

MATERIALEN VOOR DE HERINRICHTING VAN GEBOUWEN BINNENVERLICHTING

////////////////////////////////////

INHOUD

1	TOEPASSINGSGBIED	2
2	OVERWEGINGEN VOORAF	2
2.1	Juist keuze van producten	2
2.2	Producten gericht op de toekomst	3
2.3	Alternatieve aankoopformules	3
2.4	Kwaliteitsvolle producten en uitvoering	4
3	TECHNISCHE BEKWAAMHEID.....	4
4	TECHNISCHE VEREISTEN.....	5
4.1	Kwaliteitsvolle producten	5
4.2	Energie-efficiëntie van lampen	5
4.3	Gemiddelde levensduur van de lampen	6
4.4	Kwikgehalte (fluorescentielampen)	7
4.5	Rendement van de armatuur.....	8
4.6	Equivalent specifiek geïnstalleerd vermogen (verlichtingsinstallatie)	8
4.7	Lichtregelsystemen	9
5	GUNNINGSCRITERIA.....	10
5.1	Hogere waardering gebaseerd op technische vereisten.....	10
5.2	Kostenefficiëntie	10
5.3	Duurzaam materiaalbeheer	11
6	UITVOERINGSVOORWAARDEN	11
6.1	Veilige plaatsing van verlichtingssystemen (BA4-attest)	11
6.2	Lichtregelsystemen	11
6.3	Inzameling van zuivere afvalstromen	12
6.4	Garanties bij levering en plaatsing.....	12
6.5	Onderhoud voor het behoud van de gegarandeerde verlichtingssterkte.....	13
6.6	Instructies en opleiding over onderhoud.....	14
7	OPMERKINGEN M.B.T. DE FICHE?	14
Bijlage 1	Rekenblad voor TCO-berekening	15

1 TOEPASSINGSGEBIED

Gebruik deze fiche wanneer je een duurzame binnenverlichting wil aankopen volgens de procedures voor overheidsopdrachten (levering en/of plaatsing van producten), en het niet mogelijk is om duurzaamheid op het niveau van het gehele gebouw te evalueren / wijzigen. Deze fiche vormt een aanvulling op een ['algemene fiche materialen voor de herinrichting van gebouwen'](#) en bouwt hierop voort¹. Gebruik daarom beide productfiches samen.

Deze fiche behandelt verlichtingstoepassingen met directe of indirecte aansluiting op het openbare elektriciteitsnet bedoeld voor de algemene verlichting van werkplekken en openbare ruimten binnen. Daaronder vallen lampen (fluorescentie-, gasontladings- en ledlampen), armaturen en lichtregelsystemen.

Je vindt in deze fiche geen criteria voor:

- (Armaturen voor) halogeenspots en halogeenbulbs
Voor halogeenspots en -bulbs wordt het moeilijk om nog producten op de markt te brengen die aan de steeds strengere ecodesignwetgeving voldoen. Er wordt verwacht dat halogeenspots in 2016 van de markt verdwijnen en halogeenbulbs in 2018. Daarom vind je hier geen criteria voor dit type lampen.
- Buitenverlichting (zie Europese milieucriteria voor straatverlichting en verkeerssignalen²)
- Gespecialiseerde verlichting
Gekleurde verlichting, verlichting op maat van visueel gehandicapte mensen, gespecialiseerde medische verlichting ter ondersteuning van onderzoeken of operaties ...
- Verlichting niet bedoeld voor de algemene verlichting van werkplekken en openbare ruimten
Noodverlichting, verlichte signaleringsborden, op machines of apparatuur bevestigde verlichting, verlichting ter bevordering van plantengroei, solariumbuislampen, verlichting in functie van fotografie, verlichting voor tentoonstellingen, theatervoorstellingen, televisieshows, sportwedstrijden ...
- Verlichtingsaudits
Het onderzoek om na te gaan of de huidige lichtinstallaties nog voldoende lichtsterkte levert

2 OVERWEGINGEN VOORAF

2.1 JUIST KEUZE VAN PRODUCTEN

Het verbruik van verlichtingsinstallaties vertegenwoordigt bijna 35% van het primaire energieverbruik in tertiaire gebouwen.³ Door een goede keuze te maken voor het verlichtingssysteem kan je het energieverbruik sterk terugdringen. Je kan daarbij kiezen voor meer efficiënte lampen en armaturen, automatische lichtregelsystemen ...

De wetgever legt al heel wat verplichtingen op i.v.m. visueel comfort, maar je kan ook verder gaan dan wat wettelijk verplicht is. Sommige bedrijven passen de kleurtemperatuur en -intensiteit doorheen de dag aan om het daglicht te imiteren. Zo bevorderen ze niet alleen het visuele comfort maar ook het welbehagen van hun werknemers. De werknemers passen immers onbewust hun biologische klok aan. Werknemers functioneren zo gemakkelijker en voelen zich prettiger. Als organisatie profiteer je daarvan d.m.v. de hogere productiviteit. Wanneer je lampen vervangt door led vervangingslampen, maar daarbij de bestaande armaturen behoudt, kan het visueel comfort achteruit gaan. Bij ledbuizen kan bv. verblinding verhogen, de uniformiteit achteruit gaan,

¹ Volgende informatie uit de ['algemene fiche materialen voor de herinrichting van gebouwen'](#) is sowieso relevant voor alle specifieke productfiches: voorwerp van de opdracht, uitsluitingscriteria, technische bekwaamheid (milieuzorg in de organisatie), uitvoeringsvoorwaarden (verpakkingen / naleving van de ILO-conventies / non-discriminatie). Naar andere informatie uit de algemene fiche die relevant is voor deze productgroep, zal expliciet verwezen worden in deze fiche.

² Europese GPP-criteria voor straatverlichting en verkeerssignalen, Europese Commissie (2012), http://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/criteria/street_lighting_nl.pdf

³ Bron: EPB – Verlichting in tertiaire gebouwen, WTCB (2011), <http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=infofiches&pag=48&art=9>

bovendien kan je onverwachte schaduwen creëren doordat de reflector zijn doel mist. Ga daarom ook bij lampvervangingen na hoe deze het visueel comfort kunnen beïnvloeden.

Op de website van het Vlaams Energieagentschap (VEA)⁴ lees je hoe je rekening moet houden met de verlichtingsnaden van de ruimte. Je vindt er ook heel wat informatie terug over de verschillende lamptypes, armaturen en lichtregelsystemen. De website TopTen⁵ geeft je informatie over de ledlampen op de Belgische markt. Deze informatie helpt je op weg met de keuze van de juiste producten voor een performant en energiezuinig verlichtingssysteem.

