

VOERTUIGVERLICHTING BINNEN DE BEBOUWDE KOM

De verlichting van de voorzijde van motorvoertuigen op wegen die van een openbare verlichting zijn voorzien

R-76-7

Dr.ir. D.A. Schreuder

Voorburg, december 1976

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

INHOUD

SAMENVATTING

1. INLEIDING

2. DE FUNCTIE VAN VERLICHTING

3. DE OPZET VAN HET RAPPORT

4. OVERWEGINGEN LEIDEND TOT "VERBETERD STADSLICHT"

4.1. Gezichtspunt: "stads- of dimlicht"

4.2. Gezichtspunt: "optimale voertuigverlichting"

4.2.1. Algemeen

4.2.2. Functionele vereisten voor signaallichten

4.2.3. De optimale waarde van de lichtsterkte voor signaallichten
aan de voorzijde van auto's

4.2.4. Conclusies

4.3. Enquête van de ECE

4.4. Huidige alternatieven

4.5. Toekomstige alternatieven

4.6. Conclusies

5. CONSEQUENTIES VAN INVOERING VAN "VERBETERD STADSLICHT"

5.1. Inleiding

5.2. Het voertuig

5.3. De weg en het verkeer

5.4. Overige weggebruikers en overige omstandigheden

5.5. Conclusies uit hoofdstukken 4 en 5

6. DE TECHNISCHE UITVOERING

6.1. De traditionele uitvoering van voertuigverlichting

6.2. Optische aspecten

6.3. Schakeltechnische aspecten

7. AANVULLEND ONDERZOEK

7.1. Aspectenonderzoek

7.2. Ontwikkelingsonderzoek

7.3. Andere aspecten

7.3.1. Apart parkeerlicht

7.3.2. Gebruik van stadslicht bij ingeschakeld dimlicht

7.3.3. Keuringseisen

7.3.4. Retrofléctoren

7.3.5. Voertuigverlichting bij slecht zicht, verlichting overdag

8. EEN GEINTEGREERD SYSTEEM VOOR AUTOVERLICHTING

8.1. Algemeen

8.2. Een algemeen systeem

8.3. Enige aanvullende opmerkingen

9. CONCLUSIES

FIGUREN 1 t/m 6

ANNEX A1 t/m A7

LITERATUUR

SAMENVATTING

Een van de vragen waarmee zowel beleidsinstanties als ook wetenschappelijke onderzoekers worden geconfronteerd, betreft de meest geschikte verlichting die door auto's dient te worden gevoerd in straten die van een openbare (plaatsgebonden) verlichtingsinstallatie zijn voorzien. Vooral wanneer het gaat om de verlichting aan de voorzijde van de auto, blijkt dit een vraag te zijn waaraan vele facetten kunnen worden onderscheiden.

In de beginjaren voerden auto's geen gereguleerde verlichting. Pas een drukker verkeer deed een probleem ontstaan: de verblinding door tegenliggers. De oplossing werd gezocht en deels ook gevonden in twee richtingen: Enerzijds werd de uit overwegingen van publieke veiligheid reeds aanwezige openbare verlichting aangepast aan de eisen van het gemotoriseerde verkeer, en anderzijds werd een verlichtingssysteem op de auto's aangebracht dat als compromis kon gelden tussen veel verlichten en weinig verblinden, namelijk een dubbel verlichtingssysteem: een hoofdlichtbundel voor normaal gebruik, en een dimbundel die alleen werd gebruikt voor korte tijd tijdens het passeren. Een verder doorgaande intensivering van het verkeer had echter tot gevolg dat men bij een algemene stijging van de verkeersbelasting op de wegen in toenemende mate moest volstaan met de door de voertuigen meegevoerde verlichting. Immers, bij de technische voorzieningen zoals die nu en in de nabije toekomst gebruikelijk zijn, heeft de bestuurder een grote hoeveelheid visuele informatie over zijn omgeving nodig. In het duister is voor het verkrijgen van visuele informatie kunstmatige verlichting nodig.

Men kan de kunstmatige verlichting als volgt indelen: de markering en signalisatie van voorwerpen (signaalverlichting) en hun kenmerken, en het aanstralen of verlichten van voorwerpen.

Het doel van de signaalverlichting is tweedelig. Ten eerste dient de aanwezigheid van het betreffende voorwerp te worden gemarkeerd. Ten tweede dienen allerlei kenmerken van het betreffende voor-

werp te worden gesignaleerd. Het hangt onder andere af van de verkeerssituatie welke kenmerken van het meeste belang zijn, maar gewoonlijk horen erbij: de aard, de positie en snelheid van het voorwerp, de veranderingen erin, en vooral de te verwachten veranderingen; en de opvallendheid ten opzichte van de omgeving, vooral wat betreft mogelijkheden tot verwarring met andere voorwerpen.

Het aanstralen of verlichten van voorwerpen spreekt in dit verband voor zichzelf.

Uit een aantal in het rapport gegeven overwegingen blijkt dat de bijdrage van dimlichten tot de verlichting en daarmee tot de zichtbaarheid van voorwerpen bij aanwezigheid van openbare verlichting (zelfs bij alleen maar zeer geringe openbare verlichting) gering, en meestal van verwaarloosbaar belang is, met twee uitzonderingen: ten eerste wanneer de voorwerpen een hoge reflectie hebben (retroreflectoren) en ten tweede wanneer er sprake is van geringe waarneembaarheidsafstanden r en dus bij geringe snelheidsverschillen.

Voorts blijkt dat de verblinding die wordt teweeg gebracht door de dimlichten van tegenliggers bij alle gangbare nachtelijke verkeerssituaties een verstoring van de optimale waarneming teweegbrengt.

Hieruit volgt dat het dimlicht als "verlichtingsmiddel" niet voldoet, en eigenlijk niet goed bruikbaar is binnen bebouwde kommen. Het zeer veel zwakkere stadslicht komt als "verlichtingsmiddel" natuurlijk geheel niet in aanmerking. In tegenstelling tot het dimlicht, dat zowel "verlichtingsmiddel" als signaallicht is, is het stadslicht namelijk uitsluitend een signaallicht.

Uit de gegeven overwegingen zijn enige conclusies getrokken.

1. Het momenteel gangbare dimlicht is niet te beschouwen als een

optimaal compromis tussen "veel verlichten" en "weinig verblinden", met name niet voor drukke (stads-)straten die van openbare verlichting zijn voorzien.

2. Het momenteel gangbare stadslicht is veelal te zwak om te kunnen dienen als signaallicht, hoewel de laatste jaren een duidelijke verbetering is te constateren.

3. Het optimale licht voor de voorkant van motorvoertuigen te gebruiken op wegen met een openbare verlichting dient een lichtsterkte te hebben die lager is dan het huidige dimlicht, maar hoger dan het huidige stadslicht. Daarbij geldt dat de minimale lichtsterkte tenminste ca 20 cd moet bedragen, en de maximale lichtsterkte ca 100 cd.

4. Een dergelijk "verbeterd stadslicht" kan een duidelijke bijdrage leveren tot het zichtbaar maken van voorwerpen die van retroflecterend materiaal zijn voorzien. In andere opzichten echter is de bijdrage tot de zichtbaarheid gering of afwezig. De zichtbaarheid dient te worden gewaarborgd door een aan daartoe te stellen eisen voldoende openbare verlichting.

5. De intensiteit kan gelden als de meest belangrijke coderingsmogelijkheid. De kleur komt voor nadere codering nauwelijks meer in aanmerking, omdat rood algemeen is toegepast om de achterzijde van auto's te markeren, en geel in vele gevallen is gereserveerd voor richtingaanwijzers.

6. Het tegelijk voorkomen van dimlichten en stadslichten werd vroeger (terecht) als een zeer groot bezwaar, en vaak als een groot gevaar beschouwd. De verbeteringen aan stadslicht gedurende de laatste jaren heeft dit probleem minder acuut gemaakt. Het is de vraag of het tegelijk voorkomen van dimlichten en "verbeterde stadslichten" nog als een belangrijk bezwaar moet worden gezien.

Als slotconclusie wordt dan ook gesteld:

Het "verbeterde stadslicht" kan worden beschouwd als de meest geschikte (en wellicht als de enige realistische) oplossing van de vraag welke verlichting voor de voorzijde van auto's voor

verlichte wegen als optimaal kan worden beschouwd. Hieraan is de voorwaarde verbonden dat de openbare verlichting aan bepaalde minimale eisen voldoet.

De meest geschikte technische uitvoeringsvorm voor "verbeterd stadslicht" kan als volgt worden omschreven:

- a. het gangbare dimlicht wordt wat lichtsterkte betreft verzwakt; daarbij verdient de constructie waarbij de lichtstroom van de lamp voor het dimlicht wordt verminderd de voorkeur; de lichtsterkte recht vooruit dient daarbij tenminste ca 20 cd te bedragen, maar ten hoogste ca 100 cd;
- b. het overgaan van dimlicht naar "verbeterd stadslicht" geschiedt door schakelen;
- c. voor een verdere ontwikkeling komt het automatisch en trappe-
loos, geleidelijk "dimmen" in aanmerking, met name wanneer de daartoe benodigde automaat ook voor het schakelen van andere lich-
ten, bijvoorbeeld aan de achterzijde van het voertuig, kan worden gebruikt.

Tenslotte dient rekening te worden gehouden met het feit dat de algemene introductie van "verbeterd stadslicht" aanzienlijke tijd in beslag kan nemen. Het algemene gebruik van dimlicht gedurende de overgangstijd wordt vaak als het meest geschikte compromis beschouwd; men dient daarbij echter wel te bedenken dat om dergelijk tijdelijk algemeen gebruik de uiteindelijke introductie en toepassing van "verbeterd stadslicht" niet in de weg mag staan.

1. INLEIDING

Een van de vragen waarmee zowel beleidsinstanties als ook wetenschappelijke onderzoekers worden geconfronteerd, betreft de meest geschikte verlichting die door auto's dient te worden gevoerd in straten die van een openbare (plaatsgebonden) verlichtingsinstallatie zijn voorzien. Vooral wanneer het gaat om de verlichting aan de voorzijde van de auto, blijkt dit een vraag te zijn waaraan vele facetten kunnen worden onderscheiden. Een volledig bevredigend antwoord op deze vraag is momenteel nog niet te geven; in het hierna volgende rapport zal echter worden aangegeven in welke richtingen kan worden gezocht naar een redelijk bruikbaar antwoord.

De pogingen tot het vinden van een antwoord zullen worden voorafgegaan door een omschrijving en nadere specificering van de problemen waar het in feite om gaat. Mede gezien de vorm waarin de betreffende vraag vaak - overigens niet geheel terecht - wordt gesteld (namelijk: moet men aan stadslichten of dimlichten de voorkeur geven) zal deze probleemanalyse worden gebaseerd op een historisch uitgangspunt.

In de beginjaren voerden auto's geen gereguleerde verlichting. Eventueel op de auto aanwezige lampen hadden tot taak een stukje van de weg voor de auto uit te verlichten. Pas een drukker verkeer deed een probleem ontstaan: de verblinding door tegenliggers. De oplossing werd gezocht en deels ook gevonden in twee richtingen. Enerzijds werd de uit overwegingen van publieke veiligheid reeds aanwezige openbare verlichting aangepast aan de eisen van het gemotoriseerde verkeer, en anderzijds werd een verlichtingssysteem op de auto's aangebracht dat als compromis kon gelden tussen veel verlichten en weinig verblinden: het dimlicht. Bovendien werd het mogelijk door de toepassing van de snel in- en uit te schakelen elektrische gloeilamp een dubbel verlichtingssysteem te realiseren: een hoofdlicht (country beam, high beam, feux route, Fernlicht) voor normaal gebruik, en een dimbundel die alleen werd gebruikt

voor korte tijd tijdens het passeren (passing beam, low beam, feux croisement, Abblendlicht).

Beide verlichtingsystemen (openbare verlichting en autoverlichting) bleken tot aanvaardbare oplossingen te kunnen leiden. Een verder doorgaande intensivering van het verkeer had echter tot gevolg dat enerzijds in een steeds toenemend tempo nieuwe wegen werden aangelegd, terwijl anderzijds de kosten voor openbare verlichting van een zodanige kwaliteit dat voldoende zichtbaarheid kon worden gegarandeerd, in toenemende mate als een (soms te grote) belasting op het algemene budget werden beschouwd. Het gevolg is dat men bij een algemene stijging van de verkeersbelasting op de wegen in toenemende mate moet volstaan met de door de voertuigen meegevoerde verlichting. In het hierna volgende rapport zal worden nagegaan welke problemen deze ontwikkeling met zich brengt, en welke oplossingen, op korte, resp. midden-lange termijn te verwezenlijken zijn.

Om deze problemen te kunnen ontleden moet worden uitgegaan van de functie die verkeersvoorzieningen - in de meest algemene zin - voor het verkeer hebben: deze functie kan worden beschreven als het bieden van de mogelijkheid aan de verkeersdeelnemers het einddoel van hun tocht veilig, vlot en comfortabel te bereiken, en dat bij minimale kosten.

Over deze kenschetsing kunnen enige opmerkingen worden gemaakt, met name over het drieledige doel dat is aangegeven: namelijk het einddoel veilig, vlot en comfortabel te bereiken. Bij deze drie kan veiligheid als een noodzakelijke, maar niet voldoende voorwaarde worden beschouwd voor een "goed" verkeersverloop, met het voorbehoud dat een absolute veiligheid gevoelsmatig niet als noodzakelijk wordt beschouwd. Met andere woorden: de samenleving neemt er genoegen mee dat er een zeer hoge graad van veiligheid bereikt wordt, hoewel nog enige ongevallen zouden kunnen plaatsvinden. Vlotheid en comfort zijn voorwaarden die door de weggebruiker als regel zeer belangrijk worden gevonden. Vlotheid en comfort vormen voorts een belangrijke basis bij het ontwerpen

en uitvoeren van vele verkeersvoorzieningen. Hierbij moet onder comfort iets anders worden verstaan dan pure luxe.

In het navolgende zal de nadruk komen te liggen op de veiligheid, en wel omdat - naast de evidente noodzaak voor een redelijk veilig verkeer - gebleken is dat de voorzieningen ter verhoging van de vlotheid en het comfort bij de hier behandelde problematiek dezelfde richting wijzen als die ten behoeve van de veiligheid, alleen nog stringenter zijn. Hierbij moet wel worden aangetekend dat dit in het geheel geen vanzelfsprekende zaak is; zo zijn bijvoorbeeld bij de rijeigenschappen van voertuigen, maar ook bij economische beschouwingen bepaalde eisen van comfort (en soms ook van vlotheid) tegengesteld aan eisen van de veiligheid.

2. DE FUNCTIE VAN VERLICHTING

Om het doel van een tocht veilig te bereiken, moet de bestuurder de weg kunnen volgen, en onderweg nergens tegen botsen. Bij de technische voorzieningen zoals die nu en in de nabije toekomst gebruikelijk zijn, heeft de bestuurder hiervoor een grote hoeveelheid visuele informatie over zijn omgeving (de weg, de gebieden dicht naast de weg, obstakels, andere voertuigen, voetgangers, enz.) nodig.

Overdag is over het algemeen de bedoelde informatie redelijkerwijs te verkrijgen; in het nachtelijk duister is echter voor het verkrijgen van visuele informatie kunstmatige verlichting nodig. De kunstmatige verlichting heeft daarbij een tweeledige functie: ten eerste de markering van voorwerpen en de signalisatie van bepaalde karakteristieken en ten tweede het aanstralen of verlichten van voorwerpen. "Voorwerp" is hier als verzamelterm gebruikt. Auto's, voetgangers, stenen, stoepranden, maar ook wegmarkeringen en wegwijzers behoren ertoe. Signalisatie wordt gewoonlijk gerealiseerd door hetzij op het waar te nemen voorwerp een daartoe speciaal ontworpen verlichtingssysteem aan te brengen of door het te voorzien van retroflecterende elementen. Deze zullen verderop worden besproken.

Het doel van de signaalverlichting is tweeledig. Ten eerste dient de aanwezigheid van het betreffende voorwerp te worden gesignaliseerd. Dit wordt ook met "markering" aangegeven. Dit stelt wel enige eisen aan de lichtsterkte en plaats van de markeringslichten, maar geen eisen aan kleur, groepering, enz. Ten tweede dienen kenmerken van het betreffende voorwerp te worden gesignaliseerd. Het hangt af van o.a. de verkeerssituatie welke kenmerken van het meeste belang zijn, maar gewoonlijk horen erbij: de aard, de positie en snelheid van het voorwerp, de veranderingen erin, en vooral de te verwachten veranderingen; en de opvallendheid ten opzichte van de omgeving, vooral wat betreft de mogelijkheden tot verwarring met andere voorwerpen.

Wanneer het betreffende voorwerp een voertuig is, moet speciaal worden gewezen op de noodzaak om de voorzijde en de achterzijde - en dus naderen en verwijderen - zeer duidelijk te kunnen onderscheiden. Voor het signaleren van al deze kenmerken is een duidelijke, ondubbelzinnige, en gedetailleerde codering nodig. Daarbij is van belang dat bij een grote lichtsterkte van de markeringslichten, ten gevolge van de daardoor optredende verblinding, de signalerende werking verminderd kan worden of zelfs onmogelijk gemaakt.

Voor de verlichting van voorwerpen komen twee reeds genoemde systemen in aanmerking: de openbare verlichting en de aanstraling door middel van autokoplantaarns. In beide gevallen is het beginsel dat een verschil in luminantie^{*)} tussen het betreffende voorwerp en zijn directe achtergrond wordt opgewekt. De luminantie van een object hangt af van de verlichtingssterkte op het object en de reflectie ervan. De gangbare verkeersobstakels, met name voetgangers vertonen als regel een lage, diffuse, reflectie (Fig. 1). Voorts is het belangrijkste gedeelte van de achtergrond een gedeelte van het wegdek dat tamelijk ver achter de voetganger ligt (Fig. 2). En tenslotte blijkt dat wegdekken wanneer ze onder een strijkende hoek worden bekeken, een sterk spiegelende reflectie vertonen, ook in droge toestand (Fig. 3).

Wanneer men deze drie gegevens combineert, volgen daaruit de volgende karakteristieken van de twee verlichtingssystemen. Bij openbare verlichting, waar de verlichtingssterkte op verticale vlakken gewoonlijk tamelijk laag is, steken vrijwel alle voorwerpen als donkere silhouetten af tegen een relatief lichte achtergrond. Omgekeerd steken bij autoverlichting vele voorwerpen - vooral de lichtgekleurde - licht af tegen een donkere achtergrond. Daarbij is immers de verlichtingssterkte op verticale, naar de lichtbron - en dus naar de waarnemer - toegekeerde vlakken hoog, zodat zelfs bij geringe reflectie de luminantie aanzienlijk is. Het veel verder verwijderde wegdekge-

*) Luminantie is de fotometrische grootheid waarin de helderheid van voorwerpen wordt uitgedrukt. Voor een nauwkeurige definitie van de fotometrische grootheden, zie bijv. Walsh (1965).

deelte, dat de achtergrond vormt, wordt echter nauwelijks verlicht.

Een speciaal geval samenhangend met de automobielverlichting, betreft de verlichting van retroflecterende (retro-reflecterende) voorwerpen. Deze reflecteren het licht in een richting die vrijwel samenvalt met, maar tegengesteld is aan, de lichtinvalsrichting en hebben veelal een zeer sterk reflecterend vermogen. Bij gebruik van autoverlichting, waarbij immers lichtbron (autokoplampen) en opvanger (bestuurder) dicht bij elkaar zijn, kan dit verschijnsel met goed gevolg worden gebruikt. Retroflecterende materialen zijn in enige uitvoeringsvormen beschikbaar, zoals glasparels in plakfolies, hoekspiegels (corner-cubes) en lenzen (cat's-eyes) vervaardigd uit glas of plastic (zie bijv. OECD (1975)).

Bij goede materialen kan een reflecterend vermogen van 50 - 1000 cd/m^2 per lux worden bereikt, afhankelijk van de constructie.

De functie van de verlichting is hierboven slechts summier en niet systematisch besproken. Met name bleven een aantal fundamentele aspecten van de visuele waarneming buiten beschouwing.

Voor het onderhavige rapport lijkt echter een meer gedetailleerde behandeling, zoals gegeven door Asmussen (1972), Griep (1971, 1972), Schreuder (1971a, 1974b) niet noodzakelijk.

3. DE OPZET VAN HET RAPPORT

De functie van de verlichting voor het nachtelijke wegverkeer is tweeledig: enerzijds dient een op het doel afgestemde signalisatie te worden bereikt, terwijl anderzijds - met name voor "toevallig" op de weg aanwezige voorwerpen - de "aanstraling" voldoende dient te zijn. De signalisatie wordt voor een groot deel verzorgd door lichten die aan auto's zijn bevestigd, terwijl de aanstraling deels door autoverlichting deels door openbare verlichting wordt verzorgd.

Naast het voor vrije wegen bedoelde hoofdlicht en het eveneens voor "aanstraling" bedoelde dimlicht, wordt op auto's een stelsel van signaallichten aangebracht. Dit zijn voorlichten (stadslichten, parkeerlichten, enz.), achterlichten, remlichten en richtingaanwijzers.

Belangrijker is echter het feit dat op basis van de sterk veranderde verkeerssituatie het goed bruikbare compromis uit de twintiger jaren dient te worden verlaten. Hoewel de primaire functie van de verkeersvoorzieningen niet is veranderd, blijkt het nodig te zijn naar een nieuwe oplossing te zoeken. Momenteel lijkt het erop dat - voor zover het wegen binnen de bebouwde kommen geldt die van openbare verlichting zijn voorzien - de oplossing moet worden gezocht in het aanpassen van de karakteristieken van het bestaande stadslicht, zodanig dat aan de te stellen kwaliteitscriteria kan worden voldaan. Ter onderscheiding van het momenteel gangbare stadslicht spreekt men wel van een "stadslicht nieuwe stijl". In het onderhavige rapport zullen achtereenvolgens worden besproken de overwegingen die tot een dergelijke aanbeveling hebben geleid, de eventueel in aanmerking komende alternatieven, de problemen die samenhangen met het invoeren en het technisch verwezenlijken van een dergelijk licht, en tenslotte op welke gebieden nog nader onderzoek nodig is.

Bij het eerste onderwerp kan men dan nog uitgaan van twee gezichtspunten - die overigens tot zeer analoge antwoorden leiden - : men kan zich afvragen wat beter is, stadslichten of dimlichten, of men kan zich afvragen wat de optimale verlichting is voor de voorzijde van auto's.

De overwegingen, gebaseerd op deze twee gezichtspunten, zullen worden besproken in hoofdstuk 4 van het rapport. Het feitenmateriaal waarop deze overwegingen zijn gebaseerd, is samengevat in de Annex. Na bespreking van alternatieven worden in hoofdstuk 5 de consequenties van het invoeren van "verbeterd stadslicht" besproken, waarbij mede aandacht zal worden besteed aan het feit dat de (signaal-) verlichting van auto's één systeem vormt.

In hoofdstuk 6 zullen enige technische uitvoeringsvormen worden besproken, ieder met hun specifieke voor- en nadelen.

In hoofdstuk 7 wordt omschreven welke aanvullende onderzoeken nog moeten worden uitgevoerd voordat tot invoering van "verbeterd stadslicht" kan worden overgegaan; voorts wordt aandacht besteed aan een aantal factoren die, zonder dat doelgericht onderzoek nodig is, van belang zijn met name voor bepaalde groepen weggebruikers.

Tenslotte zal in hoofdstuk 8 een schets worden gegeven van een mogelijk toekomstig geïntegreerd verlichtings- en signaleringsstelsel voor auto's.

Op deze plaats kan worden verwezen naar een recente publikatie uit Australië (Fisher, 1974) waarin naast de beschrijving van een aantal interessante nieuwe experimenten, een overzicht is opgenomen over de problematiek van de verlichting aan de voorzijde van auto's. Dit overzicht loopt in opzet en conclusies zeer duidelijk parallel met het onderhavige rapport, hoewel ze onafhankelijk van elkaar zijn opgesteld.

4. OVERWEGINGEN LEIDEND TOT "VERBETERD STADSLICHT"

4.1. Gezichtspunt: "stads- of dimlicht"

De vraag of het voor het wegverkeer beter is of auto's op wegen met openbare verlichting stadslichten dan wel dimlichten voeren, kan niet worden beantwoord op basis van ongevalgegevens. Uit een aantal onderzoeken is gebleken dat het ongevallenpatroon niet of nauwelijks wordt beïnvloed door het type voertuigverlichting (zie Annex A1). Wel blijkt dat, bij vrije keuze, het gebruik van stadslicht of dimlicht afhangt van de kwaliteit van de openbare verlichting. Wanneer de keuze aan de bestuurder zelf wordt overgelaten zal het resultaat meestal zijn een gemengd voorkomen van stads- en dimlichten. Het moet worden betwijfeld of, ten gevolge van de recente aanzienlijke verbeteringen in stadslichten, de bezwaren van dergelijk gemengd voorkomen nog steeds als belangrijk moeten worden aangemerkt (Annex A2).

Wanneer men nagaat in hoeverre dimlichten (met name de momenteel geregelementeerde asymmetrische E-bundels) geschikt zijn om te worden gebruikt binnen bebouwde gebieden, blijkt allereerst dat de bijdrage tot de zichtbaarheid van objecten gering is, en niet systematisch tot een verbetering leidt. Wanneer objecten zijn voorzien van retroreflectoren, blijkt dimlicht duidelijk beter te zijn dan het huidige stadslicht. Het verschil met "verbeterd stadslicht" van het type dat in dit rapport wordt voorgesteld, is echter gering, vooral wanneer men de zichtbaarheid uitdrukt in de zichtbaarheidsafstand (Annex A3). Dit voordeel wordt voorts weer voor een aanzienlijk deel teniet gedaan door de verblinding door tegenliggers. Bij goed afgestelde, schone, droge, aan de reglementen voldoende dimlichten is de verblinding reeds zeer aanzienlijk, met name wanneer er een aantal tegenliggers tegelijk zichtbaar zijn (Annex A4). Wanneer men rekening houdt met vervuiling, en met afwijkingen in de instelling van dimlichten (Annex A5) blijkt dat door al deze invloeden de verblinding vrijwel steeds hoger wordt dan in het "ideale" geval. Overigens

zijn momenteel weinig verbeteringen van belang te verwachten, ook niet door toepassing van halogeenlampen (Annex A6).

Dit behoeft geen verwondering te wekken: het licht dat de verblinding opwekt, is grotendeels strooilicht, hetwelk door de genoemde factoren gewoonlijk wordt versterkt.

Als eerste conclusie kan worden gesteld dat de bijdrage van dimlichten bij aanwezigheid van openbare verlichting (zelfs bij alleen maar zeer geringe openbare verlichting) tot de verlichting en daarmee tot de zichtbaarheid van voorwerpen gering, en meestal van verwaarloosbaar belang is, met twee uitzonderingen: ten eerste wanneer de voorwerpen een hoge reflectie hebben (retroreflectoren) en ten tweede wanneer er sprake is van geringe waarneembaarheidsafstanden, dus bij zeer geringe snelheidsverschillen.

