



AANBEVELING

Handleiding Energielabeling Openbare Verlichting

Versie mei 2010



Colofon

Project: Handleiding energielabeling openbare verlichting

Opdrachtgever: NSvV

Projectbegeleider: Ton van den Brink en Commissie Openbare Verlichting

Opdrachtnemer: Infra Engineering BV

Projectmedewerkers J. Ottens

Voorwoord

Deze handleiding is bedoeld om een energielabel voor een openbare verlichtingsinstallatie vast te kunnen stellen. De handleiding ondersteunt daarmee de mogelijkheid een energiebesparings-doelstelling en een ontwerp- en inkooprichtlijn te definiëren.

Aan deze publicatie kan geen normatieve waarde worden toegekend.

Enkele jaren geleden is toenmalig SenterNovem, inmiddels AgentschapNL, in opdracht van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat begonnen met een energiebesparingstraject in de sector Grond, Weg en Waterbouw (GWW). Bij het opstellen van uitvoeringsplannen energiebesparing bij infrastructurele installaties zullen de gemeenten door de inhoud van deze handleiding ondersteund kunnen worden.

Deze handleiding ondersteunt het project Duurzaam Inkopen van het Ministerie van VROM. AgentschapNL heeft begin 2009 duurzaamheidscriteria voor de inkoop van openbare verlichting uitgegeven. Als belangrijk criterium wordt energielabeling beschreven en verwezen naar deze handleiding die in opdracht van de NSVV tot stand is gekomen.

Op 26 mei 2008 is het eindrapport van de Task Force Verlichting door het Ministerie van VROM gepubliceerd. In dat rapport worden een aantal acties en adviezen beschreven om energiezuinige verlichting gemeengoed te laten zijn.

Voor de openbare verlichting zijn een aantal, elkaar ondersteunende, acties opgesteld, waaronder het toepassen van energielabels. Deze handleiding geeft hieraan een praktische invulling.

Bij het opstellen van het energielabel wordt gebruik gemaakt van de Europese norm EN 13201-5 'Energy Efficiency Requirements'. In deze norm worden per verlichtingsklasse en oppervlakte-eenheid maximale waarden vastgesteld voor het systeemvermogen. Aan deze norm wordt in Nederland met de huidige moderne verlichtingsinstallaties veelal zonder moeite voldaan. Het energielabelsysteem kan daarom worden ingezet om een hogere ambitie na te streven en te bereiken. Dit kan bijvoorbeeld als een uitdagend ontwerpcriterium door inkopende partijen worden gebruikt.

Bij het opstellen van dit Handboek zijn een aantal uitgangspunten gehanteerd:

- Bij de totstandkoming van een energielabel wordt van standaardsituaties uitgegaan.
- In de praktijk zijn er allerlei oorzaken, die de mastafstand ter plekke bepaalt, zoals zijwegen, uitritten, bomen en andere obstakels. Ook bij de bepaling van het energielabel van bestaande verlichtingsinstallaties moet van de standaardsituatie worden uitgegaan.
- Het uitgangspunt voor de bepaling van de verlichtingsklasse is de NPR 13201-1 Openbare Verlichting. Voor woongebieden wordt klasse S5 aanbevolen met een gemiddelde horizontale verlichtingssterkte van 3 lux en een gelijkmatigheid van 0,2. Bij lagere waarden neemt de lichttechnische kwaliteit sterk af.



- Indien een vrijliggend fietspad door de hoofdverlichting van de er naast liggende verkeersweg wordt verlicht kunnen de oppervlakken van het fietspad en de verkeersweg worden samengevoegd. Dit stimuleert het energiezuinig verlichten van fietspaden.

De begeleidende klankbordgroep bij het ontwikkelen van deze publicatie bestond uit:

- R. van Bochove – IP Lighting
- A. van den Broek – NLA
- B. Huenges Wajer – AgentschapNL
- C. van Loon – Citytec
- Th. Mackaay – AgentschapNL
- R. van Ratingen - Liandyn

Inhoudsopgave:

1	Inleiding	1
1.1	Energielabeling van openbare verlichtingsinstallaties.....	1
1.2	Wanneer kan een energielabel worden afgegeven.....	4
1.3	Leeswijzer	4
2	Termen en definities	5
3	Berekenen energieverbruik.....	12
3.1	Uitgangspunten voor de berekening.....	12
3.2	Berekeningen bij een gemengde verkeers- én verblijfsfunctie	13
3.3	Berekenen norm-SLEEC bij gedimde installaties	14
3.4	Rekenvoorbeelden	16
4	Werken met energielabeling	23
4.1	Uitgangspunten	23
4.2	Labelkeuze.....	24
4.3	Aanbevolen werkwijze bepalen label.....	26
4.4	Voorbeeld bepalen label met vuistregels	28
4.5	Ontwerpen met het label	31

1 Inleiding

1.1 Energielabeling van openbare verlichtingsinstallaties

Wat is energielabeling

Een energielabel is een maatstaf voor de afnemer van het product om te zien hoe zuinig, milieuvriendelijk en/of energiebesparend het aangekochte product is. Bij auto's bijvoorbeeld zegt het label iets over het brandstofverbruik van een bepaalde auto binnen zijn klasse. Autoklassen zijn onder meer: miniklasse, middenklasse, SUV, toplimousines, etc. Deze klasse zegt iets over de prestaties en comfort die de gemiddelde auto in zijn klasse levert. Labeling is dus een maat voor het energieverbruik bij een bepaalde prestatie.

Lampen kennen sinds 2001 een energielabel. TL-lampen en spaarlampen krijgen een label A of B, halogeen lampen label D en gloeilampen krijgen meestal label E, F of G. TL lampen van 36 watt geven immers veel meer licht in vergelijking met gloeilampen van 40 watt.

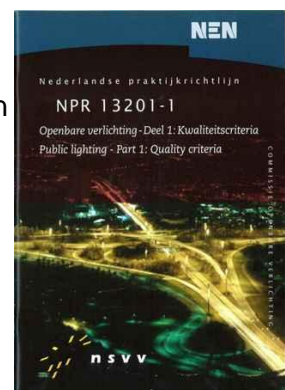
Prestatie openbare verlichtingssystemen

Maar een labeling voor alleen maar lampen is niet voldoende voor openbare verlichtingsinstallaties (OVL). Veel lampen die gebruikt worden in de OVL zijn al zuiniger dan de lampen die in de utiliteit of door consumenten worden gebruikt. Het lamplabel "piept" niet als lichtmasten te dicht op elkaar langs de weg worden geplaatst of als lampen met een veel te hoog vermogen worden gebruikt.

De prestatie die een OVL-installatie dient te leveren wordt naast de zuinigheid van de lamp ook bepaald door het armatuur waarin de lamp is geplaatst, het gebruikte optiek, de refractie van de lichtkap, de lichtverdeling, de lichtpunthoogte, de mastafstand en de straatbreedte en op verkeerswegen ook nog de mate van reflectie van het wegdek. De omgeving, de vormgeving en het gebruik van de weg stellen ook eisen aan de te plaatsen verlichtingsinstallatie. Hoe zijn al deze elementen in een eenduidig energielabel te passen?

Richtlijnen

Gelukkig zijn er een aantal handvatten. De eerste is de zogenaamde NPR13201-1, de Nederlandse Praktijk Richtlijn voor openbare verlichting [3]. In deze gezamenlijke uitgave van de Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde NSvV en de NEN staan determineertabellen waarmee voor nagenoeg alle verlichtingssituaties verlichtingsklassen zijn te bepalen. Verlichtingssituaties zijn onder andere stroomwegen, ontsluitingswegen, erftoegangswegen en voet- en fietspaden met varianten. Een verlichtingsklasse is een vastgestelde hoeveelheid licht en lichtverdeling, zie hoofdstuk 2 voor een nadere uitleg. Een veel gebruikte verlichtingsklasse voor woonstraten (erftoegangswegen) is klasse S5. Als deze klasse uit de determineertabellen komt rollen moet de straat een gemiddelde horizontale verlichtingssterkte van 3 lux hebben en een gelijkmatigheid (lichtverdeling) van 0,2. Deze gelijkmatigheid is weer de verhouding tussen de minimale verlichtingssterkte in de straat en de gemiddelde waarde. Een waarde van 3 lux is niet veel als het vergeleken wordt met helder



Figuur 1.1
NPR13201-1

daglicht van meer dan 100.000 lux, maar het menselijk oog is in staat om te adapteren aan vele lichtniveaus waardoor bij 3 lux het oog ook goed kan waarnemen. Deze NPR13201-1 levert de verlichtingsklassen voor het label. Deze verlichtingsklassen zijn dan te vergelijken met de diverse autoklassen.

Een ander houvast is de EN13201-5 [2]. Deze Europese Norm geeft een beschrijving van een indicator die heel goed voor labeling gebruikt kan worden. Met deze zogenaamde SLEEC (Street Lighting Energy Efficiency Criterion) kan de verhouding tussen het vermogen en de geleverde prestatie berekend worden.

De formule is gedefinieerd als de hoeveelheid energie per verlichtingssterkte en per oppervlakte-eenheid en wordt uitgedrukt in watt/lux/m², zie hoofdstuk 2 voor een uitgebreide technische omschrijving. De formule luidt: "SE=Ps/Eh/A".

SE is de berekening van de SLEEC bij een ontwerp dat gebaseerd is op de horizontale verlichtingssterkte in lux. Over het algemeen betreft dat woon- en verblijfsgebieden. Ps is het systeemvermogen in watt van de OVL-installatie en is de optelsom van het vermogen van de lamp en van het voorschakelapparaat. Eh is de geleverde gemiddelde horizontale verlichtingssterkte in lux en A de oppervlakte in vierkante meters die de installatie dient te verlichten. Voor woongebieden wordt A berekend uit de straatbreedte (of profielbreedte, zie de figuren 3.1 en 3.2 in hoofdstuk 3) en de mastafstand. Er is ook nog een SL die de SLEEC berekend van een ontwerp dat is gebaseerd op de luminantie (helderheid) van het wegdek in Candela (Cd) per m². SL wordt gebruikt bij verkeerswegen en uitgedrukt in watt/[candela/m²]/m².

In de Europese norm zijn zoals reeds in het voorwoord genoemd, grenswaarden voor de SLEEC aangegeven per verlichtingsklasse. Deze zijn voor Nederlandse OVL-installaties echter makkelijk te halen en niet ambitieus genoeg voor duurzaam inkopen.

Norm-SLEEC

Met de NPR13201-1 en de EN13201-5 in het achterhoofd is de zogenaamde norm-SLEEC bedacht. De berekening van deze indicator maakt gebruik van dezelfde formule. Voor de verlichtingssterkte moet nu de normwaarde van de betreffende verlichtingsklasse worden ingevuld. Een straat die verlicht moet worden volgens klasse S5 heeft een normwaarde van 3 lux. Een verkeersweg met de verlichtingsklasse ME5 heeft een normwaarde van 0,5 Cd/m². De norm-SLEEC benadering heeft diverse voordelen:

- De te leveren prestatie van de verlichtingsinstallatie ligt vast: de installatie moet inclusief lichtterugvalfactor voldoen aan de NPR13201.
- Dimmen wordt gewaardeerd: als de lamp gedimd wordt binnen de ruimte die de NPR biedt, zal het opgenomen vermogen dalen. Het lagere gemiddelde



Figuur 1.2 Voorbeelden van verlichtingssituaties

systeemvermogen wordt gedeeld door de normwaarde in lux of Cd/m². Het oppervlak blijft hetzelfde. De indicator zal dus gunstiger worden.

- Correctie van overdimensionering zal plaatsvinden. Lampen zijn maar verkrijgbaar in een beperkt aantal vermogens. De lichtontwerper wordt in zijn ontwerp altijd belemmerd door andere objecten en vormgeving van de weg, denk hierbij aan bomen, uitritten en parkeerhavens. Hierdoor komen de lichtmasten vaak te dicht bij elkaar en dat kan niet gecompenseerd worden door lampen met een lager vermogen omdat er net een tussenstap ontbreekt. Hier kan dimmen een oplossing bieden. Met weinig meerkosten kan het armatuur voorzien worden van een apparaat dat de lamp voldoende dimt om de overdimensionering teniet te doen. Afhankelijk van de omgevingsfactoren kan de lamp 's nachts nog verder gedimd worden.
- Omdat in de indicator de prestatie van de OVL-installatie gerelateerd is aan de NPR13201 kunnen met de indicator norm-SLEEC alle openbare verlichtinginstallaties met elkaar worden vergeleken.

Onderzoek tot stand komen labels

In de adviesnotitie "Energie labeling openbare verlichting" [1] zijn de mogelijkheden om energielabeling toe te passen onderzocht. In deze adviesnotitie is aanbevolen om gebruik te maken van de zogenaamde SLEEC zoals beschreven in de Europese norm EN13201-5 Energy Efficiency Requirements [2].

Met behulp van deze indicator zijn zeven verschillende wegprofielen van verblijfsgebieden doorgerekend in diverse verlichtingsklassen en twee profielen van verkeerswegen. Hierbij is gebruik gemaakt van 36 verschillende armaturen. Hieruit blijkt dat aanvullende voorwaarden en een programma van eisen belangrijk zijn voor het plaatsen van lichtmasten en het bepalen van de armaturen met de juiste lichtuitstraling per gebied. In hoofdstuk 3 van deze handleiding komt dit uitgebreid aan de orde.

Uit dit onderzoek is een set getallen gekomen die voldoende dicht bij elkaar liggen om van een eenduidig te hanteren getal te spreken. Hiermee is labeling mogelijk.

Labeling energieprestatie

In Europees verband is reeds sprake van een ondergrens van 0,07 W/lux/m². Dit is beschreven in de EN13201-5 [2]. In hoofdstuk 2 is de labelindeling gegeven voor installaties die voldoen aan de norm m.b.t. de minimale verlichtingseisen. De waarde 0,07 is als ondergrens G voor de labelbandbreedtes gekozen. Label A, de bovengrens, is bij de ontwikkeling van het label in 2008 zo gekozen dat die niet haalbaar is met verreweg de meeste armaturen die op dat moment op de markt waren om zodoende de markt te prikkelen tot (nog) betere armaturen of technieken. In hoofdstuk 2 is de labelindeling weergegeven. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de labelindeling proportioneel toeneemt. Dit heeft tot gevolg dat het bereiken van label A vanuit B moeilijker is als het bereiken van label B vanuit label C. Dit is bedoeld als extra marktprikkeling.

Labeling dimbaarheid

In de adviesnota [1] is onderzocht hoe omgegaan kan worden met een wens tot dimmen. Voor installaties die binnen het gekozen dimregime blijven voldoen aan de norm m.b.t. de minimale verlichtingseisen is het effect van het dimmen verwerkt in de labelmethodiek.

Het is echter mogelijk dat een opdrachtgever de installatie alleen voor wil bereiden op dimmen of dat er verkeersafhankelijk gedimd wordt en het dimregime niet te berekenen is. Deze wens kan uitgedrukt worden in een tweede label voor de dimbaarheid, zie hoofdstuk 2. Een installatie kan dan een energielabel krijgen, bijvoorbeeld "D", en een dimbaarheidslabel, bijvoorbeeld "B" voor een compact fluorescentielamp. Het label wordt dan: "DB".

