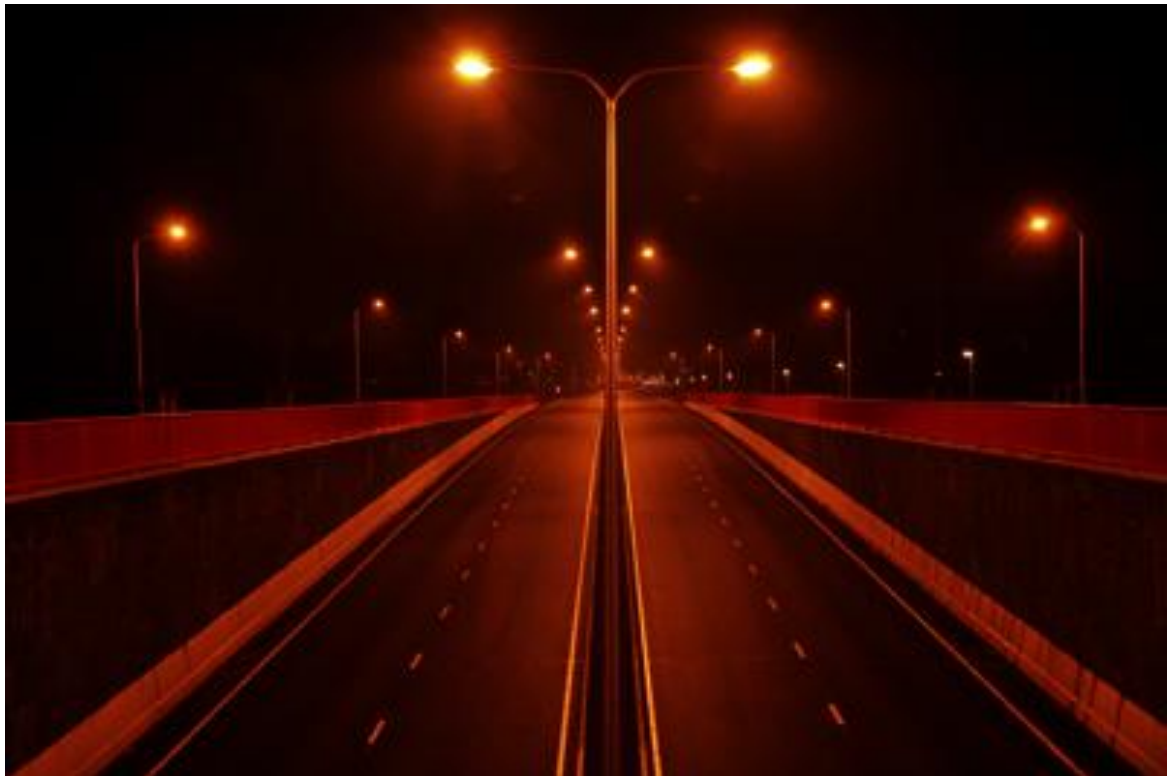


Rapport D.2010.0909.00.R002

IPO Instrument Lichthinder

Lichbronnenonderzoek

Status: DEFINITIEF



Dit rapport is opgesteld door:



Adviseurs voor bouw, industrie, verkeer, milieu en software

NL^{IND}INGENIEURS

info@dgmr.nl
www.dgmr.nl

Van Pallandtstraat 9-11, Postbus 153
NL-6800 AD Arnhem
T +31 (0)26 351 21 41
F +31 (0)26 443 58 36

Eisenhowerlaan 112, Postbus 82223
NL-2508 EE Den Haag
T +31 (0)70 350 39 99
F +31 (0)70 358 47 52

Morra 2, Postbus 671
NL-9200 AR Drachten
T +31 (0)512 52 23 24
F +31 (0)512 52 25 19

Geerweg 11, Postbus 640
NL-6130 AP Sittard
T +31 (0)46 411 39 30
F +31 (0)46 411 39 31



Colofon

Rapportnummer:	D.2010.0909.00.R002	
Plaats en datum:	Den Haag, 15 maart 2011	
Versie:	002	Status: DEFINITIEF
Opdrachtgever:	Interprovinciaal overleg Postbus 16107 2500 BC DEN HAAG	
Opdrachtnummer:	MIL 03991/2010	
Contactpersoon:	Mevrouw ir. M.J. van Asten/Provincie Utrecht	
Telefoon:	030 258 91 11	
Fax:	030 258 24 24	
E-mail:	marian.van.asten@provincie-utrecht.nl	
Uitgevoerd door:	DGMR Software B.V.	
Informatie:	ing. R.G. (Richard) Schmidt	
E-mail:	sd@dgmr.nl	
Telefoon:	070 350 39 99	
Fax:	070 358 47 52	
Auteur(s):	DGMR - ing. R.G. (Richard) Schmidt KEMA - ing. H. (Henk) Spoelstra Sotto le Stelle - drs. W. (Wim) Schmidt	
Eindverantwoordelijke: Voor deze:	ing. S.E. (Erwin) Hartog van Banda ing. R.G. (Richard) Schmidt	
Verwerkt door:	SD MEL	

©DGMR Software B.V., Ministerie I&M en IPO Alle rechten voorbehouden. Wilt u (delen van) dit rapport kopiëren of vermenigvuldigen, vraagt u dan schriftelijk toestemming daarvoor bij DGMR Software B.V.

Inhoudsopgave

Pagina

1. INLEIDING.....	5
2. METHODIEK	6
2.1 Categorieën lichtbronnen	7
2.2 Aandeel verlicht oppervlak.....	8
2.3 Verlichting	8
2.4 Afscherming	9
2.5 Overige vormen van licht.....	9
3. KENTALLEN	10

Bijlage 1: verantwoording

Bijlage 2: woonwijken

Bijlage 3: bedrijventerreinen

Bijlage 4: sportparken

Bijlage 5: kasgebieden

Bijlage 6: wegen in het buitengebied

Bijlage 7: parkeerterreinen

Bijlage 8: rendement van lampen

1. Inleiding

Het onderzoek naar de bronnen van het licht in Nederland heeft weinig houvast aan de internationale literatuur. Er is één persoon die zich de laatste 30 jaar hieraan gewijd heeft. Dat was professor Garstang, een Amerikaanse professor sterrenkunde, die onderzocht hoe licht zich verspreidde door de atmosfeer. Dit onderzoek werd gebruikt om de meest geschikte locatie te vinden voor nieuwe telescopen.

Garstang zijn uitgangspunt was, dat voor elke bewoner van Europa of Amerika er ongeveer 1.000 lumen geproduceerd wordt. Dit licht bestaat voor een deel uit gereflecteerd licht dat in vooral verticale richting omhoog straalt en voor een deel uit licht dat direct van een lichtbron omhoog straalt, vooral in de richting net boven de horizon. Garstang was geïnteresseerd in waar dit licht terechtkwam en aan de hand van de in de 19^e eeuw ontwikkelde theorie, hoe licht zich door de atmosfeer verspreidt, ontwierp hij vanaf de jaren '80 verschillende computerprogramma's.

Of er in Nederland ook 1.000 lumen (per persoon) geproduceerd wordt, weten we niet. Eerder is Sotto le Stelle al uitgekomen op 1.200 lumen. Aan de hand van deze nieuwe studie kunnen we misschien een beter totaal berekenen. We zijn echter niet alleen geïnteresseerd in het totaal geproduceerde licht, maar ook in waar dat licht geproduceerd wordt en in welke richting dat licht straalt. Ons doel is om vanaf elke locatie het licht te beschrijven dat naar de omgeving verspreid wordt. Dat kan naar de hemel zijn waar het een grijze hemel veroorzaakt of naar de horizon zodat mensen van verre de lampen kunnen zien.

Ook al weten we niet hoeveel er totaal in Nederland aan licht geproduceerd wordt en hoe het omhoog gestraald wordt, er is natuurlijk wel veel detailkennis over de verschillende toepassingen van licht. We hebben al deze verspreid liggende kennis bij elkaar gezocht voor dit onderzoek en als de kennis er niet al lag, aan de hand van praktijkvoorbeelden de verlichting onderzocht.

In het hoofdstuk methodiek beschrijven we de aanpak die we gekozen hebben. We onderscheiden zes categorieën verlichting. Elke categorie resulteert in een tabel met daarin de kentallen van de onderverdeling, de verlichting, de afscherming.

In de verantwoording worden per categorie de keuzen verantwoord.

We zijn dus van het detailniveau omhoog gaan werken naar het totaal. Daarmee introduceren we vele variabelen die we niet precies kennen en daarmee dus ook fouten. We hopen echter dat we door vanaf de andere kant, vanaf het detailniveau, te beginnen, een betere modellering van de effecten van licht voor Nederland, kunnen genereren dan het globale model waarmee tot nu toe gewerkt is.

2. Methodiek

Het doel van het lichtbronnenonderzoek is te onderzoeken hoe er in Nederland verlicht wordt. Wat zijn de grote categorieën lichtbronnen in Nederland en wat zijn de kenmerkende getallen voor elke categorie verlichting.

Deze lichtbronnen moeten ingevoerd worden in een instrument dat uitrekent hoeveel van dat licht ergens anders terecht komt. Het instrument moet gebruiksvriendelijk en door relatieve leken gebruikt kunnen worden. Daarom is er een zo eenduidig mogelijke indeling gemaakt, waarbij elke categorie opgebouwd wordt uit steeds dezelfde eenheden.

Er zijn zes grote categorieën lichtbronnen onderscheiden. Deze zes categorieën lichtbronnen worden ingevoerd als een locatie op een kaart. De locatie kan een vlak zijn zoals een woonwijk of een lijn zoals een weg.

Als een locatie als lichtbron ingevoerd is op de kaart wordt er via vier soorten vragen nagegaan hoe precies het licht van die categorie lichtbron geproduceerd wordt.

1. Onderverdeling. De eerste indeling vraagt naar het precieze karakter van de categorie. Wordt het een sportpark ontworpen voor voetbal of korfbal? Als men het antwoord niet weet of zijn er meerdere antwoorden mogelijk, dan is er meestal ook 'onbekend' of een mix in te vullen.
2. Aandeel verlicht oppervlak. De tweede soort vragen gaat over de omvang van de verlichting, welk deel van een sportpark wordt ook echt verlicht. Dit onderdeel zet dus het totaal oppervlak om in het deel waar de verlichting staat.
3. Verlichting. De derde soort vragen gaat over alle aspecten van de verlichting zelf: het type lamp, de hoogte van de mast etc.
4. Afscherming. Ten slotte is er een vierde soort vragen, die gaat over welk deel van het geproduceerde licht de hemel **niet** bereikt, of **niet** de horizon bereikt, welk deel dus afgeschermd wordt.

