

Alexi Alamäki

TUOTANNON TESTAUSLAITTEISTON KEHITYSPROJEKTI

TUOTANNON TESTAUSLAITTEISTON KEHITYSPROJEKTI

Alexi Alamäki
Opinnäytetyö
Kevät 2022
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-
ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, Sähkötekniikka

Tekijä: Aleksi Alamäki
Opinnäytetyön nimi: Tuotannon testauslaitteiston kehitysprojekti
Työn ohjaajat: Eemeli Kyröläinen (Greenled), Heikki Kurki (OAMK)
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2022
Sivumäärä: 29

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää Greenledillä käytössä olevaa led-valaisinten testauslaitteistoa. Tavoitteena oli kehittää testauslaitteistoa kaupallisten komponenttien ja laitteiden avulla nykyaikaisemmaksi ja helpommin huollettavaksi sekä korjattavaksi.

Opinnäytetyö aloitettiin vaatimusmäärittelyllä, jossa kerrottiin mitä testauslaitteistolta vaaditaan. Suunnitteluvaiheessa mietittiin eri testauslaitteistovaihtoehtoja. Työ eteni eri toimittajien testauslaitteistojen vertailuun ja lopulta Greenledin kannalta parhaaseen vaihtoehtoon. Vaatimusmäärittelyssä oli määritelty myös käyttöönottovaihe, mutta maailmanlaajuisen komponenttipulan ja siitä johtuvan toimitusaikojen pituuden vuoksi se oli mahdotonta toteuttaa.

Lopputuloksena Greenled sai haluamansa vertailun markkinoilla olevista testauslaitteistoista. Vertailun avulla Greenled pystyy tekemään päätöksen tulevasta testauslaitteistosta. Tämä laitteisto helpottaa jokapäiväistä työskentelyä kokoonpanolinjalla ja nykyaikaistaa tietojen tallennusta. Osa raportista sisältää luottamuksellista aineistoa, joka jää ainoastaan toimeksiantajan käyttöön.

Asiasanat: Led-valaisin, testauslaitteisto, kehitysprojekti

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical and Automation engineering, Option of Electrical Engineering

Author: Aleksi Alamäki

Title of thesis: Production Testing Equipment Development Project

Supervisors: Eemeli Kyröläinen (Greenled), Heikki Kurki (OAMK)

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2022

Number of pages: 29

The subject of this thesis was to develop production testing equipment. The aim of this thesis is to improve production testing equipment by making it more commercial and modern.

The thesis started with a specification of the requirements considering what is required from the testing equipment. In designing phase, different testing options were considered. As the work progressed, we compared different suppliers and their product range.

As a result, Greenled got the comparison they needed. The comparison will enable Greenled to make their decision on future testing equipment.

Keywords: Led-light, testing equipment, development project

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	LED-VALAISIN	7
2.1	Led-valaisimen rakenne	7
2.2	Led-valaisimen ohjausprotokollat	11
2.3	Led-valaisimen edut ja heikkoudet	12
3	SÄHKÖTURVALLISUUS	15
3.1	Standardit	15
3.2	Testaus	15
3.2.1	Eristysvastusmittaus	16
3.2.2	Suojamaadoituksen jatkuvuusmittaus	17
3.2.3	Valaisimen toiminnallinen testaus	18
4	NYKYINEN TESTAUSLAITTEISTO (LUOTTAMUKSELLINEN)	19
5	KEHITYSTYÖ	20
5.1	Vaatimusten määrittely ja toiveet	20
5.2	Työn eteneminen	20
6	LOPPUTULOKSET	25
7	POHDINTA	26
	LÄHTEET	27

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena oli tehdä testauslaitteiston kehitysprojekti led-valaisintuotantolinjalle. Työn toimeksiantajana toimii Oulussa Greenled Oy, joilla on toimipisteitä myös Vantaalla sekä Tampereella. Greenled Oy on valaistusratkaisuja toimittava yritys, jonka asiakkaisiin kuuluvat yritykset ja julkinen sektori. Greenledin tarjonta ulottuu yksittäisistä tuotteista aina kokonaisten projektien hallintaan sekä toteutukseen. Yrityksen arvoihin kuuluvat asiakaslähtöisyys, vastuullisuus ja asiantuntijuus. (1.)

Opinnäytetyössä kartoitettiin nykyisen testauslaitteiston korvaajaksi vaihtoehtoja nykyaikaisemmaksi ja kaupallisemmaksi ratkaisuksi. Tavoitteena oli nykyaikaistaa tuotannossa käytettävä testauslaitteisto ja samalla helpottaa tuotannon työntekijöiden testausvaihetta sekä selkeyttää kokoonpanolinjastoa vähentämällä siinä käytettyjä eri laitteita. Oulussa Greenled valmistaa valaisimia kokoonpanolinjoilla. Näiden kokoonpanolinjojen päädyissä valmiit valaisimet testataan standardien mukaisesti.

Tässä työssä käydään läpi kehitysprojektin eri vaiheet, kuten määrittelyvaihe, tilausvaihe ja käyttöönottovaihe. Työssä myös käsitellään led-valaisimien perusteoriaa ja sähköturvallisuutta. Työ sisältää salassa pidettävää aineistoa, joka jää toimeksiantajan käyttöön.

2 LED-VALAISIN

Led on lyhenne englannin kielen sanoista light-emitting diode, joka tarkoittaa suomeksi valodiodia. Led ei ole uusi keksintö, sillä ledien historia ulottuu ajassa taaksepäin aina vuoteen 1907. Alkujaan ledejä käytettiin merkkivaloina, mutta kehittyneen tekniikan ansioista ledien tuottama valovoima on saatu riittävän kirkkaaksi, jotta niitä voidaan käyttää valaisimessa. (2.) Led-tekniikka on kehittynyt nopeasti. Ledejä käytetään monissa erilaisissa käyttöympäristöissä ja ne soveltuvat vaativiinkin olosuhteisiin.

2.1 Led-valaisimen rakenne

Tyypillinen teollisuudessa käytetty led-valaisin sisältää valaisimen rungon, led-liitäntälaitteen sekä led-moduulin. Led-valaisimen diodi asennetaan koteloon ja kotelo kytketään piirilevyyn. Toimiakseen led-moduuli tarvitsee kuvan 1 mukaisen led-liitäntälaitteen. Yksi led-liitäntälaitteen tehtävistä on tuottaa moduulille sen käyttämää jännitettä sekä rajoittaa moduulin saamaa virtaa. Jos moduulin saamaa virtaa ei rajoiteta, se johtaa moduulissa lämpötilan nousuun ja lopulta lediin tuhoutumiseen.