Als tweede conclusie kan worden gesteld dat de verblinding die wordt teweeg gebracht door de dimlichten van tegenliggers bij alle gangbare nachtelijke verkeerssituaties een verstoring van de optimale waarneming teweegbrengt. Deze storing kan onacceptabel sterk zijn op slecht verlichte wegen, bij veel tegenliggers en bij vervuiling, slechte afstelling, enz. van de koplampen. Hoewel enige verbetering door nieuwe constructies mogelijk is, zijn deze bezwaren grotendeels inherent aan het concept "dimlicht".

Uit deze twee conclusies volgt dan dat het dimlicht als "verlichtingsmiddel" niet voldoet, en eigenlijk niet goed bruikbaar is binnen bebouwde kommen. Het zeer veel zwakkere stadslicht komt als "verlichtingsmiddel" natuurlijk geheel niet in aanmerking. In tegenstelling tot het dimlicht, dat zowel "verlichtingsmiddel" als signaallicht is, is het stadslicht uitsluitend een signaallicht. Bij de vraag "stadslicht of dimlicht" is natuurlijk aandacht besteed aan het signaalkarakter van deze lichten, maar dan vrijwel uitsluitend op kwalitatieve basis. Het vele kwantitatieve onderzoek kan echter beter worden beschreven in het kader van het tweede hierboven genoemde gezichtspunt: "optimale voertuigverlichting".

4.2. Gezichtspunt: "optimale voertuigverlichting"

4.2.1. Algemeen

Hierboven is gepoogd een antwoord te vinden op de vraag: "Is stadslicht of dimlicht beter op een weg met openbare verlichting?". Een eenduidig antwoord is niet gevonden. In de hierna volgende paragraaf zal worden gepoogd verder te komen door te proberen een iets anders geformuleerde vraag te beantwoorden: "Wat is de optimale verlichting te voeren aan de voorzijde van motorvoertuigen op wegen met openbare verlichting?". Bij het beantwoorden van deze vraag zal worden uitgegaan van twee punten die uit de vorige paragraaf volgen - de ene expliciet, de andere meer impliciet gesteld. Deze twee punten zijn: de bijdrage van de huidige dimlichten tot de zichtbaarheid is verwaarloosbaar, en de huidige dimlichten zijn helderder dan nodig - in vele gevallen veel te helder - om optimaal als signaallicht te fungeren. Voor het verdere onderzoek naar de optimale voertuigverlichting zal dan ook verder uitgegaan worden van de gedachte dat deze verlichting uitsluitend dient als signaallicht, en dat de verlichting (zichtbaarheid van voorwerpen) geheel wordt verzorgd door de openbare verlichting. We komen verderop terug op de economische aspecten van dit uitgangspunt, en ook op het feit dat de toepassing van retroflectoren een uitzondering kan vormen (zie par. 4.4. en Annex A3). Ook zal in een volgende paragraaf worden nagegaan welke mogelijkheden bestaan voor een optimale oplossing voor wegen zonder openbare verlichting (par. 4.5.) en hoe de diverse oplossingen in een totaal systeem kunnen worden ingepast (hoofdstuk 8).

Onder "signaleren" zal hier worden verstaan: het door middel van een lichtsignaal overbrengen van een of andere boodschap. Vaak is deze boodschap gecodeerd. De mogelijkheid tot decoderen is te beschouwen als een onderdeel van het signaliseringssysteem. Zo beschouwd, is "markeren" een onderdeel van "signaleren" (en wel het signaleren van de aanwezigheid-zonder-meer).

Signaleren in deze betekenis is een meer complex probleem dan verlichten (aanstralen).

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

Zowel op grond van ongevallengegevens (SWOV, 1969a, 1976b) als van theoretische overwegingen (Griep, 1972; Roszbach, 1972, 1974; Schreuder, 1971a) is het duidelijk dat motorvoertuigen een ernstig gevaar vormen ten opzichte van elkaar. Verder is het duidelijk dat het belang is om niet alleen de situatie en de positie van relevante objecten (voertuigen) te weten wanneer men probeert dit gevaar in te perken; het zijn juist de toekomstige positie en eventuele voorgenomen wijzigingen daarin die van doorslaggevend belang zijn. Verder is het nodig om globaal gesproken het type van het voertuig dat wordt ontmoet, te herkennen, om daarmee een indruk te krijgen van de soort van manoeuvres die men van het voertuig kan verwachten. Daarom zijn het vooral de volgende kenmerken van voertuigen die moeten worden gesignaleerd:

- a. aanwezigheid;
- b. positie;
- c. snelheid, richting;
- d. veranderingen in snelheid en richting;
- e. toekomstige (voorgenomen) veranderingen in snelheid en richting;
- f. type voertuig (afmetingen, categorie, en meer speciaal de bewegingskenmerken, zoals draaicirkel, mogelijke vertragingen, enz.).

Overdag zijn vele van deze kenmerken zonder meer duidelijk voor

andere bestuurders. Maar toch zijn er een aantal met name betreffende toekomstige veranderingen in principe niet zonder meer te zien. Voor dit soort informatie zijn ook overdag signalen nodig (meestal ook lichten).

Het is niet praktisch, en ook niet nodig om voor ieder van de hierboven genoemde kenmerken een apart signaallicht aan te brengen. Wanneer het gaat om de markeringslichten, brengen deze gewoonlijk meer informatie over dan alleen de aanwezigheid. De positie, maar ook de snelheid en de richting, en zelfs tot zekere hoogte de veranderingen daarin kunnen mede worden bepaald aan de hand van de wijze waarop de markeringslichten worden gezien. Markeringslichten (stadslichten, "verbeterde stadslichten" of eventueel dimlichten) hebben dus als signaallicht een bredere functie dan alleen het signaleren van de aanwezigheid. Deze combinatie betekent echter dat het niet zinvol is voor alle afzonderlijke kenmerken de functionele vereisten op te stellen.

Bij het onderzoek naar een optimaal verlichtingssysteem voor de voorzijde dient dus met de verschillende aspecten van signaleren rekening te worden gehouden, ook al gaat het in het onderhavige rapport in de eerste plaats om markeringslichten.

4.2.2. Functionele vereisten voor signaallichten

1. De kleur

Betreffende de eisen die aangaande de kleur worden gesteld aan signaallichten, kunnen enige opmerkingen worden gemaakt.

Ten eerste kan worden opgemerkt dat de kleur niet erg geschikt is om te dienen als primaire coderingsdimensie (Roszbach, 1972; Projector et al, 1969; SWOV, 1975; Hargroves, 1971).

Ten tweede zijn er maar een gering aantal kleuren beschikbaar voor codering. McCormick (1964) geeft negen verschillende kleuren aan (geciteerd door Roszbach, 1972) maar wanneer rekening wordt gehouden met de normale toleranties van vervaardiging, de waar-

nemingsmogelijkheden van kleurenzwakken en de doorlating van kleurfilters, blijven er slechts zes over, te weten: rood - oranje - geel - groen - blauw - wit.

De CIE (1975b) heeft aanbevolen dat oranje, geel en wit niet in hetzelfde signaalsysteem worden gebruikt. Er blijven er dus nog maar vier over. Daarvan wordt blauw vaak beperkt tot gebruik door politie, enz.

Het is soms voorgesteld om de drie overblijvende kleuren te gebruiken op een wijze die lijkt op het gebruik bij gewone verkeerslichten, d.w.z. groen: doorrijden; geel: waarschuwing; rood: stop (Mortimer, 1969; Allen, 1970). Het bezwaar is dat groen een vrije weg suggereert. Een voorligger is echter steeds bij nadering een obstakel. Voorts zou een dergelijk systeem alleen voor de achterzijde van voertuigen bruikbaar zijn.

Er blijft dus slechts over: geel (of wit) en rood. Nu is het gebruikelijk om deze coderingsdimensie als volgt te gebruiken: rood komt alleen aan de achterzijde voor; aan de voorzijde alleen geel of wit. Het blijkt dat het verschil tussen deze twee als regel onbelangrijk is, zeker wanneer het gaat om het zgn. "selectiva" geel (SWOV, 1975). Er kan nog worden opgemerkt dat het systeem niet geheel consequent wordt gehanteerd: geel licht komt bij richtingaanwijzers tamelijk vaak voor aan de achterzijde.

2. De intensiteit (lichtsterkte)

Zoals reeds is opgemerkt, hangt de bruikbaarheid van een signaallicht meer af van de opvallendheid en de herkenbaarheid dan van de zichtbaarheid of detecteerbaarheid (SWOV, 1969a). Voorts wordt de detecteerbaarheid gewoonlijk bepaald aan de hand van drempelwaardemetingen, waarbij de kans van detectie op 50% is gesteld, en dit dan onder laboratoriumomstandigheden. Wanneer men aanbevelingen opstelt betreffende praktijkwaarden waaraan signaallichten moeten voldoen, kan men op geheel andere waarden uitkomen.

Uit onderzoek uitgevoerd ten behoeve van verkeerslichten blijkt dat het gerechtvaardigd is om de signaallichten zoals die op auto's voorkomen als puntvormig te beschouwen, zodat de licht-

sterkte voldoende is om ze te karakteriseren (CIE, 1977a; Fisher & Cole, 1974).

In twee opzichten is het van belang om aandacht te besteden aan de lichtsterkte van signaallichten. Ten eerste kan men zich afvragen wat de optimale lichtsterkte van signaallichten is, om in andere opzichten effectief te zijn als signaallicht (bijvoorbeeld betreffende de localiseerbaarheid). Dit is veelal onderzocht met behulp van beoordelingsexperimenten in min of meer natuurgetrouw nagebootste verkeersstudies. De belangrijkste studies zijn samengevat in par. 4.2.3.; het resultaat is, zoals reeds is vermeld, dat minimum ongeveer 20 cd moet bedragen, en het maximum ca. 100 cd. Los hiervan is het van belang om na te gaan of de lichtsterkte zelf als coderingsdimensie kan worden gebruikt.

Hoewel een dergelijke codering tamelijk gebruikelijk is, met name bij achterzijde van auto's waarbij achterlicht en remlicht in één lamp zijn samengevoegd, blijkt de intensiteit eigenlijk nauwelijks in aanmerking te komen als coderingsdimensie. Zo blijkt dat in het hierboven genoemde geval, waar de achterlichten dienen om aanwezigheid te signaleren en de remlicht een vertraging, meestal alleen maar de verandering van de intensiteit duidelijk zichtbaar is (zie bijv. Roszbach, 1972). Mede op grond van dergelijke overwegingen kan worden gesteld dat de lichtsterkte zelf niet als coderingsdimensie in aanmerking komt; zeker niet binnen de betrekkelijk kleine marge van enige tientallen tot enige honderden candela's die op grond van andere overwegingen ter beschikking staat. Dit heeft onder meer tot consequentie dat het (belangrijke) verschil tussen bromfietsen en auto's niet uitsluitend door middel van het verschil in lichtsterkte van hun voorlichten kan worden aangegeven.

3. Afmetingen en plaats

De eerste vraag betreft de grootte die een licht moet hebben om niet langer als puntvormig te worden waargenomen. Theoretische overwegingen leiden tot kleine afmetingen (Anon, 1971a) maar

voor de praktijk lijkt het erop dat zelfs lichten die een hoek van 10' beslaan nog als puntvormig kunnen worden beschouwen (Janssen, 1972; geciteerd door Roszbach, 1972); 10 boogminuten corresponderen met 1 cm op 3,5 m. Dit betekent dat een licht met een diameter van 5 cm alleen maar niet als puntvormig kan worden beschouwd voor afstanden onder ca. 15 m. Dit betekent dat de afmetingen van de lichten nauwelijks bruikbaar zijn als coderingsdimensie (zie ook Fischer & Cole, 1974).

Het tweede aspect betreft de onderlinge afstand van lichten. Dit is gerelateerd aan de gezichtsscherpte, en wel in de vorm van de "minimum separabile" (Le Grand, 1956). Ook hier lijkt een oplossend vermogen van enige boogminuten realistisch te zijn voor de meeste praktijkgevallen. Dit betekent dat twee kleine lichten op een onderlinge afstand van ca. 10 cm duidelijk gescheiden gezien kunnen worden tot op enige tientallen meters. Op basis van dergelijke overwegingen heeft het scheiden van lichten met verschillende functies vaak benadrukt (Mortimer, 1971; Hargroves, 1971; Projector et al., 1969). Overigens behoeft de onderlinge afstand daarbij niet zeer groot te zijn. Dit punt is onder meer van belang bij het dicht bij elkaar voorkomen van dimlichten en richtingaanwijzers, en van remlichten en mistachterlichten.

Een aparte vraag die hier niet zal worden behandeld is in hoeverre de afstand tussen lichten als een aparte coderingsdimensie kan worden beschouwd.

Ten derde kan de configuratie van lichten een belangrijke coderingsdimensie zijn. In combinatie met de kleur wordt dit veel toegepast bij de zeevaart. Het belang hiervan voor het wegverkeer is beschreven door Roszbach (1972), vooral betreffende de verlichting van de achterzijde van voertuigen. Voor de voorkant is het vooral van belang om een vaste afstand tussen de (twee) signaallichten aan te bevelen.

4.2.3. De optimale waarde van de lichtsterkte voor signaallichten aan de voorzijde van auto's

1. Proefnemingen uitgevoerd onder auspiciën van de GTB

In 1960 zijn proefnemingen in Phoenix, Arizona uitgevoerd onder auspiciën van de GTB. Uit de (niet gepubliceerde) resultaten heeft De Brabander (1972) afgeleid dat voor "positielichten" aan de voorkant van auto's de optimale lichtsterkte 20 cd bedraagt. Hierbij zijn de proefnemingen onder gunstige omstandigheden, en bovendien stationair uitgevoerd. Pocci (1960) heeft iets lagere waarden opgegeven; het is echter niet precies na te gaan of ten tweede of het wel over precies dezelfde proefnemingen gaat.

2. Proefnemingen in Nederland met signaallichten

In de vijftiger jaren zijn in Nederland een aantal proefnemingen uitgevoerd, die echter niet zijn gepubliceerd. De resultaten ervan hebben een belangrijke rol gespeeld bij het opstellen van NEN 3322, de norm Verkeersregelininstallaties. Hoewel de omstandigheden voor signaallichten voor voertuigen en voor het wegverkeer niet geheel gelijk zijn, bestaat er een aanzienlijke overeenstemming, met name betreffende de aan te bevelen lichtsterkte. Voor nachtsituaties is in NEN 3322 aanbevolen: tenminste 25 cd en ten hoogste 200 cd (zie NEN, 1972; ANON., 1973b). Deze waarden zijn in grote lijnen overgenomen in CIE (1977a).

Een gedeelte van de waarnemingen zijn meer toegespitst op stadslichten. Bij stationaire proeven op goed verlichte wegen bij helder weer vond Balder (1956) dat een lichtsterkte tussen 5 cd en 20 cd meestal voldoende was.

3. Proefnemingen uitgevoerd door de SWOV

In het kader van het onderzoek "Stads- en dimlichten" zijn onder auspiciën van de SWOV een aantal proefnemingen uitgevoerd, waarbij werd onderzocht hoe het gedrag van voetgangers afhangt van de intensiteit van de door een auto gevoerde lichten. Details zijn gegeven in SWOV (1969a). Hier volgt een korte samenvatting van de resultaten.

Op een weg van ca. 250 m lengte reed een auto op een aantal waarnemers toe. Op een bepaalde afstand werd kortstondig een klepje voor de ogen van de waarnemers geopend. Gedurende de tijd dat de klepjes geopend waren, was de weg met de daarop aanwezige auto zichtbaar. De waarnemers dienden nu aan te geven of zij, nog voor de auto langs, zouden willen oversteken wanneer zij zich verbeeldden aan de rand van een 7 m brede éénrichtingsweg te staan. Behalve de beslissing (ja of nee) werd de tijd om tot die beslissing te komen, gemeten. Variabel waren de afstand tussen auto en waarnemers (tussen 45 en 155 m), de snelheid van de auto (30, 40 en 50 km/h), de lichtsterkte van de door de auto gevoerde signaallichten (0,3; 3; 30; 300 cd bij gelijke lichtkleur en lichtverdeling) en het niveau van de wegverlichting (0; 0,2; 1 cd/m²). Alle 180 situaties werden, verdeeld over twee avonden, gerandomiseerd ieder eenmaal aan zeven waarnemers met normaal gezichtsvermogen vertoond. Voorts werden de 15 relevante dagsituaties vertoond.

Uit de proefnemingen zijn de volgende conclusies getrokken (SWOV, 1969a):

1. Onder de bij de proefnemingen gebruikte omstandigheden hangt de keuze van de beslissing wel/niet oversteken niet op aantoonbare wijze af van de lichtsterkte van de door een enkele naderende auto gevoerde lichten, indien deze groter dan 0,3 cd is, en kleiner dan 300 cd.
2. Onder de bij de proefnemingen gebruikte omstandigheden hangt de keuze niet op aantoonbare wijze af van het niveau van de wegverlichting.
3. Wanneer de conflictsituatie verlicht voertuig - overstekende voetganger mede beïnvloed wordt door de intensiteit van de door het voertuig gevoerde lichten, is het op grond van eliminatie van mogelijkheden te verwachten dat het bedoelde conflict het resultaat is van het tegelijk in het gezichtsveld voorkomen van voertuigen met lichten met sterk uiteenlopende intensiteit.
4. Conclusie 3 leidt tot wensen betreffende uniformiteit van voertuiglichten. Het is een onderwerp voor nader onderzoek waar

het optimum in de lichtsterkte is en hoe breed het toelaatbare gebied rond deze optimale waarde mag zijn, zonder dat op storende wijze van de uniformiteit wordt afgeweken. Zoals reeds eerder is aangegeven, wordt de ligging van het optimum bepaald ten eerste door de wens naar een zo hoog mogelijke lichtsterkte ter verkrijging van maximale opvallendheid, en ten tweede door de wens naar een lage lichtsterkte ter vermindering van verblinding".

4. Proefnemingen in Australië

Fisher & Hall (1970) hebben proefnemingen beschreven, waarbij de reacties van weggebruikers zijn onderzocht ten opzichte van "verbeterd stadslicht".

Deze experimenten zijn als volgt uitgevoerd: Steeds ontmoetten drie automobilisten een groep van zes tegenliggers, gedeeltelijk in een bocht, gedeeltelijk op een rechte weg. In de helft van de gevallen hadden de tegenliggers standaard (anglo-amerikaanse) dimlichten, en de andere helft de experimentele "town-beam". De 12 proefpersonen fungeerden bijtoerbeurt als bestuurder, passagier of voetganger. De proefpersonen werden ondervraagd omtrent hun indruk van comfort en zichtbaarheid. De proeven zijn herhaald, zodat er in totaal 24 stel beoordelingen zijn geleverd.

De mening over de zichtbaarheid van voetgangers was als volgt verdeeld: 8 voorkeur voor dimlicht, 9 geen voorkeur, 7 voorkeur voor "town beam". In vrijwel alle gevallen (23 van de 24) was er een duidelijk verschil tussen de twee lichten, en werd de "town beam" aanzienlijk beter gevonden dan het dimlicht. Bij het oversteken werd in 5 gevallen de voorkeur gegeven aan dimlicht, in 6 gevallen geen voorkeur, en in 13 gevallen voorkeur voor "town beam". Dit resultaat bleek niet significant te zijn. Dit is in overeenstemming met het onderzoek van Jacobs (1968).

De bij de proeven gebruikte "town beam" bestond uit een standaard dimlicht waarvan de lichtstroom tot op 0,1 was teruggebracht; analoog dus van het in dit rapport voorgestelde "verbeterd stadslicht". Het rapport van Fischer & Hall (1970) besluit met de volgende aanbevelingen:

Het is aanbevolen dat de "State Traffic Regulations" verplichten:

- a. na een overgangstijd het verplicht aanwezig zijn van "town beams" op alle voertuigen, en
- b. het gebruik van deze "town beams" in alle straten met voldoende openbare verlichting.

5. Proefnemingen uitgevoerd in Groot-Brittannië

Door Fisher (1974) is verslag uitgebracht voor proefnemingen die door de Universiteit van Birmingham zijn uitgevoerd.

Bij deze proeven is onderzocht op welke wijze markeringslichten van voertuigen in verlichte straten door waarnemers werden beoordeeld. Gevarieerd werden de wegverlichting (tussen $0,06 \text{ cd/m}^2$ en $1,35 \text{ cd/m}^2$ als gemiddelde wegdekkluminantie) de afmetingen van de lichten (diameter 178, 102 en 56 mm) en de intensiteit in acht stappen over een gebied van 10^5 tot 1 cd. Het gebied besloeg enerzijds slechte stadslichten en anderzijds hoofdlicht. Voorts werden zowel statische als dynamische proeven uitgevoerd. De beoordelingen betroffen de opvallendheid (conspicuity) en verblinding (discomfort glare).

De slotconclusie van deze studie luidt als volgt:

Deze en vroegere onderzoeken geven aan dat stadslichten niet voldoende opvallend zijn en dimlichten te verblindend om te worden gebruikt in stadsstraten met voldoende openbare verlichting. Derhalve lijkt een "town beam" noodzakelijk, zowel voor veiligheid als voor comfort. De optimale oplossing lijkt te zijn een licht, afgeleid van het gangbare dimlicht - bijvoorbeeld door automatisch "dimmen" - met een lichtsterkte recht vooruit van 80 cd. Dit is in overeenstemming met andere onderzoeken (Jehu, 1965; SWOV, 1969a; Fisher & Hall, 1970).

4.2.4. Conclusies

Uit bovenstaande overwegingen zijn de volgende conclusies te trekken:

1. Kleur komt niet in aanmerking als een primaire coderingsdimensie.

2. Aangezien rood vrijwel uitsluitend wordt gebruikt aan de achterzijde van voertuigen blijft voor de voorzijde over geel en wit.
3. De intensiteit van markeringslichten aan de voorzijde van auto's - die zoals reeds is aangegeven meer functies hebben dan alleen de aanwezigheid te signaleren - dient bij voorkeur niet lager dan ca. 20 cd te zijn en niet hoger dan ca. 100 cd.
4. De afmetingen en de plaatsing op de voertuigen zijn voor de signaleringsfunctie van ondergeschikt belang. Dit laat een aanzienlijke vrijheid voor de constructie van de signaallichten.

4.3. Enquête van de ECE

De ECE (Economic Commission for Europe), meer in het bijzonder de daaronder ressorterende Working Party 20, heeft in 1973 een enquête gehouden onder de lid-staten betreffende het gebruik van stadslichten en dimlichten binnen de bebouwde gebieden.

Door negen landen is een antwoord ingediend; te weten Oostenrijk (A), Denemarken (DK), Bondsrepubliek Duitsland (D), Malta (M), Nederland (NL), Polen (PL), Verenigd Koninkrijk (UK) en Sovjetunie (SU).

De resultaten van de antwoorden kunnen als volgt worden samengevat.

1. In alle landen bestaan regels voor het voeren van verlichting door auto's binnen bebouwingen. De volgende mogelijkheden zijn genoemd:

- a. stadslicht overal verplicht (DK)
- b. dimlicht overal verplicht (D)
- c. verplichting tot het voeren van hetzij stadslicht of dimlicht hangt af van het kwaliteitsniveau van de straatverlichting (M, PL)
- d. de keuze tussen stadslicht en dimlicht wordt aan de bestuurder overgelaten (A, NL, UK, SU).

(Opmerking: In vele landen die hetzij niet bij de enquête betrokken waren, of geen antwoord hebben ingestuurd, bestaan vergelijkbare regels. Zo behoren Frankrijk, Italië en Spanje bij a., de USA,

België, Australië, Zwitserland en Japan bij b. en Noorwegen, Zweden en Joegoslavië bij d.).

2. In de meeste gevallen worden voor stadslicht de ECE-eisen (min. 4 cd, max. 60 cd) gevolgd, evenals voor dimlicht ("E" of "H").

3. In alle landen zijn voorschriften van kracht over de positie van de verschillende lichten. Van enige uniformiteit is daarbij geen sprake. Zo wordt in vier landen een minimale hoogte vastgelegd, die ligt tussen 30 en 50 cm. De voorgeschreven maximale hoogte ligt voor de verschillende landen tussen 100 cm en 160 cm. Ook de laterale positie vertoont veel verschil tussen de landen onderling.

4. De enquête heeft geen nieuwe gegevens verschaft over het gebruik van dimlicht en stadslicht. De gegevens verschaft door UK en NL stemmen overeen met de gegevens uit de literatuur (RRL, 1964; SWOV, 1969a).

5. Ook wat betreft het onderzoek naar de samenhang tussen ongeval- len en voertuigverlichting zijn in de antwoorden in de enquête geen nieuwe gegevens naar voren gekomen. Ook hier is overeenstem- ming met de literatuur, met name SWOV (1969a).

(Opmerking: Behalve de antwoorden op de enquête zijn nog twee studies te vermelden, resp. uit UK en België. Deze zijn - te zamen met SWOV (1969a) - samengevat in Annex A1.

4.4. Huidige alternatieven

Het gaat om het verhogen van de zichtbaarheid van voor het ver- keer relevante objecten bij een vermindering van de verblinding, zoals die momenteel optreedt ten gevolge van dimlicht. Naast de hierboven aangeduide oplossing met "verbeterd stadslicht" als signaallicht en met goede openbare verlichting ten behoeve van de zichtbaarheid, kunnen een aantal alternatieven worden vermeld. In de onderhavige paragraaf worden enige alternatieven besproken die vaak als zodanig naar voren worden gebracht, en waarvan men vaak stelt dat ze onmiddellijk of in de naaste toekomst kunnen worden toegepast. In par. 4.5. worden enige alternatieven besproken

die eerst over tamelijk lange tijd operationeel kunnen worden gemaakt. Aanvullend onderzoek op deze gebieden wordt besproken in hoofdstuk 7.

1. Verbetering van de wegmarkeringen. Dit hulpmiddel kan effectief zijn voor bepaalde onderdelen van de "rijtaak" met name voor het handhaven van de laterale positie. Wanneer retroflecterende wegmarkeringen worden toegepast die gedurende lange tijd en ook bij regen en sneeuw hun werking behouden, kan een aanzienlijke bijdrage tot de zichtbaarheid worden geleverd. Omdat ten eerste een "soort" dimlicht nodig is en omdat ten tweede obstakels hiermee niet zichtbaar worden, betekenen goede wegmarkeringen geen oplossing voor het probleem. Ze kunnen er echter wel in belangrijke mate toe bijdragen (zie bijv. Frédéric, 1972 of OECD, 1975).

2. Eénrichtingsverkeer. Wanneer door verkeerstechnische of wegenbouwtechnische maatregelen kan worden bereikt dat geen tegenliggers aanwezig zijn (eenrichtingsverkeer, eventueel tweerichtingsverkeer met een brede middenberm) bestaat er geen directe verblinding. De lichtsterkte van de autolantaarns kan worden opgevoerd zodat de zichtbaarheid kan toenemen.

