

The background image shows a long, perspective view of an industrial facility. On the left and right sides, there are long rows of grey metal racks or cabinets. The floor is a light-colored concrete with a central aisle covered in a dark metal grating. The ceiling is high with a complex network of white steel beams and numerous small, recessed lights. In the distance, a yellow vehicle is visible on the floor. The overall atmosphere is clean, modern, and well-lit.

**PHILIPS**

LED-armaturen

Whitepaper

Evaluatie van de prestaties van

# LED-armaturen

# Evaluatie van de prestaties van LED-armaturen

## Vergelijk geen appels met peren

De afgelopen jaren hebben we een significante toename gezien in het gebruik van LED-armaturen. Aanvankelijk waren er geen universele standaards beschikbaar voor het meten of vergelijken van de prestaties van LED-verlichtingsproducten. Deze situatie is verergerd door de toestroom van nieuwe en onbeproeft producten die de markt overspoelden en waarvan sommigen dubieuze verklaringen aflegden over de prestaties van hun producten. Onder klanten bestaat veel verwarring over welke LED-producten zij zouden moeten kiezen.

In dit opzicht is de belangrijkste uitdaging voor de professionele markt verbetering aan te brengen in de manier waarop gebruikers van LED-armaturen, zoals voorschrijvers, verlichtingsontwerpers, technici en beleidsmakers, de prestatiebeweringen van verschillende fabrikanten van LED-armaturen evalueren als zij verlichtingsprojecten of aanbestedingen voorbereiden. Op dit moment vergelijken zij vaak onbedoeld appels met peren.



In dit whitepaper proberen we helderheid te brengen en de evaluatie van de prestatieclaims van fabrikanten mogelijk te maken. Dit doen we door de verschillende prestatiecriteria 'bij aanvang' en 'na verloop van tijd' voor LED-armaturen uit te leggen die in recente prestatiestandaarden van de International Electrotechnical Commission (IEC) zijn neergelegd, in overeenstemming met de [IEC-richtsnoeren](#) uitgegeven door LightingEurope (januari 2018, Evaluating performance of LED based luminaires).

Wij geloven in een 3-stapsbenadering voor het creëren van volledige transparantie in de markt:

1. Leveren van productprestatiespecificaties in overeenstemming met de toepasselijke IEC-normen;
2. Onder gebruikers van LED-armaturen creëren van bewustzijn over hoe kwaliteitscriteria kunnen helpen bij het vergelijken en het vestigen van vertrouwen;
3. Werken aan een verificatie van de prestaties van LED-armaturen door een onafhankelijke derde partij.



Figuur 1 – 3-stapsbenadering

## 1. Gestandaardiseerde kwaliteitscriteria – orde scheppen in de verwarring

Zoals de zaken er nu voorstaan, is het evalueren van de prestaties van LED-producten erg complex. Daar zijn twee belangrijke redenen voor:

- a. Verschillende fabrikanten gebruiken verschillende technische definities om de prestaties van hun producten te beschrijven, en dat maakt ze moeilijk vergelijkbaar.
- b. Het technische ontwerp van een product kan een geweldig verschil uitmaken in termen van prestaties. Zelfs als twee armaturen zijn gebaseerd op exact dezelfde LED's, kunnen hun prestaties volkomen verschillend zijn door de ontwerpkeuzen die zijn gemaakt.

Als we in onderstaande tabel bijvoorbeeld kijken naar het rendement (uitgedrukt in lumen per watt) kunnen we zien dat het ontwerp van het product een groot verschil kan maken voor de systeemprestaties van de armatuur. De effectiviteit van het warmtebeheer, de driver en de optiek kunnen alle het rendement van de totale op LED gebaseerde armatuur maken of breken.

LED-chip	Thermisch ontwerp		Driver		Optieken		Lumenhoud bij 5000 uur	Rendement na 2 jaar
160 lm/W	95%	152 lm/W	90%	137 lm/W	85%	116 lm/W	98%	114 lm/W
160 lm/W	85%	136 lm/W	70%	95 lm/W	50%	48 lm/W	60%	29 lm/W

Figuur 2 – Impact van ontwerpkeuzen op prestaties  
De getallen in de tabel zijn slechts illustratief.

