
Hinder van nachtelijk kunstlicht voor mens en natuur

Signalement

De sterren

De sterren - Muze - de wind noch de regen
de velden de honden de paarden de bomen
en ook niet de tranen de oorlog de leegte

Maar wel in de regen en wind mooie wimpers
En onder de sterren een paar zwarte ogen
- donkere sterren - zó'n schijnsel der schoonheid..

Jan Hanlo, Verzamelde gedichten 1979

Gezondheidsraad

Health Council of the Netherlands

Voorzitter



Aan de Minister van Volkshuisvesting,
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer

Onderwerp : advies 'Hinder van nachtelijk kunstlicht voor mens en natuur'
Uw kenmerk : -
Ons kenmerk : U 2593/MvdB/mr/667-B
Bijlagen : 1
Datum : 30 november 2000

Mijnheer de minister,

Hierbij bied ik u een advies van de Gezondheidsraad aan, gewijd aan de risico's voor mens en natuur van de geleidelijke verdwijning van de avondlijke en nachtelijke duisternis als gevolg van de verstedelijking en andere hedendaagse ontwikkelingen in Nederland. Het advies is op mijn verzoek voorbereid door het Secretariaat van de Gezondheidsraad en beoordeeld door de Beraadsgroep Ecotoxicologie en de Beraadsgroep Gezondheid en Omgeving. Ik onderschrijf de daarin vervatte beschouwingen, conclusies en aanbevelingen, inbegrepen het pleidooi voor expliciete opneming van het thema lichthinder in het milieubeleid van de overheid.

Ik heb dit advies vandaag ook aangeboden aan de Minister van Verkeer en Waterstaat, en de Staatssecretaris van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.

Hoogachtend

prof. dr JJ Sixma

Bezoekadres
Parnassusplein 5
2511 VX Den Haag
Telefoon (070) 340 75 20
email: GR@gr.nl

Postadres
Postbus 16052
2500 BB Den Haag
Telefax (070) 340 75 23

Hinder van nachtelijk kunstlicht voor mens en natuur

Signalement

aan:

De Minister van Verkeer en Waterstaat

Aan de Staatssecretaris van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij

De Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer

Nr 2000/25, Den Haag, 30 november 2000

De Gezondheidsraad, ingesteld in 1902, is een adviesorgaan met als taak de regering en het parlement “voor te lichten over de stand der wetenschap ten aanzien van vraagstukken op het gebied van de volksgezondheid” (art. 21 Gezondheidswet).

De Gezondheidsraad ontvangt de meeste adviesvragen van de bewindslieden van Volksgezondheid, Welzijn & Sport, Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening & Milieubeheer, Sociale Zaken & Werkgelegenheid, en Landbouw, Natuurbeheer & Visserij. De Raad kan ook eigener beweging adviezen uitbrengen. Het gaat dan als regel om het signaleren van ontwikkelingen of trends die van belang kunnen zijn voor het overheidsbeleid.

De adviezen van de Gezondheidsraad zijn openbaar en worden in bijna alle gevallen opgesteld door multidisciplinair samengestelde commissies van—op persoonlijke titel benoemde—Nederlandse en soms buitenlandse deskundigen.

Deze publicatie kan als volgt worden aangehaald:

Gezondheidsraad: Hinder van nachtelijk kunstlicht voor mens en natuur. Den Haag: Gezondheidsraad, 2000; publicatienr 2000/25.

Preferred citation:

Health Council of the Netherlands: Impact of outdoor lighting on man and nature. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2000; publication no. 2000/25.

auteursrecht voorbehouden

all rights reserved

ISBN: 90-5549-349-X

Inhoud

Samenvatting, conclusies en aanbevelingen 8

Executive summary 11

1 Inleiding 14

2 Bronnen en trends 16

2.1 Toepassingen van kunstlicht 16

2.2 Trends 17

3 Gevolgen voor planten en dieren 19

3.1 Planten 19

3.2 Dieren 20

3.3 Een casus: wegverlichting en grutto's 26

4 Gevolgen voor de mens 28

4.1 Gezondheidseffecten van kunstlicht 28

4.2 Hinder door kunstlicht 30

4.3 De waarde van duisternis 32

5	Beleid	37
5.1	Vigerend beleid	37
5.2	Knelpunten en aanbevelingen	40

Literatuur 43

Bijlagen 47

A	Verantwoording	48
B	Totstandkoming	49

Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

In dit advies signaleert de Gezondheidsraad de voortschrijdende teloorgang van duisternis in de avond en de nacht en de gevolgen daarvan voor het landschap en de menselijke woonomgeving. Moderne ontwikkelingen als verstedelijking, toename van de automobiliteit, intensivering van de glastuinbouw, flexibilisering van arbeidstijden, groeiende behoefte aan mogelijkheden van buitensport, de opmars van de verlichting van bedrijfspanden en historische gebouwen nemen in steeds meer en steeds grotere gebieden het duister weg. Om uiteenlopende redenen ervaren veel mensen dit als een verlies. Ook hinder in de woonomgeving en bezorgdheid over mogelijke aantasting van flora en fauna rechtvaardigt extra aandacht in het beleid.

Flora en fauna

Nachtelijk kunstlicht kan op veel manieren de levenscyclus en het gedrag van dieren beïnvloeden. De gevolgen variëren sterk in aard en omvang, afhankelijk van het soort organisme. Daar komt bij dat kunstlicht samengaat met andere versturende en barrière-versterkende factoren, zoals verkeerslawaaï. Vooral bij vogels, insecten en amfibieën is waargenomen dat buitenverlichting het gedrag beïnvloedt door desoriëntatie, afstoting en aantrekking. Hierdoor neemt de kans op uitputting en sterfte toe. Voor sommige soorten met kleine geïsoleerde populaties kan dit een ernstige bedreiging vormen voor hun voortbestaan. In recent veldonderzoek is waargenomen dat wegverlichting de dichtheid van een lokale grutto-populatie aantast. Er zijn geen aanwijzingen voor grootschalige nadelige gevolgen van nachtelijk kunstlicht voor wilde planten.

De mens

Uit onderzoek komt naar voren dat omwonenden van kassen met assimilatieverlichting en van sportvelden hinder ondervinden van het oplichten van hun woningen en tuinen, van direct zicht op de lichtbronnen of van de gloed erboven; de percentages matig of ernstig gehinderden variëren van 5 tot 15. Vooral de gloed boven kassen ervaren omwonenden als hinderlijk. Avondlijke wandelaars ondervinden vooral hinder van direct zicht op kaslicht. Door het groeiende gebruik van buitenverlichting zal het aantal gehinderden de komende jaren toenemen.

Uit laboratoriumexperimenten blijkt dat verstoring van het dag-nachtritme bij de mens negatieve fysieke en psychische gevolgen heeft. Deze verstoring vindt echter pas plaats bij relatief hoge lichtintensiteiten. Hoewel er geen aanwijzingen uit epidemiologisch onderzoek zijn, valt niet uit te sluiten dat buitenverlichting, door verkorting van de avond en nacht, via stress en in combinatie met andere stressfactoren in de leefomgeving, op den duur leidt tot aantasting van de gezondheid.

Verlies van duisternis als 'oerkwaliteit' in het landelijke gebied

Gezien de plannen voor nieuwe grote woningbouwlocaties (VINEX), bedrijfsterreinen en diverse grote infrastructurele projecten, waaronder de Betuwelijn, de HSL, de uitbreiding van Schiphol en de aanleg van de tweede Maasvlakte, zal de toepassing van kunstlicht in Nederland de komende jaren blijven toenemen. Ook in het landelijke gebied, dat nu nog relatief donker is, zal dat door de bouw van woningen, bedrijven en kassen, en door de aanleg en intensivering van sport- en recreatieve voorzieningen en wegen het geval zijn. Het verdwijnen van de nog duistere gebieden versterkt de voortschrijdende nivellering en versnippering van het Nederlandse (nachtelijke) landschap.

Uit belevingsonderzoek komt naar voren dat mensen belang hechten aan natuurervaringen, waartoe het ondergaan van stilte en ook van duisternis behoort. De Gezondheidsraad ondersteunt het pleidooi van natuurbeschermingsorganisaties voor het behoud van duisternis als een 'oerkwaliteit' van natuur en landschap in het landelijke gebied, niet alleen voor die natuur zelf, maar ook vanwege de behoefte van mensen om tot rust te komen in een omgeving die contrasteert met die van de huidige hectische 24-uurs maatschappij (compensatie-waarde).

Onderzoek

Voor een beter beeld van de ecologische gevolgen van verlichting is meerjarig veldonderzoek nodig, waarbij ook gekeken wordt naar de gevolgen van verlichting in combinatie met andere versturende en versnipperende factoren, waaronder verkeerslawaaï. On-

derzoek naar hinder in de directe woonomgeving is vooral relevant voor het vaststellen van richtlijnen voor verschillende toepassingen van buitenverlichting.

Uit het onderhavige advies komt naar voren dat beleving en waardering van de landschappelijke kwaliteit, en van duisternis en stilte als essentiële onderdelen daarvan, een belangrijke rol spelen in de maatschappelijke discussie over 'lichthinder'. Gericht (sociaal-psychologisch) belevingsonderzoek is wenselijk om de opvattingen van de Nederlandse bevolking over de waarde van duisternis in het geheel van opvattingen over natuur en landschap nader te kunnen inventariseren.

Regelgeving

Ondanks gebrek aan kennis uit empirisch onderzoek naar de ecologische gevolgen van nachtelijk kunstlicht, zijn er voldoende aanwijzingen om het huidige 'nee, tenzij'-beleid van Rijkswaterstaat inzake wegverlichting in natuurgebieden te ondersteunen. De noodzaak van verlichting ten behoeve van de verkeersveiligheid moet steeds goed worden afgewogen tegen mogelijk negatieve gevolgen voor landschap en fauna.

Het overheidsbeleid ten aanzien van openbare verlichting zou onderdeel moeten worden van een integrale, landelijke aanpak ter bescherming en verbetering van de kwaliteit van natuur en landschap in het landelijke gebied, vooral voor die gebieden waarvoor een restrictief beleid geldt ten aanzien van bebouwing, infrastructurele werken en dergelijke. Te denken valt aan instelling van donkertegebieden analoog aan stiltegebieden. Door 'lichthinder' expliciet op te nemen in het milieubeleid binnen het milieuthema Verstoring, zou de doorwerking naar andere overheidsinstanties gestimuleerd kunnen worden.

Voor het terugdringen van hinder in de woonomgeving door sportverlichting en assimilatieverlichting in kassen is inmiddels regelgeving voorhanden of in voorbereiding. De controle op handhaving zou echter aangescherpt kunnen worden. Voor de aanpak van hinder door *floodlighting* reclameverlichting dienen nog richtlijnen te worden ontwikkeld.

Executive summary

Health Council of the Netherlands: Impact of outdoor lighting on man and nature. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2000; publication no 25

In this advisory report, the Health Council draws attention to the ongoing loss of darkness in the evening and at night and to the consequences of this loss for landscape quality and the human environment. Modern developments such as urbanization, increased motor traffic, increased greenhouse horticulture, more flexible working hours, a growing demand for outdoor sports facilities and an increasing tendency to floodlight business premises and historic buildings mean that darkness is being eliminated in a growing number of increasingly large areas. For a variety of reasons, many people regret these changes. Annoyance in residential areas and worries about possible harm to plant and animal life also warrant additional attention to this matter in the policy of central government and other regulatory bodies.

Plant and animal life

Outdoor lighting at night-time can influence the life cycle and behaviour of animals in many ways. The effects vary greatly depending on the animals concerned. Outdoor lighting is often accompanied by other disturbing, barrier-forming factors such as traffic noise. In particular for birds, insects and amphibians, it has been observed that outdoor lighting influences behaviour as animals are disoriented, attracted or repelled by the light, thus increasing the chance of exhaustion and death. For some species with small, isolated populations, this can cause local extinction. In a recent field study it was observed that street lighting affects the density of local populations of black-tailed godwit.

