



TRILUX

LED-Technologie en Retrofit

Achtergrond



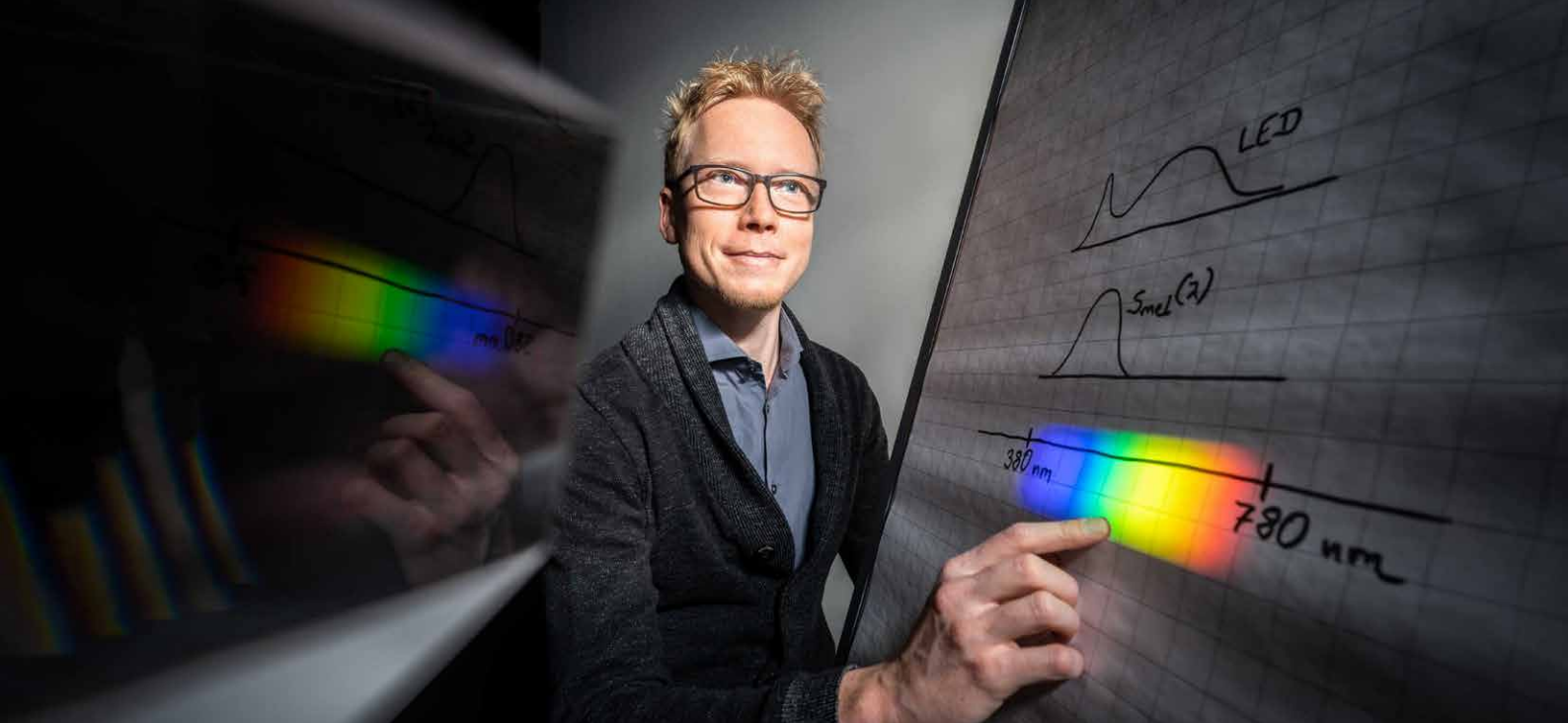
Wat u moet weten over het lampverbod, Retrofitlampen en de overstap naar LED-technologie

Kwikhoudende fluorescentielampen met een hoge lichtopbrengst zijn al decennia hét standaardproduct voor de verlichting van werkplaatsen. Daarom genoten ontlaadingslampen tot voor kort een uitzonderingsregeling op het algemene verbod op het gebruik van kwik in producten, dat in Europa ingevoerd werd in 2011 met de tweede uitgave van de RoHS-richtlijn.

De situatie is grondig veranderd sinds witte LED-lichtbronnen zo rond 2013 de markt begonnen te domineren. Tegenwoordig zijn er technisch doorontwikkelde en energiezuinige LED-oplossingen verkrijgbaar voor nagenoeg alle verlichtingstaken. In veel gevallen bedraagt de energiebehoefte minder dan de helft van die van fluorescentielampen.

Daarom hebben de Europese wetgevers in februari 2022 besloten de bijzondere toelating voor het gebruik van kwik in ontlaadingslampen stapsgewijs op te heffen. In het bijzonder mogen compacte fluorescentielampen vanaf 25 februari 2023 en buisvormige fluorescentielampen vanaf 25 augustus 2023 in Europa niet meer in de handel gebracht worden, d.w.z. niet meer voor verkoop geproduceerd of geïmporteerd worden.

Bijgevolg zullen deze lampen nadat de voorraden eenmaal zijn verkocht, niet meer beschikbaar zijn op de Europese markt. Vanaf dat moment zal het niet meer mogelijk zijn de tot dan toe gebruikte kwikhoudende lichtbronnen te vervangen zonder van technologie te veranderen. Hoog tijd om een technologiewissel te overwegen.



1. LED-conversie door lampvervanging – een vergelijking met veel onbekenden

Een retrofitlamp is een lamp die gebaseerd is op een moderne technologie en eenvoudig in aanwezige armaturen gebruikt kan worden ter vervanging van een oude lamp. Als men het nu heeft over retrofitlampen, bedoelt men in de regel LED-lampen ter vervanging van conventionele lampen. Als ook de elektrische structuur van de armatuur gewijzigd moet worden (bijvoorbeeld uitschakeling van het voorschakelapparaat) om de vervanglamp te kunnen gebruiken, spreekt men niet meer van een retrofitlamp, maar van een conversielamp. In beide gevallen worden niet de armaturen vervangen, maar de lichtbronnen.

