



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

TAVARATERMINAALIN VALAISTUS JA VALAISTUKSEN OHJAUS

TEKIJÄ: Niko Lyytikäinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Niko Lyytikäinen			
Työn nimi Tavaraterminaalin valaistus ja valaistuksen ohjaus			
Päiväys	2.5.2017	Sivumäärä/Liitteet	37/3
Ohjaaja(t) Lehtori Heikki Laininen, lehtori Jari Ijäs			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Kantola & Koramo Oy			
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Kuopiossa sijaitsevan tavaraliikenneterminaalin nykyisen valaistuksen tila ja suunnitella uusi energiatehokas valaistus. Nykyinen valaistus oli jo silmämääräisesti heikko, joten uuden valaistuksen suunnittelu oli ajankohtaista. Työn tarkoitus oli selvittää paremman valaistustehon lisäksi mahdollisuutta parantaa valaistuksen energiatehokkuutta LED-valaisimilla ja älykkäällä valaistuksen ohjauksella. Hyvällä valaistuksella on positiivinen vaikutus työturvallisuuteen ja -tehokkuuteen.</p> <p>Valaistussuunnittelu toteutettiin DiaLux Evo 7 -ohjelmistoa käyttäen. Tavaraterminaali mallinnettiin DiaLux-ohjelmalla mahdollisimman tarkasti. Valaistus suunniteltiin ja vertailtiin neljää eri valaisinvaihtoehtoa, joista esitettiin toteutettavaksi valaistusta DALI-ohjattavilla valaisimilla. Kaapelointi on suunniteltu niin, että valaisinten syöttö ja ohjaus saadaan toteutettua samalla kaapelilla.</p> <p>Työn tilaajan tavoitteena oli saada selvitys, millainen valaistus terminaaliin olisi riittävä ja mikä uusittavan valaistuksen takaisinmaksuaika on. Energiansäästötavoitteita verrattuna nykyiseen valaistukseen ei täysin saavutettu. Jos valaistus uusitaan nykyvaatimusten mukaiseksi, on LED-valaistus energiatehokkuudeltaan paras vaihtoehto. Työn lopputuloksena työn tilaajalle ehdotettiin uutta valaistusta DALI-ohjattavin valaisin.</p>			
Avainsanat Valaistussuunnittelu, DiaLux, DALI			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Niko Lyytikäinen			
Title of Thesis Lighting and Light Control in Cargo Terminal			
Date	2 May 2017	Pages/Appendices	37/3
Supervisor(s) Mr. Heikki Laininen, Lecturer, Mr. Jari Ijäs, Lecturer			
Client Organisation /Partners Kantola & Koramo Oy			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to solve the condition of lighting in a cargo terminal located in Kuopio and to design a new energy-efficient lighting. The current lighting of the terminal is rather weak so designing new lighting was topical. The aim of the thesis was also to find a possibility to improve the energy efficiency of lighting with LED lights and smart light control. Good quality lighting has a positive effect on work safety and efficiency.</p> <p>The designing of the new lighting was executed with the DiaLux Evo 7 application. The cargo terminal was modeled as precisely as possible using the DiaLux application. Lighting was designed and compared with four different types of lights. A design with DALI controlled lights was offered to be realised. Cabling was designed so that the DALI control and power source for lights can be done with the same cable.</p> <p>The objective of the commissioner of this thesis was to get an investigation on what kind of lighting is enough for the cargo terminal and how long is its payback time. The energy saving goals compared to the current lighting were not completely reached. As regards energy-efficiency, LED lighting is the best option if lighting is decided to be updated. As a result, the suggestion of new lighting with DALI controllable lights was proposed to the commissioner.</p>			
Keywords Lighting design, DiaLux, DALI			

Haluan kiittää opinnäytetyön aiheesta Kuljetusliike Kantola & Koramo Oy:n tuotantopäällikkö Jarkko Tirkkosta. Kiitos myös Savonia-ammattikorkeakoulun opettajille, lehtori Heikki Lainiselle ja lehtori Jari Ijäkselle opinnäytetyön ohjauksesta.

Kuopiossa 2.5.2017

Niko Lyytikäinen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	VALAISTUKSEN VAATIMUKSET	8
2.1	Valaistusympäristö	8
2.2	Valaistuksen alenema	8
2.3	Valaistusvaatimukset	9
3	VALAISTUKSEN SUUNNITTELU	10
3.1	Dialux-ohjelmisto	10
3.2	Suunnittelun vaiheet	10
3.3	DALI	12
3.4	DALI-järjestelmän rakenne	13
3.5	KNX	13
4	VALAISINTYYPIT	14
4.1	Loisteputki.....	14
4.2	LED	15
5	VALAISIMET	17
5.1	Ensto Europroof 2 T8 2 x 58 W IP65.....	17
5.2	Airam Fresa 75 W IP65.....	17
5.3	Airam Futura Tech 65 W & 79 W DALI IP66	18
6	VALAISTUKSEN OHJAUS	19
7	VALAISTUKSEN NYKYINEN TILA	20
7.1	Valaistusmittaukset	20
7.2	Mittaustulokset	21
7.3	Mittauspisteet	22
8	UUSI VALAISTUS	23
8.2	Valaistussuunnitelma Airam Futura Tech LED 65 W ja 79 W DALI -valaisimilla	25
8.3	Valaistussuunnitelma Ensto Europroof 2 T8 2 x 58 W -loisteputkivalaisimilla	27
8.4	Valaistussuunnitelma Airam Fresa LED 75 W -valaisimilla.....	29
8.5	Valaistussuunnitelma Airam Futura Tech LED 65 W DALI -valaisimilla	31
9	ENERGIANSÄÄSTÖ JA TAKAISINMAKSUAIKA.....	33
10	KAPELOINTI JA OHJAUS DALI-VALAISIMILLA.....	35
10.1	Kaapelointi	35

10.2 Valaistuksen ohjaus.....	35
11 YHTEENVETO	36
LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	37
LIITE 1: MITTAUSPÖYTÄKIRJA.....	38
LIITE 2: VALAISTUKSEN TASOPIIRROS.....	39
LIITE 3: VALAISINLUETTELO.....	40

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä perehdytään Kaukokiidon tavaraliikenteen käytössä olevan terminaalirakennuksen nykyiseen valaistukseen ja valaistuksen ohjaukseen ja suunnitellaan tilaan uusi valaistus ohjauksiin. Tässä työssä keskitytään rakennuksen varastotilaan, jossa suurin osa rakennuksessa tehtävästä työstä eli tavaroiden ja lähetysten käsittely tapahtuu. Terminaali on jatkuvassa käytössä viikoittain sunnuntai-illasta lauantaiamuun. Tila on valaistu koko ajan; valot sammutetaan ainoastaan viikonloppuisin.

Työssä selvitetään paremman valaistustehon lisäksi mahdollisuutta parantaa energiatehokkuutta. Energiansäästöä pyritään saavuttamaan energiatehokkailla valaisimilla sekä älykkäillä valaistuksen ohjauksilla. Energiasäästöjen saavuttamiseksi kohde on otollinen, koska valaisimia kohteessa on paljon.

Tavaraterminaalien valaistussuunnittelu on erittäin tarpeellinen, sillä nykyinen valaistus on jo silmämääräisesti heikko valoteholtaan ja vaikeuttaa terminaalissa työskentelyä. Terminaalien käyttö on vilkkainta öisin ja aamulla pimeään aikaan, jolloin rakennukseen ei tule päivänvaloa. Liian himmeä valaistus voi pahimmassa tapauksessa osaltaan johtaa työtapaturmaan, koska terminaalissa liikkuu yhtäaikaaisesti trukkeja ja työntekijöitä. Hyvässä valaistuksessa liikkuminen on turvallisempaa kuin heikossa valaistuksessa. Lisäksi tavaralähetysten käsittely ja osoitteiden lukeminen käyvät vaivattomammin. Työturvallisuuden lisäksi hyvä valaistus voi osaltaan kohentaa työtehokkuutta.

2 VALAISTUKSEN VAATIMUKSET

Eurooppalainen sisävalaistusstandardi SFS-EN 12464-1 määrittelee valaistusratkaisujen määrälliset ja laadulliset vaatimukset sisätyöpaikoille ja niihin liittyville alueille. Standardi antaa myös suositukset hyvistä valaistuskäytännöistä. (Eurooppalainen sisävalaistusstandardi 2011, 10.)

2.1 Valaistusympäristö

Valaistusvaatimukset voidaan luokitella kolmeen perustarpeeseen:

- Näkömukavuus: Valaistus vaikuttaa työntekijän hyvinvointiin ja johtaa parempaan työnlaatuun ja tuottavuuteen.
- Näkötehokkuus: Näkötehtävästä suoriudutaan myös vaativissa olosuhteissa ja pitemmissä jaksoissa.
- Turvallisuus: Oma ja muiden samassa tilassa työskentelevien turvallisuus paranee hyvällä valaistuksella. (Eurooppalainen sisävalaistusstandardi 2011, 14).

Valaistusympäristössä näkemisen kannalta tärkeitä tekijöitä ovat luminanssijakauma, valaistusvoimakkuus, valon suuntaus, häikäisy, välkyntä, valon väri ja valon vaihtelevuus. (Eurooppalainen sisävalaistusstandardi 2011, 14).

2.2 Valaistuksen alenema

Lamppujen valovirta alenee lampun ikääntyessä, mikä tulee ottaa huomioon uutta valaistusta suunniteltaessa. Valonlähteen elinikään ja varovirran alenemaan vaikuttaa myös käytettävä suhteellinen virta. Valovirran aleneman vuoksi tehtävä valaistuksen ylimitoitus voidaan kompensoida vakiovalosäädöllä. Tällöin uutta valaisinta käytetään hieman pienemmällä teholla. Valaisimen ikääntyessä ja valovirran aletessa valaisinta voidaan jälleen kirkastaa, jolloin valaistus on taas riittävä käyttötarkoitukseen. Jos valovirran alenemaa ei huomioida valaistuksen suunnittelussa, voi valaistusvoimakkuus olla riittävä uutena, mutta lamppujen ikääntyessä heiketä niin, että näkötehtävä tilassa vaikeutuu. (Motiva Oy, Valovirran alenema, 2017.)

Valaistusta suunniteltaessa käytetään laskennoissa alenemakerrointa, joka vastaa tilaan valittuja valaistuslaitteita, ympäristön vaikutuksia kuten rakennuksen sijaintia ja ikkunoiden ilmansuuntaa, sekä valaistukselle määriteltyä huoltosuunnitelmaa. Alenemakertoimen määrittävät lampun, liitäntälaitteen ja valaisimen ominaisuudet sekä ympäristö ja huoltosuunnitelma. Valaistusta suunniteltaessa tulisi käyttää valittujen lamppujen, valaisimien, pintojen heijastusominaisuuksien, ympäristön ja huoltosuunnitelman mukaista kokonaisalennemakerrointa. (Eurooppalainen sisävalaistusstandardi 2011, 32.)

Valaistussuunnitelmaan tulee sisällyttää määritetty alenemakerroin. Valaistuslaitteet tulee valita käyttöympäristöön sopivaksi ja niille tulee määritellä perusteellinen huoltosuunnitelma. Huoltosuunnitelmassa esitetään lampunvaihtoväli, valaisimien, tilan ja ikkunoiden puhdistusväli sekä puhdistusmenetelmä. (Eurooppalainen sisävalaistusstandardi 2011, 32.)

