



Näin vertailet ledivalaisimia 2.0

Sisällysluettelo

1. JOHDANTO.....	4
2. ENERGIATEHOKAS VALAISTUS JA OHJAUS	5
2.1 VALAISTUKSEN ENERGIATEHOKKUUS.....	5
2.2 VALAISTUKSEN OHJAUS JA HIMMENTÄMINEN.....	6
2.2.1 Valaistuksen himmentäminen.....	6
2.2.2 Ohjausjärjestelmät.....	7
2.2.3 Huollon vaatimukset.....	8
3. IEC-JULKAISUJEN MUKAISET LAATUVAATIMUKSET	9
4. FOTOMETRINEN KOODI	13
5. ELINIKÄMÄÄRITELMÄT.....	17
Liite1 – Leditermejä	19
Liite 2 – Tiivistelmä nykyisistä IEC- ja UL/IES-standardeista.....	20
Liite 3 – Ledivalaisimien suositeltavat vertailuparametrit.....	23

ISBN 978-952-5998-92-4

ISBN 978-952-5998-93-1 (pdf)



Teknologiateollisuus

Valaisinvalmistajien toimialaryhmän opas ledien maailmaan:

Näin vertailut ledivalaisimia

Oppaan 1. painoksen (julk. 12.9.2013) pohjana on käytetty CELMA:n vastaavaa opasta Apples and Pears, joka on julkaistu syyskuussa 2011.2.

Painos on päivitetty uusimpien standardien mukaiseksi ja terminologiassa on otettu huomioon leditermistöä koskevan SFS-EN 62504:2016 standardin mukaiset termit.

1. Johdanto

Ledivalonlähteet ovat tuoneet merkittävän muutoksen valaistukseen. Ledit syttyvät heti, niitä on helppo himmentää ja niiden tuottama valo on helppo ohjata sinne, missä valoa tarvitaan. Perinteiseen valaistukseen verrattuna ledit mahdollistavat monipuolisen värien ja dynaamisten efektien käytön sekä aivan uudenlaisen valaistuksen suunnittelun, valaistustilanteet ja valaistusympäristön.

Ledien käyttöikä on pitkä. Niiden avulla voi merkittävästi säästää energiaa ja ylläpitokuluja, mikä tekee ledivalaistuksesta energia- ja kustannustehokkaan.

Ledivalaistuksen hyödyt toteutuvat parhaiten silloin, kun kohteeseen valitaan siihen soveltuva ledivalaisin. Kasvavilla markkinoilla on paljon tuotteistoja, joka ei kaikilta teknisiltä ja laadullisilta ominaisuuksiltaan täytä vaativimpien valaistuskohdeiden vaatimuksia.

Lisäksi tuotteiden suorituskykyarvojen, kuten valaisimen valotehokkuuden, ottotehon ja eliniän esittämisessä on ollut erilaisia yritys- tai tuotekohtaisia toimintamalleja. Tiedot eivät aina ole olleet vertailukelpoisia samaan kohteeseen tarjottujen valaisimien välillä. Onkin ensiarvoisen tärkeää, että valaisinvalintapäätöksiä tekevät pystyvät puolueettomasti ja luotettavasti vertaamaan eri tuotteita ja ratkaisuja toisiinsa ja valitsemaan kohteeseen ja tilanteeseen parhaiten soveltuvat ratkaisut.

Näin vertaillet ledivalaisimia -opas on syntynyt Suomen valaistusalan merkittävimpien toimijoiden yhteistyönä. Opas tarjoaa työkalun ledivalaisimien tekniseen ja laadulliseen vertailuun ja toimii helppona ja nopeana tarkistus- ja muistilistana valaistusta suunnitteleville ja valaistushankintoja tekeville.

Oppaassa esitellään IEC-standardeissa esitetyt yleiset ledivalaisimien laatuvaatimukset. Ledivalaisimien käyttäjän on tärkeä soveltaa samoja standardoituja ja keskenään vertailukelpoisia laatuvaatimuksia arvioidessaan valmistajien esittämiä väittämiä. Ledivalaisimien käyttäjien tulisi aina pyytää IEC-standardien mukaisesti mitattuja ledivalaisimien teknisiä tietoja. Ledivalaisimien ja -moduulien laatuvaatimuksia koskevat standardit julkaistiin vuonna 2014. Näissä standardeissa on esitetty suureiden määrittelmät ja mittausmenetelmät. Suureiden raja-arvot voivat perustua standardeihin, viranomaismääräyksiin tai valmistajan lupaamiin arvoihin.

2. Energiatehokas valaistus ja ohjaus

2.1 Valaistuksen energiatehokkuus

Valaistuksen ensisijainen tehtävä on tuottaa riittävästi hyvälaatuista valoa erilaisten toimintojen suorittamiseen. Energiatehokkaassa valaistuksessa pyritään mahdollisimman alhaiseen energiankulutukseen täyttäen valaistuksen laadulliset vaatimukset.

Valaistuksen energiatehokkuuteen vaikuttavat sekä valaistusratkaisu (valonlähteet, valaisimet ja valaistuksen toteutustapa) että valaistuksen käyttö (kuva 1.).