1.2 Wanneer kan een energielabel worden afgegeven

Met behulp van de handleiding kan een label voor een openbare verlichtingsinstallatie berekend of bepaald worden. Het doel is om bewust te worden van het energieverbruik en een hoge energiebesparing na te streven. Met het label kan dit worden vastgelegd.

Vooralsnog is deze handleiding bedoeld voor het labelen van nieuwe of te renoveren installaties met een gelijkvormig profiel. Voor de duidelijkheid zijn hier de voorwaarden gegeven die gelden voor de te labelen installatie. Deze voorwaarden zijn:

- De installatie moet gedurende de bedrijfstijd voldoen aan de voorgeschreven verlichtingsklasse conform de NPR13201-1;
- Als gedurende een deel van de brandtijd door sterk dimmen of deel uitschakelen de verlichting niet meer aan de NPR voldoet, kan geen label worden bepaald;
- Het is een uniforme installatie gebaseerd op 1 profiel;
- Randvoorwaarden aangaande lichtkleur, kleurherkenning, afscherming en dergelijke dienen vooraf te worden bepaald. Binnen dat kader kan het label berekend worden.

1.3 Leeswijzer

De handleiding is op de volgende wijze ingedeeld.

Hoofdstuk 1 Inleiding

Hierin is beschreven de aanleiding van de energielabeling, het gehouden onderzoek en het tot stand komen van de labels.

Hoofdstuk 2 Termen en definities

Hierin worden de SLEEC vormen uitgelegd en de te gebruiken labels met hun koppeling aan de rekenresultaten. Verder een overzicht van de in de handleiding gebruikte termen.

Hoofdstuk 3 Het berekenen van het energieverbruik van installaties met de norm-SLEEC met voorbeelden.

Hoofdstuk 4 Het vaststellen van de uitgangspunten en het bijbehorende label

Dit hoofdstuk geeft praktische handvatten en het proces om voor diverse verlichtingssituaties een label vast te stellen. Aandacht wordt geschonken aan andere belangrijke criteria zoals kleurherkenning en verblinding die van te voren worden vastgesteld.

2 Termen en definities

Absolute gelijkmatigheid – van de verlichtingssterkte (U_h)

Gelijkmatigheid van horizontale verlichtingssterkte: $E_{h,min}/E_{h,gem}$.

Verhouding tussen de laagste en de gemiddelde waarde.

Eenheid [-]

Absolute gelijkmatigheid van de wegdekkluminantie (U_o)

L_{min}/L_{gem} . Verhouding tussen laagste wegdekkluminantie en gemiddelde wegdekkluminantie in het relevante rekengebied. Geeft aan hoe gelijkmatig de luminantieverdeling is.

Eenheid [-]

Bermfactor (SR)

Verhouding tussen de gemiddelde verlichtingssterkte op de stroken ter breedte van 5 meter direct naast de randen van de rijbaan en de gemiddelde verlichtingssterkte op de aangrenzende rijstroken.

Eenheid [-]

Depreciatiefactor

Lichterugvalfactor ten gevolge van vervuiling en veroudering.

Dimmen of dynamische verlichting

Het besparen van energie is in grote mate mogelijk door daarvoor geschikte lampen op een lager niveau te laten branden ofwel te dimmen. Dit dimmen zorgt bij een dimniveau van 50% voor ongeveer 40% energie besparing, uitgaande van gasontladinglampen. Dimmen kan zowel statisch als dynamisch gebeuren. Statisch dimmen betreft het op een vast tijdstip terugschakelen van de verlichting in brandniveau, bijvoorbeeld om 22:00 uur. Tegenwoordig zijn ook zogenaamde lokale dimmers in staat om hierin wat meer variatie te brengen door in meerdere stappen te gaan dimmen.

Met telemanagementsystemen kan het dimmen ook op afstand aangestuurd worden. Dit heeft als voordeel dat ingespeeld kan worden op calamiteiten, weersomstandigheden en verkeersintensiteiten. De verlichting wordt dan dynamisch aangestuurd.

Dimbaarheid (label)

Het is mogelijk dat het niet duidelijk is hoe een dimregime eruit komt te zien. Het kan zijn dat er dynamisch gedimd wordt of dat de omgeving periodiek een verandering wenst. Als een openbare verlichtingsinstallatie dimbaar moet zijn dan brengt een apart dimlabel de dimbaarheid tot uitdrukking. De dimbaarheid is bijna alleen gerelateerd aan het lamptype.

De dimbaarheid hangt ook af van de aanwezigheid van een dimsysteem. Heeft de installatie geen dimvoorziening dan kan de lamp wel dimbaar zijn maar is dimmen geen optie. Het labelsysteem heeft als voorwaarde dat een dimsysteem aanwezig is.

De prestatie is zichtbaar in het label: een AA label houdt in dat het OVL - systeem op vol bedrijf stand een SLEEC heeft van minder dan 0,015 W/lux/m², het systeem een dimvoorziening heeft en de lampen dimbaar zijn met een goede verhouding tussen licht en vermogensreductie (P/E) en geen kleurverschuiving optreedt.

Het wegdimmen van de nieuwwaardefactor mag – ook in het geval dat er een apart dimlabel wordt vermeld - in het energielabel worden verwerkt. Het energielabel wordt dan, indien van toepassing, berekend uit het gemiddelde vermogen dat ontstaat door wegdimmen van de overdimensionering ten gevolge van depreciatie-effecten.

Lamptype	Label	Omschrijving
LED	A	In het A label horen ook gloeilampen en halogeenlampen thuis, echter niet voor OVL. LED als de kleurverschuiving is opgelost. Verhouding vermogen/lichtstroom lineair
hogedruk natrium en (compact) fluorescentielampen	B	Prima dimbaar; verhouding vermogen/lichtstroom niet lineair
dimbare spaarlampen	C	Als B, wat beperkter dimbaar
metaalhalogeenlampen	D	Idem als C, afwijking kleurtemperatuur
sommige metaalhalogeen lampen	E	Idem als D, ook afwijking van Ra
	F	
lagedruk natriumlampen, hogedruk kwiklampen, inductielampen en niet dimbare spaarlampen	G	Ook te gebruiken als het systeem geen dimvoorziening heeft of hoeft te hebben

Tabel 2.1 labels dimbaarheid

Drempelwaardeverhoging (Threshold Increment - TI)

Maat voor het verlies aan waarneming, veroorzaakt door de storende verblinding van de armaturen van een verlichtingsinstallatie.

Eenheid [%]

Efficiëntie (lumen per watt [Lm/W])

De efficiëntie van lampen wordt uitgedrukt in de verhouding tussen de opgewekte lichtstroom in lumen en het daarvoor benodigde vermogen.

label	SE (W/lux/m ²)	SL (W/Cd/m ² /m ²)
A	0,000-0,014	0,075-0,224
B	0,015-0,024	0,225-0,374
C	0,025-0,034	0,375-0,524
D	0,035-0,044	0,525-0,674
E	0,045-0,054	0,675-0,824
F	0,055-0,064	0,825-0,974
G	0,065-0,074	0,975-1,124

Tabel 2.2 de gekozen labelindeling

Energielabel OVL (A t/m G)

Een energielabel is een maatstaf voor de afnemer om te zien hoe energiebesparend een openbare verlichtingsinstallatie is. Het label geeft de energieconsumptie weer ten opzichte van een referentiesituatie. Voor de openbare verlichting is gekozen voor een aantal referentiesituaties: de verlichtingsklassen zoals omschreven in de NPR13201-1. Deze klasse indeling is te onderscheiden in verlichtingsklassen voor verkeerswegen en voor woon- en verblijfsgebieden, zie tabel 2.2 voor de gekozen

labelindeling. Voor een nadere uitleg zie het rapport advies energielabeling openbare verlichting [1].

EVSA Electronisch VoorSchakelApparaat

Een apparaat dat in serie met de lamp geplaatst wordt met als doel het ontsteken van de lamp en het begrenzen van de stroom.

Een EVSA is energiezuiniger dan een conventioneel voorschakelapparaat dat uit een koper spoel met ijzeren kern bestaat en waarin meer warmte, lees energieverlies, ontstaat. Energiebesparingen van 10% zijn normaal.

Gemiddelde wegdeklluminantie (L)

De gemiddelde luminantie van het wegdek (hoeveelheid licht die gereflecteerd wordt door de weg tussen 60m en 160m vóór de waarnemer). Deze staat op een waarnemingpositie van 1,5 m boven het wegdek in het midden van iedere rijstrook. Eenheid [cd/m^2]

Horizontale verlichtingssterkte (Eh)

Horizontale verlichtingssterkte. Gemiddeld over een wegoppervlak. Eenheid [lux]

Kleurtemperatuur (Kelvin) en kleurindruk

Kleurtemperatuur is een maat voor de kleurindruk van de lamp, uitgedrukt in Kelvin (K) en is gebaseerd op een warmtestraler. Zo komt 2700 K overeen met de kleurtemperatuur van een gloeilamp en 1800 K met die van een lage druk natrium lamp (oranje-geel). Xenon koplampen ervaren we als koel wit licht (meer dan 5000 K). De kleurindruk kan bijvoorbeeld ook groen zijn. De kleurtemperatuur is dan niet van toepassing.

Tabel 2.3 overzicht lamptypen

Lamptype	kleurindruk	Kleurherkenning Ra	Levensduur In branduren ¹	Efficiëntie In lumen per watt
Lage druk natrium	Oranje-geel	Geen	10.000-12.000	100 - 200
Hoge druk natrium	Goud-geel	30 tot 65	12.000 – 32.000	80 – 120
Compact fluorescent of lage druk kwik	Wit	80	8.000 – 48.000	80 – 90
Metaalhalogeen	Koelwit tot warmwit	70 – 90	10.000 – 12.000	80 –100
Hoge druk kwik	Grijswit	30 - 50	8.000	40
Lage druk kwik TLD/TLS	Wit	TLS: 50 TLD: 80	6.000 – 10.000	70 – 90
Inductie	Wit	80	60.000	70
LED	Groen-wit of wit tot koelwit	30 - 80	50.000-100.000 ²	40-90 ³

¹ het aantal branduren per jaar bedraagt ongeveer 4100 uur. Het aantal branduren betreft de economische branduren volgens opgave fabrikant. Hierbij wordt meestal uitgegaan van 10% uitval en/of 10% lichtterugval.

² bij LED is de levensduur sterk afhankelijk van de temperatuurhuishouding en de stroomsturing. Geaccepteerd is een opgave van de maximale branduren met 10% uitval en 30% lichtterugval. Hierop wordt door diverse fabrikanten garantie gegeven op basis van een afbouwregeling.

³ bij ledarmaturen wordt de efficiëntie genomen van het armatuur met de lichtbron (Luminaire Lumens Efficacy). Deze range betreft de situatie begin 2010 en zal naar verwachting in de toekomst nog substantieel stijgen.

Kleurweergave (Ra)

Iedere lamptype heeft andere kleurweergave eigenschappen. Bij het licht van lage druk natrium lampen bijvoorbeeld, kunnen geen kleuren worden onderscheiden, de Ra is 0. Dit zijn dan grijstinten. Bij fluorescentielampen is de kleurweergave juist weer heel goed. Kleurweergave wordt aangegeven in een getal: Ra van 0 tot 100.

Lamptypen

In dit handboek worden zoveel mogelijk algemene benamingen gebruikt. In tabel 2.3 staat een korte opsomming van de gebruikte lamptypen.

Langsgelijkmatigheid van de wegdek luminantie (UI)

L_{min}/L_{max} . Verhouding tussen de laagste en de hoogste waarde van de wegdek luminantie. Wordt berekend in het hart van de rijstroken in het relevante rekengebied. Deze maat geeft met name het optreden van het zogenaamde “zebra-effect” op het wegdek weer.

Eenheid [-]

Lichtsterkte klasse G

De klasse heeft te maken met de afscherming van een armatuur en kan worden gebruikt om storende verblinding of hinderlijk strooilicht te toetsen. De classificatie is gebaseerd op de lichtsterkte onder hoeken van 70 graden of meer met de verticaal.

Lichtstroom (Lumen)

De hoeveelheid licht die een lichtbron per seconde uitstraalt, gerelateerd aan de ooggevoeligheid van de mens, ongeacht de richting daarvan.

Luminantie (L)

Quotiënt van de lichtsterkte van een lichtbron en het schijnbare oppervlak ervan in een bepaalde richting.

Eenheid [cd/m^2]

Norm-SLEEC (SL-norm of SE-norm)

De gebruikte indicator voor het bepalen van een label is de norm-SLEEC gedoopt. SLEEC is de afkorting van Street Lighting Energy Efficiency Criterion, zie de EN13201-5 [2]. Deze is te berekenen voor verkeerswegen, SLnorm genaamd, en voor woonstraten, SENorm genaamd. Het energieverbruik wordt afgezet tegen een minimaal te leveren prestatie. Dit is de minimale verlichtingseis binnen de verlichtingsklasse van een straat.

Nieuwwaardefactor (%)

Door lichtterugval van de lamp en vervuiling van de armatuur wordt een installatie meestal tot 15% overgedimensioneerd. Zie ook “depreciatiefactor”. Deze overdimensionering wordt ook wel de nieuwwaardefactor genoemd. Een groot voordeel van dimmen is dat tegenwoordig de zogenaamde nieuwwaardefactor gedimd kan worden. Als deze factor geregeld kan worden aan de hand van de lamplevensduur kan een constante lichtstroom worden gehandhaafd. Dit moet beheer technisch wel mogelijk zijn en kan momenteel alleen met telemanagementsystemen geautomatiseerd worden.

Overdimensionering

Lampen zijn maar verkrijgbaar in een beperkt aantal vermogens. De lichtontwerper wordt in zijn ontwerp belemmerd door objecten en vormgeving van de weg. De lichtmasten komen vaak te dicht bij elkaar hetgeen niet gecompenseerd worden door lampen met een lager vermogen, vaak ontbreekt net een tussenstap. Hier kan dimmen een oplossing bieden. Het armatuur wordt voorzien van een dimunit dat de lamp voldoende dimt om de overdimensionering teniet te doen. Aangezien de masten zoveel mogelijk op dezelfde afstand van elkaar geplaatst worden kan voor de hele straat een gemiddelde vaste dimwaarde berekend worden.

OVL

OVL is de afkorting van Openbare Verlichting. Vroeger werd OV gebruikt maar dat scheidt verwarring met het Openbaar Vervoer.

Semicilindrische verlichtingssterkte (Esc)

Semicilindrische verlichtingssterkte. Totale lichtstroom die op het gebogen vlak van een zeer kleine halve cilinder valt, gedeeld door het gebogen oppervlak van de halve cilinder.

Eenheid [lux]

SE-norm (W/lux/m²)

De formule voor woonstraten luidt:

$$SE_{norm} = P [W] / E_{h,norm} [lux] / A [m^2]$$

- P vermogen in watt;
- $E_{h,norm}$ de gemiddelde horizontale norm-verlichtingssterkte binnen de verlichtingsklasse van een straat in lux (bijvoorbeeld 3 lux bij S5 of 2 lux bij S6);
- A de oppervlakte van erfgrans tot erfgrans tussen twee lichtmasten conform het rekenvlak zoals beschreven in de Aanbevelingen van de NSvV voor OV deel 2 [5].