2.3 Valaistusvaatimukset

Valaistusvoimakkuuden yksikkö SI-järjestelmässä on luksi (lx), joka kuvaa sitä, kuinka suuri valovirta osuu tietyn kokoista pinta-alaa kohden. Valovirran yksikkö on lumen, joka puolestaan kuvaa valon määrää alueella. Sama valovirta valaisee pienempää pinta-alaa tehokkaammin, joten valaistusvoimakkuus on kääntäen verrannollinen pinta-alaan valovirran ollessa vakio.

Luksi määritellään kaavasta:

$$1 \text{ lx} = \frac{\text{lm}}{\text{m}^2} \quad (1)$$

lx = luksi (valaistusvoimakkuus)

lm = lumen (valovirta)

m² = pinta-ala neliömetreinä

(Motiva, Lamppujen ominaisuuksia, 2017.)

TAULUKKO 1 Valaistusvaatimukset (Eurooppalainen sisävalaistusstandardi 2011, 38.)

Viitenro.	Tila, tehtävä tai toiminta	\bar{E}_m lx	UGR_L	U_o	R_a	Erityisvaatimukset
5.4.1	Varastotilat	100	25	0,40	60	200 lx, jos työskentely on jatkuvaa.
5.4.2	Lähetämö- ja käsittelyhuoneet	300	25	0,60	60	

Eurooppalainen sisävalaistusstandardi SFS-EN 12464-1 sisältää valaistusvaatimustaulukot eri tiloihin ja käyttöympäristöihin. Suunnittelun kohteena oleva tavaraterminaali luokitellaan lähetämö- ja käsittelyhuoneeksi (taulukko 1), joten vaadittu keskimääräinen valaistusvoimakkuus on 300 lx.

3 VALAISTUKSEN SUUNNITTELU

3.1 Dialux-ohjelmisto

Dialux on yleisesti valaissuunnittelussa käytettävä ohjelmisto. Tässä työssä käytettiin Dialux Evo 7 -versiota, joka mahdollistaa sekä kokonaisten rakennusten että yksittäisten tilojen suunnittelun ja ottaa huomioon myös päivänvalon vaikutuksen laskelmissa. Ohjelmalla voidaan tehdä suunniteltavasta tilasta 3D-malli CADS-pohjapiirroksen pohjalta ja mallintaa suunniteltu valaistus näin hyvinkin tarkasti. Dialux Evolla voidaan määrittää valaistuksen alenemat, huoltovälit ja pintojen heijastussuhteet.

Useimmilta valaisinvalmistajilta on saatavilla valaisintietokanta, josta eri valaisimien valonjakokäyrät saadaan suoraan tuotua Dialux-ohjelmaan ja siten mallinnettua tilan valaistus hyvinkin tarkasti.

3.2 Suunnittelun vaiheet

Kohteen CADS-pohjapiirroksen pohjalta suunniteltiin rakennuksen 3D-malli DiaLux-ohjelmaa käyttäen. DiaLux mahdollistaa rakennuksen 3D-mallin luomisen yksinkertaisesti. Absoluuttiseen tarkkuuteen 3D-mallissa ei pyritty, sillä tarkkoja mittatietoja esimerkiksi ikkunoiden koosta ei ollut saatavilla. Kohde on kuitenkin mallinnettu mahdollisimman tarkasti saatavilla olevien tietojen pohjalta, ja 3D-malli on valaistussuunnittelua varten riittävän tarkka.

Jonkin verran valaistukseen ja valonjakaumaan vaikuttavat tilassa liikkuva kalusto, terminaalin kautta kulkevat tavaralähettykset ja tiloissa varastoitavat tavarat. Tilanteet vaihtelevat suuresti, mikä asettaa haasteita valaistuksen suunnittelulle. Etuna tilassa on, että valaisimet voidaan asettaa suhteellisen korkealle, suurin osa n. 6 metrin korkeuteen, jolloin sopivilla valaisinvalinnoilla ja riittävällä valaisinmäärällä valo saadaan jakautumaan tasaisesti tilaan tavaramäärien vaihtelusta huolimatta.

Haastetta tuo lastaussiltojen edessä oleva matalampi osa. Valaisimien lukumäärää joudutaan lisäämään riittävän tasaisen valaistuksen saamiseksi, sillä matalalle valaisimia asennettaessa valo ei pääse leviämään yhtä hyvin kuin korkealle asennettaessa. Lisäksi terminaalin korkean ja matalan osan välissä on tukipylväitä, jotka luovat herkästi varjoalueita estämällä valon jakautumista.

Enimmäkseen tilassa käsiteltävät tavarat ovat lattiatasosta enimmillään n. 2 metrin korkuisia, joten ylhäällä sijaitsevat valaisimet pystyvät valaisemaan myös tavaroiden väliin jääviä alueita, kunhan valaisimia on asennettu riittävän tiheästi.

Kuvissa 1 ja 2 on nähtävissä näkymää terminaalin 3D-mallista nykyisellä valaistuksella mallinnettuna.



KUVA 1 Näkymä terminaalin DiaLux-mallista.



KUVA 2 Näkymä terminaalin DiaLux-mallista.

3.3 DALI

Lyhenne DALI tulee sanoista Digital Addressable Lighting Interface eli digitaalinen valaistuksen ohjausjärjestelmä. DALI on väyläpohjainen osoitteellinen ja kaksisuuntainen valaistuksenohjausjärjestelmä, joka on suurten valaisin- ja liitäntälaittevalmistajien kehittämä erilaisiin valaistus sovelluksiin.

DALI-järjestelmä voi olla hyvinkin yksinkertainen itsenäinen järjestelmä tai suuri kokonaisuus, joka toimii tarvittaessa yhdessä KNX-kiinteistöautomaation kanssa. DALI-laitteiden ohjelmointi onnistuu laitevalmistajien tarjoamilla ohjelmistoilla, kosketusnäytöillä, kaukosäätimillä tai joillakin DALI-ohjaimilla. Joillakin DALI-ohjaimilla ohjelmointi onnistuu myös ETS-ohjelmalla, jota käytetään KNX-ohjelmointiin.

DALI-järjestelmässä valaisimia ohjata niin, että valaistusvoimakkuus on aina tilanteeseen sopiva. Esimerkiksi päivänvaloa saataessa keinovalaistusta ei tarvitse käyttää niin suurella teholla, jolloin säästetään energiaa. DALIn avulla voidaan myös himmentää tai jopa sammuttaa valaisimia silloin, kun tilassa ei ole liikettä. Näin voidaan parantaa energiatehokkuutta ja mahdollisesti myös pidentää valaisimien käyttöikää. DALI-väylässä tieto kulkee kahteen suuntaan, joten esimerkiksi viallisista valaisimista saadaan tietoa suoraan väylän kautta. (Kallioharju Kari, 2012.)



KUVIO 1 Valotason säätö DALI:lla (Kallioharju Kari, 2012.)

DALI-liitäntälaitteessa voidaan valotasolle määrittää arvo 0 – 255 väliltä, jossa 0 tarkoittaa 0 %:n kirkkautta ja 255 vastaavasti 100 %:n kirkkautta. Kuvioista 1 nähdään, miten valotaso muuttuu logaritmisesti mutta ihmissilmä havaitsee muutoksen lineaarisena. (Kallioharju Kari, 2012.)

3.4 DALI-järjestelmän rakenne

Yksinkertaiseen DALI-järjestelmään riittää tehonlähde, ohjainlaite, DALI-liitäntälaitte ja 2-johtiminen ohjausväylä. Yksittäisessä DALI-verkossa voi olla 64 liitäntälaitetta mutta verkkoja voidaan yhdistää DALI-reitittimien avulla suuremmiksi kokonaisuuksiksi. Yhdellä reitittimellä voidaan yhdistää kaksi DALI-verkkoa, jolloin käytettävissä on yhteensä 128 liitäntälaitetta. Lisäksi DALI-reitittimiä voidaan yhdistää toisiinsa Ethernet-väylän kautta jopa 12 800 DALI-laitteen kokonaisuudeksi.

Väyläkaapelointi voidaan toteuttaa lähes millä tahansa verkkojännitteen kestävällä johtimella, esim. MMJ 5 x 1,5 mm². Tällöin väyläkaapelin maksimipituus voi olla 300 metriä. Kaapelointiin soveltuu ohuempikin kaapeli väylässä kulkevien virtojen ollessa melko pieniä mutta pienempi väyläkaapelointin poikkipinta-ala lyhentää kaapelin maksimipituutta.

DALI-järjestelmään voidaan liittää väyläsovittimilla myös erilaisia kytkimiä ja antureita, jotka voivat siten toimia DALI-järjestelmän ohjainlaitteina, kuten varsinaiset DALI-ohjaimetkin.

DALI-väylässä käytetään erillistä virtalähdettä, josta irtoaa yleensä 90–250 mA suuruinen virta. Virtalähteitä löytyy DIN-kiskoasennukseen sekä uppo- tai pinta-asennuksiin. DALI-väylässä kulkeva virta on hyvin pieni, sillä varsinainen liitäntälaitteiden tehonsyöttö tapahtuu suoralla kaapeloinnilla. (Kallioharju Kari, 2012.)

3.5 KNX

KNX on kansainvälinen kiinteistöautomaatiostandardi, joka mahdollistaa eri valmistajien tuotteiden yhdistämisen ja ohjelmoimisen samalla työkalulla. Standardi takaa, että tuotteet toimivat saumattomasti yhtenä, yksinkertaisena verkkona ja laitteisto on muutettavissa ja päivitettävissä myöhemmin.

KNX-laitteet kommunikoivat väylätekniikalla keskenään itsenäisesti. Anturit ja ilmaisimet ohjaavat väylän kautta toimilaitteita, kuten valonsäätimiä, lämmitystä ja jäähdytystä. KNX-järjestelmän toimintoja ohjataan kytkimillä, painikkeilla, ohjauspaneelilla tai kauko-ohjauksella. (KNX Finland Ry.)

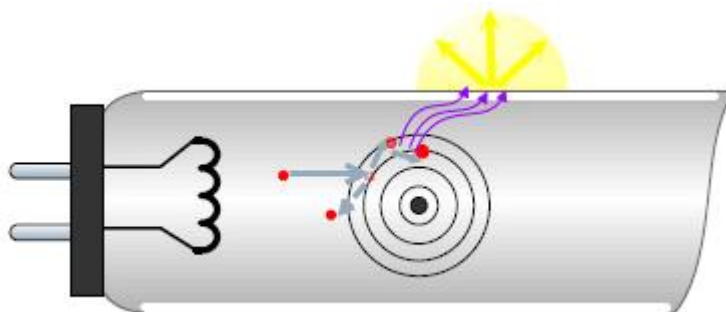
Valaistuksen ohjaukseen KNX soveltuu hyvin, sillä järjestelmään voidaan liittää läsnäolotunnistimet, valoisuustunnistimet sekä perinteinen painonappiohjaus. Näillä tekniikoilla voidaan saavuttaa merkittäviä energiansäästöjä, kun valaistusta ei tarvitse käyttää jatkuvasti täydellä teholla ja osa-alueesta voidaan jättää jopa valaisematta, mikäli tarvetta valaistukselle ei sillä hetkellä ole. KNX ei ole välttämätön valaistuksen ohjaukselle vaan ohjaus voidaan toteuttaa myös pelkkää DALI-väylää käyttämällä.

