beoordeling van de dwarspositie op de weg, de bochten daarbij inbegrepen.

Voor het houden van de koers en de dwarspositie worden wegmarkeringen en bermreflectoren als geleidingsmiddelen toegepast. In een aantal opzichten verschillen ze van elkaar.

Wegmarkeringen zijn beter te localiseren, zodat ze voor het handhaven van de dwarspositie binnen de rijstrook meer geschikt zijn. Bermreflectoren daarentegen zijn op grotere afstand waarneembaar, zodat ze als informatiebron voor andere manoeuvres (bijvoorbeeld de tijdige waarneming van bochten) meer in aanmerking komen.

Bermreflectoren zijn door hun verticale stand minder gevoelig voor vocht dan wegmarkeringen, en vrijwel ongevoelig voor sneeuw, waardoor ze bij slechte weersomstandigheden beter zichtbaar blijven. Dit geldt zowel overdag als bij duisternis bij verlichting door autokoplampen.

Tijdens regen, en in het algemeen op een natte weg, is de traditionele wegmarkering (verf of thermoplast) niet of nauwelijks zichtbaar. Geprofileerde wegmarkering (wegdekreflectoren daarbij inbegrepen) is onder die omstandigheden zowel overdag als bij duisternis goed of zelfs uitstekend zichtbaar. Er zijn aanwijzingen dat deze verbeterde waarnemingsomstandigheden resulteren in een afname van ongevallen. Dat een duidelijke afname niet aantoonbaar is, heeft vermoedelijk te maken met het verschijnsel dat een gedeelte van de toegevoegde (extra) veiligheid te niet gedaan wordt door een wijziging van het gedrag (bijvoorbeeld sneller rijden). We spreken dan over risico-compensatie.

Er zijn aanwijzingen dat de acustisch/kinestetische aspecten (door de ervan uitgaande extra waarschuwing) bijdragen tot het nuttig effect van

geprofileerde wegmarkeringen. Vooralsnog geldt dit alleen voor bestuurders van personenauto's. Van een nadelige invloed van deze wegmarkeringen op de stabiliteit van tweewielers (motorfietsen) lijkt geen sprake te zijn. Geluidoverlast wordt bij toepassing op rurale wegen als hinderlijk ervaren, ondanks dat er slechts sprake is van een geringe verhoging van het geluidniveau. Op grond van deze conclusie lijkt het gerechtvaardigd te stellen dat geprofileerde wegmarkeringen op rurale 80 km/uur-wegen zonder bezwaar kunnen worden toegepast, mits geen bebouwing in de buurt voorkomt. Is dat wel het geval, zal een politieke afweging gemaakt moeten worden tussen meer geluidhinder en veiligheidswinst.

Als een bestuurder een goed inzicht heeft in het verloop van een bocht, is hij in staat een juiste keuze van een veilige snelheid te maken en weet hij welke stuurmanoeuvre uitgevoerd dient te worden. Een goed inzicht in het verloop van de boog wordt verkregen als de totale hoekverdraaiing voor het ingaan van de boog te zien is. Markering van de boog kan hierin een belangrijke rol vervullen, zeker als natuurlijke visuele geleidingselementen ontbreken. Vanwege de mindere overzichtelijkheid zal aan rechter bochten meer aandacht besteed dienen te worden dan aan linker bochten. In het algemeen geldt dat koershouden ten opzichte van de asstreep beter gaat dan ten opzichte van de kantstreep.

Het verwachtingspatroon is een belangrijk facet van het koershouden. Als de functie van de weg duidelijk is, bijvoorbeeld een stroomfunctie of een ontsluitingsfunctie, weet de (ervaren) bestuurder welk rijgedrag daarbij past. Nagegaan moet worden hoe met wegmarkeringen de functie van de weg kan worden geaccentueerd. Als bepaalde bogen en discontinuïteiten buiten het verwachtingspatroon van de bestuurder vallen - en deze kunnen op enigerlei reden (nog) niet gecorrigeerd worden - kan hier met wegmarkering meer aandacht op worden gevestigd.

Een bezwaar van goed zichtbare wegmarkering op grote afstand is dat de weg het karakter krijgt van een weg waar hoge snelheden mogelijk zijn. We zagen dat deze vorm van risico-compensatie in geringe mate optreedt. Nog onderzocht dient te worden hoe dit eventueel het beste kan worden ondervangen. Door IWACC (1986) zijn een aantal "oplossingen" genoemd: grote waarnemingsafstanden vermijden, de toepassing van belijnen beperken en objecten vermijden die kenmerkend zijn voor wegen met een stroomfunctie. In de RONA-richtlijnen wordt de toepassing van dwarsfrictie genoemd (toepassing van (visuele) vernauwing).

