

## 5 Lichthinder: "Als we niets doen, verdwijnt de nacht"

Bijdrage van dr. ir. Duco Schreuder, Schreuder Consultancies ten behoeve van het thema meten en karteren van licht en duisternis (werkgroep 1).

### 5.1 De verlichting van de buitenruimte

De mens is van nature een daglichtwezen. Zonder kunstlicht zijn de activiteiten beperkt tot de periode dat daglicht beschikbaar is. Dit is pas veranderd sinds elektrisch licht, en meer in het bijzonder gasontladingslampen op grote schaal geproduceerd werden - zo rond 1950. De nacht is er allen nog maar wanneer de mens de verlichting uitschakelt.

Licht is duur. Verlichting wordt niet 'zomaar' aangelegd. Licht wordt alleen aangelegd wanneer het een zeker nut heeft - wanneer het een functie heeft. De functies van buitenverlichting gaan over het gebruik van de buitenruimte ook na zonsondergang. Dat betekent bevorderen van:

- wegverkeer, per auto of anderszins;
- verkeersveiligheid (voorkomen van botsingen);
- openbare veiligheid (criminaliteitsbestrijding);
- leefbaarheid (sociale contacten op straat);
- subjectieve veiligheid (angst voor misdrijven);
- handel en industrie (markten en winkels; toerisme).

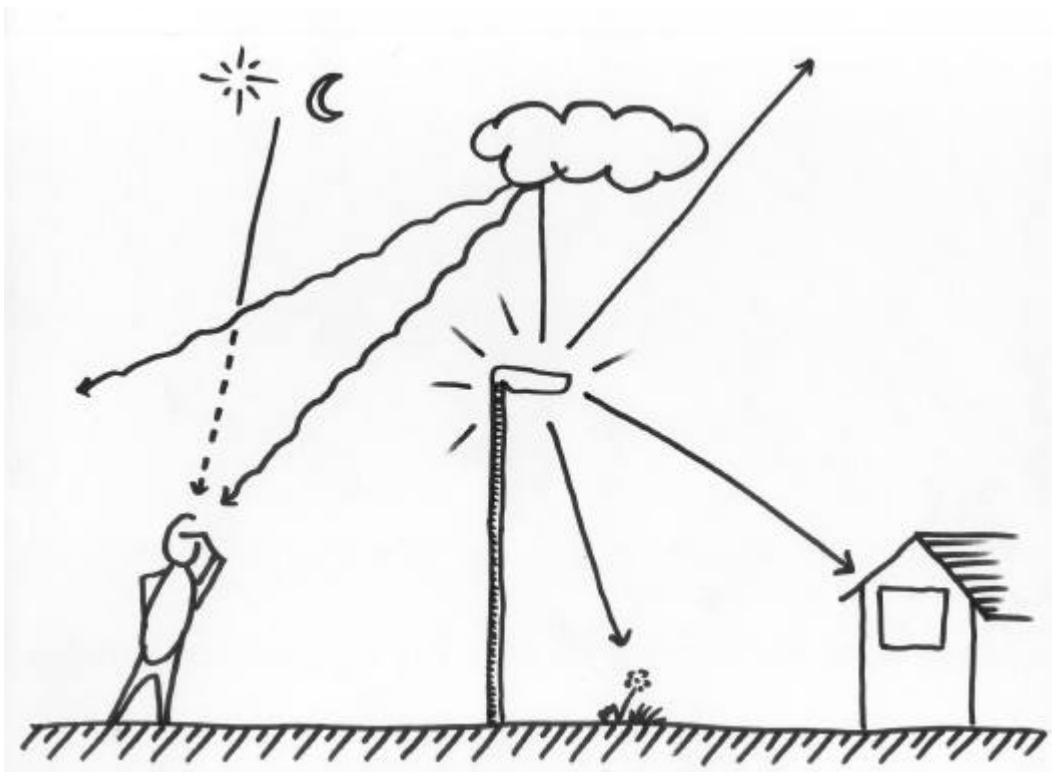
Over deze functies in het kort het volgende. Het verkeer is van essentieel belang en daarmee de wens om zowel de doorstroming als de verkeersveiligheid te bevorderen. Ook het voorkomen en bestrijden van misdrijven wordt gemakkelijker gemaakt door een betere verlichting van de open ruimte. Vaak blijkt dat een verbetering van de verlichting niet alleen het aantal en de ernst van de misdrijven doet verminderen, maar ook de angst voor misdrijven neemt af - de subjectieve veiligheid neemt toe. Voorts lijkt het erop dat verlichting een rol speelt bij het bevorderen van de handel. Ten slotte het bevorderen van de leefbaarheid. De praktijk leert dat de buitenomgeving aantrekkelijker kan worden door een goede verlichting toe te passen. Het gaat daarbij niet zozeer om het lichtniveau maar vooral om de lichtkleur en om de verblindingbegrenzing.