Bij het evalueren van prestatieclaims van verschillende fabrikanten raden we de volgende aanpak aan:

1. Gebruik een gestandaardiseerde set kwaliteitscriteria voor de vergelijking;
2. Evalueer alleen producten die zijn gemeten in overeenstemming met de desbetreffende IEC-standaarden.

Dit stelt je in staat de uitkomsten van de vergelijking te beoordelen op een gelijke, evenwichtige basis: zogezegd appels met appels en niet appels met peren.

## 2. IEC prestatiecriteria

Zowel de prestaties 'bij aanvang' als die 'na verloop van tijd' dienen te worden geëvalueerd om vertrouwen te krijgen in de manier waarop LED-armaturen presteren en hoelang zij tijdens jaren van gebruik blijven voldoen aan hun nominale eigenschappen. Het is vaak moeilijk te weten wie je kunt vertrouwen en wat je moet geloven.

Standaardisatie van prestatie-eisen is een belangrijke eerste stap naar volledige transparantie ten aanzien van de prestaties van LED-armaturen die worden gebruikt in de professionele markt. Daarom heeft de IEC specifieke prestatienormen voor LED-armaturen ontwikkeld en gepubliceerd.

Deze normen beschrijven hoe de prestaties 'bij aanvang' gemeten moeten worden en leveren een meeteenheid voor de levensduurprestaties 'na verloop van tijd'.

Opgemerkt dient te worden dat de productspecificaties bij aanvang gewoonlijk worden **gemeten**, terwijl de prestaties na verloop van tijd worden **berekend** met behulp van de IEC-meeteenheid voor de levensduur van LED-verlichtingsproducten.

Producttype	Veiligheidsnorm	Prestatienorm
LED-armaturen	IEC 60598-1 Ed.8.0 Publicatie 2014	IEC 62722-2-1 Ed.1.0 Publicatie 2014

Figuur 3 – Overzicht IEC-normen voor LED-armaturen

### Wat wij publiceren over prestaties bij aanvang

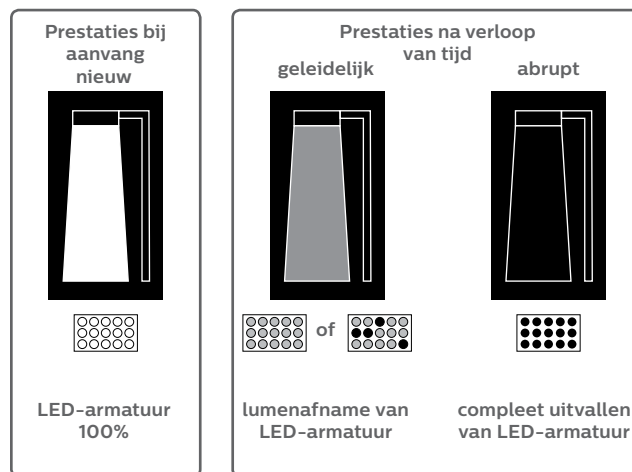
In overeenstemming met de aanbevolen aanpak en de richtlijnen van de IEC, worden de specificaties voor de prestaties bij aanvang van alle professionele LED-verlichtingsarmaturen van Philips gemeten conform de toepasselijke IEC-prestatienormen:

1. Nominale ingangsvermogen bij aanvang (in W)
2. Nominale systeemlichtstroom bij aanvang (in lm)
3. Rendement van LED-armatuur bij aanvang (in lm/W)
4. Lichtsterkteverdeling
5. Gecorreleerde kleurtemperatuur (CCT) bij aanvang in K
6. Nominale kleurweergave-index (CRI) bij aanvang
7. Nominale waarde bij aanvang van de kleurkwaliteitscoördinaten en verwachte toleranties  $(x,y) < x$  SDCM

Specificaties bij aanvang van alle LED-armaturen worden gespecificeerd bij een omgevingstemperatuur  $T_a$  van 25°C (afhankelijke prestatiegegevens van toepassing bij hogere  $T_a$  kunnen worden gepubliceerd).