Retrofitoplossingen worden ingezet om de voordelen van een moderne technologie te genieten, zonder grondige veranderingen aan te brengen aan de al aanwezige verlichtingsinstallatie.

De theorie is eenvoudig en klinkt overtuigend, maar in de praktijk blijkt het vaak niet zo simpel te zijn. Het gebruik van retrofit- en conversielampen in armaturen van verschillende fabrikanten, die sterk kunnen verschillen qua techniek en constructie, doet veel vragen rijzen. Deze vragen hebben met name betrekking op:

- de elektrische veiligheid, de productaansprakelijkheid en de wettelijke garantie;
- de lichtkwaliteit en het gebruik;
- de naleving van normen en voorschriften inzake arbeidsveiligheid.

Door verouderde T5/T8-fluorescentielampen te vervangen door LED-vervanglampen is het enerzijds mogelijk snel, eenvoudig en relatief gunstig energiekosten te besparen, maar anderzijds vereist deze vervanging in een werkomgeving omvangrijke voorafgaande controles.

Of en hoe de lampen en armatuur samen functioneren op het gebied van werkelijk beschikbare lichtstroom, lichtverdeling, lichtkwaliteit en levensduur van de armaturen en de lichtbronnen, kan pas worden vastgesteld als de vervanglampen eenmaal geïnstalleerd zijn. Veel defecten worden pas merkbaar na langer gebruik.

LED-armaturen van kwaliteitsfabrikanten met geïntegreerde LED-modules kunnen daarentegen uitpakken met perfect op elkaar afgestemde componenten en nauwkeurig voorspelbare kwaliteits- en efficiëntieparameters.

In principe moet in deze vergelijking ook rekening gehouden worden met de algemene rentabiliteit en de duurzaamheid.



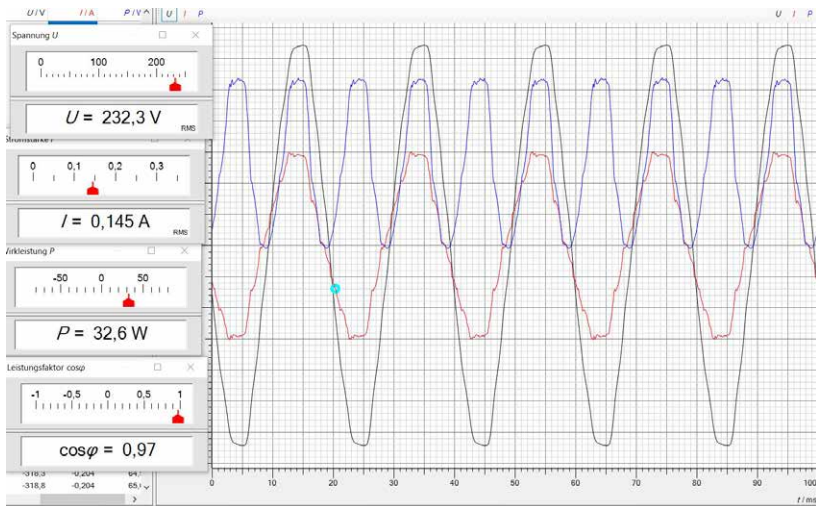
1.1 Veiligheid en wettelijke garantie

1.1.1 Retrofit

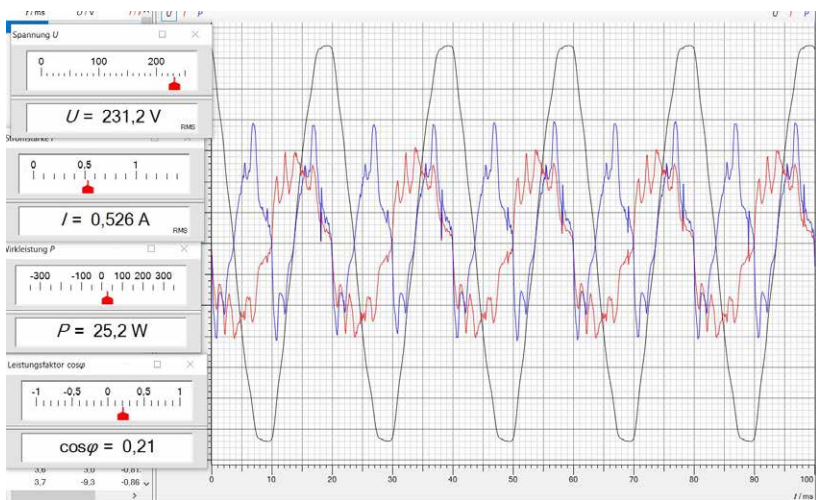
Alvorens u beslist LED-retrofitlampen te gebruiken in armaturen voor fluorescentielampen, moet u weten:

- Dat de fabrieksgarantie en de productaansprakelijkheid van de armaturenfabrikant daardoor vervallen.
- De productaansprakelijkheid gaat in dat geval over op de fabrikant van de retrofitlamp.
- Als u LED-retrofitlampen wilt gebruiken in combinatie met een EVSA voor fluorescentielampen (HF-modus), moet u zich houden aan de door de fabrikant van de lampen opgestelde lijst van EVSA-types waarmee de retrofitlamp – **onder voorbehoud**¹ – compatibel is. U dient dus na te gaan of elke armatuur van uw verlichtingsinstallatie een EVSA bevat dat voorkomt op de lijst (zie ook afbeelding 1 a). De kosten die gepaard gaan met deze voorafgaande controles moeten mee ingecalculeerd worden.
- Voor dimbare armaturen is een omschakeling op LED-retrofitlampen in beginsel alleen mogelijk in uitzonderlijke gevallen en met inachtneming van de eventueel in de EVSA-compatibiliteitslijst opgegeven beperkingen. In de meeste gevallen moet er gekozen worden voor een conversieoplossing (zie onder).
- Bij het gebruik van LED-retrofitlampen in armaturen met parallelcompensatie kan een zeer kleine arbeidsfactor $\cos(\phi)$ van de schakeling ontstaan en een hoge blindstroom in de elektrische installatie veroorzaken.
- Bij tandemschakelingen (2 fluorescentielampen in serieschakeling op één voorschakelapparaat), zoals gebruikelijk in meerlamps armaturen met T8-lampen van 18 W, moet apart worden gecontroleerd of LED-retrofitlampen kunnen worden gebruikt. Mogelijk is een conversie van de armatuur nodig (zie boven).

