



Ramona Leppilahti

Valaistussaneeraus ja Dali-ohjauksen lisääminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

25.10.2023

Tiivistelmä

Tekijä: Ramona Leppilahti
Otsikko: Valaistussaneeraus ja Dali-ohjauksen lisääminen
Sivumäärä: 30 sivua
Aika: 25.10.2023

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine: Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat: Lehtori Ossi Hämäläinen
Pekka Kempainen, Toimitusjohtaja, E-Sähkö Oy

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda esimerkki siitä, miten toteutetaan valaistussaneeraus ja Dali-ohjauksen lisääminen saneerauksen yhteydessä. Tavoitteena oli tehdä urakka mahdollisimman tehokkaasti ja saada lopputulokseksi laadukas toimistotiloihin soveltuva valaistus.

Työssä esitellään Dali-järjestelmän idea ja käydään läpi Dali-väylän vaatimuksia sekä esitellään urakassa käytetyt Helvarin laitteet. Työssä kerrotaan hyvän toimistotyöhön tarkoitetun valaistuksen tarpeista ja esitellään urakassa käytetyt valaisimet, jotka täyttävät hyvän valaistuksen kriteerit.

Urakan valmistelu osoittautui merkittäväksi tekijäksi urakan onnistuneen toteutumisen kannalta. Työssä käydään läpi urakan toteutus ja eri vaiheet. Suunnitteluvaiheessa kohteen tiloista laadittiin dialux-laskelmat, joiden avulla valaisimet valittiin ja sijoiteltiin. Urakassa uusittiin valaistuksen kaapeloinnit sekä lisättiin Dali-väylä. Dali-järjestelmä ohjelmoitiin ja lopuksi tehtiin mittaukset sekä laadittiin tarvittavat pöytäkirjat.

Lopputuloksena saavutettiin toimistotyöskentelyyn sopiva valaistus. Valaistukseen ja sen ohjaukseen on Dali-järjestelmän ansiosta mahdollista tehdä myöhemmin muutoksia. Neuvottelu- ja toimistotiloihin asennettujen ohjauspainikkeiden avulla tiloissa voidaan käyttää erilaisia valaistustilanteita ja niitä voidaan ohjelmoida ja muuttaa tarpeiden mukaan. Työtä voidaan käyttää esimerkkinä, kun suunnitellaan ja toteutetaan toimistotilan valaistussaneeraus Dali-järjestelmää hyödyntäen.

Avainsanat: Dali, valaistussaneeraus

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Ramona Leppilahti
Title: Lighting Renovation and Addition of Dali Control
Number of Pages: 30 pages
Date: 25 December 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering
Professional Major: Electrical Power Engineering
Supervisors: Ossi Hämäläinen, Senior Lecturer
Pekka Kemppainen, CEO, E-Sähkö Oy

The purpose of the thesis work was to develop an example case of how to implement a lighting renovation and add Dali control while renovating. The goal was to plan the renovation development case as efficient as possible and get high-quality lighting for the target office.

The thesis presents the idea of the Dali system and reviews the requirements of the Dali bus, as well as introduces the Helvar equipment which was used in the project. The thesis introduces the needs of good lighting for working an office and the lamps which were used in the project. The lamps meet the criteria of good lighting.

The preparation of the contract turned out to be a significant factor in terms of the successful project. The execution of the contract and the different phases are reviewed in the thesis. In the planning phase, dialux calculations were made of different areas of the office. The dialux calculations were used to choose and place the lamps. In the contract, the cabling was renewed, and a Dali bus was added. The Dali system was programmed, and the measurements were made, as well as necessary protocols were drawn up.

The result is lighting that is suitable for office work. Because of the Dali system, it is possible to make changes to the lighting system and its control later. Because of lighting control panels in meeting rooms and office rooms, it is possible to have different lighting situations in spaces and the lighting can be programmed and changed according to needs. The thesis can be used as an example case, when planning and implementing the lighting renovation of an office space using the Dali system.

Keywords: Dali, lighting renovation

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Saneerauksen kohde	1
2.1	Sitran toimitilat	1
2.2	Sitran nykyinen valaistus	3
3	Dali	4
3.1	Dali-väylän vaatimukset	5
3.2	Dali-järjestelmän laitteet	5
4	Valaistuksen suunnittelu	12
4.1	Piirustukset	12
4.2	Valaistus toimistotyössä	12
4.3	Valaisimien valinta	13
4.4	Dialux-laskenta	15
4.5	Valaisimet	19
5	Toteutus	22
5.1	Ajankohta ja asentajat	22
5.2	Maksuerät	23
5.3	Valaisimien tilaus	24
5.4	Kaapelointi	25
5.5	Valaisimien asennus	26
5.6	Ohjelmointi	27
5.7	Loppukuvat ja mittaukset, kulutuksen muutos	28
6	Yhteenveto	29
	Lähteet	1

1 Johdanto

Tässä työssä esitellään, miten voidaan toteuttaa valaistussaneeraus sekä sen yhteydessä valaistuksen ohjauksen muutos. Työssä esitellään myös valaistussaneerauksen ja ohjauksen muutoksen hyötyjä.

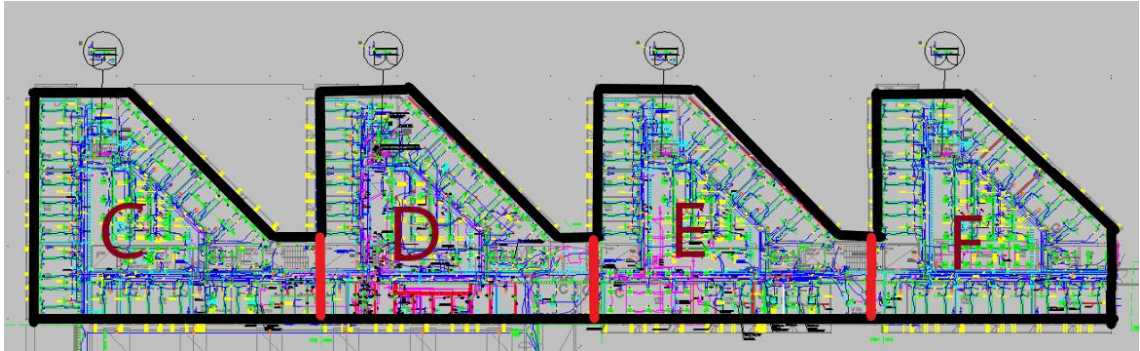
Insinööritöiden aihe muotoutui, kun esimerkkikohteen asiakkaan, Sitran, toimistotiloissa tuli ajankohtaiseksi valaistussaneeraus. Nykyinen valaistus on vuodelta 2014. Valaistus on työntekijöiden mielestä kohteeseen riittämätön, sekä valaisimet ovat huonossa kunnossa ja niiden korjaaminen tai huoltaminen ei välttämättä ole järkevää. Sähköurakoitsijana toimi E-Sähkö Oy. Urakassa käytetyt valaisimet valmisti Elektro-Valo Oy.

Työn alussa esitellään esimerkkikohteeseen, Dali-ohjaus yleisesti ja kerrotaan Dali-väylän vaatimuksista. Tämän jälkeen käydään läpi valaistusta toimistotyön näkökulmasta, valaisimien valinta sekä työn suunnittelu ja toteutus vaiheittain. Lopuksi käydään läpi työn lopputulos.