KUVA 1. Hidealite led-liitäntälaitte (3)

Liitäntälaitteita on sekä vakiovirtaisia että vakiojännitteisiä. Vakiovirtainen liitäntälaitte ohjaa led-moduulille syötettyä virtaa, kun vakiojännitteinen liitäntälaitte ohjaa led-moduulin saamaa jännitettä. Vakiojännitteistä liitäntälaitetta käytettäessä virranrajoitus suoritetaan led-moduulilla. Vakiovirtaiset liitäntälaitteet sisältävät joko transistoreita tai integroituja virtapiirejä ja niiden käyttäminen on tehokkaampaa verrattuna vakiojännitteiseen. (4.)

Led-moduuli (kuva 2) on kokoonpano, joka sisältää yhden tai useamman diodin. Led-moduuli on rakennettu lämpöä johtavaan alustaan, jotta ledit voivat toimia ja niiden käyttöikä saadaan mahdollisimman pitkäksi. Yleisiä moduuleissa käytettyjä alustoja ovat esimerkiksi MCPCB tai FR-4 PCB, joka on yleisesti käytetty piirilevy. Toimiakseen led-moduulit tarvitsevat erillisen virtalähteen. (5.) Kuvassa 2 on nähtävillä pyöreänmallinen led-moduuli, johon on integroitu liiketunnistin. Led-moduuleja on saatavilla eri muotoisina sekä kokoisina. (6.)



KUVA 2. Led-moduuli (6)

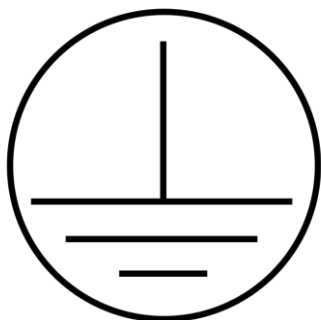
Valaisimen runko on tärkeä osa led-valaisimen kokoonpanossa. Runko suojaa valaisinta ulkoiselta rasitukselta, kuten iskulta, pölyltä ja sateelta. Led-valaisimissa valaisimen runko jäähdyttää valaisimessa käytettäviä komponentteja säteilemällä ja johtamalla lämpöä pois valaisimesta. Led-valaisimen liitäntälaitte ja moduuli tuottavat käytössä ollessaan lämpöä ja jos lämpötila valaisimessa nousee liian korkeaksi, voi valaisimen käyttöikä lyhentyä.

Led-valaisimissa käytetään kahta eri diodityyppiä. Diodeissa vaihtoehdot ovat vakiojännitteinen tai vakiovirtainen. Nimensä mukaisesti vakiojännitteinen diodi toimii tasajännitteellä, kuten 10 V, 12 V tai 24 V, kun taas vakiovirtainen käyttää toimiakseen 350 mA:n tai 700 mA:n virtaa. (7.)

Led-valaisimet ja sähkölaitteet yleensäkin on jaettu sähköiskusuojauksen kannalta neljään eri luokkaan: luokka 0, luokka I, luokka II ja luokka III. Toisistaan luokat eroavat sen mukaan, miten ne vikatilanteen sattuessa suojaavat mahdolliselta sähköiskulta. (8.)

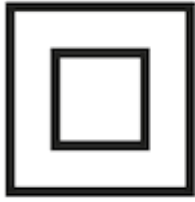
0-luokan laitteissa ja valaisimissa on eristeenä ainoastaan peruseristys. Laitteissa luotetaan peruseristyksen peittäessä siihen, että laitteen käyttöympäristö hoitaa lopun eristyksen. 0-luokan laitteet ovat vanhanaikaisia ja niiden valmistaminen on lopetettu, mutta niitä on kuitenkin käytössä tänäkin päivänä. (8.)

Luokan I laitteissa on peruseristyksen lisäksi suojamaadoitus. Suojamaadoituksella tarkoitetaan sitä, että sähkölaitteen tai valaisimen runko ja kosketeltavissa olevat metalliset osat on yhdistetty maahan. Normaalit valaisimet ovat yleensä tätä suojausluokkaa, ja luokan laitteissa käytetään kuvan 3 symbolia. (8.)



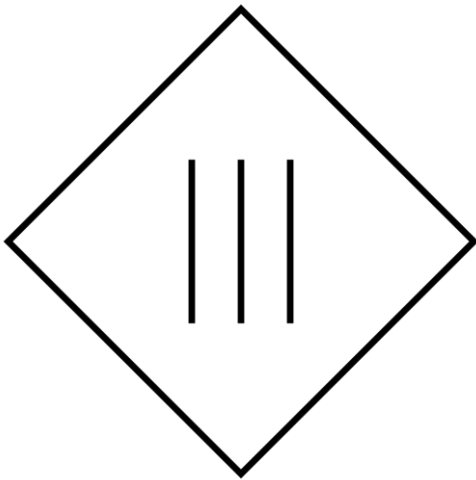
KUVA 3. Suojausluokan I symboli (9)

Suojausluokan II laitteissa käytetään edellä mainitun peruseristyksen lisäksi lisäeristystä. Lisäeristys mahdollistaa sen, että laite ei tarvitse erikseen enää suojamaadoitusta. Luokan II laitteissa käytetty symboli on esitetty kuvassa 4. (8.)



KUVA 4. Luokan II symboli (8)

Luokan III suojausmenetelmää pidetään esitellyistä menetelmistä kaikkein turvallisimpana. Sen toiminta perustuu siihen, että laite erotetaan syötettävästä verkosta muuntajan tai liitännälaitteen avulla. Tällöin laitteeseen tulee pienoisjännite, joka on korkeintaan 50 V AC tai 120 V DC. Menetelmästä käytetään myös nimeä suojajännitteinen laite ja sen tunnus on esitetty kuvassa 5. (8.)



KUVA 5. Suojajännitteisen laitteen symboli (9)

Sähköiskusuojauksen lisäksi valaisinta suojataan myös koteloinnilla. Kansainvälinen kotelointiluokitus, eli IP-luokitus, kertoo sähkölaitteen pölyn ja kosteudenkestävyyden. IP-luokitusjärjestelmä on IEC:n luoma standardi ja standardin tavoitteena oli luoda yhteinen dokumentti, johon on kirjattu kaikki vaatimukset, jotka liittyvät laitteiden kotelointiin. Valaisimien kotelointiluokka ilmoitetaan kahdella numerolla, esimerkiksi IP68. Joissakin tapauksissa kahden numeron jälkeen käytetään vielä lisäkirjaimia. (10.)