4 VALAISINTYYPIT

Opinnäytetyön lähtökohtana oli suunnitella uusi valaistus LED-valaisimilla mutta vertailun vuoksi suunnitelman myös loisteputkivalaisimilla. Tarkoitus on verrata näiden valaisinvaihtoehtojen kustannustehokkuutta verrattaessa valaisinten hankintahintaa ja energiankulutusta. Monimetallilamppu olisi ollut myös yksi vaihtoehto valaistukseen mutta jos valaisimia halutaan ohjata usein päälle ja pois, muodostuu ongelmaksi monimetallilamppujen kestävyys. Lisäksi työn tilaajan osalta kiinnostus oli erityisesti LED-valaisimia kohtaan, joten suunnittelu keskittyi LED-valaisimiin. LED-valaisimien etuna on hyvä kestävyys sytytyskertojen suhteen, alhainen energian kulutus valovirtaan nähden ja pitkä polttoikä.

4.1 Loisteputki

Loisteputken toiminta pohjautuu loisteputken päissä olevien elektrodien väliseen sähköpurkaukseen. Hehkutetusta katodista irtoavat elektronit törmäävät elohopea-atomien elektronien kanssa, jolloin ne varautuvat korkeampaan energiatasoon. Elektronit luovuttavat varauksessa syntyneen energian ultraviolettisäteilynä. Putken sisäpinnalla sijaitseva loisteainekerros muuttaa UV-säteilyn näkyväksi valoksi. Loisteaineen koostumuksella voidaan vaikuttaa valon laatuun ja sävyyn. Loisteputken toimintatavasta johtuen putken on oltava riittävän pieni halkaisijaltaan mutta purkausvälin suhteellisen pitkä. (Ensto 2008.)

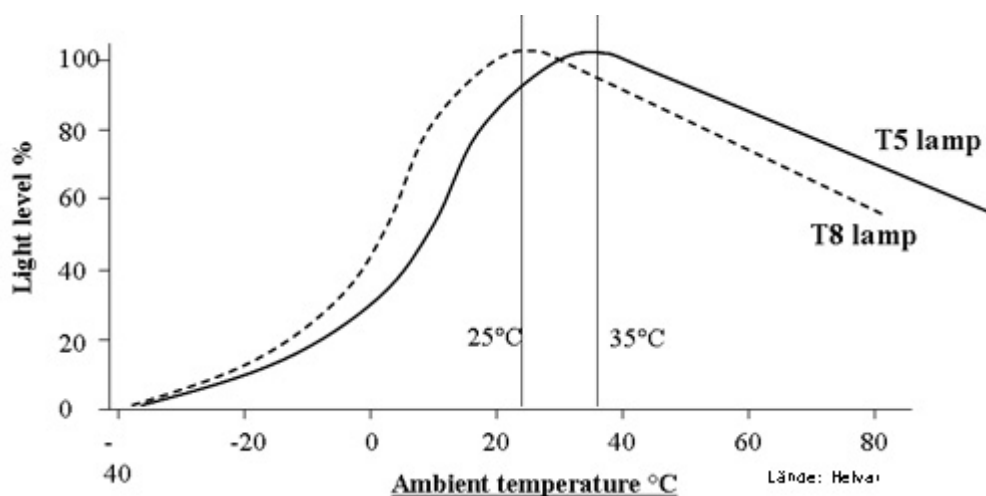


KUVA 3 Loisteputken toimintaperiaate (Ensto 2008)

Loisteputkivalaisin sisältää loisteputken, sytyttimen sekä virtaa rajoittavan kuristimen. Yleensä valaisimissa on myös kompensointikondensaattori häiriöiden poistamiseksi. (Ensto 2008.)

Tässä opinnäytetyössä käsiteltävät loistevalaisimet käyttävät T8 loisteputkea G13 kannalla. Kuviosta 2 nähdään, miten T8 loisteputken valoteho laskee jyrkästi lämpötilan laskiessa alle 20°C. Talvisin kovilla pakkasilla terminaalien sisälämpötila laskee jopa lähelle nollaa, koska lastaussilloja ja nosto-ovia joudutaan käyttämään paljon ja kylmä ilma pääsee virtaamaan sisään.

Käytännössä lämpötilan vaikutus loisteputkivalaisimiin kohteessa lienee melko vähäinen, jos valaistus on jatkuvasti päällä jolloin valaisimet lämpeävät. Loisteputkien sytyttäminen erityisesti kylmässä lyhentää loisteputken käyttöikää huomattavasti. Jos energiaa halutaan säästää ja valot sammuvat välillä niin loisteputket pääsevät jäähtymään ja sytyttäessä valoteho voi olla huomattavan heikko. Lisäksi loisteputken sytyttäminen ja sammuttaminen usein lyhentävät loisteputken käyttöikää.



KUVIO 2 Lämpötilan vaikutus loisteputken valotehoon (Ensto 2008)

4.2 LED

Lyhenne LED tulee sanoista Light Emitting Diode eli valoa säteilevä diodi. LEDissä kiinteään valoon johdettu sähkövirta saa aineen säteilemään näkyvää valoa. Valon väriin vaikuttaa lähinnä valmistusmateriaalit mutta LEDin lähettämän valon väriin ja värinvalintaan voidaan vaikuttaa lisäämällä LEDin pintaan loisteaineita ja pinnoitteita. Väriä ja värinvalinto-ominaisuuksia voidaan muuttaa myös sijoittamalla samaan LED-yksikköön useita erivärisiä LEDejä.

LEDit voidaan jakaa pintaliitos-LEDeihin ja perinteisiin LEDeihin. Pintaliitos-LEDissä LED-yksikkö on kiinnitetty suoraan piirilevyn pintaan. Pintaliitos-LEDin rakene mahdollistaa paremman jäähtymisen toteutuksen, joten ne ovat usein tehokkaampia kuin perinteiset LEDit. LED-yksikössä syntyvä lämpö ei säteile ympäristöön vaan lämpö poistuu komponentista johtamalla yleensä jäähtytyspintaan ja sitä kautta ympäristöön.

Pintaliitos-LEDien etuna on myös mahdollisuus laadukkaampaan optiikkaan, joka on merkittävä tekijä valaisinkäytössä. Perinteinen LED sopii paremmin kohde- ja huomiovalaistukseen. Yhdessä valaisimessa yksittäisiä LEDejä voi olla jopa satoja kappaleita. Kuvassa 4 on esimerkit perinteisestä LEDistä ja pintaliitos-LEDistä. (Ensto 2009.)



Kuva: Philips LUMILEDS

KUVA 4 Perinteinen LED vasemmalla ja pintaliitos-LED oikealla (Ensto 2009)

LED toimii tasajännitteellä, joten vaihtojännitekäytössä se vaatii aina liitäntäyksikön toimiakseen, mikä yleisimmin on hakkuriteholähde. Hakkuriteholähde mahdollistaa myös LEDin himmentämisen pulssinleveysmodulaatiolla (PWM). Tällöin LEDin syöttövirta on vakio mutta LEDiä kytetään päälle ja pois korkealla taajuudella. Ihmissilmä havaitsee muutoksen himmenemisenä mutta ei näe välkynnä.

LEDin polttoikä on pitkä, jopa 100 000 tuntia. Käytännössä LED-valaisimen käyttöikä loppuu yleensä virransyöttökomponenttien pettämiseen ennen LEDien käyttöiän täyttymistä. Nykyisin monet LED-valaisimien valmistajat kuitenkin lupaavat valaisimilleen yli 50 000 tunnin käyttöikää. Lisäksi LED-valaisimien käyttöikä ei vaikuta sytytyskertojan määrään, joten LED-valaisin on hyvä valinta myös liiketunnistimen tai DALI-järjestelmän yhteyteen. Muita etuja ovat hyvä valotehokkuus, mekaaninen kestävyys ja välittömästi syttyminen. (Ensto 2009.)

5 VALAISIMET

Valaisimet-osiossa esitellään valaistussuunnitelmissa mukana olevat valaisimet. Terminaalien olosuhteiden vuoksi valaisimiksi on valittu vähintään IP65-luokituksen omaavat valaisimet, jotta pöly ja mahdollinen kosteus eivät aiheuta ongelmia. Tämä helpottaa myös valaisinten puhtaanapitoa, koska pöly ei pääse valaisimen sisälle heikentämään valotehoa. IP65-luokitus takaa valaisimen pölytiivyyden ja vesisuihkun kestävyys. (Sähköinfo Oy 2015.)

5.1 Ensto Europroof 2 T8 2 x 58 W IP65

Ensto Europroof 2 on suljettu IP65-luokituksen teollisuusvalaisin. Valaisinta on saatavilla monentehoisena. Tässä työssä käsitellään Europroof 2 T8 2x58 W AC -versiota, jonka valonlähteenä on kaksi 58 W G13-kantaista loisteputkea. Valaisimen käyttölämpötila on -20 - +30 °C ja valovirta 10 400 lm. (STK-Tietopalvelut Oy.)



KUVA 5 Europroof 2 T8 -loisteputkivalaisin (STK-Tietopalvelut Oy.)

5.2 Airam Fresca 75 W IP65

Airam Fresca LED on IP65-luokituksen teollisuusvalaisin. Valaisimen valovirta on 6 700 lm ja valmistajan ilmoittama elinikä 50 000 tuntia. Valaisin toimii laajalla lämpötila-alueella (-25 - +40 °C) ja kestää hyvin runsaita sytytyskertoja. Valaisimessa on valonlähteenä kiinteät LEDit, joten valaisimen pimentyessä valonlähdeä ei voi vaihtaa vaan koko valaisin on uusittava. (Airam.)



KUVA 6 Airam Fresca LED -teollisuusvalaisin (Airam.)

5.3 Airam Futura Tech 65 W & 79 W DALI IP66

Airam Futura Tech on suljettu IP66-luokituksen teollisuusvalaisin. Valaisin toimii laajalla lämpötila-alueella (-25 - +45 °C) ja kestää hyvin sytytyskertoja. Valaisimessa on läpijohdotusmahdollisuus 5 x 2,5 mm² kaapelilla. Valaisin on ohjattavissa ja himmennävissä DALIn avulla.

Valaisimen valovirta on 9 100 lm (79 W) tai 7 850 lm (65 W). Valmistajan ilmoittama valaisimen elinikä on 50 000 tuntia (L80). Valaisimessa on valonlähteenä kiinteät LEDit, joten valaisimen pimentyessä valonlähdeä ei voi vaihtaa vaan koko valaisin on uusittava. (Airam.)



KUVA 7 Airam Futura Tech -teollisuusvalaisin (Airam.)

6 VALAISTUKSEN OHJAUS

Valaistuksen määrällinen ohjaus säätää valaistusta tarpeen mukaan päivänvalon valaistusvaatimuksen mukaisesti. Määrällisiä ohjauksia ovat manuaalinen himmennys, tilanneohjaus, vakiovalo-ohjaus ja poissaolovalistus. Saavutettavaan energiansäästöön vaikuttavat päivänvalo, ikkunoidet ilman-suunnat, ikkunoiden rakenne ja pinta-ala sekä rakennuksen sijainti. Lisäksi vaikutusta on ohjausperiaatteella, ohjauksen asetteluilla ja tilojen käyttöajalla.