Wel dient men rekening te houden met verblinding via achteruitkijkspiegels. Voor onverlichte autosnelwegen wordt in verscheidene landen een aparte autoverlichting voorgesteld (Wichert, 1971) of zelfs toegepast. Voor normale wegen komt deze oplossing niet in aanmerking wegens de grote kosten verbonden aan hetzij het formeren van een éénrichtingsverkeersnet of het verdubbelen van rijbanen, waarbij bovendien de middenberm meer dan ca 10 meter breed moet zijn (Wortman & Webster, 1968) of van een anti-verblindingscherm moet zijn voorzien.

3. Openbare verlichting. Met een zeer goede openbare verlichting kunnen alle problemen van zichtbaarheid van obstakels worden opgelost. Als algemene oplossing van het onderhavige probleem komt dit echter niet in aanmerking. Ten eerste zou het niveau zeer hoog moeten zijn - de door de Nederlandse Stichting voor Verlich-

tingskunde aanbevolen waarde van 2 cd/m^2 voor drukke stadsstraten zou wellicht maar juist voldoende zijn (NSVV, 1975). Belangrijker is echter dat ook onder deze omstandigheden de bewegende motorvoertuigen van markerings- en signaallichten moeten zijn voorzien. Er zijn vele aanwijzingen dat zelfs bij vol daglicht dergelijke markeringslichten zo niet noodzakelijk dan toch zeer gewenst zijn (zie ook par. 7.3.5.).

4. Signaallichten op voertuigen. De herkenbaarheid en de localiseerbaarheid van voertuigen kan aanzienlijk worden verbeterd door betere signaallichten. Voor zover het de achterzijde betreft is hieraan veel onderzoek verricht (zie bijvoorbeeld Mortimer, 1969, 1970, 1971; Roszbach, 1972, 1974). Wat betreft de voorzijde is minder onderzoek verricht, maar wel is gebleken dat verblinding door bijv. dimlichten de signaalwerking aanzienlijk vermindert. Op grond hiervan is, zoals reeds eerder is aangegeven, gesteld dat dimlichten zelf niet geschikt zijn als signaallichten (zie bijvoorbeeld OECD, 1971; Schreuder 1966, 1971b). Signaallichten geven echter geen merkbare bijdrage tot de zichtbaarheid van objecten zonder reflectoren. Daarom is op deze wijze geen algehele oplossing te vinden, hoewel goede signaallichten belangrijk zijn voor het wegverkeer in het algemeen.

5. Retroflectoren. Toepassing op grotere schaal van betere retroflectoren is nuttig voor die gevallen waarbij met dimlicht wordt gereden. Signalering of voor-waarschuwing van obstakels is mogelijk (SWOV, 1969b, 1969c). Een algemene oplossing van het onderhavige probleem is hiermee echter niet mogelijk voordat ten eerste de verblinding door de dimlichten (of zelfs hoofdlichten) blijft bestaan, en omdat obstakels zonder retroflectoren toch nog steeds mogelijk blijven.

6. Verbeterde dimlichten. Vaak wordt gesteld dat andere constructies van de autoverlichting het probleem kunnen oplossen. Behalve het in dit rapport aanbevolen "verbeterde stadslicht" (in combinatie met redelijke openbare verlichting) is dit echter niet moge-

lijk, ook al kan door sommige constructies een marginale verbetering op sommige plaatsen worden bereikt (zie ook Annex A6).

a. De introductie van (duplo)halogeenlampen leidt tot een zeer geringe verbetering van de zichtbaarheid en een grotere bundelspreiding, ten koste van een grotere verblinding (De Boer & Schreuder, 1969).

b. Rechthoekige autolantaarns geven geen noemenswaardige verbetering van de zichtbaarheid. De veelvuldige toepassing in Europa is wellicht meer een kwestie van "styling".

c. Voertuigstabilisatie kan ertoe bijdragen dat de verblinding niet sterker is dan toegelaten bij dimlicht. Een vermindering van de verblinding is uiteraard niet te verwachten (Cibié, 1970; Yerrell, 1971b).

Overzichten van de ideeën die momenteel bestaan omtrent de mogelijkheden om de autoverlichting te verbeteren, zijn gegeven door De Boer (1971), Devaux (1970) en Farber et al. (1971). Oplossingen komen echter niet te voorschijn.

4.5. Toekomstige alternatieven

In de toekomst, vooral op lange termijn, zijn een aantal alternatieven mogelijk die een goede oplossing kunnen geven voor het probleem van de voertuigverlichting, al dan niet in verlichte straten. De meeste van de hier te noemen oplossingen zijn technisch redelijk goed uitvoerbaar. Van enige bestaan voorbeelden op laboratoriumschaal of op technische schaal. In alle gevallen geldt echter dat nog een aanzienlijke hoeveelheid onderzoek nodig is om te kunnen bepalen of de systemen werkelijk voor toepassing in aanmerking kunnen komen - mede betreffende de daarmee gemoeide kosten. Al dit onderzoek zal nog lange tijd duren zodat op korte termijn (tenminste de eerste 5 à 10 jaar) geen oplossing te verwachten is. Dit betekent dus dat, ook al zouden een of meer van de hierna te noemen alternatieven realiseerbaar blijken te zijn, voor korte termijn toch een oplossing moet worden gevonden. Het is daarbij uiteraard van belang dat de te kiezen "korte-termijn"-oplossing niet strijdig is met de eventueel te prefereren lange-termijnoplossing.

1. Gepolariseerd licht. Door het onderling gekruist aanbrengen van polarisatoren voor de koplamp en voor de ogen van de bestuurder kan verblinding vrijwel volledig worden vermeden bij een aanzienlijke verhoging van de zichtbaarheid. Het systeem is technisch vrijwel geheel uitgewerkt. Een praktijkproef op grote schaal wordt echter noodzakelijk geacht. Een voorstel is uitgewerkt door de OECD (1976b). Wegens de hoge kosten van een dergelijke proef is de praktische uitvoering op korte termijn niet te verwachten. Overzichten van het systeem zijn gegeven door Farber et al. (1971), Rumar (1970), Hemion (1968) en anderen. Voor wegen buiten bebouwingen wordt dit systeem algemeen als veelbelovend beschouwd.

2. Beweegbare koplampen. In sommige voorstellen wordt een zeer scherp begrensde bundel zo gestuurd door het licht van de tegenligger, dat de bestuurder van de tegemoetkomende auto juist buiten de bundel blijft en dus niet wordt verblind. Wellicht kan dit voorstel in de toekomst tot een bruikbaar systeem worden ontwikkeld; voorlopig zijn echter nog vele technische, juridische en economische problemen niet opgelost (Hicks, 1970).

3. Nog verder van een technische realisering zijn de toepassing van "narrow band monochromatic light" en "gated viewing". Er wordt dan ook volstaan met deze mogelijkheden te noemen.

4. Een geheel andere richting gaat het onderzoek naar de mogelijkheden om het visuele systeem (deels of geheel) uit te schakelen bij het verschaffen van informatie. Op dit gebied wordt veel onderzoek uitgevoerd, en bestaat er een zeer uitgebreide literatuur. Een volledige automatisering van het verkeer zal echter nog veel tijd en veel geld kosten, en komt voor het grootste deel van het wegennet, wellicht nooit in aanmerking. Voor alle gedeeltelijk geautomatiseerde systemen die momenteel als reëel toepasbaar worden beschouwd, is echter een aanzienlijke hoeveelheid visuele informatie nodig, zodat langs deze weg nauwelijks een oplossing van het probleem dat in dit rapport wordt behandeld, kan worden verwacht - en zeker niet op korte termijn.

4.6. Conclusies

1. Het momenteel gangbare dimlicht ("E", Anglo-Amerikaans of halogeen) is niet te beschouwen als een optimaal compromis tussen "veel verlichten" en "weinig verblinden", met name niet voor drukke (stads-)straten die van openbare verlichting zijn voorzien.
2. Het momenteel gangbare stadslicht is veelal te zwak om te kunnen dienen als positielicht, hoewel de laatste jaren een duidelijke verbetering is te constateren.
3. Het optimale licht voor de voorkant van motorvoertuigen te gebruiken op wegen met een openbare verlichting dient een lichtsterkte te hebben die lager is dan het huidige dimlicht, maar hoger dan het huidige stadslicht. Als voorlopige waarde kan worden gedacht aan een gebied tussen ca. 20 cd en ca. 100 cd.
4. Een dergelijk "verbeterd stadslicht" kan een duidelijke bijdrage leveren tot het zichtbaar maken van voorwerpen die van retroflecterend materiaal zijn voorzien. In andere opzichten echter is de bijdrage tot de zichtbaarheid gering of afwezig. De zichtbaarheid dient te worden gewaarborgd door een, aan daartoe te stellen eisen voldoende, openbare verlichting.
5. Aanvullend onderzoek omtrent de gewenste waarden van het "verbeterde stadslicht" en van de geschikte openbare verlichting is gewenst. In hoofdstuk 7 blijkt dat het nog nodige onderzoek niet zeer omvangrijk hoeft te zijn.
6. De intensiteit kan gelden als een redelijke maar niet belangrijke coderingsdimensie. De kleur komt voor nadere codering nauwelijks meer in aanmerking, omdat rood algemeen is toegepast om de achterzijde van auto's te markeren, en geel in vele gevallen is gereserveerd voor richtingsaanwijzers. Overigens blijken de verschillen tussen geel en wit te klein om te kunnen worden gebruikt voor codering (SWOV, 1975). Groen en blauw komen niet of nauwelijks in aanmerking. De afmetingen en de positie van signaallichten zijn van minder belang. Bij de bespreking van de technische uitvoeringsvormen (hoofdstuk 6) wordt hierop nog teruggekomen.
7. Het tegelijk voorkomen van dimlichten en stadslichten werd vroeger (terecht) als een zeer groot bezwaar, en vaak als een

groot gevaar beschouwd. De verbeteringen aan stadslicht gedurende de laatste jaren heeft dit probleem minder acuut gemaakt. Het is de vraag of het tegelijk voorkomen van dimlichten en "verbeterde stadslichten" nog als een belangrijk bezwaar moet worden gezien.

8. Experimenteel onderzoek wijst in de richting van het feit dat voetgangers en autobestuurders de voertuigverlichting op een analoge wijze beoordelen. Bij gebrek aan gegevens mag niet worden besloten dat dit voor alle voetgangers, met name kinderen en bejaarden geldt.

9. Er kunnen een aantal alternatieven worden genoemd om de vraag van de meest geschikte autoverlichting voor verlichte straten te beantwoorden. Behalve het "verbeterde stadslicht" in combinatie met redelijke openbare verlichting komt er echter geen enkele in aanmerking voor algemene toepassing op korte termijn. Alle alternatieven geven hetzij slechts een oplossing voor bepaalde deel-aspecten of zijn niet algemeen toepasbaar of dienen als (verre) toekomstprojecten te worden beschouwd, of de ermee verbonden kosten zijn buitensporig hoog.

Als slotconclusie wordt dan ook gesteld:

Het "verbeterde stadslicht" kan worden beschouwd als de meest geschikte (en wellicht als de enige realistische) oplossing van van de vraag welke verlichting voor de voorzijde van auto's voor verlichte wegen als optimaal kan worden beschouwd. Hieraan is de voorwaarde verbonden dat de openbare verlichting aan bepaalde minimale eisen voldoet.

Deze gevolgtrekkingen worden gedeeld door de Commission Internationale de l'Eclairage (CIE, 1975a), en de Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD, 1976c)

In het hierna volgende hoofdstuk zal worden ingegaan op een aantal consequenties die het invoeren van een dergelijk "verbeterd stadslicht" zou kunnen hebben.

5. CONSEQUENTIES VAN INVOERING VAN "VERBETERD STADSLICHT"

5.1. Inleiding

Uit de conclusies van par. 4.6 is naar voren gekomen dat het "verbeterde stadslicht" als het meest geschikte compromis tussen "veel verlichten" en "weinig verblinden" naar voren is gekomen. In het hierna volgende hoofdstuk zal worden besproken welke consequenties ontstaan wanneer, resp. welke vragen dienen te worden beantwoord voordat een dergelijk systeem wordt ingevoerd. Deze punten betreffen ten eerste de auto zelf (kosten, noodzaak van andere verlichting, de variabiliteit), het verkeer (menging met andere lichten, voetgangers, bromfietzers, enz.) en de weg (definitie, analyse en aanduiding van adequate openbare verlichting).

5.2. Het voertuig

1. Iedere verandering aan voertuigen werkt kostenverhogend. Wat betreft het "verbeterde stadslicht" hangen de kosten echter sterk af van het gekozen systeem. Wanneer wordt gekozen voor een apart licht - dus gewoon een versterkt stadslicht - kunnen de kosten zeer gering zijn. Een lichtsterkte van bijvoorbeeld 50 cd is op eenvoudige wijze te bereiken met de technieken die reeds momenteel algemeen gebruikelijk zijn in de auto-industrie: immers, vrijwel alle richtingaanwijzers en vele remlichten van moderne auto's hebben een dergelijke lichtsterkte. Voor nieuwe modellen betekent dit dus geen of nauwelijks enige prijsverhoging. Bij het ombouwen van bestaande auto's dient met enige kosten te worden gerekend, vooral bij oude auto's. Hiermee dient rekening te worden gehouden bij het overwegen van een eventuele overgangstijd.

Wanneer men kiest voor een "gedimd" dimlicht - waarbij het voordeel bestaat van een betere normalisering van de afmetingen en de positie en wellicht van enige bijdrage tot de verlichting - en zeker wanneer dit "dimmen" automatisch dient plaats te vinden, dan dient met wat hogere kosten te worden gerekend. Ook dan echter is voor nieuwe auto's de kostentoeename niet zeer ernstig: de kosten van het door

het TRRL voorgestelde systeem (Sabey, 1971) worden geschat op ten hoogste enige tientallen guldens. Daarbij dient te worden bedacht dat de kosten vooral te maken hebben met de automatische regeling. Wanneer een geïntegreerd systeem wordt overwogen (hoofdstuk 8) kan wellicht dezelfde of grotendeels dezelfde installatie voor automatisering worden gebruikt, zodat de kosten niet alleen op het "verbeterd stadslicht" drukken.

Als voorlopige conclusie kan dus worden gesteld dat het invoeren van een "verbeterd stadslicht" voor de voertuigen zelf geen grote kosten met zich zullen brengen. Afhankelijk van het gekozen systeem kan men daarbij denken aan enige guldens tot enige tientallen guldens per auto (zie echter het hiernavolgende punt).

2. Het hier voorgestelde "verbeterde stadslicht" neemt uiteraard dezelfde plaats in als het huidige stadslicht. Voor die gevallen waarbij het huidige stadslicht tevens als parkeerlicht wordt gebruikt, dient te worden overwogen of het "verbeterde stadslicht", evenzeer als parkeerlicht kan dienen. Uit overwegingen van gebruik van elektrische energie bij geparkeerde auto's kan dit onwenselijk zijn, zeker wanneer het "verbeterde stadslicht" is uitgevoerd met lampen met groter vermogen. Voorts kan de grotere intensiteit van het "verbeterde stadslicht" voor parkeerlichten minder geschikt zijn, terwijl het tevens de vraag is of een duidelijk verschil tussen rijdende en stilstaande (geparkeerde) auto's niet wenselijk is. Tenslotte moet rekening worden gehouden met het feit dat onder sommige omstandigheden voertuigen "tegen de rijrichting in" worden geparkeerd (tweerichtingsverkeersstraten met wachtverbod aan de éne zijde). Een aantal overwegingen worden vermeld door Noordzij & Van Kampen (1973) zonder dat echter van een algemeen bruikbare oplossing kan worden gesproken (zie ook Mortimer & Post, 1972). Een andere kwestie ligt in het feit dat wanneer "verbeterd stadslicht" wordt gebruikt in plaats van dimlicht, de eventuele retroflectoren op geparkeerde auto's minder opvallend zijn. Dit kan een overweging zijn om het invoeren van "verbeterd stadslicht" te koppelen aan verdere restricties van onverlicht parkeren of van een verhogen van de eisen te stellen aan reflectoren.

Voorlopig kan worden geconcludeerd dat nog nader onderzoek nodig is om na te gaan of naast het "verbeterde stadslicht" een apart parkeerlicht noodzakelijk of gewenst is. Daarbij moet tevens rekening worden gehouden met de daarbij behorende kostenaspecten.

3. Hoewel momenteel niet precies bekend is welke marge in lichtsterkte ter beschikking is voor het "verbeterde stadslicht" is het toch wel duidelijk dat de momenteel door de ECE voor stadslichten toegelaten spreiding (4 cd tot 60 cd) te groot is, vooral wanneer wordt bedacht dat deze waarden behoren bij een typekeuring, d.w.z. keuring van nieuwe - vaak daartoe geselecteerde - lichten onder genormaliseerde omstandigheden. Omtrent de in de praktijk voorkomende variabiliteit - met name tussen auto's, maar ook tussen de lichten van één auto bestaan slechts weinig gegevens.

5.3. De weg en het verkeer

De belangrijkste en meest ingrijpende consequentie van het eventueel invoeren van "verbeterd stadslicht" is gelegen in de handhaving en vaak verbetering van de kwaliteit van de openbare verlichting. Reeds eerder (par. 4.1 en Annex A3) is aangegeven dat alleen bij zeer geringe openbare verlichting het nu gangbare dimlicht een verbetering geeft van de zichtbaarheid van voorwerpen in vergelijking tot stadslicht of "verbeterd stadslicht". Dit betekent niet dat alle openbare verlichting die boven deze grens ligt, vanzelf goed is; alleen is geconstateerd dat de situatie niet beter wordt door dimlicht in te schakelen. Hoewel nog additioneel onderzoek gewenst is, kan in eerste benadering worden gezegd dat het eerste criterium (het wordt niet beter door het inschakelen van dimlicht) ongeveer bij $0,2 \text{ cd/m}^2$ wordt bereikt (Knudsen, 1968) en het tweede (de openbare verlichting is goed genoeg voor de verkeerssituatie) bij ca. 2 cd/m^2 (NSVV, 1975; CIE, 1977b). Wanneer alleen aan de eisen van veiligheid wordt voldaan, kan het niveau lager zijn; naar schatting ongeveer $0,7$ à $1,5 \text{ cd/m}^2$ (Schreuder, 1974a; NSVV, 1977).

Om duidelijk te laten uitkomen dat over deze luminantieniveau's nog gediscussieerd kan worden, zullen ze worden aangeduid met niveau A en niveau B. Waar het om gaat is de constatering dat niveau A op alle wegen met een verkeersfunctie aanwezig moet zijn om een verantwoord invoeren van "verbeterd stadslicht" op alle wegen mogelijk te maken. Bij een luminatie hoger dan niveau A wordt immers de zichtbaarheid van objecten niet verhoogd door het inschakelen van dimlicht. Het is dan ook niet nodig om te verlangen dat alle wegen zijn voorzien van een openbare verlichting van tenminste niveau B voor dat "verbeterd stadslicht" kan worden ingevoerd. Nu wordt niveau A niet in alle wegen die een verkeersfunctie hebben, bereikt; en dit is zeker niet het geval wanneer uit overwegingen van energiebesparing de openbare verlichting gedeeltelijk uitgeschakeld blijft. Op de geringe winst die daarbij wordt geboekt en de aanzienlijke nadelen die kunnen optreden is elders gewezen (Blokpoel, 1974; Schreuder, 1974a; Tan, 1974; NSVV, 1974).

Voor wegen met verkeersfunctie geldt, zoals gezegd, dat vaak niet het niveau A wordt bereikt; dit geldt uiteraard nog meer voor woonstraten, die slechts in geringe mate een verkeersfunctie hebben. Er bestaan nauwelijks bruikbare gegevens over welke fractie van het wegennet het hierbij gaat, en nog minder over de kosten (in tijd, geld en grondstoffen) die gemaakt moeten worden om te zorgen dat alle wegen en straten binnen bebouwde gebieden een openbare verlichting hebben die tenminste aan niveau A voldoet. Verwacht kan echter worden dat het hier een aanzienlijk deel van het wegennet betreft, en dat het een lange tijd zal duren om de verlichting op het gewenste niveau te brengen, wanneer men daartoe zou besluiten. Men moet dus in alle gevallen rekenen op een lange tijd waarbinnen een aanzienlijk gedeelte van de wegen "minder" dan niveau A is. In beginsel kan men verschillende maatregelen nemen die bij deze situatie horen.

1. Alles blijft zoals het is. Dit is niet te verkiezen.
2. Gedurende de overgangstijd - d.w.z. voordat de openbare verlichting waar nodig is aangepast - wordt overal het gebruik van dimlicht voorgeschreven. De bezwaren tegen deze oplossing - hetzij

blijvend of tijdelijk - zijn hierboven uiteengezet. Deze mogelijkheid heeft voorts het bezwaar dat wanneer eenmaal dimlicht is ingevoerd, er een grote weerstand tegen invoering van een beter licht ontstaat. Wanneer voor deze variant wordt gekozen, dient vooral het tijdelijke karakter van de maatregel te worden benadrukt.

3. Gedurende de overgangstijd wordt overal stadslicht voorgeschreven. Deze mogelijkheid valt serieus te overwegen, hoewel de bezwaren duidelijk zijn: ten eerste zijn nog steeds vele stadslichten te zwak om optimaal als signaallicht te kunnen fungeren, en ten tweede zijn vele openbare verlichtingen gedurende de overgang nog onvoldoende. Het voordeel is echter, dat een geleidelijke overgang naar de situaties met "verbeterd stadslicht" mogelijk is.

4. Gedurende de overgangstijd wordt stadslicht naast dimlicht toegelaten. Dit biedt alle mogelijkheden van het geleidelijk invoeren van "verbeterd stadslicht". Hierbinnen kunnen weer enkele varianten worden onderscheiden: ten eerste wordt aan de bestuurder zelf overgelaten welke verlichting hij verkiest. Dit heeft het voordeel dat er geen complicaties in de rijtaak of in de apparatuur komt; het nadeel is dat stads- en dimlichten door elkaar gebruikt zullen worden. Zoals echter reeds is aangegeven (par.4.2) is dit bezwaar momenteel minder zwaar dan vroeger, terwijl het de vraag is of bij gebruik van "verbeterd stadslicht" nog van een wezenlijk bezwaar kan worden gesproken. Ten tweede kan de overschakeling automatisch plaatsvinden (zie par. 6.3.). Het geschetste bezwaar hiervan is - naast de kosten - het feit dat het niet meteen kan worden ingevoerd. Ten derde kan per straat worden aangegeven of stadslicht (al dan niet "verbeterd") of dimlicht verplicht is. Dit vereist een goed criterium van "goede" openbare verlichting, een goede organisatie met name wanneer de openbare verlichting gedeeltelijk wordt verbeterd, het verzwaart de taak van de bestuurder en van de politie, en het legt een aanzienlijke verantwoordelijkheid bij de wegbeheerder. En tenslotte kan de beslissing aan de bestuurder worden overgelaten, waarbij het gebruik van dimlicht wordt aangeraden. De laatste mogelijkheid

verdient de voorkeur, d.w.z. een situatie die als volgt kan worden gekenschetst.

- de openbare verlichting wordt geleidelijk voor alle wegen en straten verhoogd tot tenminste niveau A;
- het blijft (resp. wordt) aan de bestuurders overgelaten om te beslissen of zij stadslicht of dimlicht gebruiken, waarbij gedurende de overgangstijd dimlicht wordt aangeraden;
- geleidelijk worden alle auto's voorzien van "verbeterde stadslichten".

N.B. 1. Het is te overwegen om aan de installatie van "verbeterd stadslicht" met name bij nieuwe voertuigen, de installatie van een schakelautomaat te verbinden. Dit is vooral van belang wanneer rekening wordt gehouden met het feit dat signaallichten van auto's één geheel vormen (zie ook hoofdstuk 8).

N.B. 2. Het is te verkiezen om "verbeterde stadslichten" verplicht te stellen wanneer de overgang voorbij is d.w.z. wanneer alle wegen tenminste niveau A hebben bereikt. Gezien de onvermijdelijk daarmee verbonden kosten moet men er rekening mee houden dat een dergelijke situatie niet zal worden bereikt, zodat mogelijkheid 4 als een soort eindsituatie moet worden beschouwd.

Voor de weg en het verkeer zijn voorts van belang de consequenties van het eventueel invoeren van "verbeterd stadslicht" op de zichtbaarheid van retroreflectoren op voertuigen, verkeersborden en wegmarkeringen (zie Annex A3).

5.4. Overige weggebruikers en overige omstandigheden

1. Het blijkt dat voetgangers op ongeveer gelijke wijze als bestuurders de voorkeur geven aan "verbeterd stadslicht" (Fisher & Hall, 1970) tenminste voor zover het automobilisten betreft. De resultaten van proefnemingen met het gebruik van dimlicht lijken te wijzen in de richting van voorkeur van voetgangers meer in het algemeen voor dimlicht ondanks de optredende ver-

blinding. Blijkbaar vinden vele voetgangers het signaleren van de aanwezigheid belangrijker dan het signaleren van andere kenmerken. Het is moeilijk om deze voorkeur (die overigens niet op betrouwbare wijze is vastgesteld) te correleren met de verkeersveiligheid. Bovendien bestaat de indruk dat bij de voetgangers vooral een rol speelde het feit dat - vooral bij slechte, verouderde stadslichten - vaak een enkele stadslichtrijder slecht zichtbaar was tussen een aantal dimlichtrijders. Dit is dus eerder een kwestie van het gemengd voorkomen van stadslicht en dimlicht, en met name het voorkomen van een klein aantal zwakke stadslichten tussen een groot aantal dimlichten. Op basis van deze gegevens, die ten dele ondersteund worden door ongevalgegevens, is geconcludeerd dat vooral de menging ongewenst was (SWOV, 1969a). Hierboven is reeds aangegeven dat deze conclusie met moderne stadslichten, en met name met "verbeterd stadslicht" waarschijnlijk anders zal luiden. Daarbij moet worden bedacht dat de situatie niet symmetrisch is d.w.z. een enkele dimlichtrijder tussen een overmaat stadslichtrijders is minder bezwaarlijk dan een enkele stadslichtrijder tussen een overmaat van dimlichtrijders. Ook deze conclusie lijkt gerechtvaardigd op basis van de onderzoeken beschreven in SWOV (1969a). Het is overigens de vraag of de conflictsituaties wel veel te maken hebben met de signalering van de voertuigen; bij veel ongevallen blijken de voetgangers niet te hebben gekeken (Kraay, 1975) Ook blijken sociale en psychologische factoren een belangrijke rol te kunnen spelen (Kraay, 1975; Schreuder, 1977).

