



TNO en Glastuinbouw
Van Mourik Broekmanweg 6
Postbus 49
2600 AA Delft

www.tno.nl/glastuinbouw

T 015 276 30 00

F 015 276 30 16

2005-BCS-R0350

Literatuurstudie Lichthinder kassen

Datum	14 augustus 2006
Auteur(s)	E.G.O.N. Janssen J. Alferdinck H. 't Hart mevr. C. van Oel L. Zonneveldt
Exemplaarnummer	
Oplage	
Aantal pagina's	52
Aantal bijlagen	
Opdrachtgever	Produktschap Tuinbouw Mevr. J. Klap Postbus 280 2700 AG Zoetermeer
	GLAMI Dhr. A. Mellema Postbus 8242 3503 RE Utrecht
Projectnaam	Lichthinder kassen
Projectnummer	006.53379/01.01

Alle rechten voorbehouden.

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

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

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

Samenvatting

Er is de laatste jaren een snelle expansie van het aantal belichtende glastuinbouwbedrijven. Bovendien wordt de verlichtingssterkte in de kas ook steeds hoger. Hiermee neemt ook de dosis voor omwonenden toe. LTO Nederland en Stichting Natuur en Milieu hebben in een convenant een traject afgesproken dat moet leiden tot een vermindering van de hinder voor omwonende van kassen. In dit kader is TNO gevraagd onderzoek te doen naar de relatie tussen de lichtemissie van kassen en het effect dat dit heeft op de hinder voor omwonende.

In dit rapport is getracht om te achterhalen welke effecten invloed hebben op de belevenis van lichthinder. Dit is gedaan door middel van literatuuronderzoek en de inzet van discussie avonden (focusgroepen). Hierin is de lichthinder door kassen besproken en getracht de bijbehorende oorzaken helder te definiëren.

Via diffuse reflectie door gewas, grondfolie en constructiedelen treedt een deel van het assimilatielicht (in)direct door de toppen van de kasgevels (“driehoekjes”) en kasdek naar buiten, waardoor heldere lichtvlakken, verlichte vlakken en een oranje gloed boven kassen kunnen ontstaan. Dit hindert omwonenden in hun welzijn en kan irritaties opwekken. Uit eerder onderzoek blijkt dat ongeveer 15 % van de mensen kaslicht als storend ervaart, wat samenhangt met lichtkleur, een te hoge nachtelijke verlichtingssterkte en een te grote helderheid van verlichte kasvlakken. Er zijn tot nu toe wereldwijd maar twee eerdere onderzoeken naar lichthinder door kassen uitgevoerd (GGD en TNO).

Na een literatuurstudie naar de eigenschappen van licht zijn de volgende fotometrische parameters naar voren gekomen die van belang zouden kunnen zijn voor de ervaring van lichthinder. Deze parameters zijn:

- 1) De luminantie van de hemel boven het kassen gebied (de helderheid van de lichtkegel boven de kassen)
- 2) De horizontale verlichtingssterkte (de hoeveelheid licht dat op het gras in de tuin valt)
- 3) De verticale verlichtingssterkte (de hoeveelheid licht dat op de gevel van het huis valt).

Vervolgens is een meetprotocol opgesteld dat de verschillende fotometrische parameters als gevolg van het assimilatie licht van kassen moet vaststellen. Hiervoor is verschillende meetapparatuur nodig. Een luxmeter voor het meten van de horizontale- en verticale verlichtingssterkte en een luminantiecamera voor het meten van de luminantie van de gloed boven de kas. Tijdens de metingen is ook gebruik gemaakt van een digitale spiegelreflexcamera. Dit is een alternatief gebleken voor de metingen met de (kostbare) luminantiecamera. Naast deze metingen is er ook een continuë meting uitgevoerd die de luminantie van de lichtkegel recht boven de kas meet. Deze gegevens zijn gekoppeld aan de weercondities en de invloed van het weertype is hiermee bepaald.

Inhoudsopgave

1	Woordenlijst.....	5
	Inleiding 8	
1.1	Doelstellingen.....	8
2	Literatuurstudie.....	9
2.1	Het menselijk oog.....	9
2.2	Definities lichthinder volgens literatuur.....	10
2.2.1	Definities volgens NSVV.....	10
2.2.2	Definitie dosis-effect-relatie.....	11
2.3	Gezondheidsrisico's.....	12
2.3.1	Literatuuroverzicht.....	12
2.3.2	Conclusie.....	13
2.4	Effect op natuur.....	13
2.4.1	Literatuuroverzicht.....	14
2.4.2	Conclusie.....	15
2.5	Resultaten reeds gehouden onderzoeken.....	15
2.5.1	GGD Noord-Limburg (1991).....	15
2.5.2	TNO-IZF (1991).....	16
2.5.3	RNMO (2004).....	16
2.5.4	Alterra (2005).....	16
3	Verkenning van lichthinder: focusgroepmethode.....	17
3.1	Deelnemers.....	17
3.2	Belangrijkste bevindingen.....	18
3.2.1	Hinder.....	18
3.2.2	Slaapproblemen.....	18
3.2.3	Geluidshinder.....	19
3.2.4	Effect op dieren.....	19
3.2.5	Weersomstandigheden.....	19
3.2.6	Ergernis, irritatie.....	19
3.2.7	Andere lichtbronnen.....	19
3.2.8	Attitude.....	20
3.3	Geworteldheid.....	20
3.4	Kenmerken van assimilatielicht.....	21
3.5	Hinder tussen 17.00 en 20.00 uur.....	21
3.6	Conclusie.....	21
3.7	Factoren die van invloed kunnen zijn op de mate van lichthinder.....	22
4	Meetprotocol lichtuitstoot.....	24
4.1	Relevante grootheden.....	24
4.1.1	Lichtkleur (T _c) en kleurpunt.....	25
4.1.2	Verlichtingssterkte (E).....	25
4.1.3	Luminantie (L).....	25
4.1.4	Lichtstroom door kasdek naar omgeving (?).....	25
4.1.5	Rendement lichtinstallatie (η).....	25
4.2	Meetinstrumenten.....	26
4.2.1	Luxmeter.....	26
4.2.2	Luminantiemeter.....	26

4.2.3	Digitale meetinstrumenten.....	26
4.2.4	Luminantiecamera	27
4.2.5	Digitale camera met programmeerbare opnames	27
4.3	Meetprotocol.....	28
4.3.1	Verticale verlichtingssterkte (E_v).....	28
4.3.2	Horizontale verlichtingssterkte (E_h)	28
4.3.3	Luminantie kegel (L_{kegel})	29
4.3.4	Continu meting gloed	30

5	Referenties.....	31
----------	-------------------------	-----------

Bijlage(n)

A Resultatenbeschrijving reeds gehouden onderzoeken

B Gegevenstabellen enquêtes

1 Woordenlijst

Woord	Betekenis
achtergrondluminantie	luminantie (helderheid) van dat gedeelte van de hemel dat niet aangestraald wordt door de kas (in cd/m^2).
assimilatielicht	Toepassing van kunstlicht voor de plantengroei en wordt toegepast in de tuinbouw. Het is aanvullend op het zonlicht, en bedoeld voor de verbetering van de kwaliteit en de kwantiteit van het product.
candela	SI-eenheid van lichtsterkte (symbool cd)
C-factor	Contrast factor. Verhouding tussen de luminanties van de hemel boven een kas als de verlichting van de kas aan en uit is ($C\text{-factor} = L_{\text{aan}}/L_{\text{uit}}$).
diffuus	In alle richtingen teruggekaatst
driehoekjes	oplichtende driehoekvormige gedeelten van de kasgevel. De kopgevel van de kas dient afgeschermd te zijn. Het bovenste gedeelte (het driehoekje) is echter praktisch niet af te schermen. 's avonds bij belichting lichten deze driehoekjes op.
emissie	Uitzending van licht of electromagnetische straling in het algemeen.
Focusgroepinterview	interview met een selecte groep mensen waarover dit onderzoek gaat. Doel is om het "speelveld" te verkennen, als voorbereiding op het eigenlijke onderzoek.
fotometrie	het meten van lichtgrootheden
fotoperiodiciteit	het verschijnsel dat sommige levensverrichtingen van planten afhankelijk zijn van het aantal uren per etmaal dat licht ontvangen wordt
fotosynthese	vorming van koolhydraten uit koolzuur en water door planten onder de invloed van licht
fysiologisch	betrekking hebben op de leer van de normale levensverschijnselen van de dieren en planten
gloed	(oranje) lichtschijnsel boven de kassen, veroorzaakt door vochtdeeltjes in de lucht boven de kas. Het uiterlijk van de gloed is afhankelijk van de meteorologische condities
groepscohesie	Samenstelling van de mensen in een groep

horizontale verlichtingssterkte	Verlichtingssterkte op een horizontaal vlak (bijvoorbeeld grasveld). Te bepalen door een meetcel op dit vlak te leggen. De verlichtingssterkte geeft aan of bijvoorbeeld "de krant gelezen kan worden" of dat de werkplekverlichting voldoende is.
Illuminantie	Synoniem van verlichtingssterkte
lichtkegel	De kegelvormige gloed boven kassen tengevolge van de lichtuitstoot door het dek. Synoniem voor gloed.
lichtspectrum	Verdeling van de energie over de zichtbare golflengten van elektromagnetische straling. Wordt verkregen door de ontbinding van licht door bijvoorbeeld een glazen prisma.
lichtsterkte	Hoeveelheid licht dat een lichtbron in een bepaalde richting verlaat. In het geval van de kas wordt de lichtsterkte bepaald door de oppervlakte van de kas te vermenigvuldigen met de (gemiddelde) luminantie van dat oppervlak. De lichtsterkte wordt uitgedrukt in candela (cd).
lumen	Lichtstroom, symbool lm. Dit is een maat die aangeeft hoeveel licht een lamp verlaat.
luminantie	Een maat voor de helderheid van een oppervlak. Dit is de hoeveelheid licht die per oppervlakte-eenheid wordt uitgestraald of weerkaatst (cd/m^2)
luminantiecamera	meetinstrument om luminanties en luminantieverschillen te bepalen, met behulp van foto's, waarbij van iedere pixel in de foto de luminantie wordt gemeten.
luminantiemeter	meetinstrument om de luminantie te bepalen, ook wel spotmeter genoemd. De luminantiemeter "kijkt" met een bepaalde (kleine) openingshoek naar de hemelkoepel. De luminanties in het zichtveld worden gemiddeld weergegeven in een getal.
luminantieverhouding	verhouding tussen twee luminanties. Bijvoorbeeld de verhouding tussen de luminantie van de gloed boven de verlichte kas en de luminantie van de hemel zonder verlichte kas (de achtergrond)
luxmeter	meetinstrument om de verlichtingssterkte (lx) te bepalen
melatonine	rustgevend hormoon dat bij de mens onder invloed van het donker door de pijnappelklier wordt aangemaakt, ter bevordering van slaap
melatoninesuppressie	te kort aan melatonine
moderator	gespreksleider

strooilicht	diffuus lichtschijnsel
validatie	de geldigheid
Verlichtingssterkte (lx)	Maat voor de hoeveelheid licht dat op een vlak valt, eenheid lux, symbool lx. Ook wel uitgedrukt in lm/m^2
verticale verlichtingssterkte	verlichtingssterkte loodrecht bepaald, bijvoorbeeld door een luxmeter te plaatsen op een slaapkamerraam

Inleiding

De lichtuitstoot van kassen is een maatschappelijk probleem. Er is de laatste jaren een snelle expansie van het aantal belichtende glastuinbouwbedrijven. Bovendien wordt de gehanteerde verlichtingssterkte in de kas ook steeds hoger. LTO Nederland heeft TNO gevraagd om de lichthinder ten gevolge van de lichtuitstoot van kassen in kaart te brengen en meetbaar te maken. Om het effect van het assimilatie licht van de kassen op de omgeving te verkleinen is het volgende geregeld in het “Besluit Glastuinbouw” (april 2002):

- Gevelafscherming. Van zonsondergang tot het tijdstip van zonsopgang moet gevelafscherming de lichtuitstraling op een afstand van 10 meter tenminste met 95% reduceren. (Overgangsperiode van 3 jaar (tot 1 april 2005))
- Van 1 september tot 1 mei zijn er van 20.00 uur tot 24.00 uur drie mogelijkheden wat de bovenafscherming betreft
 - òf er is geen schermdoek en dan mag er geen assimilatiebelichting worden gebruikt
 - òf er is een schermdoek dat 95% licht tegenhoudt en dan mag de tuinder doorgaan met belichten
 - of er is een schermdoek dat 85% tegenhoudt en dan mag de tuinder doorgaan met belichten op de voorwaarde dat hij dat de hele nacht, dus van zonsondergang tot zonsopkomst gesloten houdt.

LTO Nederland en Stichting Natuur en Milieu hebben in een convenant een traject afgesproken dat moet leiden tot terugbrengen van de emissie. Indien dit onderzoek het nut aantoont is de doelstelling dat per 1 januari 2008 alle nieuwe kassen worden uitgevoerd met een 95% afscherming van het assimilatielicht bij een maximum intensiteit van 15000 lux. Alleen als de kas volledig is afgeschermd voor lichtreductie mag er met een hogere lichtsterkte belicht worden.

In dit kader is TNO door GLAMI en het Productschap Tuinbouw gevraagd project te starten waarin onderzoek gedaan wordt naar de relatie tussen de lichtuitstoot van tuinbouwkassen en de hinder die omwonende hiervan ondervinden

1.1 Doelstellingen

De hoofddoelstelling van dit onderzoek is “het in kaart brengen en meetbaar maken van de lichthinder van kassen”. Om dit te bereiken is deze doelstelling opgedeeld in vier sub doelstellingen

1. Vaststellen wat als lichthinder ervaren wordt.
2. Vaststellen van de te meten fotometrische parameters
3. D.m.v. enquêtes en metingen een relatie vinden tussen de fotometrische parameters en de lichthinder
4. Vertalen van bevindingen naar een beoordelingsprotocol

Dit rapport start met een literatuurstudie naar eerder onderzoek op het gebied van lichthinder. Vervolgens is aan de hand van focusgroepinterviews een verkenning uitgevoerd naar de diverse facetten van lichthinder, om een beeld te krijgen waar omwonenden zich zoal aan storen. Vervolgens wordt een meetprotocol opgesteld om de lichtuitstoot van kassen te kunnen bepalen.

2 Literatuurstudie

Om te kunnen begrijpen waardoor klachten over licht kunnen ontstaan is het van groot belang de werking van het menselijk oog te kennen. Daarom convergeert dit hoofdstuk van de werking van het oog toe naar de specifieke klachten veroorzaakt door licht, in dit geval uitgestraald licht door tuinbouwkassen.

2.1 Het menselijk oog

Het menselijk oog als zintuig bestaat uit een combinatie van een lens en een stelsel van fotoreceptoren. De receptoren fungeren als de lichtgevoelige eindorganen van het menselijk zenuwstelsel. De werking van het oog kan benaderd worden als een camera met lichtsensoren. Het netvlies fungeert als lichtgevoelige film of CCD-sensor en bestaat uit ca. 8 miljoen kegeltjes en 120 miljoen staafjes (lichtgevoelige kegel- en staafreceptoren). De staafjes hebben een maximale gevoeligheid bij een golflengte van ± 500 nm, terwijl kegeltjes samen een maximale gevoeligheid hebben bij ± 555 nm. Deze spectrale gevoeligheid wordt aangeduid als ooggevoeligheid.

Er worden drie soorten gezichtsvermogen onderscheiden: fotopisch, mesopisch en scotopisch zien. Dit onderscheid in zien wordt mogelijk gemaakt door het proces dat adaptatie wordt genoemd en maakt het zien mogelijk van luminanties variërend van $0.000001 \text{ cd.m}^{-2}$ (zeer donkere nacht) tot $100.000 \text{ cd.m}^{-2}$ (felle zon). Hieronder worden de drie soorten zicht nader toegelicht:

- 1 *Fotopisch zien*, Oog geadapteerd aan luminanties hoger dan 3 cd.m^{-2} . Het netvlies wordt gedomineerd door de kegeltjes, waardoor kleuren waargenomen kunnen worden met een zeer hoge resolutie. Vanaf 50 cd.m^{-2} worden kleuren waargenomen met het grootste onderscheidend vermogen.
- 2 *Mesopisch zien*, Oog geadapteerd aan luminanties tussen $0,001$ en 3 cd.m^{-2} . Bij afnemende luminanties worden de kegeltjes langzamerhand gedomineerd door de staafjes, waardoor het kleurenzien en de resolutie verslechtert en onder de $0,001 \text{ cd.m}^{-2}$ wordt overgegaan op scotopisch zien.
- 3 *Scotopisch zien*, Oog geadapteerd aan luminanties lager dan $0,001 \text{ cd.m}^{-2}$. Alleen staafjes worden geactiveerd door licht, waardoor geen kleuren kunnen worden onderscheiden, maar alleen grijswaarden.

Volgens Narisada en Schreuder (2004) gaat het bij buitenverlichting (zoals wegverlichting) altijd om luminanties in het onderbereik van het mesopisch zicht. Wel geven ze aan dat er een groot verschil kan zitten tussen de gemeten luminanties en de ervaren helderheid door personen. Vanwege het feit dat het bij tuinbouwkassen gaat om lichthinder die 's nachts plaatsvindt, zijn de ogen van de gehinderden geadapteerd aan mesopisch of scotopisch zien en kan er van worden uitgegaan dat de maximale ooggevoeligheid zich op 507 nm bevindt (scotopisch zien).

2.2 Definities lichthinder volgens literatuur

2.2.1 Definities volgens NSVV

De Commissie Lichthinder van de Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde (NSVV) stelt richtlijnen op voor wetgevers en ontwerpers van verlichtingsinstallaties die gebaseerd zijn op internationaal onderzoek (o.a. CIE) en waarin de mogelijke gehinderden centraal staan. Binnen deze richtlijnen hanteren zij de volgende definitie van lichthinder (NSVV, 1999):

‘Het ten gevolge van een verlichtingsinstallatie ontstaan van ongewenste visuele neveneffecten bij meer dan een nader bepaald percentage van personen buiten de groep van personen waarvoor de verlichtingsinstallatie oorspronkelijk bestemd is.’