Kuva 1. Valaistuksen energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä

Lähde: Valaistushankintojen energiatehokkuus, Kauppa- ja teollisuusministeriön [Työ- ja elinkeinoministeriön] suositukset julkisten hankintojen energiatehokkuudesta; valaistusosuuksien päivitys, Taustaraportti, Versio 4.0, Tapio Kallasjoki

Ledien myötä laadukas valaistus ja energiatehokkuus ovat yhdistettävissä. Energiatehokas valaistus ei tarkoita pelkästään valotehokkuutta, vaan se syntyy laadukkaista tuotteista, asiantuntevasta suunnittelusta, ammattimaisesta toteutuksesta sekä asianmukaisesta huollosta ja energiatehokkuutta tukevasta valaistuksen käytöstä.

Tarkista, että

- **valaisin on toteutettu energiatehokkaasti ja se soveltuu asennuskohteeseen.**

Kohteeseen valitaan valotehokas valaisin, jonka valonjako ja optiikka soveltuvat valaistavaan tilaan ja joka mekaanisilta ominaisuuksiltaan vastaa käyttöympäristön vaatimuksia.

- **ohjausratkaisut on mietitty kohteeseen soveltuviksi.**
Kohteessa hyödynnetään mahdollisimman laajasti ohjaustekniikan tarjoamia mahdollisuuksia energiansäästön optimoimiseksi. Yksinkertaisimmillaan tämä tarkoittaa liiketunnistukseen perustuvaa päälle/pois ohjausta ja kattavimmillaan kokonaisvaltaista valaistuksen ohjausjärjestelmää.
- **valaistus on suunniteltu ja toteutettu huolellisesti ja siitä on laadittu huolto-ohjelma, jota noudatetaan.**
Valaistus suunnitellaan ja toteutetaan ammattimaisesti ja sitä huolletaan ennalta suunnitellun ohjelman mukaisesti.
- **kohteessa mitataan ja seurataan energiankulutusta.**
Käyttötymistä ohjaa tietoisuus valaistuksen energiankulutuksesta ja mahdollisuuksista.

2.2 Valaistuksen ohjaus ja himmentäminen

Ledivalaisinten erinomaiset himmennysominaisuudet antavat mahdollisuudet tilanteen mukaiseen valaistuksen ohjaukseen sekä energiansäästöön valaistusta sammuttamatta. Ledivalaisinten energiatehokkuus paranee himmennettäessä ja valaistusta voidaan syyttää/sammuttaa vapaasti ilman vikaantumisriskiä. Himmennys voidaan ohjelmoida ohjausjärjestelmän kautta tai ottaa suoraan käyttöön yksittäisille valaisimille. Himmennys on myös mahdollista toteuttaa läsnäolotunnistusta hyväksikäyttäen. Tällöin valot himmenevät, jos valaistavalla alueella ei ole liikettä ja kirkastuvat tunnistimen havaittua liikettä. Liike- tai läsnäolotunnistus osana himmennysohjausta mahdollistaa entistä suuremman energiansäästön.

Ohjausjärjestelmät voidaan jakaa ohjauksen tarpeen mukaisesti kahteen kategoriaan: keskusohjattaviin (valaistusprofiilit ja valaistusryhmät) sekä paikallisesti ja itsenäisesti ohjattaviin (sensoritietojen mukainen älykäs ohjaus). Ohjaustapojen pääasiallinen ero on siinä, voidaanko yksittäistä valaistusyksikköä ohjata erikseen sensorien, kuten liiketunnistimen tai valoanturien, antaman informaation perusteella.

2.2.1 Valaistuksen himmentäminen

Ledivalaisimia voidaan himmentää eri tavoin. Yleisimmät himmennystavat ovat DALI, painonappihimmennys (SwitchDim, SwitchControl, suorapainikeohjaus), 1-10V ja vaihekulmasäätö.

	Standardoitu	Osoitteellinen	Napaisuus	Kaapeleita	Muutokset	Vaatii ohjelmointia	Virtapiirin pituus
DALI	IEC/EN 62386	64 (+)	Vapaa	1	Ohjelmoimalla	Kyllä	Ei vaikuta säätöön
1-10V	IEC/EN 60929	Ei	Kyllä	Kanavamäärä	Fyysisesti	Ei	Vaikuttaa säätöön
Pulssinleveysmodulaatio (PWM)	IEC/EN 60929	Ei	Vapaa	Kanavamäärä	Fyysisesti	Ei	Vaikuttaa säätöön
Vaihekulmasäätö	Ei	Ei	Vapaa	Kanavamäärä	Fyysisesti	Ei	Vaikuttaa säätöön
Suora painike	Ei	Ei	Vapaa	Kanavamäärä	Fyysisesti	Ei	Vaikuttaa säätöön

Taulukko 1. Erilaisia himmennystapoja

Erityisesti saneerauskohteissa on tärkeää ottaa huomioon valaisinten ja himmenninlaitteiden yhteensopivuus. Standardin mukaisissa himmennystavoissa (DALI ja 1-10V) yhteensopivuus on varmistettu. Muissa himmennystavoissa yhteensopivuus on syytä varmistaa etukäteen.