Een ander aspect betreft het zichtbaar zijn van de voetganger, met name kort voor of tijdens het oversteken. Oversteken kan vaak aanleiding geven tot conflictsituaties of ongevallen (Kraay, 1974, SWOV, 1976a). Hierbij kan onderscheid worden gemaakt in twee gevallen: ten eerste het oversteken vindt plaats op een VOP (voetgangersoversteekplaats) of het vindt plaats op een ander weggedeelte. In het eerste geval blijkt de (openbare) verlichting ter plaatse van, of in de buurt van, de VOP van belang, waarbij de signalering van de VOP, de markering van de VOP, en de moge-

lijkheden tot detectie van de voetganger op of bij de VOP van belang zijn. De problematiek behorende bij de openbare verlichting bij VOP's - al dan niet uitgevoerd als extra verlichting - is in de literatuur in detail beschreven (Schreuder, 1964a; 1965; Kraay, 1974; NSVV, 1967). De vraag welke verlichting de auto's voeren is vooral van belang voor de voetganger om te beslissen of hij al dan niet zal oversteken, maar minder voor de zichtbaarheid van de voetganger zelf. Dit laatste is vooral van belang wanneer voetgangers - min of meer onverwachts - oversteken op plaatsen waar geen VOP's aanwezig zijn. Er is veel onderzoek gedaan over het relatieve gevaar van oversteken op of juist naast VOP's (OECD, 1970) zonder dat een duidelijke slotsom is gevonden. Te verwachten is echter dat op plaatsen waar geen VOP's aanwezig zijn, en met name bij inferieure openbare verlichting, het al dan niet waarneembaar zijn van voetgangers, vooral afhangt van het luminantiecontrast tussen de voetganger en de directe achtergrond (De Boer (ed), 1967). Over deze contrasten is hierboven reeds één en ander gezegd (par. 4.1, Annex A3). Daaruit volgt dat de zichtbaarheid van voetgangers bij gebruik van "verbeterd stadslicht" kan worden verhoogd door het doelmatig aanbrengen van retroflecterend materiaal. In par. 5.3. is echter gebleken dat alleen dan een duidelijke bijdrage tot de zichtbaarheid kan worden verkregen wanneer gebruik wordt gemaakt van retroflecterend materiaal van hoge kwaliteit.

2. Voor fietsers geldt tot zekere hoogte hetzelfde, met dit verschil dat fietsers als regel in dezelfde richting en aan dezelfde kant van de weg rijden als de autobestuurders. Dit betekent dat meestal alleen maar de achterkant van de fiets zichtbaar is. Wanneer voor deze achterkant de aanbevelingen worden gevolgd die zijn opgesteld voor buitenwegen en voor gebruik van dimlicht (SWOV, 1973), dan zal voor wegen binnen bebouwde kommen - met relatief lage snelheid en dus relatief korte vereiste waarneembaarheidsafstand - met gebruik van "verbeterd stadslicht" ook een voldoende zichtbaarheid gewaarborgd zijn.

Immers, aanbevolen wordt een reflectiewaarde van 450 cd/m^2 per

lux om bij dimlicht een waarneembaarheidsafstand van 225 m te kunnen waarborgen. Binnen bebouwde kommen kan worden gesteld dat 80 m voldoende is bij 16 m/sec een reactietijd van 3 sec en $a = 4 \text{ m/sec}^2$ gezien de lagere snelheid en het meer voorkomen van fietsers, zodat "verbeterd stadslicht" voldoende is (zie ook par. 4.1.). Hierbij is geen rekening gehouden met de wellicht wat theoretische overweging dat bij een openbare verlichting - dus hogere adaptatieluminantie - een hogere luminantie van de retroflectoren gewenst is. Tenslotte is van belang het feit dat het typische karakteristieke bewegingskenmerk van een fietser op een fiets (het trappen), door reflectoren in de pedalen de herkenbaarheid van de fietser als zodanig kan verbeteren (SWOV, 1973; Roszbach, 1974; RAI, 1976). Enige nadere gegevens over retroflectoren zijn gegeven in Annex A3.

3. Van belang is de vraag of het wenselijk is - bijvoorbeeld door verschil in intensiteit of verschil in kleur - het verschil tussen categorieën weggebruikers aan te geven, bijvoorbeeld het verschil tussen auto's enerzijds en fietser en/of bromfietser anderzijds. Hierboven is reeds aangegeven dat op basis van de beschikbare niveaus in coderingsdimensies van dergelijke verschillen niet te veel moet worden verwacht. Anderzijds dient men zich bij een dergelijke vraag af te vragen of het ten eerste gezien de te verwachten manoeuvres van belang is om een dergelijk onderscheid te maken, en of het ten tweede enige consequenties - juridische of andere - heeft om het aanduiden van het verschil achterwege te laten. Momenteel kan hier weinig over worden gezegd; deze problematiek, met name voor zover het langzame verkeer betreft, is onderwerp voor nader onderzoek. Daarbij wordt "verbeterd stadslicht" mede in de beschouwingen betrokken.

4. Een geheel ander probleem doet zich voor bij mist overdag. Hierbij zijn, bij hogere omgevingsluminantie, zeer hoge waarden van de luminantie van de signaallichten vereist. Roszbach (1974) vermeldt daarvoor - King & Finch (1969) citerend - dat de lumi-

nantie van de lichtbronnen tenminste 15 maal de adaptatieluminantie moet bedragen. Voor een volkomen heldere atmosfeer is deze waarde uiteraard ver boven de drempelwaarde, maar voor zeer dichte mist is het nog niet voldoende. Ook hier is nog nader onderzoek nodig (zie OECD, 1976a) maar meestal wordt gesteld dat bij mist overdag tenminste dimlicht nodig is. In hoofdstuk 8 zal worden aangegeven hoe dimlichten (of mistlampen) in een geïntegreerd systeem van autosignaallichten kunnen worden opgenomen.

5. Tenslotte dient men rekening te houden met de recente ontwikkelingen ten aanzien van "woonerven". Hierbij zoekt men te komen tot een integratie van de leef- en woonfunctie van woonwijken en de motorisering van de bewoners. De eisen omtrent de openbare verlichting - die uiteraard vooral een "leefbaarheidsfunctie" heeft, en pas op de tweede plaats een verkeersfunctie - zijn nog niet geformuleerd. Ze zijn zelfs nog niet onderzocht. Maar wat betreft de verlichting van auto's wordt, vooruitlopend op de realisatie van de openbare verlichting, reeds nu aangedrongen op het vermijden van het gebruik van dimlichten (Ten Grootenhuis, 1976).

Als conclusie kan worden gesteld dat het eventueel invoeren van "verbeterd stadslicht" nog nader onderzoek nodig maakt, maar het er momenteel op lijkt dat de consequenties van een dergelijke invoering alleszins acceptabel zijn.

5.5. Conclusies uit hoofdstukken 4 en 5

De conclusies gegeven in par. 4.6 en de overwegingen gegeven in hoofdstuk 5 kunnen worden samengevat in een schema (zie tabel 1). Voor dit schema is uitgegaan van de categorisering van de signaalfuncties zoals gegeven in par. 4.2, en van de overige kwaliteitscriteria van lichten. Omdat op dit gebied nog onderzoek gaande is, met name betreffende de analyse van de rijtaak en de daarbij behorende aspecten van informatieoverdracht (Griep, 1972;

	stadslicht	"verbeterd stadslicht"	dimlicht
<u>verlichting</u> (aanstraling)			
- weg, wegverloop	-	-	- tot 0
- objecten	-	-	- tot 0
- retroreflectoren	-	0	+
<u>signalering</u>			
- eigen aanwezigheid	0	+	+
- contour, voertuigtype	-	-	-
- afstand	0	+	0
- snelheid, richting	0	+	- tot 0
- verandering snelheid, richting	-	0	- tot 0
- voorgenomen veranderingen	-	-	-
<u>verblindingsbegrenzing</u>	+	+	-

Tabel 1.

Schreuder, 1974b) moet dit schema als voorlopig worden beschouwd. De hoofdaspecten zijn: verlichting (aanstraling) - signalering - verblindingsbegrenzing. Verder zal de samenvatting worden beperkt tot de onderlinge vergelijking van een drietal tamelijk grof aangeduide groepen verlichting, te weten: stadslicht - "verbeterd stadslicht" - dimlicht, zonder daarbij in te gaan op of verschil te maken tussen de verschillende uitvoeringsvormen en fotometrische karakteristieken binnen iedere groep.

De mate waarin door toepassing van licht uit de bedoelde groepen aan de te stellen eisen kan worden voldaan zal, eveneens globaal, worden aangegeven door + (goed); 0 (matig), en - (slecht). Het zal uit het schema blijken dat voor een aantal aspecten (met name sommige signaleringsaspecten) geen van de drie groepen kan voldoen. Hiervoor zijn speciale signaallichten (remlichten, richtingsaanwijzers, enz.) nodig.

N.B. Bij het schema is uitgangspunt dat er sprake is van wegen met tamelijk druk verkeer en dat er openbare verlichting van middelmatige kwaliteit aanwezig is.

6. DE TECHNISCHE UITVOERING

6.1. De traditionele uitvoering van voertuigverlichting

6.1.1. Het dimlicht

Hoewel men reeds lang zoekt naar een zo goed mogelijk compromis tussen veel verlichten en weinig verblinden, is het resultaat toch nog steeds aanzienlijk minder dan een goede openbare verlichting.

De reden ligt vooral in het feit dat er slechts een kleine hoek bestaat tussen licht dat dient om de weg en de eventuele obstakels te verlichten, en licht dat direct het oog van een eventuele tegenligger treft (zie Fig. 4).

In Europa tracht men het bedoelde compromis te bereiken door een zeer scherpe "coupure" (de licht/donkergrens). Hiertoe wordt de koplantaarn als volgt opgebouwd: in het brandpunt van een parabolische reflector wordt een gloeispiraal geplaatst. Hierdoor wordt een vrijwel evenwijdige lichtbundel evenwijdig aan de as van de reflector opgewekt. Dit levert de hoofdbundel (Fig. 5a). Voorts wordt, meestal in dezelfde reflector, een tweede spiraal aangebracht voor dat brandpunt, maar in de as van de reflector, en daarmee evenwijdig. Dit levert een ringvormige lichtbundel (Fig. 5b). Een kapje onder de spiraal schermt (ongeveer) de helft van deze bundel af, zodat bij projectie op een scherm een lichtvlek ontstaat die lijkt op een halve ananasschijf. Door het aanbrengen van daartoe geschikt gekozen prisma's op de afsluitruit ontstaat de bekende asymmetrische dimbundel (Fig. 5c) (zie ook Rijnders, 1973).

De scherpte van de coupure wordt bepaald door de nauwkeurigheid waarmee de afzonderlijke onderdelen zijn gemaakt; bij een massaproduct van redelijke prijs kunnen natuurlijk niet al te hoge eisen worden gesteld. Zeer hoge eisen aan de scherpte van de coupure zijn niet zinvol, omdat in de praktijk door vervuiling, of nat worden van de lens, door foutieve afstellen, door de belading van de auto, door oneffenheden of bochten in de weg

zeer aanzienlijke afwijkingen van de gewenste situatie optreden. (zie hiervoor par. 4.1.) en hetgeen is vermeld in Annex A3, A4 en A5.

Mede op grond van deze overwegingen is in de meeste Anglo-Amerikaanse landen voor een ander systeem van optische verwezenlijking van de dimbundel gekozen. In het brandpunt van een parabolische reflector wordt, dwars, een gloeispiraal geplaatst. Deze geeft een horizontale afbeelding op de weg. Deze afbeelding wordt gebruikt voor het formeren van de dimbundel waarbij prismavormige elementen op de afsluitruit van de lantaarn worden gebruikt. Een vergelijking van deze twee systemen (Europees en Amerikaans) levert het volgende op: de coupure kan bij Europese lantaarns aanzienlijk "scherper" zijn omdat deze coupure in feite wordt gevormd door een afbeelding van de rand van het dimkapje. Bij het Amerikaanse systeem wordt de coupure gevormd door de rand van de afbeelding van de spiraal, en is dus minder scherp. Daartegenover staat dat de bruikbare lichtstroom bij het Amerikaanse zgn. "sealed beam" systeem groter is. In zijn totaliteit blijkt dat meer verblinden en meer verlichten van het Amerikaanse systeem elkaar ongeveer compenseren (De Boer & Vermeulen, 1951a, 1951b).

6.1.2. Het stadslicht

Voor stadslichten zijn drie grondconstructies gangbaar. De eerste is afgeleid uit het oorspronkelijke "side light": een aparte lichtbron, bestaande uit gloeilamp en optiek. De plaatsing, vorm, kleur en intensiteit kunnen binnen ruime grenzen worden gekozen; er bestaat dan ook een grote variatie zowel in uitvoering als in reglementen (zie par. 4.3). De tweede constructie is eveneens zeer gangbaar. Hier wordt een aparte lamp binnen de reflector van de koplantaarn aangebracht. De intensiteit kan sterk variëren van het ene model tot het andere; vorm en plaatsing zijn echter gebonden aan de reglementen voor koplantaarns. Een ander verschil met de eerste constructie is de helderheid van de stadslichten: omdat in het

tweede geval de gehele koplantaarn licht uitstraalt is de luminantie bij gelijke lichtsterkte meestal aanzienlijk lager dan bij de veelal aanzienlijk kleinere, aparte stadslichten. Dit blijkt in de praktijk van het wegverkeer als regel als voordeel te worden beschouwd (Fisher & Hall, 1974).

De derde constructie is vrijwel geheel verlaten. Daarbij werd achter de lampvoet van de duplolamp een apart lampje aangebracht dat, door een spleetje in de lampvoet, naar voren licht uitstraalde. Bij deze constructies zijn alleen zeer lage intensiteiten te bereiken (ca 0,1 cd of nog minder).

De drie constructies zijn schematisch aangegeven in Fig. 6a, b en c.

6.2. Optische aspecten

Om een "verbeterd stadslicht" met een lichtsterkte van ca. 20 to ca. 100 cd te realiseren, kan men uit twee wegen kiezen. Ten eerste kan (bijvoorbeeld door een voorschakelweerstand) de lichtstroom van de normale dimspiraal zover worden teruggebracht dat de gewenste lichtsterkte boven de horizon ontstaat. De reductie in lichtstroom moet gaan tot ca. 0,2. Dit betekent een noodzakelijke spanningsdaling van 12 V tot 7,5 V. Het opgenomen vermogen wordt ongeveer gehalveerd, en de kleurtemperatuur daalt zeer aanzienlijk. Het voordeel van dit systeem is dat de normalisatie zoals die bij dimlichten van toepassing is, ook gehandhaafd blijft bij het "verbeterde stadslicht". Dit geldt met name voor de plaatsing en afmetingen van de lantaarns. Overigens is dit voordeel ook van toepassing wanneer het lampje van het stadslicht in de (dimlicht) reflector is aangebracht (Fig. 6b). Een voordeel is tevens dat een deel van de weg, net als bij dimlicht, verlicht blijft. Echter ook dat gedeelte van de bundel wordt in dezelfde verhouding gereduceerd. Een nadeel is dat de zijdelingse uitstraling niet steeds voldoende gewaarborgd is.

De tweede weg om tot een "verbeterd stadslicht" te komen, is het versterken van het gangbare stadslicht, bijvoorbeeld door

het lampvermogen te vergroten, en daarmee de lichtstroom. Dit is goed mogelijk voor de constructies zoals weergegeven in Fig. 6a en 6b. Bij de constructie volgens Fig. 6b is dit meestal zeer eenvoudig zonder wijzigingen van betekenis uit te voeren; bij de constructie volgens Fig. 6a moet rekening gehouden worden met de grotere warmteontwikkeling van sterkere lampen, met name wanneer de optiek van het bestaande stadslicht zeer klein is.

6.3. Schakeltechnische aspecten

Zoals hierboven is vermeld (par. 5.3.) is te verwachten dat zeker de eerste jaren de openbare verlichting op een gedeelte van het wegennet niet voldoende is om "verbeterd stadslicht" te kunnen gebruiken. Dit houdt in dat op sommige straten dimlicht moet worden gebruikt, en dat er dus overgeschakeld moet worden van dimlicht naar stadslicht en omgekeerd. Hiervoor zijn in beginsel twee methoden mogelijk: schakelen met de hand en automatisch schakelen.

Schakelen met de hand is uiteraard zeer eenvoudig. Wel blijft het probleem dat de bestuurder de beslissing moet nemen om te schakelen. De verschillende mogelijkheden (verplicht en vrijwillig) zijn besproken in par. 5.3. Wanneer gekozen wordt voor schakelen met de hand, en wanneer of de keuze van het verlichtingssysteem aan de bestuurder blijft overgelaten of de keuze is voorgeschreven, wordt de taak van de bestuurder niet verzwaard door de invoering van "verbeterd stadslicht".

Automatisch schakelen heeft het voordeel dat de taak van de bestuurder verlicht wordt ten opzichte van de huidige situatie (tenminste in landen waar een keuzemogelijkheid bestaat). Sabey (1971) heeft een geautomatiseerd systeem beschreven, dat aan de te stellen eisen voldoet. Er zijn geen gegevens verschaft over de nauwkeurigheid van het systeem; aangezien het niet gaat om het aan- of uitschakelen, maar geleidelijk regelen van de lichten, is te verwachten dat enige spreiding tussen de auto-

maten van verschillende auto's geen grote problemen zal opleveren. De kosten zijn niet in detail opgegeven; naar verwachting zullen deze enige tientallen guldens per auto bedragen. Wanneer een dergelijke automaat wordt gebruikt voor een geïntegreerd systeem (zie hoofdstuk 8) zullen de kosten waarschijnlijk geen grote belemmering zijn. De toepassing van een pulserende gelijkstroom is wat betreft het stroomverbruik gunstiger dan het gebruik van een voorschakelweerstand.

7. AANVULLEND ONDERZOEK

Op een aantal punten is nog aanvullend onderzoek nodig. Dit betreft vooral een aantal details; er kan echter op worden gewezen dat noch de besluitvorming op dit gebied noch het hierna te bespreken ontwikkelingsonderzoek behoeft te wachten op de resultaten van dit (aspecten-) onderzoek.

7.1. Aspectenonderzoek

1. Er zijn een aantal aspecten, meestal hierboven reeds genoemd, die nog een nader onderzoek vragen. Zo zijn zowel de minimale als maximale waarde van de lichtsterkte (20 cd resp. 100 cd) op tamelijk globale wijze bepaald. Nader onderzoek - met name literatuurstudies van de bronnen vermeld in Annex A7 - kunnen wellicht aanleiding geven tot enige verfijning. Voorts is het van belang de invloed van de afmetingen - en dus van de luminantie - van de lichten nader te bestuderen, en wel in relatie tot de minimumwaarde van de intensiteit. Gezien de beperkte mogelijkheden van technische en praktische uitvoerbaarheid behoeft hier echter niet veel aandacht aan te worden besteed.

Het toelaatbare maximum (i.c. 100 cd) wordt bepaald door eisen omtrent de toelaatbare verblinding. Het minimum (i.c. 20 cd) wordt bepaald door eisen omtrent zichtbaarheid. Van belang - mede met het oog op het hierna te bespreken ontwikkelingsonderzoek - is de vraag of de zo ontstane marge van een factor 5 voldoende is voor praktische uitvoeringsvormen.

2. Over het gewenste bundelpatroon is nog weinig bekend. Er bestaan richtlijnen over de richtingen waaronder de verschillende signaallichten van auto's licht moeten uitstralen; over de in de verschillende richtingen noodzakelijke lichtsterkte bij verschillende omstandigheden van omgevingsluminantie is echter nog weinig bekend, mede doordat momenteel weinig te zeggen is over de vraag in welke mate auto's, gezien onder verschillende

hoeken, opvallend en herkenbaar moeten zijn. Dit hangt samen met het feit dat nog nader onderzoek nodig is omtrent de samenhang tussen de bewegingskenmerken van voertuigen en de benodigde informatie (zie hiervoor bijv. Roszbach, 1972, 1974). Dit probleem raakt uiteraard allereerst de zijdelingse uitstraling.

Aan de andere kant is het de vraag of voor het "verbeterd stadslicht" de resultaten van verder onderzoek nodig zijn. Momenteel wordt verwacht dat enige eenvoudige observaties, bij voorkeur in combinatie met het in par. 7.2. aangeduide ontwikkelingsonderzoek, voldoende gegevens kunnen opleveren om richtlijnen voor "verbeterd stadslicht" te kunnen opstellen. Deze verwachting is mede gebaseerd op het feit dat een aanzienlijke spreiding tussen lichten niet te vermijden is (zie punt 1 hierboven).

3. Nader onderzoek is nog gewenst betreffende het "niveau A" dat hierboven (par. 5.3.) is ingevoerd als behorende bij dat kwaliteitsniveau van openbare verlichting waarboven bijschakeling van dimlicht geen verbetering geeft betreffende de waarneembaarheid van objecten. Ook hier weer twee mogelijkheden: een fundamenteel onderzoek dat onder meer de criteria betreft die gelden voor de selectie van relevante objecten en voor de waarneembaarheid ervan, en het operationaliseren van deze criteria. Een dergelijk onderzoek is in breder verband in voorbereiding (CIE, 1975a), maar het zal nog lang duren voordat resultaten beschikbaar komen. De tweede mogelijkheid om op basis van deels praktijkervaring en deels analytische overwegingen te komen tot een schatting van het bedoelde niveau. Voorlopig lijkt de voorkeur uit te gaan naar de tweede mogelijkheid, mede omdat uiteraard te verwachten is dat andere dan lichttechnische aspecten bij de uiteindelijke beleidsbeslissing een belangrijke rol zullen spelen (kosten, energieverbruik, milieubelasting enz.). Anderzijds is het fundamentele onderzoek interessant, mede omdat daarmee ook andere principiële vragen omtrent de openbare verlichting kunnen worden beantwoord, zoals de ligging van niveau B (par. 5.3). Van belang voor het al dan niet aanbevelen van "verbeterd stadslicht" is dit echter niet.

4. Tenslotte is het gewenst om nadere gegevens te verkrijgen over de acceptatie door de weggebruiker. Hierbij zijn twee problemen te onderscheiden: ten eerste hoe wordt de menging van lichten van verschillende lichtsterkten (hetzij verschillende stadslichten, of stadslicht en dimlicht gemengd) ervaren door verschillende categorieën weggebruikers - waarbij rekening moet worden gehouden met het reeds vermelde feit dat lichtsterkte weinig geschikt is om als primaire coderingsdimensie te worden gebruikt. Hierbij speelt vooral een rol het eventueel op dezelfde plaats en tijd voorkomen van verschillende voertuigtypen, met name wanneer die verschillende bewegingskenmerken en/of verschillende juridische status hebben. Het tweede probleem betreft de reacties van verschillende categorieën weggebruikers ten opzichte van elkaar. Hierbij moet met name worden gedacht aan: automobilisten (als bestuurders) enerzijds en voetgangers anderzijds, fietsers en bromfietsers, en ook van volwassenen enerzijds en kinderen (en bejaarden) anderzijds.

Momenteel is echter niet precies aan te geven welke gegevens nu precies nodig zijn, en op welke wijze ze zijn te verkrijgen. Gezien het feit dat het naar verwachting gaat om een aantal randverschijnselen (zie hiervoor bijv. SWOV, 1969a; Fisher & Hall, 1970) lijkt het voldoende om te volstaan met een aantal eenvoudige gedragsobservaties. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van de ervaring die met dergelijke observaties bij voetgangers reeds is opgedaan, met name onder gesimuleerde verkeersomstandigheden (SWOV, 1969a; OECD, 1976b; SWOV, 1976a).

7.2. Ontwikkelingsonderzoek

Uit het voorgaande is duidelijk dat enerzijds het merendeel van de fundamentele en ook de meeste praktische problemen behorende bij het al dan niet invoeren van "verbeterd stadslicht" zijn opgelost, maar dat anderzijds nog een aantal problemen van meer technische aard overblijven. Het is daarom te verwachten dat enerzijds op zeer korte termijn uitspraken kunnen worden gedaan over de functionele eisen waaraan een nieuw in te

voeren "verbeterd stadslicht" dient te voldoen, terwijl anderzijds nog een aanzienlijke hoeveelheid ontwikkelingsonderzoek dient te worden uitgevoerd. In dit rapport zal niet worden ingegaan op de organisatie van een dergelijk programma van ontwikkelingsonderzoek; wel kan worden opgemerkt dat waarschijnlijk een aanzienlijk gedeelte door de industrie kan (en moet) worden uitgevoerd.

Het belangrijkste deel van het ontwikkelingsonderzoek betreft het produceren van een "workable prototype". Hieronder wordt verstaan een prototype van de mogelijke uiteindelijke vorm dat voldoende - ook technisch - is uitgewerkt om, indien gewenst, op korte termijn in massaproductie te kunnen worden genomen. Hierbij moeten dus niet alleen een aantal technische en constructieve aspecten worden bekeken, maar ook fabrikageproblemen en aspecten van bedrijfsmechanisatie, naast economische aspecten en vragen van kosten. Wellicht is het nodig om niet van één ontwerp, maar van een aantal alternatieven "workable prototypes" te maken. Het is duidelijk dat een dergelijk ontwikkelingsonderzoek aanzienlijke kosten met zich brengt mede omdat van een gedeelte van het produkt alle voorbereidingen (zoals matrijzen) in gereedheid moeten worden gebracht - voorbereidingen die alleen op de eventueel volgende massafabrikage kunnen worden afgeschreven. Het is dus alleen dan verantwoord om tot een ontwikkelingsonderzoek over te gaan wanneer het totale project "verbeterd stadslicht" een goede kans maakt op uiteindelijke acceptatie. Momenteel is de situatie bereikt dat hiervan inderdaad sprake is, zodat het beginnen aan het ontwikkelingsonderzoek gerechtvaardigd is. Naast vragen van constructie, van fabrikagetechniek en inbouwmogelijkheden in auto's dient het ontwikkelingsonderzoek allereerst geconcentreerd te worden op vragen van temperatuur van stadslichten en hun lenzen, op het "dimmen" van halogeenlampen, en op het operationeel maken van automatieken om over te schakelen van dimlicht op stadslicht en omgekeerd, waarbij rekening moet worden gehouden met de wenselijkheid om met dezelfde automatiek nog meer schakelingshandelingen uit te voeren.

Naast deze technische aspecten zijn hierboven een aantal aspecten genoemd die in samenhang met een dergelijk ontwikkelingsonderzoek kunnen worden onderzocht - hoewel ze er strikt genomen niet toe horen. Dit betreft vooral die aspecten waarbij een prototype van een of andere soort bij de proefnemingen noodzakelijk of gewenst is.

De doelstellingen voor ontwikkelingsonderzoek kunnen verschillend zijn. In sommige gevallen is het voldoende om aan te tonen (bijv. aan de hand van een laboratoriumuitvoering) dat het betreffende probleem in beginsel oplosbaar is, zodat ontwikkelingsonderzoek niet nodig is. Wanneer het gaat om de technische uitvoerbaarheid van de oplossing - met name wanneer het gaat om eventuele massafabrikage - is een ontwikkelingsonderzoek om de volgende redenen gewenst:

1. Een in details - ook wat betreft de consequenties van fabricage en kosten - uitgewerkt prototype maakt het mogelijk om de industriële beleidslijn vast te stellen.
2. Een uitgewerkt prototype maakt het mogelijk om de verschillende aspecten van invoering te beoordelen - dit is met name van belang voor beleidsinstanties die zich bezig houden met internationale harmonisatie, met normalisatie, met eventuele monopolieposities van bepaalde fabrikanten, met interacties met andere reglementen.
3. De auto-industrie kan aan de hand van een uitgewerkt prototype beoordelen wat de consequenties zijn voor de autoproduktie, onder meer betreffende de "styling".
4. Toeleveringsbedrijven en fabrikanten van halffabrikaten kunnen zich op de situatie instellen.

