



**TNO-rapport**

**TM-01-C045**

**Specificaties van een universele signaalgever**

TNO Technische Menskunde  
Kampweg 5  
Postbus 23  
3769 ZG SOESTERBERG

[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

T 0346 356 211  
F 0346 353 977

Datum	15 november 2001
Auteur(s)	J.W.A.M. Alferdinck
Exemplaarnummer	
Oplage	25
Aantal pagina's	38
Aantal bijlagen	4
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer
Projectnaam	Specificatie universele signaalgevers
Projectnummer	013.71155

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

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

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belang-hebbenden is toegestaan.

© 2001 TNO

INHOUD	Blz.
SAMENVATTING	5
SUMMARY	7
1 INLEIDING	9
2 LEESBAARHEID RVV-VERKEERSBORDEN	10
2.1 Inleiding	10
2.2 Laboratoriumexperiment	12
2.2.1 Stimuli	12
2.2.2 Proefpersonen	15
2.2.3 Procedure	15
2.2.4 Resultaten	16
2.3 Veldexperiment	19
2.3.1 Inleiding	19
2.3.2 Stimuli	19
2.3.3 Proefpersonen	20
2.3.4 Procedure	20
2.3.5 Resultaten	20
2.4 Vereiste bordgrootte, resolutie en lichtpuntafstand	22
2.5 Conclusie herkenningsexperimenten	23
3 ACHTERGRONDSCHILD	24
3.1 Inleiding	24
3.2 Literatuur	24
3.3 Bepaling van de benodigde randbreedte	25
4 KLEURVERSCHIL	25
4.1 Inleiding	25
4.2 Europese eisen	26
4.3 Afleiding van eisen	26
4.3.1 Grootheid voor kleurverschil	26
4.3.2 Toelaatbaar kleurverschil	27
5 REFLECTIE EN SPIEGELINGEN	28
5.1 Inleiding	28
5.2 Soorten reflectie	29
5.3 Methode voor meten diffuse reflectie	29
5.4 Methode voor glansmeting	29
5.5 Hoeveel reflectie en glans is aanvaardbaar?	31
5.6 Reflectie-eisen	31
6 CONCLUSIES	32
DANKWOORD	32

REFERENTIES	33
BIJLAGE A Proefpersooneigenschappen laboratoriumexperiment	35
BIJLAGE B Proefpersooninstructie laboratoriumexperiment	36
BIJLAGE C Proefpersooneigenschappen veldexperiment	37
BIJLAGE D Proefpersooninstructie veldexperiment	38

## Specificaties van een universele signaalgever

J.W.A.M. Alferdinck

### SAMENVATTING

**Vraagstelling:** De Adviesdienst Verkeer en Vervoer van Rijkswaterstaat is bezig met het opstellen van functionele specificaties voor een universele signaalgever die onder andere gebruikt zal worden voor verkeerssignalering. Hierbij is het belangrijk dat verkeersborden op uniforme wijze getoond worden. Om gefundeerde eisen te kunnen opstellen was onderzoek nodig naar de herkenbaarheidsafstand van verkeersborden op matrixborden, de afmetingen van het achtergrondschild, de toelaatbare kleurverschillen en de reflecties.

**Werkwijze:** In een laboratoriumproef werden matrixborden gesimuleerd met beelden van verkeersborden in verschillende resoluties, en in normale en geïnverteerde (witte symbolen op zwarte achtergrond) uitvoering. Met proefpersonen werd de herkenningsafstand bepaald.

Daarnaast zijn met behulp van literatuurgegevens voorstellen opgesteld voor de eisen voor de afmetingen van het achtergrondschild, de toelaatbare kleurverschillen en de reflecties.

### Resultaten:

- De herkenningsafstand is bij horizontale resoluties van 80, 40 en 20 lichtpunten respectievelijk 1%, 3% en 13% minder dan bij een hoge resolutie van 320.
- De herkenningscoëfficiënt (herkenningsafstand gedeeld door de bordhoogte) van de RVV-verkeersborden, gemeten in het laboratorium, varieert van 105 tot 231 en is gemiddeld 150. De F-borden (einde verboden) zijn het beste te herkennen (186) en de J-borden (waarschuwborden) het slechtste (135). De borden voor maximumsnelheid (A1) hebben een herkenningscoëfficiënt van 150.
- Borden met een rode rand die in normale uitvoering een zwart symbool op een witte achtergrond hebben worden in de geïnverteerde versie op een 6% grotere afstand herkend.
- Door onder andere een verkeerde luminantieverhouding tussen rood en wit worden verkeersborden op een echt matrixbord slechter herkend dan in het laboratorium onder optimale omstandigheden.
- Bij veel verkeertoepassingen zorgt een achtergrondschild met een rand met een visuele hoek van 0,14 graden voor voldoende leesbaarheid en opvallendheid.
- Het toelaatbare kleurverschil hangt af van de grootte van de twee vlakken die vergeleken worden. Kleine vlakken laten namelijk grotere kleurverschillen toe. Dit maakt het opstellen van eisen voor toelaatbare kleurverschillen voor matrixborden complex.
- Om hinderlijke reflecties te vermijden mag de luminatiefactor van de voorkant van de signaalgever (inclusief lichtpunten), de behuizing en achtergrondschild van de signaalgever maximaal 0,05 zijn, bij een 0/45-geometrie en een D<sub>65</sub> illuminant. De glans mag niet meer zijn dan 20%, gemeten volgens de norm ISO 2813 bij een hoek van 60 graden.

### Conclusie:

- Om verkeersborden op een afstand van 200 m te herkennen op een matrixbord met optimale optische eigenschappen, moet de minimale hoogte van ronde en driehoekige borden respectievelijk 133 en 148 cm zijn. De pijlen dienen een lengte hebben van minimaal 49 cm. Hiervoor is een matrixbord nodig is met afmetingen van 1,5 × 1,7 m (h × b) en een lichtpuntafstand van maximaal 32 mm. Voor een esthetisch verantwoorde afbeelding mag de lichtpuntafstand niet meer zijn dan 16 mm.
- Uit oogpunt van herkenbaarheid is er geen belemmering om borden te inverteren.



- Een achtergrondschild met een breedte van 50 cm, gerekend vanaf de rand van het display oppervlak, geeft voldoende leesbaarheid en opvallendheid. Bij een rode rand mag gerekend worden vanaf het symbool binnen de rode rand.
- Hinderlijke reflecties in de borden zijn te voorkomen door eisen te stellen aan de diffuse en spiegelende reflecties die volgens standaard methoden te meten zijn.
- Voor het bepalen van toelaatbare kleurverschillen en optimale luminantieverhouding tussen kleuren op matrixborden is nader onderzoek nodig.

## Specifications of a universal variable message sign

J.W.A.M. Alferdinck

### SUMMARY

**Purpose:** The AVV Transport Research Centre of the Ministry of Transport is preparing functional specifications for the universal variable message sign (VMS), which shall be used as traffic signalling. It is of major importance that traffic signs are presented uniformly. In order to draft well-founded requirements, research was needed on the recognition distance of traffic signs, the dimensions of the backing board, and the allowed colour differences and reflections.

**Methods:** In the laboratory matrix signs were simulated with images of traffic signs in various resolutions and in normal and inverted (white symbols on a black background) conditions. With 12 observers the recognition distance was determined.

Information from the literature was used to draft proposals for the requirements for the dimensions of the backing board and the allowed colour differences and reflections.

### Results:

- The recognition distance at horizontal resolutions of 80, 40, and 20 light points, is 1%, 2%, and 13% lower than for a resolution of 320.
- The average recognition coefficient (recognition distance divided by the sign height) of traffic signs measured in the laboratory is 150, ranging between 105 and 231. The recognition coefficient of F-signs (end of speed limits etc.) is 186, for J-signs (warning signs) 135, and for maximum speed signs (A1) 150.
- Traffic signs with a red ring or triangle which have normally black symbols on a white background, are recognised at a 6% larger distance when they are presented in inverted condition.
- A improper luminance ratio between red and white is one of the reasons that traffic signs displayed on a real matrix signs are recognised at a shorter distance than in the laboratory in optimal conditions.
- For most of the traffic applications a backing board with a visual angle of 0.14 degrees provides sufficient legibility and conspicuity.
- The allowable colour difference depends on the size of the areas to be compared. Small areas allow larger colour differences. The allowable colour difference for matrix signs is a complex issue.
- In order to prevent visual uncomfortable reflections the luminance factor of the front of the sign (light points included), the housing and backing board of the VMS should be lower than 0.05, at a 0/45 geometry and a D<sub>65</sub> illuminant. The gloss must be lower than 20%, measured according the norm ISO 2813 at an angle of 60 degrees.

### Conclusion:

- In order to recognise traffic signs at a distance of 200 m on a matrix sign with optimal optical properties, the height of circular and triangular signs should be at least 133 and 148 cm, respectively. Arrows should have a minimal length of 49 cm. For displaying these signs a matrix sign is needed with a size of 1.5 × 1.7 m (h × w) and a light point distance of maximal 32 mm. For an aesthetic image the light point distance should be no more than 16 mm.
- The required resolution of a matrix sign does not depend on the recognition of the displayed traffic sign, but depends on its aesthetic properties.

- For recognition of traffic signs at a distance of 200 m on matrix signs with optimal optical properties, the minimum height of round and triangular traffic signs must be 133 and 148 cm, respectively. Arrows should have a length of 49 cm.
- Concerning recognition there is no restriction for the use of inverted signs.
- A backing board with a width of 50 cm, measured from the side of the display surface, ensures sufficient legibility and conspicuity. In case the sign includes a red ring or triangle, the 50 cm measurement applies to the symbol inside the ring or triangle.
- Distracting reflections in signs can be avoided by establishing requirements for diffuse and specular reflections, which can be measured according to standardised methods.
- For the determination of the allowable colour differences and the optimal luminance ratio between colours on matrix signs more research is needed.

## 1 INLEIDING

Een groot deel van de Nederlandse autosnelwegen is op dit moment voorzien van zogenaamde verkeerssignalering. Dit systeem geeft de weggebruiker visuele informatie door middel van elektronische signaleringsborden of signaalgevers. Op deze signaalgevers kunnen verschillende symbolen zichtbaar gemaakt worden. Al naar gelang de situatie op de weg (verkeersdrukte, ongelukken, weer, werk-in-uitvoering) worden verschillende symbolen zichtbaar gemaakt. De symbolen bestaan meestal uit getallen voor maximum snelheidsaanduidingen of rijstrookindicatoren (gele verdrijfpijlen, groene vallende pijl en rood kruis). Verder kunnen er verkeersborden getoond worden zoals gebodsborden (inhaalverbod, verplichte passeerzijde) en borden die waarschuwen voor tijdelijk gevaarlijke situaties (file, tegenliggers, werk-in-uitvoering, tegenliggers, enz.).

De huidige staat van de techniek maakt het mogelijk om signaalgevers te maken die vrij programmeerbaar zijn, dat wil zeggen dat elke willekeurige afbeelding getoond kan worden in vrijwel alle kleuren. Deze universele signaalgevers zouden van een conventionele signaalgever met bovengenoemde informatie gemakkelijk omgeschakeld kunnen worden naar bewegwijzeringsborden met bijvoorbeeld informatie over lengten van files en alternatieve routes.

In het kader van het project Concept Universele Signaalgevers (CONUS) is de Adviesdienst Verkeer en Vervoer van Rijkswaterstaat (AVV) bezig met het opstellen van specificaties voor de toekomstige universele signaalgever. Deze zullen de huidige specificaties voor signaalgevers en DRIP's (RWS, 1997, 2000) moeten vervangen. Er wordt gedacht aan display-eenheden, die op zich weer zijn samengesteld uit standaard modules of "tegels", van bijv. maximaal 120 x 120 cm, die vrij programmeerbaar zijn in meerdere kleuren. Door combinatie van display-eenheden kan zo elke gewenste bordafmeting gemaakt worden, al naar gelang de informatie-wens en de weggeometrie.

