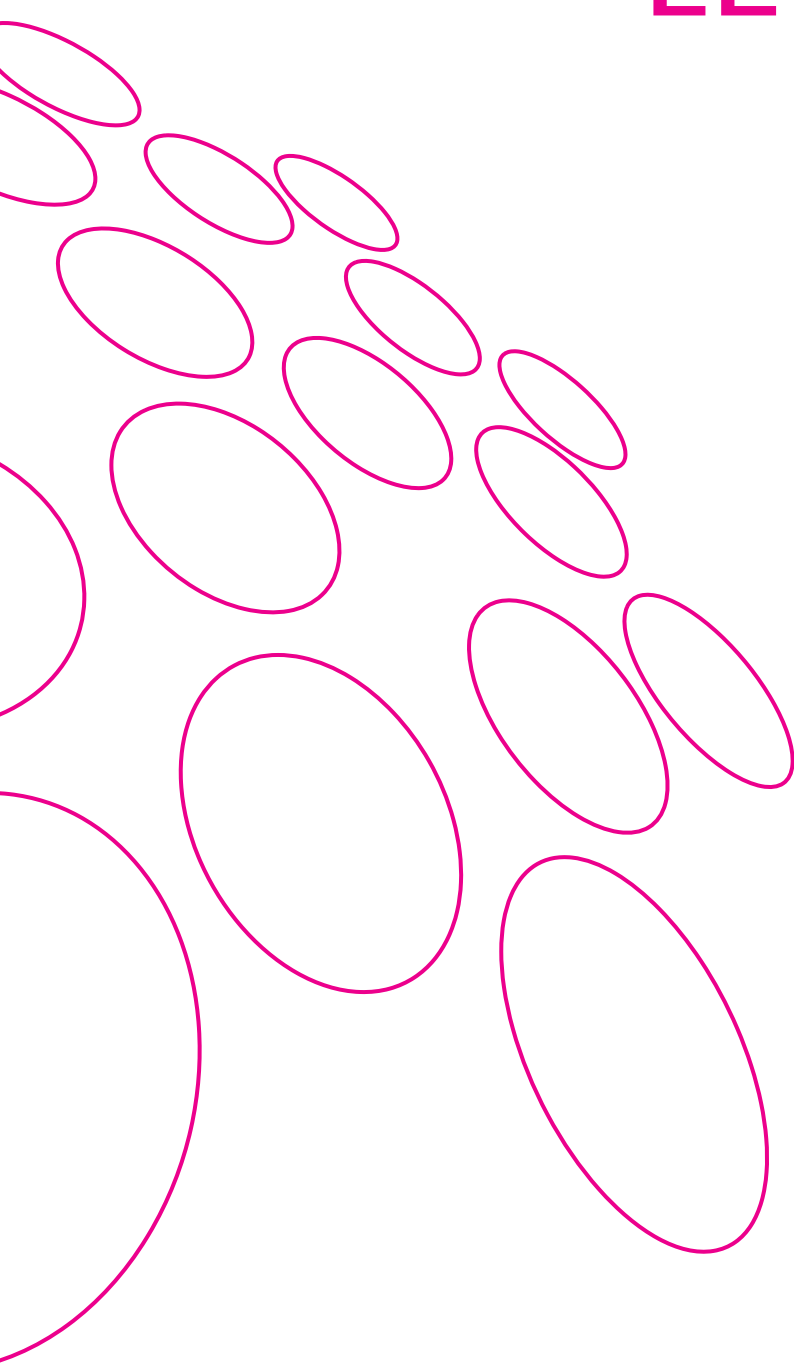


DOSSIER LED



VERLICHTEN
MET EEN NIEUWE
LICHTBRON

uitgave 6, november 2015

Voorwoord

Leds zijn de nieuwe standaard in de verlichtingswereld. Ook al bereikt de technologie stilaan haar maturiteitsfase, onze kennis over levensduur, materialen en eigenschappen van leds neemt nog elke dag toe. Naar goede gewoonte biedt dit document u alle nodige informatie om op de hoogte te blijven van deze complexe materie.

U wil meer weten over de levensduur van ledarmaturen? U vraagt zich af wat de nieuwste trends zijn in kleurweergave? U wilt weten wat de wettelijke verplichtingen zijn met betrekking tot fotobiologische veiligheid? U vindt een antwoord op al deze vragen in alweer de zesde uitgave van dit leddossier. Updates hebben we voor u in de kantlijn aangeduid. De meest recente versie van deze publicatie vindt u terug op onze website www.etaplighting.com.

6de Uitgave, november 2015

© 2015, ETAP NV

VERLICHTEN MET EEN NIEUWE LICHTBRON

INHOUD

1. De led als lichtbron	4
1. Hoe werken leds?	4
2. Ledlichtbronnen	5
3. Voordelen van leds	9
4. Ledfabrikanten	15
5. De toekomst van leds	15
6. Oleds	15
2. Armaturen met leds ontwerpen	18
1. Mogelijkheden en uitdagingen	18
2. De gepaste lichtverdeling	19
3. De luminanties onder controle	21
4. Doordacht thermisch ontwerp	21
5. Binning voor een constante lichtkwaliteit	23
6. Elektrische veiligheid	24
7. Juiste gegevens publiceren	25
8. Objectieve kwaliteitsinformatie	26
9. Fotobiologische veiligheid	27
10. Ledtubes	29
3. Drivers voor ledarmaturen	32
1. Kwaliteitscriteria voor leddrivers	32
2. Stroombronnen vs. spanningsbronnen	33
4. Verlichten met leds – lichttechnische aspecten	35
1. Depreciatie en behoudfactor	35
2. Levensduur bij ledarmaturen	39
3. Integratie van energiebesparende systemen	41
5. Vraag en antwoord	43
Terminologie	44
Bijlage 1: behoudfactor van ledproducten	46

Hoofdstuk 1: De led als lichtbron

1. HOE WERKEN LEDS?

Led staat voor light emitting diode. Een led is een halfgeleider (diode) die licht uitstraalt wanneer er stroom door vloeit. De halfgeleidermaterialen waar leds gebruik van maken, zetten elektrische energie om in zichtbare elektromagnetische straling, kortom in licht.

De stimulans is dus de elektrische stroom die door de diode stroomt (meer specifiek door de junctie). De diode waar de elektrische stroom door vloeit is – zoals alle diodes – unidirectioneel: er zal enkel licht ontstaan als er een gelijkstroom in de 'juiste' richting door gaat, namelijk van de anode (positieve pool) naar de kathode (negatieve pool).

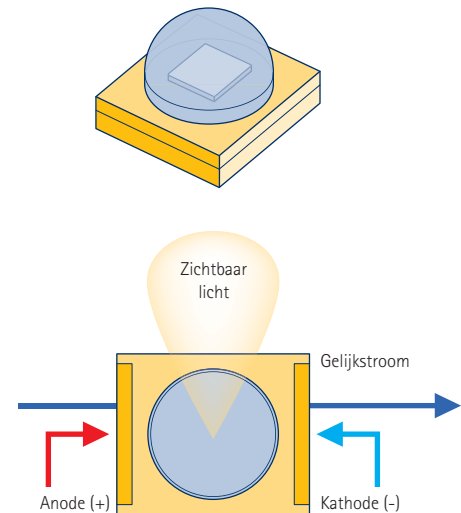


Fig. 1: Werking van een led

De hoeveelheid licht die gegenereerd wordt, is nagenoeg evenredig met de hoeveelheid stroom die door de diode gaat. Voor verlichtingsdoeleinden wordt dan ook altijd gewerkt met stroomgeregelde drivers ('constant current'), zie hoofdstuk 3.

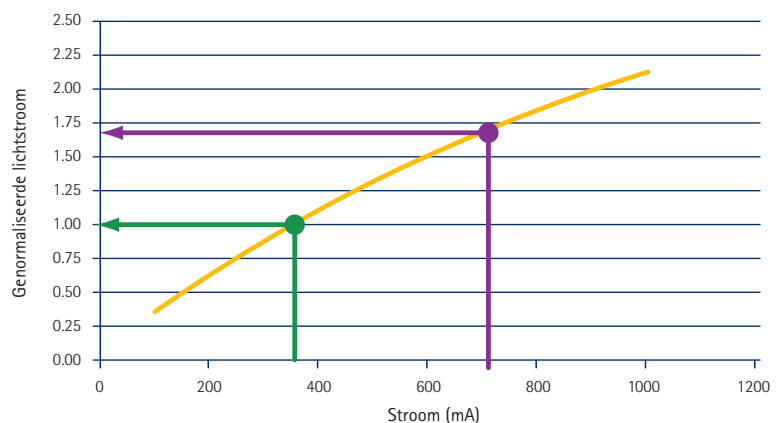


Fig. 2: Invloed van stroom op lichtstroom

De combinatie van de led (de halfgeleider), de behuizing en de primaire optiek noemen we een ledcomponent. Deze ledcomponent omvat en beschermt de led, zorgt ervoor dat de intern gegenereerde warmte ook verspreid wordt, en bevat een primair optisch systeem – een kleine lens zeg maar – om het gegenereerde licht van de led te verzamelen en uit te stralen in een gecontroleerd patroon.

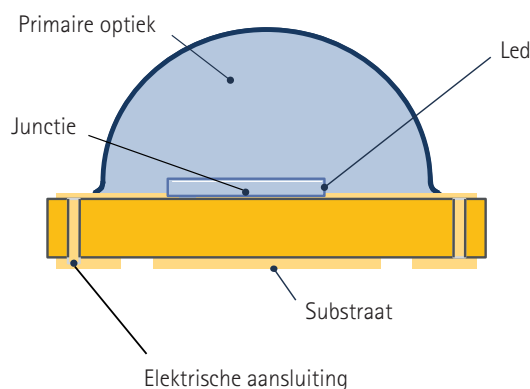


Fig. 3: Opbouw van een ledcomponent

De led straalt monochromatisch licht uit. De kleur van het licht hangt af van de materialen die tijdens de productie gebruikt worden. Dit kunnen alle verzadigde kleuren zijn uit het zichtbare spectrum, van violet en blauw over groen tot rood.

Willen we wit licht produceren, dan kan dat als volgt:

1. Bichromatisch:

- De meest voorkomende manier is een blauwe led te voorzien van een luminescent (lichtgevend) materiaal dat een deel van het blauwe licht omzet in wit (of eerder 'geel') licht. De samenstelling van het luminescente materiaal bepaalt de kleurtemperatuur van het resulterende licht (meer over de kleurtemperatuur verder in dit hoofdstuk).

2. Trichromatisch:

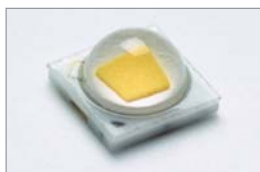
- Door de kleuren rood, groen en blauw (RGB) te mixen.
- Door combinaties van witte leds volgens het eerste principe met rode of amberkleurige leds. In dit geval zijn met één module verschillende kleurtemperaturen mogelijk.

2. LEDLICHTBRONNEN

Er bestaan veel manieren om ledlichtbronnen toe te passen. Volgens de internationale norm IEC 62504/CIE TC 2-66 ("Terminology of LEDs and LED assemblies") onderscheiden we volgende integratieniveaus:

1. Led-package of ledcomponent. Dit is een eenvoudige component bestaande uit een of meerdere ledchips, mogelijk met optiek en thermische, mechanische of elektrische interfaces.

vb.



Cree XP-G ledcomponent



Bridgelux-ledcomponent

2. Ledmodule. Een ledlichtbron die bestaat uit meerdere ledcomponenten, gemonteerd op een PCB (printplaat), al dan niet met geïntegreerde elektronica.

vb.



UM2-printplaat (ETAP)

3. Ledlamp. Dit is hetzelfde als een ledmodule, maar dan met lampvoet ("lamp cap")

vb.



TG-buislamp



TG-spotlamp

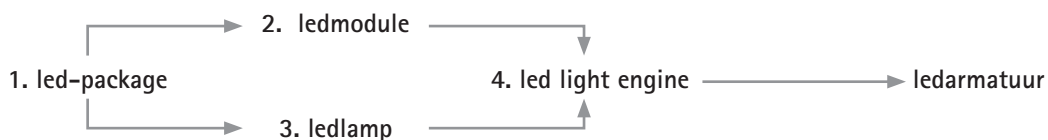
4. Led light engine. Ledmodule of -lamp met driver, geschikt voor directe aansluiting op de netspanning

vb.



Osram PrevaLED AC

Om een ledarmatuur te ontwerpen, kiest een verlichtingsfabrikant een van de vier integratieniveaus om mee te werken. Vertrek je van niveau 1, heb je de grootste vrijheid om eigen accenten te leggen, zowel op het gebied van design als dat van performantie en lichttechniek. Werk je met niveau's 3. of 4. heb je andere voordelen, zoals de logistieke mogelijkheden van de leverancier en een mogelijk geringere kostprijs. ETAP kiest voor elke reeks het geschikte niveau in functie van het eindresultaat.



In de meeste gevallen (vb. DUAL•LENS- of LED+LENS™-armaturen) ontwikkelt ETAP light engines op basis van led-packages.

Constructievormen bij led-packages

Binnen de categorie led packages onderscheiden we drie verschillende bouwvormen naargelang het vermogen:

- Laagvermogenleds ($\leq 1W$)
- Hoogvermogenleds (1-10W)
- Chip-on-board (5-500W)

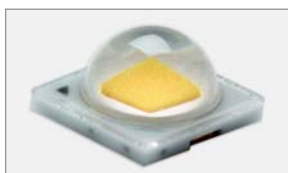
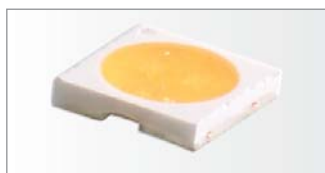


Fig. 4: Led-bouwvormen (vlnr): kunststof behuizing, keramisch substraat, chip-on-board

Bij laagvermogenleds (fig. 4 - links) plaatst men de ledchip meestal op een zogenaamd "leadframe" (zie fig. 5), waarrond men vervolgens een kunststofbehuizing aanbrengt. De centrale caviteit is opgevuld met een siliconenlaag waarin zich fosfor bevindt. Zowel leadframe als behuizing fungeren in deze constructie als reflector voor een deel van het uitgestraalde licht. Dat is meteen de reden waarom de optische eigenschappen - o.a. het reflectievermogen en de veroudering van het materiaal - bijdragen tot het lichtbehoud op lange termijn: hoe beter het materiaal zijn reflecterende eigenschappen behoudt, hoe geringer de depreciatie. De keuze van de kunststof wordt afgewogen op basis van optische eigenschappen, maar ook van kostprijs en verwerkbaarheid. De meest voorkomende materialen voor de behuizing zijn thermoplastische materialen zoals PPA en PCT, en thermoharders zoals EMC en in sommige gevallen zelfs siliconen.

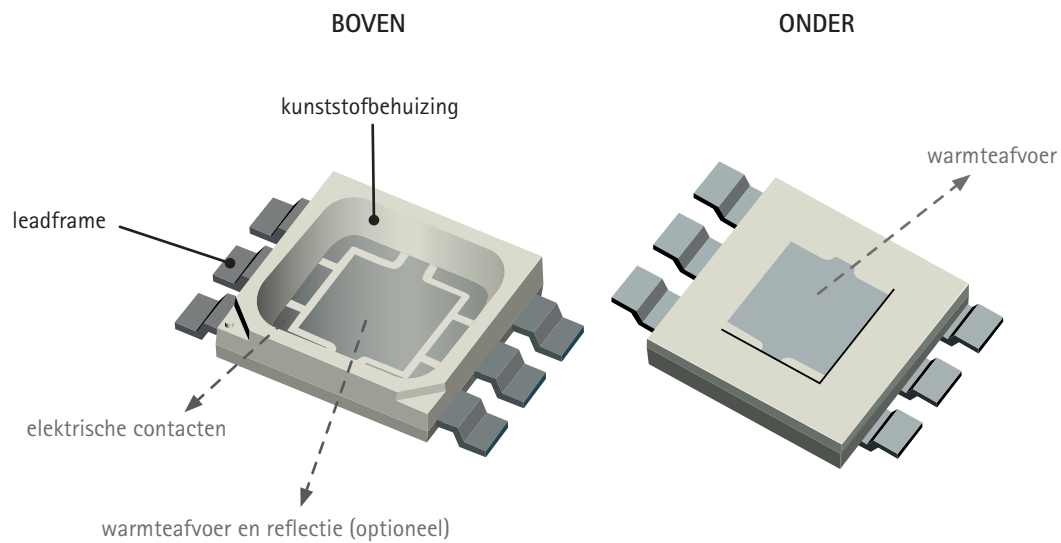


Fig. 5: Led-leadframe met kunststofbehuizing (bij laagvermogenled)

De meeste hoogvermogenleds (fig. 4 - midden) bestaan uit een ledchip gemonteerd op een keramisch substraat. Daarop plaatst men een fosforlaag en een primaire optiek, meestal uit siliconen. Deze bouwvorm vertoont de volgende eigenschappen:

- een goede warmteafvoer naar de PCB (lagere interne thermische weerstand)
- rechtstreeks uitgestraald licht en weinig reflectie
- een goede kleurstabiliteit over de volledige uitstralingshoek

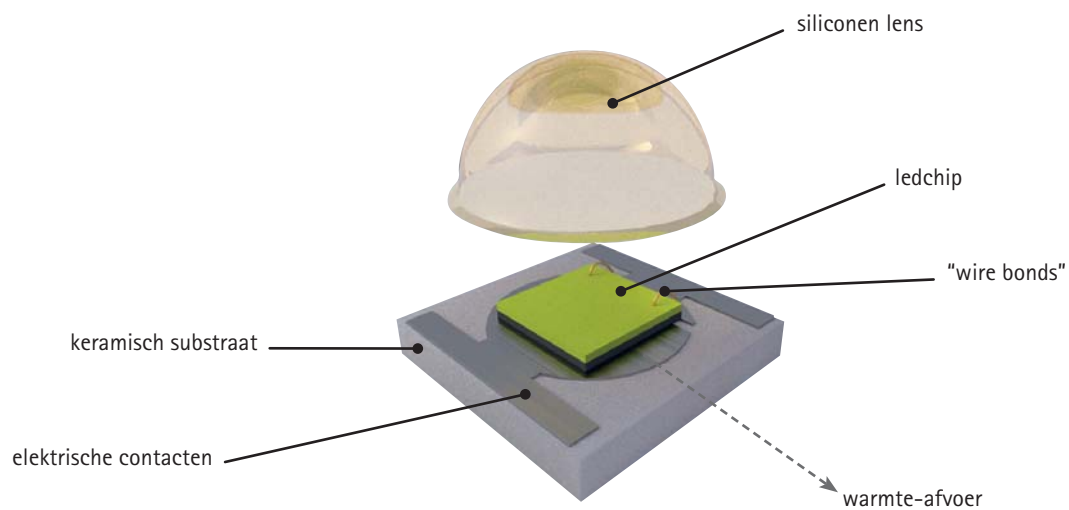


Fig. 6: Opbouw van een hoogvermogenled

De chip-scale package (CSP – zie figuur 7) is een miniaturisatie van de (laag- of hoog)vermogenled. Deze led-package heeft een minimale behuizing, en is bijzonder compact: zowel chip als substraat zijn amper 1 mm² groot. In de toekomst zullen allicht nog kleinere vormen ontstaan (0,5 mm²).

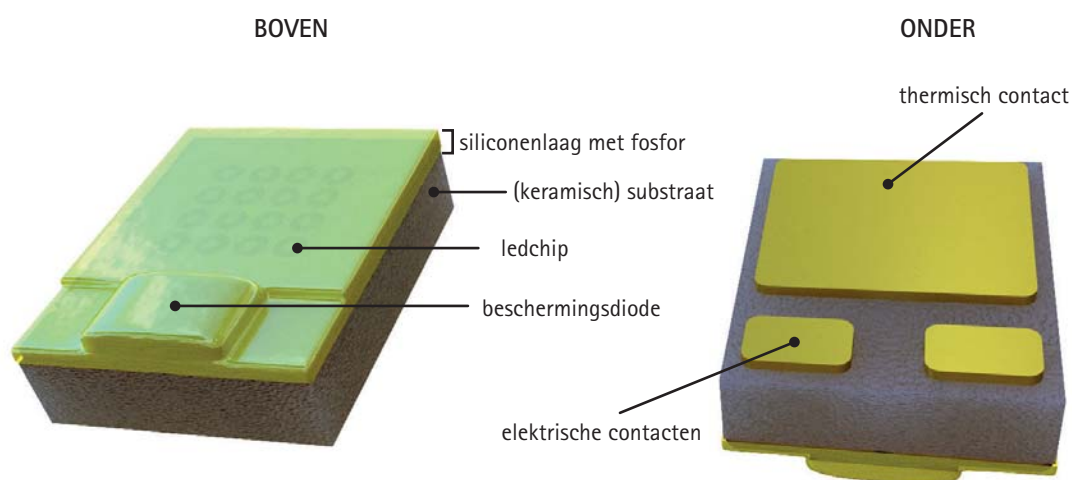


Fig. 7: Opbouw van een chip-scale package

Bij chip-on-board technologie (COB; fig. 4 - rechts) worden meerdere chips samen op één substraat geplaatst en onderling elektrisch verbonden. Daarop brengt men een siliconen afdeklaag met fosfor aan. Het substraat bestaat meestal uit een keramisch materiaal of een hoogreflecterend (gepolijst) aluminium.