2.2.2 Ohjausjärjestelmät

Energiansäästövaatimukset, nousevat energiakustannukset, huolto- ja ylläpitotarpeet sekä ihmisten turvallisuustarpeeseen liittyvät vaatimukset asettavat valaistuksen ohjaukselle uusia tehokkuus- ja toiminnallisuusvaatimuksia. Ennen ohjausjärjestelmän saneerausta on syytä selvittää ohjausjärjestelmän hankintakustannusten takaisinmaksuaika huomioiden ohjauksen mahdollistama kustannussäästöpotentiaali (energia- ja huoltokustannukset).

	Sisävalaistus	Ulkovalaistus
Hämäräkytkin		X
Läsnäolotunnistus/liiketunnistus	X	X
Päivänvalotunnistus	X	
Kellokytkin	X	X
Painokytin	X	X
Valaistustason tunnistus		X
Liikennemäärän tunnistus		X
Sääolosuhteiden tunnistus		X
Edellisten yhdistelmä	X	X

Taulukko 2. Valaistuksen ohjaus- ja säätötapa

2.2.3 Huollon vaatimukset

Valaistuksen ohjausratkaisun suunnittelussa täytyy huomioida myös huollon ja ylläpidon asettamat vaatimukset järjestelmälle.

Tyypillisiä vaatimuksia ovat

- automaattiset hälytykset vikatilanteissa
- mahdollisuus vikatilanteiden analysointiin
- valaistuksen etäohjausmahdollisuus
- erilaiset raportit kuten laatu-, energiankulutus- ja polttoaikaraportit.

Ohjausjärjestelmistä saatava tieto valaistuksen toiminnasta ja kunnosta mahdollistaa kustannustehokkaamman huollon ja auttaa valaisinten takuun seurannassa. Järjestelmän antaessa tietoa valaistusinfrastruktuurista huolto- ja korjaustoimenpiteet nopeutuvat ja turhat huoltokäynnit vähenevät. Osana huoltoa ja ylläpitoa voivat olla myös elinkaarikustannusten seuranta ja huoltokirjanpito.

Älykkään ohjauksen avulla on mahdollista myös vähentää käytettävien valaisinmallien (eri teholuokat) määrää ja tällä helpottaa ylläpidon järjestämistä. Tarpeenmukainen, älykäs ohjaus mahdollistaa säästöjä myös valaistuksen elinkaarikustannuksissa ja etähallittavuus helpottaa valaistuksen valvontaa ja säätämistä. Lisäksi on hyvä muistaa, että valaisinten ohella myös ohjausratkaisut vaativat huoltoa.

3. IEC-standardien mukaiset laatuvaatimukset

International Electrotechnical Commission eli kansainvälisen sähköalan standardointiorganisaatio IEC:n ledimoduuleja ja ledivalaisimia koskevat laatuvaatimukset on esitetty seuraavissa, vuonna 2014 julkaistuissa, standardeissa:

- IEC 62717:2014 Edition 1.0 (2014-12-16)
LED modules for general lighting – Performance requirements
- IEC 62717:2014/AMD 1:2015
Amendment 1 – LED modules for general lighting –Performance requirements
- IEC/EN 62722-2-1 Edition 1 (2014-11-25)
Luminaire Performance- Part 2-1: Particular requirements for LED luminaires.

Ledeihin liittyvät termit ja niiden määritelmät on koottu erilliseen termistandardiin:

- IEC/EN 62504:2014 Edition 1.0 (2014-06-19)
General lighting – Light emitting diode (LED) products and related equipment – Terms and Definitions.

Standardista on suomalainen versio SFS-EN 62504, jossa englanninkieliset termit on suomennettu. Oppaassa on käytetty tämän standardin mukaisia suomennoksia.

Testausmenetelmät on määritelty mahdollisimman pitkälti ledimoduuleja koskevassa standardissa. Tämän lisäksi valaisinstandardi IEC/EN 62722-2-1 sallii IEC/EN 62717-standardin mukaisia moduuleja käytettäessä tietyillä edellytyksillä tiettyjen testien poisjättämisen, jos moduulille löytyy vastaavat moduulistandardin mukaiset testitulokset.

Ledivalaisimen elinikä on useimmissa tapauksissa paljon pidempi kuin käytännön testausaika. Seurauksena on, että valmistajien elinikään liittyviä suoritusarvoja ei voida riittävän luotettavasti testaamalla todentaa. Valmistajan elinikään liittyviä suoritusarvojen (yli 25 % eliniästä, enintään 6 000 tuntiin asti) todentaminen ei sisälly kumpaankaan IEC-standardiin. Jotta valmistajan ilmoittamat elinikään liittyvät suoritusarvot voitaisiin todentaa, testitulokset olisi ekstrapoloitava. Menetelmä mitta-arvojen projisoimiseksi yli käytännössä rajallisen mitta-arvojen on harkittavana.

Molemmissa suorituskykyvaatimuksia koskevissa IEC-standardeissa on määritelty tekniset suoritusarvot uudelle tuotteelle (initial values) sekä mittausmenelmät suoritusarvojen mittaamiseksi.

