

| ANWB | **rai** | NVVA |

HET EFFECT VAN VERMINDERING VAN DE OPENBARE VERLICHTING OP DE
VERKEERSVEILIGHEID

Studie uitgevoerd in opdracht van de Nederlandse Vereniging van
Automobiellasseuradeuren NVVA

R-85-58

Dr. ir. D.A. Schreuder

Leidschendam, 1985

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

HET EFFECT VAN VERMINDERING VAN DE OPENBARE VERLICHTING OP DE
VERKEERSVEILIGHEID

Studie uitgevoerd in opdracht van de Nederlandse Vereniging van
Automobiellasseuradeuren NVVA

R-85-58

Dr. ir. D.A. Schreuder

Leidschendam, 1985

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

INHOUD

Voorwoord

1. Inleiding
2. Aspecten van vermindering van openbare verlichting
 - 2.1. Redenen voor vermindering van openbare verlichting
 - 2.2. De kosten van openbare verlichting
 - 2.3. De baten van openbare verlichting
 - 2.4. Het bepalen van de baten van openbare verlichting
 - 2.4.1. Statistisch onderzoek
 - 2.4.2. Analytisch onderzoek
3. Ongevallenstudies
4. Het pilot-experiment
 - 4.1. De opzet
 - 4.2. De uitvoering
 - 4.3. De resultaten
 - 4.4. Conclusies
5. Voortgang; de toekomst
 - 5.1. Algemeen
 - 5.2. Aanbevelingen voor nader onderzoek
 - 5.2.1. Voortzetting en afronding van het onderzoek in Dordrecht
 - 5.2.2. Uitwerking van een aantal algemene punten
 - 5.3. De uitbouw van het onderzoek
 - 5.3.1. De locaties van het onderzoek
 - 5.3.2. De opzet van het onderzoek
 - 5.3.3. De uitvoering van het onderzoek

Literatuur

Bijlagen

VOORWOORD

Dit rapport is de neerslag van een onderzoek uitgevoerd in opdracht van de Nederlandse Vereniging van Automobiellassuradeuren NVVA. Het betreft de invloed op de verkeersveiligheid van maatregelen gericht op het verminderen van de bedrijfskosten van de openbare verlichting.

Bij de onderhavige studie is dankbaar gebruik gemaakt van de resultaten van de stage-opdracht die is verleend aan J.B. Martens, student aan de Hogere Technische School te Rotterdam.

Een opdracht dienaangaande is verstrekt aan Bureau Stam & Van Vuren, Organisatie-adviezen, te Nieuw-Lekkerland. De genoemde stage is uitgevoerd in de Gemeente Dordrecht; het Gemeentelijk Energiebedrijf en de Gemeentepolitie hebben daarbij een belangrijke bijdrage geleverd. Dank gaat uit naar de heren ir. J.H. Benedictus, Bedrijfsorganisatorische stageprojecten HTS Rotterdam; Ing. P.J. Roelse, GEB Dordrecht; C.M. Pas, Gemeentepolitie Dordrecht en C. Stam, Bureau Stam & Van Vuren Organisatie-adviezen en naar J.B. Martens, die het onderzoek in Dordrecht heeft verricht. De SWOV heeft medegewerkt aan het begeleiden van de stage.

De studie is uitgevoerd door dr. ir. D.A. Schreuder van de Afdeling Pre-crash onderzoek SWOV.

Prof. ir. E. Asmussen, directeur
Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

1. INLEIDING

Openbare verlichting binnen de bebouwde kom is een traditionele voorziening waartoe de gemeentebesturen in zoverre verplicht zijn, dat de Gemeentewet de autoriteiten verplicht zodanige maatregelen te nemen dat de veiligheid van de burger gewaarborgd wordt. Het is gebruikelijk, alhoewel juridisch niet volledig vereist, dit te interpreteren in de zin van een verplichting voor gemeentelijke autoriteiten om de openbare ruimten (wegen, plaatsen, pleinen, parken enz.) van een deugdelijke openbare verlichting te voorzien en deze verlichting ook in behoorlijke mate te onderhouden, zodanig dat de veiligheid van de burgers ook bij duisternis gewaarborgd blijft.

Dit is niet altijd zo geweest. Enige eeuwen geleden was het gebruikelijk de burgers te verplichten voor de verlichting van de openbare ruimten te zorgen door lampen aan hun huizen aan te brengen. Voorts was het meestal verplicht - niet alleen verstandig - dat personen die zich bij duisternis buitenshuis bevonden, zelf verlichting met zich voerden.

Hier is steeds sprake van de veiligheid van de burgers. Dit is nog steeds het geval, maar sinds de opkomst van het snelverkeer is het duidelijker om een onderscheid te maken tussen een aantal verschillende vormen van veiligheid van de burgers; men spreekt zodoende meestal van verkeersveiligheid wanneer het gaat om het voorkomen van verkeersongevallen (vooral van botsingen met auto's), van openbare veiligheid wanneer het gaat om het voorkomen van criminaliteit op de openbare weg (berovingen, aanrandingen enz.). Recent voegt men daar vaak de subjectieve veiligheid aan toe, vaak ook aangeduid met "leefbaarheid" (zie bijv. Schreuder, 1985, 1985d).

Historisch gezien is de verkeersveiligheid dus een nieuwkomer voor het veiligheidsbeleid van de gemeenten. Voor woongebieden is dat misschien vandaag nog steeds het belangrijkste; binnen het totale gemeentelijke gebeuren is echter het belang van openbare verlichting wel zwaar op de bestrijding van de verkeersonveiligheid komen te liggen. Men spreekt zelfs wel van verkeersverlichting in plaats van openbare verlichting.

Over dit laatste aspect gaat dit rapport. Gedurende een reeks van jaren dienen de gemeenten - net als op andere overheidslichamen - te bezuinigen. Ofschoon gewoonlijk het aanleggen, onderhouden en bedrijven van openbare verlichting slechts een kleine post op de gemeentelijke begroting beslaat, is ook de openbare verlichting niet aan dit streven naar vermindering van de uitgaven ontkomen. Een zekere ondersteuning is gevonden in de gedachten dat de verlichting in sommige gevallen tamelijk overdadig lijkt te zijn: overdadige verlichting is overbodige luxe en dient dus, in het kader van versobering, achterwege te blijven. En tenslotte heeft de paniek rondom de zgn. oliecrisis in de zeventiger jaren geleid tot de opvatting dat er binnenkort misschien geheel geen energie meer beschikbaar zou kunnen zijn.

Het zal duidelijk zijn dat het door elkaar gebruiken van argumenten die allemaal waars in zich dragen, maar ook allemaal wat overdreven zijn en over geheel verschillende zaken gaan, een grote verwarring heeft doen ontstaan. Het is oogmerk van deze studie een bijdrage ertoe te leveren dat de discussie omtrent het nut van openbare verlichting wat duidelijker, en wat meer op feiten gebaseerd, kan worden gevoerd. De studie betreft een onderzoek naar de relatie tussen het niveau van de openbare verlichting en de verkeersveiligheid; op basis van het materiaal dat momenteel ter beschikking staat kunnen reeds enige uitspraken worden gedaan. Daar staat tegenover dat voor een volledig inzicht in de factoren die die relatie beheersen, nog aanvullend onderzoek nodig is. Het rapport behandelt een aantal studies op dit gebied, meer in het bijzonder een recent onderzoek dat in Dordrecht is uitgevoerd. Het rapport besluit met een aantal aanbevelingen voor maatregelen en een aantal suggesties voor nader onderzoek.

2. ASPECTEN VAN VERMINDERING VAN OPENBARE VERLICHTING

2.1. Redenen voor vermindering van openbare verlichting

Zoals reeds in de Inleiding is vermeld, bestaat er bij veel gemeenten - en evenzeer bij andere autoriteiten - een streven om de openbare verlichting te verminderen met het oogmerk de kosten ervoor, en dus uitgaven van de gemeente, te verlagen. Op het eerste gezicht lijkt dit een verstandige zaak: juist door het kenmerk "openbaar" is de openbare verlichting een voorziening die sterk "in het oog loopt". Voorts kan gemakkelijk de indruk ontstaan dat de verlichting op sommige plaatsen aan de royale kant is, en tenslotte heeft de overheid in tijden waarin versoberd moet worden een zekere voorbeeldfunctie.

Deze overwegingen mogen plausibel klinken, ze zijn niet voldoende om te kunnen uitmaken of vermindering van de openbare verlichting een verstandige maatregel is die verdient te worden uitgevoerd. Daartoe is het nodig meer te weten over de verminderingen in de kosten (de uitgaven) die daadwerkelijk bereikt kunnen worden, en over de eventuele nadelen die het gevolg zijn van deze maatregel. Deze uitspraak is gebaseerd op het inzicht dat bij het nemen van maatregelen die de besteding van overheidsmiddelen betreffend, de prioriteiten ervoor dienen te worden opgesteld aan de hand van een afweging waarbij de "kosten" en de "baten" van de maatregel worden betrokken. Dit is hier kennelijk het geval: het oogmerk van de maatregel is om in een bepaalde sector van de overheidsbemoedeningen de uitgaven te verminderen - een zuiver monetaire zaak dus. De uitgaven in verschillende sectoren dienen met elkaar te worden vergeleken; prioriteiten zijn nodig, en die dienen te worden bepaald aan de hand van kosten/-baten-overwegingen. Nu gaat deze studie niet zover dat de prioriteiten van overheidsmaatregelen in hun onderlinge samenhang worden besproken; het doel is echter wel om er een bijdrage toe te leveren. Daarbij zullen we ons concentreren op de "baten"-kant van openbare verlichting: de bijdrage die dergelijke verlichting kan leveren bij het bevorderen van de verkeersveiligheid. De vraag waar het in de praktijk om gaat is echter een tweeledige: in hoeverre kan de openbare verlichting worden teruggebracht zonder aan de "baten" te tornen, en hoeveel kunnen daarmee de kosten worden verminderd.

2.2. De kosten voor openbare verlichting

De kosten voor openbare verlichting worden traditioneel ingedeeld in: aanlegkosten, onderhoudskosten en energiekosten.

Daarbij zijn de aanlegkosten meestal éénmalig, en dienen dan ook apart te worden beschouwd. Investeringskosten worden door de overheid gewoonlijk niet afgeschreven over een aantal jaren. Wanneer men echter de werkelijke kosten voor openbare verlichting te weten wil komen, is het nodig met afschrijving rekening te houden. Een complicatie wordt geleverd door het feit dat slechts een gedeelte van het elektriciteitsnet voor openbare verlichting nodig is, en niet het gehele net. Het is echter niet steeds uit te maken welk gedeelte het hier precies betreft. Tenslotte moet rekening worden gehouden met het feit dat verschillende onderdelen van een verlichtingsinstallatie een verschillende levensduur hebben, en dus op verschillende wijze in de afschrijvingsberekeningen voorkomen. Een overzicht is gegeven door Tan (1985).

De onderhoudskosten beslaan de geregelde onderhoudskosten - vervanging van lampen, reinigen van armaturen, schilderen van masten e.d. - en incidentele onderhoudskosten - zoals herstel na aanrakingen. Meestal bestaat het grootste deel van deze post uit de kosten voor nieuwe lampen. Begrijpelijk is dan ook dat men streeft naar het toepassen van lampen met een lange praktische levensduur. Daarbij moet wel worden bedacht dat gasontladinglampen - de lichtbronnen bij uitstek voor openbare verlichting - lang voor ze geheel kapot gaan en geen licht meer geven, reeds in ernstige mate achteruit kunnen gaan in hun lichtopbrengst: ze worden een zeer onefficiënte lichtbron. Tenslotte moet worden vermeld dat bij de lampkosten ook de kosten van het vervangen zelf moeten worden meegerekend. Gezien het moeilijke en vaak gevaarlijke werk van het verwisselen van lampen van openbare verlichting, kan het om vrij aanzienlijke bedragen gaan.

Tenslotte de energiekosten. Deze betreffen de kosten van de elektrische energie ten behoeve van het bedrijven van de lampen. Daarbij moeten niet de voorschakelapparaten (nodig voor het bedrijf van gasontladinglampen) worden vergeten en evenmin de verliezen die optreden in leidingen, schakelsystemen enz. Vooral de elektrische verliezen in de voorschakelappa-

raten kunnen aanzienlijk zijn. Daarbij gaat het niet alleen om de rechtstreekse "Wattverliezen"; omdat voorschakelapparaten zowel inductieve als capacitatieve eigenschappen kunnen vertonen is het soms tamelijk ingewikkeld om precies te bepalen wat uiteindelijk het energiegebruik van de voorschakelapparaten is. Vermeld kan worden dat deze verliezen - want dat zijn het, er komt geen licht uit de voorschakelapparaten! - door toepassing van moderne technieken (zgn. hybride schakelingen) aanzienlijk minder kunnen zijn dan vroeger. Maar de belangrijkste bijdrage van het energieverbruik komt toch meestal wel van de lampen. Bij ouderwetse typen van lampen - zoals gloeilampen en hoge-druk kwiklampen (HPL) zelfs het overgrote deel. Men zoekt dan ook naar lampen met een hogere relatieve lichtopbrengst. Deze zijn vooral te vinden bij de lage-druk natriumlampen (SOX) en in iets mindere mate bij de hoge-druk natriumlampen (SON). De fluorescentiebuizen (TL) nemen een tussenpositie in (zie Vermeulen, 1985). (Er zij hier erop gewezen dat de gebruikelijke afkortingen van de lamptypen, ook al zijn ze algemeen in zwang als type-aanduiding, eigenlijk de aanduidingen zijn van een enkele fabrikant van lampen. Sommige termen, zoals TL, zijn beschermde handelsmerken. We zullen ze echter, ondanks dat, korthedshalve in dit rapport gebruiken).