SL-norm (W/[Cd/m²]/m²)

De formule voor verkeerswegen luidt:

$$SL_{norm} = P [W] / L_{norm} [Cd/m^2] / A [m^2]$$

L_{norm} is de gemiddelde norm-luminantie per m² van de installatie binnen de verlichtingsklasse van de betreffende straat;

A de oppervlakte van de rijbaan tussen twee lichtmasten, eveneens conform het vereiste rekenvlak

Verblindingsbegrenzing

Door toepassen van schotjes of afschermingen in armaturen kan de lichtsterkte onder bepaalde hoeken worden begrenst. Het helpt bijvoorbeeld om het directe schijnsel van lampen onzichtbaar te maken vanuit woonkamers.

Verblindingsklasse D

Deze klasse kan ook worden gebruikt voor het toetsen bij storende verblinding of hinderlijk strooilicht. De classificatie is gebaseerd op de helderheid (luminantie) van het lichtuitstralend oppervlak gezien in horizontale richting.

Verlichtingssterkte (E)

Verlichtingssterkte, de hoeveelheid licht die op een bepaalde oppervlakte valt.
Eenheid [lux]

Verlichtingsklasse

Een verlichtingsklasse is een verzameling fotometrische criteria gericht op de visuele behoeften van een bepaalde groep weggebruikers op bepaalde wegtypen in een bepaalde type omgeving, zie de NPR13201-1 [3].

Belangrijke verlichtingsklassen zijn:

✓ **ME-klasse**

Een verlichtingsklasse voor bestuurders van motorvoertuigen en van toepassing op verkeerswegen (stroom- en gebiedsontsluitingswegen) en op wegen in woonwijken geschikt voor middelhoge tot hoge snelheden.
Gebruikte eenheden zijn: Lgem, Uo, UI, TI en SR

✓ **CE-klasse**

Een verlichtingsklasse voor bestuurders van motorvoertuigen en van toepassing op conflicterende verkeerssituaties, met name waar snel- en langzaam verkeer dezelfde wegruimte moeten delen. Voorbeelden zijn winkelstraten, gecompliceerde kruispunten, verkeersrotondes en file gevoelige plaatsen.
Gebruikte eenheden zijn: Ehgem; Ehmin en Uh.

✓ **S-klasse**

Een verlichtingsklasse voor voetgangers en fietsers en van toepassing op voet- en fietspaden, vluchtstroken en andere weggedeelten, afzonderlijk gelegen of aansluitend aan de rijstrook van een verkeersweg, straten in woonwijken, voetgangersstraten, parkeerterreinen, schoolpleinen, enz.
Gebruikte eenheden zijn: Ehgem; Ehmin en Uh.

✓ **ES-klasse**

De ES-klasse (semi-cilindrisch) is een additionele verlichtingsklasse en werkt aanvullend in situaties waar openbare verlichting noodzakelijk is voor het herkennen van personen en in openbare ruimten met een verhoogd misdaadrisico.
Gebruikte eenheden zijn: Esc

Verlichtingssituatie

In de NPR13201 zijn diverse verlichtingssituaties beschreven. Op een dergelijke verlichtingssituatie zijn, afhankelijk van een aantal andere parameters zoals verkeersdrukke en straatbeeld, verlichtingsklassen van toepassing. Een verlichtingssituatie is bijvoorbeeld een snelweg of een woonstraat.

Verticale verlichtingssterkte (Ev)

Verticale verlichtingssterkte. Geeft aan hoeveel licht gemiddeld op een verticaal vlak valt.
Eenheid [lux]

Verlichtingsrendement (ηE)

Het verlichtingsrendement van een installatie is de verhouding van de lichtstroom die op het te verlichten oppervlak valt tot de geïnstalleerde lichtstroom.

Het percentage van de lichtstroom dat op het te verlichten wegdek valt is bij puntvormige lichtbronnen 35% en bij lijnvormige lichtbronnen 30%. Bij moderne lichtbronnen loopt dit op tot respectievelijk 40% en 45% [4].

Het verlichtingsrendement wordt gebruikt voor het indicatief doorrekenen van lichtontwerpen.

Visuele geleiding

Voor het bijdragen aan de verkeersveiligheid is de visuele geleiding belangrijk. Een rij lichtmasten zorgt voor een geleiding maar dit kan ook bereikt worden door een rij leds in de kantstrepen of middengeleider. Dit laatste wordt actieve markering genoemd.

3 Berekenen energieverbruik

In dit hoofdstuk wordt uitgelegd wat de uitgangspunten voor een te maken berekening zijn en hoe de berekening gemaakt kan worden.

3.1 Uitgangspunten voor de berekening

Een label voor verlichtingsinstallaties zegt iets over de prestatie van een openbare verlichtingsinstallatie in een bepaalde klasse met de bijbehorende energieopname. Deze prestatie is zoals reeds is vermeld in de eerste twee hoofdstukken vastgelegd met de norm-SLEEC. Om een berekening te maken zijn een aantal uitgangspunten nodig:

1. De installatie: het energielabel wordt aan een OVL-installatie toegekend. De installatie bestaat uit een aantal lichtmasten die in een straat staan opgesteld en waaraan 1 verlichtingsklasse volgens de NPR is toe te kennen.
2. De energieopname: deze wordt berekend uit het ontwerpsysteemvermogen en - indien van toepassing - het dimregime, dus het totale vermogen dat door de aanwezige lampen en voorschakelapparatuur gedissipeerd wordt. Kabelverliezen worden buiten beschouwing gelaten.
3. De prestatie: is de minimale eis die de verlichtingsklasse waarin de straat valt, toestaat. Dit is voor woonstraten de minimale gemiddelde horizontale verlichtingssterkte, uitgedrukt in E_h met eenheid lux, voor verkeerswegen de minimale gemiddelde luminantie met eenheid candela per m^2 . Deze verlichtingseis geldt voor de oppervlakte tussen twee lichtmasten in, zie figuur 3.1. De oppervlakte wordt voor woonstraten berekend uit de afstand tussen twee lichtmasten en van erfgrans tot erfgrans, zie figuur 3.2, voor verkeerswegen uit de oppervlakte van de rijbaan tussen twee lichtmasten, zie de NPR13201. In figuur 3.3 staan de overige lichttechnische termen weergegeven.

Het uitgangspunt is de situatie zoals beschreven in de NPR13201-1, verlichtingssituaties.



Figuur 3.1 rekenvlak voor verkeerswegen

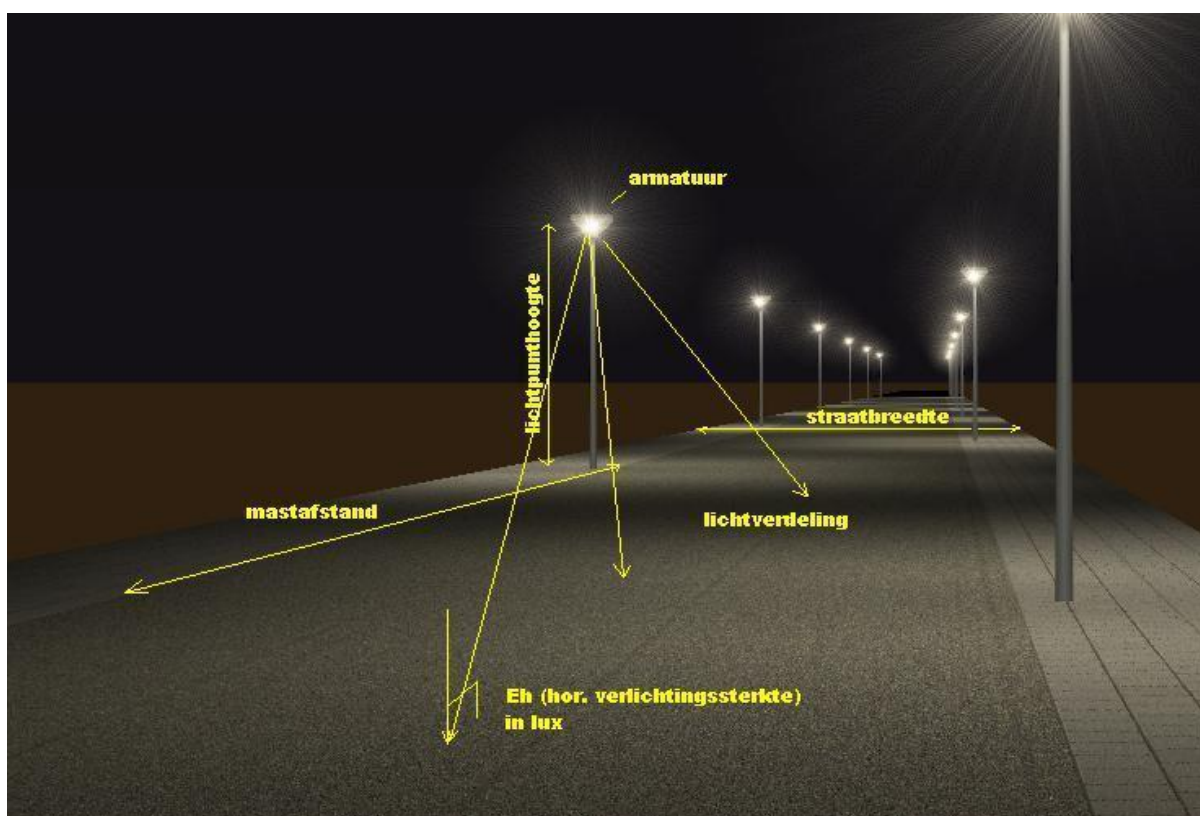


Figuur 3.2 rekenvlak woonstraten

3.2 Berekeningen bij een gemengde verkeers- én verblijfsfunctie

Bij veel wegen, vooral in de 50 km en buitengebieden, is er sprake van een ME klasse voor de hoofdrijbaan en een S klasse voor het aangrenzende parallelweg/voet/fietspad. Deze mogen volgens de NPR niet meer dan 2 verlichtingsklassen van elkaar verschillen. Ook bij deze gescheiden functies is het mogelijk om gebruik te maken van de norm-SLEEC. Vanwege het gebruik van twee verschillende norm-SLEEC's: de SE en de SL en het op parallelwegen gebruik maken van licht van de hoofdrijbaan behoeft het toepassen van de norm-SLEEC bij gemengde functies in een straat enige toelichting.

Een kanttekening is wel dat tegenwoordig steeds meer armaturen op de markt komen met een sterker afgebakende lichtverdeling. Door de moderne kleinere lichtbronnen is het licht beter te sturen. Strooilicht en naar achter uitstralend licht zal dan ook steeds minder worden. Dit is aan de ene kant gunstig omdat het vermogen alleen aangewend wordt voor het te verlichten oppervlakte en lichtvervuiling tegengegaan wordt. Maar het betekent ook dat aangrenzende delen vaker een eigen installatie nodig hebben. In de toekomst zal het derhalve vaker voorkomen dat twee aparte berekeningen voor de SL-norm en SE-norm nodig zijn voor één weg.



Figuur 3.3 algemene begrippen

De volgende situaties zijn op straat mogelijk:

- veel voet- of fietspaden langs verkeerswegen “profiteren” van het naar achter stralende licht. Dit wordt indien nodig aangevuld met extra lichtpunten naast het voet- of fietspad voor aanvullende verlichting;

- veel parallelwegen profiteren ook van de hoofdrijbaan maar hebben vaak ook een eigen verlichting die is afgestemd op de hoofdrijbaan;
- een hoofdrijbaan die van het trottoir gescheiden is door een wat bredere berm. Door de hogere masten profiteert het voetpad ook nog een beetje.

De volgende rekenwijze is mogelijk:

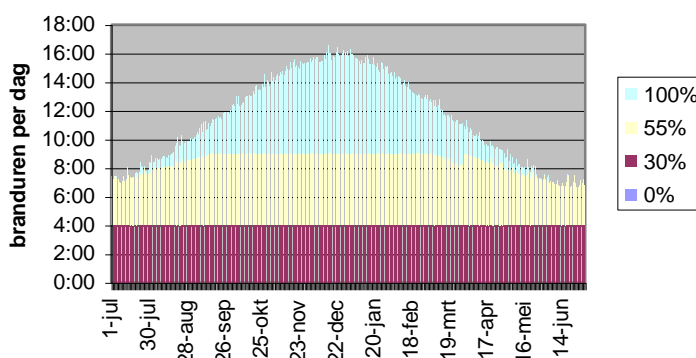
- bij alle situaties wordt op de hoofdrijbaan de SL-norm toegepast;
- op de aangrenzende delen waarvoor de S klasse geldt wordt de SE-norm berekend. Men neemt het opgenomen vermogen van de aanvullende installatie en deelt die door de normwaarde van dat weggedeelte (de minimale E of L van de verlichtingsklasse waar het wegdeel in valt) en de oppervlakte.

Ieder weggedeelte met geheel of gedeeltelijk een eigen installatie krijgt dan een eigen label. Zie voorbeeld in 3.4.

Als op de aangrenzende delen geen extra verlichting geplaatst is en alles met het extra licht van de hoofdrijbaan is verlicht, is een norm-SLEEC berekening niet mogelijk voor het aangrenzende deel. Dit is dan ook niet nodig omdat er geen sprake is van een extra installatie. Voorwaarde is wel dat de installatie op de hoofdrijbaan volgens de NPR en de aanbevelingen van de NSvV deel 3, is ontworpen.

3.3 Berekenen norm-SLEEC bij gedimde installaties

Door dimmen of het anderszins reguleren van de voedingsspanning wordt energie bespaard. Met behulp van de NPR13201-1 bepaalt de ontwerper een verlichtingsklasse voor een straat. De prestatie in de vorm van de ondergrens voor de verlichtingssterkte of luminantie per vierkante meter in betreffende straat, ligt dan vast.



Figuur 3.4 zomer en winter brandtijden en dimregime

De NPR geeft ruimte om af te wijken van de gewenste verlichtingsklasse. Dit kan bijvoorbeeld op basis van omgevingsluminantie of op basis van verkeersintensiteiten zodat gedurende een aantal uren van de nacht een lagere verlichtingsklasse van toepassing is. Dit heeft energiebesparing tot gevolg.

Bij dimmen kan op de volgende wijze met de norm-SLEEC gerekend worden:

- De ontwerper dient uit te gaan van de ontwerpeis volgens de NPR;
- Deze prestatie moet de OVL-installatie in de "vol bedrijf stand" (inclusief lichtterugvalfactor) kunnen leveren.