7.3. Andere aspecten

7.3.1. Apert parkeerlicht

Een aspect dat hierboven is vermeld, is de eventuele noodzaak van een apart parkeerlicht. Wat betreft het energieverbruik kan

het onderzoek naar een apart parkeerlicht eventueel bij het ontwikkelingsonderzoek worden ondergebracht; van meer belang is de vraag of, en zo ja onder welke omstandigheden een parkeerlicht nodig is. Het in par. 5.2. geciteerde onderzoek betreft allereerst de achterzijde van vrachtauto's en is dus niet zonder meer generaliseerbaar, zeker niet voor "verbeterd stadslicht" aan de voorzijde van auto's. Enig nader onderzoek is derhalve gewenst; het is echter de vraag wat de relevante criteria daarvoor moeten zijn. Ook zonder onderzoek is echter te verwachten dat - zeker zonder wijziging van de wet in een aantal landen - een parkeerlicht nodig zal blijven, tenminste onder een aantal omstandigheden. Men komt dan weer terug op het ontwikkelingsonderzoek om na te gaan wat de meest geschikte uitvoeringsvorm is van een dergelijk parkeerlicht, in afhankelijkheid van de frequentie van (verplicht) gebruik, en van de eisen die eraan worden gesteld bij de verschillende gebruikomstandigheden. Overigens dient te worden bedacht dat een eventuele invoering van "verbeterd stadslicht" van invloed kan zijn op de mogelijkheden voor onverlicht parkeren (zie par. 5.2.).

7.3.2. Gebruik van stadslicht bij ingeschakeld dimlicht

Momenteel bestaat in de meeste landen het voorschrift dat het stadslicht ingeschakeld moet blijven bij gebruik van dimlicht. De rechtvaardiging hiervoor is gelegen in het feit dat bij het uitvallen van een dimlicht, bijv. door het doorbranden van een dimspiraal, aan de betreffende kant van de auto tenminste nog het stadslicht overblijft; waardoor tenminste ten dele de aanduiding van de breedte van de auto gehandhaafd blijft. Het is te overwegen of dit of een dergelijk voorschrift gehandhaafd dient te blijven (resp. dient te worden ingevoerd in die landen waar het niet bestaat) bij het invoeren van "verbeterd stadslicht". Daarbij dient met drie facetten rekening te worden gehouden:

1. "verbeterd stadslicht" verbruikt als regel meer elektrische energie dan conventioneel stadslicht, zodat het tegelijk branden

met dimlicht opnieuw dient te worden gezien.

2. Vaak valt een dimlicht uit door het doorbranden van een zekering in de auto. Het hangt daarbij af van het schakelschema of het stadslicht aan dezelfde kant al dan niet blijft branden.

3. Er bestaan alternatieven, zoals het voorzien van de voorzijde (bijv. het meestal aanwezige zgn. "mistkapje" vlak voor het lampje in de koplamp) van retroflecterend materiaal. Bij een geschikte keuze van dit materiaal kan worden bereikt dat voor het tegemoetkomend verkeer de indruk bestaat dat beide koplampen branden. Overigens is het de vraag of het nu juist deze informatie is die moet worden overgebracht; zo niet, dan zijn er wellicht nog betere alternatieven te vinden (retroflecterende kentekenplaten bijvoorbeeld, zie SWOV, 1969b).

7.3.3. Keuringseisen

Van groot belang bij het eventueel invoeren van "verbeterd stadslicht" is de vaststelling van de keuringseisen. Momenteel is het gebruikelijk om bij onderdelen van auto's zoals de verlichting, te volstaan met typekeuringen. Zonder hier in te gaan op de problemen die typekeuringen zelf reeds opleveren (Zaccharini, 1970a en b) bestaan er een aantal aanwijzingen dat er een aanzienlijk verschil kan bestaan tussen de eisen van de typekeuring en de waarden die in werkelijkheid in het verkeer aanwezig zijn, vooral voorzover het de verlichting van auto's betreft (Yerrell, 1971a; Schreuder, 1971b; Thiry, 1974; De Brabander, 1972, 1974; Rumar, 1973a). Wanneer men de invoering van "verbeterd stadslicht" overweegt, is het dan ook gewenst zodanige keuringseisen op te stellen dat niet alleen aan bepaalde voorwaarde van typekeuring wordt voldaan, maar dat bovendien een redelijke garantie bestaat de lichten die in feite op de weg aanwezig zijn, ook aan de te stellen vereisten voldoen.

7.3.4. Retroflectoren

In een aantal paragrafen is reeds aan de orde gekomen dat bij de momenteel te constateren ontwikkeling op het gebied van

retroreflectoren, verwacht kan worden dat ook het "verbeterd stadslicht" kan bijdragen tot de zichtbaarheid van objecten die van de bedoelde retroflecterende materialen zijn voorzien (zie Annex A3). Van belang zijn twee aspecten: enerzijds bij wegmarkeringen zijn de mogelijkheden tot verhogen van de retroflecterende eigenschappen beperkt (OECD, 1975), anderzijds dient rekening te worden gehouden dat reflectoren die goed zichtbaar zijn bij "verbeterd stadslicht" wellicht te helder zijn bij gebruik van dimlicht en zeker bij gebruik van hoofdlicht. Dit betreft met name de "leesbaarheid" van verkeersborden, richtingsborden en wegwijzers. Het is derhalve mogelijk dat voor gebruik binnen bebouwde gebieden - waar het "verbeterd stadslicht" wordt gebruikt - andere functionele eisen gelden dan voor gebruik buiten bebouwde gebieden, waar dimlicht of ook hoofdlicht wordt gebruikt. Nadere studie is gewenst; het is echter te verwachten dat deze studie kan worden gebaseerd op de huidige lichttechnische kennis, zodat geen aanvullend experimenteel onderzoek nodig is (zie bijv. Van Meeteren et al., 1968; CEMT, 1968; Schreuder, 1977). Voor zover echter nader experimenteel onderzoek toch nodig is, kan dit onderzoek waarschijnlijk op eenvoudige wijze worden geïncorporeerd in het meer algemeen gerichte onderzoek naar routebegeleiding zoals dit wordt voorbereid binnen het algemene onderzoek "Analyse van de rijtaak" (Griep, 1971).

7.3.5. Voertuigverlichting bij slecht zicht, verlichting overdag

Tenslotte de eisen die aan de voertuigverlichting worden gesteld bij slecht zicht, zowel overdag als 's nachts. Slecht zicht hangt daarbij samen met enerzijds de reductie van de zichtbaarheid van relevante weg- en verkeersomstandigheden door het optreden van vertroebelingen in de atmosfeer (mist, sneeuw- of regenval, opspattend water, stuivende sneeuw of stof) anderzijds met omstandigheden betreffende de auto (vuile of beslagen ruiten, vuile of natte koplantaarns, e.d.). Er bestaat een interactie met andere factoren die het verkeer en de verkeersveiligheid

onder de daarbij horende meteorologische omstandigheden nadelig kunnen beïnvloeden, zoals afnemende stroefheid van wegdekken, toenemende spiegelingen van wegdekken, ijsvorming e.d.

Zowel de algemene aspecten als die welke horen bij de signaallichten zijn momenteel onderwerp van onderzoek (Anon, 1973a; Behrens & Kokoschka, 1973 ; Frederiksen, 1972; OECD, 1971, 1976a; Roszbach, 1972, 1974; Schreuder, 1964b).

Voor zover het een eventuele invoering van "verbeterd stadslicht" betreft is het belang vooral gelegen in vragen of ten eerste er reden is om voor de dagsituatie bij slecht zicht af te wijken van de gedachte dat signaallichten van een middelmatige sterkte van belang zijn voor de verkeersveiligheid (Allen, 1970; Cantilli, 1969; King & Finch, 1969; OECD, 1976a; Roszbach, 1972; SWOV, 1974b) in de zin dat zeer veel sterkere lichten noodzakelijk zijn. Op basis van theoretische overwegingen is te verwachten dat dit het geval is, en dat de lichtsterkte van bijv. dimlicht of zelfs hoofdlicht meer voldoet (een overzicht is gegeven in SWOV, 1975). Dit stemt goed overeen met de gangbare praktijkervaring. Hierop wordt teruggekomen in hoofdstuk 8. Het is overigens de vraag of dimlicht overdag, of bij schemer, bij regen gunstiger is dan "verbeterd stadslicht" (Sweers, 1975; Schreuder, 1977).

Ten tweede doet zich de vraag voor wat de meest geschikte signaalverlichting is bij slecht zicht 's nachts. Zoals de meeste vragen omtrent slecht zicht 's nachts is deze vraag niet algemeen te beantwoorden; daarvoor zijn de omstandigheden van "ambient luminance", die van zicht en die voor de verkeerssituatie te zeer verschillend, en wisselvallig. Algemeen neemt men echter aan dat bij dichte mist een lichtsterkte van enige honderden candela's gewenst is - duidelijk meer dan hierboven is aanbevolen voor "verbeterd stadslicht". Dit getal is gebaseerd op praktijkobservaties, waarbij niet steeds de eigenlijke "meteorological visibility" in de beschouwing is betrokken, waarbij geen rekening is gehouden met het tegelijk voorkomen van vele auto's en waarbij niet steeds in voldoende mate rekening is gehouden met het feit dat in de huidige praktijk de enige "code-

dimensie" die wordt gebruikt - voor de achterzijde van auto's - de intensiteit is, en wel dat gewoonlijk een lage intensiteit betekent: aanwezigheid, en een hoge (of tenminste hogere) betekent: bediening van het rempedaal. Betreffende de achterzijde van auto's is onderzoek gerapporteerd door Roszbach (1974). Ander onderzoek (bijv. Mortimer, 1969, 1970, 1971) betreft uitsluitend heldere atmosfeer. Voor de voorkant van auto's is nauwelijks onderzoek verricht, met name niet betreffende de interactie van waarneembaarheid van signaallichten met de verblinding door dimlichten. Enige relevante gegevens zijn te vinden in Schreuder (1964b; 1977) zonder dat overigens een oplossing is gepresenteerd. Nadere gegevens zijn te vinden in OECD (1976a).

Hieruit zijn de volgende conclusies te trekken:

1. Gedurende daglicht bij slecht zicht (mist, regen, sneeuw e.d.) zijn koplantaarns gewenst - hetzij met dimlicht of met hoofdlicht.
2. 's Nachts bij helder weer en middelmatig slecht zicht lijkt "verbeterd stadslicht" een voldoende grote werking als signaallicht te kunnen waarborgen. Bij uitgesproken slecht zicht is een grotere intensiteit gewenst, bijvoorbeeld die van dimlicht.
3. Overdag bij helder weer zijn markeringslichten minder nodig. Toch heeft het er de schijn van dat "verbeterd stadslicht" of ook dimlicht de zichtbaarheid verbetert.
4. Overdag en in de schemering maar zonder mist lijkt "verbeterd stadslicht" de meest geschikte signaallichten op te leveren.

8. EEN GEINTEGREERD SYSTEEM VOOR AUTOVERLICHTING

8.1. Algemeen

In dit hoofdstuk zal een schets worden gegeven van een geïntegreerd systeem voor autoverlichting, dat kan worden beschouwd als een optimale oplossing van de verschillende problemen die met de verlichting van de auto's samenhangen. De uitgangspunten voor dit systeem zijn de volgende:

1. Signaallichten die de positie (de snelheid), de veranderingen in de positie en de snelheid en de voorgenomen veranderingen in de positie en de snelheid waarneembaar kunnen maken voor de andere weggebruikers, zijn onmisbaar.
2. Dergelijke signaallichten moeten kunnen functioneren bij dag en bij nacht; bij heldere atmosfeer en bij slecht zicht.
3. Bij nacht moet onder bepaalde omstandigheden (nl. afwezigheid van openbare verlichting) de weg en alles wat daarbij hoort zichtbaar gemaakt worden door middel van lampen die met de auto worden meegevoerd.
4. De taak van de bestuurder dient zo eenvoudig mogelijk te blijven.
5. Dit alles dient te worden gezien vanuit de functionele eisen die aan verkeersvoorzieningen in het algemeen, en aan verlichting meer in het bijzonder dienen te worden gesteld, namelijk het aan de verkeersdeelnemer mogelijk te maken het einddoel van zijn tocht veilig, vlot en comfortabel te bereiken, en dat tegen minimale kosten (voor hemzelf en de gemeenschap).

8.2. Een algemeen systeem

Een mogelijk systeem van autoverlichting dat aan de hierboven genoemde eisen voldoet, kan men zich als volgt denken:

8.2.1. Op de auto zijn de volgende lichten aangebracht (alles in tweevoud; links en rechts gelijk).

1. Aan de voorkant:

- gepolariseerd hoofdlicht
- "verbeterd stadslicht"
- parkeerlicht
- richtingsaanwijzers (twee niveau's)
(eventueel: mistlicht)

2. Aan de achterkant:

- achterlicht (twee niveau's)
- remlicht (twee niveau's)
(eventueel extra licht voor: "pre-warning")

3. Aan de zijkant:

- richtingsaanwijzers (twee niveau's)
(eventueel: positielicht)

(Deze lichten kunnen voor zover zinvol worden aangevuld of soms zelfs vervangen door retroreflectoren).

4. Dit kan voorzover gewenst worden aangevuld met speciale lampen, zoals achteruitrijlampen, verstralers, breedstralers, zoeklichten, hulplichten voor bochten, nummerplaatverlichting, enz. Deze worden niet verder besproken: alleen zij opgemerkt dat het gebruik van dergelijke lichten strikt gereguleerd moet zijn om misbruik en verwarring te voorkomen.

8.2.2. Bij de volgende situaties worden gebruikt:

1. Overdag helder weer; volle zon

- voorzijde: gepolariseerd licht
- achterzijde: achterlicht hoog niveau
- richtingsaanwijzers voor/achter en remlichten hoog niveau.

2. Schemering, helder weer

- voorzijde: gepolariseerd licht
- achterzijde: achterlicht laag niveau
- richtingsaanwijzers voor/achter en remlichten: laag niveau

3. Nacht, helder weer, bij openbare verlichting (geen eenrichtingsverkeer e.d.)

- voorzijde: "verbeterd stadslicht"
- achterzijde: achterlicht laag niveau
- richtingsaanwijzers voor/achter en remlichten: laag niveau

A. Signaallicht voor:	laag: 20-100 cd
	midden: >2000 cd (dimlicht)
	hoog: >50.000 (hoofdlicht)
Signaallicht achter:	laag: 5- 25 cd
	midden: 20- 100 cd
	hoog: 200-1000 cd (mistachterlicht)
Richtingaanwijzers, remlicht:	laag: 20- 100 cd
	midden: 200-1000 cd
	hoog: 200-1000 cd (>2000 cd is niet realiseerbaar)

B. Omgeving

	weer	
	helder	mist
E < 10 lux	L [*])	M
10 < E < 100 lux	L	M
100 < E < 1000 lux	M	M
E < 1000 lux	H	H

*) hieraan toe te voegen: dimlicht voor illuminatie

C. Bestuurder stelt in: helder weer/mist

helder weer

startpunt E = 0 : alles L; dimlicht aan

bij E = 10 lux: dimlicht uit

bij E = 100 lux: van L van M

bij E = 1000 lux: van M naar H

mist

startpunt E = 0

bij E = 1000 lux: alles M; van M naar H

4. Nacht, helder weer, geen openbare verlichting
 - voorzijde: gepolariseerd licht
 - achterzijde: achterlicht laag niveau
 - richtingaanwijzers voor/achter en remlichten: laag niveau
5. Overdag en schemering met slecht zicht (mist)
 - voorzijde: gepolariseerd licht (eventueel aangevuld met mistlicht)
 - achterzijde: achterlicht hoog niveau
 - richtingaanwijzers voor/achter en remlichten: hoog niveau
6. Nacht, slecht zicht (mist, al dan niet openbare verlichting)
 - voorzijde: gepolariseerd licht
 - achterzijde: achterlicht hoog niveau
 - richtingaanwijzers voor/achter en remlichten: hoog niveau

Een vereenvoudigd systeem is beschreven door Schreuder (1977); zie ook Tabel 2.

8.3. Enige aanvullende opmerkingen

1. Er dienen nog enige technische en juridische problemen te worden opgelost voordat gepolariseerd licht algemeen kan worden toegepast (zie OECD, 1976b). Zoals hier geïntroduceerd, is aangenomen dat de bestuurder zelf kan beslissen of hij zijn "analysator" wil gebruiken of niet.
2. De functie van extra mistlampen aan de voorzijde is zeer twijfelachtig (Schreuder, 1971b, SWOV, 1975). De kleur is in ieder geval onbelangrijk (SWOV, 1975).
3. De kleur, plaats en intensiteit van achterlichten "hoog niveau" is zo gedacht dat enerzijds wordt voldaan aan de daglichtsituatie al dan niet met mist, en anderzijds aan de nachtsituatie met mist. Dit licht komt dus tevens in de plaats van het momenteel gangbare "mistachterlicht". Daarbij is ervan uitgegaan dat de gewenste niveau's voor "dag-helder" - "dag-mist" - en "nacht-mist" elkaar voldoende overlappen om met één licht te kunnen volstaan. Zo niet, dan is een drie-niveauschakeling noodzakelijk. Dit derde niveau dient dan te worden gebruikt bij "dag-mist". Wanneer rekening

wordt gehouden met een dergelijk derde niveau, bestaat volledige overeenstemming tussen het systeem aangeduid in par. 8.2.1. en het systeem voorgesteld door Roszbach (1974). Roszbach houdt echter nog de mogelijkheid open van een vierde niveau voor "nachtsmist". Overigens geldt dit derde niveau niet alleen voor achterlichten, maar ook voor richtingaanwijzers en remlichten.

4. Het is gewenst dat de bestuurder zo min mogelijk hoeft te schakelen. Ten eerste levert dat een complicatie op voor zijn taak als bestuurder, en ten tweede introduceert dit de mogelijkheden van foute beslissingen. Het is daarom zeer gewenst het gehele systeem te laten bedienen met één en dezelfde automaat. Voor zover het de in par. 8.2. geschetste situaties 1 t/m 4 betreft is dit zonder meer mogelijk: alleen is nodig dat op een aantal nader te bepalen niveau's van de "ambient luminance" van een bepaald niveau op een ander niveau wordt overgeschakeld. Dit kan natuurlijk ook geleidelijk plaatsvinden. Volgens het hier gegeven voorstel (dat overigens natuurlijk alleen maar een schets is, die nader ter discussie kan staan) moet de verlichting aan de voorkant bij een ander niveau worden omgeschakeld dan de verlichting aan de achterkant. Dit levert technisch natuurlijk geen problemen op.

Voor de situaties 5 en 6 is een analoog systeem bruikbaar; de schakelschema's wijken echter af van de voorgaande schema's in die zin dat 5 en 6 gelijk zijn aan 1. Hier kan men uit twee oplossingen kiezen: de bestuurder schakelt het regime "mist" in waarbij het totale systeem gefixeerd blijft in de situatie behorend bij situatie 1. of het inschakelen van dit regime vindt plaats op basis van een stuursignaal van het "road-side" waarschuwingssysteem voor mist. Het tweede komt uiteraard voorlopig op zijn hoogst in aanmerking voor gedeeltelijke toepassing. Bij het invoeren van een derde niveau moet - bij in werking zijn van het regime "mist" - worden overgeschakeld van dit derde (zeer hoge) niveau voor overdag naar het hoge niveau bij nacht. Dit kan weer met dezelfde automaat gebeuren; mogelijk echter bij een ander helderheidsniveau van de omgeving.

9. CONCLUSIES

1. Uit het rapport blijkt dat de bijdrage van dimlichten in verlichte straten tot de verlichting en daarmee tot de zichtbaarheid van voorwerpen, gering, en meestal van verwaarloosbaar belang is.

Voorts blijkt dat de verblinding die wordt teweeg gebracht door de dimlichten van tegenliggers bij alle nachtelijke verkeerssituaties een verstoring van de optimale waarneming teweegbrengt.

2. Het momenteel gangbare stadslicht is veelal te zwak om te kunnen dienen als signaallicht hoewel de laatste jaren een duidelijke verbetering is te constateren.

3. Het optimale licht voor de voorkant van motorvoertuigen te gebruiken op wegen met een openbare verlichting dient een lichtsterkte te hebben die lager is dan het huidige dimlicht, maar hoger dan het huidige stadslicht. Daarbij geldt dat de minimale lichtsterkte tenminste ca 20 cd moet bedragen, en de maximale lichtsterkte ca 100 cd.

4. Een dergelijk "verbeterd stadslicht" kan een duidelijke bijdrage leveren tot het zichtbaar maken van voorwerpen die van retroflecterend materiaal zijn voorzien. De zichtbaarheid van niet-reflecterende objecten dient te worden gewaarborgd door een aan daartoe te stellen eisen voldoende openbare verlichting.

5. De meest geschikte uitvoeringsvorm voor "verbeterd stadslicht" kan als volgt worden omschreven:

a) het gangbare dimlicht wordt wat lichtsterkte betreft verzwakt. Daarbij verdient de constructie waarbij de lichtstroom voor de lamp voor het dimlicht wordt verminderd, de voorkeur. De lichtsterkte recht vooruit verdient daarbij tenminste ca 20 cd te bedragen, maar ten hoogste ca 100 cd.

b) het overgaan van dimlicht naar "verbeterd stadslicht" geschiedt door schakelen.

c) voor een verdere ontwikkeling komt het automatisch en trappe-
loos, geleidelijk "dimmen" in aanmerking, met name wanneer de daar-
toe benodigde automaat ook voor het schakelen van andere lichten,
bijvoorbeeld aan de achterzijde van het voertuig, kan worden ge-
bruikt.

d) wanneer tijdens de overgangstijd gekozen wordt voor het alge-
meen (verplicht) gebruik van dimlicht, dient het tijdelijk karak-
ter van deze maatregel niet uit het oog te worden verloren.

6. De introductie van het "verbeterd stadslicht" zal vele van de
bezwaren ondervangen die momenteel aanwezig zijn bij het nachte-
lijk autoverkeer. Dit invoeren zal volgens verwachting gepaard
gaan met een zeer geringe kostenverhoging, zowel voor de indivi-
duële weggebruiker, als voor de overheid. Momenteel komen geen
alternatieven in aanmerking voor een verbetering van de nachte-
lijke verkeerssituatie.

De introductie van "verbeterd stadslicht" is compatibel met de
voor realisering in aanmerking komende toekomstige systemen voor
verbetering van de nachtelijke verkeerssituatie.

FIGUREN 1 t/m 6

Figuur 1. De cumulatieve frequentieverdeling (p in %) van de reflectiefactor ρ van kleding (volgens Knudsen, 1968)

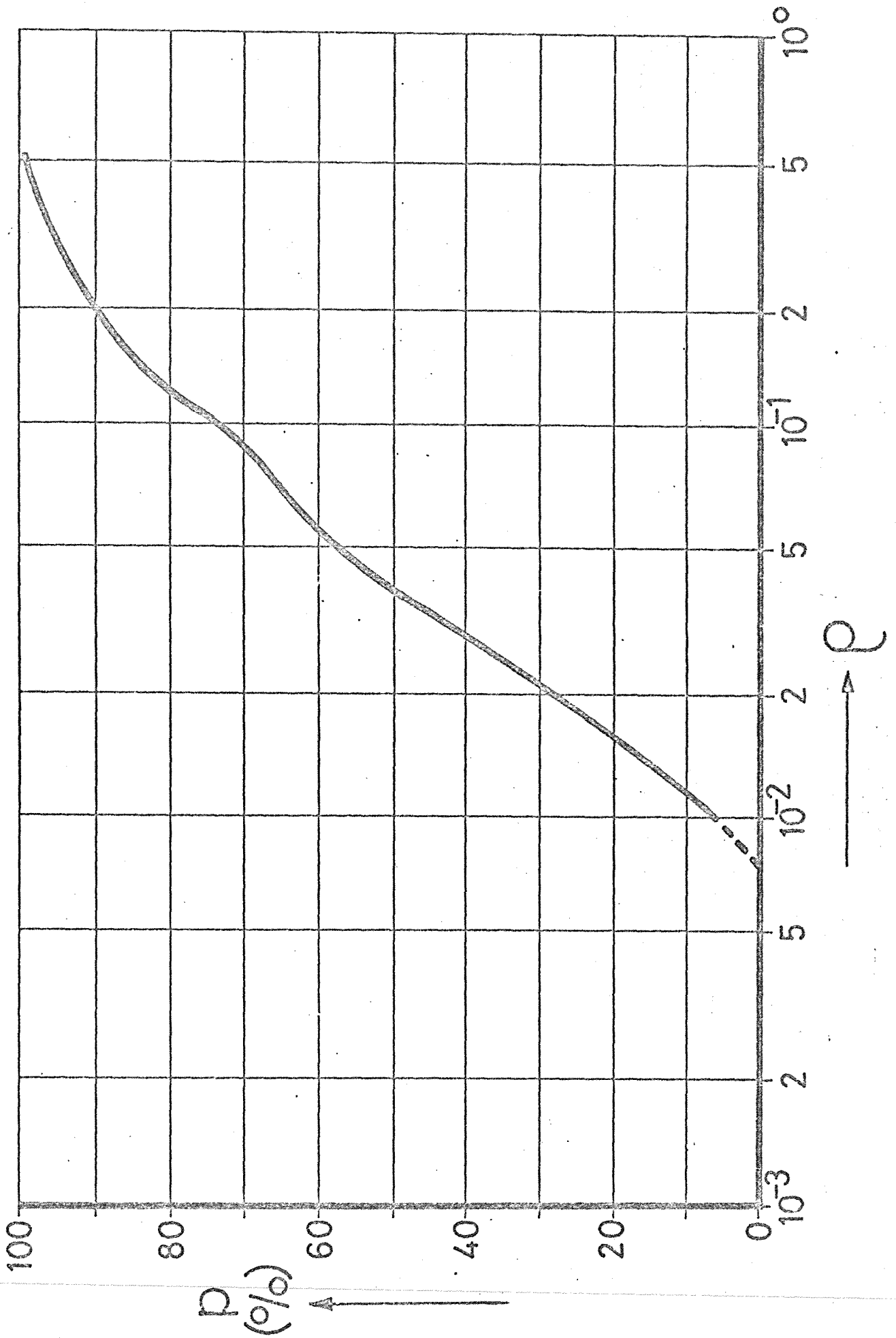
Figuur 2. Het wegdek op aanzienlijke afstand is een belangrijk gedeelte van de achtergrond voor eventuele obstakels. De pijlen bij 60 en 160 wijzen naar punten op 60 m resp. 160 m van de plaats waar de foto is genomen.