Ensimmäinen numero kertoo, miten laite on suojattu vierailta esineiltä sekä pölyltä seuraavalla tavalla:

- 0 = suojaamaton
- 1 = suojattu esineiltä, joiden halkaisija on yli 50 mm

- 2 = suojattu esineiltä, joiden halkaisija on yli 12,5 mm
- 3 = suojattu esineiltä, joiden halkaisija on yli 2,5 mm
- 4 = suojattu esineiltä, joiden halkaisija on yli 1,0 mm
- 5 = suojattu pölyltä
- 6 = pölytiivis.

Toinen numero kertoo laitteen suojauksesta vedeltä ja kosteudelta seuraavalla tavalla:

- 0 = suojaamaton
- 1 = suojattu pystysuoraan tippuvalta vedeltä
- 2 = suojattu tippuvalta vedeltä (+/- 15 astetta)
- 3 = suojattu satavalta vedeltä (+/- 60 astetta)
- 4 = suojattu vesiroiskeilta
- 5 = suojattu vesisuihkulta
- 6 = suojattu voimakkaalta vesisuihkulta
- 7 = suojattu lyhytaikaiselta upotukselta
- 8 = suojattu jatkuvalta upotukselta.

Aikaisemmin mainittu IP-luokka 68 tarkoittaa sähkölaitteen kannalta sitä, että laite on pölytiivis sekä kestävä upotuksen. (10).

2.2 Led-valaisimen ohjausprotokollat

Led-teknologia tarjoaa huomattavasti monipuolisemmat valaisimen ohjausmahdollisuudet kuin vanhempi valaisinteknologia. Valaistuksen ohjauksessa käytetään joko langatonta tai langallista ohjausta tai molempia. (11.)

Oikealla valaistuksen ohjauksella voidaan saavuttaa monia eri hyötyjä, kuten energiansäästöä ja samalla voidaan myös pidentää valaisimen elinikää. Valaistuksen ohjaukseen on kehitetty useita eri ohjausprotokollia, kuten DALI-, DALI2-, KNX-, DMX- ja 0/1–10 V -ohjaus.

Tunnetuin valaistuksessa käytetyistä ohjausprotokollista on DALI-ohjaus. DALI eli Digital Addressable Lighting Interface on digitaalinen valaistuksessa käytetty ohjausväylä, joka on standardin IEC

62386 mukainen. Se tarjoaa keskitetyn alustan liitäntälaitteiden sekä valaisimen ohjaukseen. DALI on perustettu analogisen 0/1–10V -järjestelmän seuraajaksi. DALI-standardi on kaikille avoin, mikä tarkoittaa sitä, että siihen voidaan kytkeä eri valmistajien valmistamia laitteita. Yhteen DALI-väylään voidaan kytkeä enintään 64 laitetta ja jokainen väylään kytketty laite saa oman osoitteensa. DALI-väylä voidaan kaapeloida 300 metriin saakka ja väylän virrankulutus ei saa ylittää 250:tä mA. (13.)

Perinteisen DALI-standardin lisäksi on olemassa uudempi DALI-2-standardi. DALI-2-standardi sisältää kattavamman testauksen verrattuna normaaliin DALI-standardiin. DALI-2 tuo huomattavan parannuksen laitteiden yhteentoimivuuteen, sillä standardiin on lisätty ohjauslaitteet, sovellusohjaimet ja syöttölaitteet. (14.)

2.3 Led-valaisimen edut ja heikkoudet

Kun verrataan nykyaikaista led-valaisinta perinteisiin valaisimiin, voidaan yksinkertaisesti todeta, että led-valaisimen käytöllä on useita etuja verrattuna muihin valaisintyypeihin. Led-valaisimella on useita ominaisuuksia, jotka tekevät siitä markkinoiden tämän hetken parhaan valaistusvaihtoehdon. Tulevaisuudessa led-valaisimet tulevat olemaan melkein ainoa vaihtoehto, sillä perinteiset valaisinteknologiat tullaan vähitellen kieltämään energiatehokkuuden ja päästöjen vuoksi.

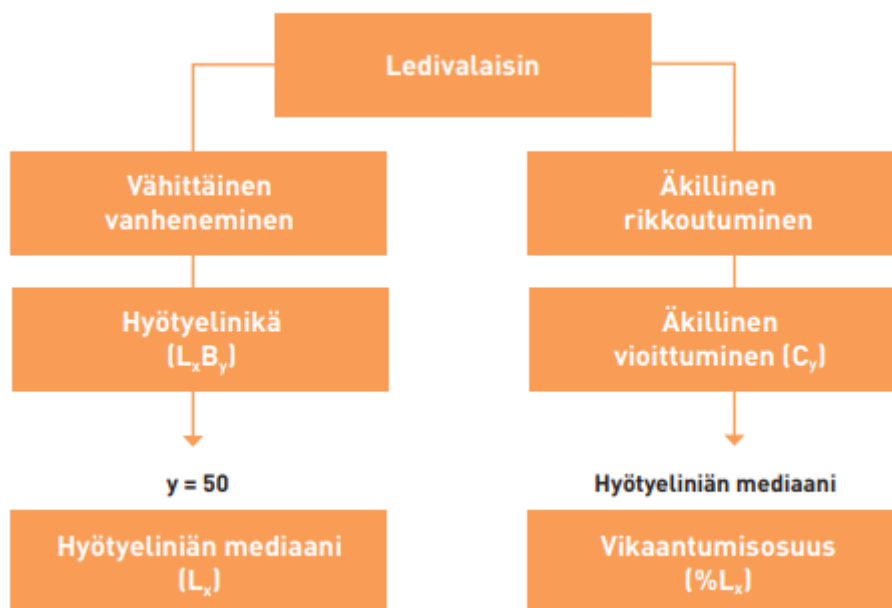
Yksi led-valaisimen eduista on sen koko. Led-valaisin koostuu diodeista, jotka ovat pieniä. Pienen kokonsa ansiosta ledejä voidaan käyttää vaativissa paikoissa, kuten esimerkiksi tietoliikennetorneissa. Pieneen kokonsa nähden diodit tuottavat paljon valoa ja yhdistelemällä niitä kokonaisuudeksi led-moduuleihin, voidaan tehdä tehokkaita valolähteitä eri tarkoituksiin. (15.) Diodit ovat myöskin pitkäikäisiä ja laadukkaan led-valaisimen käyttöikä voi olla jopa 100 000 tuntia (16).