There are no indications that outdoor lighting has a serious detrimental effect on wild plants.

Man

Studies have shown that people living in the immediate vicinity of greenhouses and sports fields were annoyed by the illumination of their houses or gardens, the direct view on the light sources or the glow above them. The percentages of people who experience moderate or serious annoyance vary from 5 to 15. In particular the glow above greenhouses is perceived as a nuisance by residents. Walkers in the evening period are annoyed by the direct view of the light from greenhouses. Over the next few years, the number of persons affected will increase due to the growing use of outdoor lighting.

It has been shown in laboratory experiments that a disturbance of the day-night rhythm has negative physical and psychological effects on human beings. However, such disturbances only occur at relatively high light intensities. Although epidemiological research on this matter is inconclusive, it cannot be ruled out that, in combination with other stress factors in the environment, outdoor lighting has a long-term detrimental effect on health due to stress associated with a shortening of the evening and night.

Loss of darkness as a 'primordial' quality in rural areas

The plans for new urban development locations, industrial estates and various large infrastructural projects such as railways and airports mean that the use of outdoor lighting in the Netherlands will increase continuously in the coming years. Also in rural areas, which now are still relatively dark at night, outdoor lighting is set to increase with the development of housing, business premises and greenhouses, as well as the creation of new facilities for sports and recreation coupled with their intensified use. The disappearance of those still dark areas will promote the loss of diversity as well as the fragmentation of the Dutch nocturnal landscape.

A social science perception survey showed that people attribute importance to nature experiences, including silence and darkness. The Health Council supports the calls of nature conservation organizations to preserve darkness as a 'primordial' quality of the landscape in rural areas, not only for nature itself but also for people, who need the opportunity to wind down in surroundings very different from those of today's hectic 24-hour society (compensation value).

Further research

If a better picture of the ecological consequences of lighting is to be obtained, a field study over a period of several years is necessary, in which the effects of lighting in combination with other disturbing and fragmenting factors, including traffic noise, are examined. Research into annoyance in the immediate living environment is particularly relevant for the derivation of guidelines for the various applications of outdoor lighting.

The present advisory report underlines that people's perception and appreciation of the landscape quality and the value of darkness and silence as essential elements play an important role in the general discussion on 'light nuisance'. Specific socio-psychological research into people's perceptions is needed to enable the inventory of opinions of the Dutch population on the value of darkness in the context of their views on nature and nature experiences.

Legislation

Despite the lack of systematic practical knowledge from empirical research on the ecological consequences of nightly outdoor light, there are sufficient indications that support the current 'No unless' policy of the Public Works and Water Management Department on street lighting in nature conservation areas. The need for lighting from a road safety viewpoint must always be carefully balanced against the possible adverse effects on animal life.

The policy of central government with regard to outdoor public lighting should become part of an integrated national approach for protection and improvement of the quality of the natural environment in rural areas and in particular in areas that have a restrictive policy with regard to building, infrastructural works and the like. One possibility is the creation of light abatement areas in analogy to the current noise abatement areas. If 'light nuisance' were explicitly included in the environmental policy as part of the environmental theme 'disturbance', the carry-over to other government bodies could be stimulated.

Legislation for reduction of the nuisance in the living environment from lighting at sports facilities and assimilation lighting in greenhouses is already in force or under preparation. Control of the enforcement could, however, be tightened up. Guidelines for dealing with nuisance from floodlighting and illuminated advertisements must still be developed.

Inleiding

Een belangrijk gevolg van de toenemende verstedelijking en van de zogenoemde 24-uurseconomie is de groeiende behoefte aan verlichting. Recreatieve activiteiten breiden zich uit naar de avond, ook als gevolg van ruimtegebrek voor meer voorzieningen. Door de flexibilisering van arbeidstijden en de groei van het autoverkeer duren de ochtend- en de avondspits langer. Deze ontwikkelingen hebben geleid tot aanleg van verlichte verkeerswegen, parkeerplaatsen en sportvelden, lichtreclames, verlichte openbare ruimten en het in de schijnwerpers zetten van bedrijfspanden en historische gebouwen. Particulieren en bedrijven brengen steeds meer buitenverlichting aan om criminaliteit tegen te gaan. Een andere bron van nachtelijk kunstlicht is de assimilatiebelichting in de glastuinbouw, bedoeld om de opbrengst te vergroten of om de bloei te vervroegen ('tulpen met Kerst').

Uit satellietbeelden blijkt dat de hoeveelheid nachtelijk kunstlicht in de westerse landen jaarlijks toeneemt. De grenzen tussen dag en nacht vervagen steeds meer: duisternis zal in toenemende mate een schaars goed worden, net als stilte. Astronomen en natuurbeschermingsorganisaties proberen al jaren het behoud van de duisternis als 'oerkwaliteit' van de leefomgeving op de politieke agenda te krijgen. Zij wijzen op de hinderlijke gevolgen voor de mens, de aantasting van de belevingswaarde van natuur en landschap, en op de mogelijk ingrijpende gevolgen voor vooral dieren.

In Nederland is begin jaren tachtig de toenemende lichtvervuiling onder de aandacht gebracht door verschillende natuur- en milieu-organisaties. Begin jaren negentig kwam een aantal beroepszaken bij de Raad van State in de publiciteit rondom vergunningverlening voor assimilatiebelichting van kassen. In dat kader is begonnen met onderzoek naar

de visuele hinder voor omwonenden en naar mogelijke gevolgen voor wilde flora en fauna en voor naburige cultuurgewassen. Ook is onderzocht hoe de uitstraling naar de omgeving beperkt kon worden (Gri92). Inmiddels zijn diverse richtlijnen in de maak of al opgesteld, waarmee de overheid tracht de lichthinder voor omwonenden terug te dringen (zie NSVV99, Stb98).

In 1995 uitten diverse natuur- en milieu-organisaties in een brief aan Rijkswaterstaat kritiek op het verlichten van wegen in het landelijk gebied en in natuurgebieden, onder meer langs de A50 en de A12 op de Veluwe. Zij meenden dat het aanleggen van verlichting langs die wegen een, uit landschappelijk én ecologisch oogpunt, ernstige aantasting is van één van de weinige duistere gebieden die Nederland nog rijk is. In hun brief vroegen zij Rijkswaterstaat nog eens kritisch te kijken naar de noodzaak van verlichting langs snelwegen. Tevens pleitten ze voor een ‘nee, tenzij’-beleid, dat wil zeggen geen verlichting tenzij de noodzaak voor bijvoorbeeld de verkeersveiligheid is aangetoond. Verder zou voortaan voorafgaand aan een besluit tot verlichting gedegen onderzoek naar landschappelijke en ecologische gevolgen moeten plaatsvinden. Die actie van natuur- en milieuorganisaties leidde tot veel publiciteit en zelfs tot kamervragen. Eind 1996 aanvaardde de regering een motie van de Tweede Kamer om de lichtvervuiling in natuurgebieden tot een minimum te beperken en onderzoek naar gevolgen van en alternatieven voor wegverlichting te bevorderen. In 1997 verrichtte het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN) in opdracht van de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat een uitgebreide literatuurstudie naar wegverlichting en de gevolgen voor de natuur (Mol97a). De resultaten van die studie en van, deels nog te verrichten, veldonderzoek leveren de wetenschappelijke onderbouwing van het door Rijkswaterstaat inmiddels verkozen ‘nee, tenzij’-beleid. Dat beleid is nader uitgewerkt in de Richtlijn openbare verlichting natuurgebieden (in werking getreden in 1997; CROW97).

Het voorliggende signalerende advies geeft een beknopt overzicht van de stand van zaken in het onderzoek naar de ongewenste invloed van nachtelijk kunstlicht op mensen, dieren en planten. Centrale vragen zijn:

- Is er op dit moment of in de nabije toekomst sprake van een probleem dat, wat betreft ernst en omvang, extra aandacht in het beleid rechtvaardigt?
- Zo ja, zijn er mogelijkheden om dat probleem aan te pakken, bijvoorbeeld via landelijk beleid of meer specifieke beleidsrichtlijnen?
- Welk nader onderzoek is nodig om nieuw beleid of aanpassing van beleid te kunnen onderbouwen?

Bronnen en trends

2.1 Toepassingen van kunstlicht

Wegverlichting

In Nederland bedraagt op dit moment de lengte van het verharde wegennet ongeveer 116000 kilometer (CBS99a). Volgens Rijkswaterstaat is ongeveer 85 procent daarvan verlicht.* De gemeenten verlichten ruim 96000 kilometer, Rijkswaterstaat ongeveer 700 kilometer en de overige wegbeheerders, zoals provincies en waterschappen, ongeveer 600 kilometer (RWS98). De meeste verlichte wegen bevinden zich in de Randstad.

Sportverlichting

De laatste jaren is de behoefte aan buitensport in de avonduren toegenomen. Vooral aan de rand van de bebouwde kom neemt het aantal lichtmasten rondom tennisbanen, golfvelden, voetbalvelden, maneges etc. sterk toe.

* Er bestaat enige onzekerheid over deze schatting. In een andere studie wordt een lager percentage geschat (ongeveer 62% verlicht; Sch98).

Kassen

Het totale areaal glastuinbouw in Nederland is ongeveer 10000 hectare (CBS99b). Op ongeveer 1400 tot 1500 hectare glastuinbouw wordt assimilatiebelichting toegepast (Bak00).

Overige bronnen van buitenverlichting

De 24-uurseconomie heeft geleid tot steeds meer industrieterreinen, havens, sporemlacements en vliegvelden die gedurende steeds grotere perioden van de avond en de nacht worden verlicht. In steden en langs wegen neemt het gebruik van verlichte reclamezuilen sterk toe. Ook worden gevels van bedrijfsgebouwen uit reclame- of veiligheidsoverwegingen verlicht. Monumenten en gebouwen met een cultuurhistorische waarde worden ook letterlijk in de schijnwerpers gezet. Door het toenemende gevoel van onveiligheid gaan steeds meer particulieren over tot verlichting van hun huizen en tuinen om criminaliteit tegen te gaan. Overigens blijkt dat in sommige situaties verlichting juist bepaalde criminelen aantrekt (Schr96).

2.2 Trends

In de Vierde Nota Ruimtelijke Ordening (VROM93) is ervoor gekozen om stedelijke uitbreidingen zoveel mogelijk te bundelen in stadsgewesten en regionale opvangkernen teneinde het landelijke gebied te vrijwaren van verstedelijking. In elf nog relatief open en groene gebieden met een hoge verstedelijkingsdruk, waaronder het Groene Hart, de Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe, geldt het 'restrictief beleid'. In die gebieden zou in beginsel buiten de bebouwingscontouren geen nieuwbouw mogen plaatsvinden. Desondanks is daar sprake van een sluipende verstedelijking. Het oppervlak stedelijk ruimtegebruik in het landelijke gebied, dat wil zeggen buiten het bestaand bebouwd gebied, is tussen 1989 en 1993 (meest recente jaar waarover gegevens beschikbaar zijn) toegenomen met ongeveer één procent, van 109000 hectare naar 110000 hectare, in het westen zelfs met twee procent (RPD99). Het gaat vooral om bedrijventerreinen en woningbouw. In de elf restrictief-beleidgebieden is het aantal adressen buiten de bebouwde kom gestegen met ruim 25 procent. Ook neemt de kassenteelt nog steeds toe. Per jaar komt er ongeveer één procent bij (gemiddelde groei bekeken over zeven jaar). De RPD meldt een opmerkelijke groei van de glastuinbouw tussen 1997 en 1998 van zo'n 300 hectare (RPD99). Die groei is het grootst in het Rivierengebied, Midden-Brabant en het Limburgs Heuvelland (meer dan 50 procent ten opzichte van 1980; RPD99).

In samenhang met stedelijke uitbreidingen is in de afgelopen zeven jaar ook de lengte van het wegennet met 16800 kilometer toegenomen (CBS99a). De RPD meldt een toena-

me van het oppervlak verharde wegen buiten bestaand bebouwd gebied tussen 1989 en 1993 met ruim één procent in heel Nederland (RPD99).