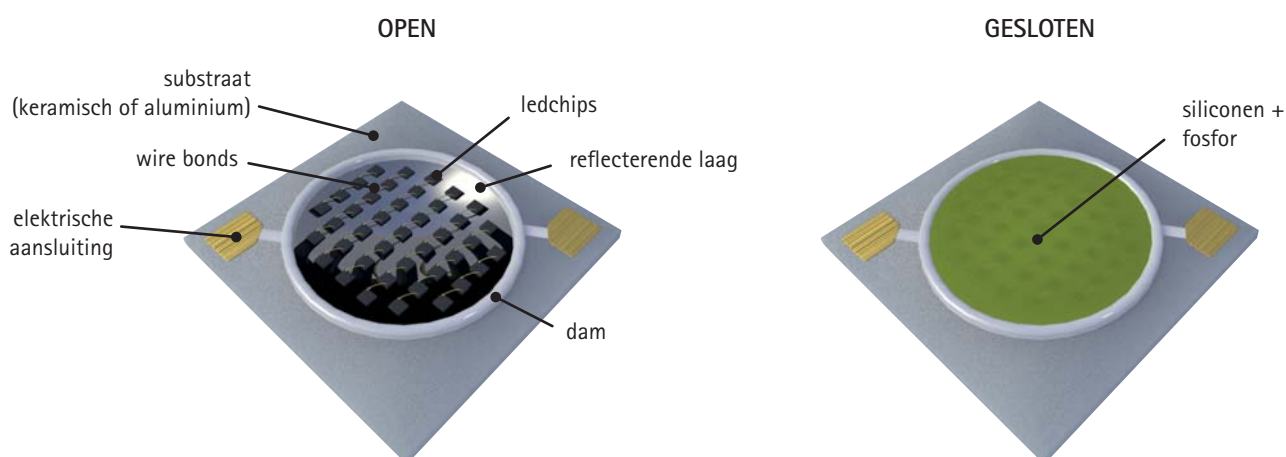


Fig. 8: Opbouw Chip-on-board technologie

Het verloop van de optische eigenschappen in functie van de tijd onder invloed van licht en warmte hebben een grote impact op de behoudfactor van leds. De stabiliteit is optimaal voor de hoogvermogen-componenten (bv. high power en COB), en lager voor de kunststof-laagvermogenleds. Mits een uitgekiend design leveren laagvermogenleds ook een goed resultaat op.

3. DE VOORDELEN VAN LEDS

Voordeel 1: Lange nuttige levensduur

De nuttige levensduur van leds wordt sterk beïnvloed door de specifieke gebruiksomstandigheden, waarbij stroom en interne temperatuur (en dus ook omgevingstemperatuur) de belangrijkste factoren zijn. Standaard gaat men uit van een levensduur van 50.000 uren. Hieronder verstaan we de tijdspanne waarbinnen de lichtstroom gemiddeld terugvalt tot 70% van zijn initiële waarde (zie kaderstukje). Deze levensduur is van toepassing op voorwaarde dat de led binnen vooropgestelde temperatuurslimieten wordt gebruikt (typisch 80-85°C). Indien men werkt met de juiste leds en een goed ontwerp, kunnen deze waarden beduidend hoger liggen (zie ook hoofdstuk 4).

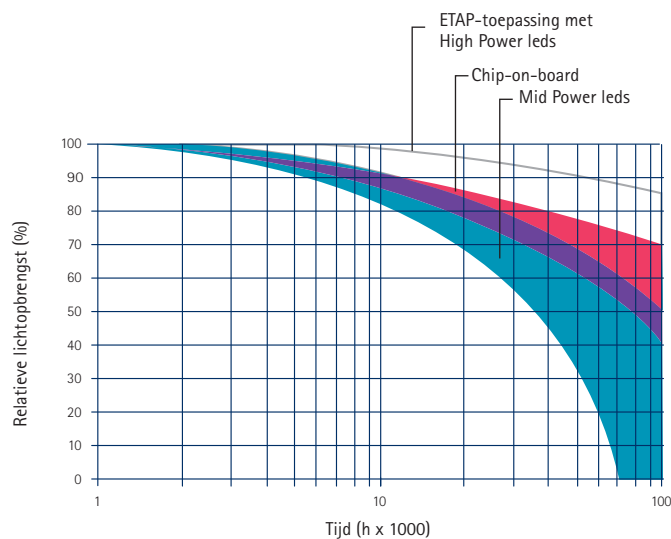


Fig. 9: Depreciatie van de lichtopbrengst in de tijd

Nuttige levensduur van leds

Bij de bepaling van de levensduur van leds dient men onderscheid te maken tussen parametrisch falen (terugvallen van de lichtstroom) en catastrofaal falen (het werkelijk defect gaan van de led). Wanneer een fabrikant spreekt van een L70 levensduur bedoelt hij de tijd waarbinnen een bepaald percentage van de leds terugvalt op 70% van de originele lichtstroom. Dit percentage van de leds wordt gegeven door B – bv. B50 duidt op 50%.

Bij het bepalen van deze levensduur wordt echter geen rekening gehouden met mogelijk defect gaande leds – deze worden uit de test verwijderd. Voor de gebruiker is echter ook een defecte led relevant. Wanneer de levensduur wordt bepaald met inbegrip van defect gaande leds spreekt men van de F-levensduur. Deze zal normaliter dus lager liggen dan de B-levensduur.

Zo staat bv. L70F10 voor de tijdsspanne waarbinnen 10% terugvalt tot minder dan 70% van de originele lichtstroom of om een andere reden defect gaat. Internationale normen en aanbevelingen zullen de F-definitie van de levensduur van leds meer en meer gaan promoten en zelfs verplichten.

ETAP geeft geen L70/B50-waarde voor haar armaturen aan omdat dit geen bruikbare waarde is voor verlichtingsstudies. Wij vertrekken van het vooropgestelde aantal branduren (projectafhankelijk) en berekenen daaruit de lumen maintenance. Bij kantoortoe-passingen rekenen we standaard met 25.000 branduren, bij industrie met 50.000 uren (zie ook bijlage 1).

Leds hebben een lange nuttige levensduur, maar zijn gevoelig aan cyclisch thermische spanningen en aan chemische en elektrostatische invloeden. Het aanraken van ledprintplaten is daarom uit den boze. Ook het direct aansluiten van leds aan een voeding die al onder spanning staat is te vermijden. De optredende stroompieken kunnen een led volledig vernietigen.

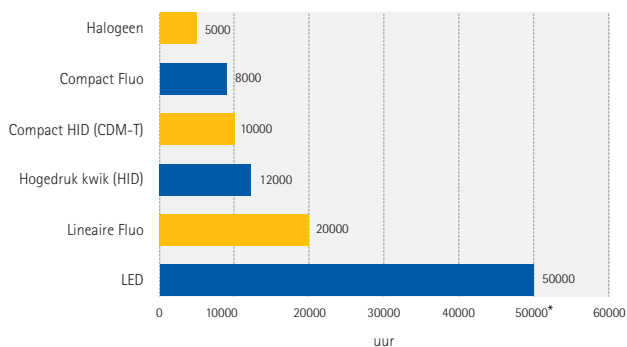


Fig. 10: Typische waarden voor nuttige levensduur (vereenvoudiging)

* Gebaseerd op min. 10.000u. meetgegevens (TM-21)

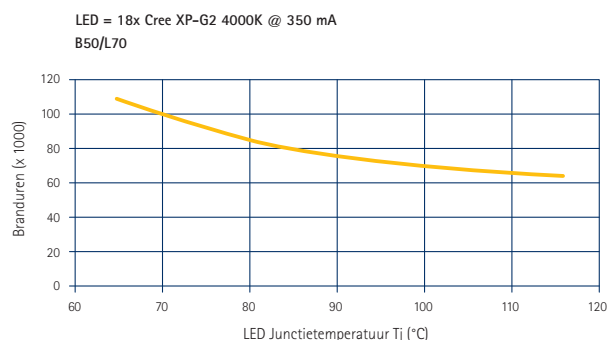
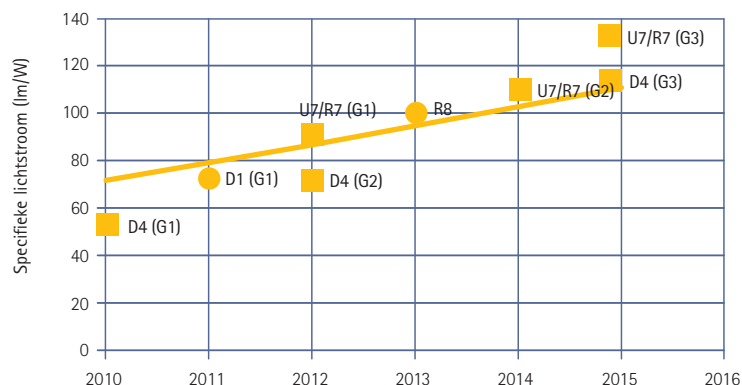


Fig. 11: Invloed van junctietemperatuur op levensduur

Voordeel 2: Hoge energie-efficiëntie mogelijk

Koudwitte leds met een kleurtemperatuur van 5.000 K (kelvin) halen vandaag in referentieomstandigheden al meer dan 180 lm/W. Leds met een lagere kleurtemperatuur van 2.700 tot 4.000 K (het meest gebruikt voor verlichtingstoepassingen in Europa) hebben doorgaans een lagere efficiëntie. In deze kleurtemperaturen zijn medio 2015 rendementen van 130 lm/W en meer commercieel beschikbaar.



Deze curve is gebaseerd op de reële prestaties van de leds in concrete toepassingen. Deze verschillen van de door de fabrikant gepubliceerde gegevens omwille van productspecifieke elektrische aansturing en thermisch gedrag.

Fig. 12: Evolutie van de specifieke lichtstroom van ledarmaturen bij 3000 K, met indicatie van verschillende generaties (G1, 2, 3) voor enkele ETAP-producten, bij junctietemperatuur in normaal gebruik (hot lumens)

Specifieke lichtstroom (lm/W)

De specifieke lichtstroom geeft de verhouding weer tussen de lichtstroom en het opgenomen vermogen. Net als bij fluo, dient men een onderscheid te maken tussen de specifieke lichtstroom van de lichtbron (ledcomponent, gemeten op 25° of 85°C junctietemperatuur en met een standaard aanstroom) en die van een armatuur, inclusief driver en optiek.

Ter illustratie een voorbeeld van U7 met led:

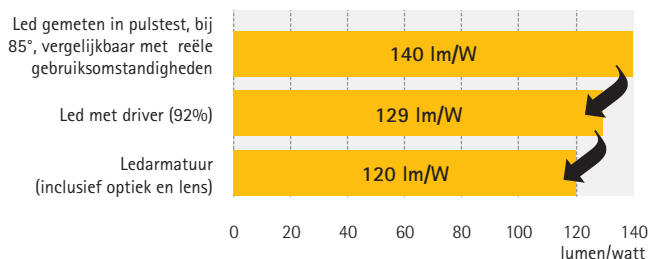


Fig. 13: U7

Ter vergelijking: een efficiënte U5-reflectorarmatuur met fluorescentielamp 1 x 32W

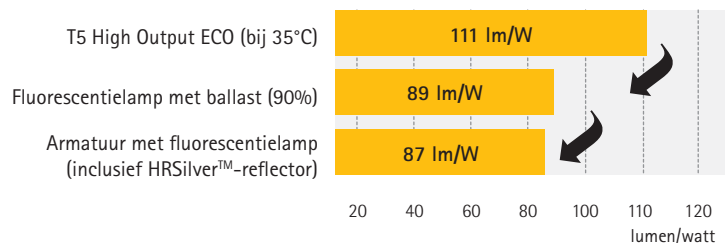


Fig. 14: U5-reflectorarmatuur

Anders dan bij fluorescentieverlichting wordt het rendement van een ledarmatuur bepaald door het totaalontwerp: stroomdensiteit, optiek en warmtehuishouding. Terwijl bij fluorescentieverlichting de lampen steeds ontworpen zijn voor een werkingstemperatuur van 35° (invloed warmtehuishouding = 1) en de aansturing steeds nominaal is (34W-lampen worden aangestuurd door 34W, dus invloed aansturing = 1), wordt het rendement bij ledverlichting wél sterk bepaald door het armatuurontwerp.

Leds met een hoge kleurtemperatuur en dus kouder licht hebben een grotere efficiëntie dan dezelfde leds met een lagere kleurtemperatuur. Het luminescent materiaal dat wordt gebruikt om warm wit te creëren, bevat namelijk meer rood en de efficiëntie van deze rode component is lager dan die van de gele. Waardoor het globale rendement van de led daalt.

Ter vergelijking:

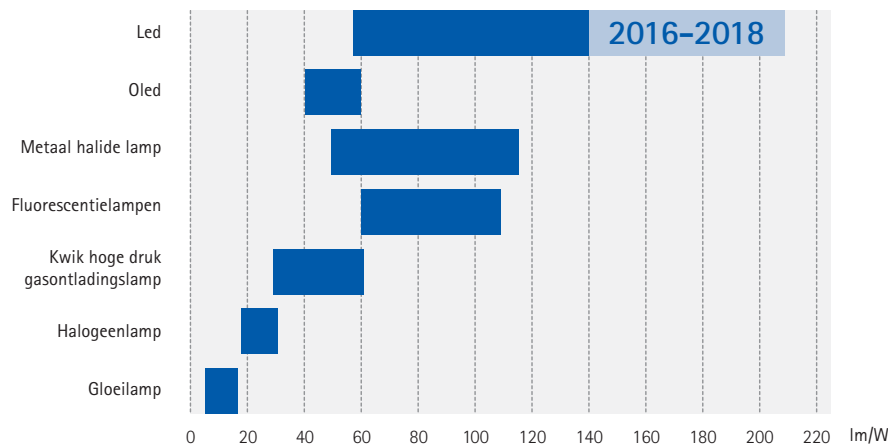


Fig. 15: Typische waarden voor efficiëntie van de lichtbron

Voordeel 3: Goede kleurkwaliteit, keuze in kleurtemperatuur

Kleurtemperatuur

De kleurtemperatuur van een lichtbron voor wit licht is gedefinieerd als "de temperatuur van een zwart lichaam waarvan het uitgestraalde licht dezelfde kleurindruk geeft als de lichtbron". De kleurtemperatuur wordt uitgedrukt in kelvin (K). Blauwig licht heeft een hogere kleurtemperatuur en wordt als 'kouder' ervaren dan licht met een lagere kleurtemperatuur.

Er bestaan verschillende onderverdelingen en benamingen, elk met hun referentie naar herkenbare kleurtemperaturen:

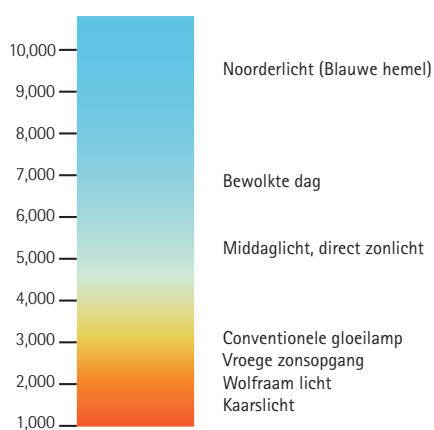


Fig. 16: Indicatie van kleurtemperaturen

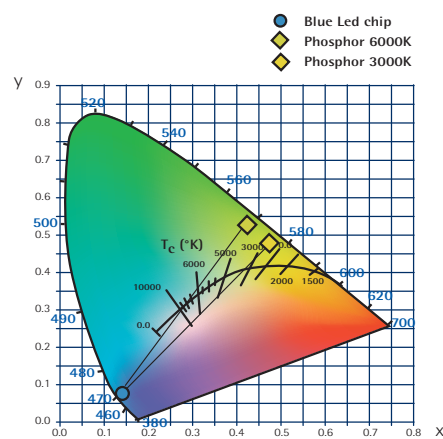


Fig. 17: Creatie van wit licht met luminescent materiaal

Bij wit licht van RGB-leds (waarin de kleuren rood, groen en blauw gemengd worden) zijn alle kleurtemperaturen mogelijk, maar de sturing en de controle over de tijd is complex omdat de drie kleuren een verschillende temperatuurafhankelijkheid hebben. Dit wordt dan ook minder toegepast voor verlichtingsdoelstellingen.

Bij leds met conversie door een luminescent materiaal wordt de kleurtemperatuur bepaald door de keuze van het luminescente materiaal.

Wat met noodverlichting?

Bij noodverlichting kiest ETAP resoluut voor hoge kleurtemperaturen. Leds met hoge kleurtemperaturen zijn efficiënter, waardoor ze minder batterijvermogen nodig hebben. Bovendien is het menselijk oog bij lage lichtniveau's gevoeliger voor blauwachtig licht.



Kleurkwaliteit

Kleurkwaliteit wordt bepaald door "color fidelity" (bereik <0 - 100) enerzijds en "color gamut" (GAI, bereik 0 - 100) anderzijds. De "color fidelity" van een lichtbron – gekwantificeerd door een kleurweergave-index Ra (CRI – Color Rendering Index) – geeft de betrouwbaarheid weer van de kleurweergave van een door die lichtbron belicht object. Om tot deze index te komen, vergelijken we de kleurweergave van objecten verlicht door de testlichtbron met de kleurweergave van dezelfde objecten belicht door een referentielichtbron (zwarte straler met dezelfde kleurtemperatuur).

De kleurweergave-index van leds is vergelijkbaar met die van fluorescentielampen en varieert tussen 60 en 98.

- Voor gewone verlichtingstoepassingen in warmwit of neutraalwit gebruikt ETAP leds met een kleurweergave van 80 (volgens de norm NEN-EN 12464-1).
- Voor batterijgevoede noodverlichtingssystemen is het rendement belangrijker dan de kleurweergave (een minimum kleurweergave van 40 is hier vereist). Vandaar dat we in noodverlichting gebruik maken van hoogefficiënte koudwitte leds met een kleurweergave van ongeveer 70.

Bij witte leds wordt de kleurweergave-index bepaald door de samenstelling van het luminescent materiaal (fosfor).

Ter vergelijking:

Fluo:	Ra van	60	tot	98
Leds:	Ra van	60	tot	98
Gloeilamp:	Ra van	100		
CDM:	Ra van	80	tot	95
Natriumlamp:	Ra van	< 0		

Color gamut verwijst naar het kleurengamma dat een toestel of lichtbron kan reproduceren en wordt weergegeven door de Gamut Area Index (GAI). Hoe groter of breder de gamut, hoe rijker het kleurenpalet en hoe beter de weergave van verzadigde kleuren.