Wanneer je een grondige aanpassing van je verlichting plant, kan je eerst een lichtstudie laten uitvoeren. Een lichtstudie resulteert in een overzicht van mogelijke scenario's voor de verlichtingsopstelling waarbij telkens de minimum verlichtingssterkte wordt gerespecteerd. Voor elk scenario geeft de studie de verwachte energiebesparing en de terugverdientijd.

De termen lichtstudie en lichtberekening worden soms door mekaar gebruikt. Probeer dit te vermijden. De lichtberekening is de berekening die je maakt op de installatie die je uiteindelijk plaatst om na te gaan of deze de verwachte / afgesproken lichtsterkte realiseert.

2.2 PRODUCTEN GERICHT OP DE TOEKOMST

De evolutie in de lichttechnologie zelf en de steeds strengere ecodesignregelgeving zorgen dat bepaalde klassieke lamptypes stilaan van de markt verdwijnen. De gloeilamp is, behoudens voor enkele uitzonderlijke toepassingen, al van de markt verdwenen. Hetzelfde wordt verwacht voor o.a. halogeenspots, halogeen bulbs, compacte fluorescentielampen (CFL-lampen) en bepaalde hogedruk gasontladinglampen (HID-lampen). Wanneer je armaturen kiest, houd je er best rekening mee dat je voor armaturen gericht op dit type lampen nog moeilijk vervanglampen zal vinden in de nabije toekomst.

2.3 ALTERNATIEVE AANKOOPFORMULES

Zie ['algemene fiche materialen voor de herinrichting van gebouwen'](#).

Je kan in je bestek omschrijven welke verlichtingssterkte te allen tijde gegarandeerd moet zijn per ruimte en aan de inschrijvers vragen zelf een opstelling en verlichtingssysteem voor te stellen met een zo laag mogelijk geïnstalleerd vermogen (W/m^2)⁶. Zo geef je meer ruimte voor innovatie. Je kan de levering en plaatsing van verlichting ook koppelen aan een onderhoudscontract. Dit verhoogt de kans dat de inschrijvers kiezen voor kwalitatief goede producten (zie ook 5.2. en 6.4.2).

De overheidsopdracht verschuift in de bovenstaande voorbeelden naar een aankoop op basis van functionele criteria en naar een productdienstcombinatie. Er zijn ook systemen waarbij je verlichting leaset in plaats van aankoopt. Deze formule is nog vrij nieuw in Vlaanderen. De looptijd (bv. 5, 7 of 10 jaar) en de inhoud van de leasecontracten kan sterk verschillen. Er zijn contracten die vragen om voldoende licht te leveren, inclusief energieverbruik en onderhoud (light as a service). Er zijn contracten die vragen dat de verlichting met een bepaalde frequentie vernieuwd wordt, zodat de organisatie altijd over een installatie beschikt die overeenkomt met de meest recente technologie.

⁴ Verlichting, VEA, <http://www.energiesparen.be/verlichting>

⁵ <http://www.topten.be/>

⁶ Zie '4.6 Equivalent specifiek geïnstalleerd vermogen (verlichtingsinstallatie)' en '5 Gunningscriteria'

Praktijkvoorbeeld: Ledverlichting als dienst in plaats van product (stad Kortrijk)⁷

De stad Kortrijk wil de tl-lampen in de publieksruimte voor de bibliotheek vervangen door een meer energiezuinig systeem. De publieksruimte van de bibliotheek is goed voor ±35% van het totale verbruik, ofwel ±60.000kWh/jaar.

Kortrijk wil de publieksruimte voorzien van licht:

- via de principes van de circulaire economie
- met een minimum aan energie
- zonder netto investeringskost
- zonder overheadkosten
- met garantie van lichtcomfort en brandveiligheid op lange termijn

Kortrijk zal enerzijds nadenken over hoe ze in hun boekhouding en aankoopbeleid kunnen omgaan met huur- / leasingmodellen, en anderzijds nagaan hoe de markt op hun vraag reageert. De resultaten van dit testproject worden eind 2016 verwacht.

Meer informatie: <http://www.plan-c.eu/nl/blog/detail/led-licht-leasen-grote-veranderingen-doe-je-stap-voor-stap>

2.4 KWALITEITSVOLLE PRODUCTEN EN UITVOERING

Zie [‘algemene fiche materialen voor de herinrichting van gebouwen’](#). Het bouwtechnisch bestek woningbouw bevat onderdelen over verlichting.

3 TECHNISCHE BEKWAAMHEID

Zie [‘algemene fiche materialen voor de herinrichting van gebouwen’](#).

Wie werkt in de buurt van een elektrische installatie, zoals bij de plaatsing van een verlichtingssysteem, moet over een BA4-attest (gewaarschuwd persoon voor elektrisch geschoolden) beschikken. Als je een selectiecriterium hierover opneemt, ben je er zeker van dat de opdrachtnemer al bij de start van de opdracht personeel met een BA4-attest in dienst heeft. Dat kan nuttig zijn wanneer de uitvoering erg snel na de gunning start. Wanneer je de vraag om personeel met een BA4-attest beperkt tot de uitvoeringsvoorwaarden, geef je de opdrachtnemer nog de kans om na de gunning opleiding voor zijn personeel te voorzien of personeel met het juiste attest aan te werven.

De inschrijver kan beroep doen op uitvoerend personeel dat over de nodige BA4-attesten om de in het bestek voorziene werken uit te voeren in elektrische ruimtes.

Bewijsmiddelen:

- BA4-attest(en) van personeel

⁷ Project gesubsidieerd door de OVAM in het kader van de subsidies duurzaam materialenbeheer bij lokale besturen. Meer info: <http://www.ovam.be/subsidies-voor-lokale-besturen>

4 TECHNISCHE VEREISTEN

4.1 KWALITEITSVOLLE PRODUCTEN

Zie ['algemene fiche materialen voor de herinrichting van gebouwen'](#). Voor verlichting is niet alleen de CE-markering relevant, maar ook het ENEC-keurmerk⁸. ENEC staat voor European Norms Electrical Certification. Het is een kwaliteitskeuring die garandeert dat je product voldoet aan de Europese EN-normen m.b.t. veiligheid. Het keurmerk is complementair aan de CE-markering.