Bij het opstellen van de specificaties is een aantal vragen gerezen en de AVV verzoekt om het volgende te onderzoeken:

- 1 De beelden die getoond worden op de signaalgevers (Tabel 1) zullen exact overeenkomen met de normale verkeersborden, de zogenaamde RVV-borden (RVV, 1990). De daarbij te beantwoorden vragen zijn:
  - a Hoe groot moeten deze beelden zijn om te voldoen aan de leesbaarheidseis van 50–200 meter?
  - b Heeft het voordelen en welke, om in plaats van het tonen van de getallen van de snelheden in wit licht (geïnverteerd), deze te presenteren op exact dezelfde wijze als op de RVV-borden, zwarte getallen in een wit vlak?



Tabel 1 De RVV-borden die gebruikt worden op de huidige signaalgevers (RWS, 1997).

RVV-nummer	Omschrijving
A1	Maximumsnelheid, 50, 70, 80, 90, 100, 120
D2	Verplichte passeerzijde
F3	Inhaalverbod vrachtwagens
F4	Einde inhaalverbod vrachtwagens
J15	Beweegbare brug
J16	Werk in uitvoering
J17	Rijbaanversmalling
J18	Rijbaanversmalling rechts
J19	Rijbaanversmalling links
J29	Tegenliggers
J32	Verkeerslichten
J33	File
J36	IJzel of sneeuw
J37	Gevaar

- 2 Op de huidige signaalgevers worden de snelheden in alle gevallen getoond zonder rode rand. Om strooilicht tegen te gaan zijn de huidige signaalgevers voorzien van een zwart achtergrondschild, waardoor de leesbaarheid wordt vergroot.
  - a Gelden dezelfde maten van het achtergrondschild ook bij toepassing van de rode rand of wijken deze af en hoe groot moeten ze dan zijn?
  - b Hoe groot moet de rand zijn naast de rode rand op een signaalgever?
- 3 Bij verschillende zichthoeken kan de luminantie van de signaalgever variëren. Binnen zekere grenzen is deze variatie acceptabel. Deze variatie verschilt voor de verschillende gekleurde lichtpunten waaruit een beeld is samengesteld en daarmee zal de kleur van de signaalgever variëren met de zichthoek. Hoe groot mag deze variatie zijn en hoe kan dit zo concreet mogelijk in de specificaties worden opgenomen?
- 4 In de concept-specificaties staan eisen opgenomen over reflectie en spiegeling. De vraag is of deze eisen nodig en zinvol zijn en vervolgens welke eisen dit moeten zijn in relatie tot de haalbaarheid en testbaarheid.

## 2 LEESBAARHEID RVV-VERKEERSBORDEN

### 2.1 Inleiding

Voor het bepalen van de leesbaarheid van de beelden van RVV-verkeersborden op de universele signaalgever werden twee experimenten uitgevoerd, een in het laboratorium en een in het veld. In het laboratorium werd de herkenningsafstand bepaald van een uitgebreide set RVV-verkeersborden. Ze werden gesimuleerd op een computerbeeldscherm als een matrixbord in verschillende resoluties (aantal beeldpunten per bord). In het veld werd van een beperkte set RVV-verkeersborden de herkenningsafstand bepaald op een echt matrixbord, in slechts één resolutie.



					
A1-50 Maximum snelheid 50 km/u	A1-70 Maximum snelheid 70 km/u	A1-80 Maximum snelheid 80 km/u	A1-90 Maximum snelheid 90 km/u	A1-100 Maximum snelheid 100 km/u	A1-120 Maximum snelheid 120 km/u
					
A2-50 Einde maximum snelheid 50 km/u	A2-90 Einde maximum snelheid 90 km/u	F2 Einde inhaalverbod	F3 Inhaalverbod vrachtwagens	F4 Einde inhaalverbod vrachtwagens	F8 Einde alle verboden
					
J15 Beweegbare brug	J16 Werk in uitvoering	J17 Rijbaan- versmalling	J18 Rijbaan- versmalling, rechts	J19 Rijbaan- versmalling, links	J20 Slipgevaar
					
J25 Losliggende stenen	J29 Tegenliggers	J31 Zijwind	J32 Verkeerslichten	J33 File	J34 Ongeval
					
J35 Slecht zicht door sneeuw, regen of mist	J36 Ijsel of sneeuw	J37 Gevaar			
					
Pijl-omlaag	Pijl-links	Pijl-rechts	Pijl-omhoog		

Fig. 1 Normale verkeersborden.

					
A1-50 Maximum snelheid 50 km/u	A1-70 Maximum snelheid 70 km/u	A1-80 Maximum snelheid 80 km/u	A1-90 Maximum snelheid 90 km/u	A1-100 Maximum snelheid 100 km/u	A1-120 Maximum snelheid 120 km/u
					
A2-50 Einde maximum snelheid 50 km/u	A2-90 Einde maximum snelheid 90 km/u	F2 Einde inhaalverbod	F3 Inhaalverbod vrachtwagens	F4 Einde inhaalverbod vrachtwagens	F8 Einde alle verboden
					
J15 Beweegbare brug	J16 Werk in uitvoering	J17 Rijbaan- versmalling	J18 Rijbaan- versmalling, rechts	J19 Rijbaan- versmalling, links	J20 Slipgevaar
					
J25 Losliggende stenen	J29 Tegenliggers	J31 Zijwind		J33 File	J34 Ongeval
					
J35 Slecht zicht door sneeuw, regen of mist	J36 Ijsel of sneeuw	J37 Gevaar			
					
Pijl-omlaag	Pijl-links	Pijl-rechts	Pijl-omhoog		

Fig. 2 Geïnvverteerde verkeersborden.

## 2.2 Laboratoriumexperiment

### 2.2.1 Stimuli

De stimuli bestonden uit afbeeldingen van de borden die in de Figuren 1 en 2 zijn weergegeven. Omwille van methodologische redenen is de set borden groter dan die op dit moment op verkeerssignaleringen worden getoond (Tabel 1). De borden F4 (Einde inhaalverbod vrachtwagens) en F8 (Einde alle verboden) zijn borden zonder kleur in Tabel 1. Ze zouden daarom al op grote afstand herkend worden omdat het dan de enige borden zouden zijn zonder kleur. Daarom is de set aangevuld met drie borden die er op lijken, namelijk A2-50, A2-90 en F2.



Verder zijn de waarschuwborden uitgebreid met een aantal borden die in de toekomst relevant kunnen zijn voor tijdelijke waarschuwingen op matrixborden (J20, J25, J31, J34, J35).

Het RVV-bord D2 (Verplichte rijrichting) bestaat uit een rond blauw bord met een witte pijl die naar rechtsonder wijst. Van dit bord zal voortsnog alleen de pijl worden gebruikt zonder de ronde blauwe achtergrond. Daarom is op verzoek van AVV alleen herkenbaarheid van de pijl gemeten (Pijl-rechts). Omwille van bovengenoemde methodologische redenen is de set pijlen uitgebreid met een pijl omhoog, omlaag en naar links.

Uit oogpunt van efficiëntie en energiebesparing kan het voordelen hebben om de symbolen en opschriften van de borden geïnverteerd weer te geven. Hierbij wordt het zwart vervangen door wit, en omgekeerd. Voor het weergeven van bijvoorbeeld opschrift "50" zullen veel meer lichtpunten nodig zijn in de normale versie dan in de geïnverteerde versie. In Figuur 2 staan de geïnverteerde borden die in het laboratoriumexperiment gebruikt zijn. In overleg met de opdrachtgever is het bord J32 (Verkeerslichten) is niet als geïnverteerd bord opgenomen in de set omdat het moeilijk is om een bruikbare geïnverteerde versie te maken.

De afbeeldingen van de borden werden getoond op een computerbeeldscherm (Iiyama, Vision Master 17, MF8617ES). De afmeting van het scherm (hoogte  $\times$  breedte) was  $240 \times 320$  mm of  $1024 \times 768$  beeldschermpixels. Het beeldscherm stond opgesteld tegen een egaal verlichte achtergrond. Met midden van het scherm bevond zich 125 cm boven de grond. De luminanties, kleurcoördinaten en gebruikte RGB aanstuurwaarden van het scherm staan in Tabel 2. De luminantie van de omgeving van het beeldscherm (muur achter het beeldscherm) bord was gemiddeld  $34,8 \text{ cd/m}^2$  met kleurcoördinaten  $x = 0,456$  en  $y = 0,413$ .

Tabel 2 Luminanties, kleurcoördinaten en gebruikte RGB aanstuurwaarden van het beeldscherm van de verschillende kleuren in de stimuli.

Kleur	Fotometrische grootheden			Aanstuurwaarden beeldscherm		
	Luminantie ( $\text{cd/m}^2$ )	Kleurcoördinaten		R	G	B
		x	y			
Grijs (omgeving bord)	33,8	0,293	0,319	175	175	175
Grijs (bord A2 en F4)	21,0	0,294	0,320	137	137	137
Wit	87,1	0,291	0,314	255	255	255
Zwart	1,12	0,340	0,342	0	0	0
Rode randen	14,4	0,593	0,337	220	47	48
Rood (bord J32)	19,2	0,610	0,339	255	0	0
Geel (bord J32)	74,7	0,410	0,509	255	241	0
Groen (bord J32)	18,5	0,252	0,419	0	144	109

De afbeeldingen van de borden werden gepresenteerd in het midden van het beeldscherm op een grijze achtergrond. De breedte van de ronde en driehoekige borden was steeds 100 mm (320 beeldschermpixels) en van de vierkante borden (pijlen) 50 mm (160 beeldschermpixels). De lengte van de pijlen op de vierkante borden was 115 beeldschermpixels.

Elk bord werd getoond op vier verschillende resoluties (Tabel 3). De resolutie is hier uitgedrukt in het aantal lichtpunten in horizontale richting. Merk op dat de voor de driehoekige borden het aantal lichtpunten in verticale richting kleiner is dan in horizontale richting. De grootte van de

lichtpunten varieerde van  $1 \times 1$  tot  $32 \times 32$  beeldschermpixels. Bij het maken van de stimuli in de verschillende resoluties zijn de beelden met de hoogste resolutie verdeeld in blokken ter grootte van het gewenste lichtpunt. De beeldschermpixels van de verschillende kleuren binnen deze blokken werden geteld. Het lichtpunt kreeg de kleur van de pixelkleur die het meeste voorkwam. In Figuur 3 zijn voorbeelden gegeven van twee borden in vier verschillende resoluties.

Tabel 3 Resoluties en lichtpuntafmeting van de drie bordvormen, in aantal lichtpunten en beeldschermpixels. Een lichtpunt bestaat uit een of meer beeldschermpixels.

Resolutie	Aantal lichtpunten (breedte x hoogte)			Lichtpuntafmeting	
	Rond	Driehoek	Vierkant	(beeldscherm- pixels)	(mm)
320	320 x 320	320 x 280	–	1	0,3125
160	–	–	160 x 160	2	0,625
80	80 x 80	80 x 70	–	4	1,25
40	40 x 40	40 x 35	40 x 40	8	2,5
20	20 x 20	20 x 17	20 x 20	16	5
10	–	–	10 x 10	32	10

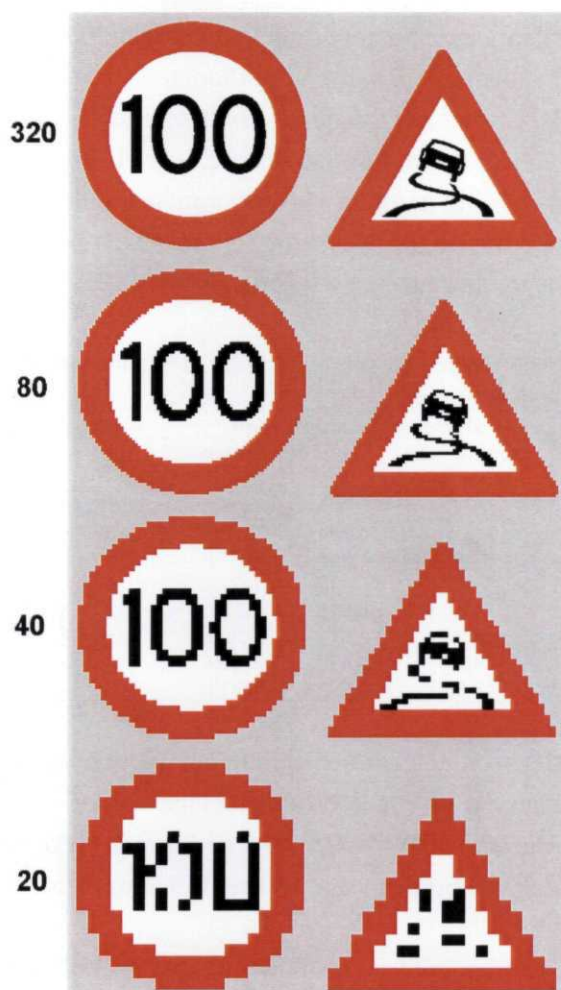


Fig. 3 Voorbeelden van borden in vier verschillende resoluties, 320, 80, 40 en 20 lichtpunten in horizontale richting. Links: bord A1 (100 km/u), rechts: bord J20 (slipgevaar).