Bij elk van de vragen wordt er niet alleen een antwoord gevraagd maar is er vooral gezocht naar de antwoorden, naar de standaardwaarden, de defaultwaarden. Dit zijn de meest voorkomende of gemiddelde waarden voor de desbetreffende categorie verlichtingsbronnen. Voor verreweg de meeste gevallen zal het defaultantwoord het meest geschikt zijn.

Sommige waarden kunnen zelf ingevuld worden. Sommige zullen niet direct zelf invulbaar zijn, zoals bijvoorbeeld armatuurtype. Andere armaturen zijn niet doorgerekend en kunnen dus ook niet gekozen worden.

Professor Garstang ging uit van een zeer ruwe algemene benadering van 1.000 lumen per inwoner, op grond van verbruiksgegevens voor elektriciteit.

Wij draaien eigenlijk de boel helemaal om. We gaan uit van bijna het omgekeerde. We onderscheiden binnen elke verlichtingscategorie de karakteristieke soort lichtbron en berekenen op detailniveau precies waar het licht heen gestraald wordt. Deze gegevens schalen we omhoog naar het hele verlichte oppervlak. We denken dat we op deze manier een nauwkeuriger resultaat verkrijgen, ook al zal het tijd en aanpassingen kosten om hier toe te komen.

Door eigenlijk vanaf het laagste niveau te werken introduceren we erg veel variabelen die allemaal een bepaalde onzekerheid kennen. Er worden vele aannames gedaan over het gemiddelde armatuur, de gemiddelde straat, het gemiddelde sportpark etc. Het zal een grote inspanning en waarschijnlijk nog wel enkele jaren werk kosten om alle variabelen goed te kunnen instellen.

2.1 Categorieën lichtbronnen

De functie van het instrument is de gebruiker een middel te geven, om van verschillende soorten lichtbronnen te berekenen welk effect ze hebben op de omgeving. Dat zijn in eerste instanties nieuwe ontwikkelingen, zoals een nieuwe wijk, maar ook bestaande situaties moeten ingevoerd kunnen worden om bijvoorbeeld verbeteringen in de verlichting van een bestaande wijk te kunnen berekenen.

De gebruiker is geïnteresseerd in het effect op een bepaald gebied en de locatie ervan is dus het eerste belangrijke gegeven. De locatie van de bron van verlichting is over het algemeen gekoppeld aan gebouwen en wegen. Gebouwen bevinden zich over het algemeen dicht op elkaar in steden en dorpen.

Welk onderscheid kun je maken als je naar een verlichte stad kijkt? Het centrum is duidelijk te onderscheiden met veel kantoorverlichting en reclameverlichting. Een sportpark is een aparte locatie en een bedrijventerrein aan de rand van de stad. Verder is een stad in essentie een verzameling woonwijken met daartussen de grotere straten die de verbindingen vormen. Vandaar dat we als categorieën binnen de bebouwde kom kiezen voor een woonwijk, een centrum, een bedrijventerrein en een nieuw of uit te breiden sportpark.

Buiten de bebouwde kom komen er ook grote bronnen van verlichting voor. In Nederland is de bekendste een kassengebied, maar ook de uitbreiding van het wegennet of het plaatsen van verlichting op een bestaande weg kan een groot effect hebben op vooral de horizonvervuiling. Dit zijn dus aparte categorieën.

Ten slotte hebben we gekeken naar een aantal kleinere soorten lichtbronnen. Nieuwe infrastructuur, zoals de uitbreiding van een vliegveld, treinverbinding, haven, brug of sluizencomplex brengen over het algemeen, behalve tijdens de bouw, geen grote verlichting met zich mee, behalve parkeergelegenheid. Parkeerverlichting is bijvoorbeeld op Schiphol de grootste bron van verlichting.

Verder kan gedacht worden aan stations in het open land, defensie terreinen of recreatie terreinen. Ook billboards op snelwegen zijn grote zeer lokale bronnen van licht. Gezien de tijd en de grote inspanning die geleverd moet worden om de belangrijkste categorieën te modelleren zijn deze nog in de la gebleven. Alleen de parkeerterreinen zijn opgenomen.

Samenvattend onderscheiden we de volgende categorieën lichtbronnen:

1. woonwijken
2. bedrijventerreinen
3. sportparken
4. kasgebieden
5. wegen in het buitengebied
6. parkeerterreinen

Let op: het is de bedoeling dat alleen wegen buiten de bebouwde kom apart als 'weg' ingevoerd worden. Alle wegen in de bebouwde kom vallen onder woonwijk of bedrijventerrein en hoeven niet apart ingevoerd te worden.

2.2 Aandeel verlicht oppervlak

Als we een gebied bestemmen voor bijvoorbeeld een nieuw sportpark, betekent dat niet dat het hele oppervlak verlicht gaat worden. Er is altijd een hoeveelheid niet-verlicht oppervlak. Voor een woonwijk geldt dat ook, er wordt tegenwoordig standaard een deel gereserveerd voor waterberging. Bij een bedrijventerrein heb je een deel van het oppervlak dat nog niet uitgegeven is en dus niet verlicht wordt. Voor elke categorie is nagegaan welk deel van het oppervlak wel en niet verlicht wordt en dat is onder het kopje 'Verlicht deel' vastgelegd.

2.3 Verlichting

Onder het onderdeel verlichting worden de harde cijfers betreffende de vorm van verlichting vastgelegd. Hier gaat het om zaken als:

- lamptype en wattage
- armatuurtype
- lichtpunthoogte
- verlichtingssterkte

Om het instrument voor veel mensen werkbaar te houden is er gekozen om de lichttechnische termen zoveel mogelijk te vereenvoudigen. De lamptypes hebben we verdeeld in moderne en in oude typen waar we de technische aanduiding ervan erachter gezet hebben. Mensen die geen kennis over armatuurtypen hebben, kunnen afgaan op de woorden 'modern' en 'ouder', terwijl anderen op de armatuurkenmerken zelf kunnen kiezen. Zoveel mogelijk is de grootte verlichtingssterkte gebruikt, die uitgedrukt wordt in de eenheid lux. Verlichtingssterkte is de meest bekende lichteheid; ze staat in richtlijnen voor kassen, voor sportverlichting en ook voor sommige typen wegen. Andere grootheden zoals luminantie zijn omgezet naar lux om voor de gebruiker een eenduidige en simpele vragenlijst te verkrijgen.

Zie voor meer uitleg de vuistregels en helpfiles.

2.4 Afscherming

Veel van het geproduceerde licht bereikt de omgeving niet, wordt geabsorbeerd door auto's, bomen, huizen etc. Dit noemen we de afscherming. Bij elke categorie wordt gekeken in hoeverre er afscherming is, die ervoor zorgt dat het licht niet de hemel of de horizon bereikt. Er kan op drie verschillende manieren licht tegengehouden worden: door het armatuur zelf, door onderdelen die bij de categorie horen zoals de huizen en bomen in een woonstraat en ten slotte ook door tussenliggende objecten tussen de waarnemer en de lichtbron zoals een heuvel of een bomenrij.

Met de afscherming in de tabellen bedoelen we alleen de tweede soort afscherming: afscherming door onderdelen die bij de categorie zelf horen, zoals bomen, huizen auto's etc.

Er wordt dus niet de afscherming bedoeld door het armatuur zelf of door tussenliggende bomen en heuvels.

Aangezien er een oneindig aantal soorten afscherming is, is deze niet exact te modelleren; er zijn een aantal globale vormen van afscherming gekozen waaruit gekozen kan worden.

2.5 Overige vormen van licht

Naast de hoofdbijdrage van bijvoorbeeld openbare verlichting in woonwijken zijn er bij sommige categorieën ook andere vormen van licht die een rol spelen; denk aan tuinverlichting in woonwijken of reclame- of kantoorverlichting in centra van steden. Deze vormen van verlichting zijn nog moeilijk te modelleren en te berekenen. Er is bij woonwijken, centra en bedrijventerreinen gekozen voor een soort opslagpercentage voor deze vorm van verlichting. Over het algemeen is de overige verlichting geschat op 10% van de openbare verlichting, bij de centra geldt een hoger percentage. Bij de validatie zal er speciaal aandacht geschonken worden aan waarden voor de opslag, aangezien deze waarden zeer onzeker zijn. Dit opslagpercentage wordt niet in de tabellen van de woonwijken en bedrijventerreinen vermeld, aangezien ze toch niet aan te passen zijn.

3. Kentallen

De kentallen staan per categorie in tabellen geordend. De kentallen zijn nodig als invoer van de berekeningen.

De categorieën zijn opgedeeld in een aantal onderdelen: 'onderverdeling', 'aandeel verlicht oppervlak', 'verlichting', 'afscherming' en soms ook 'overig'. Bij elke categorie is al een defaultkental opgenomen. Sommige van deze kentallen kunnen door de gebruiker zelf aangepast worden. Deze zijn aangegeven als vette waarden. De andere waarden kunnen niet door de gebruiker aangepast worden. Dat heeft verschillende redenen:

- Sommige kentallen zijn zeer specifiek. De genoemde armaturen zijn precies doorgerekend. Het is niet mogelijk een ander armatuur in te voeren, aangezien de gegevens niet in het model beschikbaar zijn.
- Veel variabelen hangen samen. Als je de verlichtingssterkte aanpast dan moet je ook het aantal armaturen of het wattage van de lamp veranderen. Je kunt ze dus niet beide onafhankelijk van elkaar aanpassen.
- Kolommen die met de kleur groen aangegeven zijn, zijn wel in tabellen opgenomen maar niet zichtbaar aanwezig in de IPOlicht-software. Deze waarden worden wel meegenomen in de berekeningen, maar kunnen niet door de gebruiker aangepast worden.