Let wel op wanneer je lampen, maar niet de armatuur, vervangt. Het ENEC-keurmerk voor bv. verlichtingssystemen met tl-lampen vervalt wanneer je de lampen vervangt door ledlampen. Dit houdt een belangrijk risico in naar veiligheid bij brand, elektrocutie ... en heeft mogelijk gevolgen op de tussenkomen van je verzekeraar bij schade door bv. een brand veroorzaakt door de verlichtingsinstallatie. Bespreek de situatie daarom eerst met je verzekeraar. Zo kan je afspraken maken over hoe de vervanging uitgevoerd kan worden, zonder dat dit gevolgen heeft voor de dekking die de verzekering biedt. Het Facilitair Bedrijf paste deze praktijk al succesvol toe in de noodtraphallen van één van de gebouwen in Antwerpen.

4.2 ENERGIE-EFFICIËNTIE VAN LAMPEN

De belangrijkste eis die je voor de aankoop van nieuwe lampen kan stellen, gaat over de efficiëntie van de lampen. Parallel kan je er voor nieuwe armaturen op letten welke lampen compatibel zijn met de armatuur.

Lampen voor bestaande installaties moeten minstens volgende energie-efficiëntieklasse hebben:

- Compacte fluorescentielampen zonder ingebouwd voorschakelapparaat: A
- Bolvormige, peervormige of kaarsvormige compacte fluorescentielampen en met ingebouwd voorschakelapparaat: A
- Alle andere lampen dan halogeenlampen met een kleurweergave-index⁹ $R_a \geq 90$: B
- Alle andere compacte fluorescentielampen met ingebouwd voorschakelapparaat: A
- Buisvormige fluorescentielampen T8 en buisvormige fluorescentielampen in miniatuurformaat van 15W: A
- Cirkelvormige lampen: A
- Overige buisvormige fluorescentielampen: A
- Alle andere lampen met inbegrip van ledlampen en gasontladingslampen: A

Bewijsmiddelen:

- Energie-etiket volgens Verordening EC 874/2012

Het energielabel of energie-etiket¹⁰ is verplicht voor alle elektrische lampen en armaturen.¹¹ Het energie-etiket voor lampen vermeldt de energie-efficiëntieklasse, ingedeeld van A++ (heel efficiënt) tot E (inefficiënt).¹² Het energie-etiket of de verpakking van de lamp moet ook het gewogen energieverbruik in kWh per 1.000 uur vermelden.

⁸ Meer informatie: <http://www.enec.com/>

⁹ Color rendering index (CRI): een index voor de kwaliteit van kleurweergave van door de lichtbron belichte objecten, vergeleken met de kleurweergave van dezelfde objecten belicht door een zwarte straler met dezelfde kleurtemperatuur als de te kwalificeren lichtbron. De CRI varieert van 0 tot 100.

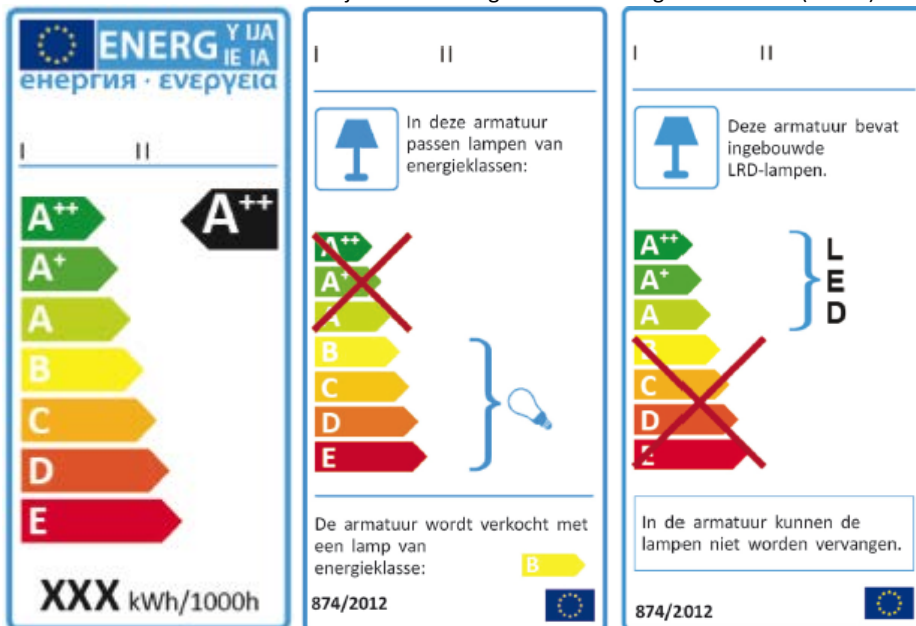
¹⁰ Energie-etiket is de correcte Nederlandse term die in de regelgeving gebruikt wordt, in Vlaanderen is de term energielabel meer ingeburgerd

¹¹ Richtlijn 92/75 EEG van de Raad van 22 september 1992 betreffende de vermelding van het energieverbruik en het verbruik van andere hulpbronnen op de etikettering en in de standaard-productinformatie van huishoudelijke apparaten en Gedelegeerde Verordening EC 874/2012 van 12 juli 2012 houdende aanvulling van Richtlijn 2010/30/EU van het Europees Parlement en de Raad met betrekking tot de energie-etikettering van elektrische lampen en verlichtingsarmaturen

¹² De meest zuinige lampen die je op de Belgische markt kan vinden, behoren tot de energieklassen A++ - Markinformatie van februari 2016

Het energie-etiket voor armaturen geeft aan welke energieklassen de bijgeleverde lamp heeft en over welke energieklassen mogelijke vervanglampen kunnen beschikken. Als je de lamp niet kan vervangen, staat dit duidelijk aangegeven.

Figuur 1: Voorbeeld van een energie-etiket voor lampen (links), voor armaturen met vervangbare lampen (midden) en voor armaturen met ledmodules die niet bedoeld zijn om door de gebruiker vervangen te worden (rechts)¹³



4.3 GEMIDDELDE LEVENSDUUR VAN DE LAMPEN

Een lamp die langer meegaat, moet minder vaak vervangen worden en zorgt zo voor minder afval en minder verbruik van nieuwe lampen. Je bespaart niet alleen op nieuwe lampen maar ook op manuren en materiaal voor de vervanging van de lampen. Je kan niet op voorhand met zekerheid stellen hoeveel uren je lamp zal meegaan. Je kan wel nagaan hoeveel uren een lamp van het type dat je koopt, gemiddeld brandt.

Voor ledlampen en -armaturen wordt bij de berekening van de levensduur ook de lichtstroom in rekening gebracht. Dit wordt dan uitgedrukt in uren volgens LxBy. Bv. L90B10 = 50.000u: 10% van de led haalt na 50.000 uren nog minstens 90% van de oorspronkelijke lichtstroom. In het voorgestelde criterium wordt uitgegaan van 70% van de oorspronkelijke lichtstroom (L70B50), recent verschuift die waarde meer naar 80% en 90%.