### 2.2.2 Proefpersonen

Voor het laboratoriumexperiment werden 12 betaalde proefpersonen gebruikt, 4 mannen en 8 vrouwen. De leeftijd varieerde tussen 18 en 24 jaar en was gemiddeld 20,67 jaar. Alle proefpersonen hadden een goede gezichtsscherpte (gemiddelde Landolt-C-gezichtsscherpte (visus) was 1,71) en waren in het bezit van een rijbewijs. Twee proefpersonen hadden een kleurzienafwijking. Zie Bijlage A voor details.

### 2.2.3 Procedure

De procedure vertoont veel gelijkenis met een soortgelijke experiment dat eerder is uitgevoerd voor het meten van de herkenbaarheid van pictogrammen op matrixborden (Alferdinck e.a., 1998).

Voor het experiment begon werden de gezichtsscherpte van de proefpersonen getest en persoonlijke gegevens genoteerd (Bijlage A). Daarna werden de proefpersonen geïnstrueerd over de leesbaarheidsproef (Bijlage B).

Het beeldscherm stond opgesteld aan het uiteinde van een lange met TL-kunstlicht verlichte gang. De proefpersonen werden ingelicht over de soorten borden die getoond konden worden. Er werd hun verteld of er normale of geïnverteerde borden zouden worden getoond en kregen een afdruk op papier (Fig. 1 en 2) die ze tijdens het experiment mochten raadplegen.

Aan het begin van de proef stonden de proefpersonen in het andere uitzicht van de gang op een afstand van maximaal 40 m van het beeldscherm. Daarna werd een beeld getoond. De proefpersonen wisten niet welk beeld zou komen. Vervolgens moesten ze, op instructie van de proefleider, het bord langzaam benaderen. Als het bord goed zichtbaar was en ze vrijwel zeker wisten om welk bord het ging moest de proefpersonen stoppen en het nummer of de betekenis van het bord, bijvoorbeeld, "J16" of "Werk in uitvoering", doorgeven aan de proefleider. Het moest een van de borden zijn uit Figuren 1 of 2. De proefleider gaf dan aan of dit juist was. Als het onjuist was moest de proefpersoon het bord verder benaderen, net zo lang tot het juiste bord werd genoemd. Als het juist was dan las men de afstand tot het bord af van de afstandschaal op de grond, in decimeters nauwkeurig. Daarna ging men weer terug naar de startpositie voor de volgende waarneming.

Per proefpersoon werd het aanbieden van de stimuli verdeeld in negen sessies. Er werd begonnen met een oefensessie met een aantal verschillende normale en geïnverteerde borden van de hoogste resolutie. Daarna werden in acht sessies de vier resoluties in normale en geïnverteerde borden aangeboden. De volgorde van de sessies werd gevarieerd over proefpersoon volgens een Latijns kwadraat. Er werden 31 normale en 30 geïnverteerde borden aangeboden in 4 resoluties. Dat is per proefpersoon  $(31+30) \times 4 = 244$  aanbiedingen. Het totale experiment bestond dus uit  $12 \text{ proefpersonen} \times 244 = 2928$  aanbiedingen. Een sessie duurde ongeveer een kwartier. Met twee pauzes van ongeveer 10 minuten duurde het experiment per proefpersoon dus ca. 2,5 uur.



## 2.2.4 Resultaten

### *Analysemethode*

Alle gemeten herkenningssafstanden zijn genormeerd op een gezichtsscherpte van 1. Dat wil dus zeggen dat de genormeerde herkenningssafstand van een proefpersoon met een gezichtsscherpte van 2 dus de helft is van de werkelijk gemeten herkenningssafstand. De reden voor deze normering is dat het de meetruis vermindert en dus de meetnauwkeurigheid verhoogt. Een gezichtsscherpte van 1 komt overeen met de 85-percentiel-waarde van de populatie van ouder dan 18 jaar (Alferdinck, 1993).

Daarna werd de zogenaamde herkenningsscoëfficiënt berekend door alle herkenningssafstanden (in meters) te delen door de hoogte van het bord op het beeldscherm (in meters). De herkenningsscoëfficiënt is een handige grootte voor het berekenen van de herkenningssafstand van een bord van een willekeurige grootte op de weg. De herkenningssafstand van een bord voor een waarnemer met een gezichtsscherpte van 1 wordt verkregen door de werkelijke hoogte van het bord op de weg (in m) te vermenigvuldigen met de herkenningsscoëfficiënt. Bijvoorbeeld, als de herkenningsscoëfficiënt 150 is en de bordhoogte 1,5 m dan is de herkenningssafstand  $150 \times 1,5 = 225$  m.

De resultaten zijn statistisch geanalyseerd met een variantie-analyse en een post-hoc Newman-Keuls test. Hierbij wordt de kans ( $p$ ) berekend dat een gemeten verschil op toeval berust. Als deze kans kleiner is dan 5% ( $p < 0,05$ ) dat wordt het verschil als reëel of statistisch significant beschouwd. In de analyses waren de onafhankelijke variabelen het bord (A1-50 t/m Pijl) en de uitvoering (normaal, geïnverteerd), de afhankelijk variabele was de herkenningsscoëfficiënt.

### *Resolutie*

In Figuur 4 is de gemiddelde herkenningsscoëfficiënt uitgezet tegen de resolutie. Bij een resolutie van nul is de herkenningsscoëfficiënt per definitie nul. Dit punt ter verduidelijking toegevoegd aan de figuur.

Het blijkt dat de herkenningsscoëfficiënt vrijwel constant is als de resolutie hoger is dan 20 voor de pijlen en 40 voor de andere borden. Pas bij de laagst gemeten resolutie (10 voor de pijlen en 20 voor de andere borden) is een significant afwijkend verschil gemeten met de hogere resoluties ( $p < 10^{-6}$ ). Gemiddeld over de borden en de pijlen is de herkenningssafstand bij resoluties van 80, 40 en 20 respectievelijk 1, 3 en 13% minder dan bij hoge resolutie. De borden zijn dus nog goed herkenbaar bij een relatief lage resolutie. De borden worden dus correct herkend, ondanks het feit dat de symbolen behoorlijk verminkt zijn. De symbolen op de waarschuwborden (J-serie) bleken wat gevoeliger voor verminking dan de symbolen op de andere borden. Een voorbeeld hiervan zijn de borden "slipgevaar" en "file". In Figuur 3 is dit geïllustreerd. Hier is duidelijk te zien dat de 100 van het linkse bord herkenbaar blijft tot de laagste resolutie. De slippende auto is bij de laagste resolutie niet te herkennen. Als echter het figuur op een afstand van 3 à 4 meter wordt gehouden dan blijkt dat de slippende auto ook in de laagste resolutie verbazend goed is te herkennen. In het experiment was de herkenningsscoëfficiënt van dit bord ongeveer 50% van die bij maximale resolutie.

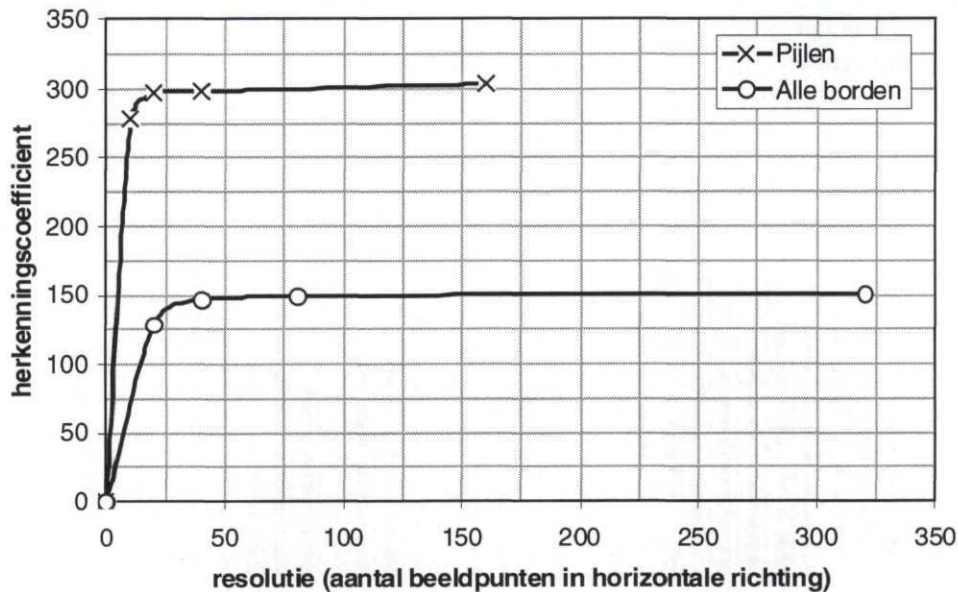


Fig. 4 Gemiddelde herkenningscoëfficiënt (herkenningsafstand gedeeld door de bordhoogte) als functie van de resolutie, bij een vaste breedte van het bord.

Uit esthetisch oogpunt zal een resolutie van 20 in de praktijk niet aanvaardbaar zijn, hoewel de herkenning gemiddeld slechts 17% minder is dan optimaal (Fig. 4). Ook een resolutie van 40, waarbij de herkenningcoëfficiënt slechts 2,5% minder is dan in de hoogste resolutie, zullen in veel gevallen de beelden niet mooi genoeg worden gevonden. De slippende auto in een resolutie van 40 (Fig. 3) vertoont te veel onregelmatigheden om op korte afstand mooi gevonden te worden. Het bord met de maximumsnelheid van 100 km/u in een resolutie van 40 is goed te herkennen, maar de asymmetrische 0 is niet esthetisch. De benodigde resolutie voor een esthetisch plaatje hangt dus af van de grootte van de details die afgebeeld moeten worden. Van een cijfer kan met betrekkelijk weinig lichtpunten, bijvoorbeeld  $5 \times 7$ , een mooie symmetrische afbeelding op een matrixbord gemaakt worden. Dat betekent dat voor een bord met een aanduiding voor een maximumsnelheid van 80 km/u een resolutie van ongeveer 20 voldoende. Voor borden met meer details, zoals "slipgevaar" zal de benodigde resolutie ruim boven de 40 liggen. Waarschijnlijk is een resolutie van 80 voldoende om een esthetisch verantwoorde afbeelding te kunnen maken van verkeersborden op een matrixbord.

Concluderend kunnen we zeggen dat de benodigde resolutie van een matrixbord dus niet bepaald wordt door de leesbaarheid van de borden maar de esthetische aanvaardbaarheid. Als dus een RVV-bord met een zodanige resolutie wordt afgebeeld dat deze mooi genoeg gevonden wordt, en dan zal de leesbaarheid zeker optimaal zijn. Een resolutie van 80 is waarschijnlijk ruim voldoende om een esthetisch verantwoorde afbeelding te maken van verkeersborden.

#### Borden

In Figuur 5 is een overzicht gegeven van de herkenningscoëfficiënt van alle borden voor de hoogste resolutie (160 voor de pijlen en 320 voor de rest van de borden), in normale en geïnverteerde uitvoering.