woonwijken woonstraten type vlak	vervolgvragen en defaultwaarden							
	aandeel verlicht oppervlak	verlichting					afscherming	overige verlichting
	aandeel verharding	horizontale verlichtingssterkte	reflectie	aantal masten per 100 meter/straatbreedte	hoogte masten/type armatuur en lamp	verlichtingsrendement	profiel weg/gevel tot gevel afstand	
eenheid	%	lux	%	Aantal/meter	meter/-/-	%	verhouding/meter	
Eengezins	16.5	1.5 of 2 of 3	12	4/8 meter 5/8 meter 5/8 meter	4/ Ouder Friso Kramer/PLL 18 Watt 4/ Ouder Friso Kramer /PLL 24Watt 4/ Ouder Friso Kramer /PLL 36Watt	50%	breed 1 op 3 24 meter	10%
Appartementen	13.5	1.5 of 2 of 3	12	4/8 meter 5/8 meter 5/8 meter	4/ Ouder Friso Kramer/PLL 18 Watt 4/ Ouder Friso Kramer /PLL 24Watt 4/ Ouder Friso Kramer /PLL 36Watt	50%	smal 1 op 2 24 meter	20%
Mix	15	1.5 of 2 of 3	12	4/8 meter 5/8 meter 5/8 meter	4/ Ouder Friso Kramer/PLL 18 Watt 4/ Ouder Friso Kramer /PLL 24Watt 4/ Ouder Friso Kramer /PLL 36Watt	50%	breed 1 op 3 24 meter	15%
Centrum	15	4	12	5/12 meter	4/ Hellux 0228/32 watt 4/Alura/36 watt 4/Klassieke lantaarn/40 watt	50%	nauw 1 op 1 12 meter	20%

woonwijken hoofdwegen/ doorgaande wegen/ wijkontsluitingswegen type vlak	vervolgvragen en defaultwaarden						afscherming
	aandeel verlicht oppervlak aandeel verharding	verlichting			verlichtingsrendement		
eenheid	%	horizontale verlichtingssterkte lux	reflectie %	aantal masten per 100 meter/ straatbreedte aantal	hoogte masten/type armatuur en lamp meter/-/-	%	type
Eengezins	5.5	5 <i>of 7.5</i> <i>of 10</i>	10	<i>4/10 meter</i> <i>6/15 meter</i> <i>4/25 meter</i>	<i>8/Modern SGS252/PLT 42 Watt</i> <i>8/Modern SGS252/SonT 50 Watt</i> <i>10/Modern SGS252/SonT 100 Watt</i>	50%	<i>wijd: 1 op 4</i> <i>40 meter</i> <i>tussen gevels</i>
Appartementen	4.5	5 <i>of 7.5</i> <i>of 10</i>	10	<i>4/10 meter</i> <i>6/15 meter</i> <i>4/25 meter</i>	<i>8/Modern SGS252/PLT 42 Watt</i> <i>8/Modern SGS252/SonT 50 Watt</i> <i>10/Modern SGS252/SonT 100 Watt</i>	50%	<i>wijd: 1 op 4</i> <i>40 meter</i> <i>tussen gevels</i>
Mix	5	5 <i>of 7.5</i> <i>of 10</i>	10	<i>4/10 meter</i> <i>6/15 meter</i> <i>4/25 meter</i>	<i>8/Modern SGS252/PLT 42 Watt</i> <i>8/Modern SGS252/SonT 50 Watt</i> <i>10/Modern SGS252/SonT 100 Watt</i>	50%	<i>wijd: 1 op 4</i> <i>40 meter</i> <i>tussen gevels</i>
Centrum	15	10	10	<i>6/25 meter</i>	<i>10/Modern SGS252/SonT 100 Watt</i>	50%	<i>wijd: 1 op 3</i> <i>30 meter</i> <i>tussen gevels</i>

woonwijk detaillering profielen		defaultwaarden	
profiel	verhouding	mastlocatie	masthoogte
wijd	1 op 4	masten op 1/4 deel van gevel tot gevel/zigzag	mast is 2/3 van de hoogte van de huizen
breed	1 op 3	masten op 1/3 deel van gevel tot gevel/zigzag	mast is 2/3 van de hoogte van de huizen
smal	1 op 2	masten op 1/3 deel van gevel tot gevel/eenzijdig	mast is 2/3 van de hoogte van de huizen
nauw	1 op 1	masten op de helft/hangend	mast is 2/3 van de hoogte van de huizen

bedrijventerreinen type vlak	aandeel verlicht oppervlak					terreinverlichting			wegverlichting	gebouw- verlichting
	aandeel wegen	aandeel water en groen	uit- gegeven oppervlak	aandeel niet- bebouwd	aandeel verlicht terrein	horizontale verlichtings- sterkte/ reflectie grond	armatuur en lamp	hoogte mast/ tihthoek/aantal masten per hectare/aantal armaturen per mast	armatuurtype/ verlichtingssterkte/ reflectie/ masthoogte/ aantal masten per 100 meter	aantal/ armatuur
eenheid	%	%	%	%		lux/%	%	meter/graad/-	-%/%%/m/-	-/-
Zware industrie	10	30	100	44	100	5/12	SGS 252/ SON T 70 Watt	10/nvt/12/1	Iris2550/5/10/8/4	96 Schuck ND 161 158 per 2 hectare
Distributie	10	30	100	41	75	10/12	Schijnwerp er/Son T 400 Watt	16/30 of 15 of 0/3/2	Iris2550/5/10/8/4	nvt
Retail	25	15	100	45	75	2/12	Osiris 2310/PLL 24 Watt	4/nvt/25/1	Iris2550/5/10/8/4	2 bij 3 meter verticaal 600 cd/m ² 2 per hectare/ op hoogte van 20 meter
Gemengd	15	25	100	51	75	5/12	SGS 252/ SON T 70 Watt	10/nvt/12/1	Iris2550/5/10/8/4	2 bij 3 meter verticaal 600 cd/m ² 1/2 per hectare/ op hoogte van 20 meter
Kantoren	20	20	100	50	75	2/12	Osiris 2310/PLL 24 Watt	4/nvt/25/1	Iris2550/5/10/8/4	

sportverlichting		verlichting						
type: vlak	aandeel verlicht oppervlak							
onderverdeling	aantal velden per hectare	aandeel verlichte velden	horizontale verlichtingssterkte op veld	reflectie	aantal en hoogte masten per veld	aantal en wattage lampen per mast	type armatuur/lamp	tilthoek
eenheid	aantal	%	lux	%	aantal/m	aantal/watt		graad
<i>Veldsporten modern</i>	1.5	80	300	9	6.5/16	1.4/2000	Modern MVP507 MHN-LA2000 W/400V/842 MB	0,3,5 of 15
<i>Veldsporten ouder</i>	1.5	66	200	9	6/16	1.4/2000	Ouder MHN307MB HPIT/400V/2000W	15 of 30
<i>Atletiek</i>	0.5	100	150	15	8/17	2/2000	Modern MVP507 MHN-LA2000 W/400V/842 MB	0,3,5 of 15
<i>Tennis</i>	10	100	300	15	1.33/16	1.2/2000	Modern MVP507 MHN-LA2000 W/400V/842 MB	0,3,5 of 15
<i>Paardenbakken</i>	1	50	50	15	4/10	1/150	MWF230 CDM-TD150 W/830	30
<i>Sportpark mix</i>	1.5	90	300	12	9/16	1.2/2000	Modern MVP507 MHN-LA2000 W/400V/842 MB	0,3,5 of 15

kasgebieden	vervolgvragen en defaultwaarden				
	aandeel verlicht oppervlak		verlichting		afscherming
type: vlak	aandeel netto oppervlak	aandeel verlichte kassen	verlichtingssterkte in de kas op grond	reflectie/glasdak absorptie	afschermingsdoek
eenheid	%	%	lux	%/%	%
Groente	65	75	12000	9/11	95
Rozen	65	100	12000	9/11	95
Chrysanten	65	100	8000	9/11	95
Potplanten	65	25	3000	9/11	95
Mix bloemen	65	50	8000	9/11	95
Onbekend	65	50	8000	9/11	95

wegen buitengebied	vervolgvragen met default								
type: lijn	aandeel verlicht oppervlak		verlichting						
onderverdeling	verlichting aangebracht: integraal oriëntatie discontinu	breedte weg	horizontale verlichtings- sterkte	reflectie	hoogte masten	aantal masten per kilometer bij integraal/oriëntatie/ discontinu	aantal armaturen per mast/armatuur/lamp	rendement	gedimd
eenheid		meter	lux	%	meter	aantal/aantal/aantal		%	%
Nationale stroomweg (max 120 km/h)	<i>integraal</i>	14	15 (ME3)	7	10	33	2/Modern SGS254, Modern Onyx 2, Modern Arc/ Son_T 150 Watt	50%	0-100%
Regionale stroomweg (max 100 km/h)	<i>integraal</i>	7	10 (ME4)	7	10	25	1/ Modern SGS254 Modern Onyx 2 Modern Arc/ Son_T 100 Watt	50%	0
Gebiedsontsluiting gsweg (max 80 km/h)	<i>integraal/oriëntatie/ discontinu</i>	7	7.5 (ME4 of 5)	10	10	25/5/50	1/Modern SGS254 Modern Arc , ouder SRS201/ 70 Watt	50%	0
Gemengd verkeer	<i>integraal/oriëntatie/ discontinu</i>	6	10 (ME4)	10	8	30/5/50	1/Modern Saphir, Ouder SRS201/100 of 90 Watt	50%	0
Fietspad	<i>integraal/oriëntatie/ discontinu</i>	2.0	3	10	4	32/16/50	1/Modern Altra 2 PLL, 24 Watt	50%	0

parkeerterreinen						
type: vlak	aandeel verlicht oppervlak	verlichting				
	percentage oppervlak dat verlicht wordt	gemiddelde horizontale verlichtingssterkte op grond	reflectie wegdek	hoogte masten in meters	aantal masten per ha	armatuur / lamp/tilt hoek
eenheid	%	lux	%	meters		
parkeerterrein	100	5	10	8	4 masten met elk 2 armaturen	MVP507/Son T 70 watt/ 10 of 0

Verantwoording

Per categorie worden in de verantwoording de data gegeven waarop de kentallen gebaseerd zijn. Ook is aangegeven als de kennis onvolledig of onzeker is. Bij alle categorieën wordt gebruik gemaakt van reflectiewaarden. Er is van de volgende tabel uitgegaan die verkregen is van Dirk Hetebrij van Light Surface Control.

Bij de kassen is een reflectie van de gewassen van 9% gebruikt, een waarde die verkregen is van E. van Rijssel, deskundige op het gebied van verlichting van kassen.

omschrijving	toepassing	reflectiegraad p
ZOAB	A-wegen	0.07
DAB	onderliggende wegen - ontsluitingswegen	0.1
klinkers (donkerrood)	woonwijk	0.12
gravel (rood)	tennisveld	0.15
gras (donkergroen)	voetbalveld	0.08-0.1
gras (middelgroen)	golfterrein - tennisveld	0.15-0.2

Bijlage 2

Woonwijken

Woonwijken zijn een belangrijke bron van verlichting in Nederland. Ze zijn qua oppervlakte de grootste bron; 8% van Nederland is bebouwd terrein, terwijl nog eens 2% van Nederland verkeersterrein is (gegevens CBS Statline bodemgebruik). Van die 10% is een redelijk groot deel verlicht. Qua hoeveelheid licht is dit minder dan de kasverlichting, maar door de grote verspreiding is dit toch een belangrijke bron.