Uit bovenstaande cijfers blijkt dat het oppervlak verstedelijkt gebied en daaraan gekoppelde infrastructuur toeneemt, niet alleen door de groei van de bevolking, maar ook omdat er per inwoner steeds meer stedelijke ruimte wordt ingenomen (RPD99). Dit betekent dat ook de toepassing van kunstlicht voor wegen, pleinen, parkeerplaatsen, winkelcentra, reclame, enzovoort, blijft toenemen. Deze toename vindt niet alleen plaats binnen en aan de rand van de bebouwde kom, maar ook in de nu nog relatief donkere landelijke gebieden.

Gevolgen voor planten en dieren

Dit hoofdstuk geeft een beknopt overzicht van de stand van zaken in het onderzoek naar de biologische werking van licht in het algemeen en naar de gevolgen van nachtelijk kunstlicht, met nadruk op wegverlichting, voor planten en dieren. Het overzicht is grotendeels gebaseerd op een literatuurstudie van De Molenaar en collega's (Mol97a).

De beschikbare kennis is hoofdzakelijk afkomstig uit laboratoriumexperimenten, bijvoorbeeld gedaan in het kader van onderzoek naar verhoging van de productie in de intensieve veehouderij en de plantenteelt, en slechts op spaarzame veldwaarnemingen. De vertaalbaarheid naar gevolgen voor (populatie)dichtheden van dieren in een veldsituatie met buitenverlichting is daarom problematisch. De uitspraken die de onderzoekers daarover doen hebben dan ook vooral een kwalitatief en theoretisch karakter. Om die uitspraken nader empirisch te onderbouwen is veldonderzoek nodig. De Molenaar en collega's bepleiten veldonderzoek naar de gevolgen van wegverlichting voor weidevogels (de grutto is gekozen als 'gidssoort'), voor het verplaatsingsgedrag en ruimtegebruik van zoogdieren en naar de invloed van wegverlichting op vleermuizen (Mol97b). Inmiddels is het grutto-onderzoek afgerond (Mol00).

3.1 Planten

Planten hebben niet alleen licht nodig voor hun energievoorziening (fotosynthese), maar ook voor de inductie van bloei.* De reactie van planten op veranderende lichtomstandig-

* Op deze informatiefunctie van licht is het onderscheid tussen korte- en langedagplanten gebaseerd: korte-dagplanten bloeien alleen als de daglengte korter is dan een bepaald maximum en komen dan ook vooral voor in de (sub)tropen.

heden verschilt sterk per soort: elke soort heeft een karakteristieke ecologische optimum-curve, die het verband tussen lichtintensiteit en groei beschrijft. Zo zijn er lichtminnende soorten, bijvoorbeeld pioniers, en schaduwresistente soorten, bijvoorbeeld ondergroeis-oorten in een bos.

De gevolgen van kunstlicht voor planten lijken beperkt te zijn tot (delen van) individuele planten in de zeer nabije omgeving van de lichtbron, onder meer een enigszins vertraagde bladafval, het eerder uitlopen van takken en een tweede bloei in de herfst bij bomen onder straatlantaarns. Het gaat dan om soorten die reageren op daglengte, en waarbij bovendien andere omgevingsfactoren niet beperkend zijn (Gri92). Vermoedelijk is de intensiteit van de meeste lichtbronnen te gering en de lichtsamenstelling niet van dien aard dat wilde planten op grote schaal worden beïnvloed (Ber92). Een vergelijkbare conclusie trekken De Molenaar en collega's (Mol97a).

3.2 Dieren

Onder invloed van licht stemmen dieren hun fysiologische functies en activiteiten af op hun omgeving, dat wil zeggen op het seizoensritme en op het dag- en nachtritme in milieuomstandigheden. Het gaat dan niet alleen om directe zintuiglijke waarneming van de omgeving, maar ook om neuro-endocriene (hormonale) processen, die een rol spelen in biologische ritmes en die indirect aangestuurd worden door licht. Zoals eerder gezegd, is de hier te beschrijven kennis hoofdzakelijk afkomstig uit laboratoriumonderzoek. De kennis uit veldonderzoek naar de gevolgen van verlichting voor dieren is over het algemeen zeer beperkt en fragmentarisch.

Verlichting kan leiden tot:

- verbetering van de oriëntatie, maar ook tot een verstoring daarvan (desoriëntatie)
- aantrekking, fixatie en afstoting
- ontregeling van biologische ritmes (dag-nachtritme, ofwel de biologische klok, en seizoensritme, ofwel de biologische kalender)
- verandering van de habitatkwaliteit.

Er dient onderscheid gemaakt te worden tussen luminantie (de oppervlaktehelderheid van de lichtbron), illuminantie (het oplichten van een horizontaal of verticaal oppervlak in de omgeving van de lichtbron) en de spectrale samenstelling van het licht. Zo is de mate van aantrekking gerelateerd aan de luminantie en kortgolvigheid van licht. Fixatie daarentegen wordt bepaald door zowel de luminantie en kortgolvigheid als de illuminantie, waardoor een sterk contrast ontstaat met de donkere omgeving buiten het verlichte oppervlak,

Langedagplanten bloeien daarentegen als de daglengte langer is dan een bepaald minimum. Deze plantensoorten komen algemeen voor in streken op hogere breedtegraden.

het zogenaamde 'zwartemuureffect'. De invloed van licht op het dag-nachtritme en het seizoensritme is afhankelijk van de duur van de afwisseling tussen licht en donker en daarmee van de verblijfsduur van het dier in een verlichte omgeving (illuminantie).

Figuur 1 geeft in een schema de verschillende aspecten van verlichting en hun invloed op de fysiologie, de conditie en het gedrag van dieren.



Oriëntatie

Bij dagelijkse verplaatsingen tussen bijvoorbeeld rustgebieden en voedselgebieden en bij het zoeken van voedsel zelf speelt het oriëntatievermogen een belangrijke rol. Bij dieren

Figuur 1 Schema van de relaties tussen de verschillende aspecten van verlichting en het gedrag, de fysiologie en de conditie van dieren (bron: Mol97a).

die zich in het donker verplaatsen zou verlichting de oriëntatie kunnen verbeteren, zodat minder energie nodig is. Desoriëntatie daarentegen leidt niet alleen tot een hoger energieverbruik (uitputting), maar ook tot 'roekelozer' gedrag en verhoogt daardoor de kans op bijvoorbeeld predatie of doodrijden. Hetzelfde kan optreden bij seizoensgebonden migratie (van zomer- naar winterbiotoop) van bijvoorbeeld trekvogels en amfibieën. Van amfibieën is bekend uit veldwaarnemingen dat lokale populaties door wegverlichting in combinatie met verkeer kunnen worden bedreigd (Bak90). Uit experimenteel onderzoek is gebleken dat kunstlicht vooral bij jonge vogels de oriëntatie tijdens de trek (vooral bij bewolking) kan verstoren. Duitse onderzoekers melden het optreden van een koerswijziging bij trekvogels door een verlicht kassengebied (Abt95a). Gedurende nachten met slecht weer telden de onderzoekers meer overvliegende trekvogels dan tijdens nachten met goed weer. Ook werden bij slecht weer vogels gesignaleerd die enige tijd rondom de kassen bleven vliegen of er zelfs landden.

Verlichting kan zowel positief als negatief werken op de oriëntatie. Hoe dit uiteindelijk doorwerkt op het niveau van de populatie is per diersoort verschillend en bijvoorbeeld ook afhankelijk van het voedselaanbod en van de concurrentiedruk door de aanwezigheid van andere predatoren.

Aantrekking, fixatie en afstoting

Bekende voorbeelden van (directe) aantrekking zijn die van insecten en trekkende padden en salamanders, die op licht afkomen en daar zinloos blijven rondvliegen of rondlopen, waardoor de kans op predatie of doodrijden toeneemt. Een bekend voorbeeld van aantrekking bij vogels zijn de aanvaringen met vuurtorens. Inmiddels zijn er maatregelen genomen die het aantal slachtoffers van doodvliegen tegen vuurtorens verminderen (Mol97a). Ook minder sterke verlichtingsbronnen, zoals grote gebouwen en vliegvelden, kunnen vogels aantrekken. Waarnemingen over aantrekking bij vogels door wegverlichting zijn zeer schaars. Voor insecten zijn er aanwijzingen uit veldonderzoek, onder meer bij nachtvlinders, dat door de negatieve gevolgen van aantrekking lokale populatiedichtheden sterk verminderen (Fra88). Het is echter niet uitgesloten dat er aanpassing optreedt, vooral bij genetisch variabele, omvangrijke populaties.

Concentraties van insecten rond lichtbronnen trekken op hun beurt vleermuizen aan (indirecte aantrekking), die weliswaar met minder energie meer voedsel vinden, maar ook een verhoogde kans lopen om te worden doodgereden (Kie95). Ook hier geldt dat aantrekking voor vleermuizen positief werkt, zolang het voedselaanbod hoog is en er niet te veel concurrenten in de buurt zijn (Ryd92). Uit Zweeds vleermuisonderzoek blijkt ook dat verlichting een verschuiving in soorten veroorzaakt: populaties van algemene soorten groeien, terwijl die van zeldzamere soorten kleiner worden (Ryd92). Vleermuizen trekken weer uilen aan en de kadavers van doodgereden dieren bijvoorbeeld buizerds. Fixatie

van vooral zoogdieren die zich in het donker verplaatsen, bijvoorbeeld in het licht van koplampen van auto's, versterkt de werking van aantrekking en leidt tot extra verkeersslachtoffers. Over verkeersslachtoffers, vooral onder (broed)vogels, is relatief veel bekend. Er is echter geen systematisch onderzoek gedaan naar het verband tussen verkeersslachtoffers en wegverlichting.

Afstoting door verlichting verstoort het verplaatsingsgedrag van sommige dieren en versterkt zo de barrièrewerking van wegen en wegverkeer. Het aantal potentieel geschikte biotopen neemt daardoor af. Voor sommige vleermuissoorten die juist worden afgestoten door verlichting, wordt zo het voedselzoekgebied kleiner. Recent onderzoek naar de gevolgen van habitatversnippering laat zien dat de overlevingskans van kleine populaties kleiner wordt naarmate de afstand tot andere populaties toeneemt (Opd91, Opd93). Deelpopulaties raken geïsoleerd hetgeen leidt tot een verhoogd risico van uitsterven, genetische verarming e.d. (zie, voor een overzicht van zogenoemde metapopulatie-theorieën en -modellen, Gil91). Vervolgonderzoek naar de invloed van wegverlichting voor het verplaatsingsgedrag en ruimtegebruik van dieren zal moeten uitwijzen in hoeverre de "versnippering van het nachtelijke landschap" (Ber92) bijdraagt aan dergelijke populatiedynamische consequenties.

Ontregeling van biologische ritmes

Veel gedrags- en fysiologische functies van organismen vertonen een dagelijks of jaarlijks ritme (periodiciteit) dat gelijk loopt met de cycli in licht, temperatuur, beschikbaarheid van voedingsstoffen e.d. die samenhangen met de afwisseling van dag en nacht en die van de seizoenen. Dergelijke biologische ritmes staan onder invloed van de daglengte (fotoperiodiciteit). Voor deze dagelijkse ritmiek is een genetisch bepaald, inwendig mechanisme van tijdsbepaling verantwoordelijk, de biologische klok. Deze klok heeft regelmatig bijstelling (synchronisatie) door uitwendige prikkels in licht-donker-ritme. Verstoring (desynchronisatie) kan leiden tot een tekort aan rust of slaap bij dieren, waardoor de conditie en de alertheid worden aangetast. De kans op predatie of doodrijden neemt hierdoor toe.

Het jaarlijkse ritme in de duur van de daglengte reguleert de seizoensgebonden activiteiten. De verschillende fasen in de levenscyclus van dieren en de bijbehorende seizoensgebonden activiteiten, zoals voortplanting, trek en winterslaap, vergen de nodige hormonale, fysiologische en anatomische voorbereidingen. Een inwendig mechanisme, de biologische kalender, is verantwoordelijk voor de *timing* van die voorbereidingen.