Wanneer men zich een goed beeld wil vormen van de eigenlijke kosten van openbare verlichting dan moet men met al de hier genoemde factoren rekening houden. Dit alles wordt nog eens aanzienlijk gecompliceerd door de wijze waarop de tarieven voor de verschillende bijdragen worden bepaald. We hebben al gewezen op het probleem dat soms wel en soms niet afschrijving in rekening wordt gebracht bij kapitaalsuitgaven van de overheid. Ook de energiekosten worden op zeer uiteenlopende wijze in rekening gebracht: sommige gemeenten betalen het dubbele per kWh voor openbare verlichting in vergelijking met andere gemeenten (zie Tan, 1985).

Bij de Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde NSVV is momenteel een gedetailleerde studie in voorbereiding over deze materie; het doel is een basis te vinden waarop de kosten voor openbare verlichting van verschillende gemeenten onderling kunnen worden vergeleken. Met al deze factoren zoals ze hierboven zijn genoemd, wordt rekening gehouden; daarenboven ook met andere factoren die de kosten van de verlichting kunnen beïnvloeden, zoals gemeentegrootte en bevolkings(bebouwings)dichtheid. Enige voorstudies zijn apart gepubliceerd (Hendriks, 1978; Loos, 1982).

Een geheel andere vraag is, over welke bedragen het hier eigenlijk gaat. Om deze vraag te kunnen beantwoorden heeft de NSVV een aantal jaren geleden een studiedag georganiseerd (NSVV, 1978). Het komt erop neer dat het door de openbare verlichting zeer gering is. Enige gegevens ontleend aan deze studiedag zijn opgenomen in Tabel 1. Zie ook Burghout (1978). Daaruit kan worden afgelezen dat het gaat om een zeer kleine fractie van een procent. Maar men moet daarbij wel bedenken dat, al is het bedrag relatief nog zo klein, het in guldens om aanzienlijke sommen kan gaan. En bovendien dient men te denken aan de reeds genoemde voorbeeldfunctie van de overheid: hoe kan men van de burgers spaarzaamheid verwachten wanneer de overheid niet zelf het voorbeeld geeft?

Overbodige of onnodige uitgaven dienen altijd vermeden te worden. Op basis van deze gedachte heeft het Ministerie van Economische Zaken het initiatief genomen tot de uitgave van een brochure waarin ten behoeve van lagere overheden een aantal suggesties is opgenomen waarmee de kosten (vooral de bedrijfskosten) van installaties van openbare verlichting kunnen worden teruggebracht. De grondgedachte daarbij was dat aan de functie van de openbare verlichting, meer in het bijzonder wat betreft de bijdrage te leveren aan de verkeersveiligheid, niet getornd diende te worden. De suggesties betreffen dan ook twee zaken: hoe is overdadige verlichting te vermijden, en hoe kan goede noodzakelijke verlichting zo efficiënt mogelijk worden uitgevoerd? (SVEN, 1981). De brochure bevat vooral gegevens over mogelijkheden voor ombouw van installaties, waarbij de kosten kunnen worden teruggebracht bij (ongeveer) gelijkblijvende verlichting. Het blijkt ook uit deze brochure dat er bij de huidige praktijk van openbare verlichting geen mogelijkheden gevonden kunnen worden tot aanzienlijke kostenreducties.

We zullen het laten bij deze opmerkingen over de kosten van openbare verlichting; we constateren dat relatief gezien het aandeel van de kosten van openbare verlichting uiterst gering is en dat er voorts weinig mogelijkheden bestaan om daar nog aanzienlijk op te besparen; we constateren ook dat het ondanks dat kan gaan om betrekkelijk aanzienlijke bedragen, zodat het toch verstandig is om serieus naar mogelijkheden te kijken om de (bedrijfs)kosten van openbare verlichting te verminderen. Zie ook Flury (1977).

2.3. De baten van openbare verlichting

De baten van openbare verlichting kunnen worden gevonden in drie opzichten:

- verbetering van de verkeersveiligheid
- verbetering van de (algemene) burgerlijke veiligheid
- verbetering van de leefbaarheid.

Zoals we reeds hebben aangegeven is daarvan de tweede historisch gezien de oudste; de eerste en de derde zijn meer recent in de beschouwingen opgenomen. Voorts hebben we vermeld dat alle drie van belang geacht worden te zijn in woongebieden, maar dat daar het zwaartepunt ligt op de eerste (en recentelijk, vooral in woonerven, op de derde; zie Schreuder, 1985). Voor andere wegen, waarbij de verkeersfunctie voorop staat, is echter de tweede buiten kijf de belangrijkste. Voor de onderhavige studie is het niet zo belangrijk om na te gaan welke van de drie de belangrijkste is - een vraag die voor het gemeentelijke beleid echter wel van belang kan zijn. We volstaan met de constatering dat de verbetering van de verkeersveiligheid een belangrijke functie van de openbare verlichting is, en dat de baten die daar te vinden zijn, van belang zijn.

Wanneer we aannemen dat de openbare verlichting een bijdrage levert tot het verbeteren van de verkeersveiligheid is het te verwachten dat een vermindering van de openbare verlichting afbreuk kan doen aan deze verbetering - dat er dus van een toename van de verkeersonveiligheid sprake zal zijn. In de literatuur zijn aanwijzingen daartoe te vinden; zie bijvoorbeeld de door Schreuder (1982) gegeven samenvatting, zie ook Hoofdstuk 3. De onderhavige studie betreft deze kwestie.

Allereerst moet worden bepaald wat onder verkeersveiligheid (of onder verkeersonveiligheid) dient te worden verstaan. Over deze zaak bestaat nogal wat verschil van opvatting; een eenvoudige omschrijving, die weliswaar nogal beperkt is maar aan de bedoelde problemen voorbijgaat, is te vinden in het volgende:

- verkeersonveiligheid is een onbedoeld en negatief bijverschijnsel van het verkeer;
- de mate van verkeersonveiligheid wordt uitgedrukt in het aantal botsingen waarbij verkeersdeelnemers zijn betrokken of, naar believen, in de daarbij veroorzaakte schade;

- de verkeersveiligheid wordt bevorderd wanneer de botsingen in aantal en/of ernst afnemen.

Het lijkt niet nodig de begrippen verkeer, botsing en verkeersdeelnemer nader te omschrijven. Het begrip schade verdient wel enige toelichting: het is gebruikelijk om naar twee aparte aspecten van de schade te kijken, te weten de schade die in geld kan worden uitgedrukt (materiële schade, verwondingen, werkverlet, gederfd inkomen enz.) en schade die niet - of tenminste niet direct - in geld kan worden uitgedrukt (leed, angst, sociale schade of verstoring van levensgeluk enz.) (zie bijvoorbeeld Flury, 1984, 1984a).

Wanneer men spreekt over de verbetering van de verkeersveiligheid dan heeft men kennelijk (en terecht!) beide aspecten tegelijk op het oog. Hier zal de nadruk liggen op het verminderen van het aantal en/of de ernst van botsingen waarbij verkeersdeelnemers zijn betrokken.

2.4. Het bepalen van de baten van openbare verlichting

2.4.1. Statistisch onderzoek

Wanneer de baten worden beschreven in termen van vermindering van het aantal en/of de ernst van de botsingen waarbij verkeersdeelnemers zijn betrokken (korthedshalve als "ongevallen" aangeduid), dan is het voor de hand liggend de omvang te bepalen onder gebruikmaking van analyses van het aantal en van de ernst van de ongevallen - ongevallenanalyses dus. Het is nodig om over dergelijke analyses een aantal algemene opmerkingen te maken.

In de eerste plaats moet men bedenken dat de gebruikelijke ongevallenstudies het karakter hebben van statistische studies. Dit betekent dat men het aantal van bepaalde welomschreven gebeurtenissen (hier dus verkeersongevallen) bepaalt in afhankelijkheid van één of andere te onderzoeken parameter. Men kan alleen gevolgtrekkingen maken over die aantallen; men kan eventueel tot correlaties besluiten, maar niet tot causale verbanden. Op basis van statistische ongevallenstudies kan men wellicht constateren dat er een relatie mag worden aangenomen tussen een vermindering van de openbare verlichting en een toename in het aantal ongeval-

len; men mag echter niet zonder nadere gegevens of nader onderzoek stellen dat de toename van de ongevallen veroorzaakt wordt door of het gevolg is van de vermindering van de openbare verlichting. Voor het aantonen van dergelijke causale relaties zijn anderssoortige onderzoekingen nodig, zoals we verderop zullen bespreken. Veelal gaat men bij de beoordeling van de resultaten van statistisch onderzoek nog verder: strikt genomen kan men stellen dat er geen verbanden zijn aan te tonen, alleen kan men van bepaalde verbanden aangeven dat ze niet geldig zijn (wel falsifiëren, niet verifiëren!).

In de tweede plaats geven ongevallenstudies in essentie alleen informatie over ongevallen die reeds hebben plaatsgevonden. Meestal is dat niet zo interessant, en is men er eerder in geïnteresseerd iets te kunnen zeggen over de ongevallen die nog moeten plaatsvinden - of liever, nog kunnen worden voorkomen. Anders gezegd, men zoekt naar een generaliseerbaarheid van de resultaten. Meer in het bijzonder streeft men ernaar om op basis van ongevallen uit het verleden voorspellingen te kunnen doen over de verkeersveiligheidssituatie in de toekomst. Dit levert een zekere contradictie op: om dergelijke generalisaties en extrapolaties te kunnen gebruiken is informatie nodig over de causale verbanden, en die zijn nu juist met statistisch onderzoek niet te vinden.

Bij statistisch onderzoek is steeds sprake van onzekerheden over de resultaten. Aangezien men te maken heeft met statistische grootheden, dat zijn grootheden die met een zekere spreiding behept zijn, vertonen ook de resultaten spreiding. Men kan dan slechts met behulp van statistische methoden met meer of minder zekerheid aangeven wat de waarschijnlijkheid is dat het gegeven resultaat ook werkelijk juist is - vandaar de naam van statistisch onderzoek. Deze spreidingen moet men zich als volgt voorstellen. Wanneer men een aantal ongevallen telt, is dat getal uiteraard een vaststaand feit - tenzij fouten bij het tellen zijn gemaakt, maar dat laten we buiten beschouwing. Zou men een dergelijke situatie opnieuw tegenkomen, en zou men opnieuw ongevallen tellen, dan mag men verwachten dat het aantal niet precies hetzelfde is - er treedt een zekere afwijking op. Herhaalt men deze procedure een zeer groot aantal malen dan vindt men een "statistische verdeling" van de aantallen. En deze statistische verdeling vertoont de bedoelde spreiding. Nu is het voldoende dat men deze

tellingen in gedachte een groot aantal malen kan uitvoeren om een schatting te maken van die spreiding, ook al wordt de werkelijke telling slechts éénmaal uitgevoerd. Van belang is voorts de kans die men wenst te nemen dat de conclusie die men trekt verkeerd is, dat men dus ten onrechte tot een verband - of tot de afwezigheid van een verband besluit. Wanneer het gaat, zoals zo vaak, om een verschil tussen twee situaties spreekt men van een significant verschil wanneer de kans klein is dat men ten onrechte zegt dat er een verschil is. Men kan bovendien desgewenst aangeven hoe groot die kans tot een verkeerde gevolgtrekking is.

Bij ongevallenstudies gaat het meestal om het vergelijken van de onveiligheid onder verschillende omstandigheden, bijvoorbeeld bij onveranderde en bij verminderde openbare verlichting. Men kan een dergelijk verschil op het spoor komen met behulp van twee methoden, twee vergelijkingen zo men wil. Men kan een aantal (overigens zo veel mogelijk gelijke) wegen en straten wat betreft de ongevallen vergelijken, waarbij één groep de gelijkgebleven verlichting heeft en de andere de verminderde verlichting. Men kan ook een aantal straten nemen, daarvan de ongevallen bij onveranderde verlichting onderzoeken, vervolgens de verlichting veranderen en daarna opnieuw de ongevallen onderzoeken. In beide gevallen heeft men twee situaties die wat betreft de te onderzoeken parameter verschillen en van welke de ongevallen bekend zijn. Men hoeft dan slechts het verschil in ongevallen op statistische significantie te toetsen. De eerste soort noemt men vergelijking met een controlegroep, de tweede noemt men voor- en nastudies. Wanneer het mogelijk is pooft men de twee te combineren; immers het blijkt meestal niet mogelijk te zijn ervoor te zorgen dat de twee groepen van straten in alle opzichten gelijk zijn (of gelijk blijven) en alleen wat betreft de te onderzoeken parameter verschillen. Men heeft bijna altijd met "trends" te maken.

Tenslotte nog een opmerking over de omvang van de statistische studies. Zoals gezegd, zijn de gegevens die worden gebruikt en de resultaten steeds behept met een zekere spreiding. Deze spreiding is des te kleiner naarmate de aantallen gegevens (de steekproef) groter is. Wanneer men dus een klein verschil op het spoor is moet men gebruik maken van veel gegevens, een grote steekproef, om dit kleine verschil met voldoende mate van significantie te kunnen bepalen. Dit laatste punt blijkt in de praktijk

vaak een zeer ernstige beperking te zijn voor statistisch ongevallenonderzoek: vaak zijn er gewoonweg niet voldoende gegevens te verkrijgen. Een schatting voor de steekproefgrootte is gegeven door Schreuder (1982). Men kan dan in beginsel een keuze maken uit twee: òf men ziet van een antwoord op de vraag af, òf men geeft een globale, soms half-kwalitatieve beschouwing. Beide gevallen zijn uiteraard zeer ongunstig. Geen antwoord geven is soms een vrijbrief voor allerlei opinies en stokpaardjes; en een globaal antwoord gaat niet zelden "een eigen leven leiden" waarbij men na enige tijd de voorbehouden vergeten is, en het antwoord als een wetenschappelijk, kwantitatief onderbouwd, feit beschouwd wordt.