In veel gevallen kopen aankopers geen ledlampen of ledmodules, maar armaturen met ingebouwde ledlampen. Hiervoor is het voorgestelde criterium niet van toepassing. Heel wat producenten kunnen je ook voor de ledarmatuur met ingebouwde, niet vervangbare ledmodules een inschatting geven van over de nuttige gebruiksduur bij een bepaald gebruik (aantal branduren / benodigde licht op een bepaalde plaats). Als aankoper stel je best eerst volgende vragen:

- Hoeveel jaar moet de installatie meegaan?
- Hoeveel branduren verwacht je per jaar?
- Hoeveel lichtstroom moet op het einde van de gebruiksduur nog gewaarborgd zijn (x-waarde uit LxBy)?

Op die manier kan je inschatten welke waarde je best bekijkt voor LxBy. De producenten kunnen je meestal een overzicht van verschillende scenario's geven (gewenste gebruiksduur, geschat aantal branduren per jaar, lichtbehoud ...). De brochure 'Led verlichting: gebruiksduur of levensduur?'¹⁴ geeft je meer informatie over de gebruiksduur bij led en waar je op moet letten wanneer je L- en B-waarde vastlegt.

¹³ De Verordening EC 874/2012 geeft een duidelijk en volledig overzicht van de mogelijke energie-etiquetten voor lampen en armaturen en wat ze betekenen

¹⁴ http://www.lichttechnologie.be/sites/default/files/downloads/MF%20en%20levensduur_20151009.pdf

De gemiddelde levensduur van de lamp, in uren, is minstens:

- Bolvormige, peervormige of kaarsvormige compacte fluorescentielampen met of zonder reflector: 10.000
- Alle andere compacte fluorescentielampen: 15.000
- Cirkelvormige lampen: 12.000
- Buisvormige fluorescentielampen: 20.000
- Niet-gerichte hogedruk gasontladingslampen (voor de primaire brandstand): 12.000
- Gerichte HID hogedruk gasontladingslampen (voor de primaire brandstand): 9.000
- Ledlampen: 25.000 (L70B50 of beter)

Bewijsmiddelen:

- kopie / staal van de verpakking of;
 - link naar de website met productinformatie;
- zoals bepaald in respectievelijk Verordening 244/2009 (niet-gerichte lampen voor huishoudelijk gebruik), Verordening 1194/2012 (gerichte lampen en ledlampen) en Verordening 245/2009 (fluorescentielampen zonder ingebouwd voorschakelapparaat, hogedruk gasontladingslampen)

4.4 KWIKGEHALTE (FLUORESCENTIELAMPEN)

Fluorescentielampen bevatten kwik. De producenten doen heel wat inspanningen om het kwikgehalte te verlagen, maar omdat het kwikgehalte samenhangt met de levensduur van de lampen kan het kwikgehalte momenteel niet tot 0 herleid worden.

De Europese GPP-criteria voor binnenverlichting¹⁵ verwoorden een minimumcriterium en een uitgebreid criterium (voor wie meer ambitieus wil zijn) m.b.t. kwik. In het kader van de ontwikkeling van deze fiche werd in april 2015 het aanbod van de 3 grootste fabrikanten op de Belgische markt vergeleken met de GPP-criteria. Voor alle producttypes bleek er een voldoende groot aanbod dat voldoet aan het minimumcriterium. Voor alle producttypes, behalve voor compacte fluorescentielampen $\geq 30W$ en buisvormige fluorescentielampen T8 $\geq 70W$, waren er ook verschillende producten die aan het uitgebreide criterium voldoen.

Tabel 1: GPP-criterium voor kwik (mg/lamp) in fluorescentielampen volgens Europese GPP-criteria voor binnenverlichting (2012)¹⁶

Type lamp	Minimum-criterium	Uitgebreid criterium
Compacte fluorescentielampen < 30W	2,5	1,5
Compacte fluorescentielampen $\geq 30W$	3	1,5
Buisvormige fluorescentielampen T5 met levensduur < 25.000 uren	2,5	2
Buisvormige fluorescentielampen T5 met levensduur ≥ 25.000 uren	4	3
Buisvormige fluorescentielampen T8 < 70W met levensduur < 25.000 uren	3,5	3,5
Buisvormige fluorescentielampen T8 $\geq 70W$	5	4,5
Buisvormige fluorescentielampen T8 met levensduur ≥ 25.000	5	5

Fluorescentielampen, m.u.v. cirkelvormige lampen, moet een kwikgehalte (mg/lamp) hebben \leq [waarde GPP-minimumcriteria uit tabel naargelang type lamp].

Bewijsmiddelen:

- kopie / staal van de verpakking of;
 - link naar de website met productinformatie;
- zoals bepaald in Verordening 244/2009 (niet-gerichte lampen voor huishoudelijk gebruik), Verordening 1194/2012 (gerichte lampen en ledlampen) en Verordening 245/2009 (fluorescentielampen zonder ingebouwd voorschakelapparaat, hogedruk gasontladingslampen)

¹⁵ Europese GPP-criteria voor binnenverlichting, Europese Commissie (2012), http://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/criteria/indoor_lighting_nl.pdf

¹⁶ Het criterium geldt niet voor cirkelvormige lampen

4.5 RENDEMENT VAN DE ARMATUUR

4.5.1 LOR (gasontladinglampen en compacte fluorescentielampen)

Het optische hoofdkenmerk van een armatuur is zijn lichtrendement (LOR – light output ratio). Dit is de verhouding tussen de door de armaturen uitgestraalde lichtstroom en de lichtstroom die uitgestraald wordt door de lampen.

De armaturen voor gasontladinglampen en compacte fluorescentielampen moeten minstens volgende rendementswaarde (LOR) halen:

- LOR (η) > 75% (m.u.v. armaturen voor gebruik met T5-lampen)
- LOR (η) > 85% (voor armaturen voor gebruik met T5-lampen)

Bewijsmiddelen:

- Technische fiche die resultaten bevat van rendementswaarde gemeten volgens NBN 13032 (1, 2, 3 en 4)

4.5.2 LER (led)

De efficiëntie van een ledarmatuur met ingebouwde ledmodules wordt weergegeven in de Luminaire Efficacy Rating (LER), uitgedrukt in lumen per watt. De LER geeft weer welke lichtstroom de armatuur kan bieden per verbruikte watt.

De ledarmaturen halen minstens een Luminaire Efficacy Rating (LER) van 100 lumen/watt.