### 5.2 Lichtvervuiling

Lichtvervuiling in Nederland is een ernstige zaak die ernstig bestreden moet worden. Het lijkt op de geluidshinder: ook daar hebben veel mensen last van, vooral ook mensen die met de geluidsbron als zodanig helemaal niets te maken hebben. Er is een tweede overeenkomst: om de invloed van de storing te bepalen, wordt de 'dosis-effect-relatie' gebruikt. Deze relatie geeft aan hoe het aantal van mensen die er last van heeft, afhangt van de intensiteit van de storing. Men baseert maatregelen tegen lawaai alsook tegen lichtvervuiling meestal op een '90 percentiel': men stelt vast dat het lawaai of de lichtvervuiling zo sterk beperkt moet worden dat niet meer als 10% van de mensen last ondervindt. Dit beleid heeft uiteraard tot gevolg dat niet iedereen

tevreden is: 10% heeft last. Maar maatschappelijk gezien is dit een algemeen aanvaard criterium.

De ernst van de zaak begint op ruime schaal door te dringen. In de beleidsnota's van verschillende Nederlandse departementen wordt de donkere nacht als een deel van ons cultureel erfgoed betiteld, iets dat met voortvarendheid dient te worden beschermd - net zo goed als de stilte, de biodiversiteit, de gaafheid van het landschap, de schone omgeving. Het belang van een 'schone nacht' wordt alom onderschreven. Lichtvervuiling kan twee vormen aannemen. Ten eerste is er de directe instraling in huizen, woonkamers, tuinen, aangrenzende percelen enz.. Ten tweede is er een algemene 'lichtgloed' die zich boven steden en dorpen, tuinbouwkassen, industriegebieden, vliegvelden en dergelijke uitstrekt. Deze lichtgloed ontstaat doordat het naar boven uitgestraalde licht in de lucht wordt verstrooid en deels weer naar beneden komt. Het vormt een gloed die vaak op grote afstand nog zichtbaar is. We kunnen de lichtgloed vooral duidelijk zien wanneer er wolken zijn, maar ook bij een heldere sterrenhemel is de gloed er wel degelijk. De nacht is nooit meer 'schoon'.



In Nederland zijn de belangrijkste bronnen:

- sportvelden;
- lichtreclames;
- tuinbouwkassen;
- vliegvelden en industrieterreinen.

Ook van belang zijn:

- wegverlichting;
- aanstraling van gevels en monumenten;
- bouwplaatsen;
- advertentieboarden.

Het zijn niet alleen de natuurliefhebbers die lijden onder de lichtvervuiling. En niet alle verlichting is voor iedereen even hinderlijk. Omdat de lichtvervuiling nogal wisselt naar plaats en tijd, kunnen we niet precies zeggen welke bronnen 'het ergste' zijn, welke bovenaan staan in de prioriteitenlijst. De lichtvervuiling neemt sterk toe. Er

bestaan weinig metingen, maar men schat dat de jaarlijkse toename ongeveer 5-6% bedraagt.

