





**IZF 1990 C-10**

**ZICHTCRITERIA VOOR WEGEN EN  
INFORMATIEDRAGERS LANGS DE WEG**

J. Godthelp  
E. Tenkink

Niets uit deze uitgave mag worden  
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt  
door middel van druk, fotokopie, microfilm  
of op welke andere wijze dan ook, zonder  
voorafgaande toestemming van TNO.  
Het ter inzage geven van het TNO-rapport  
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Indien dit rapport in opdracht werd  
uitgebracht, wordt voor de rechten en  
verplichtingen van opdrachtgever en  
opdrachtnemer verwezen naar de  
'Algemene Voorwaarden voor Onderzoeks-  
opdrachten TNO', dan wel de betreffende  
terzake tussen partijen gesloten  
overeenkomst.

© TNO

Opdrachtgever: Dienst Verkeerskunde van de Rijkswaterstaat,  
Postbus 1031, 3000 BA Rotterdam  
Aantal bladzijden: 32



## INHOUD

|                                                            | Blz. |
|------------------------------------------------------------|------|
| SAMENVATTING                                               | 5    |
| SUMMARY                                                    | 6    |
| 1 INLEIDING                                                | 7    |
| 2 WEGONTWERP EN BESCHIKBARE ZICHTAFSTAND                   | 9    |
| 3 CRITERIA MET BETREKKING TOT DE GEOMETRISCHE ZICHTAFSTAND | 11   |
| 3.1 Stopzichtcriterium                                     | 11   |
| 3.2 Afremzichtcriterium                                    | 13   |
| 3.3 Rijzichtcriterium                                      | 14   |
| 3.4 Inhaalzichtcriterium                                   | 17   |
| 3.5 Oprijzichtcriterium                                    | 18   |
| 3.6 Kruisingszichtcriterium                                | 20   |
| 3.7 Stuurzichtcriterium                                    | 21   |
| 3.8 Zichtcriteria in de praktijk                           | 22   |
| 4 WAARNEEMBAARHEID VAN INFORMATIEDRAGERS                   | 22   |
| 5 DISCUSSIE                                                | 25   |
| 5.1 Terminologie                                           | 25   |
| 5.2 Criteria                                               | 27   |
| 5.3 Zicht, rijgedrag en veiligheid                         | 28   |
| 5.4 Kunstmatig zicht                                       | 28   |
| 6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN VOOR VERDER ONDERZOEK        | 29   |
| REFERENTIES                                                | 31   |



## Zichtcriteria voor wegen en informatiedragers langs de weg

J. Godthelp en E. Tenkink

### SAMENVATTING

In opdracht van de Dienst Verkeerskunde van Rijkswaterstaat werd een literatuurstudie verricht naar de terminologie en criteria, welke worden gehanteerd bij het beoordelen van zichtafstanden op wegen. Geconcludeerd wordt dat de bestaande terminologie nogal verwarrend is. Daarom wordt aanbevolen voor het aanwezige, meetbare zicht steeds de term "zichtafstand" te gebruiken. Voor de aan de zichtafstand te stellen eis wordt de term "zichtcriterium" aangehouden, met als bekendste voorbeeld het stopzichtcriterium, d.i. de benodigde zichtafstand om veilig te kunnen stoppen. M.b.t. de onderbouwing van criteria wordt geconcludeerd dat deze voldoende is voor het inhaalzichtcriterium. De in het stopzichtcriterium gehanteerde remvertraging ( $3 \text{ à } 5 \text{ m/s}^2$ ) is aanzienlijk hoger dan de in de praktijk door automobilisten geaccepteerde vertraging, terwijl de perceptie-reactietijd van 1.5 à 2 s voor niet-autosnelwegen te laag wordt geacht. Als nadere onderbouwing van het oprijcriterium is meer kennis nodig over gap-acceptatie in situaties met beperkt zicht. Daarnaast is als onderbouwing voor alle zichtcriteria meer inzicht nodig in het feitelijke snelheidsgedrag als functie voor de zichtafstand. Aanbevolen wordt om de zichtbaarheid van informatiedragers in nauwe samenhang met de zichtcriteria voor de geometrische zichtafstanden te beschouwen. Bij het meten van zichtafstanden en het bepalen van bijv. leesafstanden van informatiedragers wordt uitgegaan van bepaalde stationaire en dynamische eigenschappen van de waarnemer. Aanbevolen wordt als standaard een zgn. "ontwerp bestuurder" concept te ontwikkelen.



---

## Sight distance criteria for road design and roadside information

J. Godthelp and E. Tenkink

### SUMMARY

Under contract with the Traffic and Transport Engineering Division of the Ministry of Transport in the Netherlands, the literature was reviewed with regard to terms and criteria, that are used for the measurement and assessment of sight distances on the road. The existing terminology is rather confusing and it is recommended therefore to use the word "sight distance" as a unique term for the measurable, available sight. With respect to the required sight distances it is proposed to use the additional word "criterion", like stopping sight distance criterion, i.e. the sight distance required for safe stopping. With respect to the knowledge underlying the different sight distance criteria it is concluded that the passing sight distance criterion is presently quite well motivated. The deceleration levels used as an element of the stopping sight distance criterion are considered to be considerably larger than those normally accepted by drivers. Furthermore the perception-reaction time value of 1.5 or 2 s for rural roads is considered too low. The solidness of the intersection sight distance criterion should be improved by gathering more knowledge about gap-acceptance in limited sight distance conditions. Most of the criteria also lack a fundamental knowledge about the relation between sight distance and actual speed choice. It is recommended also to consider geometric sight distance in close relation with the visibility requirements of roadside information like signs, delineation etc. Finally it is indicated to be useful to develop a "design driver" concept, which involves most of the static and dynamic properties of an representative observer and which can be used as a standard design element.



## 1 INLEIDING

In de afgelopen jaren is vrij veel onderzoek gedaan naar de waarneembaarheid van informatiedragers in het verkeer. Het ging daarbij o.a. om de leesbaarheid van routeborden, opvallendheid van verkeerslichten, herkenbaarheid van verkeersborden en zichtbaarheid van bebakening en markering. Meestal werd in deze studies de invloed van bepaalde signaaleigenschappen (bijv. reflectie, kleur) op de waarneembaarheid bepaald. Dit leidde tot conclusies over onderlinge verschillen, bijv. tussen materialen, terwijl daarnaast soms een vergelijking met een min of meer absoluut zichtcriterium werd gegeven. Dergelijke criteria werden meestal gebaseerd op een theoretische beschouwing en/of literatuurgegevens.

Ook bij het ontwerpen van een weg spelen zichtafstanden een belangrijke rol. De reflectie eigenschappen van een verkeersbord komen pas tot z'n recht als de door het wegontwerp bepaalde geometrische zichtafstand het zien van het bord op voldoende afstand toestaat. Zo wordt in de bestaande richtlijnen voor het ontwerpen van wegen als minimum ontwerpeis gesteld dat de zichtafstand steeds voldoende moet zijn om veilig voor een obstakel te kunnen stoppen. Ook met betrekking tot het veilig kunnen oprijden van een kruispunt en het inhalen op niet-autosnelwegen gelden specifieke eisen voor de geometrische zichtafstand. Voor zowel de te stellen eisen aan de waarneembaarheid van informatiedragers als die ten aanzien van de geometrische zichtafstanden geldt dat de onderbouwing in een aantal gevallen onduidelijk is. Bovendien is de hierbij gebruikte terminologie vaak verwarrend hetgeen vervolgens weer leidt tot inconsistent woordgebruik.

In verband met deze problematiek is door de Dienst Verkeerskunde van de Rijkswaterstaat aan IZF-TNO verzocht op een vrij breed terrein onderzoek te verrichten naar de relatie tussen zicht en rijgedrag. Dit met het oog op de verdere ontwikkeling van richtlijnen voor het ontwerp van wegen, criteria voor de plaatsing van openbare verlichting en mistwaarschuwingssystemen en in verband met een mogelijk verdere differentiatie van snelheidslimieten buiten de bebouwde kom.

De opdracht betreft in eerste instantie een literatuurstudie met de volgende onderdelen:

- Inventarisatie van thans gehanteerde "zicht"-termen en - eisen en een analyse van de onderbouwing van deze eisen.
- Overzicht van de geïdentificeerde probleemgebieden en een voorstel voor verder onderzoek.

Bij het inventariseren van de bestaande termen en criteria werden o.a. de volgende bronnen geraadpleegd:

- Nomenclatuur van weg en verkeer (RAW, SCW, SVT, 1986).



- Richtlijnen voor het ontwerpen van niet-autosnelwegen; Hoofdstuk III-2, Kruispunten; afgeleide uitgangspunten (RONA, 1986).
- Richtlijnen voor het ontwerp voor niet-autosnelwegen; Hoofdstuk IV-3, Zichtafstanden (RONA, 1989).
- Concept-richtlijnen voor het ontwerpen van autosnelwegen; Hoofdstuk II-4, Alignement (ROA, 1988).
- Verschillende buitenlandse handleidingen voor het ontwerpen van wegen.

De hierin voorkomende termen en eisen kunnen worden onderscheiden in begrippen die betrekking hebben op het aanwezige dan wel op het benodigde zicht. Voorts geldt dat een deel van de termen iets zegt over de relatie tussen geometrische wegkenmerken en zichtafstanden, terwijl de overige begrippen betrekking hebben op de feitelijke waarneembaarheid van specifieke informatiedragers. In de volgende hoofdstukken wordt achtereenvolgens op de hier onderscheiden aspecten ingegaan. Bij het evalueren van de daarbij gepresenteerde termen en gegevens is het nuttig een duidelijk beeld van de verkeerstaak te hebben. Tabel I geeft daarom als hulpmiddel een overzicht van de verschillende visuele aspecten van deze taak. Zoals gebruikelijk wordt daarbij onderscheid gemaakt naar drie taakniveaus.