2.4.2. Analytisch onderzoek

Er bestaat een principiëel andere wijze om de baten van verlichting (of van andere maatregelen) te bestuderen. Daarbij gaat men uit van bekende causale relaties of tenminste van "modellen" daarvoor. Zo is het bekend dat de visuele prestatie verbetert wanneer het algemene lichtniveau toeneemt. Voorts zijn er duidelijke aanwijzingen dat de kans op botsingen kleiner wordt wanneer de visuele prestatie toeneemt. Wanneer men dergelijke relaties in hun algemeenheid kan kwantificeren (waarvoor overigens statistische ongevallestudies nodig zijn!) kan men de invloed van een vermindering van de verlichting op de verkeersveiligheid onderzoeken door na te gaan in hoeverre onder die specifieke omstandigheden de visuele prestaties afnemen. Deze methode wordt vooral gevolgd bij fundamenteel onderzoek; voor het beantwoorden van uit de praktijk afkomstige vragen is de methode meestal te gecompliceerd en het onderzoek te langdurig en te duur. In de dagelijkse praktijk van het wetenschappelijk onderzoek betreffende de verkeersveiligheid streeft men er meestal naar om zo veel mogelijk beide methoden parallel te gebruiken. Zoals hierboven reeds is aangeduid is dat zelfs vaak noodzakelijk.

Wanneer men de invloed van openbare verlichting op de verkeersonveiligheid op deze wijze probeert te onderzoeken, dan is het noodzakelijk deze twee op zich erg verschillende zaken "onder één noemer" te brengen. Daarvoor komt natuurlijk in de eerste plaats de visuele waarneming in aanmerking. Daarbinnen kan men onderscheid maken in de zichtbaarheid (de mate waarin een object onder nominaal gunstige laboratoriumomstandigheden

nog juist kan worden ontwaard), de opvallendheid (de mate waarin een object nog kan worden ontwaard ook wanneer er allerlei verstoringen aanwezig zijn zoals die in het verkeer kunnen voorkomen) en de herkenbaarheid (de mate waarin niet alleen het object kan worden herkend). Zo kan men nagaan in hoeverre de door de verlichting gewaarborgde zichtbaarheid voldoende is om te kunnen voldoen aan de door de verkeersveiligheid geëiste zichtbaarheid - een kwestie van "vraag en aanbod" dus (Schreuder, 1977). Een nadere analyse leert dat het veel beter is om de vraag en aanbod afweging niet voor de zichtbaarheid, maar voor de herkenbaarheid uit te voeren (Schreuder, 1985c). Voorts moet worden opgemerkt dat het begrip "object" dat hierboven is gebruikt, in een zeer ruime betekenis moet worden gebruikt. Niet alleen stenen of dozen, voetgangers en auto's moeten ertoe worden gerekend, maar ook wegmarkeringen, verkeerslichten en zelfs bomenrijen.

Op dit gebied wordt momenteel zeer veel onderzoek gedaan. Overzichten zijn gegeven door Padmos (1984) en Schreuder (1984, 1985a,b). Omdat dit onderzoek nog min of meer in der kinderschoenen staat, is er voor een zeer praktische studie als hier wordt beschreven, nog maar weinig uit af te leiden. We zullen dan ook weinig van de resultaten gebruik maken; we vermelden het echter omdat in de naaste toekomst op dergelijke wijze veel meer onderzoek zal worden uitgevoerd.

3. ONGEVALLENSTUDIES

In de loop van de laatste decennia zijn er zeer vele ongevallenstudies uitgevoerd waarbij de relatie tussen openbare verlichting en verkeersongevallen is bestudeerd. In de meeste gevallen ging het daarbij om voor-en-nastudies waarbij een voorperiode zonder of met zeer slechte verlichting vergeleken is met naperiode met goede verlichting. Hierbij zijn aanzienlijke verschillen in ongevallenaantallen voor - na gevonden. De opgegeven verschillen liggen tussen ca. 0 en ca. 70%. Echter blijkt dat bij vele studies de steekproeven toch wat klein waren; vaak is ook de statistische verwerking primitief, of onzorgvuldig uitgevoerd, en ten slotte is vaak niet alles gepubliceerd, zodat men het met exerpten moet doen. Ondanks dat komt er een zeer duidelijk patroon naar voren:

Wanneer men afwezige of zeer slechte openbare verlichting vergelijkt met goede verlichting dan mag men rekenen op een reductie van de nachtelijke letselongevallen van ongeveer 30%. Dit geldt voor belangrijke wegen binnen bebouwde kom en voor autosnelwegen buiten bebouwde kom.

Deze uitspraak is een samenvatting van de resultaten van een groot aantal afzonderlijke onderzoeken. Overzichten hiervan zijn gegeven in CIE (1960; 1986); OECD (1972); Fisher (1973, 1977); Fisher & Hall (1978) en Schreuder (1983). Deze publikaties zijn voor het grootste gedeelte gebaseerd op dezelfde onderzoeken. Van deze overzichten is die van Schreuder (1983) de meest complete, die van de CIE welke nog in bewerking is, de meest kritische (CIE, 1986).

De uitspraak hierboven is zeer belangrijk, maar er zijn toch nog een aantal essentiële vraagpunten. Ten eerste is "goed" niet nader omschreven. Het is essentieel te weten hoe goed de verlichting moet zijn om de bedoelde reductie ook echt te kunnen krijgen. Om dit te weten is het nodig om de relatie tussen de verlichtingskwaliteit (kwantiteit) en de ongevallen te kennen - het verband dat het onderwerp is van deze studie. Ten tweede geldt deze uitspraak slechts voor een beperkt gedeelte van het wegennet; het is niet bekend hoe het staat met andere wegen en straten, zoals stadsstraten met een belangrijke woonfunctie, en woonstraten en woonerven. Hierboven is gesteld dat men vaak aanneemt dat in woongebieden de verlichting vooral dient ter verbetering van de burgerlijke veilig-

heid; het is echter ook van belang om te weten of, en zo ja in welke mate, de verkeersveiligheid gediend wordt door goede openbare verlichting. Daarbij hoort de vraag wat "goed" is voor een woonstraat of een woonerf. Een eerste aanzet daartoe is gegeven door Schreuder (1978, 1983).

Deze overwegingen waren er de aanleiding voor om op een aantal plaatsen een nader onderzoek op te zetten aangaande de relatie tussen het niveau van openbare verlichting en ongevallen. Schreuder (1983) geeft een overzicht van deze studies. In het algemeen hebben ze weinig opgeleverd, omdat de opzet meestal niet voldoende nauwkeurig was. Met name bleek dat meestal het wegtype en de verlichting niet in detail gekarakteriseerd waren, terwijl ook meestal een en ander ontbrak aan de registratie van de ongevallen. Dit alles was in Engeland aanleiding om een groot onderzoek op te zetten. Dit onderzoek is in detail beschreven door Cobb et al. (1979); Hargroves & Scott (1979); Marsden (1976) en Scott (1980, 1980a), en samengevat door Schreuder (1983). De resultaten waren zeer duidelijk; voor het beschouwde wegtype bleek zeer duidelijk (en statistisch significant) dat een toename van het lichtniveau leidde tot een veiliger situatie. Het lichtniveau werd uitgedrukt in de gemiddelde wegdekkluminantie, de veiligheid door het quotiënt van de aantallen ongevallen bij duisternis en bij dag. (Een aantal fotometrische termen en grootheden zijn toegelicht in de Bijlage 1). De resultaten zijn weergegeven in Afbeelding 1.

Ondanks dit fraaie en interessante resultaat was er op dit onderzoek nog wel een en ander aan te merken (Schreuder, 1983). Zo geldt het resultaat slechts voor een zeer speciaal wegtype, dat ongeveer omschreven kan worden als stedelijke uitvalsweg. Voorts is de verkeerssituatie (intensiteit, samenstelling) niet in de beschouwing betrokken en tenslotte heeft de grote nauwkeurigheid en volledigheid die bij het verzamelen van de verlichtingsgegevens is aangewend, ertoe geleid dat de "steekproef" uiteindelijk toch vrij klein is met het gevolg dat de spreiding groot is, en dus kleine verschillen niet op statistisch significante wijze kunnen worden aangetoond. Overigens zijn de meeste van die verlichtingsgegevens helemaal niet gebruikt; de rest bleek op de gemiddelde wegdekkluminantie nauwelijks relevant te zijn.

Deze kritiek heeft ertoe geleid dat de SWOV is gaan bekijken of er in Nederland een onderzoek zou kunnen worden opgezet dat de bedoelde bezwa-

ren niet heeft. De grondgedachte daarbij is dat, wanneer men wat mindere nauwkeurigheid bij het verzamelen van de verlichtingsgegevens op de koop toe neemt (een nauwkeurigheid die toch niet zo zinvol bleek te zijn), men voor hetzelfde geld of zelfs voor veel minder geld een "steekproef" kan nemen die zeer veel groter is. Daarmee kan de eventueel groter geworden spreiding ten gevolge van de mindere nauwkeurigheid van de verlichtingsgegevens ruimschoots worden gecompenseerd. Dit zou betekenen dat het eindresultaat nauwkeuriger kan zijn dan dat van de Engelse studie; de restspreiding kan kleiner zijn. Bovendien is het mogelijk om, wanneer niet al te hoge eisen worden gesteld, de verkeersintensiteit en -samenstelling mee in het beeld te betrekken, wellicht samen met een maat voor de "moeilijkheid" van de situatie. En tenslotte kan de proef worden uitgebreid met andere wegtypen. Een eerste opzet is beschreven door Schreuder (1982, 1983).

Voor het opzetten en uitvoeren van een dergelijk onderzoek zijn de eerste stappen gezet. Het hier beschreven "pilot-experiment" is daar een deel van. Op basis van de ervaringen uit dit experiment kan een betere opzet worden gemaakt voor het feitelijke onderzoek.

4. HET PILOT-EXPERIMENT

4.1. De opzet

De proefneming die hier beschreven zal worden is geëntameerd door de Gemeente Dordrecht in het najaar van 1983 met het doel na te gaan in hoeverre de kosten voor de openbare verlichting in de gemeente gereduceerd konden worden. Daartoe werd met het ingaan van de herfst (einde zomertijd) een verandering aangebracht in de wijze waarop de openbare verlichting werd ingeschakeld. Het was de bedoeling om deze proefneming gedurende één of twee winters te doen, en daarna te beslissen wat de definitieve aanpak zou zijn.

De openbare verlichting in Dordrecht is voor een groot gedeelte uitgevoerd met tweelampsarmaturen, d.w.z. armaturen waarin twee lampen zijn ondergebracht. Deze twee lampen kunnen van hetzelfde type of van verschillend type zijn. De bedoeling van deze inrichting is dat gedurende de tijd dat een hoog lichtniveau wenselijk geacht wordt beide lampen branden, terwijl in de overige tijd, wanneer een lager lichtniveau voldoende is, slechts één van de twee lampen brandt. Door in ieder armatuur twee lampen aan te brengen kan worden bereikt dat, ofschoon het lichtniveau aanzienlijk wordt gereduceerd, de verlichting in de overige opzichten ongewijzigd blijft. Meer in het bijzonder blijft de gelijkmatigheid van het luminantiepatroon gehandhaafd - er ontstaan geen grote donkere vlekken op de weg, zoals wel het geval is wanneer men het licht in een lichtmast geheel dooft.

Dergelijke donkere plekken zijn storend, en kunnen een gevaar voor het verkeer (zowel auto's als voetgangers) opleveren, vooral bij regenweer. Dergelijke installaties met tweelampsarmaturen waren in het verleden zeer gangbaar; uit overwegingen van efficiënte bedrijfsvoering is men er in de meeste gemeenten van teruggekomen: het bleek meestal goedkoper éénlampsarmaturen met even veel licht als de twee lampen van het tweelampsarmatuur samen te installeren en die de hele nacht te laten branden. Dit komt omdat grotere lampen meestal een aanzienlijk hogere specifieke lichtopbrengst hebben (lumen per Watt). In Dordrecht heeft men echter in een groot deel van de stad de tweelampsarmaturen gehandhaafd. Er zij hier opgemerkt dat de proef zoals hier beschreven wat betreft de gemeente

afgesloten is en een succes is gebleken: men heeft besloten om net als nu reeds in de nieuwere buitenwijken, voor het hele stadsgebied over te gaan op modernere éénlampsarmaturen.

Deze beslissing is in hoofdzaak genomen op overwegingen van bedrijfsvoering, maar waarschijnlijk hebben de resultaten van de aan de proef verbonden ongevallenstudie (de studie die hier wordt beschreven) ook een rol gespeeld.

De verandering bestond er nu in dat direct bij het aanschakelen van de openbare verlichting in de namiddag of de avond slechts één lamp per armatuur werd ontstoken. Deze lamp werd pas weer de volgende ochtend gedoofd. Vóór de verandering werden 's avonds beide lampen ontstoken; om 22.00 uur werd de ene lamp (de avondbrander) gedoofd, terwijl de andere lamp (de nachtbrander) pas de volgende ochtend werd gedoofd. Deze verandering wat betreft de schakeling is niet in de gehele gemeente ingevoerd. Er waren, met name in de nieuwere buitenwijken, installaties met éénlamps-armaturen waarvoor de maatregel dus niet relevant was. Voorts was er een aantal belangrijke verkeerswegen waarvoor men meende dat het "nachteniveau" voor de avond, en speciaal voor de avondspits die in de winter bij duisternis plaatsvindt, te laag was. En tenslotte waren er straten in de oude binnenstad waar men de avondschaakeling heeft gehandhaafd, zowel uit overwegingen van stadsschoon als van burgerlijke veiligheid.