Dit is een zeer algemene definitie van lichthinder die toegespitst is op het handhaven van regels op lichtgebied. De term ‘ongewenste visuele neveneffecten’ is een soort van containerbegrip en is niet erg specifiek. De hinderlijke effecten worden door de NSVV (2003) onderverdeeld in:

- een te hoge verlichtingssterkte
- lichtkleur
- spiegeling van lichtbronnen in bijvoorbeeld wateroppervlakken of ramen
- verblinding
- strooilicht

Onder strooilicht wordt niet gebruikt geëmitteerd diffuus licht en gloed verstaan. Deze effecten zijn fysische gevolgen van het geëmitteerde licht, maar zeggen niets over de eigenschappen van de ontstane hinder zelf. De NSVV (2003) onderscheidt zes toepassingsgebieden waardoor lichthinder kan ontstaan:

- sportverlichting
- terreinverlichting
- aanstraling van gebouwen en objecten
- reclameverlichting
- openbare verlichting
- assimilatiebelichting van kassen

Als gehinderden worden een zevental groepen onderscheiden:

- omwonenden
- weggebruikers
- schippers
- treinmachinisten
- piloten
- astronomen
- natuur

Internationaal gezien wordt hinder door licht aangeduid als ‘visual discomfort’. De literatuur richt zich vooral op lichthinder die wordt ervaren tijdens kantooruren op (beeldscherm)werkplekken. Hierbij gaat het juist vaak om onderbelichte situaties, waar behoefte bestaat aan meer licht, in plaats van nachtelijke omstandigheden, waar weinig of geen licht gewenst is. Ongewenst licht in het donker worden aangeduid als ‘light pollution’ of ‘light trespass’. Light trespass kan vertaald worden met direct zicht op de lichtbron, zoals uittredend licht door de kasgevel. Light pollution (lichtvervuiling, strooilicht) heeft een diffuus karakter en kan op grote afstand hinder veroorzaken. Als voorbeeld wordt ‘sky glow’ genoemd, dat ook bij kassen voorkomt en in dit geval

oranje gloed wordt genoemd. Deze gloed (strooiluminantie L_s) verlaagt het contrast van alle objecten in de nachtelijke horizon, waardoor ze niet meer zichtbaar zijn. De gloed maakt dus het verschil tussen object- en achtergrondluminantie kleiner door de strooiluminantie L_s (Boyce, 2003).

Er bestaan volgens de literatuur enkele standaard verschijnselen die lichthinder kunnen veroorzaken en min of meer overeenkomen met de genoemde effecten van de NSVV:

- uniformiteit (bijv. grijze tekst op wit papier)
- schaduw
- glans (bijv. tekst op glanzend papier)
- stroboscopisch licht (bijv. knipperende kantoorverlichting)
- verblinding

(Boyce, 2003; IESNA, 2003; Lange, 1998; Narisada en Schreuder, 2004).

Afgezien van verblinding zullen deze verschijnselen hier niet verder worden toegelicht, omdat ze voor lichthinder door kassen niet als relevant worden beschouwd (Pijnenburg *et al.*, 1991; Van Bergem-Jansen en Vos, 1991).

Verblinding bestaat uit drie voorkomende verschijnselen:

- absolute verblinding (blinding glare)
- fysiologische verblinding (maskerende verblinding, disability glare)
- psychologische verblinding (storende verblinding, discomfort glare)

Het onderzoek zal zich beperken tot psychologische verblinding, omdat in het geval van kassen, spraken is van storende verblinding. In het algemeen worden de gevolgen van psychologische verblinding geformuleerd als volgt:

‘Psychologische verblinding veroorzaakt subjectieve visuele hinder die zich uit in een gevoel van onbehagen zonder dat de visuele waarneming nadelig wordt beïnvloed.’

(Narisada en Schreuder, 2005; Pijnenburg *et al.*, 1991; Van Bergem-Jansen en Vos; 1991; IESNA, 2000) De oorzaak van psychologische verblinding wordt nog niet begrepen. Waarschijnlijk heeft het te maken met de activiteit van gezicht- en pupilspieren, maar dit is nog niet voldoende gevalideerd. Ondanks dat de oorzaak nog niet is bewezen, is er veel behoefte aan methodes om te voorspellen of er psychologische verblinding kan ontstaan in bepaalde situaties. Hiervoor zijn verschillende empirische voorspellingsmethoden ontwikkeld. Psychologische verblinding is erg persoonsgebonden. Het wordt bepaald door:

- vroegere ervaringen
- persoonlijke houding
- verwachtingen
- situatie, c.q. context waarin de desbetreffende persoon verkeert (bijv. zelf werkzaam in tuinbouw) (IESNA, 2000; Boyce, 2003).

2.2.2 Definitie dosis-effect-relatie

Wanneer de genoemde definities van lichthinder met elkaar gecombineerd worden en worden toegepast op tuinbouwkassen, kan gekomen worden tot de volgende oorzaak-gevolg relatie. Lichthinder door tuinbouwkassen is te definiëren als:

‘Visuele neveneffecten (objectief, fysisch) veroorzaakt door assimilatiebelichting van tuinbouwkassen die mensen psychologisch kunnen verblinden, waardoor stress ontstaat of een gevoel van onbehagen wordt gecreëerd, dat wordt aangeduid als visuele hinder.’

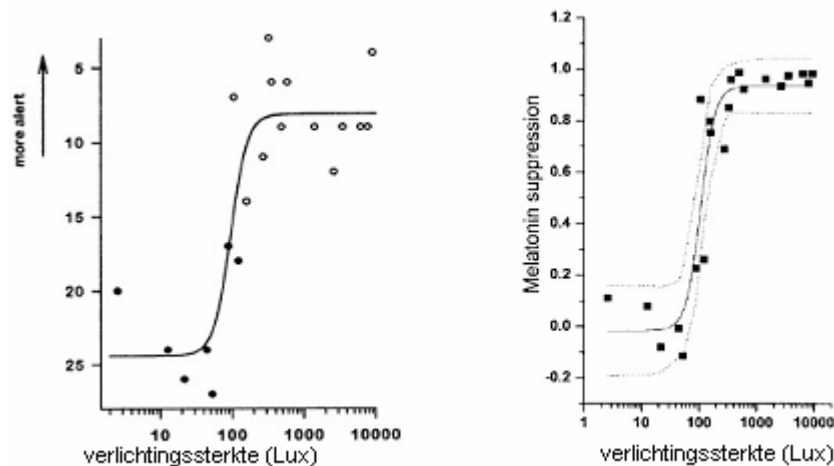
In bijlagen A en B en paragraaf 2.5 worden diverse eerdere uitgevoerde onderzoeken besproken.

2.3 Gezondheidsrisico's

Gezondheidsklachten zouden een indicator kunnen zijn voor lichthinder. De mens leeft volgens een bepaald dagritme (biologische klok). Dit ritme wordt door een fysiologisch systeem gereguleerd, dat het circadiane systeem wordt genoemd (circadian, van het Latijnse circa (rond) en dies (dag)). Licht kan de fase en amplitude van het circadiane systeem veranderen, doordat er bij afwezigheid van licht in de pijnappelklier het hormoon melatonine wordt aangemaakt dat het dagritme van de mens reguleert. Hierdoor zorgt melatonine voor synchronisatie van de biologische klokken van de verschillende individuen onderling, zodat deze gelijk blijven lopen (Boyce, 2003). Melatonine veroorzaakt slaap, versterkt het immuuniteitsysteem, verlaagt het cholesterolgehalte en neutraliseert vrije radicalen (anti-oxidanten) (De Molenaar, 2003).

2.3.1 Literatuuroverzicht

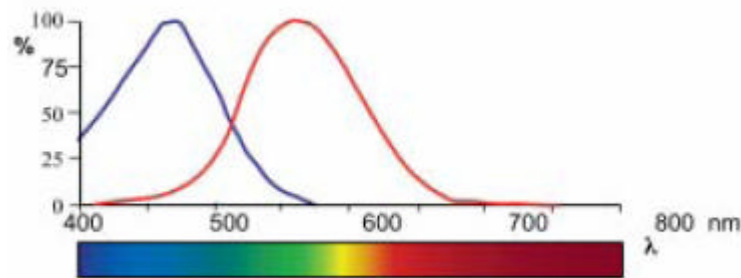
Cajochen *et al.* (1999) en Zeitzer *et al.* (2000) laten dosis-effect-relaties zien voor verlichtingssterkte en melatoninesuppressie, alertheid, oogbewegingen en hersenactiviteit na blootstelling aan licht gedurende 6,5 uur. Figuur 2.1 laat deze relaties zien voor alertheid en afname in melatonine. Volgens dit onderzoek hebben verlichtingssterktes onder de 100 lx geen of nauwelijks invloed op de productie van melatonine en zijn mensen niet erg alert, zoals tijdens slapen het geval is. Bij de lichtuitstoot van kassen is de verlichtingssterkte in de omgeving lager dan bij de besproken onderzoeken. Mede door de verplichte gevelafscherming is de verlichtingssterkte in de orde grote van 1-5 Lux.



Figuur 2.1 - Regressie van alertheid (links) en melatoninesuppressie (rechts) in relatie tot blootstelling aan bepaalde verlichtingssterkte gedurende 6,5 uur (Cajochen *et al.*, 1999; Zeitzer *et al.*, 2000)

Er wordt in de literatuur vaak gewezen op de invloed van melatoninesuppressie door licht op de ontwikkeling van kanker (door verminderde remming van vrije radicalen), zoals borstkanker. Maar daarbij wordt tevens ook sterk benadrukt dat men voorzichtig moet zijn met het trekken van conclusies, omdat deze effecten vaak moeilijk zijn te meten en vaak alleen gegevens van proefdieren beschikbaar zijn (Stevens, 2001). Ook

zijn er aanwijzingen dat hoge bloeddruk, obesitas en diabetes type II (ouderdomsdiabetes) gevolgen zijn van het langer op- en actief blijven en te kort en onregelmatig slapen. De waarschijnlijke grondoorzaak, de melatoninesuppressie, is het extreemst bij blauw licht (446-477 nm, maximaal bij 464 nm) en het laagst bij rood licht (>600 nm). De afname in melatonine is bij wit licht twintig keer zo klein als bij blauw licht (De Molenaar, 2003). Dit is weergegeven in figuur 2.2 (Van Bommel en Van den Beld, 2003)



Figuur 2.2 - Spectrale biologische-actiekromme (gebaseerd op melatonine-onderdrukking) in blauw, visuele ooggevoeligheidskromme in rood. Assimilatiebelichting bestaat voor een groot deel uit oranje licht (het gebied rondom de 600 nm)

2.3.2 Conclusie

Bovenstaande voorbeelden zijn bedoeld om aan te geven dat er veel onderzoek wordt gedaan naar de effecten van licht op de mens. Op basis van de resultaten blijkt dat de lichtuitstoot van kassen geen duidelijk verband heeft met gezondheidsrisico's, vanwege de lage verlichtingssterkte en de gele kleur. Het onderzoek van Pijnenburg *et al.* (1991) concludeerde dat er geen aantoonbare fysieke effecten bij omwonenden optraden als gevolg van geëmitteerd kaslicht. Een belangrijk gezondheidsrisico zou kunnen bestaan uit stress, of de gezondheid verstoord wordt hangt af van de mate van stress. De mate van stress hangt weer af van de ervaren lichthinder en andere stressfactoren. Het zal opnieuw onderzocht moeten worden of er sprake is van negatieve effecten op de menselijke gezondheid als gevolg van lichtuitstoot door kassen.

2.4 Effect op natuur

Er zijn in het verleden al verschillende onderzoeken gedaan naar de gevolgen van licht voor flora en fauna, maar hier geldt, net zoals voor gezondheidsrisico's voor de mens, dat men moet uitkijken hoe men de resultaten van deze onderzoeken interpreteert. Het probleem bij onderzoeken naar gezondheidsrisico's voor de mens is de tegenspraak in kwantitatieve gegevens, zoals grenswaarden voor bepaalde lichtsterkten. In de literatuur gevonden onderzoeken naar gevolgen van licht voor dieren en planten laten zien dat het moeilijk is voor deze effecten kwantitatief onderzoek te doen. Tot nu toe getrokken conclusies baseren zeer zich qua fotometrische parameters puur op kwalitatieve gegevens.

2.4.1 Literatuuroverzicht

De NSVV heeft in haar richtlijnen de effecten van licht op natuur nog niet meegenomen, omdat er nog te veel onzekerheden bestaan over deze effecten. Wel is de NSVV ervan overtuigd (op basis van onderzoek Alterra) dat lichtvervuiling gevolgen heeft voor flora en fauna en dat deze effecten niet moeten worden onderschat, maar het heeft geen nut richtlijnen op te stellen als nog geen grenswaarden kunnen worden vastgesteld. De NSVV (2005) raadt ontwerpers van verlichtingsinstallaties aan rekening te houden met mogelijke schade aan flora en fauna door strooilight zoveel mogelijk te voorkomen en adequate afscherming toe te passen.

De Molenaar (2003) en Van der Vegte (2000) hebben de effecten van kunstmatige verlichting op de natuur beschreven. Het zijn de resultaten van uitgebreide literatuurstudies naar internationale wetenschappelijke literatuur. Voor details wordt naar deze twee rapporten verwezen. Hier worden alleen de hoofdlijnen beschreven.

De Molenaar (2003) onderscheidt zeven effecten:

- verstoring waakslaapritme
- verstoring seizoensritme
- hinder en afstoting
- aantrekking
- aantrekking door misleiding
- verblinding
- ontregeling verre oriëntatie.

Per effect beschrijft hij de invloed op dag-, nacht- en schemeringsdieren, zoals gevolgen voor habitat, voortplanting, predatie, foerageren, etc. De kans dat bepaalde effecten (geldt ook voor de mens) optreden zijn enerzijds afhankelijk van de aard, intensiteit, duur en plaats van de verlichting en anderzijds van leefwijze en omgeving van het organisme. Het rapport suggereert dat voor de meeste effecten veel kennis beschikbaar is, maar nergens worden kwantitatieve gegevens genoemd.

Een goed voorbeeld van de moeilijkheid om effecten op flora en fauna te onderzoeken is het onderzoek van De Molenaar *et al.* (2000). Ze hebben gekeken naar de invloed van wegverlichting op het broedgedrag en broedsucces van grutto's langs de A9 bij Akersloot. Het onderzoek levert slechts enkele indicaties op dat de grutto's verder van de A9 af gaan broeden door de toepassing van wegverlichting, omdat plaatstrouw van de grutto, weers- en terreingesteldheid het onderzoek sterk beïnvloeden.

Van der Vegte (2000) baseert zijn literatuurstudie vooral op het onderzoek van De Molenaar *et al.* (1997). Dat onderzoek vormt net als het onderzoek van De Molenaar (2003) een heel compleet overzicht van de effecten van kunstmatige verlichting op planten en dieren. Effecten op planten zijn bekend. Zo komt het voor dat telers last hebben van elkaars assimilatiebelichting in aangrenzende kassen. Er wordt in bepaalde teelten juist gebruik gemaakt van remming en bloei door assimilatiebelichting (fotoperiodische verlichting). Hiervoor zijn ook drempelwaarden bekend. Voor overige planten ontbreken deze kengetallen echter. Om fotosynthese plaats te laten vinden zijn verlichtingsterkten in de orde van grootte van 1000 lx nodig. Deze waarden komen niet voor in de omgeving van kassen en dit effect kan dus buiten beschouwing worden gelaten. Volgens Narisada en Schreuder (2004) heeft kunstmatige verlichting weinig of geen effect op planten, maar tegelijkertijd geven ze ook aan dat er weinig bekend is over invloed van lichtvervuiling op planten.

2.4.2 *Conclusie*

In het vervolg van dit onderzoek zal lichthinder voor flora en fauna buiten beschouwing gelaten worden, omdat de stand van de wetenschap op dit gebied puur kwalitatief is en effecten nog niet zijn te meten. Helaas bestaan er geen eenduidige, kwantitatieve gegevens over de effecten op dieren, want hun gedrag zou een goede objectieve indicator zijn voor de subjectieve (menselijke) lichthinder. Wel bezitten dieren gedragseigen patronen die een soortgelijk effect kunnen hebben.

Naar verwachting zijn fotometrische drempelwaarden voor dieren lager als toelaatbare grenswaarden voor de mens (De Molenaar, 2003). Het is in de toekomst misschien mogelijk om vastgestelde emissiegrenswaarden voor de mens te reduceren naar grenswaarden voor dieren en eventueel planten.

2.5 **Resultaten reeds gehouden onderzoeken**

Er is weinig literatuur over lichthinder door buitenlichtinstallaties. Veel Engelstalige literatuur beschrijft de relevantie van goed licht en de mogelijke lichthinder op de werkplek in bijvoorbeeld kantoren (bijvoorbeeld PC-schermen). Ook over de invloed van licht op het circadiane systeem wordt veel onderzoek gedaan, maar tot dusver spreken onderzoeksresultaten zich elkaar veelal tegen. Gerelateerd aan lichthinder tussen zonsopgang en -ondergang wordt vooral ingegaan op lichtvervuiling, waardoor astronomen niet meer naar sterren kunnen kijken (Narisada en Schreuder, 2004). Aangezien tuinbouwkassen met assimilatiebelichting (hoge dosis en veel branduren) vooral in Nederland voorkomen, is er internationaal weinig over bekend (Van Bergem-Jansen en Vos, 1991), maar ook literatuur over andere buitenverlichting is zeer beperkt. Over specifieke klachten door lichthinder van tuinbouwkassen is buiten de reeds genoemde Nederlandse rapporten zover bekend geen onderzoek gedaan. Er wordt in de literatuur veel verwezen naar de Nederlandse rapporten uit 1991 van de GGD Noord-Limburg en TNO-IZF. Deze twee rapporten en twee aanvullende onderzoeken van de RNMO en Alterra worden in bijlage A uitvoerig toegelicht. Bijlage B bevat de belangrijkste kwantitatieve gegevens. Hier zullen de rapporten beknopt worden beschreven, maar voor uitgebreide informatie en uitleg wordt naar de bijlagen of originele rapporten verwezen.

2.5.1 *GGD Noord-Limburg (1991)*

Uit het onderzoek (bijlage A.1 en B.1) blijkt dat er een groot verschil bestaat tussen ontevredenheid over licht en de ervaren lichthinder in de buurt van kassen (± 45 % in zone 0-200 m) en verderaf (1 tot 10 % in zone 0-1000 m en 1000-4000 m). Het lijkt een exponentiële afname in relatie tot de kasafstand (Figuur 5.4). Kanttekening hierbij is dat destijds zijafscherming nog niet verplicht was. Het is dus de vraag of de onderzoeksgegevens nog wel representatief zijn voor de huidige situatie in de glastuinbouw.

Voor de hinderaspecten 'hinder bij inslapen, irritatie, verstoring van de vrijetijdsbesteding en afleiding' werden binnen de 200 meter zone significant andere waarden gevonden dan in de overige zones. Ook concluderen Pijnenburg *et al.* (1991) dat mensen die een potentiële hinderbron ervaren er niet altijd daadwerkelijk last van hebben.