Näin ledimoduuli- ja valaisinvalmistajien ilmoittamat uuden tuotteen tekniset suoritusarvot saadaan keskenään vertailukelpoisiksi. Tämä ei koske elinikään liittyviä suoritusarvoja.

Ledivalaisinstandardin IEC/EN 62722-2-1 mukaan valaisimesta on annettava seuraavat tiedot:

* Mitoitusarvo tarkoittaa valmistajan ilmoittamaa arvoa standardinmukaisessa mittauksessa.

a) Mitoitusottoteho watteina (W)

Mitoitusottoteho kertoo valaisimen kuluttaman tehon, jossa on mukana liitäntälaitteen teho, jos liitäntälaitte on toimitettu valaisimen mukana.

b) Fotometrinen koodi

Valon tärkeät laatuparametrit ilmaistaan kuusinumeroisen fotometrisen koodin avulla. Koodi ilmaisee värinvalaistuksen, ekvivalentin värilämpötilan, värikoordinaatit ja valovirran pysyvyyden. Fotometrinen koodi on selitetty tarkemmin kohdassa 4.

c) Mitoitusvalovirta luumeneina (lm)

Valaisimen säteilemän valon määrä luumeneina (lm).

- Perinteisissä (eli muissa kuin ledi-) valaisimissa valovirran nimellisarvon mittaus ja ilmoittaminen ei ole kovin yleistä. Arvo lasketaan yleensä kertomalla lampun valovirta valaisimen käyttöhyötysuhteella (LOR-luku).
- Mikäli perinteistä valaisinta ja ledivalaisinta halutaan valoteknisesti vertailla, on suositeltavaa ottaa huomioon tosiasiallinen käyttö, ja verrata valaistus suunnitelmia toisiinsa.

d) Mediaani hyötyeliniän mitoitussarvo (h) ja sitä vastaava valovirran pysyvyyskerroimen (x) arvo ($L_x B_{50}$)

Mediaani hyötyeliniä ($L_x B_{50}$) tarkoittaa aikaa, jolloin 50% valaisinpopulaation toimivista valaisimista ei enää tuota pysyvyyskerroimen x mukaista valovirtaa mitattuna standardin mukaisissa olosuhteissa valmistajan ohjeiden mukaisesti.

e) Äkillisen vikaantumisosuuden mitoitussarvo (%)

Niiden ledivalaisimien osuus, jotka eivät toimi tai tuota valoa mediaani hyötyeliniän kuluttua.

f) Valovirran pysyvyyskerroimen mitoitussarvo (%)

Mitattu alkuvalovirta (alkuarvo) normalisoidaan 100 prosenttiin, ja sitä käytetään ledimoduulin eliniän määrittämisen ensimmäisenä arvopisteenä. Valovirran arvo mitataan kun 25 % tai enintään 6 000 käyttötuntia ilmoitetusta eliniästä on kulunut, ja ilmaistaan prosentteina alkuvalovirran arvosta. Arvo määrää valovirran pysyvyyssuorituksen, joka on selitetty taulukossa 3.

g) Värikoordinaattien alku- ja loppumitotussarvot

Katso sivu 14.

h) Ekvivalentin väriämpötilan CCT mitoitussarvo kelvineinä (K)

Valkoista valoa tuottavan ledimoduulin väriämpötila määritetään vertailemalla sen valoa ihanteellisen mustan kappaleen säteilyyn tietyssä lämpötilassa. Yksikkö on kelvin (K).

i) Värintoistoindeksi (R_a) mitoitussarvo

Värintoistoindeksi määritellään vertaamalla kahdeksan testiväripinnan värien muuttumista, kun tutkittava valonlähde vaihdetaan vertailuvalonlähteeseen. 2300...5000 K lamputta vertailuvalo on Planckin säteilijä eli hehkusäteilijä. Yli 5000 K lamputta verrataan päivänvalostandardeihin.

j) Suoritusarvoihin liittyvän ympäristön lämpötilan (t_a) mitoitussarvo (°C)

Valaisimen ympäristön lämpötila, joka vastaa valmistajan ilmoittamia valaisimen suoritusarvoja. Kaikkia suoritusarvoja vastaa sama kiinteä käyttölämpötilan arvo (t_q). Valmistaja voi ilmoittaa suoritusarvot useammalla kuin yhdellä käyttölämpötilan arvolla.

Arvioitaessa eri valmistajien ledivalaisimien suorituskykyä koskevia väittämiä on tärkeää

- käyttää vertailussa standardien mukaan määritellyjä suoritusarvoja
- käyttää mittauksessa standardin mukaisia mittausmenetelmiä
- huomioida ilmoitettujen arvojen lämpötilariippuvuus
- tiedostaa standardien mukaisesti ilmoitettujen arvojen olevan annettu aina ympäristön lämpötilassa $t_a = 25\text{ °C}$ valaisimen jatkuvuustilassa, jos erikseen ei muuta mainita.