### **5.3 Voorkomen en verminderen van lichtvervuiling**

Hoe voorkomen we lichtvervuiling? Er zijn heel wat technische mogelijkheden: wanneer we de kwaliteit van de verlichting verbeteren (betere lampen, betere armaturen, betere plaatsing), wordt het licht beter gebruikt. Dat is op twee manieren tegelijk gunstig: een hogere efficiency (dus geld bespaard) en minder lichtvervuiling. De internationale verlichtingsorganisatie CIE heeft aanbevelingen opgesteld die hierbij kunnen helpen; ook de Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde NSVV heeft richtlijnen opgesteld.

Analoog aan de bestrijding van geluidsoverlast, zijn de richtlijnen en aanbevelingen gestoeld op drie beginselen: de eisen zijn niet overal even streng; er zijn gebieden waar het er meer 'toe doet' dan in andere gebieden. Dit is het beginsel van de zonerings. Nederland is ingedeeld in zones, en voor iedere zone is vastgesteld welke activiteiten toegelaten zijn en welke niet. Dit sluit aan bij de ecologische hoofdstructuur.

De eisen zijn niet op ieder moment even zwaar. Stoorlicht is diep in de nacht hinderlijker dan aan het begin van de avond. Dit is het beginsel van de 'avondklok'. De lichtuitstraling van de installaties is aan strikte regels onderworpen. Niet alleen moet de directe instraling in gebouwen en tuinen worden beperkt, maar ook de diffuse, naar boven gerichte uitstraling, die de 'lichtgloed' veroorzaakt, moet worden beperkt. Er zijn regels en soms ook wetten nodig om ervoor te zorgen dat de vervuiling ook daadwerkelijk wordt aangepakt. Wat er in de regels en wetten moet staan, kan door de wetenschap en door de techniek worden aangegeven: in getallen uitgedrukte grenswaarden voor lichtuitstraling in verschillende zones en voor verschillende tijdperioden. Ook de technische hulpmiddelen om dit alles te bereiken zijn bekend en voor een groot deel momenteel reeds op de markt beschikbaar. Het uitwerken van een en ander in voorschriften en regelgeving is echter de taak van de overheid.

### **5.4 Het meten van de lichtvervuiling**

Doelstelling van kwantificeren:

- een basis verschaffen voor wettelijke maatregelen en regelgeving;
- vaststellen van het verloop in de tijd van lichtvervuiling;
- vaststellen van verschillen tussen regio's wat betreft de lichtvervuiling;
- een basis verschaffen voor eventuele kosten/baten-overwegingen.

Het meten van de lichtgloed kan door middel van:

- varianten van globale overzichtsmetingen (6.4.1);
- meting van tijdreeksen (6.4.2);
- standaard meetgeometrie (6.4.3).

Daarnaast kan ook de directe lichtinstraling gemeten worden (6.4.4); voor metingen die gebruikt worden voor vergunningverlening is het van belang dat deze metingen worden uitgevoerd door een gecertificeerd meetinstituut (6.4.5).