Figuur 3. Wegdekken vertonen een spiegelende reflectie, ook in droge toestand (Foto Stichting Prometheus, Amsterdam)

Figuur 4. De geometrie bij autoverlichting

Figuur 5. Schematische aanduiding van de werking van hoofdlicht (a) en "E" dimlicht (b, c)

Figuur 6. Stadslichten kunnen op drie manieren worden uitgevoerd
D: duplolaamp S: lamp voor stadslicht (naar Schreuder, 1966)



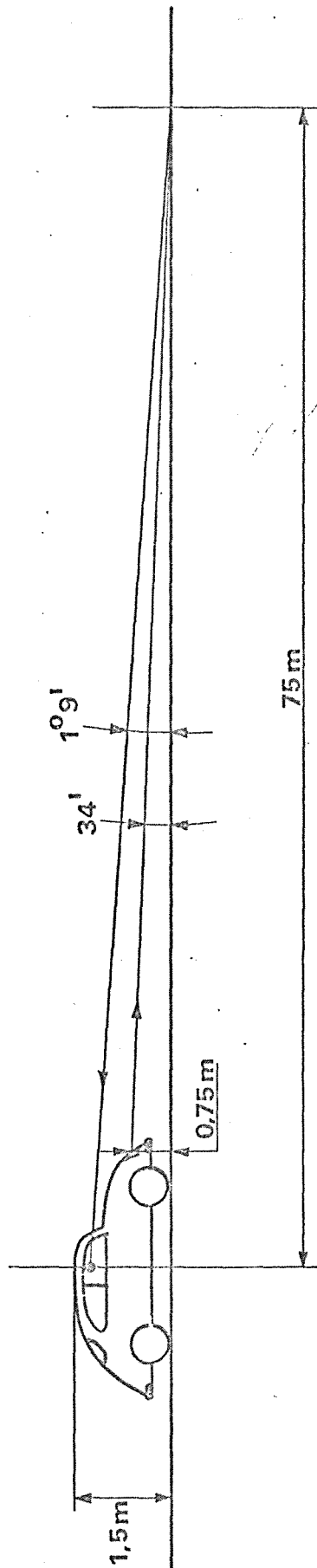
Figuur 2



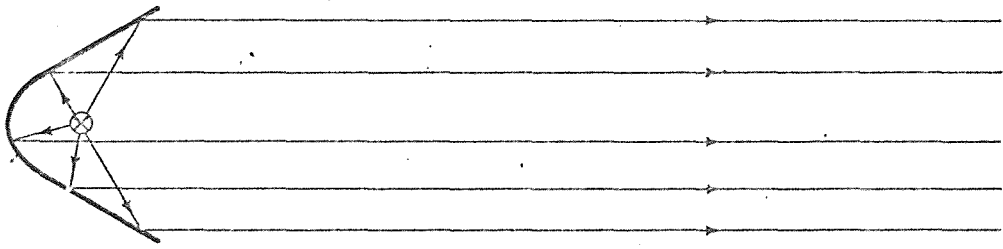
Figuur 3



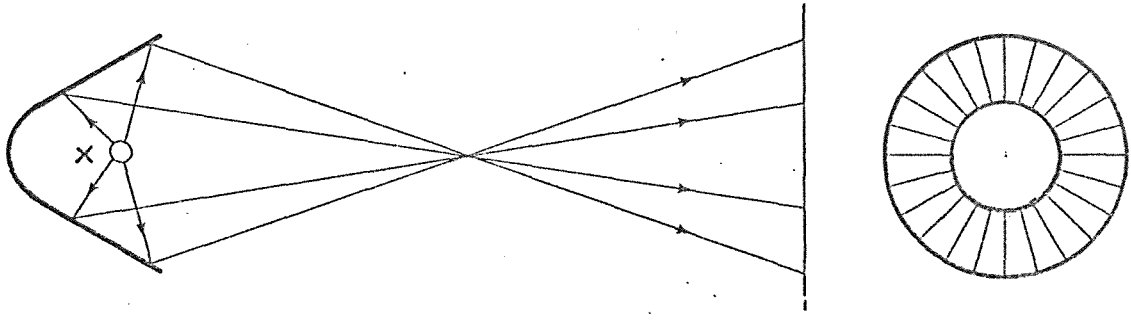
Figuur 4



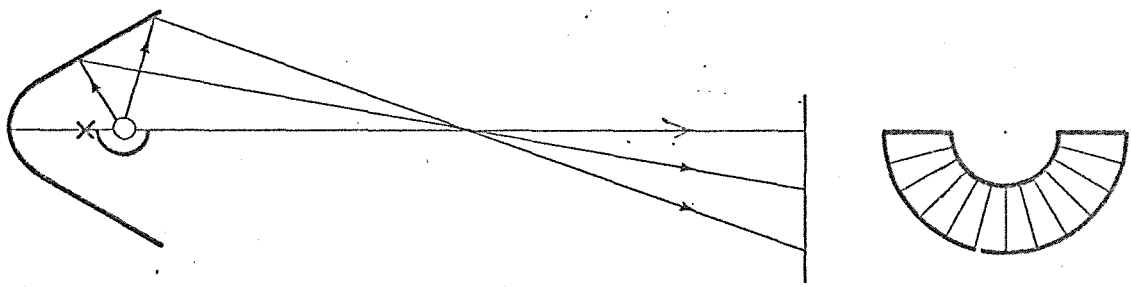
a

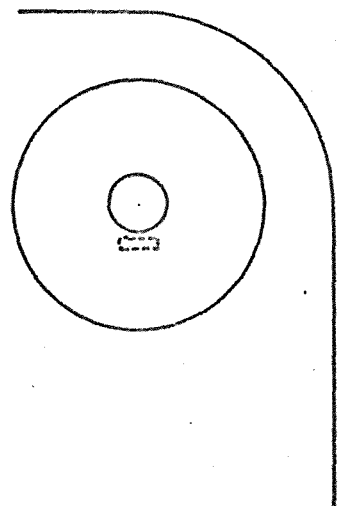
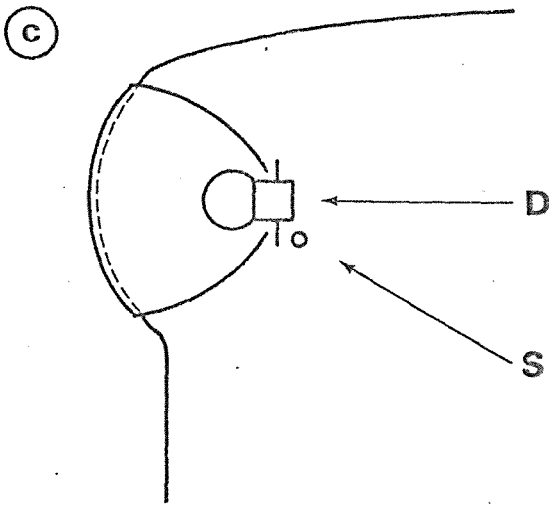
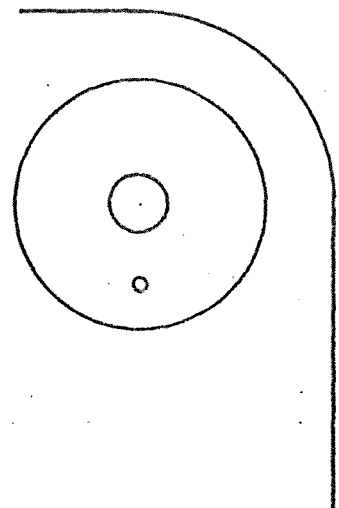
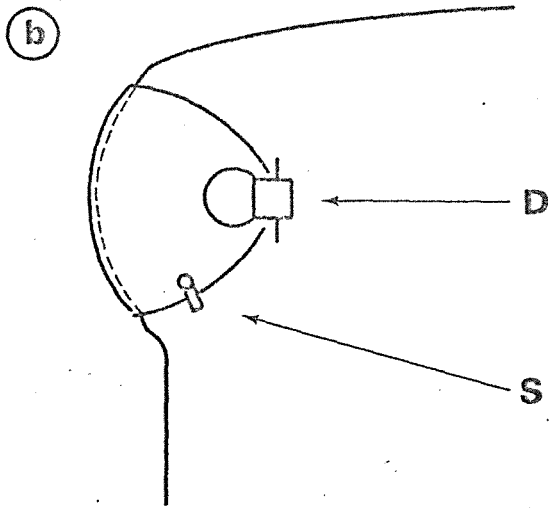
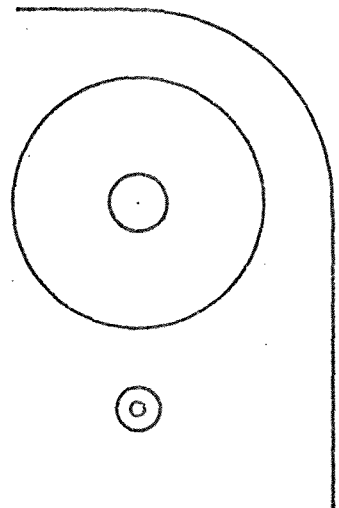
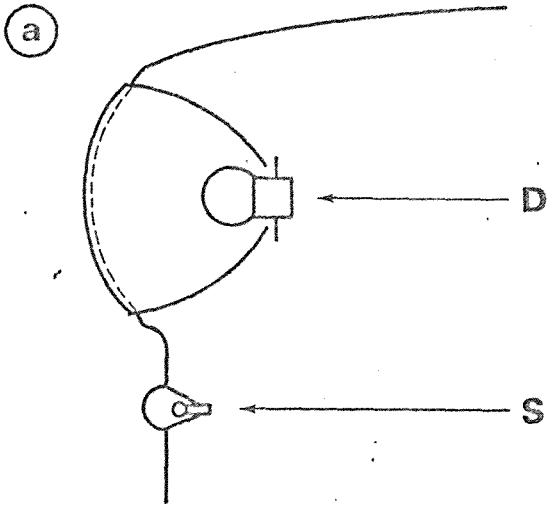


b



c





ANNEX A1 t/m A6

- Annex A1. Ongevallen
- Annex A2. Het gebruik van dimlichten
- Annex A3. Bijdrage tot verlichting; reflectoren
- Annex A4. Verblinding
- Annex A5. Vervuiling en instelling van dimlichten
- Annex A6. Verbeteringen aan dimlichten
- Annex A7. Enige onderzoekresultaten

ANNEX A1

Ongevallen

Het eerste onderzoek op grote schaal naar de invloed van het gebruik van stads- of dimlicht op verkeersongevallen is uitgevoerd in Engeland en beschreven door het (Transport and) Road Research Laboratory (RRL, 1964). In de samenvatting wordt vermeld dat "the only significant change found which can be associated with the use of dipped headlights at night was the reduction in pedestrian accidents on less well-lit roads in Bristol".

De Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV heeft in Nederland een soortgelijk onderzoek uitgevoerd (zie SWOV, 1969a). Hier luidde de conclusie betreffende de verkeersongevallen: "de toename van ca. 35% tot ca 80% dimlichtrijders heeft géén aantoonbare invloed op het totaal aantal verkeersongevallen gehad". Wel is geconcludeerd dat er relatief meer ongevallen met voetgangers plaatsvonden bij auto's die stadslicht voeren.

Voorts is in België het ongevallenpatroon bestudeerd nadat op 15 juni 1968 het gebruik van dimlicht verplicht was gesteld (De Brabander, 1971). De slotconclusie luidt dat zelfs wanneer men rekening houdt met het feit dat in België de controle op gebruik en afstelling van dimlichten beter is dan in vele nabuurlanden, dimlichten even ongeschikt zijn om op wegen met openbare verlichting te gebruiken als stadslichten: er zijn geen significante wijzigingen in het ongevallenpatroon gevonden, die direct kunnen worden toegeschreven aan het type voertuigverlichting.

De Working Party 20 van de ECE heeft een enquête onder de lidstaten gehouden. Uit de antwoorden van negen landen blijkt niet dat er elders gegevens bestaan die een antwoord op de bedoelde vraag kunnen geven.

ANNEX A2

Het gebruik van dimlichten

Zowel het onderzoek in Engeland als dat in Nederland wijst er op dat bestuurders, wanneer zij de vrije keuze tussen stadslicht of dimlicht hebben, op slecht verlichte wegen de voorkeur geven aan dimlicht. Er is dus kennelijk een relatie tussen de kwaliteit van de openbare verlichting en de keuze van de autoverlichting; deze relatie is echter verder niet bekend.

In een aantal landen wordt het aan de bestuurder overgelaten of hij, binnen bebouwde kom en op wegen met openbare verlichting, stadslicht of dimlicht wil gebruiken. Aangezien er verschillen in de aan te leggen criteria kunnen bestaan, is te verwachten dat in vele gevallen een gedeelte van de auto's stadslicht en het andere gedeelte dimlicht zal voeren. Uit de ECE-enquête blijkt dat er alleen in de verder genoemde rapporten van het RRL en de SWOV gegevens zijn opgenomen over de werkelijk voorkomende "mengverhouding".

Uit het feit dat een verandering van deze mengverhouding geen effect heeft op de ongevallen, is in beide rapporten de conclusie getrokken dat het meer het gemengd voorkomen van de twee typen voertuiglichten is dat tot gevaarlijke situaties leidt dan de grootte aan de mengverhouding. Opgemerkt moet worden dat in beide onderzoeken bij het stadslicht nog vele zeer zwakke exemplaren waren. Het is derhalve de vraag of het gerechtvaardigd is nog steeds een sterke nadruk te leggen op de noodzaak dat alle auto's gelijksoortige lichten voeren.

In Figuur A2.1. zijn een aantal recente metingen van stadslichten weergegeven. De frequentie betreft de aantallen ter keuring aangeboden typen, en dus niet de frequentie van voorkomen op de weg. Met name is de mediaan interessant: tussen 11 en 12 cd.

ANNEX A3

Bijdrage tot verlichting; retroreflectoren

De bijdrage van dimlichten tot de verlichting van de weg en eventueel daarop voorkomende objecten is gering. Overigens is weinig onderzoek speciaal gericht op de zichtbaarheid met dimlicht zonder meer. De reden is dat dimlicht vooral in aanmerking komt bij aanwezigheid van tegenliggers. Zichtbaarheidsmetingen zijn dan ook meestal beperkt tot de volgende twee gevallen: hoofdlicht (hier niet van belang) en dimlicht met tegenliggers (zie ook Annex A4). Zoals reeds is aangegeven, leidt dit verlichtingssysteem meestal tot het licht afsteken van de objecten tegen een donkere achtergrond. Openbare verlichting daarentegen leidt meestal tot een omgekeerde silhouetwerking. Wanneer beide verlichtingstypen gelijktijdig voorkomen, is te verwachten dat twee effecten elkaar tegenwerken, hetgeen resulteert in een vermindering van de zichtbaarheid. De berekeningen, weergegeven in SWOV (1969a, p.20 vv) leidde tot de uitspraak dat "bij wegen met een gemiddelde wegdeklluminantie van meer dan ca 0,1 cd/m² (d.w.z. bij alle wegen behalve de uitgesproken slecht verlichte) de contrasten van objecten op de weg bij gebruik van dimlichten minder zijn dan bij het gebruik van stadslichten". Hieraan werd toegevoegd dat dimlichten wel een verbetering geven bij zeer korte afstanden, en bij wegen waar zeer donkere plekken aanwezig zijn (bijv. tijdens regen). Deze conclusies stemmen overeen met de resultaten van Dunbar (1938), Fisher (1968), Knudsen (1968), Smith (1938) en Waldram (1938). Het gebruik van dimlichten geeft echter een duidelijke verhoging van de zichtbaarheid van retroreflectoren. In SWOV (1969b) is gegeven dat, onder een aantal met name genoemde voorbehouden,

$$E_0 = \frac{r \cdot I \cdot o}{R^4}$$

waarin E_0 de drempelwaarde van de signaallichten, I de lichtsterkte van de lantaarns, r het retroflecterend vermogen, o het oppervlak van de reflector en R de zichtbaarheidsafstand is (E_0 in lux, I in cd, r in cd/m² per lux, o in m², en R in m).

De luminantie van de retroflector is evenredig met I (bij constante E_0 , R en r). Overgang van gangbaar stadslicht ($I < 50$ cd) naar dimlicht ($I > 1000$ cd, steeds van twee lantaarns) geeft dus een grote toename van de luminantie. De invloed op de zichtbaarheidsafstand (voor de verkeersveiligheid van meer belang dan de luminantie) is echter veel geringer, omdat R evenredig is met $\sqrt[4]{I}$. Wanneer I dus 20 x groter wordt, neemt R slechts toe met een factor $\sqrt[4]{20} = 2,1$. Beschouwt men de "verbeterde stadslichten" met een lichtsterkte van zeg 100 cd per stuk dan wordt het verschil in zichtbaarheidsafstand ten opzichte van dimlicht nog geringer, en wel $\sqrt[4]{5} = 1,49$. Voorlopige waarnemingen bevestigen dit: het blijkt dat ook lichten met een lichtsterkte van ca 100 cd een bijdrage kunnen leveren tot de zichtbaarheid van retroreflectoren. Voor de theorie en de toepassingsgebieden van retroreflectoren zij verwezen naar bijv. James & Hayward (1960) en Anon (1958).

ANNEX A4

Verblindings

Verblindings ontstaat wanneer een of meer storende, heldere lichtbronnen binnen het gezichtsveld aanwezig zijn. Daardoor kan de waarneming van de objecten worden bemoeilijkt of zelfs onmogelijk gemaakt ("echte" verblindings, "disability glare"). Voorts kan het gemak van waarneming worden beïnvloed (verblindingshinder of "discomfort glare"). Men neemt algemeen aan dat dimlichteneen aanzienlijke mate van verblindingshinder opleveren, en dat in dit opzicht stadslichten verre te verkiezen zijn, met name wanneer het gaat om voetgangers of fietsers. Over de vraag of de mate van "echte" verblindings of disability glare die door dimlichten wordt veroorzaakt, al dan niet kan worden getolereerd, heerst nog aanzienlijk verschil van opvatting. De resultaten van enige onderzoekingen zullen hier worden samengevat.

In SWOV (1969a) is afgeleid dat $L = 3,38 n/d^2$ waarbij L de minimaal noodzakelijke wegdekluminantie is, n het aantal tegelijk zichtbare tegenliggers, en d de dwarsafstand tussen de elkaar tegemoet komende auto's. Dit verband geldt onder de volgende voorwaarden:

- a. er is slechts één lamp per auto zichtbaar;
- b. deze lamp is een juist afgesteld, "E" type dimlicht;
- c. een drempelwaardeverhoging van 20% in de contrastgevoelighed is geaccepteerd;
- d. het betreft waarneming van tamelijk kleine objecten.

Voor $n = 3$ en $d = 3$ m (beide waarden die niet extreem zijn) volgt uit het gegeven verband $L = 1 \text{ cd/m}^2$. Dit betekent dat de gemiddelde wegdekluminantie 1 cd/m^2 moet zijn (de waarde die door de Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde wordt aanbevolen voor niet te drukke stadsstraten (NSVV, 1975) om te voorkomen dat de contrastgevoelighed met meer dan 20% afneemt - en dit op een tamelijk brede weg met slechts drie tegenliggers. Deze overwegingen hebben tot de volgende conclusies geleid (SWOV, 1969a, p.30):

"Zelfs de huidige, internationaal genormaliseerde, asymmetrische Europese dimlicht levert een onacceptabele mate van verblinding op voor de tegenliggers, behalve wanneer hetzij het aantal tegenliggers gering is of wel de gemiddelde wegdekkluminantie aanzienlijk hoger is dan op het ogenblik gebruikelijk is, of de middenberm (bij wegen met gescheiden rijbanen) zeer breed is. Geen van deze gevallen zijn gebruikelijk binnen de bebouwde kom, zodat geconcludeerd kan worden dat het huidige dimlicht voor gebruik binnen de bebouwde kom ontoelaatbaar is ten gevolge van de optredende verblinding.

N.B. De nieuw ontwikkelde duplo-halogeenlampen leveren ongeveer dezelfde lichtsterkte naar de tegenliggers. Hierbij is wat de verblinding betreft dus nauwelijks verschil t.o.v. de conventionele lampen, gezien de ook bij deze lampen nog steeds geringe bijdrage tot de wegdekkluminantie".

Het door Judd (1969) gegeven literatuuroverzicht komt tot een dergelijke conclusie. Ook de resultaten van Bindels (1970) wijzen in dezelfde richting.

ANNEX A5

Vervuiling en instelling van dimlichten

1. Vervuiling

Wanneer een koplantaarn aan de buitenkant vervuild of nat is, treden twee effecten op.

Ten eerste wordt door het vuil een deel van het licht geabsorbeerd, zodat de effectieve lichtsterkte afneemt. Rumar (1973a) heeft aangetoond dat deze absorptie bij een op het oog nog schone lantaarn reeds 10-20 % bedraagt. Op modderige wegen is de absorptie bijna steeds meer dan 50%. Overigens is het merkwaardig dat de meeste bestuurders een absorptie van 60% niet of nauwelijks merken. Dit alles kan uiteraard leiden tot een aanzienlijke reductie van de zichtbaarheid (zie ook Cox, 1968).

Een tweede effect is de toename van de verblinding. Uit (onpubliceerd) onderzoek in Nederland is gebleken dat bij regen de lichtsterkte van dimlichten in de richtingen die voor het optreden van verblinding van belang zijn, gemiddeld anderhalf maal hoger zijn dan vergelijkbare lichtsterkte bij droog weer. Hierbij komt nog de verblinding die kan optreden ten gevolge van spiegelingen in het (natte) wegdek. Vuil heeft een grotere invloed: de verblinding kan tot het drievoudige oplopen in vergelijking tot een schone, droge ruit.

2. De instelling van dimlichten

De werking van een dimlicht is gebaseerd op een compromis tussen verlichting enerzijds en verblinding anderzijds. Dit compromis is steeds gekenmerkt door een zeer grote gradiënt in de lichtsterkte in de buurt van de horizontaal (de zgn. coupure of cut-off). De gedachte is dat, gezien vanuit de lantaarns, de ogen van tegenliggers steeds boven de horizon zijn, en het te verlichten weggedeelte eronder. Bij een scherpe coupure kan de verblinding van de tegenliggers gering zijn en tegelijk de

wegverlichting hoog. Wanneer men zich echter realiseert over welke waarden van de hoeken dit gaat, is het duidelijk dat de technische mogelijkheden voor massaproductie beperkt zijn.

Afbeelding A5.1. geeft aan hoe in de loop der jaren de gradiënt, in de verhouding E_{50}/E_H is gegroeid. Deze grootheden zijn evenredig met de lichtsterkten in een richting corresponderend met een punt op 50m voor de auto, resp. met de horizon. Tussen deze twee richtingen bestaat een hoek van slechts ca. 40 boogminuten. In Afbeelding A5.2. is aangegeven welke verhoudingen met nodig zou hebben om tot verdere verbeteringen te komen.

Er kleven echter een aantal praktische beperkingen aan het toepassen van zeer scherpe coupures in het verkeer. Deze zijn: foutieve instelling op de auto, positieverandering ten gevolge van de ladingtoestand van de auto, en de invloed van oneffenheden van de weg.

Het juist afstellen van autokoplantaarns is geen eenvoudige zaak, gezien de nauwkeurigheid waarmee dit dient plaats te vinden. Zelfs bij vrijwillige keuringen, waarbij men mag verwachten allereerst diegenen aan te treffen die ernst maken met het onderhoud van hun auto, blijkt dat gewoonlijk meer dan $1/3$ van de koplantaarns foutief staat afgesteld (SWOV, 1969a). In Afbeelding A5.3 zijn gegevens van Lindae (1969) weergegeven. Zelfs bij een bijzonder breed "Sollbereich", met een toegelaten variantie van 20 cm op 10 m afstand, blijkt nog bijna de helft van de voertuigen een verkeerde koplampafstelling te hebben. In Afbeelding A5.4. zijn een aantal Britse gegevens (Glover, 1963) weergegeven in een cumulatieve frequentieverdeling. Ook hier blijkt dat er een zeer grote spreiding in de afstelling bestaat. Zolang de juistheid van de afstelling gecontroleerd moet worden door de ligging van de coupure op een scherm te bekijken, is een verbetering nauwelijks te verwachten. Overigens blijkt dat een mechanisch systeem van uitrichten niet nauwkeuriger is, wel echter gemakkelijker (Hemion et al, 1972).

Een tweede belangrijke beperking van het nut van dimlichten voor wegverlichting is gelegen in de verandering van de positie van de bundel ten opzichte van de horizontaal, die optreedt ten gevolge van variaties in de belastingstoestand van de auto. Een onderzoek hiernaar is uitgevoerd in Engeland (Hignett, 1970). Hier blijkt dat ongeveer $1/3$ van de voertuigen de koplampen meer dan een halve graad te hoog gericht waren, een waarde waarbij de verblinding reeds duidelijk toeneemt. De resultaten zijn weergegeven in Afbeelding A5.5. Zelfs het al-dan-niet gevuld zijn van de benzinetank kan aanzienlijke invloed hebben. Een voorbeeld, ontleend aan Walker (1972), is gegeven in Afbeelding A5.6. Opvallend is dat voor het betreffende voertuig de bestuurder en de passagiers betrekkelijk weinig invloed hebben.

Bij al deze beschouwingen over het uitrichten is er van uitgegaan dat het richten en de afwijkingen erin ondubbelzinnig te meten zijn. Ook dit blijkt lang niet het geval te zijn; Zaccherini (1970b) heeft geconstateerd dat van een groep van 32 uitrichtapparaten de gemiddelde verticale afwijking 0,08 graad naar beneden is met een standaard-deviatie van 0,17 graad. Dit betekent dus dat bij 1 op de 20 apparaten te verwachten is dat de normwaarde meer meer dan 0,4 graad te laag of bijna 0,3 graad te hoog is. Voor de horizontale instelling is iets analoogs gevonden.

De door Walker (1972) gegeven conclusie dat het visuele uitrichten op een scherm het minst nauwkeurig is van alle systemen, en dat alleen mechanisch uitrichten in aanmerking komt voor onderhoud, hangt samen met de in de USA gebruikelijke bundelpatronen die een minder scherpe coupure geven dan de gebruikelijke Europese patronen. De resultaten zijn dan ook niet zonder meer van toepassing op Europa. Wel blijkt dat ook een mechnische uitrichting nog aanzienlijke fouten op kan leveren. De onnauwkeurigheid in verticale richting (door Walker als "excellent" aangeduid) kan nog 0,2 graad bedragen.

Hierbij is verondersteld dat de lampen zelf geen onderlinge tolerantie vertonen. Zaccherini (1970a) heeft aangetoond dat ook deze aanname nauwelijks houdbaar is. Van de onderzochte

partijen van in totaal 300 koplampen voldoen er slechts 13 aan alle eisen! In vele gevallen bleek de verblinding te hoog te zijn. De gemiddelde verblindingswaarde (EB50) van deze 300 koplampen bedroeg 0,301 lux op 25 m met een standaardafwijking van 0,038. De maximaal toegestane waarde is 0,3 lux op 25 m. De conclusie van Zaccharini uit deze metingen luidt: "the question arises whether such a bad compliance must be tolerated in order to account for the tolerances required by the headlight manufacturing process. If this is the case, it is obvious that the values specified in European Light Regulation 1 are unrealistic and must thus be revised in order to adapt them to the factual possibilities of today's production techniques". De laatste stelling is echter zelf weer aanvechtbaar; men zou zich ook kunnen voorstellen dat de fabrikagetechnieken worden aangepast aan de eisen gesteld door het verkeer.