2.5.2 TNO-IZF (1991)

Van Bergem-Jansen en Vos (1991) hebben zo goed als geen relatie kunnen vinden tussen fysieke meetgrootheden en lichthinder door kassen (bijlage A.2 en B.2). Als grootheden werden de verticale verlichtingssterkte E_v , de luminantie L_{15} en de luminantieverhouding L_{15}/L_d gebruikt. Wel vonden zij een significante relatie ($r = 0,75$; $p < 0,025$) tussen E_v en de beoordeling van kaslicht als “sterk” en “erg sterk” als percentage van alle respondenten (y): $y = 17,4 + 8,36 \cdot \log(E_v)$. (Figuur 5.6). Ook vonden ze een significante relatie ($r = 0,95$; $p < 0,005$) tussen de luminantie L_{15} en de beoordeling van de gloed als “sterk” en “erg sterk” als percentage van de mensen die de gloed menen te zien (y): $y = 55,9 + 27,7 \cdot \log(L_{15})$. (Figuur 5.7).

In relatie tot lichthinder zelf vonden ze een drietal significante relaties tussen de hinder van de gloed en de luminantie L_{15} en de luminantieverhouding L_{15}/L_d . Er werd een significante relatie ($r = 0,77$; $p < 0,05$) aangetoond tussen de luminantie L_{15} en de “erg” of “heel erg” ondervonden hinder door de gloed als percentage van alle respondenten (y): $y = 12,9 + 12,1 \cdot \log(L_{15})$. (Figuur 5.8).

In relatie tot de verhouding L_{15}/L_d was zowel voor “een beetje of meer” als voor “erg of heel erg” gehinderd de verbanden significant. Voor het percentage “een beetje of meer” gehinderd als percentage van alle respondenten (y) geldt de relatie: $y = 17,9 + 1,3 \cdot L_{15}/L_d$ met $r = 0,79$ en $p < 0,05$. Voor het percentage “erg of heel erg” gehinderd als percentage van alle respondenten (y) geldt de nog sterker gecorrleerde relatie: $y = -2 + 1,1 \cdot L_{15}/L_d$ met $r = 0,93$ en $p < 0,005$. (Figuur 5.9).

Verder bleek uit het onderzoek dat naarmate men lichtgevoeliger blijkt te zijn, men meer hinder ondervindt en dat hoger opgeleiden ook meer hinder ondervinden dan lager opgeleiden.

2.5.3 RNMO (2004)

Het uitgevoerde onderzoek in Drenthe (bijlage A.3 en B.3) laat zien dat 15 % van de respondenten op de hoogte is van de toepassing van assimilatiebelichting. 14 % (90 % van de hierboven genoemde 15 %) van de respondenten zegt hinder te ondervinden van het geëmitteerde licht door kassen. Als hinderaspecten werden vooral de onzichtbare sterrenhemel, irritant oranje gloed en mogelijke schade aan flora en fauna genoemd (Kool en Spanbroek, 2004).

2.5.4 Alterra (2005)

Uit dit onderzoek blijkt dat de respondenten het belangrijk vinden dat het 's nachts buiten donker is (buiten de bebouwde kom, 52 %; directe woonomgeving, 42 %). Hierbij hechten mensen uit de noordelijke provincies (Friesland, Groningen, Drenthe en Overijssel) en overige mensen die landelijk wonen (53 %) meer belang aan duisternis dan stedelijke mensen (39 %) en mensen uit de overige provincies. Mannen schijnen zich meer te storen aan kaslicht dan vrouwen, respectievelijk 17 % en 8 % (Langers *et al.*, 2005).

In de provincies Noord- en Zuid-Holland, Friesland, Drenthe en Flevoland wordt de meeste hinder ondervonden (Figuur 5.14). Een verklaring hiervoor kan zijn, enerzijds de hoge kasconcentratie in de provincies Holland en anderzijds de (veelal nieuwe) kassen in de landelijke gebieden van de overige provincies.

3 Verkenning van lichthinder: focusgroepmethode

Het gebruik van focusgroepinterviews voor het exploreren van thema's is zeer bruikbaar voor survey-onderzoek wanneer nog weinig bekend is over het onderwerp of wanneer de omstandigheden sinds voorafgaand onderzoek veranderd zijn (Vaughn et al., 1996). Dit geldt zeker voor het gebruik van assimilatielicht in de glastuinbouw. Daarbij gaat het niet alleen om technologische ontwikkelingen, maar bijvoorbeeld ook om veranderingen in de tijden waarop er belicht mag worden. Focusgroepinterviews geven ook inzicht in het alledaagse taalgebruik van het onderzoeksdomein, zodat de gekozen termen in de vragenlijst op consistente wijze begrepen worden door de respondenten (Bloor et al., 2001). Het succes van een focusgroepinterview is afhankelijk van een aantal factoren: de groepssamenstelling, de interviewsetting, de groepscohesie, het discussieproces, de moderator en het resultaat van het interview (Fern, 2001). Het verloop van een focusgroepinterview blijft echter onvoorspelbaar.

Het gaat bij focusgroep interviews om een brede verkenning van het thema. Het is dus niet de bedoeling om op het einde van een focusgroep tot een consensus te komen met de deelnemers. Het groepsproces tijdens de interviews zal daarom geen deel uitmaken van het onderzoek. Aan de deelnemers wordt bovendien meegedeeld dat het er niet om gaat te discussiëren of een meerderheid te vormen rond bepaalde thema's, maar dat het de bedoeling is om een zo goed mogelijk beeld te krijgen van de belangrijke aspecten van het onderwerp. Na de focusgroepinterviews wordt op basis van de resultaten de vragenlijst samengesteld voor de enquêtes in de tweede fase van het onderzoek.

3.1 Deelnemers

Het samenstellen van focusgroepen vraagt de nodige aandacht. Er dient voldoende verscheidenheid te bestaan tussen de deelnemers, zodat discussie aangemoedigd wordt, maar te heterogene groepen kunnen resulteren in een conflictsituatie (Bloor et al., 2001). Er is besloten tot het houden van vier focusgroep interviews, twee sessies op Oostvoorne, Tinte, waar het gaat om een relatief nieuw gebied dat in de jaren 80 als concentratiegebied voor de glastuinbouw is aangewezen. De andere twee focusgroep interviews werden gepland in het Westland, dat van oudsher een glastuinbouwgebied is. In het Westland zouden naast tuinders omwonenden gevraagd worden die daar nieuw zijn komen wonen, zoals in een van de nieuwbouwwijken die gebouwd zijn op plekken waar eerder kassen hebben gestaan. Het was de bedoeling dat omwonenden als tuinders of gezinsleden daarvan aan dezelfde sessie zouden deelnemen. Echter, in Tinte bleek de situatie dusdanig gespannen, dat er voor gekozen is om apart met omwonenden en tuinders te gaan praten. Aan de bijeenkomst in het Westland ('s Gravenzande) hebben zowel tuinders als omwonenden deelgenomen. De laatste bijeenkomst is gehouden in Pijnacker, waar alleen omwonenden hebben deelgenomen. Met de omwonenden in Tinte is half juli 2005 gesproken, met de tuinders is half augustus gesproken. De bijeenkomst in 's Gravenzande heeft 8 september plaats gevonden. De bijeenkomst in Pijnacker vond op 19 september 2005 plaats.

Aan de bijeenkomst hebben telkens twee mensen vanuit TNO deelgenomen van wie telkens 1 als gesprekleider optrad, daarbij ondersteund door de ander. Vooraf is toestemming gevraagd om het gesprek op te nemen en is toestemming verkregen voor het gebruik van citaten. Een verslag van de bijeenkomsten is te vinden in bijlagen A, B en C.

In Tinte is met 4 omwonenden gepraat, waarbij nadrukkelijk ook mensen zijn benaderd die op grotere afstand van de belichtende kassen wonen. Allen waren bewoners van het buitengebied. Vanwege de vakantieperiode kon een vijfde persoon niet deelnemen. Via de werkgroep lichthinder Oostvoorne zijn 4 adressen van tuinders verkregen, onder hen ook de beide tuinders die belichten. Aanvankelijk hadden alle tuinders toegezegd deel te nemen, maar op de dag zelf meldde zich er een af, en de ander bleek het vergeten (er bleek die avond een voetbalwedstrijd Nederland – Duitsland te zijn). De beide tuinders die wel aanwezig waren, waren degenen die belichtten.

In 'Gravenzande is gepraat met een tweetal tuinders en met 3 bewoners van burgerwoningen in het buitengebied. In Pijnacker is gepraat met 5 omwonenden uit Pijnacker die aan de rand van Pijnacker grenzend aan een glastuinbouwgebied wonen.

Onderwerpen focusgroepinterviews

- 1 Introductie
- 2 Omstandigheden met de grootste hinder
- 3 Kenmerken van assimilatielicht
- 4 Afstand tot de kas
- 5 Andere aspecten die samen de hinder versterken
- 6 Karakterisering van de hinder
- 7 Hinder bij huisgenoten
- 8 Individuele maatregelen
- 9 Andere bronnen van lichthinder
- 10 Overige aspecten

3.2 Belangrijkste bevindingen

Uit de focusgroep interviews komen een aantal aspecten naar voren die een plek moeten krijgen in de vragenlijst. Een aantal aspecten blijkt niet van belang zijn of is mogelijk niet meer van belang, omdat de laatste jaren gevelafscherming verplicht is gesteld en er tussen 20.00 en 24.00 uur niet belicht mag worden zonder bovenafscherming.

3.2.1 Hinder

Door iedereen wordt bij lichthinder voornamelijk gerefereerd aan slaapproblemen. Slechts één persoon meldt ook verblinding, maar dit houdt verband met het ontbreken van gevelafscherming. Veel mensen geven aan dat ze geen rechtstreekse hinder ondervinden, maar zich wel ergeren aan de lichtuitstoot.

3.2.2 Slaapproblemen

Er worden door een aantal mensen slaapproblemen genoemd door lichthinder van kassen zonder bovenafscherming, dit komt in elk van de focusgroepinterviews terug. Afstand lijkt hier een rol bij te spelen. Voor een aantal mensen is een verduisteringsgordijn in de slaapkamer toereikend. Echter voor mensen die met open raam slapen vanwege de benauwde atmosfeer kan er een probleem ontstaan, omdat een dergelijk gordijn ook de ventilatie beperkt. Incidenteel kan het ook vanwege traumatische ervaringen problematisch zijn.

3.2.3 *Geluidshinder*

Door de omwonenden in Tinte wordt geluidshinder van vogels als een belangrijk deel van de lichthinder genoemd. Dit komt niet naar voren in de andere drie focusgroepinterviews.

3.2.4 *Effect op dieren*

De geluidshinder van vogels is gerelateerd aan de verstoring van natuurlijk gedrag van de vogels. Zowel de omwonenden in Tinte als die in het Westland geven aan dat ze vogels naar het licht zien vliegen. Omwonenden in Tinte geven aan dat ook het wild, de paarden en de katten ontregeld raken. Omwonenden in het Westland stellen dat hun huisdieren (katten en honden) niet ontregeld raken en alleen onrustig reageren op onweer. Ook omwonenden in Pijnacker melden geen effecten op dieren.

3.2.5 *Weersomstandigheden*

Tijdens bewolking en mist reikt de gloed aanzienlijk verder dan bij helder weer, en om die reden zal er in de vragenlijst apart gevraagd worden naar hinder bij bewolkt/mistig en helder weer. Opmerkelijk is ook dat de beleving van omwonenden in Pijnacker bij laaghangende bewolking anders was dan bij helder weer. Zij vonden de combinatie van lichtuitstoot en laaghangende bewolking beklemmend.

3.2.6 *Ergernis, irritatie*

Zowel omwonende burgers als omwonende tuinders ergeren zich aan de extreme lichtuitstoot. In Pijnacker gaf men aan dat ze zich vooral ergeren op het moment dat ze vanuit het oosten aan komen rijden naar de zee van licht toe. Men gaf aan dat de ergernis groter was naarmate de afstand tot de gloed verder was, omdat daarmee de verspilling van energie ook groter was.

Vrijwel iedereen geeft aan dat een deel van de ergernis ook te maken heeft met het feit dat er plotseling – van de een op de andere dag – een enorme gloed aan de hemel was te zien. Dit gold zeker voor Tinte, maar het wordt ook door de mensen uit het Westland (’s Gravenzande) naar voren gebracht.

Een van de omwonenden geeft aan dat het vooral de onvoorspelbaarheid is die maakt dat ze zich ergert. Ze weet niet wanneer het licht weer uitgaat. In Tinte heeft de onvoorspelbaarheid zeker ook een rol gespeeld in het begin –men wist niet waar men aan toe was-, maar daar is de irritatie zo hoog opgelopen dat ook het voorspelbare karakter tot irritatie leidt. Deels slaapt men onrustiger, deels ligt men (langer) wakker doordat men zich ergert. “Je ligt net in bed. Floep, 12 uur zeggen we dan samen en we draaien ons weer om”.

3.2.7 *Andere lichtbronnen*

Tinte was lang een donker buitengebied waar pas laat straatverlichting is gekomen. Iedereen noemt straatverlichting en lichtreclame als een lichtbron waar men geen directe hinder van ondervindt. Wel vinden de meesten dat er nog eens kritisch gekeken zou moeten worden naar de hoeveelheid straatverlichting. In beide gebieden is ook de Europoort een bron van lichtuitstoot. Omwonenden in Tinte zijn echter meer gefocuseerd op de lichtuitstoot van de kassen dan de omwonenden in het Westland. Die noemen naast de Europoort ook de dorpen en steden als belangrijke lichtvlekken aan de horizon, al stellen ze heel duidelijk dat de lichtuitstoot van de kassen van een andere orde is en ook anders gericht is dan straatverlichting.

De hinder die men van andere lichtbronnen ondervindt geeft beperkte aanleiding tot de mogelijkheid dat lichtgevoeligheid een belangrijke determinant is van de dosis/effect relatie voor licht. Een van de omwonenden geeft aan dat ze wordt verblind door vliegtuigen die met landingslichten aan komen aanvliegen.

3.2.8 *Attitude*

Het belangrijkste punt waar men zich zowel in Tinte als in het Westland aan stoort, is dat het belichten zonder afscherming onnatuurlijk is door het gebrek aan donkerte [duisternis], waarbij voor iedereen de verstoring van de natuur, het tegennatuurlijke van het gebrek aan donkerte 's nachts en de energieverstoring belangrijke aspecten zijn. Voor de tuinders en sommige mensen uit 's Gravenzande staat daar tegenover dat de consument een bepaalde kwaliteit eist en het belichting deel is uit gaan maken van de bedrijfsvoering bij het telen van sommige gewassen. Ook de omwonenden in Pijnacker zien het gebruik van assimilatielicht als deel van de bedrijfsvoering en daarmee als deel van de broodwinning van tuinders. Dat wil niet zeggen dat twee van de omwonenden geen last ondervonden op het moment dat hun buurman begon met belichten (waarschijnlijk zonder bovenafscherming). Ze hebben vrijwel meteen een verduisteringsgordijn opgehangen en maken gebruik van het licht van buiten door het rolgordijn 's avonds precies zover dicht te doen dat er net genoeg licht invalt om 's nachts geen licht aan te hoeven doen.

3.3 **Geworteldheid**

De mensen in het Westland ('s Gravenzande) geven aan dat ze zich geworteld voelen in het Westland, ook al komen ze er niet allemaal oorspronkelijk vandaan, ze hebben allemaal goede contacten met tuinders. Ook de omwonenden uit Pijnacker wonen al twintig jaar in Pijnacker en komen uit een familie met veel agrariërs of (hun kinderen) zijn bevriend met (kinderen van) tuindersfamilies.

“Ik ben in het buitengebied gaan wonen en dan weet je dat je overlast hebt van bedrijvigheid hebt hier. Ik vind dat je je daar aan aan te passen hebt. Die mensen verdienen hier hun brood en dat is al een heel belangrijk uitgangspunt hier. Die mensen waren hier eerder dan ik. Daar ben je Westlander voor”.

Die geworteldheid in de lokale samenleving maakt een belangrijk verschil met de situatie van de omwonenden en de tuinders in Tinte en dit zal tot uitdrukking moeten komen in de uiteindelijke vragenlijst . De tuinders komen oorspronkelijk uit het Westland en al wonen ze er eerder dan de omwonenden, beide groepen zijn daar relatief nieuw, al is de ene groep economisch gebonden aan Tinte en geldt dat niet voor de (meeste) omwonenden.

De omwonenden in Tinte geven aan dat het directe probleem voor de meeste omwonenden is opgelost met het treffen van individuele maatregelen (verduisteringsgordijnen, rolluiken). Men vindt dat echter geen adequate benadering, het probleem los je daarmee niet op. “Stel dat de lichtuitstraling zou blijven bestaan en alleen maar zou toenemen, dan moet je je eigen individuele belang –dat je overigens best zwaar kan wegen- afzetten tegen een algemeen belang. Stel je voor dat het hele gebied straks één grote lichtkegel is. Dan zijn wij niet de enigen die er een probleem mee hebben”.

Daarmee maken ze een andere keuze dan omwonenden in het Westland en dit lijkt bij te dragen aan het verschil in ervaren hinder van lichtuitstoot van kassen tussen omwonenden in Tinte enerzijds en 's Gravenzande en Pijnacker anderzijds. De omwonende van wie onderstaand citaat afkomstig is, gaf aan dat het gebrek aan gevel- (en dus niet boven-) afscherming, tot verblinding leidde toen de woonkamer nog aan de kant van de kas was. Deze persoon ondervindt volgens eigen zeggen weinig hinder maar vooral ergernis door de lichtuitstoot.

“Lichthinder is met name een probleem omdat het je in een moeilijke situatie met je burens brengt ... Je hebt namelijk tuinders die investeren in hun bedrijf en die hartstikke goede voorzieningen hebben en die ook met de nieuwste dingen meegaan. Er zijn ook tuinders die dat niet doen en die wat slechtere spullen hebben en ook bijvoorbeeld geen geld hebben om in zijfscherming te investeren. Dan zit je met het probleem, zeg ik er wat van dan heb ik ruzie, zeg ik er niets van dan heb ik er last van. Nou ja dan kies je er voor om er last van te hebben, omdat je daar wilt blijven wonen en je wilt daar in goede harmonie met de burens wonen. Ook omdat je het gevoel hebt, zij moeten hun brood daar verdienen en ik niet, dat voel je heel sterk en dat laat je dan prevaleren. Dat wil niet zeggen dat dit een goede ontwikkeling is natuurlijk”.

De invloed van de mate waarin mensen geworteld zijn in de lokale samenleving is een aspect dat door ander onderzoek ook wordt gerapporteerd, al is het niet duidelijk hoe belangrijk deze factor nu precies is (Wakefield et al, 2001).

3.4 Kenmerken van assimilatielicht

Geen van de deelnemers dacht dat de kleur van de lampen verbeterd zou moeten worden. Wel kwam uit de sessie in 's Gravenzande naar voren dat er verschil wordt ervaren tussen een alzijdig uitstralende lamp en een lamp die is afgeschermd door een kap en daardoor naar beneden gericht is.