Aanbevolen wordt genoemde mogelijkheden te zamen te onderzoeken met de markeringsmogelijkheden die toegepast kunnen worden om de functie van de weg te verduidelijken, dan wel de categorie waartoe een weg behoort, tot uiting te laten komen. Hiertoe worden in dit rapport diverse mogelijkheden genoemd: verschillen in reflectiewaarde, verschillen in grootte van oppervlakte, verschillen in vorm. Voor bepaalde patroonherkenning zou educatie en voorlichting noodzakelijk kunnen zijn. Toepassing van verschillende kleuren zijn minder goed mogelijk. In dit verband is te noemen dat het opmerkelijk is dat de kleur rood wordt toegepast bij bermreflectoren die aan de rechterzijde van de rijbaan zijn geplaatst. De reflectiewaarde van deze kleur kan wel factor 5 minder bedragen dan die van wit.

Ook kan gezien worden in hoeverre met wegmarkering een visuele vernauwing is te bewerkstelligen op die wegen waar minder hoge snelheden gewenst zijn.

Een ander punt betreft de toepassing van bermreflector op rechte wegvakken. Aangezien deze reflectoren voor het houden van de koers nauwelijks een rol spelen, zouden ze hier achterwege kunnen blijven en alleen in bochten kunnen worden geplaatst. Een dergelijke uitvoering heeft als groot voordeel dat de aanwezigheid van een bocht extra benadrukt wordt.

Voor het afstemmen van de gewenste waarnemingsafstand op de zichtbaarheid van markeringsmiddelen, kan de zogenaamde preview worden gehanteerd. Onder preview wordt verstaan de afstand waarop een voorwerp gezien moet kunnen worden om een manoeuvre nog tijdig te kunnen uitvoeren. In dit rapport is reeds een aanzet gegeven tot de benodigde zichtafstanden voor het tijdig kunnen uitvoeren van bepaalde manoeuvres; de afstanden zijn in eerste instantie gebaseerd op een naderingssnelheid van ca. 90 km/uur. Het is nog noodzakelijk dat de gegeven richtgetallen worden gevalideerd en gedifferentieerd naar de diverse typen 80 km/uur-wegen.

LITERATUUR

- Anon (1986). Le marquage routier en France. ISTED, Bagnaux, 1986.
- Anon (1986a). L'amélioration de la visibilité de nuit des marquages routiers par les traitements de surface des microbilles de verre. In: Anon (1986).
- Anon (1987). Metingen op weg 141 van sept. 1986 tot juni 1987 (In het Deens). Vejdirektoratet, 1987.
- Anon (1988). Large glass beads improve wet night visibility. Better Roads 58 (1988) 8: 34-35.
- Anon (1989). Metingen op weg 141 van sept. 1987 tot sept. 1988 (In het Deens). Vejdirektoratet, 1989.
- Anon (1989a). Metingen op weg 141 van sept. 1986 tot sept. 1988 (In het Deens). Vejdirektoratet, 1989.
- Bayer, B. & Neis, H. (1987). Über den Einfluss von profilierten Fahrbahnmarkierungen auf die Fahrstabilität von Motorrädern. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 25 (1987): 292-296.
- BGC (1987). Verkeersveiligheid in bogen in enkelbaanswegen; Analyse eerste fase. Bureau Goudappel Coffeng bv, 1987.
- Bommel, W.J.M. van & Boer, J.B. de (1980). Road lighting. Philips Technical Library. Kluwer, Deventer, 1980.
- Brinkman, C.P. & Perchonok, K. (1979). Hazardous effects of highway features and roadside objects - Highlights. Public Roads, June 1979.
- BRO (1988). Inventarisering tweede en derde wegennet. Bureau voor Ruimtelijke Ordening van Heeswijk, 1988.
- Cohen, A.S. & Zwahlen, H.T. (1989). Blicktechnik in Kurven; Wissenschaftliches Gutachten. BFU-Report 13. Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung BFU, Bern, 1989.
- C.R.O.W. (1987). Zicht op wegmarkeringen. Publikatie 2. Stichting C.R.O.W., Ede 1987.
- Dale, J.M. (1970). Development of formed-in-place wet reflective pavement markers. Report 85. NCHRP, Washington, D.C., 1970 (Cit. Grieser et al., 1972).
- Dejaiffe, R.; Weemaes, J. & Gilloon, M. (1990). Mobil bleiben bei Regen und Nebel in der Nacht. In: Meseberg (ed.) (1990), pp. 24-30.
- Domhan, M. & Serres, A.-M. (1987). Fahrbahnmarkierungen mit Nachtsichtbarkeit bei Nässe. Strassenverkehrstechnik 31 (1987) 5 : 156-168.