De norm-SLEEC wordt nu berekend met:

- Het gemiddelde opgenomen systeemvermogen dat bepaald wordt door het dimregime, zie figuur 3.4. Hiervoor kan bijvoorbeeld het jaarverbruik berekend worden. Als dat gedeeld wordt door het aantal branduren per jaar, is het gemiddelde opgenomen vermogen bekend.
- Het jaarverbruik kan worden berekend met de volgende formule (indien één dimstand gebruikt wordt):
$$P_s \times \text{urenvullast} + P_s \times \text{urengedimd} \times \text{percentagegedimd}$$
 - P_s is het systeemvermogen;
 - urenvullast is het aantal branduren op 100%
 - urengedimd is het aantal uren dat de installatie gedimd is
 - Percentagegedimd is het percentage energieverbruik ten opzichte van het verbruik bij vullast.
- Het gemiddelde systeemvermogen kan ook uitgerekend worden door het werkelijke systeemvermogen te vermenigvuldigen met de gemiddelde besparing. Voor een aantal dimregimes is de gemiddelde besparing bij een aantal lamptypen uitgerekend. Dit is in de bijlage opgenomen.
- De minimale prestatie die de verlichtingsklasse eist. S5 eist bijvoorbeeld 3 lux. 3 lux wordt dan in de berekening gebruikt, ook al zal de verlichtingssterkte van de installatie een aantal uren 2 lux zijn.
- De oppervlakte volgens bepaling woonstraat of verkeersweg.

Deze methodiek belooft het dimmen omdat hiermee een beter label te verkrijgen is. Ook in deze methodiek ligt de kwaliteitseis voor de verlichting vast: deze blijft gekoppeld aan de NPR.

Het kan zijn dat nog niet bekend is hoe met dimmen omgegaan wordt, de installatie verkeers- of omgevingsafhankelijk moet dimmen of dat de opdrachtgever de installatie alleen voorbereid op dimmen wil hebben. De opdrachtgever heeft dan de mogelijkheid om de gewenste norm-SLEEC te berekenen uitgaande van de vol bedrijf stand (indien mogelijk met een gedimde nieuwwaardefactor). Het gewenste dimmen kan met een tweede label "dimbaarheid" aangegeven worden, zie hoofdstuk 4.

3.4 Rekenvoorbeelden

De norm-SLEEC kan eenvoudig berekend worden op de navolgende wijzen. De procedure is altijd hetzelfde. Als bijlage is een formulier opgenomen waarop de betreffende berekening gemaakt kan worden, zie figuur 3.5.

Project	Nieuwbouwwijk "Onder de Linden"		
Straatnaam	Betreft standaardprofiel erftoegangsweg type I		
NPR	De installatie moet qua ontwerp voldoen aan de uitgangspunten zoals vastgelegd in de NPR13201-1:2002.		

UITGANGSPUNTEN

verlichtingsklasse hoofdrijbaan	<input type="text"/>	ME of CE	<input type="text"/>	L	<input type="text"/>	cd/m ²	<input type="text"/>	Uo	<input type="text"/>	UI	<input type="text"/>	TI
verlichtingsklasse parallelweg	<input type="text"/>	S	<input type="text"/>		<input type="text"/>	lux	<input type="text"/>	Uh	<input type="text"/>			
verlichtingsklasse (naastgelegen) voet/fietspad	<input type="text"/>	S of ES	<input type="text"/>		<input type="text"/>	lux	<input type="text"/>	Uh	<input type="text"/>			
mogelijke minimale verticale verlichtingssterkte	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>	lux						
masthoogte	<input type="text"/>		meter									
profiel of wegbreedte	<input type="text"/>		meter	A		profiel						
lichtkleur	<input type="text"/>		(wit/oranje/geel/groen)									
kleurtemperatuur	<input type="text"/>		Kelvin									
kleurherkenning	<input type="text"/>		Ra									
G-Klasse	<input type="text"/>		Gx	<input type="text"/>		G						
omschrijving andere afscherming	<input type="text"/>		schotjes aan achterkant									
	<input type="text"/>		schotjes aan voorkant									
	<input type="text"/>		extra afscherming naar zijkant									
Dimmen (opgave gemiddeld niveau)	<input type="text"/>		% lichtniveau	<input type="text"/>		% energieniveau						gemiddelde besparing: <input type="text"/> %
			dimregime A			D						

label	SE	SL
A	0,000-0,014	0,075-0,224
B	0,015-0,024	0,225-0,374
C	0,025-0,034	0,375-0,524
D	0,035-0,044	0,525-0,674
E	0,045-0,054	0,675-0,824
F	0,055-0,064	0,825-0,974
G	0,065-0,074	0,975-1,124

REKENBLAD

Mogelijke mastafstand	<input type="text"/>	meter	B	te bepalen door eenvoudige profielberekening
Systeemvermogen (Ps) in 100% stand	<input type="text"/>	watt		
Gemiddelde systeemvermogen	<input type="text"/>	watt	W	berekening uit D maal Ps of uit het jaarverbruik in kWh / branduren
berekening norm-SLEEC	A	<input type="text"/>	meter	bereken: $G \times W / L / (A \times B)$
	B	<input type="text"/>	meter	SE <input type="text"/> W/Lux/m ²
	L	<input type="text"/>	Lux of Cd/m ²	SL <input type="text"/> W/Cd/m ² /m ²
	W	<input type="text"/>	watt	
	D	<input type="text"/>	%	Label
	G	<input type="text"/>	%	

Figuur 3.5 invulformulier vaststellen label

Voor de calculatie zijn een aantal gegevens nodig:

- bepaling van het wegfunctie: woon/verblijf of verkeer;
- afbakening van de typische verlichtingsinstallatie bestaande uit de in de straat aanwezige zelfde typen armaturen en lichtmasthoogten. Bijvoorbeeld op de hoofdrijbaan lage druk natrium 66 watt en op het naastgelegen fietspad compact fluorescentie 24 watt;
- de uit de NPR vastgestelde verlichtingsklasse;
- de rijbaan of profielbreedte;
- de gemiddelde mastafstand van de installatie, te berekenen met een eenvoudige profielberekening met behulp van een lichtberekeningsprogramma;
- toepassen van dimmen;
- het gemiddelde systeemvermogen Ps van het toegepaste lamptype en VSA.

In de volgende paragrafen zijn verschillende voorbeelden uitgewerkt.

3.4.1 Verkeersweg

Rijbaanbreedte: 8 meter

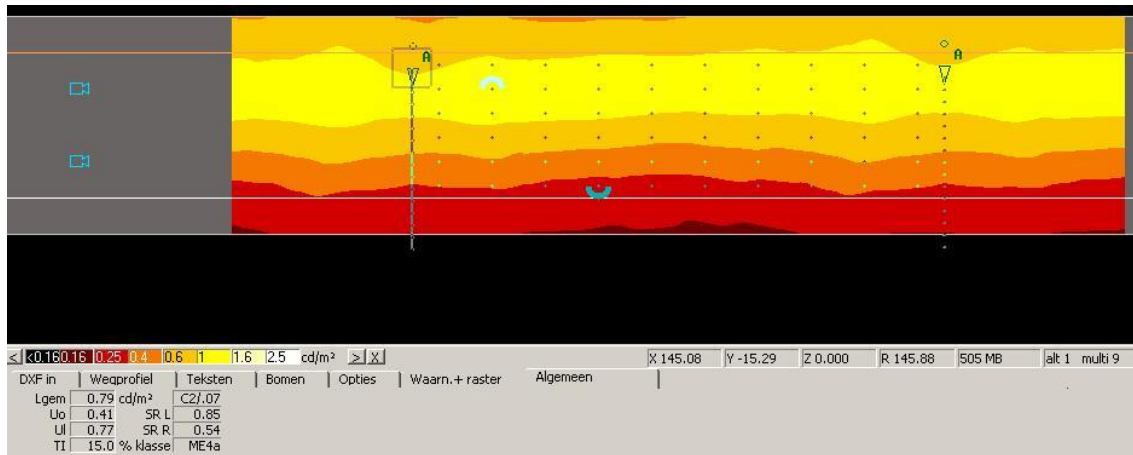
Verlichtingsklasse: ME4a (0,75 Cd/m²; Uo 0,4; UI 0,6)

Installatie: lagedruk natrium 66W met EVSA; lichtpunthoogte: 8m; uithouder: 1,2 meter

Wegdek: reflectietabel C2/.07

Gemiddelde mastafstand: 30 meter

De installatie kan niet gedimd worden vanwege de toegepaste lage druk natrium lamp.



Figuur 3.6 luminantieberekening

$$SL_{norm} = P_s / L / A$$

Het systeemvermogen $P_s = (P_{lamp} + P_{vsa}) = 68$ watt

Wegdekluminantie = ondergrens verlichtingsklasse ME 4a = 0,75 Cd/m² (werkelijk 0,79Cd/m²)

Oppervlakte A = rijbaanbreedte 8 meter x mastafstand 30 meter = 240 meter

$SL_{norm} = 68 / 0,75 / 240 = 0,378$ W/Cd/m²/m². Dit is label C.

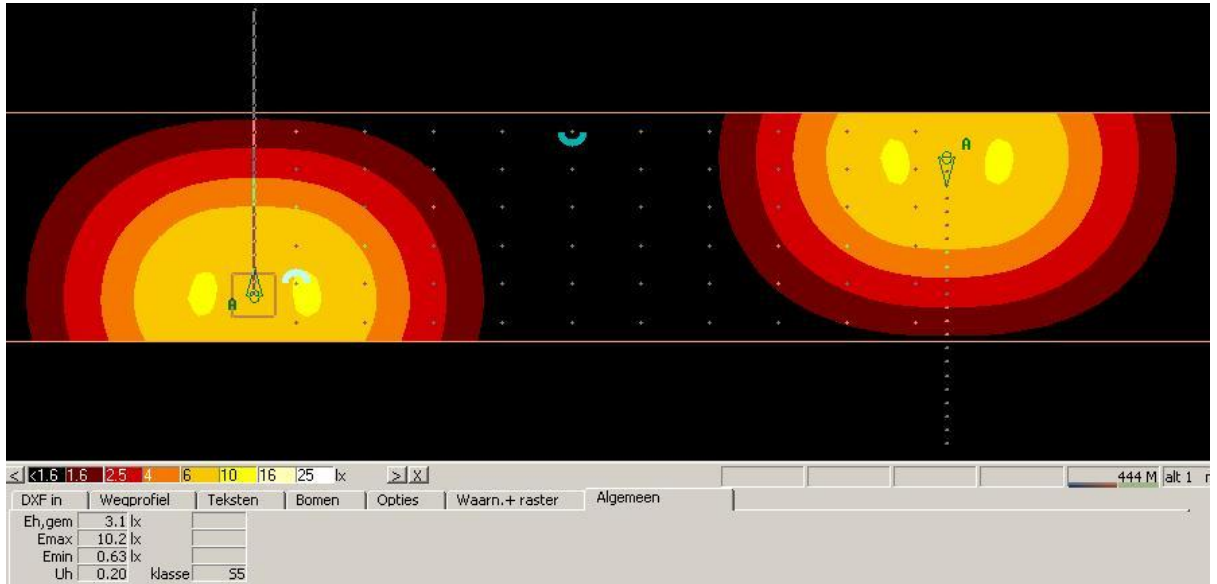
3.4.2 Woonstraat

Profiel breedte: 2 meter trottoir; 4 meter wegdek en 2 meter trottoir.
Vereiste verlichtingsklasse: S5 (Eh 3 lux en Uh 0,2)

Installatie: kegelarmatuur, compact fluorescentielamp 24 W lamp, verdiepte
lampligging, kleur 830 met EVSA

Lichtpunthoogte: 4 meter

Gemiddelde mastafstand: 24 meter



Figuur 3.7 verlichtingssterkte

$$SE_{norm} = Ps / Eh / A$$

Het systeemvermogen Ps is volgens opgave fabrikant: 26 W

De horizontale verlichtingssterkte Eh is 3 lux

De oppervlakte A is $(2+4+2) \times 24 = 192 \text{ m}^2$

$$SE_{norm} = 26 / 3 / 192 = \mathbf{0,045 \text{ W/lux/m}^2} \text{ (Label E)}$$

3.4.3 Zelfde profiel gedimd volgens schema figuur 3.4

Dimschema: 100% in om 7:00 en uit om 22:00 uur; 30% tussen 01:00 en 5:00 (4 uur);
de rest op 55%.

De berekening van het gemiddelde systeemvermogen vindt hier plaats op basis van
het jaarverbruik. In de bijlage is een lijst opgenomen met verschillende besparingen
bij diverse lamptypen en dimregimes.

Verbruik bij 4200 branduren: 79 kWh (ongedimd: 109 kWh)

Ps is dan: $79 \times 1000 / 4.200 = 18,8 \text{ W}$

Eh blijft 3 lux (prestatie bij 100%)

De oppervlakte A blijft hetzelfde.

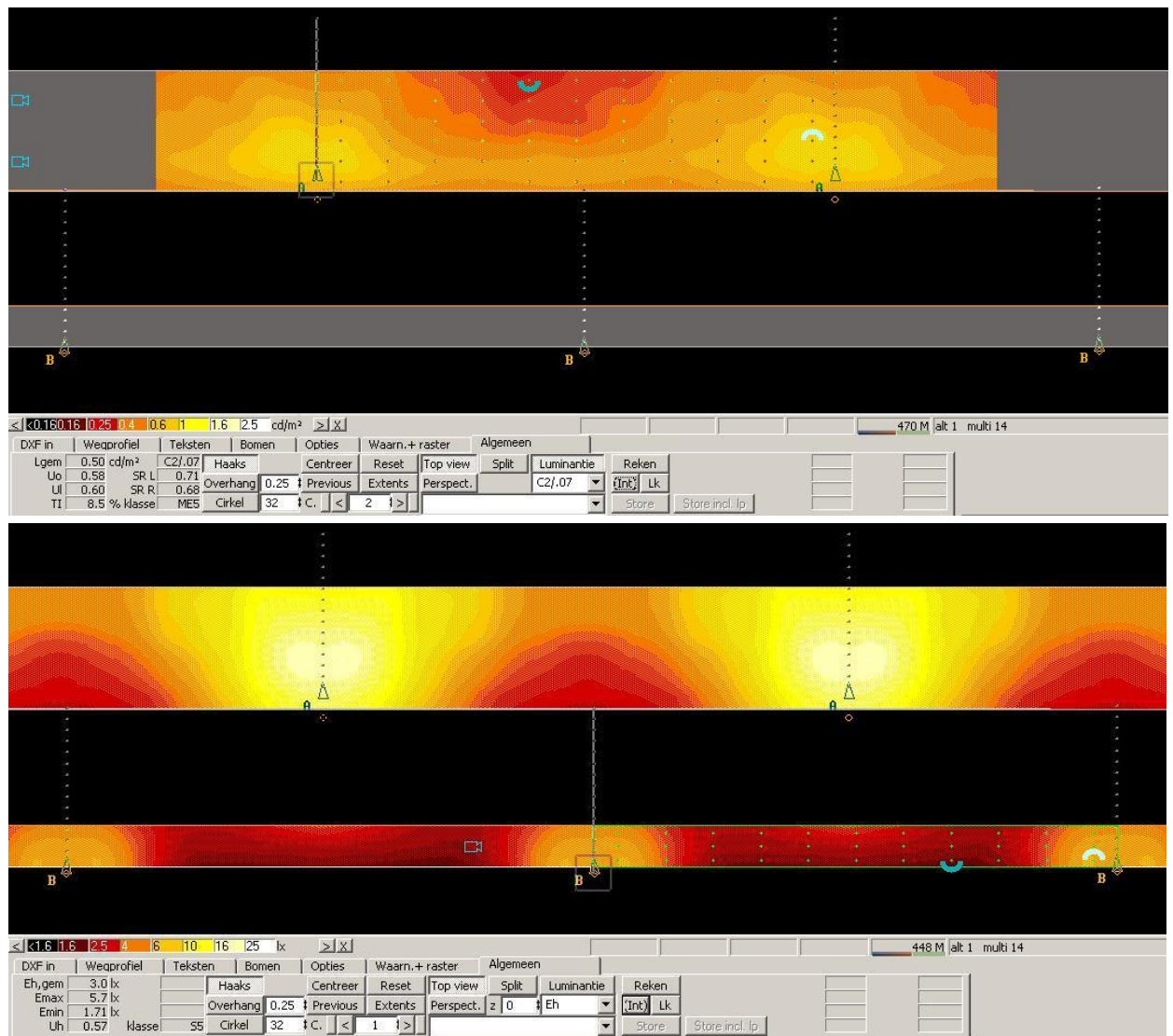
$$SE_{norm} = 18,8 / 3 / 192 = \mathbf{0.033 \text{ W/lux/m}^2} \text{ (Label C)}$$

3.4.4 Voorbeeld Gebiedsontsluitingsweg met vrijliggend fietspad

Profiel breedte: 7,5 meter hoofdrijbaanbreedte; 7 meter berm; 2,5 meter fietspad

Vereiste verlichtingsklasse:

- Hoofdrijbaan ME5 (0,5 Cd/m², U_o 0,35, U_i 0,4, T_I 15%, S_R 0,5)
- Vrijliggend fietspad S5 (E_h 3 lux en U_h 0,2)



Figuur 3.8 lichtberekening hoofdrijbaan en vrijliggend fietspad

Installatie

Hoofdrijbaan (gebiedsontsluitingsweg):

- Kofferarmatuur met hogedruk natrium lamp 70W;
- Lichtpunt hoogte 8 meter en uithouder van 1,2 meter;
- Mastafstand: 32 meter.