## 2.1 IEC prestatiecriteria 'na verloop van tijd'

Er zijn twee relevante waarden voor prestaties 'na verloop van tijd' die moeten worden overwogen met betrekking tot de geleidelijke en abrupte afname van de lichtopbrengst van een LED-armatuur bij de nominale levensduur.

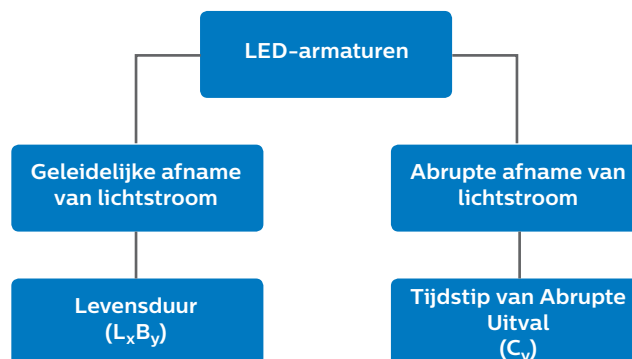


Figuur 4 – Prestaties bij aanvang en na verloop van tijd

**Geleidelijke afname van de lichtstroom** heeft betrekking op het lumenbehoud van een armatuur na verloop van tijd. Hiermee wordt beschreven hoeveel van de aanvankelijke lichtstroomopbrengst van de lichtbronnen in de armatuur na verloop van een bepaalde tijd beschikbaar is. De afname van de lichtstroomopbrengst kan een combinatie zijn van individuele LED's die minder licht produceren en individuele LED's die helemaal geen licht meer geven. (Opmerking: voor de beoordeling van afname in optische componenten na verloop van tijd zijn nog geen normen vastgesteld)

**Een abrupte afname van de lichtstroom** beschrijft de situatie waarin de LED-armatuur helemaal geen licht meer geeft doordat het systeem, of een kritische component daarin, defect is geraakt.

De IEC meeteenheid voor de levensduur van LED-armaturen specificeert een Nuttige Levensduur en een Tijdstip van Abrupte Uitval.



Figuur 5 – IEC-meeteenheid voor de levensduur (oud)

### 2.2.1 Nuttige levensduur en Mediaan nuttige levensduur



Geleidelijke vermindering van de lichtopbrengst en verlies van rendement

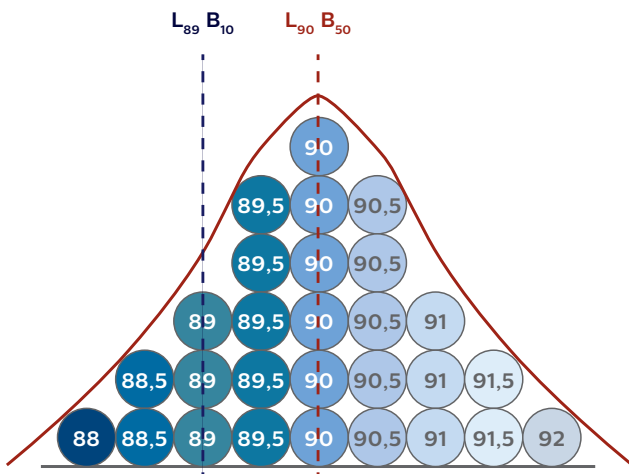
De geleidelijke afname van de lichtopbrengst van een populatie LED-armaturen op een bepaald tijdstip wordt Nuttige Levensduur genoemd en wordt gewoonlijk uitgedrukt als  $L_x B_y$ . De populatie bestaat uitsluitend uit werkende LED-armaturen; niet-werkende producten zijn uitgesloten.

Nuttige Levensduur is de leeftijd waarop een bepaald percentiel LED-armaturen ( $y$ ) niet meer voldoet aan de lumenbehoudsfactor  $x$ . Lichtopbrengst die lager is dan de vereiste lichtstroombehoudsfactor  $x$  wordt aangeduid als verminderde lichtstroom, omdat ze minder licht produceren maar nog wel werken.