Led-valaisimen käyttöikään vaikuttava tekijä on esimerkiksi ympäristön lämpötila, ja led-valaisin kestääkkin paremmin kylmässä kuin kuumassa ympäristössä. Kylmässä led-valaisimen valontuotto on parempaa verrattuna kuumaan ympäristöön. (17.) Led-valaisimen käyttöikä voidaan pidentää valitsemalla oikean tyyppinen ja laadukas valaisin käyttöolosuhteisiin nähden. Tärkeää ympäristön lämpötilan lisäksi on myös diodin sisäinen lämpötila. Jos lämpötila pääsee nousemaan liian korke-

aksi valaisimen sisällä, se vaikuttaa valotehon laskun nopeuteen. Valaisimen käyttölämpötilan olosuhteet vaikuttavat ratkaisevasti liitäntälaitteen elinikään. Mitä korkeampi lämpötila on, sitä lyhyempi on liitäntälaitteen elinikä. Tämän takia led-valaisimet suunnitellaan ja testataan huolella, jotta lämpö pääsee säteilemään tai johtumaan pois valaisimesta.

Led-valaisimen elinikää ja valaisimen elinikämääritelmää tarkastellaan kahden arvon heikentymisen perusteella: vähittäisen vanhenemisen ja äkillisen rikkoutumisen. Valovirran heikentyminen viittaa valonlähteen eli ledin valontuoton säilymiseen. Tällä tarkoitetaan sitä, kuinka paljon valaisimen alkuperäisestä valovirrasta on käytettävissä tietyn ajan kuluttua. Heikkeneminen johtuu yleensä ledien valontuoton heikentymisestä tai niiden toimimattomuudesta. Äkillinen rikkoutuminen tarkoittaa tilannetta, jossa valaisin tai sen kriittinen osa on lakannut toimimasta, eikä valaisin valaise enää ollenkaan. (18.)

Vähittäiset sekä äkilliset valovirtatason heikentymiset kuvataan IEC:n käyttöikästandardissa led-valaisimille (kuva 2). IEC on ehdottanut, että markkinoille vietävät valaisimet sisältäisivät tiedon hyötyeliniän mediaanista ja siihen liittyvästä vikaantumisosuudesta.



KUVA 6. IEC käyttöikästandardi (18)

Vähittäinen vanheneminen eli led-valaisimen valovirran heikkeneminen ajan myötä ilmoitetaan yleisesti muodossa L_xB_y . L_x tarkoittaa valaisimen hyötyeliniän mediaania, joka on aika, jolloin puolet ledivalaisimien testijoukosta on valovirraltaan heikentynyt. Esimerkiksi maininta L_{90} valaisinpakauksen kyljessä tarkoittaa ajanjaksoa, jonka aikana 50 % (B_{50}) samantyyppisten led-valaisinten

joukosta on heikentynyt alkuperäisestä valovirran määrästä 90 %:iin, mutta ne toimivat edelleen. By on määritelty ominaisuus valaisimessa ja se kertoo prosenttiosuuden. Kyseinen prosenttiosuus valaisimista täyttää L_x mukaisen valotehoarvon annetun eliniän aikana. (18.)

Led-valaisin koostuu monista komponenteista ja led-valaisin kestää yhtä kauan kuin sen lyhytikäisin komponentti. Kaikki nämä komponentit ja niiden kesto vaikuttavat valaisimen järjestelmän luotettavuuteen. Äkillisestä valaisimen vioittumisesta käytetään nimitystä C_y . Tämä ilmaisee käyttöiän, jonka kuluttua tietty prosenttimäärä valaisimista on äkillisesti rikkoutunut. Esimerkiksi merkintä C20 tarkoittaa, että 20% alkuperäisesti toimineista valaisimista ei enää toimi hyötyeliniän mediaanin kohdalla. (18.)

Led-valaisimien käyttöikää vertailtaessa ilmoitetaan mediaani esimerkiksi $L_{70}B_{50}$. Ammattimaisessa valaistusratkaisussa vertailu suoritetaan vertaamalla käyttötarkoitusta, arvioituja vuotuisia käyttötunteja, keskimääräistä kunnostusväliä ja asennusikää. (18.)

Perinteisiin valonlähteisiin, kuten esimerkiksi hehkulamppuun, verrattuna led-valaisin on energia-
tehokkaampi. Esimerkiksi 100 W:n hehkulamppu tuottaa tehoa 1600 lm, kun vastaava teho saadaan 16–20 W:n led-valaisimella (19). Led-valaisimella saadaan valo kohdistettua paremmin haluttuun suuntaan, sillä led-moduulien kanssa voidaan käyttää parempia optiikoita verrattuna perinteisiin valaistusratkaisuihin.

Kustannuksia vertailtaessa huomataan, että hankintahinnaltaan ledit ovat kalliimpia kuin hehku- tai pienloistelamput. Led-valaisimet kuitenkin pitemmällä aikavälillä maksavat itsensä takaisin pitemmän käyttöiän sekä pienempien energiakustannusten vuoksi. Valaistuksen energiankulutukseen vaikutetaan itse valaisimen lisäksi myös sen sijoittelulla. (20.)

3 SÄHKÖTURVALLISUUS

Sähkölaitteiden valmistajan on varmistuttava sähkölaitteen turvallisesta käytöstä. Valmistajan tulee tarkistaa ja testata, että sähkölaite vastaa EU:n lainsäädännön olennaisia vaatimuksia. Lainsäädännön noudattamisen tueksi on yhdessä laadittu standardeja, joita noudattamalla pystyy täyttämään keskeiset vaatimukset. (21.)

3.1 Standardit

Valaisimia testataan standardien mukaisesti, jotta voidaan varmistua siitä, että ne toimivat oikein ja että niiden käyttäminen on turvallista. Greenledillä valaisimia testataan standardien IEC 61010-1 ja EN IEC 60598-1:202 mukaisesti. Standardissa 61010-1 on kerrottu mittaukseen, säätöön ja laboratoriokäyttöön tarkoitettujen sähköisten laitteiden turvallisuusvaatimukset ja standardissa EN IEC 60598-1:202 on kerrottu tuotannon CE-testauksessa tehtävät eristysvastusmittauksen ja suojaamaan jatkuvuusmittauksen minimi- ja maksimiarvot.

3.2 Testaus

Greenled varmistaa valaisimiensa turvallisen käytön suorittamalla valaisimien testausta. Valaisimien testaukseen liittyy eri vaiheita lähtien visuaalisesta tarkistuksesta ja jatkuen testauslaitteistolla suoritettaviin testauksiin. Testauslaitteistolla tehdään standardien mukaiset testaukset. Testauslaitteisto suorittaa valaisimelle suojaamaan jatkuvuusmittauksen, eristysvastusmittauksen, toiminnallisen testauksen sekä DALI-testauksen.

Valaisimet testataan kokoonpanolinjojen päädyissä. Testaaja suorittaa testit käyttämällä testauslaitteistoa ja etenemällä eri vaiheiden mukaan. Jos testi menee läpi, testaaja voi kiinnittää valaisimeen tyyppikilven ja tallentaa testaustulokset testerin sisäiseen muistiin. Seuraavissa luvuissa käydään läpi eri testien teoriaa ja kerrotaan standardien mukaiset hyväksytyt arvot.