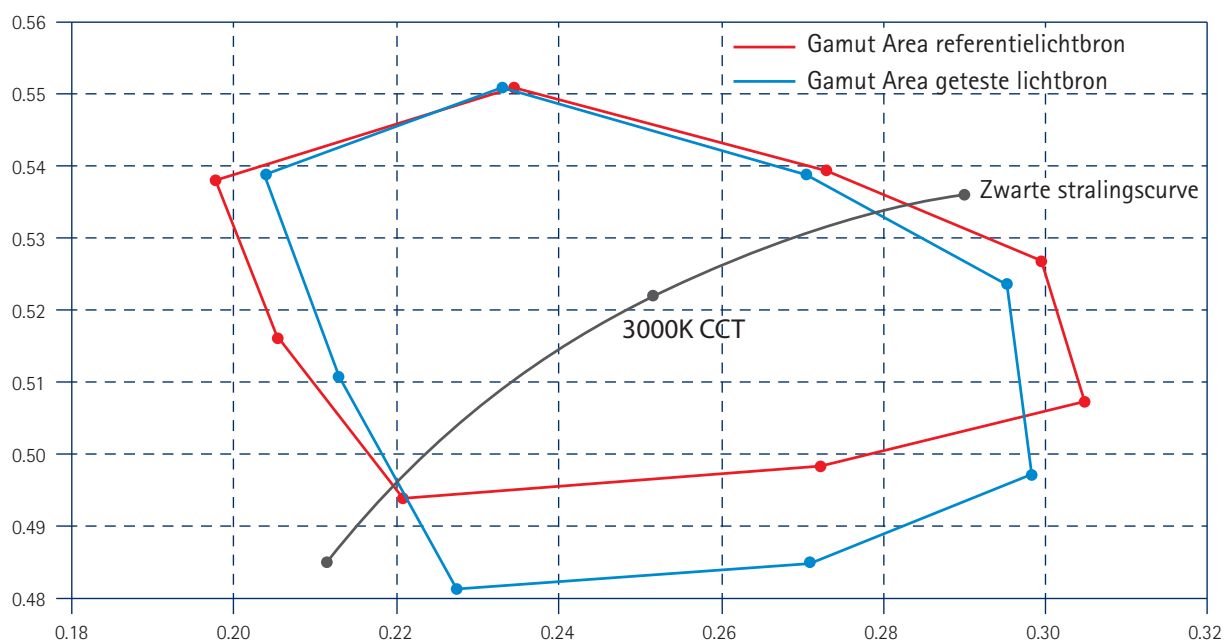


Fig. 18 : Voorbeeld van een GAI voor een "vibrant white" module (3000 K roosachtig wit licht). (Bron: Xicato)

De rode lijn in voorgaande figuur geeft de IEC kleurcoördinaten weer van een referentielichtbron (3000 K) – de blauwe lijn de kleurcoördinaten van de testbron. Terwijl CRI/Ra een maat is voor de gemiddelde afwijking tussen de blauwe en rode punten, is GAI de verhouding van de oppervlakten tussen de blauwe en de rode veelhoeken. In dit voorbeeld is de GAI groter dan 100, wat betekent dat de testbron een rijker kleurenpalet weergeeft dan de referentielichtbron. Ra is per definitie kleiner dan 100.

Een hoge CRI staat niet altijd garant voor een hoge gamut. En omgekeerd sluit een lage CRI geen goede kleurkwaliteit – dankzij een hoge gamut-waarde – uit.

Recent gaat er toenemend aandacht uit naar lichtkwaliteit en kleurweergave van ledverlichting. Vooral in retail doen nieuwe trends zoals "specialty whites" hun intrede. Zo vragen sommige winkels om witversterkende verlichting (met extra blauw als witmaker – vb. Philips Crisp white), of klerenwinkels om verlichting met roze tint (vb. Xicato vibrant white), voor een meer geaccepteerde kleurkwaliteit.

Voordeel 4: Stabiele performantie over groot temperatuurbereik

In tegenstelling tot fluorescentielampen, zijn leds minder gevoelig voor de omgevingstemperatuur. Terwijl de relatieve lichtstroom bij fluorescentielampen drastisch afneemt bij omgevingstemperaturen hoger of lager dan 25°, vertonen leds alleen maar een geleidelijke daling bij hogere omgevingstemperaturen. Dit is een belangrijk voordeel in omgevingen met ongewone temperaturen (< of > 25°) of die onderhevig zijn aan temperatuurschommelingen (vb. industrie).

Dit neemt niet weg dat het thermisch ontwerp van groot belang is: een doordachte temperatuurhuishouding is cruciaal om een maximale levensduur en lichtopbrengst te bereiken (zie ook hoofdstuk 2.4).

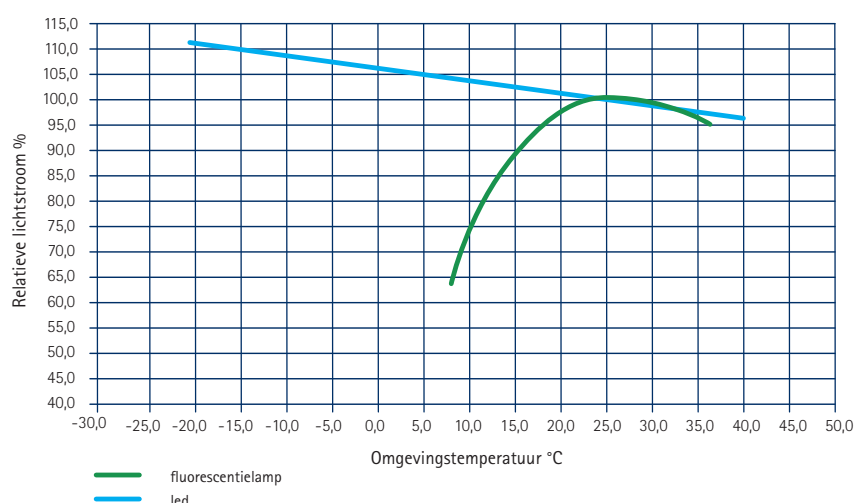


Fig. 19: Invloed van omgevingstemperatuur op relatieve lichtstroom

Voordeel 5: Onmiddellijke lichtopbrengst bij opstarten

Fluorescentielampen geven niet onmiddellijk na het opstarten de volledige lichtstroom. Leds daarentegen reageren direct op wijzigingen in de voeding. Na het aanschakelen bereiken ze onmiddellijk de maximale lichtstroom; zij zijn dan ook zeer geschikt voor toepassingen waar veelvuldig geschakeld wordt en het licht vaak maar een korte periode brandt.

Dit blijft ook zo bij lagere omgevingstemperaturen, waarin ze zelfs beter werken. Van dit voordeel wordt bijvoorbeeld dankbaar gebruik gemaakt bij de E1 met led voor diepvriestoeepassingen.

Bovendien kunnen leds – in tegenstelling tot bijvoorbeeld CDM-lampen – ook zonder problemen opnieuw aangeschakeld worden als ze nog warm zijn en heeft veelvuldig schakelen in de meeste gevallen geen negatieve invloed op de levensduur.

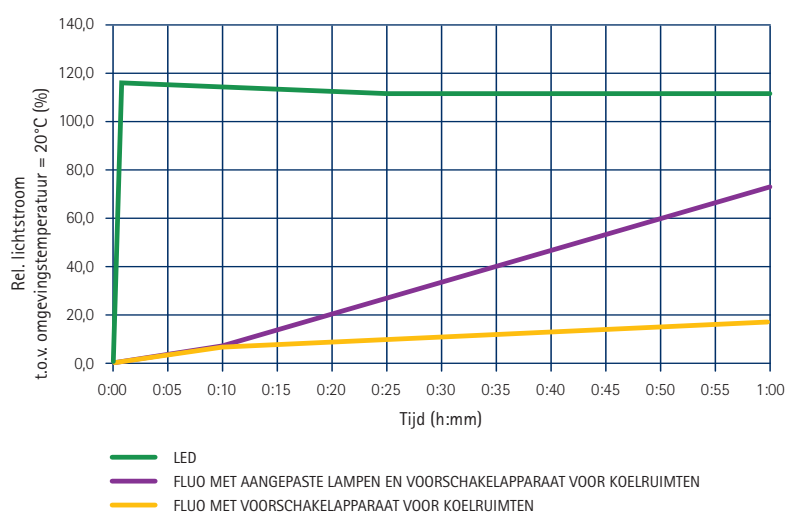


Fig. 20: Vergelijking van het opstartgedrag van led versus fluo bij -30°C

Voordeel 6: Goed dimbaar over een breed bereik

Leds kunnen op efficiënte wijze over een breed bereik worden gedimd (van quasi 0% tot 100%) of dynamisch aangestuurd. Dit kan op basis van gestandaardiseerde dim-methodes zoals DALI, 1-10 V of TouchDim.

De dimverliezen bij leds in de lagere dimbereiken zijn vergelijkbaar met de dimverliezen bij fluorescentielampen met de modernste dimballasten. Bij volledig dimmen is het residuele opgenomen vermogen praktisch verwaarloosbaar. Leds zijn dan ook uitermate geschikt om ze in geprogrammeerde, dynamische omgevingen te integreren.

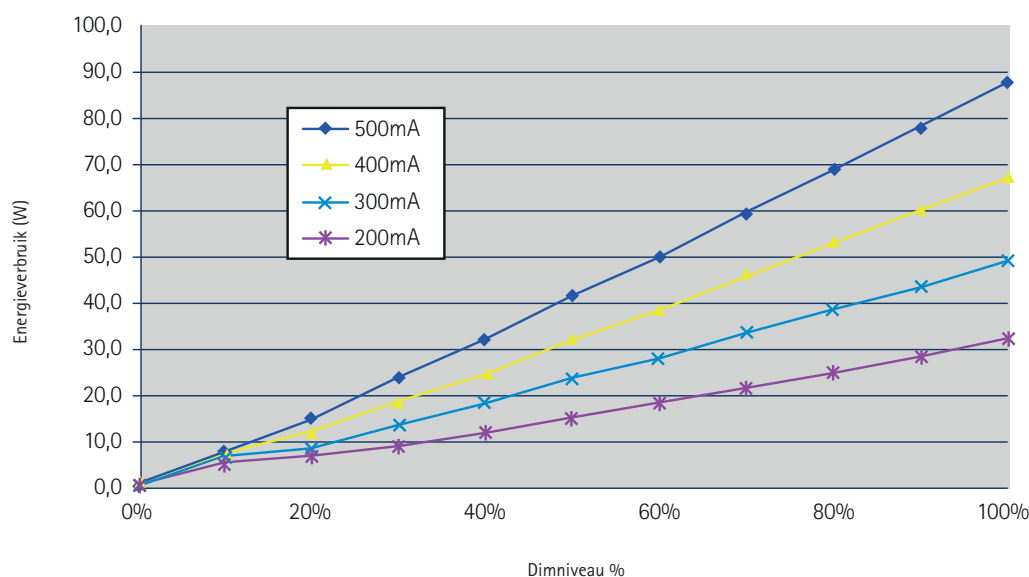


Fig. 21: Effect van dimming op het opgenomen vermogen

Rendement en specifieke lichtstroom dalen typisch bij lagere vermogens. Zo zijn downlights met een opgenomen vermogen lager dan 20 W algemeen minder efficiënt dan armaturen van 40 W of hoger.

Voordeel 7: Milieuvriendelijk

Uit LCA-studies* (Life Cycle Analysis studies – die de ecologische impact van een product van productie tot recyclage en verwerking bekijken) blijkt dat leds in vergelijking tot andere lichtbronnen het potentieel hebben om in de toekomst de kleinste ecologische voetafdruk te hebben. Bovendien bevatten ze geen kwik, wat bij fluorescentielampen wel het geval is.

* Assessment of Ultra-Efficient Lamps; Navigant Consulting Europe; 5 mei 2009.

Voordeel 8: Geen ir- of uv-straling

Leds ontwikkelen geen ultraviolet (uv-) of infrarood (ir-) straling in de lichtbundel*. Dit maakt hen uitermate geschikt voor omgevingen waarin zulke straling vermeden dient te worden, zoals in musea, winkels met levensmiddelen of klerenwinkels.

De led zelf genereert wel warmte, maar die wordt naar achter geleid, weg van het te verlichten object (we komen hier verder nog op terug – zie hoofdstuk 2.4). Ook de uitgestraalde lichtbundel vertegenwoordigt energie die bij absorptie wordt omgezet in warmte.

* De behuizing daarentegen genereert wel IR-straling (door warmte).

4. LEDFABRIKANTEN

Bij ETAP hanteren we een aantal criteria om de fabrikanten te selecteren waarmee we samenwerken. De voornaamste criteria zijn: performantie, prijs, documentatie (aantoonbare gegevens met referentie naar de gangbare normen), langetermijnbeschikbaarheid (belangrijk voor de continuïteit in onze productie van armaturen).

ETAP werkt met verschillende leveranciers samen, afhankelijk van het type platform, waarbij bovenstaande eisen gehanteerd worden.

5. DE TOEKOMST VAN LEDS

De ledtechnologie bereikt stilaan de maturiteitsfase.

- Despecifieke lichtstroom van leds neemt nog steeds toe. Vandaag laten ze qua lichtopbrengst halogeen-, gloei- en fluorescentielampen ver achter zich. Qua efficiëntie en/of specifiek vermogen streven ledarmaturen de meest efficiënte fluorescentie-oplossingen ruim voorbij. Grofweg kan men stellen dat er zich de voorbije jaren voor hetzelfde lumenpakket een prijsdaling van 25% heeft voorgedaan of dat je voor dezelfde prijs 10% meer specifieke lichtstroom kreeg. Momenteel verwacht men evenwel een limiet bij 200 à 240 lm/W voor warme kleuren.
- Nieuwe technologieën worden nog steeds ontwikkeld om de kleurkwaliteit en de kost op langere termijn te verbeteren.
- Er is een steeds betere controle van kleur en dus zijn er nauwere kleurenbinning, waardoor meer en meer fabrikanten nog maar één bin aanbieden (3 SDCM). (Meer info over binning vindt u in hoofdstuk 2.5.)

6. OLEDs

Oled staat voor organic light emitting diode. Zoals de naam al aangeeft, gaat het om een variant van de traditionele led. Waar leds echter opgebouwd zijn op basis van kristallijn, anorganisch materiaal (vb. Gallium Nitride), maken oleds gebruik van organische macromoleculen op basis van koolwaterstofverbindingen om licht te produceren.



Oleds in verschillende vormen (vb. Philips Lumiblade)

Punt vs. oppervlakte

Het verschil tussen oled en led zit niet alleen in het materiaal, maar ook in de manier van verlichten. Waar een led een typische puntlichtbron is, worden oleds gebruikt om het licht te verspreiden over een bepaalde oppervlakte. Concreet worden de organische lichtgevende deeltjes in een flinterdun laagje aangebracht op een plaat uit glas of een ander transparant materiaal en verbonden met een kathode en een anode. De laag licht op wanneer er spanning over de kathode en de anode gelegd wordt. Door de juiste materialen samen te stellen kunnen oleds licht in een bepaalde kleur genereren.

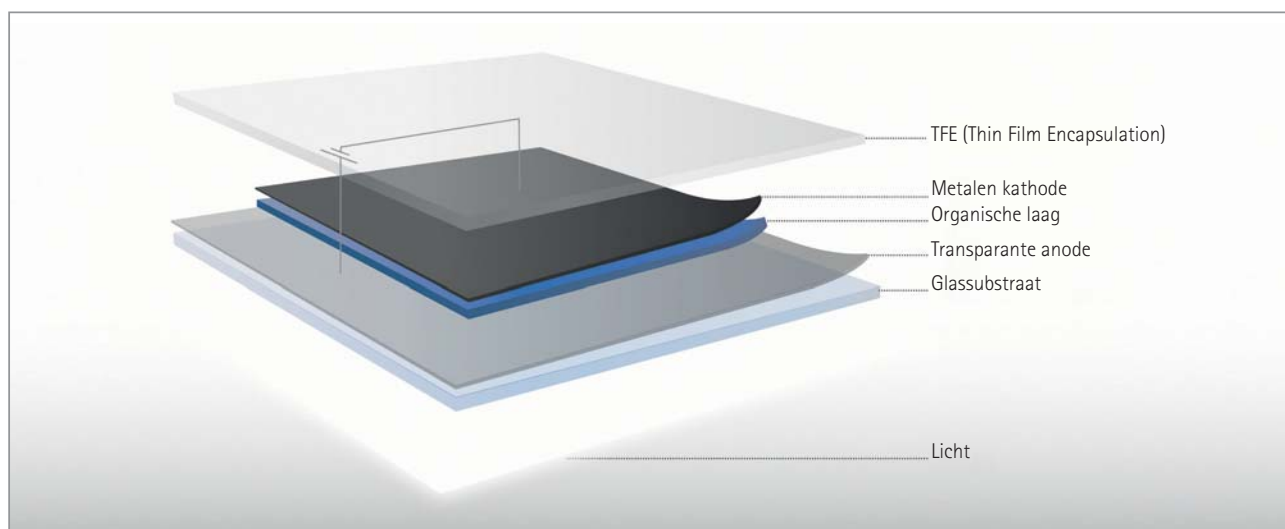


Fig. 22: Opbouw van een oled

Complementair met led

Dit fundamentele verschil tussen led en oled verklaart meteen ook waarom de twee technologieën complementair zullen zijn en ook in de toekomst naast elkaar zullen blijven bestaan. Oleds produceren een diffuus en verspreid licht over een bepaalde oppervlakte, terwijl leds zich perfect lenen voor het creëren van lichtbundels, die je dan kunt richten en verspreiden. Dat oleds een oppervlakte-lichtbron met perfect egale uitlichting zijn, maakt hen uitermate geschikt voor toepassingen als signalisatiearmaturen. Verder lijken ze ook veelbelovend voor toepassingen in algemene verlichting, zoals lichtgevende panelen.

Performantie

Oled-technologie is vandaag nog volop in ontwikkeling. Qua performantie en levensduur kunnen ze vandaag zeker nog niet aan leds tippen. Zo halen oleds een lichtopbrengst van 60 lm/W tegenover 160 lm/W voor leds. Net als bij leds wordt verwacht dat de performantie van de oleds door nieuwe ontwikkelingen nog sterk zal toenemen.

Oled Roadmap			
Jaar	2015	2016	2018
Specifieke lichtstroom	50 lm/W	90 lm/W	120 lm/W
Levensduur (L70 @ 3 000 cd/m ²)	20 000 u	40 000 u	60 000 u
Helderheid	3 000 cd/m ²	4 000 cd/m ²	5 000 cd/m ²
Lumenoutput	10 000 lm/m ²	15 000 lm/m ²	20 000 lm/m ²
Kleurweergave (CRI)	> 90	> 92	> 95
Max. afmetingen	150*150 mm	320*320 mm	400*400 mm

Fig. 23: Huidige en verwachte performantie van oleds

(bron: LG)

Ook de oppervlakte die met één enkele oledmodule kan verlicht worden, is nog volop in evolutie. In televisietoestellen bestaat het beeldscherm uit verschillende oled-pixels, omdat daar vooral de resolutie van het beeld een rol speelt. In verlichtingstoepassingen streven we er echter naar om een zo groot mogelijke oppervlakte te verlichten met één module. De voordelen zijn dat we die eenvoudig kunnen aansturen, en dat er geen pixelatie-effect ontstaat. Vandaag zijn al lichtpanelen van 15 cm op 15 cm standaard beschikbaar, in de toekomst behoren oppervlaktes tot 1 m² zeker tot de mogelijkheden.

De aanwezigheid van organische materialen – die relatief snel verouderen en heel gevoelig zijn voor lucht en vocht – zorgt voor een relatief beperkte levensduur. Vandaag wordt uitgegaan van 20 000 branduren (bij 30% vermindering van de lichtoutput, en een continue aansturing van 3 000 cd/m²). Verdere ontwikkeling van de gebruikte materialen, beschermingslagen en productietechnieken zullen hier grote verbetering in brengen.

Flexibel en transparant?

Vandaag worden oleds nog bijna uitsluitend bevestigd op glas. Onderzoek spitst zich nu toe op de mogelijkheden om oleds in de toekomst ook op meer flexibele materialen aan te brengen en zo vervormbare verlichtingspanelen te creëren. Elk oppervlak – vlak, gebogen of zelfs elastisch – wordt dan een potentiële lichtbron. Denk maar aan lichtgevende wanden, meubels, gordijnen of kledingstukken.

Een ander onderzoeksdomein is de ontwikkeling van transparante oled-panelen. Nu vormen de onverlichte oleds nog een reflecterend oppervlak. De transparante panelen zouden dan overdag bijvoorbeeld kunnen fungeren als raam en wanneer het donker wordt voor een aangename sfeerverlichting kunnen zorgen. Dat maakt van oleds een bijzonder veelbelovende verlichtingstechnologie met een bijna eindeloze hoeveelheid nieuwe toepassingsdomeinen.



Oleds als interactieve spiegel

ETAP introduceert oled-technologie in nood-verlichting

Eind 2013 lanceerde ETAP als eerste een signaleringsarmatuur op basis van oleds. Dankzij hun lage lichtniveaus en homogene output zijn oleds hiervoor uitermate geschikt.