Fietspad:

- Kegelarmatuur met G-klasse, compact fluorescentielamp 24 W lamp, kleur 830 met EVSA;
- Lichtpunthoogte: 4 meter;
- Gemiddelde mastafstand: 32 meter als invulling van het naar achteren gericht licht van de hoofdrijbaan. Zonder licht van de hoofdrijbaan is maximaal 25 meter haalbaar.

$S_{\text{Enorm fietspad}} = P_s / E_{\text{hgem}} / A$

Het systeemvermogen P_s is volgens opgave fabrikant: 26 W

Om aan S5 te komen kan de lamp continu 50% gedimd worden

De horizontale verlichtingssterkte E_h is 3 lux

De oppervlakte A is $2,5 \times 32 = 80 \text{ m}^2$

$S_{\text{Enorm fietspad}} = 0,5 \times 26 / 3 / 80 = 0,054 \text{ W/lux/m}^2$ (Label E)

Deze op zich nog hoge SE-norm wordt veroorzaakt door de smalle profielbreedte waardoor veel licht op de berm komt.

Als dit berekend was bij een mastafstand van 25 meter (zonder verlichting van de hoofdrijbaan zou de SE-norm zijn: $26/3/(2,5 \times 25) = 0,139 \text{ W/lux/m}^2$. Dit valt ver buiten de labelreeks.

Zie ook de berekening van een vrijliggend fietspad, zie 3.4.6.

De SL-norm hoofdsrijbaan = $P_s / L_{\text{gem}} / A$

Het systeemvermogen is 80 W

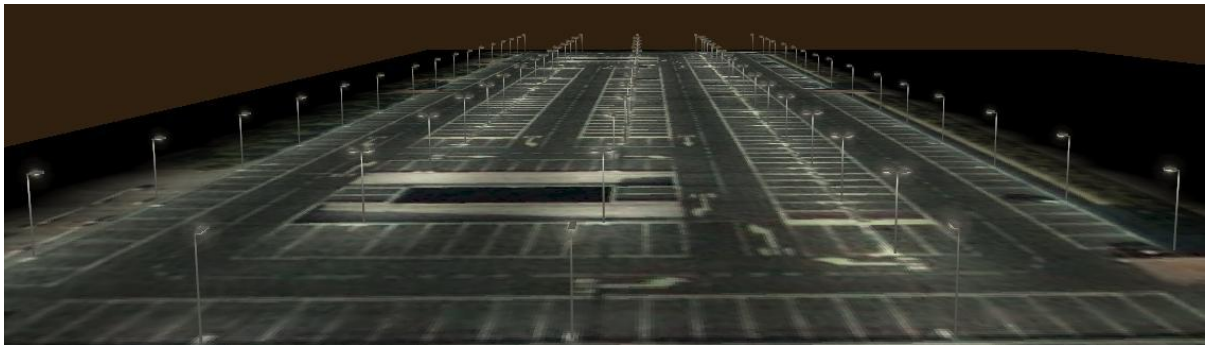
De gemiddelde wegdekkluminantie is $0,5 \text{ Cd/m}^2$

De oppervlakte A is $7,5 \times 32 = 240 \text{ m}^2$

SL-norm hoofdrijbaan = $80 / 0,5 / 240 = 0,67 \text{ W/Cd/m}^2/\text{m}^2$

Deze waarde valt in label D.

3.4.5 Parkeerterrein



Figuur 3.9 3d overzicht parkeerterrein

Terreingrootte: 175 bij 70 meter

Vereiste verlichtingsklasse: S2 (10 lux en Uh 0,3)

Installatie:

- Lichtpunthoogte 5 meter;
- 122 opschuifarmaturen met compact fluorescentie lamp 36W;
- 20% dimmen overdimensionering mogelijk.

$SE_{norm} = P_s / E_{hgem} / A$

Het systeemvermogen P_s is volgens opgave fabrikant: 38 W

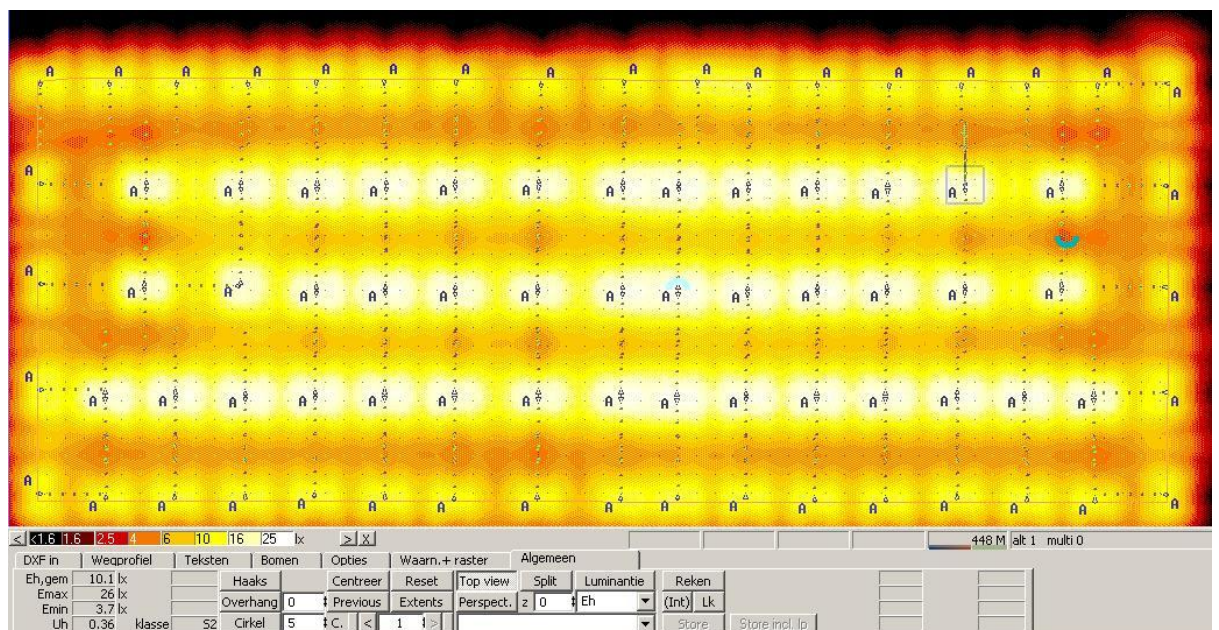
Om aan S2 te komen kan de lamp continu 20% gedimd worden, de formule dan met 0,8 vermenigvuldigen.

De horizontale verlichtingssterkte E_h is 10 lux

De oppervlakte A is 12.250 m²

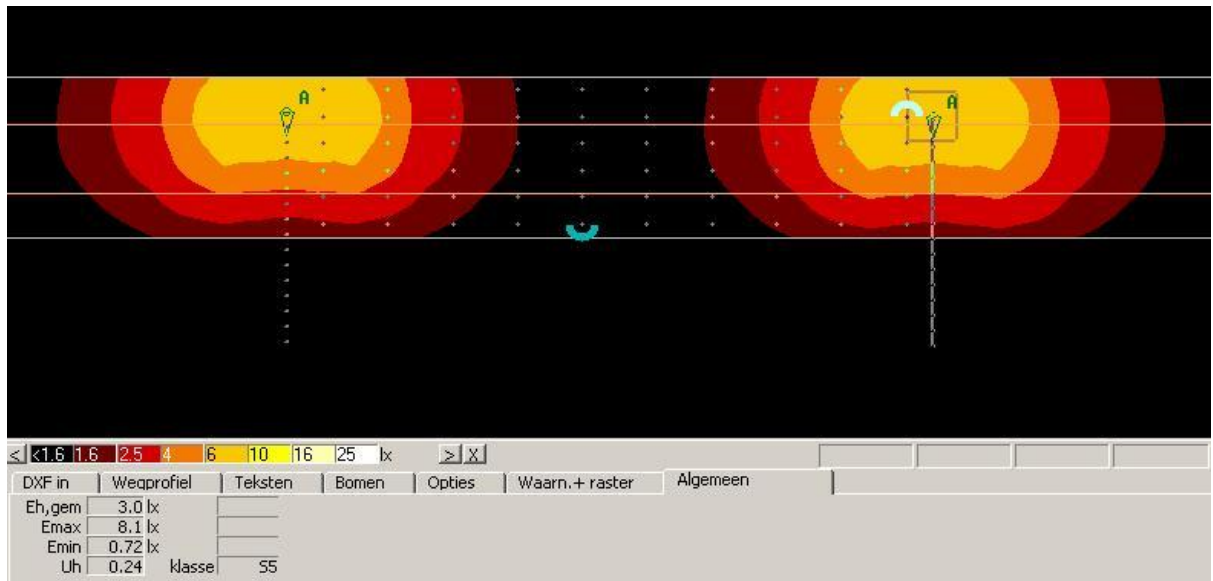
$SE_{norm} = (0,8 \times 122 \times 38) / 10 / 12250 = 0,030 \text{ W/lux/m}^2$ dit valt in label C

Zonder dimmen van de overdimensionering is de SE-norm: 0,038 W/lux/m² en is label D.



Figuur 3.10 lichtberekening parkeerterrein

3.4.6 Fietspad



Figuur 3.11 lichtberekening vrijliggend fietspad

Het fietspad is 3 meter breed. Volgens de NPR13201-1 en de NSvV aanbevelingen deel 2 mag een strook van 2 meter bij vrijliggende voet- en fietspaden aan weerszijden mee worden beschouwd.

Profielbreedte: 7 meter en mastafstand 27 meter

Vereiste verlichtingsklasse: S3 (3 lux en Uh 0,2)

Installatie:

- Lichtpunthoogte 5 meter;
- opschuifarmaturen met compact fluorescentie lamp 24W.

$$SE_{norm} = P_s / E_{h_{gem}} / A$$

Het systeemvermogen P_s is volgens opgave fabrikant: 26 W

De horizontale verlichtingssterkte E_h is 3 lux

De oppervlakte A is 189 m²

$$SE_{norm} = 26 / 3 / 189 = 0,0458 \text{ W/lux/m}^2; \text{ dit valt in label D}$$

4 Werken met energielabeling

Een openbare verlichtingsinstallatie dient energiezuinig te zijn. De methodiek daarvoor is in hoofdstuk 3 beschreven. Maar energiezuinigheid is niet het enige aspect. Allereerst zal de verlichtingsinstallatie aan diverse eisen moeten voldoen, daarna kan zoveel mogelijk energiezuinig ontworpen worden. In dit hoofdstuk worden de verschillende aspecten belicht die naast energie ook een rol spelen. Deze zijn belangrijk om bij inkoop te vermelden, zie paragraaf 4.1.

Om een verlichtingsinstallatie in te kopen kan de inkoper in samenwerking met de beheerder OVL een energielabel opgeven. Dit kan een ambitieus label zijn, maar wat is ambitieus, zijn er verschillen tussen nieuwbouw en renovatie, zijn er dan nog voldoende aanbieders en rijzen de kosten dan niet de pan uit? In paragraaf 4.2 is dit zoveel mogelijk onderbouwd. Paragraaf 4.3 gaat in op de procedure voor het vaststellen van een label.

Aan de andere kant van de tafel zit de lichtontwerper. Paragraaf 4.4 gaat in op het toepassen van een opgegeven label.

4.1 Uitgangspunten

Om duurzaam in te kopen kan de inkoper in samenwerking met de beheerder of lichtontwerper een label opgeven. Als het hierbij blijft zal de meest energiezuinige installatie geleverd worden. De inkoper kan dan voorbij gaan aan additionele eisen ten aanzien van prijs, gemeentelijk verlichtingsbeleid ten aanzien van lichthinder, lichtkleuren, kleurherkenning, etc. Het is daarom belangrijk om extra eisen te vermelden.

De volgende uitgangspunten dienen bij het gewenste label vermeld te worden:

- de installatie moet voldoen aan de NPR13201-1;
- een opgave van de gewenste verlichtingsklasse;
- een opgave van de gewenste kleurherkenning en lichtkleur;
- een beschrijving van de gewenste afscherming in relatie tot lichthinder, eventueel aan te geven met een G-klasse, zie hoofdstuk 2;
- Eventueel een opgave van de gewenste semi-cilindrische verlichtingssterkte of verticale verlichtingssterkte.

Het label heeft door middel van de norm-SLEEC en de verlichtingsklasse een directe relatie met de NPR.

Een betere kleurherkenning betekent dat geen gebruik gemaakt kan worden van de lagedruk natrium lampen. Sommige installaties met lagedruk natrium lampen voor zeer brede profielen in verblijfsgebieden (S-klasse), krijgen een A-label. Dit komt door de efficiëntie van de lagedruk natrium lamp. Dit zou pleiten voor het veelvuldig gebruik van lagedruk natrium armaturen in woongebieden. Doordat met lagedruk natrium geen kleurherkenning mogelijk is worden deze lampen in de praktijk bij nieuwbouw niet meer in woongebieden gebruikt. Lagedruk natrium lampen zijn niet dimbaar waardoor deze lamp bij een wens tot dimmen niet toepasbaar is.