3.5 Hinder tussen 17.00 en 20.00 uur

Opmerkelijk genoeg gaf geen van de deelnemers aan dat ze hinder ondervonden voor het slapen. Een van de tuinders gaf zelfs aan dat de lichtuitstoot 's morgens het meest storend was. Volgens de deelnemers werd de lichtuitstoot 's nachts pas als storend ervaren, omdat je daarvoor in huis de lampen aanhebt. Anders dan in het verleden mag er niet belicht worden tussen 20.00 en 24.00 uur en zijn daarmee de effecten op activiteiten in de avond grotendeels komen te vervallen. Het lijkt daarom niet nodig om te vragen naar hinder tijdens het uitlaten van de hond.

3.6 Conclusie

Uit de focusgroepinterviews komen de volgende aspecten naar voren die een plaats moeten krijgen in de vragenlijst van de survey-onderzoek.

- 1 Lichthinder en weer (mist, bewolking)
- 2 Geworteldheid
- 3 Verschil hinder en irritatie (ergernis)
- 4 Beklemmend gevoel
- 5 Verspilling van energie
- 6 Andere lichtbronnen (industrie, openbare verlichting, reclameverlichting)

Aspecten die minder van belang lijken:

- 1 Lichthinder tijdens avondwandeling
- 2 Kleur licht
- 3 Geluid (van dieren)

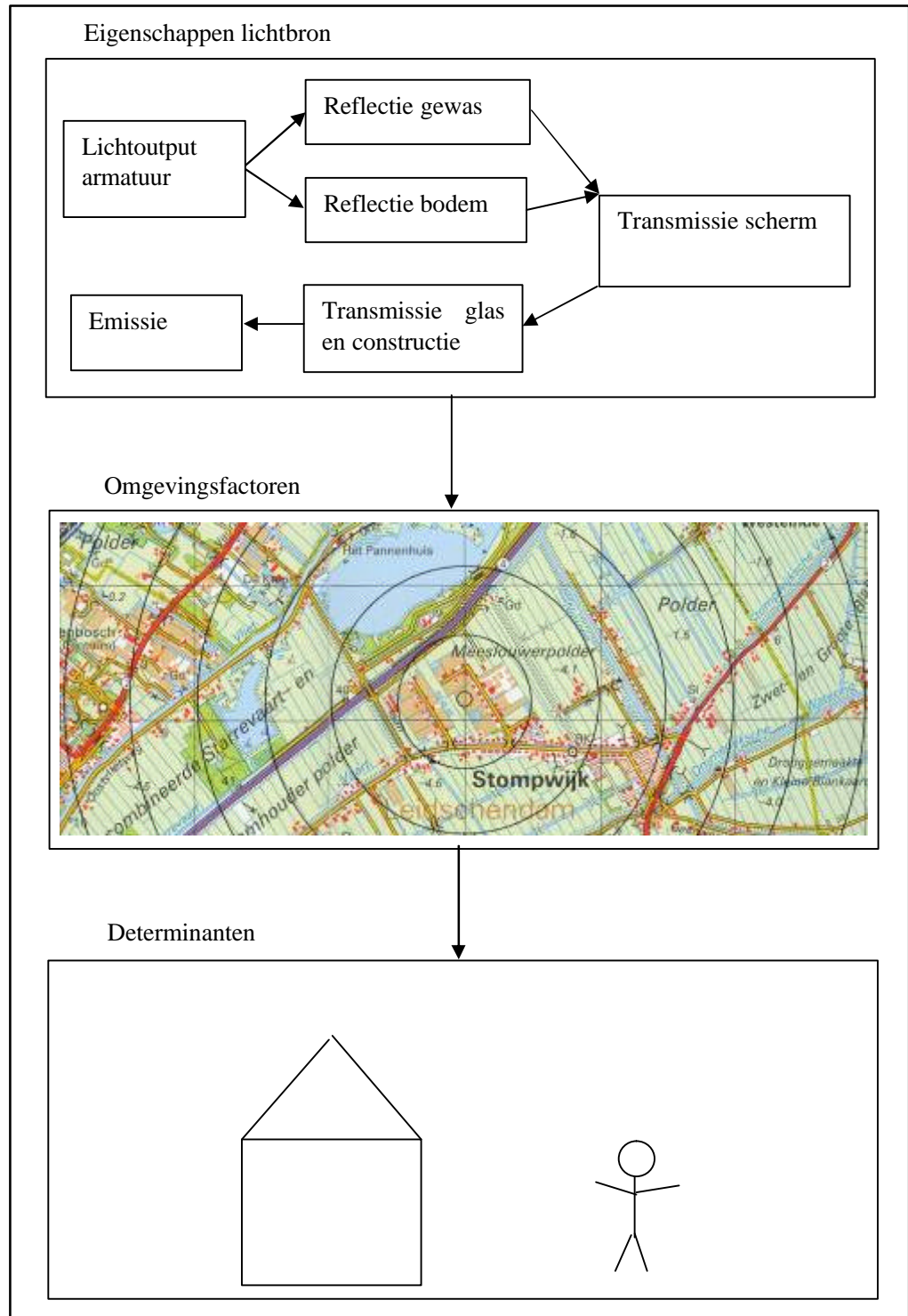
3.7 Factoren die van invloed kunnen zijn op de mate van lichthinder

Of er hinder ontstaat, hangt af van verschillende randvoorwaarden. Deze zijn ondergebracht in Tabel 3.1. De verschillende factoren zijn opgesplitst naar relevantie voor te houden enquêtes (determinanten) en metingen (omgevingsfactoren en eigenschappen van de lichtbron).

Tabel 3.1 - Factoren die van invloed zijn op ontstaan lichthinder.

Determinanten		Specificatie
Enquêtes	Kenmerken respondent	Subjectieve lichtgevoeligheid
		Geslacht
		Leeftijd
		Opleidingsniveau
		Milieubewustheid
	Psyche respondent	Vroegere ervaringen
		Persoonlijke houding
		Context
Verwachtingen		
Omgevingsfactoren		Specificatie
Metingen	Afstand tot kas	Direct zicht
		Indirect zicht
	Locatie kas	Regionaal
		Locaal
	Weer (meteorologisch zicht)	Heldere hemel
		Bewolking, nevel, mist
	Invloed andere verstoringen	Geluidbronnen
		Stankbronnen
Andere lichtbronnen		
Eigenschappen lichtbron		Specificatie
Metingen	Type kas	Gevelscherm
		Dekscherms
		Ophanghoogte armaturen
	Type belichting	Lichtsterkte
		Lichtstroom
		Tijdstip belichting

Voor nadere toelichting van de randvoorwaarde uit Tabel 3.1 wordt verwezen naar bijlage A5, tevens worden de bronnen waarop de tabel is gebaseerd genoemd. Hieronder is weergegeven hoe de verschillende factoren hinder kunnen veroorzaken



Figuur 3.1 - Factoren die van invloed zijn op ontstaan lichthinder

4 Meetprotocol lichtuitstoot

De lichtuitstoot door kassen is op veel manieren te beschrijven. Hier is besloten een onderscheid te maken in:

1. Directe lichtuitstoot in de omgeving van de kas. Hieronder wordt de uitstoot verstaan die direct toe te wijzen is aan een individuele kas. Het gaat dan om:
 - Direct zichtbare luminanties van lampen of van gereflecteerd licht door kieren of openingen in de toegepaste afscherming (met inbegrip van onvolledige afscherming).
 - Uitstoot van licht in de direct omringende natuur of tuinen
2. Lichtemissie naar de atmosfeer waardoor in de verdere omgeving de luminantie van de hemel toeneemt en zorgt voor effecten als minder donkere nachten, minder waarneembare sterren en dergelijke. Deze effecten zijn sterk afhankelijk van het weer. Bij nevel of mist ontstaat er een lichtkegel boven de kas, bij bewolkt weer lichten de wolken helder op. Vooral dit laatste effect is vaak het resultaat van meerdere lichtbronnen, niet alleen licht uit de kassen maar ook openbare verlichting, reclame verlichting, tuinverlichting, etc. Lichtemissie naar de atmosfeer vindt voornamelijk door het dak van de kas plaats.

Voor wat betreft de directe lichtuitstoot geldt dat deze effecten en dus ook de beoordeling ervan sterk afhankelijk zijn van de situatie. De dichtheid en aard van de bebouwing of juist de natuurlijke omgeving spelen daarbij een rol. De lichtemissie naar de atmosfeer is beter te onderwerpen aan criteria die niet afhankelijk zijn van de locatie van de kas. Deze lichthinder is immers de som van al het licht dat in de atmosfeer verdwijnt, niet alleen licht van kassen, maar ook van woningen, verkeer, sportvelden, vliegvelden enzovoort. Het meten van de helderheden en lichthoeveelheden die een rol spelen bij de lichtuitstoot door kassen is redelijk nauwkeurig en objectief uit te voeren.

4.1 Relevante grootheden

In de tuinbouw wordt de verlichting beoordeeld aan de hand van de lichtgevoeligheid van planten (PAR). Het ligt echter voor het beoordelen van de lichtuitstoot het meest voor de hand uit te gaan van de spectrale gevoeligheid van het menselijk oog, omdat het de omwonenden zijn die hinder ondervinden van de lichtuitstoot. Op basis van de beschikbare literatuur kan geconcludeerd dat lichtuitstoot door kassen samenhangt met de volgende grootheden:

- 1 Lichtkleur, uit te drukken in een kleurpunt of bij een lichtbron met een compleet spectrum ook wel de kleurtemperatuur (T_c) van het licht.
- 2 Verlichtingssterkte, de hoeveelheid licht die in een punt te meten is.
- 3 Luminantie, of helderheid van een bron of reflecterend vlak
- 4 Lichtstroom door kasdek naar omgeving, een maat voor de bijdrage aan de hemelluminantie
- 5 Rendement van de lichtinstallatie. Hiermee wordt de verhouding bedoeld tussen de hoeveelheid licht die daadwerkelijk bijdraagt aan de groei van het gewas in de kas (dus het licht dat op de groeiende delen van de plant valt) en het geproduceerde licht.

4.1.1 *Lichtkleur (T_c) en kleurpunt*

In de glastuinbouw worden voornamelijk gasontladingslampen toegepast met een karakteristieke oranje-gele kleur licht. (vooral 500-600 nm). Aangezien het spectrum van het assimilatielicht van de gangbare lamptypen bekend is, is het niet zinvol om deze grootte te bepalen. Ook de kleurtemperatuur wordt buiten beschouwing gelaten, omdat het spectrum incompleet is en niet overeenkomt met het spectrum van een thermische straler. Ook bepaling van de gecorreleerde kleurtemperatuur zegt weinig over de kwaliteit van het licht. Wel is het mogelijk aan de hand van het kleurpunt van de lichtbron iets te zeggen over het soort licht en de kleurindruk die het licht maakt ten opzichte van wit licht.

4.1.2 *Verlichtingssterkte (E)*

Indien de gevels van de verlichte kas niet of onvoldoende zijn afgeschermd en dicht nabij wegen, woningen en dergelijke staat is het mogelijk dat de lichtuitstoot bijdraagt aan de verlichting van de weg, de woning, of de tuin rond die kas. Bij bewolkt weer of mist draagt ook de lichtuitstoot door het kasdek hieraan bij. Deze verlichtingssterkte is een belangrijke maat voor de mogelijke lichthinder die optreedt door een te hoge verlichtingssterkte rondom het huis. Deze bijdrage is dan te meten met een luxmeter. De eenheid waarin de verlichtingssterkte wordt uitgedrukt is lm/m^2 of lx.

4.1.3 *Luminantie (L)*

Overall waar direct zicht is op de verlichte kas of op objecten die door het licht uit de kas worden aangestraald kan mogelijk hinder door de direct zichtbare luminantie(s) ontstaan. Om deze luminanties te meten zijn meerdere instrumenten voorhanden. Er kan gebruik gemaakt worden van professionele luminantiecamera's, gangbare digitale camera's, geijkt op luminantie en luminantiespotmeters. De eenheid van luminantie is cd/m^2 .

4.1.4 *Lichtstroom door kasdek naar omgeving (?)*

Als maat voor de lichtuitstoot naar de atmosfeer kan als grootte de lichtstroom door het kasdek naar de omgeving gemeten worden. Deze lichtstroom hangt af van het type gewas, de reflectie van de grondfolie, de kasconstructie en de verlichtingsinstallatie. De totale lichtstroom in lm door het kasdek naar de omgeving is moeilijk te bepalen. In eerste instantie is daarom gekozen voor het maken van een schatting van de hoeveelheid licht die door het dek naar buiten treedt. Die is te bepalen door het meten van de verlichtingssterkte boven de kas of indirect door het meten van de gemiddelde luminantie van het dek gezien vanuit loodrechte positie boven de kas.

4.1.5 *Rendement lichtinstallatie (h)*

De lichtinstallatie in een kas produceert een bepaalde hoeveelheid licht ten behoeve van de groei van het gewas in die kas. Om allerlei redenen bereikt slechts een deel van het licht de delen van de planten die voor de groei zorgen een ander deel van het licht valt op delen van de (kas)constructie, de bodem van de kas, wegen en paden in de kas of verdwijnt door het glas. Als gevolg van interreflecties komt een deel van het licht alsnog op het gewas, maar gaat ook nog een deel van het licht vooral door het dek van de kas naar buiten.

Al met al geldt dat het uiteindelijk rendement van de installatie sterk afhankelijk is van de manier van belichten en van de gewastoestand (hoeveelheid onderschept licht neemt toe met groei van gewas). Tussenbelichting (indien toepasbaar) kan een methode zijn die een hoger lichtrendement biedt dan bovenbelichting.

Het rendement kan gedefinieerd worden als de hoeveelheid onderschept licht door het gewas in lm gedeeld door de totale toegevoerde hoeveelheid licht in lm (NEN 1891). In het kader van dit onderzoek wordt het rendement niet verder meegenomen, aangezien er verwacht wordt dat er onvoldoende relatie is tussen het rendement en de ondervonden hinder.

4.2 Meetinstrumenten

Dit meetprotocol gaat uit van de volgende meetinstrumenten:

- Luxmeter
- Luminantiemeter
- Luminantiecamera
- Digitale camera met programmeerbare opnames

De metingen die met deze instrumenten gedaan kunnen worden zullen beknopt worden toegelicht.

4.2.1 *Luxmeter*

De eisen waaraan een luxmeter moet voldoen zijn opgenomen in NEN 1891. Bij metingen rondom kassen gaat het in het algemeen om zeer kleine verlichtingssterktes (< 1 lx), waardoor het onderbereik van de luxmeter van belang is. De gevoeligheid van de gebruikte luxmeter moet dus groot zijn in het ondermeetbereik. Wanneer gemeten wordt aan lichtsterktes boven een onafgeschermd kasdek, gaat het om normale verlichtingssterktes en zal het meten met standaard luxmeters geen probleem zijn.

Een probleem van luxmeters is dat ze door middel van een V_{λ} correctie gecorrigeerd zijn voor het menselijk oog voor fotonisch zien. Het gaat hier om nachtelijke lichthinder, waarbij het mogelijk is dat het oog geïmponeerd is aan scotopisch zien, waarvoor op de luxmeter de V_{λ} correctie toegepast moet worden. V_{λ} is 1 bij $\lambda = 555$ nm. V_{λ} is 1 bij $\lambda = 507$ nm.

Ook is belangrijk dat de meetcel voldoende cosinus gecorrigeerd is, waardoor wordt gecorrigeerd voor niet-loodrecht invallend licht. In dit protocol wordt uitgegaan van de huidige NEN 1891 norm, waarin alle eisen ten aanzien van lichtmeetapparatuur zijn vermeld.

4.2.2 *Luminantiemeter*

De eisen waaraan een luminantiemeter moet voldoen zijn ook opgenomen in NEN 1891. Net zoals bij de luxmeter is de gevoeligheid van de sensor in het onderbereik (< 1 cd/m²) van groot belang. Daarnaast speelt ook hier het probleem dat gangbare luminantiemeters zijn gecorrigeerd voor fotonisch zien in plaats van scotopisch zien. Onderzoek zal moeten uitwijzen of dit van grote invloed is op het meetresultaat.

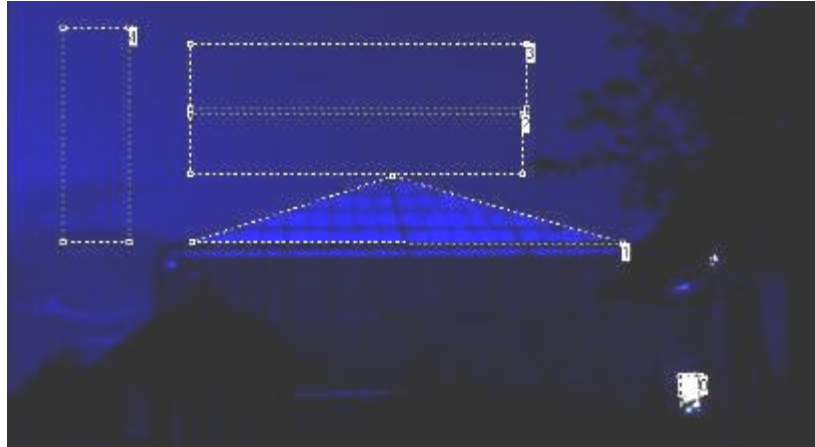
Gebruikte luminantiemeters tijdens uitvoering van dit protocol dienen te voldoen aan NEN 1891 norm.

4.2.3 *Digitale meetinstrumenten*

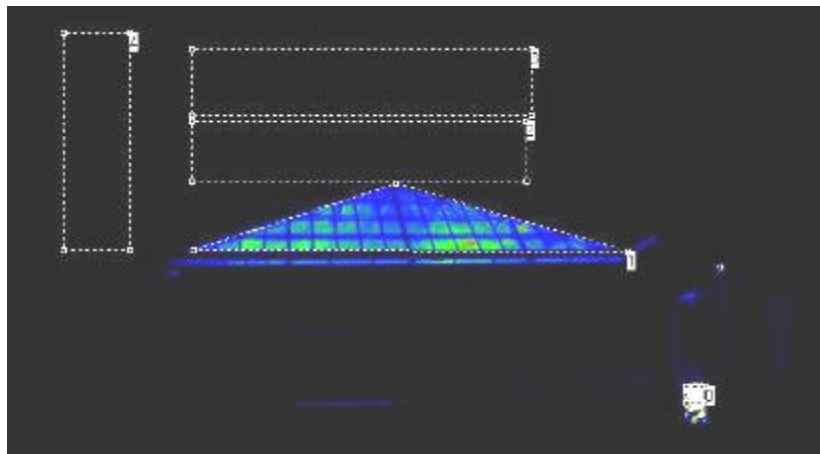
Naast professionele luminantiecamera's kunnen ook gangbare, goedkopere digitale camera's worden toegepast. Beiden worden hier kort toegelicht.