Voorbeeld: Sommige vogels zoals grutto en baardmannetje, die 's zomers insecten eten, moeten in september hun kliermaag ombouwen tot spiermaag. Deze spiermaag is geschikt voor het eten van zaden in hun overwinteringsgebieden in Afrika. Als zij dat niet op tijd doen, overleven zij niet.

Aan dag-nachtritmes en de seizoensritmes in gedrags- en fysiologische functies liggen neuro-endocriene processen ten grondslag. Deze processen worden aangestuurd door een speciaal voor licht gevoelig orgaan in de hersenen, de epifyse. Dit orgaan produceert het hormoon melatonine dat een sleutelrol speelt in de overdracht van uitwendige lichtprikkelers naar de hormoonhuishouding van het dier (Mol97a).

Verlichting verstoort het dag-nachtritme en kan zo de biologische kalender ontregelen. Dit kan betekenen dat bepaalde activiteiten in een minder geschikte periode plaatsvinden, bijvoorbeeld het vroeger gaan broeden en daardoor jongen krijgen als het weer en de voedselsituatie nog niet optimaal zijn. Dit kan de conditie van jongen en ouders aantasten waardoor deze een grotere kans lopen op sterfte en predatie.

Er zijn weinig veldwaarnemingen die erop duiden dat door buitenverlichting biologische ritmes ontregeld raken. Zo is bijvoorbeeld waargenomen dat roodborstjes langer zingen bij verlichte tennisbanen (Abt95b). Voor het verschuiven van de biologische klok onder laboratoriumomstandigheden zijn hoge lichtintensiteiten nodig (zie ook 4.2).

Habitatkwaliteit en populatiedichtheid

De hierboven beschreven kennis wijst, zij het met per diergroep uiteenlopende mate van onzekerheid, in de richting van een negatieve invloed van verlichting op wilde dieren. Verlichting kan, afhankelijk van de leefomstandigheden en leefwijze van de soort, gevolgen hebben voor de mate van bezetting van de (verlichte) habitat en daarmee op de populatiedichtheid. Alle bovengenoemde factoren kunnen daarbij een rol spelen en hebben dus, ieder voor zich of in combinatie, invloed op de habitatkwaliteit. Figuur 2 geeft een schematisch overzicht van het mogelijke verband tussen enerzijds autoverkeer en wegverlichting en anderzijds populatiedichtheden van vogels. De veronderstelling is dat verlichting de in onderzoek van Reijnen (Reij95) aangetoonde verlaging van de dichtheid van (broed)vogels als gevolg van het geluid van wegverkeer versterkt.* Het schema zou volgens De Molenaar en collega's in grote lijnen ook gelden voor zoogdieren, amfibieën, reptielen en insecten (Mol97a). Deze hypothese is getoetst in het grutto-veldonderzoek (Mol00). In de volgende paragraaf zijn de resultaten van dat onderzoek kort samengevat.

* Uit bedoeld veldonderzoek is gebleken dat wegverkeer de dichtheden van broedvogels langs de weg verlaagt met meer dan 30 procent (tot bijna 100 procent, afhankelijk van de gevoeligheid van de soort). Vooral de verstoring door geluid lijkt daarbij een belangrijke rol te spelen (in bos duidelijker dan in open weidegebied, omdat in die laatste gebieden ook andere verstoringen, waaronder visuele, factoren van invloed kunnen zijn). Verlichting is echter niet expliciet meegenomen in het onderzoek.

3.3 Een casus: wegverlichting en grutto's

Het hier te bespreken onderzoek naar de invloed van wegverlichting op een lokale gruttopopulatie is uitgevoerd in een graslandgebied langs een autosnelweg (A9 tussen Limmen en Akersloot; Mol00). Een eerste jaar zonder wegverlichting werd vergeleken met een daarop aansluitend tweede jaar waarin de autosnelweg verlicht was. Om de invloed van verlichting te kunnen onderscheiden van die van het wegverkeer, is daarnaast tevens

Figuur 2 Schema van de hypothetische causale verbanden tussen autoverkeer en wegverlichting enerzijds en de populatiedichtheid van vogels anderzijds (bron:Mol97a).

en op dezelfde wijze een gebied zonder wegverkeer bekeken waarin wegverlichting werd aangebracht, die tegelijkertijd met de verlichting langs de A9 werd ingeschakeld.*

Uit het onderzoek is naar voren gekomen dat er in de eerste 250 tot 300 meter vanaf de weg sprake is van een significante vermindering van de populatiedichtheid. De afstotende werking van wegverlichting leidde tot een stuwing van nesten op een afstand van 250 – 300 meter van de verlichting. De negatieve invloed op de lokale populatiedichtheid lijkt enigszins geremd en vertekend door het verschijnsel van plaatstrouw. De onderzoekers verwachten dat als gevolg van plaatstrouw en de neiging van grutto's tot broeden in elkaars nabijheid na een aantal jaren de stuwing zal afnemen en dat de afstand waarover de invloed van verlichting zich uitstrekt, aanzienlijk groter zal zijn.

Reijnen vond in een uitgebreid transversaal veldonderzoek een negatieve invloed van wegverkeer (geluid) op de populatiedichtheid van verschillende weidevogelsoorten (Reij95). In het grutto-onderzoek is geen negatieve invloed gebleken van het geluid van wegverkeer. Kennelijk wordt die invloed gecompenseerd door andere factoren die de habitatkwaliteit bepalen, waaronder het graslandbeheer en -gebruik. De Molenaar en collega's vermoeden dat de invloed van het verkeersgeluid sterker gecompenseerd wordt dan de invloed van verlichting (Mol97a). Een vergelijking van de resultaten van beide onderzoeken is echter niet goed mogelijk, omdat er sprake is van een andere onderzoeksopzet (transversaal versus longitudinaal). Opmerkelijk is dat grutto's die als eerste beginnen te nestelen hun nestplaats verder van de lichtbron af kiezen dan grutto's die later gaan nestelen. Er zijn geen aanwijzingen dat wegverlichting invloed heeft op het broedsucces en op de conditie van oudervogels. Dit duidt op afwezigheid van neuro-endocriene effecten, waarschijnlijk vanwege het beperkte bereik van het licht (de illuminantie). De onderzoeksresultaten laten geen uitspraken toe over de invloed van wegverlichting op de predatie van gruttolegsels (de veronderstelling was dat verlichting de kans op predatie zou kunnen verhogen door aantrekking van predatoren en hun betere oriëntatie tijdens de jacht).

De onderzoekers tekenen bij hun conclusies aan dat als gevolg van de beperkte proefopzet het om niet meer dan een indicatie gaat. Meerjarig onderzoek zou moeten uitwijzen in hoeverre andere factoren, onder meer de terreingesteldheid en het terreingebruik, de plaatstrouw van grutto's en de natuurlijke variatie in de populatieomvang, een vertekend beeld geven van de invloed van wegverlichting op de dichtheid van een lokale

* Onderzocht zijn de exacte plekken van de in 1998 en 1999 opgespoorde nesten, hun afstand tot de weg en tot de verlichting, het aantal eieren per nest, de maten en gewichten van de eieren, de datum van het leggen van het eerste ei per legsel en eventueel het verlies van legsels. Ook andere omgevingsfactoren die de habitatkwaliteit ofwel nestplaatskeuze bepalen zijn in kaart gebracht: de weersgesteldheid, de vocht- en ontwateringstoestand van de percelen, de structuur van de grasmat, de grashoogte, de bemesting en de beweiding en allerlei veldwerkzaamheden die samenhangen met het terreinbeheer (rollen, slepen, maaien etc.).

gruttopopulatie*. Ook kan dan het optreden van gewinning onderzocht worden, evenals het optreden van herstel na uitschakelen van de verlichting.

Een belangrijke vraag is in hoeverre een achteruitgang van lokale habitatkwaliteit consequenties heeft voor de totale gruttopopulatie in Nederland. Reijnen stelt dat een verlaging van de kwaliteit van broedgebieden van weidevogels langs de weg een negatief effect zal hebben op de omvang en duurzaamheid van de weidevogelpopulaties (Reij95). Als een lokale populatie geheel binnen een verstoorde zone terecht komt, is de kans groot dat deze zal verdwijnen. Als gebieden met een hoge kwaliteit worden verstoord kunnen ze bovendien niet meer dienen als bron van waaruit gebieden met een lage kwaliteit worden bevolkt. Ook de aantallen in de gebieden met een lage kwaliteit zullen hierdoor afnemen. Reijnen rekende uit dat alleen al wegverkeer (door geluid en mogelijk ook verlichting) uitgaande van een toenemende verkeersintensiteit, in 2010 23 procent van het graslandareaal in West-Nederland ongeschikt zal hebben gemaakt als broedgebied voor weidevogels. Voor de grutto zou dit een verlies inhouden van ongeveer 3200 broedparen (16 procent van het in de periode van 1979 tot 1987 geschatte gemiddelde totale aantal broedparen van 20000 in West-Nederland). Inmiddels heeft SOVON Vogelonderzoek Nederland geconstateerd dat het aantal gruttobroedparen in Nederland is gedaald van 87000 tot 58000 (Teu00). De bezorgdheid is groot, omdat in Nederland een zeer groot deel van de totale West-Europese populatie broedt. Onderzoekers van SOVON veronderstellen dat de achteruitgang vooral komt door veranderingen in graslandbeheer en -gebruik. In welke mate wegverlichting en verkeersgeluid ieder afzonderlijk of in combinatie bijdragen aan deze negatieve trend is moeilijk te kwantificeren.

* De negatieve invloed van de weg kan van jaar tot jaar verschillen, omdat deze gecompenseerd kan worden door andere factoren. Dichtheden kunnen ook sterk fluctueren als gevolg van de populatieomvang: naarmate de populatieomvang toeneemt zullen zich meer vogels vestigen in de gebieden met een lagere kwaliteit (zie ook Reij95).

Gevolgen voor de mens

In het algemeen is over versturende factoren, zoals verlichting, stank of geluid, in de leefomgeving van de mens in relatie tot het optreden van psychologische stress en de gevolgen daarvan voor de gezondheid nog weinig bekend. In het onderzoek naar dergelijke verstoringen wordt onderscheid gemaakt tussen somatische of fysiologische effecten (ziekte, overlijden), functionele effecten, (zoals slaapverstoring) en hinder (de subjectieve beleving van een versturende factor; VROM95). Functionele effecten en subjectieve beleving zijn in de praktijk moeilijk te scheiden. Daarom rekent men beide tot hinder.

In dit hoofdstuk zal kort worden ingegaan op (mogelijke) gezondheidseffecten als gevolg van avondlijk en nachtelijk kunstlicht. Dan volgt een overzicht van de stand van zaken in het onderzoek naar lichthinder. Tenslotte komen meer algemene belevingsaspecten van de leefomgeving en de aantasting daarvan door verlichting aan de orde. Het gaat dan niet om de directe woonomgeving maar om de belevingswaarde of betekenis van duisternis als een ‘oerkwaliteit’ van natuur en landschap.

4.1 Gezondheidseffecten van kunstlicht

Uit experimenteel onderzoek met proefdieren die model kunnen staan voor de mens, zoals ratten, is veel bekend geworden over biologische ritmes en de neuro-endocriene werking van licht. Gebleken is dat licht het dag-nachtritme in de afscheiding van het hormoon melatonine aanstuurt, dat op zijn beurt het slaap-waakritme, het bewegingsritme en de hersenactiviteit beïnvloedt (zie hoofdstuk 3 en Mol97a). Verstoring van het dag-

nachtritme kan duidelijk merkbare fysische en psychische gevolgen hebben, men denke bijvoorbeeld aan de jet-lag en het werken in ploegendienst.