Bewijsmiddelen:

- Technische fiche die resultaten bevat van de Luminaire Efficacy Rating

4.6 EQUIVALENT SPECIFIEK GEÏNSTALLEERD VERMOGEN (VERLICHTINGSINSTALLATIE)

Wanneer je in plaats van een lamp of armatuur apart te kopen, de volledige verlichtingsinstallatie vernieuwt, kan je het equivalent specifiek geïnstalleerd vermogen als criterium hanteren. Het equivalent specifiek geïnstalleerd vermogen (W_{equiv}) zegt je meer over de energieprestatie van je installatie. Het is het bepaalde specifiek geïnstalleerd vermogen (W) vermenigvuldigd met correctiefactoren voor aanwezigheidsdetectie, daglichtsturing en/of dimmen. Het specifiek geïnstalleerd vermogen is de som van het geïnstalleerd vermogen van vaste verlichtingstoestellen (aan plafond, muur en vloer), inclusief het vermogen van de ballasten en de transformatoren, gedeeld door de netto-vloeroppervlakte van de ruimte.

De regelgeving voorziet dat voor elke ruimte van een niet-residentieel gebouw waar je de volledige verlichting vernieuwt, het equivalent specifiek geïnstalleerd vermogen moet voldoen aan bepaalde maximumwaarden. Deze maximumwaarden vind je terug in een tabel op de website van het VEA¹⁷.

Met het criterium dat hier wordt voorgesteld, laat je de keuze voor armaturen en lampen aan de inschrijvers over. Wanneer je zelf in detail vastlegt hoe de nieuwe installatie eruit moet zien, doe je deze berekening best zelf voordat je het bestek publiceert om zeker te zijn dat de geëiste installatie aan de regelgeving voldoet.

$W_{\text{equiv}} = W * f_{\text{pres}} * f_{\text{day}} * f_{\text{dim}} \leq W_{\text{equiv, max}}$ waarbij $W_{\text{equiv, max}} =$ [verwijzing naar tabel zoals vermeld in de 'Minimale eisen voor het vernieuwen van installaties in bestaande gebouwen vanaf 2015 (VEA)' of overname van de waarden uit de tabel van toepassing op de ruimten in kwestie] met W_{equiv} , W , f_{pres} , f_{day} , f_{dim} en $W_{\text{equiv, max}}$ zoals omschreven in de 'Minimale eisen voor het vernieuwen van installaties in bestaande gebouwen vanaf 2015 (VEA)'¹⁷.

De voorgetelde installatie mag geen afbreuk doen aan regels over verlichting uit de arbeidsregelgeving en de norm voor werkplekverlichting (NBN EN 12464-1).

Bewijsmiddelen:

- Berekening voor voorgestelde verlichtingsinstallatie

4.7 LICHTREGELSYSTEMEN

Met energiezuinige verlichtingstoestellen met een hoog rendement kan je toch nog (te) veel energie verbruiken, bv. omdat het licht altijd brandt. Lichtregelsystemen kunnen je helpen om de bediening van het licht te automatiseren. Je kan het dimmen / schakelen van de lichten of het wijzigingen van de kleurintensiteit en kleurtemperatuur:

- bewegingsafhankelijk maken;
- op een tijdsturing met verschillende scenario's laten gebeuren of;
- laten aansturen volgens de daglichttoetreding.

Je kan deze principes ook met mekaar combineren. Zorg er wel voor dat het aanschakelen van verlichting in ruimtes waar binnenvallend licht is, manueel moet gebeuren. Zo vermijd je dat het licht aangeschakeld wordt op basis van de tijd klok of het verdwijnen van het daglicht terwijl er niemand aanwezig is. Voor ruimtes waar geen enkel licht binnenkomt, wat vaak het geval is in o.a. sanitaire ruimtes, voorzie je wel best dat het licht ook automatisch aanschakelt omwille van veiligheidsredenen.

Om een goed comfort te bieden, zorg je er best voor dat het lichtregelsysteem zich niet alleen aanpast aan het binnenvallende daglicht, maar ook individueel regelbaar is. Het genormeerde lichtniveau verschilt immers soms van wat de gebruikers nodig hebben (bv. specifieke noden voor personen met visuele handicap, ouderen ...). Het lichtregelsysteem is best ook gemakkelijk aanpasbaar, zodat het snel aangepast kan worden aan de veranderende noden (verandering van functie) of veranderende situatie (herindeling ruimtes) in het gebouw. Zo vermijd je hoge operationele kosten voor de aanpassing van je lichtinstallatie bij veranderingen.

Het licht laten dimmen / schakelen d.m.v. beweging of daglichttoetreding gebeurt d.m.v. sensoren. Het is belangrijk goed na te denken over de plaats van de sensoren en het aantal sensoren. In een vergaderruimte is één aanwezigheidsensor in het midden van de zaal vaak voldoende omdat er veel mensen in de zaal zijn, er veel beweging is en iedereen meestal tegelijk aankomt en vertrekt. Voor een bureauruimte met enkele personeelsleden is dezelfde aanwezigheidsensor in het midden mogelijk te weinig om voldoende comfort te bieden. Je kan je opdrachtnemer hierover zelf bepalingen opnemen in je bestek, maar je kan ook suggesties van je opdrachtnemer vragen.

Het verlichtingssysteem is uitgerust met een lichtregelsysteem dat aan volgende eisen voldoet:

- dimmen / uitschakelen op basis van daglichttoetreding (+individueel instelbaar lichtsterkteniveau / individueel bedienbaar);
- in combinatie met minstens één van onderstaande aansturingen:
 - bewegingsafhankelijke aansturing;
 - tijdsturing (met verschillende scenario's).

Het aanschakelen van de verlichting moet handmatig kunnen gebeuren, behalve op die plaatsen waar geen enkele daglichttoetreding is of waar een potentieel gevaar is (elektrisch, chemisch, draaiende onderdelen ...).

¹⁷ <http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/epb/doc/installatie-eisenrenovaties2015.pdf>

[Stel eventueel zelf nog verdere eisen aan de lichtregelsystemen, bv. over de mogelijkheid om ook de kleurintensiteit of kleurtemperatuur te wijzigen naast het dimmen en schakelen, of beperk de hoger genoemde mogelijkheden in functie van de noden van de locatie]

Bewijsmiddelen:

- Technische fiche van het voorziene lichtregelsysteem

5 GUNNINGSCRITERIA

5.1 HOGERE WAARDERING GEBASEERD OP TECHNISCHE VEREISTEN

In de technische vereisten vind je voorstellen waarvoor je d.m.v. de gunningscriteria meer punten kan toekennen wanneer het product beter doet dan je in je technische vereisten eist.

