

**Olli Hökkä**

**VALAISTUKSEN UUSIMINEN LED-VALAISTUKSEKSI**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus  
Toukokuu 2019**

**TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ**

<b>Centria-ammattikorkeakoulu</b>	<b>Aika</b> Toukokuu 2019	<b>Tekijä/tekijät</b> Olli Hökkä
<b>Koulutusohjelma</b> Sähkö- ja automaatiotekniikka		
<b>Työn nimi</b> Valaistuksen uusiminen led-valaistukseksi		
<b>Työn ohjaaja</b> Jari Halme		<b>Sivumäärä</b> 39 + 1
<b>Työelämäohjaaja</b> Risto Leppänen		
<p>Tämä opinnäytetyö toteutettiin Greenled oy:lle. Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda Greenledille konsepti teollisuuteen sekä tuottaa selkeä raportti projektin kulusta.</p> <p>Työn ensimmäisessä osassa käsitellään valaistukseen liittyvää teoriaa hyvinkin tarkasti ja perehdytään siihen mitä hyvältä valaistukselta vaaditaan. Teoriaosuudessa käsitellään valaistukseen liittyviä standardeja toimialoittain. Valaistuksen ohjaus on keskeisessä osassa opinnäytetyötä ja siinä käsitellään eri ohjausvaihtoehtoja pääpainon ollessa DALI -ohjauksessa.</p> <p>Käytännönoosuudessa käydään läpi kesän 2018 aikana toteutetun valaistussaneerauksen projektin etenemistä työnjohdon näkökulmasta. Opinnäytetyössä käsitellään teollisuuden projektien yleisimmät viivästymisen syyt sekä miten niiltä voitaisiin välttyä. Työssä havaittiin, että hyvä kartoitus ja toimiva valaistussuunnitelma takaavat onnistuneen projektin.</p>		
<b>Asiasanat</b> DALI, LED, ohjaussuunnittelu, valaistus, valaistussuunnittelu.		

## ABSTRACT

<b>Centria University of Applied Sciences</b>	<b>Date</b> May 2019	<b>Author</b> Olli Hökkä
<b>Degree programme</b> <b>Electricity- and automation</b>		
<b>Name of thesis</b> Renewing lighting to led lighting		
<b>Instructor</b> Jari Halme	<b>Pages</b> 39 + 1	
<b>Supervisor</b> Risto Leppänen		
<p>This thesis was ordered by Greenled Ltd. The purpose of this thesis was to create a concept for industry and produce a report on the progress of the project.</p> <p>The first part of the thesis introduces the theory of lighting and discussed is required good lighting. The theory section introduces the standards of lighting. Lighting control is a key part of the thesis and different control options are discussed the focus being on DALI control.</p> <p>The second part of the thesis will review the progress of the lighting renovation project carried out during the summer 2018 from the perspective of the installation manager. The thesis introduces the most common causes of delays in industrial projects and how to avoid them. It was noticed in the thesis that a good mapping and a good lighting plan ensure a successful project.</p>		
<b>Key words</b> DALI, control design, LED lighting, lighting design.		

**TIIVISTELMÄ**  
**ABSTRACT**  
**SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO</b> .....	<b>3</b>
<b>2 VALAISTUSSUUREET</b> .....	<b>4</b>
2.1 Luminanssi.....	4
2.2 Valaistusvoimakkuus .....	4
2.3 Valovirta.....	4
2.4 Värintoistoluokat.....	4
2.5 Värilämpötila.....	5
2.6 Häikäisy.....	5
2.6.1 Kiusahäikäisy.....	5
2.6.2 Estohäikäisy .....	6
<b>3 VALAISTUKSEN ENERGIATEHOKKUUS</b> .....	<b>7</b>
3.1 Yksilöllinen himmentäminen .....	7
3.2 Valoputket.....	7
3.3 Tilanneohjaus .....	7
3.4 Valaistuksen kuluttama teho.....	8
<b>4 VALAISTUSSUUNNITTELU</b> .....	<b>9</b>
4.1 Työalue.....	9
4.1.1 Välitön lähiympäristö .....	10
4.1.2 Tausta-alue.....	11
4.2 Valonjako .....	11
4.3 Valaistussuosituksset .....	12
<b>5 TURVAVALAISTUS</b> .....	<b>16</b>
5.1 Poistumisvalaistus .....	16
5.1.1 Avoimen alueen valaistus .....	17
5.1.2 Riskialttiin alueen valaistus.....	18
<b>6 VALAISTUKSEN OHJAUS</b> .....	<b>19</b>
6.1 DALI.....	19
<b>7 OUTOTEC VALAISTUSSANEERAUS</b> .....	<b>22</b>
7.1 Alkutilanne.....	22
7.2 Asiakkaan tavoitteet.....	23
7.3 Valaisimet.....	23
7.3.1 Sigma 280 W .....	23
7.3.2 Eco S 143 W .....	24
<b>8 VALAISTUKSEN OHJAUS KOHTEESSA</b> .....	<b>25</b>
8.1 Osram ENCELIIUM .....	27
8.1.1 Järjestelmän komponentit.....	28
8.1.2 Anturit.....	29

<b>8.2 Ohjaussuunnittelu .....</b>	<b>30</b>
<b>9 SUUNNITTELU.....</b>	<b>31</b>
<b>9.1 Aikataulutus.....</b>	<b>33</b>
<b>9.1.1 Kohteen aikataulutus .....</b>	<b>33</b>
<b>10 PROJEKTIN KULKU.....</b>	<b>35</b>
<b>10.1 Viivästykset .....</b>	<b>36</b>
<b>11 TYÖTURVALLISUUS.....</b>	<b>37</b>
<b>12 TULOKSET.....</b>	<b>38</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>40</b>
<b>LIITTEET</b>	
<b>KUVIOT</b>	
KUVIO 1. Välitön lähiympäristö ja tausta-alue.....	8
KUVIO 2. Polaarikoordinaatistoon piirretty valaisimen valonjakokäyrä.....	10
KUVIO 3. Turvavalaistuksen muodot .....	14
<b>KUVAT</b>	
KUVA 1. DALI PB coupler -sovitin .....	17
KUVA 2. DALI kaapelointi .....	18
KUVA 3. Sigma 280 W-valaisin .....	21
KUVA 4. Eco S -valaisin .....	21
KUVA 5. Kohteen lohkominen ja tunnistimien sijoittelu.....	23
KUVA 6. Osram ENCELIUM -järjestelmän rakenne .....	24
KUVA 7. Osram 30 W -virtalähde .....	25
KUVA 8. Osram ENCELIUM ECU DALI-reititin .....	25
KUVA 9. Osram-releyksikkö .....	26
KUVA 10. Osram High Bay sensor.....	26
KUVA 11. Osram Vision sensor.....	27
KUVA 12. Suunnitteluvaiheen valaistusvoimakkuuden mittauspisteet kohteessa.....	31
KUVA 13. Pohjakuva kohteesta .....	33
KUVA 14. Uusi valaistus kohteessa .....	37
KUVA 15. Uusi valaistus kohteessa .....	38
<b>TAULUKOT</b>	
TAULUKKO 1. Valaisimien häikäisysojan vaatimukset eri luminansseilla.....	3
TAULUKKO 2. Eri tilojen valaistusvaatimukset .....	11
TAULUKKO 3. Eri tilojen valaistusvaatimukset .....	12
TAULUKKO 4. Vaatimukset luminanssijakaumalle .....	14
TAULUKKO 5. Mitattu valaistusvoimakkuuden taso vanhalla valaistuksella .....	19

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on toteutettu Greenled oy:lle. Työssä käsitellään teoreettisesti valaistustekniikka ja selvitetään, mitkä seikat tekevät valaistuksesta hyvän. Työssä perehdytään myös valaistussuunnitteluun ja selvitetään, mitä hyvältä valaistussuunnittelulta vaaditaan. Hyvällä suunnittelulla saavutetaan loistavia tuloksia ja näitä tuloksia opinnäytetyössä pyritään tuomaan esiin. Alkuosassa käydään hyvinkin teoreettisesti läpi valaistusta ja sen suunnittelua. Työssä tutkitaan myös valaistus –ja ohjaussuunnittelun tärkeyttä kokonaisvaltaisen valaistussaneerauksen kannalta. Työn painopiste on käytännön työssä, jota käsitellään työn loppuosassa.

Työn loppuosassa käsitellään käytännön osuuden vaiheita, jossa tarkoituksena oli luoda Greenled oy:lle konsepti teollisuuteen. Siinä käsitellään kesän 2018 aikana tehtyä valaistussaneeraus projektin etene- mistä sekä keskeisiä ongelmia työnjohdon näkökulmasta. Opinnäytetyössä käsitellään teollisuuden pro- jektien yleisimmät viivästymisen syyt sekä miten niiltä voitaisiin välttyä. Loppuosassa esitellään koh- teessa käytetyt ratkaisut niin valaistuksen kuin valaistuksenohjauksenkin osalta. Työssä esitellään kes- keiset komponentit, joita on käytetty käytännöntyön osuudessa.

Tarkoituksena on saada kokonaisvaltainen selostus projektista ja luoda konsepti teollisuuden kohteisiin. Tärkein syy työn toteutukselle on oma halu oppia sekä kehittyä tällä alalla. Työ sisältää käytännöntoteu- tuksen, sillä olen toiminut projektissa vastuuhenkilönä.

## 2 VALAISTUSSUUREET

### 2.1 Luminanssi

Luminanssi on valaistustekniikan ainoa suure, joka on nähtävissä. Sillä ilmoitetaan valaistavan pinnan pintakirkkaus. Luminanssin yksikkö on kandela neliometriä kohden ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ), suuretunnuksena luminanssille on L. (Valaistussuunnittelijan käsikirja 2015, 460.)

### 2.2 Valaistusvoimakkuus

Valaistusvoimakkuuden yksikkö on luks (lx) ja sen suuretunnus on E. Valaistusvoimakkuudella tarkoitetaan valovirran ja valaistavan pinta-alan suhdetta. Se ilmaisee, kuinka paljon tiettyä pintaa valaistaan. (Sähköasennustekniikka 2012, 324.)

Valaistusvoimakkuutta mitattaessa tulee huolehtia, että luksimittarin valokenno on suunnattu oikein eikä mittaajasta synny varjoa mitattavaan kohteeseen. Sisätiloissa tapahtuva mittaus suoritetaan työtason korkeudelta ja ulkona maan pinnalta. (Sähköasennustekniikka 2012, 324.)

### 2.3 Valovirta

Valovirta kertoo valonlähteiden näkyvän valon kokonaismäärän. Yksikkönä sillä on lumen (lm) ja suuretunnuksena Ø. Valonlähteiden nimellisvalovirran mittaukset suoritetaan standardien mukaisessa 25°C lämpötilassa. (Valaistussuunnittelijan käsikirja 2015, 460.)

### 2.4 Värintoistoluokat

Valonlähteen värintoistokyky ilmaistaan Ra-indeksillä. Ra-indeksin suurin arvo on 100, jolloin se toistaa värit vertailuvalon mukaisesti. Ra-indeksin arvon ollessa pienempi värit toistuvat huonommin valossa. (Sähköasennustekniikka 2012, 324.)

## 2.5 Värilämpötila

Värilämpötilalla ilmoitetaan valonlähteen valon väri. Yksikkönä värilämpötilalla on kelvin (K). Värilämpötilan ollessa alhainen on valon väri kellertävää ja korkeammassa arvoissa valon väri on ensin valkoista ja lopuksi sinertävää. (Sähköasennustekniikka 2012, 324.)

## 2.6 Häikäisy

Luminanssitason tai luminanssijakauman ollessa sopimaton syntyy häikäisyä. Valaisimet sekä päivänvalo aiheuttavat häikäisyä, joko suoraan näkökentässä tai heijastamalla näkökohteen kautta. Ihmisen ikääntyessä he kärsivät herkemmin häikäisystä kuin nuoremmat. Riittävän hyvä häikäisysuoja valaisimessa pienentää valaistuksen aiheuttamaa kiusahäikäisyä. Standardeissa annetut vaatimukset häikäisysuojakulmalle on porrastettu valonlähteen luminanssin mukaan (TAULUKKO 1).

(Valaistussuunnittelijan käsikirja 2015, 466.)

TAULUKKO 1. Valaisimien häikäisysuojan vaatimukset eri luminansseilla (mukaihen SFS-EN 12464-1 2010, 26)

Lampun luminanssi	Pienin rakenteellinen häikäisysuojakulma
20-50	15 °
50-500	20 °
≥ 500	30 °

### 2.6.1 Kiusahäikäisy

Kiusahäikäydellä tarkoitetaan häikäisyn muotoa, joka aiheuttaa epämukavuutta näkemisessä. Ihmisen asenne, mieliala ja yleiskunto vaikuttavat kiusahäikäisyn kokemiseen, sillä sen kokeminen on hyvin yksilöllistä. (Valaistuksen laskenta, mittaus ja huolto 1996, 73.)

Valonlähteen luminanssi, ympäristön keskimääräinen luminanssi ja valonlähteen ala vaikuttavat kiusahäikäisyn suuruuteen valonlähteen ollessa häikäisyn aiheuttajana. Lisäksi kiusahäikäisyn suuruuteen vaikuttavat valonlähteen sijainti näkökentässä, valonlähteen ympäristön luminanssijakauma ja valonlähteen muoto. (Valaistuksen laskenta, mittaus ja huolto 1996, 73.)



Valaisimen tai lampun luminanssin ollessa suurempi kuin mihin silmä on tottunut, esiintyy kiusahäikäisyä. Kiusahäikäisyn suuruus vaihtelee kohteen koon, luminanssin, kohteen taustan luminanssin mukaan. Sitä voidaan pienentää hyvällä valaistussuunnittelulla tai kasvattamalla tilan pintojen luminanssia. (Valaistussuunnittelijan käsikirja 2015, 466.)

### **2.6.2 Estohäikäisy**

Estohäikäyksi kutsutaan tilannetta, jossa valonlähteestä syntyvä häikäisy heikentää näkemistä. Tällöin silmässä hajaantuvat häikäisylähteen lähettämät valonsäteet muodostavat harsoluminanssin verkkokalvolla olevan kuvan päälle, joka pienentää kuvan kontrasteja. (Valaistuksen laskenta, mittaus ja huolto 1996, 72.)

### **3 VALAISTUKSEN ENERGIATEHOKKUUS**

Valaistussuunnittelua tehdessä tulee huomioida valaistusvaatimukset tiettyjen tilojen tai tehtävien energiatehokkuuden osalta sekä välttää valaistusasennuksen näköolosuhteiden minimoimista energiatehokkuuteen pääsemiseksi. Eurooppalaisessa standardissa SFS-EN 15193 asetetut valaistusvoimakkuustasot ovat keskimääräisen valaistusvoimakkuuden ylläpidettäviä vähimmäisvaatimuksia. Päivänvalolla on iso merkitys valaistuksen energiatehokkuuden saavuttamiseksi, sillä lisävalaistusta saatetaan tarvita valaistusvaatimusten varmistamiseksi. Keinovalon ja päivänvalon yhteiskäytöllä voidaan valaistuksen energiatehokkuutta parantaa automaattiohjauksella tai manuaalisella himmennyksellä. (SFS-EN 12464-1 2010, 34.)

#### **3.1 Yksilöllinen himmentäminen**

Pyrittäessä täyttämään valaistuksen energiavaatimukset on valaistussuunnittelussa keskityttävä saavuttamaan lisäenergisäästöjä. Käyttämällä paikallistettua valaistuksen ohjausjärjestelmää, johon on yhdistetty valaisimien yksilöllinen himmentäminen, saavutetaan lisäenergisäästöjä. Tällä tavoin energiansäästöä voidaan saavuttaa 0...40 %. Lisäksi valaisimien yksilöllisen himmentämisen johdosta voi työpaikan valaistuskavuus parantua. (SFS-EN 15193 2009, 118.)

#### **3.2 Valoputket**

Valoputkilla voidaan saavuttaa lisäenergisäästöjä, sillä ne mahdollistavat päivänvalon suuntaamisen rakennuksiin pimeisiin osiin, joihin ei luonnonvaloa saada ikkunoiden kautta. Valoputkilla tarkoitetaan metalli- tai muoviputkia, jotka kykenevät johtamaan päivänvaloa rakennuksen sisäpuolella oleviin valaistaviin kohteisiin rakennuksen kattoikkunoista. (SFS-EN 15193 2009, 118.)

#### **3.3 Tilanneohjaus**

Valaistus suunnitellaan huoneen tai rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisesti, sillä niiden käyttötarkoitus voi vaihdella päivän aikana. Valaistuksen täytyy pystyä mukautumaan tilan käyttötarkoituksen mukaisesti. Esimerkkejä ovat konferenssi- ja kokoustiloissa, joissa tilan käyttö vaihtelee esityksen ja

lukemisen välillä. Tilanneohjauksella tarkoitetaan valaistuksen muokattavuutta eri valaistustilanteisiin huoneen käyttötarkoituksen mukaisesti. Tällöin valaistusta pystytään ohjaamaan usein etänä ja eri käyttötarkoituksiin ohjelmoidut valaistustilanteet voidaan kytkeä päälle tilan käytön mukaisesti. Laskiessa rakennuksen, jossa on käytössä tilanneohjaus todellista tehonkulutusta, tulee jokaisen tilanneohjauksen keskimääräinen käyttöaika arvioida. (SFS-EN 15193 2009, 120.)

### **3.4 Valaistuksen kuluttama teho**

Rakennuksissa valaistuksen kuluttama teho voidaan jakaa valaistuksen lepokulutukseen sekä valaistuksen käytön kulutukseen. Rakennuksen käyttötarkoitus ja siellä tapahtuva toiminta vaikuttavat valaistuksen kuluttamaan tehoon, sillä valaistuksen on täytettävä käyttökohteen mukaiset standardin. Valaistuksen ohjausjärjestelmien ja turvavalaistuksen akkujen varaamiseen tarvittava teho muodostaa valaistuksen lepokulutuksen. Sen on täytettävä standardin EN 1838 vaatimukset. (SFS-EN 15193 2009, 20.)

## 4 VALAISTUSSUUNNITTELU

Valaistussuunnittelijan kuuluu kartoittaa asiakkaan valaistustarpeet sekä määrittää valaistusvaatimukset. Suunnittelijan tulee osoittaa tilaajalle, että valaistus tehdään standardien mukaisesti eikä tiloja ylivalaista, sillä ylivalaiseminen on aiheettomana aina kallista. Valaistavan kohteen käyttötarkoitus ja toiminnan laatu vaikuttavat valaistuksen suunnitteluun merkittävästi. Valaistussuunnittelu tulee toteuttaa aina tilakohtaisesti tai kohdekohtaisesti. Perusteellisella valaistuksen suunnittelulla pyritään siihen, että valaistuksen laatu paranee ja energian kulutus pienenee. (Uusi valaistuskirja 2011.)

### 4.1 Työalue

Työturvallisuuslain (738/2002) mukaan työpaikalla täytyy olla työn ja työntekijöiden vaatimusten mukainen hyvä ja tarpeeksi tehokas valaistus. Työturvallisuuslaista voidaan havaita esimerkiksi määritetyt työskentelyalueen mitat sekä sen lähiympäristön koko. Yleisesti ottaen työskentelyalue ei kata koko työskentelytilaa, vaan työalueen koko vaihtelee merkittävästi työtehtävän mukaan.

Työalue muodostuu eri aloilla eri tavoin. Esimerkiksi metalliteollisuudessa työalue muodostuu työskentelyasteen mukaisesti. Työalue tarkoittaa sitä osaa työskentelyalueesta, jossa näkötehtäviä tehdään (KUVIO 1). Työalueen sijainti määräytyy työtehtävän mukaisesti, ja se voi sijaita esimerkiksi vaaka- tai pystypinnalla. Valaistussuunnittelu tulee tehdä niin, että valolähteestä lähtevä valo saavuttaa työalueen pinnan, ilman työskentelijälle syntyvää kiusahäikäisyyttä. Suunnittelussa täytyy pyrkiä myös mahdollisimman hyvään kontrastiin näkökohteessa. (Valaistussuunnittelijan käsikirja 2015, 464.)

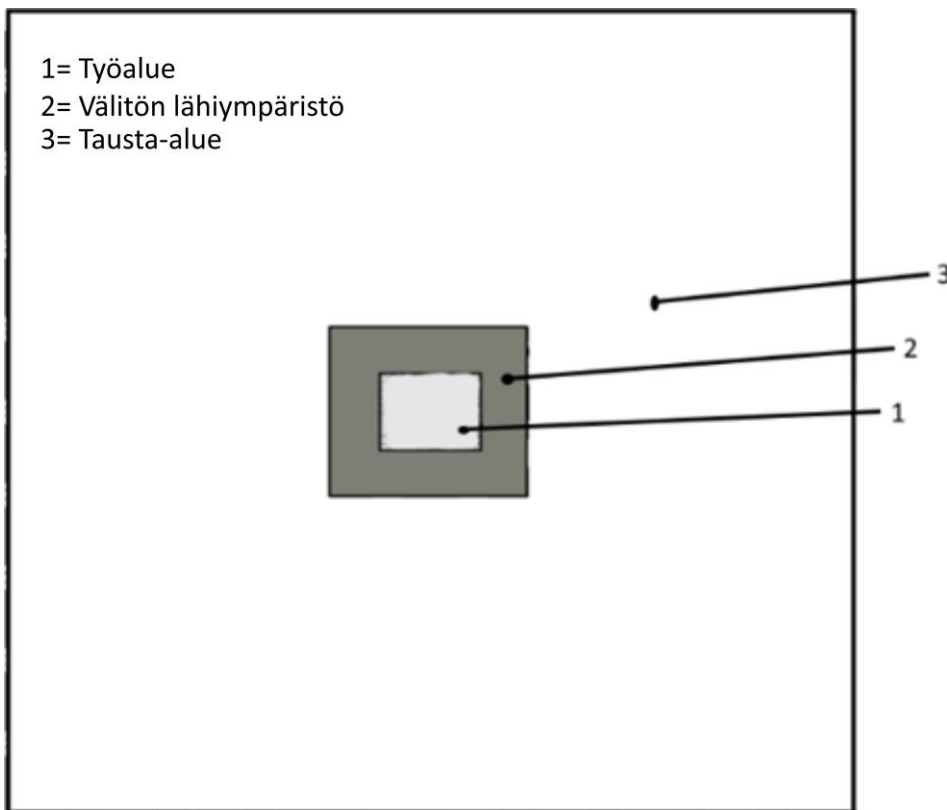
Standardin mukaan täytyy valaistusvoimakkuuden keskiarvon ja tasaisuuden olla vaatimusten mukaisia. Työalueen yksittäisissä pisteissä hyväksytään arvoja, jotka alittavat standardien vähimmäisvaatimukset, kunhan keskiarvo ja tasaisuusvaatimukset täyttyvät. (Valaistussuunnittelijan käsikirja 2015, 464.)

Tilanteessa, jossa työalueen koko tai sijainti on tuntematon, täytyy valaistusvaatimusten toteutua kohteen kaikissa tiloissa, jonne työalue ajatellaan sijoitettavaksi. Jotta päästään energiatehokkaaseen ratkaisuun, täytyy valaisimien valojako sopia tilan asennusgeometriaan hyvin. Energiatehokkuus, valaisimien

hyötysuhde, liitälaitetekniikka, valaistuksen ohjaus ja päivänvalon käyttö ovat asioita, jotka tulee ottaa huomioon suunniteltaessa hyvää valaistusta. Tilan, jossa työskennellään tai oleskellaan jatkuvasti, tulee täyttää värintoistoluokan 1B vaatimukset. (Valaistussuunnittelijan käsikirja 2015, 465.)

#### 4.1.1 Välitön lähiympäristö

Työaluetta ympäröivää vyöhykettä kutsutaan välittömäksi lähiympäristöksi. Standardin mukaan tämän vyöhykkeen koko ja sijainti tulee määrittellä sekä dokumentoida. Vyöhykkeen tulee olla vähintään 0,5 m:n levyinen eikä siinä saa olla suuria valaistusvoimakkuuden vaihteluita. Valaistusvoimakkuuden täytyy olla suhteessa työalueen valaistusvoimakkuuteen. Valaistusvoimakkuuden ei tarvitse olla yhtä suuri kuin työalueella, vaan sen täytyy noudattaa standardissa olevia vähimmäisvaatimuksia. Standardissa annetaan vaatimukset myös sopeutumisluminanssille. (SFS-EN 12464-1 2010, 20.)



KUVIO 1. Välitön lähiympäristö ja tausta-alue (mukaillen SFS-EN 12464-1 2010, 20)

### 4.1.2 Tausta-alue

Välitöntä lähiympäristöä ympäröivää aluetta kutsutaan tausta-alueeksi. Työalueen ollessa aktiivisesti miehitettyinä on tausta-alue tarpeen valaista. Tausta-alue tulee olla vähintään 3 m:n levyinen vyöhyke tilan asettamissa rajoissa ja tämän koko ja sijainti tulee määritellä sekä dokumentoida. Standardin mukaan tulee valaistusvoimakkuuden olla 1/3 välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuudesta. (SFS-EN 12464-1 2010, 22.)

## 4.2 Valonjako

Tehtäessä valaistussuunnitelmaa tulee suunnittelijalla olla käytettävistä valaisimista valonjakotiedostot, joilla hän pystyy varmistamaan kohteeseen standardin mukaisen valaistustason. Valonjakotiedostot ovat useimmiten ladattavissa valaisinvalmistajan sivuilta. (Uusi valaistuskirja 2011.)

Valonjakokäyrä on polaarikoordinaatistoon piirretty kuvaaja. Sen tehtävänä on ilmoittaa yhdessä tai kahdessa tasossa valaisimen valovoiman jakauma. Kuvaajan ehjä viiva tarkoittaa poikittaista tasoa ja katkoviiva valaisimen pituusakselin tasoa (KUVIO 2). Valonjakokäyrien arvot esitetään yleensä käyttäen yksikköä cd/1000 lm. Tästä syystä eri tehoisten valaisimien lukuarvot voivat olla yhtä suuret. (Valaistussuunnittelijan käsikirja 2015, 462.)



TAULUKKO 2. Eri tilojen valaistusvaatimukset (mukaien Valaistussuunnittelu opas 2014.)

Tila	Kesk. valaistuksen voimakkuus	Tasaisuuden minimiarvo	Häikäisyn UGR-arvo	Huomautukset
<b>Teollisuus ja käsityö</b>				
Automatisoidut tuotantolaitokset	50	0,4	-	Turvaväreiden tulee olla tunnistettavissa
Tuotantolinjat, joita satunnaisesti ajetaan käsikäyttöisesti	150	0,4	28	
Jatkuvasti miehittetyt tuotantolinjat	200	0,60	25	
Aihiovarasto	50	0,4	-	Turvaväreiden tulee olla tunnistettavissa
Sulatusuunit	200	0,4	25	Turvaväreiden tulee olla tunnistettavissa
Valssilaitos, kelain, leikkuulinja	300	0,6	25	
Ohjauspaikat, ohjaustaulut	300	0,6	22	
Testaus, mittaus ja tarkastus	500	0,6	22	
Ryömintätunnelit, kuljetinhihnat, kellarit jne.	50	0,4	-	Turvaväreiden tulee olla tunnistettavissa

Standardissa SFS-EN 12464-1 Valo ja Valaistus on annettu erilaisille tiloille ja työkohteille keskimääräisen valaistusvoimakkuuden ( $E_m$ ) ja tasaisuuden ( $U_0$ ) vähimmäisarvot sekä vaatimukset häikäisyindeksin UGR-arvolle ja värinotoistoindeksille (TAULUKKO 2 ja TAULUKKO 3). Standardissa on myös vähimmäisarvot katon ja seinien keskimääräiselle valaistusvoimakkuudelle sekä tasaisuudelle. (Valaistussuunnittelu opas 2014.)



Standardissa on annettu suurin arvo häikäisyn UGR-arvolle eri tiloissa ja tehtävissä. Arvon ollessa pieni tulee valaisimen häikäisysojauksen olla erinomainen ja arvon ollessa suuri on valaisimen häikäisysojauksen tarve huomattavasti pienempi. Seinien ja kattojen valaistuksen tasaisuuden täytyy olla yli 0,1 ja keskimääräinen valaistusvoimakkuuden seinissä yli 50 lx ja katoissa yli 30 lx. Jos kohteessa suoritetaan työtehtävää poikkeuksellisen pitkäkestoisesti, näkökohteen yksityiskohdat ovat tavallista pienempiä tai työntekijän näkökyky on keskimääräistä alhaisempi, voidaan kohteeseen vaadittua valaistusvoimakkuuden arvoa nostaa yhden pykälän verran. Valaistusvoimakkuuden arvoa voidaan nostaa myös, jos tarkkuus ja korkea tuottavuus ovat kohteessa merkittäviä tekijöitä, virheet aiheuttavat suuria kustannuksia tai näkötehtävä on kriittistä. (Valaistussuunnittelu opas 2014.)

TAULUKKO 3. Eri tilojen valaistusvaatimukset (mukaien Valaistussuunnittelu opas 2014.)

Tila	Kesk. valaistuksen voimakkuus	Tasaisuuden minimiarvo	Häikäisyn UGR-arvo	Huomautukset
Portaikot, liukuportaat ja kuljettimet	100	0,4	25	
Eteiset	100	0,4	22	
Odotusaulat	200	0,4	22	
Kahvihuoneet	200	0,4	22	
Lepohuoneet	100	0,4	22	
Kuntoilutukat	300	0,4	22	
Vaatehuoneet, pesutilat, kylpyhuoneet, WC:t	200	0,4	25	
Varastotilat	100	0,4	25	
<b>TOIMISTOT</b>				
Kirjoittaminen, lukeminen	500	0,6	19	
<b>LIIKETILAT</b>				
Myyntialue	300	0,4	22	
Kassa-alue	500	0,6	19	
<b>LASTENTARHAT</b>				
Leikkihuone	300	0,4	22	
Askarteluhuone	300	0,6	19	
<b>OPPILAITOKSET</b>				
Luokahuoneet	300	0,6	19	Valaistuksen tulisi olla säädettävä
Luokahuoneet ilta-käytössä	500	0,6	19	Valaistuksen tulisi olla säädettävä

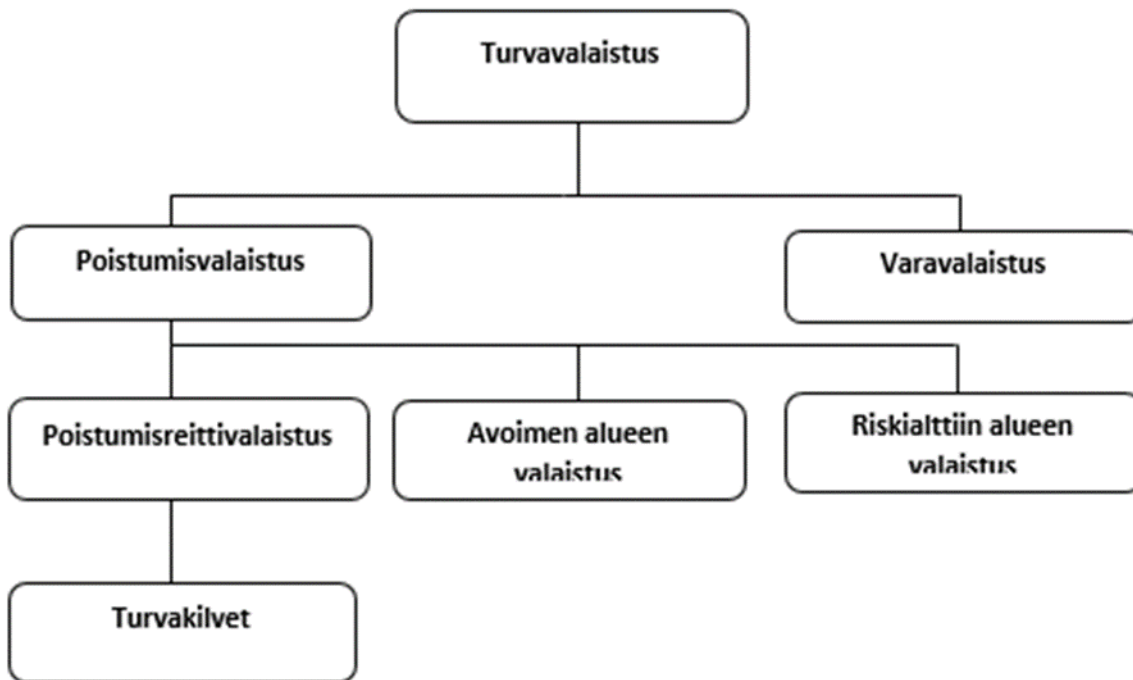
Opettajainhuoneet	300	0,6	19	
Ruokala	200	0,4	22	

## 5 TURVAVALAISTUS

Turvavalaistus tulee toimintaa silloin, kun valaistuksen sähkönsyöttö katkeaa. Tästä syystä turvavalaistuksen syöttö on täysin riippumaton normaalin valaistuksen syötöstä. Sen tarkoituksena on häiriötilanteessa mahdollistaa työn jatkuminen ja hätätilanteessa opastaa ihmiset turvaan. Turvavalaistuksella tarkoitetaan viittä eri valaistuksen erityismuotoa. (KUVIO 3.) (SFS-EN 1838 2014, 6.) Turvavalaistuksen suunnittelussa tulisi huomioida, että suunnitelma tehdään valaistuksen epäedullisimmassa tilanteessa ja käytetään vain suoraa valoa tuottavia valaisimia. Joissain valaistusjärjestelmissä voidaan valaisimen heijastavan pinnan kautta heijastuva valo hyväksyä suoraksi valoksi, mutta kaikki sen jälkeen tapahtuvat heijastukset tulee jättää huomioimatta. (SFS-EN 1838 2014, 12.)

### 5.1 Poistumisvalaistus

Poistumisvalaistus suunnitellaan hätätilanteita varten. Sen tarkoituksena on varmistaa rakennuksen henkilökunnan turvallinen poistuminen rakennuksesta, kun sitä tyhjenetään turvallisuussyistä. Hätäpoistumisreitti tulee olla merkittynä poistumisopasteilla, ja kaikilla hätäpoistumiseen tarkoitettulla ulko-ovilla täytyy olla poistumisopasteet. Ulko-ovien poistumisopasteiden ollessa näkymättömissä tulee käyttää valaistuja suuntanuolia, joilla osoitetaan oikea suunta hätäpoistumiseen tarkoitettulle ulko-oville. Poistumisopasteiden tarkoituksena on opastaa ja neuvoa selkeästi poistumisreitien kokoontumispaikkaan. Standardin mukaan ne tulee asentaa vähintään 2 metrin korkeuteen lattiasta. Näkemisen helpottamiseksi turvakilpiä ei kuitenkaan tule asentaa korkeammalla kuin 20 astetta lattian vaakatasosta. Mikäli hätäpoistumisreitien varrella on paikkoja, joissa täytyy korostaa turvallisuutta, täytyy niihin sijoittaa standardin EN 60598-2-22 mukainen valaisin. Valaistusvoimakkuuden arvot täytyvät silloin standardin mukaisesti. (SFS-EN 1838 2014, 6.)



KUVIO 3. Turvavalaistuksen muodot (mukaiillen SFS-EN 1838 2014, 6.)

### 5.1.1 Avoimen alueen valaistus

Avoimella alueella tarkoitetaan poistumisreitintä avointa tilaa ja sen tarkoituksena on vähentää paniikin todennäköisyyttä sekä antaa mahdollisuus rakennuksessa olevien henkilöiden turvalliseen poistumiseen täyttämällä valaistuksen vähimmäisvaatimukset (TAULUKKO 4.). Avoimella alueella valaistus tulisi toteuttaa niin, että valaisimen valo lankeaisi suoraan alaspäin työtasolle. Tällä tasolla olevat esteet tulee myös valaista aina kahden metrin korkeuteen asti. (SFS-EN 1838 2014, 6.)

TAULUKKO 4. Vaatimukset luminanssijakaumalle (mukaiillen SFS-EN 1838 2014, 16.)

Asennuskorkeus lattiasta $h$ (m)	Poistumisreitti- ja avoimen alueen valaistuksen suurin valovoima $I_{max}$ (cd)	Riskialttiin työalueen valovoima $I_{max}$ (cd)
$< 2,5$	500	1000
$2,5 \leq h < 3,0$	900	1800
$3,0 \leq h < 3,5$	1600	3200
$3,5 \leq h < 4,0$	2500	5000
$4,0 \leq h < 4,5$	3500	7000
$h \geq 4,5$	5000	10000

### **5.1.2 Riskialttiin alueen valaistus**

Riskialttiilla alueella tarkoitetaan aluetta, jossa jokin henkilö on tekemisessä mahdollisesti vaarallisen tilanteen tai prosessin kanssa. Alueen valaistuksen tarkoituksena on edesauttaa näiden henkilöiden turvallisuutta ja mahdollistaa hallitusti toiminnan pysäyttäminen vaarantamatta samassa tilassa olevien muiden henkilöiden turvallisuutta. (SFS-EN 1838 2014, 6.)

## 6 VALAISTUKSEN OHJAUS

Hyvin toteutetulla valaistuksen ohjauksella voidaan saada valaistuksesta monipuolisempi ja muuntautumiskykyisempi. Hyvin toteutettuna saadaan myös energian säästöä. Tyypillisesti ohjauksen ansiosta voidaan energiaa säästää jopa 50 prosenttia verrattuna tilanteeseen, jossa valaistus on toteutettu perinteisellä kiinteällä valaistuksella. Mitä enemmän valaistusta voidaan ryhmitellä ja sensoroida, sitä enemmän energiansäästöt kasvavat. Nykyisellä led-tekniikalla voidaan valaistuksen ohjaus toteuttaa paljon monipuolisemmin ja paremmin kuin aikaisemmin käytössä olleille valaistusratkaisuilla. (Motiva Oy.)

Älykkäillä valaistuksen ohjausjärjestelmillä voidaan parantaa huomattavasti valaistuksen käyttömukavuutta, laatua ja energiatehokkuutta. Ohjausjärjestelmä kykenee automaattisesti muokkaamaan valaistusta päivänvalon mukaan ja reagoimaan liikkeeseen sekä ihmisen läsnäoloon valaistusalueella. Älykkään ohjauksen ansiosta voidaan valaistustilanteita hallita monipuolisesti ja se mahdollistaa valaistuksen energiatehokkaan käytön. (Motiva Oy.)

Joustavuus, ohjausmahdollisuudet, muokkaamisen ja laajentamisen helppous ovat langattoman järjestelmän etuja. Langaton järjestelmä on asennettavuuden kannalta hyvä vaihtoehto, sillä varsinkin saneerauskohteissa voidaan sillä saavuttaa säästöä verrattuna tavalliseen ohjausjärjestelmään. Säästöt muodostuvat asennuksen helppouden ja käyttöönoton nopeuden sekä sujuvuuden ansiosta. Langattoman ohjausjärjestelmän etuna on myös sen helppo laajentaminen saneerauskohteissa. (Motiva Oy.)

Valovirran aleneman kompensoitumisesta muodostuva 10...25 prosentin säästö voidaan saavuttaa hyvin toteutetulla ohjauksella. Vakiovalo-ohjauksella tai älykkäällä vakiovalotoiminnalla varustetulla virtalähteellä voidaan kompensoida valonlähteen valovirranalenemasta johtuva ylimitoitus. (Motiva Oy.)

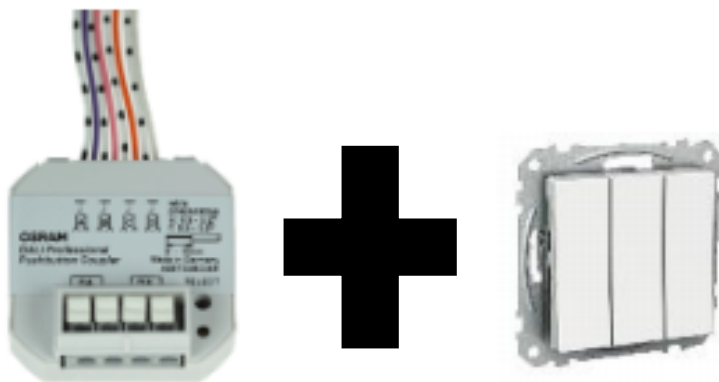
### 6.1 DALI

DALI:lla tarkoitetaan valaistuksenohjaukseen tarkoitettua avointa tiedonsiirtoprotokollaa ja se perustuu kansainvälisiin standardeihin. Se on kehitetty 1990-luvun loppupuolella suurten valaisin ja liitäntävalmistajien yhteistyönä. (Kallioharju 2012, 12.)

DALI on todella muuntautumiskykyinen, koska sillä voidaan tehdä niin pieniä ja kevyitä järjestelmiä kuin massiivisia ja muihin järjestelmiin yhdistettyjä kompleksejakin. DALI on digitaaliseen väyläteknikkaan perustuva osoitteellinen ja kaksisuuntainen valaistuksenohjausjärjestelmä. Sillä voidaan toteuttaa ohjaus niin kaupallisiin, yksityisasuntoihin kuin arkkitehtonisiin valaistussovelluksiin. Vaikka DALI:n johdotus on yksinkertaista ja ohjelmointi suhteellisen helppoa, saadaan sillä toteutettua energiaa säästäviä, säädettäviä ja helposti muunneltavia valaistusratkaisuja. Vikatietojen ja kulutuksen seuranta onnistuu sillä keskitetysti kaksisuuntaisen toiminnan johdosta. (Kallioharju 2012, 12.)

Yhden reitittimen DALI-verkossa voi laitteita olla 64 kappaletta. Yksinkertaisimmillaan järjestelmässä on teholähde, ohjainlaite, valaisimen DALI-liitäntälaite ja kaksijohtiminen DALI-väylä. Useiden reitittimien kompleksissa voidaan DALI-järjestelmä laajentaa tuhansien DALI-laitteiden kokonaisuuksiksi. Kompleksissa, joissa on useita reitittimiä linkitetty toisiinsa Ethernet-kaapelin avulla, voi järjestelmässä olla jopa 12 800 DALI-laitetta. (Kallioharju 2012, 12.)

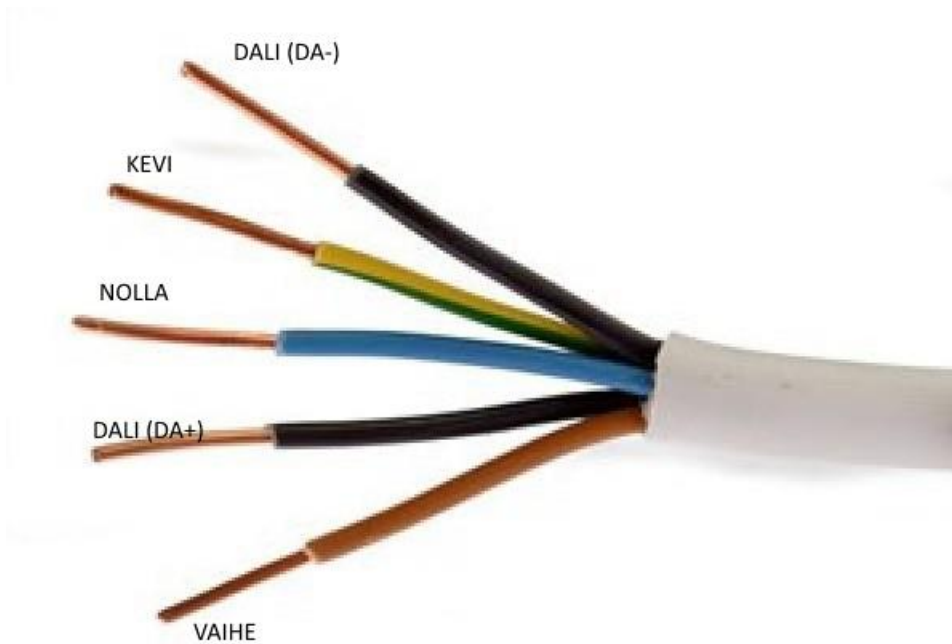
Järjestelmässä valaistusta ohjaavat yleensä DALI-ohjaimet, mutta myös tavallisia kytkimiä, antureita tai tunnistimia voidaan käyttää DALI-väylässä, jos ne on kytketty sopivalla väyläsovittimella DALI-järjestelmään (KUVA 1.). (Kallioharju 2012, 12.)



KUVA 1. DALI PB coupler -sovitin (mukaihen Greenled 2019.)

Yksinkertaisella johtoparilla siirretään kaksisuuntainen digitaalinen signaali järjestelmässä olevien kaikkien laitteiden välillä. Järjestelmän samassa väylässä olevat laitteet kuten ohjauspaneelit, anturit, valaisimet ja ohjelmointilaitteet kytketään sarjaan. Valaisimiin kytketään käyttöjännite (vaihejohdin, nolla-

johdin ja suojajohdin) sekä DALI-väylän kaksi johdinta, joista valaisin saa noin 16 voltin digitaalisignaalin (KUVA 2.). Väylä tarvitsee erillisen teholähteen, joka syöttää väylään maksimissaan 250 mA:n ohjausvirran. Lisää luotettavuutta ja turvallisuutta järjestelmään tuo mahdollisuus hajottaa älykkyys järjestelmän eri osiin. (Greenled 2019.)



KUVA 2. DALI kaapelointi (mukaillen Valomaja 2016.)

Osoitteellisen digitaalisignaalin avulla valaisimille välitetään valonsäätötiedot. Tämän ansiosta valaisimien välimatkasta riippumatta samassa väylässä tai lohossa olevat valaisimet säätävät samalla tavalla. Ohjaussignaali on immuuni kaikille häiriöille, ja valot toimivat digitaalisen ohjauskomennon avulla. (Valaistussuunnittelijan käsikirja 2015, 502.)



## 7 OUTOTEC VALAISTUSSANEERAUS

Outotec on suomalainen teknologia-alan yritys. Sen päätuotteena on tarjota asiakkaille teknologiaratkaisuja sekä palveluita. Outotec noudattaa kaikessa tekemisessään kestävän kehityksen kaavaa. Outotecin Outokummun yksikössä valmistetaan kaivos-, louhinta- ja rakennuskoneita sekä heidän omaansa että asiakkaidensa käyttöön. Tämän opinnäytetyön käytännön osuus on tehty Outotec Turulan yksikköön. (Greenled 2019.)

### 7.1 Alkutilanne

Outotecin teollisuushalleissa on elinkaaren päässä olevat huonokuntoiset 400 W SNAT-valaisimet. Valaistusvoimakkuus on 500lx...850lx välillä (TAULUKKO 5.). Valaistusta tarvitaan lähes 24 tuntia vuorokaudessa työviikon aikana ja valaisimet palavat täydellä teholla koko ajan, vaikkei siihen olisi tarvetta. Nykytilanteessa valaistusta ohjataan reletekniikalla. Reletekniikan takia valaistusta ei pystytä ohjaamaan työpaikkakohtaisesti tai valaisinkohtaisesti. Paremmalla valaistuksen ohjauksella pystyttäisiin ohjaamaan työpisteiden valaistus niin, että virheiden arviointi helpottuisi ja työturvallisuus paranisi.

TAULUKKO 5. Mitattu valaistusvoimakkuuden taso vanhalla valaistuksella.

Mittauspiste 1.	Koneistamon käytävä	585 lx
Mittauspiste 2.	Koneistamo	860 lx
Mittauspiste 3.	Halli 1.	840 lx
Mittauspiste 4.	Halli 2.	583 lx
Mittauspiste 5.	Halli 3.	714 lx
Mittauspiste 6.	Halli 4.	570 lx
Mittauspiste 7.	Halli 5.	630 lx

Alkuperäisessä valaistuksessa on havaittu työturvallisuutta vaarantavia tekijöitä. 400 W SNAT- valaisimien värinsävy tuottaa ongelmia työvirheiden havainnoinnissa. Halleissa on verrattain paljon hämääriä sekä jopa pimeitä kohtia, joihin ei vanhojen ja huonokuntoisien 400 W SNAT-valaisimien valo lankea. Tästä syntyvä kontrastiero heikentää työturvallisuutta huomattavasti

## 7.2 Asiakkaan tavoitteet

Asiakkaan tavoitteena on saavuttaa 50001-energiasertifiointiin ja energiatehokkuussopimukseen kirjatut energiasäästötavoitteet. Tavoitteena on saada valaistus nykyisten standardien mukaisiksi, minkä seurauksena työviihtyvyys, -turvallisuus ja -tehokkuus paranisivat sekä työvirheiden määrä vähenisi. Nykyisissä valaisimissa on korkea huoltokerroin. Huoltokertoimen pienentämisen lisäksi tavoitteena on saavuttaa lisäsäästöjä valaistuksen ohjausjärjestelmän käyttöönotolla. Rakennuksien paloturvallisuuden parantaminen myös onnistuu uudella valaistuksella ja sen ohjauksella.

## 7.3 Valaisimet

Teollisuudessa valaisimilta vaaditaan ominaisuuksia, jotka tulee ottaa huomioon suunnitteluvaiheessa. Kohteen valaistussaneerauksessa on otettu huomioon valaistusstandardien asettamat vaatimukset valaisimia kohtaan. Kohteeseen valittiin vain kahta eri valaisinmallia, koska tilat ovat hyvin yhteneväisiä.

### 7.3.1 Sigma 280 W

Hallin päävalaisimeksi valittiin Greenled-yhtiön valmistama Sigma 230 W-valaisin (KUVA 3). Sigma-valaisin soveltuu teollisuuden, varastojen ja liikuntapaikkojen valaisemiseen. Korkean IP-luokituksen ansiosta sigmavalaisin soveltuu hyvin käytettäväksi kyseiseen kohteeseen. Valaisimen käyttölämpötila on  $-40...+30^{\circ}\text{C}$  ja valovirta on 40000 lm. Valaisimen valotehokkuus on 143 lm/W. Valaisimeen voi valita käyttötarkoituksen mukaan lisävarusteita kuten valmiin asennuskaapelin. (Greenled 2015.) Sig-mavalaisimeen on tarjolla kolme eri optiikkavaihtoehtoa: kapea, keskileveä ja leveä. Tämän opinnäytetyön käytännön osuudessa käytettiin kahta eri optiikkaa, leveää ja keskileveää.



KUVA 3. Sigma 280 W-valaisin (Greenled 2015b.)

### 7.3.2 Eco S 143 W

Hallin asennustilan valaisimeksi valittiin Greenled-yhtiön valmistaman Eco S 143 W-valaisimen (KUVA 4). Asennustila on muita tiloja huomattavasti matalampi, joten pienitehoisella valaisimella päästään huomattavasti parempaan lopputulokseen.

Eco S -valaisimen IP-luokitus on korkea (IP65) ja se soveltuu käytettäväksi niin korkeissa kuin matalisakin tiloissa. Käyttökohteina valaisimella ovat teollisuus, logistiikka ja liikuntapaikat. Valaisimen käyttölämpötila on  $-20 - +40^{\circ}\text{C}$  ja valovirtaa se tuottaa 20700 lm. Valotehokkuus valaisimessa on 142 lm/W. Eco S -valaisimeen on neljä eri optiikkavaihtoehtoa: kapea, keskileveä, leveä ja frost. Valaisimeen voi valita lukuisia lisävarusteita käyttötarkoituksen mukaan.



KUVA 4. Eco S -valaisin (Greenled 2015a.)

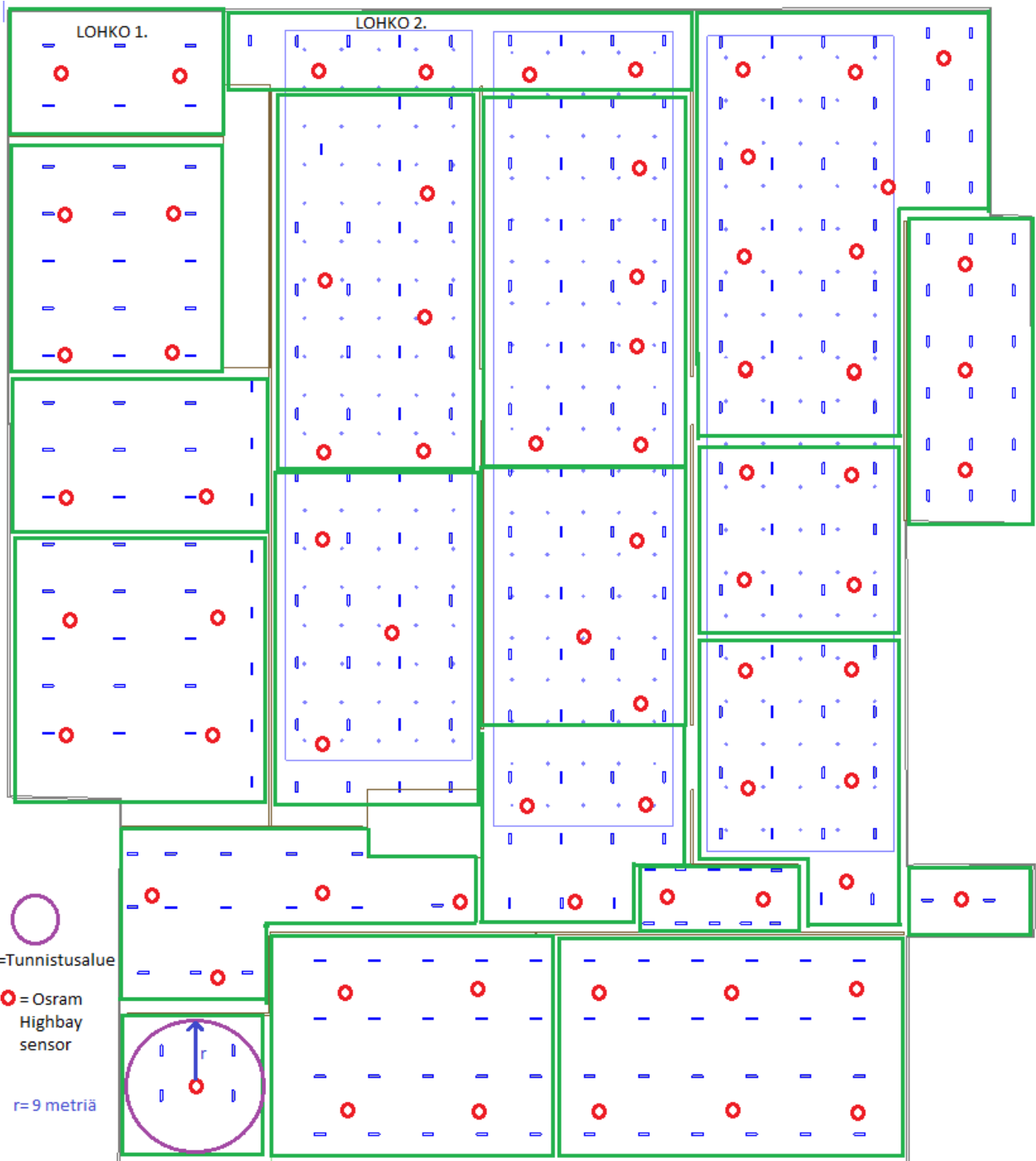
## 8 VALAISTUKSEN OHJAUS KOHTEESSA

Kohteessa ei alun perin ollut älykästä valaistuksen ohjausta. Se on toteutettu perinteisellä reletekniikalla. Kohteeseen asennettiin DALI-ohjaukseen perustuva Osram ENCELIUM -ohjausjärjestelmä. Uudelta valaistuksenohjaukselta haluttiin, että valaisimia pystytään ohjaamaan valaisinkohtaisesti tai paikkakohtaisesti. Lisäksi uuden ohjauksen ansiosta valaistuksen energiatehokkuuden seuraaminen on vaivatonta erillisen tietokoneohjelman ansiosta.

Ohjauksen tavoitteena oli, että valaistus toimii itsestään eli työntekijöiden ei tarvitse huolehtia valaistuksen päällä olosta. Kohteeseen asennettiin yli 70 liike- ja läsnäolotunnistinta, jotka mahdollistavat ohjausalueiden tarkankin lohkomisen (KUVA 5). Näin synnytetään lisäsäästöjä.

Lohkominen toteutettiin niin, että lohkoissa 1 liiketunnistimet tunnistavat ihmisen läsnäolon. Tällöin lohkoissa 1 olevat valaisimet palavat 70 % tehokkuudella, mutta hallin toisessa päässä olevassa lohkoissa valaisimet palavat 30 % tehokkuudella. Siellä ei sillä hetkellä työskennellä lainkaan, joten valaistusvoimakkuuden pienentäminen tuo silloin lisäsäästöjä ja välttää turhalta valaistukselta, sillä turha valaistus on aina kallista. Mikäli liiketunnistimet lakkaisivat jostain syystä toimimasta, asennettiin kohteeseen lisäaikapainike, jota painaessa valaistus pysyy päällä kahden tunnin ajan.

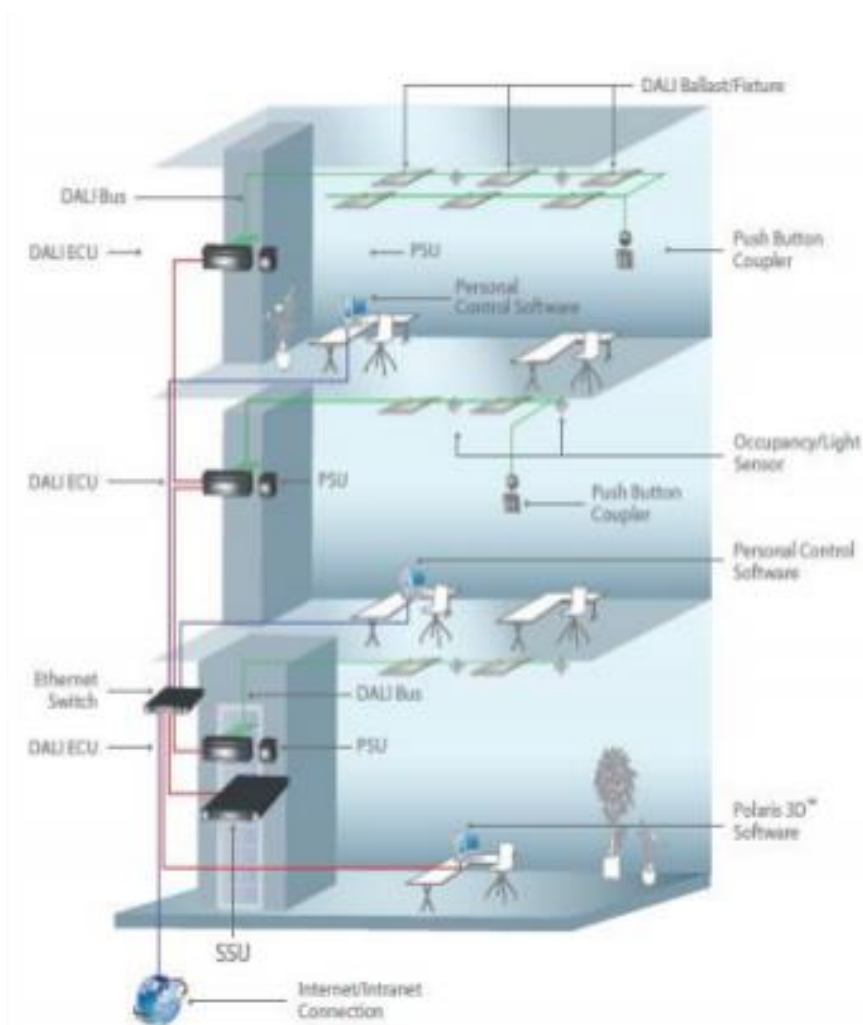
Valaistus liitettiin palohälytysjärjestelmään, niin että palohälytyksen syttyessä kaikki valaisimet palavat 100 % tehokkuudella. Tällä tavoin työntekijät, jotka tekevät kovaa melua aiheuttavaa työtä, pysyisivät paremmin havaitsemaan palohälytyksen.



KUVA 5. Kohteen lohkominen ja tunnistimien sijoittelu.

## 8.1 Osram ENCELIUM

Osram ENCELIUM on valaistuksenhallintajärjestelmä, joka on tarkoitettu käytettäväksi suurimmissa kohteissa. Hallintajärjestelmä mahdollistaa valaistuksen etäohjauksen. Monipuolisen järjestelmän ansiosta valaistuksen hallinta on joustavaa. Järjestelmällä voidaan ohjata yksittäisiä valaisimia, valaisinryhmiä tai useiden reitittimien järjestelmää yhdestä käyttöliittymästä (KUVA 6). Järjestelmä raportoi aktiivisesti valaistuksen tasosta, käytöstä ja käytetyn energian määrästä, jolloin päästään merkittäviin liäsäästöihin. (Greenled 2019b.)

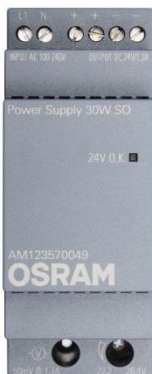


KUVA 6. Osram ENCELIUM -järjestelmän rakenne (Greenled 2019b.)

DALI-reitittimet sekä järjestelmän käyttäjät yhdistetään ENCELIUM-palvelimeen IP-verkon kautta. Se voidaan toteuttaa esimerkiksi virtuaaliverkkona. Valaisimien, reitittimien ja muiden järjestelmän komponenttien tiedonsiirto tapahtuu sähkökaapelia pitkin DALI-protokollalla. (Greenled 2019b.)

### 8.1.1 Järjestelmän komponentit

Järjestelmän tärkeimpiä toimilaitteita ovat ECU DALI-reititin (KUVA 8.), 30 W:n virtalähde (KUVA 7), releyksikkö (KUVA 9), DALI/1...10V/On Off-valaisimet ja anturit, sekä painikekytkimille liittyn-täyksiköt. Lisäksi järjestelmään on tarjolla erilaisia väylämuuntimia ja väylävahvistimia. Toimiakseen järjestelmä tarvitsee palvelimen, joka toimii järjestelmän keskusyksikkönä. (Greenled 2019b.)



KUVA 7. Osram 30 W -virtalähde. (Osram 2019b.)



KUVA 8. Osram ENCELIUM ECU DALI-reititin. (Osram 2019c.)



KUVA 9. Osram-releyksikkö (Osram 2019a.)

### 8.1.2 Anturit

Järjestelmään on mahdollista asentaa hyvin monipuolisesti antureita ja ohjauspainikkeita. Antureita on kahdenlaisia, liiketunnistimia ja läsnäolotunnistimia. Liiketunnistin tunnistaa ihmisen liikkeen ja ohjaa valaistusta sen mukaan, kun taas läsnäolotunnistin tunnistaa ihmisen, vaikka hän ei liikkuisikaan. Molemmissa on päivänvalotunnistus, jonka avulla valaistuksen tasoa voidaan säätää luonnonvalon mukaan. Antureita on tarjolla moneen eri käyttötarkoitukseen kuten korkeisiin tiloihin (KUVA 10) ja mataliin tiloihin (KUVA 11).



KUVA 10. Osram High Bay sensor (Osram 2019.)





KUVA 11. Osram Vision sensor (Osram 2019.)

## 8.2 Ohjaussuunnittelu

Teollisuuden kohteissa on erittäin tärkeää, että ohjaussuunnittelu toteutetaan hyvin, sillä ohjaussuunnitelman puutteet viivästyttävät töitä todella paljon. Ohjaussuunnittelu tehdään aina asiakkaan käyttötarpeiden mukaisesti. Ohjaussuunnittelu alkaakin jo kartoitusvaiheessa, jolloin tulee kartoittaa kohteen mahdollinen ohjaus ja sen toteuttaminen. Mikäli tätä ei ole tehty syntyy siitä turhaan työtä asennusvaiheessa ja kohteen valmistusaika voi pitkittyä.

Kohteen valaistus- ja ohjaussuunnittelijan tulee varmistaa, että käytettävät liiketunnistimet ovat käyttökelpoisia kohteessa. IP-luokituksen varmistaminen sekä liiketunnistimen havainnointialueen määrittäminen on tärkeää, jotta vältetään ylimääräiseltä työltä tulevaisuudessa.

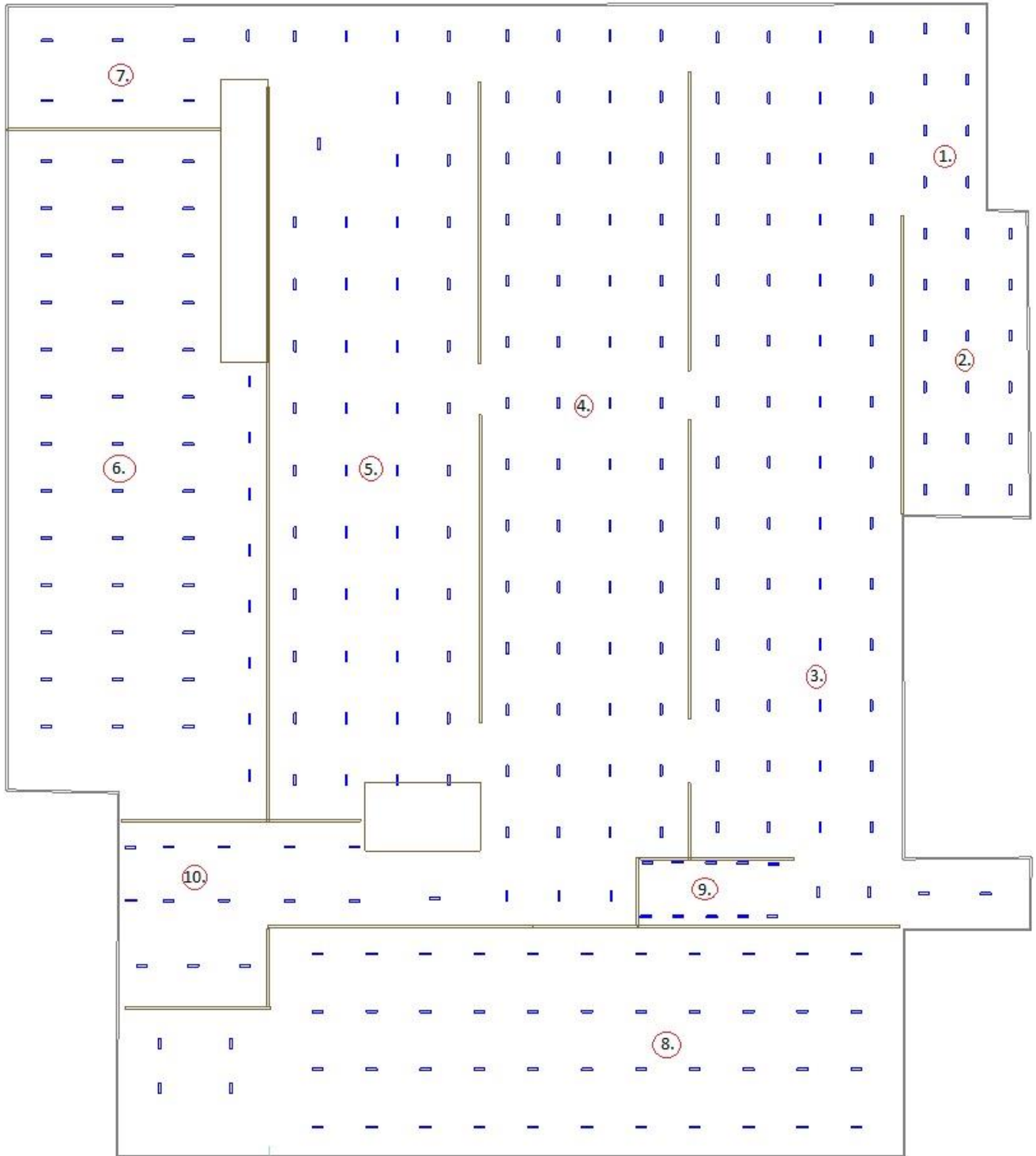
Kartoitusvaiheessa tulee suunnittelijan valita asiakkaan kanssa sopiva ohjausjärjestelmä, jotta kohteeseen tulee sopivan kokoinen ohjausjärjestelmä ja vältetään turhilta lisäkustannuksilta. Osram Encelium on tarkoitettukin asennettavaksi suurempiin kohteisiin.

## 9 SUUNNITTELU

Haastavissa ja monimutkaisissa valaistuksen saneerausprojekteissa suunnittelu on tärkeä osa projektia. Hyvällä suunnittelulla varmistetaan hyvä lopputulos ja asennuksen sujuvuus. Valaistuksen suunnittelu alkaa heti kartoitusvaiheessa ja jatkuu koko työmaan ajan. Useimmin alkuperäisiä suunnitelmia joudutaan muuttamaan, koska kyseistä suunnitelmaa ei voida toteuttaa käytännössä. Kartoitusvaiheessa valaistussuunnittelija kartoittaa valaistavan alueen ja tekee tarvittavat mittaukset (KUVA 12).

Kartoitusvaiheen jälkeen valaistussuunnittelija tekee ensimmäiset valaistussuunnitelmat, joita yleensä vielä muutetaan asiakkaan toivomuksesta. Samalla valaistussuunnittelija tekee suunnitelmat valaistuksen ohjauksesta. Aloituspalaverissa suunnitelmiin tulee yleensä muutoksia, sillä tällä tavoin päästään parhaimpaan lopputulokseen. Asennuspäällikön tehtävänä on varmistaa suunnitelman käytännön toteutuksen mahdollisuus.

Suunnittelijan tulee varmistaa valaisimien kelpoisuus kohteeseen. Suunnittelijan tulee varmistaa valaisimen IP- ja IK-luokitus ja että valaisimella pystytään toteuttamaan standardien mukaiset valaistuksen vaatimukset.



KUVA 12. Suunnitteluvaiheen valaistusvoimakkuuden mittauspisteet kohteessa.

## **9.1 Aikataulutus**

Kohteen aikataulutus sovitaan hyvissä ajoin ennen asennustöiden alkua. Asiakkaan kanssa sovitaan alustava aikataulu jo kartoitusvaiheessa, mutta lopullinen aikataulutus sovitaan asennuspäällikön ja asiakkaan kesken aloituspalaverissa.

Aikataulutuksessa tulee ottaa huomioon asennusta hidastavat tekijät kohteessa sekä huomioida, mikä aikataulu asiakkaalle sopisi parhaiten. Aikataulutuksella on suuri merkitys kohteen onnistumisen kannalta. Jos kohde ei valmistu aikatauluun mukaisesti, tulee asiakkaalle kuva, että asennustöitä ei ole tehty tarpeeksi hyvin. Mikäli taas aikataulutus on kunnossa ja kohde valmistuu jopa ennen annettua aikamäärää, tulee asiakkaalle kuva, että asennus on onnistunut kohteessa erittäin hyvin.

Aikataulutus tulee tehdä huolellisesti, koska siinä kartoitetaan kaikki asennusta mahdollisesti hidastavat tekijät. Jos kohteessa on paljon esteitä, jotka haittaavat asennusta, tulee asiakkaan kanssa sopia, miten toimitaan. Teollisuuden työmaissa suurimpana viivästyksenä syynä on yleensä asennusta haittaavat esteet kuten koneet ja työkalut. Jos mahdollista tulisi asennustyöt suorittaa sellaisena ajankohtana, jolloin kohteessa on mahdollisimman vähän omaa henkilökuntaa. Jos asennuksen aikana ei ole paljon henkilökuntaa töissä, on asennus paljon nopeampaa ja sujuvampaa eikä aikatauluun tule muutoksia.

### **9.1.1 Kohteen aikataulutus**

Valaistussaneerauksen aikataulutuksen suunnittelu aloitettiin hyvissä ajoin ennen varsinaisen asennustyön alkua. Suuntaa antavalla aikataulutuksella asiakas pystyy varautumaan alkavaan projektiin ja tekemään mahdolliset muutokset asennettaviin tiloihin.

Valaistussaneerauksen aloituskokouksessa sovittiin, että kohteen tietyt osat asennetaan ensin, jotta syntisi mahdollisimman vähän häiriötä asiakkaan omille työntekijöille. Sovimme, että viikkojen 28 ja 29 aikana asennetaan hallit 1 ja 2 (KUVA 13), koska silloin paikalla ei ole lainkaan Outotecin omaa henkilökuntaa. Loput hallit asennettiin sovitusti iltaisin ja yöaikaan parhaan tehokkuuden saavuttamiseksi.

Kohteen aikataulun tarkastelua tehdään koko kohteen ajan. Tällöin pystytään parhaiten informoimaan asentajille kohteen valmistumisasteesta ja asiakkaalle varmistuu kohteen oikea-aikainen valmistuminen.

Valaistussaneerauksen asennuksen osuus valmistui 30.7.2018 ja valaistus oli ohjelmoitu jo samalla viikolla.



KUVA 13. Pohjakuva kohteesta.

## 10 PROJEKTIN KULKU

Projekti alkoi omalta osaltani toukokuussa 2018 osallistuessani työmaan aloituskokoukseen. Aloituskokouksessa oli paikalla asiakkaan edustusta, kohteen myyjä ja kohteen asennuspäällikkö. Aloituskokouksessa tarkoituksena on käydä asiakkaan kanssa projekti läpi, sopia aikatauluista ja tehdä viimeisiä muutoksia koskien valaistusta ja ohjausjärjestelmää. Myös projektin työturvallisuuteen liittyvistä asioista sovittiin aloituskokouksessa.

Aloituskokouksessa teimme muutamia muutoksia alkuperäiseen suunnitelmaan. Hallien reunimmaiset valaisinrivien valaisimien optiikaksi vaihdettiin keskileveä, muiden ollessa leveällä optiikalla. Tällä ratkaisulla pyrittiin poistamaan mahdollisimman hyvin hallin seinässä olevista ilmastointikanavista syntyvää varjoa. Lisäksi tultiin siihen tulokseen, että alkuperäisessä ohjaussuunnitelmassa oli liian vähän läsnäolotunnistimia, joten niitä lisäti runsaasti. Lisäämällä tunnistimia pystymme paremmin toteuttamaan hallien lohkomisen sekä varmistumaan siitä, ettei halleihin jää pimeitä kohtia.

Saneerausprojekti alkoi 2.7.2018 työturvallisuuskoulutuksella. Koulutuksessa kävimme läpi projektiin liittyviä työturvallisia toimintatapoja. Projektin aloituksessa asennuspäällikkö käy asentajien kanssa työmaan yksikohtaisesti läpi sekä neuvoo heille käytännön asiat kohteessa. Tärkeää on, että asennuspäällikkö kiertää kohteen jokaisen tilan ja käy asentajien kärkimiehen kanssa tarkasti läpi valaistus- ja ohjaussuunnitelman. Jos kohdetta ei käydä tarkasti läpi, tulee jatkossa asentajille tilanteita, joissa he joutuvat empimään tekemisiään, mikä hidastaa kohteen valmistumista.

Itse kävin työmaalla seuraavan kerran vasta, kun kohde oli täysin valmis ja sitä oltiin luovuttamassa asiakkaalle. Jos projektin alussa työmaa käydään asentajien kanssa rauhassa läpi, on kaikki niin selvää, ettei siellä tarvitse useammin käydä. Mielestäni työnjohdon turhat käynnit työmaalla vain hidastavat kohteen valmistumista. Valaisimia asennettiin kohteeseen n. 320 kpl ja kohde valmistui elokuussa 2018.

Kohteen luovutuskokous järjestettiin 15.8.2018, ja siihen osallistuivat samat henkilöt kuin aloituskokoukseen. Luovutuskokouksessa käydään läpi projektia ja tarkastellaan, miten se on edennyt. Projekti oli sujunut niin asennuksen kuin myöhemmin ohjelmoinninkin osalta todella hyvin eikä isompia ongelmia ilmennyt. Luovutuskokouksessa asennuspäällikkö luovuttaa kohteen asiakkaalle sekä antaa hänelle projektin dokumentit. Näitä dokumentteja ovat mm. kohteen mittauspöytäkirja, luovutuskokouspöytäkirja sekä kohteesta piirretyt punakynämerkinnät

## 10.1 Viivästyksset

Suurissa teollisuuteen liittyvissä työmaissa ilmenee lähes aina jotain projektin valmistumiseen liittyviä viivästyksiä. Viivästymisillä on suuri merkitys kohteen onnistumisen kannalta. Mikäli kohteessa on ilmennyt paljon viivästymisiä sekä turhia ongelmatilanteita, on kohde lähes poikkeuksetta asiakkaan mielestä hieman epäonnistunut.

Hyvän suunnittelun ja loistavasti toimineen asennustiimin ansioista tässä projektissa ilmeni vain muutamia aikataulutuksessa vaikuttaneita viivästyksiä. Ensimmäinen merkittävä viivästyminen ilmeni ennen kuin asennuksia ehdittiin aloittaa, sillä yksi henkilönostin oli rikki eikä toiminut odotetulla tavalla. Lisäksi asennusten alkaessa kävi ilmi, että eräs nostin on aivan liian suuri toimimaan sujuvasti ja nopeasti kohteessa. Vaikka tämän kaltaiset viivästyksset ovat pieniä, syntyy niistä yllättävän paljon lisätyötä työmaalla, mikä taas hidastaa kohteen valmistumista.

Merkittävämpi hidastava tekijä ilmeni työmaan edetessä. Yhdessä hallissa, joka ilmeisesti on rakennettu muiden hallien kanssa eri aikaan, olivat valaisinripustuskiskot eri kokoa kuin muissa halleissa. Päätimme, että laitamme valaisimien kannakkeet myös ruuveilla kiinni valaisinripustuskiskoon, jotta varmistutaan, ettei valaisin pääse irtoamaan kiskosta. Työmaan sujui asennuksen osalta valmistumiseen asti ilman muita viivästymisiä, mutta työmaan ohjelmoinnissa ilmeni muutamia hidastavia tekijöitä.

## 11 TYÖTURVALLISUUS

Työturvallisuuden tärkeys korostuu teollisuuden kohteissa. Teollisuudessa on paljon vaaratekijöitä, joita tulee ottaa huomioon työskennellessä alueella. Asennuspäällikön vastuulla on kartoittaa kohteen työturvallisuus ja täyttää tarvittavat lomakkeet niihin liittyen. Asentajien kanssa käydään läpi kohteen riskit, arvioidaan riskien taso sekä perehdytetään työmaahan.

Valaistussaneerauksen alussa kohteen asentajille pidettiin Outotecin oma työturvallisuuskoulutus Turulan toimipisteeseen. Koulutuksessa käydään läpi vaaratilanteita, joita voi kohteessa syntyä, ja miten niiltä voitaisiin välttyä. Koulutuksessa sovimme, että saksilavanostimessa pidämme valjaita, vaikkei se olisi työturvallisuuslain mukaan pakollista. Henkilönostimilla työskennellessä tulee työskentelyalue rajata varoitusnauhalla niin, ettei kukaan pääse kulkemaan henkilönostimen alapuolelle.



## 12 TULOKSET

Opinnäytetyön käytännön osuudessa toteutettu valaistuksensaneeraus ansiosta Outotecin työturvallisuus parani ja työiihtyvyys kasvoi. Myös tuotannon tuottavuus kasvoi laadukkaamman valon ja korkeampien valotasojen ansiosta.

Uudella valaistuksella säästetään noin 70 % energiaa vanhaan valaistukseen verrattuna. Alkuperäinen valaistus oli toteutettu 400 W SNAT-valaisimilla, joiden valoteho ei ikääntymisen takia riittänyt valaisemaan teollisuushalleja standardien vaatimilla tasolla. Vanha valaistus aiheutti jonkin verran varjoja pistemäisen valokuvion takia. Lisäksi valoja poltettiin lähes jatkuvasti, joka aiheutti turhia lisäkuluja. Tunnistimien avulla tehdyn lohkomisen ansiosta voidaan uutta valaistusta ohjata paikkakohtaisesti niin ettei valaisimet ole päällä turhaan. Uuden valaistuksen miellyttävän värin (4000k) (KUVAT 14 ja 15) ansiosta tuotannon virheiden huomaaminen helpottui todella paljon.



KUVA 14. Uusi valaistus kohteessa (Greenled 2019a.)

Isoissa ja monimutkaisissa teollisuuden projekteissa on ensisijaisen tärkeää se, että kohteessa on ainakin yksi henkilö, joka tuntee paikan todella hyvin. Tällöin voidaan välttyä ylimääräiseltä odottelulta, joka onkin yleisin syy projektien venymiseen. Mikäli kohteessa on yhteyshenkilönä asiakkaan oman henkilökunnan jäsen päästään silloin parhaimpaan lopputulokseen.

Tässä projektissa oli todella tärkeää, että meillä oli yhteyshenkilönä Outotecin omaa henkilökuntaa. Pysyimme yhteistyönä löytämään nopeitten kaikkien kannalta järkevimmät vaihtoehdot eikä aikaa mennyt liiemmin asioiden ja esineiden etsintään. Yleisempinä kohdetta hidastavana tekijöinä pidän itse keskustelujen ja oikeiden sulakkeiden etsintää, sillä usein vanhoissa teollisuuden laitoksissa nämä asiat ovat heikosti merkittynä.



KUVA 15. Uusi valaistus kohteessa. (Greenled 2019a.)

Laajojen ja monimutkaisten projektien johtamisessa tulee ottaa huomioon asioita, joilla saadaan projekti tuotua sovitusti läpi. Projektin suunnittelussa tulee ottaa käytännön asiat huomioon ja varmistaa mm. kannakkeiden toimivuus kohteessa. Kaikki ylimääräinen suunnittelu työmaalla viivästyttää kohdetta

huimasti. Kun kaikki suunnittelu tehdään ennen varsinaisen asennuksen alkua on asentajien huomattavasti helpompaa keskittyä itse asentukseen kuin tilanteessa, jossa asentajat joutuvat miettimään järkevintä vaihtoehtoa toteutukselle.

Väyläsuunnittelun ja aikataulutuksen merkitys kasvaa isoissa kohteissa. Tähän kohteeseen tehtiin väyläsuunnittelu (LIITE 1) ennen asennuksen alkua, joka nopeutti huomattavasti asennuksen suunnittelua itse työvaiheessa. Vaikkakin väyliä ei voitu toteuttaa täysin suunnitellusti oli siitä asentajien mukaan hyötyä asennusta miettiessä. Yhteenvetona voidaankin todeta, että hyvällä valaistuksen- ja asennuksen suunnittelulla saadaan projekteista kannattavimpia ja päästään parhaimpiin lopputuloksiin.

## LÄHTEET

Ahoranta, J. 2012. Sähköasennustekniikka. Helsinki: kustantaja Sanoma Pro Oy.

Greenled Oy. 2015a Eco S-valaisin. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://greenled.fi/led-valaisimet/tuote/eco-s/pdf/> Viitattu 14.2.2019.

Greenled Oy. 2015b Sigma-valaisin. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://greenled.fi/led-valaisimet/tuote/sigma-gen2/pdf/> Viitattu 14.2.2019.

Greenled Oy 2019a. Case Outotec Turula. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://greenled.fi/referenssit/outotec-turula/> Viitattu 21.3.2019.

GreenLED 2019b. Yrityksen sisäinen tietokanta. Kevät 2019.

Innolux Oy. 2014. Valaistussuunnittelu opas. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.innolux.fi/sites/default/files/Valaistussuunnitteluopas\\_RGB.pdf](http://www.innolux.fi/sites/default/files/Valaistussuunnitteluopas_RGB.pdf). Viitattu 29.11.2018.

Kallioharju, K. 2012. DALI-koulutus. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://docplayer.fi/2189683-Dali-koulutus-teoriaosio.html>. Viitattu 20.12.2018.

Laaksonen, M. 2015. Valaistussuunnittelijan käsikirja. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://docplayer.fi/3704275-Valaistussuunnittelijan-kasikirja.html>. Viitattu 17.10.2018.

Motiva Oy. Valaistuksen ohjaus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://valaistustieto.fi/energiatehokas-valaistus/valaistuksen-ohjaus/> Viitattu 20.12.2018.

Osram Oy. 2019a. Releyksikkö. Www-dokumentti. Saatavissa: [https://www.osram.fi/ds/ecat/DALI%20Switch%20SO-Aktuaattorit-ENCELIUM-Valonohjausj%C3%A4rjestelm%C3%A4t-Digital%20Systems-/fi/GPS01\\_1161108/PP\\_EUROPE\\_Europe\\_eCat/ZMP\\_1020850/](https://www.osram.fi/ds/ecat/DALI%20Switch%20SO-Aktuaattorit-ENCELIUM-Valonohjausj%C3%A4rjestelm%C3%A4t-Digital%20Systems-/fi/GPS01_1161108/PP_EUROPE_Europe_eCat/ZMP_1020850/) Viitattu 14.2.2019.

Osram Oy. 2019b. Virtayksikkö. Www-dokumentti. Saatavissa: [https://www.osram.com/ds/ecat/Power%20Supply%20PS%2030-Converters-Components-Light%20management%20systems-Digital%20Systems-/com/en/GPS01\\_1058343/PP\\_EUROPE\\_Europe\\_eCat/ZMP\\_2962551/](https://www.osram.com/ds/ecat/Power%20Supply%20PS%2030-Converters-Components-Light%20management%20systems-Digital%20Systems-/com/en/GPS01_1058343/PP_EUROPE_Europe_eCat/ZMP_2962551/) Viitattu 14.2.2019.

Osram Oy. 2019c. Reititin. Www-dokumentti. Saatavissa: [https://www.osram.fi/ds/ecat/ECU%20DALI-Liit%C3%A4ntalaitteet-ENCELIUM-Valonohjausj%C3%A4rjestelm%C3%A4t-Digital%20Systems-/fi/fi/GPS01\\_1088316/PP\\_EUROPE\\_Europe\\_eCat/ZMP\\_1075234/](https://www.osram.fi/ds/ecat/ECU%20DALI-Liit%C3%A4ntalaitteet-ENCELIUM-Valonohjausj%C3%A4rjestelm%C3%A4t-Digital%20Systems-/fi/fi/GPS01_1088316/PP_EUROPE_Europe_eCat/ZMP_1075234/) Viitattu 14.2.2019.

SFS-EN 15193 2009. Rakennusten energiatehokkuus. Valaistuksen energiatehokkuus. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN 12464-1. 2010. Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

Suomen sähköurakoitsijaliitto, Suomen Valoteknillinen Seura, 1996. Valaistuksen laskenta, mittaukset ja huolto. Espoo: Sähköinfo Oy.

Valomaja Oy. 2016 MMJ kaapeli. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://www.valomaja.fi/sahkotarvikkeet/kaapelit/mmj-5x1-5.html> Viitattu 21.12.2018.