Testausvaiheessa testaajan ja sähköisen testilaitteiston rajapintana toimii adapterikotelo, toiselta nimeltään testijigi. Tässä sähköturvallisuus on otettu huomioon turvakytkimillä, jotka estävät sähköistymisen, kun adapterikotelon muovisuojus on ylhäällä. Tällöin testaaja voi kytkeä testilaitteiston valaisimeen ilman pelkoa sähköiskusta. Kun muovisuojus on ala-asennossa, voi testaaja kytkeä testijännitteen.

3.2.1 Eristysvastusmittaus

Eristysvastusmittauksen periaate perustuu Ohmin lakiin ja sillä varmistetaan siitä, että vaihe- ja nollajohtimien eristys on riittävä maata vasten. Eristysvastuksen määrä on todella korkea, jotta se pystyy minimoimaan vuotovirtoja. Eristysvastuksen mittaaminen on rutiinomainen kunnossapito-toimenpide ja sen tarkoituksena on ennaltaehkäistä eristysmateriaalien kuntoon liittyviä ongelmia ja samalla ehkäistä sähköiskuja. Eristysvastusmittauksen tekeminen parantaa käyttöturvallisuutta. (22.)

Eristysvastusmittaus suoritetaan valaisimelle standardin IEC EN 60598-1:202 mukaan. Se mitataan kytkemällä vaihe- ja nollajohtimet yhteen maata vasten. Mittaus suoritetaan syöttämällä 500 VDC jännitettä yhden sekunnin ajan. (23.)



KUVA 7. Eristysvastusmittauksen toimintaperiaate

Eristysvastusmittauksen tulee olla toistettavissa, jotta aikaisemmin suoritettut mittaukset ovat verrattavissa toisiinsa. Tällä tarkoitetaan sitä, että mittaus kannattaa suorittaa samassa lämpötilassa ja käyttää samaa koeaikaa. (23.)

Hyväksytyt arvot eristysvastusmittaukselle on kerrottu standardissa. Jotta valaisimeen voidaan kiinnittää tyyppikilpi ja toimittaa asiakkaalle, tulee testin olla hyväksytty. Mikäli testi jostain syystä epäonnistuu, tulee se suorittaa uudelleen sen jälkeen, kun valaisimesta on selvitetty vian aiheuttaja ja se on korjattu.

Kuvassa 8 on nähtävillä hyväksytyt arvot eristysvastusmittaukselle. Ensimmäisessä laatikossa on luokan 1 valaisimille tarkoitetut arvot, toisessa luokan 2, ja kolmannessa luokan 3. Hyväksytty arvo eristysvastukselle on 2 MΩ. (23.)

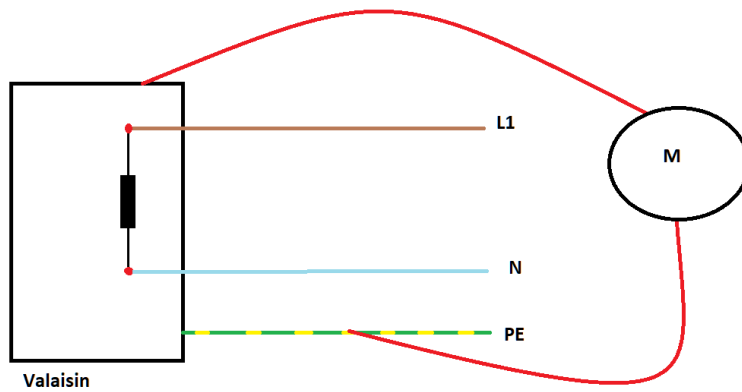
<p>b) INSULATION RESISTANCE</p> <p>Measured between the live and neutral terminals linked together and the earth terminal or between the conductors of class II and class III luminaires and the metal enclosure</p>	<p>Minimum resistance 2 MΩ</p> <p>Measured by applying 500 V DC for 1 s</p>	<p>Minimum resistance 2 MΩ</p> <p>Measured by applying 500 V DC for 1 s</p>	<p>Minimum resistance 2 MΩ</p> <p>Measured by applying 100 V DC for 1 s</p>
---	---	---	---

KUVA 8. Sallitut arvot (23)

3.2.2 Suojamaadoituksen jatkuvuusmittaus

Suojamaadoituksen jatkuvuusmittaus on sähköturvallisuuden kannalta erittäin tärkeä mittaus. Suojamaan toiminta tulee varmistaa, jotta voidaan varmistua, että suojajohdin on yhtenäinen ja suoja-laite toimii oikein vikasuojauksessa. Sen lisäksi varmistetaan, että asennusvaiheessa ei ole tapahtunut virheitä N- ja PE-johtimien osalta. (25.)

Suojamaadoituksen jatkuvuusmittaus tehdään valaisimelle suojamaajohtimen ja kosketeltavien metalliosien välillä kytkemällä ne toisiinsa (kuva 9). Mittaus suoritetaan 6–12 V:n jännitteellä ja 10 A:n virralla vähintään yhden sekunnin ajan.



KUVA 9. Suojamaadoituksen jatkuvuusmittauksen periaate

Suojamaadoituksen jatkuvuusmittauksessa maksimiresistanssi on $0,5 \Omega$. Nämä arvot on määrätty myöskin standardissa IEC EN 60598-1:202 (kuva 10). (23.)

EARTH CONTINUITY Applied between earthing terminal on luminaire and the most accessible parts likely to become live. Settable and adjustable luminaires placed in most onerous position.	Maximum resistance $0,50 \Omega$ Measured by passing a minimum current of 10 A at between 6 V and 12 V for at least 1 s	Not applicable
--	---	----------------

KUVA 10. Suojamaadoituksen jatkuvuusmittauksen hyväksytyt arvot (23)

Standardin mukaan jatkuvuusmittauksen arvot soveltuvat vain luokan 1 valaisimille, sillä muissa valaisimen suojausluokissa ei käytetä suojamaadoitusta.

3.2.3 Valaisimen toiminnallinen testaus

Valaisimen toiminnallisessa testauksessa varmistetaan siitä, että valaisin toimii oikein. Testivaiheessa testauslaitteisto syöttää valaisimelle 230VAC jännitteen ja testaaja tarkistaa, että valaisimen kaikki ledit syttyvät. DALI-testaus suoritetaan myös osana valaisimen testausta. Valaisimen ohjaus testataan kirkastamalla ja sen jälkeen himmentämällä valaisinta.

4 NYKYINEN TESTAUSLAITTEISTO (LUOTTAMUKSELLINEN)

Tämä luku on vain toimeksiantajan käyttöön.