Ledivalaisimien valmistajien tulisi julkaista tuotteiden tekniset tiedot IEC standardien vaatimusten mukaisina.

k) Ledivalaisimen valotehokkuuden mitoitusarvo (lm/W)

Mitattu uuden valaisimen valovirta jaettuna saman ledivalaisinyksilön samanaikaisesti mitatulla ottoteholla. Yksikkö on lumenia/watti.

l) Vanhentamisaika (h), jos ei ole nolla

Esikäsitteilyaika (yleensä valaisimen normaali käyttöaika) ennen kuin alkuarvotestit voidaan aloittaa.

Seuraavissa luvuissa tarkastellaan lähemmin eräitä kompleksisempia suoritusarvoja sekä selitetään, mihin ne liittyvät ja miksi ne ovat tärkeitä.

4. Fotometrinen koodi

Kuusinumeroinen fotometrinen koodi ilmaisee tärkeitä valon laatuparametreit:

- alkuarvot CRI (Ra) ja CCT (Kelvin)
- värikoordinaattien alku ja loppuarvot
- valovirran pysyvyys (LMF).

Värintoistoindeksi (Ra)

Kohteeseen sopiva ja tarkoituksenmukainen värintoisto on tärkeä vaatimus valonlähdettä valittaessa. Vaikka valonlähteet tuottaisivat saman värivaikutelman, se ei välttämättä tarkoita, että väripinnat näyttäisivät samalta valonlähteiden alla. Kaksi samalta valkoiselta vaikuttavaa valoa saattavat olla erilaisten aallonpituusyhdistelmien tulos. Materiaalin pinta ei välttämättä heijasta kyseessä olevia valon aallonpituuksia samalla tavalla ja värivaikutelma muuttuu valaistuksesta toiseen siirryttäessä. Tällöin materiaali voi näyttää erilaiselta.

Uuden, yleistyvän lediteknologian spektri on kapea, eikä Ra siten kuvaa ledien värivaikutelmaa kaikissa olosuhteissa oikein. CIE kehittää parhaillaan uusia määritelmiä ja mittausmenetelmiä.

Alustava Ra-arvojen luokittelu fotometristä koodia varten saadaan noudattamalla seuraavaa asteikkoa:

Koodi	Ra-vaihteluväli	Värintoisto-ominaisuudet
6	57 – 66	huono
7	67 – 76	kohtalainen
8	77 – 86	hyvä
9	87 – 100	erinomainen

Taulukko 1: Värintoiston arvoasteikko

Ekvivalentti väriämpötila (CCT)

Valkoinen valo syntyy eri värien sekoituksesta ja valon ominaisuudet määräytyvät niihin sisältyvien värien mukaan. Runsaasti punaista sisältävä valkoinen näyttää lämpimämmältä. Valkoinen, jossa on iso osa sinistä, näyttää kylmemmältä. Valkoisen valon eri tyypit luokitellaan käyttämällä väriämpötilan käsitettä, joka on ihanteellisen mustan kappaleen säteilemä valo tietyssä lämpötilassa.

Käsitettä voidaan parhaiten kuvata tuttujen lämpösäteilijöiden, kuten hehkulampun hehkulangan tai rautatangon avulla.

Kun edellä mainittuja materiaaleja lämmitetään 1 000 kelviiniin, värivaikutelma on punainen. 2000–3 000 kelvinin lämpötilassa ne näyttävät kellertävän valkoiselta, 4 000 kelvinissä neutraalin valkoiselta ja 5 000–7 000 kelvinissä kylmän valkoiselta. Mitä korkeampi väriämpötila on, sitä kylmempi on valkoisen valon luoma vaikutelma.

Muilla kuin hehkusäteilijöillä (hehku- ja halogeenilamput) väriämpötilaa ei voida määrittellä tarkasti, vaan tällöin käytetään käsitettä ekvivalentti väriämpötila.

Alustava CCT-arvojen luokittelu fotometristä koodia varten saadaan jakamalla väriämpötilan alkuarvo 100:lla.

Värikoordinaatit ja värierot

Ledeihin liittyy myös toinen valon värisävyyden liittyvä ominaisuus: ledejä ei pystytä valmistamaan niin, että kaikissa valmistuserän ledeissä on tarkasti sama värisävy (samat värikoordinaatit). Jos värikoordinaattien erot ovat pieniä, ei värieroa havaitse silmällä, mutta isot värierot erottuvat helposti. Saman ledityypin eri yksilöiden värikoordinaattien erojen suuruutta kuvataan SDCM-luvulla (MacAdam ellipsi). SDCM-luku/MacAdam ellipsin koko kertoo, kuinka pienen alueen sisälle värikoordinaatissa eri ledyksilöiden väripisteet osuvat. Mitä pienempi SDCM-luku, sitä pienemmät värierot ovat. Väritasaisuudella on merkitystä erityisesti silloin, kun useita valonlähteitä sijaitsee lähellä valkoista seinää. Kun SDCM-luku ≤ 3 , värisävyerot eivät enää ole silmämääräisesti havaittavissa. Väritasaisuus ei myöskään ole vakio, vaan muuttuu ledin eliniän myötä.

Värikoordinaattien alku- ja loppuarvot mitataan. Loppuarvo mitataan, kun nimelliskäyttöiästään on kulunut 25 prosenttia ja korkeintaan 6 000 tuntia.