Net als bij zoogdieren, is er ook bij de mens sprake van een genetisch bepaalde biologische klok en zelfs van een biologische kalender (seizoensritme). In onderzoek bij mensen onder geïsoleerde, constante condities is een dag-nachtritme gevonden dat vergelijkbaar is met het ritme bij zoogdieren (Wev79). Ook blijkt dit ritme aangepast te zijn aan bijvoorbeeld het specifieke ritme in dag-nachtlengte in noordelijke streken. Verder bleek dit ritme alleen beïnvloedbaar door blootstelling aan hoge lichtintensiteiten (meer dan 2000 lux)*. Deze bevinding vormde de grondslag voor het toepassen van lichttherapie bij mensen die 's winters depressieve klachten hebben. Er is echter nog weinig bekend over het mechanisme dat aan dergelijke seizoensgebonden stemmingsstoornissen en aan de werking van lichtherapie ten grondslag ligt (zie voor een overzicht van het onderzoek naar lichttherapie Wir93). Door de 24-uurs economie zal ook het werken in wisseldiensten toenemen. Uit experimenteel onderzoek naar beïnvloeding van de biologische klok hoopt men aanwijzingen te krijgen voor het oplossen van de problemen die werknemers ondervinden van een dergelijke verstoring van het dag-nachtritme (Stichting Onderzoek Licht en Gezondheid; Dam99). In de afgelopen tien jaar is er in het onderzoek naar bioritmes bij de mens ook aandacht voor de rol van seizoensritme in relatie tot de fysiologie, de biochemie en het gedrag van mensen (Asc81, Lac89).

Het ligt voor de hand te veronderstellen dat verstoring van het dag-nachtritme en het seizoensritme bij de mens, net als bij zoogdieren, een negatieve invloed heeft. Die invloed zal in het algemeen minder duidelijk zijn dan bij zoogdieren, omdat de mens sinds de uitvinding van kunstlicht al heel lang niet meer het normale dag-nachtritme aanhoudt. Een mogelijke weg waarlangs kunstlicht invloed kan hebben op de gezondheid van de mens is die via stress. Stress treedt op als er iets op het spel staat dat op dat moment belangrijk is voor het welbevinden van een individu in termen van belangrijke doelen en waarden (Laz84). Verstoring van de leefomgeving door kunstlicht in de avond- en nachtperiode kan, afhankelijk van de mate waarin een individu dit als hinderlijk ervaart, leiden tot stress en op den duur tot gezondheidseffecten (Pijn91). De gecombineerde blootstelling aan andere stressfactoren in de leefomgeving kan deze mogelijke, indirecte werking van kunstlicht versterken.

In het onderzoek van de GGD naar de invloed van assimilatiebelichting in kassen op omwonenden in het glastuinbouwgebied rond Venlo zijn met behulp van vragenlijsten ook gezondheidseffecten geïnventariseerd. Omwonenden meldden klachten als angstdromen bij kinderen, slapeloosheid, depressiviteit en beklemmende gevoelens. Geen van deze gezondheidsklachten konden in relatie gebracht worden met kaslicht (Gri92, Pijn91). Er zijn bij omwonenden geen fysiologische of biologische variabelen gemeten. Zulke metin-

* Ter vergelijking: een zonnige dag geeft een lichtintensiteit van 100000 lux; een zwaar bewolkte dag 1000 lux en kantoorverlichting 400 à 500 lux.

gen zouden een meer objectieve indicatie kunnen geven van het optreden van stress als gevolg van verstoring van dag-nachtritme door kaslicht.

4.2 Hinder door kunstlicht

In het onderzoek naar hinder van kunstlicht in de avond en de nacht voor omwonenden is vooral gekeken naar het verschijnsel van psychische verblinding (*discomfort glare*). Deze vorm van verblinding veroorzaakt subjectieve hinder ofwel een gevoel van onbehagen zonder de visuele waarneming te beïnvloeden (in geval van fysieke verblinding gebeurt dat wel). Er zijn verschillende vormen van visuele hinder voor omwonenden te onderscheiden. Niet alleen bewoners van huizen in de directe omgeving van buitenverlichting kunnen hinder ondervinden door het oplichten van slaapkamers of tuinen, maar ook wandelaars kunnen zich gehinderd voelen door elke vorm van verlichting die waarneembaar is buiten het van nature aanwezige licht (Ber91, Vos95). In beide gevallen kan het gaan om direct zicht op de lichtbron (rechtstreeks licht) of om verstrooid licht (gloed). Dit laatste fenomeen treedt vooral op bij bewolking die het omhoogstralende licht verstrooit en reflecteert. De hinder kan zich dan veel verder uitstrekken dan de directe omgeving.

Onderzoekers van TNO hebben twee toepassingen van kunstlicht onderzocht op hinder voor omwonenden, namelijk assimilatiebelichting in kassen (Ber91, Vos95) en tennisbaanverlichting (Ber96a). Het onderzoek naar hinder door assimilatiebelichting van kassen was een vervolg op het onderzoek in het glastuinbouwgebied rond Venlo (zie hoofdstuk 1; Gri92, Pijn91) en betrof een tiental locaties in West-Nederland (391 omwonenden).* In het TNO-onderzoek werden fysiologische effecten buiten beschouwing gelaten. De onderzoekers trachtten op basis van statistische analyses lineaire verbanden te vinden tussen een objectieve dosismaat en het percentage gehinderden bij verschillende vormen van hinder. Op grond van die dosis-effectrelaties zouden dan grenzen afgeleid kunnen worden behorende bij een nader door het beleid te bepalen percentage van gehinderden. Het onderzoek naar hinder van tennisbaanverlichting omvatte 12 woongebieden (120 omwonenden).**

Om het optreden van hinder vast te kunnen stellen is gebruik gemaakt van vragenlijsten. Er werd gevraagd naar de frequentie van waarneming van verlichting (direct of gloed), de waargenomen sterkte en de ondervonden hinder. Verder werden vragen gesteld over diverse belevingsaspecten en gedragingen, zoals hinder bij inslapen, sluiten van gordijnen, afgeleid zijn, geïrriteerd zijn, zitten in andere kamers, vergelijking met hinder van andere lichtbronnen, mate van onverschilligheid of juist veilig voelen door (extra) buitenverlichting, enzovoort.

* in opdracht van het Ministerie van VROM.

** in opdracht van het Bureau Adviseur Beroepen Milieubeheer (BAMB).

Assimilatiebelichting

Uit het onderzoek naar hinder van assimilatiebelichting komt naar voren dat de in de woonomgeving zichtbare gloed boven de kas de meeste hinder veroorzaakt: ongeveer drie procent van de bewoners vindt hinder van de verlichting van woning of tuin “erg” tot “heel erg” hinderlijk, twee procent vindt het direct zicht vanuit de woning op kaslicht “erg” tot “heel erg” hinderlijk, ongeveer 10 procent vindt de gloed zichtbaar in de woonomgeving “erg” tot “heel erg” hinderlijk (Vos95). Deze gloed werd als minder hinderlijk ervaren naarmate de nachtelijke hemelkoepel van nature lichter was. Zo’n 15 procent van de wandelaars vond het direct zicht op kaslicht “erg” tot “heel erg” hinderlijk.* Opvallend is dat het percentage gehinderde wandelaars groter is dan het percentage gehinderden door direct zicht op kaslicht vanuit de woning. Kennelijk willen wandelaars ’s avonds graag in het donker lopen. Verder valt op dat een derde van de ondervraagden het niet eens is met de stelling in de vragenlijst “Het kan mij niet zo veel schelen dat het hier ’s avonds en ’s nachts vrijwel nooit meer helemaal donker is”. Toch zou slechts drie procent een klacht willen indienen.

De TNO-onderzoekers onderschrijven de conclusie uit eerder Duits onderzoek dat de verticale verlichtingssterkte, de hoeveelheid verticaal invallend licht (in lux), een bruikbare objectieve maat is voor de dosis (Ass87, Har84).** Ze vonden echter geen duidelijk verband tussen deze dosismaat en het percentage gehinderden bij de onderscheiden vormen van lichthinder. Het is dus niet mogelijk om uit de onderzoeksgegevens hindergrenzen af te leiden.

Tennisbaanverlichting

In het onderzoek naar hinder door tennisbaanverlichting gaf nul tot tien procent van de ondervraagde omwonenden aan de verlichting van de woning “erg” tot “heel erg” hinderlijk te vinden (afhankelijk van de verticale verlichtingssterkte; Ber96a). Tussen de nul en vijf procent was “erg” tot “heel erg” gehinderd door verlichting van de tuin.*** De boven de tennisbanen zichtbare gloed bleek, in tegenstelling tot bij assimilatiebelichting, weinig tot geen hinder te veroorzaken (de lichthoeveelheden bij gloed boven kassen zijn ongeveer een factor tien groter). De meerderheid van de omwonenden stond vrij onver-

* Er is niet gevraagd naar hinder door gloed tijdens de wandeling

** De verticale verlichtingssterkte in de immissiepunten op de gevel van de woningen (bepaald door meting of berekening) varieerde, afhankelijk van de afstand tot de kas, van 0,003 tot 2 lux.

*** Verlichting lijkt in het algemeen als minder hinderlijk te worden ervaren als het contrast met de achtergrondverlichting of de omgevingshelderheid kleiner is. Deze veronderstelling is echter in Nedeland moeilijk te onderzoeken, omdat de omgevingshelderheid in (rand)stedelijke gebieden te weinig variatie vertoont.

schillig tegenover het feit dat het 's avonds niet meer helemaal donker is. Sommigen vonden zelfs de aanwezigheid van het sportveld wel gezellig.

De TNO-onderzoekers concluderen uit hun resultaten dat de door een internationale commissie aanbevolen hindergrenzen geen bijstelling behoeven (zie, voor aanbevolen hindergrenzen, CIE95 en de Algemene richtlijn betreffende lichthinder Deel 1 Grenswaarden voor sportverlichting van de Commissie Lichthinder, NSVV99; zie verder 5.2).

Lichthinder bij de algemene bevolking

In het hierboven beschreven onderzoek is alleen gekeken naar de in de directe woonomgeving ondervonden specifieke vormen van hinder in een beperkte groep van mensen. In 1993 is in een steekproef van ongeveer 4000 inwoners van Nederland, representatief voor de hele Nederlandse bevolking, ge-enquêteerd over hinder door verschillende verstorende milieufactoren, waaronder, naast verschillende bronnen van verlichting, ook geluid, geur, trillingen en stof/roet/rook (VROM95). Het bleek dat men verlichting ten opzichte van de andere factoren als de minst hinderlijke ervaart: slechts vier procent van de Nederlandse bevolking ondervindt ernstige hinder door licht. Ter vergelijking: 40 procent ondervond ernstige hinder van geluid. De belangrijkste bron van lichthinder zijn de koplampen van wegverkeer (twee procent), daarna volgen straatverlichting en buitenverlichting, samen ook twee procent.

4.3 De waarde van duisternis

Hierboven is alleen over specifieke hinder in de directe leefomgeving gesproken. Verlichting kan echter ook in meer algemene zin de kwaliteit van de leefomgeving aantasten. Het gaat dan niet om aantasting van de directe (stedelijke) woonomgeving maar om de aantasting van duisternis opgevat als een kwaliteit van natuur en landschap in het landelijke gebied. De ruimtelijke kwaliteit van het landelijke gebied wordt door de overheid vooral afgemeten aan de mate van verscheidenheid, ofwel de variatie in landschapselementen en de mate van openheid van het landschap (RPD99). De laatste decennia zijn door toenemende verstedelijking en aanleg van infrastructuur de verscheidenheid en openheid van het landelijke gebied sterk achteruitgegaan (zie ook 2.2). Er is sprake van nivellering (RPD99). Verlichting versterkt dit effect, niet alleen 's nachts door het verdwijnen van de nog resterende duistere gebieden, maar ook overdag door de alomtegenwoordigheid van lichtmasten in het landschap.

Samen met de natuurbeschermingsorganisaties pleiten ook de belangengroepen van (amateur)astronomen voor het behoud van de nog donkere gebieden. Zij beschouwen duisternis als een esthetische én ethische (intrinsieke of zelfstandige) waarde of 'oerkwaliteit' van natuur en landschap: duisternis zou opgenomen moeten worden als een extra

criterium waaraan de overheid de ruimtelijke kwaliteit van het landelijke gebied zou moeten afmeten, in aanvulling op of in combinatie met de criteria verscheidenheid en openheid.