K4, signaleringsreeks met oled

Hoofdstuk 2: Armaturen met leds ontwerpen

1. MOGELIJKHEDEN EN UITDAGINGEN

Leds zijn zeer klein in vergelijking met meer klassieke lichtbronnen zoals fluorescentielampen. De totale lichtbron van een armatuur kan met andere woorden over de totale oppervlakte gespreid worden. Dit geeft de mogelijkheid om slankere armaturen te ontwerpen en om veel creatiever met vormen om te gaan.

Maar bij het ontwerpen van ledarmaturen staan we voor meer dan één uitdaging. We moeten allereerst de juiste leds selecteren voor de beoogde toepassing. Vermogen, lichtopbrengst, temperatuurgedrag, levensduur, kleurtemperatuur en kostprijs zijn daarbij belangrijke parameters. Het ontwerp en de integratie van optieken (lenzen, diffusoren, reflectoren) zorgen voor de gewenste lichtdistributie. Ook de warmtehuishouding van ledarmaturen is bepalend voor de prestatie. En dat alles combineren we ook nog met een mooie vormgeving.

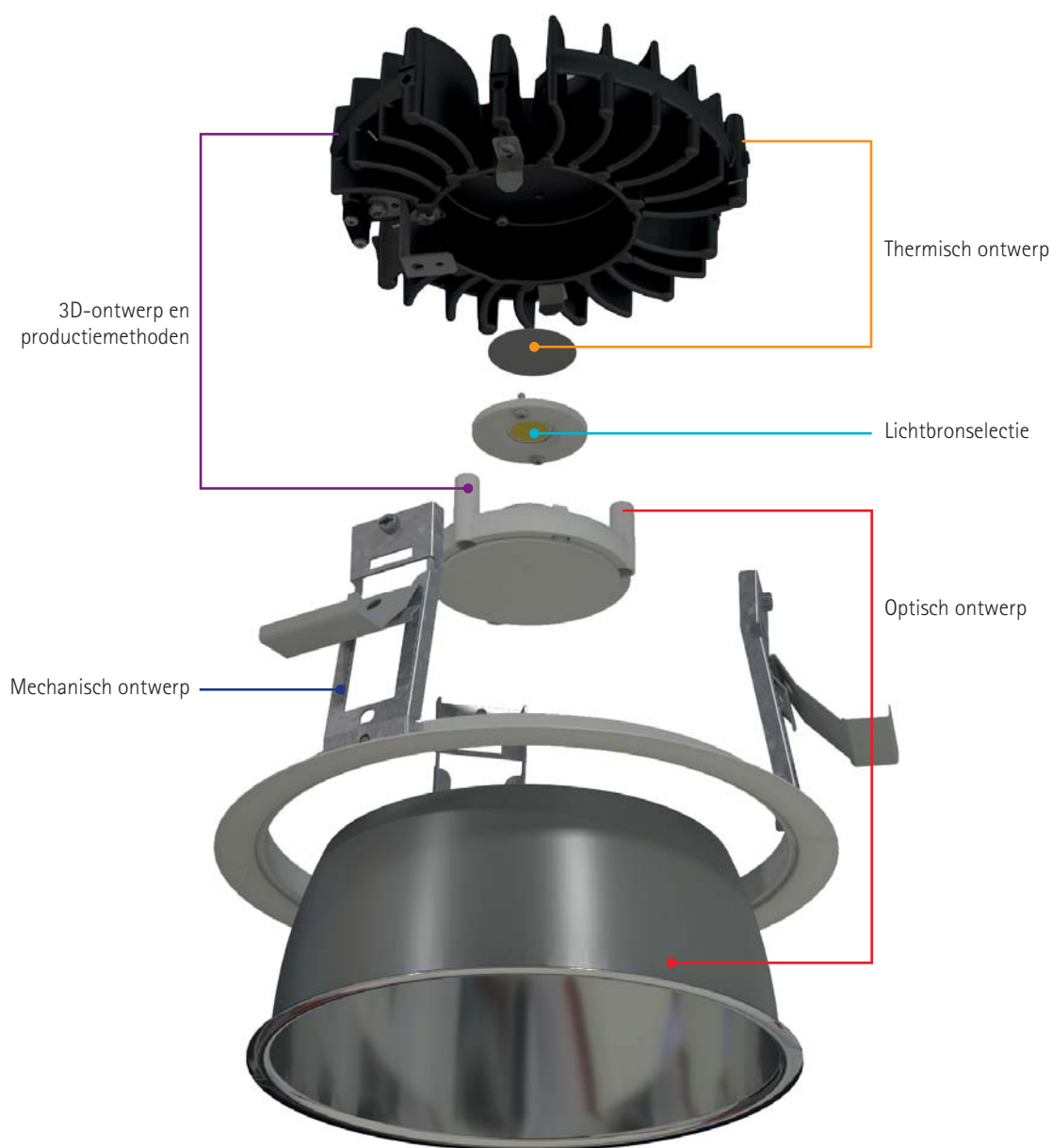


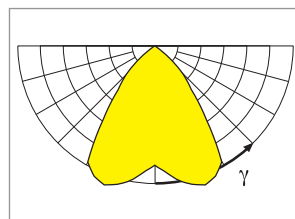
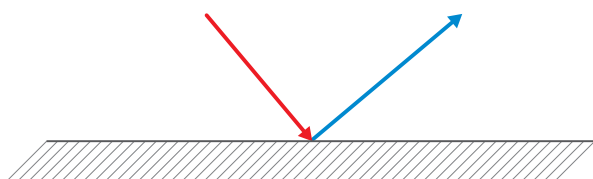
Fig. 24: Ontwerp van D1-downlight

2. DE GEPASTE LICHTVERDELING

De meeste leds hebben een brede lichtverdeling en stralen licht uit in een hoek van 80 tot 140° (volledige hoek). Met behulp van secundaire en tertiaire optieken (reflectoren, refractoren of diffusoren) kunnen we specifieke lichtverdelingen bereiken. Een gepaste lichtverdeling is belangrijk om in elke toepassing het specifiek vermogen, en daarmee ook het energieverbruik, zo laag mogelijk te houden.

a. Reflectie

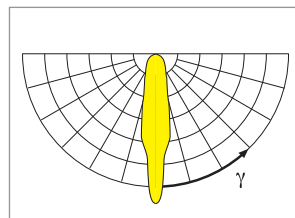
Men creëert de gewenste lichtverdeling door het licht aan een oppervlak te weerkaatsen.



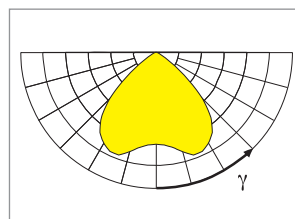
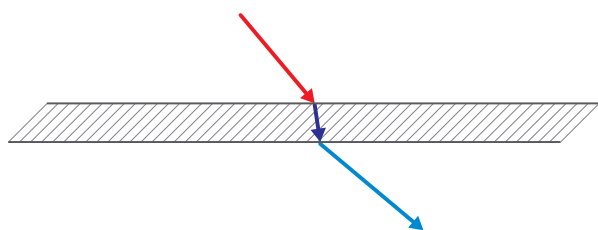
vb. D1 led

b. Refractie

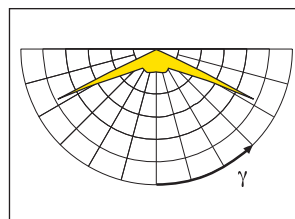
Het licht wordt door een transparant materiaal (vb. lens) gestuurd en door de optische dichtheid (brekingsindex) en de vorm van het materiaaloppervlak gebroken en vervolgens in de juiste richting gestuurd.



vb. E4 met DUAL•LENS-technologie met diepstralende lens



vb. R7 met LED+LENS™-technologie met breedstralende lenzen

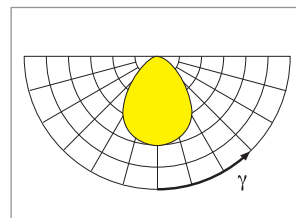
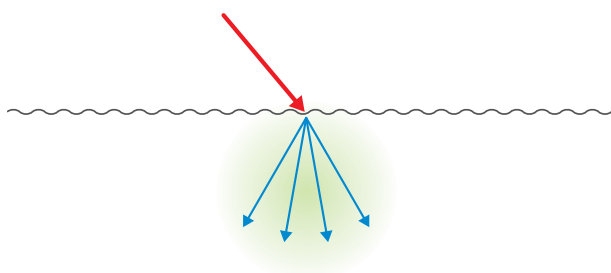


vb. K9-antipaniekverlichting met extreem breedstralende lens

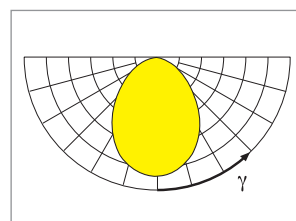
c. Verstrooiing of meervoudige afbuiging

Het licht wordt verstrooid.

A. aan een materiaaloppervlak door middel van een oppervlaktestructuur

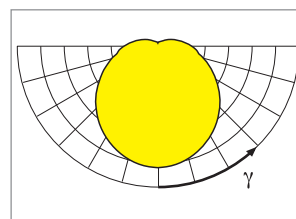
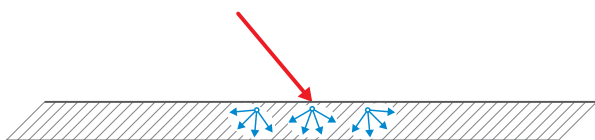


vb. U25 met MesoOptics™-folie



vb. US met microprismastructuur

B. in een materiaalvolume door middel van insluitels



vb. R8 met HaloOptics®-diffusor

3. DE LUMINANTIES ONDER CONTROLE

Met de voortdurende toename in ledperformanties en maximale vermogens, stijgt ook de bronluminantie zeer snel. Deze luminanties kunnen al snel 10 tot 100 miljoen cd/m^2 bedragen. Want hoe kleiner het oppervlak waaruit het licht komt, hoe groter de luminantie van de lichtbron kan worden.

Enkele voorbeelden van bronluminanties:

- Lineaire fluo - T8 14.000 cd/m^2
- Lineaire fluo - T5 15.000 - 20.000 cd/m^2 à 17.000 cd/m^2 (HE) en 20.000 - 33.000 cd/m^2 (HO)
- Compact fluo vb. 26 W 50.000 cd/m^2
- Naakte led 3 W (100 lm) 100.000.000 cd/m^2
- Zon 1.000.000.000 cd/m^2 (=10 x led!)

Een doordacht optisch ontwerp is dan ook een absolute noodzaak om het licht van deze felle puntbronnen te spreiden, rechtstreekse inkijk te vermijden en verblinding te verminderen. Hiervoor kunnen we zowel lenzen, reflectoren als diffusoren inschakelen. Enkele voorbeelden:

- D4-downlight (UGR<19, luminantie <1000 cd/m^2 bij 65°):
 - Opdeling van de lichtbron over grotere oppervlakte om luminanties te beperken.
 - Gebruik van lenzen met getextureerd oppervlak voor afvlakking van de piekluminanties per lichtbron.
- U2 met led: de lichtbron wordt gespreid over de gehele armatuur. De MesoOptics™-diffusor vlakkt de luminanties uit en zorgt voor een gecontroleerde lichtverspreiding.

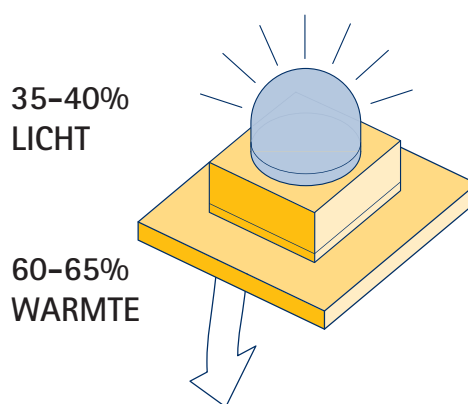
4. DOORDACHT THERMISCH ONTWERP

Temperatuurbeheersing (koeling) is zonder twijfel het grootste aandachtspunt bij het ontwikkelen van kwalitatieve ledverlichting. Afhankelijk van de ledperformantie wordt 35-40 % van de energie omgezet in zichtbaar licht en 60-65 % in warmte binnen in de component (dissipatie).

Ter vergelijking: fluorescentielampen stralen ook zo'n 25 % van het omgezette vermogen uit als zichtbaar licht. Maar het verschil is dat bij fluo ook zo'n 40 % van de energie uitgestraald wordt onder de vorm van infrarode of warmtestraling. De overige 35 % wordt omgezet in interne warmte en UV.

De lichtopbrengst van leds daalt geleidelijk in functie van een stijgende junctietemperatuur.

Bij lagere temperaturen neemt de lichtopbrengst toe: leds functioneren steeds beter naarmate hun werkingstemperatuur lager is.



led = 18x Cree XP-G2 R2 4000K @ 350 mA

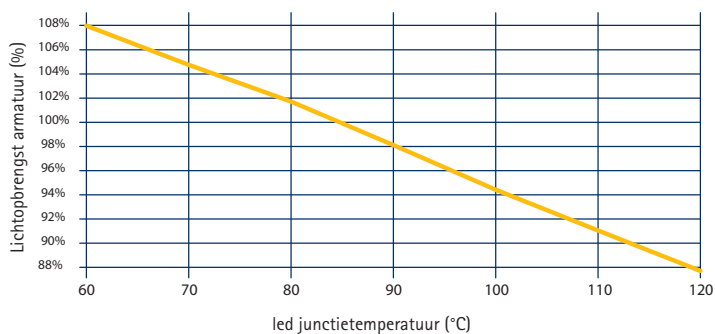


Fig. 25: Invloed van junctietemperatuur op lichtopbrengst (ref. 85°)

Maar niet enkel de lichtopbrengst is afhankelijk van de temperatuur. Ook de functionele levensduur wordt er, vanaf een kritische temperatuur, door beïnvloed.

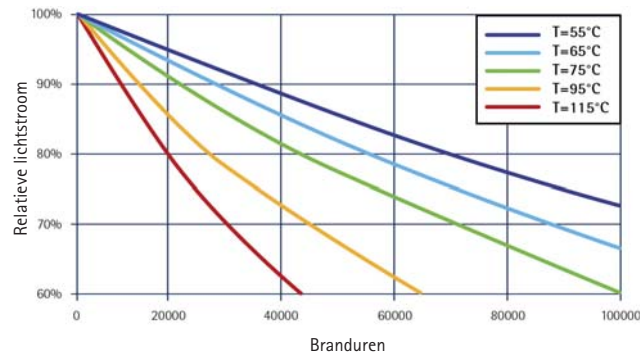
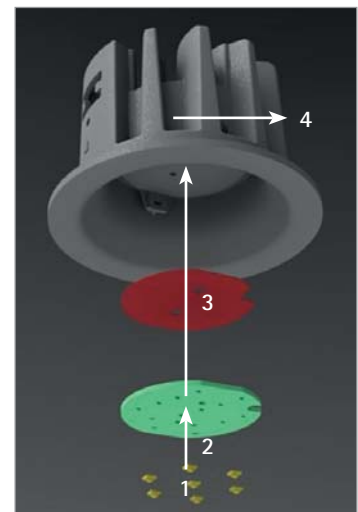


Fig. 26: Depreciatie van de lichtopbrengst in de tijd voor verschillende junctietemperaturen

Een goede temperatuurhuishouding is dus essentieel. De warmteafvoer vanuit de led naar de omgeving gebeurt in opeenvolgende stadia (via verschillende warmte-weerstand):

- De door de led gegenereerde warmte wordt via het substraat tot aan het soldeerpunt geleid (1, intern in led).
- Van daaruit wordt de warmte over de ledprintplaat verspreid (2).
- Een thermische interface (3) of TIM (Thermal Interface Material) zorgt voor een optimale warmteoverdracht tussen printplaat en heatsink (4).
- Door convectie en straling wordt de warmte naar de omgeving afgevoerd.



Vrije luchtstroming rond de armatuur is essentieel voor een goede warmteafgifte. Daarom zal het thermisch gedrag van een ledtoestel anders zijn bij opbouw dan bij inbouw, en moet er bij inbouw steeds voldoende vrije ruimte rond de armatuur zijn (zo mag er zeker geen isolatie rond!). Ook onderhoud (stofvrij houden) van de heatsink is belangrijk voor een goede temperatuurhuishouding.

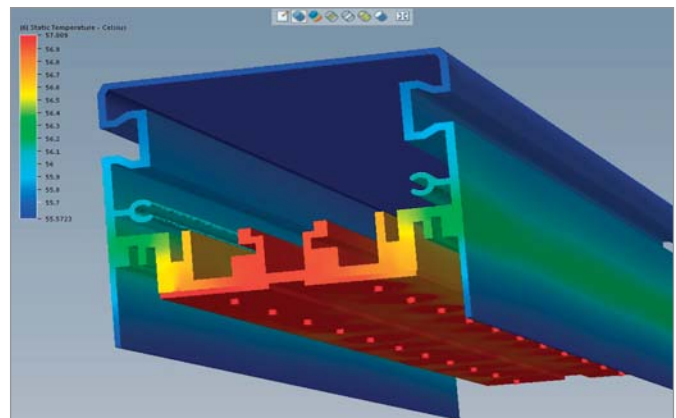
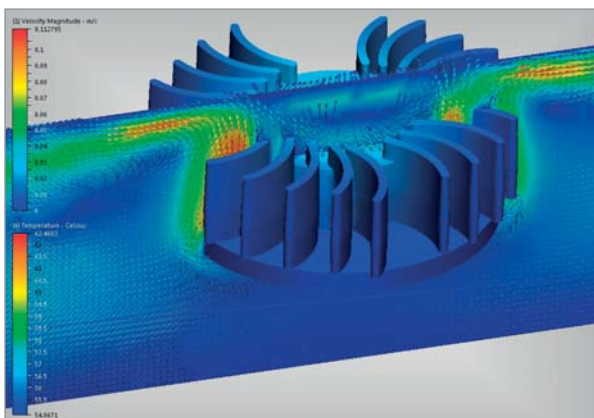


Fig. 27-28: Warmtestudies voor D1 (links) en E7 (rechts).

5. BINNING VOOR EEN CONSTATE LICHTKWALITEIT

Bij de productie vertonen de leds van één zelfde batch of serie verschillende kenmerken, bijvoorbeeld wat betreft intensiteit en kleur. Het gebruik van verschillende leds door elkaar in dezelfde armatuur zou dus onvermijdelijk tot verschillende lichtsterkteniveaus en verschillende lichtkleuren leiden. Daarom gaan we aan "binning" doen.

"Binning" is het sorteren van de leds volgens bepaalde criteria zoals:

- colour binning: het sorteren volgens kleurcoördinaten (x,y) gecentreerd rond individuele kleurtemperaturen;
- flux binning: het sorteren volgens lichtstroom, gemeten in lumen (lm);
- voltage binning: het sorteren volgens de voorwaartse spanning, gemeten in volt.

Door het selecteren van een bepaalde "kleurbin" wordt een constante kwaliteit van het licht gegarandeerd. Leds van dezelfde bin hebben dus eenzelfde waargenomen kleur. Verschillen in kleurbins vallen bijvoorbeeld sterk op bij gelijkmatige uitlichting van een egale wand.

In de studie van kleurwaarneming wordt gebruik gemaakt van de zogenaamde "MacAdam-ellipsen" (zie figuur). Zulke ellips is een gebied in het CIE-diagram die alle kleuren omvat die het menselijk oog niet kan onderscheiden van de kleur in het centrum van die ellips. Ledfabrikanten gebruiken de maat SDCM (Standard Deviation Colour Matching), waarbij 1 SDCM overeenkomt met 1 MacAdam.

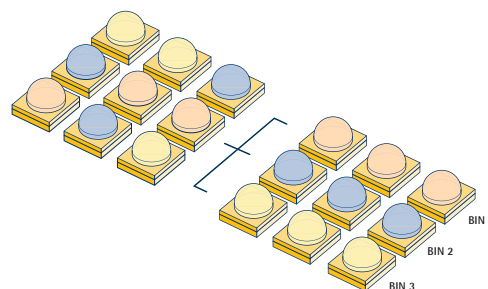


Fig. 29: Principe van binning

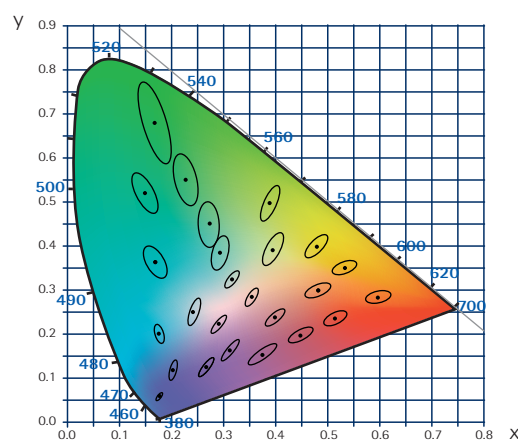


Fig. 30: Illustratie van MacAdam-ellipsen (bron: Wikipedia)

Hoe past ETAP binning toe bij verlichtingsarmaturen?