5 KEHITYSTYÖ

Työssä lähdettiin liikkeelle tapaamalla toimeksiantajan ja ohjaavan opettajan kanssa. Kehitystyö aloitettiin kuulemalla niin testaustyöntekijöiden kuin tuotannon johdonkin toiveita.

5.1 Vaatimusten määrittely ja toiveet

Käyttäjäkokemuksia kuulemalla tulin siihen tulokseen, että nykyinen testauslaitteisto on hyvin toimiva. Testauslaitteisto on helppokäyttöinen eikä vaadi testaajalta mitään erikoisosaamista. Testaus tapahtuu testaajalta nopeasti, eikä kokoonpanolinjalle ehdi syntyä jonoa. Testauslaitteiston avuksi on tehty ”testausjigi”, joka mahdollistaa eri kytkentätavoilla toimivien valaisimien nopean testaamisen.

Työn aloitusvaiheessa työlle määriteltiin tavoitteeksi saada tuotannolle moderni testauslaitteisto, joka sisältää visuaalisen tarkastuksen, maadoituksen jatkuvuusmittauksen, eristysvastusmittauksen, toiminnallisen testauksen, DALI-ohjauksen testauksen sekä mahdollisesti liitäntälaitteen ohjelmoinnin. Järjestelmän tulee perustua kaupallisiin komponentteihin ja sisältää valaisimen tietojen kirjauksen ja tallennuksen.

Kehitysideat liittyivät suurin osin laitteiston nykyaikaistamiseen. Toiveena oli esimerkiksi tulosten suora kirjaus verkkoon, jolloin ei tarvittaisi enää USB-tikkua. Ohjelmointi haluttiin sisällyttää osaksi testauslaitteistoa, jotta koko kokoonpanolinjaston käyttö sulavoituisi, ja siinä olisi vähemmän eri vaiheita.

5.2 Työn eteneminen

Lähdin kehittämään testauslaitteistoa miettimällä ensin vaihtoehtoisia ratkaisua siihen. Olin yhteydessä eri toimittajiin, ja kyselin heiltä mahdollista ratkaisua. Nykyinen testauslaitteisto on kuitenkin valmistunut jo 2016, ja näiden vuosien aikana led-valaisimien valmistus ja valmistajien määrä on moninkertaistunut.

Toimittajilta kysyttiin valmista, kaupallista ratkaisua valaisinten testaukseen. Kaupallisella ratkaisulla pyritään helpottamaan laitteen huollettavuutta sekä varaosien saantia. Sain muutamia toimittajia, jotka olivat aikaisemmin olleet Greenledin kanssa yhteistyössä ja muutaman toimittajan löysin myös itse. Toimittajien kanssa pidettiin etäyhteyden avulla palavereita, joissa he pystyivät esittelemään tuotettaan ja yritystään, ja vaihtoehtoisesti me pystyimme esittämään kysymyksiä ja kertomaan omista tarpeistamme. Näihin palavereihin osallistui minun ja toimittajan lisäksi myös Greenledin edustajana Eemeli Kyröläinen.

Kehitystyö eteni lopulta siihen pisteeseen, että meillä oli yhteensä kolme potentiaalista toimittajaa. Näistä toimittajista yksi oli ulkomainen ja kaksi muuta kotimaisia. Kaikki näistä toimittajista pystyvät toimittamaan kaupallisen sähköturvallisuustesteriratkaisun.

SPS Electronic

Ensimmäisen toimittajan löysin suoraan verkkoa selaamalla ja se oli saksalainen SPS Electronic. Heidän tuotekatalogistaan löytyy kymmenittäin erilaisia testereitä, jotka on suunniteltu eri käyttökohteisiin. Heiltä löytyi myös testauslaite (kuva 12), joka on tehty led-valaisimien testausta varten.



KUVA 12. SPS Electronicin valmistama testilaite L1800 (26)

Otin yhteyttä SPS Electroniciin heidän sivustollaan olevalla kontaktilomakkeella. Pian heidän teknisen myynnin yhteishenkilö olikin minuun yhteydessä. Pyrin kuvailemaan Greenledin tarpeita mahdollisimman laajasti ja ehdotin, että hän pitäisi lyhyen esittelyn yrityksestä ja tuotteestaan palaverissa.

Palaverissa kävimme läpi tarpeitamme, sillä testauslaite räätälöidään aina asiakkaan tarpeiden mukaan. SPS Electronicin esitteessä on kerrottu, mitä heidän testilaitteistollaan voidaan testata.

Greenledin toiveet huomioon ottaen testilaitteisto kattaisi hyvin heidän tarpeensa. Testilaitteisto mahdollistaa suojamaadoituksen jatkuvuusmittauksen, eristysvastusmittauksen sekä toiminnallisen testauksen. Testattava tuote kytketään testilaitteeseen vain kerran ja laite tekee tarvittavat testit automaattisesti. Kaikki testitulokset tallentuvat suoraan pilvipalveluun. (26.)

Elkome Oy

Seuraava laitetoimittaja oli Elkome Oy. Elkome suunnittelee ja valmistaa järjestelmiä tuotteiden testaamiseen ja laadunhallintaan. Elkome kuuluu ruotsalaiseen Addtech-konserniin.

Otin yhteyttä Elkomen testausjärjestelmistä vastaavaan henkilöön. Elkomen kanssa edettiin hyvin pitkälti saman kaavan mukaan kuin SPS Electronicin kanssa. Pidimme palavereita ja esittelimme tarpeemme ja he esittelivät tuotettaan. Tämän jälkeen loimme NDA-sopimukset ja kuvailimme testuslaitteistoamme hieman tarkemmin muun muassa sähköpiirustusten ja kuvien avulla.

Kuvassa 13 on Elkomen sähköturvatesteri laitevaununa. Tähän laitevaunuun on asennettuna kaikki mittauksissa tarvittavat komponentit, kuten mittalaitteet ja tietokoneet. Jos sähköturvatesterin haluaa pöytämällisena, käytettävät mittauslaitteet sekä releet kootaan mittalaitekaappiin, joka taas asennetaan testauspisteeseen. (27.)



KUVA 13. Elkomen sähköturvallisuustesteri (27)

Sähköturvallisuustesteri suorittaa standardien mukaisia sähköturvallisuustestejä nopeasti ja luotettavasti. Standardien mukaiseen sähköturvallisuustestaukseen kuuluu läpilyöntitesti, eristysvastusmittaus, maadoituksen jatkuvuusmittaus sekä tuotteen toiminnallinen testaus. Näiden perustestien lisäksi testeriin voidaan lisätä muita tuotteen toimintaan sekä laatuun liittyviä mittauksia. (27.)