Het product wordt hoger gewaardeerd naarmate:

- de energie-efficiëntieklasse van de lamp hoger is;
- de gemiddelde levensduur van de lamp hoger is;
- het kwikgehalte van de fluorescentielamp lager is;
- de rendementswaarde (LOR/LER) van de armatuur hoger is;
- het equivalent specifiek geïnstalleerd vermogen van de installatie lager is;
- het lichtregelsysteem naast de vereiste sturing op basis van daglichttoetreding meerdere aansturingssystemen combineert (indien relevant voor de ruimte);

dan in dit bestek als minimum geëist.

Bewijsmiddelen:

- [Zie 4. Technische vereisten]

5.2 KOSTENEFFICIËNTIE

Je kan de total cost of ownership (TCO) of de totale levenscycluskost (LCC) beoordelen in plaats van de aankoopprijs. Daarvoor voorzie je best zelf een formule of een rekenblad in of bij je bestek. Op die manier schep je transparantie voor de inschrijvers en jezelf.

Bij de total cost of ownership bekijk je niet alleen de aankoopprijs maar ook de prijs voor gebruik en onderhoud. Voor verlichting kan je o.a. rekening houden met het energieverbruik en de vervanging van lampen. Als bijlage 1 bij dit document vind je een rekenblad dat je als voorbeeld kan gebruiken.¹⁸

Wanneer je de levenscycluskost bekijkt, ga je een stap verder en probeer je de hele levenscyclus van het product in beeld te brengen, inclusief de externaliteiten van productie, gebruik, afvoer en verwerking. De externaliteiten zijn die kosten die niet mee verrekend werden in de kostprijs van het product omdat ze op derden of op de maatschappij als geheel worden afgewend. Een voorbeeld hiervan is (niet-gecompenseerde) CO₂-uitstoot. ICLEI werkte een rekenblad uit voor de berekening van levenscycluskost en CO₂-uitstoot¹⁹.

De prijs van de opdracht wordt beoordeeld op basis van de [total cost of ownership / levenscycluskost]. De [total cost of ownership / levenscycluskost] wordt berekend op basis van het rekenblad als bijlage [verwijzing naar bijlage].

¹⁸ Het rekenblad houdt nog geen rekening met de mogelijkheid om armaturen met ingebouwde ledlampen aan te kopen. De informatie over armaturen (aantal, lampen/armatuur, ballast factor) en de lampen (vermogen) moet apart ingevuld worden. Voor de aankoop van ledarmaturen is een kleine omrekening vereist. De aanpassing zal in een volgende versie van het rekenblad verwerkt worden.

¹⁹ Tool for calculating Life-Cycle Costs and CO₂ Emissions: <http://www.smart-spp.eu/index.php?id=7633>

Bewijsmiddelen:

- Door de inschrijver ingevuld rekenblad

5.3 DUURZAAM MATERIAALBEHEER

Zie [‘algemene fiche materialen voor de herinrichting van gebouwen’](#). Hier vind je extra productspecifieke informatie bij het in de algemene fiche voorgestelde gunningscriterium.

Op dit moment werken verschillende verlichtingsproducenten aan het sluiten van de materiaalkringlopen voor binnenverlichting. Ze worden daartoe o.a. aangespoord door nieuwe aankoopformules zoals light as a service, waarbij zij er als producent baat bij hebben om de verlichtingstoestellen als geheel of de materialen als grondstof langer te kunnen gebruiken.

In het kader van het Europees onderzoeksproject CycLED²⁰ werd nagegaan hoe de milieu-impact van ledtechnologie beperkt kan blijven, o.a. door de recyclage van de materialen na gebruik. O.a. de koelvinnen, die veel aluminium bevatten, blijken zich goed te lenen voor recyclage. Voorwaarde daarvoor is wel dat de koelvinnen gemakkelijk van de armaturen los gemaakt kunnen worden. Verschillende producten hebben al types op de markt die hierop aangepast zijn.

6 UITVOERINGSVOORWAARDEN

6.1 VEILIGE PLAATSING VAN VERLICHTINGSSYSTEMEN (BA4-ATTEST)

In het luik over technische bekwaamheid (punt 3) vond je een criterium terug over het BA4-attest. Eisen dat de inschrijver over personeel met een BA4-attest beschikt, garandeert je niet dat de opdrachtnemer dat personeel ook voor je opdracht inzet. Daarom koppel je er best een uitvoeringsvoorwaarde aan.

Het personeel dat werken zal uitvoeren aan de elektrische installatie, beschikt bij aanvang van de werken over een BA4 attest.

Bewijsmiddelen:

- Lijst met uitvoerend personeel, met aanduiding wie aan de elektrische installatie zal werken, EN;
- Geldig BA4-attest voor elk personeelslid dat de opdracht uitvoert (controle bij start uitvoering)

6.2 LICHTREGELSYSTEMEN

Lichtregelsystemen zijn vaak continu actief. Om het energieverbruik van het lichtregelsysteem zelf te kunnen optimaliseren, moet je over verbruiksgegevens voor het lichtregelsysteem beschikken. In de uitvoeringsvoorwaarden kan je vragen om deze gegevens ter beschikking te stellen.

De opdrachtnemer stelt, ten laatste *[periode]* na de installatie van de lichtregelsystemen, informatie over het eigen energieverbruik van de lichtregelsystemen ter beschikking aan de opdrachtgevende overheid.

²⁰ <http://www.cyc-led.eu/>

6.3 INZAMELING VAN ZUIVERE AFVALSTROMEN

Zie [‘algemene fiche materialen voor de herinrichting van gebouwen’](#) (Duurzaam afvalbeheer). Verlichting valt onder AEEA, waarvoor het Recupelsysteem werd opgezet om een goede, selectieve inzameling en verwerking te garanderen.

6.4 GARANTIES BIJ LEVERING EN PLAATSING

Zie [‘algemene fiche materialen voor de herinrichting van gebouwen’](#).

6.4.1 (Controle van de) correcte instelling van de lichtregelsystemen en de verlichting

De lichtregelsystemen moeten goed zijn ingesteld, dat met oog op energiezuinigheid en op maat van de gebouwgebruikers. Je kan zelf in je bestek al bepalen hoe die instellingen moeten zijn, maar je kan dit ook tijdens de uitvoering van de opdracht samen met je opdrachtnemer vastleggen. Op die manier kan je het advies van je opdrachtnemer, afgestemd op de specifieke producten die hij gebruikt, mee in rekening nemen.