Binnen woonwijken is de openbare verlichting de grootste bron. Er is ruwweg op elke zes Nederlanders een lichtmast voor de openbare verlichting met een gemiddeld wattage in de orde van 60 watt en met een lichtopbrengst van ongeveer 5.000 lumen. Dat zou betekenen dat per Nederlander er ongeveer 800 lumen geproduceerd wordt door de openbare verlichting.

In het volgende gaan we na waar precies deze hoeveelheid staat en waar het heen straalt. Draagt het licht ook bij aan de lichtvervuiling of horizonvervuiling?

Verlichte oppervlakte woonwijken

De centrale eenheid waarmee stedenbouwkundige werken is de dichtheid, het aantal woningen per hectare. 15 woningen per hectare is erg dun met grote kavels; 25 woningen per hectare zijn vooral eengezinswoningen en 70 woningen is dichtbevolkt met voornamelijk appartementcomplexen. De meeste nieuwe wijken zijn redelijk eenvormig in zoverre dat ze een mix zijn.

Het tweede belangrijke kental bij de bouw van een nieuwe wijk is het uitgeefbare deel van de bruto-oppervlakte. Op het uitgeefbare deel kunnen woningen, tuinen, scholen en dergelijke gebouwd worden. Het uitgeefbare deel is ongeveer 50%. De overige 50% is verdeeld in ruwweg 10% water, 20% groen en 20% verharding.

Standaard wordt door stedenbouwkundige voor nieuwe wijken gewerkt met 20% verharding, die bestaat uit straat, trottoirs en parkeerplekken. Er zijn wel enige verschillen, omdat bijvoorbeeld in een wijk met een hoge dichtheid er andere mogelijkheden zijn om te parkeren, waardoor de verlicht oppervlakte iets afneemt.

Voor oude al lang bestaande wijken zijn deze gegevens niet zo voorhanden en de verschillen zijn groter. Centra van steden wijken ook af: in historische binnensteden is de verlichte oppervlakte duidelijk hoger. Het aandeel groen en water is daar relatief laag.

Voor een aantal bestaande wijken in Utrecht is met behulp van Google Earth berekend hoeveel de verlichte oppervlakte is:

- Overvecht, flats, 25% verlicht oppervlak;
- Rijnsweerd, bungalows, 20%;
- Kanaleneiland, eengezinswoningen, 20%.

Dit gaf een indicatie.

Er is een tweede inschatting van de verlichte oppervlakte uitgevoerd: aan de hand van de gegevens van de openbare verlichting van een aantal wijken in Utrecht, Deventer en Harderwijk is bepaald hoe groot de verlichte oppervlakte is. De volgende vuistregel is daarbij gehanteerd: verlichte oppervlakte van een armatuur met een bepaalde masthoogte is gelijk aan de masthoogte maal vier keer de masthoogte in de lengte. De uitzondering is dat de lampen op vier meter hoge masten een verlichte oppervlakte van 8 meter in de breedte en 24 in de lengte hebben.

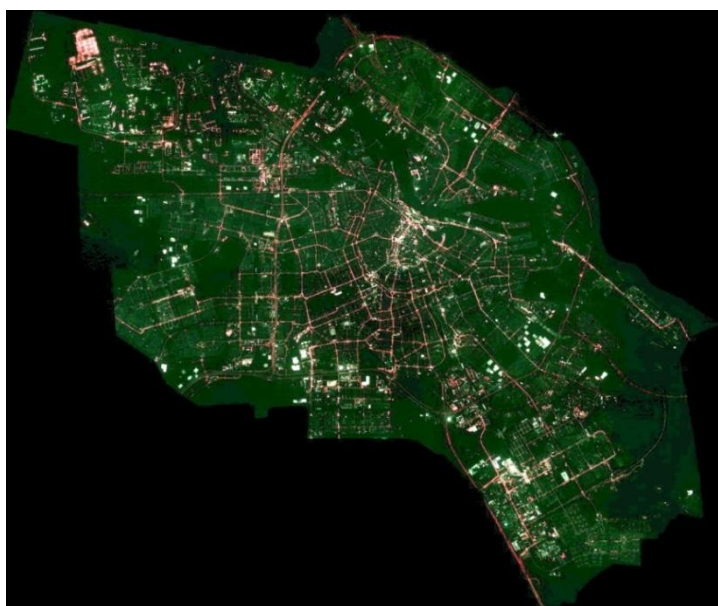
Resultaten:

- oude woonwijk Dichterswijk en omgeving, Utrecht (wijk 8.11): 17% verharding;
- nieuwe woonwijk Veldhuizen, Utrecht (wijk 10.24): 20%;
- centrum Deventer (postcode 7411): 30%;
- centrum Harderwijk (wijk 101): 30%.

De resultaten zijn niet erg betrouwbaar. Zo is de totale oppervlakte van een wijk moeilijk te definiëren en is een oppervlak dat een lamp verlicht onzeker. Toch geeft het een indicatie. De resultaten zijn doorgesproken met de stedenbouwkundige van Utrecht, Rob Hendriks. In overleg met hem zijn als defaultwaarden gekozen: 18, 20 en 22 en 30%, respectievelijk voor appartementen, mix, eengezinswoning en centrum.

De verlichte oppervlakte bestaat ruwweg uit twee soort wegen: woonstraten en hoofdwegen die verschillend verlicht worden. De hoofdwegen, ook wel wijkontsluitingswegen of doorgaande wegen genoemd, zijn de grootste bronnen van verlichting in een woonwijk en zijn daarom van groot belang om onderscheiden te worden van de woonstraten.

Dat is te zien op dit plaatje van Amsterdam dat in 2010 openbaar gemaakt is. Te zien is hoe vooral de doorgaande wegen het beeld bepalen naast allerlei min of meer puntbronnen zoals sportterreinen, gebouwen, lichtmasten etc. Er ligt ruwweg een raster van 1 kilometer bij 1 kilometer van doorgaande wegen.



Figuur 1: Amsterdam van uit de lucht, winter 2009-2010

Er zijn geen gegevens voorhanden over het aandeel doorgaande wegen en woonstraten. Er is een poging gedaan om via Google Earth de oppervlakte van de verschillende wegsoorten te bepalen.

De resultaten zijn zeer wisselend:

- Overvecht, flats, totaal verlicht oppervlak 25%: 30% woonstraten, 70% doorgaand;
- Rijnsweerd, bungalows, totaal verlicht oppervlak 20%: 70% woonstraten, 30% doorgaand;
- Kanaleneiland, eengezinswoningen, totaal verlicht oppervlak 20%: 60% woonstraten, 40% doorgaand.

Deze getallen zijn niet erg betrouwbaar. Het onderscheid tussen de twee soorten straten is vaak zeer onzeker.

Ook hier is als tweede methode onderzocht welk aandeel masten van maximaal 4 meter hoog hebben aan het totale belichte oppervlak. In principe hetzelfde onderzoek als ook bij de bepaling van het totale verhardingsdeel uitgevoerd is. Dat is uitgevoerd voor een aantal andere wijken waar goede verlichting gegevens van voorhanden waren en waar ook vier masten gebruikt werden:

- nieuwe wijk: Veldhuizen, Utrecht: percentage woonstraten 70% woonstraten, 30% doorgaand;
- oude wijk: Dichterswijk, Utrecht, 74% woonstraten, 26% doorgaand;
- centrum Deventer: 50% woonstraten, 50% doorgaand;
- centrum Harderwijk: 50% woonstraten, 50% doorgaand.

Er is hier, ook weer in overleg met de stedenbouwkundige van Utrecht, tot de volgende waarden besloten: 25% doorgaande wegen ten opzichte van 75% woonstraten voor alle wijken behalve centra waar een verhouding van elk 50% is aangehouden. Deze waarden zijn redelijk onzeker.

Verlichting

De uitvoering van de openbare verlichting is niet wettelijk geregeld. De meeste Nederlandse gemeenten conformeren zich aan de NPR 13201, een uitgave van de Nederlandse Stichting Voor Verlichtingskunde (NSVV), waarin richtlijnen staan voor verlichting. Ook de provincies en het politiekeurmerk conformeren zich aan deze richtlijn. Rijkswaterstaat heeft een eigen beleid dat er echter veel op lijkt en de defaultwaarden die zij hanteren komen ook uit de NPR 13201. De NPR wordt in 2011 herschreven maar het is niet te verwachten dat de waarden sterk zullen veranderen. Door de komst van ledverlichting zal er wel het een en ander veranderen. De toepassing van ledverlichting is nog niet dermate gevorderd dat we het in deze eerste versie van het instrument meenemen.

- Centra van steden. De openbare verlichting wordt over het algemeen met meer licht uitgevoerd. Er wordt daarbij onderscheid gemaakt in verschillende typen straten. We kiezen voor een verlichtingssterkte in centra van 4 lux. Wel laten we de gebruiker kiezen tussen drie verschillende typen armaturen. Er zijn ook vaak veel kantoorgebouwen aanwezig en

reclameverlichting. In centra zijn over het algemeen aparte locaties waar geparkeerd kan worden, vandaar dat de wegbreedte ook wat hoger is dan in de woonwijken.

- In bestaande wijken wordt over het algemeen minder licht geproduceerd, terwijl in nieuwe delen meer verlichting staat. De keuze is aan de gebruiker gelaten om een bepaald verlichtingsniveau te kiezen van 3 lux, 2 lux of 1.5 lux, en daarbij hoort een bepaalde uitvoering armatuurtype met een bepaalde wattage van de lamp.
- Ook voor doorgaande wegen geven we de gebruiker de keuze uit drie soorten verlichting.
- In grotere steden worden de hoofdwegen weer onderscheiden in verschillende typen. In deze uitvoering van het instrument onderscheiden maar een soort doorgaande weg.

Reflectie van de weg

Het licht dat op een weg valt wordt gemeten in lux. Niet alles wordt weerkaatst. Het deel dat weerkaatst wordt kan de hemel bereiken. Dat wordt bepaald door de reflectie van het wegoppervlak. Bij woonwijken gaan we uit van rode baksteen die een reflectiecoëfficiënt heeft van 12%.

Bij doorgaande wegen gaan we uit van asfalt dat een lagere reflectie heeft dan baksteen: 10%.