Tabel I Overzicht van informatietype, informatiedrager, waarnemingsproces en de mogelijk vereiste handeling, onderscheiden naar niveau van de rijtaak.

| Taakniveau  | Informatie-type | Informatie-drager        | Waarnemings-proces                     | Mogelijke acties               |
|-------------|-----------------|--------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|
| strategisch | route           | wegwijzer                | lezen                                  | afslaan                        |
|             | regels          | verkeersborden, lichten  | detecteren, herkennen                  | remmen, stoppen                |
| manoeuvre   | obstakels       | verlichting, reflectoren | detecteren, lokaliseren                | stoppen, uitwijken             |
|             | ander verkeer   | voertuig-signalering     | detecteren, schatten snelheid, positie | inhalen, oversteken, vertragen |
| regel       | wegverloop      | bebakening               | herkennen                              | snelheids-aanpassing           |
|             | eigen positie   | markering                | schatten eigen koers, snelheid         | sturen                         |



Het *strategisch niveau* omvat taken als routeplanning en routekeuze en het m.b.v. geleidingsmiddelen volgen van een gekozen route. Het *manoeuvre-niveau* betreft taken die voortvloeien uit verkeerssituaties en wegkarakteristieken. Voorbeelden zijn: inhalen, stoppen, afslaan, e.d. Bij de meeste van deze taken speelt het schatten van afstanden, snelheden van andere verkeersdeelnemers en van de manoeuvreerruimte van het eigen voertuig een belangrijke rol. Het *regelniveau* tenslotte omvat taken die direct te maken hebben met de voertuigbeheersing. Voor een veilig rijgedrag is het nodig dat de automobilist op elk van de drie taakniveaus beschikt over tijdige en adequate informatie.

## 2 WEGONTWERP EN BESCHIKBARE ZICHTAFSTAND

In de literatuur over de relatie tussen wegontwerp en beschikbare zichtafstand worden o.a. de begrippen "rijzicht" en "uitzichtlengte" gehanteerd:

### - *Rijzicht*

In de nomenclatuur (RAW e.a., 1986) wordt rijzicht gedefinieerd als de afstand waarover de weggebruiker de weg kan overzien. Om het zo gedefinieerde rijzicht te kunnen meten is het nodig een kritische waarnemings situatie te omschrijven. Gekozen wordt daarbij meestal voor een zogenaamd kritisch object van een bepaalde hoogte dat moet worden waargenomen door een waarnemer met bepaalde ooghoogte. Rijzicht is volgens deze definitie bedoeld als een geometrisch wegkenmerk, ook wel een "line of sight" indicatie genoemd. M.a.w. het gaat niet zozeer om het feitelijk zien van een object, maar over een geometrisch wegkenmerk waarmee kwantitatief wordt vastgelegd over welke lengte de weg en zijn aankleding redelijkerwijs overzien kan worden.

### - *Uitzichtlengte*

In de nomenclatuur van RAW e.a. (1986) wordt uitzichtlengte gedefinieerd als de weglengte die vanaf een daartoe gedefinieerd punt op de weg door de bestuurder van een voertuig kan worden overzien, indien het uitzicht niet door verkeer wordt belemmerd. Uitzichtlengte heeft vooral betrekking op het kunnen zien van ander verkeer op een kruisende weg.

Zowel rijzicht als uitzichtlengte heeft dus betrekking op de afstand waarover een verkeersrelevant object - gegeven het wegontwerp - potentieel zichtbaar gemaakt kan worden. Het onderscheid tussen beide



begrippen lijkt nogal klein. Bovendien zal in hoofdstuk 3 blijken dat het begrip "rijzicht" in een groot deel van de literatuur niet gedefinieerd wordt als maat voor het beschikbare zicht maar als zichtcriterium. Het lijkt daarom zinvol het beschikbare geometrische zicht door één begrip "zichtafstand" te beschrijven (Engels: sight distance). Hierbij dient steeds te worden aangeduid vanaf welke "oog" hoogte (h) wordt gemeten en welke "object" hoogte (x) daarbij als norm wordt gebruikt. Feitelijke meting van de zichtafstand vindt hierbij veelal plaats langs het midden van de (meest kritische) rijstrook.

Internationaal speelt er overigens al geruime tijd een discussie over de vraag welke kritische object- en ooghoogte bij meting van zichtafstanden gebruikt dienen te worden. De Engelsen meten "sight distance" met een objecthoogte van 1.05 m, terwijl Duitsland op de autobahn 0.05 m en op lagere orde wegen zelfs 0,00 m hanteert i.v.m. het zicht op de wegmarkering. Ook de standaard ooghoogte varieert tussen landen (1.00 tot 1.14 m). Hills (1980) bepleit een effectieve ooghoogte van 0.60 m, namelijk de hoogte van de koplampen, waarmee 's nachts "het" object wordt aangestraald. Ook over het gebruik van de term "kritisch object" zijn al heel wat discussies gevoerd. Het belang ervan is ons inziens inderdaad beperkt. Het is in feite slechts een hulpmiddel waarmee het mogelijk wordt gemaakt geometrische zichtafstanden eenduidig te meten. Functioneel heeft het concept verder slechts betekenis als zijnde één van de mogelijk waar te nemen informatiedragers in het verkeer, bijv. een op de weg gevallen doos. Dat gebeurt maar hoogst zelden en daarom geldt voor verreweg de meeste informatiedragers dat de kritische objecthoogte vooral bepaalt welk deel van de informatiedrager aan de onderzijde niet gezien kan worden bij waarneming vanaf "de" zichtafstand (x,h).

Nederland hanteert objecthoogten van 0.00 m (wegmarkering, zie par. 3.7) en 0.20 m en een ooghoogte van 1.10 m. Deze ooghoogte past weliswaar redelijk bij recente Australische (Barker, 1987: 85% waarde 1.07 m) en Amerikaanse gegevens (Cleveland e.a., 1985: 85% waarde 1.04 m), maar een recente controle voor de Nederlandse situatie is niet beschikbaar. De objecthoogte van 0.20 m vormt een redelijk compromis omdat in verreweg de meeste gevallen (voertuigen, borden) de relevante informatie hoger dan 0.2 m vanaf het wegdek is geplaatst.



### 3 CRITERIA MET BETREKKING TOT DE GEOMETRISCHE ZICHTAFSTAND

In de RONA (1989) en in de nomenclatuur van RAW e.a. (1986) worden de begrippen die iets zeggen over het benodigde zicht meestal aangeduid met een benaming die betrekking heeft op de door de waarnemer uit te voeren actie, zoals aangegeven in de laatste kolom van Tabel I. Het bekendste voorbeeld is wellicht het zgn. stopzicht, d.i. de benodigde zichtafstand om veilig te kunnen stoppen. De term "stopzicht" is nogal misleidend omdat het in feite niet gaat om het meetbare zicht maar om een afstandcriterium dat gebaseerd is op de benodigde stopafstand van het voertuig. Dit geldt evenzeer voor de termen inhaalzicht, oprijzicht, enz. De misleiding uit zich o.a. in het feit dat in de verschillende richtlijnen herhaaldelijk gesproken wordt over het "benodigde stopzicht" of het "vereiste inhaalzicht". Deze voorbeelden illustreren ook hier dus de verwarring tussen de termen die iets zeggen over de te meten zichtafstand en het zichtafstandcriterium. Voor de duidelijkheid zullen we daarom in dit rapport spreken over zichtcriteria, bijv. stopzichtcriterium, inhaalzichtcriterium enz.

In de ROA-alignement (ROA, 1988) wordt onder het hoofdstuk "Zichtafstanden" de hier genoemde terminologie overigens gedeeltelijk weer losgelaten. De benodigde zichtafstanden worden daarin onderscheiden naar de aard van de waar te nemen situatie bijv. zicht op het wegverloop, zicht op stilstaand of langzaam rijdend verkeer stroomafwaarts, zicht op obstakel. Afgezien van specifieke eisen (bijv. zicht op van opzij komend verkeer bij weefvakken) zijn deze ASW criteria heel nauw verwant met de RONA begrippen, zoals rijzicht en stopzicht. In het navolgende worden de verschillende zichtcriteria daarom besproken volgens de RONA (1989) en RAW e.a. (1986) indelingen.