4.2.4 *Luminantiecamera*

De luminantiecamera is een geijkt instrument en levert als output meteen luminantiebeelden. In de NEN 1891 norm is deze manier van meten nog niet opgenomen. In dit protocol zal hiervoor nog een richtlijn moeten worden opgesteld ten aanzien van V_2 correctie, gevoeligheid (dynamic range), sensorgrootte (aantal pixels) en dergelijke. De hardware vereist ook software om de gemaakte beelden te kunnen verwerken. Er zal een standaardprocedure ontwikkeld moeten worden voor het opslaan en bewerken van beelden, zoals bijvoorbeeld het bepalen van de gemiddelde luminantie.



Figuur 4.1 - Beeld van de luminantiecamera bij schemering, te zien is dat het “driehoekje” van de kopgevel van de kas iets helderder is dan de omgeving



Figuur 4.2 - Beeld van de luminantiecamera bij duisternis, te zien is dat het “driehoekje” van de kopgevel van de kas helder oplicht, verder zijn de posities van de lampen zichtbaar. De gevel is afgeschermd, rechtsonder is wel een onafgeschermd deur te zien (wit)

4.2.5 *Digitale camera met programmeerbare opnames*

In vergelijking tot de luminantiecamera, zijn de digitale camera's een stuk goedkoper en meer wijdverspreid. Hiertegenover staat dat ze in eerste instantie geen eenduidig resultaat genereren, aangezien bij deze camera's het diafragma, sluitertijd en brandpuntafstand niet vast staan ingesteld. Onderzoek zal moeten uitwijzen of digitale

camera's na ijking geschikt zijn voor het bepalen van luminanties. Met een gekalibreerde digitale camera kan ook de lichtstroom van het kasdek naar de omgeving gemeten worden.

Indien in de meetprocedure gebruik kan worden gemaakt van digitale camera's, zal heel goed vastgelegd moeten worden aan welke voorwaarden deze moeten voldoen en welke instellingen gebruikt moeten worden, om te komen tot een betrouwbaar resultaat.

Een groot voordeel van het toepassen van deze techniek, is dat ook ingenieurbureaus en handhavende instanties het meetprotocol kunnen toepassen en alleen in speciale gevallen, wanneer zeer exacte data gewenst zijn een meting met een professionele luminantiecamera kan worden uitgevoerd.

4.3 Meetprotocol

Het meetprotocol voorziet in de volgende metingen:

Directe lichtuitstoot	Verticale verlichtingssterkte afhankelijk van afstand
	Horizontale verlichtingssterkte afhankelijk van afstand
	Achtergrondluminantie
Lichtuitstoot naar de hemel	Lichtverlies door kasdek
	Continu meting gloed

4.3.1 Verticale verlichtingssterkte (E_v)

De verlichtingssterkte rond kassen is zeer laag. ($< 1 \text{ lm/m}^2$). De verlichtingssterkte draagt dus nauwelijks bij aan de verlichtingssterkte in woonhuizen (verlichtingssterkte woonkamer ca. 50 lm/m^2). Anders ligt het bij slaapkamers, daar heersen nog lagere verlichtingssterkten. De bijdrage van de lichtemissie van de kas aan de verlichtingssterkte in de slaapkamer kan bepaald worden met de verticale verlichtingssterkte.

Rondom woonhuizen of andere hinderlocaties dient de E_v gemeten te worden op vaste afstanden tot de kas. De meethoogte wordt vastgesteld op 2 meter.

De gestelde afstanden zijn;

250 m

750 m

1250 m

1750 m

2250 m

De meetlocaties dienen een vrij zicht op de kas te hebben. Dmv GPS wordt de precieze afstand tot de kas bepaald. Vervolgens wordt de verlichtingssterkte uitgezet tegen de afstand tot de kas. Voor tussenliggende afstanden kan vervolgens geïnterpoleerd worden. Om de verticale verlichtingssterkte te meten kan er gebruik gemaakt worden van een luxmeter. De kans is aanwezig dat ander strooilicht van bijvoorbeeld straatlantaarns, tuinverlichting of andere kassen de metingen verstoren. Om dit te ondervangen wordt naast een meting van de verlichtingssterkte ook een berekening hiervan gemaakt op basis van het model uit het eerdere TNO onderzoek.

4.3.2 Horizontale verlichtingssterkte (E_h)

Rondom woonhuizen of andere hinderlocaties dient de E_h gemeten te worden op dezelfde afstanden en voorwaarden als de verticale verlichtingssterkte. Als meethoogte wordt hier 1 meter aangehouden. Deze meetwaarde heeft betrekking op de verlichtingssterkte in de tuinen van de omwonenden.

4.3.3 Luminantie kegel (L_{kegel})

Door verstrooiing van het kaslicht in de atmosfeer kan een lichtkegel ontstaan boven de kas(sen). Deze lichtkegel wordt gekenmerkt door de luminantie (helderheid). De luminantie is sterk afhankelijk van de weerscondities en bewolgingsgraad. Er is gekozen om de luminantie van de kegel op verschillende afstanden te bepalen, waarbij dezelfde afstanden worden gehanteerd als bij de verticale en horizontale verlichtingssterkte. Er wordt gebruik gemaakt van zowel een luminantiecamera als een digitale spiegelreflexcamera. Hieronder zijn twee afbeeldingen van metingen te zien. De luminantie wordt afgeleid uit een gemiddelde luminantie of helderheid van een groep pixels in de afbeelding. Er zijn de volgende twee groepen gedefinieerd:

L15 De luminantie op 15 graden boven de horizon

(veelal het felste gedeelte van de lichtkegel)

L0-L15 De gemiddelde luminantie tussen 0 en 15 graden boven de horizon



Figuur 4.3 - Beeld van de luminantiecamera bij locatie Stompwijk, gezien vanaf A4. Rechthoek 1 geeft aan over welk gebied de L0-L15 bepaald wordt. Rechthoek 2 geeft L15 aan.



Figuur 4.4 - Beeld van de digitale spiegelreflex camera op dezelfde locatie in Stompwijk. Diafragma 2.8, Lens 24mm, sluitertijd 8s en 100 iso.

4.3.4 *Continu meting gloed*

De lichtstroom die door het kasdek de hemel instraalt kan de karakteristieke gloed boven de kas veroorzaken. Deze helderheid is sterk afhankelijk van de meteorologische condities. Aangezien de eerder behandelde lichtmetingen op slechts enkele momenten zijn uitgevoerd is behoefte aan een continue opstelling die iedere nacht metingen uitvoert. Hiertoe is in Delfgauw en Stompwijk een zogenaamde continu meting uitgevoerd van de helderheid van de gloed gedurende een langere periode (enkele maanden).



Figuur 4.5 - Foto van de opstelling van de continu meting in Stompwijk

De gloed boven de kas wordt gemeten door de helderheid te bepalen van de gloed vanuit de goot omhoog kijkend. Dit zal gedurende enkele maanden worden gemeten, zodat alle weertypen een keer gemeten worden. Belangrijk hierbij is dat de kas in de buurt staat van een weerstation, zodat de meteorologische condities ook bekend zijn. Aan de hand van de verzamelde data worden een aantal categorieën ingedeeld van gloed behorend bij een weertype, zoals bijvoorbeeld heldere hemel, bewolking, mist, regen. Deze helderheden kunnen vervolgens gerelateerd worden aan de hinderenquêtes. Bij deze enquêtes wordt namelijk ook ingegaan op de verschillende weertypen (zie paragraaf 3.8). Doordat de continu meting de gehele nacht wordt uitgevoerd kan ook de achtergrondluminantie worden bepaald. Dit kan op momenten dat de verlichting is uitgeschakeld.

5 Referenties

- Bergem-Jansen, P.M. van en Vos, J (1991) *Hinder van assimilatiebelichting* (TNO-rapport IZF 1991 C23) Soesterberg: TNO Technische Menskunde
- Bommel, W.J.M. van en Beld, G.J. van den (2003) *Werkverlichting: visuele en biologische effecten* (NVVK-info oktober 2003) CIE
- Besluit glastuinbouw (2002) Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden
- Bloor, M.B. Frankland, J.L. Thomas, M.T. Robson, K. (2001) *Focus groups in social research: Introducing qualitative methods* London, UK: Sage Publications Ltd.
- Boyce, P.R. (2003) *Human factors in lighting* (2nd ed.) Cornwall, TJ International Ltd
- Cajochen, C.; Zeitzer, J.M.; Czeisler, C.A.; Dijk D. (2000) *Dose response relationship for the intensity and ocular and electroencephalographic correlations of the human alertness* (Behavioral Brain Research (2000) **115**, pp 75-83) Brigham: Harvard Medical School
- Illuminating Engineering Society of North America, IESNA (2000) *The IESNA lighting handbook* (9th ed.) New York: IESNA
- Kool, M. en Spanbroek, N. (2004). *Inventariserend onderzoek naar de beleving van "licht en donker"* (RMNO-reeks Voorstudies en achtergronden, Voorstudie nr. V.06) Den Haag: Raad voor Ruimtelijke Ordening, Milieu- en Natuuronderzoek (RNMO).
- Lange, H. (1998) *Handbuch für Beleuchtung* (SLG, LiTG, LTAG en NSVV) Landsberg am Lech: Ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co. KG
- Langers, F., de Boer, T. A., & Buijs, A. E. (2005). *Donkere nachten: De beleving van nachtelijke duisternis door burgers* (Alterra-rapport 1137, Reeks Belevingsonderzoek nr. 13). Wageningen: Alterra.
- Molenaar, J.G. de; Jonkers, D.A.; Henkens, R.J.H.G. (1997) *Wegverlichting en natuur: Een literatuurstudie naar de werking en effecten van licht en verlichting op de natuur*, Wageningen: Alterra, Research instituut voor de groene ruimte
- Molenaar, J.G. de; Jonkers, D.A.; Sanders, M.E. (2000) *Wegverlichting en Natuur III: Lokale invloed van wegverlichting op een gruttopopulatie*, Wageningen: Alterra, Research instituut voor de groene ruimte
- Molenaar, J.G. de (2003) *Lichtbelasting: Overzicht van de effecten op mens en dier* (Alterra-rapport 778) Wageningen: Alterra, Research instituut voor de Groene Ruimte
- Narisada, K. en Schreuder, D.A. (2004). *Light pollution handbook* Norwell, USA: Springer
- NSVV (1999). *Algemene richtlijn betreffende lichthinder. Deel 1. Algemeen en Grenswaarden voor sportveldverlichting* Arnhem: Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde NSVV.

NSVV (2003). *Algemene richtlijn betreffende lichthinder. Deel 2. Terreinverlichting* Arnhem: Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde NSVV.

NSVV (2005) *seminar "Goed licht, maar niet te veel – Zonder hinder verlichten, aanlichten en lichtreclame maken in de openbare ruimte"* Amsterdam: NSVV

Pijnenburg, J. Camps, M. Jongmans-Liedekerken, G. (1991) *Assimilatiebelichting nader belicht* Venlo: GGD Noord-limburg

Stephen, M.P. (2004) *Lighting for the human circadian clock: recent research indicates that lighting has become a public health issue* (Medical Hypotheses (2002), **63**, pp 533-596) Ketchum, USA

Vaughn, S. Schumm, J.S. Sinagub, J.M. (1996) *Focus group interviews in education and psychology* London, UK: Sage Publications Ltd.

Vegte, J.W. van der (2000) *Ecologische effecten van strooilicht uit glastuinbouw* (scriptie 20 juni 2000) Rotterdam: IWACO, Adviesbureau voor water en milieu

Wakefield, S.E.L. Elliott, S.J. Cole, D.C. Eyles, J.D. (2001) *Environmental risk and (re)action: air quality, health and civic involvement in an urban industrial neighbourhood* Health and Place (2001), **7**, pp 163-177

Zweitzer, J.M.; Dijk, D.; Kronauer, R.E.; Brown, E.N.; Czeisler, C.A. (2000) *Sensitivity of the human circadian pacemaker to nocturnal light: melatonin phase resetting and suppression* (journal of Physiology (2000), **526.3**, pp 695-702) Boston: Harvard Medical school

A Resultatenbeschrijving reeds gehouden onderzoeken

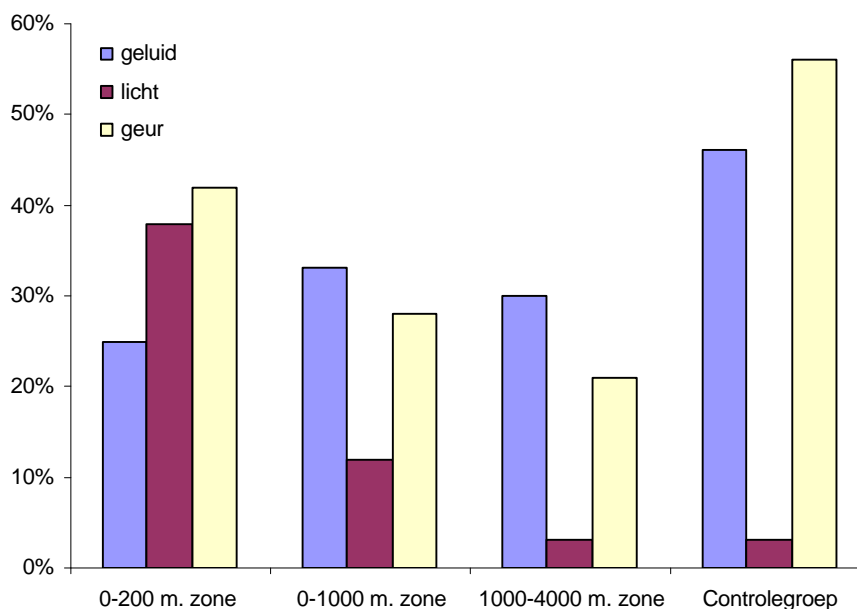
A.1 GGD Noord-Limburg (1991)

Doordat er begin 1990 bij de GGD Noord-Limburg veel klachten binnen kwamen, startte de GGD destijds een onderzoek naar de effecten van assimilatiebelichting op de mens. Om de aandacht niet te richten op de hinder van kasverlichting, werd het onderzoek zo opgezet dat ook de aandacht werd gericht op overlast door geluid en stank. Er werd onder 670 mensen (484 respondenten) geënquêteerd in Noord-Limburgse gemeentes met kassen en als controlegroep in gemeentes zonder kassen. Bij de omwonenden van kassen werd een onderverdeling gemaakt in drie zones: 0-200 meter, 0-1 km en 1-4 km. De belangrijkste gegevens van de enquête zijn opgenomen in bijlage B.1.

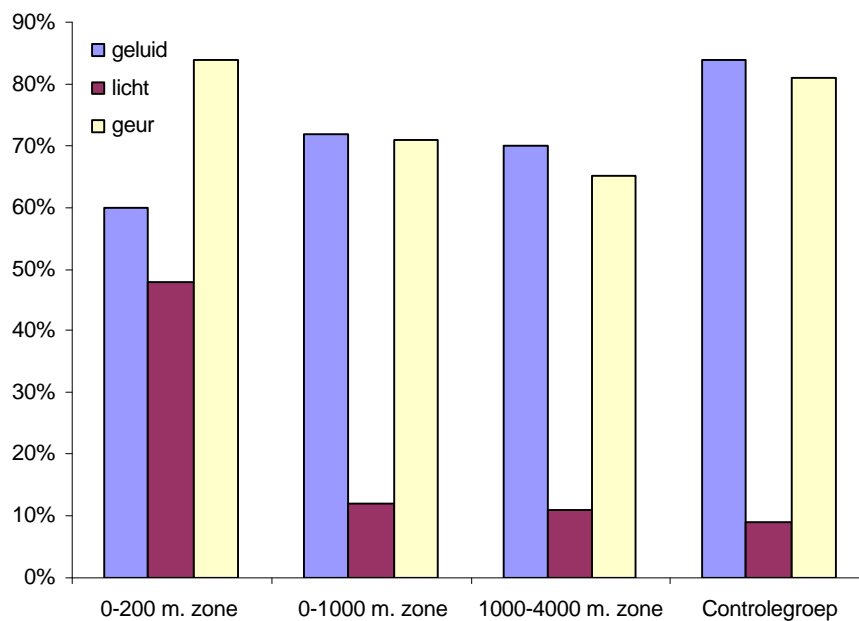
Naast de vragen over ervaren hinder, werd door middel van de Vragenlijst Over de Ervaren Gezondheid (VOEG), een stress-scorelijst en het aantal dagen dat men ziek was gedurende de laatste drie maanden voor het onderzoek, de mogelijke effecten op de gezondheid door kunstlicht gemeten. Uit deze tests konden geen significante conclusies getrokken worden.

Figuur 5.1 laat zien dat de respondenten buiten de 200 meter zone relatief (als aandeel van totale hinder) meer ontevreden zijn over aanwezig geluid en stank en dat binnen deze zone juist veel respondenten ontevreden zijn over licht.

Voor de ervaren hinder “soms tot vaak” laat Figuur 5.2 een soortgelijk beeld zien. Qua geluids- en stankhinder zijn er geen grote verschillen tussen de zones onderling, maar de ervaren lichthinder binnen de 200 meter zone (48 %) is opvallend hoog. Hierbij moet opgemerkt worden dat zijafscherming destijds nog niet verplicht was.

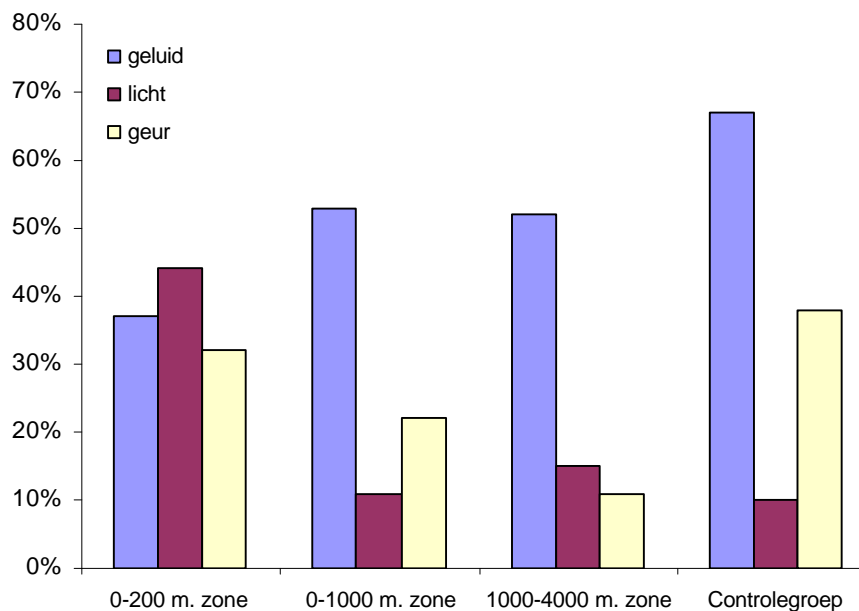


Figuur 5.1 - Percentage ontevredenheid van totaal aantal respondenten met betrekking tot omgevingsgeluid, kunstlicht en stank.