Om levensduurgegevens eenduidig te kunnen vergelijken, heeft IEC het begrip Mediaan Nuttige Levensduur ( $L_x$ ) geïntroduceerd. Mediaan Nuttige Levensduur is de tijd wanneer 50% (B50) van een populatie LED-armaturen een verminderde lichtstroom produceert. Mediaan Nuttige Levensduur L90 is de tijd die het duurt waarin de lichtstroom van 50% (B50) van een populatie werkende LED-armaturen verminderd is tot minder dan 90% (L90) van de aanvankelijke lichtstroom, maar nog wel werkt.

Naast de mediaan waarde (B50), bestaat er ook B10 of andere waarden. Hoewel  $B_y$  een gedefinieerd prestatiekenmerk is, bevat de IEC 62722-2-1-norm geen technische verklaring voor hoe deze parameter moet worden geverifieerd of toegepast. Verder geven de ontwerpnormen voor verlichtingstoepassingen ook geen uitsluitel. Er moet daarom een nadere technische evaluatie plaatsvinden.

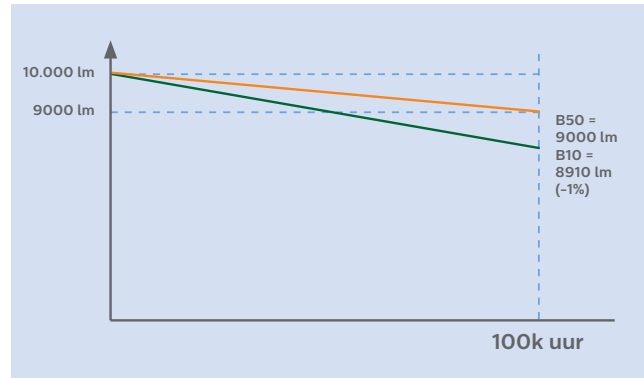
Verwacht kan worden dat er rondom een distributie van producten een deel boven en een deel onder de nominale prestatiewaarde valt. In de grafiek hieronder staat een voorbeeld van de normale distributie voor een L90 product, waarin het verschil van een waarde B10 of B50 wordt geïllustreerd.



Figuur 6 – Voorbeeld van normale distributie voor een L90 product

Gedetailleerde analyse van verschillende fabrikanten in LightingEurope van productgegevens van LED-armaturen laat zien dat, wanneer de levensduur tot 100.000 uur wordt geprojecteerd, het verschil in lichtstroomvermindering tussen B10 en B50 ongeveer 1% bedraagt.

Dit betekent in de praktijk dat voor het L90 voorbeeld bij 100.000 uur dat een aanvankelijke lichtstroom van 10.000 lumen in het geval van B50 9.000 lumen zal zijn. Als dezelfde armatuur op B10 wordt genormeerd, is de desbetreffende waarde 8910 lumen. Hoewel de nominale opbrengstgegevens van zowel LED als traditionele lichtbronnen meestal een speling tot 10% kunnen hebben, wordt dit verschil in de praktijk verwaarloosbaar geacht.



Figuur 7 – Voorbeeld van analyse van productgegevens van een LED-armatuur

Omdat B10 en B50 zo dicht bij elkaar liggen, is de spreiding door lumenafname laag en staat de mediaan waarde (B50) vrijwel exact voor de lumenafname van verschillende producten op de voorspelde levensduur (in dit voorbeeld 100.000 uur). Het meetproces voor B50 is gestandaardiseerd en breder geaccepteerd dan elke andere  $B_y$ .

Statistisch gezien is de mate van nauwkeurigheid van de mediaan waarde (B50) voldoende voor de lumenafname van een populatie LED-armaturen op de voorspelde levensduur. Daarom raadt LightingEurope aan Mediaan Nuttige Levensduur uit te drukken als  $L_x$  zonder de B50 melding.

