

**LIKKUVAN KULJETINLAITTEISTON
VALAISTUSSUUNNITTELU**

Pöyhönen Liisa

Opinnäytetyö

Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööri (AMK)

2025

Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Liisa Pöyhönen	Vuosi	2025
Ohjaaja	Jukka Hietämäki		
Toimeksiantaja	Roxia Automation Oy		
Työn nimi	Liikkuvan kuljetinlaitteiston valaistussuunnittelu		
Sivumäärä	74		

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia liikkuvan kuljetinlaitteiston valaistussuunnitelma, joka täyttää standardien ja määräysten vaatimukset sekä tarjoaa turvallisen ja energiatehokkaan valaistusratkaisun. Työn tavoitteena oli tuottaa Roxia Automation Oy:lle informatiivinen kokonaisuus teollisuuden valaistussuunnittelusta, jota voidaan hyödyntää tulevilla projekteilla. Lisäksi tavoitteena oli suunnitella asiakkaalle työturvallisuutta tukeva energiatehokas valaisinjärjestelmä, jonka perusteella toteutetaan tulevaisuudessa kohteen valaistusasennukset.

Opinnäytetyössä käsitellään teollisuusvalaistuksen suunnittelun teoriaa ja valaisinvalintojen tekemistä. Suunnittelun pohjana käytettiin alan standardeja ja määräyksiä sekä ST-kortteja. Laskennalliset osuudet toteutettiin DIALux evo-ohjelmistolla, ja suunnitelmat laadittiin AutoCAD-ohjelmistolla. Tietoperustaan kuului myös valaisinvalmistajien materiaaleihin perehtyminen, jotta voitiin valita kohteeseen soveltuvat valaisimet.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi standardien mukainen ja käytännössä toteutuskelpoinen valaistusratkaisu, jossa huomioitiin turvallisuus, energiatehokkuus ja huollettavuus. Suunnitelma mahdollistaa tehokkaan valaistuksen, joka tukee kohteen käyttöä ja huoltotoimenpiteitä. Opinnäytetyössä esitetyt ratkaisut voidaan soveltaa myös muihin vastaaviin teollisuusympäristöihin, mikä tukee toimeksiantajan tulevia valaistusprojekteja.

Electrical and Automation Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Liisa Pöyhönen	Year	2025
Supervisor	Jukka Hietamäki		
Commissioned by	Roxia Automation Oy		
Title	Lighting design for mobile conveyor systems		
Number of pages	74		

The purpose of the thesis was to design a lighting plan for a mobile conveyor system that meets the requirements of standards and regulations, while also providing a safe and energy-efficient lighting solution. The objective was to produce an informative overview of industrial lighting design for Roxia Automation Oy, which can be utilized in future projects. Additionally, the goal was to design an energy-efficient lighting system that supports occupational safety and serves as the basis for future lighting installations at the site.

The thesis covers the theory of industrial lighting design and the selection of luminaires. The design was based on industry standards, regulations, and ST guidelines. Lighting calculations were performed using DIALux evo, and the plans were designed in AutoCAD. The knowledge base also included an analysis of lighting manufacturers' materials to select the most suitable luminaires for the site.

As a result of the thesis, a standard-compliant and practically feasible lighting solution was developed, considering safety, energy efficiency, and maintainability. The design enables efficient lighting that supports the use and maintenance of the site. The solutions presented in the thesis can also be applied to other similar industrial environments, supporting the company's future lighting projects.

Keywords

lighting design, luminaires, lighting technology

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	TEOLLISUUDEN VALAISTUKSEN PERIAATTEET	9
2.1	Standardit	9
2.2	Lait ja asetukset.....	10
2.3	Turvallisuusnäkökulmat	12
3	YLEISVALAISTUKSEN SUUNNITTELU	14
3.1	Valaistussuunnittelun vaiheet	14
3.2	Valaistuksen määrään ja laatuun liittyvät käsitteet	15
3.2.1	Valaistusvoimakkuus ja sen tasaisuus	15
3.2.2	Häikäisy.....	15
3.2.3	Värintoistoindeksi	16
4	YLEISVALAISIMET	17
4.1	Valaisinvalinnan perusteet.....	17
4.2	Valovirta, valovirran alenema ja elinikä.....	17
4.3	Valonjako.....	18
4.4	Led-valaisimen energiatehokkuus	19
4.5	Ympäristöolosuhteiden kestävyys	20
4.5.1	Koteloituiluokat	20
4.5.2	Iskunkestoluokat.....	22
4.5.3	Lämpötilanvaihtelu.....	22
4.5.4	UV-säteilyn ja korroosion kestävyys.....	23
4.6	Asennus ja huolto	24
4.7	Kaapelointi.....	25
5	VALAISTUSTASOLASKELMAT	26
5.1	DIALux evo	26
5.2	Valaistustasolaskelman perusteet	26
5.2.1	Laskentatilat	27
5.2.2	Valaisimien sijoittelu	28
5.2.3	Valonjakotiedostot	28
5.2.4	Alenemakerroin valaistuksen mitoituksessa	29
6	POISTUMISVALAISTUKSEN SUUNNITTELU	31

6.1	Määritelmä.....	31
6.2	Poistumisvalaistuksen suunnittelun periaatteet	32
6.3	Poistumisvalaistuksen tarpeen määrittely	33
7	POISTUMISVALAISIMET	35
7.1	Poistumisopasteet ja turvavalaisimet.....	35
7.2	Poistumisvalaistuksen toiminta-aika	35
7.3	Poistumisvalaisinten valinta.....	36
7.4	Poistumisopasvalaisinten sijoitteluperiaate.....	36
7.5	Turvavalaisinten sijoitteluperiaate.....	37
7.6	Poistumisreittivalaistuksen vaatimukset.....	38
7.7	Tehonsyöttöjärjestelmät.....	39
7.8	Kaapelointi.....	40
8	VALAISTUSSUUNNITELMIEN DOKUMENTOINTI.....	42
8.1	Valaisinten sijoittelukuvat.....	42
8.2	Yleisvalaistuksen sähköistys	44
8.3	Valaisinluettelo	44
9	LIKKUVAN KULJETINLAITTEISTON YLEISVALAISTUS	46
9.1	Tilakartoitus	46
9.2	Valaistuksen vaatimukset	47
9.3	Kohteeseen valitut yleisvalaisimet	47
9.3.1	Yleisvalaisinten valoteknilliset asiat	49
9.3.2	Yleisvalaisinten valonjako.....	49
9.3.3	Yleisvalaisimien mekaaninen kestävyys.....	50
9.3.4	Yleisvalaisinten asennustapa	51
9.4	Valaistustasolaskelmat	53
9.5	Alenemakertoimen määrittely	55
9.6	Valaisinten sijoituskuva.....	56
9.7	Yleisvalaisinten päävirtapiirikaavio	58
9.8	Yleisvalaisinten ohjausvirtapiirikaavio.....	59
9.9	Valaisinluettelo	61
10	LIKKUVAN KULJETINLAITTEISTON POISTUMISTIEVALAISTUS	63
10.1	Poistumistievalaistuksen vaatimukset.....	63

10.2	Kohteeseen valitut turva- ja poistumistieopastevalaisimet.....	63
10.2.1	Poistumistievalaisinten valoteknilliset asiat	65
10.2.2	Poistumistievalaisinten mekaaninen kestävyys	66
10.2.3	Poistumistievalaisinten asennustapa.....	67
10.3	Poistumistievalaisinsijoitukset.....	68
10.4	Poistumistievalaistuksen sähköistys	69
11	POHDINTA	71
	LÄHTEET.....	72

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

KUL	kuljetin
PVA	purkausvaunu
GRL	Glare Rating Limit, häikäisyn raja-arvo
UGR	Unified Glare Rating, häikäisyindeksi
Idt	Eulumdat-datatiedosto
IES	Illuminating Engineering Society-datatiedosto

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö toteutetaan osana Roxia Automation Oy:n asiakasprojektia, jossa suunnitellaan sähköistys- ja automaatoratkaisu asiakkaan rakentamalle liikkuvalla kuljetinlaitteistolle.

Työn tavoitteena on laatia laitteiston ulkovalaistussuunnitelma, joka täyttää valaistusstandardit ja -määräykset sekä tarjoaa turvallisen ja energiatehokkaan valaistusratkaisun asiakaskohteeseen. Kohteen valaistusasennukset toteutetaan myöhemmin suunnitelman mukaisesti. Valaistussuunnitelmaan sisällytetään laitteiston yleisvalaistus ja poistumistievalaistus.

Työssä kuvataan valaistussuunnittelun vaiheet ja tarkastellaan siihen liittyviä standardeja ja määräyksiä, joita sovelletaan tässä projektissa. Lisäksi käsitellään suunnitteluun vaikuttavia keskeisiä seikkoja, erityisesti teollisuusympäristössä toteutettavan valaistusratkaisun näkökulmasta.

Aihe rajataan sekundäärikasauksen kuljettimista ja purkausvaunuista koostuvaan liikkuvan kuljetinlaitteiston ulkovalaistukseen, eikä työssä käsitellä alueen muuta valaistusta tai sisävalaistusta.

2 TEOLLISUUDEN VALAISTUKSEN PERIAATTEET

2.1 Standardit

Valaistussuunnitteluun liittyvää tietoa, joka käsittelisi yksinomaan teollisuuden ja koneiden valaistusta, on saatavilla vain rajallisesti. Tästä syystä suunnitteluprosessissa voi olla tarpeen hyödyntää ja soveltaa sisä- ja ulkotyöalueiden valaistussuunnitteluun liittyvää standarditietoa. Näiden lähteiden pohjalta voidaan luoda suunnitelmia, jotka vastaavat teollisten ympäristöjen ja koneiden vaatimuksia, jotka liittyvät esimerkiksi työtehtävien tarkkuuteen, turvallisuuteen ja energia-
tehokkuuteen.

SFS-EN 12665 Perustermit ja kriteerit valaistusvaatimusten määrittelemiseksi. Tässä standardissa selitetään valaistuksessa käytettävät peruskäsitteet ja määritelmät. Standardi tarjoaa myös pohjan valaistusvaatimusten määrittelylle ja tuo esiin ne asiat, joita tulee ottaa huomioon vaatimuksia asetettaessa. (Suomen standardisoimisliitto 2009, 11.)

SFS-EN 12464-1 Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus. Tämä standardi määrittelee valaistusvaatimukset sisätyötiloille, ottaen huomioon normaalinäkökykyisten henkilöiden tarpeet, kuten näkömukavuuden ja tehokkuuden. Standardi antaa ohjeita valaistuksen määrästä ja laadusta useimmille sisätiloille. Standardi ei käsittele työntekijöiden turvallisuutta tai terveyttä työpaikalla. Tätä standardia ei sovelleta ulkotyöpaikkoihin tai turvavalaisukseen. (Suomen standardisoimisliitto 2009, 158.)

SFS-EN 12464-2 Light and Lighting. Part 2: Outdoor work places. Tämä standardi määrittelee ulkotyöpaikkojen valaistusvaatimukset, ottaen huomioon normaalinäkökykyisten henkilöiden tarpeet, kuten näkömukavuuden ja tehokkuuden. Standardi antaa ohjeita valaistuksen määrästä ja laadusta liittyen erilaisiin ulkona suoritettaviin työtehtäviin. Standardi ei käsittele työntekijöiden turvallisuutta tai terveyttä työpaikalla. (Suomen standardisoimisliitto 2009, 194.)

SFS-EN 1838 Valaistussovellukset: Turvavalaisus. Tämä standardi keskittyy turvavalaisuksen valaistusteknisiin vaatimuksiin, kuten valaistusvoimakkuuteen,

valon jakautumiseen ja näkyvyyteen poistumisreiteillä. Sitä sovelletaan ensisijaisesti ympäristöihin, joissa oleilee yleisöä tai työntekijöitä. (Suomen standardoimisliitto 2009, 383.)

SFS-EN 50172 Poistumisvalaistusjärjestelmät. Tämä standardi keskittyy poistumisvalaistusjärjestelmien suunnitteluun, asentamiseen, käyttöön ja ylläpitoon. Se sisältää muun muassa ohjeita järjestelmien komponenttien ja toimintojen tarkastamisesta ja testaamisesta. (Suomen standardisoimisliitto 2009, 416.)

2.2 Lait ja asetukset

Työskentelyalueiden yleisvalaistusta sivuuttavia lakeja on muutamia. Lakipykälissä ei määritellä raja-arvoja tai muitakaan sellaisia tietoja, joita voisi yksinomaan pitää valaistussuunnittelussa apuna. Valaistuksen määrittelyyn ja suunnitteluun käytetään standarditietoja. Valaistuksen merkitystä työturvallisuuteen ja -hyvinvointiin on kuitenkin syytä korostaa, sillä se on merkittävässä roolissa esimerkiksi työntekijöiden vireystasoon liittyen sekä mahdollisten vaarojen, kuten kompastumisvaarojen ehkäisyssä.

Valaistuksen merkityksestä työturvallisuuteen on oma pykälä työturvallisuuslaissa. Työturvallisuuslain 23.8.2002/738 pykälässä 34 "Työpaikan valaistus" todetaan seuraavasti: *"Työpaikalla tulee olla työn edellyttämä ja työntekijöiden edellytysten mukainen sopiva ja riittävän tehokas valaistus. Sinne on mahdollisuuksien mukaan päästävä riittävästi luonnonvaloa."* (Työturvallisuuslaki 2002/738 § 5:34.) Pykälässä ei määritellä yksityiskohtaisempaa tietoa, vaan osoitetaan pelkkä vaatimus työpaikan valaistuksen riittävydestä edellytysten mukaan.

Työturvallisuuslain lisäksi valtioneuvoston työpaikkojen turvallisuus- ja terveysvaatimuksien asetuksessa 2003/577 pykälässä 10 "Työpaikan valaistus" todetaan seuraavasti: *"Työpaikalla käytössä olevat valaisimet tulee asentaa työtiloihin, käytäviin ja muualle työpaikalla siten, että ne eivät aiheuta lisävaaraa työntekijöiden turvallisuudelle ja terveydelle. Työpaikalla tulee olla riittävä ulkovalaistus, jollei päivänvalo ole riittävä. Työpaikkana käytettävä maanalainen tila, ikkunaton rakennus tai rakennuksen osa tai muu sellainen työpaikka, jossa työntekijät*

ovat erityisen alttiina vaaralle keinovalaistuksen joutuessa epäkuntoon, on varustettava riittävällä varavalaistuksella. Jollei maan alla suoritettavassa tai muussa siihen verrattavassa työssä voida järjestää tai voida kohtuudella vaatia järjestettäväksi muuta valaistusta, voidaan siellä käyttää työntekijän mukanaan kuljettamaa valaistusvälinettä.” (Valtioneuvoston asetus työpaikkojen turvallisuus- ja terveysvaatimuksista 2003/577 § 1:10.) Pykälässä määritellään hieman enemmän henkilökunnan turvallisuuteen liittyviä näkökulmia, joiden tulee täytyä turvallisuudessa työympäristössä.

Valtioneuvoston asetuksessa koneiden turvallisuudesta 2008/400 liitteessä I kohta 1.1.4 ”Valaistus” todetaan seuraavasti: *”Jos valaistuksen puute voi aiheuttaa riskin, vaikka voimakkuudeltaan normaali yleisvalaistus on käytössä, kone on varustettava sillä tehtäviin toimintoihin sopivalla, koneeseen kuuluvalla valaistuksella. Kone on suunniteltava ja rakennettava siten, ettei haitallista varjonmuodostusta, häiritsevää häikäisyä eikä valaistuksesta johtuvaa, vaaraa aiheuttavaa liikkuvien osien stroboskooppi-ilmiötä esiinny. Sisäiset säännöllistä tarkastamista ja säätöä edellyttävät osat sekä huoltoalueet on varustettava asianmukaisella valaistuksella.”* (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 2008/400 liite I 1.1.4) Asetus on säädetty työkoneiden turvallisuutta koskien ja pykälässä käsitellään niiden valaistuksen merkitystä työturvallisuuden näkökulmasta. Pykälässä korostetaan eritoten valaistuksen tasaisuuden merkitystä koneen valaisussa.

Suomen lainsäädäntö edellyttää työpaikoilla riittävää yleisvalaistusta, mutta valaistuksen merkitystä usein aliarvioidaan. Monesti riittäväksi katsotaan valaistus, joka mahdollistaa liikkumisen ja työnteon, vaikka valaistuksen laatu vaikuttaa merkittävästi työntekijöiden toimintaan. Työpaikkojen toimintojen muuttuessa valaistuksen parantamistarpeet jäävät helposti huomaamatta, samoin kuin valaistuksen vaikutus työn turvallisuuteen ja tuottavuuteen. (Työturvallisuuspakki 2025.)

Poistumisreittien merkitsemisestä ja valaisemisesta on säädetty oma asetus 805/2005, joka sivuuttaa pelastuslakia 468/2003. Asetuksessa tarkennetaan pelastuslain vaatimuksia poistumisreittien opasteiden ja turvamerkintöjen ylläpi-

dosta. Siinä määritellään, miten poistumisreitit tulee merkitä ja miten niiden näkyvyys ja toimintakunto varmistetaan. Lisäksi asetuksessa annetaan ohjeita uloskäytävien ja niitä johtavien kulkureittien merkitsemisestä ja valaistuksesta siten, että ne täyttävät pelastuslain 32 §:n vaatimukset. Asetuksessa määritellään myös laitteisiin liittyvät tekniset vaatimukset ja tuotteiden paloturvallisuuteen liittyvät edellytykset. (Sisäasiainministeriön asetus rakennusten poistumisreittien merkitsemisestä ja valaisemisesta 2005/805 § 1.)

2.3 Turvallisuusnäkökulmat

Työtilan valaistuksen suunnittelussa on otettava huomioon monia työturvallisuuden olennaisesti liittyvää valaistuksen laatutekijää. Valaistus on olennainen osa työturvallisuutta ja työntekijöiden hyvinvointia.

Yksi olennaisimpia laatutekijöitä on valaistuksen kirkkaus. Riittävä valaistuksen kirkkaus auttaa havainnoimaan yksityiskohtia, parantaa vireystilaa ja mahdollistaa sujuvan työskentelyn. Valon riittävyteen vaikuttavat myös pintojen heijastavuus: vaaleat pinnat heijastavat valoa tehokkaasti, kun taas tummat tai likaiset pinnat vaativat enemmän valaistustehoa. Myös liian kirkas valaistus voi olla ongelmallista häikäisyn vuoksi. (Työturvallisuuspakki 2025.)

Toinen työturvallisuuteen vaikuttava valaistuksen laatutekijä on valaistuksen värisävy, ilmoitetaan yksikössä Kelvin (K). Se vaikuttaa näkemiseen, vireystilaan ja vuorokausirytmiiin. Korkeat kelvinarvot tuottavat kylmää sinertävää valoa, kun taas matalat arvot tuottavat lämmintä keltaista valoa. Sopiva värisävy auttaa havaitsemaan värit ja kontrastit selkeästi, mutta kelvinasteikon ääripäät voivat heikentää havainnointikykyä. Työympäristöissä käytetään usein puhdasta valkoista valoa, joka edistää tehokkuutta ja pitää työntekijät virkeinä paremmin kuin kellerävä valo. (Työturvallisuuspakki 2025.)

Valaistuksen tasaisuus ja välkyntä ovat myös huomioonotettavia asioita turvallista valaistusratkaisua suunnitellessa. Tasainen valaistus tarkoittaa, että valoa jakautuu tilassa tasaisesti ilman pimeitä tai hämäreitä kohtia, jotka voivat vaikeuttaa havainnointia. Varjoja voivat aiheuttaa esimerkiksi hyllyt ja suuret koneet, joten valaisimien riittävä määrä ja sijoittelu ovat keskeisiä tasaisuuden saavuttamisessa. Valaistuksen tulisi myös olla yhtenäistä eri tilojen välillä, jotta valaistuksen

muutokset, kuten siirtyminen sisältä ulos, eivät häiritsisi näkökykyä. (Työturvallisuuspakki 2025.)

Valojen välkyntä on korkeataajuuksista vaihtelua, jota ei aina huomaa silmällä. Se voi vääristää liikkuvien koneiden liikkeen ja saada ne näyttämään pysähtyneiltä, mikä voi johtaa vakaviin onnettomuuksiin. Lisäksi välkyntä voi aiheuttaa väsymystä ja päänsärkyä, mikä heikentää keskittymistä ja työtehoa. (Työturvallisuuspakki 2025.) Valojen välkynnästä johtuvaa pysähdysefektiä kutsutaan myös stroboskooppi-ilmiöksi.

Poikkeavien tilanteiden varalle, jolloin sähkönsyöttö normaalista valaistuksesta katkeaa, on hyvä suunnitella turvavalaistus, joka toimii omalla virtalähteellä. Turvavalaistuksen tehtävänä on varmistaa riittävä valaistus, jotta työt voidaan keskeyttää hallitusti ja poistuminen tilasta onnistuu turvallisesti. Lisäksi hätäpoistumisreitit on merkittävä selkeästi. (Työturvallisuuspakki 2025.)

3 YLEISVALAISTUKSEN SUUNNITTELU

3.1 Valaistussuunnittelun vaiheet

Valaistussuunnittelu on prosessi, joka etenee vaiheittain. Suunnittelun ensimmäinen vaihe on valaistavan kohteen tarpeiden kartoitus, jossa selvitetään tilan käyttötarkoitus sekä valaistukselle asetettavat vaatimukset. (Elenom 2024.) Tarpeiden kartoitus luo perustaa koko suunnitteluprosessille. Se on syytä tehdä huolellisesti, sillä esimerkiksi tilassa suoritettavat työtehtävät määrittelevät tilassa vaadittavan valaistusvoimakkuuden. Vaaditut valaistusvoimakkuudet löytyvät valaistusstandardeista.

Kun tarpeet on määritelty, siirrytään tilan analysointiin. Tässä vaiheessa arvioidaan valaistavan tilan tai alueen koko, muoto, luonnonvalon määrä sekä muut tilan ominaisuudet. Näiden tietojen avulla voidaan määritellä, kuinka paljon ja millaista valoa tarvitaan eri alueille. Tilan ja tarpeiden perusteellinen analyysi luo pohjan varsinaiselle suunnittelutyölle, joka sisältää valaisimien sijoittelun, valonlähteiden valinnan ja valaistuksen ohjausjärjestelmien suunnittelun. Suunnitelmat laaditaan usein tietokoneavusteisesti, mikä mahdollistaa valaistusvaihtoehtojen simuloinnin ja optimoinnin ennen toteutusta. (Elenom 2024.) Tietokoneavusteisuudella tarkoitetaan esimerkiksi valaistussuunnitteluohjelmistoja, joilla voidaan simuloinnin lisäksi suorittaa valaistustasolaskentoja ja varmistaa, että ne vastaavat standardeissa määriteltyihin vähimmäisarvoihin. Valaisinten sijoittelukuvat luodaan valaistavan alueen pohja- tai asemakaavoihin.

Hyvin toteutettu valaistussuunnitelma helpottaa toteutusta ja vähentää asennusvaiheen ongelmia. Lisäksi huolella suunniteltu valaistusratkaisu parantaa tilan käytettävyyttä, turvallisuutta ja viihtyisyyttä. Modernit ratkaisut, kuten led-valaisimet ja älykkäät ohjausjärjestelmät, voivat merkittävästi vähentää energiankulutusta ja tuoda pitkän aikavälin säästöjä. Kokonaisvaltainen valaistussuunnittelu ei rajoitu siis pelkästään teknisiin ratkaisuihin, vaan siinä huomioidaan myös taloudelliset- ja ympäristövaikutukset. (Elenom 2024.)

3.2 Valaistuksen määrään ja laatuun liittyvät käsitteet

Jotta valaistuksen vaatimukset asiakaskohteelle osataan asettaa, on hyvä ymmärtää tiettyjä käsitteitä. Tämän työn asiakaskohteen valaistuksen vaatimusten määrittelyyn sovellettiin ulkotyötilojen standardia SFS-EN 12464-2.

Standardissa on määritelty erilaisia ulkona sijaitsevia työympäristöjä ja työtehtäviä. Ne ovat merkitty taulukoihin, joissa on määritelty vähimmäisarvot kyseisen työskentelyalueen ylläpidettävälle valaistusvoimakkuudelle (Em) ja valaistuksen tasaisuudelle (Uo), häikäisyrajat (GRL) ja vähimmäisvärintoistoindeksit (Ra).

3.2.1 Valaistusvoimakkuus ja sen tasaisuus

Valaistusvoimakkuus on keskeinen käsite valaistuksen laadun arvioinnissa. Se kuvaa valaistusjärjestelmän tehokkuutta ja määrittää valon määrän, joka kohdistuu tietylle pinnalle pinta-alayksikköä kohden. Valaistusvoimakkuuden tunnus on E, ja sen yksikkö on luks (lx). (ST 58.07 2023, 2.) Ylläpidettävä valaistusvoimakkuus Em tarkoittaa arvoa, jonka alapuolelle määritellyn alueen valaistusvoimakkuus ei saa laskea (Suomen standardoimisliitto 2009, 195). Valaistusvoimakkuuden heikentyminen voi johtua esimerkiksi elinkaarensa loppupuolella olevasta tai likaantuneesta valaisimesta.

Valaistusvoimakkuuden tasaisuus Uo kuvaa valaistusvoimakkuuden minimiarvon suhdetta keskiarvoon tietyllä alueella. Työskentelyalueilla pyritään saavuttamaan mahdollisimman korkeat tasaisuusarvot, koska epätasaisessa valaistuksessa silmät joutuvat jatkuvasti sopeutumaan erilaisiin valaistuksiin, mikä voi puolestaan aiheuttaa räsitusta. (ST 58.07 2023, 2.)

3.2.2 Häikäisy

Häikäisy on valaistuksen keskeinen häirtatekijä, joka heikentää visuaalisia olosuhteita. Se voidaan luokitella suoraksi tai epäsuoraksi riippuen siitä, johtuuko kirkkaus suoraan valonlähteestä vai heijastumisesta. Häikäisyä syntyy, kun ympäristön luminanssi ylittää silmän sopeutumiskyvyn, mikä voi johtua esimerkiksi näkökentässä olevasta kirkkaasta valonlähteestä tai voimakkaasti heijastavasta pinnasta. (ST 58.07 2023, 3.) Ulkotilojen työkohteiden valaistuksen standardissa

määritetty GRL tarkoittaa häikäisyluokitusrajaa ja se on lyhenne sanoista Glare Rating Limit. Sillä tarkoitetaan suurinta sallittua häikäisyarvoa laskettuna CIE:n GR-häikäisymenetelmän mukaan. (Suomen standardoimisliitto 2009, 195.) Sisätilojen työkohteiden standardissa kiusahäikäisy määritetään CIEN:n UGR, Unified Glare Rating, menetelmällä (Suomen standardoimisliitto 2009, 162).

3.2.3 Värintoistoindeksi

Värintoistoindeksi Ra on mittari, jolla arvioidaan, kuinka hyvin valonlähde toistaa värejä verrattuna vertailulähteeseen. Ra-arvo määritellään vertaamalla valonlähteen värintoistokykyä kahdeksalla testivärillä vertailuvalonlähteeseen, jonka väriämpötila on joko alle tai yli 5000 K. (ST 58.07 2023, 4.)

Ra-indeksin maksimiarvo on 100, mikä tarkoittaa täydellistä värintoistoa. Hyväksyttävänä pidetään, että Ra-indeksi on 80 tai yli sisävalaistuksessa. (ST 58.07 2023, 4.)

4 YLEISVALAISIMET

4.1 Valaisinvalinnan perusteet

Valaisinten valinnassa tulee ottaa huomioon valaisimen valon määrän ja laadun lisäksi niiden käyttötarkoitus, valonlähde, valonjako, energiatehokkuus, kestävyys, asennus ja huolto. Valinnat tulee tehdä huolellisesti huomioiden kohteen käyttötarkoitus, ympäristöolosuhteet ja asiakkaan toiveet. Mikäli kohteessa jo olevat valaisimet halutaan vaihtaa uusiin tai valaisinvaihtoehtoja on useita, voi olla tarpeen luoda valaisinvertailutaulukko.

Valaisinvertailu perustuu valoteknisien ja fyysisten ominaisuuksien, kuten tehon, valonlähteiden tyyppin ja määrän, valovirran sekä valaisimen hyötysuhteen ja valonjaon vertaamiseen. Myös häikäisy suojaus, liitäntälaitteiden sähkötekniset ominaisuudet, koko, materiaalit sekä asennus- ja huolto-ominaisuudet ovat tärkeitä vertailun kohteita. Lisäksi voidaan arvioida esteettisiä tekijöitä, käyttöikää asennusympäristössä, taloudellisuutta ja muita sähkötekniisiä ominaisuuksia. (ST 57.45.01 2018, 1.)

4.2 Valovirta, valovirran alenema ja elinikä

Valaisimen valovirta riippuu sen valonlähteen valovirrasta ja valaisimen hyötysuhteesta. Hyötysuhde kuvaa, kuinka suuri osa valonlähteen valovirrasta saadaan ulos valaisimesta. Valovirtaan vaikuttavat myös käyttölämpötila, likaantuminen ja ajan myötä tapahtuva valovirran alenema. Led-valaisimissa valovirta ilmoitetaan monesti vain valaisimen valovirtana, koska valonlähde ja valaisin ovat usein integroituja. (ST 57.45 2019, 4.)

Led-valaisimen valovirta pienenee käytön myötä. Siksi valovirta ilmoitetaan mitoitusvalovirtana, jossa otetaan huomioon valaisimen hyötyelinikä ja valovirran pysyvyysskerroin. Hyötyelinikä kuvaa valaisimen vanhenemista ja siihen liittyvää valovirran laskua. Pysyvyysskerroin kertoo, kuinka suuri osa valaisimista ei enää saavuta tiettyä valovirran tasoa. Esimerkiksi merkintä L80B10 tarkoittaa, että 80 % valaisimista tuottaa vähintään 80 % alkuperäisestä valovirrasta, ja enintään 10 % jää alle tämän tason. (ST 57.45 2019, 4.)

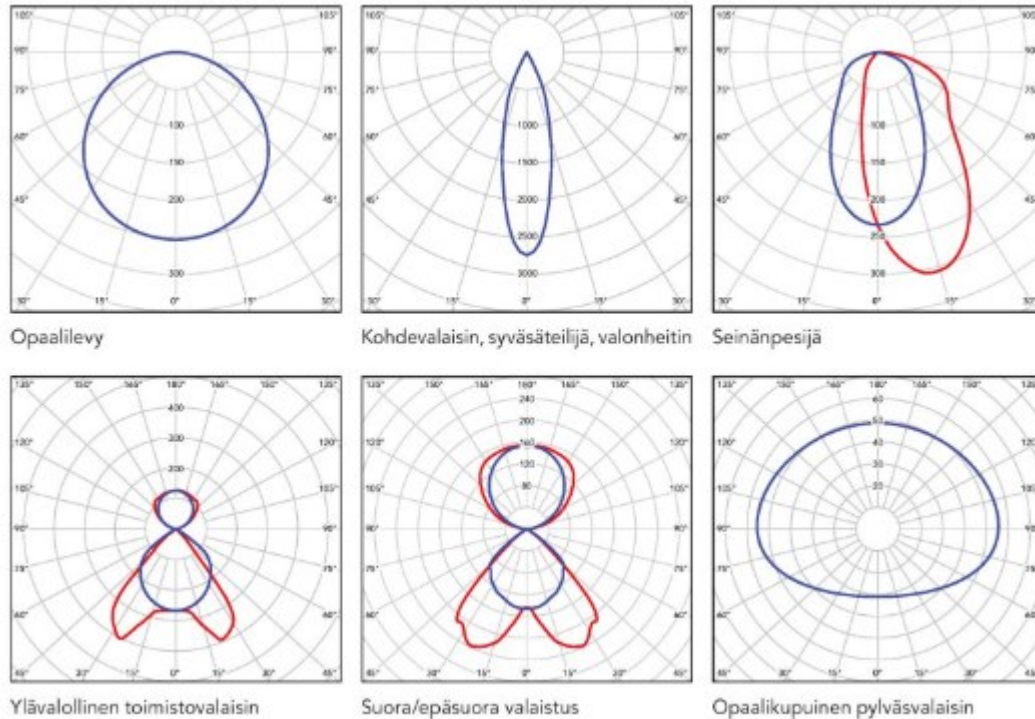
Valovirta voidaan ilmoittaa myös mediaanin hyötyiän avulla (LxB50). Tämä tarkoittaa, että puolet valaisimista ei saavuta määriteltyä valovirran tasoa. Valmistajat ovat siirtymässä käyttämään tätä Lighting Europe -järjestön suositusta, jossa elinikä ilmoitetaan mediaanin perusteella. Tällöin käytetään vain Lx-arvoa, ja oletuksena on, että kyseessä on B50-käyttöikä. Tulevaisuudessa pyritään ilmoittamaan valaisimen valovirran alenema (x) sovittujen käyttöikäen, kuten 35 000, 50 000, 75 000 tai 100 000 tunnin mukaan. Yli 100 000 tunnin käyttöikää ei ilmoiteta ilman erityistestejä ja erityiskäyttöä. (ST 57.45 2019, 4.)

Valaisin voi myös rikkoontua äkillisesti, yleensä elektroniikan vian vuoksi. Tällöin käytetään termiä Cy. Esimerkiksi C10 tarkoittaa, että 10 % valaisimista on rikkoutunut 50 000 tunnin käytön jälkeen. Usein rikkoutuminen liittyy liitännälaitteisiin, ei itse led-moduuliin. (ST 57.45 2019, 4.)

Teollisuuden valaistuksessa valovirran aleneman ja hyötyeliniän huomioiminen on tärkeää. Jos valovirta heikkenee liian nopeasti, työskentelyolosuhteet huononuvat ja onnettomuuksien riski kasvaa. Hyötyeliniän on hyvä olla korkea, koska teollisissa tiloissa valaisimien vaihto voi olla kallista ja aikaa vievää. Hyvin valitut valaisimet takaavat, että valaistus pysyy riittävänä ja huoltotarve vähenee.

4.3 Valonjako

Valaisimen valonjako kuvaa, miten valo jakautuu eri suuntiin ympäristössä. Valonjako esitetään usein polaarikoordinaatistossa käyrien avulla, jotka havainnollistavat valon suuntautumista ja jakautumista eri kulmissa (Kuvio 1). Tämä ominaisuus on keskeinen valaistussuunnittelussa, sillä se määrittää valaisimen soveltuvuuden eri käyttötarkoituksiin, kuten yleisvalaistukseen, kohdevalaistukseen tai epäsuoraan valaistukseen. Valonjako vaikuttaa myös valaistuksen tasaisuuteen ja tilan valaistuksen laadullisiin ominaisuuksiin. (Varsila 2017.)



Kuvio 1. Esimerkkejä erilaisista valonjakokäyristä (Varsila 2017)

Yleisvalaistukseen suunnitellut valaisimet tuottavat yleensä laajan ja tasaisen valonjaon, mikä mahdollistaa koko tilan yhtenäisen ja miellyttävän valaistuksen. Kohdevalaistuksessa käytettävät valaisimet puolestaan suuntaavat valoa tarkemmin rajattuihin kohteisiin tai alueisiin, jotta valolla voidaan korostaa yksityiskohtia tai luoda kontrasteja. (Varsila 2017.)

Epäsuoraa valaistusta varten valaisimissa hyödynnetään valon suuntaamista heijastaville pinnoille, mikä luo pehmeän ja diffuusin valaistusympäristön. Tällainen valaistus sopii erityisesti tiloihin, joissa halutaan välttää häikäisyä ja korostaa miellyttävää valon hajontaa. (Varsila 2017.)

4.4 Led-valaisimen energiatehokkuus

Valaisinvalintoja tehdessä on hyvä valita sellainen valaisin, jossa tarvittava valon määrä saadaan mahdollisimman pienellä ottoteholla. Tällä voidaan vaikuttaa suoraan rakennuksen energiatehokkuuteen sekä ympäristöystävällisyyteen ja kestävyys.

Led-valaisimien energiatehokkuus ilmaistaan valaisimen luumeneitten, eli valon määrän, suhteena watteihin, eli valaisimen ottotehoon. Valaisin on sitä tehokkaampi, mitä pienemmällä ottoteholla se tuottaa enemmän valoa. Valon määrä ei ole energiansäästö- ja led-valaisimien myötä enää verrannollinen ottotehon määrään. (Halttu 2023.)

Led-valonlähteet ovat paljon energiatehokkaampia verrattuna muihin markkinoilla oleviin valonlähteisiin. Toisin sanoen, ne tuottavat eniten valotehoa pienemmällä ottoteholla. Tällä on huomattava vaikutus kokonaisenergiankulutukseen ja täten se vaikuttaa positiivisesti taloudellisiin seikkoihin, kuten myös ympäristöllisiin asioihin. Led-valaisimilla on pitkä käyttöikä ja käyttökulut ovat varsin edulliset, sillä alhaisen energiankulutuksen lisäksi valaisintekniikkaa tarvitsee vaihtaa harvemmin. Ostohinnaltaan led-valaisimet ovat muita valonlähteitä kalliimpia, mutta pitkän käyttöiän myötä ne maksavat itsensä takaisin. (Halttu 2023.)

4.5 Ympäristöolosuhteiden kestävyys

Valaisinvalintoja tehdessä on tärkeää ottaa huomioon minkälaisessa ympäristössä valaistava kohde sijaitsee, jotta sinne asennettavat valaisimet kestävät käyttöä mahdollisimman kauan. Valaisimien on oltava sopivia niin tilan käyttötarkoitukseen, ympäristöolosuhteisiin kuin esteettisiin vaatimuksiin. Esimerkiksi ulkovalaistuksessa on huomioitava säänkestävyys, kuten kosteuden ja pakkasen sieto.

4.5.1 Kotelointiluokat

Kosteisiin tai pölyisiin tiloihin asennettavien valaisimien on oltava riittävästi suojattuja, mikä ilmaistaan IP-luokituksella (Ingress Protection). IP-luokitus kertoo koteloinnin tiiviiden, jossa ensimmäinen numero kuvaa suojaa vierasesineiltä ja pölyltä, ja toinen numero veden ja kosteuden sietokykyä (

Taulukko 1.) Alimmat hyväksytyt IP-luokat vaihtelevat tilan vaatimusten mukaan ja ne löytyvät esimerkiksi SFS 6000-standardeista. Lisäksi IP-luokassa voi olla

vapaaehtoisia lisäkirjaimia, jotka antavat tarkentavia tietoja suojauksesta. (ST 57.45 2019, 2).

Taulukko 1. IP-luokkien numerotunnukset (mukaillen ST 57.45 2019, 2)

	IP-luokka	Huomautuksia
Avoin rakenne	IP 0X	Ei erityistä suojaukusta
-	IP 1X	Halkaisijaltaan yli 50 mm kappaleen kuten käden sisään tunkeutuminen estetty
Tavallinen	IP 2X	Halkaisijaltaan yli 12 mm kappaleen kuten sormen sisään tunkeutuminen estetty
Erikoiskosketussuojainen	IP 3X	Halkaisijaltaan yli 2,5 mm kappaleen kuten puikon sisään tunkeutuminen estetty
-	IP 4X	Halkaisijaltaan yli 1 mm kappaleen kuten langan sisään tunkeutuminen estetty
Pölysuojainen	IP 5X	Pölyn haitallinen sisään tunkeutuminen estetty
Pölynpitävä	IP 6X	Pölyn sisään tunkeutuminen estetty
Avoin rakenne	IP X0	Ei erityistä suojaukusta
Tippuvedenpitävä	IP X1	Pystysuoraan tippuva vesi ei saa aiheuttaa haittaa
-	IP X2	Enintään 15° kulmassa tippuva vesi ei saa aiheuttaa haittaa
Sateenpitävä	IP X3	Enintään 60° kulmassa tippuva vesi ei saa aiheuttaa haittaa
Roiskevedenpitävä	IP X4	Eri suunnista roiskuva vesi ei saa aiheuttaa haittaa
Suihkuvedenpitävä	IP X5	Eri suunnista voimakkaasti suihkuva vesi ei saa aiheuttaa haittaa
-	IP X6	Vesialto ei saa aiheuttaa haittaa
Vedenpitävä	IP X7	Vesi ei saa aiheuttaa haittaa, kun laite on veden peittämä
Painevedenpitävä	IP X8	Painevesi ei saa aiheuttaa haittaa, kun laite on veteen upotettuna

Valaisinvalintaa tehdessä täytyy tietää, onko valaisin mahdollisesti sellaisella alueella, jossa se voisi altistua pölylle tai vedelle. Useat teollisuuteen tarkoitetut valaisimet ovat kuitenkin automaattisesti vähintään IP64-luokkaisia.

4.5.2 Iskunkestoluokat

Valaisimet voivat altistua mekaanisille rasituksille, kuten tärinälle, iskuille tai ilki-vallalle. Kotelon iskunkestävyyttä kuvaa IK-luokka, joka koostuu tunnuksesta "IK" ja numeroista 00–10 (Taulukko 2). Nämä numerot ilmaisevat standardoidun iskutestin tuloksen, jossa mitataan kestävyyttä 0–20 joulen iskuenergialle. (ST 57.45 2019, 3.)

Taulukko 2. IK-luokat (mukaillen ST 57.45 2019, 3)

IK-luokka	Iskuenergia (joulea)	Vastaava isku
00	Suojaamaton	Ei testiä
01	0,15	200 g esine pudotetaan 7,5 cm korkeudelta
02	0,20	200 g esine pudotetaan 10 cm korkeudelta
03	0,35	200 g esine pudotetaan 17,5 cm korkeudelta
04	0,50	200 g esine pudotetaan 25 cm korkeudelta
05	0,70	200 g esine pudotetaan 35 cm korkeudelta
06	1	500 g esine pudotetaan 20 cm korkeudelta
07	2	500 g esine pudotetaan 40 cm korkeudelta
08	5	1,7 kg esine pudotetaan 29,5 cm korkeudelta
09	10	5 kg esine pudotetaan 20 cm korkeudelta
10	20	5 kg esine pudotetaan 40 cm korkeudelta

Valaisinvalintaa tehdessä on hyvä miettiä minkälaisia mekaanisia rasituksia valaisimen asennusympäristössä voi olla. Teollisuudessa tällaiset rasitukset voivat olla esimerkiksi tärinästä johtuvaa.

4.5.3 Lämpötilanvaihtelu

Valaisimen käyttölämpötila vaikuttaa merkittävästi sen liitäntälaitteen kestävyyteen ja ledivalaisimien valovirran alenemaan. Valaisimen liitäntälaitteeseen merkitty Tc-piste osoittaa laitteen suurimman sallitun käyttölämpötilan. Yleisenä sääntönä voidaan todeta, että lämpötilan nousu 10 °C puolittaa liitäntälaitteen eliniän, kun taas lasku 10 °C kaksinkertaistaa sen. Laitteen lämpötila riippuu sekä sen rakenteesta että ympäristön lämpötilasta. (ST 57.45 2019, 3.)

Korkeissa tiloissa, kuten tehtaissa, ympäristön lämpötila voi olla korkea, joten on tärkeää varmistaa, että valaisin on suunniteltu kyseisiin olosuhteisiin. Myös asen-

nustapa vaikuttaa valaisimen lämpötilaan, ja väärä asennustapa voi aiheuttaa ylikuumenemistä. Kylmissä olosuhteissa on varmistettava, että valaisin toimii alhaisissa lämpötiloissa. Liian kylmä ympäristö voi heikentää komponenttien ominaisuuksia, jolloin elektroniikka ei toimi odotetusti. (ST 57.45 2019, 3.)

Valaisinvalmistajan ilmoittama ympäristön maksimilämpötila (Ta-luokka) määrittelee sen lämpötilan, jossa valaisimen ilmoitetut tekniset arvot, kuten valovirta, ovat päteviä. Valaisimen käyttölämpötila-alue voi kuitenkin olla laajempi kuin tämä Ta-lämpötila. Ympäristön lämpötila vaikuttaa merkittävästi valaisimen suorituskykyyn, kuten valovirtaan, sekä sen elinikään. (i-VALO 2025b.)

4.5.4 UV-säteilyn ja korroosion kestävyys

Ulkovalaisimien on kestettävä auringon UV-säteilyä, mikä vaikuttaa linssi- ja häikäisysuojamateriaalien valintaan. Korroosionkestävyys on myös olennainen ominaisuus haastavissa ympäristöissä, joissa voi olla korroosiota aiheuttavia aineita. (ST 57.45 2019, 3.)

Ulkovalaisimen linssiä valittaessa on hyvä ottaa jokin UV-säteilyä kestävä materiaali. Linssin materiaali on usein itse valittavissa valaisinvalmistajasta riippuen. UV-säteilyä kestäviä, valoa läpäiseviä materiaaleja on muun muassa lasi, polykarbonaatti ja akryyli. Näistä materiaaleista lasi on kaikista pitkäikäisin (Kuvio 2), mutta se on myös herkempi rikkoontumiselle verrattuna muovimateriaaleihin. Lasi linssimateriaalina lisää myös valaisimen painoa. Muovimateriaalit ovat kevyitä, iskunkestäviä ja valonläpäisevyydeltään parempia kuin lasi, mutta niiden ominaisuudet voivat haurastua nopeammin kuin lasin. (Muovia.com 2025.)

UV-säteilyn kesto ulkoilmassa vuosissa	
Akryyli	10 vuotta
Polykarbonaatti (UV-suojattu)	10 vuotta
Polykarbonaatti (UV-suojaamaton)	2 vuotta
Lasi	100 vuotta

Kuvio 2. Materiaalien uv-säteilyn kesto (Muovia.com 2025)

Valaisimen rungkon materiaali on hyvä olla korroosionkestävä, etenkin silloin, kun valaisimen ympäristöolosuhteet altistavat korroosiolle. Korroosio tarkoittaa materiaalien heikentymistä niiden reagoiessa ympäristön kanssa. Se ilmenee usein metallipintojen ruostumisena, syöpmisenä ja heikentymisenä. (Camcut 2025.)

Lämpötilan nousu ja ilmankosteus kiihdyttävät korroosioilmiötä. Korroosio vaatii yleensä yli 60 % suhteellista kosteutta ja Suomessa tämä raja ylittyy lähes aina. Pinnan epäpuhtaudet, kuten pöly ja lika, voivat pitää pinnat kosteina, mikä nopeuttaa korroosiota jopa kuivemmissä oloissa. Lisäksi ilman epäpuhtaudet, kuten typen oksidit, lisäävät korroosiota. (Laitinen 2012.)

Korroosionkestäviä teollisuuskäyttöön sopivia ulkovalaisinmateriaaleja ovat muun muassa alumiini ja ruostumaton teräs. Alumiinin ja ruostumattoman teräksen korroosionkestävyys perustuu niiden kykyyn muodostaa suojaava oksidikerros ollessaan kosketuksissa hapen kanssa (Alumeco 2025a; 2025b.)

4.6 Asennus ja huolto

Hyvältä valaisimelta vaaditaan monia tekijöitä asennettavuuden, käytön ja huollon osalta. Valaisimen asennuksen tulisi olla mahdollisimman helppoa. Kytkenät on hyvä voida tehdä ilman työkaluja esimerkiksi pistoliittimillä tai jousikytkentärimoilla, ja irrallisia osia tulisi olla mahdollisimman vähän. Asennustyö helpottuu, kun kytkentätilat ja kiinnitysreiät on suunniteltu huolellisesti. Valaisimen paino ja mitat on hyvä ottaa huomioon tarkastellessa asennettavuutta, sillä raskaampi ja isompi valaisin on vaikeampi asentaa. (ST 57.45 2019, 8.) Asennettavuutta miettiessä on myös hyvä ottaa huomioon mihin ja miten valaisin asennetaan. Monet valaisinvalmistajat tarjoavat valaisimille monenlaisia kiinnitysmenetelmiä esimerkiksi katto-, seinä-, ripustus- tai pylväskiinnikkeitä. Valaisinta tilattaessa on tärkeää osata valita oikeat kiinnikkeet, jotka sopivat valittuun valaisinmalliin ja asennustapaan.

Valaisimen huollettavuus on myös tärkeää. Valaisimen pitää olla helppo puhdistaa ja rikkoutuneet osat pitää voida vaihtaa, jotta valaistuksen määrä ja laatu pysyvät ennallaan. Led-valaisimissa valonlähteet eivät usein ole vaihdettavissa,

poikkeuksia lukuun ottamatta. Sen sijaan liitälaitteet on hyvä voida vaihtaa ilman työkaluja, mikä vähentää huoltokustannuksia. Rikkoutunut liitälaitte on yleisin vikaantumisen syy led-valaisimessa. Jos liitälaitte vaihdetaan, on tärkeää varmistaa, ettei sen antama virta ylitä alkuperäisen liitälaitteen virtaa. Liian suuri virta voi nostaa valonlähteen lämpötilaa ja lyhentää sen käyttöikää. (ST 57.45 2019, 3; ST 96.35 2024, 7.)

Moduulirakenne helpottaa sekä asennusta että huoltoa. Varaosia ja lisävarusteita tulisi olla saatavilla koko valaisimen käyttöajan. Valaisimen lisävarusteet voivat parantaa sen käytettävyyttä eri tilanteissa. Myös materiaalien laatu ja jäähdytysominaisuudet ovat tärkeitä valaisimen käyttöiän kannalta. (ST 57.45 2019, 8.)

4.7 Kaapelointi

Teollisuusvalaistuksen kaapeloinnissa on huomioitava vaativat olosuhteet, kuten värinä, korkeat lämpötilat, pöly ja mekaaniset rasitukset. Pienjännitesähköasennusstandardin SFS 6000-1 mukaan johtimien poikkipinta määritetään esimerkiksi suurimman sallitun lämpötilan, jännitehäviön sekä oikosulku- ja maasulkuvirtojen aiheuttamien rasitusten perusteella. Lisäksi standardi edellyttää, että asennuspaikan olosuhteet, seinien ja rakenteiden vaikutukset sekä mahdollinen kosketusvaara otetaan huomioon johtojärjestelmää ja asennustapaa valittaessa (SFS 6000-1 2022.)

Kaapelien asennustapa vaikuttaa merkittävästi niiden kestävyteen ja turvallisuuteen. Esimerkiksi metallirakenteisiin kiinnitetyt kaapelit voivat altistua ylimääräiselle lämmölle, jolloin niiden suurin sallittu lämpötila ja kuormitettavuus on arvioitava huolellisesti. Lisäksi liikkuvien koneiden läheisyydessä kaapeleihin voi kohdistua mekaanisia rasituksia, joiden vuoksi on tärkeää varmistaa niiden riittävä suojaus ja kiinnitys.

Oikein mitoitettu ja standardin mukainen kaapelointi vähentää jännitehäviöitä, ylikuumentumisriskiä ja huoltokustannuksia. Riittämätön mitoitus voi johtaa kaapeleiden ennenaikaiseen kulumiseen ja toimintahäiriöihin, mikä lisää huollon tarvetta ja voi aiheuttaa turvallisuusriskin.

5 VALAISTUSTASOLASKELMAT

5.1 DIALux evo

Tässä opinnäytetyössä valaistustasolaskelmat tehtiin DIALux evo -valaistus-suunnitteluohjelmistolla. DIALux evo on monipuolinen työkalu, jolla voidaan suunnitella, laskea ja visualisoida valaistusta sekä sisä- että ulkotiloihin. Ohjelmalla voidaan luoda erilaisia valaistusympäristöjä hyödyntäen oikeita valaisimia DIALuxin yhteistyökumppaneilta, ja se tuottaa kattavan dokumentaation valaistus-suunnitelmista. (DIALux 2025a.)

DIALuxia käytetään laajasti eri valaistussuunnittelun tarpeisiin, kuten rakennusten, hätäpoistumisteiden, ulkoalueiden ja tievalaistuksen suunnitteluun. Ohjelma tukee uusimpia valaistusstandardeja ja mahdollistaa päivänvalon huomioimisen sekä erilaisten valaistustilanteiden luomisen. Sen avulla voidaan hyödyntää useiden valaisinvalmistajien valaisimia, mikä parantaa suunnitelmien tarkkuutta ja realistisuutta. (DIALux 2025a.)

DIALux erottuu muista valaistussuunnitteluohjelmistoista käyttäjäystävällisyytensä ja laajan kielitukensa ansiosta. Se on saatavilla 26 eri kielellä, mukaan lukien suomeksi. DIALux evo -versio on käyttäjilleen ilmainen. Lisäksi käyttäjillä on mahdollisuus päivittää ohjelmisto DIALux Pro -versioon, joka sisältää laajennetut ominaisuudet ja tehostaa suunnitteluprosessia. (DIALux 2025b.)

5.2 Valaistustasolaskelman perusteet

Valaistuksen laskenta ja mitoittaminen tehdään pääosin tietokoneavusteisesti, ja Suomessa käytetyin ohjelma tähän on DIALux. Laskennassa mitataan yleensä valaistusvoimakkuutta, luminanssia, niiden tasaisuutta tietyllä pinnalla tai laskenta-alueella sekä häikäisyä kuvaavaa Unified Glare Rating (UGR)-indeksiä. (ST 58.03 2022, 1.)

Valaistuskannan tarkoitus on tukea valaistussuunnittelua varmistamalla, että valaistusjärjestelmä täyttää asetetut valaistustekniset vaatimukset. Laskentaohjelmisto, kuten DIALux, on vain suunnittelijan apuväline. Suunnittelijan on kuitenkin

kin valittava itse oikea valaistusratkaisu ja tehdä tarvittaessa alustavia mitoituksia, jonka jälkeen laskennan avulla voidaan tarkistaa ja hienosäätää suunnitelmaa. Lisäksi valaistuslaskentaohjelmilla voidaan luoda realistisia havainnekuvia, jotka auttavat tilaajaa hahmottamaan valaistuksen vaikutuksia tilassa. (ST 58.03 2022, 2.)

5.2.1 Laskentatilat

Laskentatila tarkoittaa aluetta, jolle valaistuslaskenta tehdään, ja se voi kattaa koko huoneen tai alueen tai vain tietyn osan niistä. Usein laskenta suoritetaan huonekohtaisesti, mutta joissakin tapauksissa tarkasteluun voidaan valita pienempi alue, esimerkiksi yksittäinen hyllyväli varastossa tai muu osa suuremmasta avotilasta. Pienemmän laskenta-alueen käyttö voi nopeuttaa laskentaa ja yksinkertaistaa tietojen syöttämistä, mutta samalla on huomioitava, että reuna-alueiden osuus kasvaa, mikä voi vaikuttaa valaistusvoimakkuuden arviointiin. (ST 58.03 2022, 2.)

Valaistuslaskenta aloitetaan määrittämällä laskentatila ja sen keskeiset ominaisuudet, kuten huoneen tai alueen mitat, seinien, katon ja lattian heijastussuhteet sekä valaisinten valonjako-ominaisuudet. Laskentaohjelmat, kuten DIALux, määrittävät automaattisesti laskenta-alueen pisteet, mutta käyttäjä voi muokata niitä tarkemman lopputuloksen saavuttamiseksi. Laskentapisteyden tiheys vaikuttaa laskennan tarkkuuteen ja laskenta-aikaan: tiheämpi ruudukko tuottaa tarkempia tuloksia mutta voi pidentää laskenta-aikaa erityisesti suurissa tiloissa. Yleensä sopiva laskenta-alueen pisteväli on 0,25 m...0,5 m. (ST 58.03 2022, 2.)

Valaistuslaskennan on täytettävä valaistusstandardien SFS-EN 12464-1 tai SFS-EN 12464-2 vaatimukset, joissa määritellään muun muassa laskentaruudun tiheys ja valaistusvoimakkuuden tasaisuusvaatimukset. Tarkkuuden varmistamiseksi on suositeltavaa käyttää sekä laskentasovelluksen automaattisia asetuksia että standardin mukaista laskentaruudukkoa. (ST 58.03 2022, 3.)

5.2.2 Valaisimien sijoittelu

Valaisimien sijoittaminen on hyvä aloittaa rakennuksen tai alueen pohjapiirroksessa, eli x-y-tasossa, jotta niiden paikat voidaan määrittää tarkasti. Kun valaisimet on asetettu oikeille kohdille, tarkistetaan niiden ripustuskorkeus katosta tai etäisyys lattiasta. Tämä tehdään sivuprofiilinäkymissä, eli x-z- ja y-z-tasoissa, sekä kolmiulotteisessa x-y-z-näkymässä. (ST 58.03 2022, 4.)

Kun valaisin on sijoitettu oikein, se täytyy vielä suunnata. Oletusarvoisesti valaisimet asetetaan niin, että niiden pituusakseli on x-akselin suuntainen ja valo suuntautuu suoraan alaspäin. Symmetristen valaisinten kohdalla tämä ei aiheuta ongelmia, mutta epäsymmetristen valaisinten tapauksessa suuntaus on määriteltävä huolellisesti, jotta valo ohjautuu haluttuun suuntaan. (ST 58.03 2022, 4.)

Valaisimien kääntäminen x- tai y-akselin suhteen tulee kyseeseen erityisesti valonheittimien asennuksessa, viistoon sijoitetuissa valaisimissa tai epäsuorassa valaistuksessa. Tällöin epäsymmetrisillä valaisimilla on huomioitava, että valon suunta muuttuu eri tavoin riippuen siitä, käännetäänkö valaisin x- vai y-akselin suhteen. DIALux-ohjelmassa valonjaon kolmiulotteinen esitys auttaa hahmottamaan valaisimen suuntausta. (ST 58.03 2022, 4.)

Laskentaohjelmissa on myös mahdollista sijoittaa valaisimet ryhminä, mikä helpottaa suunnittelua. Tällöin on kuitenkin varmistettava, että kaikki ryhmän valaisimet suuntautuvat oikein, erityisesti silloin, kun käytössä on epäsymmetrisiä valaisimia eri suuntiin. (ST 58.03 2022, 4.)

5.2.3 Valonjakotiedostot

Valonjakotiedostot sisältävät tiedot valaisimen valonjaosta ja tekniikasta, sekä tiedostosta riippuen esimerkiksi valaisimen yksityiskohtaisen 3D-mallinnuksen (i-VALO 2025a). Aiemmin eri valaisinvalmistajilla oli omat valaistuslaskentaohjelmansa, mutta nykyään yleisimmin käytössä oleva DIALux -ohjelma mahdollistaa eri valmistajien valonjakotietojen lataamisen suoraan ohjelmaan. Jotkut valmistajat tarjoavat plug-in-tiedostoja, joiden avulla käyttäjä saa kerralla käyttöönsä kaikki kyseisen valmistajan valonjakotiedostot. Osalla valmistajista on valaistus-

laskentaohjelmaan sisällytetty suora linkki online-luetteloon, josta tarvittavat valonjakotiedostot voidaan hakea ohjelmaan. Useimmiten tiedostot voi myös ladata suoraan valmistajan verkkosivuilta. Dialux tukee useita eri tiedostomuotoja, kuten Eulumdat (ldt), CIBSE TM14, IES ja LTLi. (ST 58.03 2022, 4.)

5.2.4 Alenemakerroin valaistuksen mitoituksessa

Valaistusta mitoittaessa ja laskettaessa täytyy ottaa huomioon valaistuksen alenemakerroin. Standardeissa määritellyt ylläpidettävät valaistusvoimakkuuden arvot tarkoittavat valaistuksen minimitasoa ennen huoltoa. Alenemakertoimen avulla määritetään, kuinka paljon valaistusjärjestelmää on ylimitoitettava aluksi, jotta valaistus täyttää vaatimukset juuri ennen huoltoa tai valaisimien vaihtoa. (ST 58.03 2022, 4–5.) Alkuvaiheen valaistusvoimakkuus lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$E_i = \frac{E_m}{f_m} \quad (1)$$

missä

E_i on keskimääräinen valaistusvoimakkuus alussa

E_m on ylläpidettävä valaistusvoimakkuus

f_m on alenemakerroin.

Alenemakerroin huomioi valaistusvoimakkuuden laskun ajan kuluessa ja se määritellään seuraavasti:

$$f_m = f_{LF} \times f_S \times f_{LM} \times f_{SM} \quad (2)$$

missä

f_{LF} on kerroin, joka kuvaa valonlähteen tai valaisimen valovirran vähenemistä ajan kuluessa

f_S on kerroin, joka huomioi toimimattomien lamppujen ja valaisimien vaikutuksen valaistukseen

f_{LM} on kerroin, joka ottaa huomioon valaisimen likaantumisen aiheutuvan valon määrän alenemisen

f_{SM} on kerroin, joka mittaa huonepintojen likaantumisen vaikutusta sisätilojen valaistustasoon.

Valovirran alenemasta johtuva kerroin f_{LF} ilmaisee, kuinka paljon valaisin tai valonlähde tuottaa valoa verrattuna sen alkuperäiseen nimellisarvoon. Jos valaisimeen voidaan vaihtaa uusi valonlähde, kerroin määräytyy yleensä lampun valovirran alenemisen perusteella. Mikäli valaisimen valonlähde ei ole vaihdettavissa, kerroin perustuu koko valaisimen valovirran vähenemiseen ajan myötä. (ST 58.03 2022, 5.)

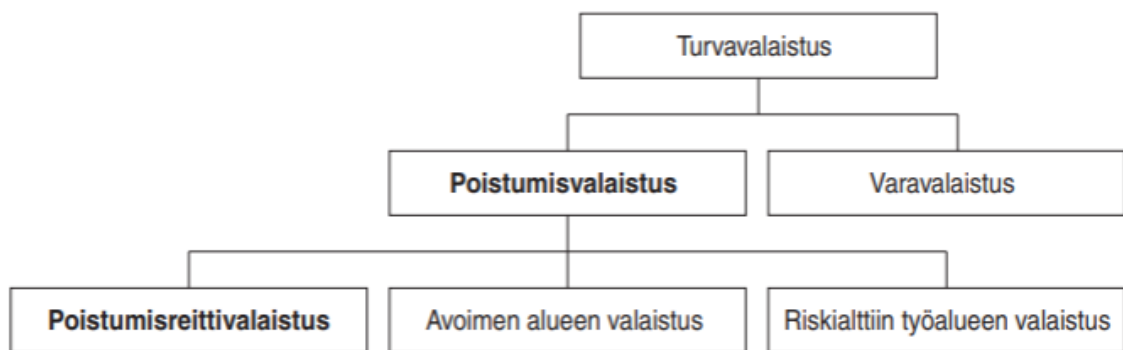
Toimimattomien valaisimien ja valonlähteiden vaikutus valaistusvoimakkuuteen riippuu huoltokäytännöistä. Jos rikkoutuneet valonlähteet vaihdetaan välittömästi yksittäin, kerroin f_S saa arvon 1. Mikäli huollossa käytetään ryhmävaihtoa, osa valaisimista tai valonlähteistä voi olla viallisia huoltovälin lopussa. Tällöin kertoimen f_S arvo määräytyy sen mukaan, kuinka monta vikaantunutta valaisinta tai valonlähdettä sallitaan ennen seuraavaa huoltoa. (ST 58.03 2022, 5.)

Kertoimet f_{LM} ja f_{SM} ovat merkityksekkäämpiä sisävalaistussuunnittelussa. Valaisimen likaantumisen johtuvan kertoimen määrittelyyn käytetään sisätiloissa CIE 097:2005 raportin ohjeita ja ulkotiloissa Väyläviraston ohjeita, jotka ovat suunniteltu lähinnä tie- ja katuvalaisimille. Huonepintojen likaantumisen kerrointa ei oteta ulkovalaistuksessa huomioon ollenkaan ja sisävalaistuksessa käytetään CIE 097:2005 raportin ohjeita. (ST 96.35 2024, 3–5.)

6 POISTUMISVALAISTUKSEN SUUNNITTELU

6.1 Määritelmä

Turvavalaistuksen tarkoitus on auttaa hätätilanteissa. Se jaetaan poistumisvalaistukseen, joka ohjaa uloskäynnille, ja varavalaistukseen, joka mahdollistaa toiminnan sähkökatkon aikana. Poistumisvalaistukseen kuuluvat poistumisreittien, avointen alueiden ja vaarallisten työalueiden valaistus (Kuvio 3). Poistumisreitti-valaistuksessa käytetään opas- ja turvavalaisimia, jotka auttavat löytämään turvallisen reitin ulos. (ST 59.10 2020, 1.)



Kuvio 3. Kaavio turvavalaistuksen muodoista (Jumppanen 2021, 7)

Turvavalaistus tarkoittaa yleisesti valaistusta, joka otetaan käyttöön silloin, kun normaali valaistus lakkaa toimimasta esimerkiksi sähkökatkoksen sattuessa. Poistumisvalaistus on osa turvavalaistusta, ja sen tehtävänä on auttaa ihmisiä poistumaan turvallisesti tilasta tai mahdollistaa vaarallisen prosessin turvallinen keskeyttäminen ennen poistumista. Varavalaistuksen tehtävä on varmistaa, että tilassa voidaan jatkaa toimintaa lähes normaalisti sähkökatkon aikana. (ST 59.10 2020, 2.)

Poistumisreittivalaistus on poistumisvalaistuksen osa, jonka tarkoitus on tehdä poistumisreitit helposti havaittaviksi ja turvallisiksi. Avoimen alueen valaistuksen tarkoitus on auttaa ehkäisemään paniikkia ja ohjata ihmisiä kohti poistumisreittiä. Riskialttiin työalueen valaistusta käytetään tilanteissa, joissa ihmiset työskentelevät vaarallisten prosessien parissa, ja sen avulla varmistetaan, että toiminta voidaan keskeyttää hallitusti. (ST 59.10, 2.)

Poistumisreitit tarkoittavat rakennuksessa olevia kulkureittejä, jotka johtavat maan pinnalle tai muulle turvalliselle alueelle (Sisäasiainministeriön asetus rakennusten poistumisreittien merkitsemisestä ja valaisemisesta 805/2005 § 2).

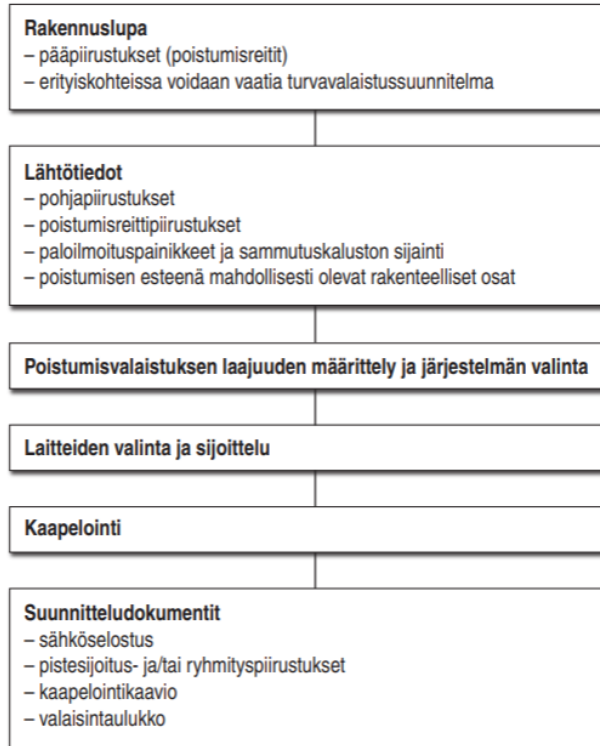
6.2 Poistumisvalaistuksen suunnittelun periaatteet

Poistumisvalaistuksen suunnittelun periaatteena on lakien, määräyksien ja säännöksiä noudattaminen. Suunnittelijan on tunnettava määräykset ja varmistettava, että kaikki tarvittavat lähtötiedot ovat käytettävissä. (Jumppanen 2021, 18.)

Poistumisvalaistus ja opasteet on suunnitellessa sovittava yhteen rakennuksen poistumisjärjestelyjen ja muun valaistussuunnittelun kanssa. Arkkitehti määrittää rakennuksen poistumisreitit rakennuslupavaiheessa, ja ne esitetään pääpiirustuksissa. Erityiskohteissa, kuten hoitolaitoksissa ja palveluasumisessa, on laadittava poistumisturvallisuusselvitys. (Jumppanen 2021, 18.)

Poistumisvalaistussuunnitelmassa esitetään poistumisreittien merkintä ja valaistus, mutta poistumistiereittien määrittely ei kuulu itse sähkösuunnittelijalle. Poistumisvalaistussuunnittelussa on huomioitava paloalueiden rajat sekä turvalaitteiden, kuten paloilmoinpainikkeiden, alkusammutuskaluston ja ensiapupisteiden sijainnit. Lisäksi on tarkasteltava rakenteellisia esteitä, jotka voivat vaikuttaa poistumisturvallisuuteen. (Jumppanen 2021, 18.)

Poistumisvalaistussuunnittelun vaiheet ovat esitetty Kuvio 4.



Kuvio 4. Poistumisvalaistuksen suunnittelun vaiheet (Jumppanen 2021, 19)

6.3 Poistumisvalaistuksen tarpeen määrittely

Poistumisvalaistus suunnitellaan ottaen huomioon rakennuksen tyyppi, tilojen käyttötapa ja poistumisreittien erityispiirteet. Suunnittelijan tehtävänä on määrittää valaistuksen tarve ja ominaisuudet näiden tekijöiden perusteella. Koska täysin yksiselitteistä ohjetta ei voida antaa kaikille rakennustyypeille, voidaan hyödyntää yleisiä suuntaviivoja, kuten Taulukko 3 esitettyä jaottelua. Jaottelu on tehty sisäasiainministeriön asetuksen 805/2005 3 §:n mukaisesti. (Jumppanen 2021, 20.)

Lähtökohtana suunnittelulle on sisäministeriön asetuksen 805/2005 3 §:n mukainen jaottelu ja tilojen käyttäjien tuntemus ympäristöstä sekä heidän kykynsä pelastautua itsenäisesti tai toistensa avustuksella. Poistumisreitit tulee merkitä selkeästi erityisesti sellaisissa tiloissa, joissa liikkuu ihmisiä, jotka eivät tunne rakennusta hyvin. Tällaisia ovat esimerkiksi kokoontumis-, liike- ja majoitustilat sekä hoitolaitokset. Lisäksi poistumisjärjestelyiltään poikkeavat tilat, kuten maanalaiset alueet ja korkeat rakennukset, edellyttävät erityistä huomiota poistumisreittien merkitsemisessä. (Jumppanen 2021, 20.)

Taulukko 3. Poistumisvalaistuksen tarpeellisuus (Jumppanen 2021, 20)

	Poistumisopasteet	Poistumisreitin valaistus
Majoitustilat: hotellit, lomakodit ja asuntolat	+	+ ¹⁾
Hoitolaitokset: sairaalat, vanhainkodit, suljetut rangaistuslaitokset	+	+
Kokoontumis- ja liiketilat: ravintolat, myymälät, koulut, päiväkodit ja muut varhaiskasvatuksen tilat, urheiluhallit, näyttelyhallit, teatterit, kirkot, kirjastot ja päivähoitolaitokset	+	+ ²⁾
Toimistot ja muut työpaikkatilat, joissa on pääosin tilat tuntevaa henkilökuntaa	+	-
Tuotantotilat	+	- ³⁾
Autosuojat	+	-
Varastotilat, joissa työskennellään jatkuvasti	+	-
Maanalaiset tilat	+	+
Yli 8-kerroksiset rakennukset	+	+

- 1) Yksikerroksisissa rakennuksissa, joissa poistumismahdollisuudet ovat hyvät (esimerkiksi poistutaan huoneista suoraan ulos) poistumisreitin valaistus voidaan jättää pois.
- 2) Tiloissa, joiden pinta-ala on suurempi kuin 300 m². Pienemmissä tiloissa poistumisreitin valaistus harkinnan mukaan.
- 3) Mikäli poistuminen on vaikeaa tai poistumisjärjestely on tavanomaisesta poikkeava, poistumisreitti on valaistava.

7 POISTUMISVALAISIMET

7.1 Poistumisopasteet ja turvavalaisimet

Poistumisopaste on kilpi, joka osoittaa uloskäytävän sijainnin ja poistumisreitit suunnan. Turvallisuuskilpien ulkonäölliset vaatimukset ovat määriteltä standardissa EN 1838. Poistumisopasteen vähimmäiskorkeus ja -leveys on oltava 100 mm. (Jumppanen 2021, 10–12.) Kilpi on väriltään vihreä, jossa osoitetaan valkoisella nuolella suunta uloskäynnille tai muulle turvalliselle alueelle (Kuvio 5). Poistumisopasteiden on oltava aina valaistuja. Jälkivalaistuilla opasteilla voidaan vain täydentää järjestelmää. (Jumppanen 2021, 13.)



Kuvio 5. Poistumisopaste (Teknoware 2023)

Poistumisreitivalaistus, eli turvavalaisimet, käynnistyvät automaattisesti, jos tavallinen valaistus menee epäkuuntoon. Myös sellaisissa tilanteissa, joissa häiriö koskee vain osaa rakennusta. (Jumppanen 2021, 14.) Ne eivät ole siis jatkuva-toimisia, kuten poistumisopastevalaisimet.

7.2 Poistumisvalaistuksen toiminta-aika

Ennen poistumisvalaisimien valintaa ja sijoittelua, suunnittelijan on määriteltävä tarvittava toiminta-aika. Toiminta-ajalla tarkoitetaan kuinka kauan poistumisvalaisimet pysyvät päällä tavallisen valaistuksen mennessä epäkuuntoon. Toiminta-ajan vähimmäisvaatimus on 1 tunti, joka on useimmissa kohteissa riittävä. Sitä on perusteltavaa pidentää 3 tuntiin silloin, kun kohteen poistumisjärjestelyt ovat tavanomaisesta poikkeavat. Tällaisissa tilanteissa suunnittelijan on hyvä neuvotella myös pelastusviranomaisen kanssa. Lisäksi rakennusvalvonta voi asettaa vaatimuksia opas- ja turvavalaisimien toiminta-ajalle. (ST 59.10 2020, 6.)

7.3 Poistumisvalaisinten valinta

Poistumisvalaisimen valinnassa on tärkeää huomioida valaisimen koko, valaistusvoimakkuus, asennusympäristö, asennustapa, toiminta-aika ja tehonsyöttöjärjestelmä. Opasvalaisimen koko vaikuttaa sen suurimpaan katseluetäisyyteen ja määrittää, kuinka tiheästi niitä on sijoitettava. Turvalaisimien asennustiheyden määrittää niiden valaistusvoimakkuus. Valaisinten mekaanisen kestävyuden tärkeys korostuu erityisesti vaativissa olosuhteissa, kuten teollisuus- ja ulkotiloissa.

Poistumisvalaisimia on saatavilla sekä katto- että seinäasennuksiin sekä mahdollisesti erilaisilla kannakkeilla, joten asennuspaikat on suunniteltava ja tietää valaisimia tilattaessa. Valaisinten toiminta-aika on mitoitettava kohteen tarpeiden mukaisesti. Lisäksi tehonsyöttöjärjestelmä on valittava ennen valaisinvalintoja, sillä eri poistumisvalaisintyytit eivät ole yhteensopivia eri tehonsyöttöjärjestelmien kanssa.

Poistumisvalaisinten teknisistä vaatimuksista on oma standardi SFS-EN 1838, ja on hyvä varmistaa, että valaisinvalmistaja on ilmoittanut valaisimen täyttävän standardin asettamat vaatimukset.

7.4 Poistumisopasvalaisinten sijoitteluperiaate

Poistumisvalaisinten valinta ja sijoittelu aloitetaan opasvalaisimista. Opasvalaisimet tulee sijoittaa niin, että uloskäytävät ja kulkureitit ovat helposti havaittavissa. Harhaanjohtavat ovet, pitkät käytävät ja muut rakenteet voivat vaikeuttaa poistumisreitien hahmottamista. Opasteiden ja valaistuksen tarve vaihtelee rakennuksen ja käyttäjien mukaan, joten määräykset ovat yleisluonteisia. (Jumppanen 2021, 13.)

Opasvalaisimia sijoitetaan jokaisen poistumiseen tarkoitetun oven kohdalle, ja kulkureitillä tulee olla riittävästi opasteita, jotta poistumissuunta on jatkuvasti selkeä. Seuraavan opasteen on oltava näkyvässä heti edellisen jälkeen. (Jumppanen 2021, 13.)

Opasvalaisimen suurin katseluetäisyys määritellään yhtälöstä:

$$I = z \times h \tag{3}$$

missä

l on havainnointietäisyys

h on kilven korkeus

z on vakio, joka on 100 ulkopuolelta valaistuille kilville ja 200 sisäpuolelta valaistuille kilville. (Jumppanen 2021, 12–13.)

Opasteiden sijoitteluperiaate on esitetty Kuvio 6. (Jumppanen 2021, 13.)



Kuvio 6. Opasteiden sijoitteluperiaate (Jumppanen 2021, 13)

7.5 Turvavalaisinten sijoitteluperiaate

Poistumisreitivalaistuksen määrittelyssä noudatetaan standardia SFS-EN 1838. Standardin mukaan tietyt alueet on valaistava erityisesti, kuten hätäpoistumisovien ja portaikkojen läheisyys, korkeuserojen kohdat, suunnanmuutokset, risteykset, lopulliset uloskäynnit sekä kokoontumispaikat. Myös ensiapupisteiden, palontorjuntalaitteiden, hälytyspisteiden ja vammaisten poistumislaitteiden läheisyys on valaistava riittävästi. Lähialueeksi katsotaan yleensä enintään kahden metrin etäisyys vaakatasossa. Suunnanmuutos- ja risteyskohdissa valaistuksen on katettava molemmat suunnat. (Jumppanen 2021, 14.)

Uloskäytävien ovet ja lopulliset uloskäynnit valaistaan yleensä alasvalolla varustetuilla opasvalaisimilla, jotka valaisevat sekä turvallisuuskilven että alapuolella olevan alueen. (Jumppanen 2021, 14.)

Poistumisvalaistuksen tasaisuus ja käyttövarmuus paranevat, kun käytetään useita pieniä valaisimia harvassa olevien suurten valaisimien sijaan. Yleisesti turvavalaisimet asennetaan 2,5–3 metrin korkeudelle, jolloin valaisinten asennusväli on tyypillisesti 8–12 metriä. Tarkka mitoitus perustuu valaisinvalmistajien ilmoittamiin valonjakotietoihin. Valaisinten sijoittelussa on otettava huomioon valaistusvoimakkuus- ja häikäisynrajoitusvaatimukset. (Jumppanen 2021, 21–22.)

7.6 Poistumisreitivalaistuksen vaatimukset

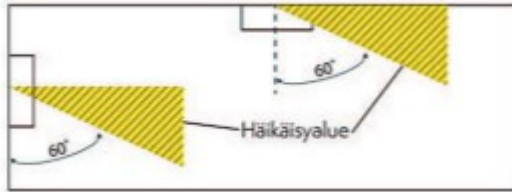
Enintään kaksi metriä leveällä poistumisreitillä valaistuksen on oltava riittävän kirkas, jotta lattian tasolla reitin keskilinjalla saavutetaan vähintään 1 lx valaistusvoimakkuus. Keskivyöhykkeellä, joka kattaa vähintään puolet reitin leveydestä, valaistusvoimakkuuden on oltava vähintään puolet keskilinjan valaistustasosta. Jos poistumisreitti on leveämpi kuin kaksi metriä, se voidaan jakaa kahden metrin levyisiin kaistoihin tai valaista avoimen alueen valaistusvaatimusten mukaisesti. Valaistuksen tasaisuuden varmistamiseksi keskilinjalla suurimman ja pienimmän valaistusvoimakkuuden välinen suhde ei saa ylittää 40:1. (ST 59.10, 3.)

Turvavalauksessa valaistuksen voimakkuus on matala, mikä voi johtaa häikäisyyn valaisimen ja sen taustan välisen kontrastin vuoksi. Suurin ongelma on estohäikäisy, jossa valaisimen korkea luminanssi voi vaikeuttaa ympäristön hahmottamista ja estää esteiden sekä opasteiden näkymisen selkeästi. (ST 59.10, 4.) Turvavalaisimien on noudatettava Taulukko 4 määrättyjä valovoima-arvoja häikäisyalueella.

Taulukko 4. Turvavalojen suurin valovoima häikäisyalueella (Jumppanen 2021, 16)

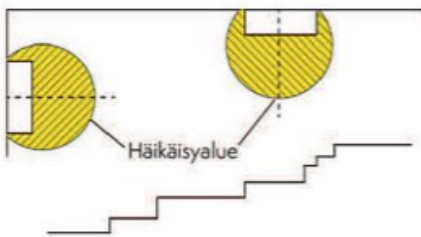
Asennuskorkeus lattiasta h/m	Suurin sallittu valovoima I_{max}/cd	
	Poistumisreitin ja avoimen alueen valaistus	Riskialttiin alueen valaistus
$h < 2,5$	500	1 000
$2,5 \leq h < 3,0$	900	1 800
$3,0 \leq h < 3,5$	1 600	3 200
$3,5 \leq h < 4,0$	2 500	5 000
$4,0 \leq h < 4,5$	3 500	7 000
$h \geq 4,5$	5 000	10 000

Häikäisyalue määritetään sen mukaan, missä valaisimen aiheuttama häikäisy voi haitata näkyvyyttä poistumisreiteillä. Vaakatason poistumisreiteillä häikäisyalue sijaitsee pystysuorassa alhaalta mitattuna 60–90 asteen kulmassa (Kuvio 7).



Kuvio 7. Vaakatason olevan poistumisreitit häikäisyalue (Jumppanen 2021, 16)

Muilla kuin vaakatason poistumisreiteillä häikäisyalue ulottuu kaikkiin suuntiin valaisimesta (Kuvio 8).



Kuvio 8. Muilla kuin vaakatason poistumisreiteillä oleva häikäisyalue (Jumppanen 2021, 16)

7.7 Tehonsyöttöjärjestelmät

Jotta poistumisvalaistus toimii normaalin sähkönsyötön katketessa, sen tehonsyöttö on varmistettava joko yksikkövalaisinjärjestelmällä, eli valaisinkohtaisilla varavoimalähteillä tai keskusakustojärjestelmällä, jolloin kaikilla valaisimilla on yhteinen varavoimalähde turvalokeskuksessa. Poistumisturvallisuuden kannalta kummatkin vaihtoehdot ovat tasavertaisia. Järjestelmän valinta on tehtävä tapauskohtaisesti, huomioiden käyttövarmuus, huollettavuus ja kustannukset. (ST 59.10 2020, 7.)

Valaisinyksikköjärjestelmä on asennuksen ja tilamuutosten kannalta keskusakustojärjestelmää joustavampi vaihtoehto. Sen valaisimet toimivat itsenäisesti omilla akuillaan, mikä mahdollistaa järjestelmän helpon laajentamisen ja muok-

kaamisen ilman merkittäviä rakenteellisia muutoksia. Huollon kannalta valaisinyksikköjärjestelmä on epäedullisempi, sillä akustot ja laitteistot sijaitsevat hajautetusti eri puolilla rakennusta, mikä vaikeuttaa kunnossapitoa ja lisää huolto- toimien työmäärää. Valaisinyksikköjärjestelmä tarjoaa kuitenkin suuremman käyttövarmuuden verrattuna keskusakustojärjestelmään, koska yksittäisen akun toimintahäiriö vaikuttaa vain kyseiseen valaisimeen, eikä koko järjestelmän toimivuus vaarannu. (ST 59.10 2020, 7.)

Keskusakustojärjestelmässä valaisimet saavat käyttövirtansa yhdestä tai useammasta keskusakustosta. Tämän seurauksena yksittäiset valaisimet ovat edullisempia, mutta järjestelmän kokonaiskustannukset voivat olla korkeammat johdettujen kaapeloinnin laajuudesta ja turvalokeskusten hankinnasta. (ST 59.10 2020, 7.)

Keskusakustojärjestelmän etuna on sen keskitetty valvonta- ja hallintajärjestelmä. Turvalaistuskeskukset voivat lähettää erilaisia vikahälytyksiä. Kehittyneemmissä järjestelmissä valvonta voi ulottua myös yksittäisten valaisimien toimintatilaan, mikä mahdollistaa vikojen tarkemman seurannan ja kohdistetut huoltotoimenpiteet. Keskusakustojärjestelmään liittyvät hälytystiedot voidaan myös integroida osaksi kiinteistöautomaatiojärjestelmää. (ST 59.10 2020, 7.)

7.8 Kaapelointi

Turvalaistujärjestelmien kaapeloinnille asetetut vaatimukset ovat esitetty standardissa SFS 6000-5-56 kohdassa 560.9. Standardissa on määrätty, että keskusakustolla toimivien turvalaistinten kaapelointi on toteutettava palonkestävällä kaapelilla. Tämä vaatimus ei koske valaisinyksikköjärjestelmää, sillä valaisinyksikköjärjestelmässä tehonlähde ja ohjauskomponentit ovat valaisimien sisällä (ST 59.10 2020, 8).

Poistumisvalaistuksen asennustarvikkeiden on oltava vahvavirta-asennukseen hyväksytyjä, ja johtimien poikkipinnan on oltava vähintään 1,5 mm². 230 V:n järjestelmissä oikosulkuvirrat määrittävät kaapeleiden maksimipituudet. Jotkin järjestelmät sallivat muun tyyppiset kaapelit, mutta tehonsyötön riittävyys on silti varmistettava. (ST 59.10 2020, 8.)

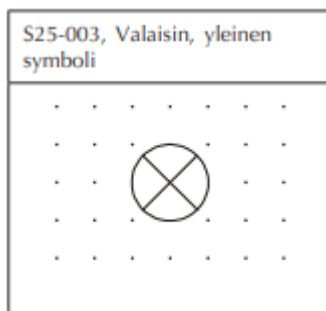
24 V:n keskusakustojärjestelmissä kaapelit on mitoitettava niin, että jännitteen alenema pysyy laitetoimittajan raja-arvojen sisällä. Jännitteen alenemaan on kiinnitettävä erityistä huomiota erityisesti valaisinryhmän kauimmaisen valaisimen kohdalla, jotta valaistus säilyy riittävänä koko toiminta-ajan. Lisäksi akun ikääntyminen on otettava huomioon, koska jännitteen tulee olla riittävä myös vanhalla akulla. Valmistajakohtaisia eroja voi esiintyä valaisimelle riittävän jännitteen määrittelyssä. (ST 59.10 2020, 8.)

8 VALAISTUSSUUNNITELMIEN DOKUMENTOINTI

8.1 Valaisinten sijoittelukuvat

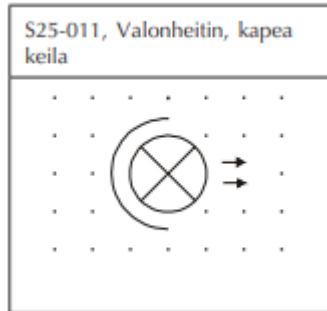
Valaisinsuunnittelussa on luotava valaisinten sijoittelukuva. Sijoittelukuvan pohjana käytetään kohteen tasokuvaa. Yleisesti sijoittelukuvissa esitetään kohteiden suhteelliset tai todelliset sijainnit sekä niiden mitat. Kohteet kuvataan muotonsa, yksinkertaistettujen ääriviivojensa, päämittojensa tai standardin IEC 60617 mukaisen piirrosmerkkien avulla. Tarkkojen etäisyyksien ja mittojen esittäminen voi olla joskus tarpeellista. Lisäksi piirustuksessa on esitettävä kohteiden sijoittamiseen liittyvä ympäristön informaatio sekä kohteiden tunnistamista koskevat tiedot. (SFS-EN 61082-1 2015, 73.)

Standardin IEC 60617 mukainen yleisvalaisimen piirrosmerkki on ruksi (Kuvio 9). Valaisimen tyyppiä, asennustapaa ja liitântätapaa voidaan tarkentaa erilaisin lisämerkein.



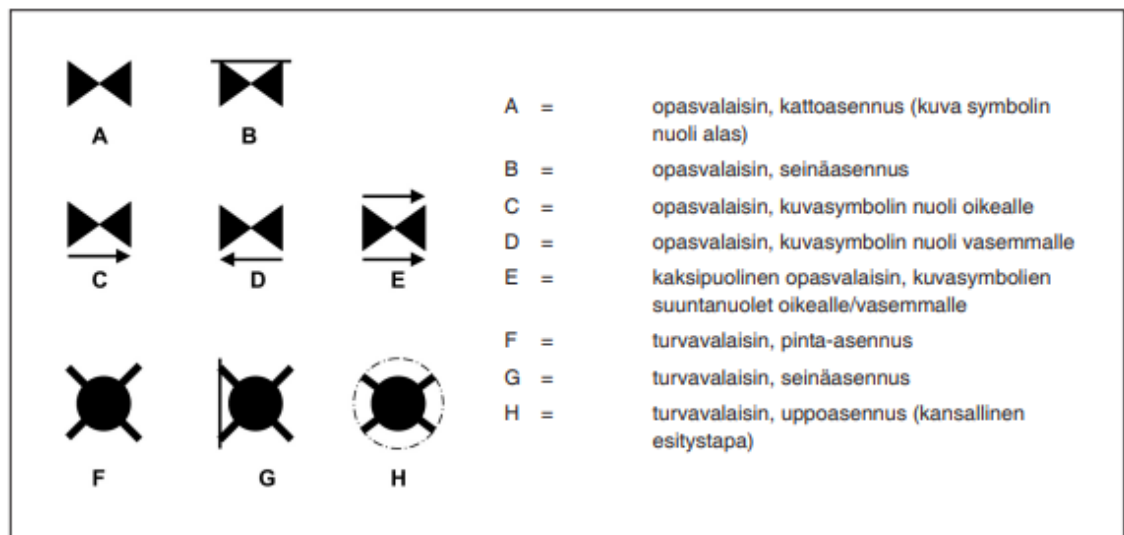
Kuvio 9. Valaisimen yleinen symboli (ST 13.51 2012)

Standardinmukainen valonheittimen piirrosmerkki erotetaan normaalin yleisvalaisimen piirrosmerkistä kaarella ja nuolimerkeillä, jotka kuvaavat valonheittimen valoikeilan leveyttä (Kuvio 10).



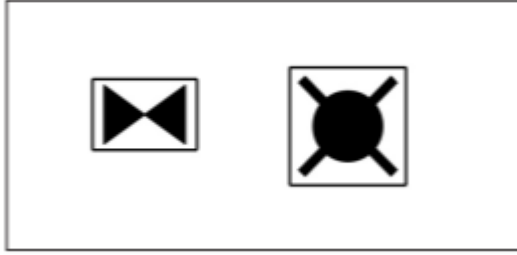
Kuvio 10. Valonheittimen symboli (ST 13.51 2012)

Poistumisvalaistuksessa käytettäviä piirrosmerkkejä on esitetty Kuvio 11. Kuvassa näkyvät A ja F ovat opas- ja turvavalaisimien perusmerkit. Niitä voidaan täydentää erilaisin lisämerkein, joista voidaan päätellä esimerkiksi opasnuolen suunta tai asennustapa. (Jumppanen 2021, 23.)



Kuvio 11. Poistumisvalaistuksessa käytettävät piirrosmerkit (Jumppanen 2021, 23)

Piirrosmerkin ympärille on lisättävä kehys, kun kyseessä on omalla tehonlähteellä varustettu valaisin (Kuvio 12).



Kuvio 12. Omalla tehonlähteellä varustettujen valaisinten piirrosmerkit (Jumppanen 2021, 23)

8.2 Yleisvalaistuksen sähköistys

Yleisvalaistuksen sähköistyskuvista ilmenee kuinka valaisinten pää- ja ohjausvirtpiirit ovat toteutettu. Ennen kuvien laatimista, on tiedettävä, mitkä ohjaus- ja säätötekniikat sopivat kohteeseen parhaiten sekä miten ohjauksen sähkönsyöttö toteutetaan.

Valaistuksen ohjaus voi olla automaattinen tai käyttäjän hallittavissa oleva. Sen valinta riippuu tilan käyttötarkoituksesta. Tyypillisiä valaistuksen automaattisia ohjaustekniikoita ovat kello-, hämäräkytkin-, liiketunnistus- ja läsnäolotunnistustekniikat. Tyypillisiä käyttäjän hallitsemissa valaistuksen ohjaustekniikoita ovat päälle/pois-kytkimet, himmentimet ja tilanteen mukaiset ohjauskytkimet, joita käytetään kohteissa, joissa voi olla useanlaisia valaistustarpeita. (ST 58.04 2022.)

Sähkönsyöttö valaistuksen ohjauspiirille voidaan toteuttaa helposti esimerkiksi kontaktorilla. Valaistuksen ohjaus on yksi tyypillisimpiä kontaktorin käyttökohteita (ABB 2025).

8.3 Valaisinluettelo

Valaisinluettelo on dokumentti, johon kirjataan kaikki projektissa käytettävät valaisimet ja niiden lisävarusteet. Se sisältää valaisimien valmistajat, tyypit, asennustavat sekä tarvittavat kiinnitysvarusteet. Lisäksi luetteloon voidaan merkitä valonlähde, heijastimet, häikäisyuojat, kotelointiluokka sekä liitäntälaitteen tyyppi. (ST 58.04 2022, 7.)

Muita luettelossa kerrottavia tietoja ovat sähkökytkentään liittyvät tiedot, kuten kytkentärima, pistoliitin tai läpijohdotettavuus, sekä mahdolliset erikoisvarusteet. Lisäksi valaisinluetteloon kirjataan mahdolliset erikoisvärit, valonlähteen väriominaisuudet ja muut projektikohtaisesti huomioitavat seikat. Jokaiselle tietyllä tavalla varustellulle valaisimelle annetaan oma positionumero, joka merkitään asennus- ja tasopiirustuksiin. (ST 58.04 2022, 7.)

9 LIIKKUVAN KULJETINLAITTEISTON YLEISVALAISTUS

9.1 Tilakartoitus

Asiakaskohteena on uusi kaivoksella sijaitseva liikkuva kuljetinlaitteisto, joka korvaa elinkaarensa päähän tulleen vanhan laitteiston. Liikkuva kuljetinlaitteisto koostuu purkausvaunuista PVA0001 ja PVA0002 sekä kolmesta kuljettimesta KUL0004, KUL0006 ja KUL0007. Liikkuva kuljetinlaitteisto liikkuu yhdellätoista telavaunulla. Se on osa suurempaa kokonaisuutta, jossa kaivoksen primäärikausalta siirrettyä liuotettua malmia kasataan sekundäärialueelle, eli malmin loppusijoituspaikalle.

Kuvio 13 on valokuva, jossa näkyy vanhan kuljetinlaitteiston PVA0002 valvomo, KUL0007, josta liuotettu malmi putoaa kasalle ja telavaunut, joiden päällä on KUL0006.



Kuvio 13. Vanha liikkuva kuljetinlaitteisto toiminnassa (Talvivaara)

Valaistuksen suunnittelussa oli huomioitava liikkuvan kuljetinlaitteiston työskentelyalueet, kuten huoltotasot, portaat, tikkaat, PVA 0002-valvomotila, sähkö- ja muuntamotilat sekä kuljettimien välitön ympäristö. Koska kuljetinlaitteisto sijaitsee ulkotiloissa, suunnittelussa oli otettava huomioon ulkotyötilojen valaistusta koskevat standardit sekä vaativien ympäristöolosuhteiden vaikutus valaisimiin. Tässä opinnäytetyössä keskitytään ainoastaan ulkovalaistukseen, eikä sisätilojen valaistusta käsitellä.

9.2 Valaistuksen vaatimukset

Liikkuva kuljetinlaitteisto sijaitsee ulkotiloissa, joten sen valaistuksen määrittelyssä käytettiin ulkotyötilojen valaistusstandardia SFS-EN 12464-2. Koska standardi ei sisällä suoraan tälle kohteelle soveltuvia valaistusvaatimuksia, sitä täytyi soveltaa kohteen erityispiirteiden mukaan. Valaistuksen on tuettava turvallista liikkumista ja työskentelyä vaihtelevissa sääolosuhteissa sekä vähennettävä huollon ja kunnossapidon riskejä.

Sopivimmaksi ratkaisuksi valittiin kaasu- ja öljyteollisuuden valaistusstandardista kohta "Ladders, stairs, walkways", jonka mukainen ylläpidettävä valaistusvoimakkuus on 100 lx. Tämä kattaa kuljetinlaitteiston huoltotasot, portaat ja kulkuväylät, joissa työntekijät liikkuvat säännöllisesti. Lisäksi esimerkiksi kuljettimien moottoreiden ja laakereiden huoltoa varten sovellettiin saman standardin kohtaa "Treatment Areas", jossa vaadittu valaistusvoimakkuus on 200 lx. Korkeampi valaistus taso parantaa näkyvyyttä tarkkuutta huoltotoimenpiteissä ja vähentää virheiden riskiä.

9.3 Kohteeseen valitut yleisvalaisimet

Liikkuvalle kuljetinlaitteistolle valittujen yleisvalaisinten tarkoituksena oli luoda standardien ja määräysten vaatimukset täyttävä valaistus sellaisille alueille, joihin työntekijöillä on pääsy. Valonheittimiä käytettiin valaisemaan kuljettimien väliä ympäristöä, jossa on liikennettä, sekä kuljettimien purkupäitä.

Liikkuvan kuljetinlaitteiston yleisvalaisimeksi valittiin Tehdasvalon valmistama LED Victor 750M (Kuvio 14). Tämä valaisin täyttää kaikki vaatimukset, joita kohteessa vaaditaan. Valaisimen valintaan vaikutti myös asiakkaan toive siitä, että valaisin vastaisi vanhalla kuljetinlaitteistolla olevia valaisimia, jossa on käytetty niin LED Victor 750M -valaisimia, kuin vanhempia Victor 750M -purkauslamppuvalaisimia.



Kuvio 14. Tehdasvalo LED Victor 750M (Tehdasvalo 2025)

Valonheittimiksi valittiin Onninen valmistama Onnflood II led -valonheitin (Kuvio 15). Tämä valonheitin vastaa kaikkiin kohteen erityisvaatimuksiin ja soveltuu ominaisuuksiltaan teollisuusympäristöön.



Kuvio 15. Onnline Onnflood II (Onninen 2025)

9.3.1 Yleisvalaisinten valoteknilliset asiat

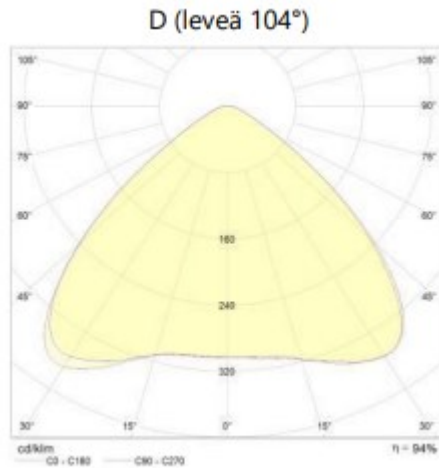
Valaisintekniikkana käytettiin led-valaisimia, sillä ne ovat energiatehokkaita ja moderneja. Toinen painava valintaperuste oli liikkuvan kuljetinlaitteiston loppusijoituspaikan sisäisessä tehdasstandardissa oleva säädäntö, jossa lampputyypiksi vaaditaan joko pitkäikäiset monimetalli- tai led-valonlähteet. Näistä kahdesta vaihtoehdosta led-valaisin voitiin katsoa paremmaksi sen pidemmän elinajan, energiatehokkuuden, kestävyuden, huoltovapauden ja parempien valonjakomahdollisuuksien vuoksi.

Valittu LED Victor 750M valaisin sisältää kaksi LED-moduulia ja tuottaa noin 8600 luumenin valotehon. Sen ottoteho on noin 70 W, mikä mahdollistaa energiatehokkuuden 123 lm/W. Tämä arvo on erittäin hyvä, sillä se tukee sekä suorituskykyä että energiansäästöä. Valaisimen käyttöikä on L80B10 >100 000 tuntia, mikä takaa pitkäaikaisen toiminnan.

Valittu valonheitin Onnflood II tuottaa valotehoa 39000 luumenia 300 W ottoteholla. Siten sen energiatehokkuus on noin 130lm/W, joka tukee suorituskykyä sekä energiansäästöä. Valmistajan ilmoittama valonheittimen käyttöikä on 50 000 tuntia ennen valotehon huomattavaa heikentymistä.

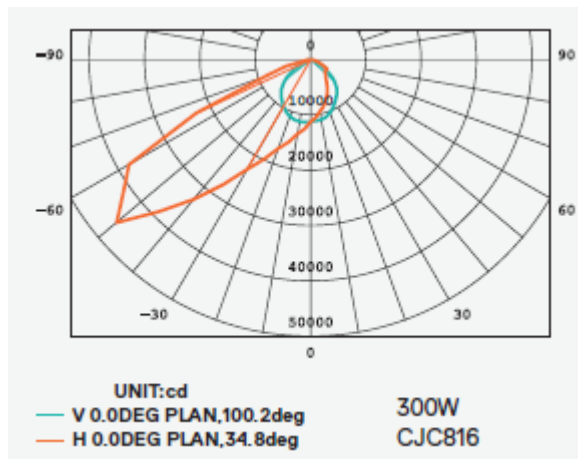
9.3.2 Yleisvalaisinten valonjako

Liikkuvan kuljetinlaitteiston huoltotasojen valaistuksen käyttötarkoitus huomioon ottaen, katsottiin parhaaksi valita LED Victor 750M valaisin leveällä symmetrisellä valonjaolla (Kuvio 16). Leveä valonjako jakaa valoa tasaisesti laajalle alueelle ja sen myötä ehkäistään voimakkaita varjoja ja häikäisyä, jotka voivat aiheuttaa vaaratilanteita. Leveä valonjako voi vähentää myös energian kulutusta, koska se mahdollistaa suuremman alueen valaisemisen pienemmällä valaisinmäärällä.



Kuvio 16. LED Victor 750M leveä symmetrinen valonjako (Tehdasvalo 2025)

Valonheittimille valittiin epäsymmetrinen valonjako, jotta ne eivät häikäisisi eikä aiheuttaisi turhaa valosaastetta ympäristöön (Kuvio 17). Tämä ratkaisu mahdollistaa valaisimien asentamisen ylhäältä kuljettimilta niin, että ne suuntaavat valon maata kohti ja valaisevat kuljetinlaitteiston vieressä kulkevat ajoväylät tehokkaasti.



Kuvio 17. Onnline Onnflood II epäsymmetrinen valonjako

9.3.3 Yleisvalaisimien mekaaninen kestävyys

Liikkuva kuljetinlaitteisto on ympärivuoden ulkotiloissa toimiva ja mekaanisille ratituksille altistuva kohde, joten sille oli valittava ankariakin olosuhteita kestävä valaisimet.

Tehdasvalon LED Victor 750M valaisimen IP-luokka on IP64. Onnlinen led-valonheitin Onnflood II on IP-luokaltaan IP65. Ne ovat täysin pölytiivitä ja kestävät vesisadetta, ja täten vastaavat ympäristön vaatimuksiin, sillä valaisimet altistuvat ulkotiloissa säänvaihtelulle ja kaivoksen kivipölylle.

Liikkuva kuljetinlaitteisto altistuu voimakkaalle tärinälle ja sen lisäksi valaisimiin voi kohdistua iskuja hinnalla liikkuvan tavaran vuoksi. Liikkuvalle kuljetinlaitteistolle valittavan LED Victor 750M yleisvalaisimen IK-luokkaa ei ollut valmistajan puolesta ilmoitettu, mutta sen luvataan kestävän erilaisissa vaativissa olosuhteissa mekaanisen rakenteensa puolesta. Onnlinen led-valonheitin Onnflood II on IK-luokaltaan 08, eli se kestää hyvin mekaanista rasitusta ja täten sopii vaativiin olosuhteisiin (Onninen 2025).

Liikkuvalle kuljetinlaitteistolle valittujen valaisinten yksi tärkeimmistä kriteereistä oli se, että toiminta on varmaa lämpöolosuhteiden vaihdellessa. Valaisimien Ta-luokka oli tärkeä olla tarpeeksi korkea, jotta valaisimet kestävät suoran auringonpaisteen kesällä. Valaisimen toimivuus pakkasella oli myös varmistettava. Valitun LED Victor 750M valaisimen max Ta-luokka on 45°C ja minimi -40 °C. Valitun Onnflood II valonheittimen Ta-luokka on -35...50 °C. Nämä takaavat, etteivät valaisinten tehot heikkene ulkoympäristön lämpöolosuhteiden muuttuessa.

Ulkotiloissa olevat valaisimet altistuvat UV-säteilylle ja korroosiolle. Valittujen yleisvalaisimien rungot ovat valmistettu alumiinista, joka on korroosionkestävää metallia. Yleisvalaisimien kuvut ovat valmistettu lasista, joka ei haurastu ajan kanssa UV-säteilylle altistuessaan.

9.3.4 Yleisvalaisinten asennustapa

Huoltotasojen yleisvalaisimet suunniteltiin asennettaviksi taittuviin pylväisiin, jotka ovat noin 3 metriä korkeita. Taittavat pylväät helpottavat huoltotoimenpiteitä. Pylväät asennetaan huoltotasojen kaiteisiin soveltuvilla kiinnikkeillä. Valaisinvalmistaja Tehdasvalo toimittaa valaisimiin erilaisia kannakkeita, joista parhaaksi vaihtoehdoksi koettiin pylväskannake 9003, jolla valaisimen saa asennettua huoltotasoon nähden pitkittäin. Kannake suunniteltiin sijoitettavaksi pylväeseen korkealle, jotta valaisin olisi yli 2 metriä korkealla huoltotasoon nähden. Näin

valaisin ei ole huoltotasolla kulkevien henkilöiden edessä, mutta sellaisella korkeudella, että se on helposti asennettavissa ja huollettavissa. Kuvio 18 näkyy, kuinka valaistuksen asennus on toteutettu vanhalla kuljetinlaitteistolla. Asiakkaalle piirrettiin asennuksesta yksityiskohtainen ohjeellinen asennusdetalji.



Kuvio 18. Valokuva vanhan kuljettimen valaisinasennuksesta

Valonheittimet suunniteltiin asennettavaksi kuljetinlaitteiston kiinteisiin osiin, kuten huoltotasojen teräsrakenteisiin, joissa niiden helppo saatavuus huollon kannalta säilyy. Onnlinen Onnflood II led-valonheittimessä on itsessään kannake, jonka voi asentaa pinta-asennuksena lähes minne tahansa. Valonheitintä voi suunnata, sillä se kääntyy x-akselin suhteen. Ne suunniteltiin suunnatavaksi kohti kuljetinlaitteistoa ympäröiviä ajoväyliä alaspäin tai kuljettimien purkupäitä kohden. Kuvio 19 näkyy kuinka valonheitinten asennus on toteutettu vanhalla kuljetinlaitteistolla.



Kuvio 19. Valokuva vanhan kuljettimen valonheitinasennuksesta

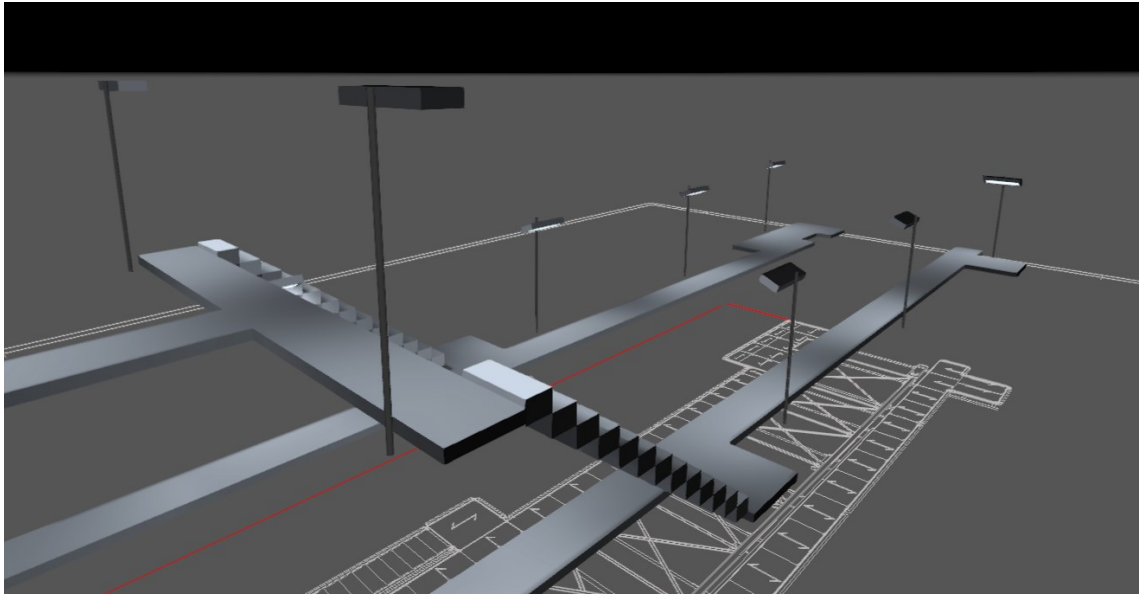
9.4 Valaistustasolaskelmat

Yleisvalaisinten sijoitusten määrittely tehtiin valaistustasolaskelmien perusteella. Valaistustasolaskelmat tehtiin DIALux evo- ohjelmistolla, johon ensin mallinnettiin purkausvaunujen ja kuljettimien valaistavat alueet. Mallinnukseen ei sisällytetty muita kuljetinlaitteiston osia, esimerkiksi hihnoja. Sitä ei nähty tarpeelliseksi, sillä se olisi hidastanut työtä ja valaistuksen ensisijainen tarkoitus oli valaista vain sellaiset alueet, joihin työntekijöillä on pääsy. Mallinnus tehtiin, koska purkausvaunujen tasokuvassa oli useita kerroksia, ja oli selkeämpää määrittellä alempien kerrosten laskenta-alueet mallinnuksen kautta.

Työssä auttoivat kuljetinlaitteiston rakentajalta saadut mekaniikkakuvat ja 3D-mallinnukset. Mallinnus tehtiin tasokuvan päälle käyttäen floor element-komentoa. Lattiatasojen korkeuksien määrittely tehtiin mekaniikkakuvissa olevien mittojen perusteella.

Kun valaistavat alueet olivat mallinnettu, lisättiin DIALux evo-ohjelmistoon valittu valaisin. Tehdasvalon tuotteet eivät löydy DIALux evo-ohjelmiston valaisinkatalogista, joten ne oli tuotava sinne erikseen valaisinvalmistajan nettisivulta ladattavalla valonjakotiedostolla muodossa .ldt. Oman valonjakotiedoston tuominen vaati ohjelmiston maksullisen lisäosan Unlock Non-Members.

Valaisimet sijoiteltiin tasokuvaan ja niiden asennuskorkeudeksi määritettiin huoltotason korkeus + 2 metriä (Kuvio 20). Valaisimia sijoiteltiin erityisesti portaikkojen ja huoltokohteiden läheisyyteen sekä tasaisin välimatkoin pitkille huoltotasoille.



Kuvio 20. Esimerkkikuva KUL0007 huoltotasojen mallinnus DIALux evossa

Kun valaisimet oli sijoitettu, suoritettiin valaistustasolaskennat. Valaistustasolaskentoja varten oli ohjelmistossa määritettävä laskenta-alueet. Laskenta-alueiksi määritettiin huoltotasojen pinnat sekä portaikkojen askelmat. Laskenta-alueiden parametriksi asetettiin "Perpendicular illuminance". Se tarkoittaa, että valaistusvoimakkuus mitataan kohtisuoraan pinnan suhteen, jolloin saadaan tarkka arvio valon määrästä riippumatta siitä, onko pinta vaakasuora, kalteva vai pystysuora. Tämä parantaa valaistuksen arviointia erityisesti portaikoissa ja kuljettimien kaltevilla huoltotasoilla, joissa pelkkä horisontaalinen mittaus ei olisi antanut luotettavaa tulosta.

Laskenta suoritettiin ajamalla "Calculation" komento. Laskennan valmistuessa sivun oikeaan reunaan ilmestyivät laskennan tulokset laskentapinnoittain. Kuvio 21 näkyy esimerkki laskentapintojen keskimääräisen valaistusvoimakkuuden ja valon tasaisuuden laskentatuloksista. Siitä voitiin tarkistaa, yltääkö tulokset standardissa asetettuihin vaatimuksiin. Mikäli tulokset eivät olleet tyydyttäviä, pyrittiin vaikuttamaan tulokseen vaihtamalla valaisinten sijoituksia.

Results overview				
Active light scene: Light scene 1				
Search <input type="text"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Calculation surface 16		<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	292 lx	0.76	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Calculation surface 17		<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	291 lx	0.73	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Calculation surface 18		<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	291 lx	0.74	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Calculation surface 19		<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	292 lx	0.76	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Calculation surface 20		<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	292 lx	0.76	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Calculation surface 21		<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	292 lx	0.71	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Calculation surface 22		<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	291 lx	0.75	<input type="checkbox"/>

Kuvio 21. Esimerkkikuva valaistuslaskentatuloksista

Liikkuvan kuljetinlaitteiston valaistustasolaskennassa huomioitiin laskentatasojen keskimääräinen valaistusvoimakkuus ja tasaisuus. Siihen ei otettu mukaan häikäisyarvoa. Sitä ei pidetty olennaisena tietona, koska liikkuvassa kuljetinympäristössä työntekijät eivät yleensä työskentele kiinteässä paikassa pitkäkestoisesti, jolloin häikäisyn vaikutus heidän työskentelyynsä on vähäisempi.

9.5 Alenemakertoimen määrittely

Liikkuvan kuljetinlaitteiston valaistuksen vaatimuksia asettaessa otettiin huomioon myös alenemakerroin. Se on määritelty valaisinten vikaantumisen, likaantumisen ja valovirran heikkenemisen perusteilla. Alenemakerroin on laskettu kohteeseen valitun yleisvalaisimen Tehdasvalo Victor 750M LED valmistajan ilmoittamien arvojen perusteella.

Alenemakertoimen laskenta alkaa määrittelemällä valovirran alenemasta johtuva kerroin f_{LF} . Led-valaisimilla se määräytyy valmistajan ilmoittamasta käyttöiästä, joka on Tehdasvalon Victor 750M LED-mallilla L80B10. Täten f_{LF} on 0,8.

Seuraavaksi määritellään valaisimien vikaantumisenesta johtuva kerroin f_S . Koska valituksessa valaisinmallissa valonlähde on vaihdettavissa, ovat ne helppo korjata heti yksittäisen valaisimen vikaantuessa. Täten kerroin f_S on 1.

Seuraavaksi määritellään valaisimen likaantumisenesta johtuva kerroin f_{LM} . Suomessa ulkovalaisimien likaantumisenesta johtuvan kertoimen määrittelyyn käytetään yleensä Väyläviraston ohjeita. Ohjeet ovat tehty pääasiassa tie- ja katuvalaistukselle. Ohjeessa on määritely, että led-valaisimen, jonka asennuskorkeus on alle neljä metriä, likaantumiskerroin on 0,85. (ST 96.35 2024, 5.)

Viimeinen määriteltävä kerroin on huonepintojen likaantumisenesta johtuva kerroin f_{SM} . Tätä ei oteta huomioon ulkovalaistuksen suunnittelussa, joten kerroin saa arvon 1,00. (ST 96.35 2024, 6.)

Sijoitetaan arvot kaavaan 2:

$$0,8 \times 1,0 \times 0,85 \times 1,0 = 0,68$$

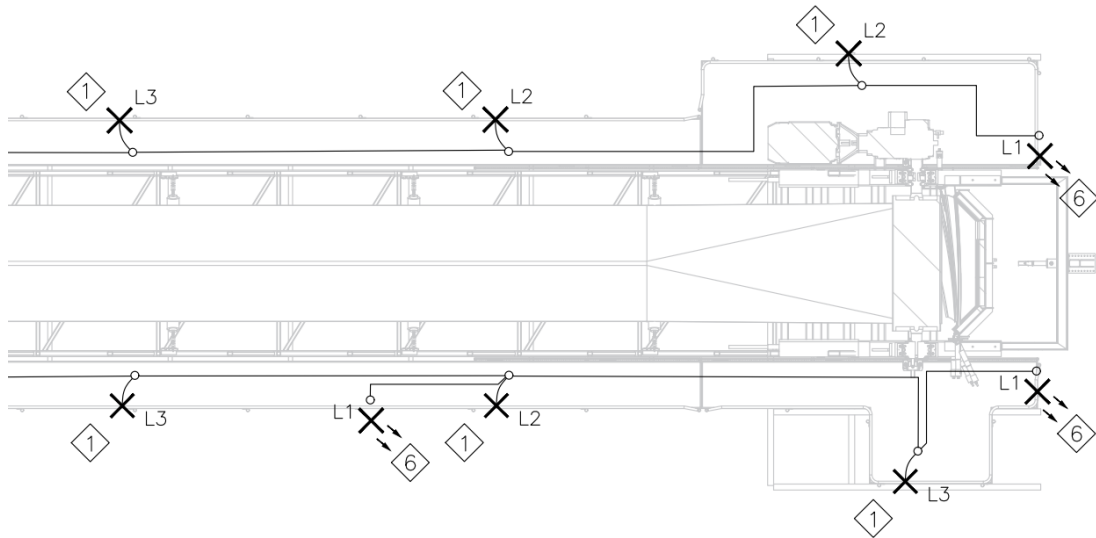
Kohteen alenemakerroin on 0,68. Sijoitetaan se laskukaavaan 1, josta saadaan vastaukseksi keskimääräinen valaistusvoimakkuus alussa E_i , kun alueella vaaditaan 100 luksin ylläpidettävä valaistusvoimakkuus.

$$E_i = 100 \div 0,68 = 147$$

Lasketun alenemakertoimen perusteella alueilla, joilla vaaditaan 100 luksin ylläpidettävä valaistusvoimakkuus, on tavoiteltava valaistuksen alussa vähintään 147 luksin valaistustasoa, jotta valaistus säilyy vaaditulla tasolla koko elinkaarensa ajan.

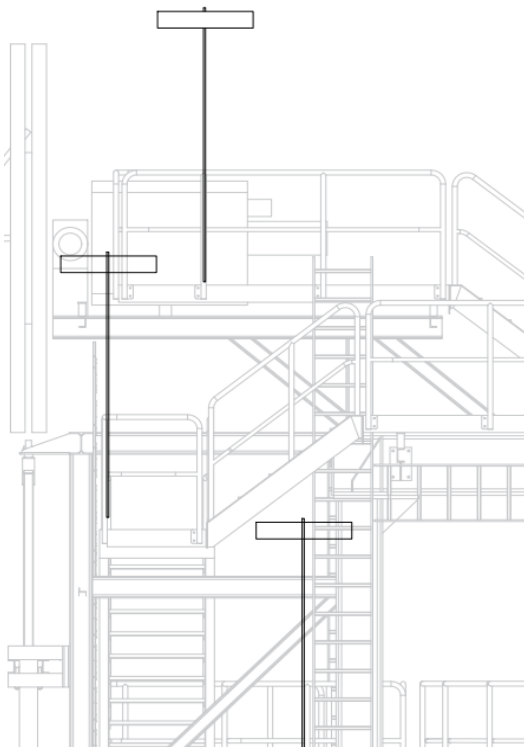
9.6 Valaisinten sijoituskuva

Valaisinten sijoituskuvat luotiin kuljetinlaitteiston tasokuvien päälle, jotta saatiin selkeä käsitys valaisimien asennuspaikoista (Kuvio 22). Sijoituskuvassa näkyivät yleisvalaisinten ja valonheittimien sijainnit, valaisinpositiot, kaapelointireitit sekä se, mille vaiheelle kukin valaisin on kytkettävä. Sijoituskuviissa esitettiin myös poistumistievalaisinten paikat.



Kuvio 22. Esimerkki valaisinten sijoituksista KUL0007 tasokuvassa

Valaisimien paikat esitettiin sekä ylhäältä käsin tasokuvassa että sivukuvassa mekaniikkapiirroksessa (Kuvio 23), joka paljasti mahdolliset korkeuserot valaisimien asennuksessa, koska tasokuvassa nämä eivät olisi erottuneet.



Kuvio 23. Esimerkki valaisinten sijoituksista PVA0001 sivukuvassa

9.7 Yleisvalaisinten päävirtapiirikaavio

Liikkuvan kuljetinlaitteiston valaistuksen sähkönsyöttö suunniteltiin toteutettavaksi kontaktorilähtöjen kautta. Yleisvalaisinten johdonsuoja-automaatit mitoitettiin valaisinvalmistaja Tehdasvalon toimittaman kuormitettavuustaulukon mukaisesti. Taulukossa (Taulukko 5) määritellään valaisintyyppin mukaan suurin sallittu valaisinmäärä per johdonsuoja-automaatti.

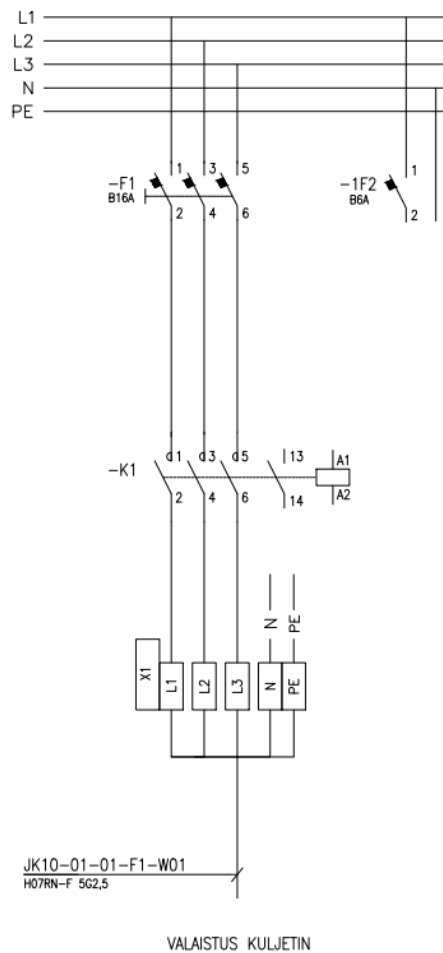
Taulukko 5. LED Victor 750M -kuormitettavuustaulukko (Tehdasvalo 2025)

Max. valaisinmäärä / johdonsuoja-automaatti

Valaisintyyppi	B10A	B16A	C10A	C16A
070 ○ 28	7	12	11	19
095 ○ 28	7	11	11	17

Kaikki valitut kolmivaiheiset johdonsuoja-automaatit olivat 16 A:n kokoisia, minkä vuoksi myös kohteeseen valittiin 2,5 mm² poikki-pintaiset kaapelit. Yleisvalaistuksen kaapeloinnissa käytettiin mekaanista rasitusta kestävästä H07RN-F 5G2,5 mm² kumikaapelia.

Päävirtapiirikaaviossa esitetään keskuskohtaiset valaisinlähdet, mukaan lukien valaisinryhmien kolmivaiheiset johdonsuoja-automaatit, kontaktorit sekä ohjauvirtapiiriin johdonsuoja-automaatti (Kuvio 24). Valaisimet on ryhmitelty siten, että jokaisella purkausvaunulla ja kuljettimella on oma erillinen ryhmänsä.



Kuvio 24. Esimerkki yhden valaisinryhmän päävirtapiirikaaviosta

9.8 Yleisvalaisinten ohjausvirtapiirikaavio

Kuljetinlaitteiston huoltotasot eivät tarvitse erillistä valaistusta päivänvalon aikaan, joten liikkuvan kuljetinlaitteiston valaisimet suunniteltiin ohjattavaksi hämäräkytkimillä. Tämä edistää energiatehokkuutta ja vähentää valaisinten tarpeentonta käyttöä.

Kohteeseen valittiin keskukseen asennettava Theben Luna 108 plus EL hämäräkytkin ulkoisella valoisuusanturilla (Kuvio 25). Valoisuusanturi suunniteltiin asennettavaksi koteloihin sähkötilojen ulkoseiniin. Hämäräkytkimestä voi säätää kytkentävaloisuuden portaattomasti. Siinä on kiinteä päälle- ja päältäkytkemisviive, joka auttaa välttämään virhekytkentöjä esimerkiksi ajoneuvojen valojen aiheuttamana.



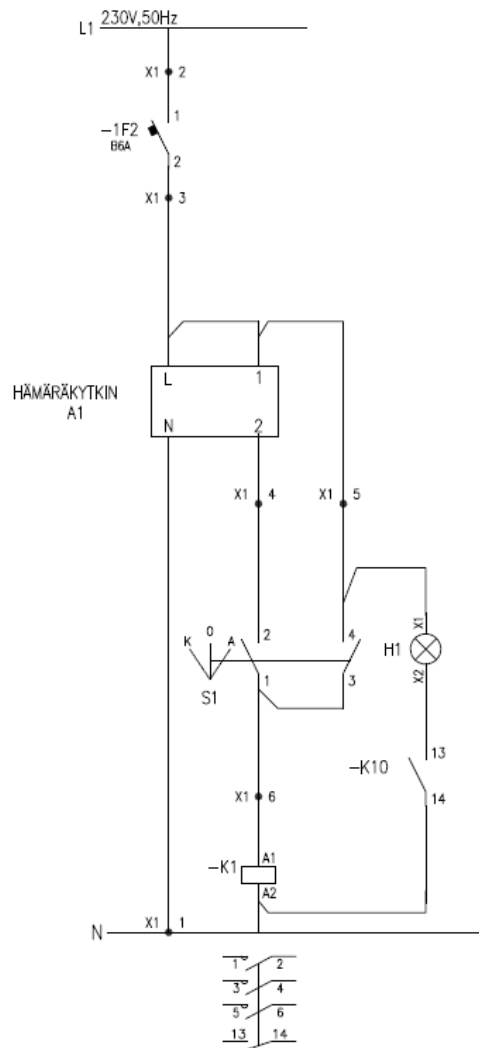
Kuvio 25. Theben Luna 108 plus EL hämärytkin (Theben 2025)

Valaisinten ohjauksesta laadittiin tarkat kytkentäkuvat. Niissä esitetään myös keskuksen riviliittimet sekä keskuksen kannessa olevat kansikojeet, jotka sisältävät merkkivalot ja 1-0-A-kytkimet. Omassa kuvassaan esitettiin valaisinten ohjauspiiri, joka kuvaa, miten 1-0-A-kytkimet ja hämärytkin ohjaavat valaisimia sekä keskuksen kannen merkkivaloja (Kuvio 26).

Automaattitilassa ("A") hämärytkin kytkee valaistuksen päälle, kun ympäristön valoisuus alittaa hämärytkimelle asetetun rajan. Se ohjaa kontaktorien keloja, jotka vetävät pääpiirikoskettimet kiinni ja sytyttävät valot. Kun valoisuus nousee taas riittävästi, hämärytkin katkaisee jännitteen, jolloin kontaktorit vapautuvat ja valaistus sammuu.

Manuaalitilassa ("1") käyttäjä voi sytyttää valaistuksen käsin, jolloin kontaktorien kelat aktivoituvat välittömästi. Valot pysyvät päällä, kunnes ne sammutetaan palauttamalla kytkin asentoon "0".

Lisäksi kontaktorien apukoskettimet ohjaavat keskuksen kannessa olevia merkkivaloja, jotka osoittavat valaistuksen tilan. Valaistus sammuu aina, kun kontaktorin koskettimet vapautuvat, joko automaattisesti hämärytkimen ohjaamana tai manuaalisesti käyttäjän toimesta.



Kuvio 26. Esimerkki yhden valaisinryhmän ohjausvirtapiirikaaviosta

9.9 Valaisinluettelo

Valaisinluettelodokumentti on selkeä taulukko kuljetinlaitteiston valaisimista. Se sisältää kaikkien kuljetinlaitteiston valaisinten keskeiset tiedot, kuten valaisinposiitiot, valaisintyytit, kannaketyypit, valmistajat, valonlähteet, tehot, asennustavat ja valaisinten määrät eri alueilla. Luettelo koottiin Excel-taulukkoon, jossa tiedot on jaettu omiin sarakkeisiinsa, jotta ne ovat helposti luettavissa. Valaisinten tekniset tiedot perustuvat valmistajien antamiin tietoihin.

10 LIIKKUVAN KULJETINLAITTEISTON POISTUMISTIEVALAISTUS

10.1 Poistumistievalaistuksen vaatimukset

Liikkuva kuljetinlaitteisto on erityislaatuinen kohde, joka ei istu suoraan rakennusten poistumisvalaistuksen määrittelyn vaatimuksiin. Liikkuvalla kuljetinlaitteistolla ei ole rakentajan määrittämiä hätäpoistumisreittejä, joten poistumistievalaistuksen vaatimuksia on arvioitu riskienkartoituksen kautta. Vanhalla, elinkaarensa päässä olevalla liikkuvalla kuljetinlaitteistolla ei ollut laisinkaan poistumistievaloja, joten vanhoja dokumentteja ei voinut käyttää apuna suunnittelutyössä.

Poistumisvalaistuksen määrittelyä lähestyttiin riskien arvioinnin kautta. Riskien arvioinnissa tarkasteltiin muun muassa poistumisreittien esteettömyyttä, tulipalon tai muun vaarallisen tilanteen riskiä, sähkökatkon todennäköisyyttä, putoamisvaaroja, aiempia ongelmia poistumisessa ja henkilöstön tuntemusta laitteista ja hätätilanteessa toimimisesta.

Riskien arvioinnin tuloksena päätettiin sijoittaa poistumisopasteet ja turvalaisimet ainoastaan PVA0002:lle, jossa sijaitsee valvomotiila ja jossa on jatkuvasti henkilöstöä.

Muulla kuljetinlaitteistolla ei ole jatkuvaa oleskelua, joten poistumisvalaistusta ei katsottu tarpeelliseksi. Lisäksi päätökseen vaikutti se, että kuljetinlaitteistolla työskentelevät henkilöt tuntevat laitteiston sekä sieltä maan päälle johtavat poistumistiet ja ovat saaneet tarvittavan koulutuksen ja perehdytyksen laitteiston käyttöön sekä toimimiseen hätätilanteessa. Kaivoksella työskennellessä työntekijöillä on myös velvollisuus pitää henkilökohtaista valaisinta, esimerkiksi otsalampua, aina mukana.

10.2 Kohteeseen valitut turva- ja poistumistieopastevalaisimet

Liikkuvalla kuljetinlaitteistolla turva- ja poistumistievalaisimet ovat ulkotiloissa ympäri vuoden. Niiden on kestettävä vaihtuvat sääolosuhteet sekä mekaanista rasitusta. Poistumistievalaisinvalintoihin vaikutti myös tehonsyöttöjärjestelmä.

Kuljetinlaitteistolle valittiin tehonsyöttöjärjestelmäksi yksikkövalaisinjärjestelmä. Valintaan vaikutti se, että valaisimia on suhteellisen vähän, jolloin keskusakustojärjestelmän ja palonkestävien kaapelien käyttöönotto olisi ollut taloudellisesti kannattamatonta. Keskusakustojärjestelmät ovat järkevämpiä laajemmissa kohteissa, joissa voidaan hyödyntää keskitettyä tehonsyöttöä ja keskitettyä huoltoa. Tässä tapauksessa yksikkövalaisinjärjestelmä mahdollisti kustannustehokkaamman ja joustavamman ratkaisun.

Yksikkövalaisimiin valittiin varavoimalähteeksi superkondensaattorit perinteisten akkujen sijaan. Superkondensaattorit ovat huoltovapaita, pitkäikäisiä ja kestävät paremmin ääriämpötiloja. Perinteisten akkujen suorituskyky heikkenee ajan myötä, ja vaihtelevat sääolosuhteet voivat nopeuttaa tätä prosessia entisestään.

Poistumisopastevalaisimiksi valittiin Teknowaren valmistama Solid Exit 2 kaksipuolinen opastevalaisin (Kuvio 27). Tämä yksikkövalaisin on soveltuva ulkokäyttöön teollisuuskohteisiin ja se on saatavilla Escap-superkondensaattorilla, jonka toiminta-aika on 1 tunti.



Kuvio 27. Teknoware Solid Exit 2 (Teknoware 2025a)

Turvavalaisimiksi valittiin Teknowaren Solid Line (Kuvio 28). Poistumisopastevalaisimen tavoin tämä malli on soveltuva ulkokäyttöön teollisuuskohteisiin ja se on saatavilla Escap-superkondensaattorilla, jonka toiminta-aika on 1 tunti.

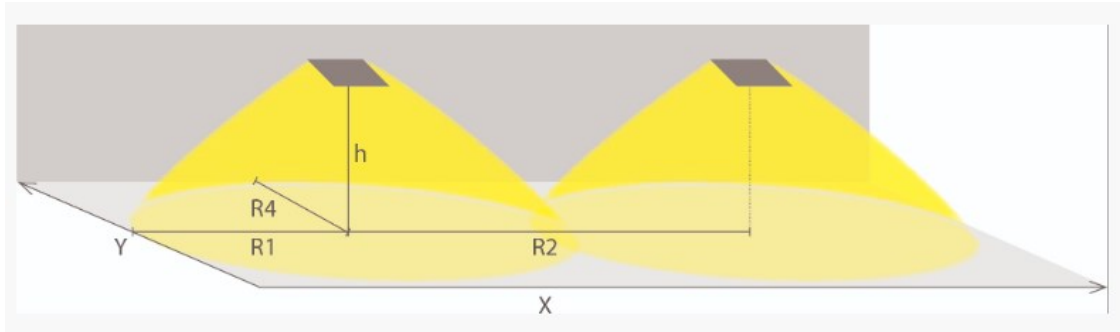


Kuvio 28. Teknoware Solid Line Lowbay (Teknoware 2025b)

10.2.1 Poistumistievalaisinten valotekniset asiat

Yleisvalaisinten mukaisesti myös valitut poistumistievalaisimet ovat led-valaisimia. Opastevalaisimen tehonkulutusta ei ole ilmoitettu valmistajan puolesta ja turvavalaisimen tehonkulutus on ilmoitettu maksimi syöttötehona voltiampeereissa. Valaisimet ovat kuitenkin pieniä eivätkä ne ole erityisen valotehokkaita, joten niiden tehonkulutuksen voitiin olettaa olevan pieni.

Valittu turvavalaisin Solid Line Lowbay tuottaa valovirtaa 90 luumenia. Valitun turvavalaisimen valonjako on esitetty Kuvio 29, jossa havainnollistetaan valaisimen sijoituksen vaikutusta valaistukseen. Kuvassa R1 tarkoittaa etäisyyttä seinästä X-suunnassa, R2 valaisimien välistä asennusetäisyyttä X-suunnassa ja R4 etäisyyttä seinästä Y-suunnassa.



Kuvio 29. Solid Line Lowbay -turvavalaisimen valonjako (Teknoware 2025b)

Taulukko 7 osoittaa, miten asennuskorkeus vaikuttaa turvavalaisimen tuottamaan valaistukseen ja sen leviämiseen. Valaisimen alapuolella oleva valaistusvoimakkuus on 2,5 luksia, kun asennuskorkeus on 2,5 metriä, ja 1,5 luksia, kun korkeus on 3,0 metriä.

Etäisyys seinästä X-suunnassa, jossa valaistusvoimakkuus on vähintään 1 luksin, on 7 metriä 2,5 metrin korkeudessa ja 8 metriä 3,0 metrin korkeudessa. Valaisimien enimmäisetäisyys toisistaan X-suunnassa on vastaavasti 16 ja 18 metriä. Sivusuunnassa Y-akselilla valaistusvoimakkuus säilyy 1 luksina yhden metrin etäisyydellä seinästä riippumatta asennuskorkeudesta.

Taulukko 7. Solid Line Lowbay -turvavalaisimen valonjako (Teknoware 2025b)

Asennuskorkeus (m)	Valaisimen alla (lx)	R1 (m)	R2 (m)	R4 (m)
-	-	1 lx	1 lx	1 lx
2.5	2.5	7	16	1
3	1.5	8	18	1

10.2.2 Poistumistievalaisinten mekaaninen kestävyys

Valitut poistumistievalaisimet ovat valmistajan mukaan suunniteltu kestävämmään vaativia olosuhteita ja ne voidaan asentaa ulkotiloihin. Täten ne ovat sopivia liikkuvalle kuljetinlaitteistolle.

Opaste- ja turvavalaisimet ovat kummatkin IP-luokitukseltaan IP65, eli ne ovat pölytiivisiä ja kestävät vesisateen. Kuten yleisvalaisimet, ne altistuvat ulkotiloissa säänvaihtelulle ja kaivoksen kivipölylle.

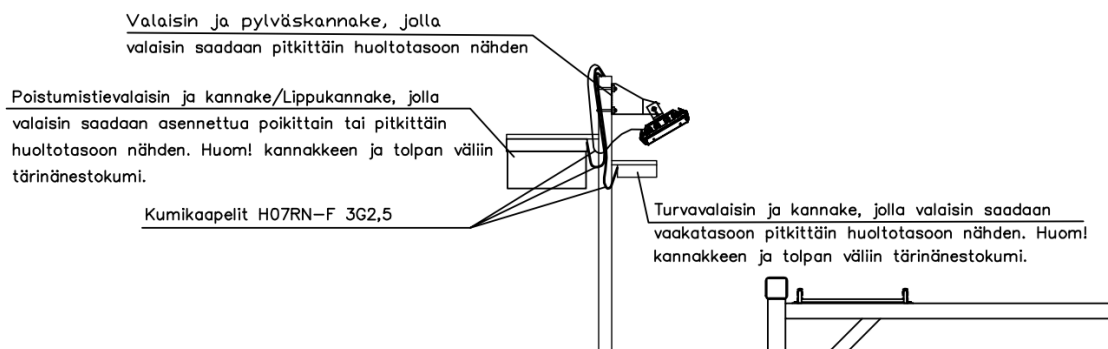
Opaste- ja turvalaisinten minimi käyttölämpötila on $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja maksimi on $35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tämä varmistaa, että valaisimet tuottavat yhtä paljon tehoa sekä kuumissa että kylmissä lämpöolosuhteissa. Valaisimet altistuvat lämpötilanvaihteluille vuodenaikojen mukaisesti.

Kummatkin valitut valaisimet ovat valmistettu muovista. Materiaalina se sopii ulkotiloihin, koska siihen ei muodostu korroosiota. Oletettavasti valaisimen rungon muovimateriaali on polykarbonaattia, joka sietää UV-säteilyä hyvin. Polykarbonaatti on myös iskunkestävää, mutta valaisimien IK-luokkaa ei ole valmistajan puolesta ilmoitettu.

10.2.3 Poistumistievalaisinten asennustapa

Poistumistievalaisimet suunniteltiin asennettavaksi samoihin pylväisiin, kuin yleisvalaisimet. Turvalaisimet asennetaan kannakkeella yleisvalaisimen alapuolelle samalla tavalla pitkittäin huoltotasoon nähden. Turvalaisin on suunniteltu asennettavan lähemmäs pylvästä ja näin ollen se ei tule olemaan yleisvalaisimen tiellä.

Poistumisopasteet asennetaan lippukannakkeella joko pitkittäin tai poikittain huoltotasoon nähden riippuen katselusuunnasta. Asennustapa voidaan havainnollistaa asennusdetaljikuviosta (Kuvio 30).



Kuvio 30. Asennusdetalji

Koska poistumistievalaisimet ovat pieniä ja omilla kannakkeilla varustettuja, on suositeltu, että kannakkeiden ja pylvään väliin sijoitetaan tärinänestokumi. Sillä saadaan pidennettyä valaisinten käyttöikä.

10.3 Poistumistievalaisinsijoitukset

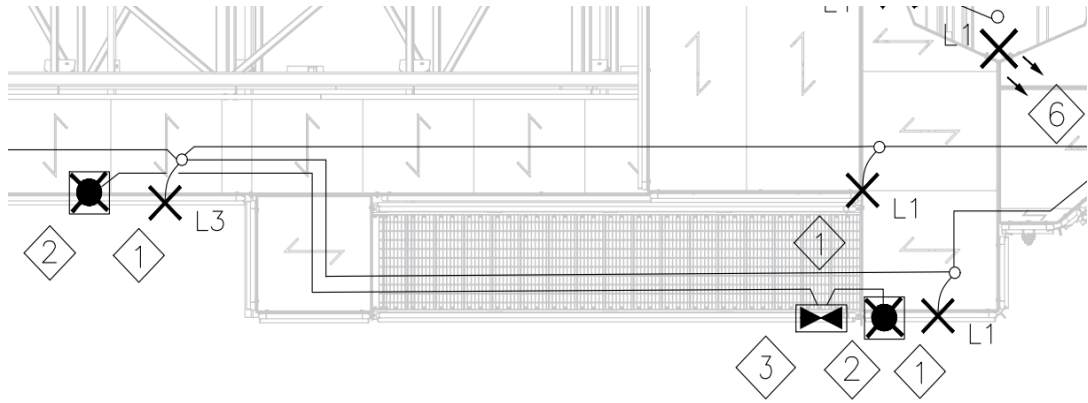
Poistumistievalaisimet suunniteltiin sijoitettavaksi ainoastaan PVA0002:lle. Turvavalaisimilla valaistiin maan tasalle johtavat poistumisreitit, ja opastevalaisimia sijoitettiin niiden läheisyyteen selkeyttämään reittiä.

PVA0002:n valvomotilasta poistuttaessa saavutaan suoraan ensimmäisille portaille, joihin suunniteltiin sijoitettavaksi poistumisopastevalaisin helpottamaan reitin hahmottamista sekä turvavalaisin portaiden riittävän valaistuksen varmistamiseksi. Portaiden alapäähän sijoitettiin lisäksi turvavalaisin, joka valaisee huoltotason risteyskohdan.

Maan tasalle johtavat portaat sijaitsevat kuljetinhihnan toisella puolella valvomosta katsottuna. Niille on pääsy sekä oikealta että vasemmalta puolelta, sillä huoltotaso kiertää hihnan molemmilta puolilta. Näiden portaiden yläpäähän sijoitettiin opastevalaisin, ja portaikko valaistiin turvavalaisimella.

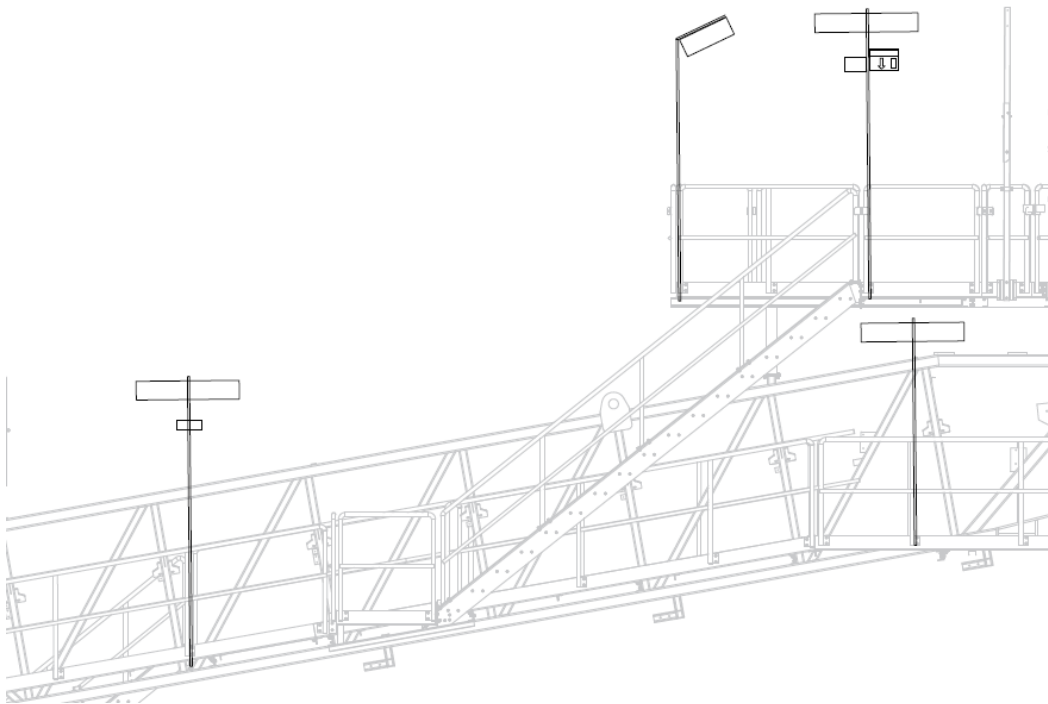
Opastevalaisimia ei katsottu tarpeelliseksi sijoittaa kulkureitin varrelle, koska PVA0002:lla ei ole sellaisia kiinteitä esteitä, jotka häiritsevät näkyvyyttä opastevalaisimelta toiselle. Valitun opastevalaisimen maksimi katseluetäisyys on 30 metriä ja sijoitetut valaisimet ovat noin 15 metrin päässä toisistaan. Turvavalaisimet sijoitettiin vain portaikkoihin ja huoltotason kriittisiin kohtiin, kuten risteysalueelle. Jatkossa valaistussuunnitelmaa voidaan tarkastella uudelleen käyttöolosuhteiden ja mahdollisten uusien tarpeiden perusteella, esimerkiksi lisäämällä valaisimia erityisen kriittisiin kohtiin.

Poistumistievalaisinsijoitukset esitettiin samoissa kuvissa kuin yleisvalaisinten sijoitukset (Kuvio 31). Sijoitukset merkittiin samalla periaatteella, kuin yleisvalaisimet. Tasokuvaan merkittiin paikat valaisinsymbolilla, josta käy ilmi myös valaisimen positio. Poistumistievalaisimille ei merkattu mille vaiheelle valaisimet kytketään, koska niitä ei jaettu eri vaiheille.



Kuvio 31. PVA0002:n poistumistievaloja tasokuvassa

Poistumistievalaisimet esitettiin myös laitteiston sivukuvassa, josta hahmottaa niiden asennuspaikat paremmin (Kuvio 32).



Kuvio 32. PVA0002:n poistumistievaloja sivukuvassa

10.4 Poistumistievalaistuksen sähköistys

Poistumisvalaisimilla ei ole erillistä ohjauspiiriä kuten yleisvalaistuksella. Turva- ja poistumisopastevalaisimet ovat kummatkin samassa ryhmässä, jota syötetään yhdellä johdonsuoja-automaatilla. Niiden tuottama kuorma on niin pieni, ettei ole

syytä alkaa jakamaan niitä useammalle eri vaiheelle. Poistumisvalaistuksen johdonsuoja-automaatti esitetään ainoastaan keskuksen pääkaaviossa, eikä sille ole tarvetta piirtää erillistä kaaviota.

Poistumistievalaisinten kaapeloinnissa suunniteltiin käytettäväksi mekaanista rasitusta kestävä kumikaapelia H07RN-F 3G2,5. Valitut poistumistievalaisimet ovat yksikkövalaisimia, joten kaapeleiden ei tarvitse olla palonkestäviä.

11 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli luoda valaistussuunnitelma liikkuvalla kuljetinlaitteistolle. Suunnittelun tuli täyttää alan standardit ja määräykset sekä tarjota turvallinen ja energiatehokas valaistusratkaisu. Lisäksi työn tarkoituksena oli tuottaa Roxia Automation Oy:lle informatiivinen kokonaisuus teollisuuden valaistussuunnittelusta, jota voidaan hyödyntää tulevissa projekteissa.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi valaistusratkaisu, joka täyttää standardien vaatimukset ja parantaa sekä työturvallisuutta että energiatehokkuutta. Led-valaisimien ja hämäräkytkinohjauksen avulla valaistuksesta saatiin energiatehokas ja käyttövarma. Valaisimet sijoitettiin niin, että ne palvelevat huoltohenkilöstön tarpeita, ja niiden ylläpito on mahdollisimman vaivatonta.

Työssä ilmeni haasteita turvavalaistusstandardien soveltamisessa, sillä ne on ensisijaisesti laadittu kiinteisiin rakennuksiin, joissa poistumisreitit on määritelty arkkitehtisuunnittelussa. Liikkuvassa kuljetinlaitteistossa tällaisia virallisia reittejä ei ollut, mikä vaikeutti suoraan sovellettavien ohjeistusten löytämistä. Tämä edellytti standardien soveltamista, yhteydenottoa turvavalaistusratkaisujen toimittajiin sekä riskienarviointia. Kokonaisuudessaan työ onnistui tavoitteidensa mukaisesti, ja lopputuloksena syntyi käyttökelpoinen, standardien mukainen valaistussuunnitelma, joka voi toimia pohjana vastaaville projekteille tulevaisuudessa.

LÄHTEET

ABB 2025. Kontaktorit. Viitattu 19.02.2025

<https://www.asennustuotteet.fi/products/kontaktorit>.

Alumeco 2025a. Alumiini. Viitattu 23.1.2025 <https://www.alumeco.fi/alumiini/>.

–2025b. Ruostumaton teräs. Viitattu 23.1.2025

<https://www.alumeco.fi/ruostumaton-teras/>.

Camcut 2025. Korroosio. Viitattu 23.1.2025

<https://www.camcut.fi/tuki/konepajasanasto/korroosio/>.

DIALux 2025a. DIALux evo. Viitattu 11.02.2025 <https://www.dialux.com/en-GB/dialux>.

–2025b. Lighting design made easy with DIALux. Viitattu 11.02.2025

<https://www.dialux.com/en-GB/>.

Elenom 2024. Miten valaistussuunnittelu etenee sähköurakoinnissa? Viitattu 30.12.2024 <https://www.elenom.fi/miten-valaistussuunnittelu-etenee-sahkourakoinnissa/>.

Halttu, J. 2023. Luumen ja Watti. Ledstore 26.1.2023. Viitattu 17.1.2025

Luumen ja watti - Ledstore.fi.

i-VALO 2025a. 3D-tiedostot. Viitattu 08.02.2025 <https://i-valo.com/tiedostot/>.

–2025b. Päivitettävä led-valaisin DAVI. Viitattu 22.1.2025 https://i-valo.com/wp-content/uploads/2022/03/DAVI-ESITE_FIN.pdf.

Jumppanen, J. 2021. ST-ohjeisto 8. Poistumisvalaistus ja poistumisreittivalaistus. 5. uudistettu painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

Laitinen, K. 2012. Korroosio. Viitattu 23.1.2025

<https://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/151/8ac778e/korroosio.pdf>.

Muovia.com 2025. Akryylin ominaisuudet ja työstö. Viitattu 23.1.2025

<https://muovia.com/akryylin-ominaisuudet-ja-tyosto/>.

Onninen 2025. Valonheitin Onnflood II IP65 LED 39000LM 300W/740 ASY.

Viitattu 17.02.2025 <https://www.onninen.fi/online-valonheitin-onnflood-ii-ip65-led-39000lm-300w-740-asy/p/CJC816>.

SFS 6000-1 2022. Pienjännitesähköasennukset. Osa 1: Peruseriaatteet, yleisten ominaisuuksien määrittely ja määritelmät. 5. painos. Suomen Standardisoimisliitto.

SFS-EN 61082-1:2015. Sähkötekniikassa käytettävien dokumenttien laatiminen. Osa 1: Säännöt. 3. painos. Suomen Standardisoimisliitto.

Sisäasiainministeriön asetus rakennusten poistumisreittien merkitsemisestä ja valaisemisesta 6.10.2005/805. Viitattu 22.02.2025
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2005/20050805>.

ST 13.51 2012. Rakennusten sijainti- ja asennuspiirustuksissa käytettäviä sähköenergian jakelu- ja käyttöjärjestelmien (S) piirrosmerkkejä. Sähkötieto ry.

ST 57.45 2019. Valaisimen valinnan perusteet. Sähkötieto ry.

ST 57.45.01 2018. Valaisimien vastaavuus. Vertailutaulukon laadinta. Sähkötieto ry.

ST 58.03 2022. Valaistuslaskennan lähtötiedot ja laskennan tulosten arviointi. Sähkötieto ry.

ST 58.04 2022. Ohjeita valaistuksen suunnitteluun ja toteutukseen. Sähkötieto ry.

ST 58.07 2023. Valaistuksen laadun arviointi ja mittaus. Sähkötieto ry.

ST 59.10 2020. Turvavalistus ja poistumisopasteet. Suunnittelu. Sähkötieto ry.

ST 96.35 2024. Valaistuksen huolto ja alenemakertoimen määrittäminen. Sähkötieto ry.

Suomen standardisoimisliitto 2009. SFS-käsikirja: 608, Valaistusstandardit. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

Talvivaara. Valokuva. Julkaistu Iltalehdessä 7.5.2012. Viitattu 4.3.2025
<https://www.iltalehti.fi/talous/a/2012050715542847>.

Tehdasvalo 2025. LED Victor 750M. Viitattu 15.1.2025
<https://www.tehdasvalo.fi/led-victor-750m/>.

Teknoware 2023. Suunnittelu- ja tarkastusopas. Viitattu 22.2.2025
https://www.teknoware.com/app/uploads/Teknoware_Suunnittelu_ja_tarkastusopas_FI_2023.pdf.

Teknoware 2025a. Solid Exit 2 -opastevalaisin Y3192WM145. Viitattu 11.3.2025
<https://www.teknoware.com/fi/tuote/solid-exit-2-opastevalaisin-y3192wm145/>.

-2025b. Solid, Line Lowbay -turvavalaisin TWS4292WM. Viitattu 11.3.2025
<https://www.teknoware.com/fi/tuote/solid-line-lowbay-turvavalaisin-tws4292wm/>.

Theben. LUNA 108 plus EL. Viitattu 05.02.2025
<https://www.theben.fi/fi/luna-108-plus-el-1080900>.

Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738. Viitattu 3.1.2025
<https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738#L5P34>.

Työturvallisuuspakki 2025. Työtilan valaistus. Viitattu 6.1.2025
<https://xn--tyoturvallisuuspakki-r6b.fi/tyotilan-valaistus/>.

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 12.6.2008/400. Viitattu 3.1.2025 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080400>.

Valtioneuvoston asetus työpaikkojen turvallisuus- ja terveystaajimuksista 18.6.2003/577. Viitattu 3.1.2025
<https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2003/20030577#P10>.

Varsila, M. 2017. Perusteet haltuun osa 3: valovoima, valonjako ja kosinilaki. *Valo*, 2/2017, 44–45. Viitattu 20.1.2025
https://www.lehtiluukku.fi/lehti/valo/_read/2-2017/167306.html?p=44.