OiTec Oy

Kolmantena toimijana vertailussa oli OiTec Oy. OiTec Oy on kotimainen yritys, joka on perustettu vuonna 2013. OiTec on erikoistunut testauslaitteiden suunnitteluun sekä valmistamiseen. He tarjoavat myös asiakkailleen konsultointipalvelua. (28.) Olin yhteydessä OiTecin yhteyshenkilöön, jonka kanssa etenimme samoin askelin kuin aikaisempien toimittajien.

OiTecin ehdotus uudesta testauslaitteistosta eroaa edellä mainittujen yritysten laitteistoista siten, että ratkaisu tehtäisiin projektityönä. Tämä mahdollistaisi kaupallisen ratkaisun, joka olisi räätälöity täysin Greenledin tarpeiden mukaisesti. OiTecin laitteisto sisältäisi WATS-tulosten seurantalicenssin, joka on käytössä yrityksillä ympäri maailman. WATS on norjalaisen Virincon tuote, jota käytetään testitulosten seurantaan. WATSin avulla testitulokset tallennetaan verkkoon, josta tulokset ovat helposti käsiteltävissä ja jäljitettävissä. (29.)

Oma ehdotus

Yritysten toimeksiantojen lisäksi kehitteinkin myös oman ratkaisun testauslaitteiston parantamiseksi. Oma ajatukseni oli, että nykyinen käytössä oleva sähköturvallisuustesteri tulisi päivittää sellaiseen laitteeseen, joka mahdollistaa tulosten kirjaamisen suoraan verkkoon. Tähän käyttötarkoitukseen sopisi GW Instekin valmistama GPT-9804. Tämän GPT-9804-mallin avulla tuotteelle voidaan tehdä neljä eri mittausta: AC- ja DC-mittaukset, eristysvastusmittaus ja maadoitustestaus (30).

Jotta tulosten kirjaaminen suoraan verkkoon testeriltä olisi mahdollista, tarvitaan GPIB-liitäntä. GPIB eli General Purpose Interface Bus on Hewlett Packardin luoma talon sisäinen standardi, josta myöhemmin tuli kansainvälinen standardi. GPIB toimii rajapintana tietokoneiden ja mittauslaitteiden välillä. (31.)

Nykyisen käytössä olevan piirilevyn korvaajaksi suunniteltiin Siemensin valmistamaa LOGO!-logiikkamoduulia. LOGO! on käytössä erilaisissa pienissä tuotannon kohteissa, kuten pumpeissa ja kuljetinhihnoilla. Se sopii pieniin kohteisiin ja on hankintahinnaltaan edullinen. Logiikkamoduulin yhteyteen voidaan liittää laajennusmoduuleja, jolloin monimutkaistenkin laitteiden ohjaus onnistuisi. LOGO!-n ohjelmointi suoritetaan Siemensin omalla Soft Comfort-ohjelmointityökalulla. (32.)



KUVA 14. Siemens LOGO!-logiikkamoduuli (33)

Liittämällä Tridonicin valmistamat DALI-komponentit LOGO!-logiikkamoduuliin voitaisiin testauslaitteistolla suorittaa DALI-ohjausta. Nämä Tridonicin DALI-komponentit sisältävät DALI-input-yksikön, DALI-virtalähteen sekä DALI-ohjelmointilaitteen. Komponenttien avulla logiikkakeskuksella ohjattaisiin DALI-testausvaiheessa input-yksikön kautta valaisimen himmennyskomento päälle ja pois.



KUVA 15. Tridonic DALI USB-ohjelmointilaite (34)

6 LOPPUTULOKSET

Kehitystyön perusteella pidin Greenledin tuotannon henkilökunnalle esityksen, jossa esittelin eri vaihtoehtoja nykyisen testauslaitteiston korvaajaksi. Esityksen loppuun listasin jokaisen vaihtoehdon ja kirjasin niistä hyvät sekä huonot puolet.

Toimittajien ja tuotteiden vertailu suoritettiin Greenledin toimistolla Oulussa. Vertailussa oli mukana minun ja Eemeli Kyröläisen lisäksi tuotannon vastuuhenkilöitä. Esittelin aluksi jokaisen toimittajan ja heidän tarjoamansa ratkaisun uudesta testauslaitteistosta, jonka jälkeen keskustelimme jokaisen vaihtoehdon hyvistä ja huonoista puolista. Esityksen loppuun olin vielä lisännyt kaavan, josta nähtiin jokaisen vaihtoehdon kustannukset. Kustannuksien vertailussa otettiin hankintahintojen lisäksi huomioon myös laitteiston käyttökustannukset.

Vertailuesitys oli onnistunut, sillä esityksen jälkeen olimme onnistuneet valitsemaan toimittajien joukosta todennäköisimmät vaihtoehdot. Näiden jatkoon valittujen toimittajien perusteella loin Greenledille uuden esitysmateriaalin, joka sisälsi ainoastaan vertailua näiden toimittajien välillä. Esitykseen oli myös sisällytetty tarkempaa vertailua hinnoista, etenkin käyttökustannuksista. Tämän uuden esityksen lähetin toimeksiantajalle sähköpostitse.

Kehitysprojektin lopputuloksena sain toimitettua Greenledille tarpeeksi kattavan materiaalin, jonka avulla he pystyvät tekemään talon sisäisesti lopullisen päätöksen uudesta testauslaitteistosta. Materiaalin lisäksi Greenled sai myös paljon uutta tietoa markkinoilla olevista testauslaitteista ja niiden toimittajista.

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli määritellä tuotannolle moderni testauslaitteistokokoonpano, joka sisältää visuaalisen tarkastuksen, maadoituksen jatkuvuusmittauksen, eristysvastusmittauksen, toiminnallisen testauksen, DALI-ohjauksen testauksen sekä mahdollisesti liitälaitteen ohjelmoinnin. Järjestelmän tulee perustua kaupallisiin komponentteihin ja sisältää valaisimen tietojen kirjauksen sekä tallennuksen. Opinnäytetyön tavoitteisiin päästiin osittain, sillä lähtötietomuistioon merkityn määrittelyn lisäksi olisi testauslaitteisto pitänyt saada kokoonpantua sekä testattua. Globaalin komponenttipulan ja tästä johtuvien toimitusvaikeuksien takia se olisi kuitenkin tässä tilanteessa ollut miltei mahdotonta toteuttaa.

Opinnäytetyön raporttiin tietoa oli saatavilla paljon, etenkin led-valaisimista. Rajasin raporttiin teorian määrää ja sisällytin siihen vain sen, mikä oli työn kannalta olennaista. Raportin tekeminen oli hieman haastavaa, sillä työ sisältää salassa pidettävää materiaalia ja sen sijaan, että salassa pidettävä osuus olisi lisätty loppuun liitteenä, on työstä tehty kaksi erillistä raporttia.