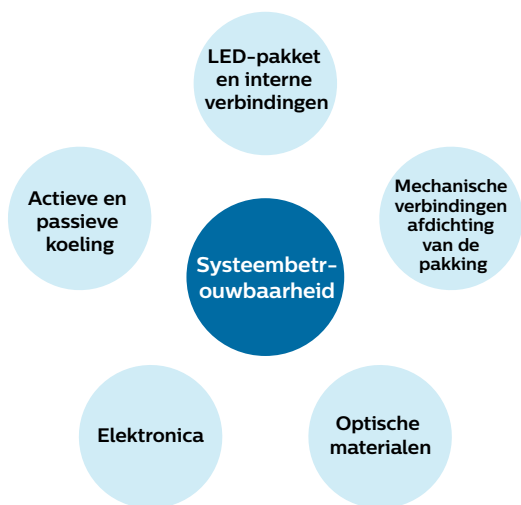
Wij onderschrijven de aanbeveling van LightingEurope en publiceren de verwachtingen over de levensduur in overeenstemming hiermee.

## 2.2.2 Tijdstip van Abrupte Uitval en Abrupte Uitvalwaarde



Een abrupte daling van de lichtopbrengst ten gevolge van het defectraken van het product of van een van de componenten in het systeem

Een belangrijke parameter die overwogen moet worden bij een verwachte lange levensduur is de systeembetrouwbaarheid. Een LED-armatuur gaat zo lang mee als de erin gebruikte component met de kortste levensduur. Verschillende kritische componenten in een LED-armatuur beïnvloeden de systeembetrouwbaarheid.



Figuur 8 – Kritische componenten van een LED-armatuur

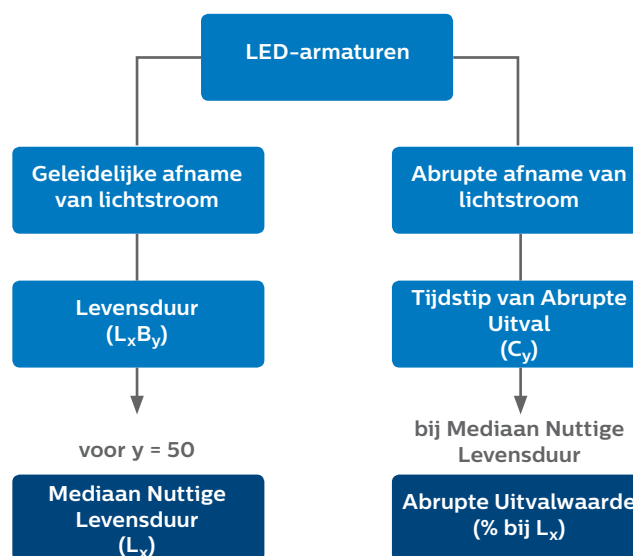
Achteruitgang van optisch materiaal kan ervoor zorgen dat de lichtstroom geleidelijk afneemt in plaats van abrupt uitvalt. Uitval van een van de andere belangrijke componenten leidt gewoonlijk tot algehele uitval van de LED-armatuur. Bij de nominale Mediaan Nuttige Levensduur is hiermee geen rekening gehouden. Abrupte uitval moet daarom bij de verlichtingstechniek en -planning afzonderlijk worden behandeld. Daarom specificeert de IEC meeteenheid voor de levensduur ook het Tijdstip van Abrupte Uitval, dat rekening houdt met het uitvalgedrag van de belangrijkste componenten in het ontwerp van de LED-armatuur.

De abrupte afname van de lichtopbrengst van een populatie LED-armaturen op een bepaald tijdstip wordt Tijdstip van Abrupte Uitval genoemd en wordt gewoonlijk uitgedrukt als  $C_y$ . Dit is de tijd waarop een bepaald percentage ( $y$ ) LED-armaturen abrupt is uitgevallen.

Om de evaluatie van prestatiegegevens van fabrikanten te vereenvoudigen, heeft IEC de Abrupte Uitvalwaarde (AFV, Abrupt Failure Value) van een populatie LED-armaturen geïntroduceerd. De Abrupte Uitvalwaarde (AFV, Abrupt Failure Value) is het percentage LED-armaturen dat op de Mediaan Nuttige Levensduur ( $L_x$ ) is uitgevallen. Een AFV van 10% betekent bijvoorbeeld dat 10% van de populatie aanvankelijk werkende LED-armaturen geen lichtstroom meer produceert op de Mediaan Nuttige Levensduur.