Van belang tenslotte is het resultaat van een aantal metingen die zijn uitgevoerd aan het normale verkeer. Hierbij is, onder normale verkeersomstandigheden, de lichtsterkte gemeten die door de koplampen van passerende auto's in de richting van de ogen van tegenliggers wordt uitgestraald. Onder auspiciën van het Engelse Transport and Road Research Laboratory zijn in Engeland, België, Nederland, West-Duitsland en Frankrijk dergelijke metingen uitgevoerd (Yerrell, 1971a). Een aantal van de resultaten zijn weergegeven in Afbeelding A5.7, waaruit blijkt dat in het normale verkeer (maar afgezien van de oneffenheden in de weg, die bewust buiten beschouwing zijn gebleven) ongeveer 80% van de auto's meer verblinden dan wettelijk is toegestaan; de wettelijke grens ligt voor de hier gekozen omstandigheden bij 375 cd voor twee lantaarns samen, zijnde tweemaal de zgn. EB50 waarde. Ook door een Nederlands instituut zijn dergelijke metingen uitgevoerd, waarvan de resultaten echter nog niet zijn gepubliceerd. De resultaten zijn analoog aan die van Yerrell.

ANNEX A6

Verbeteringen aan dimlichten

Uit het voorgaande kan worden geconcludeerd dat het dimlicht zoals het nu bestaat niet geschikt is als voertuigverlichting op wegen die van een openbare verlichting zijn voorzien. De conclusie dienaangaande uit SWOV (1969) is in par. 4.1.5. geciteerd. Men heeft van verschillende kanten voorstellen gedaan om tot verbetering te komen. De toepassing van halogeenlampen levert winst op in de lichtstroom; aangezien de eisen betreffende de verblinding ongeveer gelijk zijn gebleven, is er wat dat betreft geen voordeel te verwachten. Hoewel theoretisch enige winst in zichtbaarheid is te verwachten (De Boer & Schreuder, 1969) blijkt dit niet uit zichtbaarheidsmetingen (Rumar, 1970). Ook andere variaties in bundelpatroon blijkt geen winst op te leveren; met name zal het overgaan op een bundel met minder scherpe coupure, die dus minder gevoelig is voor foutieve afstelling geen verbetering opleveren. Dit blijkt uit een aantal andere onderzoeken, waarbij Europees Symmetrisch dimlicht, Europees Asymmetrisch dimlicht en het Amerikaanse zgn. Sealed Beam-systeem met elkaar zijn vergeleken (zie hiervoor bijv. De Boer & Vermeulen, 1951a; GTB, 1955). Het voordeel dat Rumar (1973b) bij toepassing van Sealed Beam heeft gevonden, is eerder terug te brengen op de karakteristieken van de gebruikte experimentele situatie dan op een gunstig effect van een minder scherpe coupure.

Een andere mogelijkheid om een aantal van de negatieve eigenschappen van dimlichten te vermijden is de lantaarn (of de hele auto) te stabiliseren (zie bijv. Moore & Christie, 1970; Devaux, 1970; Cibié, 1970; Yerrell, 1971b).

ANNEX A7

Enige onderzoekresultaten

De bovengrens van de lichtsterkte van een "verbeterd stadslicht" wordt bepaald door de toelaatbare verblinding. Enige relevante onderzoekresultaten zijn gegeven door: Adrian, 1961, 1964, 1969; Allen, 1970; Bindels, 1973; De Boer & Morass, 1956; Fisher, 1974; Fisher & Christie, 1965; Hartmann, 1963; Hartmann & Moser, 1968; Hemion, 1968; Johansson et al., 1963; Johansson & Rumar, 1968; Vos, 1963; Webster & Yeatman, 1968; Wortman & Webster, 1968.

De ondergrens van een dergelijk "verbeterd stadslicht" wordt bepaald door de waarneembaarheid. Hierover zijn enige relevante gegevens vermeld door: Balder, 1956; Boissin & Pagès, 1963; De Brabander, 1972; Fisher, 1974, Hargroves, 1971; Judd, 1969, Projector et al., 1969; Roszbach, 1974; SWOV, 1969, 1973.

Gegevens over de samenhang tussen opvallendheid en afmetingen van signaallichten zijn af te leiden uit de onderzoeken die beschreven zijn (of zijn samengevat) door Adrian & Eberbach, 1967; Hartmann & Ucke, 1974; Middleton, 1952; Schreuder, 1973.

Figuren bij Annex A1 t/m A5

Figuur A2.1. De lichtsterkte I in cd van een aantal recente merken stadslichten (n = 55; mediaan tussen 11 en 12 cd)

Figuur A5.1. De ontwikkeling van de scherpte van de coupure bij dimlichten. E: Europees Dimlicht. SB: Sealed Beam (naar Devaux, 1970)

Figuur A5.2. Hypothetische lichtsterkteverdeling van dimlichten. Boven de horizontaal langs het spoor van het oog van een tegenligger, onder de horizontaal langs de rechtberm. Boven de horizontaal (kromme e) is de maximaal toegelaten lichtsterkte gekozen ($E_H = 0,7$ lux (punt 7), $E_{B50} = 0,3$ lux op 25 m). Kromme 1 geeft een normale dimlantaarn weer; bij de krommen 2 en 3 is de lichtsterkte 50%, resp. 100% hoger gekozen. De krommen 4, 5 en 6 corresponderen met zichtbaarheidsafstanden van 100 m, 110 m en 120 m (Bron: De Boer & Schreuder, 1966).

Figuur A5.3. Frequentieverdeling die de instelling van autolantaarns weergeeft (Naar Lindae 1969).

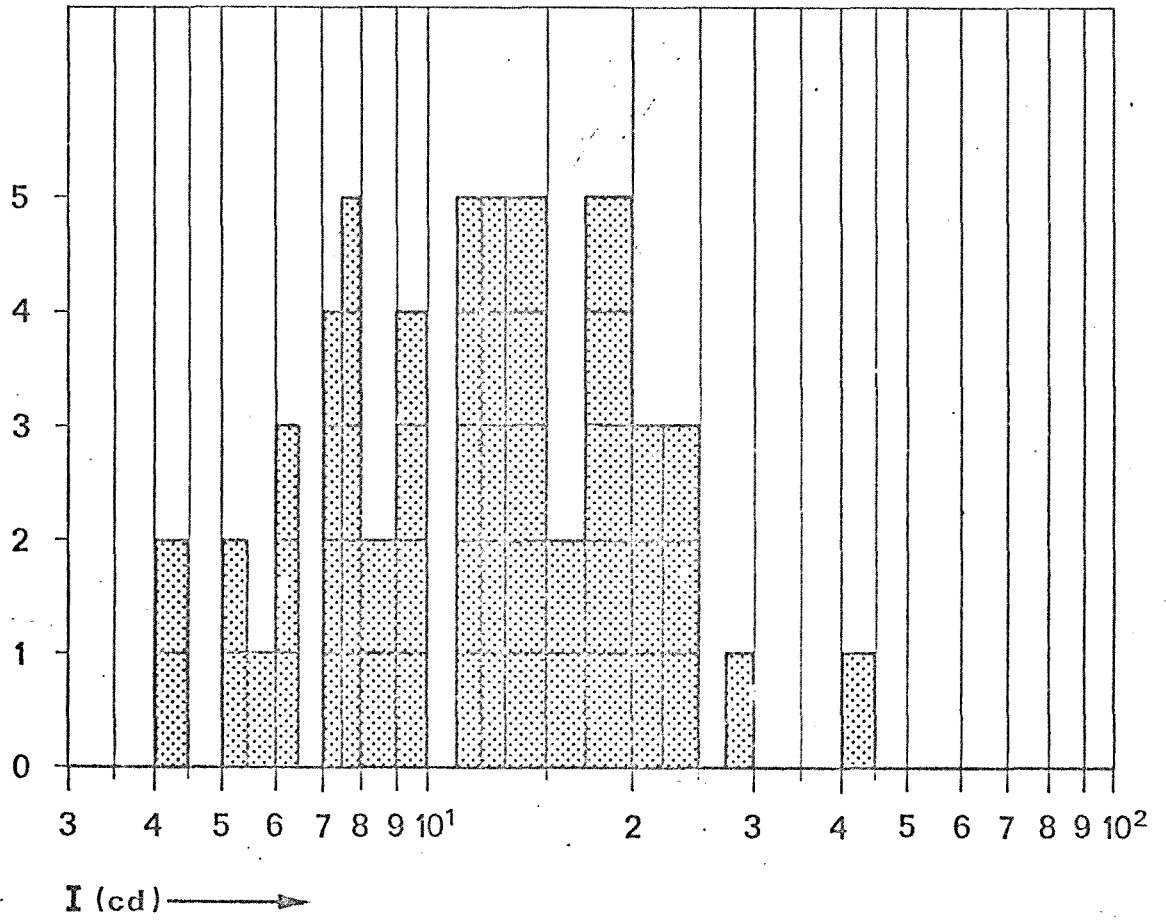
Figuur A5.4. Cumulatieve frequentieverdeling van verticale instelling van koplantaarns. 1 personenauto's 2 vrachtauto's (gebaseerd op gegevens van Glover, 1963)

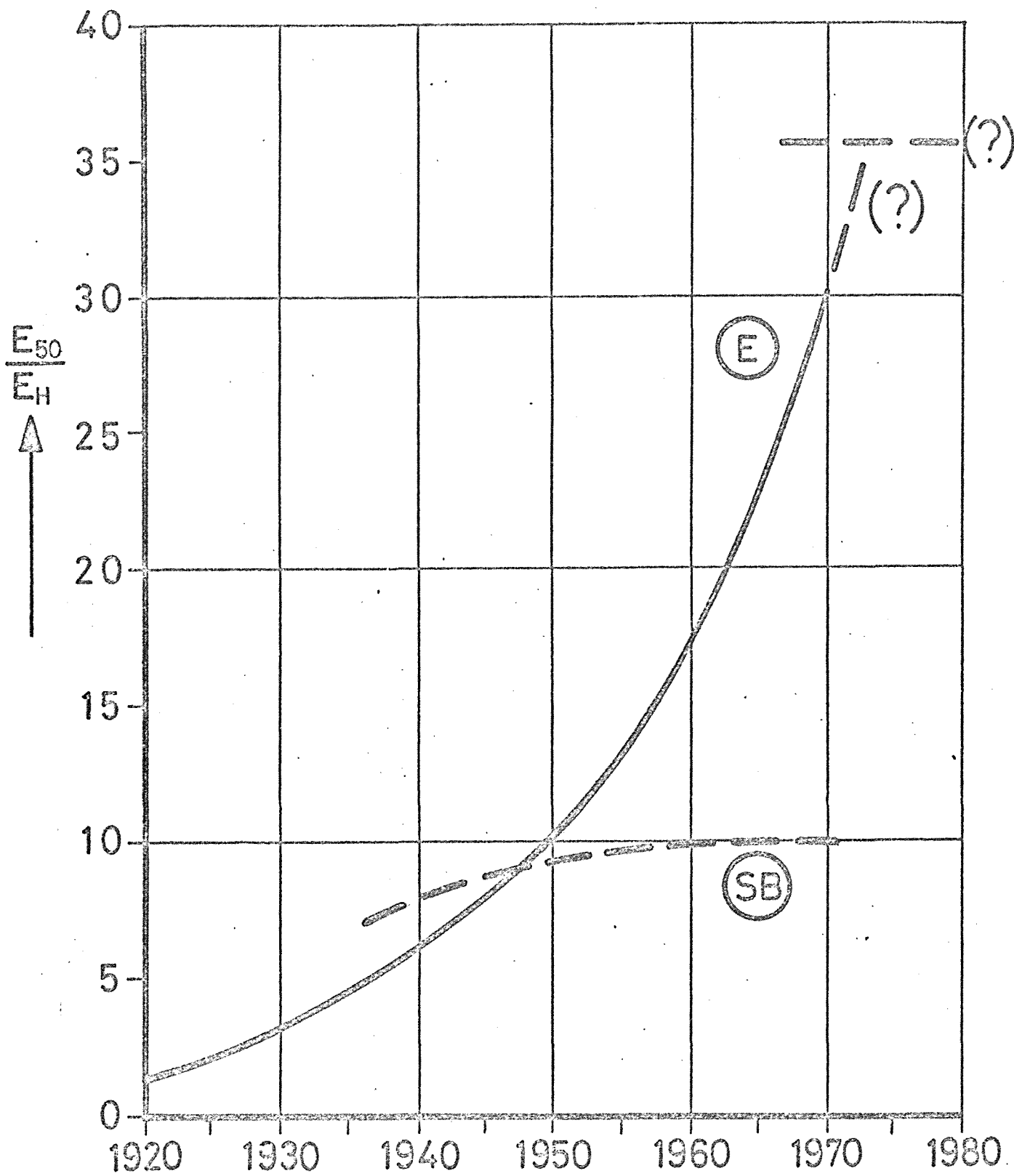
Figuur A5.5. Positieverandering van personenauto's en lichte vrachtauto's ten gevolge van belading (naar Hignett, 1970)

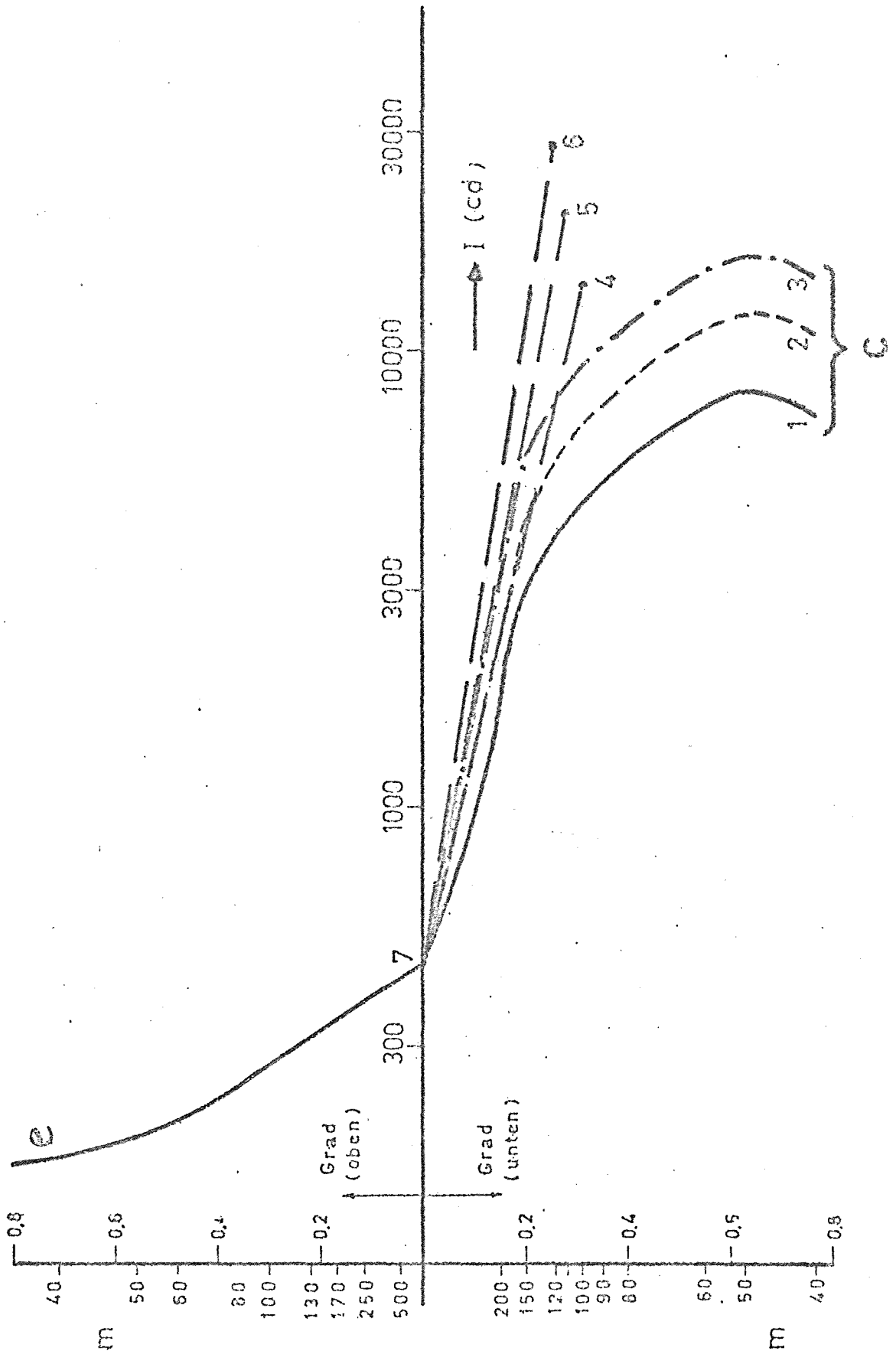
Figuur A5.6. Effect van lading op richting van koplantaarns. Lantaarns uitgericht met tank half vol. Test auto: Ford 1967, Custan 500. I tank leeg, II tank half vol, III tank vol.

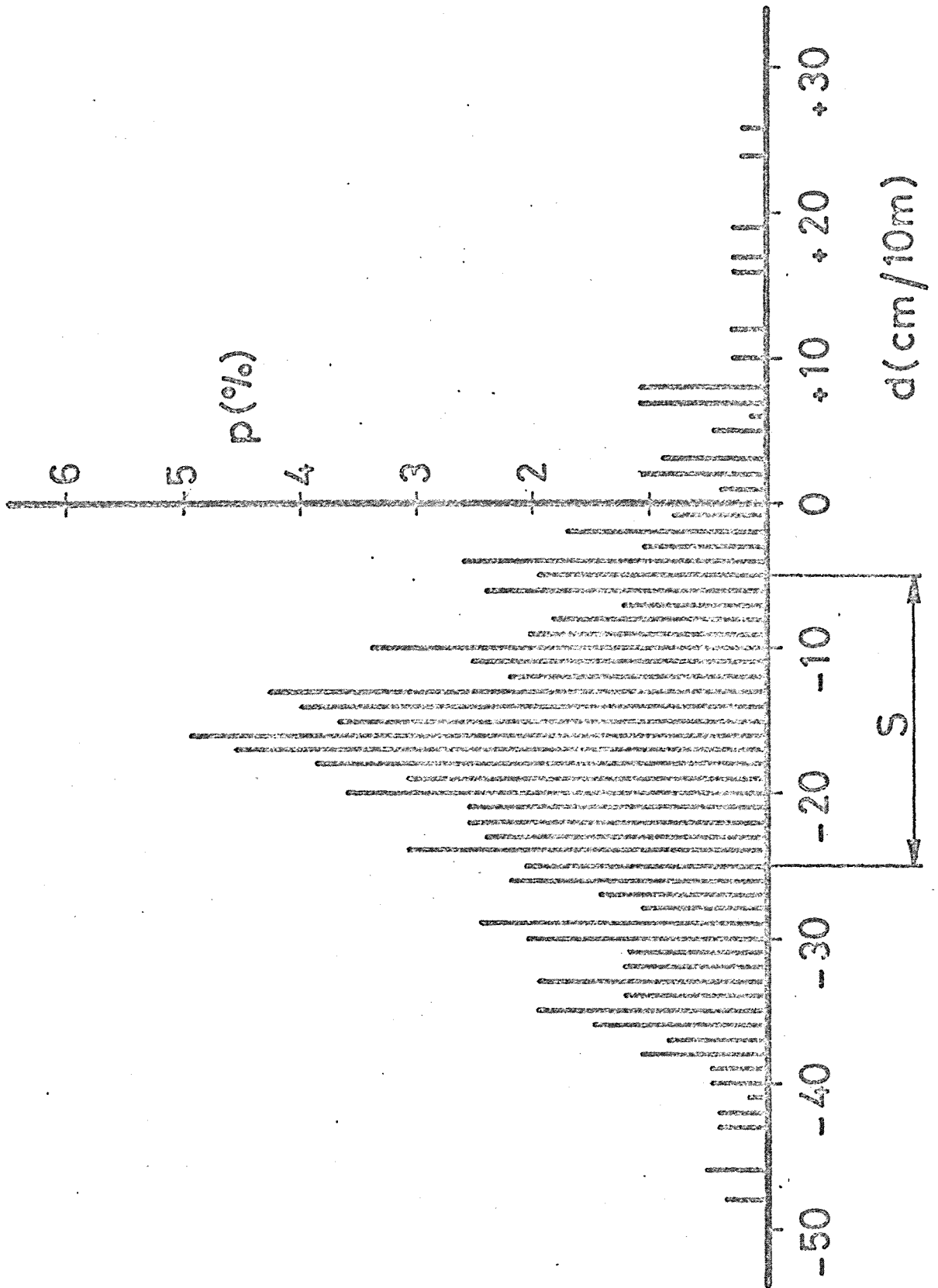
A auto onbeladen B bestuurder en passagier

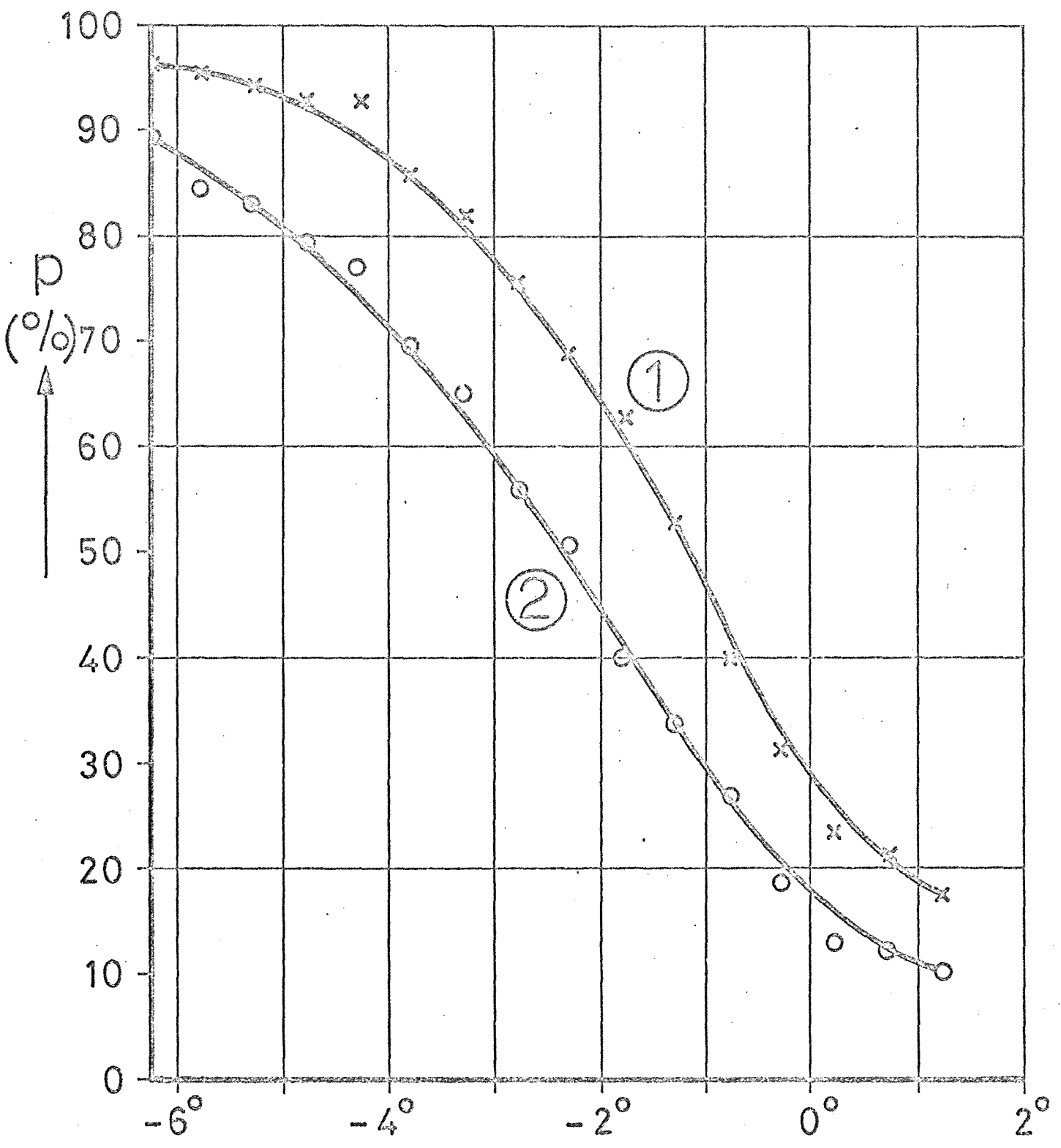
Figuur A5.7. Frequentieverdeling van percentage auto's (p) bij aangeven verblindingssterkte I (cd) o België, • Nederland Δ Duitsland \blacktriangle Frankrijk - berekend gemiddelden (naar Yerrell 1971).