¹ In de EVSA-compatibiliteitslijst van de lampfabrikant wordt er bijvoorbeeld op gewezen dat de lijst slechts dient ter informatie en behandeld moet worden als een aanbeveling. De gegevens zijn bijvoorbeeld gebaseerd op laboratoriumtesten en de werkelijke omstandigheden in de praktijk kunnen afwijken van de gesimuleerde laboratoriumomgeving. De retrofitfabrikant aanvaardt daarom geen verantwoordelijkheid, garantie of aansprakelijkheid voor de compatibiliteit bij het gebruik van de opgegeven apparaten onder andere dan de testomstandigheden of bij gebruik van opvolgmodellen van de opgegeven apparaten. Er kunnen zich dan storingen voordoen, zoals knipperen, geen licht, oververhitting, vroegtijdige veroudering, uitval van apparaten enz. Ook de lichtstroom zal veranderen afhankelijk van het gebruikte voorschakelapparaat.



a) Meting met een LED-retrofitlamp van 23 W/4000 K, 1500 mm in een armatuur van TRILUX met een niet-goedgekeurd EVSA. De lamp wordt gebruikt met een verhoogd vermogen (32,6 W in plaats van 23 W).



b) Meting met een LED-retrofitlamp 23 W/4000 K, 1500 mm in een waterdichte armatuur van TRILUX (Aragon 158K, fabricagedatum ca. 2010) met een inductief VSA en parallelcompensatie. Een arbeidsfactor van $\cos(\varphi) = 0,21$ veroorzaakt een hoge blindstroom en in een verlichtingsinstallatie met veel armaturen eventueel een overbelasting van de leiding, waardoor de installatie-automaat in werking treedt.

Afbeelding 1: Metingen met retrofitlampen

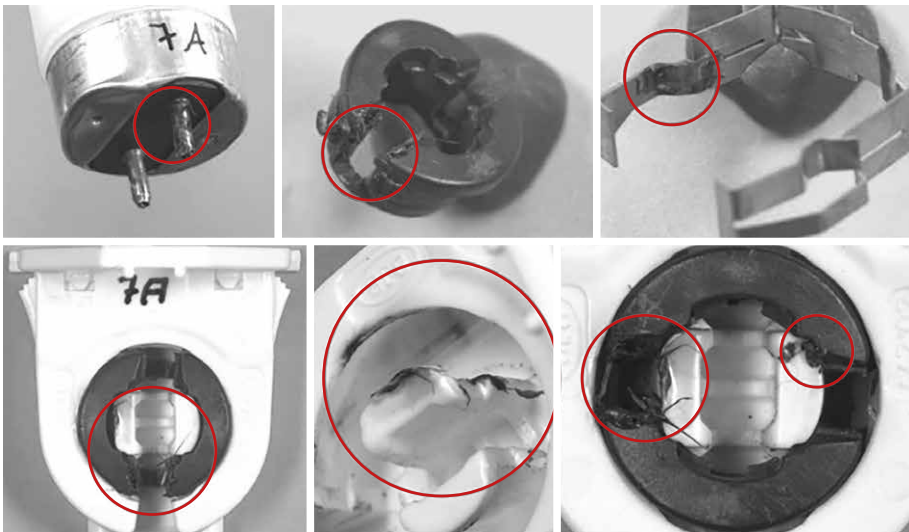
1.1.2 Conversie

Voorafgaand aan het ombouwen van een armatuur met retrofit:

- Het moet aangetoond zijn dat alle componenten van de conversiekit die worden ingezet, voldoen aan de geldende veiligheids- en EMC-normen.
- Er moet gegarandeerd worden dat er bij gebruik van een andere verwisselbare passende lamp, bijvoorbeeld een fluorescentielamp, geen gevaar uitgaat van de armatuur.
- De armatuur die wordt omgebouwd, moet geschikt zijn voor het gebruik van de conversiekit.
- Alle veranderingen die het gebruik van de conversiekit met zich meebrengt moeten beoordeeld worden met het oog op een eventuele risicoverhoging (wat betreft prestatievermogen, gebruik, bouwwijze, EMC, blauw licht, noodverlichting, lichtmanagement enz.).
- Als de risico's toenemen, moet een volledige conformiteitsbeoordelingsprocedure uitgevoerd worden. In dat geval moet onder andere ook het oorspronkelijke typeplaatje van de armatuur vervangen worden door een nieuw typeplaatje met de nodige gegevens.

1.1.3 Levensduur en betrouwbaarheid

- Bij LED-vervanglampen worden doorgaans geen of relatief ongunstige waarden vermeld als uitvalpercentage (bijv. max. 10% uitval binnen 6.000 h).
- De nominale levensduur van LED-vervanglampen wordt doorgaans opgegeven bij L_{70} -degradatie (lichtstroomafname van 30%, met 70% resterende lichtstroom aan het einde van de levensduur). Voor de arbeidsveiligheid (zie onder) mag men dus niet uit het oog verliezen dat aan het einde van de lamplevensduur nog slechts 70% van de initiële lichtstroom, die sowieso al lager is, beschikbaar is.
- De nominale levensduur van LED-vervanglampen wordt in de regel opgegeven voor een omgevingstemperatuur van 25 °C. Deze temperatuur wordt standaard aangenomen als omgevingstemperatuur in binnenruimten. In een gesloten armatuur kan de temperatuur aanzienlijk hoger liggen door de brandende lamp, wat de levensduur van de lamp aanzienlijk kan verkorten.
- Bij gebruik in een atmosfeer met verhoogde concentraties chemicaliën kan specifieke incompatibiliteit beschadiging en uitval van LED-vervanglampen veroorzaken. Wisselwerkingen met componenten van de armatuur kunnen bovendien leiden tot schade aan de armatuur.
- In speciale toepassingen (hoge temperaturen, mechanische belasting door trillingen en dergelijke meer) zijn grote afwijkingen ten opzichte van het normale gedrag van LED-vervanglampen – en ook ten opzichte van de werking met fluorescentielampen – mogelijk.
- Als de LED-vervanglampen een hoger gewicht hebben dan de fluorescentielampen, kunnen de fittingen schade oplopen. Dat kan resulteren in overgangsweerstanden tussen de pennen van de lampvoet en de contacten van de fitting met een ontoelaatbare oververhitting. Functionele storingen en zelfs totale uitval van de armatuur kunnen het gevolg zijn. Als de fittingen al ouder en broos zijn door eerder gebruik, is het risico des te hoger.