#### 3.1 Stopzichtcriterium

Bij het naderen van bijv. een obstakel, een stilstaande file of een kruispunt kan een stopactie nodig blijken. Het wegontwerp en de voor deze situatie relevante informatiedragers dienen te voldoen aan het stopzichtcriterium. In RAW e.a. (1986) wordt dit criterium gedefinieerd als: "de afstand waarover een weggebruiker de weg moet kunnen overzien om een eventueel aanwezig obstakel te kunnen waarnemen en als zodanig te herkennen en om het voertuig tijdig tot stilstand te kunnen brengen". De RONA (1989) definitie is minder omslachtig en luidt: "de weglengte die overzien moet kunnen worden om het voertuig tijdig tot stilstand te kunnen brengen". Het stopzichtcriterium wordt gelijk gesteld aan de tijdens de zogenaamde perceptie-reactietijd en stop-



manoeuvre afgelegde weg en wordt berekend met de volgende benaderingsformule:

$$ZC_{\text{stop}} = t_{\text{pr}} \times v_o + \int_{v_o}^{v_1} \frac{2v}{2g (f(v) \pm p)} dv$$

waarin:

|                    |                                                                          |          |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------|
| $ZC_{\text{stop}}$ | = stopzichtcriterium                                                     | m        |
| $t_{\text{pr}}$    | = perceptie-reactietijd                                                  | s        |
| $v_o$              | = beginsnelheid                                                          | m/s      |
| $v_1$              | = eindsnelheid                                                           | 0 m/s    |
| $p$                | = hellingspercentage van de weg                                          | %        |
| $g$                | = versnelling van de zwaartekracht                                       | 9.81 m/s |
| $f(v)$             | = relatie tussen wrijvingscoëfficiënt in<br>langsrichting en de snelheid |          |

Onder de perceptie-reactietijd wordt verstaan: de tijd tussen het zichtbaar worden van bijv. een obstakel en het begin van de manoeuvre. In de RONA en ROA worden  $t_{\text{pr}}$  waarden voor resp. 2.0 en 2.5 s gehanteerd. Cleveland e.a. (1985) evalueren de parameters die ten grondslag liggen aan  $ZC_{\text{stop}}$  voor de Amerikaanse situaties en achten een  $t_{\text{pr}}$ -waarde van 2.5 s optimaal. Triggs en Harris (1982) vergelijken in een literatuurstudie de resultaten voor verschillende veldobservaties, waarin steeds de tijd gemeten werd tussen het moment waarop een informatie-drager detecteerbaar werd en het moment waarop de remlichten aangingen. Hieruit blijkt dat in nogal wat gevallen de 85%-waarde hoger is dan 2.5 s. Deze auteurs zetten dan ook een vraagteken bij de Australische  $t_{\text{pr}}$ -waarde van 2.5 s. Olson en Sivak (1986, obstakel op de weg) en Summala (1981, plotseling openen van portier van geparkeerde auto) concluderen op basis van metingen op niet-autosnelwegen dat een  $t_{\text{pr}}$ -waarde van 1.5 s als minimum moet worden beschouwd. Praktijkgegevens voor de Nederlandse situatie zijn niet beschikbaar. Met name de waarde voor niet-autosnelwegen lijkt aan de krappe kant (zie ook: Van der Horst en Godthelp, 1982).

In  $ZC_{\text{stop}}$ -formule wordt voorts gerekend met remvertragingen die bepaald zijn door de wrijvingscoëfficiënt tussen band- en wegdek. Deze coëfficiënt neemt af bij hogere snelheid. Tabel II geeft voor de Nederlandse situatie de resulterende  $ZC_{\text{stop}}$  waarden en de daarbij veronderstelde gemiddelde remvertragingen. Uit de tabel blijkt dat  $ZC_{\text{stop}}$  rekent met nogal hoge vertragingniveaus. Deze zijn gebaseerd op een noodmanoeuvre met vrijwel slippende wielen. Als ontwerpfilosofie is deze aanpak de laatste jaren nogal bekritiseerd (o.a. Cleveland e.a., 1985), omdat in de praktijk een bestuurder zal trachten een gecontroleerde remma-



noeuvre te maken, waarbij vertragingen van 2 à 3 m/s<sup>2</sup> als maximaal worden beschouwd.

Tabel II Het stopzichtcriterium (m) zoals gehanteerd in de Nederlandse richtlijnen.

| ontwerp-<br>snelheid<br>(km/h) | remvertraging<br>a (m/s)    t <sub>pr</sub> (s) |     | stopzichtcriterium (m) |             |
|--------------------------------|-------------------------------------------------|-----|------------------------|-------------|
|                                |                                                 |     | niet-autosnelweg       | autosnelweg |
| 60                             | 4.4                                             | 2   | 65                     | n.v.t.      |
| 80                             | 4.0                                             | 2   | 105                    | n.v.t.      |
| 100                            | 3.7                                             | 2   | 160                    | n.v.t.      |
| 90                             | 3.7                                             | 2   | n.v.t.                 | n.v.t.      |
| 120                            | 3.1                                             | 2.5 | n.v.t.                 | 260         |

Bovendien blijkt o.a. uit gedragsobservaties bij verkeerslichten, dat bestuurders bij hogere snelheid juist wat hogere remvertragingen accepteren. Dit leidt dan tot de conclusie dat de stopafstand niet kwadratisch, maar ongeveer lineair toeneemt met de rijsnelheid (vaste tijd!). Ook voor decelereren op een uitvoegstrook op een ASW wordt in de richtlijnen thans een grenswaarde van 2,5 m/s<sup>2</sup> aangehouden. Als rekening wordt gehouden met een nat wegdek en het remvermogen van vrachtauto's (Fancher, 1986) lijkt een waarde van 3 m/s<sup>2</sup> maximaal. De praktische onderbouwing van ZC<sub>stop</sub> is op dit punt niet echt sterk. Het lijkt zinvol meer rekening te houden met het feitelijke rijgedrag.

Om na te gaan of de zichtafstand voldoet aan ZC<sub>stop</sub> wordt voor niet-autosnelwegen uitgegaan van een kritische waarneemsituatie met ooghoogte 1.20 m en een objecthoogte van 0.20 m. ROA (1988) suggereert voor autosnelwegen een objecthoogte van 0.50 m (remlichten van stilstaand verkeer). Daarbij wordt ervan uitgegaan dat op een autosnelweg een eventueel klein obstakel ontweken zal kunnen worden.

### 3.2 Afremzichtcriterium

In de RONA wordt niet gesproken over een zgn. "afremzichtcriterium". Toch is in bepaalde situaties een volledige stopactie niet nodig en vormt aanpassing van de snelheid een adequate reactie. BGC (1986) onderkent dit en beschrijft een zichtcriterium dat betrekking heeft op situaties bij nadering van een langzaam rijdende file. Opvallend is



dat hierbij een volledig andere benadering wordt gekozen dan bij  $ZC_{stop}$ . Bij  $ZC_{afrem}$  wordt namelijk wel uitgegaan van een "normale" remvertraging van  $2 \text{ m/s}^2$  en bovendien van een extra veiligheidsmarge van 35 m. Gecombineerd met een  $t_{pr}$  van 2.5 s resulteert dit voor  $v_1 = 120 \text{ km/h}$  en  $v_2 = 70 \text{ km/h}$  in een  $ZC_{afrem}$ -waarde van 285 m, dat wil zeggen ruwweg gelijk aan  $ZC_{stop}$ . Het is onduidelijk waarom bij nadering van een langzaam rijdende file een andere filosofie wordt gevolgd dan bij nadering van een stilstaande file. Ondanks deze tegenstrijdigheid lijkt het gebruik van  $ZC_{afrem}$  wel degelijk zinvol. Afremmen komt o.a. voor bij langzaam rijdende voorliggers, in situaties met lokale adviessnelheid (bijv. scherpe boog) of bij snelheidslimieten (bijv. werk in uitvoering). Godthelp en Riemersma (1982) combineren  $ZC_{afrem}$  met het later te bespreken  $ZC_{stuur}$  en bepalen zo de benodigde zichtbaarheidsafstand van de bebakening en markering bij wegverleggingen.

Om na te gaan of de zichtafstand voldoet aan  $ZC_{afrem}$  wordt uitgegaan van dezelfde waarneemsituatie al bij  $ZC_{stop}$ .

### 3.3 Rijzichts criterium

In zowel ROA als RONA wordt gesteld dat "het gewenst is dat de weggebruiker de weg en de daarop aanwezige informatie, welke o.a. bestaat uit markering, bebakening, bewegwijzering, het overige wegmeubilair en vooral ook het aanwezige verkeer, over een zodanige afstand kan overzien dat hij voldoende tijd heeft om deze informatie op comfortabele wijze te kunnen verwerken en rustig en veilig te reageren op wijzigingen in het weg- en verkeersbeeld". "De lengte van dit weggedeelte bedraagt in beginsel een afstand welke in ca 8 à 10 s door de weggebruiker kan worden afgelegd". Tabel III geeft de hierbij gehanteerde waarden van  $ZC_{rij}$ .

$ZC_{rij}$  is sterk verwant aan het in de USA ontwikkelde "decision sight distance" criterium (McGee, Moore, Knapp & Sanders, 1978). Dit criterium wordt gedefinieerd als de afstand waarop een automobilist een potentieel gevaar moet kunnen detecteren en herkennen en op basis daarvan een koerscorrectie moet kunnen uitvoeren.

Beoogd wordt hiermee een zichtsituatie te creëren waarbij de naderende automobilist zodanig kan anticiperen dat op comfortabele wijze een rijstrookwisseling kan worden uitgevoerd om het "gevaar" te ontwijken, zonder dat daarbij een snelheidsaanpassing nodig is. Deze redenering lijkt op het door ROA (1988) voorgestelde "zicht op discontinuïteiten", d.i. het benodigde zicht op autosnelwegen in situaties waarbij bijv. de linkerrijstrook afvalt. Ook door McGee e.a. (1978) wordt van



een situatie waarbij een automobilist op een autosnelweg een rijstrookvermindering nadert uitgegaan. Fig. 1 geeft een schematisch overzicht van het daarbij veronderstelde "hazard avoidance" proces.