De lichtsterkte (G) klassen (zie hoofdstuk 2) kunnen ondersteunen bij het beschrijven van de lichthinderkwalificatie. Veel strooilicht kan gunstig zijn voor de lichtverdeling maar is meestal niet bevorderlijk voor lichtvervuiling (veroorzaakt door direct horizontaal en hemelwaarts stralend licht). Afscherming zal tot gevolg hebben dat er minder verblinding optreedt maar ook dat de masten dichter bij elkaar moeten staan.

4.2 Labelkeuze

Binnen de randvoorwaarden kan in principe een label gekozen worden. De juiste labelkeuze wordt daarbij bepaald door een aantal factoren zoals verkrijgbaarheid, concurrentie en kostprijs. Ook blijken de lichtpunthoogte en wegfunctie bepalend te zijn voor een te eisen label.

4.2.1 Factoren die de labelkeuze beïnvloeden

Uit het eerste onderzoek dat is uitgevoerd naar de praktische haalbaarheid van labeling, zie de adviesnotitie [1], zijn de volgende conclusies getrokken:

- efficiënte lagedruk natrium armaturen zorgen op hogere lichtpunthoogten voor een lager label;
- 6 meter lichtpunthoogte is een hoogte waar de lichtmasten niet zo ver uit elkaar kunnen dan bij de 4 en 8 meter lichtpunthoogte. Hierdoor is het label wat ongunstiger;
- bij een lichtberekening van de verkeerswegen met ME-klassen is het label ongunstiger dan bij een berekening met S-klassen;
- het label van een installatie met lichtpunthoogte 8 meter is bij een verblijfsgebied (S-klasse) het beste. Het is uit energetisch oogpunt gunstig om voor een verblijfsgebied een hoge lichtpunthoogte te kiezen. Dit botst vaak met de andere eisen voor het gebied en de veiligheid.

Met behulp van een uitgebreid onderzoek zijn tabellen gemaakt die andere verbanden laten zien. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat er niet gedimd wordt. Uit deze tabellen zijn voor een ambitieuze labeling de volgende conclusies te trekken:

- De labels A en B kunnen alleen met lagedruk natrium armaturen worden ingevuld en dan alleen bij brede profielen en hoge verlichtingsklassen;
- Labels C en D zijn toepasbaar op alle profielen en hebben dan meer keuze in toepasbare lamptypen en fabrikanten. Label C is beperkt invulbaar en kan ook niet bij alle profielen geëist worden;
- Een bepaald label kan bij nieuwbouw wat eenvoudiger gehaald worden, maar door (lokaal) dimmen is dat ook bij renovaties mogelijk;
- Bij brede profielen en hogere verlichtingsklassen kan eenvoudiger een beter label behaald worden.

4.2.2 Gevolgen voor labelkeuze (situatie 2008)

Een zeer ambitieuze algemeen toepasbare keuze is label C, hier voldoen maar enkele partijen aan. Het is afhankelijk van het te realiseren profiel of label C wel haalbaar is. Label C is voor enkele profielen alleen maar direct in te vullen met lagedruk natrium armaturen. Aanvullende eisen zijn dan ook erg belangrijk. Prijstechnisch maakt het niet veel uit ten opzichte van label D.

Een algemeen toepasbaar label is label D (situatie 2008). Zolang de keuze uit lamptypen, armaturen en fabrikanten waarmee label C bereikt kan worden erg beperkt is, is label D ambitieus genoeg en veilig.

Is het te verlichten profiel bekend dan kan een zeer ambitieuze keuze voor label C en bij brede profielen met grotere lichtpunthoogten wellicht voor label B gemaakt worden. Uitgangspunt bij deze keuze is dat er niet gedimd wordt.

4.2.3 Label en dimmen

Dimmen maakt het makkelijker om een ambitieus label voor te schrijven. Omdat het echter niet altijd duidelijk is of een installatie gedimd kan worden is dit ook niet in alle gevallen in de ambitie te verwerken. De dimbaarheid kan wel als ambitie worden opgegeven. De afnemer weet dan dat de installatie op een bepaalde manier dimvoorbereid moet zijn.

Dimmen is afhankelijk van een aantal, door de OVL-ontwerper niet beïnvloedbare, omgevingsfactoren. Het aanbevolen ambitieuze en algemeen toepasbare label D (situatie 2008) geldt dan ook voor de installatie in een niet-gedimde stand (eventueel met correctie voor de nieuwwaarde factor).

Is in analogie met bekendheid van profiel en verlichtingsklasse de dimmogelijkheid en regime bekend dan kan zelfs label B en wellicht A gevraagd worden.

4.3 Aanbevolen werkwijze bepalen label

De inkoper bewandelt bij voorkeur de volgende weg om een energiebesparingsdoelstelling met behulp van een energielabel vast te leggen. Hierbij dient bij voorkeur het formulier in bijlage 1 te worden gebruikt en de kennis van een terzake kundige medewerker.

Procedure

Stel het toepassen van de NPR13201-1 verplicht.

Bepaal de uitgangspunten: verlichtingsklasse, lichtkleur, mate van kleurherkenning en mate van afscherming voor lichthinder.

Bepaal aan de hand van het lamptype, de omstandigheden en de NPR13201-1 of dimmen mogelijk is (de overwaarde terugdimmen is altijd mogelijk). Stel het gewenste percentage van dimmen vast. Hiervoor is bijlage 2 bijgevoegd.

Nu zijn er drie mogelijkheden om het label vast te stellen

1. Een altijd toepasbaar label;
2. Een label berekenen;
3. Een label bepalen met behulp van vuistregels.

Deze mogelijkheden worden achtereenvolgens toegelicht.

1 - algemeen (situatie 2008)

Is het profiel van de weg nog niet bekend dan kan als algemeen ambitieus label energielabel **D** worden gekozen. Kies in de volgende gevallen label **E** in plaats van **D**:

- Als de lichtpunthoogte of wegbreedte 6 meter is;
- Als het een verkeersweg betreft;
- Bij een armatuur met een G-klasse. Het blijkt dat deze armaturen een 10% mindere lichtspreiding hebben.

2 - lichtberekening

Als de wegbreedte wel bekend is en gebruik gemaakt kan worden van een lichtberekeningsprogramma, maak dan een profielberekening voor het bepalen van het te gebruiken lamptype, lampvermogen en de maximale mastafstanden.

De resultaten kunnen dan ingevuld worden op het formulier.

Reken het gemiddelde systeemvermogen uit met behulp van het jaarverbruik of door het systeemvermogen te vermenigvuldigen met de dimbesparing, zie de voorbeelden in hoofdstuk 3.

3 – vuistregels

Als de wegbreedte wel bekend is maar er is geen mogelijkheid tot het maken van een lichtberekening, dan zijn de mastafstanden in te schatten met behulp van vuistregels, zie tabel 4.1.

De opsteller van het label kan ervan uitgaan dat de lichtpunthoogte (lph) gelijk is aan de rijbaanbreedte bij verkeerswegen. In verblijfsgebieden zoals woonstraten en centra dient de profielbreedte te worden aangehouden. Dit is vaak de rijbaanbreedte plus 2 trottoirs. In de praktijk zorgen andere lichtpuntopstellingen en het gebruik van een uithouder voor een iets lagere lichtpunthoogte.

Als extra afschermingen nodig zijn vanwege lichthinder of als er een decoratief armatuur wordt gebruikt dient de kleinste mastafstand te worden gebruikt voor de berekening.

Met deze mastafstanden kan een oplossing gezocht worden met een bepaald lamptype, zie bijlage 3. In deze bijlage staan de veronderstelde rijbaanbreedte, de gewenste verlichtingsklasse en de mastafstand. Noteer het label als niet gedimd wordt. Wordt wel gedimd dan kan de SE genoteerd worden uit de tabel er boven. Deze vermenigvuldigen met het dimpercentage. In de tabel op het formulier staat dan het bijbehorende label. In de volgende paragraaf wordt een voorbeeld gegeven.

Tabel 4.1 vuistregels

Typische snelheid hoofdgebruiker	Voorbeelden typische lampvermogens	Vuistregel
$V > 60$ km/u	SON 70W – 150W	Lph > 10 m ; lpa 4 – 5 maal lph
$30 < V < 60$	SON 50 W – 70 W PLL 36 W – PLL55W CPO 45 – 60W	Lph = 6 – 8 m ; lpa 25-35 m
$5 < V < 30$	PLL18 – 24 – 36 W CDM 35W / CPO45W	Lph = 4 m ; lpa = 20-25 m Lph = 6 m ; lpa = 25-30 m
Wandeltempo	PLL 18 – 24W	

Lph = lichtpunthoogte

Lpa = lichtpuntafstand

V = snelheid in km/u

Bron: concept aanbevelingen deel 3 [6]

4.4 Voorbeeld bepalen label met vuistregels

De uitgangssituatie is als volgt:

“In een nieuwbouwwijk dient een openbare verlichtingsinstallatie te komen. Deze moet voldoen aan de eisen zoals gesteld in het politiekeurmerk veilig wonen. Van de wijk is inmiddels een wegontwerp gemaakt. In het milieubeleidsplan is de voorkeur uitgesproken voor energiebesparing in de openbare verlichting. De doelstelling is het bereiken van 9% energiebesparing in 3 jaar.”

Opzoeken verlichtingsklasse

De verlichtingsklasse wordt opgezocht in de NPR13201-1. Naast de snelheid van de hoofdgebruiker zijn andere omgevingsfactoren nodig zoals bijvoorbeeld de omgevingsluminantie en de mogelijkheid tot straatparkeren.

De verlichtingsklasse, in dit geval S5 als aanname, op het formulier (zie figuur 4.1) noteren evenals de verlichtingssterkte in lux (bij **L**) en de gelijkmatigheid 0,2.

De verlichtingsklasse kan ook in tabel 4.2 worden opgezocht. Dit zijn de meest gebruikte verlichtingsklassen. Het kan zijn dat de verlichtingsklasse voor een specifieke situatie niet voldoet.

Tabel 4.2 typische verlichtingsklasse per gebied

Wegtype	Bijzonderheid	Lux	Cd/m ²	Uh	UI	verlichtingsklasse
Landweg (erftoegangsweg 2)		2		0,3		S6 of niets
Woonstraat (erftoegangsweg 1)	Zonder/met parkeren	3		0,2		S6/S5
	Met straatparkeren	3		0,2		S5
Buurtontsluiting met erftoegang		7,5		0,2		S3
Wijkontsluiting met erftoegang		7,5	0,5	0,2	0,4	S3/ME5
Gebiedsontsluiting type 2 (zonder erftoegang)	verkeersfunctie		0,75	0,4	0,5	ME4b
Centrumgebied	Weinig overlast	5		0,2		S4
Centrumgebied	Af en toe overlast	7,5		0,2		S3
Centrum /parkeerterrein	Hoog risico	10		0,3		S2

Bepalen profielbreedte en masthoogte

Omdat het een S-klasse betreft, is voor het bepalen van de oppervlakte de profielbreedte nodig. Deze volgt uit het wegontwerp. De profielbreedte is 8 meter (aanname).

De masthoogte kan 4 of 6 meter zijn. Omdat de straat niet zo breed is, wordt gekozen voor een masthoogte van 4 meter. Dit heeft ook gunstige effecten op de lichthinder naar de huizen. Deze waarden invullen op het formulier bij **A**.

Tabel 4.3 overige factoren

Lamp	Toepassing	kleurindruk	Ra	G-klasse/afscherming ¹	Dimbaar
Fluorescent	Tunnels	wit	>80	Geen G-klasse/afscherming	Ja
Compact fluorescentie	Erftoegang type I en II	wit	>80	Tot G3 / afscherming met schotjes mogelijk	Ja (vanaf 24W)
Lage druk natrium	Stroomweg gebiedsontsluiting	oranje	0	Geen G-klasse/afscherming	Nee
Hoge druk natrium	Stroomweg gebiedsontsluiting erftoegang type I centra	geel	>25	Tot G6 / geen verdere afscherming	Ja (vanaf 70W)
LED	Erftoegang I en II	Wit of groen/wit	> 30	Geen verdere afscherming	Ja
Metaalhalogeen	Centra gebiedsontsluiting Erftoegang type I	wit	>60	Tot G6 voor verkeerstoepassingen	Bepaalde typen

Bepalen uitgangspunten

Nu wordt het staatje met waarden ingevuld die bepalend zijn voor de beeldkwaliteit van de straat en medebepalend voor de veiligheid. In tabel 4.3 zijn de mogelijkheden voor de verschillende lamptypen weergegeven. We kiezen voor een dimbare witte oplossing met goede afscherming en met een lichtsterkteklasse groter dan G1. Doordat lichtsterkteklasse G gevraagd wordt zal een armatuur met een verdiept gemonteerde lamp toegepast worden. Deze heeft een 10% minder grote lichtspreiding, dit wordt in de formule verwerkt met behulp van het getal 110% bij "G". Het aantal geschikte armaturen is hierdoor wel beperkter.

We komen dan op een compact fluorescentie of LED oplossing. Deze waarden invullen. Dit zijn de randvoorwaarden voor het ontwerp in een later stadium.

Bepalen dimniveau

De gemeente heeft een doelstelling op het gebied van energiebesparing van 9% in 3 jaar. Het dimmen van de verlichting binnen de NPR kan daaraan bijdragen. Met een beleidsafspraken kan 's nacht overgegaan worden tot het verlagen van het lichtniveau binnen de grenzen van de NPR. Door bijvoorbeeld na 23:00 uur 30% in lichtniveau terug te schakelen kan 13% op energie bespaard worden. Dit is te vinden op bijlage 2. 13% staat in de tabel vermeld bij 30%. Het overgebleven energieniveau (100-13) wordt ingevuld bij "D". Het dimregime of de reductiewaarde desgewenst bij % lichtniveau.

Opzoeken mastafstand met het meest gunstige label in bijlage 3

¹ De G-klasse (lichtsterkteklasse) van een armatuur wordt met name door de lamp bepaald. Een hogere G-klasse wordt bereikt door de lamp dieper in het armatuur te plaatsen. Dat is bij grote lampen moeilijk te realiseren. Zo bereiken bepaalde PLL armaturen klasse G3 en kunnen functionele verkeersarmaturen (zogenaamde kofferarmaturen) voorzien van puntbronnen, klasse G6 halen. NB Door een betere afscherming van de lampen zijn de te bereiken mastafstanden 10% tot 20% kleiner.

Omdat op basis van vuistregels gewerkt wordt is bijlage 3 “vuistregels” nodig. In deze bijlage zoeken we een INDICATIEVE oplossing in de Compact fluorescentie tabel. De mastafstand is volgens tabel 2, 20 tot 25 meter in deze toepassing. De lichtpunthoogte is 4 meter. De verlichtingsklasse is S5. We komen dan het meest gunstig uit op een indicatief label D met een compact fluorescent 24W lamp bij een mastafstand van 25 meter. 25 meter invullen bij “B”.

Als er sprake is van een andere profielbreedte dan bijvoorbeeld 8 of 10 meter in woonstraten, kies dan de profielbreedte 8 meter of 10 meter die er het dichtst bij komt maar niet hoger is.