- Fildes, B.N. & Triggs, T.J. (1982). The effects of road curve geometry and approach distance on judgements of curve exit angle. ARRRB Proceedings, Volume 11, 1982.
- Fildes, B.N. & Triggs, T.J. (1985). The effect of changes in curve geometry on magnitude estimates of road-like perspective curvature. Perception & Psychophysics 37 (1985).
- Frybourg, M. (1972). L'aide à la conduite et le marquage des chaussées. Proc. International Congress on Traffic Engineering, Amsterdam, 1972.
- Finking, W. & Seliger, R. (1989). Neue Entwicklungen bei der Nachtsichtbarkeit von Fahrbahnmarkierungen. Strassenverkehrstechnik 33 (1989) 130-133. Ook in: Meseberg (ed.) (1990), pp. 82-88.
- Godthelp, J. (1984). Path error-neglection in straight lane driving. Report IZF 1984-32. TNO Institute for Perception, Soesterberg, 1984.
- IWACC (1986). Retroflekterende materialen en de visuele inrichting van het wegverkeer; Verslag in opdracht van de Directie Verkeersveiligheid. IWACC 1986-VII. SVT/DVV/ANWB, 1986.
- Janssen, S.T.M.C. (1988). De verkeersonveiligheid van wegtypen in 1986 en 2010. R-88-3. SWOV, Leidschendam, 1988.
- Janssen, S.T.M.C. (1989). Notitie ten behoeve van de C.R.O.W.-Werkgroep Categorie-indeling wegen binnen de bebouwde kom. SWOV, Leidschendam, 1989.
- Johnston, I.R. (1983). The effects of roadway delineation on curve negotiation by both sober and drinking drivers. Research Report ARR 128. Australian Road Research Board, Nunawading, 1983 (Cit.: OECD, 1990).
- Kop, V. (1990). Nachtsichtbarkeit bei Nässe, Lösungsansätze und Erfahrungen beim Einsatz profilierter Markierungen in Europa (Dänemark). In: Meseberg (ed.) (1990), p. 13.
- Kulakowski, B.T. & DiGiovanni, M.A. (1987). Measurement and modelling of thin water films on road surfaces. Proceedings 33rd International Instrumentation Symposium, pp. 209-218. Las Vegas, Nevada, 1987 (Cit: Dejaiffe et al. (1990)).
- Leibel, D.J. & Bowron, D.J. (1984). Use of "optical speed bars" to reduce accidents; The Calgary experience. International Transport Congress, Montreal, 1984.
- Lundkvist, S.-O. (1990). Nachtsichtbarkeit bei Nässe, Lösungsansätze und Erfahrungen beim Einsatz profilierter Markierungen in Europa (Schweden). In: Meseberg (ed.) (1990), p. 15.
- Lundkvist, S.-O. & Nilsson, B. (1984). The functional properties of marker posts (In Swedish). Medd. No 403. VTI, Linköping, 1984.