2 Saneerauksen kohde

2.1 Sitran toimitilat

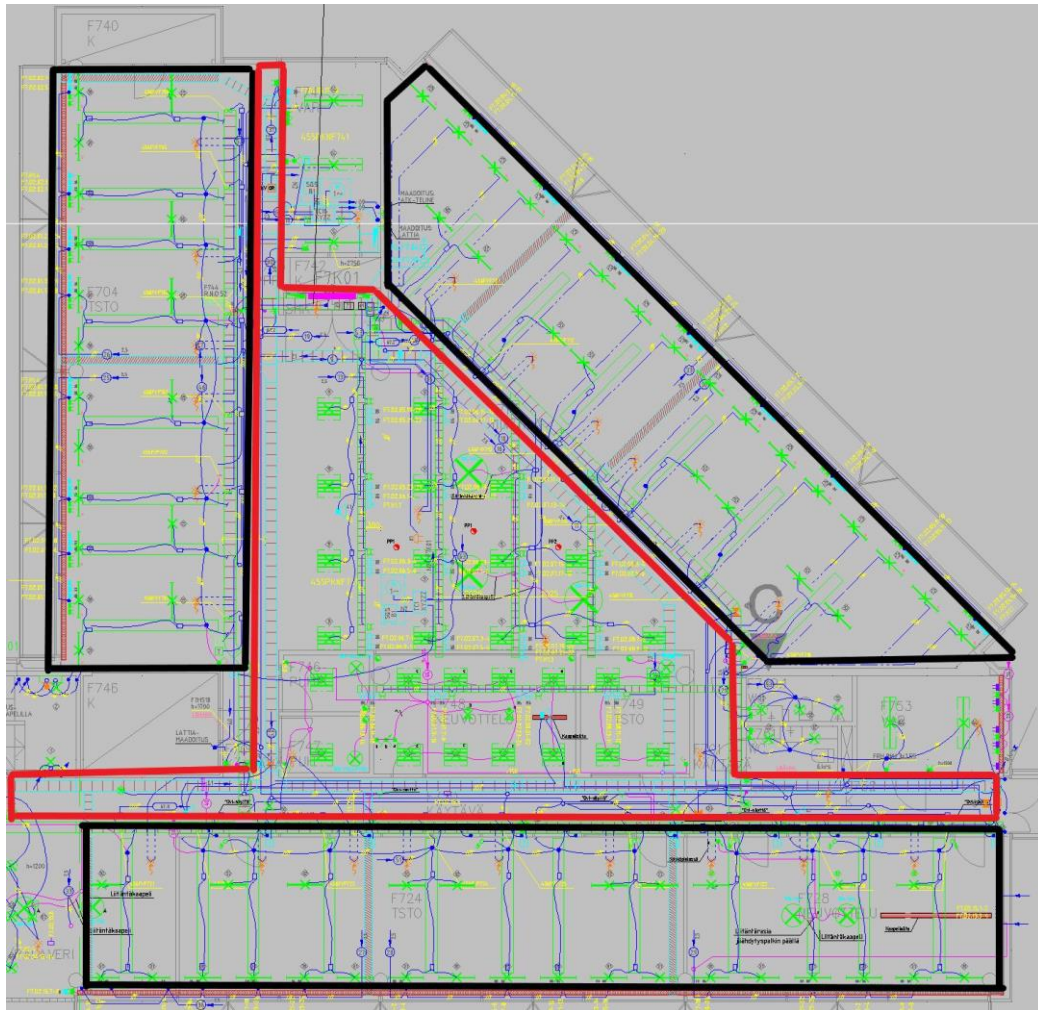
Sitra eli Suomen itsenäisyyden juhlarahasto on vuonna 1967 Suomen itsenäisyyden 50-vuotisjuhlan kunniaksi perustettu rahasto. Sitrassa työskentelee noin 180 henkilöä. [1.] Sitralla on Helsingissä osoitteessa Itämerenkatu 11–13 toimitilat, jotka kattavat noin 700 m² verran neuvotteluhuoneita, avointa toimistotilaa sekä taukutiloja. Tilat ovat jaoteltu neljään keskenään saman muotoiseen lohkoon, C-, D-, E- ja F- lohkoihin. Kuvassa 1 on esitetty toimitilojen pohjakuva, jossa lohkot on merkitty kirjaimilla ja lohkojen rajat punaisilla viivoilla.



Kuva 1. Sitran toimistotilan pohjakuva, josta ilmenee lohkojen jaottelut.

Jokainen lohko sisältää sekä neuvottelutiloja ja puhelinkoppeja että avointa toimistotilaa. Sitran henkilökunnan mukaan on kuitenkin tavallista, että tilojen käyttötarkoituksiin ja kokoihin sekä tarpeisiin tulee muutoksia silloin tällöin.

Kuvassa 2 on esitetty F-lohkon alueet tarkemmin. Alueet ovat jaoteltuina valaisintyyppien mukaan. Mustille alueille asennettiin Linear Line -valaisimia ja punaiselle alueelle paneelivalaisimia.



Kuva 2. F-lohkon valaisinalueet.

Valaisimien mallit esitellään tarkemmin luvussa 4.5. Jokaisen lohkon pohja on lähes samanlainen, joten jokaisen lohkon jaottelu on lähes samanlainen. Ainoastaan E-lohkossa on hieman eroavaisuutta: siellä on alaosassa taukotila, johon asennettiin myös paneelivalaisimia.

2.2 Sitran nykyinen valaistus

Tilojen yleisvalaistus on toteutettu loisteputkivalaisimilla. Sitran yhteyshenkilön kertoman mukaan tilassa työskentelevät ihmiset kokevat, että valaistuksen teho on toimistotyöskentelyyn riittämätön ja tilat ovat hämäriä. Erillistä tutkimusta tai haastattelua kokemuksista ei koettu tarpeelliseksi järjestää, sillä valaistuksen

uusimisesta oli jo tehty päätös. Nykyiset loisteputkivalaisimet ovat myös teknisen käyttöikänsä lopussa. Lisäksi vuoden 2023 elokuussa lakkasi loisteputkien valmistus. Ekosuunnitteludirektiivi 2009/125/EC [2] määrittelee, että varastossa olevat putket saa myydä pois, mutta uusia loisteputkia ei ajankohdan jälkeen enää saa valmistaa.

Vanha valaistus on toteutettu valaisimilla, joissa on 4 kpl 36 W:n loisteputkia, sekä valaisimilla, joissa on 2 kpl 58W loisteputkia. Valaisimien tarkkoja malleja ei saatu selville edes vanhoista valaisimista, eikä kohteesta löytynyt valaisinluetteloa.

Loisteputkivalaisimien lisäksi käytävillä on seinävalaisimia, joista useimmat ovat rikki. Osassa käytäviä valaisimia ei ole ollenkaan. Seinävalaisimet sovittiin purettavaksi urakassa ja jälkien peittämiseksi asennettiin AK1.1-jakorasian kannet peitelevyiksi.

3 Dali

Termi Dali tulee sanoista Digital Addressable Lightning Interface. Tämä tarkoittaa digitaalista ja osoitteellista valonohjausliittymää. Dalin kautta voidaan siirtää esimerkiksi ohjauskäskyjä ja vikatietoja laitteiden välillä. [3, s. 3.]