Fotometrisessä koodissa käytettävä arvo noudattaa seuraavaa asteikkoa:

Tavoiteväriin keskitetyn MacAdamin ellipsin koko	Värvaihteluluokka	
	ALKU	LOPPU
3-portainen	3	3
5-portainen	5	5
7-portainen	7	7
>7-portainen ellipsi	7+	7+

Valovirta

Koska ledivalaisimen käyttöikä on tyypillisesti (hyvin) pitkä, valovirran todellisen, käyttöajan mittaan tapahtuvan alenemisen mittaaminen on aikaa vievää. Esimerkki: L_{70} tarkoittaa aikaa, jossa ledimoduuli tuottaa yli 70 % valovirran alkuarvosta. Ledin valovirran todellinen käyttäytyminen voi vaihdella huomattavasti tyyppiin ja valmistajan mukaan. Kaikkien ledien valovirran käyttäytymistä ei ole mahdollista ilmaista yksinkertaisilla matemaattisilla kaavoilla. Vaikka valovirta alenisi aluksi nopeasti, se ei automaattisesti tarkoita, että kyseinen ledi ei saavuttaisi ilmoitettua elinikää.

Jotta ilmoitetut eliniät voidaan todentaa, testitulokset on ekstrapoloitava. IEC:ssä harmitaan parhaillaan yleistä menetelmää, jolla mittaustulokset voitaisiin projisoida rajallista testausaikaa pidemmälle. LM-80-standardin mukainen ekstrapolointi kuvataan Yhdysvalloissa IES TM-21 -julkaisussa.

Eliniän todentamisen sijaan IEC on päätenyt esittämään koodit, jotka ilmaisevat valovirran pysyvyyttä tietyssä rajoitetussa mittaussajassa. Koodinumero ei siis tarkoita valovirran pysyvyyttä ilmoitetun eliniän lopulla.

Valovirran arvo mitataan, kun ilmoitetusta eliniästä on kulunut 25 prosenttia ja enintään 6 000 tuntia. Fotometrisessä koodissa käytettävä arvoluokitus on seuraavan valovirran säilymistä kuvaavan luokituksen mukainen:

Valovirran pysyvyys [%]	Koodi
≥90	9
≥80	8
≥70	7

Taulukko 3: Valovirran pysyvyyttä testiajan lopussa kuvaava koodi

Fotometrinen koodin 830/359 rakenne on selvitetty ohessa:

- **Koodi 8 – värintoistoindeksin Ra alkuarvo esim. 84**
- **Koodi 30 – ekvivalentin värilämpötilan alkuarvo 3 000 K**
- **Koodi 3 – värikoordinaattien alkuhajonta 3-portaisessa MacAdamin ellipsissä**
- **Koodi 5 – värikoordinaattien loppuhajonta 5-portaisessa MacAdamin ellipsissä**
- **Koodi 9 – valovirran pysyvyys testiajan lopussa esim. 91 %**

Ledimoduulin fotometrinen koodi on aina ilmoitettava tuotepakkauksessa ja tuote-esitteessä.

5. Elinikämääritelmät

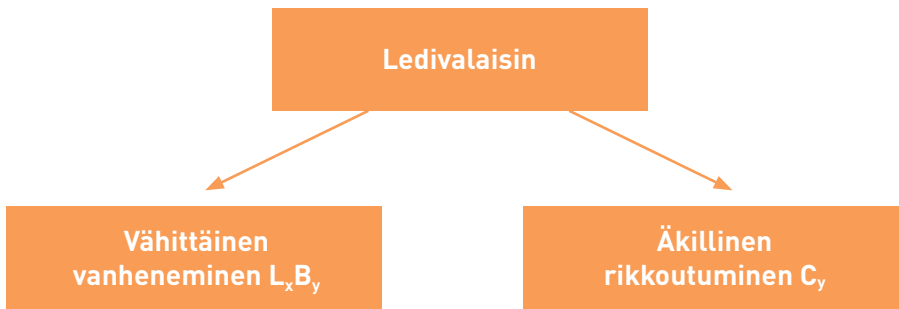
Ledivalaisimen elinikäilmoituksia ei ole mahdollista luotettavasti todentaa. Elinikä on yleensä selvästi pidempi kuin valaisimen käytännöllisesti testattu aika. Pitkä testausaika ja nopea tuotekehitys johtaisi siihen, että elinikätestien valmistuessa tuotteet olisivat joko poistuneet markkinoilta tai vanhentuneet. Eliniän todentamisen sijaan standardi esittelee valovirran pysyvyyden eliniän määritteenä. Valovirran pysyvyys ei ennusta valaisimen saavuttamaa elinikää, vaan kuvaa sitä kuinka hyvin valaisin säilyttää valovirtansa. Menetelmä, jolla elinikä voitaisiin ekstrapoloimalla luotettavasti todentaa, on valmisteilla. Pysyvyys määritetään eliniän jälkeen, joka on 25 % nimellisestä eliniästä, kuitenkin korkeintaan 6000 tuntia.