De huidige IEC-normen geven geen volledige beschrijving van welke uitvalmodi van de belangrijkste componenten moeten worden meegenomen in de berekening van de Abrupte Uitvalwaarde. Aangezien de meeste gevallen van abrupte uitval zich in de praktijk voordoen in relatie tot de LED-regelapparatuur, beveelt LightingEurope aan het verwachte uitvalpercentage van de regelapparatuur van het apparaat als AFV te nemen die wordt aangegeven voor de Mediaan Nuttige Levensduur van de LED-armatuur.

Wij onderschrijven deze aanbeveling en publiceren de abrupte uitvalwaarden voor de regelapparatuur als zodanig.



Figuur 9 – IEC-meeteenheid voor de levensduur (nieuw)

### 2.2.3 Waarom levensduur niet altijd een kritieke factor is

In de praktijk zijn de levensduurgegevens van LED-armaturen vaak een race om het hoogste aantal uren voor de Mediaan Nuttige Levensduur L80B50. We moeten niet vergeten dat de vereisten in de professionele markt specifiek voor de verlichtingsoplossing binnen de toepassing zijn en dat er een lichtplan moet worden uitgevoerd. De invoer is in veel gevallen de gemiddelde installatielevensduur, wat veronderstelt dat het hoogste aantal uren geen relevante onderscheidende factor is bij het kiezen van een LED-armatuur.

Om dit nader te onderzoeken, is de gemiddelde installatielevensduur voor verschillende toepassingen binnen en buiten berekend op basis van de jaarlijkse bedrijfskosten en de gemiddelde tijd tot revisie voor een product in een specifieke toepassing. Opgemerkt dient te worden dat deze waarden mogelijk niet in elke situatie realistisch zijn. Een voorbeeld is het gebruik van automatische lichtregeling of -toepassing die 24/7 verlichting vereist.

Toepassingen binnen	Standaard bedrijfsuren per jaar (EN15193)	Gemiddelde tijd tot revisie	Gemiddelde installatielevensduur
	naar		
	jaren		uren
Kantoren	2500	20	50.000
Onderwijs	2000	25	50.000
Ziekenhuizen	5000	10	50.000
HOTELS	5000	10	50.000
Restaurants	2500	10	25.000
Sport	4000	25	100.000
Retail	5000	10	50.000
Productie	4000	25	100.000

Tabel 1 – Mogelijke voorbeelden van gemiddelde installatielevensduur voor verschillende toepassingen binnen



Toepassingen buiten	Standaard bedrijfsuren per jaar (EN13201-5)	Gemiddelde tijd tot revisie	Gemiddelde installatielevensduur
	naar		
	jaren		uren
Straat	4000	25	100.000
Tunnel(ingang)	4000	25	100.000
Tunnel(interieur)	8760	12	100.000
Sport (recreatief)	1250	20	25.000
De ruimte	4000	25	100.000

Tabel 2 – Mogelijke voorbeelden van gemiddelde installatielevensduur voor verschillende toepassingen buiten



Tot slot: voor producten die bij de meeste toepassingen binnen worden gebruikt, is de gemiddelde installatielevensduur niet langer dan 50.000 uur. Voor producten die bij de meeste toepassingen buiten worden gebruikt, is de gemiddelde installatielevensduur niet langer dan 100.000 uur.

Bovendien vinden wij dat “aantal uren” geen leidende onderscheidende factor moet zijn bij de keuze van LED-armaturen voor professionele toepassingen. Voor het lichtplan is behoud van de lichtstroom bij de gemiddelde installatielevensduur voor een specifieke toepassing veel relevanter en kan deze energiebesparing ondersteunen door de vermindering van over-plannen ter compensatie van verlies gedurende de levensduur.

In overeenstemming met de richtlijnen van LightingEurope, is het onze aanbeveling geen levensduur boven de 100.000 uur te specificeren, tenzij dit duidelijk wordt vereist door specifieke verlichtingstoepassingen en wordt geverifieerd door een toepasselijke periode in een levensduurtest.