Älykäs valaistuksen ohjaus mahdollistaa automaattiset valaistuksen muutokset päivänvalon, liiketunnistimien ja läsnäolon perusteella. Älykkään ohjauksen avulla saavutetaan energiatehokkaampi valaistus ja monipuoliset valaistustilanteet. Lisäksi merkittävästi älykästä ohjausta puoltaa valovirran aleneman vuoksi tehdyn ylimitoituksen kompensointi. Kompensointi tapahtuu vakiovalo-ohjauksella ja sillä voidaan säästää energiaa 10–25 prosenttia.

Älykkään ohjauksen avulla saadaan kerättyä dataa tilojen käytöstä. Tietoa voidaan hyödyntää valaistuksen vielä parempaan optimointiin esimerkiksi kulkureiteillä. Valoja ei tarvitse turhaan polttaa siellä, missä ei liikuta. Lisäksi järjestelmällä on mahdollista seurata valaisimen huoltotarvetta alenneen valovirran perusteella ja väylän kautta saadaan tieto pimenneistä ja käyttöikänsä loppupuolella olevista valaisimista. DALI-väylätekniikka on hyvä esimerkki älykkästä valaistuksen ohjauksesta. (Motiva, Älykäs valaistus, 2017)

7 VALAISTUKSEN NYKYINEN TILA

7.1 Valaistusmittaukset

Terminaalin valaistusmittaukset suoritettiin sekä yöllä että päivällä, jotta nähdään päivänvalon vaikutus valonmäärään. Pimeän ajan mittaus suoritettiin 7.2.2017 ja valoisan ajan mittaus 9.1.2017. Valaistuksen nykytilanteen määrittämiseen käytettiin TenMars TM-209 valaistusvoimakkuusmittaria (kuva4). Mittaus suoritettiin n. 1,2 metrin korkeudelta lattiatasosta, joka on lähellä keskimääräistä käyttökorketta kohteena olevassa tilassa. Standardin mukainen mittauskorkeus on 0,8 metriä lattiatasosta mutta tällä ei ole suurta merkitystä saatuihin mittaustuloksiin. Kaikki mittaukset ja myös DiaLux tulokset ovat samalta 1,2 metrin korkeudelta.



KUVA 8 TenMars TM-209 valaistusvoimakkuusmittari (TenMars.)

Koska tavaraterminaali on jatkuvassa käytössä, mittaustuloksia ei ollut mahdollista saada tilan kaikista osista. Nämä alueet olivat molemmilla mittauskerroilla lähes samat, joten mittaustulokset ovat siinä mielessä vertailukelpoisia. Mittauspisteet on otettu samoista kohdin ja näistä saatuja tuloksia verrataan myöhemmin DiaLux-ohjelman laskemiin arvoihin. Myös DiaLuxin laskentapisteet on otettu samoista kohdin kuin varsinaiset mittaukset. Mittauspisteitä on kaiken kaikkiaan 48 kpl.

7.2 Mittaustulokset

Valaistuksen lähtötilannemittausten mittauspöytäkirja on liitteenä tämän opinnäytetyön lopussa (Liite1 Mittauspöytäkirja), josta selviää mittaustulokset mittauspisteittäin. Alle olevasta taulukosta 2 nähdään terminaalin nykyisen valaistuksen keskiarvo, keskihajonta sekä pienin ja suurin arvo lu-xeina. Vertailun vuoksi lähtötilanne on mallinnettu myös DiaLuxia käyttäen ja ohjelman laskemat tulokset otettu ylös.

TAULUKKO 2 Valaistuksen lähtötilanne.

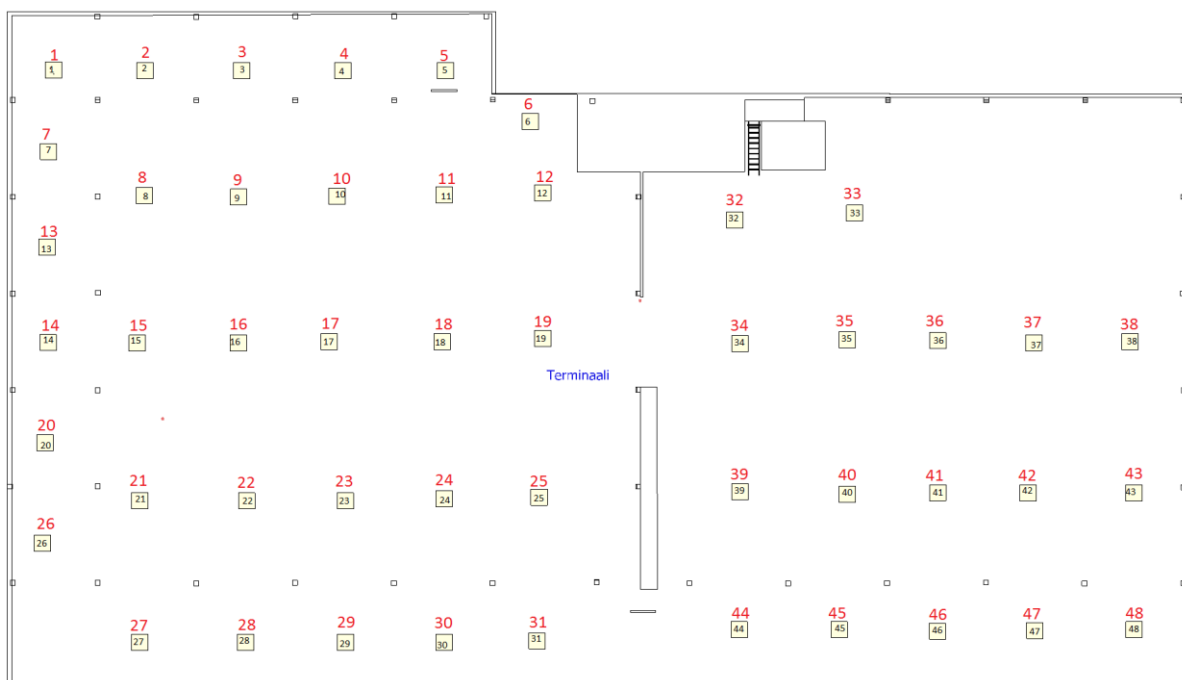
	Mitattu 9.1.2017 (päivä)	Mitattu 7.2.2017 (yö)	DiaLux (päivä)	DiaLux (yö)
Mittauspiste	Valoteho (lux)	Valoteho(lux)	Valoteho(lux)	Valoteho(lux)
Keskiarvo	134,8	119,3	188,7	183,3
Keskihajonta	41,4	43,9	26,9	27,0
Pienin	58	31	102	100
Suurin	235	232	229	225

Kuten taulukosta 2 nähdään, ovat DiaLuxin antamat keskimääräiset valaistusvoimakkuudet n. 48 - 59 lx suurempia kuin kohteesta mitatut lukemat. Ero selittyy pääosin sillä, että mittaushetkellä osa terminaalin valaisimista oli pimentyneitä ja toisaalta mittauspisteiden sijainnin pienikin heitto muuttaa tulosta selvästi. Havaittiin mittauksia tehdessä myös osan nykyisistä loisteputkivalaisimista olevan todella heikkokuntoisia rungoltaan. Osa loisteputkista oli selvästi jo polttoikänsä loppupuolella, sillä valoteho oli silmämääräisesti heikko uusiin loisteputkiin verrattuna. Lisäksi Dialuxilla tehty mallinnus terminaalista ei välttämättä ole aivan absoluuttisen tarkka vertauskohta oikeaan kohteeseen vaan lähinnä suuntaa antava.

Sekä paikan päällä mitatutuista tuloksista, että DiaLuxin laskelmista voidaan kuitenkin päätellä terminaalin nykyisen valaistuksen olevan selvästi liian heikkotehoinen eurooppalaisen sisävalaistusstandardin SFS-EN 12464-1 asettamaan 300 lx keskimääräiseen valaistusvoimakkuuteen nähden.

7.3 Mittauspisteet

Valaistuksen mittauspisteet on merkitty kuvan 9 pohjapiirrokseen. Kuvan 9 oikeassa reunassa oleva tyhjä alue ei ollut mitattavissa varastoitavien tavaroiden vuoksi, joten alue on jätetty pois myös Dialux laskelmista. Uusi valaistus on kuitenkin suunniteltu riittäväksi koko terminaaliin.



KUVA 9 Valaistuksen mittauspisteet merkittynä terminaalin pohjapiirrokseen.

Mittauspisteet on pidetty samana paikan päällä tehdyissä mittauksissa ja DiaLuxin laskelmissa. Mittauspisteiden tarkkuus eri mittauksissa voi vaihdella hieman, koska tarkkaa mittalaitetta mittauspisteiden määrittämiseksi ei ollut käytettävissä. Mittaukset on suoritettu 1.2 metrin korkeudelta, mikä määritettiin tilan käyttötasoksi.

8 UUSI VALAISTUS

Uuden valaistuksen suunnittelua varten valittiin muutamia vaihtoehtoisia valaisimia, joihin oli valmistajalta saatavilla valonjakotiedostot. Valonjakotiedosto voidaan avata DiaLux-suunnitteluohjelmassa ja näin valaistuksen mallinnus onnistuu hyvinkin tarkasti. DiaLux osaa automaattisesti valita sopivan määrän valaisimia ja sijoittaa ne paikoillaan halutun valaistusvoimakkuuden ja valaistuksen tasaisuuden mukaan. Käytännössä suuri osa valaisimista piti sijoittaa manuaalisesti oikealle paikalleen, sillä esimerkiksi lastaussiltojen nosto-ovet nousevat auki asennossaan kattoa vasten eikä tällä kohdalla täten voi valaisinta olla. Nosto-ovien lisäksi terminaalin tukipalkit aiheuttavat helposti varjoja ja estävät valon tasaista jakautumista.

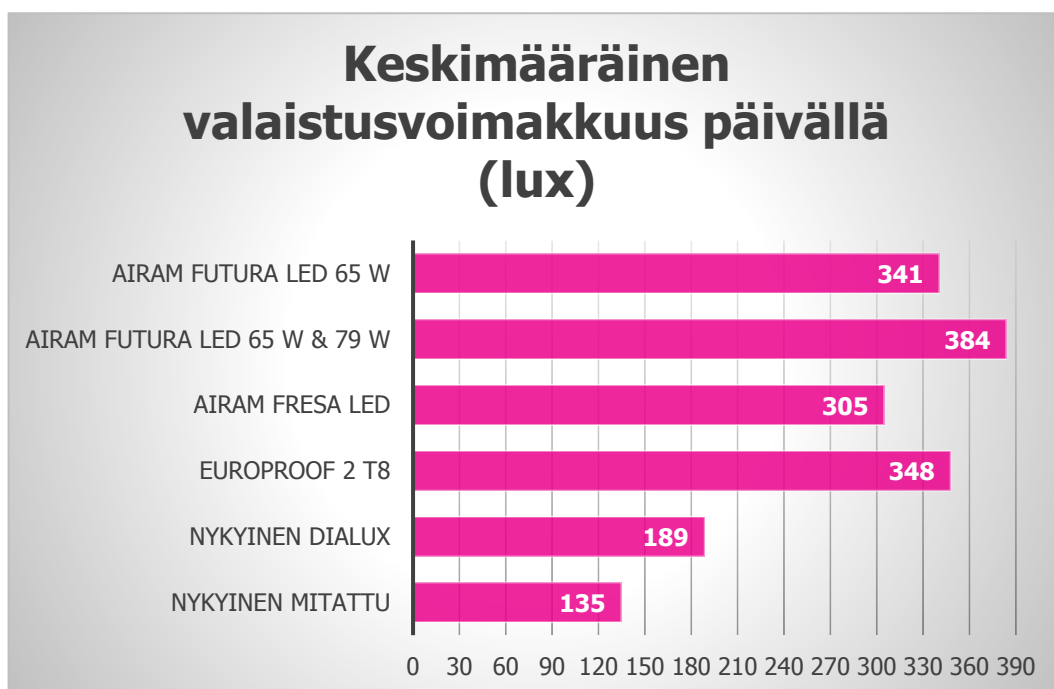
Valaisimien määrää voidaan vähentää, jos tingitään hieman valaistuksen tasaisuudesta reuna-alueilla. Tämä suunnitelma on tehty kuitenkin siten, että keskimääräinen valaistusvoimakkuus on vähintään 300 lx mahdollisimman tasaisesti eikä varjoalueita pääse syntymään.