ETAP volgt de binningpolitiek van de op kwaliteit geselecteerde ledfabrikanten. Deze laten hun politiek evolueren in functie van technische vooruitgang, nieuwe procesbeheersing, logistieke aspecten, enz... Voor de eindgebruiker hebben die wijzigingen geen gevolgen: ook de gewijzigde methodes zorgen voor een uniforme kleurtemperatuur. De armaturen van ETAP (zowel met laagvermogenleds, hoogvermogenleds als chip-on-board leds) voldoen aan 3 SDCM.

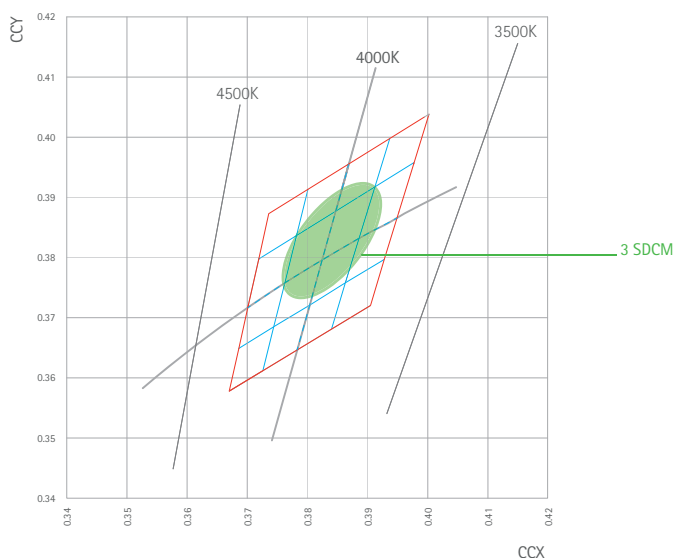


Fig. 31: Illustratie van het binningprincipe

6. ELEKTRISCHE VEILIGHEID

Leds werken op laagspanning (typisch rond 3V), daarom wordt vaak gedacht dat elektrische veiligheid geen aandachtspunt is. In de huidige verlichtingsoplossingen met led kan de spanning echter oplopen tot 100V en meer. Bijgevolg moet men extra maatregelen nemen om de armaturen aanraakveilig te maken.

Leds in serie doen spanning oplopen

Leds in verlichtingsarmaturen worden bij voorkeur zoveel mogelijk in serie geschakeld. Het logisch gevolg is echter dat de spanning oploopt. Een van de voordelen van leds is dat ze op een lage spanning werken met per led een spanningsverschil van ongeveer 3V. Als men echter 30 leds binnen één armatuur in serie schakelt, heeft men toch al 90V. Er bestaan zelfs leddrivers die een uitgangsspanning boven 200V kunnen generen. Die moeten extra elektrisch worden beveiligd.

Extra isolatie nodig vanaf 24V

AC	DC
$V < 25 V_{RMS} (I_{RMS} < 0,7 \text{ mA})$	$< 60 V_{DC} (I_{DC} < 2 \text{ mA})$
$25 V_{RMS} < V < 60 V_{RMS}$	$< 60 V_{DC} < V < 120 V_{DC}$
$60 V_{RMS} < V < 120 V_{RMS}$	

Fig. 32: Volgens de internationale normen IEC 61347 bestaat er tot 24V (AC) of 60V (DC) geen risico voor aanraking (groen). Bij ledarmaturen met een hogere uitgangsspanning (rood) zijn er wel bijkomende veiligheidsmaatregelen nodig.

Internationale normen (IEC 61347) schrijven voor dat er vanaf 24V* extra maatregelen nodig zijn om de armatuur aanraakveilig te maken. Leds en andere stroomvoerende onderdelen mogen van buitenaf niet aanraakbaar zijn. De oplossing moet zo worden gemaakt dat de led pas kan worden aangeraakt na openen van de armatuur met speciaal gereedschap. Bovendien moet er een goede basisisolatie zijn tussen alle aanraakbare geleidende delen van de armatuur en alle stroomvoerende delen. Concreet voorziet ETAP voldoende lucht- en kruipwegen en wordt er elektrisch isolerend materiaal gebruikt, zonder dat de thermische huishouding hieronder lijdt.

Vervangbare lichtbron of niet?

De nieuwe editie van de norm EN 60598 bepaalt of de lichtbron van ledarmaturen

- A. niet vervangbaar is (armatuur moet worden vernietigd om toegang tot de lichtbron te krijgen)
- B. vervangbaar is door de gebruiker (lichtbron makkelijk en op een veilige manier vervangbaar)
- C. vervangbaar is door de fabrikant (lichtbron moet beschermd zijn door een afscherming die met minstens twee onafhankelijke bevestigingen en niet zonder gereedschap kan worden gedemonteerd)



Voor armaturen binnen deze laatste categorie C. moet vanaf 2017 verplicht een waarschuwing op de armaturen aangebracht worden dat zich achter de afscherming een gevaarlijke spanning bevindt.

*Ook de isolatieklasse van de driver bepaalt of er al dan niet bijkomende veiligheidsmaatregelen nodig zijn.

7. JUISTE GEGEVENS PUBLICEREN

Specifieke lichtstroom als maatstaf

Het rendement van fluorescentiearmaturen wordt sinds jaar en dag uitgedrukt in procenten, een indicatie van hoe efficiënt de armatuur met het licht omspringt. Maar in het ledtijdperk spreken we van lumen per Watt, dus lichtstroom per eenheid opgenomen vermogen. Belangrijk daarbij is dat de specifieke lichtstroom van de volledige oplossing in rekening wordt gebracht, zowel lichtbron als armatuur.

Het rendement van een fluorescentiearmatuur wordt bepaald door de lichtstroom van een armatuur te vergelijken met die van de naakte lamp. Zo'n rendementsaanduiding in procenten is erg aanschouwelijk. Het geeft aan hoe efficiënt een armatuur omspringt met een hoeveelheid licht. Daarom is die aanduiding de norm geworden bij oplossingen met fluorescentielampen. Het is ook heel eenvoudig te bepalen: je meet de lichtstroom van een armatuur met lamp en je vergelijkt die met de output van de naakte lamp.

Naakte led is geen bruikbare referentie

Bij oplossingen met leds is zo iets echter niet mogelijk. Om te beginnen zijn er veel verschillende soorten leds. Daarnaast zijn de meetomstandigheden tussen de fabrikanten niet altijd vergelijkbaar. Bovendien beantwoorden de meetcondities van de naakte led niet aan de gebruiksvoorwaarden. De lichtstroom is afhankelijk van stroomdensiteit en de werkingstemperatuur; een led presteert op 25°C veel beter dan wanneer ze warm geworden is in een armatuur. Daarom zou een aanduiding in procenten op zijn minst misleidend zijn.

Specifieke lichtstroom van lamp+armatuur

De verlichtingsmarkt doet daarom beroep op een ander concept. Men kijkt nu niet meer een armatuur alleen, maar de combinatie lamp+armatuur. Men werkt met lm/W, gebaseerd op de hoeveelheid energie die je in een armatuur moet steken om een bepaalde lichtstroom te krijgen. Dat is misschien minder aanschouwelijk dan een percentage, maar het is veel preciezer. De prestatie van ledoplossingen is immers van veel factoren afhankelijk, zoals koeling, driver, stroomdensiteit, hot/cold factor (de mate waarin de lichtstroom afneemt bij toenemende temperatuur),... De aanduiding lm/W houdt daar rekening mee: hoe gunstiger deze factoren, hoe groter de lichtstroom is voor hetzelfde vermogen. Momenteel zijn waarden tot 130 lm/W op een economische manier realiseerbaar.

The screenshot displays the ETAP product data sheet for the E7210/LED1N032050S industrial luminaire. The page is organized into several sections:

- Product introduction:** E7210/LED1N032050S
- Dimension sketch:** Industrial luminaire - lens - rectangular - anodised aluminium housing in anodised aluminium with polycarbonate components. Individual luminaire.
- Photometric data:** Luminous flux luminaire: 5099 lm; Luminous efficacy luminaire: 101 lm/W.
- Mechanical characteristics:** dimensions: (LxWxH) 1070 mm x 90 mm x 88 mm; weight: 4.3 kg.
- Optic:** lens - LED+LENS.
- Lamp:** lamp type: LED HP; colour temperature: 4000K / neutral white.
- Electrical equipment:** S: driver fixed output; voltage: 220-240V; frequency: 50-60Hz; power consumption: 50.4 W; power factor >= 0.9; photobiological safety: EN 62471: risk group 1 unlimited.
- More information:** Electrical options and accessories (general); Options E7; Concepts; Brochure LED lighting for large spaces; Assembly instructions E7E1900; Maintenance factors.

Fig. 33: In de ETAP-productfiches op de website worden zowel armatuurlichtstroom, als specifieke lichtstroom aangegeven (screenshot website).

Op de website van ETAP vind je naast de specifieke lichtstroom ook nog andere gegevens betreffende de leds:

- fotobiologische veiligheidsklasse
- de kleurtemperatuur
- het opgenomen vermogen
- het drivertype: dimbaar of niet
- de arbeidsfactor
- de behoudfactor

8. OBJECTIEVE KWALITEITSINFORMATIE

Vroeger bestond er in Europa geen richtlijn of normatief kader rond de publicatie van kwaliteitsgegevens van ledarmaturen. Fabrikanten publiceerden wel informatie, maar die kon je als consument niet zomaar vergelijken. Bijvoorbeeld: men kon goede cijfers publiceren voor levensduur, maar niet vermelden hoe men tot die cijfers kwam. Of men publiceerde lichtopbrengst en levensduur van de ledlichtbron alleen, terwijl die toch ook sterk worden bepaald door de optiek en de armatuurconstructie. Het gebrek aan eenvormigheid was lastig voor de consument, die vaak appels met peren moest vergelijken.

Europese regelgeving

De Europese federatie van verlichtingsproducenten Lighting Europe publiceerde daarom in 2012 een Gids voor Kwaliteitscriteria voor Ledarmaturen, waarin ETAP actief participeerde.



Inmiddels heeft ook de Europese Commissie een wettekst (Europese verordening 1194/2012: Ecologisch ontwerp voor gerichte lampen, ledlampen en gerelateerde uitrusting) hierrond opgesteld en goedgekeurd. Daarin staan eisen inzake energierendement, functionaliteit en productinformatie. De verordening beschrijft o.a. hoe prestatiegegevens en kwaliteitskenmerken van complete armaturen gemeten en gepubliceerd dienen te worden, bijvoorbeeld:

- Het inputvermogen (W) van de armatuur inclusief de voeding, de outputlichtstroom (lm) en het rendement = output/input (lm/W)
- Weergave van de lichtsterkte (cd) in een polair diagram
- Een fotometrische code die een indicatie geeft van de lichtkwaliteit (kleurtemperatuur van het licht, kleurweergave-index, chromaticiteit en lichtstroom)
- Een onderhoudscode die een indicatie geeft van de depreciatie van de lichtstroom na verloop van tijd, met opgave van de verwachte levensduur, het dan resterende lichtstroomaandeel en het uitvalspercentage op dat moment (zie verder)
- De omgevingstemperatuur (°C) waarvoor de gepubliceerde waarden gelden

De documentatie van ETAP beantwoordt aan deze Europese eisen, als ook aan de internationaal geldende normen van het IEC (International Electrotechnical Commission) aangaande de performantie-eisen van

- verlichtingsarmaturen (IEC/62722-1)
- ledarmaturen (IEC/62722-2-1)
- ledmodules (IEC/62717)

Gebuikt uw leverancier een betrouwbare behoudfactor?

De in de EU-verordening aangehaalde code voor de behoudfactor slaat op een aantoonbare, meetbare kwaliteitseigenschap van een armatuur. In de praktijk is die code veelal bepaald voor een duur van 6.000 uur, of in het beste geval 12.000 uur. Maar in verlichtingsstudies werken we eerder met depreciaties na 25.000 (wat in heel wat standaardtoepassingen overeenkomt met 10 jaar) of 50.000 branduren. Hiervoor moeten er extrapolaties gedaan worden. Aangezien de verordening daarover geen uitspraak doet, past ETAP hiervoor de Amerikaanse richtlijn TM21 toe. Op basis van die richtlijn extrapoleert ETAP zijn gegevens zodat men – op basis van betrouwbaarheidsmodellen – voor elk project met de juiste behoudfactor kan rekenen. Zo bent u zeker dat uw verlichting perfect aan de gestelde verwachtingen voldoet tot het geplande einde van de levensduur. Overigens wordt de levensduur van de armatuur ook beïnvloed door de schakeling van de leds (serie of parallel) en de veroudering van de optiek. Ook daar houdt ETAP rekening mee. De Europese verordening stelt ten slotte geen minimumeisen voorop inzake depreciatie bij ledarmaturen. Toch is een hoge en nauwkeurig berekende behoudfactor van groot belang. Enerzijds kunt u hierdoor zeker zijn van een

minimale overdimensionering van uw verlichtingsinstallatie, anderzijds bent u zeker dat de armaturen op het einde van hun levensduur nog steeds een acceptabel verlichtingsniveau halen (zie 4.1).

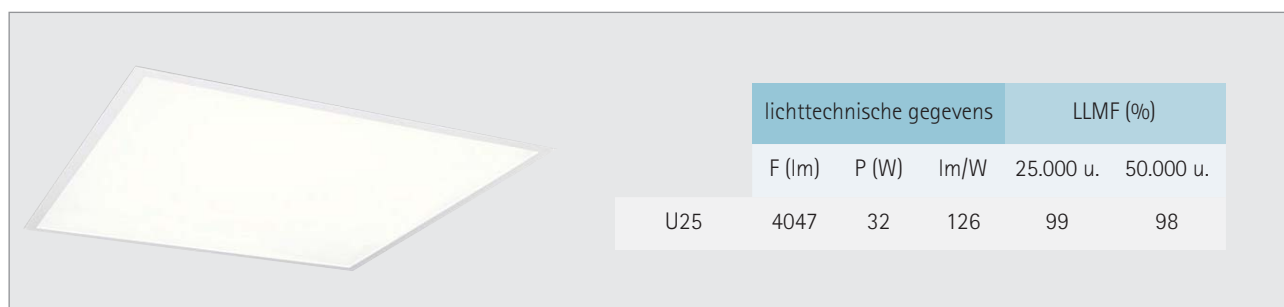


Fig. 34: Voor het berekenen van de behoudfactor, past ETAP de Amerikaanse richtlijn TM21 in combinatie met betrouwbaarheidsmodellen toe (vb. U25).

ENEC+

In 2014 werd het Europese keurmerk ENEC+ gelanceerd. Terwijl het ENEC-certificaat betrekking heeft op de elektrische en fotobiologische veiligheid van elektrische apparaten, zegt ENEC+ iets over de prestatie van verlichtingsarmaturen. Let wel, wat bij ENEC+ niet in rekening wordt gebracht, is de depreciatie en levensduur van ledarmaturen: de lichtstroom wordt slechts gedurende de eerste 1000 branduren gemeten. Welk verlichtingsniveau uw installatie na 25.000 of 50.000 branduren haalt, is informatie die ETAP via bovenbeschreven methode berekent en die u terugvindt in bijlage 1 of op onze website.

9. FOTOBIOLOGISCHE VEILIGHEID

De Europese norm voor fotobiologische veiligheid EN 62471 beschrijft een classificatiesysteem dat aangeeft of een lamp of verlichtingsarmatuur risico op oog- en huidschade inhoudt. Gezien de hoge luminanties die ontstaan bij heel wat hoogvermogenleds, is het gevaar voor oogschade niet uitgesloten. Daarom is het belangrijk dat de fotobiologische veiligheid correct gemeten en duidelijk gepubliceerd wordt.

Ledlicht bevat nauwelijks licht uit het ultraviolette of infrarode spectrum en is dan ook niet gevaarlijk voor de huid. Het bevat echter wel een hoge piek in het blauwe spectrum waardoor (langdurige) inkijk in een felle lichtbron aanleiding kan geven tot onomkeerbare beschadiging van het netvlies, de zogenaamde Blue Light Hazard (BLH).

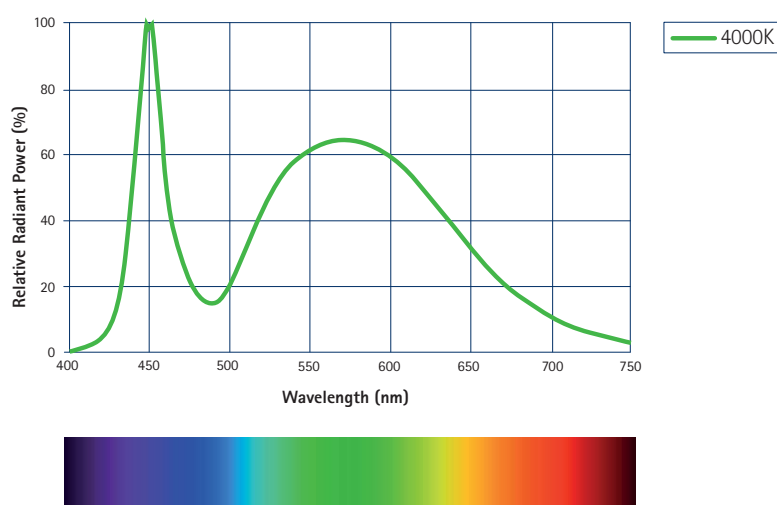


Fig. 35: Ledlicht bevat een hoge piek in het blauwe spectrum, waardoor er voldoende aandacht moet worden besteed aan beschermende maatregelen.

Vier risicogroepen

Of dat risico reëel is, hangt van meerdere factoren af: het vermogen van de led, de kleurtemperatuur, maar ook de lichtverdeling en de afstand tot de armatuur spelen een belangrijke rol.

Om gebruikers toe te laten het gevaar in te schatten, bepaalt de norm EN 62471 dat lampen en armaturen worden onderverdeeld in vier risicogroepen. Voor het risico op Blue Light Hazard zijn die groepen als volgt gedefinieerd:

- Risicogroep 0 ("exempt" groep): dit betekent dat er geen gevaar is, zelfs niet bij onbeperkt kijken naar de lichtbron.
- Risicogroep 1: het risico is beperkt, maximaal 10.000 seconden inkijk is toegestaan (iets minder dan 3 uur).
- Risicogroep 2: maximaal 100 seconden inkijk is toegestaan.
- Risicogroep 3: maximaal 0,25 seconden inkijk is toegestaan. Dit is korter dan de natuurlijke afkeerreflex van het oog.

Aangezien de norm EN 62471 een theoretische indeling betreft, gedefinieerd volgens een vaste kijkafstand, werd daarnaast ook een praktijkrichtlijn ontwikkeld (IEC/TR 62778) die de huidige norm EN62471 vanaf 2016 vervangt. Het gevaar op BLH hangt namelijk ook af van de kijkafstand (afstand tussen oog en led). Normaal kijkt men niet vanop een korte afstand in een armatuur, maar kortere kijkafstanden zijn wel reëel wanneer bijvoorbeeld een technicus onderhoud uitvoert. IEC/TR 62778 beschrijft binnen welke afstanden een verlichtingsarmatuur tot een bepaalde BLH-risicogroep behoort (zogenaamde grensafstanden).

Enkele voorbeelden:

- Diffusoren behoren tot risicogroep 0 (RG 0), vanaf welke afstand men er ook naar kijkt, vb. Kardó, R8, U2.
- Downlights en LED+LENS™ armaturen maken deel uit van RG 1, ongeacht de kijkafstand.
- Voor de lichtbron in figuur 36 geldt RG 1/RG 2 met een grensafstand x cm. Dat betekent dat de lichtbron tot RG 2 behoort bij kijkafstanden kleiner dan x cm.