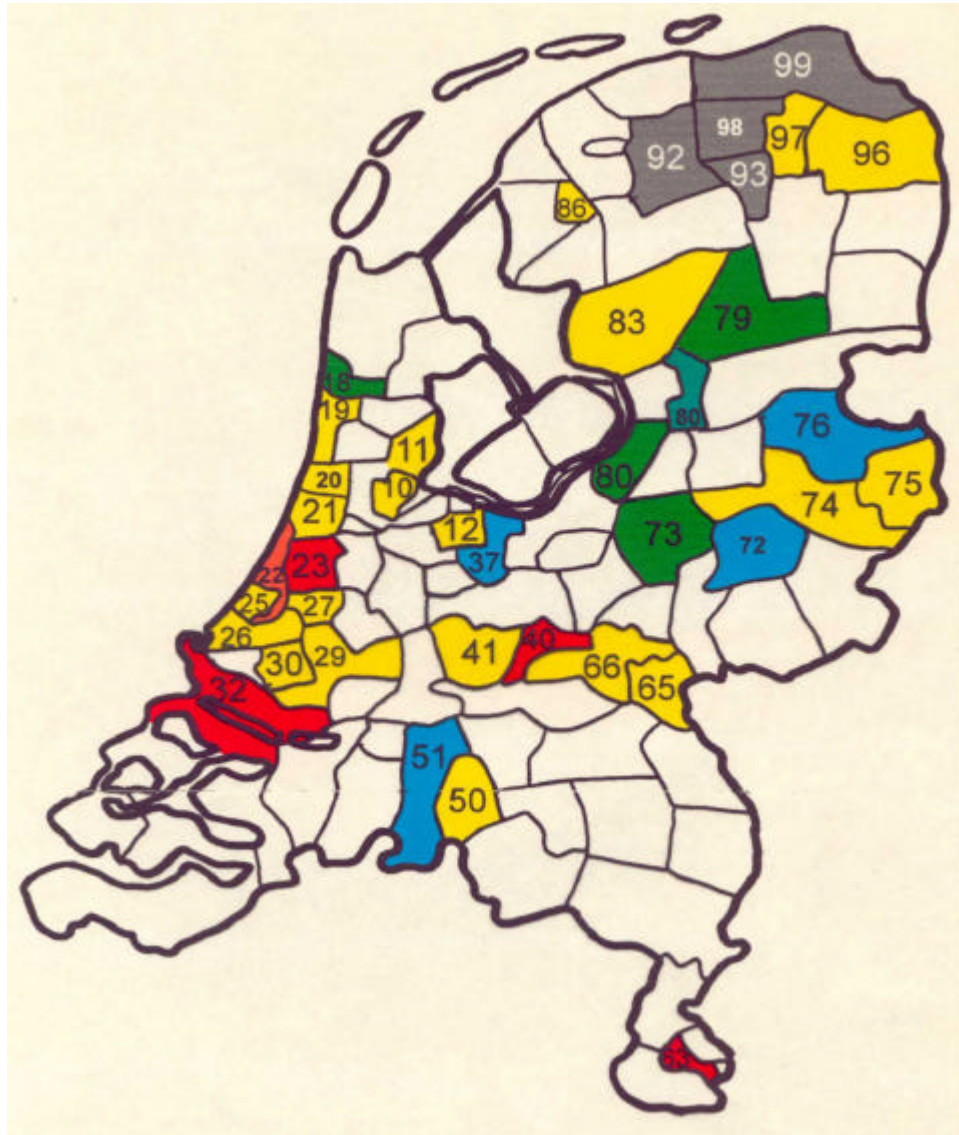
#### 5.4.1. Globale overzichtsmetingen

De meting van de lichtgloed kan op een aantal verschillende wijzen worden uitgevoerd. Allereerst de globale overzichtsmetingen. Deze zijn van belang om de spreiding van de lichtvervuiling over het gehele land te bepalen. Overzichtsmetingen zijn van belang omdat de voor waarnemingen gunstige plaatsen kunnen worden opgezocht en om een basis te hebben voor meer gedetailleerde metingen ('base line data'). De metingen moeten op een zo groot mogelijk aantal plaatsen binnen een zo kort mogelijke tijdspanne worden uitgevoerd. Er zijn een aantal varianten waaruit kan worden gekozen:



##### a) Visuele grenswaardebepaling van sterren

Op een groot aantal plaatsen in Nederland worden op hetzelfde moment waarnemingen gedaan, waarbij het aantal sterren wordt vastgesteld dat binnen een bepaald, duidelijk en eenduidig vast te stellen hemelgebied met het blote oog nog juist kan worden gezien. Men neemt daarvoor wel het vierkant van het sterrenbeeld de Grote Beer; andere plaatsen aan de hemel kunnen natuurlijk ook worden gekozen. Bij de waarnemingen moet erop worden gelet dat alle waarnemers goed zijn geïnstrueerd; dat een wolkeloze en maanloze nacht wordt uitgezocht; dat het betreffende sterrenbeeld flink ver boven de horizon staat en dat de condities van de waarneming precies worden vastgesteld (leeftijd waarnemer; brildrager of niet; precieze locatie; opvallende verlichting in de buurt enz.) Op basis van ervaringen uit het verleden kan worden aangenomen dat er ten minste enige honderden locaties moeten worden uitgekozen met ten minste tien waarnemers per locatie. De methode is zeer mensintensief en zeer weinig kostenintensief. Deze methode is, mits zorgvuldig uitgevoerd, voor het doel nauwkeurig genoeg. In Nederland heeft een meting plaatsgehad in de donkere nacht van 5 april 1997. De ervaringen hierbij zijn uitstekend. [1]