Belevingsonderzoek

Hoeveel waarde hecht de Nederlandse bevolking aan het behoud van duisternis, niet alleen voor zichzelf maar ook voor volgende generaties? Uit het in 4.2 besproken hinderonderzoek kwam - zoals gezegd - naar voren dat avondlijke wandelaars graag in het donker lopen. Er is echter niet gevraagd naar opvattingen van mensen over de waarde of betekenis van duisternis in de context van natuurbeleving en natuurervaringen. Dit vergt een ander soort aanpak, vergelijkbaar met het sociaal-psychologisch onderzoek naar beleving van natuur en landschap meer in het algemeen (o.a. Ber96b, Ber98). Via vragenlijsten en diepte-interviews proberen onderzoekers te achterhalen wat mensen onder natuur verstaan en waarom zij natuur belangrijk vinden (Ber97, Bui98). Zo blijkt dat stedelingen over het algemeen meer waardering hebben voor wilde 'oernatuur' waarin elke menselijke invloed ontbreekt, terwijl mensen van het platteland en boeren een grotere affiniteit hebben met meer 'aangeharkte' halfnatuurlijke cultuurlandschappen. Uit de voorkeur van veel mensen voor ongerepte 'oernatuur' zou geconcludeerd kunnen worden dat zij ook waarde hechten aan het behoud van duisternis als een 'oerkwaliteit' van die natuur. Dit is in de genoemde sociaal-psychologische onderzoeken niet specifiek onderzocht. Het ligt echter voor de hand te veronderstellen dat de waardering voor oernatuur samengaat met het verlangen naar natuurervaringen, waarvan stilte, elementen als zon en wind, en ook duisternis deel uitmaken.

Duisternis als compensatie-waarde

De visie dat natuur vooral belangrijk is als contrast met het dagelijkse bestaan wint steeds meer terrein*. Het gaat dan om de compensatie-waarden als stilte, rust én duisternis; de natuur als *contramal* voor de huidige hectische maatschappij (Bui98). Deze visie is zelfs een belangrijk uitgangspunt van de recent uitgebrachte nota 'Natuur, Bos en Landschap in de 21ste eeuw', getiteld 'Natuur voor mensen, mensen voor natuur' van

* Uit het onderzoek van Bervaes e.a blijkt dat de Nederlandse bevolking de zogenoemde immateriële functies of waarden van de natuur verreweg de belangrijkste vinden (ruim 81procent; Ber97). Onder de immateriële functies verstaan Bervaes en collega's: het belang van de natuur voor de gezondheid (35 procent), het belang voor volgende generaties (25procent) en het belang van de natuur als waarde voor zichzelf, onafhankelijk van het nut voor de mens, de zogenoemde intrinsieke waarde. Verder valt op dat veel mensen belang hechten aan het bestaan van natuur en aan de wetschap dat ze die kunnen bezoeken ook al speelt die natuur in hun dagelijks leven geen grote rol.

het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (LNV00). Staatssecretaris Faber formuleert het als volgt:

“Mensen hebben in toenemende mate behoefte de natuur op te zoeken om de stress af te reageren. Mensen willen rust, ruimte, duisternis en stilte ervaren. Dat blijkt heel bevorderlijk te zijn voor het menselijk welbevinden en daarmee dus ook voor het menselijk functioneren.”

Zij verwijst hiermee naar uitkomsten van een enquête die het Bureau Intromart in 1999 in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij heeft uitgevoerd onder de Nederlandse bevolking (Ren99). Daaruit blijkt dat voor veel mensen de natuur dé plaats bij uitstek is om tot rust te komen. In dit kader zijn ook relevant de resultaten van empirisch onderzoek naar de positieve invloed van natuur (natuurlijke omgevingen) op het psychisch welbevinden van mensen. Zo blijken recreatieve activiteiten in een natuurlijke omgeving stress te verminderen en psychologisch herstel en concentratievermogen te bevorderen. Ook bij patiënten die herstelden van een medische ingreep, leidde het zien van natuurlijke beelden, bijvoorbeeld uitzicht op groen uit het ziekenhuisraam of het zien van natuurfoto's op de muur, tot vermindering van stress en pijn (zie, voor een overzicht van de literatuur over onderzoek naar de relatie tussen natuur en psychisch welbevinden/gezondheid, Ulr93). Verwacht wordt dat de deelname aan activiteiten als wandelen en fietsen in een natuurlijke omgeving als belangrijke bron van ontspanning in de toekomst sterk zal stijgen (Ber97, Won94).

Emotionele of spirituele waarde

Van oudsher hebben schrijvers, dichters en filosofen zich laten inspireren door de aanblik van de sterren en de planeten. De waarde en betekenis die zij hechten aan duisternis en aan 'existentiële ervaringen' die samengaan met het ondergaan van die duisternis, komt het best tot uiting door het weergeven van relevante citaten uit hun werk, zie bijvoorbeeld het gedicht van Jan Hanlo vooraan in dit advies. De filosoof Bertrand Russell (Rus00) brengt in zijn uitleg van de filosofie van Spinoza de betekenis van existentiële ervaringen als volgt onder woorden:

“Er zijn zelfs ogenblikken waarop het een troost kan zijn te bedenken dat het menselijk leven, met al wat het aan kwaad en ellende inhoudt, een eindeloos klein onderdeel is van een leven van het universum. Dergelijke overwegingen bieden misschien niet voldoende houvast voor een religie, maar in een wereld vol leed kunnen zij een hulpmiddel zijn op weg naar een gezond evenwicht, en een tegengif vormen tegen de verlammeende macht van de wanhoop.”

Ook voor veel gewone mensen heeft de natuur een belangrijke emotionele of spirituele waarde: de fascinatie en bewondering voor natuurlijke processen zoals geboorte, groei, dood, afwisseling van de seizoenen, speelt daarbij een rol. Dat dergelijke ervaringen van troost en dankbaarheid, vrijheid en nietigheid niet alleen voorbehouden zijn aan filosofen, blijkt uit het volgende citaat uit het (diepte-interview)onderzoek van Buis en Filius (Bui98):

“Je kan in de natuur je nietigheid leren. Dit vind ik heel belangrijk. Je hebt niet alles in de hand. Je leert er relativeren. [...] Zo’n zee kan zo machtig zijn. Daar kan de mens echt geen invloed op uitoefenen. Daar sta je normaal niet zo bij stil. Dat vind ik de waarde van de natuur.”

In de bovengenoemde Nota van LNV is de emotionele waarde van duisternis als volgt verwoord:

“[Natuur] biedt de broodnodige ruimte om in alle stilte tot jezelf te komen. Niet alleen overdag, maar zeker ook ’s avonds als de flonkering van sterren aan een heldere nachtelijke hemel een extra dimensie toevoegt aan de rust en stilte om je heen “(LNV00).

Esthetische waarde

Ook de aanblik van een ongerepte sterrenhemel is voor veel mensen een waardevolle, intense natuurervaring:

“Eén van de fraaiste en meest toegankelijke natuurervaringen, gratis en voor iedereen: de aanblik van de melkweg, de sluier van sterren die op een heldere nacht achter de helderste sterren en planeten opdoemt en die een sterrenhemel een ontzagwekkende diepte geeft.” (Herman Nunnink in VN van december 1999).

De Vereniging Natuurmonumenten betreurt het dat er een generatie opgroeit die nog nooit de melkweg heeft gezien (App99, Bui96).

Waarde van duisternis voor de astronomie

De melkweg is in Nederland onder optimale weersomstandigheden alleen nog te zien in relatief dunbevolkte gebieden in Friesland, de Achterhoek en midden op de Veluwe. Maar zelfs op de Veluwe is het lichtniveau van de hemelachtergrond zesmaal zo hoog als in een gebied zonder strooilicht. Het strooilicht of de gloed is het licht dat naar boven wordt uitgestraald en vervolgens, na verstrooiing in de atmosfeer, weer op aarde terecht komt. Het naar boven gestraalde licht kan rechtstreeks van lichtbronnen afkomstig zijn,

maar ook via oppervlakken, bijvoorbeeld wegdekken, omhoog zijn gereflecteerd. Uit metingen en foto's blijkt dat de helderheid van de sterren in ons land de afgelopen decennia met een factor 15 is verminderd (Kop00). Voor astronomen en amateurastronomen wordt het in Nederland steeds moeilijker om nauwkeurige waarnemingen te doen, vooral als het gaat om waarneming van lichtzwakke objecten (Schr97).

Beleid

5.1 Vigerend beleid

5.1.1 *Wegverlichting: 'Nee, tenzij'-beleid van Rijkswaterstaat*

In Nederland is Rijkswaterstaat verantwoordelijk voor 20 procent van de openbare verlichting van rijkswegen buiten de bebouwde kom. Bij de aanleg van verlichting langs rijkswegen past zij bepaalde richtlijnen toe, die zijn vastgelegd in de Richtlijnen voor het Ontwerpen van Autosnelwegen en Niet-autosnelwegen (ROA en RONA). In die richtlijnen wordt gekeken naar onder meer redenen om te verlichten, aanlegcriteria, tijden waarop te verlichten, kosten enzovoort. Het belangrijkste motief om wegen te verlichten is bevordering van de verkeersveiligheid. Wegverlichting vergemakkelijkt de oriëntatie tijdens het rijden en verbetert de overzichtelijkheid van verkeerssituaties, zodat autorijden minder vermoeiend wordt. Ook bevordert verlichting de veiligheid bij wegwerkzaamheden. Een algemene indicatie voor het aanbrengen van wegverlichting geeft de verkeersintensiteit tijdens de spits (voor autosnelwegen bij meer dan 1500 voertuigen per rijstrook per uur; voor autowegen meer dan 2000 voertuigen per uur).

In 1997 heeft Rijkswaterstaat een speciale richtlijn opgesteld die een aanvullende procedure geeft ten aanzien van aanleg van wegverlichting in bestaande en toekomstige bos-, natuur- en recreatiegebieden, de Richtlijn openbare verlichting natuurgebieden (CROW97). Het uitgangspunt van die richtlijn is dat zwaarwegende argumenten nodig zijn vanuit het primaire oogpunt van verkeersveiligheid voordat wegen door natuurgebieden worden verlicht. Er moet dus eerst zorgvuldig onderzocht worden of de beoogde ver-

betering van de verkeersveiligheid niet op andere manieren te bereiken is. Als dat niet kan dan moet de verlichting zo ontworpen worden dat de verstoring minimaal is, bijvoorbeeld door de keuze van opstelling, type lampen en armaturen en eventueel door het aanbrengen van een bepaald schakelregime (uitschakelen of dimmen in een bepaalde periode van de nacht).

Het aanvullende onderzoek heeft tot doel het vaststellen van het aantal verkeersongevallen bij duisternis, de oorzaak ervan en de verwachte vermindering door het aanbrengen van verlichting in die situatie. Er kunnen bepaalde visuele moeilijkheden voor de weggebruikers uit naar voren komen die de rijtaak verzwaren, bijvoorbeeld de aanwezigheid van smalle middenbermen of rijstroken, slechte afwatering, uitritten, veel kruispunten en aansluitingen, oversteekplaatsen en dergelijke. Soms kunnen andere maatregelen dan verlichting de moeilijkheden wegnemen. Ook is een prognose nodig over toekomstige wegwerkzaamheden. Als de resultaten uit het nader onderzoek aanleiding geven tot een voorstel voor verlichting in natuurgebieden dan dient de wegbeheerder overleg te plegen met de regionale directie van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. Ook de kosten van alternatieven wegen mee in de uiteindelijke beslissing. Op deze kosten kunnen vaak de energiekosten in mindering worden gebracht, omdat de meeste alternatieven voor conventionele verlichting samengaan met een verminderd energieverbruik.