De proef uitgevoerd gedurende twee opvolgende winters nl. 1983/1984 en 1985/1985, steeds gedurende zes maanden. Gedurende deze perioden zijn alle ongevallen verzameld; als "voorperiode" zijn gebruikt de winters 1981/1982 en 1982/1983; ook van deze perioden zijn de ongevallen verzameld. De ongevallen zijn ontleend aan de door de Gemeentepolitie ingevulde VOR-ongevallenformulieren.

De uitvoering van de proef die van het "voor-en-na"-type is, werd voor een groot deel afgestemd op de locale omstandigheden en de mate waarin bepaalde gegevens voorhanden waren. De uitvoering heeft plaats gehad onder auspiciën van de Gemeentepolitie en van het Gemeentelijk Energiebedrijf. De feitelijke uitvoering is voor het grootste deel verzorgd door J.B. Martens, in samenwerking met andere stagiaires en personeel van de

gemeentelijke diensten. De uitvoering is ondersteund door een projectbegeleidingsgroep bestaande uit de reeds in het Voorwoord genoemde heren Benedictus, Pas, Roelse, Stam en de auteur van dit rapport, D.A. Schreuder. Tenslotte is in een beginstadium medewerking verleend door ir. T.H. Tan van de Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde.

4.2. De uitvoering

Voor de uitvoering is de beschikking gekregen over alle relevante gegevens van de gemeente, zodat het gehele gemeentelijke wegennet in de beschouwingen kon worden betrokken, inclusief enkele gedeelten van Rijk- en provinciale wegen.

Alle ongevallen die door de gemeentepolitie zijn geregistreerd - dat wil zeggen alle ongevallen die naar de VOR ten behoeve van de centrale registratie worden opgezonden - zijn opgesplitst naar:

- daglicht - duisternis
- zomer - winter
- straat; rechte weg - kruising
- voor - na 22.00 uur.

Van iedere straat waar ongevallen zijn geconstateerd is vervolgens bepaald:

- het wegtype
- het lichtniveau
- wel - niet veranderde verlichting
- verlichtingstype: lamp, armatuur, paalafstand
- wegverharding

Ter toelichting:

- Duisternis betekent hier bij ingeschakelde openbare verlichting; omvat dus ook ten dele de schemering.
- Onder zomer wordt verstaan: maart t/m september, onder winter de rest van het jaar.
- Bij wegtype geldt dat het probleem van de classificatie van wegen en straten binnen de bebouwde kom is nog niet zodanig volledig opgelost dat ook voor vragen betreffende de openbare verlichting steeds en een volle-

dig bevredigend antwoord kan worden gevonden (zie bijv. ASVV, 1984). Voor de hier beschreven proef is dit probleem omzeild door van een globale indeling gebruik te maken die weliswaar niet in alle gevallen expliciet te ondersteunen is, maar die voor het doel voldoende informatie biedt. Daarbij dient bedacht te worden dat het hier om het gebied van een niet al te grote gemeente gaat, zodat een ver gaande detaillering van de classificatie, waarbij een groot aantal nauwkeurig te onderscheiden groepen van wegen en straten ontstaat, geen zin heeft. Bij de proef zijn alle wegen en straten in de volgende groepen onderverdeeld: (Martens, 1985, blz. 13).

1. hoofdwegen
2. secundaire wegen en wijkontsluitingswegen
3. woonstraten
4. woonerven
5. wegen waar een bijzondere verkeersmaatregel van kracht is
6. industriewegen.

Voor de verdere analyse is in eerste instantie gebruik gemaakt van een nog globalere indeling: wegen met in hoofdzaak verblijfsfunctie (3,4) en wegen met in hoofdzaak een verkeersfunctie (1,2) (zie verder par. 4.3).

- Het lichtniveau is hier gebaseerd op de in Dordrecht aanwezige registratie van de openbare verlichting. Daarin zijn van alle straten de verlichtingselementen vastgelegd (lamp- en armatuurtype, masthoogte, mastpositie en de wegverharding). Door van een aantal representatieve wegen en straten het aanwezige lichtniveau te meten, is van alle straten met goede nauwkeurigheid het lichtniveau te bepalen. Er is voor gekozen om het lichtniveau te karakteriseren door middel van de gemiddelde horizontale verlichtingssterkte (illuminatie) en niet door middel van de gemiddelde wegdek-luminantie (helderheid), omdat de eerste vooral bij woongebieden meer informatie geeft, de tweede is vooral van belang voor wegen met een overheersende of uitsluitende verkeersfunctie. Met de moderne apparatuur is de luminantie iets gemakkelijker te meten, maar de berekening ervan is nog altijd tamelijk gecompliceerd omdat er veel gegevens over het wegdek - en dan speciaal over de lichtreflectie van het wegdek - beschikbaar moeten zijn (De Boer (ed.), 1967; zie ook Bijlage 1).

- De verandering van de verlichting is hiervoor reeds besproken (par. 4.1.)

- De gegevens over lamp en armatuur zijn wel in de registratie opgenomen, maar in eerste instantie bij de uitwerking (nog) niet gebruikt. Ook daarbij speelt de geringe omvang van het materiaal een rol, maar ook de overweging dat een invloed van het lamptype (de lichtkleur) op de mate waarin de verkeersveiligheid wordt beïnvloed door een verandering in het lichtniveau (een secundair effect derhalve) niet te verwachten is. Er zijn overigens op gewezen dat er wel sprake kan zijn van een invloed van de lichtkleur op de visuele prestaties; er zijn aanwijzingen dat bij het monochromatische licht van lage-druk natriumlampen de visuele waarneming effectiever is (zie bijv. De Boer (ed.), 1967; Schreuder, 1962). Men stelt dat wel eens voor door te zeggen dat natriumluxen effectiever zijn dan kwikluxen! Maar wanneer het om een relatieve vermindering gaat van het lichtniveau is een invloed van de lichtkleur niet te verwachten.

Het bijeenbrengen van al deze verschillende gegevens in een enkel bestand in zodanige vorm dat ze verder per computer konden worden verwerkt, bleek een omvangrijk werk te zijn. Voor een deel waren de gegevens nog niet in computerbestanden opgenomen, voor een ander deel konden de bestanden niet zonder meer in elkaar worden overgezet.

4.3. De resultaten

De resultaten zijn gegeven in het eindrapport van Martens (1985). Ze zijn hier opgenomen als Bijlage 2. Daarbij zijn de ongevallen voor groepen wegen en straten bijeen genomen, waarbij een onderscheid is gemaakt tussen "alle wegen" (kolom 1 en 3) en alle wegen minus een aantal speciale gevallen. Het blijkt dat het resultaat nogal verschilt voor deze twee groepen. Het is niet aan de geven wat daar de oorzaak van zou kunnen zijn. Aangezien er geen dwingende redenen zijn om de genoemde wegen weg te laten, zal verder worden gewerkt met "alle" wegen.

Het is bij voor- en nastudies niet ongebruikelijk de dagsituatie als een soort "controle" te gebruiken. In het hiervoor genoemde Engelse onderzoek (Hoofdstuk 3) is het quotiënt van de aantallen van nacht- en dagongevallen gebruikt als een maat voor het "gevaar". Dit is hier niet gedaan. Ten eerste lag het in de specifieke omstandigheden van de proefneming in Dordrecht meer voor de hand de "nacht" als controle te gebruiken; alle

veranderingen die onderzocht werden vallen in de "avond". Ten tweede is gebleken dat gedurende de periode die wordt bestudeerd een grote verandering heeft plaats gevonden in de relatie tussen dag- en nachtongevallen. Deze verandering lijkt niet te maken te hebben met een eventuele verandering in de verlichting. Het heeft er de schijn van dat het registratieniveau van ongevallen in de loop van de jaren is veranderd, in die zin dat geleidelijk relatief gezien minder ongevallen bij duisternis worden geregistreerd. Mocht een dergelijk feit zich hebben voorgedaan - waarvoor overigens geen directe aanwijzingen bestaan - dan dient men rekening te houden met de mogelijkheid dat de registratie bij "nacht" ook anders zou kunnen zijn dan bij "avond". Dit is op zichzelf niet na te gaan, maar het is juist de bedoeling van het gebruik van een controle om te kunnen corrigeren voor een dergelijke "trend". In dit geval is dus niet het aantal dagongevallen, maar het aantal "nacht"ongevallen als controle ten behoeve van het opsporen van veranderingen in het aantal "avondongevallen" die het gevolg zouden kunnen zijn van de verandering in de schakeling van de openbare verlichting. Dit is dus een tweede controle; de eerste is de gebruikelijke waarbij de verandering is onderzocht aan de hand van de voor- en nastudie waarbij bovendien een gedeelte van het wegennet veranderd is wat betreft de verlichting en een ander gedeelte niet: het onveranderde gedeelte dient als "controle".

Op deze wijze kan een getal worden gevonden dat het effect van de verandering van de openbare verlichting kan weergeven. Dit getal wordt met G aangegeven; wanneer G groter is dan de eenheid, dan is het aantal ongevallen toegenomen; omdat mag worden aangenomen dat op deze wijze voor alle andere invloedsfactoren is gecorrigeerd, mag men stellen dat wanneer G groter is dan 1 de verkeersveiligheid negatief is beïnvloed door de vermindering van de openbare verlichting. Wanneer G kleiner is dan 1, zou van een verbetering sprake zijn. Dit is niet uit te sluiten, ook al is het niet erg waarschijnlijk. Zo kan de situatie er beter op worden wanneer tegelijk met de vermindering van het lichtniveau er een vermindering van de verblinding optreedt.

Het getal G kan als volgt worden bepaald:

$$\frac{\left(\begin{array}{l} \left(\frac{\text{avond}}{\text{nacht}} \right) \text{ veranderd} \\ \left(\frac{\text{avond}}{\text{nacht}} \right) \text{ onveranderd} \end{array} \right) \text{ na}}{\left(\begin{array}{l} \left(\frac{\text{avond}}{\text{nacht}} \right) \text{ veranderd} \\ \left(\frac{\text{avond}}{\text{nacht}} \right) \text{ onveranderd} \end{array} \right) \text{ voor}} = G$$

Ter toelichting op deze formule:

In elk geval is uitgegaan van het quotient van de aantallen avond- en nachtongevallen. Daarmee wordt gecorrigeerd voor weersinvloeden enz. Vervolgens wordt de relatie veranderd/onveranderd bekeken; dit is de relatie waar het om gaat wat betreft het quotient van avond- en nachtongevallen. Tenslotte wordt voor langlopende "trends" gecorrigeerd door de na/voor-relatie (bijvoorbeeld veranderingen in de motoriseringsgraad). Men dient te bedenken dat van alle gevallen alleen in het geval "avond - veranderd" de verlichting veranderd is; in alle andere gevallen is de verlichting gelijk gebleven. De nacht is steeds hetzelfde gebleven, en zo zijn de avond- en nachtverlichting bij "onveranderd".

Deze wijze van bepalen kan worden gebruikt voor alle ongevallen, maar ook voor een gedeelte ervan, bijvoorbeeld voor verschillende groepen van wegen en straten.

Wanneer men de bovenstaande berekeningen uitvoert voor het totale materiaal komt men tot de resultaten die door Martens (1985, blz. 19) zijn vermeld: er is een toename van ca. 10% te constateren van het aantal ongevallen die kan worden toegeschreven aan de maatregel (voor rechte wegvakken vindt men 14%, voor kruisingen 13%. (Het feit dat het totaal een lager percentage oplevert dan de beide onderdelen kan rekenkundig worden verklaard).

Er doet zich hierbij een complicatie voor. Wanneer men de hoofdwegen weglaat (kolom 2 en 4 uit Bijlage 2) dan worden de getallen veel kleiner - ze wijken dan feitelijk niet meer van één af: zie Bijlage 3, opnieuw

ontleend aan Martens (1985). We komen nog terug op de consequenties ervan (par. 4.4).

Omdat voor alle wegen en straten het lichtniveau bekend is, kan een uitsplitsing naar dit niveau worden gemaakt. Zoals hierboven is aangegeven, zijn daarbij de verschillende lamptypen bijeengenomen; voorts zijn slechts twee wegtypen gebruikt: wegen met uitsluitend of in hoofdzaak een verkeersfunctie (hoofdwegen en wijkontsluitingswegen, groepen 1 en 2 van par. 4.2, corresponderend met groepen 3 en 5 van Bijlage 2) en straten met overwegend of uitsluitend een verblijfsfunctie (groepen 3 en 4 van par. 4.2 corresponderend met groep 2 van Bijlage 2). In beide gevallen zijn er gegevens behorend bij verschillende lichtniveaus. Niet steeds zijn er echter voldoende gegevens per "cel" om een redelijk betrouwbare uitkomst te kunnen garanderen. Dit is niet systematisch, kwantitatief uitgewerkt, maar het kan gemakkelijk worden toegelicht: omdat in de formule waarmee G wordt bepaald een aantal breuken voorkomen, kan een kleine verandering in een van de getallen in teller of noemer een grote invloed hebben op het eindresultaat, vooral wanneer het om kleine aantallen gaat. Wanneer men aanneemt dat men bij de registratie van ongevallen gemakkelijk een enkel ongeval kan missen, kan men zien dat de invloed veel groter is als men totaal slechts bijv. drie ongevallen heeft, dan wanneer men er tien of twintig heeft. Uiteraard geeft deze kwalitatieve toelichting alleen maar een indruk over de factoren die een rol kunnen spelen; er bestaan exacte berekeningsmethoden waarmee deze factoren goed kunnen worden gekwantificeerd. Deze kwantificatie moet nog plaatsvinden; om een eerste indruk van de invloed van het lichtniveau op het ongevalleengebeuren te kunnen vinden, is volstaan om de "cellen" met een gering aantal ongevallen weg te laten. Alle relevante gegevens zijn opgenomen in Bijlage 4; daarbij is aangegeven (door onderstreping) in welke gevallen de aantallen groot genoeg lijken te zijn voor een verder gebruik. Dit verdere gebruik is neergelegd in Afbeelding 2 waar G is opgegeven in relatie tot het lichtniveau, gekarakteriseerd door de logaritme van de horizontale verlichtingssterkte E in de avondtoestand. Daarbij zijn de verlichtingssterkten in groepen bijeengebracht.