Valaisimia voidaan säätää ja ohjata monella eri tavalla. Yksi yleisesti käytetty järjestelmä on Dali-ohjausjärjestelmä. Dali on standardoitu väylätekniikka, johon voi liittää monien eri valmistajien valaisimia ja valaistuksen ohjaukseen tarkoitettuja tunnistimia ja painikkeita. Dali-ohjaus voidaan liittää myös rakennusautomaatioon. Dalista on olemassa kaksi versiota, Dali ja Dali 2. Dali 2 -versiossa on kehitetty yhteentoimivuutta eri valmistajien tuotteiden välillä. Dali 2 -versiossa voidaan käyttää laitteita, jotka eivät kuulu Dali-standardin piiriin. Laitteiden yhteensopivuus tulee aina tarkistaa järjestelmää suunniteltaessa tai toteuttaessa. [3, s. 3.]

Dali-ohjaus on väyläpohjainen ohjausjärjestelmä, joka tarkoittaa sitä, että jokainen järjestelmän laite tulee kytkeä väylään. Jokaiselle laitteelle annetaan oma osoite, jolla laite tunnistetaan. Lopuksi järjestelmä ohjelmoidaan toimimaan halutulla tavalla. Perinteisten painikkeiden lisäksi järjestelmä voidaan toteuttaa niin, että valaistus toimii täysin itsenäisesti. Valot voivat esimerkiksi lähteä päälle liiketunnistimien avulla, tai ne voidaan laittaa toimimaan aikaohjelmalla. [3, s. 3.]

3.1 Dali-väylän vaatimukset

Kun Dali-ohjausjärjestelmää rakennetaan, tulee ottaa huomioon muutamia asioita. Yksi Dali-väylä saa olla enintään 300 metrin pituinen. Käytännössä väylä suositellaan jätettävän enimmäispituutta lyhyemmäksi, mieluiten enintään 250 metrin pituiseksi. Dali-väylän tulee olla vähintään 1,5 mm² paksuisilla johtimilla toteutettu. Väyläkaapelin tulee olla 230 voltin jännitteelle soveltuvaa kaapelia ja johtimia tulee olla vähintään kaksi. Väylä saa kulkea samassa kaapelissa valaistuksen sähkön syötön kanssa, jolloin kaapeliksi soveltuu esimerkiksi MMJ 5x1,5S. [3, s. 4.]

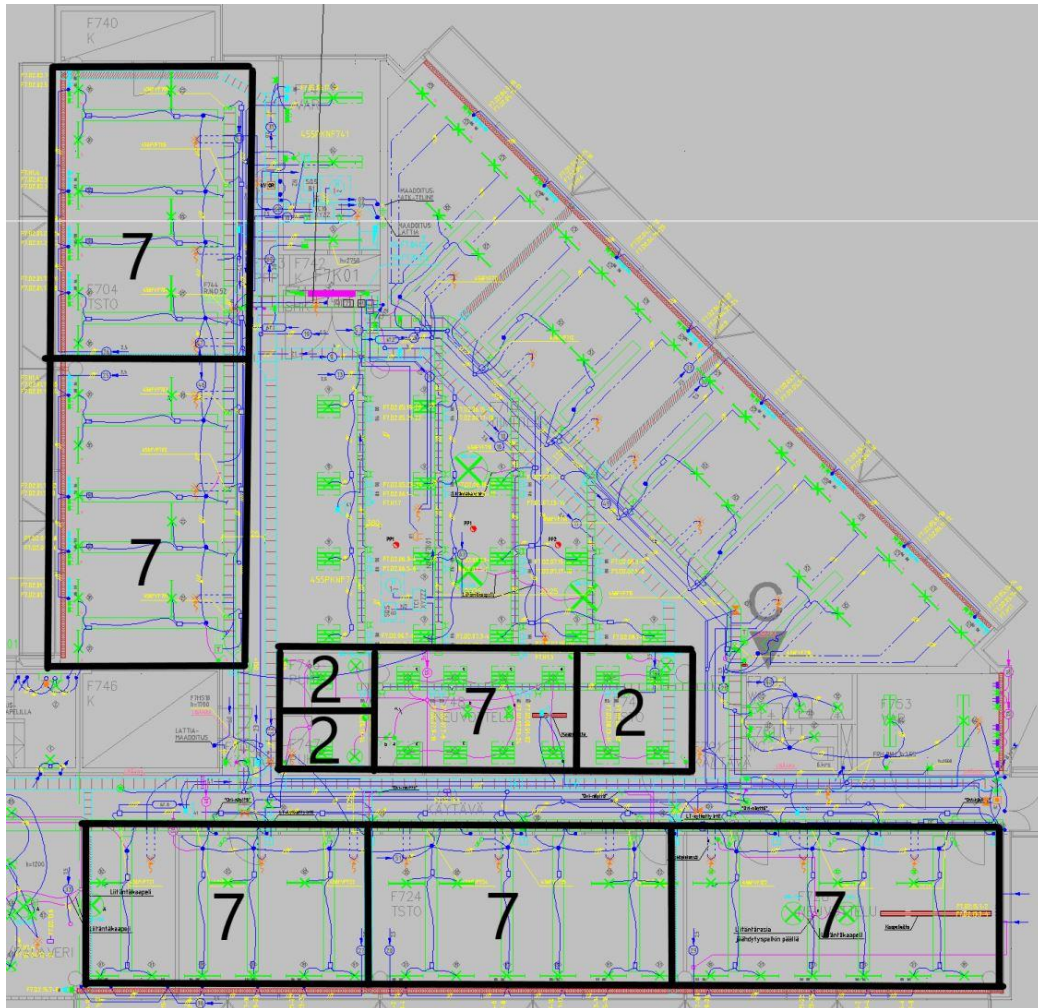
Yhdessä väylässä olevien laitteiden ja samalla osoitteiden enimmäismäärä on 64. Myös laitteiden määrä suositellaan jätettävän alle enimmäismäärän, jotta myöhemmin saadaan tarvittaessa lisättyä laitteita helpommin. Väylässä olevien laitteiden virrankulutus on myös huomioitava. Enimmäisvirta saa olla enintään 240mA. Virta suositellaan käytännössä jätettävän enintään 200 mA:n suuruiseksi. [3, s. 4.]

3.2 Dali-järjestelmän laitteet

Asiakkaan kanssa käytiin läpi heidän tarpeensa ja toiveensa valaistuksen ohjauksesta. Sitran edustaja oli keskustellut heillä työskentelevien henkilöiden kanssa ja esitti heidän yhteisen näkemyksensä valaistukseen. Keskustelun aikana todettiin, että neuvotteluhuoneisiin, puhelinkoppeihin ja pieniin työskentelehuoneisiin on syytä laittaa omat painikkeet himmennystä ja valojen

sytyttämistä ja sammuttamista varten. Näissä tiloissa työskennellään vain tarvittaessa, joten sähkön kulutuksen pienentämiseksi valot kannattaa sammuttaa aina, kun tiloissa ei työskennellä. Käyttäjät totesivat, että eivät halua liiketunnistimia tiloihin. Yleisissä tiloissa, käytävillä ja avotiloissa valot on syytä pitää päällä aina työaikana, sillä niissä oleskelee ihmisiä koko päivän ajan. Toisaalta avotiloissa työskentelevät ihmiset voivat olla pitkiäkin aikoja paikallaan työpisteensä ääressä, joten liiketunnistimia ei koettu soveltuviksi sellaisiin tiloihin. Liiketunnistimien pois jättämisellä vältetään valojen tahattomalta sammumiselta silloin, kun tilassa työskennellään, mutta ei liikuta. Lisäksi voisi koitua haasteelliseksi etsiä painikkeita avotiloista. Koska tiloissa on monia erilaisia käyttäjiä eikä työntekijöillä ole vakituksia työpisteitä, haluttiin valaistuksen ohjaus pitää mahdollisimman yksinkertaisena.