Ledivalaisimen elinikää rajoittavat materiaalien vanhenemisestä johtuva vähittäinen valovirran alenema sekä elektronisten komponenttien vikaantumisen johtuva äkillinen rikkoutuminen ja siitä johtuva äkillinen valovirran alenema. Määritelmät jaetaan kahteen tyyppiin:

1. Vähittäisestä vanhenemisestä johtuvaa elinikä-määritelmää kutsutaan hyötyelinikäksi ja sitä kuvataan määreellä L_xB_y . Elinikä B kertoo ajan, jossa kerrottu prosenttiosuus ledivalaisimista ei enää kykene täyttämään valovirran pysyvyyden x vaatimusta. Tällaista valovirran pysyvyyden alittavaa vikaantumista kutsutaan parametriseksi vioittumiseksi. Toisin sanoen valaisin tuottaa vielä valoa, mutta ei riittävästi. Elinikä B10 on elinikä, jossa 10 % tuotteista on vioittunut parametrisesti. Elinikä, jossa 50 % valaisimista on vioittunut parametrisesti (B50), on nimeltään mediaani hyötyelinikä. Tässä tarkastelussa huomioidaan vain toimivat ledivalaisimet, toimimattomat valaisimet jätetään huomiotta.

2. Äkillisestä rikkoutumisesta johtuva vikaantuminen ja äkillinen valovirran alenema

Tyypillisesti elektronisen komponentin rikkoutumisesta johtuvaa rikkoutumista kutsutaan äkilliseksi vioittumiseksi, jota kuvataan termillä C_y .



ESIMERKKEJÄ

Elinikä 50 000 h (L70B10) tarkoittaa, että 50 000 tunnin jälkeen 10 % toimivista ledivalaisimista tuottaa vähemmän kuin 70 % alkuperäisestä valovirrastaan. Ilmoitus pitää sisällään useita vaihtoehtoja, joista huonoin on tässä: 90 %:lla ledeistä valosta on jäljellä tasan 70 %, ja 10 %:lla vain 1 %. Parhaimmassa tapauksessa 90 %:lla valosta on jäljellä 100 % ja 10 %:lla tasan 69 %. Todellisuudessa ollaan jossakin välimaastossa, mutta vähintään 90 %:lla ledeistä valontuotto on 70 % tai enemmän.

Elinikä 50 000 tuntia (C10) tarkoittaa, että 50 000 tunnin jälkeen korkeintaan 10 % ledivalaisimista ei enää toimi lainkaan.

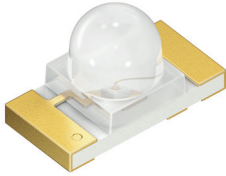
Ledilamppujen elinikää kuvataan termillä F_y , jossa yhdistyy vähittäinen ja äkillinen vikaantuminen. Esimerkiksi elinikä L70F10 tarkoittaa aikaa, jonka jälkeen 10 % ledilampuista on rikkoutunut joko parametrisesti tai kokonaan ja ne tuottavat vähemmän kuin 70 % alkuperäisestä valovirrastaan tai eivät tuota enää valoa lainkaan.

Tarkempaa tietoa löytyy liitteessä 2 mainituista standardeista.

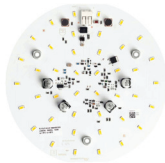
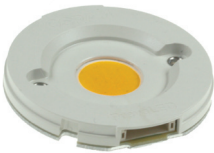
LIITE 1 LEDITERMINOLOGIAA

Tässä oppaassa käytetään seuraavaa kolmea termiä:

Ledi = komponentti, joka voidaan juottaa piirilevyyn.



Ledimoduuli = ledi(t) yhdistettynä mahdollisiin mekaanisiin ja optisiin komponentteihin.



Ledivalaisin = järjestelmä, joka koostuu led(e)istä tai ledimoduul(e)ista sekä niihin liittyvästä elektroniikasta, materiaaleista, kotelosta, johdoista, liittimistä, tiivisteistä yms.



LIITE 2 – TIIVISTELMÄ NYKYISISTÄ IEC- JA UL/IES-STANDARDEISTA

Taulukossa on lueteltu tärkeimmät ledeihin liittyvät turvallisuutta ja suorituskykyä koskevat IEC-standardit, mukaan lukien valmisteilla olevat.

Tuotetyyppi	Turvallisuusstandardi	Suorituskykystandardi
Lediohjauslaitteet	IEC 61347-2-13 Ed. 2 julkaistu 2014-09-03	IEC 62384 Ed. 1.1 julkaistu 2011-03-30
Ledilamput	IEC 62560 Ed. 1.1 julkaistu 2015-04-17	IEC 62612 Ed. 1.0 julkaistu 2013
Ledimoduulit	IEC 62031 Ed. 1.2 julkaistu 2014-09-19	IEC/PAS 62717 Ed. 1.0 julkaisu 2015-12-16 AMD1:2015 PRV julkaistu 2015-06-26
Ledivalaisimet	IEC 60598-1 Ed. 8 julkaistu 2014-05-26	IEC/PAS 62722-1 Ed. 1.0 julkaistu 2014-01-03 IEC/PAS 62722-1 Ed. 1.0 julkaistu 2014-11-25
Leditermit ja määritelmät	IEC TS 62504 Ed. 1.0 julkaistu 2014-06-19	

Taulukko A1: Ledeihin liittyvät IEC-standardit

IEC/PAS 62722 julkaisun informatiivisessa liitteessä B selitetään nykyisin suositeltavaa ledivalaisimen eliniän mittaustapaa.