We zullen de Lx-waarden publiceren zowel met betrekking tot toepassingen binnen als buiten waar het product kan worden gebruikt (zie respectievelijk Tabel 1 en Tabel 2).

### 2.2.3 Samenvatting – prestaties na verloop van tijd

De levensduur van armaturen is altijd een combinatie van geleidelijke en abrupte lichtafname. Merk op dat de levensduurclaims voor armaturen altijd gespecificeerd worden bij een specifieke omgevingstemperatuur, aantal branduren en bijbehorend aantal schakelcycli.

Zoals eerder gezegd, kan het ontwerp van de LED-armatuur significante invloed hebben op de armatuurprestaties, inclusief de levensduur.

Het is daarom belangrijk zich te realiseren dat de door fabrikanten van LED's of LED-modules aangeleverde gegevens niet eenvoudig een-op-een vertaald kunnen worden als prestatiegegevens van LED-armaturen. We moeten dan ook behoedzaam zijn met claims als "deze armaturen maken gebruik van dezelfde LED's en dus zijn hun prestaties (na verloop van tijd) gelijk".

Ook is het belangrijk te onthouden dat de prestatiewaarden na verloop van tijd eerder voorspellingen zijn dan metingen. Doordat de Nuttige Levensduur en het Tijdstip van Abrupte Uitval van LED-armaturen zo'n lange tijd omvatten, is het voor fabrikanten niet mogelijk deze te meten voordat zij nieuwe producten op de markt brengen. In plaats daarvan gebruiken zij kortere metingen die zij extrapoleren om op de voorspellingen uit te komen.

Aangezien er nog geen standaard bestaat die beschrijft hoe deze voorspellingen of extrapolaties moeten worden uitgevoerd, varieert de kwaliteit van deze voorspellingen enorm. De IEC beschrijft alleen een meeteenheid voor de levensduur voor LED-producten: welke parameters moeten worden vernoemd in termen van Nuttige Levensduur en Tijdstip van Abrupte Uitval, maar niet hoe deze moeten worden berekend.

Wij hebben een best-in-class hulpmiddel ontwikkeld voor het berekenen van de Nuttige Levensduur en het Tijdstip van Abrupte Uitval voor LED-armaturen. Berekeningen zijn gebaseerd op testgegevens uit echte duurtesten aan LED-modules, versneld testen van kritische componenten en een diepgaand begrip van welke ontwerpparameters doorslaggevend zijn voor het verlengen van de armatuurlevensduur.

Onze claims voor de prestaties na verloop van tijd van LED-armaturen houden rekening met prestatiemetingen aan individuele LED-modules, thermische ontwerpparameters, optische afnameparameters en mogelijke uitvalmodi van alle kritische componenten in het ontwerp van de LED-armatuur.



#### Wat wij publiceren over prestaties na verloop van tijd

De specificaties over prestaties 'na verloop van tijd' van Philips LED-armaturen worden berekend aan de hand van de IEC-meeteenheid voor levensduur voor LED-verlichtingsproducten en in overeenstemming met de richtlijnen van LightingEurope betreffende "Evaluating performance of LED based luminaires". Claims over prestaties na verloop van tijd worden gespecificeerd bij een omgevingstemperatuur Tq van 25°C.

Voor **LED-armaturen voor binnen** publiceren wij twee kwaliteitscriteria die voldoen aan de IEC-criteria:

1. Lumenbehoud bij mediaan nuttige levensduur:
  - voor alle producten bij 50k uur
  - voor Industrieproducten bovendien ook bij 100k uur
2. Abrupt uitvalpercentage (%) van regel-VSA bij mediaan nuttige levensduur.

Voor **LED-armaturen voor buiten** publiceren wij twee kwaliteitscriteria die voldoen aan de IEC-criteria:

1. Lumenbehoud bij mediaan nuttige levensduur:
  - voor de meeste producten bij 100k uur
  - afhankelijk van toepassing (bijvoorbeeld sport) wordt voor sommige producten een lager aantal uren (35k, 50k of 75k uur) gepubliceerd
2. Abrupt uitvalpercentage (%) van regel-VSA bij mediaan nuttige levensduur.