Kuvassa 3 on hahmoteltu neuvottelutilojen, sekä puhelinkoppien paikat ja niihin asennetut painikkeet. Numerot kertovat painikkeiden nappien määrän.



Kuva 3. F-lohkon neuvottelutilat ja puhelinkopit sekä niihin asennetut painikkeet.

Tässä kohteessa järjestelmän toteuttamiseen tarvittiin Dali-reitittimet, 7-osaisia Helvar Digidim 135W -painikkeita ja 2-osaisia Helvar Digidim 131W -painikkeita. Reitittimet lisättiin jokaisen lohkon ryhmäkeskusten yhteyteen omaan asennuskoteloon, koska ryhmäkeskuksissa ei ollut tilaa reitittimille. Asennuskoteloon merkittiin syöttävän keskuksen tunnus sekä ryhmänumero.

Kuvassa neljä on esitetty Helvarin Digidim 910 -reititin, jota käytettiin reititinmallina tässä urakassa. Reitittimessä on kaksi kanavaa ja 64 + 64 osoitepaikkaa. Jokaiseen lohkoon asennettiin yksi reititin ja ne sijoitettiin ryhmäkeskusten läheisyyteen. Sijoittamalla reitittimet erilliseen koteloon varmistettiin reitittimien toiminta niin, etteivät ne ota häiriötä muista ryhmäkeskuksiin mahdollisesti sijoitetuista laitteista, kuten kontaktoreista tai releistä. Reitittimessä

sisäänrakennettu virtalähde molemmille Dali-väylille, joten erillistä virtalähdettä ei tarvita. [3, s. 10.]



Kuva 4. Kaksikanavainen Dali-reititin asennettuna pintakoteloon.

Osa painikkeista jouduttiin asentamaan pintakoteloon, jotta painike saatiin sijoitettua järkevään kohtaan. Osassa vanhoista valaisimista oli kytkimenä vetonaru, joten niissä tiloissa ei ollut ennestään erillisiä painikkeita ollenkaan. Näihin tiloihin painikkeet lisättiin pintakoteloita käyttäen. Kaapelit asennettiin pinta-

asenteisena käyttäen muovisia asennuskanavia. Painikkeen asennustapa on esitetty kuvassa viisi.



Kuva 5. Esimerkki 7-osaisesta Helvar Digidim 135W -painikkeesta.

Osa painikkeista pystytettiin asentamaan vanhojen painikkeiden tilalle. Näille painikkeille käytettiin hyödyksi vanha kaapeli väylän kaapeloinniksi. Kaapelit rasioitiin alakaton päälle AP9 -jakorasioihin. Kuvassa kuusi on esitetty uppoasenteinen painike.



Kuva 6. Esimerkki 2-osaisesta Helvar Digidim 131W -painikkeesta.

Kaikkiaan painikkeita asennettiin tiloihin yhteensä yhdeksän kappaletta. Painikkeet saatiin sijoitettua kaikissa tiloissa käytettävyyden kannalta järkeviin paikkoihin ovien läheisyyteen.

4 Valaistuksen suunnittelu

4.1 Piirustukset

Jokaista lohkoa palvelee yksi ryhmäkeskus. Ryhmäkeskusten luota löytyi vanhat sähkökuvat. Koska suuri osa valaisimista asennettiin vanhoille paikoille sekä osa valaisimista vaihtoi paikkaa vain hieman, todettiin asiakkaan ja kiinteistön omistajan kanssa yhteistyössä, että työstä ei ole syytä piirtää erillisiä työkuvia.

Sovittiin, että sähköurakoitsija pitää yllä punakynäsarjaa ja toimittaa nämä kiinteistömanagerille urakan jälkeen. Punakynäkuvien ylläpito oli urakkaa vetävän asentajan vastuulla. Hän piirsi kuviin tehdyt kaapeloinnit, merkitsi kaapeleiden koot, päivitti valaisimien asennuspaikat, merkitsi painikkeiden paikat sekä päivitti ryhmänumerot vastaamaan todellisia ryhmänumeroita.

4.2 Valaistus toimistotyössä

Työsuojeluhallinnon verkkopalvelussa ohjeistetaan, että työpaikan valaistuksen on oltava turvallista. Valaistuksen tulee olla työskentelyyn sopivaa ja mahdollisuuksien mukaan tulee hyödyntää luonnonvaloa. Valaistuksen tulee olla riittävän tehokasta, mutta se ei saa häikäistä. Valaistus tulee myös olla suunnattuna oikein. Riittämätön tai huonolaatuinen valaistus voi pahimmillaan aiheuttaa työturvallisuusriskin, etenkin käytävillä tai paikoissa, joissa liikkuu paljon ihmisiä yhtä aikaa. [4.]

Sisävalaistusstandardi SFS-EN 12464-1:2021 [5] määrittää erilaisiin tiloihin vähintään suositeltavat valaistusvoimakkuudet. Suositeltava voimakkuus riippuu siitä, mitä alueella tehdään. Standardi määrittää myös sen, mikä alueen

välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuuden olisi hyvä vähintään olla. Tässä urakassa tilat ovat toimistotyöhön tarkoitettuja, joten standardin mukaan vähimmäisvalaistusvoimakkuus olisi hyvä olla 500 luksia. Lähiympäristön valaistusvoimakkuudeksi standardi suosittaa vähintään 300 luksia. [5.]

4.3 Valaisimien valinta

Tilaaaja pyysi tarjouksen valaistuksen uusimisesta kohteeseen. E-Sähkö otti yhteyttä uusikaupunkilaiseen, kotimaiseen Elektro-Valon edustajaan. Elektro-Valo, eli E-Valo, on suomalainen valaisinvalmistaja, jolla on tehdas uudessakaupungissa. E-Valoa käytettiin Sitran toimitilat omistavan Varman edustajan toiveesta. Valaisinvalmistajan valintaa puolsi myös se, että sähköurakoitsijan aikaisempi kokemus E-Valon valaisimista ja palvelusta on ollut erittäin hyvää. Tilaaaja sekä Varman edustaja olivat yhdessä päätyneet siihen, että valaistuksen ohjaus toteutetaan Dali-ohjauksena. Suurimpana syynä oli se, että Dali-järjestelmällä vauraudutaan tulevaisuuteen. Sitralla tulee usein tarvetta muuttaa toimitilojen pohjaratkaisua, joten Dalin avulla valaistusalueet ja ryhmät voidaan muuttaa ohjelmalla eikä kaapelointeja tarvitse muuttaa. Myös muut laajennukset tai muutokset on helpompi toteuttaa Dali-järjestelmään. E-Sähkön asentajilla on Helvarin antama Dali-ohjelmointi koulutus, joten toteuttaessaan Dali-järjestelmiä, E-Sähkö käyttää Helvarin tuotteita.

E-Valon edustaja tuli käymään kohteessa E-Sähkön työnjohtajan kanssa ja käynnin perusteella laati ehdotuksen kohteeseen soveltuvista valaisimista. E-Valo laati tiloista myös Dialux -laskelman, jolla määriteltiin tarvittavien valaisimien määrä sekä sijoittelu. Dialux -laskelmat on esitetty tarkemmin seuraavassa luvussa.

Varmistettuaan Dialux-laskelmalla valaisimien sopivuuden E-Valo ehdotti kohteeseen kahta valaisinmallia, joilla saataisiin toteutettua koko valaistus. Neuvotteluhuoneisiin sekä avotoimistotiloihin ehdotettiin Linear Line -valaisinta.