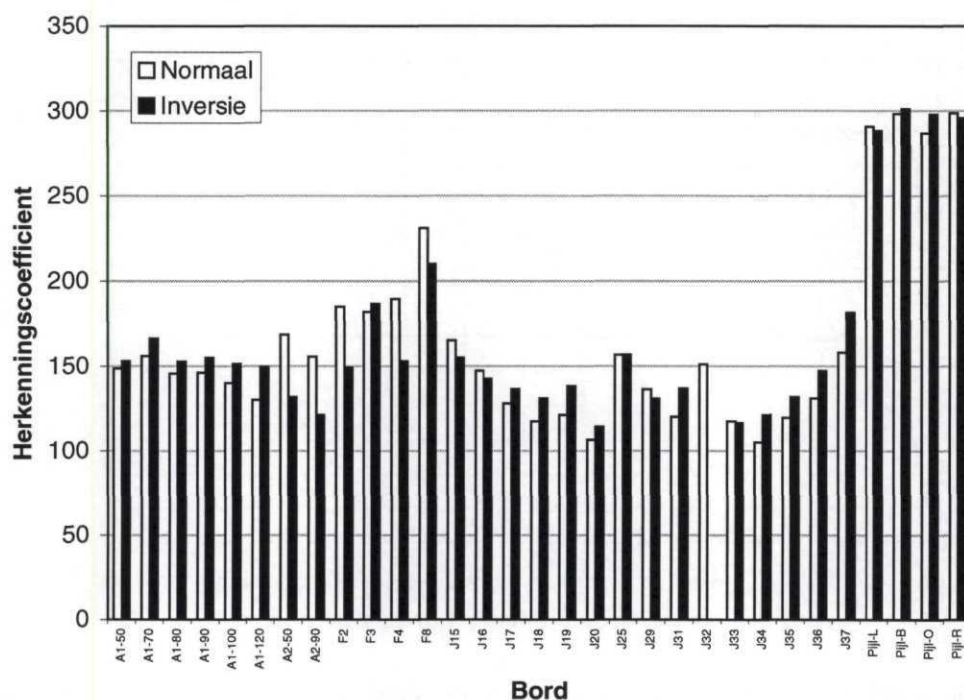


Fig. 5 Herkenningscoëfficiënt voor normale en geïnverteerde borden met een resolutie van 160 voor de pijlen en 320 voor de andere borden.

De herkenningscoëfficiënt hangt sterk af van het soort bord. De pijlen, met een gemiddelde herkenningscoëfficiënt van 295, zijn het beste te herkennen. De herkenningscoëfficiënt van rest van de borden is gemiddeld bijna 150 en varieert van 105 tot 231. Het best herkenbaar zijn de borden uit de F-serie (inhaalverbod, einde inhaalverbod en einde alle verboden) met een herkenningscoëfficiënt van 186. Met name het bord "einde alle verboden" is van grote afstand herkenbaar. Kennelijk bevordert de eenvoud van het bord een snelle herkenning. De waarschuwborden doen het gemiddeld wat slechter, de gemiddelde herkenningscoëfficiënt is 135. Van de waarschuwborden doen de borden "slipgevaar" (J20), "file" (J33) en "ongeval" (J34) het slechtst. De laatste drie borden zijn gemakkelijk met elkaar te verwarren, waardoor de herkenning past op relatief korte afstand plaatsvindt. De borden voor maximumsnelheid (A1) hebben een gemiddelde herkenningscoëfficiënt van 150.

#### *Inversie*

Het inverteren van het symbool op het bord (wit en zwart verwisselen) heeft een kleine invloed op de herkenbaarheidcoëfficiënt. Het effect hangt af van het soort bord. Bij de statistische analyse bleek namelijk dat er gemiddeld over alle borden geen verschil is tussen wel of niet geïnverteerd. Wel is er een statistisch significante interactie tussen bord en inversie ( $p < 10^{-6}$ ). Dat betekent dat de invloed van inversie op de herkenbaarheid afhangt van het soort bord. Voor alle borden met een rode rand (A1 en J) is de herkenningcoëfficiënt van de geïnverteerde borden gemiddeld 6% groter. Voor de witte borden (A2-50, A2-90, F2, F4, F5) is de herkenningscoëfficiënt van de geïnverteerde borden juist minder, gemiddeld 18%. Voor de pijlen is er geen effect van inversie (zie ook Fig. 5).

De interactie van inversie en bord kan als volgt verklaard worden. De normale borden hebben een zwarte tekst op een witte achtergrond. Door overstraling, dat in feite plaatsvindt in het oog van de waarnemer, de bril en de voorruit, wordt het licht van de relatief grote lichte achtergrond verstrooid in het zwart van de tekst. Hierdoor neemt het contrast af en wordt de tekst slechter leesbaar. Bij de geïnverteerde borden wordt het een deel van het licht van de tekst verstrooid over de relatief grote zwarte achtergrond. Deze wordt daardoor iets lichter, maar er zal meer contrast overblijven dan bij normale borden. Hierdoor heeft inversie bij de borden met een rode rand, die normaal een zwart symbool op een witte achtergrond hebben, een positief effect op de herkenbaarheid.

Bij de witte borden met grijze tekst (A2-50, A2-90, F2, F4, F5) wordt, in geval van inversie, de grijze tekst licht gecamoufleerd door de witte schuine strepen. Hierdoor zijn de geïnverteerde beeld van deze borden slechter herkenbaar dan de normale borden.

Concluderend kunnen we zeggen dat de inversie de meeste borden (borden met rode rand) iets beter (6%) herkenbaar maakt. Voor de borden (einde verboden) die door inverteren slechter (18%) herkenbaar worden is het niet erg kritisch als ze wat later kunnen worden gelezen. Daarom is er wat herkenbaarheid betreft geen belemmering om borden te inverteren.

## 2.3 Veldexperiment

### 2.3.1 Inleiding

Het veldexperiment werd gecombineerd met een waarnemingsexperiment waarin de leesbaarheid van vier signaalgevers werd vergeleken (Alferdinck, 2001). Dat betekent dat beide experimenten met dezelfde proefpersonen, op dezelfde plaats en op dezelfde dag zijn uitgevoerd. Alleen de stimuli van de twee experimenten waren verschillend.

### 2.3.2 Stimuli

Voor het veldexperiment van deze studie zijn een beperkt aantal beelden geselecteerd uit de set die in het laboratorium zijn getest (Fig. 1 en 2). Het zijn de normale (niet-geïnverteerde) borden A1-50, A1-120 en J37 en de geïnverteerde borden A1-50, A1-70, A1-80, A1-90, A1-100, A1-120, F3, F4, J16, J17, J18, J19, J33 en J37.

De beelden van verkeersborden werden gepresenteerd op een matrixbord met horizontaal 72 en verticaal 80 lichtpunten. Een lichtpunt is  $14 \times 14$  mm. De hoogte van het beeldvlak is dus 1120 mm en de breedte is 1008 mm. Een lichtpunt bestaat uit een rode en een gele LED, waarvan de centra 7 mm uit elkaar liggen in het midden van het vierkante lichtpunt. De gele (amber) en de rode LED hebben dominante golflengten van respectievelijk 590 en 626 nm. De beelden op het matrixbord zijn gemaakt volgens de maten voor de normale vaste verkeersborden (RVV, 1990). Met het matrixbord kon geen wit worden getoond. Daarom werden alle kleuren die eigenlijk wit moeten zijn vervangen door geel.



### 2.3.3 Proefpersonen

Voor de proef werden zes proefpersonen gebruikt, 5 mannen en 1 vrouw. De leeftijd varieerde tussen 24 en 59 jaar en was gemiddeld 44 jaar. De gemiddelde Landolt-C-gezichtsscherpte (visus) was 2,17. Alle proefpersonen hadden een goede gezichtsscherpte (gemiddeld 2,17) en waren in het bezit van een rijbewijs. Twee proefpersonen hadden een kleurzienafwijking. Zie Bijlage C voor details.

### 2.3.4 Procedure

Voor het experiment begon werden de gezichtsscherpte en het kleurenzien van de proefpersonen getest en persoonlijke gegevens genoteerd (Bijlage C). Daarna werden de proefpersonen geïnstrueerd over de leesbaarheidsproef (Bijlage D).

De borden stonden opgesteld langs een rustige openbare weg op een industrieterrein. De proefpersonen werden ingelicht over de soorten signaalgevers en de beelden die getoond konden worden (Fig. 1 en 2).

Aan het begin van de proef stonden de proefpersonen op een afstand van maximaal 450 m van het bord. Daarna werd een beeld getoond. De proefpersonen wisten niet welk beeld zou komen. Vervolgens moesten ze, op instructie van de proefleider, het bord langzaam benaderen per fiets. Er is voor fietsen gekozen omdat dit soort waarnemingsproeven dan snel en efficiënt uitgevoerd kunnen worden. Als men het bord *nèt duidelijk en zonder twijfel* kon herkennen moest men de afstand aflezen van een afstandschaal die voor het experiment op de weg was aangebracht. Hierbij moest geïnterpoleerd worden tussen 5-meter aanduidingen op een meter nauwkeurig. Daarna ging men terug naar het startpunt waar de afstand en het beeld dat men gezien had aan de proefleider werden gemeld. De proefpersonen bleken het beeld altijd correct waar te nemen.

Er werd de proefpersonen op gewezen dat het belangrijk is om niet te overleggen met anderen omdat elke proefpersoon een andere gezichtsscherpte heeft en daardoor ook een andere leesbaarheidsafstand zal hebben.

De proef werd uitgevoerd op een industrieterrein in Tiel, op 24 augustus 2001 tussen 10:30 en 16:00 u. Tijdens de proef was het droog en zonnig weer. Het meteorologisch zicht was goed, en varieerde van 5 km in de ochtend tot 20 km in de middag. De kijkrichting was oost.

### 2.3.5 Resultaten

In Figuur 6 zijn de herkenningscoëfficiënten van de veldproef vergeleken met die van de laboratoriumproef. Het blijkt dat de gemeten herkenningscoëfficiënten in het laboratorium gemiddeld 52% groter zijn dan in het veld. Voor de maximumsnelheidborden is het verschil minder, 26%, en voor rest van de borden wat meer, 78%. Ook in het laboratorium is gevonden dat de waarschuwborden (J-serie) slechter herkenbaar zijn dan de rest van de borden.



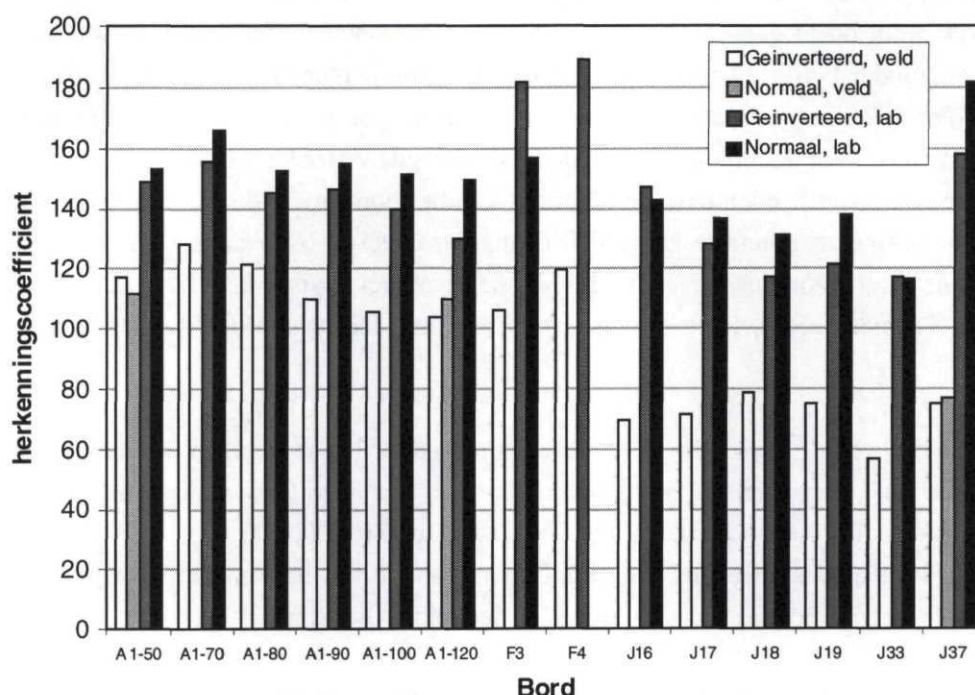


Fig. 6 Herkenningscoëfficiënten van de veldproef (veld) vergeleken met die van de laboratoriumproef (lab), voor normale en geïnverteerde beelden van RVV-borden.