De volgende groepen zijn gebruikt:

0 tot 2 lux

2 tot 5 lux

5 tot 8 lux

8 tot 12 lux

meer dan 12 lux.

Omdat met de logaritmen is gewerkt kunnen de volgende "normwaarden" voor deze groepen worden gebruikt (niet de gemiddelden dus!): 1,2 lux; 3 lux; 6 lux; 10 lux en 20 lux.

4.4. Conclusies

Uit de hier beschreven proefnemingen kunnen enige voorlopige conclusies worden getrokken. Voorlopig, omdat nog geen nadere statistische toetsing heeft plaatsgevonden. Omdat het hier echter om een "pilot-experiment" gaat, lijkt het gerechtvaardigd om deze conclusies te vermelden.

1. Het lijkt waarschijnlijk dat de invloed van een vermindering van de verlichting kleiner wordt naarmate het lichtniveau hoger is: G neemt af met toenemende E (Afbeelding 2).
2. Op grond van deze proef kan niet worden geconcludeerd tot een (relatief) verschillende invloed van een vermindering van de openbare verlichting wanneer "woonstraten" worden vergeleken met "verkeerswegen": voor zover er gegevens zijn, vallen ze voor de twee groepen van wegen samen (Afbeelding 2).
3. In het totaal heeft de vermindering van de openbare verlichting in Dordrecht geleid tot een toename van ca. 10% in de ongevallen bij avond in de winter. We menen dit zo te mogen stellen omdat dit volgt uit de gegevens voor "alle" straten (par. 4.3); omdat iets dergelijks ook lijkt te volgen uit de beschouwingen voor de afzonderlijke groepen van wegen (zie de punten 1 en 2 hierboven) lijkt het gerechtvaardigd de eindconclusie te baseren op "alle" straten en niet op "alle straten met uitzondering van ..." zoals gegeven in Tabel 2 en 4 van Bijlage 2. Dit moet natuurlijk als een voorlopige conclusie worden beschouwd, zeker zolang er geen aanwijzingen zijn waaraan deze toch wel merkwaardige discrepantie tussen de groepen gegevens zou kunnen worden toegeschreven. Er moet op worden gewezen dat de hier gepresenteerde eindconclusie dus anders is als die welke door Martens (1985, blz. 19) is gegeven. Daar is betoogd dat de

"andere" wegen eigenlijk helemaal niet in het onderzoek zouden moeten zij betrokken, zodat de conclusie "geen effect" de juiste is.

Waarom kan men genoeg nemen met een dergelijk toch wel essentieel verschil in de conclusies die zijn getrokken uit hetzelfde materiaal? Dit lijkt gerechtvaardigd omdat het hier, zoals gezegd, gaat om een "pilot-experiment" waarvan het oogmerk in eerste instantie is aan te tonen dat het inderdaad mogelijk is op een dergelijke eigenlijk vrij simpele wijze getallen te verkrijgen die betekenis hebben. Men dient te bedenken dat juist daaraan in het verleden nog al eens werd getwijfeld: men nam aan dat een zeer gecompliceerd uitgebreid en kostbaar onderzoek, zoals bijvoorbeeld het hierboven vermelde Engelse onderzoek, noodzakelijk was. Toen bleek dat zelfs dat onderzoek niet het gewenste resultaat kon opleveren, meende men dat een nog uitgebreider - en dus nog duurder - onderzoek noodzakelijk was. Uit deze studie blijkt dus dat dit niet het geval is: op vrij simpele wijze is het mogelijk gegevens te verzamelen waarmee "verder gewerkt kan worden".

De slotconclusie luidt dan ook:

- Het is mogelijk een onderzoek te doen naar de relatie tussen het niveau van de openbare verlichting en de ongevallen bij duisternis met gebruikmaking van het hier beschreven systeem.

Meer specifiek, gerelateerd aan de concrete vraag die aan de onderhavige studie ten grondslag ligt:

- Het is waarschijnlijk dat vermindering van de openbare verlichting kan leiden tot een toename van het aantal verkeersongevallen bij duisternis; de hier gepresenteerde methode van onderzoek kan een meer besliste uitspraak hieromtrent mogelijk maken.

5. VOORTGANG; DE TOEKOMST

5.1. Algemeen

De hier beschreven studie heeft, zoals gezegd, het karakter van een "pilot-experiment". Dat wil zeggen dat het oogmerk ervan in hoofdzaak is om een onderzoeksmethode te vinden en de bruikbaarheid ervan te toetsen; het doel is voorts om deze methode in het "eigenlijke" experiment toe te passen. Als zodanig is het pilot-experiment geslaagd te noemen; er is een methode gevonden waarmee op betrekkelijk eenvoudige wijze het gevraagde bestudeerd kan worden, en wel op een zodanige wijze dat een redelijke garantie kan worden gegeven dat - mits de te onderzoeken relatie ook werkelijk bestaat - deze gevonden zal worden. Het feit dat uit het onderzoek, onder voorbehoud, reeds iets over de relatie gezegd kan worden, en dat er een antwoord gegeven is op een specifieke vraag uit de Gemeente Dordrecht is voor die gemeente van belang, maar voor het onderzoek zelf is dat eerder een bijkomstigheid.

De voor de hand liggende volgende stap is het voortzetten van het onderzoek. Hierbij zijn een aantal fasen te onderscheiden die hieronder nader zullen worden toegelicht. Verder zal aandacht worden besteed aan een aantal organisatorische aspecten van een vervolgonderzoek.

5.2. Aanbevelingen voor nader onderzoek

5.2.1. Voortzetting en afronding van het onderzoek in Dordrecht

Zoals hierboven reeds is aangegeven (par. 4.4) is er in het onderzoek dat in Dordrecht is uitgevoerd nog een aantal vragen onbeantwoord gebleven. Het lijkt zinvol die vragen alsnog te beantwoorden; niet alleen krijgt dat onderzoek daarmee een vollediger afsluiting, maar ook zullen die antwoorden van belang zijn voor andere onderzoekingen.

Daarbij gaat het vooral om de volgende drie punten:

1. Het zoeken naar een verklaring van het feit dat het quotiënt tussen de aantallen ongevallen bij daglicht en bij duisternis afneemt ondanks het feit dat er sprake is van een vermindering van de openbare verlichting en

van het vermoeden dat deze vermindering negatief heeft uitgewerkt op de verkeersveiligheid; dit punt is van belang wanneer in andere gevallen wel van dag-nachtverhoudingen gebruik gemaakt wordt (moet worden).

2. Het zoeken naar een verklaring waarom het al of niet in de beschouwing betrekken van de rijksweg (en sommige andere wegen) zo'n grote invloed heeft op het eindresultaat; dit punt is mogelijk van belang bij het beoordelen van de statistische betrouwbaarheid van de resultaten van de proef in Dordrecht, alsmede van die van andere proeven.

3. Het nader bekijken van de invloed van de lichtkleur (het lamptype), het armatuurtype (de verblinding) en het wegdek (de relatie tussen verlichtingssterkte en helderheid, zie Bijlage 1); dit kan van belang zijn voor het eventueel nader interpreteren van de resultaten van de proef in Dordrecht.

5.2.2. Uitwerking van een aantal algemene punten

Het is bij het onderzoek in Dordrecht gebleken dat er op een paar plaatsen lacunes in de kennis zijn die ten behoeve van een verder onderzoek (vooral wanneer dat op een wat grotere schaal zal worden uitgevoerd) dienen te worden opgevuld. Het gaat daarbij in eerste instantie om drie punten:

1. Het is noodzakelijk dat de resultaten van dergelijk onderzoek kunnen worden beoordeeld wat betreft hun significantie. Statistische toetsingsmethoden die daartoe de mogelijkheid bieden, zijn beschikbaar; een aanpassing van de methode gewenst zodat ze gemakkelijker kunnen worden toegepast - bijvoorbeeld door personeel dat niet beschikt over specialistische vakkennis betreffende dergelijke toetsingsmethodieken.

2. Het is wenselijk een systeem te hebben voor classificatie van wegen en straten, meer in het bijzonder binnen bebouwde kommen, en wel een systeem dat toegesneden is op de specifieke vragen en problemen die naar voren komen bij onderzoek aangaande openbare verlichting. Het blijkt dat de gangbare classificatiesystemen hiervoor niet voldoen: vrijwel steeds doet zich het probleem voor dat wegtypen die wat betreft de openbare verlichting onderscheiden moeten kunnen worden, in de bestaande systemen niet onderscheiden kunnen worden.

Een voorstel is gegeven in Bijlage 5 (naar Schreuder, 1979). Nagegaan moet worden of een dergelijk systeem in de praktijk bevredigt en of het

toegepast kan worden: dit wil zeggen of het onderscheid biedt waar onderscheid nodig is, en samen laat waar geen onderscheid nodig is.

3. Het is wenselijk te kunnen beschikken over een systeem voor classificatie van armaturen voor openbare verlichting. Hiermee wordt bedoeld een systeem waarmee de lichtsterkteverdeling van de armaturen kan worden bepaald (of benaderd) wanneer over de armaturen niet meer dan een aantal algemeen gegevens beschikbaar zijn. Er bestaan eenvoudige berekeningsmethoden waarmee de gemiddelde horizontale verlichtingssterkte berekend kan worden wanneer de lichtsterkteverdeling bekend is, zodat aan de hand van een dergelijke classificatie op eenvoudige wijze het lichtniveau op een redelijk nauwkeurige wijze te bepalen is zonder dat uitgebreide (moeilijke en kostbare) metingen nodig zijn. Als uitgangspunt voor een dergelijke classificatie kan mogelijk dienen die welke in 1957 door de Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde NSVV is voorgesteld (NSVV, 1957) (zie Bijlage 6). Deze classificatie bleek in het verleden nuttig te zijn, maar is toch enigszins in het vergeetboek geraakt.

Dit uitwerken kan waarschijnlijk voor het grootste gedeelte zonder al te veel inspanning door de SWOV worden uitgevoerd. Voor de classificatie van wegen is hulp van wegbeheerders en van verkeerskundigen gewenst, voor de classificatie van armaturen de hulp van de industrie. Het is echter niet te verwachten dat dit ernstige problemen zal opleveren.

5.3. De uitbouw van het onderzoek

Wanneer de activiteiten beschreven in par. 5.2 gereed zijn, staat het gereedschap ter beschikking voor een verdere uitbouw van het onderzoek. Dit zal nodig zijn om de relatie tussen (vermindering van) de openbare verlichting en de verkeersveiligheid nader te preciseren. Het gaat daarbij om een aantal punten: "waar", "wat" en "hoe".

5.3.1. De locaties van het onderzoek

In beginsel kan men denken alle locaties waar openbare verlichting wordt toegepast; immers, overal kan men overwegen om de verlichting te verminderen. Meer in het bijzonder gaat het om gebieden waar de functie van openbare verlichting nogal eens ter discussie wordt gesteld.

● Woonstraten en woonerven. Hier gaat het niet zozeer om de vraag of er openbare verlichting moet zijn, maar meer om de vraag in hoeverre men

daarbij van een verkeersveiligheidsmaatregel moet spreken en in hoeverre van maatregelen ten dienste van de openbare veiligheid en van de leefbaarheid.

● Hoofdwegen binnen de bebouwde kom. Het belang van verlichting wordt zelden ontkend; wel bestaat er twijfel over het nut, resp. het bezwaar om later in de avond of in de nacht de verlichting te verlagen. Daarbij moet worden gedacht aan de mogelijkheden van "dimmen", waarbij het niveau kan worden verlaagd zonder storende ongelijkmatigheid in te voeren.

● Wegen buiten de bebouwde kom die een ondergeschikte verkeersfunctie vervullen. Het gaat daarbij vaak om rijkswegen van lagere orde en om provinciale wegen; slechts zelden om gemeentelijke wegen. Voor dit type wegen zijn er eigenlijk twee vragen die enigszins samenhangen, te weten: welke van deze wegen moeten van een installatie van openbare verlichting worden voorzien, en hoe moet die verlichting dan zijn? De methode die men kan gebruiken om deze twee vragen te beantwoorden is dezelfde als die welke bij de andere problemen gebruikt kan worden; daarom kunnen deze vragen in dit lijstje worden opgenomen.

● Belangrijke interlocale hoofdverbindingen. Het gaat daarbij vooral om auto(snel)wegen uit het primaire wegennet - om rijkswegen dus. Bij dit soort wegen, die meestal zeer druk zijn, doet zich een speciale vraag voor. Voor het verschaffen van voldoende informatie om de weg te kunnen volgen (de visuele geleiding) is openbare verlichting meestal niet nodig, met uitzondering mogelijk van zeer slecht weer zoals mist en sneeuwval. Maar voor het verschaffen van informatie ten behoeve van het ontwijken van obstakels is openbare verlichting onontbeerlijk: daartoe zijn auto-koplantaarns - zelfs op hoofdlicht geschakeld - ten enen male ontoereikend (zie hiervoor bijvoorbeeld: Padmos, 1984; Padmos & Walraven, 1982; Schreuder, 1984). Vaak meent men dat dergelijke wegen onverlicht kunnen blijven omdat obstakels waarvoor gestopt moet worden, zelden of nooit voorkomen. Dit blijkt een misvatting te zijn. Zoals door Tan (1978) aangegeven komen dergelijke obstakels ook op de wat dat betreft zeer goed onderhouden Nederlandse autosnelwegen tamelijk frequent voor. Dit blijkt ook uit de ongevallengegevens.