De opdrachtnemer zorgt ervoor dat nieuwe of gerenoveerde verlichtingssystemen en lichtregelsystemen naar behoren werken, niet meer energie verbruiken dan noodzakelijk en te allen tijde het in het bestek / de offerte bepaalde gegarandeerde verlichtingssterkte leveren. Daarom voert hij na de installatie en ingebruikname volgende taken uit:

- Instellen van passende waarden voor de gevoeligheid en de vertraging van aanwezigheidssensoren
- Controleren van aanwezigheidssensoren om ervoor te zorgen dat ze naar behoren werken en de gevoeligheid is afgestemd op de kenmerkende bewegingen van de gebruikers
- Kalibreren van de daglichtgestuurde lichtregelsystemen zodat de verlichting wordt uitgeschakeld wanneer er voldoende daglicht is
- Instellen van passende uitschakeltijden voor tijdschakelaars naargelang ruimte en gebruikers
- Controleren van de bedrading van door de gebruikers bediende regelschakelaars en dimmers om ervoor te zorgen dat hiermee de verlichting in de juiste gebieden van de ruimte wordt bediend
- Controleren van het visueel comfort: verlichtingssterkte en de uniformiteit moeten bereikt worden, de contrasten en de verblindingsgraad mogen niet te hoog zijn, er mag nooit rechtstreeks zicht zijn op de verlichtingsbron om verblinding te vermijden, de verlichting moet egaal zijn zonder storende aftekeningen, de kleurweergave-index moet voldoende hoog zijn

De juiste instellingen voor de lichtregelsystemen *[zijn in dit bestek uitgewerkt / worden tijdens de uitvoering van de opdracht in overleg met de opdrachtgevende overheid vastgelegd, met het oog op de behoeften van de gebruikers]*.

Als de verlichtingscontrolesystemen na ingebruikname van de ruimte niet aan alle bovengenoemde vereisten blijken te voldoen, moet de contractant de controlesystemen zo afstellen en/of opnieuw kalibreren dat aan alle bovengenoemde vereisten wordt voldaan.

De opdrachtnemer levert een verklaring af dat de desbetreffende afstellingen en kalibraties zijn uitgevoerd.

6.4.2 Onderhoud en oplossen van defecten tijdens de garantieperiode

In de [‘algemene fiche materialen voor de herinrichting van gebouwen’](#) las je dat het goed functioneren van een installatie niet alleen bij de opdrachtnemer ligt, maar ook bij degene die voor het onderhoud instaat. Voor opdrachten waar je een groot gedeelte van de verlichting in het gebouw laat leveren en plaatsen, kan het interessant zijn ook het onderhoud aan de opdrachtnemer over te laten. Zo is hij er zeker van dat het onderhoud goed gebeurde in functie van de garantievoorwaarden.

////////////////////////////////////

Tijdens de verplichte garantieperiode biedt de inschrijver preventief onderhoud aan op alle nieuw geplaatste en gerecupereerde verlichtingstoestellen, inclusief sturingen, bedradingen, sturingscomponenten ... maar exclusief lampen²¹.

- 1 De opdrachtnemer waarborgt in een periode van [24] maanden (ingående vanaf de voorlopige oplevering) de goede bouw, de nauwkeurige uitvoering en de volmaakte werking van zijn apparaten. In deze periode zal hij op zijn kosten en binnen de kortst mogelijke tijd elk onvolmaakt stuk vervangen.
 - 2 De waarborg omvat de levering van kleine wisselstukken en de nodige onderhoudsproducten. Het leveren van materiaal, het presteren van werkuren en de verplaatsingskosten tijdens deze periode zijn begrepen in de waarborg.
 - 3 De herstellingswerken, met inbegrip van het vervangen van stukken, moeten binnen de [x] dagen na de opvordering begonnen worden en ononderbroken voortgezet worden. De opvordering kan mondeling gebeuren, maar wordt altijd schriftelijk bevestigd in een verslag over het toezicht bij de opdracht of in een aparte e-mail of brief aan de opdrachtnemer. Andere manieren van opvordering kunnen tussen de opdrachtgevende overheid en de opdrachtnemer worden vastgelegd.
 - 4 De opdrachtnemer voert [4]-maandelijkse een controle uit op de goede werking van de installatie. Waar nodig zorgt hij voor herstelling of preventief onderhoud.
- Dit preventief onderhoud loopt over [24] maanden na datum van voorlopige aanvaarding.

Behalve voor herstellingswerken kan je ook opnemen dat de opdrachtnemer instaat voor (ondersteuning bij) veranderingen in de installatie, bv. lichtregelsystemen die opnieuw moeten worden afgesteld n.a.v. een verandering in het gebouw. Deze houd je best buiten de regeling van waarborg en preventief onderhoud. De opdrachtnemer heeft wel invloed op de nood tot onderhoud door zijn keuze van de producten en het voorziene preventief onderhoud, maar heeft geen invloed op de veranderingen die in de waarborgperiode in het gebouw zullen gebeuren.

De periode waarbinnen onderhoud uitgevoerd moet worden na de melding van een defect, bepaal je zelf afhankelijk van de noden van je organisatie. Houd daarbij wel rekening met de openingsuren, kantooruren en weekends. De toegang tot het gebouw waar de tussenkomst moet gebeuren, is niet altijd evident buiten de uren waarin gewerkt wordt in het gebouw. Bovendien is het in het weekend en buiten de kantooruren niet altijd gemakkelijk om aan vervangonderdelen te raken. De opdrachtnemer kan dit oplossen door de vervangonderdelen zelf ter beschikking te houden, maar dit kan de kostprijs van de opdracht verhogen.

6.5 ONDERHOUD VOOR HET BEHOUD VAN DE GEGARANDEERDE VERLICHTINGSSTERKTE

Bij de plaatsing van de verlichtingsinstallatie ga je na of de verlichtingssterkte die te allen tijde gegarandeerd moet zijn, ook behaald wordt. De verlichtingssterkte wordt echter doorheen de gebruiksduur beïnvloed door defecte lampen of uitdovende leds, stof op de lampen en armaturen ... Daarom is het belangrijk om tijdens de hele gebruiksduur de verlichtingsinstallatie goed te onderhouden.

Bij light as a service koop je een gegarandeerde verlichtingssterkte. Het onderhoud is hierin inbegrepen. Ook bij leasecontracten kan je het onderhoud bij in het contract laten opnemen. Wanneer je de verlichtingsinstallatie aankoopt, sta je zelf in voor het onderhoud. Je kan dan aan je onderhoudsploeg / je externe onderhoudsfirma opleggen dat ze ervoor moeten zorgen dat een bepaalde verlichtingssterkte te allen tijde gegarandeerd wordt. De onderhoudsploeg kan op die manier zelf inplannen met welke frequentie ze lampen en uitdovende leds vervangt en de armaturen en lampen poetst.