De richtlijn is bedoeld voor alle instanties die zich bezighouden met wegverlichting. Dat wil zeggen niet alleen voor de rijksoverheid, maar ook voor provincies, gemeenten en andere wegbeheerders (waterschappen bijvoorbeeld), en voor natuur- en milieuorganisaties en ontwerpers van verlichtingsinstallaties.

In de praktijk bleek de uitvoering van de richtlijn binnen Rijkswaterstaat problemen te geven. Uit een evaluatie anderhalf jaar na de inwerkingtreding ervan bleek in slechts de helft van de beslissingen over aanleg van wegverlichting langs rijkswegen de richtlijn gevolgd te zijn. Inmiddels is de doorwerking binnen Rijkswaterstaat verbeterd. Zo is, na onderzoek naar verkeersveiligheid, gedrag en beleving van weggebruikers langs enkele (delen van) snelwegen, besloten om over te schakelen op zogeheten oriëntatieverlichting. In Utrecht is onderzoek gaande naar de juiste tijdstippen voor in/uitschakeling (nu: 23.30 tot 6 uur; terwijl natuur- en milieuorganisaties pleiten voor het interval 20.00 tot ongeveer 6.30 uur). Voor sommige delen van snelwegen door natuurgebieden, onder meer de A50 en A12 over de Veluwe en de A7 in Noord-Holland, is op grond van de richtlijn besloten geen verlichting aan te leggen. Voor de A9 was al vóór het inwerkingtreden van de richtlijn besloten tot aanleg van verlichting, maar ook hier is nu een schakelregime aan gebracht.

5.1.2 Overige regelgeving

Behalve voor wegverlichting is inmiddels ook voor sportverlichting en voor assimilatiebelichting in kassen regelgeving voorhanden of in voorbereiding. Voor het terugdringen van hinder door reclameverlichting en *floodlighting* zijn nog geen richtlijnen of grenswaarden ontwikkeld.

In het Besluit horeca-,sport- en recreatie-inrichtingen, dat in 1998 in werking is getreden, zijn voorschriften vastgelegd waaraan bedrijven moeten voldoen ter bescherming van het milieu (Stb98). De voorschriften hebben de vorm van algemene maatregelen van bestuur (amvb's) die een uitwerking zijn van de in 1993 in werking getreden Wet milieubeheer. Behalve op lichthinder kunnen ze ook betrekking hebben op andere milieu-aspecten (afvalwater, geur, geluid en trilling, energie- en waterverbruik en dergelijke). In sommige voorschriften zijn formuleringen opgenomen die duiden op toepassing van het in de Wet milieubeheer opgenomen ALARA-beginsel.

Voor het tegengaan van lichthinder van armaturen rondom sportvelden is in het Besluit vastgelegd dat de verlichting uitgeschakeld dient te zijn tussen 23.00 en 7.00 uur en als geen sport beoefend wordt of onderhoud plaatsvindt (blz 3 van het Besluit). Verder dient door plaatsing van de lichtmasten en het zorgvuldig afstellen van de armaturen of door vermindering van de hoeveelheid licht hinder voor omwonenden te worden voorkomen. Ook de Commissie Lichthinder van de Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde heeft zich in eerste instantie gericht op sportverlichting. De eerste 'Algemene richtlijn betreffende lichthinder' van de commissie, gepubliceerd in 1999, bevat grenswaarden voor sportverlichting (NSVV99). Deze zijn gebaseerd op het in 4.3 beschreven hinderonderzoek van TNO (Ber96a) en op aanbevelingen van een internationale commissie (Commission International de l'Eclairage, CIE; CIE95). De hoogte van de grenswaarden voor lichtemissie van een verlichtingsinstallatie is afhankelijk gesteld van de omgevingshelderheid, ofwel de heersende mate van verlichting in de omgeving. Er is onderscheid gemaakt tussen vier typen gebieden: natuurgebied, landelijke gebied, stedelijk gebied en stedelijk gebied in combinatie met industriegebied. Uitgangspunt bij de afleiding van grenswaarden voor lichthinder is een maximaal toelaatbaar percentage "ernstig" gehinderden van 10 procent (analoog aan het in de Wet Geluidhinder vastgestelde maximaal toelaatbare geluidsniveau van wegverkeer).

Voor de beperking van hinder door assimilatiebelichting in kassen is er regelgeving in de vorm van een amvb: per etmaal moet gedurende een bepaalde periode van de nacht ten minste vier uur de verlichting uit en moet zodanige afscherming van de zij- en bovenkanten zijn aangebracht dat uitstraling naar de omgeving in die periode wordt tegengegaan. In de praktijk blijkt de controle op handhaving sterk per gemeente te verschillen (Koo00). Ook zijn voor bepaalde teelten ontheffingen verleend vanwege problemen met

de vocht- en temperatuurhuishouding in afgedekte kassen. Ondanks de bestaande regelgeving is de hinder door assimilatiebelichting in kassen nog niet voldoende teruggedrongen. Door groei van het areaal glastuinbouw (zie 2.2) zal deze zelfs kunnen toenemen.

Internationaal is er groeiende aandacht voor regelgeving ter algemene beperking van lichthinder. Het gebrek aan dosis-effectrelaties bemoeilijkt het totstandkomen van normstelling en de internationale afstemming.

5.2 Knelpunten en aanbevelingen

Een knelpunt in de doorwerking is dat het 'nee tenzij' van Rijkswaterstaat (RWS) niet opgenomen is in landelijk beleid van andere ministeries, zoals VROM en LNV: noch in nota's over het ruimtelijke ordeningsbeleid, noch in nota's over milieubeleid wordt aandacht besteed aan 'lichtvervuiling'. Ook ontbreekt een landelijk stimuleringsbeleid via subsidies.

Een ander knelpunt is dat niet precies is vastgesteld voor welke gebieden de RWS-richtlijn geldig is. Aan de richtlijn is een kaart van Nederland toegevoegd met actuele en potentiële 'lichtverstoringgevoelige' gebieden. Het betreft een overzicht van wegen door (potentiële) bos-, natuur- en recreatiegebieden, waaronder bestaande en nog te ontwikkelen natuurgebieden behorende tot de Ecologische Hoofdstructuur (EHS), kleinere natuurgebieden buiten de EHS vastgelegd in streek- en bestemmingsplannen, bossen en beplantingen vallend onder de Boswet, en openbare recreatievoorzieningen. De kaart is een momentopname in een planologisch proces dat volop in ontwikkeling verkeert. Zo is de rijksoverheid inmiddels ook bezig om de ruimtelijke samenhang tussen natuurgebieden te verbeteren door het realiseren van groene verbindingen, de zogenaamde corridors (LNV00). Dit ontsnipperingsbeleid zal niet effectief kunnen zijn als dergelijke verbindingen doorkruist worden door wegen met verlichting. Daarnaast zijn er ook buiten de aangegeven bos-, natuur- en recreatiegebieden landelijke gebieden die nog relatief donker zijn. Te denken valt hier aan de in 2.2 genoemde elf restrictief-beleidgebieden.

Integratie van het 'nee tenzij'-beleid in het ruimtelijke ordeningsbeleid van de rijksoverheid, bijvoorbeeld in het kader van de nog uit te brengen Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening, zal de doorwerking richting provincies en gemeenten extra kunnen stimuleren. Hierdoor zou de sluipende toename van verlichting in het landelijke gebied een halt toegeroepen kunnen worden. Er zou bijvoorbeeld gedacht kunnen worden aan het instellen van donkertegebieden, analoog aan stiltegebieden. Een essentiële basis voor beleid is een indeling van Nederland in verschillende donkerte-zones. Zo'n zonering dient gekoppeld te worden aan de bestemming of functie van een bepaald gebied. De genoemde kaart van Rijkswaterstaat met 'lichtverstoringgevoelige' gebieden is hiervoor een goede eerste aanzet. Het uitgangspunt is dat niet op iedere plaats even strenge eisen hoeven te gelden. Het ligt voor de hand dat aan de verlichting van bijvoorbeeld een sportterrein buiten de

bebouwde kom strengere eisen worden gesteld dan aan die van een sportterrein binnen de bebouwde kom, waar het achtergrondniveau van het licht (of de omgevingshelderheid) als gevolg van andere menselijke activiteiten al hoog is. In dat laatste geval dienen vooral extreme vormen van lichthinder bij omwonenden voorkomen te worden. De Commissie Lichthinder, die zich bezighoudt met het opstellen van grenswaarden voor buitenverlichting, heeft al een aanzet gegeven voor een zonering (zie verder 5.2).

Om lagere overheden te stimuleren een verlichtingsbeleid te ontwikkelen dat gericht is op het donker houden van donkere gebieden, bijvoorbeeld door het toepassen van technische alternatieven, zijn subsidiemogelijkheden van groot belang. Hoewel de mogelijkheden voor subsidies beperkt zijn, nemen verschillende provincies initiatieven. De provincie Noord-Holland is enkele jaren geleden begonnen met een proefproject naar de mogelijkheden van nieuwe verlichtingstechnieken voor wegen. Daaruit blijkt dat alternatieve systemen een goede aanvulling kunnen zijn op de bestaande, conventionele verlichting, bijvoorbeeld door in rustige nachtelijke uren over te schakelen op die alternatieven. Deze nieuwe technieken, waaronder *led's* (*light emitting diodes*) en bepaalde glasvezeltechnieken, hebben vooral tot doel het tracé van de weg te markeren, zonder onnodige uitstraling van licht en daardoor minder hinder voor niet-weggebruikers en dieren in natuurgebieden. Een bijkomend voordeel is het geringe energiegebruik en de mogelijkheid van aansluiting op alternatieve energiebronnen, zoals zonne-energie (zie, voor een uitgebreide beschrijving en de resultaten van onderzoek naar toepassing van alternatieve verlichtingssystemen, het rapport 'Nieuwe richting voor wegverlichting' van de provincie Noord-Holland, Ano99). Ook de provincie Gelderland neemt proeven met led-verlichting. Er is echter nog veel experimenteel onderzoek nodig voordat toepassing op grote schaal haalbaar wordt.

Andere alternatieven zijn het gebruik van reflecterende verf en strips, en kattenogen. Bewegingsmelders, lampen die aanspringen op het moment dat er verkeer is, kunnen een goed alternatief zijn voor openbare verlichting van wandel- en fietspaden (RWS98). Hierboven is al het gebruik van een schakelregime vermeld: het in- en uitschakelen of dimmen afhankelijk van de verkeerssituatie. Bij rustige situaties en ook 's nachts kan de verlichting worden gedimd of helemaal worden uitgeschakeld. Uit proeven met een dergelijk computergestuurd Dynamisch Openbare Verlichting (DYNO) blijkt dat de weggebruiker geen ander gedrag vertoont als bij goed weer en weinig verkeer het lichtniveau wordt verlaagd tot 20 procent (RWS98). Verder kan door de keuze van armaturen en soorten lampen de efficiëntie van verlichting vergroot worden. Voorbeelden zijn:

- vlakglasverlichting: een vlak glas geeft minder verstrooiing van licht en meer gerichtheid op de rijbaan (als eerste in Nederland toegepast langs de A27; RWS, richting Noord-Brabant)
- lage-druknatriumlampen: deze oranje verlichting trekt minder insecten en vleermuizen aan; bovendien ondervinden astronomen er minder hinder van.

Op gemeentelijk niveau is er nog weinig belangstelling voor verlichtingsbeleid. De gemeente Wageningen heeft onlangs echter het voortouw genomen en in samenwerking met de Koninklijke Nederlandse Heidemij Vereniging en met de Vereniging Natuurmonumenten een pilot-project gestart met de titel 'Licht in duisternis, openbare verlichting op maat'.