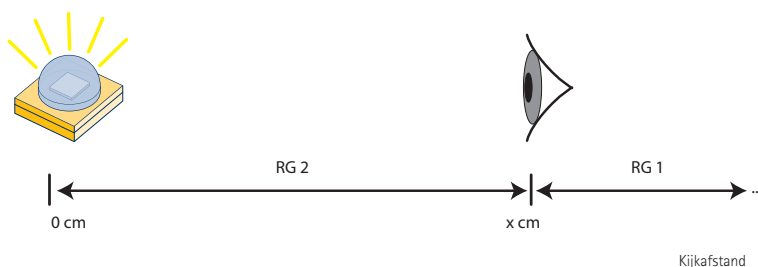
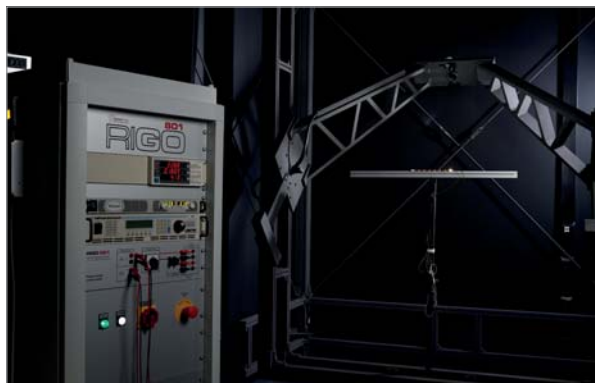


Fig. 36: Illustratie van grensafstanden

In welke mate er beschermende maatregelen nodig zijn hangt af van de toepassing. Hebben lichtbronnen een grensafstand RG 1/RG 2, moet dit verplicht aangegeven worden, net zoals de waarschuwing om niet rechtstreeks in de lichtbron te kijken.

Naakte witte leds (gebruikt in algemene verlichting) zitten vandaag in het slechtste geval in groep 2, nooit in groep 3. Bij de meeste armaturen zitten die leds achter een lens of een diffusor die het beeld van de bron optisch vergroten en zo de piekluminanties afvlakken. Daardoor zal de risicoklasse in de meeste gevallen verder afnemen.



ETAP beschikt over de juiste instrumenten om de metingen uit te voeren.

Correct meten, duidelijk publiceren

Tot welke groep een armatuur hoort, wordt vastgesteld volgens een specifieke meetprocedure, met behulp van gespecialiseerde meetinstrumenten (spectrometer). ETAP beschikt over de juiste opstelling en instrumenten om deze metingen in huis uit te voeren. Dat betekent dat ETAP alle armaturen nauwkeurig kan screenen op fotobiologische veiligheid. De uiteindelijke risicogroep van de oplossing wordt gepubliceerd op de website en in de productdocumentatie.

Product introduction Dimension sketch Photometric data [print product data sheet](#)

Lighting

E4210/LED2N120S

IP 40 IK 07 LED 850 °C CE

UGR ≤ 25

← previous next →

industrial luminaire - lens - rectangular - RAL9016-white
Lacquered aluminium housing (RAL9016) with linear lens and polycarbonate components
individual luminaire
luminous flux luminaire: 11444 lm
luminous efficacy luminaire: 111 lm/W



► **Mechanical characteristics**
dimensions: (LxWxH) 2060 mm x 60 mm x 135 mm
weight: 6.1 kg

► **Optic**
lens - DUAL LENS

► **Lamp**
lamp type: LED LP
colour temperature: 4000K / neutral white

► **Electrical equipment**
S: driver fixed output
voltage: 220-240V
frequency: 50-60Hz
power consumption: 103.2 W
power factor ≥ 0.9
photobiological safety: EN 62471: risk group 1 unlimited

► **More information**
[Electrical options and accessories \(general\)](#)
[Options E4](#)
[Concepts](#)

[Brochure LED lighting for large spaces](#)
[Revit](#)

[Assembly instructions - E4E1990](#)
[Maintenance factors](#)

Fig. 37: In de productfiches op onze website vindt u telkens de juiste informatie over de risicoklasse van onze ledarmaturen (screenshot website, status oktober 2015)

10. LEDTUBES

Ledtubes zijn kant-en-klare ledoplossingen die passen in de lamphouders van fluorescentiearmaturen. Wanneer armaturen specifiek hiervoor zijn ontworpen, kunnen ledtubes tal van voordelen bieden. Wanneer je fluorescentielampen in bestaande armaturen echter zomaar vervangt door ledtubes, gaat dit ten koste van kwaliteit, comfort en soms veiligheid.



EU kijkt toe op veilige ledtubes

De Europese Unie heeft via het Rapid Alert System verschillende ledtubes van de markt laten halen (zie website van de Europese Commissie <http://ec.europa.eu>) omdat ze niet conform zijn met de laagspanningsrichtlijn 2006/95/EG en de EN 60598 norm voor verlichtingsarmaturen. Bij deze producten is er o.a. gevaar voor een elektrische schok bij het installeren want sommige uitwendige delen kunnen dan onder spanning komen te staan.

Voordelen van ledtubes

Ledtubes hebben tal van praktische voordelen: ze hebben niet alleen een laag energieverbruik en een lange levensduur, maar ze staan ook voor gemakkelijk onderhoud. Bij een defect kan de gebruiker ze zelf vervangen (zie 6. Elektrische veiligheid), zonder spanningsgevaar. Er bestaan ook ledtubes in een volledig afgesloten behuizing, geschikt voor chemische omgevingen. Bij reflectorarmaturen laten ledtubes toe om luchtafzuiging over de reflector te voorzien zodat een zelfreinigend effect ontstaat.

Interne of externe driver?

Ledtubes kunnen een interne of een externe driver hebben. Een externe driver laat toe om de lampen te dimmen en om ze – indien nodig – eenvoudig te vervangen.



LEDA-armaturen met ledlampen



Verantwoord gebruik van ledtubes

Het is belangrijk om te weten dat je fluorescentielampen niet zomaar kan vervangen door ledtubes. Vaak moet de bedrading worden aangepast, of moeten er armatuurcomponenten worden verwisseld of overbrugd. Daarmee vervalt meteen ook de verantwoordelijkheid van de oorspronkelijke armatuurfabrikant, ook de lichtkwaliteit kan hierdoor afnemen: elke armatuur is ontworpen voor een bepaalde lichtopbrengst en een bepaalde lichtverdeling. Door zonder meer over te schakelen naar ledtubes krijg je mogelijk lagere verlichtingsniveaus, slechtere gelijkmatigheid, verblinding, kortom comfortverlies.

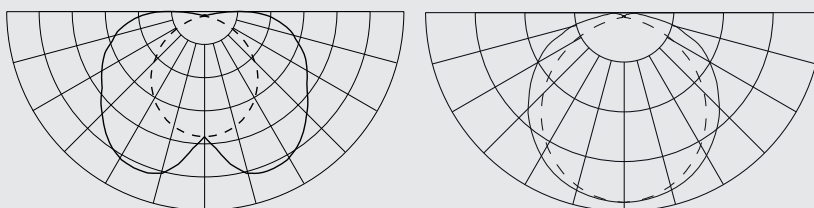


Fig. 38: Terwijl een E12/136HFW (met 1 x 36W fluorescentielamp) een nominale lichtstroom van 3350 lm en een specifieke lichtstroom van 72 lm/W haalt, bereikt hetzelfde toestel met ledtube respectievelijk slechts 1340 lm en 61 lm/W. Ook de lichtverdeling met ledtube (rechts) is anders dan met fluorescentielamp (midden).

Maar het kan ook anders: vervang je het volledige binnenwerk (lamp + reflector) door een aangepaste optiek, kan je met bestaande fluorescentieverlichting alsnog makkelijk overschakelen naar led. Zo kan je bijvoorbeeld in de E1-armaturen voor hoge beschermingsgraad de lamp en reflector makkelijk vervangen door een renovatiemodule, met ledtube, en je oude armaturen verdergebruiken. Het resultaat: hogere efficiëntie, beduidend minder (of geen) lampvervanging en onveranderd hoog comfort.

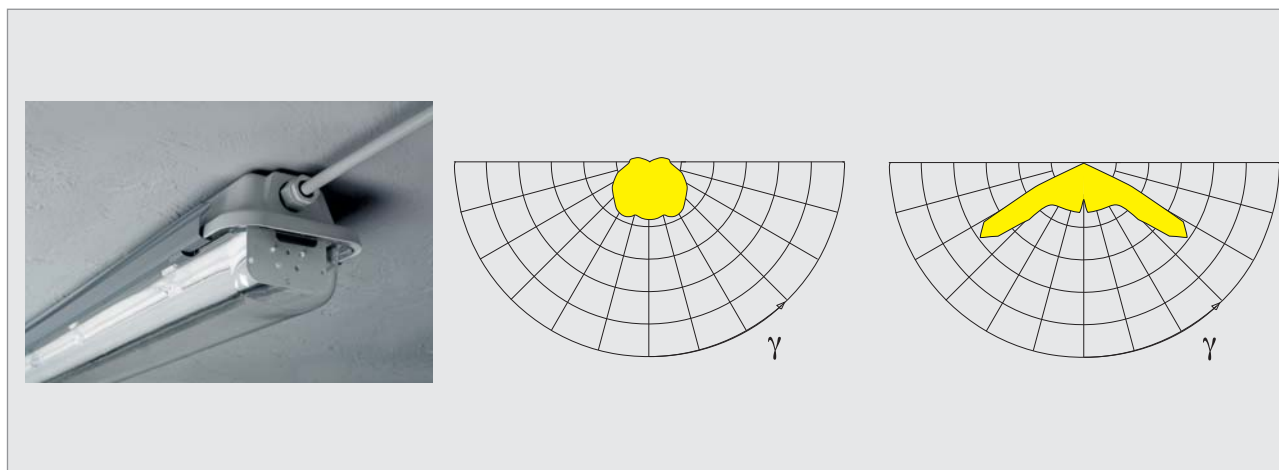


Fig. 39: Wanneer men de verlichtingsmodule (lampen en reflector) van een breedstralende E1 met 2 x 58W-lampen, vervangt door een ledmodule met aangepaste reflector en ledtubes, haal je nagenoeg dezelfde armatuurlichtstroom (6740 ipv 6700 lm), terwijl de efficiëntie van 90 lm/W naar 120 lm/W stijgt. Ook de lichtverdeling van de leduitvoering (rechts) is meer uitgesproken dan bij de fluoversie (midden).

Hoofdstuk 3: Drivers voor ledarmaturen

1. KWALITEITSCRITERIA VOOR DRIVERS

De driver is één van de meest kritische componenten van ledoplossingen. De kwaliteit van ledarmaturen hangt niet alleen af van de ledlichtbron en het optisch ontwerp, maar net zo goed van de efficiëntie en betrouwbaarheid van de driver. Een goede leddriver moet aan zeven kwaliteitseisen voldoen:

Levensduur. De driver moet minstens dezelfde vooropgestelde levensduur hebben als de leds.

Efficiëntie. Een van de succesfactoren van led is energie-efficiëntie. Daarom moet ook de omzetting van netspanning in stroom zo efficiënt mogelijk gebeuren. Een goede leddriver heeft een rendement van minstens 85%.

Arbeidsfactor. De arbeidsfactor is een technische indicator van de driver die aangeeft hoe dicht de golfvorm van de stroom de referentiesinusoiden van de spanning benadert. De arbeidsfactor (λ) is samengesteld uit 2 delen: de verschuiving tussen spanning en stroom ($\cos \varphi$) en de vervorming van de stroom (harmonischen of Total Harmonic Distortion). Hoe kleiner de verschuiving en de vervorming van de golfvorm, hoe minder verliezen en vervuiling op het distributienet van de energieleverancier. Bij ETAP-leddrivers werken we uitsluitend met een arbeidsfactor van meer dan 0,9.

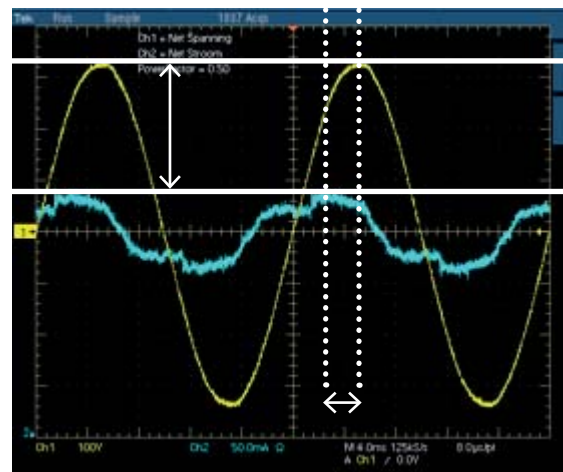
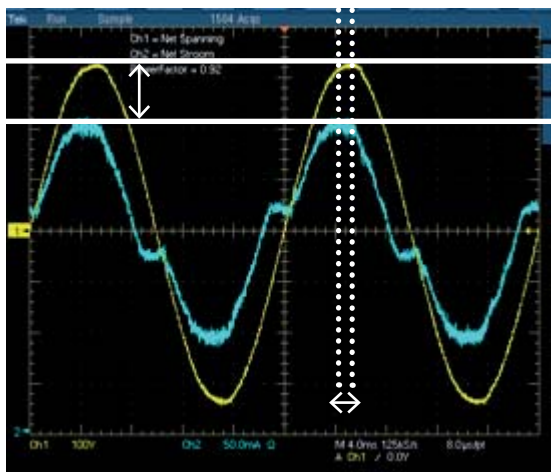


Fig. 40: Bij drivers met een hoge arbeidsfactor (links), vertoont de golfvorm van de stroom (blauw) weinig vervorming en verschuiving tov. de spanning (geel). Bij drivers met een lage arbeidsfactor (rechts) is dit wel het geval.

Elektromagnetische compatibiliteit (EMC). De driver moet zo weinig mogelijk elektromagnetische storingen veroorzaken in haar omgeving en tegelijk zelf zo weinig mogelijk beïnvloed worden door elektromagnetische storingen uit de omgeving. Een goede elektromagnetische compatibiliteit is daarom cruciaal.

Inschakelstroom (Inrush current). Wanneer een leddriver onder spanning wordt gezet, is er gedurende een korte tijd (een fractie van een milliseconde) een hoge piekstroom op het net. Dat komt omdat er in het begin condensatoren worden opgeladen. Bij drivers met lage inschakelstroom zullen, bij het tegelijkertijd onder spanning brengen van een aantal armaturen, de zekeringautomaten niet uitgeschakeld worden.

Golfstroom vorm. Een goede kwaliteit van de uitgangsstroom zorgt er voor dat er geen intensiteitsfluctuaties zijn zodat er geen flikkeringen of stroboscopische effecten ontstaan.

Filtering netspanning. Vervuiling op het elektriciteitsnet kan onder meer laagfrequente lichtflikkeringen (3 ... 50 Hz) veroorzaken. Door het snelle schakelvermogen van leds zijn deze goed zichtbaar, wat als zeer storend wordt ondervonden. Een goede leddriver zorgt ervoor dat de vervuiling van het elektriciteitsnet niet wordt doorgelaten op de uitgangsstroom zodat de lichtstroom stabiel blijft. Onlangs werd een nieuwe norm gepubliceerd die de meetprocedure beschrijft om lichtfluctuaties te kwantificeren (IEC/TR61 547-1 Ed. 1: An objective voltage fluctuation immunity test method).



ETAP testlabo's

Technische fiches

De driver is dus een kritische component in elke ledoplossing. Kwalitatieve drivers kan men herkennen door de technische fiches bij de fabrikant op te vragen en na te kijken of aan bovenstaande kwaliteitseisen is voldaan. Bij ETAP zorgen we altijd voor kwalitatieve leddrivers, perfect aangepast aan de oplossing en zorgvuldig getest in onze labo's.

2. STROOMBRONNEN VS. SPANNINGSBRONNEN

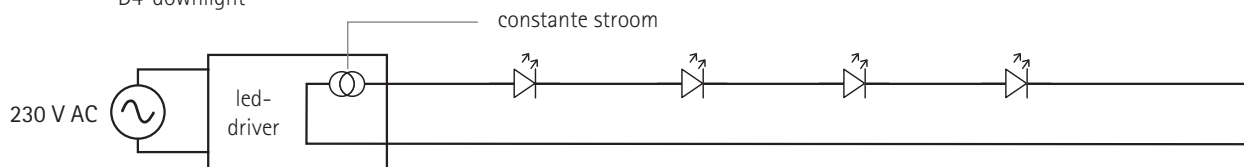
Leds zijn stroomgestuurde componenten. De stroom is rechtstreeks bepalend voor de lichtopbrengst en moet daarom nauwkeurig geregeld worden. Er zijn twee manieren van aansturen:

- **Constante stroombronnen**

Deze zetten de netspanning rechtstreeks om in een constante stroom. Deze methode geeft het hoogste rendement en is de meest kosteneffectieve methode. Nadeel is dat je modules met een constante stroombron enkel in serie kunt aansluiten – dit is lastiger qua installatie en bij hogere vermogens loopt de nodige uitgangsspanning sterk op (>100V).

Voorbeelden:

- Flare spot 500mA,...
- D4-downlight

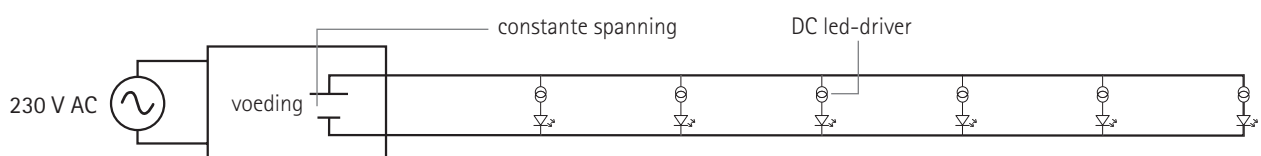


- **Constante spanningsbronnen**

Dit zijn voedingen die de netspanning omzetten in een nauwkeurig geregelde spanning. Als zij gebruikt worden met leds of ledmodules moeten deze voedingen steeds voorzien zijn van een stroombegrenzer (bijvoorbeeld een weerstand) of een DC-leddriver dat de gelijkspanning omzet in een constante stroom. Spanningsbronnen hebben als groot voordeel dat je verschillende modules op eenvoudige wijze parallel kunt aansluiten.

Voorbeeld:

- Flare spot 24V (DC-leddriver in de kabel geïntegreerd).
- Gedistribueerd DC-systeem, vb. PoE (Power over Ethernet)



Ook voor dimbare armaturen

De driver moet niet alleen betrouwbaar en efficiënt zijn, ze moet ook flexibel kunnen ingezet worden in elke moderne verlichtingsinstallatie. In veel gevallen moet het lichtniveau regelbaar zijn, bijvoorbeeld via een lichtregelsysteem zoals daglichtafhankelijke regeling (ELS) of een externe lichtdimmer. Het is belangrijk dat de efficiëntie en de arbeidsfactor bij het dimmen goed blijven.

Het maximaal haalbare rendement van een driver wordt bepaald door het nominale vermogen waarvoor de driver is ontworpen (zie figuur 41). Voor drivers met een nominaal vermogen <25W zal het maximale rendement nooit hoger liggen dan 80-85%. Voor drivers met een vermogen groter dan ca. 35W zijn maximale rendementen van 90% en hoger haalbaar.

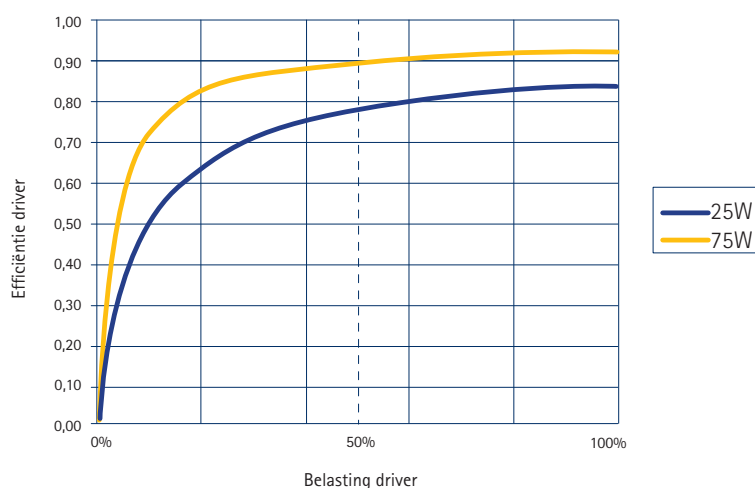


Fig. 41: Effect van driverbelasting op efficiëntie, voor een driver met laag vermogen (blauw) en hoog vermogen (geel)

Bovenstaande grafiek toont aan dat het werkelijke rendement van een driver ook afhangt van de mate van belasting. Voor een kwalitatieve driver zal het rendement vrij constant blijven tot een minimale belasting van 50-60%. Bij nog lagere belastingen neemt het rendement sterk af. Daarom is het belangrijk ledmodule en driver goed op elkaar af te stemmen, zodat de driver steeds in zijn optimaal werkingsgebied functioneert.