Het is niet noodzakelijk om bij het bespreken van dergelijk onderzoek uitsluitend aan Nederland te denken. Het kan voordelen bieden om te proberen de autoriteiten in het buitenland in dit onderzoek te interes-

seren. Het is mogelijk omdat de problemen niet bij de grens ophouden; het kan zinvol zijn omdat bepaalde situaties die voor het onderzoek relevant zijn, in Nederland niet voorkomen, maar in sommige andere landen wel. Men kan daarbij bijvoorbeeld denken aan het feit dat alle autosnelwegen - ook de minder drukke - in België van verlichting zijn voorzien. Of aan het feit dat in Engeland de registratie van ongevallen en de daarbij behorende locatie tot een hoge graad is geperfectionneerd. Zo zijn er nog wel meer voorbeelden te bedenken waarbij een internationale opzet zeer veel nut kan afwerpen - voor Nederland en ook voor die andere landen!

5.3.2. De opzet van het onderzoek

Gezien het succes van het hier beschreven "pilot-experiment" lijkt het verstandig om op dezelfde weg voort te gaan, dus het verzamelen van gegevens over ongevallen, verkeer, wegtype en verlichting van een zeer groot aantal wegen, waarbij de gegevens zelf niet bijzonder nauwkeurig behoeven te zijn.

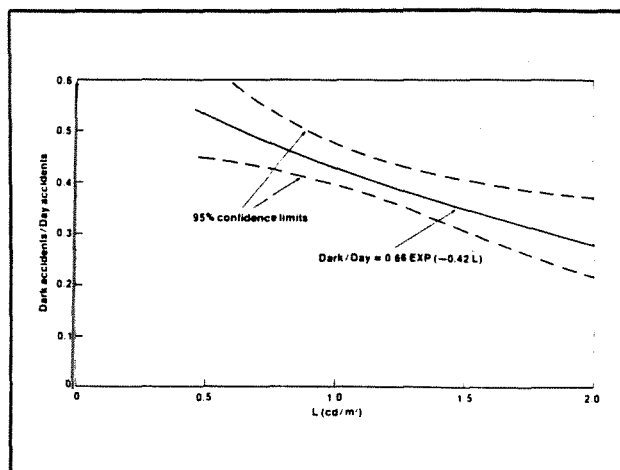
Welke gegevens daarvoor precies in aanmerking komen, en op welke wijze ze moeten worden verzameld, kan niet in het algemeen worden aangegeven; dit hangt in hoge mate af van de individuele omstandigheden. Steeds kan echter het patroon zoals dat voor Dordrecht in het "pilot-experiment" is ontwikkeld worden toegepast. Een paar voorbeelden, ontleend aan praktische situaties:

- Bij toepassing van avond- en nachtverlichting waarbij lichtpunten of groepen van lichtpunten worden gedoofd - wanneer dus éénlampsarmaturen worden gebruikt - kan uiteraard een methode worden gevolgd die veel lijkt op die van Dordrecht, met name wanneer een dergelijk nachtregime op een bepaald moment is ingevoerd. Is het geleidelijk over een zekere periode ingevoerd, dan kan beter een van de hierna geschreven varianten worden gebruikt.
- Soms wordt de gehele verlichting afgeschakeld. Hier is geen verschil tussen avond en nacht, zodat met de dag/nachtverhoudingen moet worden gewerkt als controle op de voor- en nastudies. In sommige gevallen kunnen andere verlichtingsinstallaties die in werking zijn gebleven als controle worden gebruikt.
- Veelal wordt in een stad, provincie e.d. geleidelijk de installatie omgebouwd of aangepast aan meer moderne inzichten; zo worden in vele ge-

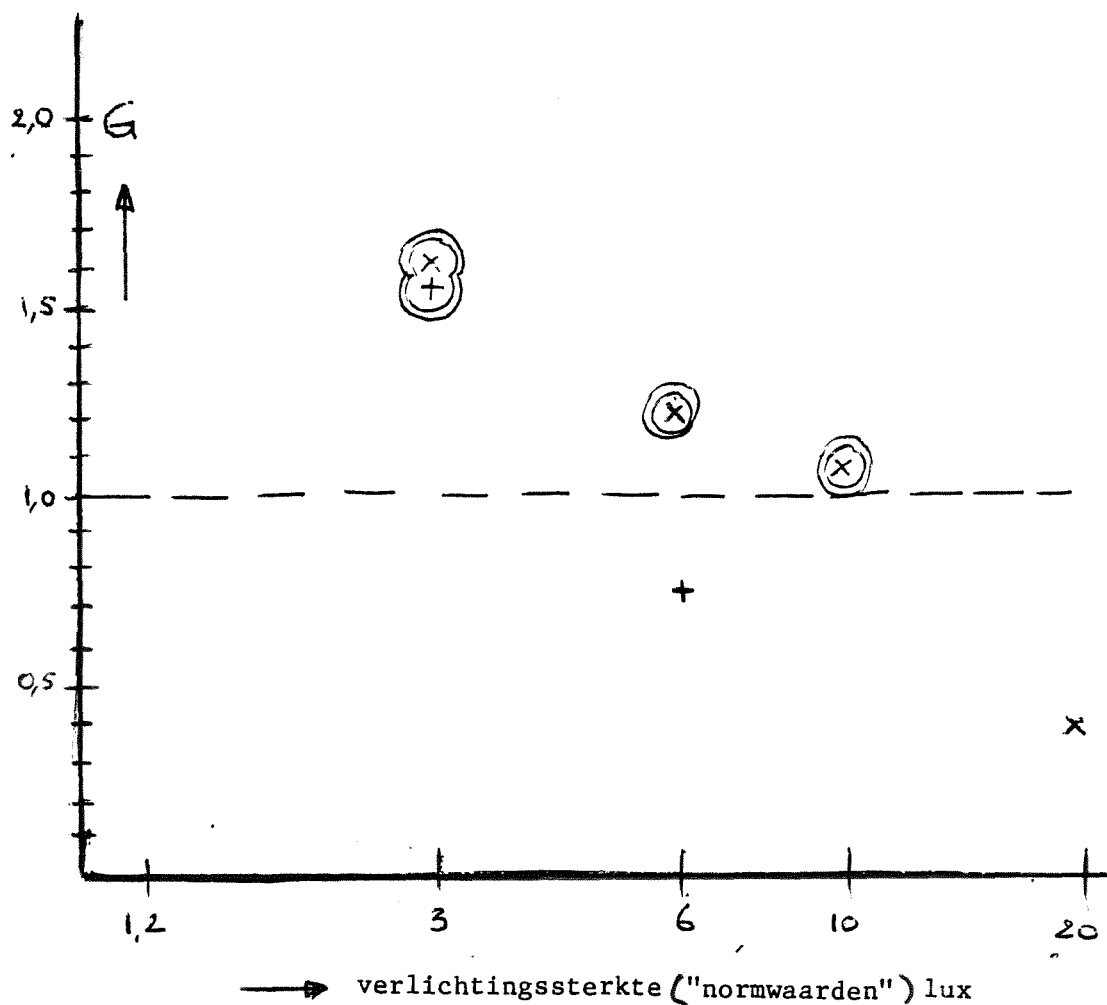
meenten geleidelijk de inefficiënte HPL-lampen vervangen door SON-lampen (soms ook door SOX-lampen). In dergelijke gevallen kunnen een soort van voor- en nastudies per straat worden uitgevoerd, waarbij van voortschrijdende gegevens gebruik wordt gemaakt. Het is daarbij van belang dat de gegevens goed worden verzameld en geregistreerd.

5.3.3. De uitvoering van het onderzoek

Omdat in al dergelijke gevallen er veel gegevens moeten worden verzameld die meestal lokaal worden geregistreerd en bewaard, en omdat - vooral bij de indeling van wegen - kennis van de locale omstandigheden van het grootste belang is, lijkt het te verkieszen het onderzoek te laten plaatsvinden onder verantwoordelijkheid van de locale wegbeherende autoriteit. Daarbij komt dat het meestal ook in de eerste plaats die autoriteit is die het meest rechtstreeks met de resultaten van het onderzoek te maken heeft: hij zal het resultaat gebruiken. Een tamelijk diepgaande en frequente ondersteuning door specialisten is daarbij in vele gevallen onontbeerlijk omdat er, zoals uit het bovenstaande duidelijk is gebleken, bij een dergelijk onderzoek veel zaken aan de orde komen die een aanzienlijke specialistische vakkennis vereisen, een expertise die meestal op het niveau van de "lagere", meer praktisch georiënteerde overheden niet aanwezig is. Ook van belang is de coördinatie. Hierboven is gesuggereerd om een dergelijk onderzoek op een aantal plaatsen tegelijk en door verschillende wegbeherende instanties te doen uitvoeren; om te waarborgen dat de resultaten van al die afzonderlijke (deel)onderzoeken onderling op elkaar zijn af te stemmen - nodig om algemeen geldige conclusies te kunnen trekken - is een goede coördinatie noodzakelijk. Het is te overwegen om ten behoeve van die specialistische ondersteuning en van die coördinatie een "stuurgroep" in te stellen.



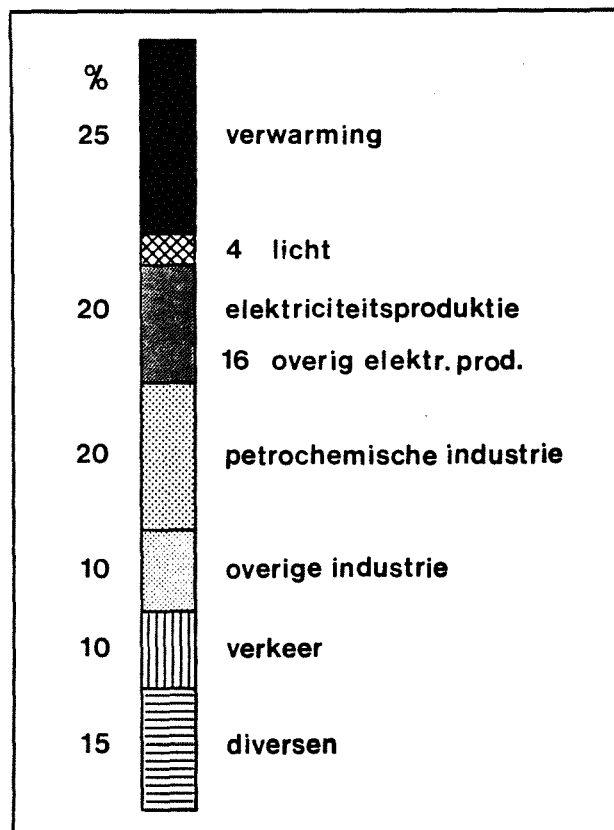
Afbeelding 1. Relatie tussen de nacht/dag-verhouding van ongevallen en de gemiddelde wegdekkluminantie (Bron: Scott, 1980).



Afbeelding 2. De relatie tussen het effect op de verkeersveiligheid en het lichtniveau van de openbare verlichting (gebaseerd op gegevens van Martens, 1985).

Elektriciteitsgebruik voor verlichting in 1972			
categorie	verbruik in in GWh	relatief verbruik in % betrokken op	
		openbaar net	totale produktie
huishoudens	2202	5,8	4,4
openbare verlichting	571	1,5	1,2
industrie, handel, kantoren, openbare gebouwen enz.	6987	18,6	14,1
totaal	9760	25,9	19,7

Tabel 1A. Elektriciteitsgebruik voor verlichting in het jaar 1972.



Tabel 1B. Verdeling van primaire energie naar verschillende toepassingsgebieden, waaronder verlichting (naar Burghout, 1978).

LITERATUUR

ASVV (1984). Aanbevelingen voor stedelijke verkeersvoorzieningen 1984/1985. Studiecentrum Verkeerstechniek, Driebergen, 1984.

De Boer, J.B. (ed.) (1967). Public lighting. Centrex, Eindhoven, 1967.

Burghout, F. (1978). Energiegebruik voor verlichting. In: NSVV (1978).

CIE (1960). Street lighting and accidents. Publication No. 8. CIE, Paris, 1960.

CIE (1980). Proceedings 19th Session CIE. Publication No. 50. CIE, Paris, 1980.

CIE (1986). Road lighting and accidents (5th draft). Publication No. 8/2 CIE, Paris, 1986. (In voorbereiding).

Cobb, J.; Hargroves, R.A.; Marsden, A.M. & Scott, P.P. (1979). Road lighting and accidents. In: CIE (1980).

Fisher, A.J. (1973). A review of street lighting in relation to road safety. Report No. 18. Dept. of Transport, Canberra, 1973.

Fisher, A.J. (1977). Road lighting as an accident countermeasure. In: LiTG (1977).

Fisher, A.J. & Hall, R.R. (1978). Motorists' information needs and free-way lighting levels (preprint). ARRB Proceedings 9 (1978) Part 5; 334-344.

Flury, F.C. (1977). Cost/effectiveness aspects of road lighting. In: LiTG (1977).

Flury, F.C. (1984). De kosten van de verkeersonveiligheid. Verkeerskunde 35 (1984) 454-455.

Flury, F.C. (1984a). Inventarisatie van het post-crash beleidsterrein. R-84-26. SWOV, Leidschendam, 1984.