Käytävälle sekä avotoimistojen alakatollisiin osiin ehdotettiin led-paneeleita, jotka voitaisiin asentaa alakatossa oleviin valaisinkehysiin.

Kohteessa katselmoitiin Sitran edustajan kanssa paikka, jossa on yleensä vain vähän toimintaa. Tälle alueelle asennettiin kolme mallivalaisinta, jotta nähdään, miltä valaisimet näyttäivät paikoilleen asennettuina. Asiakas hyväksyi malliasennuksen.

Kuvassa seitsemän näkyy asiakkaan hyväksymät valaisinmallit, joilla valaistus toteutettiin, paikoilleen asennettuina. Paneelivalaisimet asennettiin alueille, joissa on alakatto, ja Linear Line -valaisimet kiinnitettiin kattoon alueilla, joissa ei ole alakattoa.



Kuva 7. Led-paneelivalaisimia ja Linear Line -valaisimia.

Valaisimien ollessa Dali-valaisimia voitiin käyttää kahta riittävän tehokasta valaisimallia, jotka matalammissa tiloissa säädettiin Dali-järjestelmän avulla pienemmälle teholle. Näin yksinkertaistettiin sekä valaisimien tilausta, valmistusta että käytännön asennusta.

4.4 Dialux-laskenta

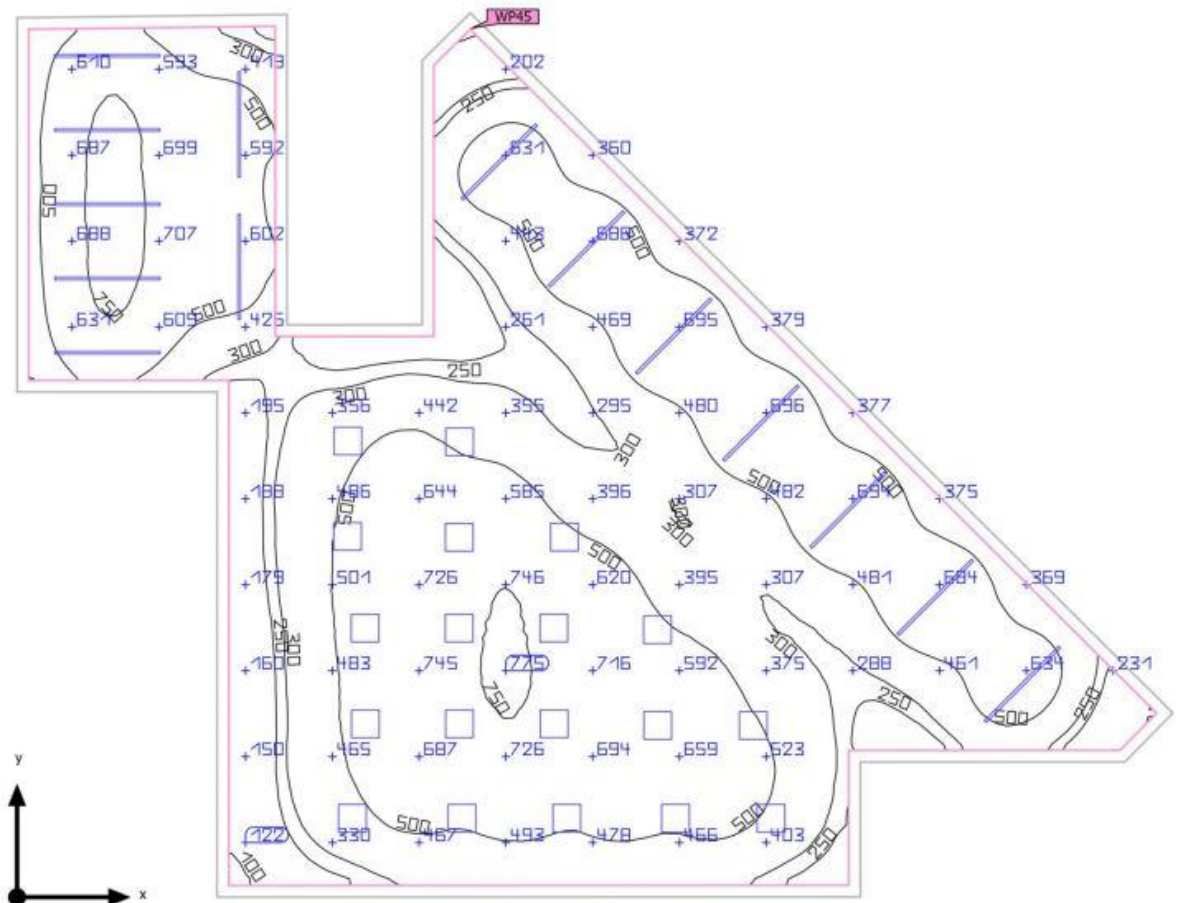
Dialux -ohjelma on valaistuksen suunnitteluun käytettävä ohjelmisto. Ohjelmiston voi halutessaan ladata ilmaiseksi verkosta [10]. Dialux -laskennalla voidaan selvittää valaistuksen antama voimakkuus, joka ilmaistaan lukseina. Yksi luks antaa neliömetrille yhden lumenin valovirran. Luksi lyhennetään kirjainyhdistelmällä lx. [6.]

E-Valon pääsuunnittelija laati Dialux -laskennan kohteen yhdestä lohkoista. Laskenta tehtiin vain yhdestä lohkoista, sillä muissa lohkoissa olosuhteet ja tilat ovat samanlaisia, joten samaa laskentaa voi käyttää hyödyksi kaikissa lohkoissa. Laskenta myös pilkottiin osiin, eli eri tiloista tehtiin omat laskelmat. Laskennassa käytettiin valaisimien tehoina hieman pienempiä tehoja kuin valmistettuihin valaisimiin lopulta tuli. Valaistuslaskelma ylimitoitettiin hieman, koska valaisimet ovat himmennettäviä ja ohjelmoinnin avulla valaisimien teho määriteltiin pienemmäksi maksimitehosta.

Sisävalaistustandardi määrittää, että toimistotilassa tulee valaistuksen voimakkuuden olla 500 lx sekä työalueen välittömän läheisyyden valaistusvoimakkuuden tulee olla 300 lx [5].