Tabel III Het rijzichts criterium zoals gehanteerd in de Nederlandse richtlijnen als functie van de ontwerp-snelheid van de weg.

| Ontwerp-snelheid (km/h) | (m) | (s) |
|-------------------------|-----|-----|
| 60                      | 135 | 8   |
| 80                      | 200 | 9   |
| 100                     | 280 | 10  |
| 120                     | 330 | 10  |

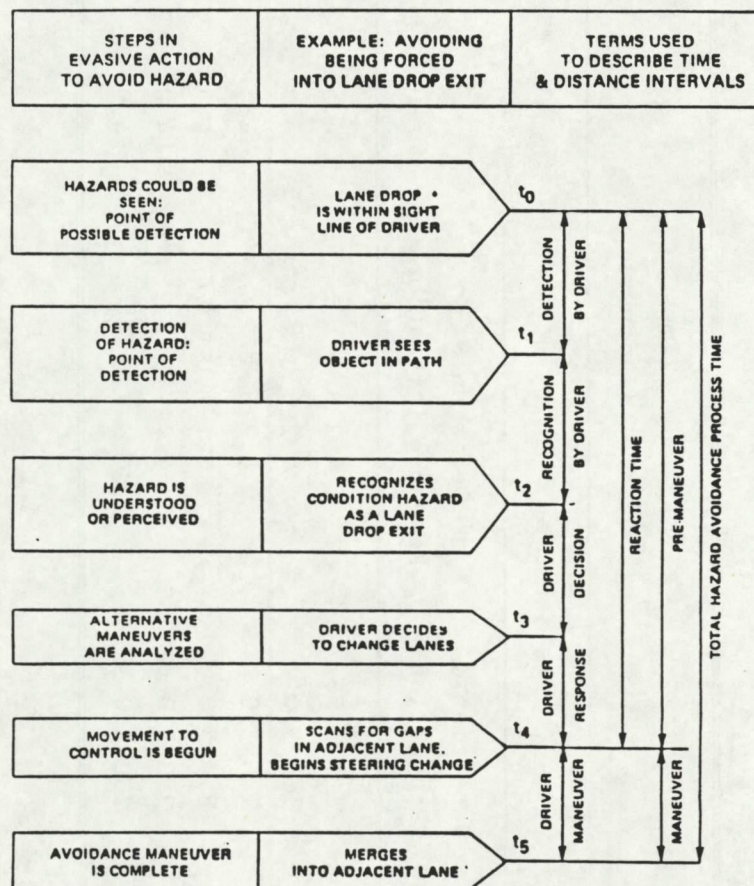


Fig. 1 Voorbeeld van de onderscheiden procesfasen bij het naderen van een rijstrookafzetting naar McGee e.a. (1978).



Tabel IV De door McGee et al. (1978) aanbevolen rijzichtsriteria, zie ook Fig. 1.

| Design<br>Speed |      | Times<br>(seconds)         |                                   |          |           | Decision Sight<br>Distance (m) |                       |
|-----------------|------|----------------------------|-----------------------------------|----------|-----------|--------------------------------|-----------------------|
|                 |      | Pre-Maneuver               |                                   | Maneuver | Summation | Computed                       | Rounded<br>For Design |
|                 |      | Detection &<br>Recognition | Decision &<br>Response Initiation |          |           |                                |                       |
| mph             | km/h |                            |                                   |          |           |                                |                       |
| 30              | 48   | 1.5-3.0                    | 4.2-6.5                           | 4.5      | 10.2-14.0 | 137-188                        | 140-190               |
| 40              | 64   | 1.5-3.0                    | 4.2-6.5                           | 4.5      | 10.2-14.0 | 182-250                        | 185-250               |
| 50              | 80   | 1.5-3.0                    | 4.2-6.5                           | 4.5      | 10.2-14.0 | 228-313                        | 230-315               |
| 60              | 96   | 2.0-3.0                    | 4.7-7.0                           | 4.5      | 11.2-14.0 | 300-389                        | 300-390               |
| 70              | 113  | 2.0-3.0                    | 4.7-7.0                           | 4.0      | 10.7-14.5 | 335-438                        | 335-440               |
| 80              | 129  | 2.0-3.0                    | 4.7-7.0                           | 4.0      | 10.7-14.5 | 382-500                        | 385-500               |



Daarbij wordt verondersteld dat bij nadering van een "lane drop" een informatieverwerkingsproces plaatsvindt met een aantal pre-manoeuvre fasen en aansluitend een rijstrookwisseling. Aan de hand van experimenteel onderzoek werden de benodigde tijden voor de verschillende fasen bepaald. Tabel IV geeft de aanbevolen waarden. Voor de pre-manoeuvre fasen wordt daarbij steeds een bereik van tijden gegeven in verband met variaties in complexiteit van de situatie en effecten van rijervaring.

Om na te gaan of de zichtafstand voldoet aan  $ZC_{rij}$  wordt voor niet-auto-snelwegen uitgegaan van een kritische waarneemsituatie met ooghoogte 1.10 m en een objecthoogte van 0.20 m (dit betreft bijv. het kunnen zien van een verkeersgeleider t.p.v. een kruispunt). Voor autosnelwegen gaat het bij het afvallen van een rijstrook vaak om het zien van de afstropping op het wegdek. In die situaties is dus een objecthoogte van 0.00 m nodig.

### 3.4 Inhaalzichtcriterium

Op niet-autosnelwegen dient het zicht op tegenliggers zodanig te zijn dat een correcte beslissing om al of niet in te halen mogelijk is. In de nomenclatuur (RAW e.a., 1986) en RONA (1989) wordt het inhaalzichtcriterium gedefinieerd als de weglengte die nodig is om veilig te kunnen inhalen". De mate waarin een weg voldoet aan  $ZC_{inhaal}$  beïnvloedt behalve de veiligheid ook de verkeersafwikkeling. De inhaal mogelijkheden worden bij afname van de zichtafstand nl. aanzienlijk beperkt, waardoor de verkeersafwikkeling stagneert.

In de RONA (1989) wordt onderscheid gemaakt tussen inhaalgedrag van snelverkeer onderling en inhalen van langzaam gemotoriseerd verkeer. Uit veldobservaties blijkt dat in het eerste geval de geaccepteerde hiaattijden in de verkeersstroom van de tegenliggers in de orde van 21 à 25 s liggen. De hiermee corresponderende waarden voor  $ZC_{inhaal}$  op wegen met een ontwerpsnelheid van 100, 80 en 60 km/h bedragen resp. 700, 500 en 350 m (Buck, 1985). Bij inhalen van langzaam rijdende voertuigen (bijv. landbouwverkeer) wordt door Buck (1985) en RONA (1989) een waarde van 350 m aanbevolen. Dankzij een aantal in de laatste jaren uitgevoerde observatiestudies met betrekking tot inhaalgedrag (o.a. Van Nes, 1986) kan thans van een degelijke onderbouwing van  $ZC_{inhaal}$  worden gesproken.



Ter toetsing van  $ZC_{\text{inhaal}}$  worden zichtafstanden bepaald volgens de in Fig. 2 aangeduide methode. De daarbij te hanteren ooghoogte en objecthoogte worden nergens gegeven. Het lijkt logisch daarbij uit te gaan van  $h = 1.10$  m en  $x = 0.50$  m.

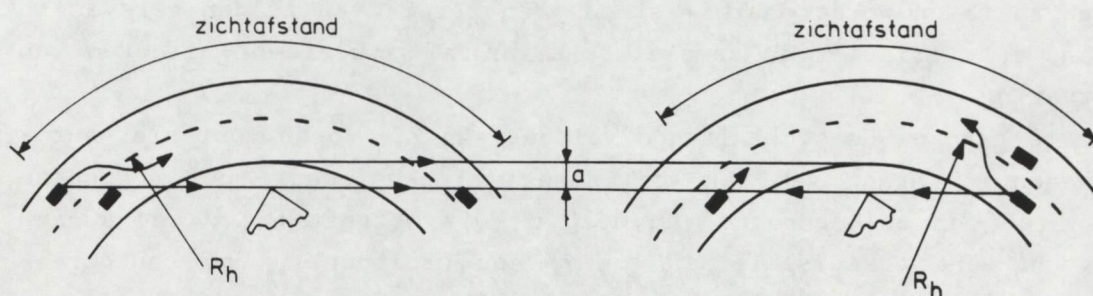


Fig. 2 Meting van de zichtafstand ter toetsing van het inhaalzichtcriterium.

### 3.5 Oprijzichtcriterium

Voor bepaling van het benodigde zicht op kruispunten wordt in de literatuur onderscheid gemaakt tussen (a) waarneming vanaf de stopstreep en (b) waarneming bij nadering. Situatie (a) wordt beschreven met het zogenaamde oprijzichtcriterium. De waarneming bij nadering wordt besproken bij "kruisingszichtcriterium" (3.6). RAW e.a. (1986) geeft als definitie van het oprijzichtcriterium: "de afstand waarover een weg moet kunnen worden overzien vanuit een voertuig dat op de ondergeschikte weg staat opgesteld voor het kruisingsvlak, om deze weg veilig te kunnen oversteken of op te rijden zonder het overig verkeer te hinderen".

Buck (1985) geeft een iets andere definitie, nl.: "het uitzicht dat een op de zijweg wachtende bestuurder moet hebben om te kunnen bepalen of de door hem gewenste beweging veilig en zonder hinder voor het verkeer op de hoofdweg kan plaatsvinden".

Ruwweg geldt dat  $ZC_{\text{oprij}}$  wordt bepaald door (1) de voor de oversteek- of invoegmanoeuvre benodigde tijd en (2) de snelheid van het te kruisen verkeer. Hooper en McGee (1983) geven hiervoor de volgende formule:

$$ZC_{\text{oprij}} = v_1 (\tau_m + \tau_{pr})$$

met  $v_1$  = ontwerpsnelheid hoofdweg

$\tau_m$  = manoeuvretijd (oversteek- of invoegtijd)

$\tau_{pr}$  = perceptie-reactietijd.