Opinnäytetyö antoi itselleni valmiuksia opiskelujen jälkeiseen työelämään, sillä en ole aikaisemmin ollut mukana kehitysprojektissa. Työn aikana pääsin kommunikoimaan useiden yritysten kanssa sähköpostitse sekä puhelimesta. Työn aihe oli mielenkiintoinen ja tekeminen mieluista. Siitä kiitos ohjaaville henkilöille, OAMK:n puolelta Heikki Kurjelle ja Greenledin Eemeli Kyröläiselle.

LÄHTEET

1. Greenled. Yritys. Hakupäivä 26.5.2022. <https://greenled.fi/yritys/>
2. Wikipedia. LED. Hakupäivä 22.2.2022. <https://fi.wikipedia.org/wiki/LED>.
3. Onninen. Hakupäivä 15.5.2022. <https://www.onninen.fi/hidden-a-lite-led-liitantaite-dali-push-24v-120w-rgb-rgbw-tw/p/CIF530>
4. Vossloh Schwabe. Understanding LED Driver Technology. 03/2020. Hakupäivä 25.5.2022 https://www.vossloh-schwabe.com/fileadmin/user_upload/Service_and_Downloads/Literatur/Broschueren_und_Kataloge/Leitfaden_Treiber_EN.pdf
5. Quadica Developments Inc. 2019. Hakupäivä 25.5.2022. <https://support.luxeonstar.com/hc/en-us/articles/360022812113-What-is-the-difference-between-a-Light-Engine-and-an-LED-Module->
6. Ledicon. Kiinteistövalaistus. Hakupäivä 22.2.2022 <https://www.ledicon.fi/kiinteistovalistus/>
7. Hide-a-lite. Led-koulu. Hakupäivä 1.5.2022 <https://www.hidealite.com/fi-fi/tuki/led-koulu>
8. STEK. Sähkölaitteiden suojausluokat. Hakupäivä 22.5.2022 <https://stek.fi/sahkoasennuksen-suojausperiaatteet/sahkolaitteiden-suojausluokat/>
9. Wikipedia. Appliance classes. Hakupäivä 26.5.2022 https://en.wikipedia.org/wiki/Appliance_classes
10. Wikipedia. Ip-luokitus. Hakupäivä 22.5.2022 <https://fi.wikipedia.org/wiki/IP-luokitus>
11. Greenled. Valaistuksen ohjaus. Hakupäivä 15.5.2022 <https://greenled.fi/alykas-valaistus/valaistuksen-ohjaus/>

12. Winled. Led-valojen ohjaus. Hakupäivä 15.5.2022 <https://www.winled.fi/blogi/artikkeli/Led-valojen-ohjaus-%E2%80%94-DALI>
13. Wikipedia. DALI. Hakupäivä 15.5.2022 https://fi.wikipedia.org/wiki/Digital_Addressable_Lighting_Interface
14. DALI-alliance. DALI. Hakupäivä 29.5.2022 <https://www.dali-alliance.org/dali/>
15. GlamoX. Hakupäivä 15.5.2022 https://glamox.com/upload/2013/09/26/fi_singlepages-2.pdf
16. Nevasalmi, Kaisu. YLE. 2018. Nettiartikkeli led-valaisimista. Hakupäivä 26.5.2022 <https://yle.fi/uutiset/3-10065410>
17. Energaatio. 2015. Hakupäivä <https://energaatio.vuodatus.net/lue/2015/01/led-valaistuksellakin-on-huonot-puolensa>
18. Teknologiateollisuus. 13.12.2019. Hakupäivä 7.5.2022 https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/2019-12/N%C3%A4in%20vertaillet%20ledivalaisimia%203.0_2019.pdf
19. Valotorni. Hehkulampun ja LED-lampun teho lumeneissa. Hakupäivä 7.5.2022 <https://www.valotorni.fi/category/573/lumenit-ja-watit>
20. Fagerhult. Led-valaisimen elinikä. Hakupäivä 22.2.2022 <https://www.fagerhult.com/fi/osaamiskeskus/LED/Led-valaisimien-elinika/>
21. Sähkölaitteiden vaatimukset. 2022. Tukes. Hakupäivä 22.2.2022 <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/sahkolaitteet>
22. Chauvin-Arnoux. Eristysvastuksen mittausopas. Hakupäivä 22.2.2022 <https://chauvin-arnoux.fi/wp-content/uploads/2014/09/Eristysvastuksen-mittausopas.pdf>
23. IEC 60598-1:202 Conformity testing during manufacture. Standardi.

24. Chauvin-Arnoux. Eristysvastuksen mittaus. Hakupäivä 22.2.2022 <https://chauvin-arnoux.fi/wp-content/uploads/2014/09/Eristysvastuksen-mittaus.pdf>
25. Wikipedia. Sähköasennuksen käyttöönottotarkastus. Hakupäivä 25.5.2022 https://fi.wikipedia.org/wiki/S%C3%A4hk%C3%B6asennuksen_k%C3%A4ytt%C3%B6not-totarkastus#Suojajohtimien,_PEN-_ja_potentiaalintasausjohtimen_jatkuvuuden_testaus
26. SPS Electronic. LED-light testing system L1800. Hakupäivä 14.4.2022 https://www.spselectronic.com/fileadmin/user_upload/projekte/pruefsys-tem_fuer_led_leuchten/datenblaetter/Flyer_LED-light_testing_system.pdf Hakupäivä 14.4.2022
27. Elkome. Automaattinen sähköturvatestaus. Hakupäivä 14.4.2022 <https://elkome.com/jar-jestelmatuotteet/automaattinen-sahkoturvatestaus/>
28. OiTec. Hakupäivä 14.4.2022 <https://www.oitec.fi/>
29. Wats. Hakupäivä 14.4.2022 <https://wats.com/>
30. Yleiselektronikka. GW Instek sähköturvatesteri. Hakupäivä 14.4.2022 <https://www.yeint.fi/mittaus-ja-testaus/testerit-konetesterit/safety-tester-ac-dc-ir-gb-200va>
31. Contec. Basic Knowledge and Glossary for GPIB Communication. Hakupäivä 14.4.2022 <https://www.contec.com/support/basic-knowledge/daq-control/gpib-communication/>
32. Siemens. LOGO! Hakupäivä 15.4.2022 <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/logo/industry.html>
33. Siemens. LOGO! Hakupäivä 15.4.2022 <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/logo/logo-basic-modules.html#BasicModuleswithdisplay>
34. Tridonic. DALI-USB. Hakupäivä 15.4.2022. <https://www.tridonic.com/com/en/products/dali-usb.asp>