Rendement van verlichting

Niet alleen de weg wordt verlicht. De openbare verlichting is niet zo effectief in het verlichten van de weg, maar ook huizen en voortuinen worden verlicht. Dit wordt aangeduid met het begrip verlichtingsrendement.

Het verlichtingsrendement voor lijnvormige lampen zoals de meeste lampen in woonwijken is 30%. Dat betekent dat 30% op de weg komt en de rest dus elders.

Als we aannemen dat 20% omhoog gestraald wordt, dan is er nog 50% over dat op gras, huizen etc. gestraald wordt. Een deel van dat licht wordt op een huis gestraald een verticaal vlak. Licht dat naar beneden weerkaatst wordt (50%) verdwijnt geheel. De rest kan de hemel bereiken (zonder afscherming).

Het rendement nemen we mee door niet alleen de straat die verlicht wordt te berekenen, maar daarnaast ook te berekenen wat de gemiddelde verlichtingssterkte is van de tuinen etc. Deze totale oppervlakte met de gemiddelde verlichtingsterkte straalt omhoog en wordt eventueel afgeschermd. Zie voor een uitgebreidere verklaring van rendement verder in dit document.

Afscherming

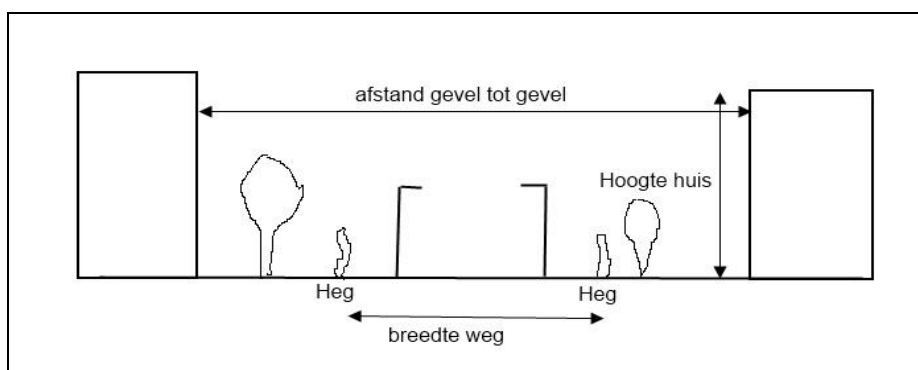
De hoeveelheid licht dat in een straat geproduceerd wordt, straalt omhoog en kan de hemel bereiken. Een deel wordt in de straat door de huizen, bomen etc. tegengehouden en bereikt de hemel niet en kan dus ook niet bijdragen aan de opheldering.

Hoe groot is dit aandeel?

Daarvoor versimpelen we een straat tot een rechthoekige doorsnede met een bepaalde hoogte (de huishoogte) en een bepaalde breedte (de afstand tussen de huizen). Hoe breder het profiel, hoe meer licht kan ontsnappen, hoe hoger de huizen, hoe minder. We onderscheiden een aantal typen in de verhouding tussen huishoogte en wegbreedte. Dit noemen we het profiel.

We onderscheiden vier profielen:

- wijd: verhouding 1 op 4;
- breed: verhouding 1 op 3;
- smal: verhouding 1 op 2;
- nauw: verhouding 1 op 1.



Figuur 2: profiel

Dit is een zeer grote versimpeling van de werkelijkheid. Een straat is nooit zo rechtlijnig als in dit model. Als je naar klassieke wijken als de Pijp kijkt bijvoorbeeld, dan komt het in de richting, maar bijvoorbeeld wijken uit de 70'er jaren met woonstraten voldoen nauwelijks aan deze indeling. Wijken van de 21^{ste} eeuw zijn vaak weer meer als rechthoekige eenheden ontworpen. Ook centra van steden voldoen hier helemaal niet aan met hun brede pleinen. We denken dat er toch al in het algemeen gekozen kan worden voor een profiel als beste manier om de afscherming van het licht te beschrijven.

Een profiel bestaat niet alleen uit verhouding hoogte huis en breedte gevel-tot-gevel maar ook uit de hoogte en de locatie van de masten. Dat is in de tabel 'profiel' aangegeven. Het is niet mogelijk om een oneindig aantal profielen te maken. Daarom is ervoor gekozen dat de hoogte van de masten 2/3 van de hoogte van de huizen is en voor de meest gebruikte opstelling van de masten. Zie tabel voor de details.

Wijd profiel



Figuur 3: Heenplaat in Veldhuizen, Utrecht

Breed profiel



Figuur 4: Helmkruid in Veldhuizen, Utrecht

Smal profiel



Figuur 5: Gouwestraat Utrecht

Nauw profiel



Figuur 6: centrum Zwolle, Sassenstraat

Doorgaande wegen hebben niet een dergelijk duidelijk profiel. Over het algemeen zijn ze breed, minimaal 40 meter met huizen eromheen tot maximaal 12 meter.

Er zijn ook wegen waarbij er gras in het midden of tussen fiets en hoofdwegen ligt waardoor de profielen nog veel breder worden. Algemeen hebben we voor alle soort wijken hetzelfde profiel aangehouden namelijk wijd.

Overige verlichting

Er is niet alleen openbare verlichting in een woonwijk. Er is ook particuliere verlichting. Woningbouwcorporaties installeren tegenwoordig geregeld lampjes boven voordeuren die niet te doven zijn. Er komt licht vanuit ramen en winkelcentra geven extra licht. Er zijn vaak ook parkeerterreinen voor scholen, voor ziekenhuizen etc. Centra van steden zijn grote bronnen van kantoorverlichting die het licht over een stad uitspreiden.

Dit is erg lastig te in te voeren. We geven de gebruiker dan ook de mogelijkheid om zelf een getal in te vullen.

We hebben als defaultwaarden ervoor gekozen om elk huis een lampje te geven dat 100 lumen geeft en dit te modelleren als een opslag op de openbare verlichting met een percentage van 15%. De bijtelling bij appartementen is hoger en bij eengezinswoningen lager, aangezien de dichtheden van woningen verschillen. Het percentage bij centra van steden is hoger. Hoe hoog weten we niet goed. Daarbij is ook van belang wat je definieert als centrum. Soms is dat duidelijk maar vaak ook niet. We kiezen er voor om voorlopig hetzelfde opslagpercentage te hanteren als de andere wijken en daar bij de validatie op te controleren.

Dank aan:

- Huub Burger, Rob Hendriks en Arthur Klink, gemeente Utrecht
- Jan Dalenbout, Piet van Beveren, gemeente Zierikzee
- Peter van Marle, Hans Lubbers, Graça Andrade, gemeente Hengelo
- Gé van Dam, onafhankelijk architect
- De Vinex Atlas van Jelte Boeijenga en Jeroen Mensink, en Farmax van MVRDV

Bijlage 3

Bedrijventerreinen

Bedrijventerreinen zijn belangrijke bronnen van verlichting. Van de in totaal 337.000 hectare bebouwde oppervlakte in Nederland, vormen de bedrijventerreinen na de woonoppervlakte de tweede categorie met 75.000 hectare. Dat is bijna 2% van Nederland (gegevens Statline CBS, bodemgebruik).

Bedrijventerreinen in Nederland lijken op woonwijken. In essentie zijn het ook locaties met uitgeefbare kavels.

Op bedrijventerreinen zijn veel verschillende vormen verlichting. Dat maakt deze categorie lastig te modelleren. We onderscheiden:

- openbare verlichting op de wegen;
- terreinverlichting op de kavels zelf;
- verlichting vanaf de gebouwen/installaties, vooral industrie kent deze vorm verlichting;
- aanstraling van een gebouw en/of reclameverlichting.

De eerste twee zijn gekoppeld aan de grond, terwijl de laatste twee gekoppeld zijn aan de gebouwen.

Onderverdeling

Er worden in de literatuur vele onderverdelingen gebruikt. In het Integraal Bedrijventerrein Informatie Systeem, IBIS, lijkt elk jaar wel een andere indeling gebruikt te worden en dat leidt tot veel verkeerde informatie.

Als we kijken naar verlichting lijkt een recente indeling nuttig:

- Industrie of zware productie: bijvoorbeeld chemische industrie, die veel verlichting heeft op de installaties/gebouwen zelf.
- Distributiebedrijven: deze hebben veel en hoge masten als terreinverlichting.
- Retailbedrijventerreinen: woon- en autoboulevards zijn bekende voorbeelden, die veel reclame of aanstraling hebben.
- Gemengd: de meeste bedrijventerrein zijn een mix van kantoren en lichte productie met hier een daar een bouwmarkt. Hier is terreinverlichting en ook enige reclame aanwezig.
- Kantoren: deze categorie is geen onderdeel van het IBIS-systeem. Deze categorie van bebouwing hebben we, aangezien hij belangrijk is, hieronder geschaard. Kantoren vallen op doordat er veel verlichting van het gebouw zelf komt, die ver horizontaal uitstraalt aangezien deze bebouwing relatief hoog is.

Aandeel verlicht oppervlak, openbare verlichting en terreinverlichting

Ook bij bedrijventerreinen zijn er twee belangrijke kentallen die gehanteerd worden bij de planning van een bedrijventerrein: de uitgeefbare oppervlakte en de bedrijfsvloeroppervlakte.

De uitgeefbare oppervlakte voor een bedrijventerrein ligt hoger dan die voor woonwijken en ligt in het algemeen tussen 60 en 80%. Het niet-uitgeefbare deel bestaat weer uit water, groen en wegen. Als een bedrijf een kavel heeft van meerdere hectaren is het aandeel wegen erg klein, terwijl als er kleine kavels uitgegeven worden het aandeel wegen groter is.

We hebben als defaultwaarde gekozen voor 60% uitgeefbaar (dit is een waarde voor nieuwe terreinen die gebruikt wordt) door het percentage groen en water zo te kiezen dat dat samen met de wegen 40% is. Deze getallen zijn door de gebruiker allemaal aan te passen.

Er zijn geen gegevens in de literatuur gevonden, hoe groot de oppervlakte op een bedrijventerrein is die gebruikt wordt als weg. Daarvoor is een steekproef uitgevoerd.

Er zijn vijf bedrijventerreinen als voorbeeld gehanteerd: distributiebedrijf Amsterdam, industrie in het Botlekgebied, Woonboulevard Utrecht, een ouderwets klassiek gemengd bedrijventerrein Ouden Rijn Utrecht en een zeer modern gemengd bedrijventerrein dat voornamelijk kantoren herbergt, Papendorp in Utrecht.

Er is op elk van deze bedrijventerreinen nagegaan wat het aandeel weg is op de totale oppervlakte. Dat verschilde sterk met 5% voor de industrie en 30% voor de woonboulevard. Deze waarden zijn aangehouden.