Waarschijnlijk heeft de discrepantie tussen veld en het laboratorium een aantal verschillende oorzaken.

De eerste en meest voor de hand liggende verklaring is dat de beelden van de borden in het laboratorium gewoon beter leesbaar waren dan de beelden op het matrixbord in het veld. Hier is ook aanleiding voor. Na meting van de luminantie van de verschillende kleuren van het matrixbord in het veld bleek dat het rood een luminantie had van  $7300 \text{ cd/m}^2$  en het geel een luminantie van  $5100 \text{ cd/m}^2$ . Rood heeft dus een grotere luminantie dan geel, hetgeen vrij onnatuurlijk is. In de regel is de luminantie van rood factoren minder dan die van geel en wit. In het laboratoriumexperiment was de verhouding tussen de luminanties van het wit van het opschrift (dus niet het geel!) en de rode rand  $87,1/14,4 = 6$  (zie Tabel 2). Op echte verkeersborden kan deze factor oplopen tot ruim 10 voor wit en 6 voor geel (NNI, 1992). De relatief heldere rode rand van het matrixbord heeft een negatieve invloed op de leesbaarheid van het matrixbord (Alferdinck, 2001). Ook het feit dat de symbolen uitgevoerd zijn in geel in plaats van wit kan aanleiding zijn tot een slechtere leesbaarheid. Het geel en rood is beduidend slechter te onderscheiden dan wit en rood. Aanbevolen wordt om nader onderzoek te verrichten naar de optimale verhouding van de verschillende kleuren op een matrixbord.

Daarnaast bleek dat de luminantie van het matrixbord niet homogeen was. Toen het hele matrixbord werd gevuld met een geel vlak, was dit duidelijk waar te nemen. Deze inhomogeniteit zal ook een negatieve invloed hebben op de leesbaarheid van de beelden.

Ook zou een deel van het verschil verklaard kunnen worden door een verschil in criterium voor herkenbaar (of leesbaar) dat is gehanteerd door de proefpersonen in het laboratorium en in het

veld. De proefpersonen in het laboratorium werd gevraagd de afstand te noemen als ze "vrijwel zeker" waren welk beeld gepresenteerd was. De proefpersonen in het veld moesten het bord "duidelijk en zonder twijfel" kunnen waarnemen. De proefpersonen in het laboratorium werd dus een zekere gok gelaten. Meestal was echter de eerste gok goed. Van de proefpersonen in het veld werd iets meer zekerheid gevraagd. Desgevraagd, vertelden de proefpersonen dat ze vaak al grote zekerheid hadden over de identiteit van het bord, maar dat ze nog wat dichterbij gingen om volledige zekerheid te krijgen. Dit ging dan meestal over enkele tientallen meters. Dit verschil in criteria zou dus, geven het feit dat de gemiddelde visus 2,17 is en de gemiddelde herkenningcoëfficiënt 95 m, hoogstens een 10% kleinere leesbaarheidsafstanden in het veld opleveren.

Tenslotte kan 5% van de verschillen verklaard worden door het verschil in de lichtomstandigheden van de visusmetingen in het laboratorium en het veld. De visusmetingen werden uitgevoerd met de TNO-visuskaart. Bij de veldproef was dit 10.000 lx en in het laboratorium was het 1000 lx. Volgens gegevens over de visus als functie van het verlichtingsniveau kan dit verschil echter wel 5% hogere visus opleveren in het veld (Alferdinck, 1992).

Als de verschillen tussen de gemeten herkenningcoëfficiënten in laboratorium en het veld gecorrigeerd worden voor de invloed van het verschil in herkenbaarheidscriterium en omstandigheden van de visusmetingen dan moet dus gecorrigeerd worden met een factor  $1,10 \times 1,05 = 1,16$ . Dan blijkt dat de gemeten herkenningcoëfficiënten in het laboratorium gemiddeld 32% groter zijn dan in het veld. Voor de maximumsnelheidborden is het verschil minder, 9%, en voor rest van de borden wat meer, 54%.

## 2.4 Vereiste bordgrootte, resolutie en lichtpuntafstand

Uit de gevonden herkenningcoëfficiënten (herkenningafstand gedeeld door de bordhoogte) van de RVV-borden en de vereiste herkenningafstand is de minimale bordgrootte te berekenen. De herkenningcoëfficiënt van de RVV-verkeersborden, gemeten in het laboratorium, varieert van 105 tot 231 en is gemiddeld 150. De F-borden zijn het beste te herkennen (186) en de waarschuwborden (J-serie) het slechtste (135). De borden voor maximumsnelheid (A1) hebben een gemiddelde herkenningcoëfficiënt van 150. Om de A1-borden dus op een afstand van 200 m goed te herkennen moet de bordhoogte dus  $200/150 = 1,33$  m zijn. Voor de waarschuwborden is de vereiste hoogte dan  $1,48$  m en de breedte is  $320/280 \times 1,48 = 1,69$  m.

Voor een goede herkenning van normale verkeersborden is een matrixbord met een resolutie van  $40 \times 40$  lichtpunten voldoende. Voor een esthetisch verantwoorde afbeelding is een resolutie van  $80 \times 80$  aan te bevelen. Dat wil dus zeggen dat uitgaande van een (horizontale) resolutie van 40 lichtpunten, voor een goede herkenning van verkeersborden, de onderlinge lichtpuntafstand op een matrixbord voor maximumsnelheid dus niet groter zijn dan  $1330/40 = 33,3$  mm zijn. Voor waarschuwborden is dat  $1690/40 = 42,3$  mm. Voor een esthetisch verantwoorde afbeelding geldt de helft van deze waarden, namelijk, 16,7 mm en 21,2 mm.



Uit de voorgaande berekeningen volgt dus dat voor een goede herkenbaarheid van verkeersborden op een afstand van 200 een matrixbord nodig is met (afgeronde) afmetingen van  $1,50 \times 1,70$  m ( $h \times b$ ) en een lichtpuntafstand van maximaal 32 mm. Voor een esthetisch verantwoorde afbeelding mag de lichtpuntafstand niet meer zijn dan 16 mm.

## 2.5 Conclusie herkenningsexperimenten

Uit de herkenningsexperimenten kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De herkenningsscoëfficiënt (herkenningsafstand gedeeld door de bordhoogte) van de RVV-verkeersborden, gemeten in het laboratorium, varieert van 105 tot 231 en is gemiddeld 150. De F-borden zijn het beste te herkennen (186) en de waarschuwborden (J-serie) het slechtste (135). De borden voor maximumsnelheid (A1) hebben een herkenningsscoëfficiënt van 150. Om de A1-borden op een afstand van 200 m goed te herkennen moet de gemiddelde bordhoogte dus  $200/150 = 1,33$  m zijn. Voor de waarschuwborden is de vereiste hoogte dan 1,48 m en de breedte 1,69 m.
- Voor een goede herkenning van normale verkeersborden is een matrixbord met een resolutie van  $40 \times 40$  lichtpunten voldoende. Voor pijlen is een resolutie van  $20 \times 20$  voldoende. In het algemeen zal voor esthetisch aanvaardbare borden de resolutie hoger moeten zijn. De vereiste resolutie wordt dus niet bepaald door de herkenbaarheid maar door de esthetisch aanvaardbaarheid. Een resolutie van  $80 \times 80$  is waarschijnlijk ruim voldoende om een esthetisch verantwoorde afbeelding te maken van verkeersborden.
- Uit de voorgaande berekeningen volgt dus dat voor een goede herkenbaarheid van verkeersborden op een afstand van 200 een matrixbord nodig is met afmetingen van  $1,50 \times 1,70$  m ( $h \times b$ ) en een lichtpuntafstand van maximaal 32 mm. Voor een esthetisch verantwoorde afbeelding mag de lichtpuntafstand niet meer zijn dan 16 mm.
- De herkenningsscoëfficiënt van pijlen, getoond op een vierkant bord (met een zijde van  $1,39 \times$  pijllengte), is 295. Om de pijlen op een afstand van 200 m te herkennen moeten de gemiddelde bordhoogte dus  $200/295 = 0,68$  m zijn, of een pijllengte van 0,49 m.
- Borden die in normale uitvoering een zwart symbool op een witte achtergrond en een rode rand hebben worden in de geïnverteerde versie op een 6% grotere afstand herkend. Dit geldt niet voor de pijlen. Witte borden met grijze teksten (einde van verboden) zijn in geïnverteerde uitvoering 18% slechter te herkennen. Voor deze borden is het niet erg kritisch als het grijze symbool wat later gelezen wordt. Daarom is er wat herkenbaarheid betreft geen belemmering om borden te inverteren.
- De herkenningsscoëfficiënten in het laboratorium zijn gemiddeld 32% hoger dan in het veld, waarbij de beelden van verkeersborden op een echt matrixbord werden getoond. Een van de oorzaken is waarschijnlijk een verkeerde luminantieverhouding van rood en wit. Aanbevolen wordt om nader onderzoek te verrichten naar de optimale verhouding van de verschillende kleuren op een matrixbord.

### 3 ACHTERGRONDSCHILD

#### 3.1 Inleiding

Als een bord wordt waargenomen tegen een heldere achtergrond zal een deel van het licht van de achtergrond verstrooien over het bord. Een deel van deze verstrooiing speelt zicht af in de atmosfeer en een deel gebeurt in het oog van de waarnemer. Dat laatste is dus strooilicht in het oog en wordt veroorzaakt door onvolkomenheden in de oogoptiek en wordt maskerende verblinding (*disability glare*) genoemd. Deze zogenaamde sluierluminantie verlaagt het contrast van het bord en zal dus de leesbaarheid verminderen. De maskerende verblinding is het sterkst als de hoek tussen de blikrichting en de richting van de verblindingbron (heldere achtergrond) klein is. Dat betekent dat de afstand van het waar te nemen symbool en de rand van het bord zo groot mogelijk moet zijn. Door een achtergrondschild te gebruiken kan deze afstand vergroot worden. De vraag is nu hoe breed deze rand moet worden voor signaalgevers en of het uitmaakt voor de soort informatie die op het bord gepresenteerd wordt.

#### 3.2 Literatuur

De invloed van achtergrondschilden op de leesbaarheid van matrixborden is eerder onderzocht Lotens (1977). Hij heeft de invloed onderzocht van de breedte van achtergrondschermen op de leesbaarheid van matrixborden. Zijn conclusie is dat de breedte van de rand een factor 1,1 maal de letterhoogte moet zijn. Bij een nog bredere rand treedt er nauwelijks verbetering op van de leesbaarheid. De letterhoogte in het onderzoek van Lotens was 45 cm. Dat betekent dus dat de absolute breedte van het achtergrondschild dus  $1,1 \times 45 = 49,5$  cm moet zijn. Deze maat is gebaseerd op een waarnemingsafstand van 200 m, dezelfde afstand waarop de universele signaalgever leesbaar moet zijn (zie hoofdstuk 1). De breedte van de rand, uitgedrukt in de visuele hoek, is dus 0,14 graden.