- Hargroves, R.A. & Scott, P.P. (1974). Measurements of road lighting and accidents; The results. *Public Lighting* 44 (1979) 213-221.
- Hendriks, J.H. (1978). Openbare verlichting in de bebouwde kom. In: NSVV (1978).
- LiTG (1977). Measures of road lighting effectiveness, Symposium 5-6 July 1977. LiTG, Karlsruhe, 1977.
- Loos, W.A. (1982). Vergelijking van kostenaspecten bij openbare verlichting. In: NSVV (1982).
- Marsden, A.M. (1976). Road lighting - Visibility and accident reduction. *Public Lighting* 41 (1976) 106-111.
- Martens, J.B. (1985). Verkeersveiligheid en openbare verlichting. Dordrecht, 1985.
- NSVV (1957). Aanbevelingen voor openbare verlichting. Moormans Periodieke Pers N.V., Den Haag, 1957 (jaartal geschat).
- NSVV (1978). Verlichting en energiegebruik. Congresdag 18 april 1978. *Elektrotechniek* 56 (1978) nr. 12.
- NSVV (1982). Openbare verlichting, economie en veiligheid. Congresdag 23 april 1982. *Elektrotechniek* 60 (1982) nr. 9.
- OECD (1972). Lighting, visibility and accidents. OECD, Paris, 1972.
- Padmos, P. (1984). Visually critical elements in night driving in relation to public lighting. In: TRB (1984).
- Padmos, P. & Walraven, J. (1982). Wegverlichting buiten de bebouwde kom; Welke visuele informatie heeft de automobilist nodig? In: NSVV (1982).
- PAO (1985). Cursus "Weg- en straatverlichting". Orgaan voor Postacademisch Onderwijs in de vervoerswetenschappen en de verkeerskunde PAOVV. Rijswijk, 1985.

Schreuder, D.A. (1962). Warum Beleuchtung mit Natriumdampflampen? Elektrizitätsverwertung 37 (1962) 7: 191-195.

Schreuder, D.A. (1977). The relation between lighting parameters and transportation performance. In: LiTG (1977).

Schreuder, D.A. (1978). Woonerven en hun verlichting. Elektrotechniek 56 (1978) 633-639.

Schreuder, D.A. (1979). Public and vehicle lighting in residential areas. Paper CIBS Annual Conference, 1979, Harrogate, 19-23 May 1974. R-79-4. SWOV, 1979.

Schreuder, D.A. (1982). Openbare verlichting en ongevallenkans. In: NSVV (1982).

Schreuder, D.A. (1983). De relatie tussen verkeersongevallen en openbare verlichting. R-83-12. SWOV, Leidschendam, 1983.

Schreuder, D.A. (1984). Visibility aspects of road lighting. In: TRB (1984).

Schreuder, D.A. (1985). De theorie van de verkeersverlichting gezien vanuit de verkeerskunde. In: PAO (1985).

Schreuder, D.A. (1985a). Fundamentele overwegingen omtrent visuele en verlichtingskundige aspecten van de verkeersveiligheid. SWOV, Leidschendam, 1985.

Schreuder, D.A. (1985b). Visuele en verlichtingskundige aspecten van de verkeersveiligheid. SWOV, Leidschendam, 1985.

Schreuder, D.A. (1985c). Toepassing en gebruiksmogelijkheden van retro-reflecterende materialen in het wegverkeer. SWOV, Leidschendam, 1985.

Schreuder, D.A. (1985d). Verlichting voor het wegverkeer. In: PAO (1985).

Scott, P.P. (1980). The relationship between road lighting quality and accident frequency. Lab. Report LR 929. TRRL, Crowthorne, 1980.

Scott, P.P. (1980a). The relationship between road lighting quality and accident frequency. Digest LR 929. TRRL, Crowthorne, 1980.

Sven (1981). Besparing op energie en kosten bij openbare verlichting. Stichting Voorlichting Energiebesparing Nederland SVEN, Apeldoorn, 1981.

Tan, T.H. (1978). Openbare verlichting buiten de bebouwde kom. In: NSVV (1978).

Tan, T.H. (1985). Economische aspecten. In: PAO (1985).

TRB (1984). Providing visibility and visual guidance to the road user. Symposium July 30 - August 1, 1984. Transportation Research Board, Washington, D.C., 1984.

Vermeulen, J. (1985). Lampen en voorschakelapparatuur. In: PAO (1985).

BIJLAGE 1

1. Elementaire grootheden. Eenheden

1.1.1. Licht is een elektromagnetisch golfverschijnsel. De waargenomen kleur en helderheid van het licht hangen af van de golflengte. Alleen elektromagnetische straling waarvan de golflengte tussen ca. 400 en 760 nanometer ligt, kan een lichtindruk teweeg brengen. ($1 \text{ nm} = 10^{-6} \text{ mm} = 10^{-9} \text{ m}$. De hoogste gevoeligheid wordt gevonden voor licht van geel-groene kleur (ca. 550 nm).

1.1.2. De lichtstroom Φ is dat gedeelte van het door een bron uitgestraalde vermogen dat een lichtindruk kan opwekken.

Formule: $\Phi = k \int P_{\lambda} V_{\lambda} d\lambda$; met $P_{\lambda} = \frac{dP}{d\lambda}$. Eenheid: lumen (lm).

P_{λ} = de spectrale energieverdeling van de lichtkleur

V_{λ} = de relatieve overgevoelheidsfactor.

N.B.: De ooggevoeligheid komt in de lumen en in alle afgeleide grootheden voor. Alle fotometrische grootheden hangen dus af van deze langs psychofysische weg te bepalen grootheid.

1.1.3. De verlichtingssterkte E is de dichtheid in de lichtstroom die een oppervlak treft.

Formule: $E = \frac{d\Phi}{dA}$. Eenheid: lux. Dimensie: lm/m^2 .

1.1.4. De lichtsterkte I is de in een bepaalde richting uitgestraalde lichtintensiteit.

Formule: $I = \frac{d\Phi}{d\omega}$ (ω in steradianen).

Eenheid: candela (cd). Dimensie: lm/sr .

Bij de definitie van de lichtsterkte wordt gedacht aan een lichtstroom $\Delta\Phi$ die binnen een eindige ruimtehoek $\Delta\omega$ wordt uitgestraald, waarbij de top van de ruimtehoek in de (per definitie puntvormige) lichtbron ligt. De limietovergang $\Delta\omega \rightarrow 0$ levert de intensiteit I .

N.B.: De termen lichtsterkte en verlichtingssterkte lijken op elkaar, zodat vaak vergissingen worden gemaakt. De fysische betekenis is echt geheel anders; vergissingen hebben dus gewoonlijk ernstige consequent

Internationaal is de candela als extra fotometrische grondeenheid gedefinieerd naast de kg, m en sec.

1.1.5. De luminantie L is de lichtsterkte, die per eenheid van oppervlak in een bepaalde richting wordt uitgestraald.

Formule: $L = \frac{dI}{d\Lambda}$, Eenheid; cd/m^2 .

Bij diffuse verlichting en diffuse reflectie is:

$L = \rho \frac{E}{\pi}$; waarin $\rho =$ de reflectiefactor.

Voorts: $\alpha =$ de absorptiefactor en $\tau =$ de doorlatingsfactor.

Uiteraard is $\alpha + \rho + \tau = 1$

1.1.6. De samenhang tussen een aantal van de fotometrische grootheden is schetsmatig weergegeven in afbeelding 1.

1.2. Reflectie

1.2.1. Er wordt onderscheid gemaakt tussen diffuse reflectie (geen voorkeursrichting voor het gereflecteerde licht), gerichte reflectie (waarbij een voorkeursrichting voor het gereflecteerde licht gevonden kan worden), spiegelende of reguliere reflectie (waarbij de spiegelwet wordt gevolgd) en retroreflectie (waarbij het licht teruggekaatst wordt in de richting waar het vandaan komt).

1.2.2. De (totale) reflectiefactor ρ is gedefinieerd als het quotiënt van de door het oppervlak gereflecteerde en de op het oppervlak vallende lichtstromen, dus:

$$\rho = \Phi_r / \Phi_o$$

(Analoog zijn gedefinieerd: $\alpha = \Phi_a / \Phi_o$ en $\tau = \Phi_t / \Phi_o$)

1.2.3. De luminantiefactor β is gedefinieerd als:

de verhouding van de luminantie L van een lichaam, verlicht en waargenomen onder bepaalde omstandigheden, en de luminantie L_0 van een volkomen diffuus absoluut reflecterend lichaam die dezelfde verlichtingssterkte ontvangt. Dus $\beta = L/L_0$. Nu is voor een volkomen diffuus oppervlak $L_0 = \frac{1}{\pi} E$ dus $L = (\beta/\pi)E$. Kortheidshalve wordt vaak geschreven $L = qE$. Ook q is dus een luminantiefactor en is in beginsel dimensieloos. Als praktische dimensie wordt vaak aangegeven: cd/m^2 per lux. (Toelichting: $[\text{cd m}^{-2} \cdot \text{lux}^{-1}] = [\text{lm sr}^{-1} \text{m}^{-2} \text{lm}^{-1} \text{m}^2] = [\text{sr}^{-1}]$. Nu is de dimensie van een ruimtehoek $[\text{m}^2 \text{m}^{-2}]$, dus ruimtehoek en luminantiefactor zijn dimensieloos).

1.2.4. In vele gevallen hangt q af van de richting van verlichting en waarneming. Bij de lichtreflectie van wegdekken, belicht en waargenomen onder omstandigheden die normaal zijn voor het nachtelijk wegverkeer, is dit in hoge mate het geval.

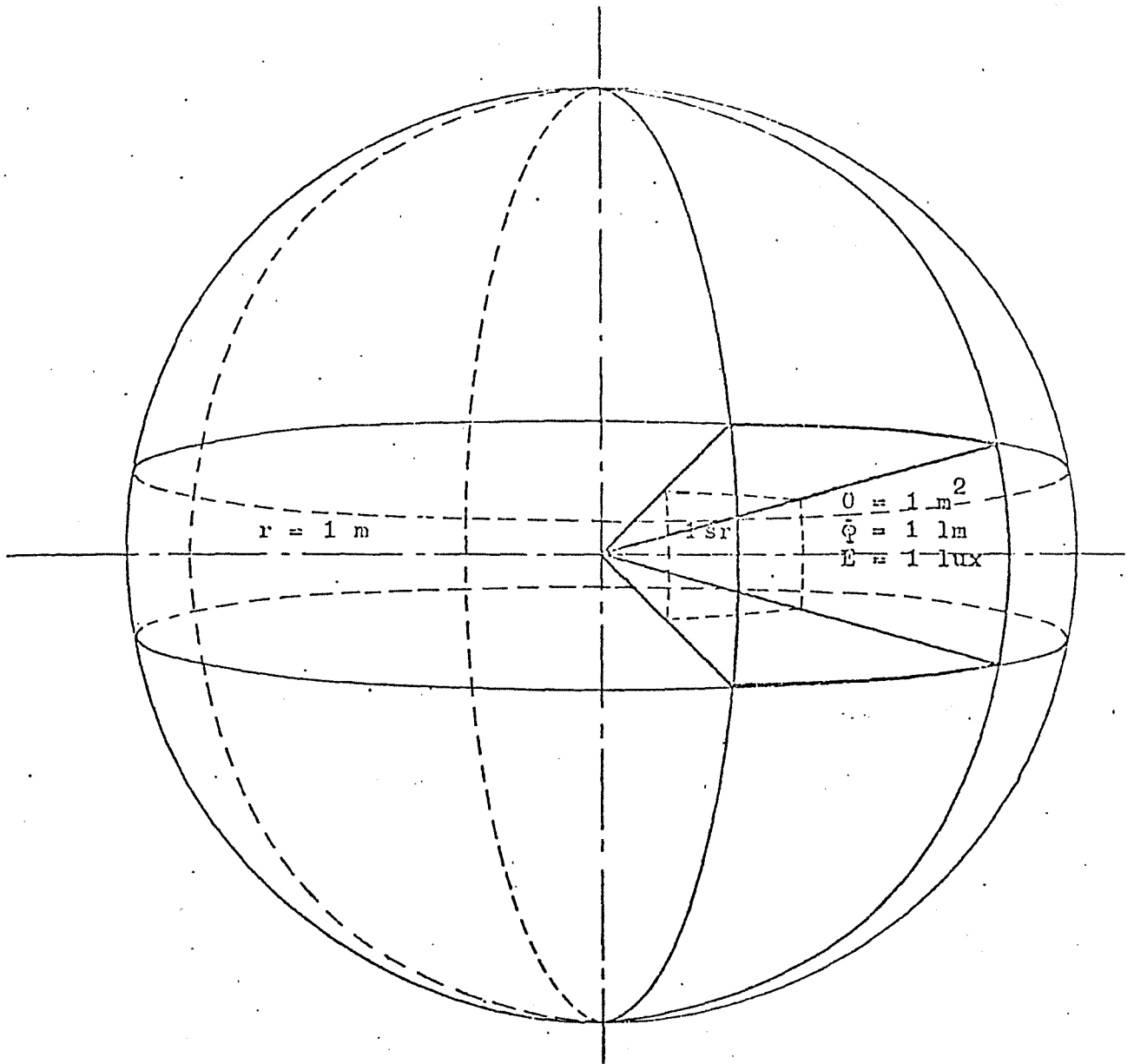
Een mogelijk coördinatiesysteem is geschetst in afbeelding 2. Hierin is O de waarnemer (resp. luminantiemeter), S de lichtbron en P het te meten punt. De situatie ligt vast wanneer α , γ , δ en δ' bekend zijn. Wanneer het oppervlak isotroop is, is er geen voorkeurslijn PP' , en is δ' onbelangrijk. Voorts is van belang de "openingshoeken" van de lichtbron en de ontvanger. Stel deze zijn samen 2ξ . Dan kunnen de in 1.2.1. aangegeven wijzen van lichtreflectie worden gedefinieerd.