Bedrijventerreinen worden als totaal ontwikkeld en dan worden langzaam de kavels uitgegeven. Onbebouwde kavels geven geen licht en het aandeel dat uitgegeven is, is dus een belangrijk gegeven.

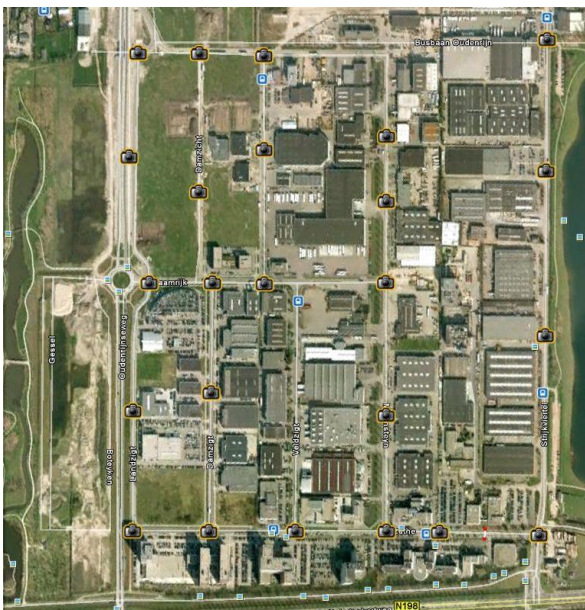
Een derde belangrijk gegeven is het aandeel bebouwing op een kavel. Dit geeft ons een inzicht in het deel dat niet bebouwd wordt en eventueel verlicht wordt. Het aandeel bebouwing wordt ook wel de netto-/bruto-verhouding genoemd. Er is hiervoor een nulmeting uitgevoerd door BCI in 2001, opgenomen in het IBIS-bestand 2002, 'Zorgvuldig ruimtegebruik en de ondernemer'. De waarden zijn overgenomen, behalve voor retail waar geen waarde voor opgenomen was. Voor retail is het gemiddelde genomen. Het gemiddelde bebouwde oppervlakte is ongeveer 45% per kavel.



Figuur 7: woonboulevard Utrecht bedrijventerrein



Figuur 8: industrie Botlek, Rotterdam



Figuur 9: gemengd bedrijventerrein, Ouden Rijn Utrecht



Figuur 10: kantoren Papendorp Utrecht

Ten slotte is niet het gehele terrein van een bedrijf verlicht. Dat verschilt per soort bedrijventerrein. Hier zijn geen waarden voor gevonden. De waarden die hier genomen zijn, zijn geschat op grond van ervaring, opgedaan tijdens nachtelijke waarnemingen, en zijn daarom niet erg exact.

Verlichting algemeen Bijna elk bedrijventerrein heeft een vorm van terreinverlichting. De verlichtingssterkte van de meeste bedrijven ligt in de orde van de openbare verlichting in de omgeving. Distributiebedrijven met opslag van bijvoorbeeld auto's, hebben een hogere verlichtingssterkte. Er worden verschillende normen gehanteerd al naar gelang er wel of niet gewerkt wordt van 5 tot 30 lux.

Verder is er geen kennis of zijn er geen cijfers over. Daarom hebben we geprobeerd uit nieuwe beelden kennis te genereren.

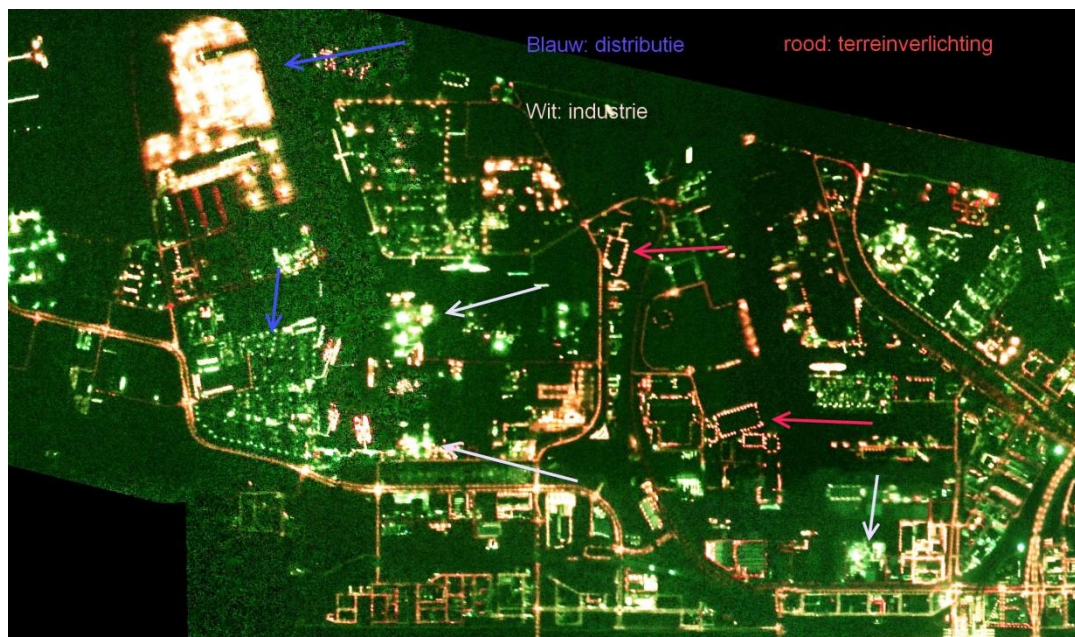
Hieronder staan twee foto's van bedrijventerreinen in Amsterdam. Deze foto's zijn sinds oktober 2010 beschikbaar. Er is dus nog niet de mogelijkheid geweest om deze al helemaal te analyseren. Ook de precieze gegevens over de manier waarop deze geproduceerd is ontbreken nog. De volgende analyse is dus een eerste poging.

De overzichtsfoto is een aaneengeschakeld beeld van een aantal video-opnamen genomen op 5 kilometer hoogte. Meer gegevens ontbreken.

In figuur 11 (Haven Amsterdam) zijn er zijn veel rechthoeken te zien (met rode pijlen aangegeven) waarvan de omtrek sterk verlicht is en het midden donker. Dit zijn grote hallen met een deel van het terrein eromheen verlicht, meestal met lampen gemonteerd op de hal. De luminantie daarvan lijkt op die van snelwegen.

De witte, sterk verlichte locaties zoals aangegeven met witte pijlen is industrie. Dit zijn sterk overbelichte vlakken, waar, afgezien van dat ze sterk verlicht zijn, geen informatie uit te halen is. Met blauwe pijlen zijn distributiebedrijven aangegeven waar grote oppervlakken verlicht zijn. Te zien is dat dit sterk verschilt per bedrijf. Er zijn bedrijven die erg sterk verlichten, of misschien beter gezegd veel licht omhoog stralen (dat is wat je ziet van boven) en andere die dit veel minder doen. Dan is de luminantie ook vergelijkbaar met snelwegen.

Er zijn ook delen te zien die onverlicht zijn, of zo weinig dat het niet te zien is.



Figuur 11: Haven Amsterdam

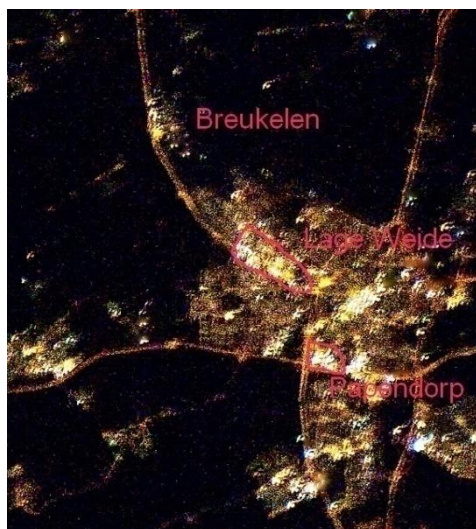
In figuur 12 (Zuidas Amsterdam) zijn een aantal kantoren aangegeven met rode pijlen. Te zien is dat ze sterk verlicht worden. Waarschijnlijk is dit verlichting van binnen die naar buiten en ook naar boven straalt. De gebouwen zijn zo sterk verlicht dat er overbelichting optreedt. Daarnaast zijn een aantal verlichte sportvelden te zien (waaronder het Olympisch stadion), die ook overbelicht zijn. Waarschijnlijk is dit deel van Amsterdam dus in de avonduren opgenomen als de kantoren vaak nog verlicht zijn.



Figuur 12: Zuidas Amsterdam

Hieronder in figuur 13 is een foto van 250 km hoogte genomen vanaf de ISS waarbij het stukje Utrecht vergroot is. De kwaliteit is veel lager dan de foto van Amsterdam, maar de gegevens zijn betrouwbaarder aangezien er veel minder overbelichting optreedt en verschillende onderdelen beter met elkaar vergeleken kunnen worden.

De gemiddelde luminantie in het gebied Lage Weide (een gemengd bedrijventerrein), is ongeveer drie keer hoger dan in een normale woonwijk. Het bedrijventerrein Papendorp met vooral kantoren is vier keer sterker verlicht. De getallen zijn niet nauwkeuriger te maken door de grote fout van de bewegingsonscherpte van de foto.



Figuur 13: bedrijventerreinen Utrecht

Als conclusie kan getrokken worden dat bedrijventerreinen ten opzichte van woonwijken sterker verlicht worden. Een ruwe schatting zou zijn dat er 1 tot 3 keer meer licht uitgestraald wordt.

Mast- en armatuurtypen en aantallen masten

We onderscheiden drie vormen van verlichting op een bedrijventerrein: wegverlichting, terreinverlichting en verlichting gekoppeld aan een gebouw zoals reclame of installatieverlichting. Ten slotte gaan we ervan uit dat er nog andere vormen van licht zijn die we onder overige vormen van verlichting rangschikken (bijvoorbeeld uitstraling uit kantoren).

Voor de wegverlichting zijn we voor alle bedrijventerreinen van de volgende gegevens uitgegaan: armatuur IRIS 2550 36 W die de weg met 5 lux verlicht, reflectie 10%, hoogte van de masten 8 meter en vier masten per 100 meter.

De terreinverlichting wordt over het algemeen uitgevoerd met hoge masten of hoog aan de wand geplaatste armaturen. De masthoogte wordt algemeen op 20 meter genomen en er is een gemiddelde kwaliteit armatuur type gekozen dat op dit moment veel toegepast wordt, aangezien er een enorme spreiding is in de toegepaste kwaliteit.