Uutta valaistussuunnitelmaa varten valitut valaisimet on lyhyesti esitelty luvussa 5. Valaisimien hintatiedot ovat valmistajan ilmoittamia ohjehintoja. Käytännössä näin suuren hankinnan ollessa kyseessä valaisimista pyydetään aina tarjous. Valaistussuunnitelma ja hintavertailu on kuitenkin tehty ohjehintoja käyttäen. Taulukossa 3 on listattuna vertailussa mukana olleet valaisimet ohjehintoinen.

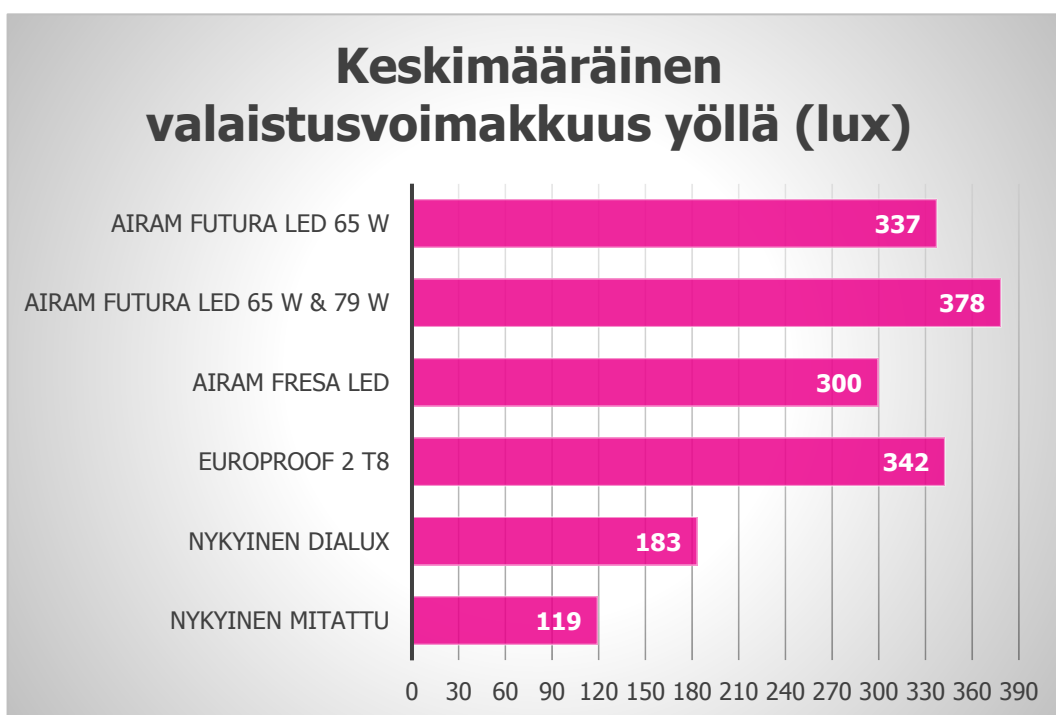
TAULUKKO 3 Vertailussa mukana olleiden valaisimien ohjehinnat 4/2017 (ALV 0 %)

Hinnat ALV 0 %	Valaisimen hinta € / kpl
Ensto Europroof 2 T8	75,1
Airam Fresca LED 75 W	78
Airam Futura Tech LED 65 W DALI	161
Airam Futura Tech LED 79 W DALI	180

Valaistuksen käyttömääräksi arvioin vuositasolla 7 488 tuntia, joka jakautuu tasan päivä- ja yökäytölle. Oletuksena laskelmissa on, että terminaali on valaistu jatkuvasti terminaalin aukioloaikoina. Tilassa on jo nykyisellään liiketunnistimia ohjaamassa valaistusta, mutta ainakin tarkasteluhetkellä valaistus oli kytketty sähkötaulusta jatkuvalle käytölle ohi liiketunnistimien.



KUVIO 3 Keskimääräinen valaistusvoimakkuus päivällä



KUVIO 4 Keskimääräinen valaistusvoimakkuus yöllä

Kuvioista 3 ja 4 nähdään eri valaisinvaihtoehtojen keskimääräinen valaistusvoimakkuus. Mukana on vertailun vuoksi myös nykyinen valaistus sekä mitattuna että Dialuxin laskemana. Kuten kuvioista 3 ja 4 voidaan tulkita, saadaan vaadittu 300 luksin keskimääräinen valaistusvoimakkuus aikaan kaikilla vertailussa mukana olleilla valaisimilla. Airam Fresa LED -valaisimilla valaistusvoimakkuus jää 300 luksin rajalle ja valaistus voi valovirran aleneman vuoksi jäädä liian heikoksi valaisimen ikääntyessä.

Vaikka Dialux osaa huomioida valaisimien huoltokertoimen ja pintojen heijastussuhteet, käytännön valaistusvoimakkuus voi jäädä hieman Dialux-ohjelman tuloksista. Suunnitelmassa Enston valaisimia oli 129, Airam Futura valaisimia 120 ja Airam Fresa valaisimia 129 kappaletta.

8.2 Valaistussuunnitelma Airam Futura Tech LED 65 W ja 79 W DALI -valaisimilla

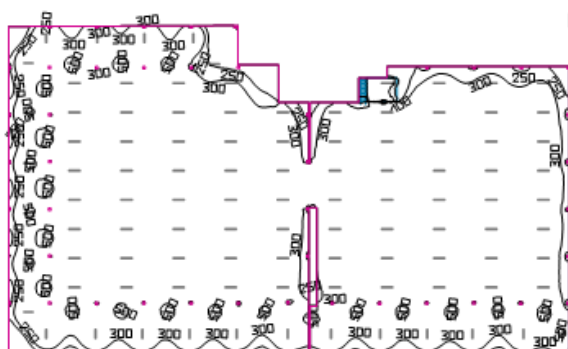
Erialaisten valaistusvaihtoehtojen vertailun jälkeen parhaaksi vaihtoehdoksi valittiin Airam Futura Tech LED 65 W ja 79 W DALI -valaisimet. Valaisimia voidaan käyttää perinteisesti päälle ja pois -ohjauksella katkaisijan tai liiketunnistimen perässä, mutta mahdollisuus on myös DALI-ohjaukseen. Järkevin kokonaisuus saadaan käyttämällä DALI-väylää valaisimien ohjaukseen ja kirkkauden säätöön. Näin voidaan parhaiten säästää energiaa ja valaisimia ja pidentää valaisinten käyttöikää. Kuvassa 14 on yhteenveto DiaLux-suunnitelmasta Airam Futura -valaisimilla. Suunnitelma sisältää 42 kpl Airam FUTURA TECH IP66 65 W -valaisinta ja 78 kpl Airam Futura Tech IP66 79 W -valaisinta. Valaistuksen tasopiirros löytyy liitteestä 2 ja valaisinluettelo liitteestä 3.

Kantola & Koramo Oy Valaistussuunnitelma 19.4.2017

Ympäristö 1 / Kantola&Koramo Kuopio / Terminaali / Terminaali / Tilan yhteenveto / Y6

DIALux

Terminaali



Tilan korkeus: 4.000 m, Heijastussuhteet: Katto 82.0%, Seinät 65.1%, Lattia 34.2%, Alenemakerroin: 0.80

Käyttötaso

Pinta	Tulos	Keski (Ohje)	Min.	Maks.	Min./keskim.	Min./maks.
1 Oletettu käyttötaso	Kohtisuora valaistusvoimakkuus (sopeutuva) [lx] Korkeus: 1.200 m, Reuna-alue: 0.000 m	371 (≥ 500)	0.80	569	0.00	0.00

#	Valaisin	Φ(Valaisin) [lm]	Teho [W]	Valoteho [lm/W]
41	Airam - 4310137 FUTURA TECH 1172 IP66 65W 840 PC	7919	65.0	121.8
78	FUTURA 2.5ft PC AI 11000_840 - 4310138 FUTURA LED 79W A3FUZF LED 2.5 11000 PCTL/RS/L	9717	79.0	123.0
Kaikkien valaisimien summa		1082605	8827.0	122.6

Ominaisliitäntäteho: 3.31 W/m² (Tilan pinta-ala 2669.74 m²)

Kulutus: 22000 kWh/a enimmäisarvosta 93450 kWh/a

KUVA 10 Yhteenveto Dialux-suunnitelmasta Airam Futura Tech -valaisimilla

Taulukosta 4 nähdään valaistusvoimakkuus eri mittauspisteissä. Valaistuksen keskimääräinen valaistusvoimakkuus on n. 380 lx.

TAULUKKO 4 Valaistusvoimakkuus (lx) eri mittauspisteissä Airam Futura Tech LED 65 W & 79 W

Dialux (Airam Futura LED 65 W & 79 W DALI)		
	9.1.2017 (päivä)	7.2.2017 (yö)
Mittauspiste	Valoteho (lux)	Valoteho(lux)
1	399	396
2	458	454
3	468	463
4	463	458
5	417	413
6	245	239
7	375	372
8	409	402
9	401	394
10	389	382
11	376	370
12	327	321
13	376	371
14	383	378
15	438	429
16	414	405
17	398	389
18	395	387
19	374	368
20	366	363
21	404	399
22	399	395
23	390	386
24	379	375
25	360	357
26	343	342
27	328	326
28	347	345
29	348	346
30	344	342
31	326	324
32	361	352
33	366	356
34	384	375
35	392	382
36	410	399
37	415	404
38	388	377
39	366	360
40	369	365
41	384	380
42	394	390
43	367	360
44	387	385
45	393	391
46	391	389
47	375	373
48	440	438
Keskiarvo	383,8	378,5
Keskihajonta	38,3	37,8

8.3 Valaistussuunnitelma Ensto Europroof 2 T8 2 x 58 W -loisteputkivalaisimilla

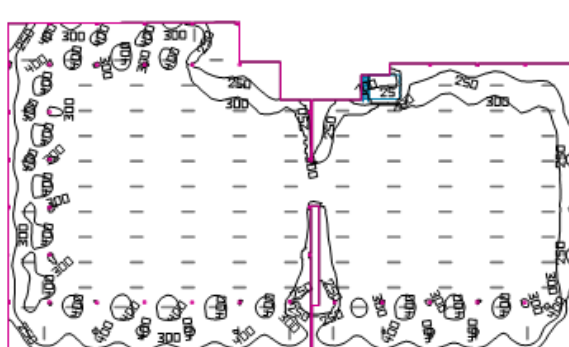
Vertailun vuoksi mukana on valaistussuunnitelma käyttäen Ensto Europroof 2 T8 2 x 58W -loisteputkivalaisimia. Valaisimisesta on saatavilla myös himmennettävä versio mutta tässä työssä käsitellään valaisimen perusversiota päälle ja pois -ohjauksella. Valaisimia on yhteensä 129 kpl riittävän valaistusvoimakkuuden ja tasaisuuden saavuttamiseksi. Kuvassa 11 on yhteenveto valaistussuunnitelmasta loisteputkivalaisimilla.