Opvallend is dat (net als overigens bij de meeste eerder besproken zichtcriteria) in deze formule blijkbaar geen rekening wordt gehouden met een veiligheidsmarge. Buck (1985) en RONA (1986) geven aanbevelingen voor  $ZC_{oprij}$  van 100, 150 en 250 m voor zijtakken van hoofdwegen met een ontwerpsnelheid van 60, 80 en 100 km/h. Deze waarden gaan uit van een manoeuvre- plus reactietijd van resp. 6, 6.75 en 9 s. Op grond van een literatuurstudie met betrekking tot gap-acceptatie geeft BVA (1987) aan dat gaps van 4 tot 6 seconden voldoende zijn om in een hoofdstroom in te voegen dan wel over te steken. De marge van 4 tot 6 seconden houdt verband met factoren zoals lay-out kruispunt, verkeersintensiteit e.d. In combinatie met een  $t_{pr}$  waarde van 2 s komen deze waarden dus redelijk overeen met die van Buck (1985). Deze auteur geeft zelf echter aan dat dergelijke tijden voor invoegende vrachtautocombinaties veelal te krap zullen zijn. In zo'n geval is "een goed onderling samenspel tussen de chauffeurs" nodig. Ook een vergelijking met de optrektijden van personenauto's (ASVV, 1986) leert dat deze advieswaarden nogal laag zijn. Ook BVA (1987) heeft twijfels over de in de literatuur gevonden (buitenlandse) waarden en beveelt daarom aan nader onderzoek te doen naar gap-acceptatie in de huidige Nederlandse situatie en wel met name naar de invloed van manoeuvre-type en zichtsituatie.  $ZC_{oprij}$  wordt getoetst door meting van de zichtafstand vanaf de stopstreep (zie Fig. 3).

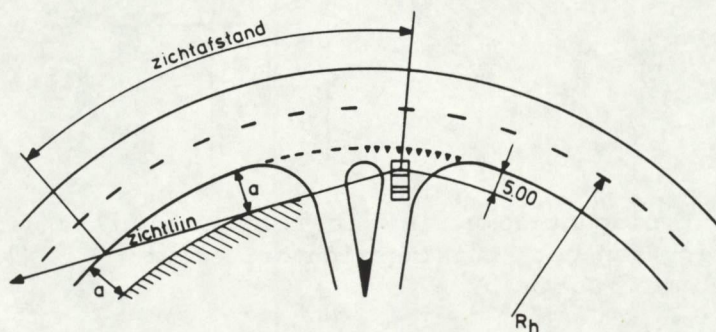


Fig. 3 Meting van de zichtafstand ter toetsing van het oprijzichtcriterium.

De vraag is hoe in de praktijk wordt gewerkt met de plaatsingsbeschikking van bord 9 (nadering voorrangsweg) en bord 10 (nadering voorrangsweg met verplichting te stoppen). Een krappe zichtafstand in combinatie met bord 9 zou bijv. tot nogal onveilige situaties kunnen leiden. Praktijkgegevens zouden hierover nader indicatie moeten geven.



N.B.: een met  $ZC_{oprij}$  verwant criterium voor autosnelwegen wordt door BGC (1986) voorgesteld als "zicht op achteropkomend verkeer bij invoegen".

### 3.6 Kruisingszichtcriterium

Voor bepaling van het benodigde zicht op het dwarsverkeer bij nadering van een kruising biedt de literatuur een drietal principes, die in het navolgende aan de hand van een voorbeeld worden toegelicht, onder a, b en c. Fig. 4 geeft de situatie waarbij voertuig A (snelheid 25 m/s) eventueel voorrang dient te verlenen aan B (snelheid 15 m/s). De meest auteurs zijn het erover eens dat er sprake moet zijn van een zekere uitzichtdriehoek, waarbinnen het zicht op het kruisend verkeer niet belemmerd wordt door obstakels.

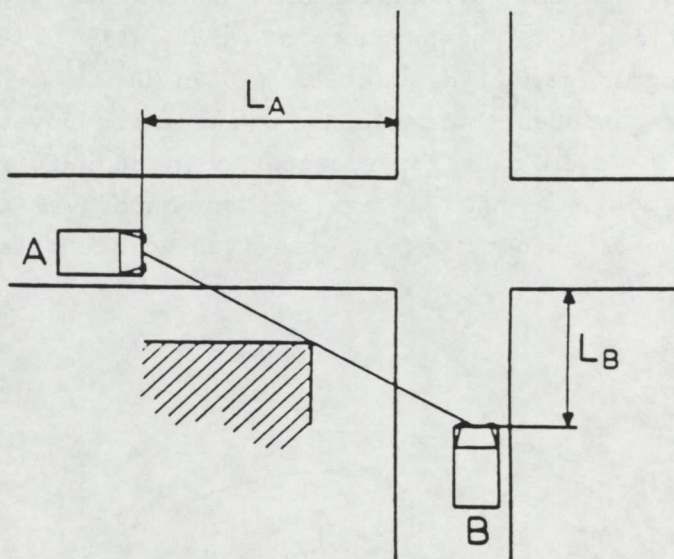


Fig. 4 Kruispuntgeometrie met relevante afstanden ter definiëring van het kruisingszichtcriterium.

De zijde van de driehoek van A naar het kruispunt dient daarbij gelijk te zijn aan de benodigde stopafstand van A. Bij een naderingssnelheid van 25 m/s, een reactietijd van 2 s en een remvertraging van  $2,5 \text{ m/s}^2$  leidt dit tot een stopafstand van  $L_A = 175 \text{ m}$ , waarmee in totaal 12 s gemoeid is. Over de afstand  $L_B$  waarop B gezien moet kunnen worden verschillen de meningen echter nogal:

- a Hakkesteegt (1985) stelt dat  $L_B$  gelijk moet zijn aan de door B afgelegde weg tijdens de stoptijd van A. Bij onverminderde snelheid van B leidt dit tot een waarde  $L_B = 12 \times 15 = 180 \text{ m}$ . Deze redenering is



incorrect. De tijdens de stoptijd van A door B afgelegde weg heeft geen enkele functionele betekenis, zie (b) en (c).

- b Buck (1985) stelt dat "de vanouds bekende uitzichtdriehoeken (inclusief de achterliggende filosofie) als ontwerpcriterium zijn verlaten". Deze auteur pleit voor een zichtcriterium dat zowel voor A als B gelijk is aan het stopzichtcriterium. Ook in de Amerikaanse richtlijnen (AASHTO, 1982) is voor deze aanpak gepleit, wat dus zou leiden tot een afstand  $L_B = 75$  m, overeenkomend met de stopafstand van B.
- c Hooper en McGee (1983) hebben de aanpak volgens (b) krachtig bekritiseerd omdat het daarbij kan gebeuren dat A op stopafstand (175 m) een eventueel voertuig B dat zich op botskoers bevindt nog niet ziet. Deze auteurs stellen daarom voor de waarde  $L_B$  gelijk te stellen aan de grootste van de twee volgende maten:
  - de benodigde stopafstand van B (bij ontwerpsnelheid, etc.)
  - de afstand waarop B zich op botskoers bevindt met A, uitgaande van onveranderde snelheden en met A op stopafstand van de kruising.

In het laatste geval rekeningen we ermee dat A op 175 m voor het kruispunt met onverminderde snelheid doorrijdt en dus na 7 s het kruisingsvlak bereikt. Bij het passeren van het punt op 175 m van het kruispunt zou A een mogelijk conflicterend voertuig B moeten kunnen zien op  $L_B = 7 \times 15 = 105$  m, d.i. de afstand die B aflegt in 7 s. Aanpak (c) lijkt de meest logische, waarbij wel opgemerkt moet worden dat veldgegevens over naderingsgedrag vrij schaars zijn.

### 3.7 Stuurzichtcriterium

Ook de simpele taak van het koershouden vereist enige zichtafstand. Aanbevolen waarden variëren tussen 2 en 5 s. Op wegen met een voorstelbaar wegverloop (bijv. ASW) is voor het koershouden wat minder zichtafstand nodig dan op erg bochtige wegen. Ruwweg geldt dat een zichtafstand van 2 s de bestuurder noopt alle visuele aandacht aan de stuurtaak te geven, terwijl een waarde van bijv. 5 s enig comfort biedt. ROA (1988) spreekt over het "zicht op het wegverloop in continue situaties" en gaat uit van een benodigde preview-tijd van 4 s, een voor autosnelwegen geschikte waarde. Om na te gaan of de zichtafstand voldoet aan  $ZC_{\text{stuur}}$  is het nodig uit te gaan van een kritische waarneemsituatie met ooghoogte 1.10 m en objecthoogte 0.00 (in verband met zicht op de wegmarkering).  $ZC_{\text{stuur}}$  zal i.h.a. ondergeschikt zijn aan de overige zichtcriteria.



### 3.8 Zichtcriteria in de praktijk

Een belangrijke vraag bij het opstellen van richtlijnen voor het ontwerp van wegen is welk zichtcriterium in specifieke situaties als norm moet gelden. Het zou in het kader van deze studie te ver voeren deze vraag hier uitgebreid te behandelen. We beperken ons daarom tot enkele opmerkingen.

- In de Nederlandse richtlijnen wordt  $ZC_{stop}$  veelal als minimum ontwerpeis gehanteerd. Lange tijd gold daarnaast met name op autosnelwegen als regel dat bovendien zoveel mogelijk aan het rijzichts-criterium moest worden voldaan. Thans wordt  $ZC_{rij}$  soms wel aangeduid als een luxe criterium. Een vergelijking met het in de USA ontwikkelde "decision sight distance" criterium en de daarachter liggende filosofie leert echter anders. Een  $t_{pr}$ -waarde van 2,5 s, een comfortabele rijstrookwisseling van 6 s en een beperkte veiligheidsmarge vereist in veel situaties een zichtafstand van minstens 10 s, zodat het overdreven lijkt om het rijzichts-criterium als een luxe criterium te bestempelen.
- Met betrekking tot het inhaalzichts-criterium wordt in de RONA gesteld dat het met name op wegen van hogere categorie in verband met veiligheid, afwikkeling en kwaliteit van de wegverbinding gewenst is dat op de weg voldoende inhaalmogelijkheden aanwezig zijn. Deze kwaliteit wordt uitgedrukt in het percentage van de weglengte, waarover per rijrichting voldaan wordt aan het inhaalzichts-criterium. De zichtwaarden voor deze percentages liggen in de orde van 5 à 25%.
- Het oprijzichts-criterium is vooral voor kruispunten op hogere orde wegen van belang. Dit betreft veelal voorrangskruispunten welke worden geregeld met bord 9 of 10. Het kruisingszichts-criterium speelt daarnaast met name een rol op wegen van gelijke, meestal wat lagere orde.