Diffuse reflectie: $L = qE$, waarbij $q = \beta/\pi$ (is constant) (afbeelding 3)

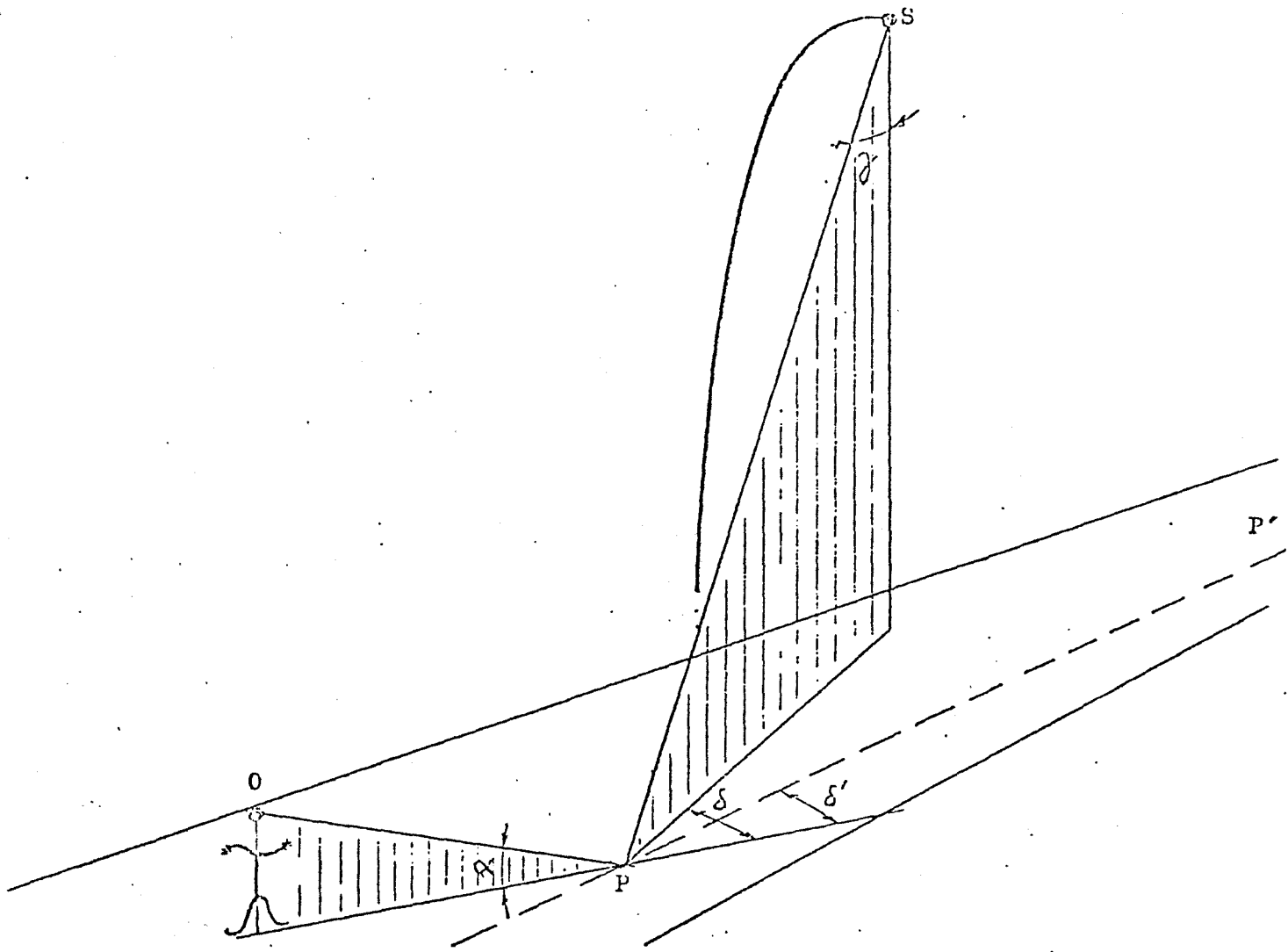
Gerichte reflectie: $L = qE$, waarbij $q = f(\alpha, \gamma, \delta, \delta', \xi)$ (afbeelding 4)

Spiegelende reflectie: $L = rL_s$, voor $\alpha - \gamma < \xi$ en $180^\circ - \xi \leq \delta \leq 180^\circ + \xi$ en $L = 0$ in alle andere gevallen.

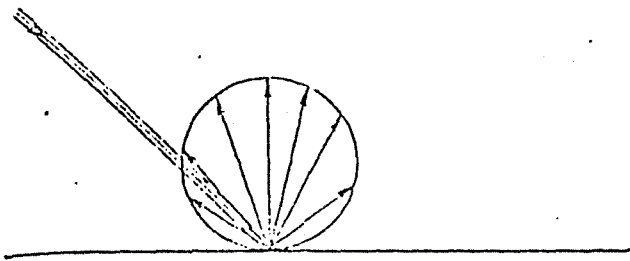
Hierin is r de reflectiefactor van spiegelende reflectie en L_s de luminantie van de lichtbron (afbeelding 5).



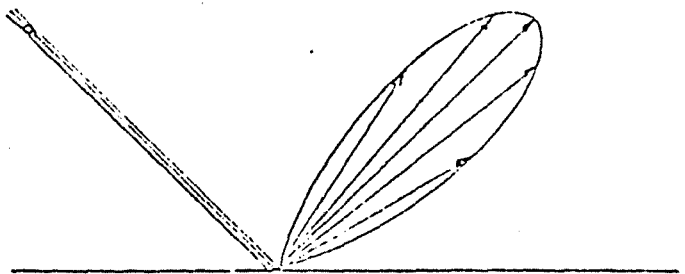
Afbeelding 1. Samenhang tussen een aantal fotometrische factoren



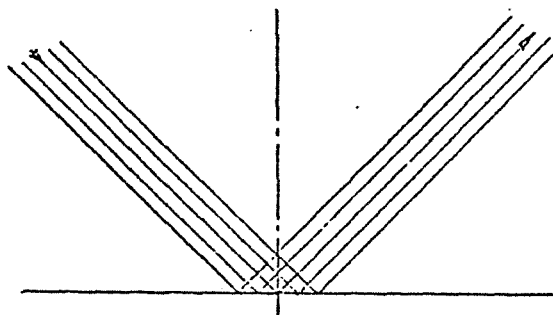
Afbeelding 2



Afbeelding 3



Afbeelding 4



Afbeelding 5

//////// //////// //////// ////////	kolom 1				kolom 2				kolom 3		kolom 4		
	1981-1983		1983-1985		1981-1983		1983-1985		1981-1983	1983-1985	1981-1983	1983-1985	
	code	avond	nacht	avond	nacht	avond	nacht	avond	nacht	etmaal	etmaal	etmaal	etmaal
1194	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
1198	3	2	2	3	3	2	2	3	3	12	15	12	15
1110	2	4	4	2	2	4	4	2	2	18	22	18	22
1115	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	3	1	3
1139	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
1202	4	3	3	4	4	3	3	4	4	18	21	18	21
1204	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
1208	10	2	6	6	10	2	6	6	6	25	29	25	29
1210	6	3	4	4	6	3	4	4	2	29	28	29	28
1212	1	0	0	2	1	0	0	2	1	1	3	1	3
1214	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	8	1	8
1215	3	4	4	7	3	4	4	7	7	33	37	33	37
1217	9	3	5	4	9	3	5	4	4	26	23	26	23
1308	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1
1310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
1317	7	6	1	3	7	6	1	3	3	22	17	22	17
1321	7	8	11	4	7	8	11	4	4	36	39	36	39
1417	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	1	2	1
1502	5	0	0	0	5	0	0	0	0	9	2	9	2
1504	1	1	2	0	1	1	2	0	0	4	3	4	3
1515	3	6	0	3	3	6	0	3	3	17	9	17	9
1517	32	13	14	15	32	13	14	15	15	112	98	112	98
1521	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
2104	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
2108	0	0	1	0	0	0	1	0	0	6	10	6	10
2112	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	2	1	2
2115	2	2	4	1	2	2	4	1	1	9	10	9	10
2129	1	0	1	1	1	0	1	1	1	6	7	6	7
2204	3	2	2	1	3	2	2	1	1	14	10	14	10
2208	2	0	2	0	2	0	2	0	0	11	10	11	10
2210	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
2212	7	7	0	3	7	7	0	3	3	33	36	33	36
2215	1	3	0	1	1	3	0	1	1	7	2	7	2
2220	1	3	0	0	1	3	0	0	0	9	5	9	5
2228	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
2229	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4
2313	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	3	0	3
2329	5	7	8	8	3	5	3	4	4	30	40	21	22
2415	1	0	0	0	1	0	0	0	0	8	1	8	1
2428	1	1	0	0	1	1	0	0	0	4	1	4	1
2504	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
2512	8	8	7	6	8	8	7	6	6	38	52	38	52
2520	15	15	9	8	15	15	9	8	8	75	67	75	67
2528	4	4	3	2	4	4	3	2	2	23	14	23	14
3124	1	1	2	0	1	1	2	0	0	6	6	6	6
3300	1	1	0	0	1	1	0	0	0	9	5	9	5
3321	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	2

code	kolom 1				kolom 2				kolom 3		kolom 4	
	1981-1983		1983-1985		1981-1983		1983-1985		1981-1983	1983-1985	1981-1983	1983-1985
	avond	nacht	avond	nacht	avond	nacht	avond	nacht	etmaal	etmaal	etmaal	etmaal
3323	21	14	10	11	5	3	6	8	74	58	22	43
3324	8	6	4	4	8	6	4	4	26	19	26	19
3325	4	0	1	4	3	0	0	4	13	24	8	17
3326	1	2	0	0	1	2	0	0	6	0	6	0
3328	0	1	0	0	0	1	0	0	4	4	4	4
3329	6	8	10	13	1	0	3	1	39	49	2	13
3334	6	4	10	6	6	4	10	6	27	32	27	32
3339	2	1	3	0	2	1	2	0	4	8	4	7
3423	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0
3523	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1
3524	4	4	4	3	4	4	4	3	15	17	15	17
4119	2	0	0	0	2	0	0	0	7	1	7	1
4120	2	1	0	0	2	1	0	0	4	4	4	4
4132	1	0	0	1	1	0	0	1	5	3	5	3
4133	2	0	1	0	2	0	1	0	15	14	15	14
4137	2	1	3	0	2	1	3	0	3	3	3	3
4219	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	3	1
4220	2	0	0	0	2	0	0	0	5	3	5	3
4237	0	0	0	1	0	0	0	1	1	2	1	1
4319	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1
4334	0	0	1	1	0	0	1	1	0	2	0	2
4336	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	2	0
4337	16	15	16	17	16	14	13	11	85	101	75	72
4338	2	1	3	2	2	1	3	1	9	14	7	13
4340	11	8	13	10	0	0	4	0	65	51	13	13
4341	3	3	1	0	3	3	1	0	12	4	12	4
4342	0	0	2	0	0	0	2	0	1	4	1	4
4519	1	1	0	1	1	1	0	1	2	3	2	3
4521	0	0	0	1	0	0	0	1	6	5	6	5
4532	1	0	0	3	1	0	0	3	1	4	1	4
5115	3	2	1	0	3	2	1	0	13	5	13	5
5215	1	4	2	1	1	4	2	1	5	6	5	6
5226	1	1	1	0	1	1	1	0	5	4	5	4
5326	3	0	4	2	3	0	4	2	9	17	9	17
5526	2	2	0	0	2	2	0	0	15	7	15	7
6201	2	3	2	1	2	3	2	1	10	7	10	7
6208	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
6501	0	4	1	1	0	4	1	1	10	5	10	5
7100	1	0	1	0	1	0	1	0	3	6	3	6
7200	0	3	3	2	0	3	3	2	9	10	9	10
7300	11	16	10	22	0	1	1	0	49	83	2	1
7308	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0
7517	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
11109	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	5	2
11118	1	0	0	0	1	0	0	0	2	1	2	1
11203	1	4	3	2	1	4	3	2	12	14	12	14
11205	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

code	kolom 1				kolom 2				kolom 3		kolom 4	
	1981-1983		1983-1985		1981-1983		1983-1985		1981-1983	1983-1985	1981-1983	1983-1985
	avond	nacht	avond	nacht	avond	nacht	avond	nacht	etmaal	etmaal	etmaal	etmaal
11207	2	1	2	2	2	1	2	2	8	7	8	7
11209	37	31	21	18	37	31	21	18	175	136	175	136
11218	8	5	3	5	8	5	3	5	38	24	38	24
11222	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0	2
11227	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
11309	0	0	1	2	0	0	1	2	1	6	1	6
11318	22	23	9	14	22	23	9	14	91	71	91	71
11322	0	1	0	0	0	1	0	0	6	6	6	6
11327	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0
11409	3	0	2	0	3	0	2	0	3	3	3	3
11418	1	2	4	3	1	2	4	3	15	21	15	21
11422	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
11503	0	1	0	2	0	1	0	2	7	7	7	7
11505	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
11506	0	0	1	0	0	0	1	0	1	3	1	3
11509	8	12	10	5	8	12	10	5	55	43	55	43
11518	48	27	48	30	48	27	48	30	190	196	190	196
11522	5	2	4	5	5	2	4	5	17	15	17	15
12116	1	0	1	0	1	0	1	0	13	8	13	8
12330	0	1	0	0	0	1	0	0	9	2	9	2
13331	1	1	1	3	1	1	1	3	3	6	3	6
13335	1	0	2	1	1	0	2	1	13	7	13	7
13535	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	4	2
15227	0	0	1	1	0	0	1	1	1	3	1	3
15327	39	28	21	18	39	28	21	18	163	93	163	93
15518	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
TOTAAL	446	362	342	308	400	317	303	250	2068	1915	1854	1691

```

|||||
|||||
|||||
|||||
|||||
|||||-----> verlichtings-
|||||----->         sterkte
|||||-----> wegtype
|||||-----> lampsoort
|||||-----> veranderd (1) onveranderd ( )

```