Kantola & Koramo Oy Valaistussuunnitelma 22.4.2017

Ympäristö 1 / Kantola&Koramo Kuopio / Terminaali / Terminaali / Tilan yhteenveto / Y6

DIALux

Terminaali



Tilan korkeus: 4.000 m, Heijastussuhteet: Katto 82.0%, Seinät 65.1%, Lattia 34.2%, Alenemakerroin: 0.80

Käyttötaso

Pinta	Tulos	Keski (Ohje)	Min.	Maks.	Min./keskim.	Min./maks.
1 Oletettu käyttötaso	Kohtisuora valaistusvoimakkuus (sopeutuva) [lx] Korkeus: 1.200 m, Reuna-alue: 0.000 m	333 (≥ 500)	9.64	457	0.03	0.02

#	Valaisin	Φ(Valaisin) [lm]	Teho [W]	Valoteho [lm/W]
127	Alpilux Oy - ERP2258ACLJ	7883	134.0	58.8
Kaikkien valaisimien summa		1001141	17018.0	58.8

Ominaisliitäntäteho: 6.37 W/m² (Tilan pinta-ala 2669.74 m²)

Kulutus: 42800 kWh/a enimmäisarvosta 93450 kWh/a

KUVA 11 Yhteenveto DiaLux suunnitelmasta Ensto Europroof 2 T8 2 x 58 W -valaisimilla

Taulukosta 5 nähdään valaistusvoimakkuus eri mittauspisteissä. Keskimääräinen valaistusvoimakkuus on n. 345 lx.

TAULUKKO 5 Valaistusvoimakkuus (lx) eri mittauspisteissä Ensto Europroof 2 T8 2x58 W

Dialux (Ensto Europroof2_T8 2x58 W)		
	9.1.2017 (päivä)	7.2.2017 (yö)
Mittauspiste	Valoteho (lux)	Valoteho(lux)
1	362	359
2	406	401
3	427	422
4	422	417
5	375	370
6	234	227
7	357	353
8	327	320
9	340	332
10	339	332
11	332	326
12	303	297
13	356	352
14	364	358
15	357	347
16	362	351
17	360	352
18	361	351
19	351	345
20	351	349
21	331	329
22	350	345
23	348	347
24	348	342
25	345	343
26	353	353
27	313	313
28	343	341
29	347	344
30	341	341
31	327	326
32	325	314
33	332	321
34	348	337
35	362	352
36	370	362
37	371	362
38	347	336
39	335	329
40	343	338
41	353	349
42	356	351
43	329	321
44	352	351
45	358	356
46	362	360
47	332	330
48	286	284
Keskiarvo	347,8	342,5
Keskihajonta	29,9	29,9

8.4 Valaistussuunnitelma Airam Fresa LED 75 W -valaisimilla

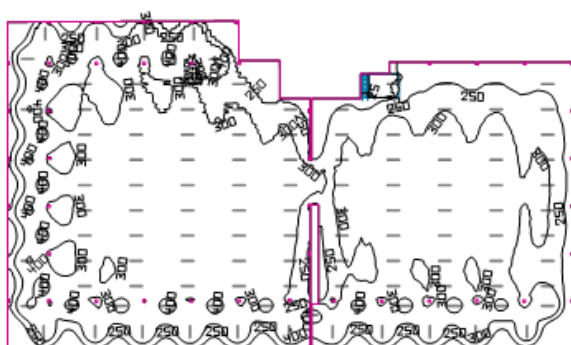
Vaihtoehtona perinteiselle loisteputkivalaistukselle on valaistus Airam Fresa LED 75 valaisimilla. Valaisimet eivät ole DALI-ohjattavia mutta soveltuvat loisteputkivalaisinta paremmin liiketunnistimen perään, sillä LEDi kestää suuria määriä päälle pois kytkentöjä. Yhteenvedo DiaLux-suunnitelmasta on kuvassa 12. Valaisimia on yhteensä 129 kpl.

Kantola & Koramo Oy Valaistussuunnitelma 26.2.2017

Ympäristö 1 / Kantola&Koramo Kuopio / Alaosa / Terminaali / Tilan yhteenvedo / Yö

DIALux

Terminaali



Tilan korkeus: 4.000 m, Heijastussuhteet: Katto 82.0%, Seinät 65.1%, Lattia 34.2%, Alenemakerroin: 0.80

Käyttötaso

Pinta	Tulos	Keski (Ohje)	Min.	Maks.	Min./keskim.	Min./ maks.
1 Oletettu käyttötaso	Kohtisuora valaistusvoimakkuus (sopeutuva) [lx] Korkeus: 1.200 m, Reuna-alue: 0.000 m	301 (≥ 500)	1.07	449	0.00	0.00

#	Valaisin	Φ(Valaisin) [lm]	Teho [W]	Valoteho [lm/W]
129	Airam Oy - A3TEIQ FRESA LED IP65 75W 840 A3TEIQ	6827	80.5	84.8
	Kaikkien valaisimien summa	880683	10384.5	84.8

Ominaisliitäntäteho: 3.89 W/m² (Tilan pinta-ala 2669.74 m²)

Kulutus: 25700 kWh/a enimmäisarvosta 93450 kWh/a

KUVA 12 Yhteenvedo DiaLux-suunnitelmasta Airam Fresa LED 75 W -valaisimilla

Taulukosta 6 nähdään valaistusvoimakkuus eri mittauspisteissä. Keskimääräinen valaistusvoimakkuus on n. 300 lx.

TAULUKKO 6 Valaistusvoimakkuus (lx) eri mittauspisteissä Airam Fresa Led 75 W valaisimilla

Dialux (Airam Fresa LED 75 W)		
	9.1.2017 (päivä)	7.2.2017 (yö)
Mittauspiste	Valoteho (lux)	Valoteho(lux)
1	327	324
2	360	355
3	378	373
4	372	368
5	331	327
6	200	194
7	303	300
8	290	283
9	306	299
10	307	300
11	300	294
12	273	267
13	301	296
14	307	302
15	315	307
16	324	314
17	327	317
18	325	317
19	317	311
20	296	293
21	294	289
22	314	310
23	315	311
24	312	309
25	310	307
26	300	298
27	252	250
28	276	274
29	277	275
30	274	273
31	261	260
32	293	284
33	302	292
34	316	306
35	327	317
36	338	327
37	341	330
38	316	306
39	303	298
40	311	307
41	322	317
42	324	319
43	298	292
44	289	287
45	295	293
46	298	296
47	275	273
48	237	235
Keskiarvo	304,8	299,5
Keskihajonta	31,1	30,2

8.5 Valaistussuunnitelma Airam Futura Tech LED 65 W DALI -valaisimilla

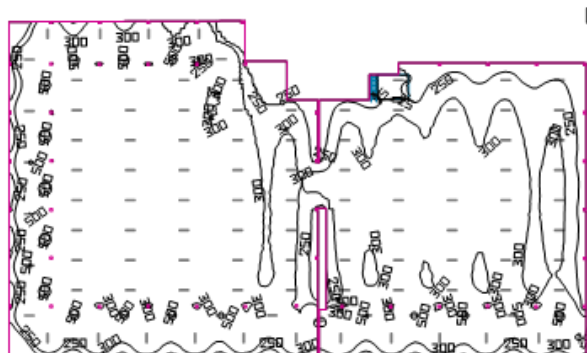
Toisena DALI-vaihtoehtona on toteuttaa valaistus käyttäen ainoastaan Airam Futura Tech LED 65 W valaisimia. Valaisimet ovat ohjattavissa ja himmennettävissä DALI:n avulla mutta soveltuvat myös hyvin liiketunnistimen perään. Valaisimia on yhteensä 120 kpl. Kuvassa 13 on yhteenveto DiaLux suunnitelmasta.

Kantola & Koramo Oy valaistussuunnitelma 26.2.2017

Ympäristö 1 / Kantola&Koramo Kuopio / Alaosa / Terminaali / Tilan yhteenveto / Yö

DIALux

Terminaali



Tilan korkeus: 4.000 m, Heijastussuhteet: Katto 82.0%, Seinät 65.1%, Lattia 34.2%, Alenemakerroin: 0.80

Käyttötaso

Pinta	Tulos	Keski (Ohje)	Min.	Maks.	Min./keskim.	Min./ maks.
1 Oletettu käyttötaso	Kohtisuora valaistusvoimakkuus (sopeutuva) [lx] Korkeus: 1.200 m, Reuna-alue: 0.000 m	327 (≥ 500)	1.17	531	0.00	0.00

#	Valaisin	Φ(Valaisin) [lm]	Teho [W]	Valoteho [lm/W]
120	Airam - 4310137 FUTURA TECH 1172 IP66 65W 840 PC	7919	65.0	121.8
Kaikkien valaisimien summa		950280	7800.0	121.8

Ominaisliitäntäteho: 2.92 W/m² (Tilan pinta-ala 2669.74 m²)

Kulutus: 19300 kWh/a enimmäisarvosta 93450 kWh/a

KUVA 13 Yhteenveto DiaLux suunnitelmasta Airam Futura Tech LED 65 W DALI valaisimilla

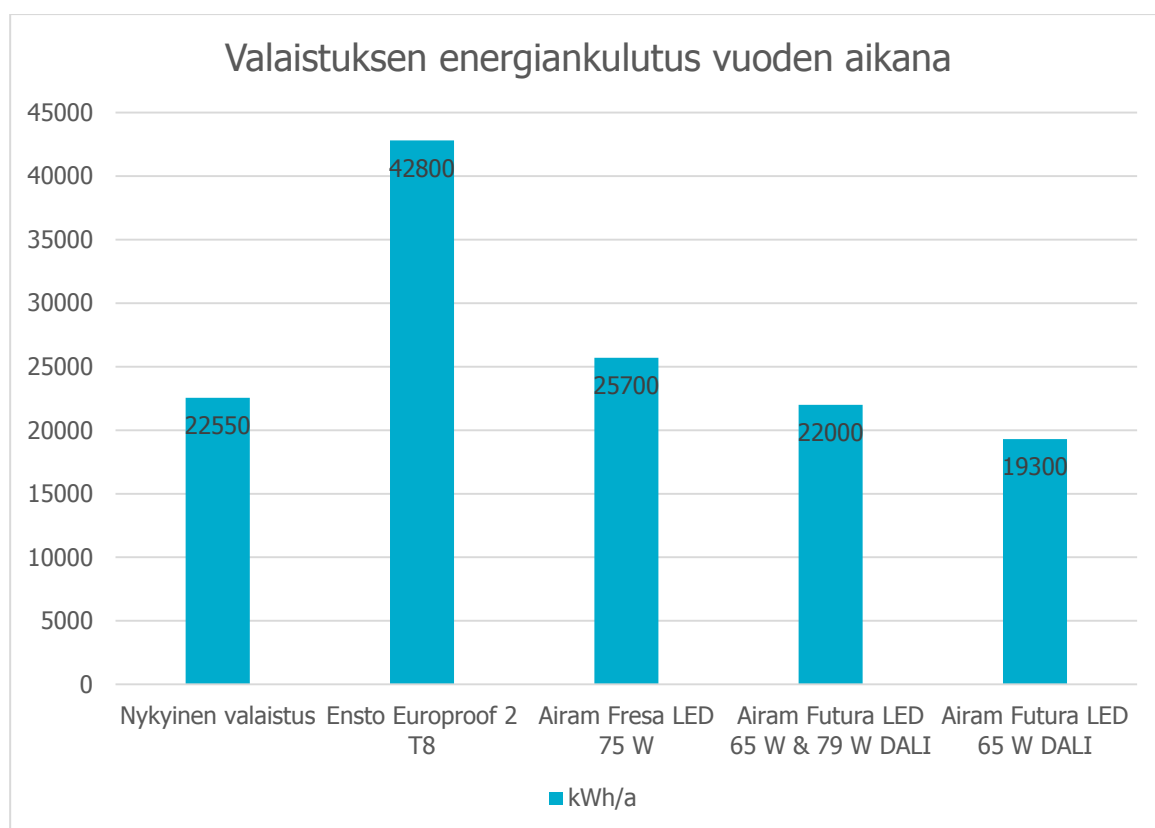
Taulukosta 7 nähdään suunnitelman valaistusvoimakkuudet eri mittauspisteissä. Keskimääräinen valaistusvoimakkuus on n. 340 lx.