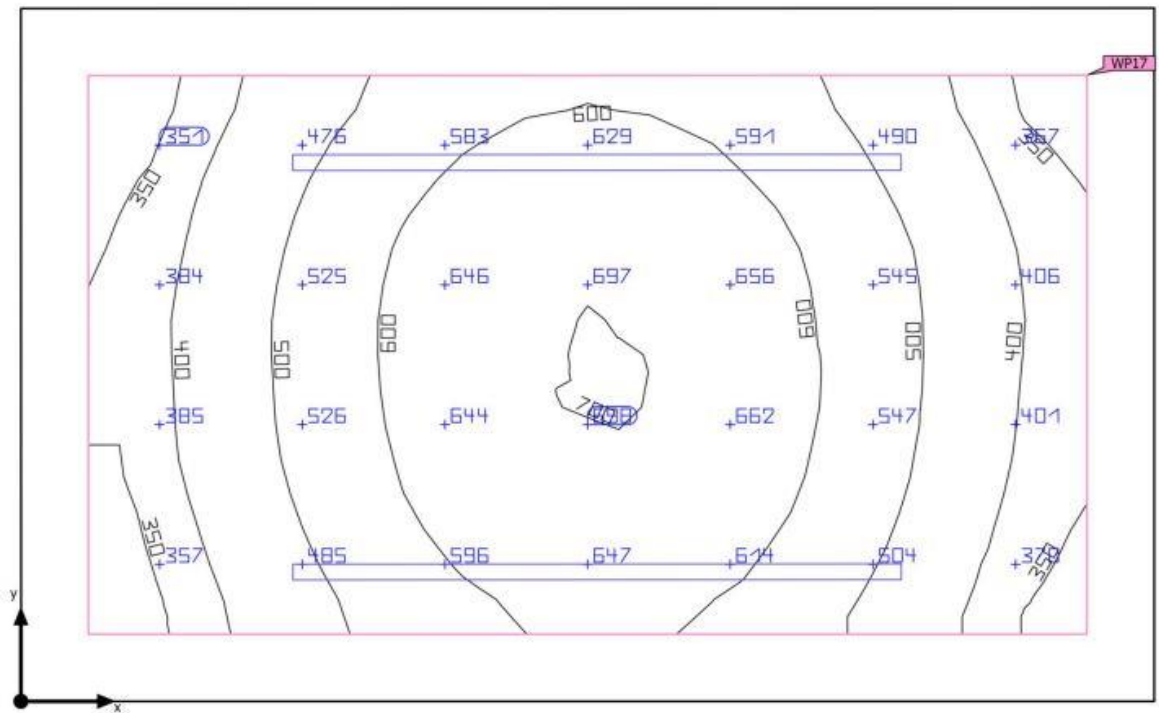
Kuvasta 8 voidaan havaita, että Dialux- mallinnuksen mukaan jokaisessa kohdassa toimistossa täyttyy 500 luksin valaistustehon vaatimus. Reuna-alueiden lukemat, jotka ovat alle 500lx, eivät ole todellisia, sillä ne eivät ota huomioon laskenta-alueen ulkopuolelta tulevaa valoa. Todellisuudessa kuvan alareunan rajaava viiva ei ole seinä, vaan mallinnuksen alue vaihtuu siinä kohdassa ja alueella on myös valaisimia. Tämä on hyvä esimerkki siitä, että mallinnukset eivät

välttämättä aina ole täysin todenmukaisia. Urakan valmistuttua varmistettiin jokaisen alueen valaistuksen voimakkuudet mittaamalla ja laskelmat toteutuivat.



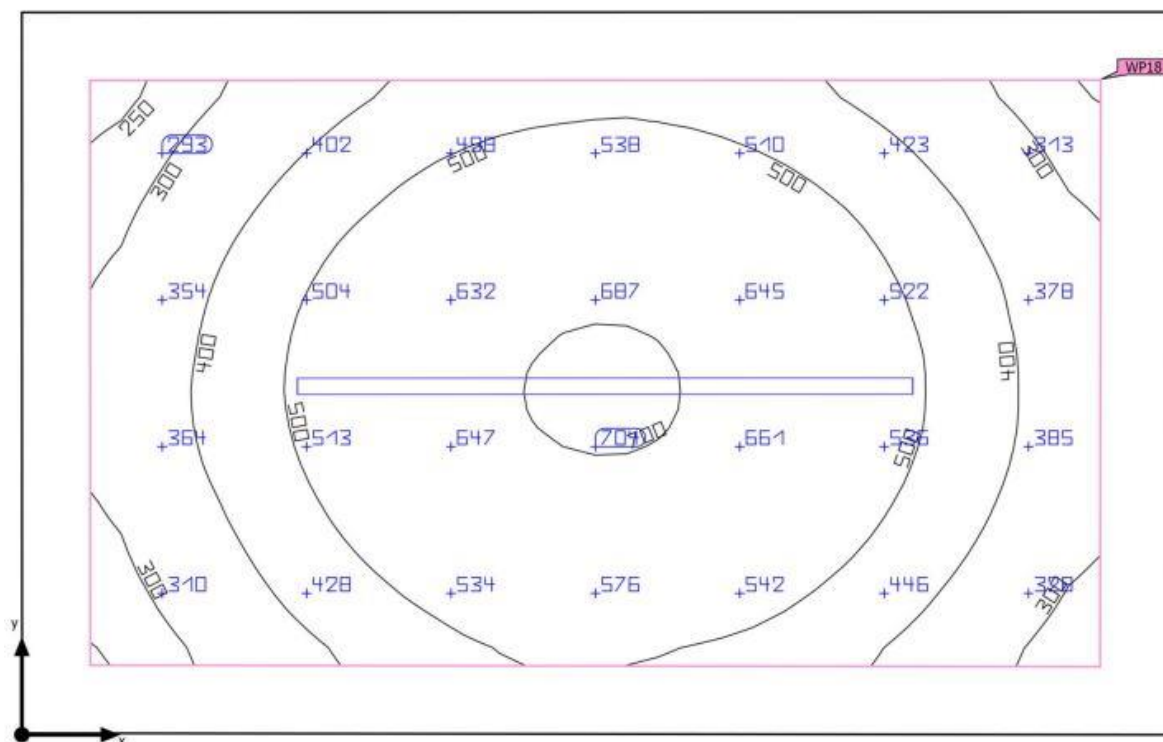
Kuva 8. Dialux-laskelma neuvotteluhuoneesta, sekä matalasta ja korkeasta avotilasta.

Myös neuvotteluhuoneen valaistusvoimakkuus työskentelyalueella on laskelman mukaan yli 500 lx sekä työskentelyalueen välittömässä läheisyydessä yli 300lx. Todellisuudessa tilan keskellä on IV-palkki, joka pakottaa valaisimien asennuksen tilan reunamille. IV-palkki on sijoitettu niin matalalle, että valaisimia ei ole mahdollista asentaa palkin alapuolelle. Kuvassa yhdeksän on esitetty esimerkki neuvotteluhuoneen dialux-laskelmasta.



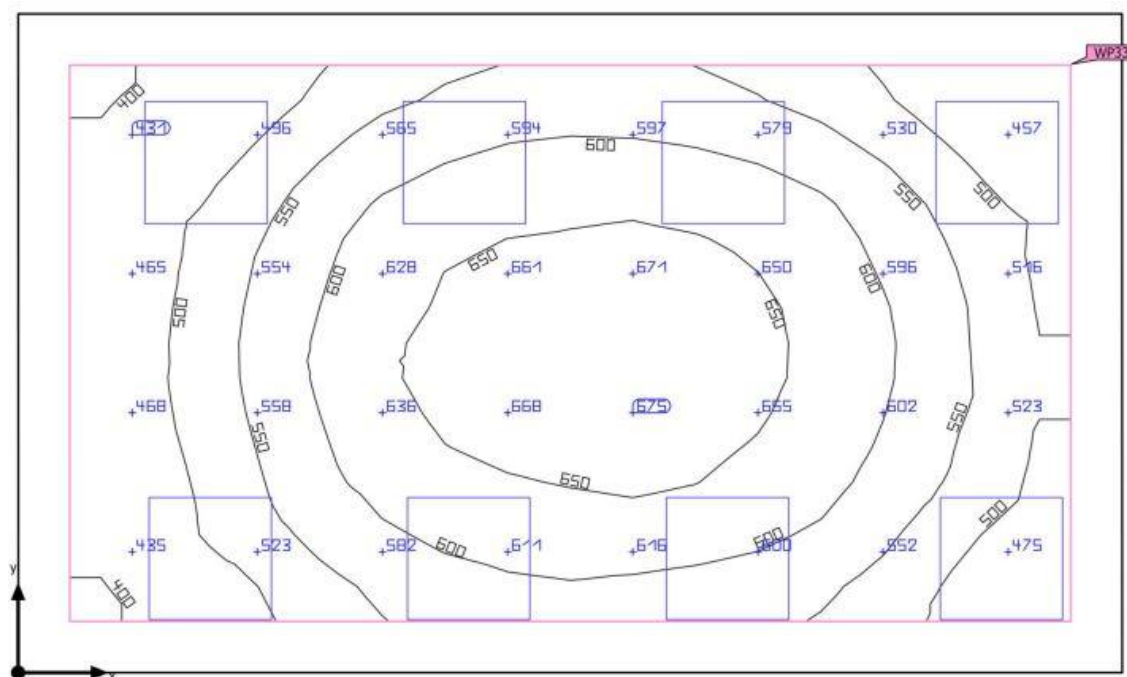
Kuva 9. Dialux -laskelma neuvotteluhuoneesta.