## 4 WAARNEEMBAARHEID VAN INFORMATIEDRAGERS

De in de hoofdstukken 2 en 3 besproken begrippen "zichtafstand" en "zichtcriterium" hebben betrekking op het geometrische zicht en vormen als zodanig belangrijke bouwstenen voor de richtlijnen bij het ontwerpen van wegen. Alhoewel deze begrippen dus niet in eerste instantie bedoeld zijn voor de beoordeling van de waarneembaarheid van informatiedragers op of langs de weg, ligt het voor de hand hier een verband te leggen. Als we bijv. een weg ontwerpen die aan het inhaalzichts-



terium voldoet, lijkt het logisch een vergelijkbare eis te stellen aan de zichtbaarheid van het tegenliggende verkeer, welke bijv. tevens afhangt van de voertuigverlichting of de openbare verlichting. Padmos (1983) geeft hiervan een voorbeeld en doet aanbevelingen voor fietspadverlichting op basis van  $ZC_{oprij}$ - en  $ZC_{kruis}$  waarden, die afgeleid kunnen worden voor situaties waarin autoverkeer een fietspad kruist.

In het waarnemingsproces kunnen verschillende aspecten worden onderscheiden. De detectie van een informatiedrager hangt af van de opvallendheid en wordt bovendien bepaald door de zoekstrategie van de waarnemer. Na detectie dient de aangeboden informatie te worden geïdentificeerd. In geval van een verkeersbord gaat het daarbij bijv. om de vraag of een symbool wordt herkend. Ook is van belang dat het waargenomen object kan worden gelokaliseerd en - in geval van ander verkeer - dat de snelheid kan worden waargenomen. Of de waarnemer uiteindelijk iets met de informatie kan doen hangt af van de begripelijkheid, dat wil zeggen de mate waarin het aangebodene aansluit bij de kennis van de waarnemer, bijv. over de betekenis van verkeersborden of over de ter plaatse geldende verkeersregels. Als "slot" van de informatieverwerking volgt een beslissing die mogelijk leidt tot een handeling, bijv. de uitvoering van een stop- of uitwijkmanoeuvre.

In het navolgende worden enkele van de meest relevante begrippen met betrekking tot het zien van informatiedragers in het verkeer kort nader toegelicht:

- *detectieafstand*, d.i. de afstand waarop een representatieve groep van de populatie (bijv. 85%) een informatiedrager kan detecteren. De vereiste detectieafstand van een informatiedrager wordt in de eerste plaats bepaald door bijv. de manoeuvre of actie die ermee wordt beoogd (bijv. remmen, stoppen). Afhankelijk van deze manoeuvre kan aansluiting worden gezocht bij het desbetreffende zichtcriterium.
- *zichtbaarheidsafstand*, dit begrip is feitelijk synoniem met detectieafstand. De term zichtbaarheid wordt wel gebruikt voor situaties waarbij het onderscheid tussen detecteerbaarheid en herkenbaarheid irrelevant is, bijv. bij de zichtbaarheid van een lichtsignaal. Blaauw en Padmos (1982) bepaalden de zichtbaarheidsafstand van verschillende wegmarkeringen. Deze informatiedrager fungeert als referentie voor de schatting van de eigen positie bij het koershouden en geeft mede een indruk van het wegverloop. De vereiste zichtbaarheidsafstand van wegmarkering dient minstens gelijk te zijn aan het stuurzichtcriterium ( $ZC_{stuur}$ ) en het afremzichtcriterium ( $ZC_{afrem}$ ). Ook de zichtbaarheid van waar te nemen obstakels en/of



voertuigen (tegenliggers, voorliggers en kruisend verkeer) dient aan bepaalde zichtcriteria te voldoen. Hiervoor kunnen  $ZC_{stop}$ ,  $ZC_{inhaal}$ ,  $ZC_{rij}$ ,  $ZC_{oprij}$  en  $ZC_{kruis}$  van belang zijn.

- leesafstand, d.i. de afstand waarop een representatieve groep van de populatie de tekst op een bord kan lezen. De leesbaarheid van bijv. wegwijzers moet zodanig zijn dat de automobilist de tekst op een bord tijdig kan lezen. Dit betekent dat - als we ervan uitgaan dat het bord ruim voor de afslag is geplaatst - de leesbaarheidsafstand groter moet zijn dan de som van de leesweg  $D_r$  en de afstand  $D_x$  waarna het bord uit het gezichtsveld van de bestuurder verdwijnt (zie Fig. 5).

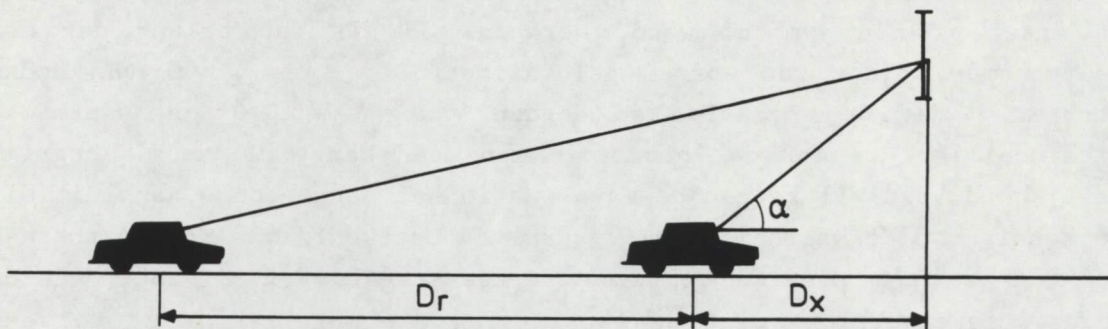


Fig. 5 Schematische weergave van de nadering van een wegwijzer.

De leesweg  $D_r$  hangt af van de snelheid en de leestijd,

$$D_r = v_1 t_1$$

$$t_1 = \frac{N}{3} + 2$$

|            |                                           |      |
|------------|-------------------------------------------|------|
| met: $D_r$ | - benodigde leesweg                       | m    |
| $N$        | - aantal conceptuele eenheden op het bord |      |
| $t_1$      | - benodigde leestijd                      | s    |
| $v_1$      | - rijsnelheid                             | m/s. |

De afstand  $D_x$  hangt af van de plaats van het bord in relatie tot het functioneel gezichtsveld van de waarnemer. De acceptabele kijkhoek  $\alpha$  zal daarbij o.a. afhangen van de rijsnelheid.

De uiteindelijk benodigde leesbaarheidsafstand kan worden berekend uit de volgende formule:



$$ZC_{\text{lees}} \geq v_1 \left( \frac{N}{3} + 2 \right) + \frac{h}{\text{tg } \alpha}$$

N.B.: De hier gegeven leestijdformule is recent voor wegwijzers in de praktijk getoetst (zie Alblas, Janssen & Buist, 1989). Daarbij bleek dat N bij benadering beschouwd mag worden als het aantal plaatsnamen op het bord. Bij zes plaatsnamen leidt dit tot een leestijd van ongeveer 4 s. Bij een snelheid van 30 m/s (108 km/h) en  $D_x = 55$  m geldt voor  $ZC_{\text{lees}}$  dan een waarde van 175 m.

- *herkenningsafstand*, d.i. de afstand waarop een representatief deel van de populatie een informatiedrager kan herkennen.

Godthelp (1981) geeft voor verkeersborden herkenningsafstanden, die gebaseerd zijn op praktijkmetingen met een representatieve groep van de populatie. De voor verkeersborden benodigde herkenningsafstand hangt af van de betekenis van het betreffende bord en de op basis daarvan eventueel uit te voeren manoeuvre, bijv. afremmen of stoppen. De benodigde herkenbaarheidsafstand kan dan gelijk gesteld worden aan het bij de betreffende manoeuvre behorende zichtcriterium ( $ZC_{\text{afrem}}$ ,  $ZC_{\text{stop}}$ ).

In het algemeen is vrij weinig bekend over de relatie tussen de afstand waarop een alerte waarnemer een informatiedrager kan detecteren, lezen of herkennen en de afstand waarop dit in de praktijk daadwerkelijk gebeurt. Een probleem daarbij is dat het in de praktijk vaak lastig is te bepalen op welke plaats of welk moment een naïeve waarnemer een informatiedrager al dan niet herkent. Experimenteel onderzoek gericht op de analyse van visuele selectieprocessen in het verkeer is thans in uitvoering (Theeuwes, 1988).

## 5 DISCUSSIE

### 5.1 Terminologie

In de hoofdstukken 2 en 3 werd al ingegaan op de verwarring die bestaat rond het gebruik van de termen die iets zeggen over het aanwezige en benodigde zicht. Terminologie kan echter zo ingeburgerd zijn dat verandering nog meer verwarring schept. Aanbevolen werd daarom de zichttermen meer eenduidig te formuleren zonder echter al te zeer af te wijken van de bestaande terminologie.



Het beschikbare geometrische zicht kan door één begrip "zichtafstand" beschreven worden. Zichtafstand (ZA) dient in de praktijk (of op tekening) gemeten te kunnen worden. Zoals aangegeven in hoofdstuk 2 kan daarbij onderscheid worden gemaakt naar de ooghoogte  $h$  van de waarnemer en de objecthoogte  $x$  van het waar te nemen verkeersrelevante element. Tabel V geeft een overzicht van de zo te definiëren termen. Alleen voor het kruisingszichtcriterium is een bijzondere formulering vereist.