In de praktijk bestaan er twee technieken om te dimmen: het stroomniveau verminderen (AM of Amplitude Modulation) of de stroom omzetten in pulsen van gevarieerde aan/uit duur (PWM of Pulse Width Modulation). Beide toepassingen hebben voor- en nadelen. Onze specialisten helpen graag met concreet advies.

Alle bekende systemen voor dimmen zijn in principe ook toepasbaar op ledverlichting:

- DALI
- 1-10V (wordt minder toegepast bij ledverlichting)
- TouchDim
- DMX (minder toegepast voor verlichting, eerder gebruikt in theaterwereld).



Hoofdstuk 4: Verlichten met leds – lichttechnische aspecten

1. DEPRECIATIE EN BEHOUDFACTOR

Een correct berekende behoudfactor is essentieel voor de juiste dimensionering van een verlichtingsinstallatie. Een behoudfactor die te weinig rekening houdt met de specifieke eigenschappen van leds, leidt tot weinig accurate lichtstudies en berekeningen.

Waarom hanteren we een "behoudfactor"?

Tijdens de levensduur van een verlichtingsinstallatie vermindert de hoeveelheid licht op het werkvlak. De lichtopbrengst van de lampen daalt, lampen gaan stuk en de armaturen raken vervuild door stof en ander vuil. Ook de ruimte zelf raakt vervuild – een pas geverfde muur zal het licht bijvoorbeeld beter reflecteren. Daarom wordt bij de berekening van een installatie een behoudfactor toegepast die de afname van de lichtstroom in rekening brengt (zie kaderstuk). Op die manier bent u zeker dat de installatie ook na 5 of 10 jaar blijft voldoen aan het vooropgestelde lichtniveau.

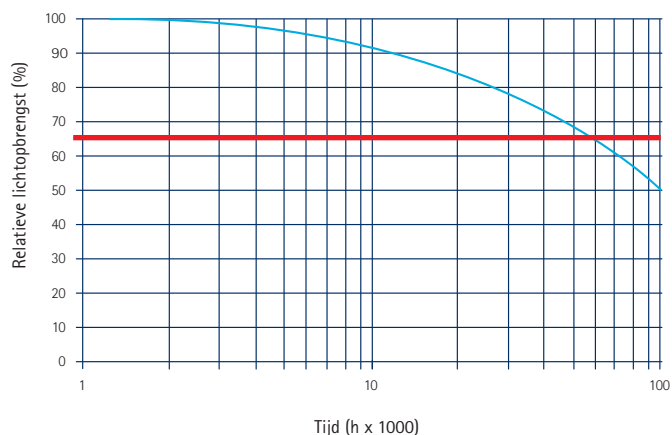


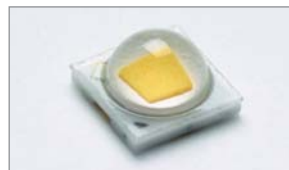
Fig. 42: Depreciatie van de lichtopbrengst in de tijd

De behoudfactor (MF) wordt berekend aan de hand van vier parameters:

$$MF = LLMF \times LSF \times LMF \times RMF$$

LLMF: lamp lumen behoudfactor (Lamp Lumen Maintenance Factor)

Dit is vermindering van de lichtstroom van de lichtbron



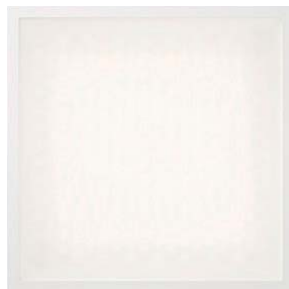
LSF: lamp overlevingsfactor (Lamp Survival Factor)

Houdt rekening met levensduur van de lamp zonder onmiddellijke vervanging



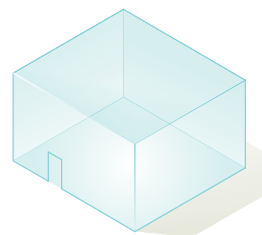
LMF: behoudfactor armatuur (Luminaire Maintenance Factor)

Vermindering van het rendement van de armaturen door vervuiling



RMF: behoudfactor oppervlakte ruimte (Room Maintenance Factor)

Vervuiling van de ruimte



Duidelijke regels voor fluo

Voor klassieke lichtbronnen zoals fluorescentielampen bestaan duidelijke regels en internationale standaarden om de behoudfactor van een installatie te berekenen. Typisch worden vier elementen in rekening gebracht: de vermindering van de lichtstroom die de lamp produceert, de frequentie van defecten aan de lampen, de vervuiling van de armatuur en de vervuiling van de ruimte zelf. Voor fluorescentieverlichting bestaat dus een algemene consensus over de berekening van de behoudfactor. De depreciatie en de levensduur van de lampen is in de praktijk bewezen en verschilt niet of nauwelijks tussen fabrikanten onderling. Bovendien heeft het armatuurontwerp geen invloed op de depreciatie van de lamp en wordt ervan uitgegaan dat de lampen regelmatig vervangen worden, zodat er doorgaans weinig discussie bestaat over de behoudfactor van fluorescentiearmaturen.

Leds zijn anders

Dat is bij leds echter niet het geval. Daar is de behoudfactor afhankelijk van veel meer factoren. Het begint al bij de keuze van de leds. Er is vandaag nog een groot kwaliteitsverschil tussen fabrikanten onderling en ook het type led – laag vermogen of hoog vermogen – is bepalend voor het behoud van de lichtstroom en de levensduur. Het gaat bovendien om een vrij recente technologie, die razendsnel evolueert. Bij gebrek aan kennis en informatie hanteren vandaag heel wat led- en verlichtingsfabrikanten gemakshalve een algemene LLMF van 70 % na 50 000 uren. Dat betekent dus dat ze ervan uitgaan dat de leds na 50 000 branduren nog slechts 70 % van hun initiële lichtopbrengst halen – ongeacht de kwaliteit van de leds.

Anders dan bij fluorescentieverlichting speelt ook het armatuurontwerp een grote rol. De lichtopbrengst en de levensduur van leds is heel sterk afhankelijk van hun werkingstemperatuur. Hoe beter ze gekoeld worden, hoe kleiner de depreciatie en hoe langer ze meegaan. De warmteafvoer is dan ook cruciaal. Het armatuurontwerp wordt vandaag echter zelden in rekening gebracht bij het bepalen van de behoudfactor. In de praktijk heeft elke ledarmatuur een eigen behoudfactor, waardoor het onmogelijk is een algemeen geldig cijfer te hanteren.

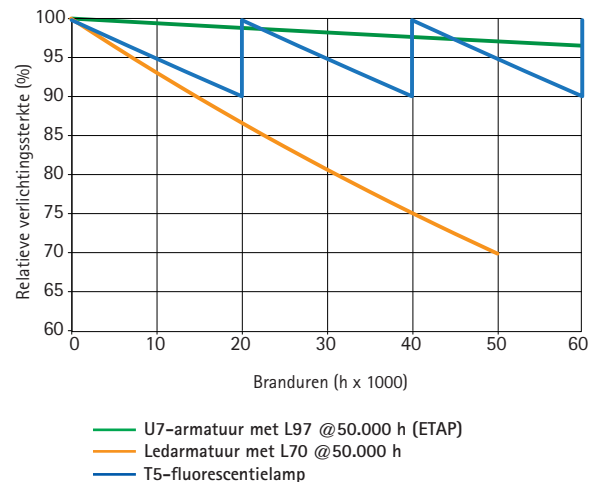


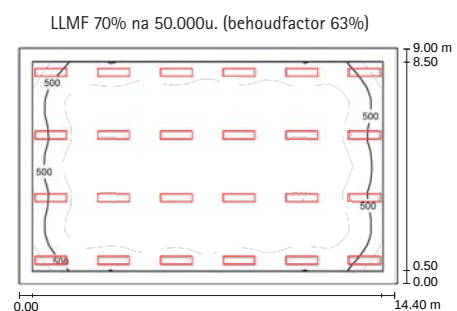
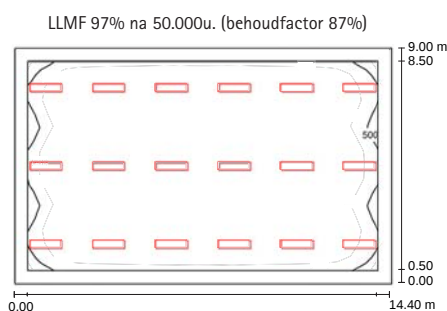
Fig. 43: LLMF van ledarmaturen in vergelijking met fluorescentieverlichting.

Bij installaties met fluorescentielampen zijn er regelmatig lampvervangingen nodig (blauwe curve). Bij leds wordt lampvervangning overbodig, maar speelt de kwaliteit van de leds een grote rol: terwijl de algemeen gehanteerde LLMF bij 70% ligt (gele curve), geldt voor de leds in een U7-armatuur een LLMF van 97% (groene curve).

Grote gevolgen voor uw installatie

Weinig accurate berekeningen kunnen in de praktijk grote gevolgen hebben. Wanneer de behoudfactor te optimistisch wordt ingeschat, zal de installatie al na een paar jaar niet meer voldoen aan het gewenste lichtniveau. Omgekeerd zal een te pessimistische behoudfactor leiden tot een overgedimensioneerde verlichtingsinstallatie, met te veel armaturen en een overdreven hoog geïnstalleerd vermogen die de aankooprijzen en het energieverbruik de hoogte injagen.

vb. Invloed van de behoudfactor op een lichtstudie met U7-armaturen in een kantoorruimte van 9 x 14,4 m:



Volgens de lichtstudie met correct berekende behoudfactor hebben we voor deze ruimte 18 U7-armaturen en een geïnstalleerd vermogen van 0,86 W/m²/100 lx nodig (links). Het gebruik van de algemene behoudfactor (rechts) zou leiden tot een overgedimensioneerde installatie: 24 U7-armaturen en een geïnstalleerd vermogen van 1,25 W/m²/100 lx.

Hoge behoudfactor door uitgekiend ontwerp

De behoudfactoren die ETAP in haar verlichtingsstudies hanteert zijn nauwkeurig berekend volgens internationale standaarden. In de praktijk stellen we vast dat de ETAP-behoudfactoren meestal veel hoger liggen dan de algemeen gehanteerde waarde. We letten namelijk op twee specifieke zaken. Ten eerste maken we in onze armaturen altijd gebruik van hoogkwalitatieve (meestal keramische) leds die afkomstig zijn van fabrikanten die concrete en verifieerbare gegevens publiceren over de lichtopbrengst en de levensduur. In de praktijk gebeurt dat op basis van de LM-80- en TM-21-standaarden, die werden gevalideerd door de Illuminating Engineering Society (IES), een internationale autoriteit op dit vlak. Dat levert ons een objectief beoordelingscriterium op voor de prestaties van de leds.

Ten tweede besteden we veel aandacht aan de warmtehuishouding van onze ledarmaturen en brengen we die ook in rekening. In onze labo's beschikken we over de juiste infrastructuur om de junctietemperatuur tussen de printplaat en de led te bepalen. Op die manier kennen we de werkingstemperatuur van de led en kunnen we de effectieve depreciatie en levensverwachting van de leds nauwkeuriger inschatten. Die nemen we dan mee op in de berekening van de behoudfactor in onze lichtstudies.



In onze labo's voeren we verschillende tests (vb. duurtests en lichtmetingen) uit om de lichttechnische gegevens en de effectieve depreciatie van onze ledarmaturen nauwkeurig te bepalen.

U7 en UM2 scheren hoge toppen in onafhankelijke studie

Een recente studie van Laborelec, het onafhankelijk onderzoekscentrum van ENGIE (voormalig GDF Suez), bevestigt dat onze aandacht voor een kwalitatief en intelligent verlichtingsontwerp vruchten afwerpt. In een vergelijkend onderzoek naar ledverlichting voor kantoren testte Laborelec zes armaturen van verschillende aanbieders op de Belgische markt, waaronder U7 en UM2 van ETAP. Beide inbouwarmaturen overtuigden met maximale efficiëntie en minimale veroudering.

De veroudering werd volgens twee methodes vastgesteld: een versnelde veroudering in een klimaatkamer bij 45° bij 12.000 branduren (UM2 en U7) en een reële veroudering bij kamertemperatuur (UM2) bij 2000 branduren. Beide meetmethodes bevestigen: terwijl bij de andere deelnemende armaturen de specifieke lichtstroom aanzienlijk daalt, blijven de waarden bij ETAP absoluut stabiel, zelfs na 2000, resp. 12.000 branduren.

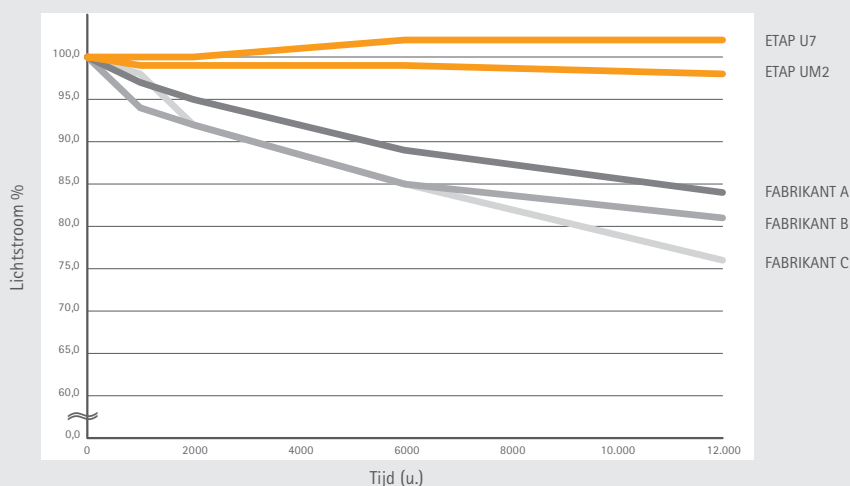


Fig. 44: Lumenbehoud (LLMF) na 12.000 uren versnelde veroudering

Naar een correcte berekening

ETAP stelt een tabel ter beschikking waarin men de correcte behoudfactor voor alle ETAP-ledarmaturen terugvindt, in functie van de vooropgestelde omgeving en gebruikstermijn. Zo kunnen we een betrouwbare verlichtingsstudie aanbieden, met de zekerheid dat een installatie ook op lange termijn blijft voldoen aan de vooropgestelde lichtniveaus.

Een voorbeeld

In een verlichtingsstudie met U7 in een kantooromgeving, berekent men de behoudfactor als volgt: 99% (LLMF of behoudfactor lamp) x 1 (lampuitval bij ledarmaturen is quasi onbestaande, dus heeft geen invloed) x 0,94 (vervuiling ruimte) x 0,95 (behoudfactor gesloten armatuur) = 88%. Dit wil zeggen dat men na 25.000 uren nog 88% van de lichtstroom heeft. Na 50.000 branduren, haalt U7 nog 87% van de lichtstroom, wat beduidend hoger ligt dan de standaard 70% na 50.000 u.



U7-armaturen in een kantooromgeving hebben een behoudfactor van 87% na 50.000 branduren (zie tabel).

Type led	Ledarmatuur	25kh	50kh	LLMF (%)	
				25kh	50kh
High Power	U7	88	87	99	97

Fig. 45: Extract uit tabel met behoudfactoren en LLMF bij een U7-armatuur voor 25.000 en 50.000 branduren (status medio 2015)

De volledige tabel met behoudfactoren vindt u terug in bijlage 1, of in de productfiches op onze website.

2. LEVENSDUUR BIJ LEDARMATUREN

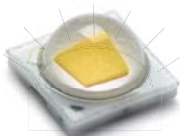
De nuttige levensduur van ledarmaturen is geen op zich staand gegeven, maar hangt steeds samen met een concrete situatie of installatie, en bijgevolg ook met de behoudfactor. Kijken we naar de formule van de behoudfactor (Maintenance Factor – MF, zie kaderstuk p. 35), zit het element levensduur in de laatste parameter, LLMF (Lamp Lumen Maintenance Factor).

LLFM als uitgangspunt

Het cijfer dat de vermindering van de lichtstroom van de lichtbron weergeeft (LLMF) houdt rekening met falende leds, en met de achteruitgang van de lichtopbrengst van de leds in de tijd. Hoe bepalen we deze LLMF? We maken onderscheid tussen de levensduur van leds op componentniveau en op armatuurniveau.

Op componentniveau houden we rekening met de geleidelijke achteruitgang van de lichtstroom van de leds (parametrisch falen of B-levensduur), en met het mogelijke uitvallen van leds (catastrofaal falen of C-levensduur).

Op armatuurniveau is het volledig uitvallen van een armatuur niet relevant (zie Luminaire Survival Factor). De LLMF stemt overeen met de B-levensduur op armatuurniveau en houdt dus zowel rekening met het parametrisch als met het catastrofaal falen van de individuele leds in de armaturen.

	NIEUW	NA INGEBRUIKNAME	
		Parametrisch falen	Catastrofaal falen
COMPONENTNIVEAU			
ARMATUURNIVEAU		 OF  = LLMF	 = LSF

Relevante en betrouwbare gegevens

Om tot een nauwkeurige, betrouwbare LLMF van onze armaturen te komen, gaan we als volgt te werk:

- Het parametrisch falen op componentniveau stellen we vast volgens de objectieve normen LM-80/TM-21.
- Het catastrofaal falen kunnen we niet zelf berekenen, maar we proberen bij voorkeur samen te werken met fabrikanten die accurate gegevens ter beschikking stellen. Wanneer er geen meetgegevens voorhanden zijn, baseren we ons op betrouwbaarheidsmodellen uit de elektronica (MIL-HBK-217F).

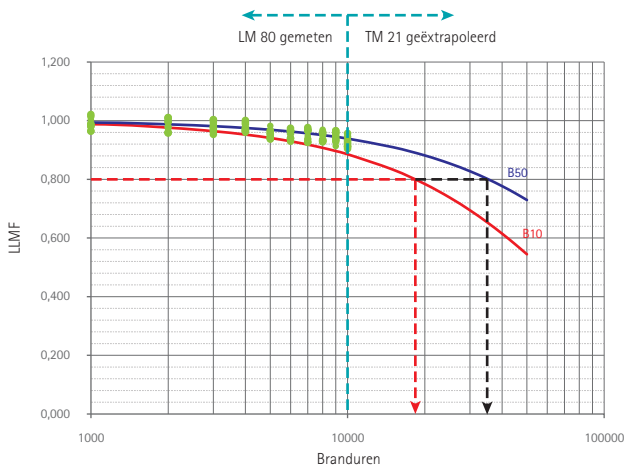


Fig. 46: LLMF wordt bepaald volgens de door IES aanbevolen LM-80/TM-21-methode

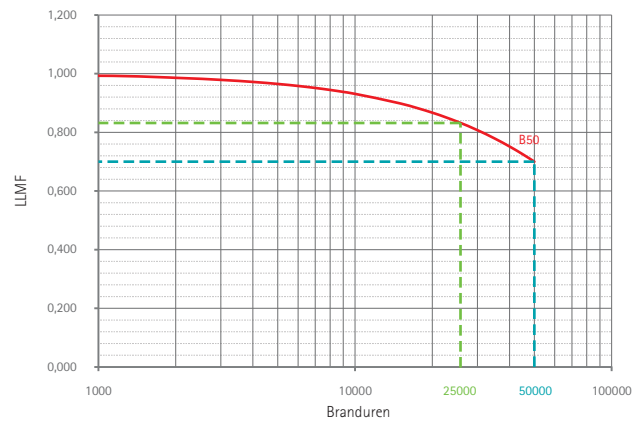


Fig. 47: ETAP geeft voor al zijn ledarmaturen de LLMF na 25.000 en na 50.000 branduren aan.

Op onze website vindt u zowel de LLMF als de behoudfactor van onze ledarmaturen. We publiceren beide waarden telkens voor twee periodes: 25.000 of 50.000 branduren. Op die manier weet u hoeveel licht uw armaturen nog zullen geven na een voor u relevante gebruiksduur.