Kuvasta 10 ilmenee, että myös yhdellä valaisimella saavutetaan riittävä valaistusteho. Tämä esimerkki on työskentelyhuoneesta. Tällaisessa huoneessa on kaksi IV-palkkia, joiden väliin määriteltiin valaisimen asennuspaikka.



Kuva 10. Työskentelyhuoneen Dialux-laskelma.

Myös paneelivalaisimilla toteutettuna valaistus saavuttaa vaadittavan valaistusvoimakkuuden. Yhteen neuvotteluhuoneeseen F-lohkossa asennettiin paneelivalaisimet, sillä neuvotteluhuoneen katto oli toteutettu samalla tavalla, kuin käytävien ja matalien avotilojen katot. Kuvassa 11 on esitetty paneelivalaisimilla toteutetun neuvotteluhuoneen dialux-laskenta.



Kuva 11. Dialux -laskenta paneelivalaisimista F-lohkon neuvottelutilassa.

Paneelivalaisimien sijoittelu määräytyi sen mukaan, miten alakatot oli rakennettu. Kattoihin ei tehty muita muutoksia, joten osin valaisimet jouduttiin asentamaan tilan reunoille.

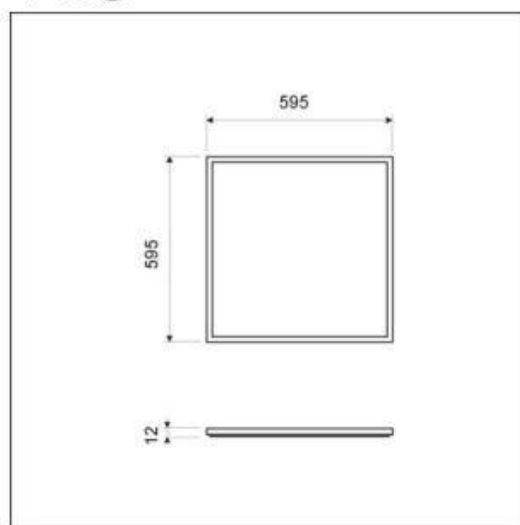
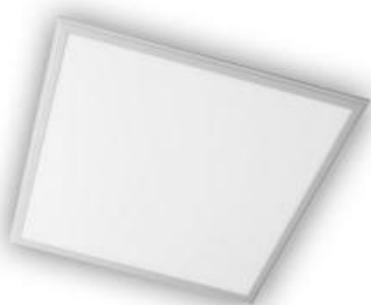
4.5 Valaisimet

Koska uudet valaisimet ovat ulkoisesti erimallisia sekä eritehoisia, poikkeaa uusi valaisinmäärä vanhasta valaisinmäärästä. Tässä kohteessa ei siis voitu käyttää perinteistä laskentatapaa, jossa asennetaan uusi valaisin jokaisen vanhan valaisimen tilalle. Paneelivalaisimien määrä laskettiin sekä vanhasta valaisinmäärästä, että paikan päällä. Käytävillä käytettiin paneelivalaisinta, ja koska käytävillä ei ollut ennestään kattovalaistusta, täytyi käytäviin menevien valaisimien määrä laskea erikseen. Valaisimien asennuspaikkojen määrittämiseen, sekä valaisimien määrän laskemiseen käytettiin apuna vanhojen valaisimien sijoittelua. Vanhat valaisimet oli sijoitettu tiloihin, joissa oli alakatto niin, että jokaisen valaisimen väliin jäi kaksi alakaton paneelia. Uudet paneelivalaisimet sijoitettiin samalla periaatteella.

Linear Line -valaisimien määrä saatiin laskettua Dialux -laskelmasta. Dialux -laskelman avulla määriteltiin myös näiden valaisimien asennuspaikat. Valaisimille annettiin positiotunnukset pos1 ja pos2. Position yksi valaisimen ominaisuudet on esitelty kuvassa 12.

LEDPANELG637W4985LM4KML0HD

TUOTEPERHE: LEDPANEL MIKROLINSSI



TUOTEKuvaus

Uutta sukupolvea edustava korkeatasoinen Ledpanel, jossa edeltävää generaatiota parempi hyötysuhde ja elinikä. Valaisimessa laadukkaat Samsungin ledit, sekä helposti kytkettävä ja 5 x 2,5 mm² ketjutettava kotimaisen Helvarin valmistama liitäntälaite. Valaisimessa toteutettuna Stepframe kehys, jonka porrastava rakenne integroituu T-listan tasalle ja maksimoi jäähdytyksen. Väijeriasennuksessa StepFrame tuo esiin kauniin yksityiskohdan. Häikäisysuojana erittäin laadukas ja korkeatasoinen UV-kestävä mikrolinssimuovi, joka säilyttää ominaisuutensa vuodesta toiseen. UGR alle 19 tekee tästä täydellisen toimistoihin, oleskelutiloihin ja vastaanottohuoneisiin. Valaisin soveltuu kaikkiin hyvää yleisvalaistusta vaativiin tiloihin, joissa halutaan hyvää ja häikäsemätöntä yleisvaloa tai halutaan saada kattoikkunamainen efekti. Mac Adam 3. Tuotteella 5 vuoden takuu.

Teho W 37	lm 4985	Kelvin 4000
Valaisimen elinikä L90B50 100000	Materiaali Alumiini	Väri Valkoinen
Häikäisysuoja Mikrolinssi	Suojausluokka I	Valon suunta Suora
Valonjako Symmetrinen	Värintoistoindeksi 80-89	Jännite 230
IK IK08	Asennustapa ja tarvittaessa IP-luokka IP 55/20	Ketjutettavuus Kyllä
Johdin 5 x 2,5 mm ²	Liitintyyppi Jousiliitin	C10/C16 27/45
Säätö HD (DALI/SWD)	Väritarkkuus (MacAdam ellipsi) SDCM3	

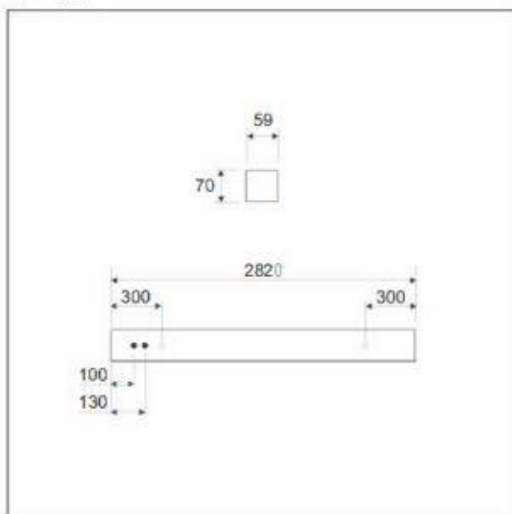
Kuva 12. Kuvakaappaus positio 1 valaisimen tuotekortista [7].