Tabel V Voorgestelde definities van termen die het beschikbare en benodigde geometrische zicht beschrijven.

---

|                 |                      |                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zichtafstand    | ZA                   | : de langs het midden van de (meest kritische) rijstrook gemeten afstand waarover een punt met hoogte $h$ boven het midden van de relevante rijstrook in principe gezien kan worden door een waarnemer met ooghoogte $x$      |
| <i>Criteria</i> |                      |                                                                                                                                                                                                                               |
| Stopzicht       | ZC <sub>stop</sub>   | : benodigde zichtafstand ( $x$ , $h$ ) om veilig te kunnen stoppen                                                                                                                                                            |
| Afremzicht      | ZC <sub>afrem</sub>  | : benodigde zichtafstand ( $x$ , $h$ ) om veilig te kunnen afremmen                                                                                                                                                           |
| Rijzicht        | ZC <sub>rij</sub>    | : benodigde zichtafstand ( $x$ , $h$ ) om veilig te kunnen doorrijden                                                                                                                                                         |
| Inhaalzicht     | ZC <sub>inhaal</sub> | : benodigde zichtafstand ( $x$ , $h$ ) om veilig te kunnen inhalen                                                                                                                                                            |
| Oprijzicht      | ZC <sub>oprij</sub>  | : benodigde zichtafstand ( $x$ , $h$ ) vanuit een voertuig dat staat opgesteld voor het kruisingsvlak, teneinde veilig te kunnen oversteken of op te rijden                                                                   |
| Stuurzicht      | ZC <sub>stuur</sub>  | : benodigde zichtlengte ( $h$ ) om veilig te kunnen koershouden                                                                                                                                                               |
| Kruisingszicht  | ZC <sub>kruis</sub>  | : afstand $L_B$ (zie Fig. 2) vanaf het kruisingsvlak, waarop een kruisend voertuig B (hoogte $h$ ) gezien moet kunnen worden door een waarnemer A (ooghoogte $x$ ), die zich op $L_A = ZC_{stop}$ voor het kruispunt bevindt. |

---

De begrippen voor het zicht van informatiedragers werden eenduidig gedefinieerd in hoofdstuk 4. Wat verstaan wordt onder een "representatief gedeelte van de populatie" verdient echter nadere specificatie. Met het oog hierop zou een "ontwerp bestuurder" beschreven kunnen worden, waarbij de statische (ooghoogte, visus, reactietijd) en dynamische (blikveld als functie van o.a. snelheid) eigenschappen van een representatieve waarnemer worden aangegeven. Nagegaan zou moeten



worden of recente pogingen voor het formuleren van een "design driver" in de Verenigde Staten vruchtbaar zijn gebleken.

## 5.2 Criteria

De benodigde zichtafstand wordt steeds gelijkgesteld aan de afstand die nodig is om een bepaalde manoeuvre veilig te kunnen uitvoeren. Daarbij spelen de volgende factoren een rol:

|                       |          |
|-----------------------|----------|
| rijsnelheid           | $v$      |
| perceptie-reactietijd | $t_{pr}$ |
| manoeuvretijd         | $t_m$    |
| veiligheidsmarge      | $t_v$    |

Bij het vaststellen van zichtcriteria wordt meestal uitgegaan van een rijsnelheid die iets boven de ontwerpsnelheid van de betreffende weg ligt. Dit lijkt een correcte ontwerpfilosofie. In hoeverre het uiteindelijk geboden zicht van invloed is op de rijsnelheid komt later aan de orde.

M.b.t. de perceptie-reactietijd werd op blz. 12 geconcludeerd dat de waarde van 2 s voor niet- autosnelwegen wat aan de krappe kant is. Tevens werd aangeduid dat het onjuist is de manoeuvretijd te baseren op een remvertraging die eerder past bij een noodmanoeuvre dan bij comfortabel rijgedrag. Bij het afwikkelen van een manoeuvre zal de automobilist (of fietser) bovendien trachten in afstand en/of tijd een zekere veiligheidsmarge in acht te nemen. Met veiligheidsmarge wordt hier bedoeld op de tijd ( $t_v$ ) of afstand ( $l_v$ ) die aan het slot van de manoeuvre "over" is, zoals bijv. de zgn. post-encroachment-time bij het kruisen van twee voertuigen. Kraaij en Van der Horst (1986) geven aan dat bij het oversteken van een kruispunt een  $t_v$  waarde van 1 s als uiterste minimum moet worden beschouwd. Wennell en Cooper (1981) doen eveneens gedragsobservaties op kruispunten en geven  $t_v$  waarden van meer dan 2 s. "Gap acceptance" blijkt bovendien te verschillen naar voertuigcategorie (acceleratievermogen) en sexe. Zo blijken vrouwen grotere veiligheidsmarges in acht nemen dan mannen. De vraag is ook of dit soort tijdsmarges onafhankelijk van de snelheid zijn. Er zijn aanwijzingen dat dit bij het ontwijken van vaste obstakels inderdaad het geval is (Godthelp, 1984).

Over het beslisgedrag in kritische situaties en de daarbij gewenste veiligheidsmarges is echter betrekkelijk weinig bekend. Behalve de genoemde invloedsfactoren (voertuigtype, geslacht) lijkt nader onderzoek nodig m.b.t. de effecten van rijsnelheid, de aard van het te omzeilen object (berm, obstakel, kruisend verkeer, tegenligger) en de



vormgeving van de weg. Met betrekking tot dit laatste aspect zijn er aanwijzingen dat indien één van de twee kruispunttakken in een boog ligt, het waarneem- en beslisgedrag van overstekers volledig verstoord is (Janssen, 1987).

### 5.3 Zicht, rijgedrag en veiligheid

In de praktijk van het wegontwerp blijkt het soms onhaalbaar om aan alle zichtcriteria te voldoen. Essentiële vraag is dan hoe het verkeersgedrag zal zijn in situaties met te weinig zichtafstand. Een veel gehoorde redenering is dat comfortabele zichtafstanden slechts leiden tot snelheidsverhoging en onverantwoord inhalen, oversteken e.d. Marginale zichtafstanden zouden zo het verkeer juist veiliger maken. Een onderbouwing van deze redenering is echter niet beschikbaar. Omgekeerd bestaat wel evidentie dat automobilisten bij beperkt zicht een foutieve inschatting maken van wat veilig gedrag is. Zo treden bij mist pas bij een zicht van minder dan 200 m snelheidsreducties op (Jeffery & White, 1981). Michels en Van der Heijden (1978) geven aan dat op wegen met beperkte zichtafstand snelheidsreducties optreden bij  $ZA < 400$  m. Een ongevalsstudie toont echter aan dat de meeste ongevallen eveneens gebeuren op wegen met beperkte zichtafstand (Michels e.a., 1986).

Bij afwezigheid van direct zicht wordt het inzicht dat de verkeersdeelnemer heeft (of denkt te hebben) in het verkeersproces of in het wegverloop meer en meer bepalend voor het gedrag. Een juist inzicht in het wegverloop in combinatie met bijv. een verkeerde inschatting van de kans op tegenliggers kan zo tot ongevallen leiden. Over processen van snelheidskeuze en oversteek/-inhaalgedrag bij beperkte zichtafstanden is vrij weinig bekend. Deze kennis is nodig om iets te kunnen zeggen over de gedragsbeïnvloeding ten gevolge van beperking van de zichtafstand.

### 5.4 Kunstmatig zicht

In situaties waar de wegontwerper geen ruimte heeft om voldoende zichtafstand te bieden of waarbij mist of duisternis de detectie van bijv. kruisend of tegenliggend verkeer belemmeren, worden soms hulpmiddelen aangewend om het zicht kunstmatig te vergroten. Het bekendste voorbeeld daarvan is de plaatsing van een spiegel op een kruispunt. Nagegaan zou moeten worden of moderne hulpmiddelen hier niet veel meer mogelijkheden bieden. Zo kan een lusdetector een voertuig bij nadering



van het kruispunt melden aan een informatiesysteem op de zijweg. Ook op kruispunten met problemen van andere aard zouden dit soort systemen een oplossing kunnen bieden. Te denken valt aan Krimpenerwaardkruispunten of aan kruispunten waar om dubieuze redenen verkeerslichten staan. In Engeland werd enige tijd geleden een verkeersveiligheidsprijs toegekend aan een dergelijk "electronic mirror" (TEC, 1986). Het waarschuwingssysteem bestaat daarbij uit een verkeerslicht met geel knipperlicht op de plaats van rood en groen. Bij afwezigheid van verkeer branden de lichten continue. Het middenlicht is uit. De vraag is of de begrijpelijkheid van dit systeem voldoende is. Het idee verdient echter zeker nadere uitwerking. Ook bij bijv. mist lijken moderne technieken meer zicht op het overige verkeer te kunnen bieden (Godthelp, 1986).