Bij verkeerslichten worden ook achtergrondschilden gebruikt. Hierbij moet de breedte van de rand van het achtergrondschild even groot zijn als de diameter van licht (NNI, 2000a, 2000b). De diameters van de lichten moeten 20 of 30 cm zijn. De normen geven niet aan wanneer deze twee maten verkeerslichten gebruikt moeten worden. In een toelichting op de oude Nederlandse norm voor verkeerslichten valt op te maken dat de 20 en 30 cm lichten respectievelijk gelden voor zichtbaarheidafstanden van 75 en 125 m, welke gebaseerd zijn op veilige stopafstanden van 50 en 75 km/u (NNI, 1973). De breedte van de randen van de achtergrondschild voor 20 en 30 cm lichten, uitgedrukt in de visuele hoek, is dus 0,15 en 0,14 graden. Hier komt dus dezelfde hoekmaat uit als in het onderzoek van Lotens (1977). Kennelijk is een rand van 0,14 graden een redelijk maat voor toepassingen in het verkeer.

Naast verbetering van de leesbaarheid kan een achtergrondschild kan ook de *opvallendheid* vergroten. Dat geldt speciaal in situaties waarbij de achtergrond niet egaal is, bijvoorbeeld in de bebouwde kom van steden of op drukke verkeersknooppunten. Verkeerslichten worden twee keer zo snel gevonden als ze voorzien zijn van een achtergrondschild (Walraven & Blokland, 1982).



### 3.3 Bepaling van de benodigde randbreedte

Uit de literatuur blijkt dat een rand met een visuele hoek van 0,14 graden om de informatie (tekst of signaallichten) de leesbaarheid en opvallendheid voldoende waarborgen. Als we voor de universele signaalgever, die alle soorten symbolen kan bevatten op elke plek van het bord, deze visuele hoek aanhouden tussen de rand van het display-oppervlak en de rand van het achtergrondschild zitten we dus altijd goed. Dat is dus 50 cm bij een waarnemingsafstand van 200 m.

Maar er zijn misschien situaties waarbij wat water in de wijn gedaan kan worden. Bijvoorbeeld bij een afbeelding van een RVV-bord met een rode rand. Het waarnemen van de rode rand is minder belangrijk dan het waarnemen van het getal of symbool op het bord. De rode rand van een maximumsnelheidbord is bedoeld om het bord te coderen als een gebodsbord en is waarschijnlijk niet erg als het later wordt gezien dan het symbool in het midden. In de toekomst zal de rode rand verplicht zijn en zullen weggebruikers een rode rand verwachten als ze op grote afstand alleen het symbool 50 zien. Als ze dichterbij komen zal ook de rode rand daadwerkelijk zichtbaar worden. Na een gewenningsproces zullen ze dus de 50 op grote afstand dus altijd interpreteren als een maximumsnelheid.

De luminantie van de rode rand mag overigens niet te hoog zijn ten opzichte van het symbool. Er kan dan overstraling en contourinteractie optreden waarbij de herkenbaarheid van het symbool drastisch vermindert (Alferdinck, 2001).

Men kan dus argumenteren in geval van een rode rand van een RVV-bord de rand van het achtergrondschild (50 cm) gerekend moet worden vanaf het symbool binnen de rode rand. Voor het symbool "50" zou dat een achtergrondschild van ongeveer 15 cm betekenen buiten de behuizing van een typische 3.7.2-signaalgever (RWS, 1997). Als wordt gerekend vanaf de rode rand dan zou de rand van het achtergrondschild ongeveer 46 cm moeten zijn.

## 4 KLEURVERSCHIL

### 4.1 Inleiding

Bij verschillende zichthoeken kan de luminantie van de signaalgever variëren. Binnen zekere grenzen is deze variatie acceptabel. Als de variatie verschilt voor de afzonderlijke gekleurde lichtbronnen waarmee een lichtpunt is samengesteld dan zal de kleur van de signaalgever variëren met de zichthoek. Hoe groot mag deze variatie zijn en hoe kan dit zo concreet mogelijk in de specificaties worden opgenomen?



## 4.2 Europese eisen

In de Europese concept-norm (CEN, 2001) zijn voor een aantal kleuren (rood, geel, wit, witgeel, groen en blauw) de gebieden vastgesteld waarbinnen de kleurcoördinaten van de deze kleuren zich moeten bevinden. Aan deze eisen moet worden voldaan in de referentie-as en in een drietal andere richtingen die niet op de referentie-as liggen en afhankelijk zijn van de bundelbreedte van de signaalgever. De kleureisen zijn, met uitzondering van kleur wit/geel, gebaseerd op de internationale aanbevelingen van de CIE (1998). De kleur moet dus voor alle relevante hoeken binnen de voorgeschreven kleurgebieden blijven. Er worden aparte eisen gesteld aan de gelijkmatigheid van de kleur over het oppervlak van een bord, ook al omdat in de norm alleen eisen worden gesteld aan relatief kleine testmodules.

De eisen voor de universele signaalgever mogen niet afwijken of strenger zijn dan de Europese eisen. Er mogen dus geen kleinere kleurgebieden worden genomen of kleurgebieden op een andere plek in het kleurendiagram. Wel mogen aanvullende (rest-)eisen gesteld worden aan een signaalgever als geheel.

## 4.3 Afleiding van eisen

Gezien de beperkingen aan die de Europese eisen stellen aan de restnormen kunnen er eigenlijk alleen eisen gesteld worden aan de gelijkmatigheid of variatie van de kleur van een signaalgever gezien vanuit elke relevante hoek.

Bij het opstellen van eisen voor de maximale variatie van de kleur over een signaalgever zullen een aantal dingen belangrijk zijn.

- Hoe wordt het kleurverschil uitgedrukt?
- Hoe groot mag het kleurverschil zijn?
  - Is het kleurverschil afhankelijk van de kleur?
  - Hoe groot zijn de vlakken waartussen het kleurverschil bepaald wordt?

### 4.3.1 Grootheid voor kleurverschil

Een kleur kan worden beschreven met drie getallen en kan derhalve worden voorgesteld als een punt in een driedimensionale kleurenruimte. Het kleurverschil tussen twee kleuren is dan de afstand tussen twee punten in deze ruimte. Een ideale kleurenruimte is uniform, dat wil zeggen dat een lijnstuk in de gehele ruimte overeenkomt met even groot perceptueel kleurverschil. De CIE beveelt twee uniforme kleurenruimten aan, de CIELAB en de CIELUV (CIE, 1986). Deze kleurenruimten zijn niet geheel uniform maar blijken in de praktijk redelijk te voldoen voor het beschrijven van kleurverschillen. Voor het berekenen van de kleurverschillen in bijvoorbeeld CIELUV wordt uitgegaan van de luminantie ( $L$ ) en de kleurcoördinaten ( $x$ ,  $y$ ) van de twee kleuren in kwestie.

Deze drie parameters worden omgerekend naar de parameters  $L^*$ ,  $u^*$  en  $v^*$ , welke langs de drie assen staan in de CIELAB kleurenruimte.  $L^*$  is een maat voor de *subjectieve* helderheid van de kleur ten opzichte van absoluut wit en wordt uitgedrukt in waarden tussen 0 (zwart) en 100

(wit). De grootheden  $u^*$  en  $u^* L^*$  geven de plaats aan van de kleur op respectievelijk de groen/rood- en blauw/geel-as in de kleurenruimte. Het verschil tussen twee kleuren ( $\Delta E^*$ ) is de afstand tussen deze kleuren in de CIELAB kleurenruimte.

#### 4.3.2 Toelaatbaar kleurverschil

Onder ideale omstandigheden (voldoende licht, grote oppervlakken, naast elkaar liggende kleuren) is een kleurverschil van  $\Delta E^* = 1$  nét zichtbaar (drempelwaarde). Als de oppervlakken kleiner zijn dan een visuele hoek van ongeveer 1 graad dan gaat de drempel omhoog, met name voor kleuren op de blauw/geel-as (Alferdinck, 2000). Bij een objectgrootte van 10 boogminuten moeten de verschillen in  $L^*$ ,  $u^*$  en  $v^*$  respectievelijk een factor 4, 15 en 60 hoger zijn voordat het kleurverschil gezien wordt. Een verschil in helderheid ( $L^*$ ) blijft dus voor kleine objecten beter zichtbaar dan de kleur.

Om het maximaal toelaatbaar kleurverschil op een signaalgever te kunnen bepalen moeten we dus weten hoe groot de vlakken zijn die waargenomen worden op een signaalgever en op welke afstand deze gezien worden. Op de huidige signaalgevers staan niet veel symbolen met grote vlakken, omdat het meestal geïnverteerde borden zijn waarbij de symbolen als een lijntekening op een zwarte achtergrond staan. De lijnen van de symbolen zijn meestal enkele centimeters. Een paar beelden hebben wat grotere details, bijvoorbeeld het rode kruis: 65 mm, "pijl verplichte rijrichting": 25 cm, "te hoge voertuigen": 50 cm. Bij toekomstige toepassingen van signaalgevers kunnen de vlakken veel groter zijn.

Een *mogelijke* manier om eisen te stellen aan de gelijkmatigheid van de kleur is als volgt. Om tot een universele eis te komen die voor alle maten borden geldt ligt het voor de hand om een bord op te delen in blokpatroon met fictieve vlakken en eisen te stellen aan de kleurverschillen tussen deze vlakken. De grootte van een vlak zou 10 cm kunnen zijn. Dit is op een afstand van 50 m (de afstand waarbij signaalgevers nog waargenomen moeten kunnen worden) een visuele hoek van 7 boogminuten. Als het bord gevuld wordt gevuld met een van de primaire kleuren (rood, groen, wit, blauw) dan kunnen de volgende kleureisen worden gesteld.

- Voor elk vlak moet de kleurcoördinaten binnen de kleurgrenzen in het xy-diagram liggen die voor desbetreffende kleur gesteld worden.
- Voor elk vlak moet de luminantie voldoen aan de minimum- en maximeisen.
- Aan deze eisen moet ook voldaan worden voor andere hoeken.
- Het kleurverschil ( $\Delta E^*$ ) tussen aan elkaar grenzende vlakken van mag niet meer zijn dan een bepaalde waarde. Het toelaatbare verschil hangt af van de grote van het vlak. In Tabel 4 is aangegeven hoe de kleureisen er uit zouden kunnen zien. Er zijn vier vlakgrootten onderscheiden met bijbehorende toelaatbare kleurverschillen.

Tabel 4 Voorbeeld van eisen voor het toelaatbare kleurverschil op een matrixbord. Het kleurverschil hangt af van de grootte van de twee vlakken die vergeleken worden.

Vlaktegrootte (cm)	Aantal vlakken van 10 x 10 cm	Visuele hoek (boogminuten)	$\Delta E^*$ in CIELUV kleurenruimte
10	1	7	6 ?
20	4	14	3 ?
40	16	28	1 ?
80	64	56	1 ?



In Tabel 4 staan dus alleen mogelijke eisen. De juiste waarden van de toelaatbare kleurverschillen zijn echter nog niet bekend. Ook de grootte van de vlakken en het aantal vlakken dat in de eisen betrokken moeten worden is nog aan discussie onderhevig. Hiervoor zal nader onderzoek nodig zijn.

## 5 REFLECTIE EN SPIEGELINGEN

### 5.1 Inleiding

Het contrast dat een signaalgever kan worden berekend met de volgende formule:

$$C = \frac{L_a - L_b}{L_b} \quad (1)$$

Hierin zijn  $L_a$  en  $L_b$  de gemiddelde luminanties van de signaalgever met respectievelijk de lichtpunten aan en uit, waarbij de signaalgever wordt beschenen door een lichtbron (zonsimulator) onder een hoek van 10 graden met de referentie-as (CEN, 2000). Om een zo hoog mogelijk contrast te krijgen moet dus  $L_a$  zo hoog mogelijk zijn en  $L_b$  zo laag mogelijk.  $L_a$  wordt voornamelijk bepaald door de hoeveelheid licht dat de lichtpunten (kunnen) uitstralen.  $L_b$  wordt bepaald door de hoeveelheid licht die gereflecteerd wordt door de directie omgeving van de lichtpunten en de lichtpunten zelf. Het is dus zaak om deze reflectie zo laag mogelijk te houden door maximum eisen te stellen aan de reflectie.