Afbeelding 2: Beschadigde fittingen na gebruik van retrofitlampen met een te groot gewicht

1.2 Lichtkwaliteit en arbeidsveiligheid

1.2.1 Lichtstroom en verlichtingssterkte

- De gangbare LED-vervanglampen hebben veelal een veel lagere lichtstroom dan de overeenkomstige fluorescentielampen. Een directe vervanging leidt daardoor tot een aanzienlijke verlaging van de verlichtingssterkte in de ruimte.
- Zelfs de lichtstroom van de LED-vervanglampen met de hoogste op de markt verkrijgbare waarden is doorgaans duidelijk lager dan die van de fluorescentielampen die tot dan toe gebruikt werden (bijv. 3.700 lm als vervanging voor 5.000 lm in het geval van de T8-58W-lamp, zie tabel 1).
- Houd er rekening mee dat de lichtstroomafname tegen het einde van de levensduur van LED-vervanglampen doorgaans zo'n 70% van de opgegeven initiële lichtstroom bedraagt (dus bijv. $3.700 \text{ lm} \cdot 0,7 = 2.590 \text{ lm}$, zie onder).

- De kencijfers van de lichtopbrengst van LED-vervanglampen worden vermeld voor vrijstralend gebruik, zonder rekening te houden met verliezen door het gebruik in een armatuur. Uit metingen blijkt echter dat de werkelijke verliezen (of armatuurrendementen) veelal vergelijkbaar zijn met die van het gebruik van fluorescentielampen.
- Dat heeft tot gevolg dat het verlichtingsniveau niet meer normconform is en niet voldoet aan de wettelijke bepalingen inzake arbeidsveiligheid.

Soort lamp

Lengte	T8 (referentie)	Retrofit voorbeeld 1	Voorbeeld 2	Voorbeeld 3	Voorbeeld 4
600 mm	18 W	7,5 W	6,6 W	8 W	8 W
	1.300 lm	1.100 lm (-15 %)	720 lm (- 45 %)	1.050 lm (- 19 %)	900 lm (- 31 %)
1.200 mm	36 W	15,0 W	15 W	14,7 W	18 W
	3.200 lm	2.400 lm (- 25%)	1.800 lm (- 44%)	2.500 lm (- 22%)	2.000 lm (- 38%)
1.500 mm	58 W	22 W	18,3 W	21,7 W	23 W
	5.000 lm	4.100 lm (- 21%)	2.200 lm (- 56%)	3.700 lm (- 26%)	2.700 lm (- 46%)

Tabel 1: T8 LED-retrofitbuislampen: Voorbeelden voor opgenomen vermogen en lichtstroom van op de markt verkrijgbare producten (stand november 2023)

1.2.2 Lichtverdeling en gelijkmatigheid

- Als de stralingskarakteristiek van de LED-vervanglamp afwijkt van de cilindrisch symmetrische uitstraling (360 graden) van de fluorescentielamp kan de lichtverdeling van de armatuur aanzienlijk veranderen.
- Dat kan leiden tot een verminderde gelijkmatigheid van de verlichtingssterkte in de ruimte. Dan moet nagegaan worden of nog voldaan is aan de voorschriften inzake arbeidsveiligheid.
- De van de fluorescentielamp afwijkende stralingskarakteristiek van de LED-vervanglamp leidt bij pendelarmaturen met een indirecte component tot duidelijk minder indirecte plafondverlichting, wat het risico op klachten van de gebruikers inhoudt.

1.2.3 Algemene lichtkwaliteit

- LED-vervanglampen kunnen aanzienlijk flikkeren, veel meer dan fluorescentielampen gebruikt met een verliesarm VSA.
- LED-vervanglampen hebben doorgaans een kleine kleurconsistentie. De gerenommeerde fabrikanten vermelden doorgaans een waarde voor de kleurplaatstolerantie (initial MacAdam) ≤ 6 SDCM. Bij sommige zeer hoogwaardige producten is de waarde ≤ 5 SDCM. Ook bij 5 SDCM zijn kleurafwijkingen duidelijk zichtbaar. Bij kwaliteitsarmaturen liggen deze waarden rond 3 SDCM.

1.2.4 Stand van de techniek, eisen van de actuele norm EN 12464-1

De directe vervanging van fluorescentielampen door LED-vervanglampen valt over het algemeen alleen onder behoud van het bestaande als de arbeidsomstandigheden niet veranderd zijn sinds de initiële installatie. Er wordt dus alleen naar gestreefd de status quo te handhaven. De eisen volgens de huidige stand van de techniek, zoals vastgelegd in EN 12464-1, editie 2021, worden daarbij buiten beschouwing gelaten. Er wordt actueel met name aanbevolen:

- ervoor te zorgen dat er eventueel een één tot twee trappen hogere verlichtingssterkte beschikbaar is, die geregeld wordt door dimbare armaturen en een geschikt lichtmanagement, en
- te zorgen voor een gepaste luminantieverdeling met een minimale verlichtingssterkte op wanden en plafonds, die in de bestaande toestand vaak niet bereikt wordt (bijvoorbeeld bij roosterarmaturen met een diepe lichtverdeling, darklight armaturen, zie het voorbeeld onder "Verlichting van een kantoor").



2. Relighting in plaats van retrofit

Verschillende renovatieopties bieden een veilige en duurzame weg om over te schakelen op LED-technologie, waarbij een keuze gemaakt kan worden die precies afgestemd is op de technische en ruimtelijke omstandigheden.

Een nieuw verlichtingsconcept dat geen rekening moet houden met de bestaande situatie, biedt het grootste optimalisatiepotentieel. In veel gevallen volstaat een eenvoudige armatuurvervanging al om tot een bevredigend resultaat te komen. Daarbij moet erop worden gelet dat de geselecteerde armaturen na de vervanging voldoen aan de actuele lichttechnische en elektrotechnische eisen in de bestaande configuratie.