Figuur 5.2 - Percentage respondentent dat soms tot vaak hinder ondervindt van omgevingsgeluid, stank of kunstlicht.

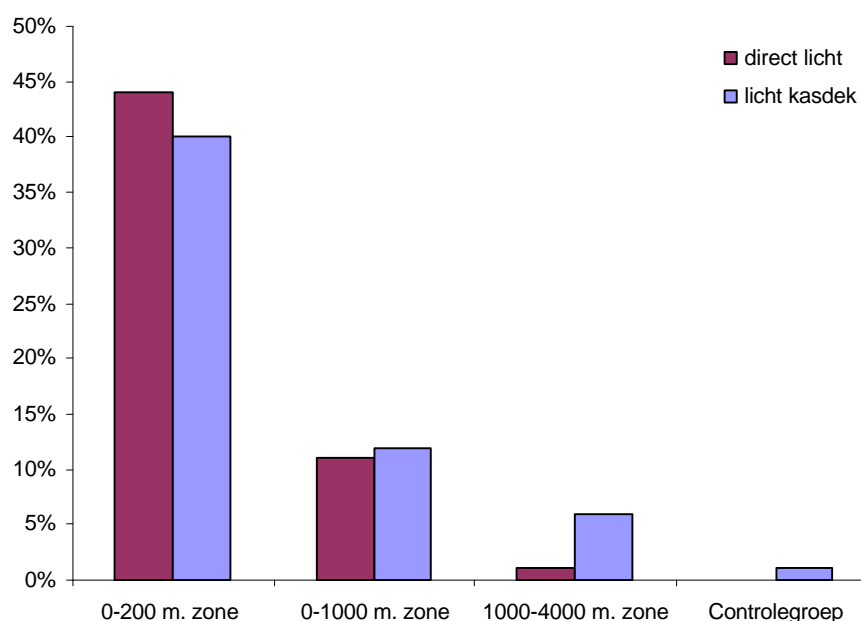
Volgens Figuur 5.3 vormt kunstlicht de grootste hinderbron in de 200 meter zone, hinderpercentage van 44 %. Overigens laat de figuur zien dat de respondenten ook vaak hinder van geluid ondervinden, terwijl de hinder door geur minder wordt ervaren bij de frequentie 'vaak'.



Figuur 5.3 - Percentage respondentent dat vaak hinder ondervindt van omgevingsgeluid, stank of kunstlicht.

Kijkend naar alledrie de figuren kan opgemerkt worden dat de algemeen ervaren lichthinder in de buurt van kassen ($\pm < 200$ meter, '±' want 200 meter is hier door de GGD arbitrair gekozen) erg verschilt met de ervaren lichthinder in de overige zones.

Figuur 5.4 is specifiek gericht op de overlast door kasverlichting. Uit de figuur blijkt dat het aantal gehinderden sterk (exponentieel) afneemt als de afstand tot de kassen toeneemt. In het controlegebied is de ervaren hinder in en rond de woning gelijk aan 0, doordat er geen kassen aanwezig zijn. Ondanks dit werd 1 % van de respondenten uit het controlegebied door de volgens hun afkomstig van assimilatiebelichting oranje gloed (in de enquête gevraagd als 's avonds licht in de verte, dit kan dus ook van andere bronnen afkomstig zijn) gehinderd.



Figuur 5.4 - Percentage respondenten dat last heeft van directe verlichting van tuin en woonhuis door kassen en percentage respondenten dat last heeft van de oranje gloed (licht kasdek) boven de kassen.

Ook werd de respondenten nog gevraagd in welke mate zij gestoord werden bij diverse activiteiten (zie bijlage B.1). Na analyse bleken de scores van de 200 meter zone voor de volgende aspecten significant verschillend dan bij de andere zones:

- hinder bij inslapen
- irritatie
- verstoring van de vrijetijdsbesteding
- afleiding

Pijnenburg *et al.* (1991) concluderen dat er een verschil is tussen het percentage personen dat een potentiële hinderbron ervaart en het percentage dat daadwerkelijk hinder heeft van deze hinderbron. Verder geven zij als punt van discussie de kleine groep respondenten uit de 200 meter zone. Het zijn er namelijk maar 25. In de overige zones zijn het er rond 150.

Uit het onderzoek blijkt dat er relatief veel overlast door geluid en stank bestaat in vergelijking met overlast door kunstlicht, uitgezonderd de 200 meter zone.

Bij de GGD Noord-Limburg waren ook nog de volgende klachten bij omwonenden van kassen bekend:

- slapeloosheid
- depressies
- angstdromen bij kinderen
- beklemd gevoel
- angst

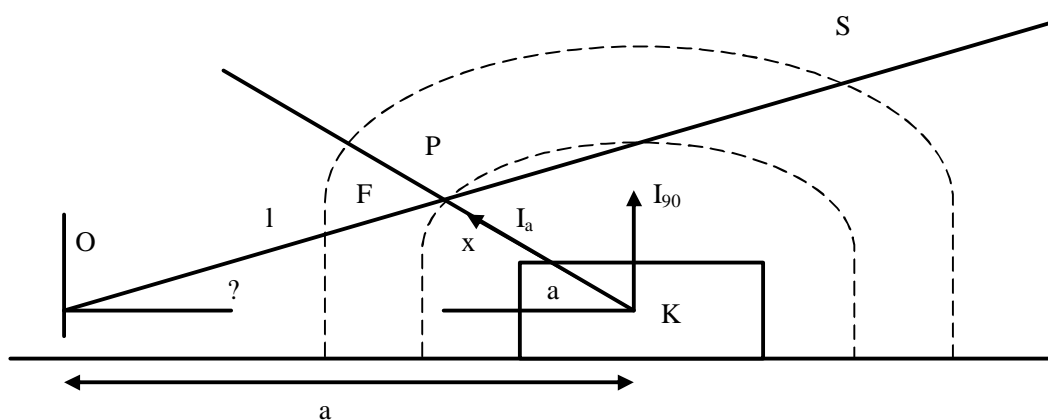
Ook werd het licht als onwerkelijk, angstaanjagend en luguber ervaren. Deze klachten en de zeven onderzochte lichthinderparameters (hinder bij inslapen, irritatie, gordijnen dichtmaken, verstoring vrijetijdsbesteding, in een andere kamer gaan zitten, niet op gemak in huis en afleiding) zullen in dit onderzoek meegenomen worden als mogelijke indicator voor lichthinder door kassen. Hun mogelijke relevantie moet nog blijken in vervolgonderzoek.

A.2 TNO-IZF (1991)

Het onderzoek van de GGD Noord-Limburg heeft gepoogd relaties te vinden tussen ervaren lichthinder en de bijbehorende receptielocatie ten opzichte van de kas, dat wil zeggen het kaart brengen van afstand-effect-relaties, waarbij afstand werd genomen als een maat voor de dosis. TNO heeft een poging gedaan om rechtstreeks dosis-effect-relaties in kaart te brengen door enquêtegegevens te koppelen aan berekende verticale verlichtingssterkte E_v op de woninggevels, de luminantie L_{15} en de luminantieverhouding L_{15}/L_d . L_{15} is de luminantie van de gloed boven de kas onder een kijkhoek van 15° . L_d is de luminantie van de donkere niet door kassen verlichte hemelkoepel. E_v is berekend met behulp van Vgl. 5.1. De lichtgevende kasgevel met oppervlak A en met een luminantie $L(\alpha)$ ($\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$) straalt licht uit onder een hoek α en veroorzaakt op een afstand a (m) een verticale verlichtingssterkte E_v (lx).

$$E_v = \frac{L(\alpha) \cdot A \cos(90^\circ - \alpha)}{a^2} \cdot e^{-3a/V_m} \cdot \cos \alpha \quad \text{Vgl. 5.1}$$

De luminantie L_{15} ($\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$) is berekend uit de lichtsterkte $I(\alpha)$ (cd) van de gloed boven de kas. De variabelen en parameters van de volgende formules zijn weergegeven in Figuur 5.5.



Figuur 5.5 - Samenhang van relevante parameters voor berekening van L_{15} .

Het vanuit punt K onder een hoek α geëmitteerde licht wordt in P onder een hoek β gedeeltelijk verstrooid richting punt O. Om de totale luminantie onder een kijkhoek β (L_{15}) in O te vinden moet over de afstand OS geïntegreerd worden. S is het punt waarin het verstrooide licht praktisch niet meer bijdraagt aan de luminantie. Op de afstand PO (l) vindt uitdoving plaats, waarvoor door middel van het meteorologisch zicht V_m en de verstrooiingsfunctie $f(F)$ van Chesterman en Stiles (1948) gecorrigeerd wordt.

Vgl. 5.2 toont de formule voor de lichtsterkte $I(\alpha)$ die nodig is voor de berekening van L_{15} . Hierbij is men uitgegaan dat de functie verloopt via een volkomen diffuse straler (Lambert straler). t is de lichttransmissie van het kasdek; r is de diffuse reflectiefactor van het gewas; E is de verlichtingssterkte van de assimilatiebelichting en A is het kasdekoppervlak.

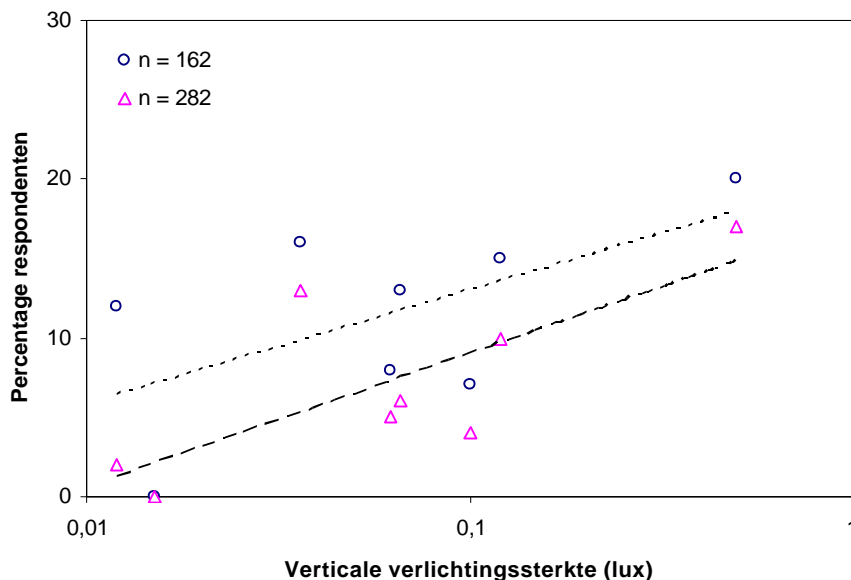
$$I(\alpha) = I_{90} \cdot \cos(|90^\circ - \alpha|) = \frac{t \cdot r \cdot E}{p} \cdot A \cdot \cos(|90^\circ - \alpha|) \quad \text{Vgl. 5.2}$$

Met de gegevens van Vgl. 5.2 werd vervolgens met behulp van Vgl. 5.3 L_{15} berekend. Hierin is k de afstand KP.

$$L(g) = \int_0^s \frac{I(\alpha)}{x^2} \cdot e^{-3x/V_m} \cdot \frac{3/V_m}{4p} \cdot f(F) \cdot e^{-3x/V_m} dl \quad \text{Vgl. 5.3}$$

Net zoals bij het GGD onderzoek werden in de enquête vragen gesteld onder 495 omwonenden (391 respondenten) met betrekking tot algehele hinder in de woonomgeving van de respondenten. De belangrijkste gegevens zijn opgenomen in bijlage B.2.

Hieronder zullen alleen de enquêtegegevens besproken worden die voldoende gecorreleerd ($r > 0,7$) en significant ($p < 0,05$) zijn.



Figuur 5.6 - Percentage respondentent die kaslicht in woning/tuin als “sterk” of “erg sterk” beoordelen. Het percentage is weergegeven ten opzichte van respondentent die zeggen direct zicht te hebben op de kassen ($n = 162$) en ten opzichte van alle respondentent ($n = 282$) als functie van E_v .

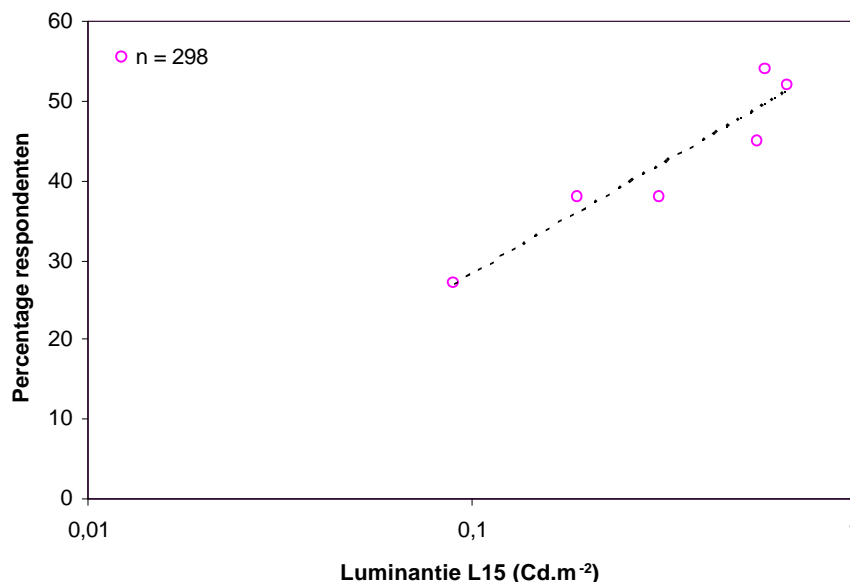
Figuur 5.6 laat het verband zien tussen de E_v (verticale verlichtingssterkte) en de beoordeling van het kaslicht als “sterk” en “erg sterk”. De relatie is zwak gecorreleerd ($r = 0,56$) en niet significant ($p > 0,10$) voor de deelpopulatie (o) die aangeeft direct zicht te hebben op de kassen. Voor de gehele steekproef (?) echter is het verband meer gecorreleerd ($r = 0,75$) en wel significant ($p < 0,025$). De vergelijking van de trendlijn is $y = 17,4 + 8,36 \cdot \log(E_v)$.

Er kon geen significant verband gevonden worden tussen de ondervonden hinder en de verticale verlichtingssterkte E_v .

Er zijn geen verbanden gevonden tussen E_v en de subjectieve lichtsterkte en hinder van direct kaslicht (door zijgevel) tijdens avondwandelingen en vanuit de woning.

In Figuur 5.7 wordt de positieve relatie getoond tussen de gloedluminantie L_{15} en het percentage respondenten dat de gloed als “sterk” of “zeer sterk” beoordeeld.

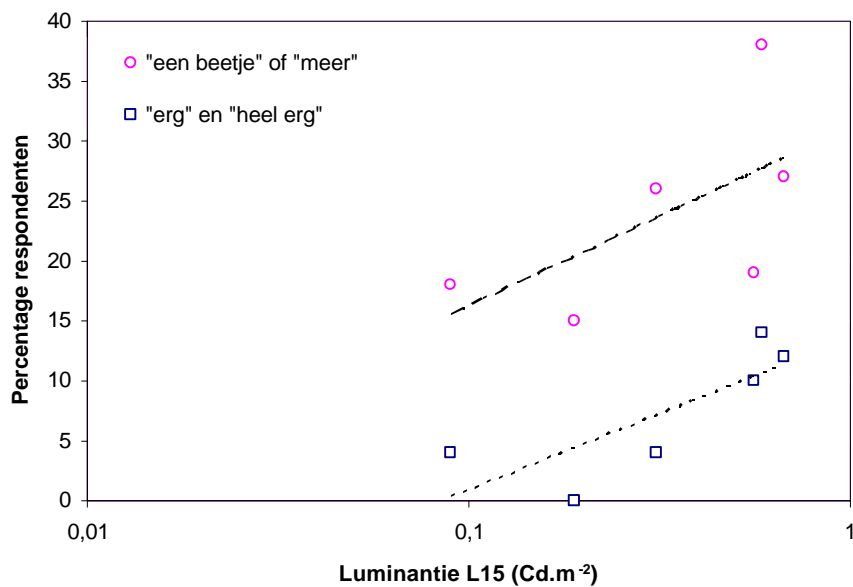
Het verband wordt gegeven door de vergelijking $y = 55,9 + 27,7 \cdot \log(L_{15})$. De correlatiecoëfficiënt bedraagt 0,95 en de relatie is significant met $p < 0,005$.



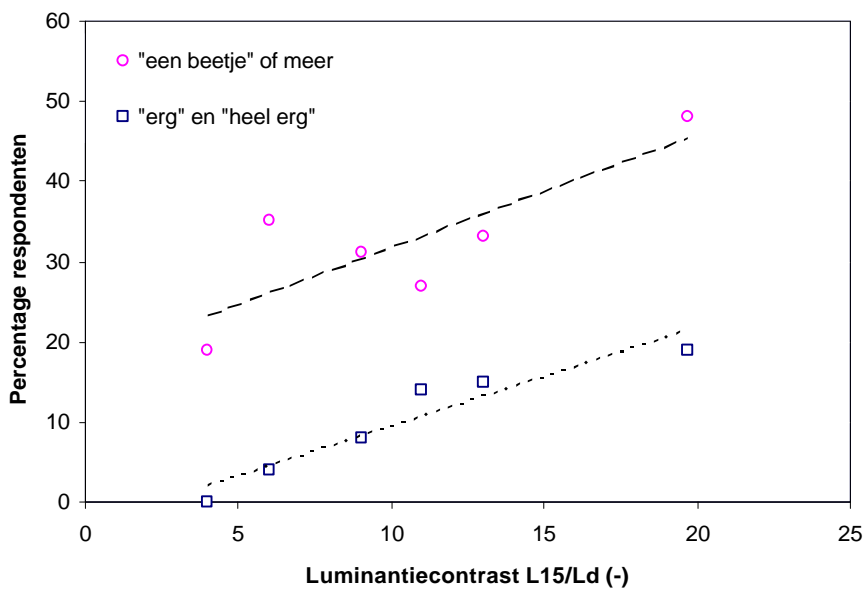
Figuur 5.7 - Percentage respondenten die de sterkte van de gloed die zij in hun woonomgeving menen te zien als “sterk” of “erg sterk” beoordelen als functie van de luminantie L_{15} .

Binnen de deelpopulatie die de gloed menen te zien bestaat er geen significant verband tussen de ervaren hinder en L_{15} . Voor de gehele populatie is dit wel het geval indien de hinder als “erg” of “heel erg” beschouwd wordt, maar niet voor de respondenten die “een beetje of meer” hinder ondervinden. Dit wordt getoond in Figuur 5.8. Voor “erg” of “heel erg” geldt de relatie $12,9 + 12,1 \cdot \log(L_{15})$ met $r = 0,77$ en $p < 0,05$.