De vraag is of het niet genoeg is om alleen eisen te stellen aan het contrast, zoals hierboven beschreven. Als het contrast voldoende is dan is de informatie op de signaalgever immers leesbaar? De fabrikant kan dan zelf kiezen met welke luminanties het vereiste contrast gemaakt wordt. Als het bord veel reflecteert dan zal  $L_b$  groot zijn waardoor dus ook  $L_a$  groot moet zijn. Worden materialen gebruikt met een lage reflectie dan zal een lagere  $L_a$  voldoende zijn om hetzelfde contrast te bereiken. In het huidige concept van de Europese norm voor *variable message signs* worden alleen eisen gesteld aan het contrast. Aan de reflectie worden alleen kwalitatieve aanbevelingen gedaan in een informatieve bijlage. Voor alle oppervlakken van de signaalgever geldt dat ze niet mogen spiegelende hinderlijk reflecteren of spiegelen, omdat anders de weggebruikers kan afgeleid kunnen worden.

Spiegelende reflecties kunnen hinderlijk zijn voor de weggebruiker. Ze treden alleen op als de hoek van inval gelijk is aan de hoek van uitval en kunnen worden veroorzaakt door allerlei lichtbronnen, zoals de zon, hemel, openbare verlichting, verlichte gebouwen, lichtreclame en autokoplampen. Doordat de weggebruikers zich bewegen zullen ze deze reflecties gezien worden als een tijdelijk oplichten van de signaalgever. Deze lichtflitsen trekken onbedoeld de aandacht van de weggebruiker en verlagen daardoor het rijcomfort en kunnen de verkeerveiligheid ongunstig beïnvloeden. In principe kunnen deze reflecties beperkt worden door maximum eisen te stellen. Dit moet dus gelden voor de signaalgever maar ook voor het eventuele achtergrondschild.



## 5.2 Soorten reflectie

In de regel worden er twee soorten reflecties onderscheiden, diffuse reflectie en speculaire of spiegelende reflectie. Bij (ideale) diffuse reflectie wordt het opvallend licht gelijkmatig in alle richtingen gereflecteerd. Bij (ideale) speculaire reflectie wordt het opvallend licht in één richting teruggekaatst, waarbij, zoals bij een spiegel, de hoek van inval gelijk is aan de hoek van uitval. In de natuur komen vrijwel geen ideale diffuse of speculaire reflectoren voor. De meeste objecten in de praktijk bezitten een combinatie van deze twee reflectie-eigenschappen. Als een object relatief veel speculaire reflectie heeft dan is het een glanzend object. Voor het meten van de mate van diffuse reflectie en glans zijn gestandaardiseerde meetmethoden beschikbaar.

## 5.3 Methode voor meten diffuse reflectie

Er bestaan een paar standaard methoden voor het meten van de diffuse reflectie (CIE, 1986). Bij de meest gebruikte meetgeometrie, de 0/45-geometrie, wordt het te meten oppervlak beschenen onder een hoek van 0 graden met de normaal op het oppervlak. Het gereflecteerde licht wordt gemeten onder een hoek van 45 graden met de normaal. De verhouding van de luminanties gemeten op het te meten oppervlak en een ideale reflector (reflectie standaard) is de *luminantiefactor*. Bij de 0/45-geometrie wordt dus geen speculaire component van de reflectie gemeten.

## 5.4 Methode voor glansmeting

Voor het meten van de glans van een oppervlak bestaat een goede en algemeen geaccepteerde meetmethode, die beschreven is in de norm ISO 2813 (ISO, 1994). Veel glansmeters werken volgens deze internationaal gestandaardiseerde meetmethode. De methode is als volgt. Met een lichtbron wordt een evenwijdige bundel geschonden op het te meten monster (Fig. 7). Het teruggekaatste licht wordt gemeten met een lichtdetector. Hierbij is de hoek van inval gelijk aan de hoek van uitval ( $\epsilon_1 = \epsilon_2$ ). Naast het monster wordt ook een referentiestandaard (hoogglanzend stuk zwart glas) gemeten. Het quotiënt van de meting van het monster en de referentiestandaard, maal 100% is de maat voor glans.

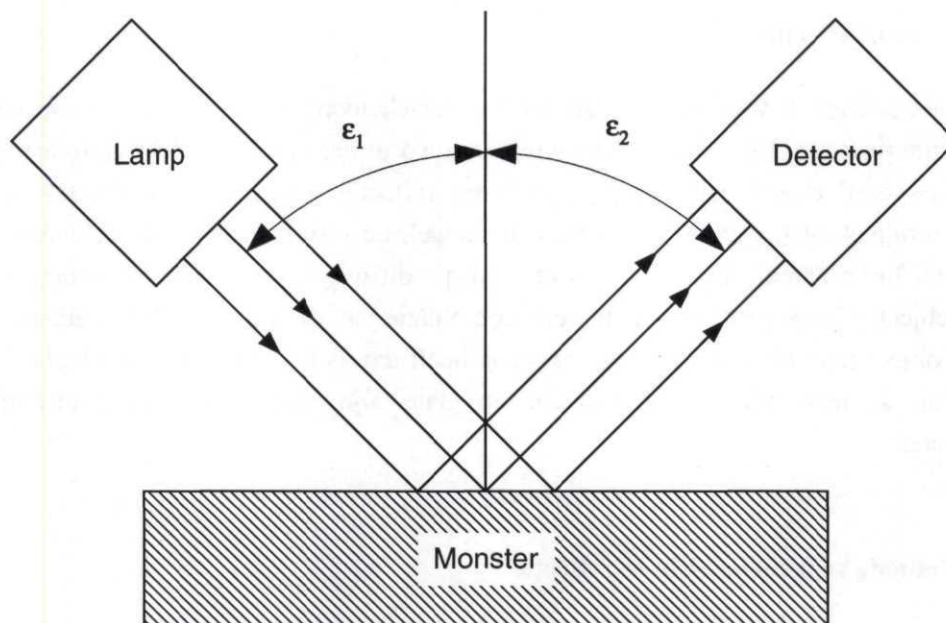


Fig. 7 Meetgeometrie voor glansmeting volgens ISO 2813 (ISO, 1994). Hoek van inval is gelijk aan hoek van uitval ( $\epsilon_1 = \epsilon_2$ ).

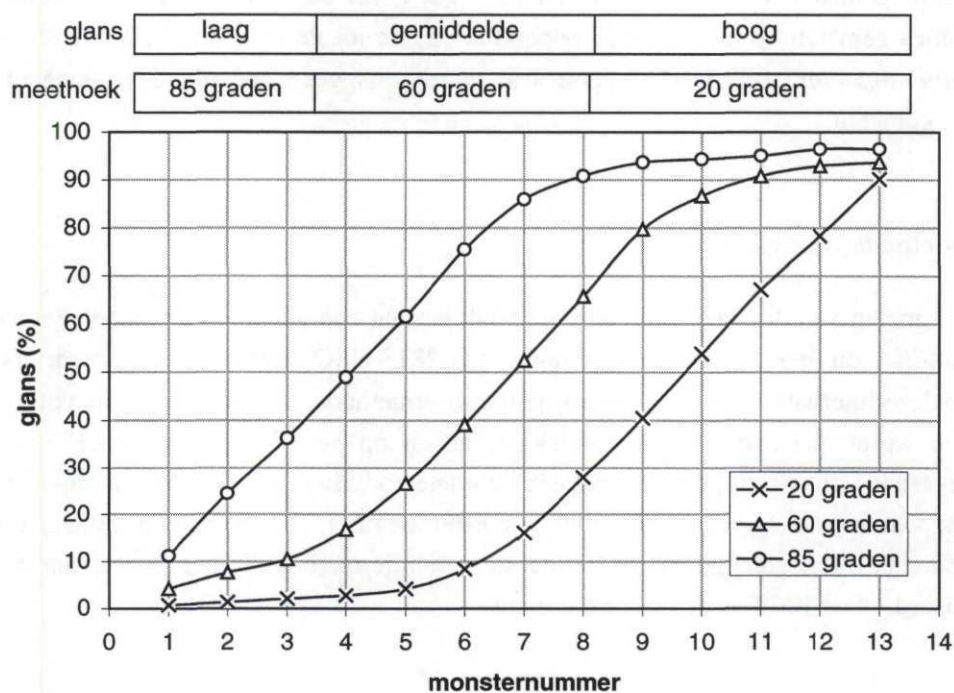


Fig. 8 Voorbeeld van glansmetingen van oppervlakken met lage (1 t/m 3), gemiddelde (4 t/m 8) en hoge (9 t/m 13) glans. Boven de grafiek de optimale meethoek weergegeven. (Bron: Website van Photovolt Instruments Inc., [www.photovolt.com](http://www.photovolt.com)).

Voor de glansmeting zijn in ISO 2813 drie standaard meethoeken ( $\epsilon_1 = \epsilon_2$ ), 20, 60 en 85 graden. De hoek 20 graden wordt gebruikt voor hoogglanzende oppervlakken, 60 graden voor normale oppervlakken en 85 graden voor matte oppervlakken met zeer weinig glans. In Figuur 8 is een voorbeeld gegeven van de glansmetingen van 13 verschillende oppervlakken waarvan nummer 1 het minste glanst en nummer 13 met meest. De metingen zijn uitgevoerd bij de drie standaard

meethoeken. Uit de figuur blijkt dat voor elke soort glans een optimale meethoek gekozen moet worden. In de regel wordt gemeten met de 60 graden geometrie. Als echter de glans meer is dan 70% dan moet de 20 graden geometrie worden gekozen in plaats van de 60 graden geometrie. Als de glans in de 60 graden geometrie minder is dan 30% dan is het verstandig om de 85 graden geometrie te nemen.

### 5.5 Hoeveel reflectie en glans is aanvaardbaar?

De vraag is nu welke eisen gesteld moeten worden aan de reflectie en glans van de signaalgever. Het moet hierbij in elk geval gaan om alle oppervlakken aan de voorkant van de signaalgever, inclusief de voorkanten van de lichtpunten.

In de eerste concepten van de functionele specificatie voor de universele signaalgever werd voor de diffuse reflectie een waarde genoemd van 5%. Dit komt neer op een donkergrijze of zwarte kleur. De kleurcoördinaten moeten dan wel in het neutrale deel van het kleurendiagram liggen. Dit lijkt vooralsnog een redelijk eis. De diffuse reflectie moet gemeten worden met een illuminant  $D_{65}$  en meetgeometrie van 0/45.

Voor glans werd in bovengenoemd concept een glansgraad van maximaal 20% genoemd bij een meethoek van 60 graden. Dit is de eis die ook gesteld wordt in de technische specificaties voor signaalgevers (RWS, 1997). Ook voor toepassingen in de bouw, gevelplaten e.d., wordt deze eis die genoemd<sup>1</sup>. Volgens Figuur 8 is dit een redelijk lage glanswaarde.

De achterkant van de signaalgever mag ook niet glanzen maar mag hoeft niet zwart te zijn. Een middelgrijs, zoals bij normale verkeersborden, is aan te bevelen. Een bijkomend voordeel van grijs is ook dat, met name bij zonneshijn, de binnentemperatuur van de signaalgevers minder hoog zal oplopen dan bij een zwarte kleur.

### 5.6 Reflectie-eisen

Voor de kleur van de voorkant van signaalgevers (inclusief de lichtpunten) en het achtergrond-scherm lijkt het redelijk om de volgende eisen te stellen aan de reflectie.

- De kleur moet neutraal zijn.
- De luminantiefactor, gemeten in een 0/45-geometrie en met een standaard daglicht lichtbron  $D_{65}$ , mag niet hoger zijn dan 0,05.
- De glans, gemeten volgens ISO 2813 bij een hoek van 60 graden, mag niet hoger zijn dan 20%.

---

<sup>1</sup> A.M. Agterberg, TNO Industrie.



## 6 CONCLUSIES

Ten behoeve van het opstellen van technische specificaties universele signaalgevers is een aantal parameters onderzocht.