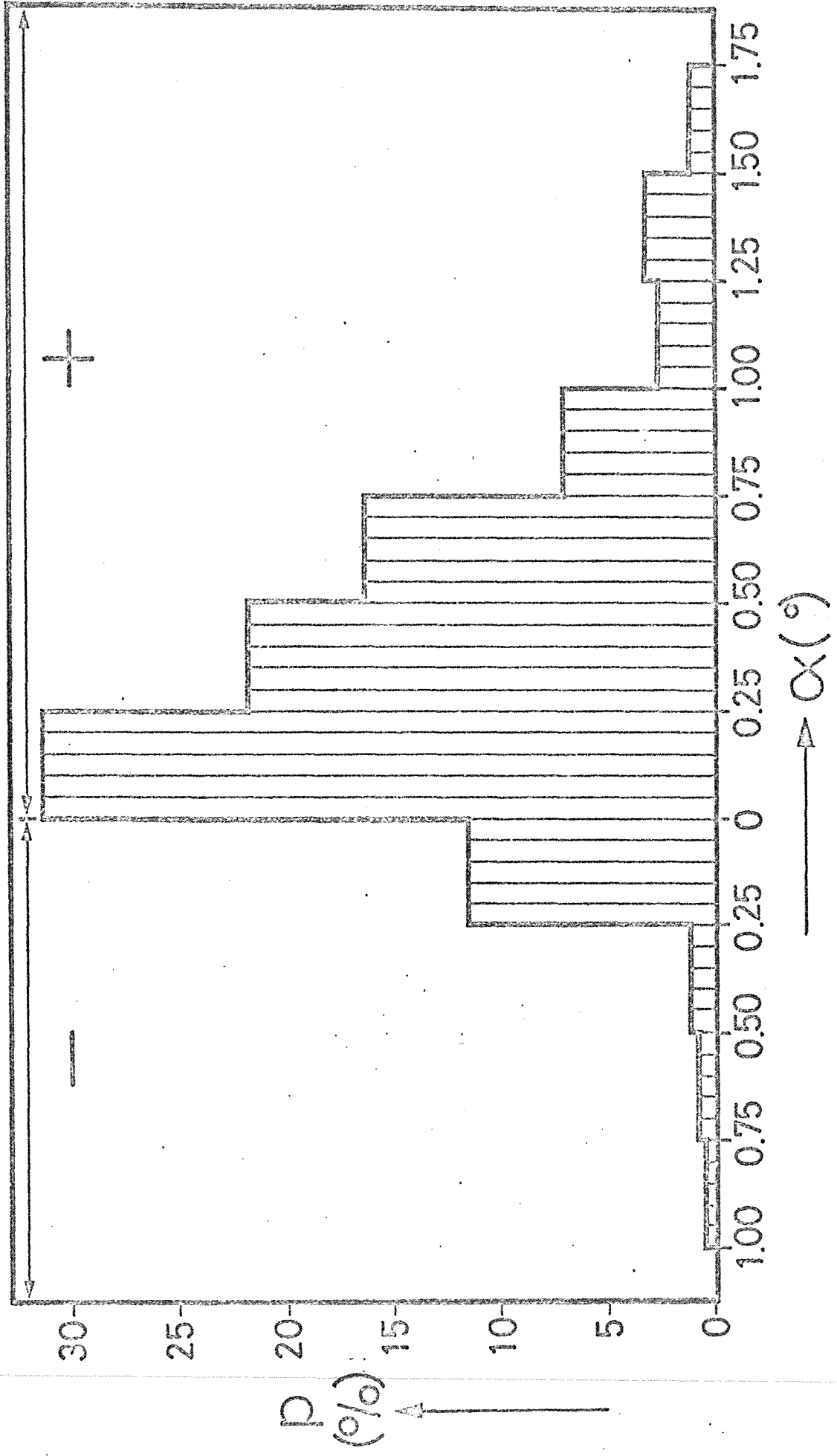


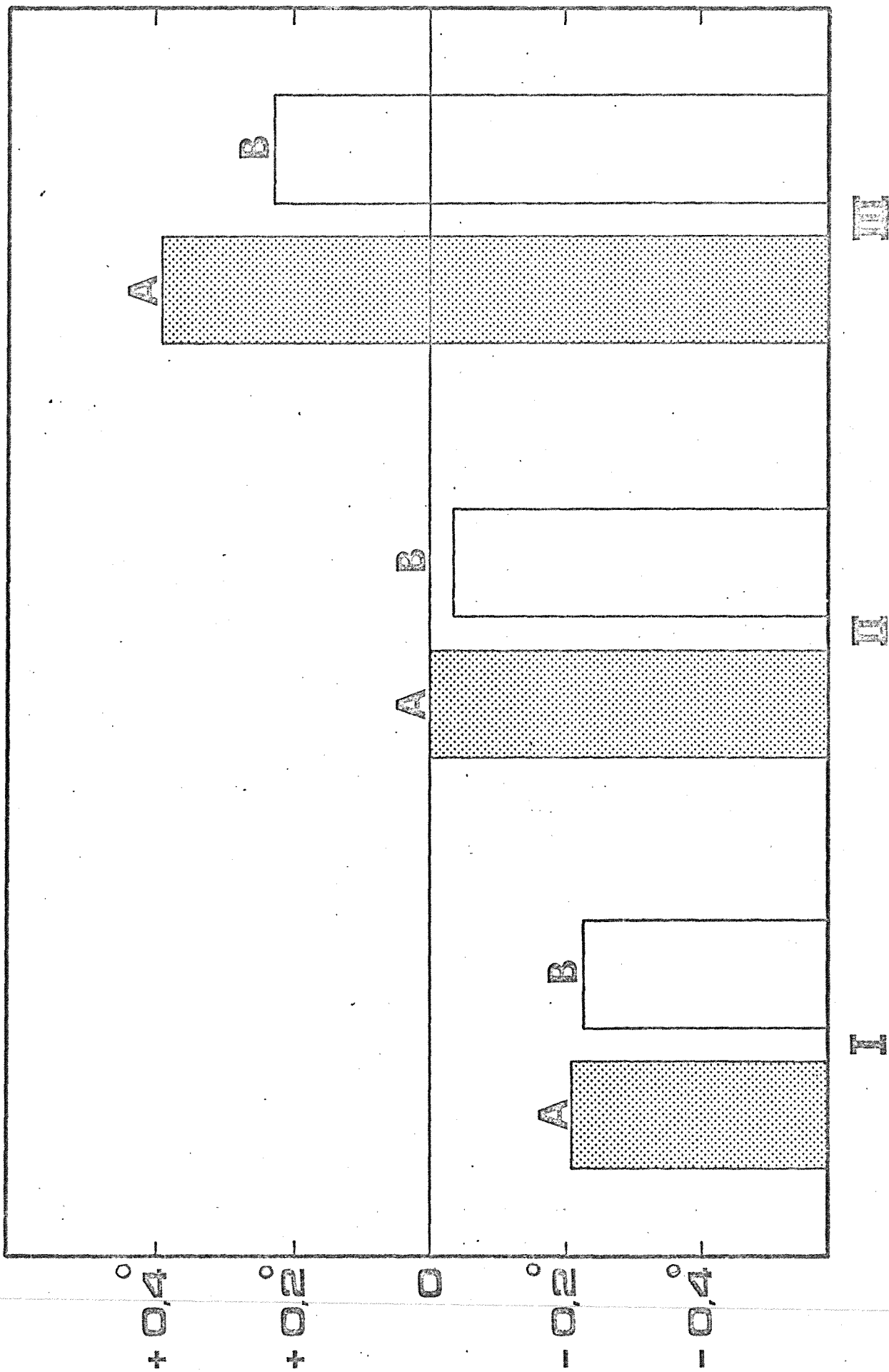


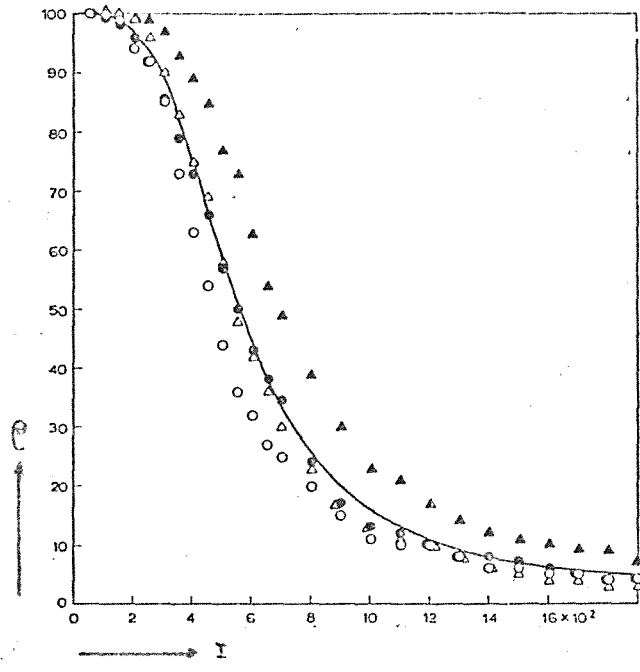












LITERATUUR

- ADRIAN, W. (1961). Der Einfluss störender Lichter auf den Extrafoveale Wahrnehmung des menschlichen Auges. *Lichttechnik* 13 (1961) 450-454; 508-511; 558-562.
- ADRIAN, W. (1964). Zur Blendungsbewertung bei der Beleuchtung von Strassen. *Lichttechnik* 16 (1964) 541-546.
- ADRIAN, W. (1969). Die Unterschiedsempfindlichkeit des Auges und die Möglichkeit ihrer Berechnung. *Lichttechnik* 21 (1969) 2A-7A.
- ADRIAN, W. & EBERBACH, K. (1967). Ueber den Einfluss der Leuchtenausdehnung bei der psychologischen Blendung in der Strassenbeleuchtung. *Lichttechnik* 19 (1967) 67A-70A.
- ALLEN, M.J. (1970). *Vision and highway safety*. (1970) Chilton Book Company.
- ANON. (1958). *Reflex reflectors*. Road Research Technical Paper No. 42. London (1958) H.M. Stationary Office.
- ANON. (1971a). *The perception and application of flashing lights*. London (1971) Hilger.
- ANON. (1971b). *Psychological aspects of driver behaviour*. Papers Symposium (Noordwijkerhout, The Netherlands). Voorburg (1971) SWOV.
- ANON. (1973a). *Wegverlichtingen oppervlaktetextuur*. *Wegen* 47 (1973) 320-334.
- ANON. (1973b). *Verkeerslichten; Toelichting op de norm NEN 3322*, uitgave december 1972. *Elektrotechniek* 51 (1973) 611-633.
- ANON. (1974). *Wegontwerp en wegverlichting tegen de achtergrond van de verkeersveiligheid*. Preadviezen Congresdag 1974. 's Gravenhage (1974) Vereniging Het Nederlandsche Wegcongres.

- ASMUSSEN, E. (1972). Transportation research in general and traveller decision making in particular as a tool for transportation management. In: OECD (1972).
- BALDER, J.J. (1956). Stadslichten op goed verlichte wegen. Wegen 30 (1956) 83.
- BEHRENS, H. & KOKOSCHKA, S. (1973). Beleuchtung der Kraftfahrzeuge bei Nebel. Karlsruhe (1973) Universität, Lichttechnisches Institut.
- BINDELS, J.T.H. (1970). De invloed van de verblinding, veroorzaakt door autokoplantaarns, op de contrastgevoeligheid van het menselijk oog. Diss. TH Eindhoven (Niet gepubliceerd).
- BINDELS, J.T.H. (1973). Factoren die de visuele waarneming bij autoverlichting beïnvloeden. De Ingenieur 85 (1973) 65-70.
- BLOKPOEL, A. & DETH, A. van (1974). De energiecrisis en de verkeersonveiligheid in november en december 1973. Voorburg (1974) SWOV.
- BOER, J.B. de (1971). Introductory lecture. Proc. XVIII Session CIE (Barcelona, 1971). Paris (1972) CIE.
- BOER, J.B. de (ed.) (1967). Public lighting. Eindhoven (1967) Centrex.
- BOER, J.B. de & MORASS, W. (1956). Berechnung der Sehweite aus der Lichtverteilung von Automobilscheinwerfer. Lichttechnik 8 (1956) 433-437.
- BOER, J.B. de & SCHREUDER, D.A. (1969). Betrachtungen über die Anwendung von Halogenscheinwerfer für die Kraftfahrzeugbeleuchtung. Lichttechnik 21 (1969) 88A-92A.
- BOER, J.B. de & VERMEULEN, D. (1951a). On measuring the visibility with motorcar headlights. Appl. Sci. Res. B2 (1951) 1-32.

BOER, J.B. de & VERMEULEN, D. (1951b). Motorcar headlights. Philips Techn. Rev. 12 (1951) 305-317.

BOISSIN, H. & PAGÈS, R. (1963). Determination des seuil de perception des signaux routiers. Proc. XV Session CIE (Vienna, 1963). Paris (1964) CIE.

BRABANDER, L.F. de (1971). Effects sur les accidents de l'utilisation des projecteurs en présence d'éclairage public. CIDITVA (1971) No. 47.

BRABANDER, L.F. de (1972). Intensités des feux de signalisation. S.T. 46/72. Bruxelles (1972) FESR.

BRABANDER, L.F. de (1974). Proposition de réglementation concernant l'intensité des feux de signalisation sur les véhicules. In: GTB (1974).

CANTILLI, E.J. (1969). Daylight "running lights" reduce accidents. Traffic Engng (1969) Febr.: 52-57.

CEMT (1968). Règles Européenes en matière de circulation et de signalisation routières. Vienne (1968) Genève (1971) CEMT.

CIBIÉ, P. (1970). Motor vehicle lighting and self-levelling devices for headlamps. Proc. 13th Congress FISITA (Brussels, 1970). (1970) FISITA.

CIE (1975a). Working programme TC 4.6. Proc. XIX Session CIE (London, 1975). Paris (1976) CIE.

CIE (1975b). Couleurs des signaux lumineux. Publication CIE No.2-2. Paris (1969) CIE.

CIE (1977b). Recommendations for the lighting of roads for motorized traffic. Publication CIE. No.12-2. Paris (1977) CIE.

CIE (1977a). Road traffic control signals. (In preparation)

COX, N.T. (1968) The effects of dirt on vehicle headlamps performance. Report LR 240. Crowthorne (1968) Road Research Laboratory.

DEVAUX, P. (1970). State of the art: Signalling and lighting. Proc. 13th Congress FISITA (Brussels, 1970). (1970) FISITA.

DUNBAR, C. (1938). Necessary values of brightness contrast in artificially lighted streets. Trans. Illum. Engng. Soc. (London) 3 (1938) 187.

FARBER, E.; GALLAGHER, V. & CASSEL, A. (1971). Interaction between fixed and vehicular illumination systems. Phase I Interim Report FH(11-7599). (1971) Federal Highway Administration.

FISHER, A.J. (1968). Visibility of objects against dark backgrounds with street and vehicle lighting. Proc. Fourth Conference ARRB, p. 836-957. Melbourne (1968) Australian Road Research Board.

FISHER, A.J. (1974). The luminous intensity requirements of vehicle front lighting for use in towns. Ergonomics 17 (1974) 87-133.

FISHER, A.J. & CHRISTIE, A.W. (1965). A note on disability glare. Vision Research 5 (1965) 565-571.

FISHER, A.J. & COLE, B.L. (1974). The photometric requirements of vehicular traffic signal lanterns. Proc. Vol. 7, No. 5. Melbourne (1974) Australian Road Research Board.

FISHER, A.J. & HALL, R.R., (1970). Road user reaction to the town driving headlight beam, Proc. No. 5, part 3, p. 252-263. Melbourne (1970) Australian Road Research Board.

FREDÉRIC, C. (1972). La marquage des chaussées. Rapport CRI/72. Bruxelles (1972) Centre des Recherches Routières.

- FREDERIKSEN, E. (1972). The quality of street lighting installations under changing weather conditions. *Elektrotechniek* 50 (1972) 506-514.
- GLOVER, M. (1963). Use of dipped headlights on lighted roads. *Public lighting* 28 (1963) 120: 43-50.
- GRIEP, D.J. (1971). Analyse van de rijtaak I: Systeem analytische gezichtspunten. *Verkeerstechniek* 22 (1971) 303-306.
- GRIEP, D.J. (1972). Analysis of the driving task; System-analytical points of view. In: OECD (1972).
- GROOTENHUIS, D.H. Ten (1976). Inrichting woonerven: Voorwaarden voor functioneren. Voordracht ANWB Verkeerstechnische Leergangen 1976. (Niet gepubliceerd).
- GTB (1955). Essais comparatifs internationaux. Rapport GTB 182. (1955) Groupe de Travail Bruxelles.
- GTB (1974). Vergadering Comité d'Experts (Amsterdam, 1974). Groupe de Travail Bruxelles. (Niet gepubliceerd)
- HAKKER, A.S. (ed.) (1976). Proc. of the International Conference on pedestrian safety (Haifa, 1976). Haifa (1976) Michlol Publishing House.
- HARGROVES, R.A. (1971). A survey on the use of flashing lights on roads and road vehicles. In: Anon (1971a).
- HARTMANN, E. (1963). Die Schwelle der physiologischen Blendung. *Lichttechnik* 15 (1963) 503-505.
- HARTMANN, E. & MOSER, E.A. (1968). Das Gesetz der physiologischen Blendung bei sehr kleinen Blendwinkeln. *Lichttechnik* 20 (1968) 67A-69A.

HARTMANN, E. & UCKE, C. (1974). Der Einfluss der Blendquellengrösse auf die physiologische Blendung bei kleinen Blendwinkeln. *Lichttechnik* 26 (1974) 20-23.

HEMION, R.H. (1968). The effect of headlight glare on vehicle control and detection of highway vision targets. Report AR-640. San Antonio (1968) Southwest Research Institute.

HEMION, R.H.; HULL, R.W. & CADENA, D.G. (1972). Guidelines for improving the stability of headlights aim. Report 829. San Antonio (1972) Southwest Research Institute.

HICKS, H.V. (1970). Supplementary headlight improves driver's seeing distance without dazzling oncoming driver. *SAE Journal* 78 (1970) 40-42.

HIGNETT, H.J. (1970). Vehicle loading and headlamps aim. Report LR 329. Crowthorne (1970) Road Research Laboratory.

JANOFF, M.S. et al. (1970). Daytime motorcycle headlight and tail-light operation, Final report. Philadelphia (1970) Franklin Institute Research Labs.

JACOBS, G.D. (1968). The effect of vehicle lighting on pedestrian movements in well lighted streets. Report LR 214. Crowthorne (1968) Road Research Laboratory.

JAMES, J.G. & HAYWARD, A.T.J. (1960). A note on the principles of reflectorised road-marking materials. *Roads and Road Construction* 38 (1960) 122-123.

JANSSEN, W.H. (1972). The perception of manoeuvres of moving vehicles Part IV. Soesterberg (1972) Institute of Perception TNO.

JEHU, V.J. (1965). Vehicle front lights. *Traffic Engng & Control* 7 (1965) 450-453.

JOHANSSON, G. et al. (1963). Visible distances with simulated night driving conditions with full and dipped headlights. *Ergonomics* 6 (1953) 171-179.

JOHANSSON, G. & RUMAR, K. (1968). Visible distances and safe approach speeds for night driving. *Ergonomics* 11 (1968) 275-282.

JUDD, D.L. (1969). A review of present requirements for road vehicle lighting and signalling. *Lighting Res. Technol.* 1 (1969) 161-170.

KING, E.L. & FINCH, D.M. (1969). Daytime running lights. HRB Record No. 275, p. 23-31. Washington (1969) Highway Research Board.

KNUDSEN, B. (1968). De mærke punkter i vejbelysning (Dangerous points in street lighting). *Dansk Vejtidskrift* (1968) 8 : 153-164.

KRAAY, J.H. (1974). Oversteekplaatsen voor voetgangers. Voorburg (1974) SWOV.

KRAAY, J.H. (1975). De veiligheid van de voetganger I & II. Voorburg (1975/76) SWOV.

KRAAY, J.H. (1976). Urban planning, pedestrians and road safety. In: Hakker, A.S. (ed.) (1976).

LE GRAND, Y. (1956). *Optique Physiologique*. Paris (1956) Ed. Revue d'Optique.

LINDAE, G. (1969). Sichtweite des Abblendlichtes und Belastungsabhängigkeit. *Z.f. Verkehrssicherheit* 15 (1969) 182-186.

MCCORMICK, E.J. (1964). *Human Factors Engineering*. New York (1964) McGraw Hill.

MEETEREN, A. van, et al. (1968). Leesbaarheid van uitwendig verlichte naamborden. IZF Rapport C2. Soesterberg (1968) IZF.

- MIDDLETON, W.E.K. (1952). Vision through the atmosphere. Toronto (1952) Univ. Press.
- MOORE, R.L. & CHRISTIE, A.W. (1970). Prospects for improving vision on the roads at night. Police Research Bull. 13 (1970) Jan.
- MORTIMER, R.G. (1969). Towards an improved automotive rear lighting system. Conference record No. 69058. Cambridge (1969) IEEE.
- MORTIMER, R.G. (1970). Automotive rear lighting and signalling research. Ann Arbor (1970) Univ. of Michigan.
- MORTIMER, R.G. (1971). Car and truck rear lighting and signalling. In: ANON (1971b).
- MORTIMER, R.G. & POST, D.V. (1972). Evaluation of rear-end collision data for determining vehicle rear lighting and signalling priorities. HIT LAB report 3 (1972) No. 4: 1-3.
- NEN (1972). Verkeersregelininstallaties voor wegverkeer; Algemene eisen en keuringsmethoden NEN 3322. Rijswijk (1972) NNI.
- NOORDZIJ, P.N. & KAMPEN, L.T.B. van (1973). Ongevallen met geparkeerde vrachtwagens. Verkeerstechniek 24 (1973) 243-245.
- NSVV (1967). Aanbevelingen voor de verlichting van voetgangersoversteekplaatsen. Elektrotechniek 45 (1967) 321-323.
- NSVV (1974). Energieschaarste en openbare verlichting. Verkeerstechniek 25 (1974) 122-125.
- NSVV (1975). Richtlijnen en aanbevelingen voor openbare verlichting. Den Haag (1975) NSVV.
- NSVV (1977). Het lichtniveau van de openbare verlichting in de bebouwde kom. Elektrotechniek 55 (1977) 2: 90-91.

OECD (Biehl, B.M. et al.) (1970). Pedestrian safety. Paris (1970) OECD.

OECD (1971). Lighting, visibility and accidents. Paris (1971) OECD.

OECD (1972). Symposium on Road user perception and decision making (Rome, 1972). (In Italiaans).

OECD (1975). Road marking and delineation. Paris (1975) OECD.

OECD (1976a). Adverse weather, reduced visibility and road safety; Driving in reduced visibility conditions due to adverse weather. Paris (1976) OECD.

OECD (1976b). Polarized light for vehicle headlamps; Proposal for its public evaluation; the technical and behavioural problems involved. Paris (1976) OECD.

OECD (1976c). Final summary report and conclusions of the OECD initiated Group on Lighting, visibility and accidents. Paris (1976) OECD (Niet gepubliceerd).

POCCI, G. (1960). La XX Rinnione del Comite d'experts del GTB. Transporti Publici (1960) No. 5.

PROJECTOR, T.H. et al. (1969). Analytic assessment of motor vehicle rear lighting systems. Washington (1969) National Highway Safety Bureau.

RAI (1976). Technische aanbevelingen inzake fietsverlichting. Amsterdam (1976) RAI.

RIJNDERS, J. (1973). Eisen waaraan een goede autoverlichting moet beantwoorden. De Ingenieur 85 (1973) 64-65.

ROSZBACH, R. (1972). Improving vehicle rear lighting and signalling. In: OECD (1972).

ROSZBACH, R. (1974). Verlichting en signalering aan de achterzijde van voertuigen. Voorburg (1974) SWOV.

RRL (1964). Dipped headlights campaigns in 1963-1964. Road Research Technical Paper No. 73. London (1964) H.M. Stationary Office.

RUMAR, K. (1970). Effectiveness of old, new and future motor-car lighting. Proc. 10th Study week OTA. Rotterdam (1970) OTA.

RUMAR, K. (1973a). Dirty headlights - Frequency and visibility effects. Report 136. Uppsala (1973) Dept. of Psychology.

RUMAR, K. (1973b). Obstacle visibility with European halogen H4 and American sealed beam headlights. Report 133. Uppsala (1973) Dept. of Psychology.

SABEY, B.E. (1971). A fully automatic headlight dimming system. Proc. XVIII Session CIE (Barcelona, 1971). Paris (1972) CIE.

SCHREUDER, D.A. (1964a). Marking and lighting of pedestrian crossings. Int. Lighting Rev. 15 (1964) 75-77.

SCHREUDER, D.A. (1964b). Lighting in adverse weather. Traffic Engng & Control 5 (1964) 720-723.

SCHREUDER, D.A. (1965). Reflectie-eigenschappen van wegmarkeringsmaterialen. Wegen 39 (1965) 186-191.

SCHREUDER, D.A. (1966). Verlichting voor nachtelijk wegverkeer. T. Soc. Geneesk. 44 (1966) 230-235.

SCHREUDER, D.A. (1971a). The coding and transmission of information by means of road lighting. In: Anon. (1971b). (Zie ook Schreuder, 1973).

- SCHREUDER, D.A. (1971b). Autoverlichting binnen de bebouwde kom. Verkeerstechniek 22 (1971) 583-591.
- SCHREUDER, D.A. (1973). De codering en overdracht van informatie met behulp van wegverlichting. Elektrotechniek 51 (1973) 633-637.
- SCHREUDER, D.A. (1974a). De energiecrisis: invloed van beperking van verlichting op de verkeersveiligheid. Verkeerstechniek 25 (1974) 10-13.
- SCHREUDER, D.A. (1974b). De rol van de functionele eisen bij de wegverlichting. In: Anon. (1974).
- SCHREUDER, D.A. (1977). Signaallichten in het wegverkeer; Mogelijkheden tot verbetering vanuit veiligheidsoogpunt. Elektrotechniek 55 (1977) 254-275.
- SMITH, F.C. (1938). Reflection factors and revealing power. Trans. Illum. Engng. Soc. (Londen) 3 (1938) 196-200.
- SWEERS, H.E. (1975). Autoverlichting overdag. Verkeerskunde 26 (1975) 617-619.
- SWOV (J.C.A. Carlquist & D.A. Schreuder) (1969a). Stads- en dimlichten binnen de bebouwde kom. Rapport 1969-6. Voorburg (1969) SWOV.
- SWOV (D.J. Griep & E. Thoënes) (1969b). Retroflecterende kentekenplaten en alternatieve middelen. Rapport 1969-5. Voorburg (1969) SWOV.
- SWOV (D.J. Griep & F.C. Flury) (1969c). Gevarendriehoeken; Functie, vormgeving en toepassing. Rapport 1969-8. Voorburg (1969) SWOV.

- SWOV (P.C. Noordzij) (1973). Fietsen bij schemer/duisternis. Publikatie 1973-3N. Voorburg (1973) SWOV.
- SWOV (J.H. Kraay & M. Slop) (1974a). Safety of pedestrian crossing facilities. Publication 1974-2E. Voorburg (1974) SWOV.
- SWOV (1974b). Het voeren van verlichting overdag door motorvoertuigen en de verkeersveiligheid. (Consult aan de Rijksautomobielen-centrale.) Voorburg (1974) SWOV.
- SWOV (D.A. Schreuder) (1975). Wit of geel licht voor autokopplantarns. Publikatie 1975-3N. Voorburg (1974) SWOV.
- SWOV (J.H. Kraay) (1976a). De voetganger in het verkeer. Publikatie 1976-2N. Voorburg (1976) SWOV.
- SWOV (1976b). Tien jaar verkeersonveiligheid in Nederland. Publikatie 1976-3N. Voorburg (1976) SWOV.
- TAN, T.H. (1974). Energiecrisis en wegverlichting, enige kanttekeningen. Verkeerstechniek 25 (1974) 13.
- THIRY, J.P. (1974). Contrôle de l'intensité lumineuse de feux arrière installés sur véhicules automobiles. In: GTB (1974).
- VOS, J.J. (1963). On mechanisms of glare. Dissertatie. Utrecht (1963) R.U. Utrecht.
- WALDRAM, J.M. (1938). The revealing power of street lighting installations. Trans. Illum. Engng. Soc. (London) 3 (1938) 173-196.
- WALKER, D. (1972). Field adjustment and inspection of headlamp aim. Automotive Engineering Congress Paper 720286. Detroit (1972).
- WALSH, J.W.T. (1965). Photometry (3rd. ed.) New York (1965) Dover.

WEBSTER, L.A. & YEATMAN, F.R. (1968). An investigation of headlight glare as related to lateral separation of vehicles. Bull. 496. Urbana (1968) University of Illinois.

WICHERT, G. (1971). Ein neues, an wichtige Verkehrssituationen angepasstes Kraftfahrzeug-Scheinwerferlicht. Proc. XVIII Session CIE (Barcelona, 1971). Paris (1972) CIE.

WORTMAN, R.H. & WEBSTER, L.A. (1968). Headlight glare as related to lateral vehicle separation. (1968) Texas A&M University.

YERRELL, J.S. (1971a). Headlamp intensities in Europe and Britain. Report LR 383. Crowthorne (1971) Road Research Laboratory.

YERRELL, J.S. (1971b). The performance of two self-levelling headlamp systems. Report LR 378. Crowthorne (1971) Road Research Laboratory.

ZACCHARINI, F. (1970a). Systematic photometric control of mass produced headlights Report C-RA-188. Stockholm (1970) Natl. Inst. Mat. Testing.

ZACCHARINI, F. (1970b). A survey of headlight aiming devices. Report C-Ra-187. Stockholm (1970) Natl. Inst. Mat. Testing.