Wanneer in plaats van de luminantie L_{15} de luminantieverhouding L_{15}/L_d wordt gebruikt, zijn zowel voor een beetje als erg gehinderden de gevonden relaties significant. Deze verbanden zijn afgebeeld in Figuur 5.9. Voor de respondenten die de gloed “een beetje of meer” hinderlijk vonden geldt de relatie $y = 17,9 + 1,3 \cdot L_{15}/L_d$ met $r = 0,79$ en $p < 0,05$. Voor het percentage “erg” of “heel erg” gehinderden is dit verband nog duidelijker. De relatie is $y = -2 + 1,1 \cdot L_{15}/L_d$ met $r = 0,93$ en $p < 0,005$.



Figuur 5.8 - Percentage respondentent (van alle respondentent) die gloed "een beetje of meer" hinderlijk vinden (o) en het percentage dat dit "erg of heel erg" hinderlijk vindt (□) als functie van de gloedluminantie L_{15} .



Figuur 5.9 - Percentage respondentent (van alle respondentent) die gloed "een beetje of meer" hinderlijk vinden (o) en het percentage dat dit "erg of heel erg" hinderlijk vindt (□) als functie van de luminantieverhouding L_{15}/L_d .

Net zoals in de GGD enquête is gevraagd naar de frequentie van hinder door te vragen naar:

- hinder bij inslapen
- dichtdoen gordijnen woonkamer of slaapkamer
- storing vrijetijdsbesteding
- in andere kamer gaan zitten
- zich niet op gemak voelen in huis
- afleiding

Voor alle zeven aspecten werd voor tenminste 90% geantwoord dat dit nooit voorkwam.

Ook is gevraagd of kaslicht de mensen

- angstig
- geïrriteerd
- zenuwachtig
- kwaad
- ontspannen

maakt. Dit bleek eenduidig niet zo te zijn.

Er werden ook nog enkele andere belevingsaspecten van kaslicht onderzocht. Hieruit bleek dat de respondenten over bijvoorbeeld noodzaak dikkere gordijnen, lelijkheid kaslicht en belang donkere nachten nogal verdeeld waren. Zo zou 84% van de respondenten geen klacht indienen over kaslicht en vrijwel niemand zag in de aanwezigheid van kaslicht aanleiding om te verhuizen.

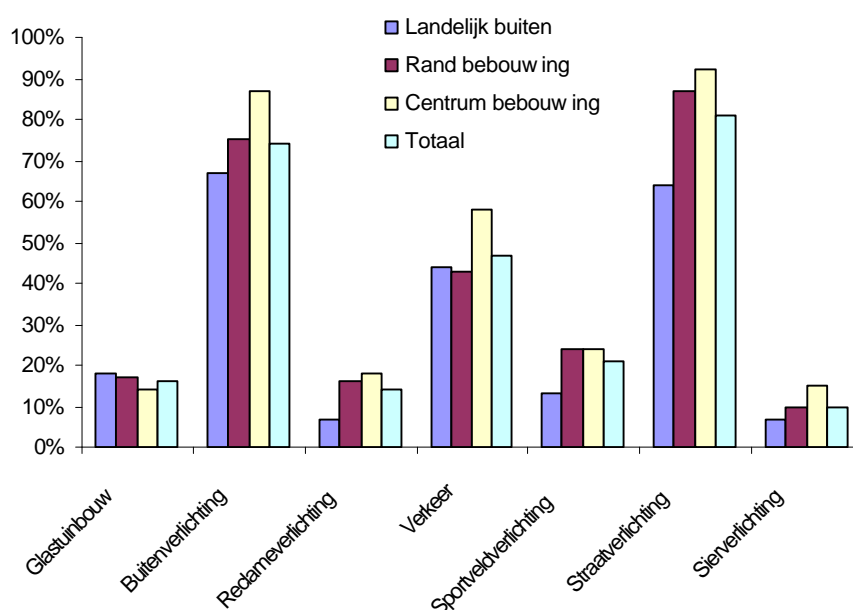
Uit het onderzoek bleek dat naarmate men denkt gevoeliger voor licht te zijn, men ook in sterkere mate gehinderd wordt. Dit verband tussen lichtgevoeligheid (x) en de gemiddelde lichthinder door kaslicht per score op de lichtgevoeligheidsschaal (y) wordt gegeven door $y = 2.52 - 0.31.x$, met $r = 0.87$ en $p < 0,05$. x is geschaald tussen waarde 1 (veel gevoeliger dan andere mensen) en 5 (veel minder gevoelig dan andere mensen). Y is de gemiddelde lichthinder, berekend uit lichthinderscores tussen 0 (helemaal niet gehinderd) en 10 (extreem gehinderd).

Of er sprake is van gewenning of groeiende irritatie door kaslicht kon niet worden aangetoond. Wel werd benadrukt dat opleidingsniveau van invloed is op de gerapporteerde hinder. Hoger opgeleiden ervaren eerder hinder dan lager opgeleiden.

Volgens de onderzoekers is E_v een bruikbare indicator voor lichthinder (Figuur 5.6), hoewel deze parameter niet in verband kon worden gebracht met lichthinder zelf, maar alleen met de subjectieve lichtsterkte. Verder beschouwen ze L_{15} als geschikte indicator voor de gloed boven het kasdek (Figuur 5.7 en Figuur 5.8). Verder toont Figuur 5.9 aan dat de lichthinder door de oranje gloed groter is naarmate de onbelichte hemelkoepel donkerder is (L_d neemt dan af).

A.3 RNMO (2004)

Het RNMO onderzoek (gegevens in bijlage B.3) is in tegenstelling tot het onderzoek door TNO en GGD een algemeen, inventariserend en tamelijk oppervlakkig onderzoek naar de beleving van licht en donker in de provincie Drenthe. Niet alleen burgers, maar ook bestuurders en ambtenaren werden geënquêteerd. Hier worden alleen de resultaten van de burgers (521 inwoners) als relevant beschouwd. Figuur 5.10 laat zien dat ongeveer 15 % van de respondenten op de hoogte is van aanwezige assimilatiebelichting in zijn directe woonomgeving. In verhouding met andere lichtbronnen is dit niet veel. Daarbij kan opgemerkt worden dat het om de provincie Drenthe gaat, waar zich maar enkele kasgebieden bevinden.



Figuur 5.10 - Percentage respondenten volgens wie sprake is van lichtbronnen in de directe woonomgeving.

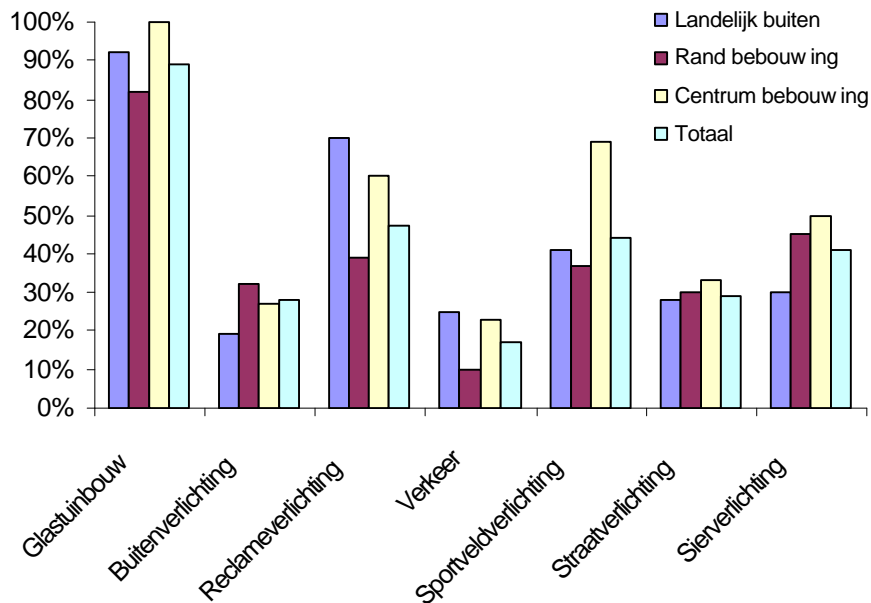
In Figuur 5.11 wordt het percentage gehinderden getoond als percentage van de respondenten die aangaven dat bepaalde lichtbronnen aanwezig waren in hun omgeving. Het diagram stelt de situatie extremer voor dan in de werkelijkheid het geval is, aangezien het percentage gehinderden door kassen rond de 90 % ligt. Dit is dus een fractie van de in Figuur 5.10 genoemde ca. 15 % respondenten die zich bewust waren van glastuinbouw in hun directe omgeving.

Wanneer het percentage gehinderden wordt gerelateerd aan de gehele steekproef, blijkt ca. 14 % van de respondenten hinder te ondervinden door assimilatiebelichting (Figuur 5.12).

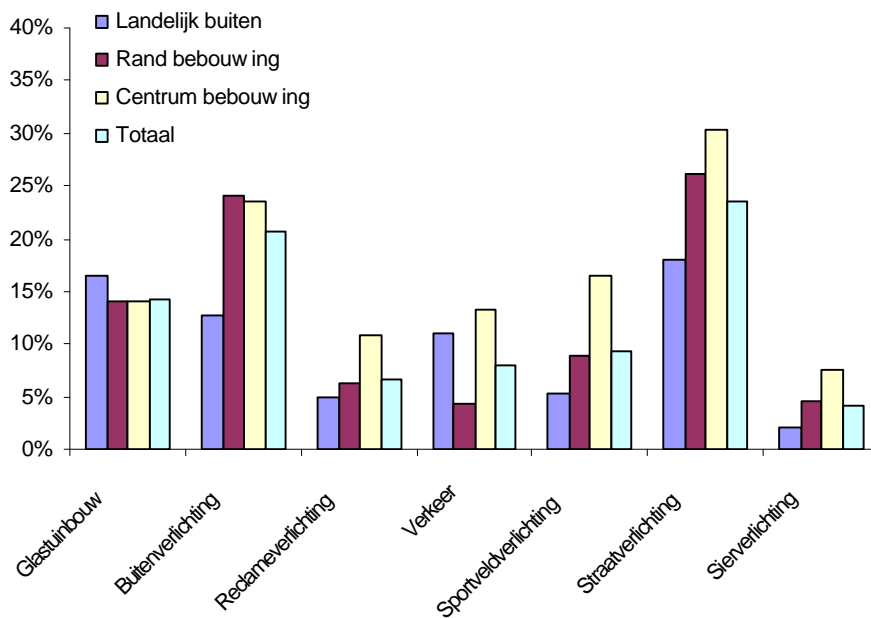
Het onderzoek bestond uit een deel open vragen over de ondervonden lichthinder. Bij kasverlichting werden als hinder de volgende aspecten genoemd:

- sterrenhemel niet meer te zien
- irritant oranje licht, waardoor onrealistisch beeld van leefomgeving
- mogelijke schade aan flora en fauna

Verdere conclusies komen niet uit het onderzoek naar voren.



Figuur 5.11 - Percentage respondenten dat hinder ondervindt van aanwezige lichtbronnen als percentage van respondenten die bepaalde lichtbronnen aanwezig acht.



Figuur 5.12 - Percentage respondenten dat hinder ondervindt van aanwezige lichtbronnen als percentage van alle respondenten.

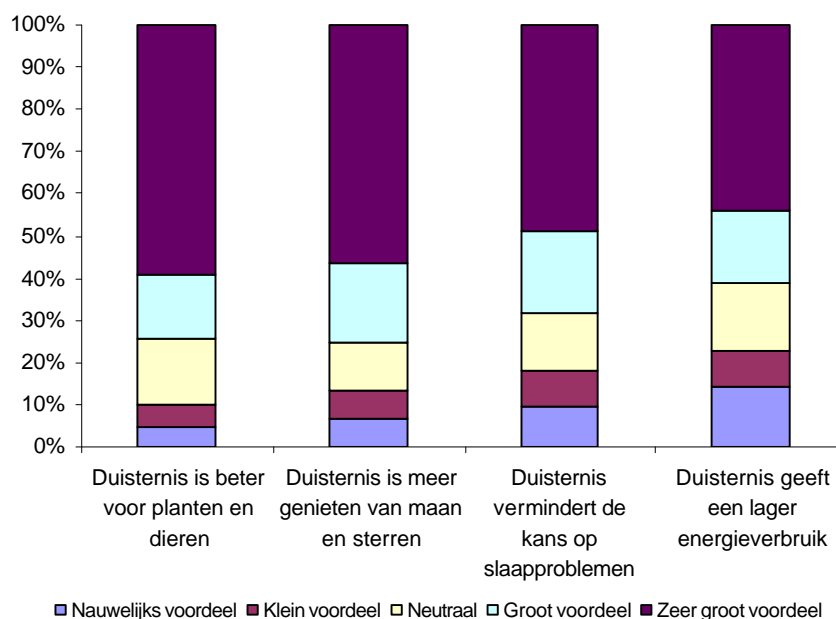
A.4 Alterra (2005)

Het onderzoek van Alterra (gegevens in bijlage B.4) is vergelijkbaar met het inventariserend onderzoek van de RNMO, maar uitgebreider (1200 respondenten).

Uit de enquête blijkt dat de respondenten het belangrijk vinden dat het buiten de bebouwde kom (52 %) en in de directe woonomgeving (42 %) donker is. Wel vinden de ondervraagden het belangrijker dat het buiten de bebouwde kom donker is. Voor beide gevallen geldt dat bewoners uit de noordelijke provincies (Friesland, Groningen, Drenthe en Overijssel) meer belang hechten aan duisternis. Mensen die landelijk wonen (53 %) vinden het belangrijker dat het donker is in de directe leefomgeving dan stedelijke mensen (39 %).

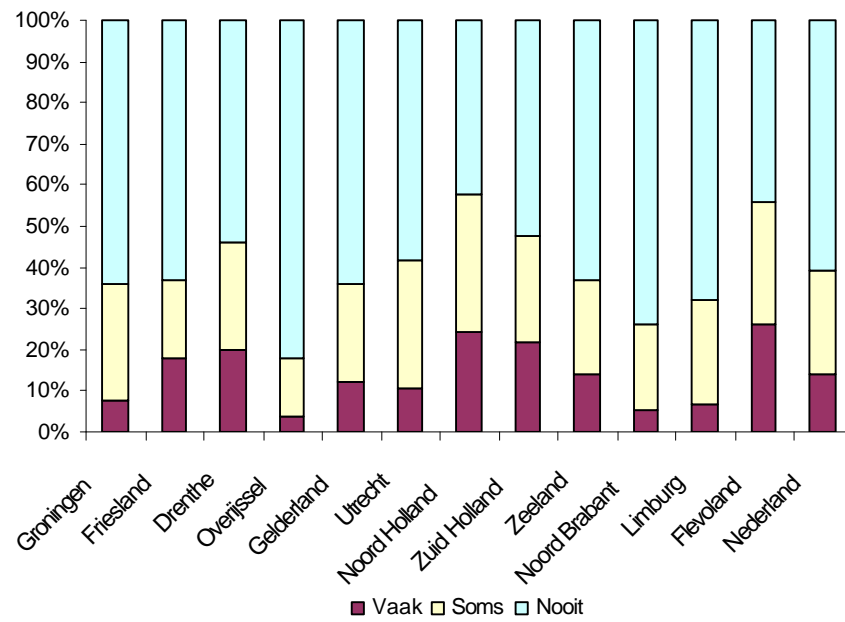
De enquête vroeg naar vier voordelen van duisternis (Figuur 5.13). Deze vier aspecten kunnen ook beschouwd worden als bron van lichthinder, wanneer het niet duister genoeg is:

- invloed flora en fauna
- niet kunnen genieten van maan en sterren
- mogelijke slaapproblemen
- licht kost onnodig energie



Figuur 5.13 - Voordelen van duisternis volgens respondenten Alterra onderzoek.

Figuur 5.14 laat de ervaren hinder door kasverlichting zien voor de twaalf verschillende provincies. Volgens het onderzoek storen mannen zich meer aan kaslicht dan vrouwen, respectievelijk 17 % en 8 % noemt deze lichtbron als meest storend. Uit de figuur kan worden opgemerkt dat de meeste hinder wordt ondervonden in de provincies Noord- en Zuid-Holland, Friesland, Drenthe en Flevoland. Een verklaring hiervoor zou enerzijds de hoge concentratie kassen in Noord- en Zuid-Holland kunnen zijn en anderzijds het landelijk gebied in Drenthe, Friesland en Flevoland waar geconcentreerd nieuwe kasgebieden ontstaan. Binnen het onderzoek vormt kasverlichting in Flevoland zelfs de grootste hinderbron. Overige opmerkingen van respondenten hebben vooral betrekking op de storende oranje gloed veroorzaakt door onafgeschermd kasdek.



Figuur 5.14 - Ervaren lichthinder per provincie als gevolg van assimilatiebelichting in drie onderscheiden frequenties van voorkomen: vaak, soms en nooit.

A.5 Beschrijving factoren die van invloed zijn op ontstaan van hinder

Determinanten:

- *Kenmerken respondent*

Specifieke kenmerken van een persoon die niet direct betrekking hebben op de psyche kunnen de lichthinder beïnvloeden. Volgens het onderzoek van Alterra uit 2005 storen mannen zich eerder aan kaslicht dan vrouwen. Leeftijd kan ook van invloed zijn (toenemende lichtgevoeligheid bij ouder worden). Van Bergem-Jansen en Vos (1995) konden hiervoor echter geen verband aantonen in het onderzoek van TNO uit 1991.

Zoals uit de correlatie van het TNO onderzoek bleek, neemt de lichthinder toe naarmate men denkt lichtgevoeliger te zijn. Dit onderzoek liet ook zien dat de ondervonden hinder bij hogere opleidingsniveaus hoger was.

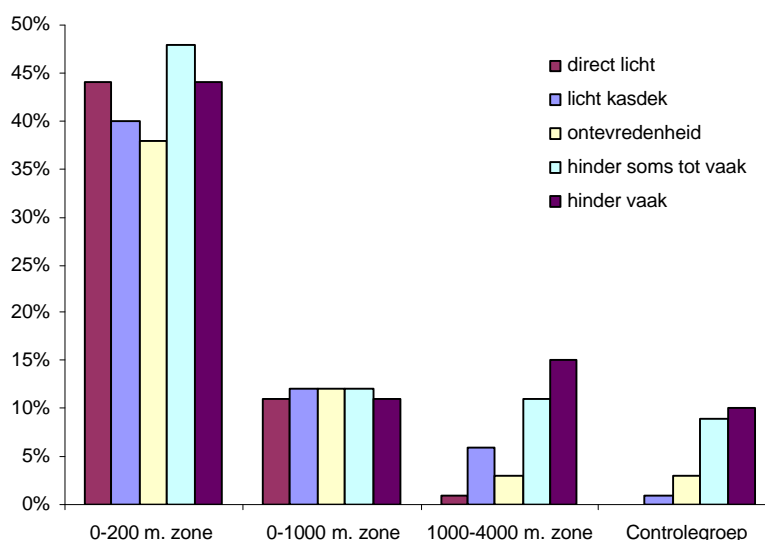
- *Psyche respondent*

Hoe iemand reageert die blootstaat aan assimilatiebelichting, hangt van zijn geestelijke toestand. Hierop van invloed zijn vroegere ervaringen, persoonlijke houding, context en verwachtingen (zie ook Boyce, 2003). Vroegere ervaringen kunnen in verband worden gebracht met (woon)historie en acceptatie (altijd al naast kas gewoond, of net kas naast huis gebouwd). Onder context worden economische en politieke achtergronden verstaan. Twee voorbeelden van verwachtingen zijn als volgt. Men ervaart meer hinder door licht als men verwacht dat licht schadelijk is voor de gezondheid. Dit geldt ook wanneer verwacht milieubewust handelen van de mogelijke hinderbron ontbreekt.