Kaart Nederland duisternis meting 1997, postcodegebieden en zes klassen [1]

#### b) Fotografische overzichtsmetingen

Op een groot aantal plaatsen in Nederland worden op hetzelfde moment foto's van de hemel gemaakt. De foto's worden met standaard camera's uitgevoerd. Automatische camera's en camera's met zoomlenzen zijn niet geschikt. De camera wordt geladen met een diafilm met een gevoeligheid van 400 ISO. De opnametijd is 80 seconden; instelling op oneindig met  $f: 4,5$  of  $5,6$ . De camera wordt recht omhoog gericht en staat op een vast statief (niet meebewegend met de draaiing van de aarde). Wanneer de opname op de juiste wijze is uitgevoerd, vertoont het diapositief een groot aantal streepjes, van iedere ster in het gezichtsveld één. Door de doorlating van het diapositief in het spoor van een bekende ster te vergelijken met die van de achtergrond, kan de intensiteit van de lichtgloed direct worden bepaald. Alle zogenaamde systematische afwijkingen bij de opname (belichtingstijd, wijze van ontwikkelen, enz) komen in het sterrespoor en in de achtergrond op precies dezelfde wijze voor; ze hebben dus geen invloed op het eindresultaat. Bij de opnamen moet erop worden gelet dat alle waarnemers goed zijn geïnstrueerd; dat een wolkenloze en maanloze nacht wordt uitgezocht en dat de condities van de waarneming precies worden vastgesteld (precieze locatie; opvallende verlichting in de buurt enz.) Op basis van ervaringen uit het verleden kan worden aangenomen dat er ook hiervoor ten minste enige honderden locaties moeten worden uitgekozen.

De methode is tamelijk mensintensief maar de kosten zijn gering. Ook deze methode is, mits zorgvuldig uitgevoerd, voor het doel nauwkeurig genoeg. De ervaringen tot nu toe zijn uitstekend. [2]

#### c) Satellietopnamen

Bij een geheel andere methode wordt gebruik gemaakt van opnamen uit satellieten. Satellieten kunnen opnamen maken van delen van het aardoppervlak; met de juiste combinatie van opnamen kunnen kaarten van hele landen, zelfs van de hele wereld, worden gemaakt, ook van minder toegankelijke gebieden. Omdat bij nacht het te donker is voor gewone foto's, wordt een scanning-methode gebruikt met een raster ('pixelgrootte') van ongeveer 300 à 500 meter. Om de invloed van storingen te verminderen worden een aantal pixels gecombineerd; het resulterende raster van de kaarten is ongeveer 2,8 km. [3]. Te verwachten is dat dit raster door modernere technieken te gebruiken, aanzienlijk fijner kan worden. Daarmee kunnen gedetailleerde kaarten worden gemaakt.

Naast deze enorme voordelen kleven er een aantal ernstige bezwaren aan het gebruik van satellietopnamen:

- er zijn slechts een gering aantal satellieten in een baan om de aarde waarmee dergelijke opnamen ook bij nacht kunnen worden gemaakt. Vooralsnog lijkt het erop dat er slechts twee zijn waarvan de gegevens voor niet-militair gebruik worden vrijgegeven;
- het aflezen van de gegevens uit de opnamen is een moeilijk en zeer specialistisch werk dat slechts in een enkel bureau op de wereld kan worden gedaan. De kosten ervan zijn navenant hoog. Er is sprake van, dat de Amerikaanse regering de subsidies voor dit werk binnenkort zal intrekken, waardoor het verder gebruik van satellietgegevens vrijwel onmogelijk (onbetaalbaar) zou worden;
- de opnamen worden vanuit de ruimte 'naar beneden' gemaakt. De lichtgloed is daarentegen zichtbaar 'naar boven'. Aan de desbetreffende kalibratie van de satellietopnamen kleven nog onduidelijkheden. Bovendien moet worden bedacht dat niet alle licht dat 'naar boven' gaat, automatisch verlieslicht is.