Wanneer om bouwkundige of andere reden een vervanging van de volledige armaturen niet gewenst is, kan TRILUX op aanvraag fittingloze armatuurmodules met LED-modules – zogenaamde relightingkits – leveren. In individuele gevallen kan daarbij ook het complete optische systeem vervangen worden door eigentijdse lichttechniek.²

Lichtmanagementsystemen voor verdere energiebesparing, die zo nodig ook een circadiaanse sturing mogelijk maken die de kleurtemperatuur aanpast aan het dagverloop, kunnen bij alle renovatieopties ingezet worden.

² Als een fabrikant ombouwsets aanbiedt voor producten van derden, rusten de garantie, de productaansprakelijkheid en andere verplichtingen, net als bij de ombouw, op de persoon die de ombouw uitvoert. Over de eventuele overname door de fabrikant en de terbeschikkingstelling van technische datasets voor de resulterende armaturen moeten voorafgaand duidelijke afspraken gemaakt worden.

2.1 Veiligheid, kwaliteit en rentabiliteit

De belangrijkste voordelen van een renovatie met LED-armaturen van TRILUX in vergelijking met een ombouw met LED-vervanglampen:

- Er zijn lichttechnische datasets beschikbaar om voorafgaand te controleren of aan de eisen inzake arbeidsveiligheid voldaan wordt.
- De productaansprakelijkheid en wettelijke garantie zijn onbeperkt van kracht.
- De elektrotechnische operationele gegevens zijn tot in het detail bekend en worden gegarandeerd.
- De levensduren worden opgegeven voor een resterende lichtstroom van minimaal 80% ($L \geq 80$).
- Over de totale levensduur is nagenoeg geen uitval te verwachten (uitvalpercentage dichtbij nul).
- Bij de in de ruimte toelaatbare omgevingstemperatuur kan de gedocumenteerde levensduur verwacht worden, die niet beperkt wordt door een temperatuurverhoging in de armatuur.
- Vaak worden ook uitvoeringen voor verhoogde omgevingstemperaturen aangeboden.
- Verstoring van het visueel comfort door 100Hz-flikkeren wordt voorkomen, zoals de lagere flikkerfactoren bewijzen.
- De eigentijdse eisen inzake verlichtingskwaliteit kunnen vervuld worden.
- Voor elk toepassingsgebied staan ook dimbare armaturen en een daarvoor geschikt lichtmanagementsysteem ter beschikking.
- Indien nodig zijn er ook armaturen met een variabele kleurtemperatuur voor een circadiaanse sturing verkrijgbaar.
- Geoptimaliseerde lichttechniek kan het licht in een specifieke toepassing veel doelgerichter verdelen dan mogelijk was bij armaturen met fluorescentielampen.
- LED-armaturen zijn daardoor bijzonder energie-efficiënt.
- Door een goede binning hebben ze een hoge kleurconsistentie (kleurplaatstolerantie ≤ 3 SDCM).
- Het is niet nodig defecte fittingen van de aanwezige armaturen te vervangen.
- Er worden een betere efficiëntie en rentabiliteit bereikt in vergelijking met een gewone lampvervanging met LED-vervanglampen.

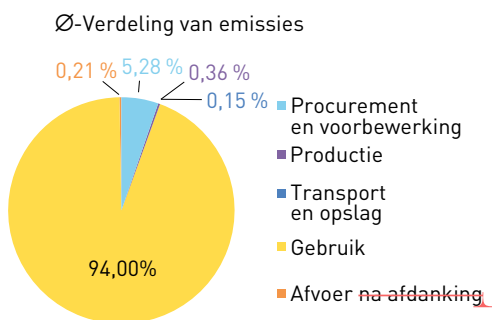


2.2 Duurzaamheid

Bij de beoordeling van de ecologische duurzaamheid van armaturen staan twee aspecten centraal:

1. de CO₂-footprint,
2. het verbruik van niet-hernieuwbare grondstoffen (het abiotische uitputtingspotentieel).

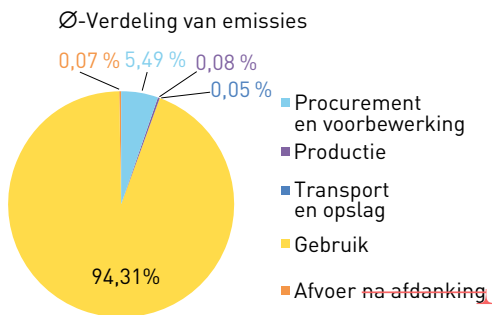
De **CO₂-footprint** van een product wordt niet alleen bepaald door het energieverbruik tijdens het gebruik van het product, maar ook door de CO₂-emissies die gepaard gaan met de productie ervan. Bij de berekening van het CO₂-equivalent (CO₂e) wordt dus de totale levenscyclus van het product in aanmerking genomen. Dat maakt het mogelijk om bijvoorbeeld de emissies veroorzaakt door de productie en die veroorzaakt door het gebruik, naast elkaar te plaatsen.



Flat Panel
Karakteristieke gegevens:
Lichtstroom: 4.200 lm
Levensduur: min. 50.000 uur
Omgevingstemperatuur: 25 °C
Beschermklassse: IP40
Aansluitvermogen: 31 watt
Totaal gewicht: 4,67 kg
713,935 kg CO₂e

Afbeelding 3

De karakteristieke gegevens van afbeelding 3 laten zien dat bij een doorsnee armatuur voor kantoor toepassingen met een behuizing uit plaatstaal en een afdekking uit PMMA, het gebruik verantwoordelijk is voor bijna 95 % van de CO₂-emissie.



Highbays
Karakteristieke gegevens:
Lichtstroom: 26.000 lm
Levensduur: min. 50.000 uur
Omgevingstemperatuur: 50 °C
Beschermklassse: IP65
Aansluitvermogen: 188 watt
Totaal gewicht: 7,2 kg
3.344,412 kg CO₂e

Afbeelding 4

Afbeelding 4 toont een armatuur voor de verlichting van hoge industrialhallen. Een lensoptiek zorgt voor een optimale lichtverdeling en de technisch en materieel hoogstaande armatuurbehuizing garandeert het vereiste temperatuurbeheer om een duurzaam en efficiënt gebruik bij hoge omgevingstemperaturen mogelijk te maken.