Bebouwing geeft over het algemeen zelf geen licht. De chemische industrie is hierop een uitzondering waar veel licht op de installaties staat. Royal Haskoning geeft in zijn MER-rapport voor de Tweede Maasvlakte aan dat er op een procesinstallatielengte van 100 meter, 96 armaturen staan die gezamenlijk 5.600 watt produceren met meer dan 100 lux op de werkplekken op vier hoogtes: op 3, 13, 23 en 33 meter hoogte.

We nemen op grond van Google Earth-beelden aan dat de procesinstallatie twee honderd meter breed is.

Ten slotte hebben retailbedrijven reclame of aanstraling. We nemen aan dat er één reclamebord staat per bedrijf van 2 meter bij 3 meter met een luminantie van 600 cd/m². Bij gemengde bedrijventerreinen nemen we aan dat een op de vier bedrijven een dergelijke reclame heeft staan. Deze borden hebben we algemeen op een hoogte van 20 meter gezet.

Voor de verschillende typen zijn, net als bij centra van steden, in de kolom overige verlichting het globale percentage van 10% opgenomen. Dit getal is erg onzeker en er zal voor de verschillende categorieën ook zeker genuanceerd worden als we meer kennis genereren. De overige verlichting is niet opgenomen in de tabel.

Afscherming

Ook op bedrijventerreinen wordt een deel van de verlichting afgeschermd door de hallen zelf, door omliggende bedrijven, door bomen etc. Voorlopig kiezen we ervoor om dit niet mee te nemen en voorlopig op 0 te zetten. De invoer van de verlichting is al dermate onzeker dat een verdere nuancering op dit moment van de ontwikkeling van de kennis niet zinvol lijkt.

Dank aan de stedenbouwkundige Rob Hendriks van de stad Utrecht, die het project Leidsche Rijn uitgevoerd heeft, waar ook een aantal bedrijventerreinen in opgenomen zijn.

Bijlage 4

Sportparken

Sportparken worden sinds de 60'er jaren steeds meer verlicht. Ook vindt er een concentratie plaats: de kleine sportparken die in wijken aanwezig waren, maken plaats voor grootschalige parken, gelegen vooral aan de randen van steden of dorpen. Tennisparken vormen hier nog een uitzondering op.

Er zijn ruwweg 60.000 lichtmasten in Nederland speciaal voor sportverlichting. De situatie is over het algemeen zo dat er per mast twee lampen geïnstalleerd zijn van 2000 Watt. De lampen die gebruikt worden geven gemiddeld 100 lumen per watt. Voor de sportvelden wordt in Nederland in totaal: $60.000 \times 2 \times 2.000 \times 100 = 24 \times 10^9$ lumen geproduceerd.

Dat betekent dat er voor sportverlichting ongeveer 1.500 lumen per Nederlander geïnstalleerd is. Ze zijn ongeveer 1/6 deel van de tijd ontstoken.

Er zijn richtlijnen uitgegeven voor elk type sport hoe de sportvelden verlicht moeten worden. De meest logische onderverdeling lijkt dan ook te zijn naar type sport.

Vaak zal bij het ontwerp van een sportpark niet bekend zijn welke sporten er precies zullen plaatsvinden of zal er een mix van sporten gaan plaatsvinden. Vandaar dat ook twee algemene categorieën zijn opgenomen: mix van veldsporten of een mix van alle sporten.

Data betreffende aantallen sportclubs en sporters zijn gehaald uit gegevens van de diverse sportbonden en van het CBS die een overzicht heeft van het aantal velden in Nederland (CBS Statline, thema recreatie, sportaanbod).

Voetbal en hockey

- Van de nieuwe velden wordt 80% verlicht; van de bestaande velden 66%.
- Er zijn twee veel voorkomende situaties van verlichting al naar gelang de hoogte waarop gespeeld wordt:
 - klasse 2: 8 masten met 16 armaturen;
 - klasse 3: 6 masten met 6 armaturen. Deze komen in verhouding van 1 staat tot 3 voor (zie daarvoor: 'Verlichting voor sportaccommodaties', uitgegeven door de NSVV voor diverse sporten zoals voetbal, tennis, hockey, korfbal en golf).

Overige veldsporten

- Korfbal: er zijn 500 velden waarvan 80% verlicht worden met vier masten.
- Honkbal/softbal 100 velden in Nederland, waarvan 40 verlicht. Van 14 lampen voor een softbalveld tot 56 lampen op de professionele honkbalvelden.

Tennis

- Er liggen ongeveer 10 tennisvelden per hectare.
- Er zijn vier masten per drie velden met elk een of twee lampen.

Paardenbakken

Een groeiend probleem in het buitengebied zijn paardenbakken. Het dorp Epe heeft 500 paardenbakken op zijn grondgebied. De lampen zijn zelden aan, maar zijn vaak slecht afgesteld. De kwaliteit verschilt sterk en daarom is ervoor gekozen om een standaard in te voeren van een bouwmarktlamp die veel toegepast wordt.

Armatuur- en lamptypen

De lampen die tegenwoordig gebruikt worden zijn eigenlijk allemaal 2.000 watt. Alleen jeu de boulesbanen, honden sportbanen en paardenbakken gebruiken over het algemeen een lager wattage.

De armaturen die de laatste jaren gebruikt worden zijn veel beter en speciaal ontwikkeld om grote velden te belichten. De armaturen die als standaard gebruikt worden, worden enigszins schuin gezet bij de veldsporten waarbij een veld van 100 meter breed belicht moet worden. Bij tennisvelden worden ze over het algemeen horizontaal gezet.

Ouderwetse velden die voor 1995 zijn ontworpen hebben een slechtere vorm van verlichting. Daarvoor is de meest voorkomende armatuur gekozen van voor 1995. Deze staan over het algemeen ook veel schuiner.

Reflectiewaarden

Hoeveel licht van gras gereflecteerd wordt, verschilt per grassoort, lengte van het gras etc. 9% is een goede waarde. Gravel en sintel, waar tennis- en atletiekvelden mee bedekt zijn, reflecteren meer licht in de orde van 15%. Alle gegevens betreffende reflectie zijn afkomstig van Light Surface Control.

Afscherming

- De afscherming door zaken als hekken, bomen, huizen is bij sportparken minimaal. Men wil geen bladeren op het veld vandaar dat ze open liggen. De afscherming wordt op 0 gesteld. Alleen bij tennisparken, zeker de parken in de steden, is er enige afscherming.
- Voor de afscherming van tennisparken gaan we ervan uit dat er drie banen naast elkaar liggen met een breedte van 45 meter totaal, met eromheen een afscherming van 5 meter hoog. Vandaar dat we een profiel hebben van een breedte van 22 (helft van 45) meter ten opzichte van 5 meter hoog: 4 op 1.
- Er wordt bij de afscherming van een tennisveld ervan uitgegaan dat alle licht in het midden van de drie banen geconcentreerd is en dat het licht door de omliggende bebouwing gedeeltelijk tegengehouden wordt. Vandaar dat we de straal van de baan nemen en niet de middellijn.
- Dat is anders dan bij de woonstraten waar de mate van afscherming echt per vierkante meter verlichte weg uitgerekend is. Dat leek voor de tennisvelden onnodig.

De gegevens van de sportverlichting zijn doorgenomen met Henk Stolk, lid van de commissie sportverlichting van de NSVV.

Reflectiewaarden zijn besproken met Dirk Hetebrij, Light Surface Control, een bedrijf gespecialiseerd in metingen aan oppervlakken.

Bijlage 5

Kasgebieden

De afgelopen jaren is de areaalbelichting (van glastuinbouw) met gemiddeld 1.6% per jaar toegenomen. Begin 2006 werd op bijna een kwart (van de in totaal ongeveer 10.000 hectare) van het areaal glastuinbouw belichting toegepast.

Bij het areaal rozen wordt vrijwel het gehele areaal belicht. Bij chrysanten is dit circa 74% en bij overige snijbloemen ongeveer 37%. Van het areaal potplanten wordt ongeveer 23% belicht. De laatste jaren is ook belichting bij glasgroenten in opkomst. Naar schatting werd in 2006 ongeveer 190 ha glasgroenten belicht, waarvan het merendeel areaal tomaat (onderzoek Benninga en Reijnders, in voorbereiding).

Onderverdeling

De verlichting en ook de afscherming en het aantal uren dat verlicht wordt, hangt af van het soort gewas. De meest logische indeling is dan ook naar soort gewas.

Er is gekozen voor groenten, rozen, chrysanten en potplanten. Dit zijn grote aantallen kassen en ze verschillen in de manier van belichten.

Er zijn nog een aantal andere soorten bloemen waarbij de kassen verlicht worden, maar dit zijn dergelijke kleine arealen dat het opnemen van deze arealen niet zinvol lijkt.

Binnen de categorie groenten en binnen de categorie rozen zitten ook nog wel nuanceverschillen naar type groente of type roos, maar de genoemde waarden zijn een goede gemiddelde indicatie van wat er op dit moment gebouwd wordt in Nederland.

Er is ook een mix van bloemen en een algehele mix opgenomen als niet bekend is welke soort product in een nieuw gebied verbouwd zal gaan worden. De onzekerheid is dan natuurlijk groter.

Verlicht areaal, verlichtingssterkte en afscherming

Van een oppervlak dat bestemd wordt voor kassen zal niet alle grond met kassen bedekt zijn. Wegen, huizen, waterbassins en dergelijke zullen ook een plaats krijgen. Van drie nieuwe ontwikkelingen is nagegaan hoe groot het netto-areaal ten opzichte van het bruto-areaal is.

De voorbeelden verschillen enigszins. Er is voor alle gebieden een uitgeefpercentage van 65% gekozen.

- Voor de Zuidplaspolder wordt van 323 hectare bruto en 180 hectare netto uitgegaan (de verhouding is 55%). Zie:
http://www.zuidholland.nl/overzicht_alle_themas/thema_programma_en_projecten/glastuinbouw/content/herstructureren_en_ontwikkelen.htm.
- In Bergerden is er een verhouding van 212 hectare netto op 340 hectare bruto (de verhouding is 62%). Uit:
<http://www.agriholland.nl/dossiers/herstructureringglastuinbouw/home.html#areaalglastuinbouwzuidhollandneemtaf>
- Dinteloord 65 hectare bruto, circa 45-50 hectare netto (de verhouding is 73%).

Voor een nieuw glastuingebied zal in het algemeen ook niet bekend zijn hoe groot het aandeel verlichte kassen is. Ook de verlichtingssterkte en het gebruikte afschermingsdoek varieert.