De onderhoudsfirma zorgt ervoor dat te allen tijde volgende verlichtingssterkte gegarandeerd wordt: *[verlichtingssterkte die gegarandeerd moet worden of verwijzing naar bijlage waar dit in detail en opgesplitst naar de plaats in het gebouw is uitgewerkt]*.

²¹ Lampen moeten werken bij de oplevering van de installatie. Vanaf de oplevering vallen ze echter buiten de gebruikelijke garantie op de installatie.

////////////////////////////////////

De onderhoudsfirma bepaalt zelf hoe ze de verlichtingssterkte garandeert (taken + frequentie). Mogelijke manieren zijn o.a. het (in groep) vervangen van lampen en uitdovende leds en het poetsen van armaturen (optiek, lamellen, diffusor, koelvinnen (bij led)) en lampen.

6.6 INSTRUCTIES EN OPLEIDING OVER ONDERHOUD

Zie [‘algemene fiche materialen voor de herinrichting van gebouwen’](#). Niet alleen een goede plaatsing van de verlichting maar ook de juiste afstelling, bediening en onderhoud zijn belangrijk. Vraag daarom om instructies of opleiding indien je eigen personeel hiervoor instaat. Je kan het criterium uit de algemene fiche invullen met o.a. volgende instructies, afhankelijk van de taken die je zelf uitvoert of laat uitvoeren door een andere opdrachtnemer (bv. in het kader van een onderhoudscontract):

- Montage-instructies voor de armaturen
- Demontage-instructies voor de armaturen
- Instructies over het vervangen van de lampen
- Instructies over het poetsen en onderhouden van armaturen
- Instructies over het bedienen en onderhouden van de lichtregelsystemen, waaronder:
 - Instructies over het instellen van de gevoeligheid en tijdvertraging bij een bewegingsafhankelijke schakeling
 - Instructies over het opnieuw kalibreren van schakelingen op basis van daglichttoetreding, bv. in verband met wijzigingen in de indeling van de ruimte
 - Instructies over het instellen en wijzigen van scenario’s voor de tijdsturing
 - Informatie over goed onderhoud voor alle lichtregelsystemen
 - Informatie over hoe de lichtregelsystemen het best aan de behoeften van de gebruikers kunnen worden aangepast, zonder dat dit tot een al te grote toename van het energieverbruik leidt
- Instructies over het selectief inzamelen en verwerken van de afgedankte lampen volgens de AEEA-richtlijn²²

7 OPMERKINGEN M.B.T. DE FICHE?

Het is voor de Vlaamse overheid belangrijk dat deze fiche gebruikersvriendelijk is voor alle aankopers. Hoe meer aankopers hun ervaringen m.b.t. het gebruik van (de criteria uit) deze fiche delen, hoe beter we de fiche kunnen maken. Aarzel dus niet om je opmerkingen door te geven.

Departement Omgeving

E-mail: els.verwimp@vlaanderen.be

Tel.: 0493 97 02 27

²² Richtlijn 2012/19/EU van het Europees Parlement en de Raad van 4 juli 2012 betreffende afgedankte elektrische en elektronische apparatuur (AEEA)

Bijlage 1 Rekenblad voor TCO-berekening

Zie ook Excelrekenblad [‘Voorbeeld van een rekenblad voor de berekening van de total cost of ownership’](#). Het Excelrekenblad kan je als voorbeeld gebruiken wanneer je de total cost of ownership als een criterium hanteert. Hier vind je meer informatie over het rekenblad. Deze informatie moet je in staat stellen het rekenblad verder aan te passen aan je eigen opdracht en situatie. Je kan de prijzen voor elektriciteit, uurlonen, verwachte branduren per jaar ... aanpassen. Je kan het rekenblad ook aanpassen aan een andere situatie, bv. waarbij het onderhoud in de opdracht is geïntegreerd.

Figuur 2: Toelichting bij het rekenblad (zie bijlage 2) voor de berekening van de total cost of ownership

inschrijver A	
1. Energiekosten	
Aantal Armaturen	181,00
Aantal lampen per armatuur	1,00
Vermogen van de lamp	65,00
Ballast factor	1,20
Totaal vermogen in de ruimte	14.118,00 W
Aantal uren per jaar	1.504 u/jaar
Totaal jaarlijks verbruik	21.233,47 kWh
Prijs kWh	0,1523 l/kWh
Energiefactuur	3.233,86 l/jaar
2. Onderhoudskosten	
Lampen	
Levensduur van de lampen	7.500 u
Prijs van een lamp	6,99 l
Totaal aantal lampen	181,00
Jaarlijkse kostprijs voor lampen	253,71 l/jaar
Vervanging	
Uurloon werkkrachten	46,60 l/u
Tijd voor het vervangen van een lamp	0,17 u
Kostprijs van de vervanging van een lamp	7,92 l
Jaarlijkse totale kostprijs van de vervanging van lampen	287,54 l/jaar
Jaarlijkse onderhoudskosten	541,25 l/jaar
3. Investeringskosten	
Armatuur	
Prijs van een armatuur	120,00 l
Aantal armaturen	181,00
Prijs van de armaturen	21.720,00 l
Installatie	
Kostprijs voor montage / demontage	40,80 l/u
Tijd voor het demonteren de bestaande installatie	63,35 u
Kostprijs van het demonteren van de bestaande installatie	2.584,68 l
Tijd voor het monteren van de nieuwe installatie	171,95 u
Kostprijs van het monteren van de nieuwe installatie	7.015,56 l
Prijs van demontage en montage	9.600,24 l
Totale investering	31.320,24 l
4. CO2 emissies	
Primair energieverbruik	0,0530837 GWh
Jaarlijkse CO2 emissie*	3,6096902 ton CO2

Blauwe vakjes in te vullen door inschrijvers

Paarse vakjes in te vullen door aanbestedende overheid

Vakjes in het vet worden automatisch berekend

= aantal armaturen x aantal lampen/arm x vermogen/lamp x ballastfactor

= vermogen x aantal u/j/1000

= jaarlijks verbruik x eenheidsprijs

= aantal armaturen x aantal lampen/arm

= prijs lamp x aantal lampen x aantal uren / levensduur lamp

= uurloon x tijd

= prijs vervanging 1 lamp x aantal lampen x aantal uren / levensduur lamp

= jaarlijkse kostprijs lamp + jaarlijkse onderhoudskosten

= prijs van 1 armatuur x aantal armaturen

= uurloon x tijd x aantal

= uurloon x tijd x aantal

= kostprijs demonteren + monteren

= aankoopprijs + kost demonteren/monteren

= geschat eindverbruik *2,5 (primair verbruik) * 0,000001 (omzetting GWh)

= Primair energieverbruik * CO2-emissiefactor