## 6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN VOOR VERDER ONDERZOEK

Uit de in de voorgaande hoofdstukken gegeven overwegingen, kunnen de volgende conclusies en aanbevelingen worden herleid:

- 1 De huidige zichtterminologie is verwarrend. Aanbevolen wordt het *beschikbare* geometrische zicht eenduidig te definiëren met het begrip zichtafstand, d.i. de afstand waarover een object met hoogte  $h$  in principe gezien kan worden door een waarnemer met ooghoogte  $x$ , gemeten langs het midden van de meest kritische rijstrook. Het *benodigde* zicht dient vervolgens per te nemen actie te worden omschreven door zgn. zichtcriteria, bijv. het stopzichtcriteria, d.i. de benodigde zichtafstand om veilig te kunnen stoppen.
- 2 Er is vrij weinig bekend over het verband tussen de afstand waarop een alerte waarnemer een informatiedrager kan detecteren en/of herkennen en de afstand waarop detectie en/of herkenning in de praktijk daadwerkelijk plaats vindt. Aangenomen wordt dat dit verband voor bepaalde situaties kan worden vastgelegd met een zgn. praktijkfactor. Ter onderbouwing hiervan is nader inzicht nodig in de processen die bepalend zijn voor de aandachtverdeling en waarnemingstrategie van verkeersdeelnemers.
- 3 Aanbevolen wordt de zichtcriteria m.b.t. het geometrische zicht en m.b.t. de zichtbaarheid van informatiedragers meer in onderling verband te beschouwen.
- 4 Het huidige stopzichtcriterium rekent met remvertragingen van 3 à 5 m/s<sup>2</sup> welke gebaseerd zijn op maximaal haalbare band-wegdekkcrach-



- ten. Aanbevolen wordt uit te gaan van in de praktijk door bestuurders geaccepteerde vertragingen.
- 5 De thans gehanteerde perceptie-reactietijdwaarden voor niet-autosnelwegen zijn krap (1,5 à 2 s). Een waarde van minimaal 2,5 s wordt aanbevolen.
  - 6 De huidige waarden van het oprijzichts criterium zijn krap. In een aantal kritische situaties zou nagegaan moeten worden tot welke consequenties dit leidt.
  - 7 Over de praktische consequenties van krappe zichtafstanden is weinig bekend. De invloed van zichtbeperking op het snelheidsgedrag wordt inmiddels nader onderzocht (Tenkink, 1988a, b). Ook m.b.t. gap-acceptance zou in de praktijk de relatie met zichtbeperkingen nader gekwantificeerd moeten worden.
  - 8 De huidige definiëring van het kruisingszichts criterium is niet eenduidig. Aanbevolen wordt uit te gaan van een uitzichtdriehoek waarbij de driehoekzijde van het voorranggevende voertuig A een lengte heeft die gelijk is aan  $ZC_{stop}$ . De lengte van de driehoekzijde van het voorranghebbende voertuig B dient gelijk te zijn aan de grootste van de twee volgende maten:
    - de stopafstand van B
    - de afstand waarop B zich op botskoers bevindt met A, uitgaande van onveranderde snelheden en met A op stopafstand van de kruising.
  - 9 Detectieafstanden e.d. van informatiedragers worden veelal vastgelegd op basis van proeven met een "representatief deel van de populatie". Ook bij het meten van geometrische zichtafstanden gaat men uit van een standaard bestuurder (o.a. ooghoogte). Wat hieronder wordt verstaan verdient echter nadere verificatie. Met het oog hierop zou een "ontwerp bestuurder" beschreven kunnen worden, waarbij de statische en dynamische eigenschappen van de representatieve waarnemer worden aangegeven.
  - 10 Bij het formuleren van zichtcriteria wordt niet systematisch rekening gehouden met veiligheidsmarges. Dit is niet verwonderlijk, omdat betrekkelijk weinig bekend is over het beslisgedrag in kritische situaties en de daarbij gewenste tijd- en/of afstands-marges. De effecten van rijsnelheid, aard van het te "missen" object, vormgeving van de weg en zichtafstand, op dit beslisgedrag zouden nader onderzocht moeten worden.
  - 11 Nagegaan zou moeten worden of in situaties met onvoldoende zichtafstand zinvol gebruik gemaakt kan worden van kunstmatig zicht, bijv. met behulp van elektronische waarschuwingssystemen.



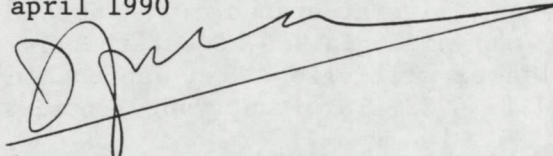
## REFERENTIES

- AASHTO (1982). A policy on the geometric design of highways and streets. AASHTO, Washington, DC, Review Draft 3.
- Alblas, B.P., Janssen, W.H. en Buist, M. (1989). Een veldstudie over de informatiehoeveelheid op wegwijzers. Rapport IZF 1989 C-14, Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- ASVV (1986). Aanbevelingen voor stedelijke verkeersvoorzieningen. Studie-Centrum Verkeerstechniek, Driebergen.
- Barker, D.J. (1987). The distribution of driver eye- heights on the approach to intersections. Australian Road Research, 17 (4), 265-168.
- Blaauw, G.J. en Padmos, P., BGC (1986). Nighttime visibility of various types of road markings; a study on durability, including conditions of rain, fog and dew. SAE Paper 820412. Detroit, Society of Automotive Engineers.
- Buck, P.E.M. (1985). Nieuwe ontwikkelingen in het ontwerpen van wegen en kruispunten buiten de bebouwde kom. Bijdrage aan Postacademiale cursus "Ontwerpen van wegen en kruispunten; meer met minder geld". Orgaan voor Postacademisch Onderwijs in de Vervoerwetenschappen en de Verkeerskunde, Rijswijk.
- BVA (1987). Literatuuroverzicht gap-acceptatie. Rapport DVK-023 Bureau voor Verkeerskundige Advisering, Raalte.
- Cleveland, D.E., Kostijnink, L.P., Waissl, G.R., Olson, P.L. en Fancher, P.S. (1985). Stopping sight distance parameters. Transportation Research Record 1026, 13-24.
- Fancher, P.S. (1986). Sight distance problems related to trucks. Transportation Research Record 1052, 29-36.
- Godthelp, J. (1981). Het zien van verkeersborden bij nacht. Verkeerskunde 32, Nr. 9, 12-16.
- Godthelp, J. en Riemersma, J.B.J. (1982). Vehicle guidance in roadwork zones. Ergonomics 25, Nr. 10, 909-916.
- Godthelp, J. (1984). Studies on human vehicle control. Dissertatie, Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- Godthelp, J. (1986) TLC: een nieuwe methode om rijgedrag te beschrijven. Verkeerskunde 36, Nr. 1.
- Hakkesteeft, P. (1985). Functionele eisen wegen en kruispunten. Bijdrage aan Post-academiale cursus "Ontwerpen van wegen en kruispunten; meer met minder geld". Orgaan voor Postacademisch Onderwijs in de Vervoerwetenschappen en de Verkeerskunde, Rijswijk.
- Hills, B.C. (1980). Vision, visibility and perception in driving. Perception 9, 183-216.
- Hooper, K.G. en McGee, H.W. (1983). Driver perception- reaction time: are revisions to current specification values in order? Transportation Research Record 904, 21-30.
- Horst, A.R.A. van der en Godthelp, J. (1982). De roodlichtdiscipline van bestuurders van motorvoertuigen in relatie tot het beëindigen van de groenfase: een literatuurstudie. Rapport IZF 1982 C-11, Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- Janssen, W.H. (1987). Driver strategies when approaching an intersection. Rapport IZF 1987 C-23, Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- Jeffery, D.J. en White, M.E. (1981). Fog detection and some effects of fog on motorway traffic. Traffic Engineering and Control, Vol. 22, 199-203.



- Kraaij, J. en Horst, A.R.A. van der (1986). Handleiding conflictobservatietechniek DOCTOR. Rapport IZF 1986 C-6, Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- McGee, H.W., Moore, W., Knapp, B.G. en Sanders, J.H. (1978). Decision sight distance for highway design and traffic control requirements. Report FHWA-RD-78-78.
- Michels, Th. en Heijden, Th.G.C. van der (1978). De invloed van enkele wegkenmerken op de rijsnelheid op niet-autosnelwegen. Verkeerskunde 29, Nr. 6, 296-301.
- Michels, Th., Heijden, Th.G.C. van der en Drentje, A.J. (1986). Onderzoek naar wegkenmerken op ongevalslocaties. Verkeerskunde 37, Nr. 6, 292-295.
- Nes, R. van (1980). Het inhalen van langzame voertuigen op tweestrookswegen. Laboratorium voor Verkeerskunde, TU Delft. Rapport VK 2022.301.
- Olson, P.L. en Sivak, M. (1986). Perception-response time to unexpected roadway hazards. Human Factors 28, Nr. 1, 91-96.
- Padmos, P. (1983). Fietspadverlichting. Een studie van de Commissie voor Openbare Verlichting van de Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde. Electrotechniek 61, Nr. 4.
- RAW, SCW, SVT (1986). Nomenclatuur van weg en verkeer. Uitgave van de Stichting Rationalisatie en Automatisering grond-, water- en wegenbouw, Stichting Studie-Centrum Wegenbouw en Stichting Studie-Centrum Verkeerstechniek, Driebergen.
- ROA (1988). Concept richtlijnen voor het ontwerpen van autosnelwegen. Hoofdstuk II-4, Alignement.
- RONA (1986). Richtlijnen voor het ontwerpen van niet-autosnelwegen. Hoofdstuk III-2; Kruispunten, afgeleide uitgangspunten.
- RONA (1989). Richtlijnen voor het ontwerpen van niet-autosnelwegen. Hoofdstuk IV-3, Zichtafstanden.
- Summala, H. (1981). Driver/vehicle steering response latencies. Human Factors 23, No. 6, 683-692.
- TEC (1986). News. Traffic Engineering and Control, Vol. 27, p. 624.
- Tenkink, E. (1988). Determinanten van rijsnelheid. Rapport IZF 1988 C-3, Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- Tenkink, E. (1988). Sight distance and speed choice. Rapport IZF 1988 C-11, Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- Theeuwes, J. (1988). Visual selection: exogenous and endogenous control; A review of the literature. Rapport 1989 C-3, Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- TRB (1987). Organizing the design driver. Sessie gehouden tijdens de 66th Annual Meeting of the Transportation Research Board.
- Wennell, J. en Cooper, D.F. (1981). Vehicle and driver effects on function gap acceptance. Traffic Engineering and Control. Vol. 22, p. 628-633.

Soesterberg, 19 april 1990



Dr.ir. J. Godthelp