Muita huomionarvoisia standardeja:

Tuotetyppi	Turvallisuusstandardi	Suorituskykystandardi
Ledit	-	IES LM-80-08 ja IES TM-21-11
Lediohjauslaitteet	UL 1012 (UL Class 1) ja UL 1310 (UL Class 2)	
Ledilamput	UL 8750	
Ledimoduulit	UL 8750	
Ledivalaisimet	UL 8750	IES LM-79-08
Ledituotteet	ANSI / IESNA RP-16-10 Nomenclature and Definitions for Illuminating Engineering.	

Taulukko A2: Ledejä koskevat UL- ja IES-standardit

IES LM-79-08. Approved Method: Electrical and Photometric Measurements of Solid-State Lighting Products – Illuminating Engineering Society of North America, 2008.

Standardissa LM-79 määrätään valvotuissa olosuhteissa suoritettavista yhdenmu-kaisista testausmenetelmistä, joilla mitataan tuotantotarkoituksessa valmistettujen ledivalaisimi- en fotometristä ja kolorimetristä suorituskykyä sekä sähkötehoa. Tes-tausmenetelmiä voidaan käyttää LED-valaisimen alkuperäisten sähköteknisten ja fo-tometristen arvojen mittauksessa.

IES LM-80-08. Approved Method: Measuring Lumen Maintenance of LED-Light Sources – Illuminating Engineering Society of North America, 2008.

Standardi LM-80 käsittelee ledivalonlähteiden (ledi ja moduuli) valovirran pysyvyyttä. LM-80 käsittää todellisen mittauksen ensimmäisen 6 000 tunnin ajalta sekä eliniän loppuun ulottuvan ekstrapoloinnin. Monet valaisinvalmistajat muuntavat LED-va-lonlähteen säilyvyyskäyrän suoraan ledivalaisimen valovirran säilyvyyskäyräksi TM-21-julkaisussa esitettyjen suositusten mukaisesti.

Toimintaan liittyy kaksi eri ongelmaa:

- julkaisussa ei oteta huomioon yksittäisten ledien äkillistä tai muuta vikaantumista, joka vaikuttaa ledipopulaation valotehon alenemiseen ledivalaisimessa
- yksittäisen ledin valovirran alenemiskäyrän muuntamiseen ledivalaisimen valovirran alenemiskäyräksi ei ole olemassa validoitua tapaa.

IES TM-21-11. Projecting Long Term Lumen Maintenance of LED Packages

– Illuminating Engineering Society of North America, 2011.

Julkaisussa TM-21 annetaan suosituksia ledikotelojen pitkäaikaisen valovirran projisoimiseen käyttämällä IES LM-80-08 -standardin mukaisessa testauksessa saatuja tietoja.

LIITE 3 - LEDIVALAISIMIEN SUOSITELTAVAT VERTAILUPARAMETRIT

Teknologiaeollisuuden valaisinvalmistajien toimialaryhmän yritysten suositus ledivalaisimien tuotetiedoissa esille tuotavista tiedoista vertailtavuuden helpottamiseksi.

LEDIVALAISIMIEN SUOSITELTAVAT VERTAILUPARAMETRIT

Ilmoitettava aina	Valaisimen teho (W)
	Valaisimen valovirta (lm)
	Valaisimen valotehokkuus (lm/W)
	Valaisimen valovirran alenemaa kuvaava elinikä - LxBy-luku (ks tarkemmin kohta 5.1) Valaisimen vikaantumista kuvaava elinikä - C _y -luku (ks. tarkemmin kohta 5.2)
	Väriämpötila (tyypillinen), CCT (K)
	Värintoistoindeksi (R _a)
	Valaisimen ympäristön lämpötila t _a ja t _a (min/max)
	Valonjakotiedostojen saatavuus

t_a oletus 25°C ellei erikseen muuta ilmoitettu

Hyödyllinen tieto	Valaisimen tehokerroin (IEC I000-3)
	Himmennettävyys/ohjaustapa
	Kotelointiluokka (IPXX)
	Suojausluokka (I,II,III)
	Tieto komponenttien vaihdettavuudesta



Teknologiateollisuus

Valaisinvalmistajien toimialaryhmä

- Airam Electric Oy
- C2 Smartlight Oy
- Easy LED Oy
- Ensto Lighting Oy
- Greenled Oy
- Greenlux Finland Oy
- Helvar Oy
- I-Valo Oy
- Misal Oy
- Philips Lighting Finland Oy
- Purso Oy
- Teknoware Oy
- Tepcomp Oy
- Valopaa Oy

Opas on luettavissa myös Valaisinvalmistajien toimialaryhmän nettisivulla www.teknologiateollisuus.fi (04.11.2016)