Definitief label berekenen

Om de uitkomst van bijlage 3 te controleren kan de SE-norm uitgerekend worden door de formule $G \times W/L/(A \times B)$ in te vullen (zie figuur 4.1). In dit voorbeeld is de SE-norm 0,041 W/lux, norm/m². Dit valt ook nog in label D. Het kan zijn dat uit deze rekensom een hogere waarde voor SE-norm komt. Deze dan aanhouden.

Project	Nieuwbouwwijk "Onder de linden"		
Straatnaam	Betreft standaardprofiel erftoegangsweg type I		
NPR	De installatie moet qua ontwerp voldoen aan de uitgangspunten zoals vastgelegd in de NPR13201-1:2002. de installatie moet voldoen aan het PKM		

UITGANGSPUNTEN

verlichtingsklasse hoofdrijbaan	ME of CE	L	cd/m2	Uo	UI	TI
verlichtingsklasse parallelweg	S		lux	Uh		
verlichtingsklasse (naastgelegen) voet/fietspad	S5	S of ES	3	0,2		
mogelijke minimale verticale verlichtingssterkte			lux			
masthoogte	4	meter				
profiel of wegbreedte	8	meter	A	profiel		
lichtkleur	wit	(wit/oranje/geel/groen)				
kleurtemperatuur	3000	Kelvin				
kleurherkenning	>60	Ra	G			
G-klasse	>= G3	Gx	110%	indien G > 1		
omschrijving andere afscherming	eventueel	schotjes aan achterkant				
	nvt	schotjes aan voorkant				
	nvt	extra afscherming naar zijkant				
Dimmen (opgave gemiddeld niveau)	30%	% lichtniveau	87%	% energieniveau	gemiddelde besparing:	13%
		dimregime A		D		

label	SE	SL
A	0,000-0,014	0,075-0,224
B	0,015-0,024	0,225-0,374
C	0,025-0,034	0,375-0,524
D	0,035-0,044	0,525-0,674
E	0,045-0,054	0,675-0,824
F	0,055-0,064	0,825-0,974
G	0,065-0,074	0,975-1,124

REKENBLAD

Mogelijke mastafstand	25	meter	B	te bepalen door eenvoudige profielberekening
Systeemvermogen (Ps) in 100% stand	26	watt		
Gemiddelde systeemvermogen	22,6	watt	W	berekening uit D maal Ps of uit het jaarverbruik in kWh / branduren
				$(1-13\%) \times 26$
berekening norm-SLEEC	A	8	meter	bereken: $G \times W / L / (A \times B)$
	B	25	meter	
	L	3	Lux of Cd/m2	SE 0,041 W/Lux/m2
	W	22,62	watt	SL W/Cd/m2/m2
	D	87	%	Label D
	G	110	%	

Figuur 4.1 voorbeeld formulier

4.5 Ontwerpen met het label

Met een energielabel krijgt een ontwerper een uitdagende ontwerpeis. Het doel is om zo energie-efficiënt mogelijk te ontwerpen binnen de gestelde uitgangspunten.

Het label is ook handig, met de bijbehorende waarde voor SE-norm of SL-norm kan heel snel de minimaal vereiste mastafstand bij een bepaald armatuur uitgerekend worden of het maximale vermogen bij een bepaalde mastafstand en wegbreedte. Vaak zal een lamp met een hoger vermogen gebruikt worden dan nodig is. Met bijvoorbeeld een lokale dimmer kan dat dan weer teruggebracht worden.

De lichtontwerper heeft met de norm-SLEEC een instrument in handen om overdimensionering tegen te gaan. Overdimensionering ontstaat vaak onbedoeld door het wegontwerp. Parkeerhavens, bomen en uitritten staan de plaatsing van lichtmasten in de weg waardoor er meer nodig zijn met als gevolg meer energieverbruik. Minder energieverbruik kan plaats vinden door eventueel andere armaturen dan standaard te gebruiken, lokaal te gaan dimmen en/of een goede afstemming met de wegontwerper.

De formule voor de minimale mastafstand kan eenvoudig afgeleid worden en luidt:

$$\text{Mastafstand} = P_s / (\text{SE-norm} \times \text{Eh-norm} \times B)$$

P_s is het systeemvermogen van het beoogde armatuur

B = profiel of wegbreedte

Eh-norm is de categoriewaarde van de horizontale verlichtingssterkte

Of

$$\text{Mastafstand} = P_s / (\text{SL-norm} \times \text{L-norm} \times B)$$

L-norm is de normwaarde voor de gemiddelde wegdekkluminantie

Voorbeeld

Gegeven

- Het gewenste label is label D.
- De rijbaanbreedte is 5 meter met 2 trottoirs aan weerszijden van 1,5 meter.
- De vereiste kleurherkenning is minimaal Ra 60 en de kleurtemperatuur moet 3000K zijn.
- De vereiste verlichtingsklasse is S5.

Gevraagd: wat is de mastafstand en wat is een geschikt armatuur?

Oplissing

Label D is 0,04 W/lux/m² met een maximum en minimum van plus en min 0,005.

De profielbreedte is 8 meter.

Voor een dergelijk profiel kan een masthoogte van 4 meter gebruikt worden met een armatuur voorzien van een compact fluorescentie 24 W lamp met een systeemvermogen van 26W.

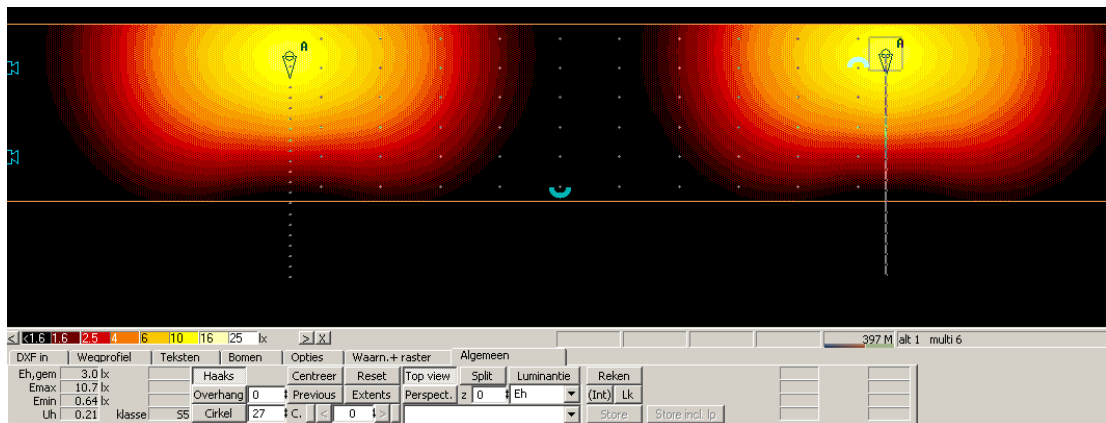
Zie hiervoor bijlage 3 met de vuistregels. Daar wordt uitgekomen op compact fluorescentie 24W met label D of E.

De minimale mastafstand wordt $26 / (0,045 \times 3 \times 8) = 24$ meter. Dit is met armaturen te bereiken die voorzien zijn van een 24W compact fluorescentie lamp. Met een bepaald type armatuur kunnen de lichtpunten zelfs tot maximaal 27 meter uit elkaar geplaatst worden, zie figuur 4.2. Met een afgeschermd armatuur kan maximaal 23 meter gehaald worden.

Eventueel kan ook het maximale vermogen uitgerekend worden uitgaande van een standaard mastafstand.

$P_s = \text{mastafstand} \times \text{profielbreedte} \times E_h\text{-norm} \times SE$

$P_s \text{ maximaal} = 25 \times 8 \times 3 \times 0,045 = 27 \text{ W}$



Figuur 4.2 lichtberekening maximale mastafstand, hier 27 meter

Verantwoording

Bijlage 1: opgave voorwaarden en rekenformulier energielabel

Bijlage 2: overzicht besparingen bij dimregimes en lamptypen

Bijlage 3: labelkeuze bij toepassing vuistregels

Bijlage 4: lichtstromen per lamp

Bijlage 5: literatuur

Bijlage : literatuur

- [1] AgentschapNL, J. Ottens, Adviesnotitie energielabeling openbare verlichting, Amersfoort, september 2008.
- [2] Road Lighting – Part 5 draft: Energy Efficiency Requirements, EN 13201-5, CEN/TC 169, September 2007
- [3] Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde, A. Rommers e.a., Nederlandse Praktijkrichtlijn NPR 13201-1, Openbare Verlichting – Deel 1: Kwaliteitscriteria, Arnhem, 2002.
- [4] Vuistregels voor wegdekrendement, van der Lugt, artikel in “Licht”, april 2005
- [5] Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde, A. Rommers e.a., Aanbevelingen voor Openbare Verlichting – Deel 2: Meten en toetsen, Arnhem, 2003
- [6] Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde, Aanbevelingen voor Openbare Verlichting – Deel 3: Ontwerpen, draft , 2008

Project

Straatnaam

NPR

UITGANGSPUNTEN

verlichtingsklasse hoofdrijbaan	<input type="text"/>	ME of CE	<input type="text"/>	L	<input type="text"/>	cd/m2	<input type="text"/>	Uo	<input type="text"/>	UI	<input type="text"/>	TI
verlichtingsklasse parallelweg	<input type="text"/>	S	<input type="text"/>		<input type="text"/>	lux	<input type="text"/>	Uh				
verlichtingsklasse (naastgelegen) voet/fietspad	<input type="text"/>	S of ES	<input type="text"/>		<input type="text"/>	lux	<input type="text"/>	Uh				
mogelijke minimale verticale verlichtingssterkte	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>	lux						
masthoogte	<input type="text"/>	meter										
profiel of wegbreedte	<input type="text"/>	meter	A	profiel								
lichtkleur	<input type="text"/>	(wit/oranje/geel/groen)										
kleurtemperatuur	<input type="text"/>	Kelvin										
kleurherkenning	<input type="text"/>	Ra										
G-klasse	<input type="text"/>	Gx	G	<input type="text"/>	indien G > 1							
omschrijving andere afscherming	<input type="text"/>	schotjes aan achterkant										
	<input type="text"/>	schotjes aan voorkant										
	<input type="text"/>	extra afscherming naar zijkant										
Dimmen (opgave gemiddeld niveau)	<input type="text"/>	% lichtniveau							<input type="text"/>	% energieniveau	gemiddelde besparing:	<input type="text"/>

REKENBLAD

Mogelijke mastafstand	<input type="text"/>	meter	B	te bepalen door eenvoudige profielberekening
Systeemvermogen (Ps) in 100% stand	<input type="text"/>	watt		
Gemiddelde systeemvermogen	<input type="text"/>	watt	W	berekening uit D maal Ps of uit het jaarverbruik in kWh / branduren
berekening norm-SLEEC	A	<input type="text"/>	meter	bereken: G x W / L / (A x B)
	B	<input type="text"/>	meter	SE of SL <input type="text"/>
	L	<input type="text"/>	Lux of Cd/m2	W/Lux/m2 of W/Cd/m2/m2
	W	<input type="text"/>	watt	
	D	<input type="text"/>	%	
	G	<input type="text"/>		Label <input type="text"/>

Bijlage 2 Overzicht besparingen bij dimregimes en lamptypen

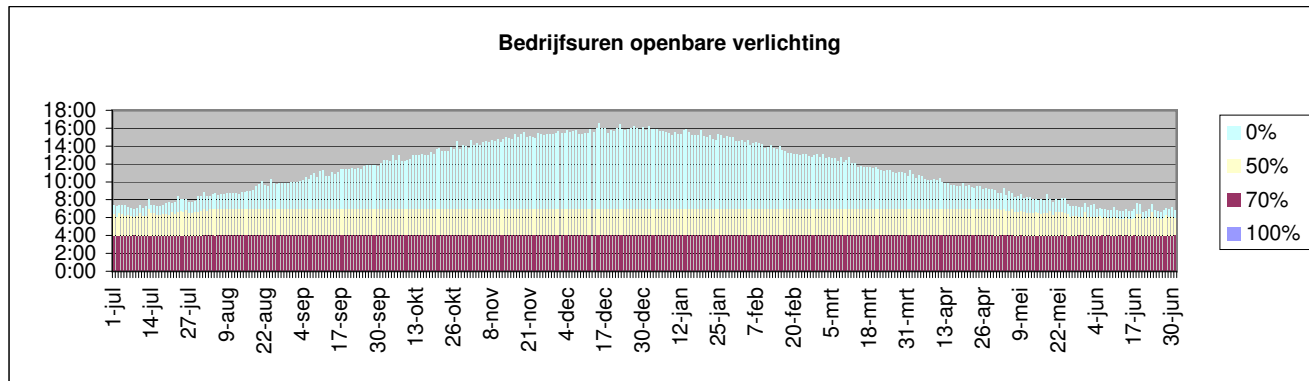
Genoemde dimpercentages betreft het terugschakelen met x%. Staat er 30% genoemd dan brandt de installatie nog op 70% (de lichtterugval is dan 30%)

Let op dat de norm-SLEEC alleen binnen de grenzen van de NPR13201-1 geldig is.

	statisch: 23:00 in en 6:00 uit		continue	dimregimes			
lichtterugval	50%	30%	10%	A	B	C	D
gem. energiebesparing	22%	13%	7%	25%	34%	32%	39%

dimregime	A	tot	B	tot	C	tot	D	tot
stap 1	0%	23:00	0%	22:00	10%	23:00	10%	22:00
stap 2	50%	1:00	50%	0:00				
stap 3	70%	5:00	70%	6:00	70%	5:00	70%	6:00
stap 4	0%	uit	0%	uit	10%	uit	10%	uit

Dim regime A



Bijlage 3 bepalen label op basis van vuistregels

LET OP: DIT ZIJN INDICATIEVE WAARDEN!