De karakteristieke gegevens van de afbeelding laten zien dat het relatieve aandeel van de CO₂-emissie voor de productie en de afdanking van deze complexere armatuur vergelijkbaar is. De technische complexiteit en de materiaalbehoefte stijgen evenredig met de grotere lichtstroom die beschikbaar is bij hoge temperaturen.

Uit de voorbeelden blijkt duidelijk dat het gebruik van de verlichting bij typische lichttechnische toepassingen verantwoordelijk is voor meer dan 90-% van de CO₂-emissie. De 6-% CO₂-emissie die toe te schrijven is aan de productie en de afdanking van de armatuur, is in beide gevallen van ondergeschikt belang. Hieruit volgt dat wanneer een armatuur

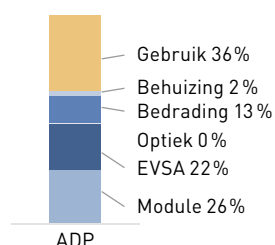
vervangen wordt door een energie-efficiëntere LED-armatuur, een efficiëntiestijging van 6% al volstaat om het hogere energieverbruik voor de productie van die armatuur, te compenseren. Om een lagere CO₂-footprint te bereiken, is het dus zinvol te kiezen voor geavanceerde, hoogwaardige armatuurbehuizingen en lichttechnische componenten.

Minstens evenveel potentieel schuilt in de deskundige lichtplanning. Dankzij de vele varianten die moderne LED-armatuursereïes bieden, kunnen specifieke, voor de betreffende toepassing geoptimaliseerde lichttechnieken doelgericht ingezet worden. Dat legt een goede basis voor efficiëntie en duurzaamheid.

Door te zorgen voor een hoge reparatiebaarheid – met name de mogelijkheid de LED-modules en elektronische componenten apart te vervangen en de gegarandeerde lange beschikbaarheid van reserveonderdelen – beperkt TRILUX het verbruik van niet-hernieuwbare hulpbronnen.

Voor de beoordeling van het **verbruik van niet-hernieuwbare grondstoffen** is een internationaal toepasbare methode ontwikkeld. Rekening houdend met de beschikbare voorraden van de grondstoffen wordt bepaald welke componenten van een product in bijzondere mate bijdragen tot de uitputting van de grondstoffen. Het resultaat van dergelijke beoordeling wordt gedocumenteerd als ADP, wat kort is voor Abiotic Depletion Potential, zijnde uitputting van abiotische grondstoffen.

Net als de CO₂-footprint heeft de ADP-waarde betrekking op de volledige levenscyclus van het product. Met de methode kan ook voor LED-armaturen bepaald worden hoeveel de verschillende componenten bijdragen aan de ADP-waarde. Afbeelding 5 laat de gemiddelden zien voor alle LED-armaturen van het TRILUX-assortiment. Deze waarden werden bepaald in het kader van het onderzoeksproject SUMATRA, waaraan TRILUX deelgenomen heeft.



Afbeelding 5: Gemiddeld abiotisch uitputtingspotentieel van een LED-armatuur, bron: einddocumentatie van het onderzoeksproject SUMATRA (https://www.trilux.com/fileadmin/Downloads/Brochures/Nachhaltigkeit/LpR103_Trilux_SUMATRA.pdf)

Uit de afbeelding blijkt duidelijk dat de behuizing bijvoorbeeld – en dus ook het behouden van de behuizing – geen wezenlijke invloed heeft op het behoud van schaarse grondstoffen. Het zijn de LED's, de andere elektronische componenten en het energieverbruik die de ADP-waarde bepalen.

Energie-efficiëntie, een lange levensduur en een beperkt gebruik van kritieke materialen in de LED-modules en elektronische componenten zijn de sleutel tot duurzaamheid. Er gaat wat dat betreft een groot potentieel schuil in armaturen met geïntegreerde LED-modules. TRILUX streeft met gerichte ontwikkelingen naar de optimalisatie daarvan. Om het verbruik van niet-hernieuwbare hulpbronnen nog meer te verminderen, zorgt TRILUX voor een hoge reparatiebaarheid, met name de afzonderlijke vervanging van LED-modules en elektronische componenten alsook de gegarandeerde lange beschikbaarheid van reserveonderdelen.

Dergelijke optimalisatiemogelijkheden zijn beperkt bij vervangbare lichtbronnen. De lagere energie-efficiëntie tijdens het gebruik, de kortere levensduur en de onscheidbaarheid van lichtbron en voorschakelapparaat leiden tot een hoger grondstoffenverbruik.



3. Voorbeeld waarneming

In de TRILUX-laboratoria zijn concrete metingen uitgevoerd om een voorbeeld te hebben van het gebruik van LED-retrofitlampen in klassieke TRILUX-armaturen. Er werden met name twee lampen gebruikt die door de fabrikanten als hoogwaardig bestempeld worden, met de grootste verkrijgbare lichtstromen:

Retrofit 1: 1.500 mm, 4.100 lm, 22,1 W, 4.000 K

Retrofit 2: 1.500 mm, 3.700 lm, 23,0 W, 4.000 K

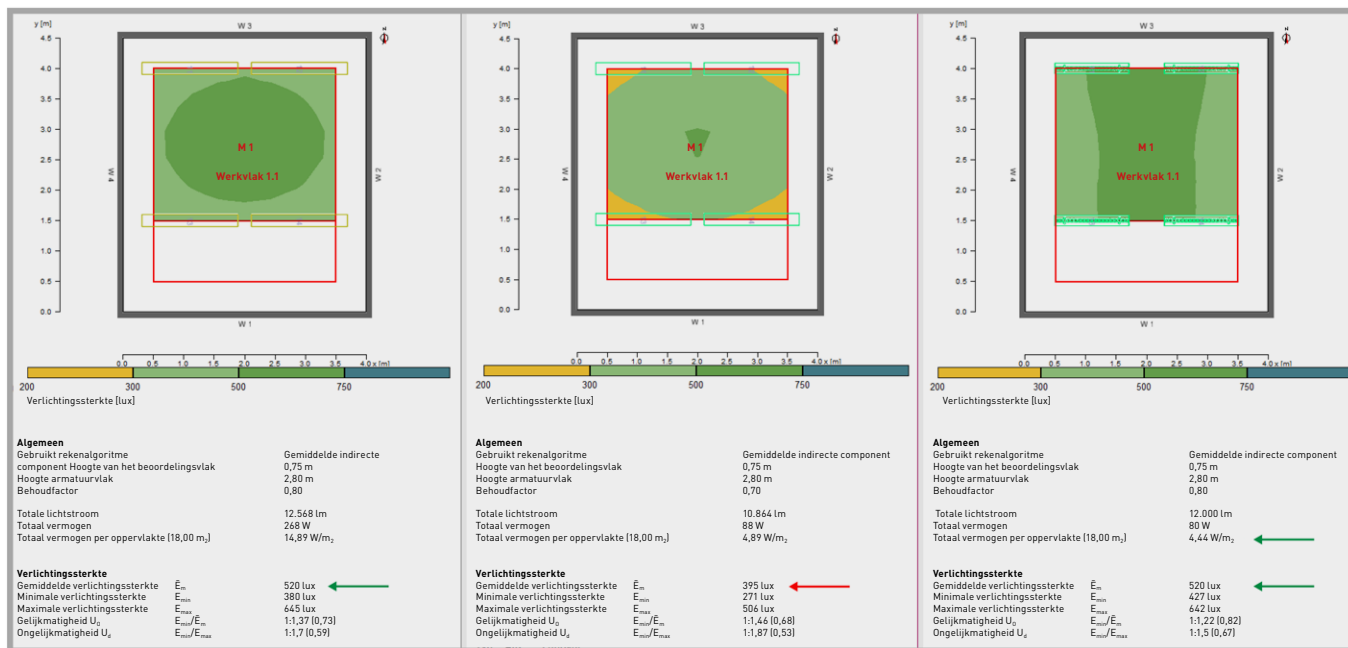
Er werden metingen gedaan bij het gebruik van de betreffende lamp in onder andere een spiegelroosterarmatuur voor beeldschermwerkplekken van de TRILUX-serie Atirion en een waterdichte armatuur van de serie Oleveon.

De geregistreerde gegevens werden daarna gebruikt voor vergelijkende berekeningen in lichttechnische toepassingen.

3.1 Voorbeeld kantoor

In een voorbeeldkantoor wordt in het onderstaande voorbeeld het vlak tussen de twee lichtlijnen beschouwd als de zone van de visuele taak in de zin van de norm EN 12464-1, waarin de activiteitengebieden zich moeten bevinden.

Lengte	4,00 m	Eisen inzake arbeidsveiligheid:
Breedte	4,50 m	$\bar{E}_m \geq 500 \text{ lux}$
Hoogte	2,80 m	$U_0 = E_{\min}/\bar{E}_m \geq 0,6$
Hoogte van het werkvlak	0,75 m	
Lichtlijnen	2 x 2 armaturen	



Afbeelding 6: Resultaten van de berekeningen voor de verlichting van een kantoor voor en na de ombouw met een LED-retrofitlamp in vergelijking met het gebruik van een LED-armatuur. Door de behoudfactor, die voor de retrofitlamp verlaagd werd tot 0,7, wordt rekening gehouden met de hogere degradatie van deze lichtbron, waarvan de levensduur L_{70} opgegeven is.

Vergeleken worden de lichttechnische berekeningen voor het gebruik van de oorspronkelijke T8-lamp van 58 W in een roosterarmatuur van de serie TRILUX Atirion, als referentie, en dezelfde armatuur uitgerust met de genoemde retrofitlamp met een lichtstroom van 4.100 lm, en een actuele LED-armatuur van TRILUX (CREAVO D2-L LW19-03 30-840 ETDD 01, TOC 7728451) met geïntegreerde LED-modules.

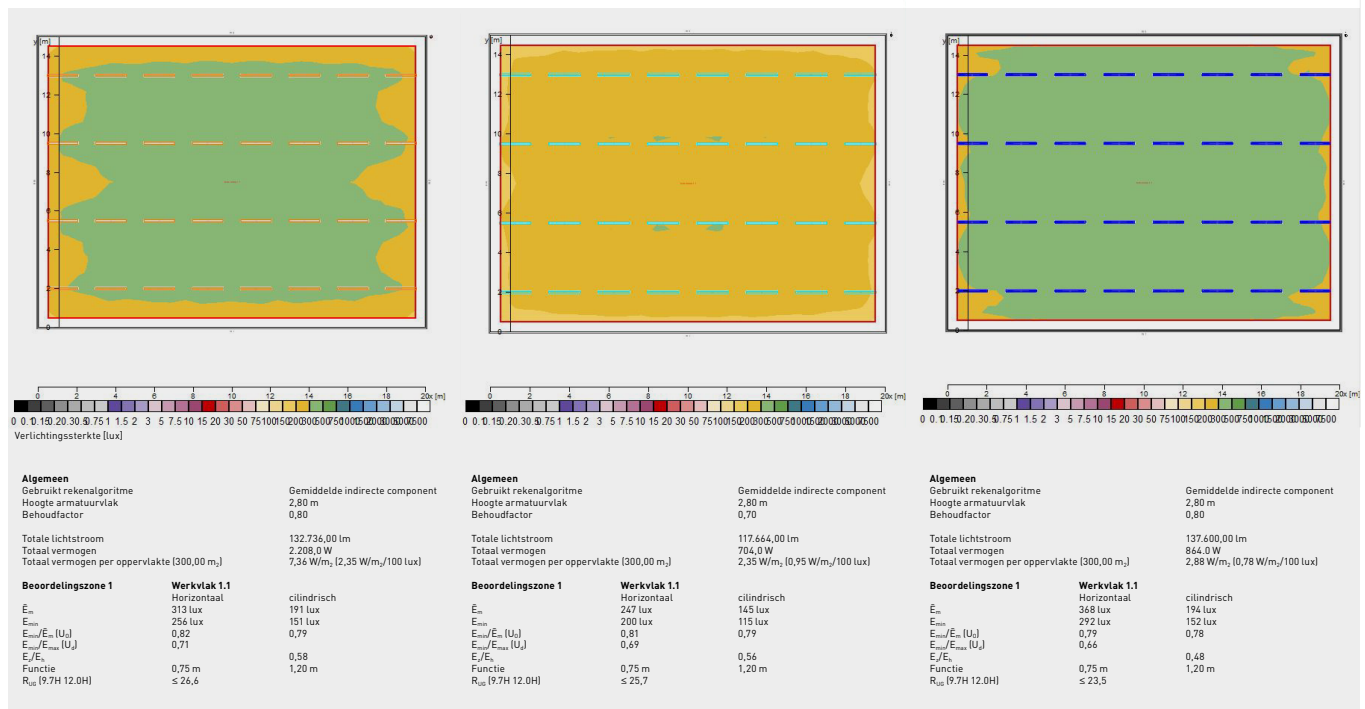
Het voorbeeld laat duidelijk zien dat bij deze standaardopstelling na de uitrusting met retrofitlampen niet meer voldaan zou zijn aan de eisen inzake arbeidsveiligheid wat betreft verlichtingssterkte.