De gemiddelde belichtingsintensiteit neemt nog steeds enigszins toe. Het doek dat voor afscherming gebruikt wordt, schermt 85 tot 99% van het licht af.

De getallen die voor deze gegevens in de tabel staan, zijn gebaseerd op het meest recente nieuwe kasgebied Agriport A7 in Noord-Holland.

De getallen en percentages zullen zeker fluctueren de komende jaren. Of er wel of niet verlicht wordt, hangt van vele factoren af, zoals gasprijs, concurrentie en wetgeving. Ook de manier van verlichten, met ledverlichting bijvoorbeeld, zal waarschijnlijk sterk gaan veranderen.

Alle getallen zijn doorgenomen met Wilco Wisse, medewerker van het bedrijf Van der Lans, een toonaangevend bedrijf in Nederland op het gebied van groenteteelt zowel gevestigd in Zeeland als in Noord-Holland.

Bijlage 6

Wegen in het buitengebied

Wegen in het buitengebied hebben een aanzienlijke invloed op de omgeving. Vooral de horizontale uitstraling van wegen is aanzienlijk en levert een grote bijdrage aan de visuele verrommeling van nachtelijk Nederland.

De soort verlichting die gebruikt wordt, wordt aangegeven in de NPR 13201, die een richtlijn geeft aan wegbeheerders hoe een weg te verlichten. Zo kan een snelweg al naar gelang de intensiteit, of niet verlicht worden, of verlicht worden met 22 lux en ook met allerlei tussenstappen. De intensiteit is niet het enige criterium; een weg die inherent veilig is, zoals een snelweg met ongelijke kruisingen, heeft geen of minder licht nodig dan een weg met veel kruisingen.

De NPR-systematiek is complex en wordt op dit moment ook herschreven. Het lijkt niet handig om deze volledig hierin in te bouwen. Er is daarom gezocht naar een simpelere indeling die toch recht doet aan de verschillende verlichtingssituaties die voorkomen.

Onderverdeling

Er is gekozen voor een indeling gekoppeld aan het concept Duurzaam Veilig. Bijna alle Nederlandse wegbeheerders hebben zich verbonden aan dit programma en de komende jaren wordt dit voor alle wegen doorgevoerd.

Duurzaam Veilig onderscheidt drie soort wegen: stroomwegen, gebiedsontsluitingswegen en erftoegangswegen. Deze geven een goede indicatie van de verlichting zoals ook in de NPR aangegeven staat.

Elk van bovengenoemde wegen wordt verdeeld in twee typen, waarbij er nog discussie is over de precieze invulling, vooral van de gebiedsontsluitingswegen. Voor ons doel lijkt een indeling in zes verschillende wegen voor autoverkeer veel en onoverzichtelijk. Er is daarom gekozen voor de volgende indeling:

1. Nationale stroomwegen, autosnelwegen met twee keer twee rijstroken. Maximaal 120 km/uur, ongelijke kruisingen.
2. Regionale stroomwegen: autowegen, maximaal 100 km/uur, doorgetrokken kantmarkering, middenberm of doorgetrokken dubbele streep met groene vulling, geen langzaam verkeer, bij voorkeur ongelijkvloerse kruisingen.
3. Gebiedsontsluitingswegen: onderbroken kantmarkering, dubbele middenstreep, maximaal 80 km en geen fietsers op de rijbaan.
4. Erftoegangswegen: weg voor gemengd verkeer; maximaal 60 km/uur, geen middenstreep, fietsverkeer op de weg, eventueel apart aangegeven.
5. Fietspaden.

Verlichting en afscherming

Er is geen duidelijk criterium of een weg ook verlicht moet worden. De NPR doet daar ook geen uitspraak over. De NPR geeft alleen aan dat als er verlicht wordt hoe het dan dient te gebeuren. Vooral over verlichting in het buitengebied is veel discussie en het nut en de noodzaak is onderwerp van onderzoek.

Er is daarom voor gekozen om de gebruiker te laten aangeven of er verlicht wordt en op welke wijze: integraal, oriëntatie of alleen op kruispunten. De gebruiker kan dan ook verschillende scenario's voor verlichting vergelijken.

- Integraal betekent dat, dat de weg uniform verlicht wordt met over het algemeen masten om de 30 tot 50 meter.
- Oriëntatie betekent dat er verlicht wordt om te laten zien hoe de weg verloopt. Over het algemeen lichtmast om de 100 tot 250 meter.
- Discontinu betekent dat er alleen verlicht wordt op sommige kruisingen, bij bochten, overgangen etc.

Als er (integraal) verlicht wordt, zijn als waarden voor verlichting en afscherming, de gemiddelde waarden uit de NPR genomen. De normen voor grotere wegen zijn opgesteld als een richtlijn voor de luminantie. De luminantiewaarden zijn omgezet naar een luxwaarde waarbij rekening gehouden is met een reflectiecoëfficiënt van 7%: een weg waarop 1 cd/m² gemeten wordt, is dan verlicht met 15 lux.

Deze waarden zijn alle besproken met Jan Ottens van Imtech Infra Engineering, één van de toonaangevende deskundigen op het gebied van openbare verlichting in Nederland. Reflectiewaarden zijn besproken met Dirk Hetebrij, Light Surface Control, een bedrijf gespecialiseerd in metingen aan oppervlakken.

Bijlage 7

Parkeerterreinen

Kunstwerken, zoals spoorwegen, bruggen, havens, sluizen, windmolenparken hebben over het algemeen weinig of geen licht. Bruggen worden tegenwoordig geregeld aangelicht, maar dit lijkt toch niet een belangrijke bron van licht te zijn om hier in deze eerste versie opgenomen te worden.

Parkeerterreinen zijn hier een uitzondering op. Nieuwe ontwikkelingen in het buitengebied gaan vaak samen met een verlicht parkeerterrein. Een nieuw museum, een nieuw vliegveld, alle hebben een parkeerterrein dat over het algemeen ook verlicht wordt.

De manier van verlichten van een parkeerterrein verschilt sterk. De hoogte van de masten varieert, ook of de verlichting ook een decoratieve functie heeft varieert.

Het lijkt niet mogelijk om zelfs maar te denken in een soort gemiddeld parkeerterrein.

De waarden voor verlichting die gekozen zijn, zijn vergelijkbaar met de NPR-klasse S4. Dat is een verlichting die gebruikt wordt in woonstraten. We hebben daarbij gekozen voor een armatuur van een van de grote leveranciers in Nederland dat veel gebruikt wordt met 8-metermasten.

De verlichting van veel parkeerterreinen is ook ongeveer vergelijkbaar met dit soort openbare verlichting en daarom lijkt dit wel de best mogelijke modellering van de verlichting op parkeerterreinen.

In de toekomst kan dit uitgebreid worden met stations, rangeerterreinen en defensierterreinen.

Bijlage 8

Rendement van lampen

Efficiëntie

Het elektrische vermogen, uitgedrukt in watts, wordt omgezet in zichtbaar licht in een lamp. Daar zijn vele woorden voor. Er is geen algemeen vastgesteld begrip voor. Begrippen die genoemd worden zijn: specifieke lichtstroom, rendement en efficiëntie. In het Engels wordt de term luminous efficiency gebruikt.

De eenheid is wel duidelijk, namelijk lumen per watt.

Kengetallen zijn voor lage druk kwik 80 lumen per watt en voor hoge druk natrium 120 lumen per watt.

Systeemvermogen

Lampen kunnen niet zomaar branden maar er is een ballast (ook wel voorschakelapparaat genoemd) nodig. Tegenwoordig bestaat dat uit een hoeveelheid elektronica die ervoor zorgt dat de lamp ontbranden kan en als hij warm is blijft branden. De ballast verbruikt ook energie en om dat aan te geven wordt de term systeemvermogen gebruikt. Het systeemvermogen is de optelling van het vermogen gebruikt door de lamp en de ballast.

Kentallen zijn:

- 18 watt lamp, systeemvermogen 20 watt;
- 24 watt lamp, systeemvermogen 26 watt;
- 36 watt lamp, systeemvermogen 38 watt;
- 66 watt lamp, systeemvermogen 68 watt.

Alle met elektronische ballast. Bij conventionele ballasten zijn de systeemvermogens duidelijk hoger.

Armatuurrendement

De lamp zit in een armatuur en het armatuur zorgt ervoor dat het licht gericht wordt op dat wat te verlichten is. Een deel van het licht wordt tegengehouden, komt het armatuur niet uit. Het percentage dat uitdrukt hoe groot het deel is dat er wel uitkomt is het armatuurrendement.

In het algemeen wordt dit op 80% gesteld. Dat betekent dat 20% van het licht door interne reflecties, vervuiling etc. niet het armatuur verlaat.

Verlichtingsrendement

Ten slotte straalt het licht het armatuur uit. Gedeeltelijk straalt het op het doel, bijvoorbeeld de straat, maar veel licht schijnt andere kanten op, schuin weg omhoog, naar achteren etc.

Het verlichtingsrendement is de verhouding tussen het licht dat het te verlichten oppervlak bereikt en het totale uitgestraalde licht. Eenheid is een percentage. Dat wordt het verlichtingsrendement genoemd.

Het is daarbij belangrijk wat als 'te verlichten oppervlak' gedefinieerd wordt.

- woonstraat: van erfrens tot erfrens;
- verkeerswegen: de breedte van de rijbaan;
- bij vrij liggend fietspad: de rijbaan plus aan beide zijden twee meter.

Kentallen: bij puntvormige lichtbronnen is het verlichtingsrendement 35%; bij lijnvormige lichtbronnen is het verlichtingsrendement 30%. Lijnvormige verlichting is bijvoorbeeld een tl-balk, maar ook lage druk natriumlampen. Puntvormige bronnen zijn alle overige lichtbronnen.

Bij moderne ledverlichting kan dit oplopen tot 40 of 45% (bron: Handboek energielabeling openbare verlichting, bladzijde 10/11).

Bij de woonwijken hebben we het rendement meegenomen door te berekenen hoeveel licht er op de voortuinen, huizen etc. valt en dat samen te nemen met de verlichting op de weg. Op basis hiervan wordt het gereflecteerde licht berekend.

Bij de overige categorieën verlichting hebben we het verlichtingsrendement niet meegenomen. Bij bedrijventerreinen zou het ook spelen, maar daar zijn de gegevens dermate onzeker dat een extra onzeker getal toevoegen geen meerwaarde oplevert. Bij sport-, kas- en parkeerverlichting speelt het rendementsprobleem nauwelijks.

Het rendement van de verlichting zou bij de validatie eventueel als variabele meegenomen kunnen worden om de uitkomsten goed met de gemeten waarden te kunnen matchen.