TAULUKKO 7 Valaistusvoimakkuus (lx) eri mittauspisteissä Airam Futura Tech LED 65 W valaisimilla

Dialux (Airam Futura LED 65 W DALI))		
	9.1.2017 (päivä)	7.2.2017 (yö)
Mittauspiste	Valoteho (lux)	Valoteho(lux)
1	389	386
2	436	431
3	445	440
4	439	434
5	393	388
6	204	198
7	360	356
8	352	345
9	337	330
10	326	319
11	313	307
12	269	263
13	360	355
14	363	359
15	378	369
16	347	337
17	331	321
18	327	319
19	307	301
20	355	351
21	350	345
22	338	334
23	328	324
24	317	313
25	301	397
26	332	330
27	318	317
28	335	333
29	336	334
30	330	329
31	315	313
32	296	287
33	299	289
34	315	306
35	322	311
36	335	325
37	341	330
38	321	311
39	303	298
40	307	303
41	321	317
42	329	324
43	308	301
44	372	370
45	378	375
46	378	376
47	361	358
48	427	425
Keskiarvo	340,5	337,2
Keskihajonta	43,4	44,7

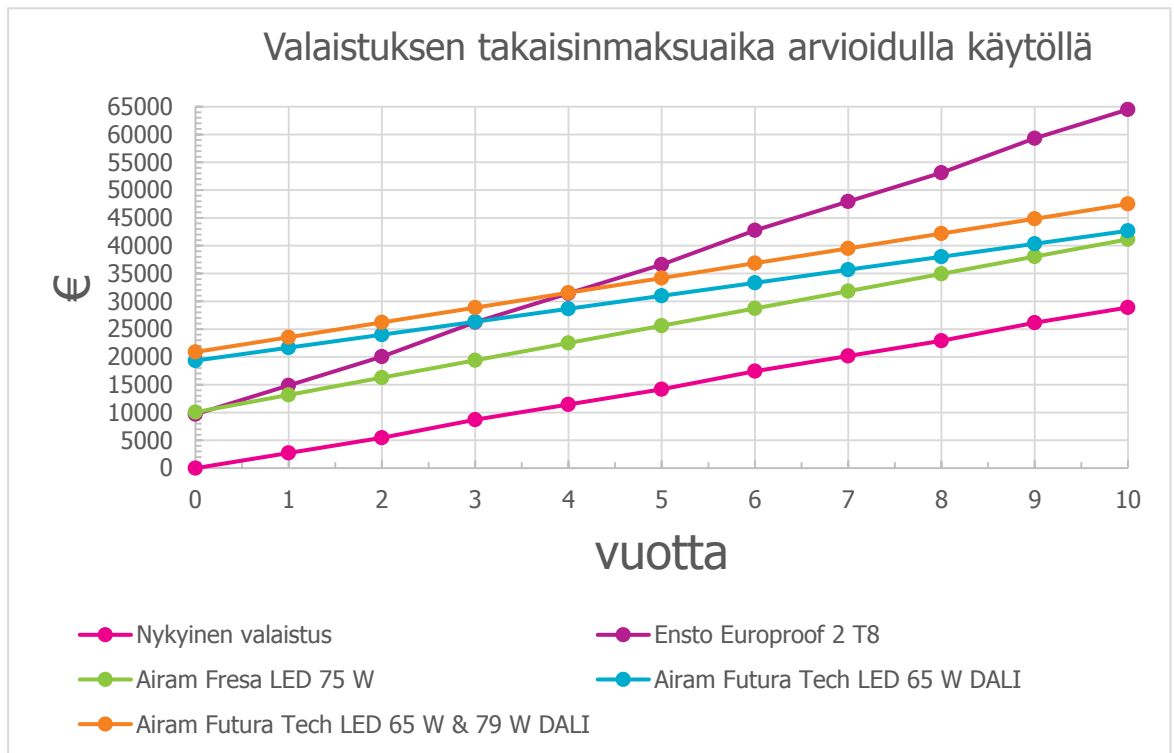
9 ENERGIANSÄÄSTÖ JA TAKAISINMAKSUAIKA

Työn alkuperäinen tavoite oli saada aikaiseksi energiansäästöä verrattuna nykyiseen valaistukseen. Koska nykyisellä valaistuksella valaisimia on vähän (yhteensä 68 kpl), energiasäästön saavuttaminen on hankalaa millä tahansa valaisimilla. Kuviossa 5 on esitetty terminaalin valaistuksen vuosittainen energian kulutus vertailluilla valaisimilla. Tuloksista voidaan todeta, että energian kulutus laskee hie- man nykyisestä toteutettavaksi ehdotetulla DALI-valaistuksella, vaikka käyttömäärä pysyisi samana. Lisäksi älykkäällä ohjauksella energian kulutusta voidaan vähentää jonkin verran. Työn tilaajan ta- voite oli vähentää energiankulutus puoleen nykyisestä, mikä ei toteutunut.



KUVIO 5 Vuosittainen energiankulutus vertailluilla valaisimilla.

Kuviossa 6 on vertailtu nykyisen valaistuksen ja suunniteltujen valaistusten kustannuksia 10 vuoden ajalta. Nykyinen valaistus on jo olemassa, joten kustannuskäyrä alkaa nolosta. Muissa valaistuksissa lähtöpisteinä on valaisimien hankintahinta, jossa on huomioitu pelkkien valaisimien osuus ilman asennusta, asennustarvikkeita ja kaapelointia. Nykyinen kaapelointi joudutaan uusimaan uuden valaistuksen toteutuessa. Lisäksi nykyisen valaistuksen ja Ensto Europroof 2 T8 valaistuksien kustannuksiin vaikuttaa loisteputkien uusiminen kolmen vuoden välein. Valaisimien huoltoa ja puhtaanapitoa ei ole otettu huomioon laskelmissa.



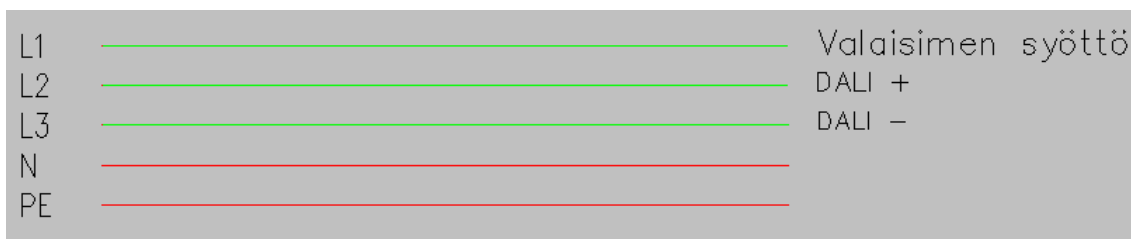
KUVIO 6 Valaistuksen takaisinmaksuaika arvioidulla käytöllä.

Älykäs ohjaus nostaa valaistuksen kustannuksia hankintavaiheessa mutta pidemmällä tarkastelujaksolla tuo säästöjä. Ilman pidempiaikaista seuranta on kuitenkin vaikea arvioida, kuinka paljon energiaa voitaisiin säästää. Älykäs valaistus tulisi kehittymään käytön myötä tarkemmaksi tunnistimien ja anturien kautta saatavien käyttötietojen avulla, jolloin valaistuksen käyttö voidaan optimoida.

10 KAAPELOINTI JA OHJAUS DALI-VALAISIMILLA

10.1 Kaapelointi

Valaistuksen kaapelointiin sopiva kaapeli on MMJ 5 x 2,5 mm² -kaapeli. Kaapelin L1-johdin on valaisinten virransyöttöä varten. L2- ja L3-johdin on DALI-väylää varten. Näin saadaan yhdellä kaapelilla kuljetettua valaisimille virran syöttö ja DALI-ohjaus. Kaapelin johtimien käyttö on ilmaistu kuvassa 14.



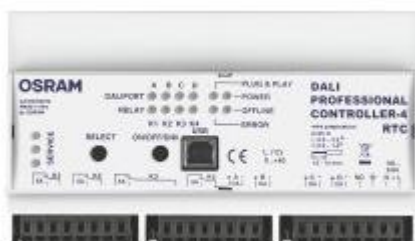
KUVA 14 Kaapeloinnin johtimet.

Valaisimia kytketään 15 kpl ryhmää kohden, jolloin tarvitaan yhteensä 8 ryhmää. Jokainen ryhmä suojataan 16 A gG-tyyppin sulakkeella. Suojaukseen voidaan käyttää myös 10 A gG-tyyppin sulaketta, sillä valaisinten vaatima virta on varsin pieni.

10.2 Valaistuksen ohjaus

Valaistuksen ohjaus kannattaa toteuttaa DALI:lla, jolloin riittävällä määrällä liiketunnistimia voidaan valojen syttymistä ja sammumista ohjata nopeasti. Valoisuustunnistimen avulla valaisinten kirkkaus voidaan säätää sopivalle tasolle.

DALI-liitäntälaitteeksi sopii Osram DALI Pro Cont-4. Laitteella onnistuu 256 DALI-ohjaimen kytkentä ja himmennys. Laitteessa on sisäänrakennettu DALI-virransyöttö, ja ohjaus voidaan ohjelmoida valo- ja läsnäoloanturien ilmaiseman tiedon perusteella. Ohjelmointi tapahtuu USB-portin kautta graafisella Windows-käyttöliittymällä. (Osram.)



KUVA 15 Osram DALI Pro Cont-4 -liitäntälaitte. (Osram.)

DALI-liitäntälaitteen lisäksi valaistuksen ohjaukseen tarvitaan liike- ja valotunnistimet joko DALI-versiona tai DALI-muunninyksiköiden kautta liitettynä. Liiketunnistimien määrällä voidaan vaikuttaa ohjauksen tarkkuuteen.