Samenvattend: deze methode levert direct de gewenste kaarten op. Ze is echter zowel zeer mens, als kostenintensief; de methode kan alleen door specialisten worden gebruikt. [4]

#### 5.4.2 Meting van tijdreeksen

De meting van de lichtgloed kan uiteraard ook op een bepaald punt worden uitgevoerd. Wanneer men voor zo'n punt een goed geoutilleerde sterrenwacht kiest, is een hoge nauwkeurigheid mogelijk. Het belang van dergelijke metingen is dat men een tijdreeks kan opstellen. Daartoe moeten de metingen wel over een lange periode worden uitgevoerd, tenminste enige jaren. Ook zijn deze metingen nuttig bij de beslissing over de plaats van een nieuw observatorium. De metingen kunnen worden uitgevoerd met de standaardapparatuur die op iedere redelijk tot goed geoutilleerde sterrenwacht aanwezig is. Momenteel bestaan dergelijke tijdreeksen slecht voor ten hoogste enige tientallen observatoria wereldwijd. Helaas blijkt dat de meeste observatoria geen interesse hebben om zich de moeite van deze eenvoudige en toch heel belangrijke metingen te getroosten. [5]

#### 5.4.3 De standaard meetgeometrie

Ten slotte nog iets over de standaard geometrie voor metingen die door amateur-astronomen, weerkundigen en, meer in het algemeen, door natuurliefhebbers kunnen worden uitgevoerd. Het is van belang om een goede en eenvoudige standaard in te voeren omdat alleen daarmee de metingen van verschillende locaties en verschillende tijdstippen met elkaar kunnen worden vergeleken. Binnen een kegel met een tophoek van 100 (2\*50) wordt de gemiddelde luminantie van de hemel rond het zenit gemeten. Bovendien wordt de luminantie gemeten van zes aanvullende, aan de eerste kegel grenzende, kegels, eveneens met een tophoek van 2\*50. De laagste van deze zeven waarden wordt als de meetwaarde van de luminantie van de lichtgloed beschouwd. Mocht een deel van de Melkweg, of een zeer heldere ster of planeet juist binnen de eerstgenoemde kegel vallen, dan wordt deze eerste kegel licht van het zenit af gericht. [6]

#### 5.4.4 Het meten van de directe lichtinstraling

De meting van de directe component van de lichtvervuiling is in detail beschreven in de Richtlijnen die door de Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde NSVV zijn uitgegeven [7]. Voor deze meting zijn twee parameters van belang:

- De verticale verlichtingssterkte  $E_v$  afkomstig van de totale te meten verlichtingsinstallatie op het vlak waar deze parameter wordt gedefinieerd.
- Wanneer het gaat om hinder die door bewoners van woningen wordt ondergaan, is dat vlak de gevel van het huis. De meting wordt in het midden van de vensteropening uitgevoerd. De lichtsterkte  $I$  van de verschillende afzonderlijke armaturen van de te meten verlichtingsinstallatie. De meting van de verlichtingssterkte brengt geen bijzondere problemen met zich, mits de metingen met behulp van een daartoe geschikte meter worden uitgevoerd. De NSVV-richtlijn geeft een overzicht van de eisen waaraan de apparatuur dient te voldoen. Deze eisen stemmen overeen met die van NEN 1891 [8] en DIN 5032 Klasse A. [9].

De meting van de lichtsterkte van de afzonderlijke armaturen kan niet met een gewone luxmeter worden uitgevoerd omdat dergelijke meters al het opvallende licht sommeren. Men dient een luminantiemeter te gebruiken die middels een voor iedere meter apart te bepalen omrekeningsfactor (kalibratiefactor) als luxmeter kan worden gebruikt. Wanneer de verlichtingssterkte bekend is, kan de lichtsterkte worden berekend met behulp van de bekende relatie  $I = E/r^2$ , waarin  $r$  de afstand is tussen het armatuur en de meter. ( $I$  in candela,  $E$  in lux en  $r$  in meter). Het verdient aanbeveling om dergelijke, niet eenvoudige, metingen door een gespecialiseerd instituut te laten uitvoeren - dit onverminderd het hierna te bespreken certificeren van het meetinstituut.