- Matthews, L.R. & Barnes, J.W. (1988). Relation between road environment and curve accidents. Proceedings 14th ARRB Conference, Part 4, 1988.
- Meseberg, H.-H. (1986). Die Erkennbarkeit von Fahrbahnmarkierungen. Internationales Verkehrswesen 38 (1986): 52-61.
- Meseberg, H.-H. (ed.) (1990). Fahrbahnmarkierungen '90. Schriftenreihe DSGM, Heft 9. Kirschbaum Verlag, Bonn, 1990.
- Meseberg, H.-H. (1990a). Lichttechnische Eigenschaften von Markierungen. In: Meseberg (ed.) (1990), pp. 49-55.
- Meseberg, H.-H. (1990b). Erläuterungen zu den "Hinweisen für die Anwendung von Fahrbahnmarkierungen mit erhöhten Nachtsichtbarkeit bei Nässe". In: Meseberg (ed.) (1990), pp. 73-81.
- Muller, A. (1990). Nachtsichtbarkeit bei Nässe, Lösungsansätze und Erfahrungen beim Einsatz profilierter Markierungen in Europa (Frankreich). In: Meseberg (ed.) (1990), pp. 13-14.
- OECD (1990). Behavioural adaptations to changes in the road transport system. OECD, Paris, 1990.
- Oei Hway-liem (1989). Snelheid en verkeersveiligheid op 80 km/uur-wegen; Een literatuurverkenning. R-89-52. SWOV, Leidschendam, 1989.
- Oei Hway-liem & Schoon, C.C. (1990). De bocht uit. In: Wegman, F.C.M. et al. (eds.) Voor alle veiligheid; Bijdragen aan de bevordering van de verkeersveiligheid. SDU uitgeverij, 1990.
- Ranney, T.A. & Gawron, V.J. (1984). Identification and testing of countermeasures for specific alcohol accident types and problems. Report No. DOT-HS 806-650. NHTSA, Washington, D.C., 1984. (Cit.: OECD, 1990).
- Ranney, T.A. & Gawron, V.J. (1986). The effects of pavement edgelines on performance in a driving simulator under sober and alcohol-dosed conditions. Human Factors 28 (1986).
- Riemersma, J.B.J. (1985). Koershouden op de rechte weg. Verkeerskunde 36 (1985) 8 : 367-372.
- Riemersma, J.B.J. (1989). Waarnemen van weg en omgeving en rijtaak. In: Van Knipperberg et al. (eds.): Handboek Sociale Verkeerskunde. Van Gorcum, Assen/Maastricht, 1989.
- Riemersma, J.B.J. (1988). De waarneming van boogkenmerken. IZF 1988 C-8. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg, 1988.
- Richtlijnen voor de bebakening en markering van wegen; Eerste aflevering, 1976; tweede aflevering, 1981; derde aflevering, 1986. Staatuitgeverij, 's-Gravenhage.

- RONA (1986). Richtlijnen voor het ontwerpen van niet-autosnelwegen. Voorlopige richtlijnen, Hoofdstuk VI: Wegen in plattelandsgebieden. Staatsuitgeverij, 's Gravenhage, 1987.
- RONA (1989). Richtlijnen voor het ontwerpen van niet-autosnelwegen; Voorlopige richtlijnen, Hoofdstuk IV: Alignement. Staatsuitgeverij, 's Gravenhage, 1989.
- Schreuder, D.A. (1980). Geprofileerde wegmarkeringen; Een literatuurstudie. R-80-51. SWOV, Leidschendam, 1980.
- Schreuder, D.A. (1985). De zichtbaarheid van wegmarkeringen op natte wegen; Een aanvullende literatuurstudie. R-85-23. SWOV, Leidschendam, 1985.
- Schreuder, D.A. (1990). Visibility aspects of the driving task; A theoretical note. SWOV, Leidschendam (In preparation).
- Schreuder, D.A. (1991). Criteria for the selection of pervious coated Macadam (Draft). Contribution Final Report Working group on Pervious coated Macadam, PIARC, 1991.
- Schreuder, D.A. & Lindeijer, J.E. (1987). Verlichting en markering van motorvoertuigen: Een state-of-the-art-rapport. R-87-7. SWOV, Leidschendam, 1987.
- Schmidt-Clausen, H.-J. (1990). Lichttechnische Anforderungen an Fahr-
bahnmarkierungen. In: Meseberg (ed.) (1990), pp. 7-12.
- Stewart (1987). Prevention of accidents at bends on rural roads. Proc. Workshop Minor rural roads, Wageningen, 1987.
- Stoffelsen, J. & Hartman, J. (1989). Wegbeeldverbeteringen bij ongevals-
gevoelige locaties. In: Verkeerskundige Werkdagen 1989, Deel 3. Stichting C.R.O.W., 1989.
- Thomson, G.A. (1985). Drinking-driving accident countermeasures: Why not try changing the environment. *Accid. Anal. & Prev.* (1985) 3.
- Triggs, T.J.; Harris, W.G. & Fildes, B.N. (1979). Delineation as road signing: A study of visual cues on rural roads at night. Proceedings of the Human Factors Society, 23rd Annual Meeting, 1979. The Human Factors Society, Inc., 1979.
- Triggs, T.J. & Wisdom, P.H. (1978). Observations of vehicle lateral position-keeping and the effect of pavement delineation marking. *ARRB Proceedings*, Volume 9, 1978.
- Wertheim, A.H. (1986). Over het meten van visuele opvallendheid van objecten in het verkeer. IZF 1986-C-25. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg, 1986.