Tabel met minimaal benodigde lichtstroom, zie uitleg

lijnvormige lichtbronnen zoals lagedruk natrium en compact fluorescent

	lichtklasse/Eh				ME6	ME5	ME4	ME3	ME2	ME1
	S6	S6	S5	S5	S4	S3	S2	S1		
mastafstand	2	2	3	3	5	7,5	10	15	22,5	30
20	914	1.143	1.371	1.714	1.714	3.429	4.571	8.571	20.571	27.429
25	1.143	1.429	1.714	2.143	2.143	4.286	5.714	10.714	25.714	34.286
30	1.371	1.714	2.057	2.571	2.571	5.143	6.857	12.857	30.857	41.143
35	1.600	2.000	2.400	3.000	3.000	6.000	8.000	15.000	36.000	48.000
40	1.829	2.286	2.743	3.429	3.429	6.857	9.143	17.143	41.143	54.857
profielbreedte	8	10	8	10	6	8	8	10	16	16
lph	4	6	4	6	6	8	8	10	16	16

Uitgangspunten:

verlichtingsrendement 0,35

puntvormige lichtbronnen zoals hogedruk natrium en metaalhaloëen

	lichtklasse/Eh				ME6	ME5	ME4	ME3	ME2	ME1
	S6	S6	S5	S5	S4	S3	S2	S1		
mastafstand	2	2	3	3	5	7,5	10	15	22,5	30
20	800	1.000	1.200	1.500	1.500	3.000	4.000	7.500	18.000	24.000
25	1.000	1.250	1.500	1.875	1.875	3.750	5.000	9.375	22.500	30.000
30	1.200	1.500	1.800	2.250	2.250	4.500	6.000	11.250	27.000	36.000
35	1.400	1.750	2.100	2.625	2.625	5.250	7.000	13.125	31.500	42.000
40	1.600	2.000	2.400	3.000	3.000	6.000	8.000	15.000	36.000	48.000
profielbreedte	8	10	8	10	6	8	8	10	16	16
lph	4	6	4	6	6	8	8	10	16	16

Uitgangspunten:

verlichtingsrendement 0,4

NB

Uh of UI 0,3

max 7 x lph

Uh of UI 0,4

max 6 x lph

Uh of UI 0,5

max 5 x lph

UI 0,7

max 4 x lph

Oplossing met Compact fluorescent (PLL, Unique, Dulux, TC-L of gelijkwaardig)

		lichtklasse/Eh				ME6	ME5	ME4	ME3	ME2	ME1
mastafstand		S6	S6	S5	S5	S4	S3	S2	S1		
20		pllhf 18 20	pllhf 18 20	pllhf 24 26	pllhf 24 26	pllhf 24 26	pllhf 55 58				
25		pllhf 18 20	pllhf 24 26	pllhf 24 26	plthf 32 36	plthf 32 36					
30		pllhf 24 26	pllhf 24 26	plthf 32 36	pllhf 36 38	pllhf 36 38					
35			plthf 32 36		plthf 42 47	plthf 42 47					
40			plthf 32 36		pllhf 55 58						
SE											
20		0,063	0,050	0,054	0,043	0,043	0,048				
25		0,050	0,052	0,043	0,048	0,048					
30		0,054	0,043	0,050	0,042	0,042					
35			0,051		0,045	0,045					
40			0,045		0,048						
LABEL											
20		F	E	E	D	D	E				
25		E	E	D	E	E					
30		E	D	E	D	D					
35			E		D	D					
40			E		E						
profielbreedte		8	10	8	10	6	8	8	10	16	16
lph		4	6	4	6	6	8	8	10	16	16

Oplossing met Hoge druk natrium (SON, SHP, HST, NAV of gelijkwaardig)

		lichtklasse/Eh				ME6	ME5	ME4	ME3	ME2	ME1
mastafstand		S6	S6	S5	S5	S4	S3	S2	S1		
20		son 50 61	son 50 61	son 50 61	son 50 61	son 50 61	son 50 61	son 50 61	son 100 114	son 250 276	son 250 276
25		son 50 61	son 50 61	son 50 61	son 50 61	son 50 61	son 50 61	son 70 80	son 100 114	son 250 276	son 250 276
30		son 50 61	son 50 61	son 50 61	son 50 61	son 50 61	son 70 80	son 70 80	son 150 169	son 250 276	son 400 433
35			son 50 61		son 50 61	son 50 61	son 70 80	son 100 114	son 150 169	son 400 433	son 400 433
40			son 50 61		son 50 61		son 70 80	son 100 114	son 150 169	son 400 433	son 400 433
SE											
20		0,191	0,153	0,127	0,102	0,102	0,051	0,038	0,038	0,038	0,029
25		0,153	0,122	0,102	0,081	0,081	0,041	0,040	0,030	0,031	0,023
30		0,127	0,102	0,085	0,068	0,068	0,044	0,033	0,038	0,026	0,030
35			0,087		0,058	0,058	0,038	0,041	0,032	0,034	0,026
40			0,076		0,051		0,033	0,036	0,028	0,030	0,023
LABEL											
20		-	-	-	-	-	E	D	D	D	C
25		-	-	-	-	-	D	D	C	C	B
30		-	-	-	G	G	D	C	D	C	C
35			-		F	F	D	D	C	C	C
40			-		E		C	D	C	C	B
profielbreedte		8	10	8	10	6	8	8	10	16	16
lph		4	6	4	6	6	8	8	10	16	16

Oplossing met Lage druk natrium (SOX, SLP, LST of gelijkwaardig)

mastafstand	lichtklasse/Eh		ME6		ME5		ME4		ME3		ME2		ME1	
	S6	S6	S5	S5	S4	S3	S2	S1	S1					
20	sox-e 18 25	sox-e 18 25	sox-e 18 25	sox-e 18 25	sox-e 18 25	sox-e 26 31	sox-ehf 36 38	sox-ehf 66 68	sox 135 154					
25	sox-e 18 25	sox-e 18 25	sox-e 18 25	sox-e 26 31	sox-e 26 31	soxhf 35 27	sox-ehf 36 38	sox 90 110						
30	sox-e 18 25	sox-e 18 25	sox-e 26 31	sox-e 26 31	sox-e 26 31	sox-ehf 36 38	soxhf 55 57	sox 90 110						
35		sox-e 26 31		sox-e 26 31	sox-e 26 31	soxhf 55 57	sox-ehf 66 68	sox-ehf 91 93						
40		sox-e 26 31		sox-e 26 31		soxhf 55 57	sox-ehf 66 68	sox 135 154						
SE														
20	0,078	0,063	0,052	0,042	0,042	0,026	0,024	0,023	0,021					
25	0,063	0,050	0,042	0,041	0,041	0,018	0,019	0,029						
30	0,052	0,042	0,043	0,034	0,034	0,021	0,024	0,024						
35		0,044		0,030	0,030	0,027	0,024	0,018						
40		0,039		0,026		0,024	0,021	0,026						
LABEL														
20	-	F	E	D	D	C	B	B	B					
25	F	E	D	D	D	B	B	C						
30	E	D	D	C	C	B	B	B						
35		D		C	C	C	B	B						
40		D		C		B	B	C						
profielbreedte	8	10	8	10	6	8	8	10	16	16				
lph	4	6	4	6	6	8	8	10	16	16				

Oplossing met metaalhalogeen (CDM/CDO/CPO, HCI, CMI, HIT of gelijkwaardig)

mastafstand	lichtklasse/Eh		ME6		ME5		ME4		ME3		ME2		ME1	
	S6	S6	S5	S5	S4	S3	S2	S1	S1					
20	cdm-t 35hf 35 42	cdm-t 35hf 35 42	cdm-t 35hf 35 42	cdm-t 35hf 35 42	cdm-t 35hf 35 42	cdm-t 35hf 35 42	CPO -TWhf 45 52	cdm-tthf 100 115	hpi-thf 250 280	hpi-thf 400 460				
25	cdm-t 35hf 35 42	cdm-t 35hf 35 42	cdm-t 35hf 35 42	cdm-t 35hf 35 42	cdm-t 35hf 35 42	CPO -TWhf 45 52	CDO TThf 70 75	CPO -TWhf 90 99	hpi-thf 400 460					
30	cdm-t 35hf 35 42	cdm-t 35hf 35 42	cdm-t 35hf 35 42	cdm-t 35hf 35 42	cdm-t 35hf 35 42	CDO TThf 70 75	cdm-tthf 70 80	cdm-tthf 150 172	hpi-thf 400 460					
35		cdm-t 35hf 35 42		cdm-t 35hf 35 42	cdm-t 35hf 35 42	CDO TThf 70 75	cdm-tthf 100 115	cdm-tthf 150 172						
40		cdm-t 35hf 35 42		cdm-t 35hf 35 42		cdm-tthf 70 80	cdm-tthf 100 115	CPO -TWhf 140 153						
SE														
20	0,131	0,105	0,088	0,070	0,070	0,035	0,033	0,038	0,039	0,048				
25	0,105	0,084	0,070	0,056	0,056	0,035	0,038	0,026	0,051					
30	0,088	0,070	0,058	0,047	0,047	0,042	0,033	0,038	0,043					
35		0,060		0,040	0,040	0,036	0,041	0,033						
40		0,053		0,035		0,033	0,036	0,026						
LABEL														
20	-	-	-	G	G	D	C	D	D	E				
25	-	-	G	F	F	C	D	C	E					
30	-	G	F	E	E	D	C	D	D					
35		F		D	D	D	D	C						
40		E		D		C	D	C						
profielbreedte	8	10	8	10	6	8	8	10	16	16				
lph	4	6	4	6	6	8	8	10	16	16				

Oplossing met LED

het verlichtingsrendement is verhoogd naar 0,5

	lichtklasse/Eh	S6	S5	S5	ME6 S4	ME5 S3	ME4 S2	ME3 S1	ME2	ME1
mastafstand	S6	S6	S5	S5	ME6 S4	ME5 S3	ME4 S2	ME3 S1	ME2	ME1
20	GRhf 14 17	GRhf 14 17	GRhf 22 27	GRhf 22 27	GRhf 22 27					
25	GRhf 14 17	GRhf 22 27	GRhf 22 27	GRhf 32 40	GRhf 32 40					
30	GRhf 22 27	GRhf 22 27	GRhf 32 40	GRhf 32 40	GRhf 32 40					
35		GRhf 32 40								
40		GRhf 32 40								
SE										
20	0,053	0,043	0,056	0,045	0,045					
25	0,043	0,054	0,045	0,053	0,053					
30	0,056	0,045	0,056	0,044	0,044					
35		0,057								
40		0,050								
LABEL										
20	E	D	F	E	E					
25	D	E	E	E	E					
30	F	E	F	D	D					
35		F			-					
40		E			-					
profielbreedte	8	10	8	10	6	8	8	10	16	16
lph	4	6	4	6	6	8	8	10	16	16

Uitleg

lijnvormige lichtbronnen zoals lagedruk natrium en compact fluorescent

mastafstand	lichtklasse/Eh		
	S6	S6	S5
20	914	1.143	1.371
25	1.143	1.429	1.714
30	1.371	1.714	2.057
35	1.600	2.000	2.400
40	1.829	2.286	2.743
profielbreedte	8	10	8
lph	4	6	4

Uitgangspunten:
verlichtingsrendement

0,35

de beoogde mastafstand

de verlichtingsklasse
de vereiste gemiddelde horizontale verlichtingssterkte

de minimaal benodigde lichtstroom bij verlichtingsklasse S5 met een minimale horizontale verlichtingssterkte van 3 lux, een profielbreedte (erfgrens tot erfgrens) van 8 meter, een lichtpunthoogte van 4 meter en een mastafstand van 25 meter

de beoogde profielbreedte in verblijfsgebieden zoals woonwijken of rijbaanbreedte bij verkeerswegen
de beoogde lichtpunthoogte

bij lijnvormige lichtbronnen is de hoeveelheid licht van de lamp dat op het te verlichten deel van de weg terecht komt 35%, zie hoofdstuk 2

Oplossing met Compact fluorescent (PLL, Unique, Dulux, TC-L of gelijkwaardig)

mastafstand	lichtklasse/Eh		
	S6	S6	S5
20	pllhf 18 20	pllhf 18 20	pllhf 24 26
25	pllhf 18 20	pllhf 24 26	pllhf 24 26
30	pllhf 24 26	pllhf 24 26	pllhf 32 36
35		plthf 32 36	
40		plthf 32 36	
SE			
20	0,063	0,050	0,054
25	0,050	0,052	0,043
30	0,054	0,043	0,050
35		0,051	
40		0,045	
LABEL			
20	F	E	E
25	E	E	D
30	E	D	E
35		E	
40		E	
profielbreedte	8	10	8
lph	4	6	4

de beoogde verlichtingsklasse

de lamp waarmee de benodigde lichtstroom kan worden opgewekt bij verlichtingsklasse S5, een profielbreedte van 8 meter, een lichtpunthoogte van 4 meter en een mastafstand van 25 meter.

pllhf betreft het lamptype, in dit geval een compactfluorescent lamp met elektronisch voorschakelapparaat *dit kan ook een unique, dulux of lamp van een andere fabrikant zijn!*

24 is het lampvermogen

26 is het systeemvermogen, dat wordt gebruikt voor de berekening van het label

Vergelijkbare lampen zijn te vinden in bijlage 4, let hierbij op de minimaal benodigde lichtstroom van 1.714 lumen

de bij de lamp en de installatiefactoren als verlichtingsklasse, mastafstand en profielbreedte behorende SE-norm

de SE-norm van 0,043 valt in het bereik van label D, zie hoofdstuk 2

wederom profiel/rijbaan breedte en lichtpunthoogte

een herhaling van de mastafstanden uit de eerste tabel

ook met een pllhf 18W lamp kan overgedimensioneerd worden. Dit vertaalt zich in het label. De lamp komt het beste tot zijn recht op 25 meter (E). als het gebruikt wordt op 20 meter is er sprake van overdimensionering: het label wordt slechter, nl. F. Wellicht zijn er op de markt betere lampen en armaturen te vinden voor deze toepassing!

Bijlage 4 lampvermogens (bron kengetallen openbare verlichting NSvV)

lamp-type	lamp-vermogen. (Watt)	syst.verm. convention. (Watt)	syst.verm. elektronisch (Watt)	lamp-lichtstroom (Lumen)
lagedruk kwik	A	B	C	D
tlm	65	76		5.100
tlc	58	67	56	4.600
tle	40	49		3.200
tlm	40	49		3.100
tlc	36		38	2.850
tlc	40	50		2.350
tle	32	42		2.300
tlc	23	32		1.900
tlc	18	27	16	1.200
tlc	20	29		1.060
tlc	15	25		960
tl	8	13		410
tl	6	12		280
lagedruk kwik compact				
pll	55	60	58	4.800
plt	42	50	47	3.200
pll	36	44	38	2.900
plt	32		36	2.400
plt	26		28	1.800
pll	24	32	26	1.800
pll	18	27	20	1.200
sl	18		18	900
pll	11	16	15	900
pll	9	15	10	600
hogedruk kwik				
hpln	50	56		1.800
hql	50	56		1.800
hpln	80	90		3.700
hpln	125	137		6.200
hpln	250	269		12.700
hpln	400	422		24.200
lagedruk natrium				
sox	180	210		33.000
sox-e	131	150		26.000
sox	135	154		22.500
sox-e	91	107	93	17.000
sox	90	110		13.000
sox-e	66	81	68	10.500
sox	55	74	57	7.800
sox-e	36	48	38	5.800
sox	35	45	27	4.450
sox-e	26	31		3.600
sox	18	27		1.800
sox-e	18	25		1.800
hogedruk natrium				
sont	1.000	1.020		130.000
sont	400	433		51.500
son	400	433		48.000
sont	250	276		30.000
son	250	276		27.000
sont pia plus	150	169		16.500
son	150	169		14.500
sont pia plus	100	114		10.500
son	100	114		10.000
sont	70	80		6.600
son	70	80		5.600
sont	50	61		4.400
son	50	61		3.500
metaal-halogen				
hpl-t	400		460	38.000
hpl-t	250		280	20.000
CPO -TW	140		153	16.500
cdm-tt	150		172	13.500
CPO -TW	90		99	10.450
cdm-tt	100		115	9.000
CPO -TW	60		68	6.800
cdm-tt	70		80	6.300
cdm-et	70		80	5.900
CDO TT	70		75	5.600
CPO -TW	45		52	4.300
cdm-t 35	35		42	3.300
Inductie				
QL	55		55	3.600
QL	85		85	6.000
LED				
EW	36		45	2083
GR	32		40	1983
EW	24		30	1389
GR	22		27	1364
EW	16		20	926
GR	14		17	868
EW	10		12	579
GR	8		10	496