#### 5.4.5 Gecertificeerde metingen

Indien te resultaten van de metingen gebruikt worden bij het aanvragen resp. het verlenen van vergunningen, en zeker wanneer er omtrent het al dan niet verlenen van een vergunning conflicten van juridische aard ontstaan, is het van belang om de metingen te laten uitvoeren door een voor dergelijke metingen gecertificeerd meetinstituut. Dit zijn instituten die door een, meestal door de Overheid, aan te wijzen certificerende instantie als zodanig zijn beoordeeld. Ten bewijze van de kwaliteit wordt een certificaat uitgereikt. Gewoonlijk heeft een dergelijk certificaat een bepaalde, begrensde geldigheidsduur. Van een gecertificeerd instituut kan worden verwacht dat de apparatuur, de meetmethoden en de vakbekwaamheid van het bij de metingen betrokken personeel aan zodanig eisen voldoet dat aan de meetresultaten redelijkerwijs niet behoefte te worden getwijfeld.

#### 5.4.6 Literatuurverwijzingen

[1] Schreuder, D.A. (1999). De donkere nacht van 5 april 1997. *Zenit*, 26 (1999), oktober, 444-446. Isobe, S. & Kosai, H. (1994). A global network observation of night sky brightness in Japan - Method and some result. pp 155-156, in: McNally, D. ed., (1994). *Adverse environmental impacts on astronomy: An exposition*. An IAU/ICSU/UNESCO Meeting, 30 June - 2 July, 1992, Paris. Proceedings. Cambridge University Press, 1994.

[2] Isobe, S. & Kosai, H. (1998). Star watching observations to measure night sky brightness, pg 175-184 in: Isobe, S. & Hirayama, T. eds. (1998). *Preserving of the astronomical windows*. Proceedings of Joint Discussion 5. XXIIIrd General Assembly International Astronomical Union, 18-30 August 1997, Kyoto, Japan. Astronomical Society of the Pacific, Conference Series, Volume 139. San Francisco, Cal, 1998.

[3] Cinzano, P.; Falchi, F.; Elvidge, C.D. & Baugh, K.E. (2000). The artificial night sky brightness mapped from DMSP satellite Operational Linescan System measurements. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 318 (2000) pg 641-657.

[4] Isobe, S. & Hamamura, S. (1998). Ejected city light of Japan observed by a defence meteorological satellite program. pg 191-199 in: Isobe, S. & Hirayama, T. eds. (1998). *Preserving of the astronomical windows*. Proceedings of Joint Discussion 5. XXIIIrd General Assembly International Astronomical Union, 18-30 August 1997, Kyoto, Japan.

Astronomical Society of the Pacific, Conference Series, Volume 139. San Francisco, Cal, 1998.

[5] Isobe, S. (1998). Light pollution situations of observatories. Pg 185-189 in: Isobe, S. & Hirayama, T. eds. (1998). Preserving of the astronomical windows. Proceedings of Joint Discussion 5. XXIIIrd General Assembly International Astronomical Union, 18-30 August 1997, Kyoto, Japan. Astronomical Society of the Pacific, Conference Series, Volume 139. San Francisco, Cal, 1998.

[6] CIE (2001). Guidelines for reducing sky glow, A CIE Technical Report. Revision of CIE Publication No 126. Fifth draft, 28 June 2001.

[7] NSVV (1999). Algemene richtlijnen betreffende lichthinder. Deel 1, Algemeen en grenswaarden voor sportverlichting. Arnhem, Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde NSVV, 1999.

[8] Het meten van verlichtingssterkten en luminanties. NEN 1893. Delft, NNI 1993.

[9] Lichtmessung. Klaseinteilung von Beleuchtsstärke- und Leuchtdichtemessgeräte. DIN 5032. Berlin. Deutsches Institut für Normung. 1983.