- Om verkeersborden op een afstand van 200 m te herkennen op een matrixbord met optimale optische eigenschappen, moet de minimale hoogte van ronde en driehoekige borden respectievelijk 133 en 148 cm zijn. De pijlen dienen een lengte hebben van minimaal 49 cm. Hiervoor is een matrixbord nodig is met afmetingen van  $1,50 \times 1,70$  m (h  $\times$  b) en een lichtpuntafstand van maximaal 32 mm. Voor een esthetisch verantwoorde afbeelding mag de lichtpuntafstand niet meer zijn dan 16 mm.
- Borden die in normale uitvoering een zwart symbool op een witte achtergrond en een rode rand hebben worden in de geïnverteerde versie op een 6% grotere afstand herkend.
- Door onder andere een verkeerde luminantieverhouding tussen rood en wit worden verkeersborden op een echt matrixbord slechter herkend dan in het laboratorium onder optimale omstandigheden. Aanbevolen wordt om nader onderzoek te verrichten naar de optimale verhouding van de verschillende kleuren op een matrixbord.
- Een achtergrondschild met een breedte van 50 cm, gerekend vanaf de rand van het display oppervlak, geeft voldoende leesbaarheid en opvallendheid. Bij een beeld van een RVV-bord met een rode rand mag gerekend worden vanaf het symbool binnen de rode rand.
- Het toelaatbaar kleurverschil hangt af van de grote van de twee vlakken die vergeleken worden. Kleine vlakken laten een groter kleurverschil toe. Om de toelaatbare kleur te bepalen is nader onderzoek nodig.
- Om hinderlijke reflecties te vermijden moet mag de luminantiefactor van de voorkant van de signaalgever (inclusief lichtpunten), de behuizing en achtergrondscherf van de signaalgever maximaal 0,05 zijn, bij een 0/45-geometrie en een D<sub>65</sub> illuminant. De glans mag niet meer zijn dan 20%, gemeten volgens de norm ISO 2813 bij een hoek van 60 graden.

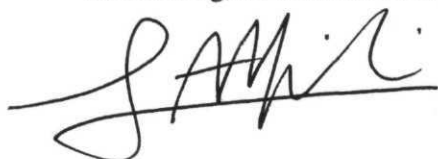
## DANKWOORD

Wij danken de firma Brimos B.V. voor het beschikbaar stellen van de signaalgever en de firma Schott Benelux B.V. voor het faciliteren van het waarnemingsexperiment.

## REFERENTIES

- Alferdinck, J.W.A.M. & Everts, A. (1992). *De bruikbaarheidsduur van het MK 9657 kompas* (Rapport IZF 1992 A-14). Soesterberg: Instituut voor Zintuigfysiologie TNO.
- Alferdinck, J.W.A.M., Luoma, J., Rämä, P., Dorresteijn, M.J. van & Harjula, V. (1998). *Recognition and preference of pictograms for variable message signs* (Report TM-98-C046). Soesterberg, The Netherlands: TNO Human Factors.
- Alferdinck, J.W.A.M. (2000). *Kleurcontrast in tunnels* (Rapport TM-00-C009). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Alferdinck, J.W.A.M. (2001). *Leesbaarheid van vier typen signaalgevers* (Rapport TM-01-C046). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- CEN (2001). *Variable, vertical road traffic signs – Part 1: Variable message signs* (Working Draft prEN 12966-1, 17 July 2001). Brussels: European Committee for Standardisation (CEN).
- CIE (1998). *Colours of signal lights* (Draft standard No. DS 004.4/E). Vienna, Austria: International Commission on Illumination CIE.
- CIE (2001). *CIE equation for disability glare* (Report CIE Committee TC1-5 – Disability Glare Formula). Vienna: International Commission on Illumination CIE.
- ISO (1994). *Paints and varnishes – Determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees* (International standard ISO 2813:1994). Geneva: ISO (International Organisation for Standardisation).
- ISO (2000). *Ergonomic requirements for work with visual displays based on flat panels – Part 2: Ergonomic requirement for flat panel displays* (International standard ISO/FDIS 13406-2). Geneva: ISO (International Organisation for Standardisation).
- Lotens, W.A. & Leeuwen, R.E. van (1975). *Ontwerp en evaluatie van een onderkastalfabet, een kapitaalalfabet en cijfers voor gebruik in matrix-lichtbakken* (Rapport IZF 1975-C9). Soesterberg: Instituut voor Zintuigfysiologie TNO.
- Lotens, W.A. (1977). *Achtergrondschilden voor matrix lichtbakken* (Rapport IZF 1977-C6). Soesterberg: Instituut voor Zintuigfysiologie TNO.
- NNI (1973). *Verkeerslichten – Toelichting op de norm NEN 3322* (Nederlandse Praktijkrichtlijn NPR 3323, december 1973). Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.
- NNI (2000a). *Verkeersregelinstallaties – Verkeerslantaarns – Aanvullende eisen* (Nederlandse norm NEN-EN 12368 (en), januari 2000). Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.
- NNI (2000b). *Verkeersregelinstallaties – Verkeerslantaarns* (Nederlandse norm NEN 3322 (nl), oktober 2000). Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.
- RVV (1990). *Reglement verkeersregels en verkeerstekens 1990. Bijlage 1 – Verbetering*. (Staatsblad 1990, 459, ISSN 0920 - 2064). Den Haag: SDU.
- RWS (1997). *Verkeerssignalering, technische specificatie 3e generatie signaalgevers* (Versie 3.7.2). Rotterdam: Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en vervoer.
- RWS (2000). *Dynamische route informatie systemen, technische specificatie DRIP's* (Versie: 2.1, tweede generatie). Rotterdam: Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en vervoer.
- Vos, J.J. (1984). *Disability glare – A state of the art*. CIE Journal, Vol. 3, No. 2, p 39-53.
- Walraven, J. & Blokland, N.H. (1982a). *De bijdrage van achtergrondschilden en zwart-wit geblokte masten tot de opvallendheid van verkeerslichtinstallaties* (Rapport IZF 1982 C-22). Soesterberg: Instituut voor Zintuigfysiologie TNO.

Soesterberg, 15 november 2001



Ing. J.W.A.M. Alferdinck  
(auteur, projectleider)

## BIJLAGE A Proefpersooneigenschappen laboratoriumexperiment

pp #	rijbewijs	seks (M/V)	leeftijd (jaren)	visus <sup>1)</sup>
1	nee	M	24	2
2	nee	M	18	1,75
3	ja	V	19	1,5
4	ja	V	23	1,25
5	ja	V	22	2
6	ja	V	23	1,5
7	nee	V	18	1,5
8	ja	V	24	1,5
9	nee	V	18	1,5
10	ja	M	20	2
11	ja	V	20	2
12	nee	M	19	2
Gemiddeld			20,67	1,71

<sup>1)</sup> Gezichtsscherpte gemeten in het laboratorium op een TNO 5m-visuskaart (Landolt-C) op een afstand van 5 m. De luminantie van het wit van de visuskaart was gemiddeld 256 cd/m<sup>2</sup>.



**BIJLAGE B Proefpersooninstructie laboratoriumexperiment****Herkenning van verkeersborden**

In dit experiment willen wij de herkenningsafstand meten van verkeersborden. Deze borden zullen gebruikt worden op elektronische signaleringsborden en zullen daarom in verschillende resoluties (nauwkeurigheid van afbeelding, aantal beeldpunten per bord) aan u worden getoond.

De meetprocedure is als volgt:

- a) Afbeeldingen van verkeersborden zullen worden getoond op een beeldscherm van een computer. De proefleider zal u een afbeelding geven met een overzicht van de verkeersborden (Fig. 1 of 2) die kunnen voorkomen.
- b) Bij het begin van het experiment staat u zo ver van het scherm dat het verkeersbord niet te herkennen is. De proefleider zal aangeven waar dit is.
- c) Daarna zult u door de proefleider gevraagd worden het bord langzaam te benaderen, tot het bord zo goed zichtbaar is, dat u vrijwel zeker weet om welk bord het gaat.
- d) Op dat moment stopt u noemt u het nummer of de betekenis van het bord, bijvoorbeeld, "J16" of "Werk in uitvoering". Het bord moet een van de borden zijn uit Figuren 1 of 2. De proefleider geeft dan aan of dit juist is.
- e) Als het onjuist is dan zult u het bord nog verder moeten benaderen (c).
- f) Als het juist is dan leest u de afstand tot het bord van het meetlint op de grond. Deze afstand geeft u door aan de proefleider, in decimeters nauwkeurig, bijvoorbeeld, 24,6 meter.
- g) Daarna gaat u weer naar de positie waarop de borden niet herkenbaar zijn (a).

Opmerkingen:

- Naast borden in de normale uitvoering (Fig. 1) zullen van bijna alle borden de geïnverteerde versies getoond worden. Hierbij is wit en zwart is omgekeerd (Fig. 2).
- Er zijn ook een viertal pijlen te zien zijn. Deze zullen gepresenteerd worden op de halve grootte.
- Spreek luid en duidelijk.

Als u nog vragen heeft vraag het dan nu aan de proefleider.

## BIJLAGE C Proefpersooneigenschappen veldexperiment

pp #	rijbewijs	seks (M/V)	leeftijd (jaren)	visus <sup>1)</sup>	kleurenzien <sup>2)</sup>
1	Ja	M	50	3	Deutan, strong
2	Ja	V	26	2	Normaal
3	Ja	M	24	2	Normaal
4	Ja	M	56	2	Normaal
5	Ja	M	59	2	Deutan, medium
6	Ja	M	49	2	Normaal
Gemiddeld			44	2,17	–

<sup>1)</sup> Gezichtsscherpte gemeten op een TNO 5m-visuskaart (Landolt-C) op een afstand van 10 m, buiten gemeten. Het resultaat is vermenigvuldigd met een factor twee. De luminantie het wit van de visuskaart was minstens 2500 cd/m<sup>2</sup>.

<sup>2)</sup> Ishihara kleurzientest. Buiten gemeten; pp5 werd later gemeten in laboratorium van TNO-TM.



## BIJLAGE D Proefpersooninstructie veldexperiment

### Herkenning van signaalgevers

In dit veldexperiment willen wij de herkenningsafstand meten van signaalgevers (elektronische verkeersborden of matrixborden).

De meetprocedure is als volgt:

- a) Het bord staat opgesteld langs een rustige openbare weg op een industrieterrein. Op het bord wordt een beelden getoond. De proefleider zal u inlichten over de beelden die kunnen voorkomen (zie Fig. 1 en 2).
- b) U staat op een zodanige afstand van het bord (ruim 400 m) dat het beeld niet te herkennen is.
- c) Op instructie van de proefleider begint u het bord langzaam op een fiets<sup>2</sup> te benaderen, tot u het bord nèt **duidelijk en zonder twijfel** kan herkennen. Dan stopt u en zegt de proefleider welk beeld u ziet.
- d) Als het onjuist is dan zult u het bord nog verder moeten benaderen (c).
- e) Als het juist is dan leest u de afstand tot het bord van de grond. Deze afstand geeft u door aan de proefleider, in meters nauwkeurig, bijvoorbeeld 223 meter.
- f) Daarna gaat U terug naar het startpunt.

Opmerkingen:

- Het is belangrijk dat u *niet* overlegt met de andere proefpersonen. Waarschijnlijk zal niet iedereen dezelfde gezichtsscherpte hebben en daarom ook niet op dezelfde herkenningsafstand uitkomen.
- Voor de herkenningsproef begint heeft de proefleider enige gegevens van u nodig. Het gaat om uw naam, geslacht, leeftijd. Daarna zal uw gezichtsscherpte en aard een mate een eventuele kleurzienafwijking gemeten worden. Deze gegevens zullen vertrouwelijk behandeld worden.
- Let tijdens de proef wel op het andere wegverkeer.
- De meeste borden zijn in geïnverteerde uitvoering (witte symbolen op een zwarte achtergrond, Fig. 2). Van enkele borden zal ook een normale uitvoering getoond worden (Fig. 1). Naast borden in de normale uitvoering (zwarte symbolen op een witte achtergrond, Fig. 1).

Als u nog vragen heeft vraag het dan nu aan de proefleider.

---

<sup>2</sup> Per fiets kunnen dit soort waarnemingsproeven snel en efficiënt worden uitgevoerd.