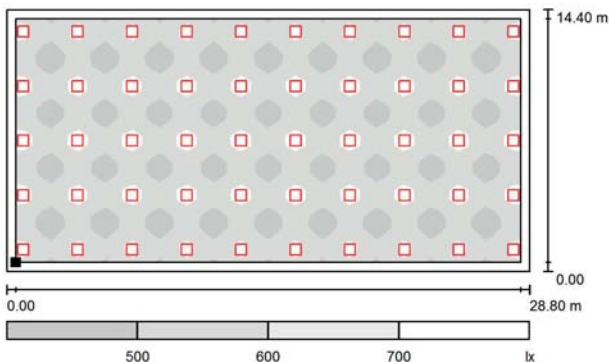


Fig. 48: Om een kantoorruimte van 29 op 14 meter te verlichten met U25-diffusoren, volstaan 50 armaturen (L98B50). Verlicht u de ruimte met armaturen met L80B50, heeft u meer dan 60 armaturen nodig.

WAT IS DE JUISTE INTERPRETATIE VAN DE FORMULE $L \times B$?

Voorbeeld: de levensduur van U25-armaturen wordt aangegeven als L98B50 na 50.000 branduren:

- L geeft weer hoeveel procent van de oorspronkelijke lichtstroom er op het aangegeven moment nog wordt behaald (= LLMF). De in figuur 48 aangehaalde U25-armaturen halen na 50.000 branduren nog 98% van hun oorspronkelijke lichtstroom (L98).
- B duidt op de B-levensduur op armatuurniveau. Het getal dat volgt geeft de waarschijnlijkheid weer dat de opgegeven L-waarde niet wordt behaald. Doorgaans gebruikt men de waarde B50: gemiddeld 50% van de armaturen behaalt de aangegeven L-waarde op het vooropgestelde tijdstip.
- Standaard geeft ETAP de waarde aan na 25.000 en na 50.000 branduren, twee periodes die representatief zijn voor de levensduur van uw installatie.

3. INTEGRATIE VAN ENERGIEBESPARENDE SYSTEMEN

Leds zijn niet alleen een energie-efficiënte lichtbron, ze werken ook uitstekend samen met lichtregelsystemen. Deze combinatie zorgt voor een hoog besparingspotentieel, maar creëert ook enkele bijkomende voordelen: de leds kunnen efficiënter gedimd worden dan fluorescentielampen, en hun levensduur wordt niet verkort door veelvuldig schakelen. Met daglichtafhankelijke lichtregeling kunt u ten slotte ook de depreciatie van uw ledinstallatie compenseren.

De bekendste lichtregelsystemen zijn de bewegingsafhankelijke regeling, die het licht dimt of schakelt wanneer gebruikers een ruimte binnenkomen of verlaten, en de daglichtregeling, waarbij het licht gedimd wordt in functie van de hoeveelheid daglicht die binnenvalt. Een combinatie van beide systemen kan in bepaalde situaties 55% of meer energie besparen. Vandaag wordt 1 op 6 armaturen die ETAP op de markt brengt, uitgerust met een individuele daglichtregeling.



U7 met daglichtafhankelijke lichtregeling (ELS)

Leds zijn minder gevoelig voor schakelen

Leds hebben een aantal specifieke eigenschappen die ze bijzonder geschikt maken voor het gebruik met lichtregelsystemen. Veelvuldig schakelen heeft bijvoorbeeld weinig invloed op de levensduur van de leds*. Dit in tegenstelling tot fluorescentielampen, waar bij het aanschakelen telkens een klein deeltje van het emittormateriaal in de lamp verloren gaat. Dat zie je bijvoorbeeld aan de donkere vlekken aan de uiteinden van de lamp. In ruimtes met relatief korte aanwezigheden – denk bijvoorbeeld aan sanitaire ruimtes of gangen – zien we dan ook dat de vervangingsfrequentie voor fluorescentielampen snel oploopt.

* Uitgezonderd bij toepassingen waarbij leds aan extreme temperatuurvariaties onderhevig zijn.

Leds hebben dat probleem niet. Een led is immers een elektronische component, die ongevoelig is voor veelvuldig schakelen. Bovendien geven leds bij het opstarten meteen de volledige lichtstroom, wat het gebruikerscomfort verhoogt bij het binnenkomen van de ruimte.

Daglichtafhankelijke lichtregeling als slimme aansturing

Elke verlichtingsinstallatie verliest door de jaren heen een deel van haar lichtopbrengst (zie 4.1). Daarom wordt de verlichting voor professionele omgevingen in de praktijk altijd een stukje overgedimensioneerd, zodat ze op het einde van haar levensduur nog altijd het normatief vereiste verlichtingsniveau haalt. Door gebruik te maken van kwalitatieve leds in een uitgekiend ontwerp met optimale warmtehuishouding, wordt de depreciatie tot een minimum herleid (10 à 15%).

Er bestaan echter manieren om ook de 10 à 15% resterende overdimensionering te reduceren, zonder op lichtkwaliteit in te boeten. Vandaag zijn er high-end drivers beschikbaar die toelaten om een variabele stroom in de tijd te programmeren, een zogenaamde CLO-functie (Constant Light Output). Ze moeten echter geprogrammeerd worden op basis van de afname in de verlichtingssterkte die we verwachten. Dat is op zich een theoretische projectie die onzekerheid met zich meebrengt.

Men kan ook werken met een lichtsensor die het reële verlichtingsniveau op het werkoppervlak meet en de driver zwaarder aanstuurt naarmate het verlichtingsniveau daalt. En dat komt dicht in de buurt bij wat een daglichtafhankelijke lichtregeling eigenlijk ook doet. Daglichtafhankelijke lichtregeling heeft – ongeacht of je het toepast op armatuur- of op systeemniveau – dus een dubbel voordeel: u bespaart er niet alleen energie mee, maar u kunt er ook de overdimensionering van uw installatie mee tegengaan en zo de initiële investeringskosten drukken.

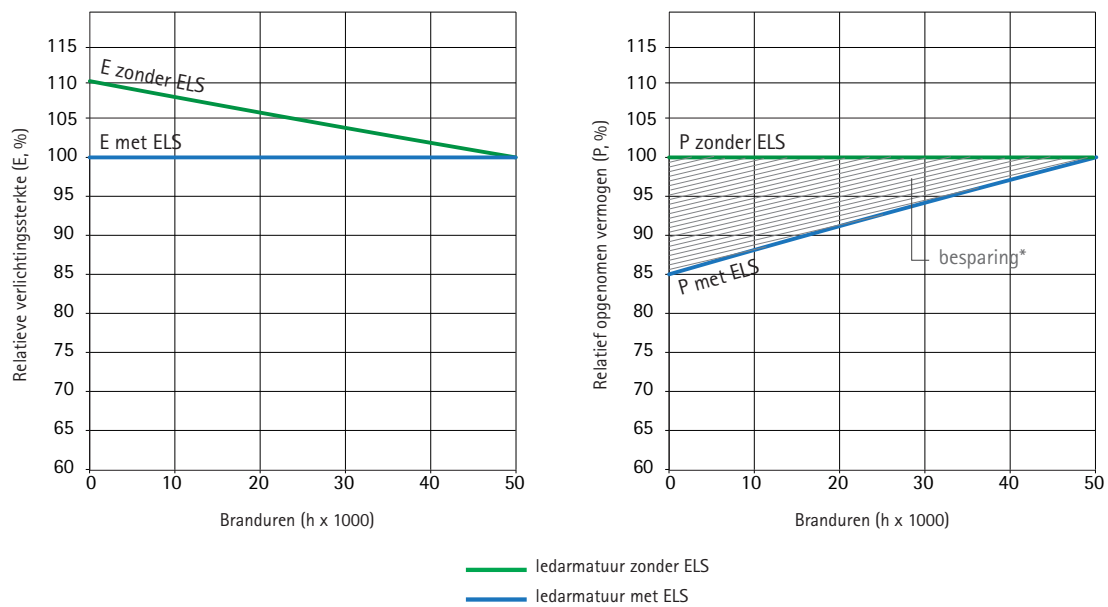


Fig. 49: Een daglichtsensor (ELS) zorgt ervoor dat men een verlichtingsinstallatie niet hoeft te overdimensioneren. Zo blijft het verlichtingsniveau constant en bespaart u energie.

* Extra besparing bovenop de energiebesparing die door daglichtinval wordt gerealiseerd.

Voorwaarde is dat er voldoende marge is om de stroom te verhogen. Vermogenleds werken doorgaans maar op een derde van hun maximale vermogen, vanwege de efficiëntie en de luminantiebeheersing. Er is dus ruimte om ze 10 tot 15 % zwaarder aan te sturen op het einde van de levensduur. Hetzelfde geldt ook voor de drivers die vandaag gebruikt worden.

En wat met de stabiliteit en betrouwbaarheid van de daglichtsensoren? Want die wordt belangrijker als de daglichtafhankelijke lichtregeling ook moet instaan voor de prestatie van de installatie. Ook daar zijn er weinig problemen. Daglichtsensoren bevatten geen levensduurgevoelige componenten. Het zijn halfgeleiderschakelingen die op laagspanning werken. In principe hebben ze een MTBF (Mean Time Between Failure) van meerdere honderdduizenden uren. Dat maakt ze tot een zeer stabiele en betrouwbare component om een verlichtingsinstallatie aan te sturen.

Hoofdstuk 5: Vraag en antwoord

V: Waar kan ik terecht voor de internationale standaarden rond leds?

A: Op www.lightingeurope.org vind je de laatste richtlijnen terug over ledstandaarden: "LightingEurope Guide for the application of the Commission Regulation (EU) No. 1194/2012 setting ecodesign requirements for directional lamps, light emitting diode lamps and related equipment".

Overeenkomstig de richtlijnen van Lighting Industry Liaison Group, zijn dit de internationale normen mbt ledverlichting:

Producttype	Veiligheidseisen	Prestatie-eisen
Elektronisch besturingssysteem voor ledmodules	IEC 61347-2-13 IEC 61347-1	IEC 62717
Ledlampen met geïntegreerd voorschakelapparaat voor algemene verlichting met spanning > 50 V	IEC 62560	IEC 62612
Ledtubes (met dubbele lampvoet)	IEC 62776-1	IEC 62612
Ledmodules voor algemene verlichting	IEC 62031	IEC/PAS 62717 (Public Available Specification)
Ledarmaturen	IEC 60598	IEC 62722-2-1
Fotobiologische veiligheid van lampen en lichtbronnen	IEC 62471	
Leds en ledmodules	IEC 62504 Begrippen en definities voor leds en ledmodules in algemene verlichting	
CIE Technische Comités	TC2-46 CIE/ISO standaarden op metingen van ledintensiteit	
	TC2-50 Meting van de optische eigenschappen van ledclusters en -stralen	
	TC2-58 Meting van ledstraling en -helderheid	
	TC2-63 Optische meting van high power leds	
	TC2-64 Testmethodes met hoge snelheid voor leds	

V: Wat is de garantiepolitiek voor ledarmaturen van ETAP?

A: Er geldt een garantieperiode van 5 jaar op elk armatuur. Gezien de lange levensduur van leds, is een vervanging eerder uitzonderlijk, maar wordt evenzeer verzekerd. ETAP gebruikt universele leds (qua bouwvorm en "footprint"). Alleen efficiëntie en lumenoutput wijzigen. Wanneer leds stukgaan, kan ETAP de ledprintplaten probleemloos vervangen. De lumenoutput kan indien gewenst aangepast worden aan het originele niveau. (Voor details, zie uitgebreide garantievoorwaarden op www.etaplighting.com)

Terminologie

Behoudfactor

Factor waardoor men vervuiling, veroudering en lichtafname van lichtbronnen in rekening brengt bij lichtberekeningen.

Binning

Het sorteren/classificeren van (in dit geval) leds in groepen met gelijkaardige karakteristieken, bv. op het gebied van kleurcoördinaten.

CDM

Ceramic Discharge Metalhalide lamp.

Chromaticiteit

Kleurcoördinaten.

CIE

Commission Internationale de l'Éclairage / International Commission on Illumination.

Cold Lumens

De lichtstroom gemeten bij 25°C junctietemperatuur.

Diode

Halfgeleider die elektrische stroom in één richting zeer goed geleidt, maar in de andere richting praktisch niet.

Gamma (γ) of uitstralingshoek

Hoek ten opzichte van de verticale as in een polair diagram.

Hot Lumens

De lichtstroom gemeten bij junctietemperatuur dicht bij praktische gebruikstemperatuur (typisch 85°C).

IEC

International Electrotechnical Commission

IES

Illuminating Engineering Society: internationaal erkende autoriteit op het gebied van verlichting.

Junctie

Het actieve gebied in het halfgeleide materiaal waar het licht gegenereerd wordt.

Junctietemperatuur

Dit is de interne temperatuur in het halfgeleidermateriaal (aan de junctie – zie hierboven).

Leadframe

basiselement van een laagvermogenled, metalen kader dat zorgt voor externe elektrische verbindingen, warmtespreiding en lichtreflectie.

Led

Afkorting van Light Emitting Diode.

Ledchip

Lichtgenererende halfgeleidercomponent.

Ledcomponent

De combinatie van de led, de behuizing en de primaire optiek.

Ledmodule

Het ledequivalent van een traditionele lamp, maar dan in leduitvoering. Volgens ETAP's terminologie komt dit overeen met level 3 (zie hoofdstuk 1).

LM-80

Door IES goedgekeurde Amerikaanse methode om het lumenbehoud van ledcomponenten te meten ("Measuring Lumen Maintenance of LED Light Sources").

LM-84

Door IES goedgekeurde Amerikaanse methode om het lumenbehoud van ledarmaturen te meten ("Measuring Luminous Flux and Color Maintenance of LED Lamps, Light Engines, and Luminaires").

Luminiscentie

Proces waarbij een lichtdeeltje (foton) wordt gegenereerd wanneer een atoom van hogere naar een lagere energietoestand terugvalt.

Nuttige levensduur

De economische levensduur relevant voor de specifieke toepassing. Deze ligt lager dan de gemiddelde levensduur.

Onderhemisferisch licht

Het aandeel van de totale lichtstroom dat naar beneden wordt gestuurd (bij een horizontaal opgehangen lichtbron).

PCB

Printed Circuit Board: printplaat.

Remote fosfor

Technologie waarbij de fosfor voor het genereren van wit licht niet direct op de blauwe led wordt aangebracht maar in of op een (glazen of kunststof) drager op enige afstand van de led. Hierdoor functioneert de fosfor op een lagere temperatuur en kan in bepaalde gevallen een efficiëntiewinst en levensduurverbetering worden gerealiseerd.

SDCM (Standard Deviation Colour Matching)

De maat voor waarneembare afwijkingen in lichtkleur.

Stroomdensiteit

De verhouding tussen de stroom die door een component vloeit en zijn doorsnede.

Substraat

Dragermateriaal waarop de led samen met interne reflector bevestigd wordt.

TM-21

Door IES aanbevolen methode om de bruikbare levensduur van led-componenten te berekenen ("Projecting Long Term Lumen Maintenance of LED Light Sources"), op basis van LM80 meetgegevens.

TM-28

Door IES aanbevolen method om de bruikbare levensduur van ledarmaturen te berekenen ("Projecting Long-Term Luminous Flux Maintenance of LED Lamps and Luminaires") op basis van LM-84-meetgegevens.

UGR

Unified Glare Rating - dit is een benaderend model dat de kans op verblinding uitdrukt. De normwaarden gaan van UGR 16 (weinig kans op verblinding) tot UGR 28.

Wire bonding

Verbinding - meestal in goud - tussen halfgeleiders onderling of tussen halfgeleider en leadframe of externe elektrische contacten.

Bijlage 1: behoudfactor van ledproducten

Behoudfactor % (Maintenance Factor, MF)

TYPE ARMATUUR	TOEPASSING	UITVOERING	25.000 u.	50.000 u.
D1 / D2 / D3	KANTOOR	-		63%
D42	KANTOOR	-	88%	88%
E1	INDUSTRIE	-	83%	81%
E2	INDUSTRIE	-	83%	81%
E4	INDUSTRIE	E4.0./	84%	83%
		E4.1./	83%	80%
E5M - E3M	INDUSTRIE	E5M.0./	84%	83%
		E5M.1./	81%	78%
E7	INDUSTRIE	E7.1./ (1 RIJ LEDS)	83%	81%
		E7.2./ (2 RIJEN LEDS)	82%	79%
FLARE	KANTOOR	-	87%	85%
RD16	KANTOOR	-		63%
R7	KANTOOR	zonder uplight	88%	88%
		met uplight	88%	86%
		mini	87%	84%
R8	KANTOOR	-	84%	78%
U2	KANTOOR	U25	88%	88%
		U21	80%	80%
U7	KANTOOR	standaard modulaties	88%	87%
		mini	87%	84%
UM2	KANTOOR	-	83%	77%
US	KANTOOR	US./LED.25 - /LED.30	88%	87%
		US./LED.35 - /LED.40	87%	83%
UW	KANTOOR	-	86%	84%
V2M11	KANTOOR	-	88%	88%
V2M17	KANTOOR	-	86%	84%
V2M1F / J	KANTOOR	-	88%	85%
W1	KANTOOR	-		71%

- Alle prestatiecijfers voor omgevingstemperatuur $T_{\text{omg}} = 25^{\circ}\text{C}$
- Bovenstaande MF is een indicatieve waarde: verandert bij verschillende graden van stofpollutie of verschillende schoonmaakintervallen.
- $\text{MF} = \text{LLMF} * \text{LSF} * \text{LMF} * \text{RMF}$
(CIE97: publicatie voor binnenverlichting)
LLMF: lamp lumen behoudfactor (Lamp Lumen Maintenance Factor)
LSF: lamp overlevingsfactor (Lamp Survival Factor)
LMF: behoudfactor armatuur (Luminaire Maintenance Factor)
RMF: behoudfactor ruimte (Room Maintenance Factor)
- Bovenstaande berekening van de behoudfactor is gebaseerd op volgende gegevens:
LSF = 1 ("spot replacement": bij totale leduitval wordt defecte driver of armatuur vervangen)
LMF = 0,95 voor schone kantooromgevingen; 0,89 voor normale industriële omgevingen
RMF = 0,94 voor schone kantooromgevingen (reflectiefactor 70/50/20) of 0,95 voor normale industriële omgevingen (reflectiefactor 50/30/20), mits driejaarlijkse reiniging. Volgens CIE 97 2005.
- LLMF op basis van LM80⁽¹⁾/TM21⁽²⁾

LLMF (%)			
TYPE ARMATUUR	UITVOERING	25.000 u.	50.000 u.
D1 / D2 / D3	-		70% ⁽³⁾
D42	-	99%	98%
E1	-	98%	96%
E2	-	98%	96%
E4	E4.0./	99%	98%
	E4.1./	98%	95%
E5M - E3M	E5M.0./	99%	98%
	E5M.1./	96%	92%
E7	E7.1./ (1 rij leds)	98%	96%
	E7.2./ (2 rijen leds)	97%	94%
FLARE	-	97%	95%
RD16	-		70% ⁽⁴⁾
R7	zonder uplight	99%	98%
	met uplight	98%	96%
	mini	97%	94%
R8	-	94%	87%
U2	U25	99%	98%
	U21	90%	90%
U7	standaard modulaties	99%	97%
	mini	97%	94%
UM2	-	93%	86%
US	US./LED.25 - /LED.30	99%	97%
	US./LED.35 - /LED.40	97%	93%
UW	-	96%	94%
V2M11	-	99%	99%
V2M17	-	96%	94%
V2M1F / J	-	98%	95%
W1	-		80%

(1) IES LM-80-08: goedgekeurde testmethode voor lumenbehoud van led-lichtbronnen

(2) IES TM-21-11: langetermijnplan voor lumenbehoud van led-lichtbronnen

(3) Bron: Osram

(4) Bron: Philips

ETAP NV ■ Antwerpsesteenweg 130 ■ 2390 Malle ■ BELGIË
Tel. +32 (0)3 310 02 11 ■ Fax +32 (0)3 311 61 42 ■ e-mail: info.be@etaplighting.com

ETAP BV ■ Tinststraat 7 ■ 4823 AA Breda ■ Postbus 3475 ■ 4800 DL Breda ■ NEDERLAND
Tel. +31 (0)76-548 34 00 ■ Fax + 31 (0)76-542 09 62 ■ e-mail: info.nl@etaplighting.com

www.etaplighting.com