Omgevingsfactoren:

- *Afstand tot kas*

De locatie en omgeving van de receptielocatie (huis of tuin gehinderde) ten opzichte van de kas is van zeer groot belang. Het is een groot verschil of de kas rechtstreeks aan de huiskavel grenst of dat er zich bijvoorbeeld een rij huizen tussenin bevindt. Uitgaande van het GGD onderzoek zijn verschillende hinderpercentages met elkaar gecombineerd, zoals ontevredenheid over licht, hinder door licht en specifiek hinder door kaslicht. Voor al deze aspecten geldt dat ze sterk afnemen naarmate de afstand met de kas groter wordt. Gegevens over de significantie van de getoonde data ontbreken, maar het is goed mogelijk dat bij vervolgonderzoek soortgelijke resultaten gevonden worden. Op basis van het GGD onderzoek werden door TNO dosis-effect-relaties onderzocht, maar deze werden ook niet significant aangetoond voor de ondervonden lichthinder in relatie tot de gemeten parameters, maar ook hiervoor geldt dat de resultaten geschikt lijken als basis voor vervolgonderzoek.



Figuur 5.15 - Relatie tussen lichthinder en afstand tot kas: Percentage gehinderden door direct zicht op kasgevel en door lichtuitstoot van kasdek, percentage ontevredenen over licht, percentage respondenten die soms tot vaak en vaak hinder van licht ondervinden.

- *Locatie kas*

De locatie van de kas in een bepaalde regio kan van invloed zijn op het ontstaan van lichthinder. Uit het onderzoek van Alterra blijkt dat mensen vinden dat het buiten de bebouwde kom donkerder moet zijn. Er kan dus onderscheid gemaakt worden tussen kassen die in de bebouwde kom staan en kassen die in het landelijk buitengebied liggen. In de bebouwde kom is de achtergrondluminantie ook groter, waardoor het contrast met de oranje gloed van de kas lager is en dus minder storend. Volgens Alterra verschilt de perceptie van licht in het donker per provincie. Mensen in de oostelijke en noordelijke provincies hechten meer belang aan duisternis dan mensen elders in Nederland.

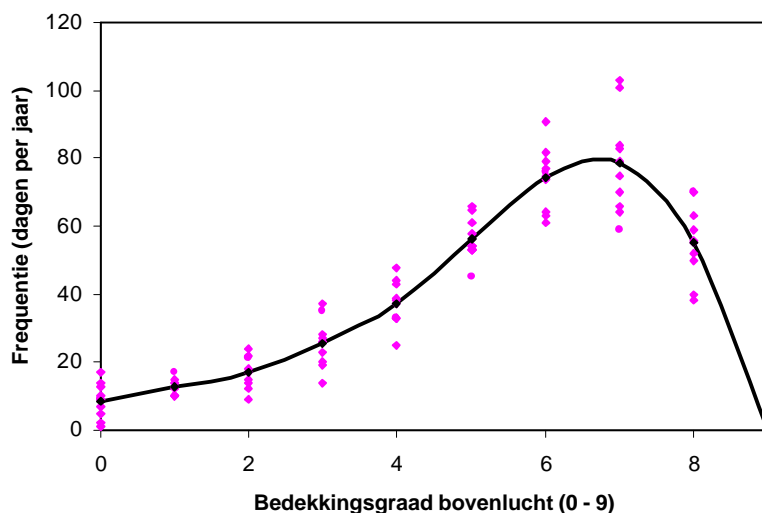
- *Weer-meteorologisch zicht*

Het weer heeft een grote invloed op de omvang en helderheid van de oranje gloed. De hinder bij bewolkt, nevelig weer is vele malen groter dan bij heldere hemel. Uit het TNO-onderzoek (Van Bergem-Janssen en Vos, 1991) bleek dat er bij helder weer en dichte mist nauwelijks hinder is. Er treedt een maximum verstrooiing op bij een meteorologisch zicht van ca. 5000 m. De onderstaande tabel toont het gemiddeld aantal dagen neerslag of mist per jaar als maat voor bewolking, gemiddeld over de periode 1971 tot 2000 voor 15 weerstations in Nederland. Uit de tabel blijkt duidelijk dat het in Nederland vaak bewolkt of mistig is, waardoor aerosolen in de atmosfeer het geëmitteerde licht een of meerdere malen terugkaatsen richting aarde. Het daadwerkelijke aantal uren dat neerslag valt is maar ca. 7-8% van het totaal aantal uren van een jaar (KNMI, 2005).

Tabel 5.1 - Gemiddeld aantal dagen met neerslag of mist (KNMI, 2005).

Weersomstandigheid	Gemiddeld aantal dagen per jaar (1971-2000)	Percentage van aantal dagen per jaar
Mist	70	19 %
Neerslag	228	62 %
Sneeuw	26	7 %
Hagel	17	5 %
Onweer	26	7 %

In de onderstaande figuur wordt een frequentiediagram weergegeven van de bedekkingsgraad van de bovenlucht. Uit de figuur blijkt dat de lucht in Nederland veelal bewolkt is met een bedekkingsgraad van 6 tot en met 8. Naast de bedekkingsgraad speelt ook het coulisse-effect van wolken een belangrijke rol. Wanneer gehinderden schuin tegen de zijkant van wolken aankijken, kan dit als veel storender worden ervaren dan een loodrechte blik naar de onderkant van de bewolking.



Figuur 5.16 - Frequentiediagram van bedekkingsgraad van bovenlucht met schaal 0 tot 9 over de periode 1991-2000 voor weerstation De Bilt. 0 Betekent heldere lucht en 9 betekent totaal onzichtbaar. Frequentie uitgedrukt in aantal dagen per jaar. Zwarte lijn is gemiddelde over hele periode. De datapunten geven de individuele jaren weer. (KNMI, 2005).

- *Invloed andere verstoringen*

Kaslicht kan als storender worden ervaren, naarmate er ook meer sprake is van andere storende factoren zoals geluid of stank. In dat geval fungeert lichthinder mede als indicator voor overige hinderbronnen. Ook kunnen overige lichtbronnen, zoals bijvoorbeeld reclameverlichting en sportveldverlichting bijdragen aan uitspraken over de ondervonden hinder door kassen.

Eigenschappen lichtbron:

- *Type kas*

Hinder door direct zicht op een heldere kasgevel of kasdek kan voorkomen worden door de toepassing van gevelschermen of dekschermen. Ook kan door dekschermen de gloed boven het kasdek weggenomen worden. De ophanghoogte van de armaturen in combinatie met de gevelschermhoogte bepaalt of omwonenden direct zicht hebben op de assimilatielampen.

- *Type belichting*

Het lichtvermogen van het assimilatielicht, dat wil zeggen de lichtsterkte en lichtstroom en ook het tijdstip van belichten zijn bepalend voor de helderheid van de kasgevel (of onafgeschermd driehoekjes tussen goot en nok), kasdek en helderheid van de gloed boven de kas. Toepassing van assimilatiebelichting overdag is niet storend. Een toenemend lichtvermogen betekent een grotere helderheid en veroorzaakt daardoor meer hinder.

B Gegevenstabellen enquêtes

B.1 Gegevens onderzoek GGD Noord-Limburg (1991)

Rapport:	Assimilatiebelichting nader belicht			
Organisatie:	GGD Noord-Limburg			
Auteurs:	J. Pijnenburg, M. Camps en G. Jongmans-Liederkerken			
Datum:	Juni 1991			
Soort onderzoek:	Schriftelijke enquête naar algemene hinder (stank, geluid en licht)			
Onderzoeksgebied:	Gemeenten Horst, Helden en Arcen-Velden			
	Gemeenten Bergen en Meerlo-Wanssum (controlegroep)			
Geënquêteerden	670			
Respondenten:	484 (72%)			
Zonering:	Geënquêteerden		Respondenten	
0-200 m. zone	50		25	50%
0-1000 m. zone	210		150	71%
1000-4000 m. zone	210		155	78%
Controlegroep	200		154	77%
Hinder:	0-200 m. zone	0-1000 m. zone	1000-4000 m. zone	Controlegroep
Tevreden over woonomgeving	80%	81%	79%	74%
Ontevreden over geluid	25%	33%	30%	46%
Ontevreden over licht	38%	12%	3%	3%
Ontevreden over geur	42%	28%	21%	56%
Soms tot vaak hinder van geluid	60%	72%	70%	84%
Soms tot vaak hinder van licht	48%	12%	11%	9%
Soms tot vaak hinder van geur	84%	71%	65%	81%
Vaak hinder van geluid	37%	53%	52%	67%
Vaak hinder van licht	44%	11%	15%	10%
Vaak hinder van geur	32%	22%	11%	38%
Hinder door direct zicht op kas	44%	11%	1%	0%
Hinder door oranje gloed	40%	12%	6%	1%
Verstoring door kunstlicht:	0-200 m. zone	0-1000 m. zone	1000-4000 m. zone	Controlegroep
Hinder bij inslapen (p=0,00)	1,7	1,2	1,1	1,2
Irritatie (p=0,00)	1,8	1,1	1,1	1,2
Gordijnen dichtmaken (p=0,25)	2,6	1,9	1,8	1,0
Verstoring vrije tijd (p=0,02)	1,3	1,1	1,1	0,1
In andere kamer gaan zitten (p=0,03)	1,2	1,1	0,0	0,1
Niet op gemak in huis (p=0,20)	1,2	1,1	0,1	0,1
Afgeleid (p=0,02)	1,4	1,1	0,1	0,1

B.2 Gegevens onderzoek TNO-IZF (1991)

Rapport:	Hinder van assimilatiebelichting									
Organisatie:	TNO Instituut voor Zintuigfysiologie (TNO IZF)									
Auteurs:	P.M. van Bergem-Jansen en J. Vos									
Datum:	1991									
Soort onderzoek:	Schriftelijke enquête naar lichthinder door kassen en bepaling mogelijke dosiseffect relatie									
Onderzoeksgebied:	Bleiswijk, De Meern, Berkel en Rodenrijs, Uithoorn									
Geënquêteerden	495									
Respondenten:	391 (79%)									
Zonering en afstand tot kas in meter:	Geënquêteerden	Respondenten			E_v	L_{15}	L_{15}/L_d			
A-1 Bleiswijk (100)	41	25	61%	0,1	-	-				
A-2 Bleiswijk (20-50)	33	18	55%	0,5	-	-				
B De Meern (1500)	57	45	79%	0,01	0,09	9,0				
C Berkel en Rodenrijs (400)	56	42	75%	0,06	0,59	19,7				
D Berkel en Rodenrijs (400)	75	49	65%	-	0,59	19,7				
E Uithoorn (650)	48	46	96%	0,04	0,67	13,0				
F Uithoorn (1200)	43	34	79%	0,07	0,31	6,0				
G Uithoorn (800)	32	31	97%	0,12	0,56	11,0				
H Uithoorn (1500)	47	41	87%	0,02	0,19	4,0				
I Uithoorn (650)	63	60	95%	-	0,67	13,0				
Hinder:	A-1	A-2	B	C	D	E	F	G	H	I
Aantal respondenten	25	18	45	42	49	46	34	31	41	60
Tevreden over woonomgeving (%)	96%	89%	98%	96%	90%	78%	79%	65%	88%	83%
Aanwezigheid kassen (%)	32%	61%	2%	19%	18%	39%	15%	32%	17%	25%
Direct zicht op kassen	14	15	8	24	5	37	15	20	29	11
Direct zicht op kassen (%)	56%	83%	18%	57%	10%	80%	44%	65%	71%	18%
Woning door kassen verlicht	1	6	1	8	8	17	4	9	7	13
Kaslicht op woning sterk of erg sterk	1	3	1	2	2	6	2	3	0	5
Kaslicht op woning sterk of erg sterk (% van respondenten met direct zicht)	7%	20%	12%	8%	41%	16%	13%	15%	0%	46%
Kaslicht op woning sterk of erg sterk (% van alle respondenten)	4%	17%	2%	5%	4%	13%	6%	10%	0%	8%
Verlichting van hemel door kassen	20	10	26	32	43	39	26	22	32	48
Verlichting van hemel door kassen (%)	80%	56%	58%	76%	88%	85%	77%	71%	78%	80%
Gloed sterk of erg sterk	12	4	7	16	24	21	10	10	12	25
Gloed sterk of erg sterk (% van respondenten die gloed ziet)	60%	40%	27%	50%	56%	54%	38%	45%	38%	52%
Gloed een beetje of meer hinderlijk	8	2	8	13	22	11	9	6	6	16
Gloed een beetje of meer hinderlijk (% van respondenten die gloed zien)	40%	20%	31%	41%	51%	28%	35%	27%	19%	33%
Gloed een beetje of meer hinderlijk (% van alle respondenten)	32%	11%	18%	31%	45%	38%	26%	19%	15%	27%
Gloed erg of heel erg hinderlijk	5	0	2	4	9	5	1	3	0	7
Gloed erg of heel erg hinderlijk (% van respondenten die gloed zien)	25%	0%	8%	13%	21%	13%	4%	14%	0%	15%
Gloed erg of heel erg hinderlijk (% van alle respondenten)	20%	0%	4%	10%	18%	14%	4%	10%	0%	12%

B.3 Gegevens onderzoek RNMO (2004)

Rapport:	Inventariserend onderzoek naar de beleving van "licht en donker"				
Organisatie:	RMNO; Spanbroek, Jonkers & Tiemessen Milieumanagement				
Auteurs:	M. Kool en N. Spanbroek				
Datum:	2004				
Soort onderzoek:	Schriftelijke enquête naar beleving van licht en donker onder bestuurders, ambtenaren en inwoners van Drenthe				
Onderzoeksgebied:	Provincie Drenthe				
Geënquêteerden	Onbekend (vragenlijst bijgevoegd bij huis-aan-huisbladen)				
Respondenten:	521				
Zone:	Respondenten				
Niet bekend	26		5%		
Landelijk buiten	141		27%		
Rand bebouwing	240		46%		
Centrum bebouwing	115		22%		
Hinder:	Landelijk buiten	Rand bebouwing	Centrum bebouwing	Totaal	
Lichtbron aanwezig in directe woonomgeving	Glastuinbouw	18%	17%	14%	16%
	Buitenverlichting	67%	75%	87%	74%
	Reclameverlichting	7%	16%	18%	14%
	Verkeer	44%	43%	58%	47%
	Sportveldverlichting	13%	24%	24%	21%
	Straatverlichting	64%	87%	92%	81%
	Sierverlichting	7%	10%	15%	10%
Hinder als percentage van respondenten die lichtbron aanwezig achten	Glastuinbouw	92%	82%	100%	89%
	Buitenverlichting	19%	32%	27%	28%
	Reclameverlichting	70%	39%	60%	47%
	Verkeer	25%	10%	23%	17%
	Sportveldverlichting	41%	37%	69%	44%
	Straatverlichting	28%	30%	33%	29%
	Sierverlichting	30%	45%	50%	41%
Hinder als percentage van alle respondenten	Glastuinbouw	17%	14%	14%	14%
	Buitenverlichting	13%	24%	23%	21%
	Reclameverlichting	5%	6%	11%	7%
	Verkeer	11%	4%	13%	8%
	Sportveldverlichting	5%	9%	17%	9%
	Straatverlichting	18%	26%	30%	23%
	Sierverlichting	2%	5%	8%	4%

B.4 Gegevens onderzoek Alterra (2005)

Rapport:		Donkere nachten. De beleving van nachtelijke duisternis				
Organisatie:		Alterra				
Auteurs:		F. Langers, T.A. de Boer en A.E. Buijs				
Datum:		2005				
Soort onderzoek:		Schriftelijke enquête via email naar beleving van licht en duisternis zowel op platteland als stad				
Onderzoeksgebied:		Geheel Nederland				
Geënuquêteerden		Bruto steekproef (2040), Netto steekproef (1564)				
Respondenten:		1200 (77% van netto steekproef)				
Zonering		Respondenten				
12 Provincies	Landelijk	12x 50				
	Niet landelijk	12x 50				
Respondenten:		Bruto steekproef	Netto steekproef	Respons		
Groningen		170	130	100	77%	
Friesland		170	131	100	76%	
Drenthe		170	135	100	74%	
Overijssel		170	130	100	77%	
Gelderland		170	129	100	78%	
Utrecht		170	129	100	78%	
Noord-Holland		170	126	100	79%	
Zuid-Holland		170	124	100	81%	
Zeeland		170	142	100	70%	
Noord-Brabant		170	134	100	75%	
Limburg		170	123	100	81%	
Flevoland		170	131	100	76%	
Nederland		2040	1564	100	77%	
Functies duisternis:		Nauwelijks voordeel	Klein voordeel	Neutraal	Groot voordeel	Zeer groot voordeel
Duisternis is beter voor planten en dieren		4.6%	5.5%	15.4%	15.4%	59.1%
Duisternis is meer genieten van maan en sterren		6.7%	6.4%	11.8%	18.7%	56.5%
Duisternis vermindert de kans op slaapproblemen		9.4%	8.4%	13.8%	19.5%	48.9%
Duisternis geeft een lager energieverbruik		14.0%	8.7%	16.3%	16.7%	44.3%
Ervaren hinder door kassen:		Vaak	Soms	Nooit		
Groningen		8.0%	28.0%	64.0%		
Friesland		18.0%	19.0%	63.0%		
Drenthe		20.0%	26.0%	54.0%		
Overijssel		4.0%	14.0%	82.0%		
Gelderland		12.0%	24.0%	64.0%		
Utrecht		10.9%	30.7%	58.4%		
Noord Holland		24.2%	33.3%	42.4%		
Zuid Holland		21.8%	25.7%	52.5%		
Zeeland		14.0%	23.0%	63.0%		
Noord Brabant		5.1%	21.2%	73.7%		
Limburg		7.0%	25.0%	68.0%		
Flevoland		26.0%	30.0%	44.0%		
Nederland		14.3%	25.0%	60.8%		