Literatuur

-
- Abt95a Abt KF, Schultz G. Auswirkungen der Lichtemissionen einer Grossgewächshausanlage auf den nächtlichen Vogelzug. *Corax* 1995; 16; 17-29.
- Abt95b Abt KF. Auswirkungen von Lichtemissionen auf der Beginn der Gesangaktivität freilebender Singvögel. *Corax* 1995; 17; 1-5.
- Ano99 Anoniem. 'n Nieuwe richting voor wegverlichting. Amsterdam: Witteveen en Bos/Provincie Noord-Holland, 1999.
- App99 Appels D. Natuurmonumenten ten strijde tegen lichtvervuiling. *Licht* 1999; (nov); 28-31.
- Asc81 Aschoff J. Annual rhythms in man. In: Aschoff J, red. *Handbook of behavioural neurobiology*. New York: Plenum, 1981: 475-87.
- Ass87 Assman J, Gamber A, Müller HM. Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen. *Licht* 1987;7: 509-15.
- Bak78 Baker RR, Sadovy Y. The distance and nature of the light-trap response to moths. *Nature* 1978; 276: 818-21.
- Bak00 Bakker R (LEI). Persoonlijke mededeling, 2000.
- Bak90 Baker J. Toad aggregations under streetlamps. *Br Herpetol Soc Bull* 1990; 31: 26-7.
- Bau93 Bauer R. Untersuchung zur Anlockung von nachtactiven Insekten durch Beleuchtungseinrichtungen. Diplomarbeit. Konstanz: Universität Konstanz, 1993.
- Ber91 van Bergem-Jansen PM, Vos J. Hinder van assimilatiebelichting. Soesterberg: TNO Instituut voor Zintuigfysiologie, 1991; (publicatie nr. C-23).
- Ber92 Bertels J. Licht-in-duisternis: versnippering van de nacht. De effecten van kunstlicht op flora en fauna in Nederland. Leiden: Centrum voor Milieukunde, 1992; (CML-notitie 9).
-

- Ber96a van Bergem-Jansen PM, Vos J, Alferdinck JWAM. Door omwonenden ervaren hinder van tennisbaanverlichting. Soesterberg: TNO Technische Menskunde, 1996; (publicatie nr. TM-96-C070).
- Ber96b van den Berg A, Coeterier F, Vlek C. Hoe mooi is ruige natuur? *Landschap* 1996; 13(4): 285-97.
- Ber97 Bervaes JCAM, Buijs AE, Filius P, ea. Draagvlak voor natuur? Peiling bij het publiek en maatschappelijke organisaties. Wageningen: IBN-DLO/SC-DLO, 1997.
- Ber98 van den Berg AE, Vlek CA, Coeterier JF. Group differences in the aesthetic evaluation of nature development plans: A multilevel approach. *J Env Psychol* 1998; 18(2): 141 - 57.
- Bui96 Buissink F. Hoe donker is het nog in Nederland? *Natuurbehoud* 1996; 4: 4-9.
- Bui98 Buijs AE, Filius P. Natuurbeelden in de praktijk. De invloed van natuurbeelden en natuurvisies op gedrag en mening over het beleid. Wageningen: IB-DLO/SC-DLO, 1998; (publicatie nr. 623).
- CBS99a Centraal Bureau voor de Statistiek. Kerncijfers infrastructuur. Voorburg/Heerlen: CBS, 1999.
- CBS99b Centraal Bureau voor de Statistiek. Kerncijfers Tuinbouwgewassen onder glas. Voorburg/Heerlen: CBS, 1999.
- CIE95 Commission International de l'Eclairage. Guide on the limitation of effects of obtrusive light from outdoor lighting installations. Division 5 Exterior and other lighting applications. Wenen: CIE, 1995; (publicatie nr. TC 5.12: Obtrusive Light, third draft).
- Cre92 Creemers RCM. De invloed van straatverlichting op de verdeling van amfibieën op een dijktraject. In: Stichting RAVON. Waarnemingen van amfibieën en reptielen in Nederland. Nijmegen: Publicatiebureau Stichting RAVON, 1992: 43 – 51.
- CROW97 Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond-, Water- en Wegenbouw en de Verkeerstechniek. Richtlijn openbare verlichting natuurgebieden. Ede: CROW, 1997; publicatie nr 112.
- Dam99 van Dam K. Gezond licht net zo belangrijk als gezond eten. *Metro* 1999; 9 december: 13.
- Fra88 Frank KD. Impact of outdoor lighting on moths: an assessment. *J Lepidopt Soc* 1988 ; 42: 63 – 93.
- Gil91 Gilpin M, Hanski I. Metapopulation dynamics: empirical and theoretical investigations. London: Academic Press, 1991.
- Gri92 Grit JH, Bomers CTM. Assimilatiebelichting. Leidschendam: Bureau Adviseur Beroepen Milieubeheer/Ministerie van VROM, 1992.
- Har84 Hartmann E, Schinke M, Wehmeyer K, e.a. Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen kunstlicher Lichtquellen. München: Institut für Medizinische Optik, 1984.
- Kie95 Kiefer A, Merz H, Rackow W, e.a. Bats as traffic casualties in Germany. *Myotis* 1995; 32/33: 215 - 20.
- Koo00 Koot R (Gemeente Naaldwijk). Persoonlijke mededeling, 2000.
- Kop00 Koppeschaar C. Persoonlijke mededeling, 2000.
- Lac89 Lacost V, Wirz-Justice A. Seasonal variation in normal subjects: an update of variables current in depression research. In: Rosenthal NE, Blehar MC, red. Seasonal affective disorders and phototherapy. New York: Guildford Press, 1989: 167-229.
- Laz84 Lazarus RS, Folkman S. Stress appraisal and coping. New York: Springer Verlag, 1984.
- LNV00 Ministerie van LNV. Natuur voor mensen , mensen voor natuur. Nota Natuur, bos en landschap in de 21e eeuw. Den Haag: Ministerie van LNV, 2000.

- Mol97a de Molenaar JG, Jonkers DA, RJHG Henkens. Wegverlichting en natuur (1). Literatuurstudie naar de werking en effecten van licht en verlichting op de natuur. Arnhem: Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO), Rijkswaterstaat Dienst Weg- en waterbouwkunde, 1997; (DWW Ontsnipperingsreeks nr 34).
- Mol97b de Molenaar JG, Jonkers DA. Wegverlichting en natuur. II Haalbaarheidsstudie aanvullend onderzoek. Arnhem: Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO), 1997; (publicatie nr. 336).
- Mol00 de Molenaar JG, Jonkers DA, Sanders ME. Wegverlichting en natuur. III Lokale invloed van wegverlichting op een gruttopopulatie. Wageningen: Alterra Research instituut voor de groene ruimte, Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde, 2000; (publicatie nr. Alterra 064, DWW Onsnipperingsreeks deel 83/2000-024).
- NSVV99 Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde: Commissie Lichthinder. Algemene richtlijn betreffende lichthinder. Deel 1 Algemeen en grenswaarden voor sportverlichting. Arnhem: Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde, 1999.
- Opd91 Opdam P. Metapopulation theory and habitat fragmentation: a review of holarctic bird studies. *Landscape Ecology* 1991; 5: 93-106.
- Opd93 Opdam P, van Apeldoorn R, Schotman A, e.a. Population responses to landscape fragmentation. In: Vos CC, Opdam P, red. *Landscape ecology of a stressed environment*. London: Chapman and Hall, 1993: 147-71.
- Pijn91 Pijnenburg J, Camps M, Jongmans-Liedekerken G. Assimilatiebelichting nader belicht. Venlo: GGD Noord-Limburg, 1991.
- Reij95 Reijnen MJSM. Disturbances by car traffic as a threat to breeding birds in the Netherlands. Proefschrift. Leiden: Rijksuniversiteit Leiden, 1995.
- Ren99 Reneman D, Visser M, Edelman E, e.a. Mensenwensen. De wensen van Nederlanders ten aanzien van natuur en groen in de leefomgeving. Hilversum: Intromart, 1999; (Reeks Operatie Boomhut nr 6).
- RPD99 Rijksplanologische Dienst. Balans ruimtelijke kwaliteit. Resultaat per doel. Den Haag: Ministerie van VROM/RPD, 1999; (publicatie nr. 990952/h/2-00).
- Rus00 Russell B. De geschiedenis van de westerse filosofie vanuit de politieke en sociale omstandigheden van de Griekse Oudheid tot in de twintigste eeuw. Utrecht: Kosmos – Z&K Uitgevers B.V., 2000.
- RWS98 Rijkswaterstaat : Dienst Weg- en Waterbouwkunde. Zicht op licht. Lichthinder aangepakt. Delft: RWS/DWW, 1998.
- Ryd92 Rydell J. Exploitation of insects around streetlamps by bats in Sweden. *Functional Ecology* 1992; 6: 744–50.
- Ryd96 Rydell J, Entwistle A, Racey PA. Timing of foraging flights of three species of bats in relation to insects activity and predation risk. *Oikos* 1996; 76: 234–52.
- Sch96 Schreuder DA. Openbare verlichting voor verkeer en veiligheid. Deventer: Kluwer, 1996.
- Sch97 Schreuder DA. Bilateral agreements on limits to outdoor lighting. The new CIE recommendations, their origins and omplications. Paper presented at the Joint discussion 5 Preserving of the astronomical windows. Kyoto: General Assembly International Astronomical Union, 1997.

- Sch98 Schreuder DA. Functie en markt van autonome photo-voltaïsche openbare verlichting. Studie verricht voor Ecofys, 1998.
- Sch00 Schreuder DA. Persoonlijke mededeling, 2000
- Stb98 Besluit van 20 mei 1998, houdende regels voor inrichtingen voor de uitoefening van horeca, sport of recreatie (Besluit horeca-, sport- en recreatie-inrichtingen milieubeheer). Staatsblad 1998; nr 322. Den Haag: SDU uitgeverij, 1998.
- Teu00 Teunissen WA (SOVON Vogelonderzoek Nederland), 2000.
- Ulr93 Ulrich RS. Biophilia, biophobia and natural landscapes. In: Kellert SR, Wilson EO, red. *The Biophilia hypothesis*. Washington DC: Island Press, 1993: 73–138.
- Vos95 Vos J, van Bergem-Jansen PM. Greenhouse lighting side-effects. Community reaction. *Lighting Res Technol* 1995; 27: 45 – 51.
- VROM93 Ministerie van VROM. Vierde Nota over de Ruimtelijke Ordening Etra (VINEX). Deel 4: planologische kernbeslissing nationaal ruimtelijk beleid. Den Haag: Ministerie van VROM, 1993.
- VROM95 Ministerie van VROM. Hinder door milieuverontreiniging in Nederland. Den Haag: Ministerie van VROM/DGM, 1995; (publicatierreeks Verstoring nr 8/1995).
- Wev79 Wever R. *The circadian system of man: Results of experiments under temporal isolation*. New York: Springer Verlag, 1979.
- Wir93 Wirz-Justice A. A decade of light therapy for seasonal affective disorder. In: Jung G, Holick MF, red. *Biologic Effects of light*. Berlin: Walter de Gruyter, 1993; 191-206.
- Won94 Wong R. Openluchtrecreatie van 1984 naar 2010. Een evaluatie van de behoeftenraming 1984 en een vooruitblik naar 2010. Den Haag: Ministerie van LNV, 1994.

A Verantwoording

B Totstandkoming

Bijlagen

Verantwoording

De Gezondheidsraad heeft als wettelijke taak (Gezondheidswet van 1956, herzien in 1997) “Onze Ministers en de beide kamers der Staten-Generaal voor te lichten over de stand van de wetenschap ten aanzien van vraagstukken op het gebied van de volksgezondheid”. Deze taakopdracht strekt zich ook uit tot het signaleren van ontwikkelingen die voor het overheidsbeleid van belang zijn. Het voorliggende advies is bedoeld als een dergelijk signalement.

Totstandkoming

Dit advies is voorbereid door drs MMHE van den Berg, secretaris bij de Gezondheidsraad, met raadpleging van de volgende deskundigen:

- ir J Gorter, Vereniging Natuurmonumenten
- dr ir DA Schreuder, voorzitter van de Commissie Lichthinder van de Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde (NSVV)
- dr J Vos, TNO Technische Menskunde, Soesterberg
- dr JG de Molenaar, Alterra, Wageningen
- ing JG de Vries, Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft