



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Aarto Rongonen

Palomiesten harjoitusalueen sähkösuunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

08.02.2020

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Aarto Rongonen Palomiesten harjoitusalueen sähkösuunnittelu 35 sivua + 3 liitettä 08.02.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	automaatio
Ohjaajat	lehtori Jarmo Tapio ryhmäpäällikkö Sami Söderström
<p>Opinnäytetyön aiheena oli tehdä sähkösuunnitelma paloharjoitusalueelle ja rakennettavalle uudisrakennukselle. Tärkein osuus oli kadun ja harjoituskenttien ulkovalaistus. Työ tehtiin talotekniikka suunnitteluyritykselle Granlund Oy. Työstä tehdään asiakkaalle laskutussuunnitelmat. Laskutussuunnitelmien tavoite on tehdä sähköpiirustukset, josta asiakas voi laskea rakennusurakan tarkemman kustannusarvion. Sähköpiirustuksia käytetään myös tarjouksien tekemiseen rakennusurakoitsijoille.</p> <p>Työstä piirrettiin sähkö- ja valaistussuunnitelmat, joista asiakas voi tehdä urakkatarjouksen rakennusurakoitsijoille. Sähkösuunnitelmat tehtiin standardien mukaisesti. Valaistussuunnitteluun käytettiin hyödyksi standardeja ja ulkoisten lähteiden ohjeita. Työssä tutustutaan lukija valaistustermeihin ja suosituksiin. Kerrotaan, miten valaistussuosituksukset ovat vaikuttaneet suunnittelussa tehtyihin päätöksiin. Raportissa käydään läpi myös valaistustekniikoita, joita käytetään kohteessa valituissa valaisimissa. Se auttaa lukijaa ymmärtämään miksi on päädytty suunnittelussa valittuihin valaisimiin.</p> <p>Suunnitelmat tehtiin asiakkaan toiveita kunnioittaen ja niihin oltiin tyytyväisiä. Suunnitelmat tehtiin määrääjässä ja asiakas on saanut rakennusluvan urakkaa varten. Kun asiakas löytää sopivan rakennusurakoitsijan niin rakennusurakka voi alkaa. Rakennusurakan edetessä sähkösuunnitelmia käytetään laitehankinnoissa ja alustavissa urakasuunnitelmissa. Sähkösuunnitelmia jatketaan ja päivitetään ajankohtaiseksi sähköasennuksia varten. Valaistussuunnitelmien toimivuutta tullaan kokeilemaan pimeän aikana ja niitä tullaan vertailemaan simulaation antamiin tuloksiin. Jos valaistuksen on riittämätön, niin valaisimet vaihdetaan tehokkaampiin.</p>	
Avainsanat	sähkösuunnittelu, ulkovalaistus

Author Title	Aarto Rongonen Electrical Planning for a Firefighter Training Site
Number of Pages Date	35 pages + 3 appendices 08 February 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Automation Engineering
Instructors	Jarmo Tapio, Senior Lecturer Sami Söderstöm, Group Manager
<p>The purpose of this thesis work was to create the electrical plan for a firefighter training site. The most important aspect of this work was to create lighting plan of street and training grounds. This work was done for a design office Granlund Oy. Electrical plan is supposed to be done to the point that the client can calculate accurate cost of the work and make offer requests for construction agencies.</p> <p>This thesis introduces lighting terms, recommendations and regulations. Recommendations were used to create proper lighting for a training activity. It is shown how this makes an impact on the decisions that were made during the planning process. In this thesis, lighting types that are used in this project are briefly introduced. It helps to understand why certain lights were chosen over others.</p> <p>Electrical and lighting plan that the client can use for calculating the cost of the work. Plan can also be used to make offer requests for construction agencies were created in this thesis work. Plans were made as client requested and the client was pleased with the result. When construction work starts, plans are used for electrical installation. Lighting plans are tested and modified if result is not satisfactory.</p>	
Keywords	Electrical planning, outdoor lighting

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Suunnittelun valmistelu	2
2.1	Kohteen erityispiirteet	2
2.2	Kohdekäynti ja aloituspalaveri	3
3	Valaistussuosituksia	5
3.1	Valaistussuureet	5
3.2	Viralliset suositukset	6
3.3	Valaistussuosituksset	7
3.4	Valaisimien vaatimukset	8
4	Valaisintekniikat	9
4.1	LED-tekniikka	9
4.2	Suurpaine natrium -tekniikka	11
5	Valaistussuunnittelu	12
5.1	Lähtötilanne	12
5.2	Valaisimien valinta	13
5.3	Valaistuslaskenta	14
5.4	Simulointi	17
5.5	Katuvalaistus	23
6	Sähkösuunnittelu	25
6.1	Lattialämmitys	26
6.2	Valvomorakennus	30
6.3	Erikoistilojen vaatimukset	31
6.4	LVI-laitteet	33
7	Yhteenveto	34

Liitteet

Liite 1. Autoliikenteen valaistusluokat

Liite 2. Katuvalaistuslaskelma

Liite 3. Valonjakokäyrä

Lyhenteet

DWG	<i>Drawing</i> . Piirustus- tai suunnitteluohjelmien käyttävä tiedostomuoto.
IP-luokitus	<i>International Protection</i> . Järjestelmä sähkölaitteiden ja koteloiden tiiviiden määrittämiseksi.
LED	<i>Light-emitting diode</i> . Puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa, kun sen lävitse johdetaan sähkövirtaa.
LVI	Lämpö, vesi ja ilmastointi.
PDF	<i>Portable Document Format</i> . PostScript-kieleen pohjautuva siirrettävä tiedostomuoto.
PVC	Polyvinyylikloridi on laajalti käytetty muovi.
RGB	<i>Red, Green and Blue</i> . Punaista, vihreätä ja sinistä valoa yhdistelemällä eri suhteilla saadaan luotua suuri kirjo eri värejä.
VAK	Valvonta-alakeskus. Tyypillisesti LVI-laitteita ohjaava keskus rakennuksessa.

1 Johdanto

Opinnäytetyö käsittelee palomiesten harjoitusalueen sähkösuunnittelun ja erityisesti siihen liittyviä suunnittelu- ja valaistusratkaisuja. Kohteena on palomiehille tarkoitettu uudisrakennus opetus- ja varastointikäyttöön ja itse paloharjoitusalueen saneeraus. Paloharjoitusalue rakennuksineen on ollut käytössä 1960-luvulta lähtien. Peruskorjaus tehdään, koska harjoitusalueen käyttö lisääntyy. Tämän vuoksi harjoituksia tullaan pitämään myös iltaisin, joten valaistuksen täytyy olla hyvä myös pimeän aikana. Sähkösuunnittelun osalta suunnitellaan uudisrakennuksen sähköenergian jakelu, sähkölaitteiden sijoitus ja laitteiden valinta. Tehdään sähkösuunnitelma uudisrakennukselle ja valaistus-suunnitelma ulkovalaistukselle, mikä simuloidaan valaistussuunnitteluohjelmalla. Työhön kuului myös pääkeskuskaavion tekeminen, mutta tässä raportissa sitä ei käsitellä.

Granlund Oy on vuonna perustettu 1960. Granlund Oy on talotekniikkasuunnittelun, kiinteistökonsultoinnin ja korjausrakentamisen asiantuntijakonserni, jonka pääkonttori sijaitsee Helsingin Malmilla. Granlund Oy on Suomen suurin talotekninen suunnittelutoimisto, jonka nykyisenä toimitusjohtajana toimii Pekka Metsi. Liikevaihto vuonna 2018 oli 81,4 miljoonaa euroa ja henkilöstö 895. Tunnetuimpia kohteita ovat olleet Temppeliaukion kirkko, Helsingin Musiikkitalo ja Kiasma. Granlund Oy yrityksenä keskittyy jatkuvaan kehitykseen, asiakastyytyvyyteen ja työntekijöiden hyvinvointiin. (1.)

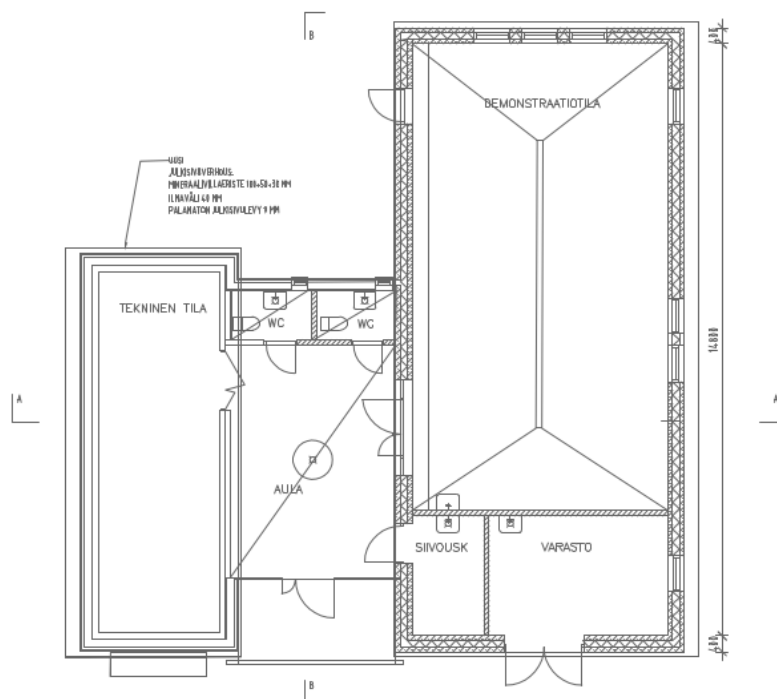
Työ tehdään Granlund Oy:n asiakkaalle. Suunnittelupäätös tehtiin kesällä 2019 ja Granlund Oy valittiin tämän työn putki- ja sähkösuunnittelun osuuteen. Kohteesta ei tehdä ehdotussuunnitelmia, vaan suoraan yleissuunnitelma. Suunnitelmapiirustuksia käytetään tarjouslaskentaa varten. Työ suunnitellaan siihen pisteeseen, että asiakkaan valitsema kustannuslaskentayritys pystyy arvioimaan rakennustyön hinnan ja pystyy tekemään tarjouksen urakoitsijoille. Rakennusurakka tullaan toteuttamaan kesä-heinäkuussa 2020.

Suunnittelutyökaluina on käytetty AutoCad-pohjaisia ohjelmia. Valaistussuunnitteluun käytettiin DIALux-valaistussuunnitteluohjelmaa. Asiakkaan toivomuksesta työstä ei tulla paljastamaan sijaintia, tiettyjä yksityiskohtia eikä itse asiakasta.

2 Suunnittelun valmistelu

2.1 Kohteen erityispiirteet

Kohde on palomiesten harjoitusalueen perusparannus, johon kuuluu uudisrakennus ja harjoituskentän saneeraus. Sähkösuunnittelu on tehty asiakkaan kanssa yhteistyössä vaihe vaiheelta. Alustavia suunnitelmia käytiin läpi projektipalaverissa. Palavereissa asiakas kommentoi keskeneräisiä suunnitelmia ja ehdotti uusia toiveita. Kuvassa 1 esitetty kohteen pohjapiirros. Uudisrakennus on 130 neliömetrin kokoinen lisäys jo olemassa olevan teknisen tilan viereen (kuva 1). Kuvassa tekninen tila on vanha rakennus ja muut tilat ovat uudisrakennusta. Uudisosa rakennetaan niin, että teknisen tilan nykyisestä ulko-ovesta tullaan kulkemaan suoraan uudisosan aulaan.



Kuva 1. Kohteen pohjapiirros. Valvomorakennus.

Kohde on tarkoitettu palomiesten paloharjoitusten varastoksi, taukotilaksi ja tärkeimpänä opetuksen tueksi. Palomiesten vaatteet ovat hyvin likaisia ja nokisia paloharjoitus-

ten vuoksi. Tästä syystä kaikkien tilojen lattiat lukuun ottamatta teknistä tilaa tullaan pesemään letkulla säännöllisesti. Tilat on suunniteltu asianmukaisella tavalla ja tähän suunnitteluun vaikuttavista seikoista kerrotaan myöhemmin tässä työssä. Kohteeseen asennetaan tuloilmakone, mutta pääasiallinen lämmitys tulee olemaan sähköinen lattialämmitys. Kussakin tilassa on vähintään yksi lämmityskaapeli. Jokaiseen tilaan asennetaan termostaatti, joka ohjaa lämpötilaa. Jännitteen lämpökaapelit saavat suoraan pääkeskukselta. Kaapelit ja termostaatit asennetaan lattian alle piiloon. Lattianlämmityksen mitoituksista ja yksityiskohdista kerrotaan myöhemmin.

Paloharjoituskentän valaistus oli suurin haaste tässä työssä. Kentällä poltetaan dieselöljyä tarkoitetussa matalassa altaassa. Palo lämmittää ympäristöään, joten valaisimia ei voi sijoittaa kentän välittömään läheisyyteen. Kentän reunoilla on 14 metriä korkeita pylviä, joita käytettiin valaistukseen. Itse valaisinpylväät ovat kunnossa, mutta niissä olevat valaisimet ovat huonossa kunnossa tai täysin toimimattomat. Näihin pylväisiin asennetaan valaisimet, jotka mitoitettiin niin että palokentällä pystyy harjoittelemaan ongelmitta pimeän aikana. Ulkovalaistukseen kuuluu myös katuvalaistus autotielle, joka vie paloharjoitusalueelle. Ulkovalaistus on tämän työn tärkein osuus ja siitä kerrotaan yksityiskohtaisesti tuonnempana.

2.2 Kohdekäynti ja aloituspalaveri

Ennen suunnitelmien tekemisen aloittamista on yleensä hyvä käydä kohteessa tutustumassa. Kohteen yksityiskohdat tulee paremmin ymmärretyksi ja tulee huomattua kohteen mahdolliset ongelmakohdat. Kohdekäynnin ja aloituspalaverin aikana tuli sovittua asiakkaan kanssa työn yksityiskohdat ja tutustuttua työn muiden osanottajien kanssa. Kohteessa säilytetään osa vanhasta rakennuksesta kulujen minimoimiseksi. Palaverissa sovittiin sähkösuunnittelun osalta muun muassa seuraavaa:

- Harjoituskentän valaistus on nykyisin vakavasti puutteellinen. Nykyisin valaisimissa on suurpainenatriumlamput, jotka tuottavat suhteellisen edullisiksi valaisimiksi hyvin valoa. Suurapainevalaisimien tuottama valo on keltaista, se on todettu epämiellyttäväksi harjoituksissa. Valaisinmas-

toihin asennetaan tehokkaat kohdevalaisimet, jotka mahdollistavat paloharjoittelun pimeän aikana. Ulkovalaisimien kytkinten sijoitus suunnitellaan niin, että ne voi kytkeä päälle harjoituskentän läheisyydestä valvomorakennuksen ulkopuolelta.

- Katuvalaistus autotiellä, joka johtaa valvomorakennukselle, on puutteellinen. Tästä syystä katuvalaisimien tiheyttä lisätään ja valaisimet vaihdetaan tehokkaammiksi. Osa katuvalaisimista, jotka sijaitsevat ei niin tärkeällä paikalla, jäävät paikoilleen eikä valaisimia vaihdeta.
- Uudisrakennuksen lattiat tullaan pesemään letkulla, koska palomiehet tulevat kulkemaan sisätiloissa likaisissa vaatteissa. Tilat suunnitellaan siten, että peseminen on mahdollista ilman riskiä omaisuusvahingosta tai henkilövaarasta. Tilat suunnitellaan niiden käyttötarkoitusten mukaisesti ja asiakkaan toivomukset toteutetaan.
- Vanha valvomorakennelma eli kerros 2 (ks. kuva 15, s. 30.), puretaan ja siinä olevat kytkimet ja laitteistot uusitaan. Kytkimet ja asiakkaan osoittamat laitteistot sijoitetaan asiakkaan toivomaan paikkaan. Teknisessä tilassa oleva sähköpääkeskus uusitaan ja siihen lisätään uudisrakennuksen sähköpisteet ja -laitteet.

Itse kohdekäynnin aikana selvisi, että katuvalaisimien maksimikorkeus tulee olla viisi metriä. Autotien vieressä kasvavien puiden lehdet tulisivat tielle, jos korkeus olisi suurempi. Suurin haaste kuitenkin on harjoitusalueen valaistus. Harjoitusalue koostuu kolmesta eri harjoituskentästä. Keskellä oleva pääkenttä on helppo valaista, koska sen ympärille on sijoitettu valaisinmastot. Kentän ja valaisinmastojen välissä ei myöskään ole rakennuksia. Haasteeksi osoittautui kaksi muuta harjoituskenttää. Toinen kenttä jää rakennuksen taakse piiloon ja toinen on kaukana lähimmästä valaisinmastosta. Kohdekäynnissä selvisi myös, että osa ulkona olevista sähköpisteistä on sijoitettu teknisen tilan puolelle, johon rakennetaan uudisrakennusosa. Sähköpisteet puretaan ja sijoitetaan uudelleen.

3 Valaistussuosituksia

3.1 Valaistussuureet

Kandela

Kandela (cd) on valovoimakkuuden yksikkö SI-järjestelmässä. Se kertoo valon määrän tietyssä kulmassa. Eli saman valonlähteen valovoimakkuus suurenee mitä pienemmälle alueelle sen valo säteilee. Nimitys kandela tulee siitä, että yksi kandela vastaa yhden kynttilän (lat. candela) valovoimaa. Valovoima on perussuure, josta muut valaistuteknii-
kan suuret ovat johdettu. (2; 3, s. 2.)

Luumen

Luumen (lm) kuvaa valonlähteen lähettämää valon määrää yhdellä hetkellä. Tätä kutsutaan valovirraksi. Valovirran määrä ei huomio valonlähteen säteilykulmaa, eli samat valaisimet, joilla on pieni ja suuri säteilykulma tuottavat saman luumen määrän valovirtaa. Luumenarvo lasketaan kandelan ja steradianin tulona. Valaisimien valovirran arvo ilmoitetaan yleensä luumeneina. (2; 3, s. 2.)

Luksi

Luksi (lx) on valaistusvoimakkuuden yksikkö. Se kertoo pinnalle saapuvan valovirran tiheyden. Se lasketaan valonlähteen valovirran ja säteilyalueen osamääränä. Tilojen valaistusvoimakkuus ilmoitetaan yleensä lukseina ja sitä arvoa käytetään myös valaistus-
suunnitteluohjelmistoissa. (2; 3, s. 2.)

CRI/RA-indeksi

CRI tai RA-indeksi, eli värintoistoindeksi kertoo valonlähteen kyvyn toistaa värejä verrattuna vertailuvalonlähteeseen. Värintoistoindeksi arvo vaihtelevat nolasta sataan. Arvolla 0 valaisimen valo ei toista värejä ollenkaan, ja arvolla 100 valo toistaa värit täydellisesti. LED-valaisimissa värintoisto ominaisuudet voivat vaihdella suuresti. Värintoistoindeksiin

kannattaa kiinnittää huomiota valaisinta valittaessa kohteissa, joissa värien ilme on tärkeässä asemassa. Valaisimia, joissa on hyvä värintoistokyky, käytetään esimerkiksi valokuvauksessa. (2; 3, s. 3.)

Valaistuksen tasaisuus

Yleistasaisuudella (Uo) kuvataan miten tasaisesti valo jakautuu tarkastettavalle alueelle. Arvo vaihtelee nollan ja yhden välillä, mitä tasaisempi valaistus sitä suurempi luku. Yleistasaisuus lasketaan pienimmän ja keskimääräisen valaistusvoimakkuuden osamääränä. Yleistasaisuutta käytetään esimerkiksi katuvalaistuksen tasaisuuden mittauksen apuna, kun halutaan tietää, onko kadulla suuria valaistuseroja. Suuret valaistuserot saattavat häiritä tienkäyttäjiä (kuva 2). (4.).



Kuva 2. Epätasainen katuvalaistus (5).

3.2 Viralliset suositukset

Suomen työturvallisuutta koskevissa säädöksissä ei ole raja-arvoja tai tarkkoja ohjeita työpaikan valaistuksesta (6.). Edes valtioneuvoston rakennustyön turvallisuudesta koskevassa säännöksissä ei mainita valaistuksen määrää tai tarkkoja ohjeita valaistuksen

tasosta (7.). Ohjeistetaan, että erityisesti kulkuteillä on oltava sopiva yleis- ja paikallisvalaistus ja suuria valaistuseroja tulisi välttää. Eurooppalaisessa EN 12464-2:2014 standardissa kerrotaan ulkovalaistuksesta ja ulkotöistä. Standardissa ei kuitenkaan juuri tämänkaltaista kohdetta mainita, vaan kerrotaan eri työalueiden ja tehtävien valaistusvaatimuksista. Tarkimpina parametreina mainitaan valonjako, valaistusvoimakkuus, häikäisy, valon suuntaus, valon värilämpötila, sekä valon vilkkuminen. Koska standardissa ei mainita tämänkaltaista kohdetta, valaistusta suunniteltaessa on käytetty hyödyksi, standardin lisäksi, internetistä löytyviä ohjeita riittävästä valaistuksesta ja valon laadusta. Laadulla tässä tarkoitetaan valon määrää, värintoistokykyä ja valon värilämpötilaa. DIALux valaistussuunnitteluohjelman suosituksia on myös käytetty hyväksi. Kuitenkin standardin EN 12464-2:2014 sisältämää tietoa on käytetty suunnittelussa ohjenuorana.

3.3 Valaistussuosituksiset

Riittävä valaistus auttaa henkilöä tekemään työnsä huolellisesti, tarkasti ja tuotteliaasti. Eri työtehtäviin ja tiloihin tarvitaan eri tehoista valaistusta. Myös vuorokaudenajat, sisä- ja ulkotilat vaikuttavat tarvitseman valon määrään. (8.). Tämän vuoksi valaistus tulee suunnitella huolellisesti tarkoitetun työn mukaisesti. Seuraavassa esitellään valaistussuosituksia listattuna suuruusjärjestyksessä erilaisiin tiloihin ja tehtäviin (8):

- Ulkotiloissa, joissa ei ole suurempaa aktiiviteettia, riittää vähäinen keinotekoinen valo. Ulkotiloihin, joissa on toimintaa, vaatii tehokkaamman valaistuksen. Ulkotiloilla tässä tarkoitetaan puistoja, kenttiä ja vastaavia. Sopiva valaistus näille alueille on 20–50 luksia.
- Tiloihin, joissa ei ole jatkuvasti toimintaa, sopii vaatimattomampi valaistustaso. Näitä tiloja on esimerkiksi eteiset, aulat ja wc tilat. Niille sopiva valaistus on 50–200 luksia. Jos WC-tiloissa on pystyttävä laittautumaan, niin tämä valaistusvoimakkuus ei ole riittävä.
- Tilat, jotka eivät vaadi erityistä huolellisuutta valaistaan 200–500 luksin valaistusvoimakkuus. Näitä tiloja on esimerkiksi maalaamot, luento- ja paperikonesalit.

- Tehtävät, jotka vaativat hyvää näkyvyyttä, mutta eivät ole erityisen haastavia tai yksinkertaisia, valaistaan 300–700 luksin valaistusvoimakkuudella. Näitä tiloja ovat toimistot, luokkahuoneet, vastaanottotiskit ja vastaavat. Tämä on hyvin tyypillinen valaistustaso toimisto- tai koulutustiloihin.
- Piirustustyö, tarkka penkki- ja konetyö ja kassatyö ovat tarkkuutta vaativia tehtäviä. Niissä on yksityiskohdat ja huolellisuus otettava huomioon. Tarkkuutta vaativissa töissä huono valaistus saattaa rasittaa silmiä. Sopiva valaistus näille tiloille on 500–1000 luksia.
- Tehtävissä, joissa värin määritystä käytetään tehtävän ratkaisemiseksi, on valaistuksen oltava riittävää kyseisiin tehtäviin. Tällaisia työtehtäviä on esimerkiksi ensiapupoliklinikkatyö, värintarkastus- ja värinmäärittelytyö, vaativa piirustus ja laboratoriotyö. Tilat, jotka vaativat tämän valaistustehon ovat esimerkiksi leikkaussalit. Valaistussuositus näihin tiloihin on 750–2000 luksia.
- Tehtäviä, joihin kuuluu koko työpäivän kestävä hyvin tarkka työtehtävä ilman katkoksia, ovat esimerkiksi käsikaiverrus, mirkoelektroniikkatyö ja mikroskopointi. Myös näyteikkunat tulisi olla erinomaisesti valaistetu. Näihin pitkäaikaisiin ja erittäin vaativiin tehtäviin suositus on 1000–3000 luksia. Tätä tehokkaampaa valaistusta tarvitaan joihinkin erikoistilanteisiin, mutta ne ovat harvinaisia. (8.)

3.4 Valaisimien vaatimukset

Valaisimien valmistaja ja viime kädessä markkinoille saattaja vastaa siitä, että valaisin täyttää direktiivien ja valaistustandardien mukaiset vaatimukset. Ostajan, joka ostaa valaisimen Euroopan talousalueella ei tarvitse niitä tuntea tai kiinnittää niihin erityistä huomiota. (9, s. 6.). Tärkeimmät direktiivit ovat seuraavat (9.):

- Pienjännitedirektiivissä. Direktiivissä on turvallisuutta koskevat ohjeet. Ohjeet ovat koottuna SFS 6000 -standardisarjassa.
- EMC-direktiivissä on määritelty laitteen sähköisestä yhteensopivuudesta. Laitteiden ei kuulu aiheuttaa selkeää häiriötä muille laitteita. Itse laitteen kulu sietää häiriötä.
- Energiatehokkuuden raja-arvo on koottuna Ecodesign-direktiivissä. Direktiivi koskee markkinoille saatavista valaisimista.
- Haitallisten aineiden käytön rajoituksesta sähkö- ja elektroniikkalaitteissa kerrotaan RoHS-direktiivissä. Valaisimissa yleisimmät tällaiset aineet ovat elohopea ja lyijy.
- Vaarallisten aineiden käyttö laitteiden valmistuksessa pitää olla minimissä, mikä kerrotaan WEEE-direktiivissä. Kierrätys ja materiaalin hyödyntämien kuuluu direktiivi mukaan olla mahdollisimman helppoa. Rikkinäiset ja käytöstä poistuvat valaisimet ovat sähkö- ja elektroniikkaromua. (9, s. 6.).

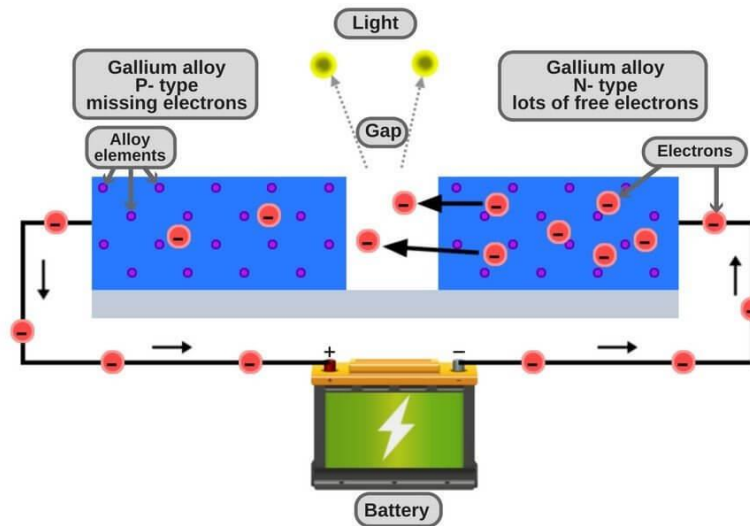
4 Valaisintekniikat

4.1 LED-tekniikka

LED-valaisimen toiminta perustuu elektroluminesenssiin (kuva 3). Kiinteän aineen läpi johdettu sähkövirta saa aineen säteilemään valoa (10.). Valmistusmateriaaleista riippuu LED-valaisimen säteilemän valon aallonpituus eli väri:

- Indiumgalliumnitridiä (InGaN) käytetään sinisen, vihreän ja ultravioletti valon tuottamiseen.
- Alumiinigalliumindiumfosfaattia (AlGaInP) käytetään keltaisen, oranssin ja punaisen värin tuottamiseen.

- Alumiinigalliumarseenia (AlGaAs) käytetään punaisen ja infrapunavalon tuottamiseen.
- Gallium(III)fosfaattia (GaP) käytetään keltaisen ja vihreän valon tuottamiseen. (11.)

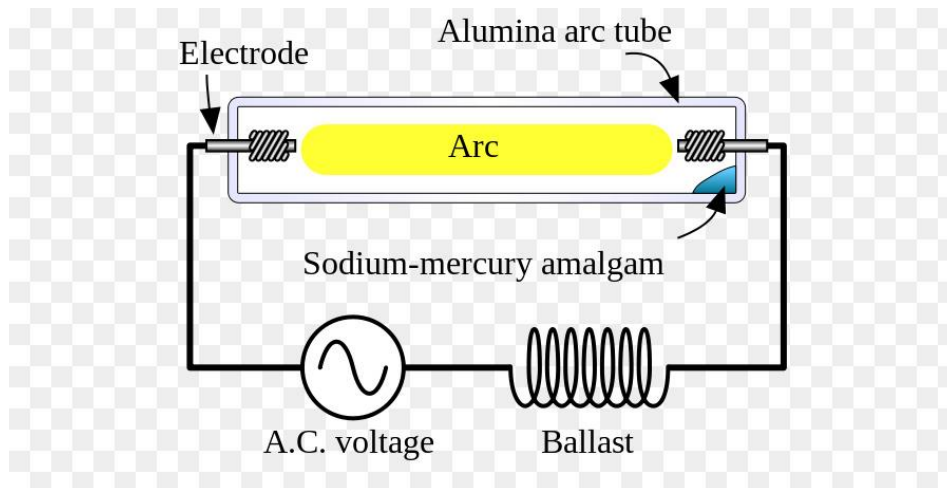


Kuva 3. LED-valaisimen toimintaperiaate (12).

Valkoinen valo koostuu kaikista näkyvän valon aallonpituuksista (13.). Eli pelkästään erilaisia materiaaleja käyttämällä ei saada aikaiseksi valkoista väriä. Yksittäisen LED-valaisimen valon väriin voidaan vaikuttaa lisäämällä LED-komponentin pintaan loisteaineita ja pinnoitteita. Tyypilliset nykyiset valkoista väriä säteilevät LED-valaisimet valmistetaan lisäämällä sinistä valoa säteilevän LED-valaisimen pintaan loisteaineeksi fosforia. Tällä valmistustekniikalla voidaan saada myös hyvä värintoistokyky. Toinen tapa saada valkoista valoa aikaiseksi on yhdistää erivärisiä LED-yksiköitä yhteen toimiyksikköön. Yhdistämällä punainen, vihreä ja sininen eli RGB-värimalli. Kun nämä värit säteilevät oikeassa suhteessa, syntyy valkoista väriä. LED-valaisimien etuja ovat hyvä valotehokkuus, pitkä käyttöikä ja väri vaihtoehtoisuus. Huonoja puolia taas ovat huono lämmönkestävyys, mahdollisesti kustannukset ja valonlähteen pistemäisyys. (10.)

4.2 Suurpaine natrium -tekniikka

Suurapainenatriumlamput (lyh. SPNa) ovat kaasunpurkauslamppuja. Suurapainenatriumlamput tuottavat aluksi violettia valoa, joka muuttuu muutaman minuutin jälkeen niille tyypilliseen oranssiin valoon. Tämä johtuu siitä, että natriumilla kestää hetken muuttaa olomuotonsa kaasusta plasmaksi. Suurapainenatriumlampun toiminta perustuu juuri siihen, että natriumin olomuotona plasmana saa sen säteilemään valoa (kuva 4).



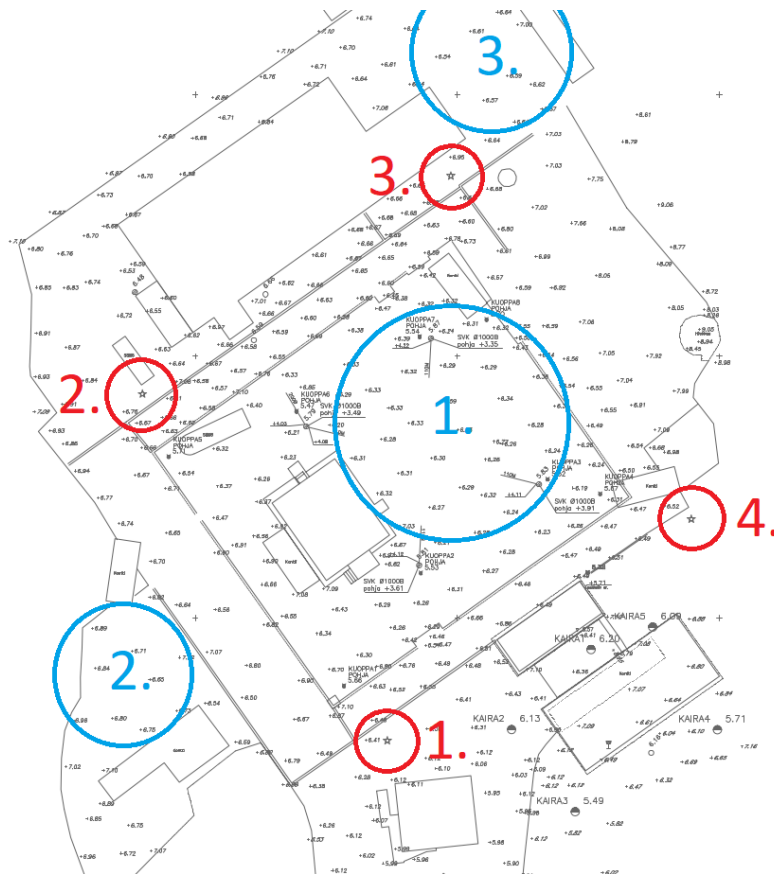
Kuva 4. Suurapainenatriumlampun rakenne (14).

Suurapainenatriumvalaisimia käytetään usein katuvalaistuksessa. Niiden suosio on kuitenkin vähenemässä, koska LED-valaisimien käyttö on yleistynyt. Hyviä puolia suurapainenatriumvalaisimissa on niiden kohtalainen valaisuteho, hinta ja niiden pääosin tuottavasta valosta on punertavaa, joten se on hyvä valaisin kasvien kukkimisvaiheeseen. Huono puolia taas ovat usein epätoivottu oranssi valo ja valaistusteho LED-valaisimiin verrattuna (15).

5 Valaistussuunnittelu

5.1 Lähtötilanne

Kussakin neljässä valaisinmastoissa on tämän työn suunnitteluhetkellä kolme kappaletta 400 watin suurpainenatrium kohdevalaisinta. Yksittäisen valaisimen arvioitu valaistusteho on 40 000 luumenia. Harjoitusalue on rakennettu 60-luvulla eikä aluetta ole pidetty hyvässä kunnossa. Nykyiset kohdevalaisimet ovat hyvin huonossa kunnossa tai täysin toimimattomia. Valaistusta tarvitaan paloharjoitusten pitämistä varten pimeän aikana, mikä ei nyt ole mahdollista.



Kuva 5. Paloharjoitusalueen pohjapiirros. Sinisellä merkattu harjoituskentät ja punaisella valaisinnastot.

Alueella 1 (kuva 5) sytytetään noin kolmen neliömetrin kokoinen matala dieselallas, jonka sammuttamista paloharjoittelijat harjoittelevat. Palava tuli säteilee lämpöä ympärilleen, mikä estää valaisimien asentamisen altaan välittömään läheisyyteen. Tästä syystä on

asennettu neljä kappaletta 14 metriä korkeita valaisinmastoja, joihin on kohdevalaisimet lämmöltä suojaan asennettu. Tulen aiheuttama lämpösäteily ei ole huomattavaa valaisimien korkeudella. Harjoituskenttä 1 oli aikoinaan hyvin valaistu, mutta harjoituskentillä 2 ja 3 valaistus on aina ollut heikkoa. Harjoituskentällä 2 ja 3 pidetään erilaisia paloharjoituksia, mutta palojen pienuudesta johtuen lämpösäteilyä ei pidä ottaa huomioon. Asiakkaan vaatimus oli, että kukin harjoituskenttä on hyvin valaistu. Hyvällä valaistuksella pystytään pitämään paloharjoituksia pimeän aikana ja alueella liikkuminen helpottuu.

Alueella on myös rakennuksia, jotka pitää ottaa huomioon valaistussuunnittelussa. Kuvan 5 yläosassa oleva rakennus on paikoittain korkea. Alueen muut rakennukset ovat matalia. Muut rakennukset eivät ole valaistuksen tiellä, mutta harjoituskentän 2 vieressä oleva konttirakennelma estää valaisinmastolta 1 valaisun kentälle. Alueelle tulee myös ajotie, jolla on katuvalaistus. Valaistus ajotiellä on riittämätön. Katuvalaisimien etäisyys toisistaan on paikoitellen yli 25 metriä. Tästä syystä valaisimien väliin tulee pimeitä alueita, jotka saattavat aiheuttaa vaaratilanteita. Katuvalaisimet pylväineen ovat myös huonossa kunnossa, joten ne uusitaan kokonaisuudessaan. Katuvalaisimille valitaan uudet lamput, pylvääät ja jalustat. Niiden etäisyyksiä toisistaan lyhennetään, joten lukumäärää lisätään.

5.2 Valaisimien valinta

Aluksi piti päättää mikä olisi sopiva valaistustaso harjoitusalueelle. Harjoitusalueella on ollut palomiesten mukaan 50–100 luksin valaistustaso, johon he olivat tyytyväisiä. Sammutusharjoituksissa sytytetyt liekit valaisevat aluetta vielä entisestään. Harjoituksia pidetään yksinkertaisena ja tarkkuutta vaatimattomana työnä. Vastaavan kaltainen työ, joka on mainittu englanninkielisessä ulkotyön valaistusstandardissa, on lastin käsittely, lastaaminen tai purkaminen. Valaistuksen vähimmäisvaatimus näissä töissä on 30 luksia. 30 luksia ei ollut riittävästi, koska kyseessä on harjoituksia, jossa käsitellään tulta. Tuli voi aiheuttaa vaaratilanteita, joiden todennäköisyyttä voi tässä tapauksessa vähentää paremmalla valaistuksella. Vaikka itse tuli valaiseekin, niin huonossa valaistuksessa liekit aiheuttavat suuria tasaisuuseroja. Tasaisuuserot häiritsevät näkemistä. Asiakas myös toivoi alueelle hyvää valaistusta, joten valaistustasoksi harjoitusalueelle valittiin keskiarvoksi 70–100 luksia. Ongelma-alueiden vähimmäisvalaistukseksi valittiin 30 luksia. Ongelma-alueiksi kutsutaan alueita, jotka ovat kaukana valaisinylväistä tai ovat muista

syistä hankalasti valaistavia. Valitun 70–100 luksin valaistuksessa pystyy harjoittelemaan turvallisesti pimeän aikana, eikä tule käytettyä resursseja turhaan. (16.)

Markkinoilla on kohdevalaisimia tarjolla hyvin paljon, joten vaihtoehtoja piti rajata. Yksittäisen valonheittimen valaisinteho pitäisi olla vähintään 40 000 luumenia, jotta 70–100 luksin tavoitteeseen päästäisiin. Tämä yksinään rajaa suuren osan valaisintekniikoista. Esimerkiksi halogeenitekniikalla vaadittaisiin paljon tehoa valaisimille niiden huonon valotehokkuuden takia. Vaihtoehtoiksi käytännössä jäivät vain kaasunpurkauslamput, kuten suurpainenatriumvalaisimet ja LED-valaisimet. Kaasunpurkausvalaisimilla on yleensä halvempi ostohinta ja niitä löytyy paljon suuritehoisina. Niiden huonon valotehokkuuden, värilämpötilan ja hitaan syttymisnopeuden vuoksi valittiin valaistustekniikaksi LED-tekniikka. LED-valaisimilla on hyvä valotehokkuus, pitkäikäisyys ja niiden värilämpötilan voi valita. LED-valaisimia on myös paljon tarjoilla markkinoilla, mikä helpottaa sopivan valaisimen löytämisessä.

Valaisimen tekniset vaatimukset olivat haasteelliset. Valaisimet täytyy tuottaa vähintään 40 000 luumenia valovirtaa, käyttää LED-tekniikkaa ja sillä pitää olla sopiva värilämpötila ja valonjako. Sopiva värilämpötila on 4000–5000 kelviniä. Valaisimen täytyy myös sopia ulkokäyttöön ilman suojausta, eli IP-luokituksen tulee olla vähintään 54. Tämän teholuokan valaisimet ovat usein suunniteltuja joko hallivalaisimiksi tai ulkokäyttöön, joten tämä ei koitunut ongelmaksi valaisimia valitessa. Haasteeksi kuitenkin tuli hakukoneen suuri määrä tuloksia vääränlaisista valaisimista. Ehdotuksia tuli liian tehostomista tai muulla tavalla sopimattomista valaisimista. Ratkaisuksi koitui valmistajien ja maahantuojien internet-sivuilla etsiminen rajaamalla teholuokka sopivaksi. Tällä tavoin päästi tutustumaan sopivan oloisiin valaisimiin tarkemmin. Useimmilla maahantuojilla internet-sivut olivat hyvin alkeellisia tai puutteellisia. Tämän vuoksi valaisimien vertailu oli työlästä.

5.3 Valaistuslaskenta

Tarvittavien valaisimien määrä tai tehoa voi olla vaikea arvioida. Siksi käytetään erilaisia laskentamenetelmiä arvion saamiseksi. Jos halutaan tietää valaistusvoimakkuus, niin voidaan käyttää niin kutsuttua hyötysuhdemenetelmää. Menetelmä sopii parhaiten silloin, kun valaisimet on jaoteltu tasaisesti valaistuttavalle alueelle. (3, s. 5.). Hyötysuhdemenetelmän kaava on seuraavanlainen:

$$E_k = \eta * \frac{N * \phi}{A} \quad (1)$$

E_k on huoneen keskimääräinen valaistusvoimakkuus

N on huoneessa olevien valaisimien lukumäärä

ϕ on yhdessä valaisimessa olevien lamppujen valovirta (lm)

A on huoneen pinta – ala (m^2)

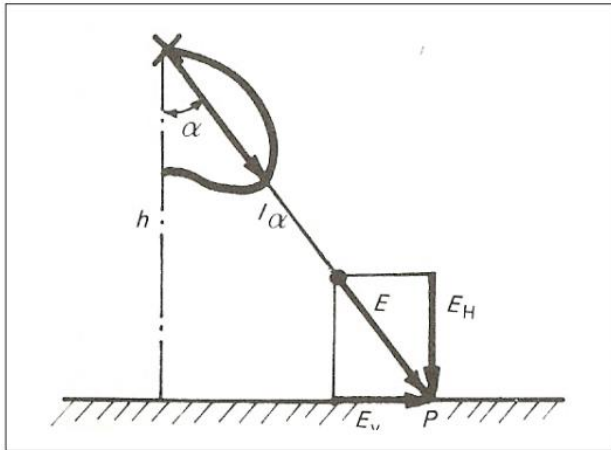
η on valaistusasennuksen hyötysuhde.

Kun yritetään kaavalla laskea harjoitusalueen tarvittavien valaisimien määrää, joudutaan ensin ratkaista huoneessa olevien valaisimien lukumäärä kaavasta. Kaavasta tulee seuraavanlainen:

$$N = \frac{A * E}{\eta * \phi} \quad (2)$$

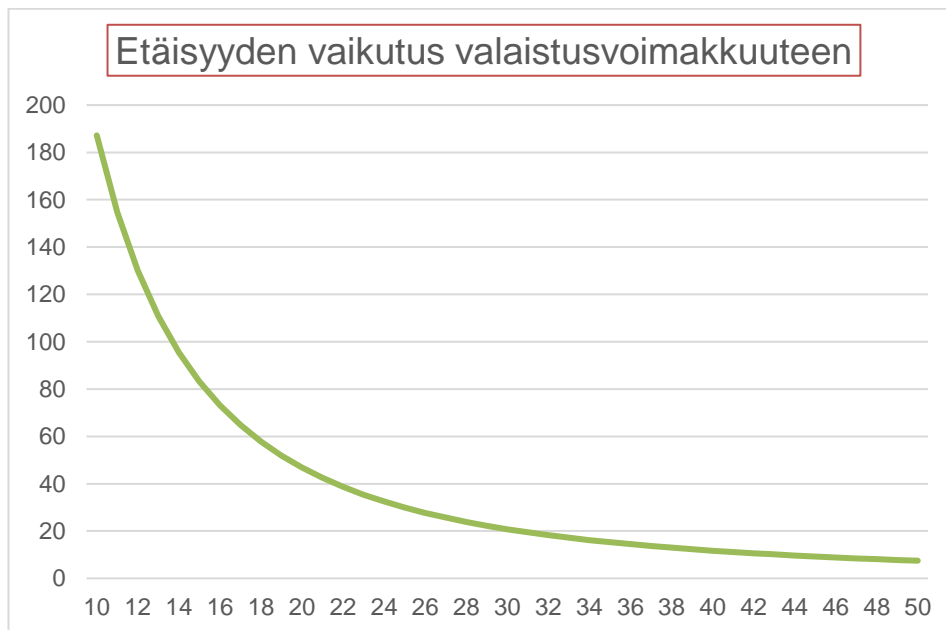
Kohteeseen halutaan 70–100 luksin valaistustaso, joten kaavaan valitaan 85 luksia. Se on toivotun valaistustason keskiarvo. Harjoitusalueen koko on noin 1800 neliometriä. Valaisimien arvioitu vähimmäisvalovirta on 40 000 luumenia, ja valaistusasennuksen hyötysuhde arvioidaan olevan 0,8. Kun nämä arvot sijoitetaan kaavaan, saadaan tulokseksi pyöristettynä neljä valaisinta. Todellisuudessa valaisimia tarvitaan todennäköisesti enemmän, koska harjoitusalue on epäsymmetrinen ja valaisimia ei saa asennettua tasaisesti.

Valaistuksen voimakkuutta voi myös laskea pistemenetelmää käyttäen. Menetelmällä käytetään yksittäisen valaisimen suoraan yhteen pisteeseen tuottaman valon tuoma valaistusvoimakkuus (kuva 6). Tämä tapa on hyvä keino laskea yhden alueen valaistusvoimakkuutta yhdellä valaisimella, eli tässä kohteessa harjoituskentän 2 valaistusvoimakkuuden arvioinnissa (kuva 5).



Kuva 6. Valaisimen ja valaistavan kohteen esitys pistemenetelmällä (3, s. 5.).

Laskennassa käytetään neliö- ja kosinilakia. Neliölain mukaan valaisimen tuottama valaistusvoimakkuus tasolle riippuu etäisyyden neliöstä (kuva 7). Valon valaistusvoimakkuus riippuu tulokulman kosinista, joten etäisyydellä on suuri vaikutus valaistusvoimakkuuteen. Tulokulmalla tarkoitetaan tason ja valon tulosuunnan välistä kulmaa. (3, s. 5.).



Kuva 7. Etäisyyden vaikutus valaistusvoimakkuuteen.

Pistemenetelmän laskukaava esitettynä:

$$E = \frac{I \cdot \cos \alpha}{r^2} * (1 \text{ sr}) \quad (3)$$

E on pinnan valaistusvoimakkuus tietyssä pisteessä (lx)

I on valaisimen valovoima pisteen suuntaan (cd)

α on valon tulosuunnan ja pinnan normaalin välinen kulma

r on valaisimen etäisyys pisteestä (m)

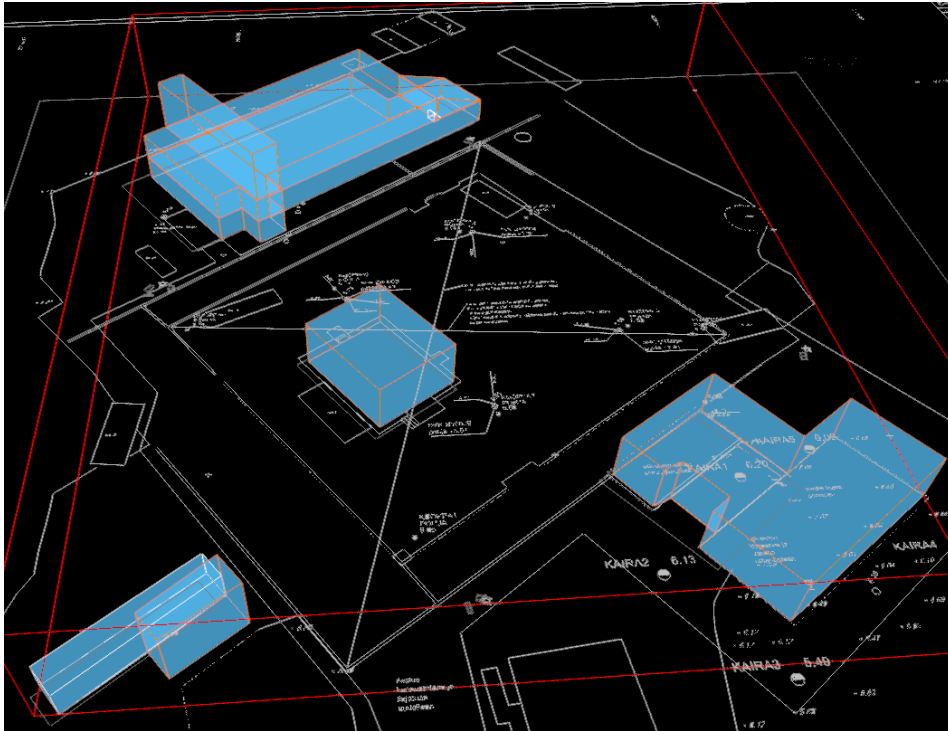
1 sr on yksi steradiaani (avaruuskulmayksikkö)

Menetelmällä voidaan arvioida harjoituskentän 2 valaistusvoimakkuutta. Harjoituskenttä on ongelmallinen, koska se on kaukana lähimmästä valaisinmastosta. Harjoituskenttää 2 kohti tullaan suuntaamaan yksi valaisin. Valaisimen vähimmäisvalovirta on 40 000 luumenia ja sen todennäköinen heijastuskulma on 60 astetta. Luumeneiden määrä voidaan laskea valovoimakkuuden ja valaisimen heijastuskulmasta tai katsoa valonjakokäyrästä (Liite 3). Tulokseksi saadaan valaistusvoimakkuudeksi 48 000 kandela. Harjoituskenttä on 30 metrin päässä valaisinmastosta, jonka korkeus on 14 metriä. Tällöin valopisteen tulosuunnan ja pinnan normaalin välinen kulma on 64 astetta ja etäisyys 33 metriä. Kaavan mukaisesti tulos kerrotaan yhdellä steradiaanilla. Steradiaani ei vaikuta laskun lukuarvoon. Tulokseksi saadaan noin 19 luksia. Tämä lukuarvo ei täytä 30 luksin vähimmäisvaatimusta, joten valaisin täytyy valita tehokkaammaksi.

5.4 Simulointi

Etsimisen jälkeen löytyi kolme sopivaa valonheitintä, jotka valittiin tarkempaan tarkasteluun: Greenicen 500 watin LED -valonheitin, CRX Super -valonheitin ja BUBO B1 -valonheitin. Valaistuksen simulointi edellyttää mahdollisimman tarkkaa mallinnusta simuloitavasta kohteesta (kuva 8). Harjoitusalueesta oli siis luotava tarkka malli, jotta valaistuksen simuloinnin tulokset pätevät myös oikeasti. Kohteen mallinnus luotiin käyttämällä

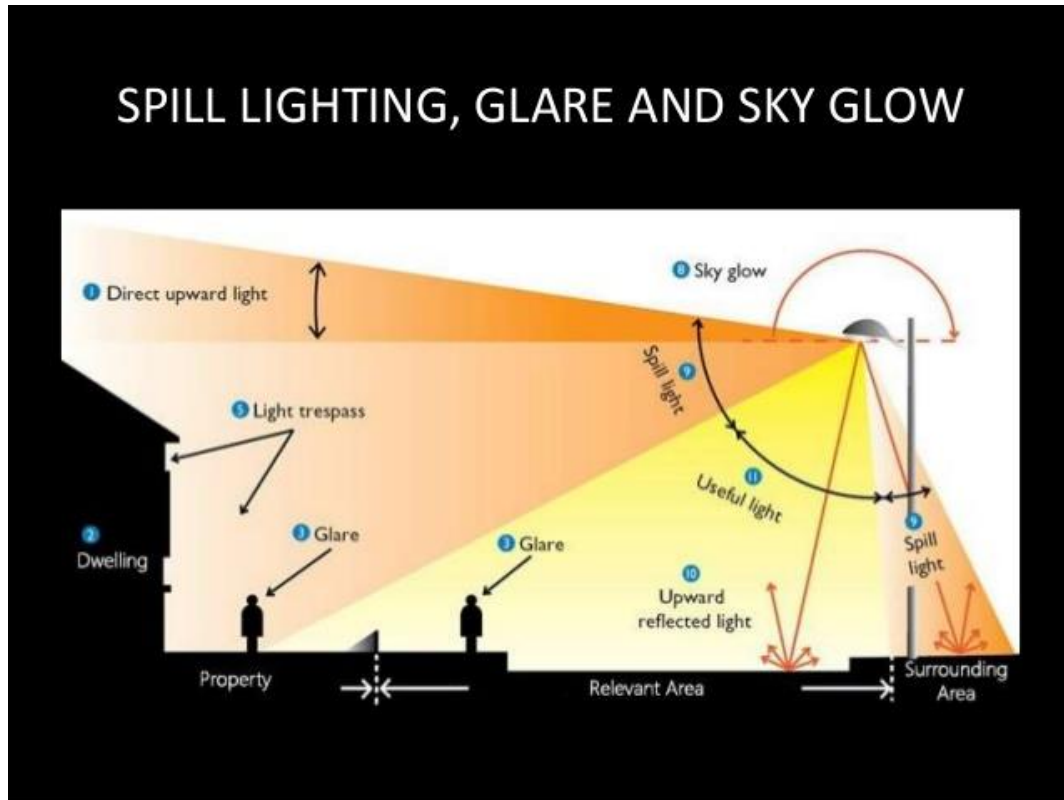
pohjapiirustusta, paikalla otettuja valokuvia ja paikalla otettuja mittauksia. Valaistus- ja kohdesimulointi suoritettiin DIALux evo -ohjelmalla. Tärkeimpänä simulaatiota tehdessä piti ottaa huomioon puiden läheisyys, rakennusten korkeus, sekä valaisinpylväiden tarkka sijainti. Parhaaseen tulokseen pääsee, kun simuloi jokaisen realistisuuden rajoissa olevan muuttujan, kuten lumikerroksen katolla tai pylväiden lievä kallistus. Tällainen mallinnus on kuitenkin hyvin aikaa vievää, joten mallin tarkkuuteen liittyviä kompromisseja piti tehdä. Esimerkiksi vuodenaikojen tuomat erot jätettiin huomiotta.



Kuva 8. Harjoitusalueen simuloitu ympäristö.

Simulaatiolaskennassa selvisi heti, ettei Greenice-valonheitin tulisi toimimaan. Valaisimen suurikulmaisen valonjaon vuoksi suurin osa sen tuottamasta valosta menee hukkaan tai heijastuu väärään paikkaan. Säteilykulma valaisimessa on 120 astetta, mikä on aivan liikaa 14 metriä korkeisiin valaisinpylväisiin. Liian suurella valaistuskulmalla on monia negatiivisia vaikutuksia. Kaikki tarkoittamattoman alueen ulkopuolelle heijastettua valoa voi kutsua valosaasteeksi. Valosaaste on hyödytöntä valoa, josta saattaa aiheutua häiriötä ihmisille tai eläimille (17.). Suurin haitta tarpeettoman suuren säteilykulman omaavissa valaisimissa on kuitenkin häikäisy (kuva 9). Häikäisy aiheuttaa epämukavan

tunteen ja saattaa estää näkemästä haluttua kohdetta. Näistä syistä Greenice-valonheitin todettiin sopimattomaksi kohteeseen, joten sen tarkastelu lopetettiin tulevissa vertailuissa.



Kuva 9. Valon jakautuminen (18).

CRX Super -valonheitintä vertaamalla simulaatiossa tuli todetuksi säteilykulman olevan hieman liian suuri. Harjoituskenttä 2 on noin 20 metrin päässä valaisintolpasta 1 (ks. kuva 5, s. 12.). Ongelmaksi kuitenkin koituu konttirakennelman sijainti. Se on valaisinpylvään 1 ja harjoituskentän 2 välissä, joten aluetta ei pysty valaisemaan valaisinpylväältä 1. Tästä syystä täytyy käyttää valaisinpylvästä 2. Valaisinpylväälle 2 on harjoituskentältä 2 kuitenkin matkaa 25–30 metriä. CRX Super -valonheittimen säteilykulma on 90 astetta. Simuloinnissa todettiin harjoituskentän 2 valaistusvoimakkuus olevan noin 10 luksia. Tämä on riittämätön valaistus alueelle, kun ongelma-alueiden vähimmäisvalaistus on 30 luksia. CRX Super -valonheittimen värielämpötila on 6500 kelviniä, mikä on myös epäsopiva tähän kohteeseen. Olisi voinut myös valita tähän tilanteeseen eri kohdevalaisin. Tähän vaihtoehtoon turvaudutaan, jos yksikään valaisimista ei ole sopiva, kun kaikkia eri vaihtoehtoja on kokeiltu valaistussuunnitteluohjelmalla.

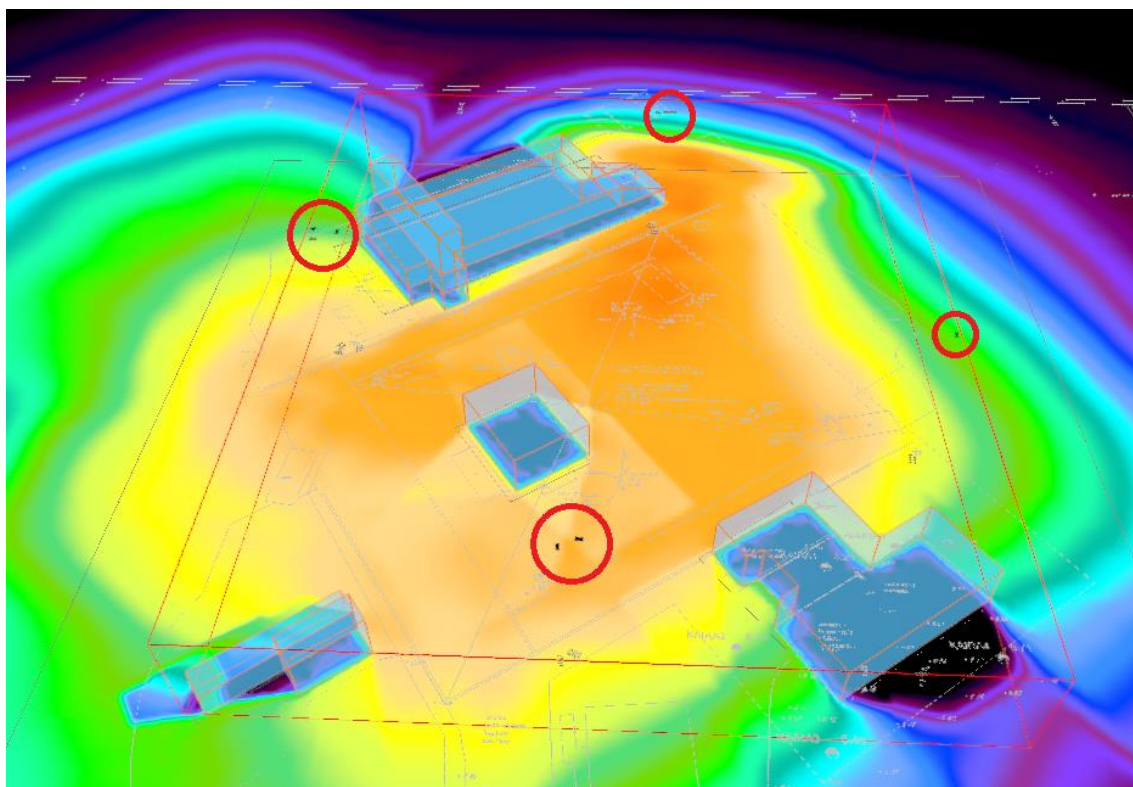
Viimeiseksi tarkasteluun jäi Bubo B1 -valaisin. Bubo-valaisimissa on paljon säätövaraa valaistusvoimakkuuden ja optiikoiden suhteen. B1-nimitys tulee valaisinyksiköiden lukumäärästä. Eli B1-valaisimessa on yksi yksikkö, B2-valaisimessa kaksi ja B3-valaisimessa taas kolme yksikköä (kuva 10). Samankaltainen valaisinrakenne oli myös CRX Super -valonheittimessä. Yhdessä yksikössä on 120 pientä LED-valaisinta, joista koostuu yksi yksikkö. Tällä tavalla voi helposti säätää valaistusvoimakkuutta omaan kohteeseen sopivaksi. Valaistusvoimakkuutta voi myös säätää teholuokissa. Yhden yksikön ajovirta vaihtelee 500 milliampeerista 1400 milliampeeriin, joten maksimiteho Bubo B3 -valaisimessa on 1540 wattia. Sen valaistusteho on 173 000 luumenia, mikä on hyvin suuri valaistusvoimakkuus. Tässä kohteessa ei kuitenkaan niin tehokasta valaistusta tarvittu, vaan simuloinnissa kokeiltiin useita erilaisia kombinaatioita vähemmän tehokkaita valaisimia.



Kuva 10. Bubo B1-, B2- ja B3- valaisinyksikkökokonaisuudet (19).

Bubo valaisimissa on myös mahdollista valita säteilykulman, värintoisto kyvyn ja värilämpötilan. Värilämpötila on joko 4000 kelviniä tai 5000 kelviniä. Valittiin 4000 kelviniä, koska se on miellyttävämpi valaistus pimeän aikana. Värintoistokyvyllä ei kohteessa ole merkitystä, joten valittiin alhaisempi eli 70 Ra. Valaisimet alhaisemmalla värintoistokyvyllä ovat hieman edullisempia. Tärkeimpänä oli valita sopiva optiikka ja säteilykulma. Säteilykulman vaihtoehtoina ovat 12, 34 ja 70 astetta. Oli valittavissa myös 110 asteen symmetrinen optiikka, mutta sen käyttöä Bubo-valaisimissa ei suositella. 12 asteen säteilykulma

on kohteeseen täysin sopimaton ja 34 asteen säteilykulma on myös liian kapea 14 metrisille valaisinpylväille. 70 asteen säteilykulma on sopiva paloharjoitusalueen valaisuun. Valaistuksen saa tasaiseksi ympäri harjoitusaluetta ja valosaasteen määrä on vähäinen (kuva 11). Optiikkaa valittaessa täytyi kysyä apua asiantuntijalta. Apua sai Bubo-valaisimien myyjän Easyledin asiakaspalvelusta. Kerrottiin UP-F -alueoptiikasta, joka valaisee valaistavaa aluetta tasaisesti. Neuvottiin niiden sopivan hyvin tähän kohteeseen, siksi se myös valittiin.



Kuva 11. Harjoitusalueen valaistussimulointi. Punaisella merkitty valaisimien paikat.

Simuloinnissa asetettiin valaisimet 14 metrin korkeuteen ja kohdistettiin niiden asennot sopivaksi (kuva 11). Kokeiltiin eri tehoisia valaisimia ja niiden lukumäärää vaihdeltiin. Lopputulos harjoituskenttien osalta on esitetty taulukossa 1. Taulukossa on esitetty 437-wattisen Bubo B1 -valaisimen antama valaistustaso kullakin harjoituskentällä. Valovoima tällä valaisimella on 52 300 luumenia. Valaisimia tuli loppujen lopuksi yhdeksän kappaletta, kaksi kappaletta valaisinmastoon 1, kolme valaisinta valaisinmastoihin 2 ja 3 ja yksi valaisin valaisinmastoon 4. Bubo B1 -valaisimella saavutettiin paras mahdollinen tulos.

Taulukosta 1 havaitaan, että tavoitteet saavutettiin. Harjoituskentällä 1 ja 3 keskimääräiset valaistusvoimakkuudet ovat 70–100 luksin tasolla. Harjoituskenttä 2, joka todettiin ongelma-alueeksi, on yli 30 luksin vähimmäisvaatimuksen yläpuolella arvolla 40,9 luksia. Taulukosta 1 voi myös todeta, että liian suuria valaistuseroja ei tule. Suurin prosentuaalinen valaistuksen tason ero on harjoituskentällä 2. Tätä ei kuitenkaan lueta häiritseväksi valaistuseroksi. Suuria valaistuseroja tulee välttää, koska ihmissilmä toimii parhaiten tasisessa valaistuksessa (4.).

Taulukko 1. Simulaation tulokset harjoituskenttien valaistuksesta.

Pinta	Tulos	Keskimääräinen	Minimi	Maksimi
Harjoituskenttä 1	Valaistusvoimakkuus (luksi)	87,2	69,8	110
Harjoituskenttä 2	Valaistusvoimakkuus (luksi)	40,9	23,2	53,9
Harjoituskenttä 3	Valaistusvoimakkuus (luksi)	93,7	46,7	105

Valaistuslaskentakaavoilla ja simuloinnilla tuli selkeitä eroavuuksia. 70–100 luksin valaistus hyötysuhdemenetelmällä saatiin aikaseksi jo neljällä valaisimella. Simulaation mukaan valaisimia tarvitaan yhdeksän päästääkseen samaan tulokseen. Valaisimet olivat vielä tehokkaampia valovirralla yli 50 000 luumenin 40 000 luumenin sijaan. Hyötysuhdemenetelmä on enemmänkin tarkoitettu huoneen valaistustason laskemiseen, jossa on tasavälein valaisimia. Suuren epäsymmetrisen alueen valaistuksen laskemisessa tulee suuria virhearviota. Tästä syystä nämä tulokset sivuutettiin.

Tietokone avusteisessa valaistuslaskennassa käytetään aiemmin mainittua pistemenetelmää. Pistemenetelmällä käsin voi kohtuullisella tarkkuudella arvioida yhden valaisimen antamaa valaistusvoimakkuutta pinnalle. Tässä kohteessa arvoitiin harjoituskentän 2 (ks. kuva 5, s. 12.) ensin pistemenetelmällä ja sitten simulaation antamaan tulokseen. Pistemenetelmällä 40 000 luumenin valaisimella saatiin tulokseksi 19 luksia. Simulaatiossa 52 300 luumenin valaisimille keskimääräiseksi valaistusvoimakkuudeksi tuli 40 luksia. Simulaatiossa harjoituskentälle heijastuu hieman valoa muistakin valaisimista ja valaisin oli tehokkaampi kuin laskentamenetelmässä käytetty. Vaikka 19 luksia on 40 luksia

selkeästi vähemmän, niin voidaan todeta pistemenetelmän ja simulaation antavan samansuuntaisen tuloksen.

Kun lasketaan pistemenetelmällä valitulla valaisimella, saadaan tulokseksi 21 luksia. Se on lähes sama tulos, kuin simulaation antama harjoituskentän 2 minimiarvolle (taulukko 1). Pistemenetelmällä on saatu lähes sama tulos kuin simulaatiossa harjoituskentän pimein alue. Tämä on yksi simulaation ylivertauksista. Simulaatiossa pystyy katsomaan alueen antaman tuloksen, eikä vain yhden pisteen. On hyvin työlästä laskea useiden pisteiden valovoimakkuutta ja laskea niiden väliset keskiarvotulot. Lisäksi laskut pitää laskea uudestaan, kun valaistusta muutetaan. Simulaatiolla pääsee tarkempaan arviointiin kuin laskukaavoilla. Tässä työssä ei tulla kuitenkaan suorittamaan vertailuja simuloinnin ja paikalla mitattujen arvojen yhteensopivuudesta. Itse rakennusurakka tullaan suorittamaan opinnäytetyön jälkeen, joten se ei ole mahdollista. Tämä vertailu tullaan kuitenkin suorittamaan oppilaan toimesta pedagogisessa tarkoituksessa.

5.5 Katuvalaistus

Katuvalaistuksen suunnittelussa käytettiin hyväksi DIALux-ohjelman katuvalaisinsijoittelu-ominaisuutta. Ensin ohjelmassa määritellään tien tyyppi. Arvioidaan kadun leveydeksi neljä metriä, koska kyseessä on yksiajoratainen tie. Arvioinnissa käytettiin myös kohdepaikalta otettuja valokuvia. Valitaan valaisimien sijoitus vain toiselle puolelle tietä ja, että valaisintolpan sijoitus tulee puoli metriä tien laidasta. Valitaan valaisin listasta tai tuodaan valaisimen tiedot ohjelmaan. Ohjelma käyttää hyödyksi laskelmissa valaisimien valaistusvoimakkuutta, valokeilaa ja valaisintekniikkaa. Tämän jälkeen ohjelma pyytää valitsemaan parametrin minkä mukaan käyttäjä haluaa ohjelman laskevan. Vaihtoehtoja ovat katuvalojen väli, valopisteen korkeus, valopisteen ulkonema ja kaltevuus. Valopisteiksi kutsutaan yhtä valaisinta ja sen sijaintia. Tien vieressä oleva oja estää valopisteen ulkoneman muutoksen, joten sitä ei voi muuttaa. Myöskään valopisteen korkeutta ei voi muuttaa tien vieressä olevien puiden vuoksi. Valopisteen korkeus on valittu puiden alaosien mukaan niiden alapuolelle, mikä on viisi metriä. Valopisteen kallistuksen voi säätää valaisinta asentaessa sopivaksi, joten se perusteella ei kannata laskelmaa tehdä. Jäljelle jää katuvalojen väli, joten se valitaan. Ohjelma laskee katuvalaisimien etäisyyden toisistaan määritetyllä välillä, mikä on tässä tapauksessa 10–50 metriä.

Katujen valaistusluokasta ja käyttöasteesta todetaan tien vaativan valaistusluokan AL4b (liite 1). Taulukosta 2 nähdään, että vähimmäisvaatimus valaistustasolle on 0,75 luumenia. Liitteessä 3 nähdään keskiarvo valaistusvoimakkuuden vaihtelevan välillä 12,79–63,73 luksia. Ongelmaksi kuitenkin koituu yleistasaisuus. Yli 19 metrin etäisyydellä toisistaan valopisteiden väliin muodostuu pimeitä alueita, jotka vaikuttava näkösuorituskykyyn. Ajojien lyhyden vuoksi valaisimia ei saa sijoitettua toisistaan alle 20 metrin etäisyydelle toisistaan. Katuvalaisinpylväiden joudutaan sijoittamaan niin, että niiden etäisyydet toisistaan vaihtelevat 20 metristä 24 metriin. Tämä tarkoittaa, että vaikka valaistusvoimakkuus keskiarvo on riittävä, epätasaisuuden vuoksi valaistus ei täytä vaatimuksia (liite 2). Kulku ajoneuvoilla tiellä on niin vähäistä, että se kuitenkin sallitaan.

Taulukko 2. AL-luokat (20).

Luokka	Kuivan ja märän ajoradan luminanssi				Estohäikäisy	Ympäristön valaistus
	Kuiva			Märkä		
	L_m cd/m ² , min	U_o min	U_i min	U_o min	TI % max	SR min
AL1	2,0	0,4	0,6	0,15	10	0,5
AL2	1,5	0,4	0,6	0,15	10	0,5
AL3	1,0	0,4	0,6	0,15	15	0,5
AL4a	1,0	0,4	0,4	0,15	15	0,5
AL4b	0,75	0,4	0,4	0,15	15	0,5
AL5	0,5	0,4	0,4	0,15	15	0,5

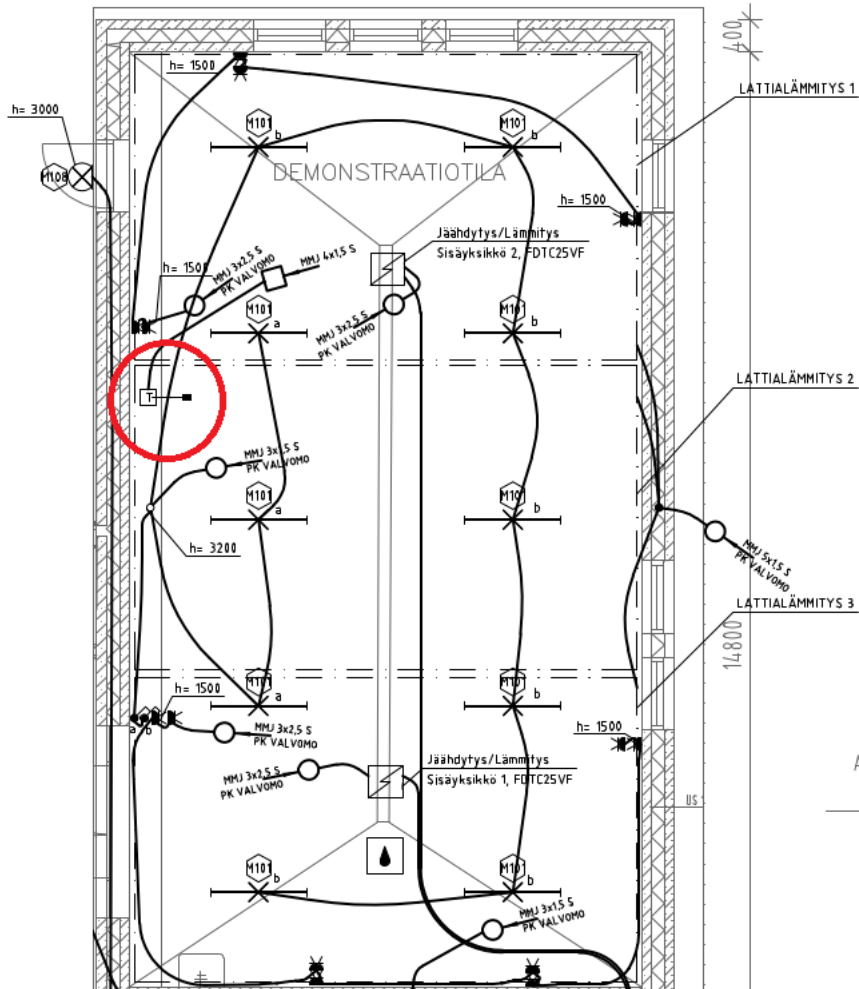
Uusia katuvalaisimia sijoitettiin kadulle neljä kappaletta edellisen kolmen sijaan. Valaisimeksi tuli valittua Fagerhultin Evolume 1 -katuvalaisin. Valaisin valittiin sen ulkonäön ja laajan säteilykulman vuoksi. Laaja säteilykulma tasoittaa valaistuseroja tiellä kun kyseessä on matala valaisinpylväs. Valaisimia on valittavissa eri tehoisia. Valittiin 32 watin vaihtoehto, jonka valovirran määrä on 3200 luumenia. Tällä valaistuksella tuli sopiva valaistusvoimakkuus kadulle. Fagerhultin valaisimissa on pelkästään valaisin, eli niistä puuttuu valaisinpylväät ja -jalustat. Vanhat valaisinpylväät ja valaisinjalustat ovat huonossa kunnossa, joten ne vaihdetaan. Valaisinpylvääksi valittiin Sähköjokisen viisi metriä

korkea A204SK -kartiopylväs. Se on sopiva pylväs Evolume 1 -valaisimelle. Jalustaksi valittiin Sähköjokisen SJ-08 -pylväsjalusta. Se on sopiva jalusta valitulle kartiopylväälle.

Sähkökeskukselta, jolta katuvalaisimet saavat sähkövirtansa, on varustettu liian suurella sulakkeella vähemmän virtaa kuluttaville LED-valaisimille. Mahdollinen oikosulku ei välttämättä ylitä sulakkeen nimellisarvoa, joten kullekin katuvalaisimelle asennetaan omat sulakkeet. Tämä on helpompaa ja halvempaa kuin sulakekoon vaihtaminen sähkökeskukselta. Kyseisellä sähkökeskuksella ei myöskään ollut vapaita sopivankokoisia sulakkeita. Kullakin valaisimella täytyy taten olla oma sulake. Vanhoissa valaisimissa oli myöskin omat sulakkeet. Hankitaan valaisinpylväskalustesarja SV15.125 joka sisällyttää 10 ampeerin johdonsuojakatkaisijan, mikä asennetaan valaisinpylvään sisään. 10 ampeerin johdonsuojakatkaisijalla oikosulkusuojaus toteutuu.

6 Sähkösuunnittelu

Suunnittelu toteutettiin käyttämällä AutoCAD-ohjelmaan perustuvaa MagiCAD - sähkö/LVI-suunnitteluohjelmaa. MagiCAD-ohjelmassa on monta kokonaisuutta, josta tässä projektissa käytettiin tasokuvien piirtämisessä MagiCAD electrical -ominaisuutta ja piirikaavioiden piirtämisessä MagiCAD electrical-Switchboard schematics -ominaisuutta. MagiCAD:n eri ominaisuuksia käytetään eri sähkösuunnittelu kokonaisuuksissa. Tasopiirustukset ja piirikaaviot piirretään ohjelmalla dwg-tiedostomuotoon, joka tallennetaan uudelleen pdf-tiedostomuotoon. Pdf-tiedostomuodossa rakennuspiirustukset välitetään asiakkaalle. Suunnitelmat on tehty asiakkaan toiveita kunnioittaen. Esimerkki tästä voidaan havaita katsomalla demonstraatiotilan (kuva 12) pistorasioiden määrää. Asiakas toivoi ylimääräisiä pistorasioita radio- ja älypuhelimien latausta varten. Tilassa on myöskin kaksi jäähdytysyksikköä, jotka viilentävät tilaa kuumina kesäpäivinä. Itse ulkoyksikkö, joka imee ulkoilmaa tilaan, on kuvan ulkopuolella. Tiloissa on tarkoitus pitää teoriatunteja paloharjoittelijoilla. Paloharjoittelijat eivät tule riisumaan ulkovaatteitaan lyhyiden teoriatuntien aikana, joten jäähdytyksen täytyy olla riittävä kuuminkin kesäpäivinä.



Kuva 12. Demonstraatiotilan sähkösuunnitelma, jossa termostaatti ympyröity punaisella.

6.1 Lattialämmitys

Sähkölämmitys on järkevä ja kustannustehokas lämmitysenergian muoto hyvin erite-
tyissä rakennuksissa. Alkuinvestointi sähkölämmityksessä on selkeästi edullisin läm-
mitysmuoto. Sähkölämmittimillä on erinomainen hyötysuhde, eikä ne voi kylmimmilläkään
pakkasilla jäätyä toimimattomaksi. Huono puoli sähkölämmityksessä on sähkökatkot.
Sähkökatkot asutusalueilla ovat harvinaisia ja lyhytkestoisia, joten se on harvoin on-
gelma. Sähköisiä lämmönjakotapoja on useita, kuten sähkölämmittimet ja ilmalämpö-
pumput. Tässä kohteessa käytetään sähköisesti toimivia lattialämmityskaapeleita, koska
se edesauttaa veden haihtumisen lattiapinnoilta. Lattialämmitystä säädetään termostaa-
teilla (kuva 13), jotka asennetaan lattian sisään lämmityskaapeleiden väliin. Termostaatti

mittaa lämpötilaa ja sulkee sähköpiirin, kun lämpötila putoaa alle asetetun arvon. Kun termostaatti havaitsee lämpötilan nousseen yli asetetun lämpötilan, niin se aukaisee sähköpiirin ja näin lämmitys lakkaa. Termostaateilla on hystereesiä, jotta kytkentöjen määrä vähenee. Termostaatti pitää lämpötilaa asetetulla tasolla, näin lämmitetään ilma sopivaksi. Termostaattia voidaan säätää joko suoraan säätimestä tilassa, jossa termostaatti on tai sähkökeskukselta.



Kuva 13. Elektroninen termostaatti (21).

Useissa kohteissa käytetään lattialämmitystä vain osassa tiloja, kuten kylpyhuoneen lattiasa. Tämä tuo käyttömukavuutta, kun kävelee paljain varpain lämpimällä lattialla kylmän sijaan. Tässä kohteessa koko rakennuksen päälämmitysmuoto on sähköinen lattialämmitys. Sähkölattialämmitysjärjestelmän suunnittelussa pitää ottaa huomioon rakennuksen lämpöhäviöt ja lattialämmityksen lämmityskaapeleiden asennusväli. (22.). Rakennuksen lämpöhäviöt lasketaan seuraavien tietojen avulla:

- rakennuksen rakenteiden pinta-alat
- rakenteiden erityistaso
- ulkoiset ja sisäiset mitoituslämpötilat

- ilmanvaihdon lämmön talteenoton hyötysuhde
- rakennuksen ilmatiiveys (22.).

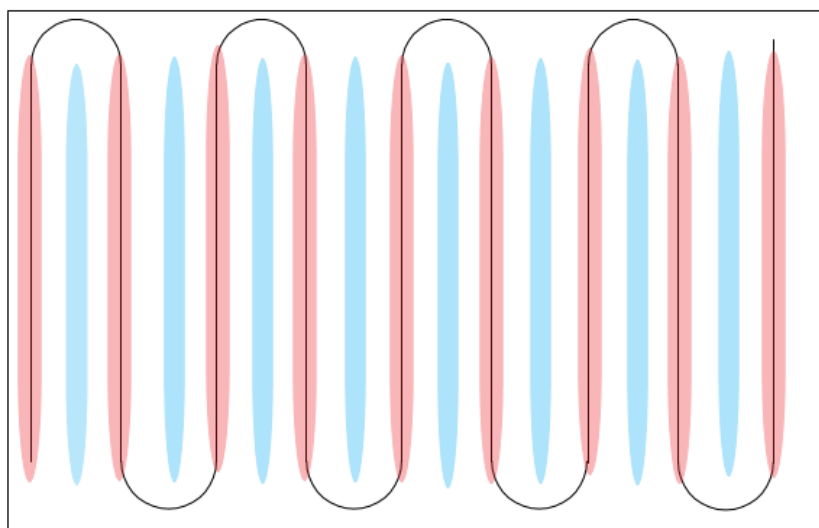
Lämmityskaapeleiden asennusvälin tiheys määräytyy huoneen koon ja lämmityskaapelin pituuden mukaan. Lämmityskaapeli pitää siis valita huoneen koon mukaisesti. Suositeltu teho on kohteen kaltaisessa betonilattiassa 70–100 wattia per neliometri. Lattialämmityksen tulee olla vähintään 80 prosenttia huoneen pinta-alasta. Alle 80 prosentin pinta-alalla lämmitysteho ei välity huoneeseen ilman, että lattian pintalämpötila nousisi epämiellyttävälle tasolle. Kohteessa lattialämmityksen pystyy kattamaan käytännössä kunkin tilan koko alueelle. Lattialämmityksessä on käytetty Enston Tassu-lattialämmityskaapeleita. Tassu-kaapeleita käytetään kuivien ja kosteiden tilojen lämmitykseen. Se on suositeltu kaapeli betonirakenteisissa lattioissa. Kaapelin teho on 20 W/m, ja se on kaksisijoittiminen kaapeli, jossa on PVC-vaippa.

Sopiva lämpökaapelin malli määräytyy tilan koon mukaan, jonka lattian alle kaapeli asennetaan. Suuriin tiloihin, kuten kohteen demonstraatiotilaan pitää asentaa useita kaapeleita (kuva 12), muuten kaapelin teho olisi liian suuri. Valitaan kaapelin malli suositellun huoneen pinta-alan mukaisesti. Esimerkiksi (taulukko 3) aulan koko on 25 neliometriä ja TASSU2200W106M-kaapeli on suositeltu 14,7–27,5 neliometrillä alueelle. Joten tämän suosituksen perusteella kaapeli on sopivan kokoinen aulaan. Aulan koko on kuitenkin suositusalueen yläpäässä, jos aulan lämmöneristävyys olisi heikko niin aulaan tulisi asentaa tehokkaampi/pidempi kaapelityyppi. Suurempi tehoista kaapelia ei ole, joten aulaan tulisi asentaa kaksi pienempitehoista kaapelia. Rakennuksen lämmöneristävyys on kuitenkin hyvä, joten TASSU2200W106M-kaapeli on sopiva kaapeli aulaan.

Taulukko. 3 Lämpökaapeleiden tiedot.

Tila	Kaapelityyppi	Teho	Lukumäärä (kpl)	Asennusalue (m ²)	Teho (W/m ²)	Asennusväli (mm)
Demo. tila	TASSU2200W106M	6600	3	75	92	225
Aula	TASSU2200W106M	2200	1	25	96	210
Siivouskopro	TASSU440W20M	420	1	5,2	90	245
Varasto	TASSU1200W54M	1200	1	13	98	225
Vessa 1	TASSU200W9M	200	1	2,3	100	220
Vessa 2	TASSU200W9M	200	1	2,3	100	220

Lämmityskaapelin asennusväli on myös tärkeää. Ensto suosittelee 9–25 senttimetrin asennusväliä. Liian suurella asennusvälillä lattian lämpötilasta tulee epätasainen. Lämpö ei pääse tasaantumaan saman lämpöiseksi, joten lattiaan muodostuu kylmiä ja kuumia suoria alueita, jotka tuntuvat epämiellyttävästi jalanpohjassa (kuva 14). Varsinkin lähelle lattian pintaa asennetut lämpökaapelit voivat muodostaa lämpötilaeroja. Siksi lähelle pintaa asennettavien lämpökaapeleiden asennusväli tulisi olla tiheämpi. Taulukossa 3 on esitetty kohteen tilojen lattialämmityskaapeleiden tehoja ja asennusvälejä. Jokaisen tilan asennusvälit ovat Enston suosituksen mukaisia. (22; 23.)

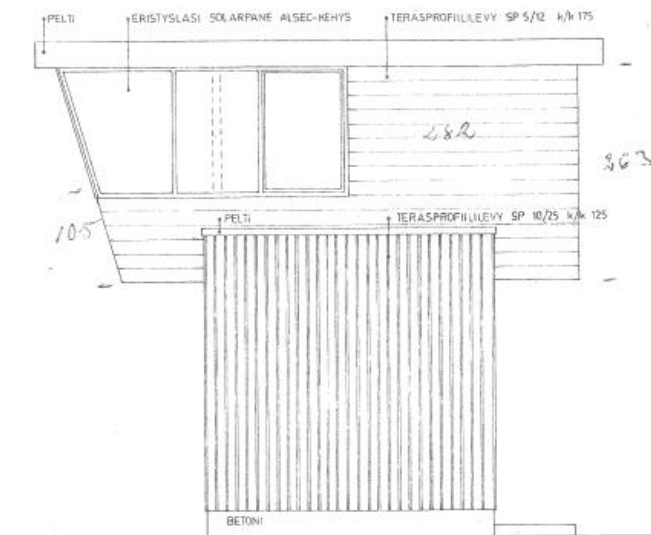


Kuva 14. Lattian kuumia ja kylmiä alueita demonstroitu liian suurella asennusvälillä.

6.2 Valvomorakennus

Valvomorakennuksen uusiminen oli yksi asiakkaan vaatimuksista. Valvomorakennus koostuu kahdesta kerroksesta, joista kerros kaksi puretaan (kuva 15). Kerroksessa kaksi on harjoitusalueen kontrolloimista tarvittavat paneeli. Paneelin kytkimet, kuten valaistus ja merivesipumpun käynnistys, puretaan ja uudelleen sijoitetaan. Merivesipumppua käytetään meriveden pumppaamiseen paloletkuihin, joita käytetään sammutusharjoituksissa. Käyttämättömiä kytkimiä ei uusita. Uusittavia laitteistoja on esimerkiksi diesel-pumppu, jota käytetään dieselaltaan täyttämässä.

Kytkinpaneeli uusitaan ja uudelleen sijoitetaan. Paneeliin tulee vain ulkovalaistuksen ja merivesipumpun kytkin. Merivesipumpun yläpuolelle asennetaan suurikokoinen merkkilamppu. Merkkilamppu syttyy, kun merivesipumppu on käynnissä. Näin palomiehet voivat havaita kaukaa, onko se päällä vai ei. Kaikki valoheittimen kytkimet kytkeytyvät päälle yhdestä kytkimestä, eli valaisimia ei voi kytkeä päälle yksi kerrallaan. Tämä oli asiakkaan toive. Uudisrakennuksen pääoven ja varaston oven yläpuolella ovat myös ulkovalaisimet. Ne syttyvät automaattisesti, kun pääkeskuksen hämäräkytkin havaitsee pimeään ympäristön. Myös katuvalaistus syttyy hämäräkytkimestä.



Kuva 15. Toisen kerroksen purkukuva.

6.3 Erikoistilojen vaatimukset

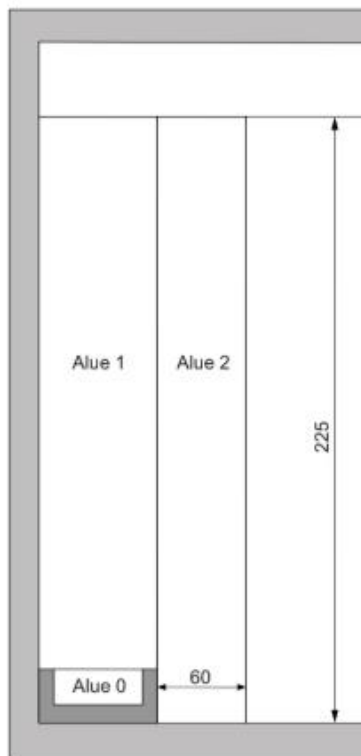
Uudisrakennusta tulevat käyttämään palomiehet paloharjoitusten jälkeen. Vaateet tulevat olemaan hyvin nokiset ja likaiset. Tästä syystä lattiat tullaan pesemään letkulla kaikissa tiloissa. Valmiiksi rakennettua valvomorakennusta ei tulla pesemään, joten sitä ei tarvitse uudistaa asianmukaiseksi. Tilat ovat tästä syystä erikoisiloja, joten niillä on erityisvaatimuksia. Standardissa SFS 600-7-701:2017 kerrotaan kylpy- ja suihkutilojen erikoistilojen ja -asennusten vaatimuksista. Vaikka kohde ei ole suihkutila, niin se on suunniteltu näiden ohjeiden mukaisesti. Kaikki tilat täytyy olla suunniteltu turvalliseksi, jotta vältetään ihmis- tai omaisuusvahingoilta.

Vain lattiat tullaan pesemään letkulla, eli ei seiniä tai kattoa. Vettä tullaan suihkuttamaan alle metrin korkeudelta ja pyritään olla kastelematta muuta kuin lattiaa. Tämän kohteen kaltaista tilaa ei standardissa 6000-7-701-2017 mainita, joten näitä ohjeita on suunnittelussa sovellettu, niin että kuvitellaan huoneiden alaosaan suihkuallas (kuva 16). Alueiden määrittelystä kerrotaan seuraavaa:

- Alue 0 määritellään niin, että se on kylpyammeen tai suihkualtaan sisäpuolinen tila (kuva 16). Tässä kohteessa se tarkoittaa koko tilan 10 senttimetrin korkeutta, koska kohde tulkitaan tilaksi, jossa on suihku ilman alasta.
- Alue 1 alkaa siitä mihin alue 0 loppuu (kuva 16). Suihkualtaan reunaa ei ole tässä tapauksessa ole, joten se alkaa on 10 senttimetrin korkeudelta lattiasta. Alueen 1 yläreuna on 225 senttimetrin korkeudella lattiasta oleva vaakasuora taso. Sivusuunnassa alue 2 rajataan pystysuorilla tasoilla, jotka rajoittuvat suihkualtaan ulkoreunoihin. Ulkoreunat kuitenkin ulottuvat tässä kohteessa seiniin asti, joten koko tila on 10–225 senttimetrin korkeudelta alue 1.
- Alue 2 alkaa sivusuunnassa alueen 1 reunasta. Se ylittää 60 senttimetrin suihkualueen ulkopuolelle (kuva 16). Tässä tilassa ei kuitenkaan aluetta 2 sivusuunnassa ole, koska alue 1 täyttää koko tilan. Pystysuunnassa

alue 2 alkaa korkeudelta 225 senttimetriä, koska yli 225 senttimetrin korkeudella ei ole suihkusuutinta. (24, s.6.)

Sähkösuunnitelmiin erikoistilat vaikuttavat erinäisin tavoin. Sähköisen lattianlämmityksen kaapelit ovat laitestandardien mukaisia. Käytetään tiheäsilmäistä metalliverkkoa, joka on kytketty syöttöpiiriin suojajohtimeen. Kaikkiin piirit suojataan 30 mA:n vikavirtasuojalla. Tämä on muutenkin normaali käytäntö pistorasioihin uudisrakennuksiin. Alueella 0 kotelointiluokat tulisi olla vähintään IPX7, tällä alueelle ei kuitenkaan sähkölaitteita tulla asentamaan. Alueelle 1 ja 2 kotelointiluokat tulee olla IPX4. Esimerkiksi pistorasiat tullaan asentamaan 1,75 metrin korkeuteen ja niiden kotelointiluokat tulee olemaan vähintään IPX5. Vaadittua suurempi kotelointiluokka johtuu siitä, että tilassa siivousta varten käytettävä letkun käyttö vaatii suuremman kotelointiluokan. Pistorasioita ei ole valittu valmiiksi, koska rakennusurakoitsija hankkii yleensä ne itse. Johtojärjestelmät tullaan asentamaan 5 senttimetrin syvyyteen ja ne lisäsuojataan 30 mA:n vikavirtasuojalla tai niissä tulee olemaan suojajohdin. (24, s. 7.)



4) Sivunäkymä, suihkuallas

Kuva 16. Alueiden määrittely suihkuallastilassa. (24, s. 10.)

6.4 LVI-laitteet

Lähes jokaisessa rakennusurakassa täytyy tehdä yhteistyötä muiden suunnittelijoiden kanssa. LVI-laitteiden valinnan tekee LVI-suunnittelija, mutta jokainen suurempi sähkölaite tarvitsee sähkövarauksen sähkökeskukselta. Keskukseen kuuluu mitoittaa oikeanlainen sulake kullekin laitteelle. Sähkölaitteet toimivat joko yksi- tai kolmevaiheisena. Suurtehoiset laitteet ovat kolmivaiheisia. Esimerkiksi saunan sähkökiuas toimii kolmivaiheisena, joten se tarvitsee kolmivaiheisen sulakkeen tai johdonsuojakatkaisijan.

LVI-suunnittelija tekee listan laitteista, jotka asennetaan kohteeseen. Lista on yleensä valmiiksi kerrottu laitteiden tehoista ja siitä monivaiheisia laitteet ovat. LVI-suunnittelija voi olla vaikea ilmoittaa sähkötiedot, jolloin on sähkösuunnittelija tehtävä tarkastaa kunkin laitteen tiedot. Tähän kohteeseen tuli muun muassa jätevesipumppu, tuloilmakone ja huippuimuri. Huippuimurin annetut tiedot esitettynä ovat kuvassa 17.

TEKNINEN ERITTELY

Tuote:	STEC, eristetty huippuimuri
Puhallinpyörä:	Koot 1-3: muovipyörä EC-moottorilla ja integroidulla pyörimisnopeuden säätimellä Koot 4-7: alumiininen CentriFlow 3D-puhallinpyörä EC-moottorilla ja integroidulla pyörimisnopeuden säätimellä
Eristys:	Vaippa sisäpuolelta eristetty pinnoitetulla villalla
Puhallussuunta:	Ylöspäin
Lämpötila-alue:	Suunniteltu Suomen ilmasto-olosuhteisiin. Ympäristön lämpötila maks. +40 °C. Poistoilman lämpötilan tulee olla -10...+40 °C.
Ympäristörasitusluokka:	C4 (EN ISO 12944-2)
Vesisuojausluokka:	IPX4
Sähkölaitteiden koteloitiluokka:	IP54
Moottori:	EC-ulkorooottorimoottori
Syöttöjännite:	Koot 1-4: 1- 230 VAC 50 Hz Koot 5-7 ja saneerauspakettilla varustetut versiot: 3- 400 VAC 50 Hz
Pyörimisnopeuden säätö:	Koot 1-2: jänniteviesti 0-10 V Koot 3-7: jänniteviesti 0-10 V tai Modbus RTU RS485 Erillisillä säätölaitteilla
Määräystenmukaisuus:	EMC-direktiivi 2004/108/EC Konedirektiivi 2006/42/EC, liite II, kohta A Pienjännitedirektiivi 2006/95/EC Asetus 1253/2014, luokitus NR/VU/UVU (toimistokäyttö, poistoilma; voidaan käyttää myös asuntoilmanvaihdossa) Asetus 327/2011 (puhaltimien ekologinen suunnittelu)

Kuva 17. Huippuimurin tekniset tiedot (25).

Kohteeseen tulee huippumurin koko 1, joten sen syöttöjännite on 1~ 230 VAC 50 Hz (kuva 17). Kirjoitettu ” 1~” tarkoittaa, että laite on yksivaiheinen. ” 3~” tarkoittaisi kolmi-vaiheista laitetta. Sulakekoko valitaan laitteen tehon mukaisesti. Laitetta säädetään VAK:ilta, joten se ei vaadi sähkösuunnittelijalta toimenpiteitä. Sähkösuunnittelija varaa jokaiselle laitteelle sähkövarauksen keskukseen ja merkitsee tasopiirustukseen sen si-jainnin. Osa laitteista tarvitsee turvakytkimen. Turvakytkin suojaa sähköasentajaa sähköiskuilta ja mekaanisilta onnettomuuksilta (26.).

7 Yhteenveto

Työn tavoite oli tehdä paloharjoitusalueen ja paloharjoitusalueen uudisrakennuksen sähkö- ja valaistussuunnitelma. Paloharjoitusalueen käytön lisääntyminen oli rakennusurakan syy. Alueella harjoitusten pitäminen oli pimeään aikaan mahdotonta puutteellisen valaistuksen vuoksi. Myös paloharjoitusten teoriaosuuden pitäminen paloharjoittelijoilla oli vaivalloista. Rakennetaan uudisrakennus teoriaopetukseen ja varastotilaksi. Sen mukana uusi valaistus alueelle. Suunnitelmapiirustukset tuli tehdä niin, että asiakas pystyy laskemaan rakennusurakan hinnan ja tehdä tarjouksen rakennusurakoitsijoille. Sähkö- ja valaistussuunnitelman tehtiin asiakkaan toiveita kuunnellen ja sähkömääräysten mukaisesti.

Sähkösuunnitelmat saatiin tehtyä tulevia sähköasennuksia varten, ja niihin kuului myös valaistussuunnitelma. Valaistuksen riittävyys tullaan kokeilemaan etukäteen pimeään aikaan. Tarvittava valaistuksen määrä arvoitiin ensin eri lähteiden perusteella. Paloharjoitusalueella tehdään paloharjoituksia myös iltaisin, joten tavoitteena oli pystyä pitämään harjoituksia hyvässä valaistuksessa pimeään aikaan. Simulaation mukaan saatiin hyvä valaistus pääharjoituskentälle ja toiselle pienelle harjoituskentälle. Sivussa olevalle toissijaiselle harjoituskentälle saatiin epätyytyttävä valaistustaso, mutta se täyttää standardin vähimmäisvaatimuksen. Valaistuksen taso ei ole myöskään tyydyttävä autotiellä. Katuvalaistuksen valaistuksen määrä on riittävä, mutta se on epätasainen haasteellisen ympäristön vuoksi. Itse sähkösuunnitelmat saatiin tehtyä sähkömääräysten mukaisesti ja asiakkaan toivomukset toteutettiin. Sähkösuunnitelmiin oltiin tyytyväisiä, joten yleisuunnitelma ja suunnitelmapiirustukset hyväksyttiin.

Vaikein haaste työssä oli kokemattomuus valaistussuunnittelussa. Valaistussuunniteluohjelman käytön opettelu oli hyvin aikaa vievää, lisäksi tulosten luotettavuuden testaaminen käytännössä mahdotonta. Valaisimien valinta oli myös hyvin haasteellista. Eri valaisinmalleja ja -tyyppejä on tarjolla hyvin paljon, mikä antaa paljon säätövaraa. Tämä kuitenkin tuo mukanaan ongelman. Pitää pystyä perustelemaan, ainakin itselleen, miksi jokin valaisin on parempi kuin toinen, vaikka niillä olisi samat tekniset tiedot. Olisi hyvä, jos työnantajalla olisi sopimus valaisinvalmistajan -tai maahantuojan kanssa. Valaisimet saisi hieman edullisempaan hintaan ja valaisinsuosituksia voisi kysyä erikoisiin kohteisiin. Valaisinvalmistajilla on valaistussuunnittelijoita, jotka ovat varmasti päteviä työsään ja pystyvät ohjeistamaan valaistussuunnittelussa. Simuloidun valaistuksen onnistumisen saa tietää vasta kokeilun jälkeen. Tuloksia ei valitettavasti tässä työssä ei käsitellä, koska kokeilu tullaan suorittamaan opinnäytetyön teon jälkeen.

Työtä voi käyttää hyödyksi sähkösuunnitteluun liittyvissä asioissa, kuten kosteiden tilojen, lattialämmityksen ja etenkin valaistuksen suunnittelun apuna. Valaistussuunnittelun osuutta voi käyttää valaistusuureiden oppimisessa, valaisintekniikkaa valittaessa ja valaistuslaskentaohjelmiston käytön ymmärtämisessä ja sen mahdollisuuksista. On tärkeää valaistussuunnittelun aloittamisessa tietää, mikä on kohteen tavoite ja miten se saavutetaan. Työn antamalla tiedoilla voi päästä hyvään tulokseen ja nopeasti. Opinnäytetyön avulla tietää mitkä välivaiheet voi ohittaa, kuten esimerkiksi jättämällä laskukaavojen laskut tekemättä. Laskukaavojen käyttäminen on turhaa nykyaikana, kun on käytössä modernit simulaattorit, joilla voi säätää ympäristön kohteen kaltaiseksi. Muutosten tekeminen simulaatiossa onnistuu muutamalla klikkauksella ja tuloksia on helppo vertailla. Vaikka simulaation antamia tuloksia ei henkilökohtaisesti ole oikeaan maailmaan päässyt vertaamaan, niin simulaatio ottaa huomioon paljon enemmän muuttujia kuin laskukaavat. Tämä tuo luotettavuutta simulaattoreiden käytön puolesta. Simulaattorit kuitenkin käyttävät taustalla samoja ja muita valaistukseen vaikuttavia laskukaavoja, joiden tulos esitetään modernilla intuitiivisella tavalla. Tämä helpottaa hahmottamaan tuloksia ja tavoitteet saavutetaan tehokkaammin.

Lähteet

- 1 Granlund – hyvinvointia rakennetussa ympäristössä. Verkkoaineisto. Granlund. <<https://www.granlund.fi/granlund/meista/>>. Luettu 15.01.2020.
- 2 Mikä on lumen ja candela – valaisinten ABC. Verkkoaineisto. Partioaitta. <<https://www.partioaitta.fi/oppaat/termit-ja-teknologia/mika-on-lumen-ja-candela-valaisinten-abc/>>. Luettu 07.01.2020.
- 3 Sähkötieto ry. 2017. ST.40 valaistustekniikan perussuureet ja määritelmät. Espoo: Sähköinfo oy.5 Valtioneuvoston asetus työpaikkojen turvallisuus- ja terveysvaatimuksista. 2009. Verkkoaineisto. Sosiaali- ja terveysministeriö. <<https://www.finlex.fi/fi/laki/akup/2009/20090205>>. 01.06.2019. Luettu 07.01.2020.
- 4 Valaistusteknilliset laadunvalvontamittaukset. Verkkoaineisto. Liikennevirasto. <https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/ohje_2014_valaistusteknilliset_laadunvalvontamittaukset_web.pdf>. 1.11.2014. Luettu 10.01.2020.
- 5 Wesley Shaver. 2016. Verkkoaineisto. Pexels. <<https://www.pexels.com/id-id/foto/171115/>>. 26.01.2016. Luettu 15.01.2020.
- 6 Valtioneuvoston asetus työpaikkojen turvallisuus- ja terveysvaatimuksista. 2009. Verkkoaineisto. Sosiaali- ja terveysministeriö. <<https://www.finlex.fi/fi/laki/akup/2009/20090205>>. 01.06.2019. Luettu 07.01.2020.
- 7 Valtioneuvoston asetusrakennustyön turvallisuudesta. 2003. Verkkoaineisto. Sosiaali- ja terveysministeriö. <<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2003/20030577?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=rakennusty%C3%B6n%20turvallisuus#P10>>. 18.09.2003. Luettu 07.01.2020.
- 8 Tia Kiiskinen. 2017. Riittävä valaistusteho eri tiloissa ja tehtävissä. Verkkoaineisto. Ledexperts. <<https://www.ledexperts.fi/riittava-valaistusteho-eri-tiloissa-ja-tehtavissa/>>. 13.10.2017. Luettu 07.01.2020.
- 9 Tapio Kallasjoki. 2004. ST 57.45 Valaisimen valinnan perusteet. Espoo: Sähkötieto ry.
- 10 LED. 2009. Verkkoaineisto. Ensto. <<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojak-sot/0705016/1228387313247/1228387387439/1233229692599/1233229715150.html>>. 29.01.2009. Luettu 11.01.2020.

- 11 What is an LED? 2004. Verkkoaineisto. Ledsmagazine. <<https://www.ledsmagazine.com/leds-ssl-design/materials/article/16701292/what-is-an-led>>. 01.07.2014. Luettu 12.01.2020.
- 12 What Does LED Stands for? 2019. Unilumin. Verkkoaineisto. <<https://www.unilumin.com/blog/what-does-led-stands-for>>. 24.10.2020. Luettu 12.01.2020.
- 13 Valo ja väri (kopio). Verkkoaineisto. Ylöjärvi. <<https://peda.net/yl%C3%B6j%C3%A4rvi/peruskoulut/yy/7-9-luokat/fysiikka/valo-ja-v%C3%A4ri/vvkevv>>. Luettu 12.01.2020.
- 14 Pemakaian Pribadi. Gas discharge lamp. Verkkoaineisto. <<https://www.pngdownload.id/png-0golwi/>>. Luettu 05.01.2020.
- 15 Stouchlighting. Verkkoaineisto. <<https://www.stouchlighting.com/blog/led-vs-hps-lps-high-and-low-pressure-sodium>>. Luettu 06.01.2020.
- 16 SFS-EN 12464-2. 2014 LIGHT AND LIGHTING. LIGHTING OF WORK PLACES. PART 2: OUTDOOR WORK PLACES. Helsinki: SFS Suomen standardoimisliitto.
- 17 Lyytimäki, Jari; Rinne, Janne. 2013. Valosaaste – vakava ympäristöongelma? Verkkoaineisto. Syke. <<https://www.syke.fi/hankkeet/valo>>. 11.06.2013. Luettu 10.01.2020.
- 18 Sushil Kumar Gupta. 2017. Spill light. Verkkoaineisto. Slideshare. <<https://www.slideshare.net/SushilKumarGupta4/spill-light>>. 27.06.2017. Luettu 13.01.2020.
- 19 Easy LED oy. Verkkoaineisto. <https://www.easyled.fi/sites/default/files/bubo_fi_13.pdf>. Luettu 07.01.2020.
- 20 Tiehallinto. 2006. Tievalaistuksen suunnittelu. Verkkoaineisto. <https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf/2100034-v-06tievalaist_suunn.pdf>. Luettu 11.01.2020.
- 21 Elektroninen termostaatti ilmasta tai lattiasta mittaava. Verkkoaineisto. Maalämpötukku. <<https://www.maalampotukku.fi/product/2818/elektroninen-termostaatti-ilmasta-tai-lattiasta-mittaava>>. Luettu 15.01.2020.
- 22 Sähkölämmitysratkaisut uudisrakentamiseen ja saneeraukseen. Verkkoaineisto. Ensto. <<https://www.sahkonumerot.fi/1613007/doc/brochure/>>. Luettu 14.01.2020.
- 23 Lattialämmitys eri lattiarakenteissa. Verkkoaineisto. Pistesarjat. <<https://pistesarjat.fi/fi/ajankohtaista/Lattialammitys-eri-lattiarakenteissa/>>. Luettu 14.01.2020.

- 24 SFS 6000-7-701:2017. Erityisiä asennuksia tai asennusolosuhteita. Espoo: Sähkötieto ry.
- 25 Huippuimuri roofmaster stec. Verkkojulkaisu. Fläktgroup. <<http://resources.flaktwoods.com/Perfion/File.aspx?id=f595008d-57b3-431c-a6f9-0bf784c98c86>>. Luettu 15.01.2020.
- 26 Koteloidut turvakytkimet. 2020. Verkkojulkaisu. ABB. <<https://new.abb.com/low-voltage/fi/tuotteet/koteloidut-kytkimet/koteloidut-turvakytkimet>>. 2020. Luettu 15.01.2020.

Autoliikenteen valaistusluokat (17)

Taulukko 6. Yleisten teiden valaistusluokat.

Toiminnallinen luokka	Poikkileikkaus	Liikenne	Ajo-nopeus	Liittymät	Valaistusluokka	
					Valoisa	Pimeä ymp
Moottoriväylät	2x12,50/7,50+15,00 	M				
	2x12,50/7,50+4,50 	M	≥ 80	Eritaso	AL2	AL3
	12,50/7,50 	M				
Päätiät	2x9/7+4,50 	M+Pp+Jk M+E(Pp+Jk)	≥ 60	Taso Eritaso	AL1 AL2	AL2 AL3
	17,50/14,50 	M+Pp+Jk M+E(Pp+Jk)	≥ 60	Taso	AL1 AL2+K2	AL2 AL3+K4
	10,50/7,50 	M+Pp+Jk M+E(Pp+Jk)	≥ 60	Taso	AL4a AL4a+K4	AL4a AL4b+K6
	8/7 	M+Pp+Jk M+E(Pp+Jk)	≥ 60	Taso	AL4a AL4a+K4	AL4a AL4b+K6
Muut tiet	8/7 	M+Pp+Jk M+E(Pp+Jk)	< 60	Taso	AL4a AL4b+K6	AL4b AL4b+K6
	7/6 	M+Pp+Jk	< 60	Taso	AL4b	AL4b
	4...6 	M+Pp+Jk	< 40	Taso	AL4b	AL4b
Laiturit					AL1	AL2

M=moottoriajoneuvoliikenne

Jk=jalankulkuliikenne

Pp=polkupyöräliikenne

E=erillinen liikenne

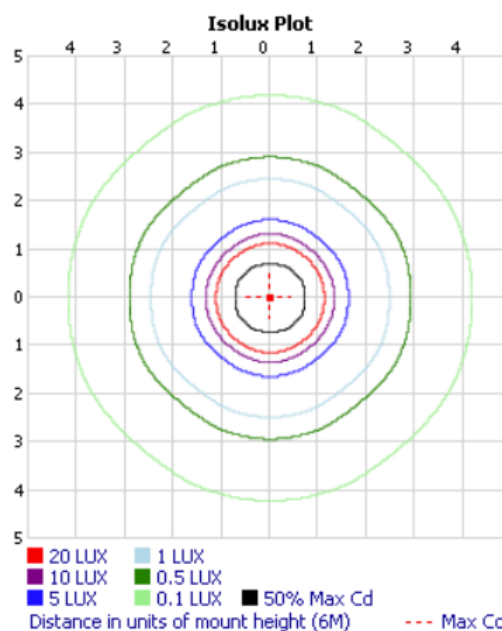
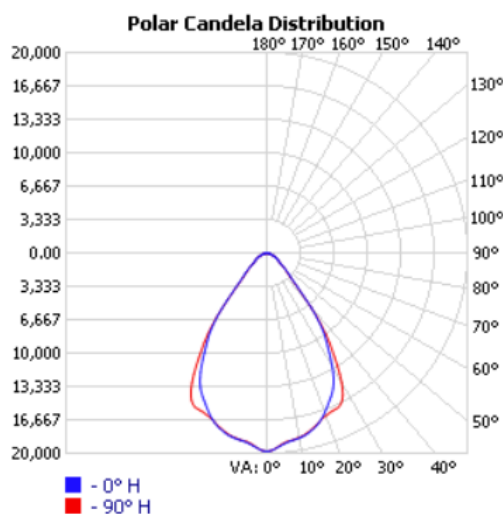
Katuvalaistuslaskelma

Valaistusluokka	Valaisin	Lamppu	Tulos	Etäisyys [m]	Korkeus [m]	Em [lx]	U0
AL4b	FAGERHUL	LED	Sopiva	10	5	63,73	0,78
AL4b	FAGERHUL	LED	Sopiva	11	5	57,9	0,75
AL4b	FAGERHUL	LED	Sopiva	12	5	52,97	0,71
AL4b	FAGERHUL	LED	Sopiva	13	5	48,92	0,65
AL4b	FAGERHUL	LED	Sopiva	14	5	45,41	0,59
AL4b	FAGERHUL	LED	Sopiva	15	5	42,49	0,54
AL4b	FAGERHUL	LED	Sopiva	16	5	39,85	0,5
AL4b	FAGERHUL	LED	Sopiva	17	5	37,57	0,46
AL4b	FAGERHUL	LED	Sopiva	18	5	35,48	0,43
AL4b	FAGERHUL	LED	Sopiva	19	5	33,74	0,41
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	20	5	32,09	0,39
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	21	5	30,54	0,37
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	22	5	29,21	0,36
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	23	5	28	0,34
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	24	5	26,83	0,32
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	25	5	25,72	0,29
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	26	5	24,62	0,26
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	27	5	23,71	0,24
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	28	5	22,84	0,22
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	29	5	22,05	0,17
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	30	5	21,34	0,13
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	31	5	20,63	0,08
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	32	5	19,98	0,06
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	33	5	19,4	0,05
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	34	5	18,81	0,05
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	35	5	18,27	0,04
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	36	5	17,78	0,03
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	37	5	17,29	0,02
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	38	5	16,83	0,01
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	39	5	16,41	0,01
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	40	5	16	0,01
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	41	5	15,6	0,01
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	42	5	15,24	0,01
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	43	5	14,87	0,01
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	44	5	14,53	0,01
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	45	5	14,23	0
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	46	5	13,9	0
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	47	5	13,61	0
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	48	5	13,34	0
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	49	5	13,05	0
AL4b	FAGERHUL	LED	Riittämätö	50	5	12,79	0

Valonjakokäyrä

MANUFACTURER: EASY LED
 TEST #:
 TEST DATE: 2018-04-26
 DESCRIPTION: BUBO B1 120-500 70DEG 740
 LAMP CATALOG: LED
 LAMP OUTPUT: 1 LAMP, RATED LUMENS/LAMP: 26270
 INPUT WATTAGE: 180
 LUMINOUS OPENING: RECTANGLE (L: 0.22M, W: 0.51M)
 MAX CD: 19,797.9 AT HORIZONTAL: 0°, VERTICAL: 0°
 CUTOFF CLASS: FULL CUTOFF
 ROADWAY CLASS: TYPE VS
 EFFICIENCY: 100%

No
Photo
Available



VISUAL PHOTOMETRIC TOOL 1.2.46 COPYRIGHT 2020, ACUITY BRANDS LIGHTING.

THIS PHOTOMETRIC REPORT HAS BEEN GENERATED USING METHODS RECOMMENDED BY THE IESNA. CALCULATIONS ARE BASED ON PHOTOMETRIC DATA PROVIDED BY THE MANUFACTURER, AND THE ACCURACY OF THIS PHOTOMETRIC REPORT IS DEPENDENT ON THE ACCURACY OF THE DATA PROVIDED. END-USER ENVIRONMENT AND APPLICATION (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, VOLTAGE VARIATION AND DIRT ACCUMULATION) CAN CAUSE ACTUAL PHOTOMETRIC PERFORMANCE TO DIFFER FROM THE PERFORMANCE CALCULATED USING THE DATA PROVIDED BY THE MANUFACTURER. THIS REPORT IS PROVIDED WITHOUT WARRANTY AS TO ACCURACY, COMPLETENESS, RELIABILITY OR OTHERWISE. IN NO EVENT WILL ACUITY BRANDS LIGHTING BE RESPONSIBLE FOR ANY LOSS RESULTING FROM ANY USE OF THIS REPORT.



VISUAL PHOTOMETRIC TOOL

PAGE 1 OF 4