Door de aanwezige armaturen één op één te vervangen door LED-armaturen kan daarentegen wel voldaan worden aan de eisen en dat bij een geringere energiebehoefte dan voor de retrofitombouw. De efficiëntie en de kwaliteit van de verlichting liggen daarbij duidelijk hoger.

3.2 Voorbeeld verpakkingshal

Als volgende voorbeeld bekijken we kleine hal waarin verpakkingswerk verricht wordt.

Lengte	20,00 m	Eisen inzake arbeidsveiligheid:
Breedte	15,00 m	$\bar{E}_m \geq 300 \text{ lux}$
Hoogte	2,80 m	$U_0 = E_{\min}/\bar{E}_m \geq 0,6$
Hoogte van het werkvlak	0,75 m	
Lichtlijnen	4 x 8 armaturen	



Afbeelding 7: Resultaten van de berekeningen voor de verlichting van een verpakkingshal voor en na de ombouw met een LED-retrofitlamp in vergelijking met het gebruik van een gewone LED-armatuur. Door de behoudfactor, die voor de retrofitlamp verlaagd werd tot 0,7, wordt rekening gehouden met de hogere degradatie van deze lichtbron, waarvan de levensduur L_{70} opgegeven is.

Vergeleken worden de lichttechnische berekeningen voor het gebruik van de oorspronkelijke T8-lamp van 58 W in een waterdichte armatuur van de serie TRILUX Olevelon, als referentie, en dezelfde armatuur uitgerust met de genoemde retrofitlamp met een lichtstroom van 4.100 lm, en een actuele uitvoering van een waterdichte armatuur van de TRILUX-serie Aragon Fit (ARAGF 15 PVW 44-840 ETDD, TOC 7401451) met geïntegreerde LED-modules.

Het voorbeeld laat duidelijk zien dat bij deze standaardopstelling na de uitrusting met retrofitlampen niet meer voldaan zou zijn aan de eisen inzake arbeidsveiligheid.

- De lichtstroom volstaat niet, om de vereiste verlichtingssterkte te bewerkstelligen.
- De verblindingsbeperking voldoet niet aan de waarde $R_{UGL} \leq 25$, die de norm EN 12464-1 nu vereist.

Door de aanwezige armaturen één op één te vervangen door LED-armaturen kan daarentegen meer dan voldaan worden aan de eisen en kunnen bovendien de efficiëntie en de kwaliteit van de verlichting verhoogd worden.

- Daarvoor staan tegenwoordig LED-armaturen met gevarieerde lichttechnische specificaties op het gebied van lichtstroom, lichtverdeling en verblindingsbeperking ter beschikking.
- Met de geselecteerde LED-armatuur wordt de vereiste verlichtingssterkte zeker bereikt.
- De LED-armatuur voldoet aan de verblindingsbeperking $R_{UGL} \leq 25$, die tegenwoordig geëist wordt door de norm EN 12464-1.
- De lichtopbrengst van de LED-armatuur is 22% hoger dan die van de reeds aanwezige armatuur met de LED-retrofitlamp.

4. Conclusie

Na de vervanging van de fluorescentielampen door LED-retrofitlampen voldoet de verlichtingsinstallatie in het beste geval nog aan de verlichtingseisen waarop de installatie oorspronkelijk gebaseerd was. Dat betekent dat in het beste geval de arbeidsveiligheid ook op het peil van toen blijft en dat voor zolang de retrofitlampen in gebruik zijn. In vele gevallen kan dat echter niet gegarandeerd worden. Het kan dus zijn dat niet voldaan wordt aan de eisen inzake arbeidsveiligheid en veilig gebruik van de verlichtingsinstallatie.

Bij een vakkundige armatuurvervanging wordt daarentegen een eigentijdse verlichtingskwaliteit bereikt die beantwoordt aan de huidige stand van de techniek. Ook aan de eisen die gesteld worden in de nieuwe verlichtingsnorm EN 12464-1; 2021-11 kan dan in de regel worden voldaan zonder extra inspanningen. Bovendien is verlichtingssturing mogelijk. Zo nodig kan gezorgd worden voor een melanopisch effect, om het slaap-waakritme te ondersteunen. Deze oplossing resulteert in een groter energiebesparingspotentieel én een hogere verlichtingskwaliteit.

Ook wat betreft de CO₂-voetafdruk is het vervangen van de armaturen over de hele levenscyclus van de verlichtingsinstallatie beschouwd een veel duurzamere oplossing dan het gebruik van retrofitlampen.

Een geoptimaliseerd nieuw ontwerp kan ook aanzienlijke andere mogelijkheden bieden.



(a) in de vroege ochtenduren en laat na de middag



(b) rond het middaguur

Afbeelding 8: Aan het daglicht aangepast verloop van de kleurtemperatuur van de kunstmatige verlichting in een kantoortuin



Meer informatie vindt u op:
www.trilux.com/refurbishment



Bezoek ook eens onze TRILUX Akademie.
U vindt er een boeiend aanbod lichtkennis:
www.trilux-akademie.com

Simplify Your Light.

www.trilux.com

26/42-B-NL