11 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää tavaraliikenneterminaalien nykyisen valaistuksen tila ja suunnitella uusi energiatehokas nykyaikaiset valaistusvaatimukset täyttävä valaistus. Työ alkoi kohdeessa suoritetuilla valaistusmittauksilla. Lisäksi nykyinen valaistus mallinnettiin DiaLux-ohjelmistolla vertailun vuoksi uutta valaistusta varten.

Valaistussuunnittelun tuloksena saatiin neljä eri valaisimilla olevaa suunnitelmaa, joista esitettiin käytettäväksi suunnitelmaa Airam Futura Tech (65 W & 79 W) DALI -valaisimin. Valaistuksen takaisinmaksuaika on nykyisellä valaistuksen käyttöasteella noin 4 vuotta mutta hyödyntämällä DALI-ohjausta, takaisinmaksuaika lyhenee saavutettavan energiansäästön ansiosta. Valaisimia voidaan sytyttää ja sammuttaa liikkeen mukaan ja lisäksi kirkastaa ja himmentää valaistusvoimakkuuden mukaan. Älykkäällä ohjauksella saadaan energiansäästön lisäksi pidennettyä valaisinten käyttöikä. DALI-väylältä saadaan tietoa valaisinten energiankulutuksesta ja vikaantuneista valaisimista.

Uusi valaistus lisää terminaalissa työskentelevien työmukavuutta ja -turvallisuutta. Valaistus on itsessään energiatehokas, mutta DALI-ohjauksen avulla energiasäästöjä on mahdollista saavuttaa lisää. Liiketunnistimien avulla terminaalien käyttötietoja voidaan kerätä ja tietojen pohjalta valaistuksen ohjausta voidaan optimoida paremmaksi.

Valaistuksen uusiminen terminaalisiin olisi silmämääräisesti ja suoritettujen mittausten perusteella tarpeellista. DALI-pohjaisella valaistuksella saadaan terminaalisiin energiatehokas ja helposti eri tilanteisiin mukautettava valaistus. Laitteiden hankintahinta on hieman korkeampi kuin perinteisten liiketunnistinohjausten, mutta pidemmällä aikavälillä DALI-valaistus tulee edullisemmaksi tarkemman ohjattavuutensa ansiosta.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

Airam, Futura Tech-teollisuusvalaisimet. [Viitattu 24.4.2017.] Noudettu osoitteesta:
<https://www.airam.fi/fi/tuote/v5582/futura-tech/futura-tech/124/1>

Airam, Fresa-teollisuusvalaisimet. [Viitattu 24.4.2017.] Noudettu osoitteesta:
<https://www.airam.fi/fi/tuote/v6918-6785/4310509/fresa-ip65-led-75w-840-ha/124/1?tmpl=component&print=1>

Ensto, Ammattilaisaineisto, Loistelamput, 4.12.2008. [Viitattu 19.4.2017.] Noudettu osoitteesta:
<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228387313247/1228387387439/1228387481543/1228396910117.html>

Ensto, Ammattilaisaineisto, LED, 29.1.2009. [Viitattu 19.4.2017.] Noudettu osoitteesta:
<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228387313247/1228387387439/1233229692599/1233229715150.html>

Eurooppalainen sisävalaistusstandardi 2011. Valo ja valaistus. Osa 4: Valaistussuunnittelun perusteet. Osa 5: Valaistusvaatimustaulukot. SFS-EN 12464-1. Vahvistettu 2011. 2. painos. Helsinki: Suomen standardoimisliitto.

KNX Finland Ry, KNX-standardi. [Viitattu 24.4.2017.] Noudettu osoitteesta:
<http://knx.fi/index.php?k=220446>

Motiva Oy, Valaistustieto.fi, Valovirran alenema. [Viitattu 24.4.2017.] Noudettu osoitteesta:
<https://valaistustieto.fi/energiatehokas-valaistus/valovirran-alenema>

Motiva Oy, Valaistustieto.fi, Älykäs valaistus. [Viitattu 24.4.2017.] Noudettu osoitteesta: <https://valaistustieto.fi/energiatehokas-valaistus/alykas-valaistus/>

Motiva Oy, Lampputieto.fi, Lamppujen ominaisuuksia. [Viitattu 24.4.2017.] Noudettu osoitteesta:
<https://lampputieto.fi/lampun-valinta/lamppujen-ominaisuuksia/luksi-valaistusvoimakkuus/>

Osram, Dali Professional, liitäntälaitteet. [Viitattu 24.4.2017.] Noudettu osoitteesta:
http://www.osram.fi/osram_fi/tuotteet/elektroniikka/valonohjausjaerjestelmaet/dali-professional/liitaentalaitteet/index.jsp

STK-Tietopalvelut Oy, Sähkönumerot.fi. [Viitattu 21.4.2017.] Noudettu osoitteesta:
<http://www.sahkonumerot.fi/4390194/>

Sähköinfo Oy, Pertti A. Mäkinen, Kotelointiluokka kertoo sähkölaitteesta kaiken oleellisen, 1.10.2015. [Viitattu 21.4.2017.] Noudettu osoitteesta:
http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/artikkelit/sahkotekniikka/fi_FI/011015_kotelointiluokat

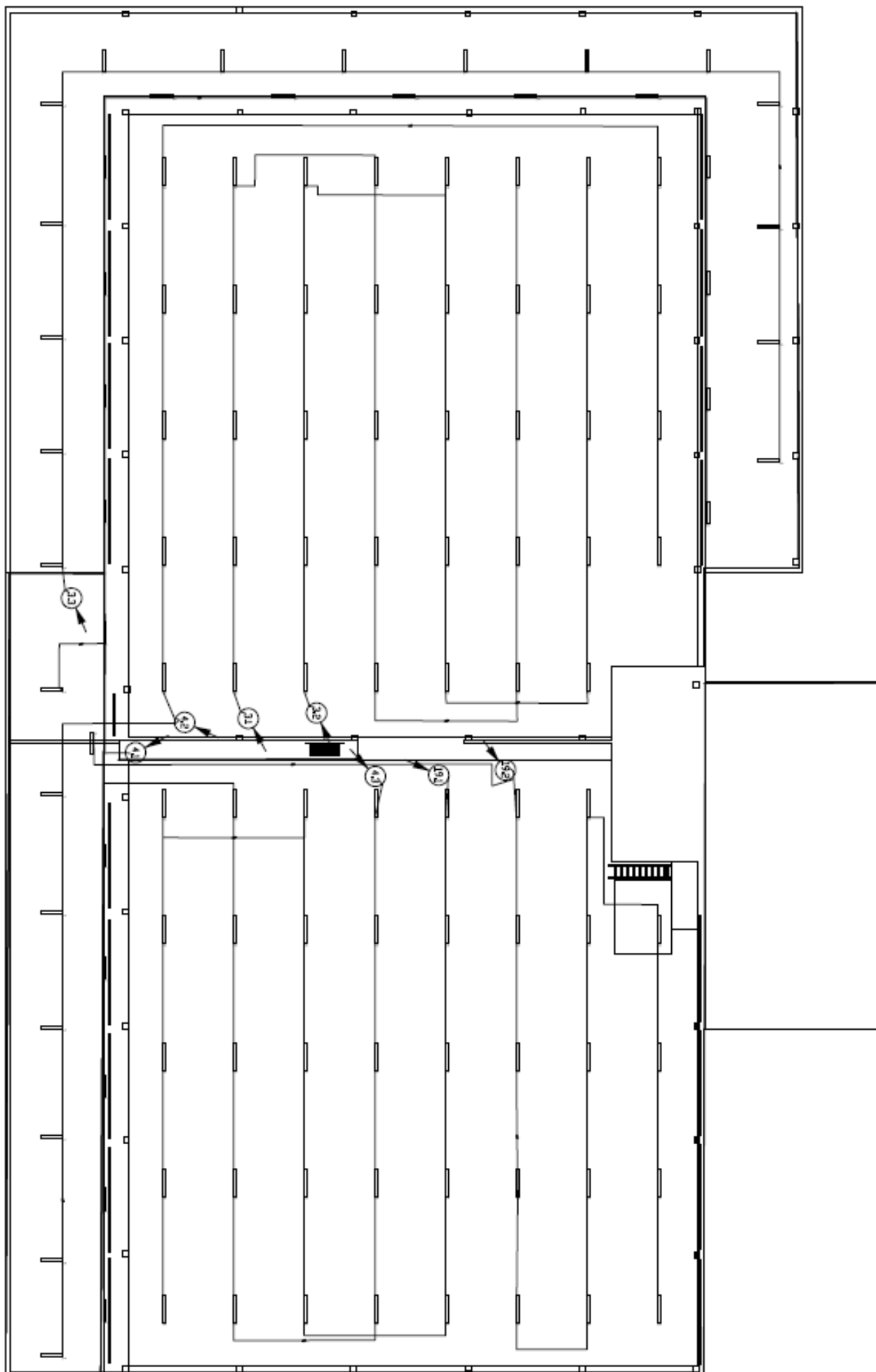
Kallioharju Kari, DALI-koulutus 11.4.2012. [Viitattu 20.3.2017.] Noudettu osoitteesta:
http://www.oamk.fi/~kurki/Valaistustekniikka/DALI_teoria_joulu2014.pdf

TenMars, TM-209 Light Meter. [Viitattu 24.4.2017.] Noudettu osoitteesta: <http://tenmars.com/webbs-en-us/TM-209.html>

LIITE 1: MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Lähtötilanne	9.1.2017 (päivä)	7.2.2017 (yö)	DiaLux (päivä)	DiaLux (yö)
Mittauspiste	Valoteho (lux)	Valoteho(lux)	Valoteho(lux)	Valoteho(lux)
1	154	112	276	273
2	149	187	229	225
3	137	112	224	219
4	135	105	225	220
5	107	97	159	154
6	131	142	184	178
7	120	149	221	217
8	169	158	184	177
9	184	155	189	182
10	194	189	187	180
11	178	165	188	181
12	183	184	194	188
13	102	88	215	210
14	107	91	218	213
15	137	120	202	193
16	146	119	206	196
17	190	132	200	190
18	171	143	198	189
19	235	232	187	180
20	89	86	210	207
21	152	109	179	173
22	197	182	187	183
23	195	197	187	184
24	153	179	183	179
25	168	161	175	171
26	68	70	127	125
27	98	92	157	156
28	96	82	188	186
29	58	67	190	188
30	97	104	188	186
31	91	66	186	185
32	101	37	148	139
33	126	60	176	166
34	111	31	146	136
35	107	113	189	178
36	138	126	200	190
37	153	112	203	192
38	152	141	190	180
39	132	78	172	167
40	138	103	179	175
41	166	140	184	180
42	180	152	185	180
43	173	105	171	164
44	104	115	192	190
45	73	97	198	196
46	75	79	199	197
47	86	96	182	180
48	64	65	102	100
Keskiarvo	134,8	119,3	188,7	183,3

LIITE 2: VALAISTUKSEN TASOPIIRROS



LIITE 3: VALAISINLUETTELO

Luettelo valaisimista									
Hakemisto	Valmistaja	Tuotteen nimi	Tuotenumero	Varustus	Valovirta	Alenemakerrin	Liittäntäteho	Lukumäärä	
1	Altram	FUTURA TECH 1172 IP66 65W 840 PC	4310137	1xLEDLine	7920 lm	0,80	65 W	42	
2	FUTURA 25ft PC AI 11000_840	FUTURA LED 79W A3FUZF LED 2.5 11000 PCTL/RS/L	4310138	1xLEDLine	9720 lm	0,80	79 W	78	