Paneelivalaisimen häikäisysuojana käytettiin mikrolinssiä, joka soveltuu toimistotyöskentelyyn. Tämän valaisinmallin värintoistoluokka on 1B, jolloin värintoistoindeksi on 80–89, joka on erittäin hyvä arvo. Tämä tarkoittaa sitä, että valaisimen antamassa valossa värit toistuvat hyvin ja todellisina. Valmistaja lupaa

valaisimelle viiden vuoden komponenttitakuun sekä 100 000 tuntia polttoikää
[7.] Position kaksi valaisimen tekniset tiedot on esitelty kuvassa 13.

LL10BML04K325HD

TUOTEPERHE: LINEAR LINE - PINTA / RIPUSTETTAVA



Teho W
80

lm
9050

Kelvin
4000

Elinikä L80B10
100000

Valaisimen elinikä
L70B50
100000

Materiaali
Alumiini

Väri
Valkoinen

Häikäisysuoja
Mikrolinssi

IP
IP20

Suojausluokka
I

Valon suunta
Suora

Valonjako
Symmetrinen

Värintoistoindeksi
80-89

Ketjutettavuus
Kyllä

Johdin
5 x 2,5 mm²

Liitintyyppi
Jousiliitin

Säätö
HD (DALI/SWD)

Väritarkkuus
(MacAdamin
ellipsi)
3

MITAT

Pituus mm
2820

Leveys mm
59

Korkeus mm
70

kg
5,4

ASENNUS

Seinäasennus: Ei
Ripustusasennus: Kyllä
Kattoasennus: Kyllä
Pinta-asennus: Kyllä
Uppoasennus: Ei

Kuva 13. Kuvakaappaus positio 2 valaisimesta [8].

Valmistaja lupaa myös Linear Line -valaisimille viiden vuoden komponenttitakuun sekä 100 000 tuntia polttoikää. Myös Linear Line -valaisimen häikäisysuojana käytettiin mikrolinssiä, joka soveltuu toimistotyöskentelyyn. Tämän valaisimen värintoistoluokka on myös 1B, jossa värintoistoindeksi on 80–89. Tämä

antaa valaisimille värintoisto-ominaisuuksille luokituksen hyvin hyvä [8; 5.] Tarkemmin värintoistoluokat ovat esiteltyinä kuvan 14 taulukossa.

Värintoistoluokka	Värintoisto-ominaisuudet	R _a
1A	erittäin hyvät	R _a ≥ 90
1B	hyvin hyvät	80 ≤ R _a < 90
2	hyvät	60 ≤ R _a < 80
3	tydyttävät	40 ≤ R _a < 60
4	välttävät	20 ≤ R _a < 40

Kuva 14. Sisävalaistusstandardin SFS-EN 1246-1:2021 värintoistoluokat ja ominaisuudet [5].

Mikrolinssi estää myös kiusahäikäisyä, joka on molemmissa valaisimissa pientä. Kiusahäikäisyä määritellään UGR-luvulla. Käytännössä tämä luku vaihtelee välillä 10–28. E-Valon valaisimien kiusahäikäisyn arvo on alle 19. Sisävalaistusstandardissa [5] on esitetty vaatimukset toimistotilan kiusahäikäisylle, ja sen tulee olla alle 19.

5 Toteutus

5.1 Ajankohta ja asentajat

Työn toteutuksen ajankohta sovittiin asiakkaan kanssa ja todettiin, että työ on kannattavaa tehdä kesäaikaan, koska tiloissa on rauhallisempaa silloin. Asiakkaan kokemuksen mukaan suurin osa kesälomista pidetään kesäkuun puolivälistä alkaen, joten urakka sovittiin aloitettavaksi silloin. Sitran yhteyshenkilö sekä E-Sähkön työnjohtaja ja työmaata vetävä asentaja sopivat keskenään yhteydenpidosta viikoittain työmaan tilanteen ja edistymisen seuraamiseksi. Alustavaksi työajaksi sovittiin viisi viikkoa.

Urakkaa toteuttamaan otettiin neljä sähköasentajaa, yksi kesätyöläinen, sekä yksi avustava työntekijä, joka oli myös kesätyöissä. Avustavalla työntekijällä on hieman kokemusta sähköalalta, mutta hän ei ole sähköasentaja. Hänen työtehtäviinsä kuului valaisimien purkua sen jälkeen, kun sähköasentaja oli todennut järjestelmän jännitteettömäksi, valaisimien siirtelyä, ynnä muuta avustavaa työtä. Apumies ei tehnyt varsinaisia sähköasennustöitä ollenkaan.

Työmaa jaksotettiin niin, että jokaista lohkoa kohden oli käytössä viisi työpäivää, eli yhteensä 20 työpäivää. Lisäksi varalle ja viimeistelyä varten oli varattu viisi työpäivää.

5.2 Maksuerät

Työ sovittiin tehtäväksi urakkana. Laskutusta varten sovittiin maksuerät, ja urakka jaettiin kolmeentoista maksuerään kuvan 15 mukaisesti.

1. erä	Ensimmäinen lohko aloitettu
2. erä	Ensimmäinen lohko 50% tehty
3. erä	Ensimmäinen lohko valmis
4. erä	Toinen lohko aloitettu
5. erä	Toinen lohko 50% valmis
6. erä	Toinen lohko valmis
7. erä	Kolmas lohko aloitettu
8. erä	Kolmas lohko 50% valmis
9. erä	Kolmas lohko valmis
10. erä	Neljäs lohko aloitettu
11. erä	Neljäs lohko 50% valmis
12. erä	Neljäs lohko valmis
13. erä	Työt valmiit ja luovutettu

Kuva 15. Maksuerätaulukko.

Useaan osaan jaettu maksuerätaulukko takaa urakoitsijalle tasaisen tulon urakasta. Asiakkaan kannalta taas hyvä puoli on se, että asiakas voi pidättäytyä maksamasta erää, kunnes kyseisen maksuerän maksuun vaaditut työt on tehty.

5.3 Valaisimien tilaus

E-Valon edustajan sekä tukkurin edustajan kanssa sovittiin, että valaisimien toimitukset työmaalle toteutetaan lohkoittain ja lähtökohtaisesti viikon välein. Sovittiin, että toimitusten ajankohta tarkistetaan joka kerta ennen erän lähettämistä. Suunniteltu toimitustahti toteutui myös käytännössä, ja valaisimet saapuivat työmaalle neljänä maanantaina lähtien urakan alkamispäivästä.

Asiakas oli hoitanut niin, että valaistussaneerausta varten tilat olivat lohkoittain varattu ainoastaan urakoitsijan käyttöön. Tämä tehosti työskentelyä, sillä ei tarvinnut varoa muita tilassa oleskelevia tai varoa sitä, oliko valaistus päällä vai ei. Asiakas oli järjestänyt myös apumiehiä siirtämään kalusteita.

Taulukon 1 mukaisesti oli sovittu myös toimitukset ja aloitus oli sovittu F-lohkoon. F-lohkon jälkeen jatkettiin järjestyksessä E, D, C. Kaikki valaisimien kehykset toimitettiin ensimmäisen valaisinerän mukana.

Taulukko 1. Valaisimien määrät jaoteltuina lohkoihin ja valaisinmalleihin.

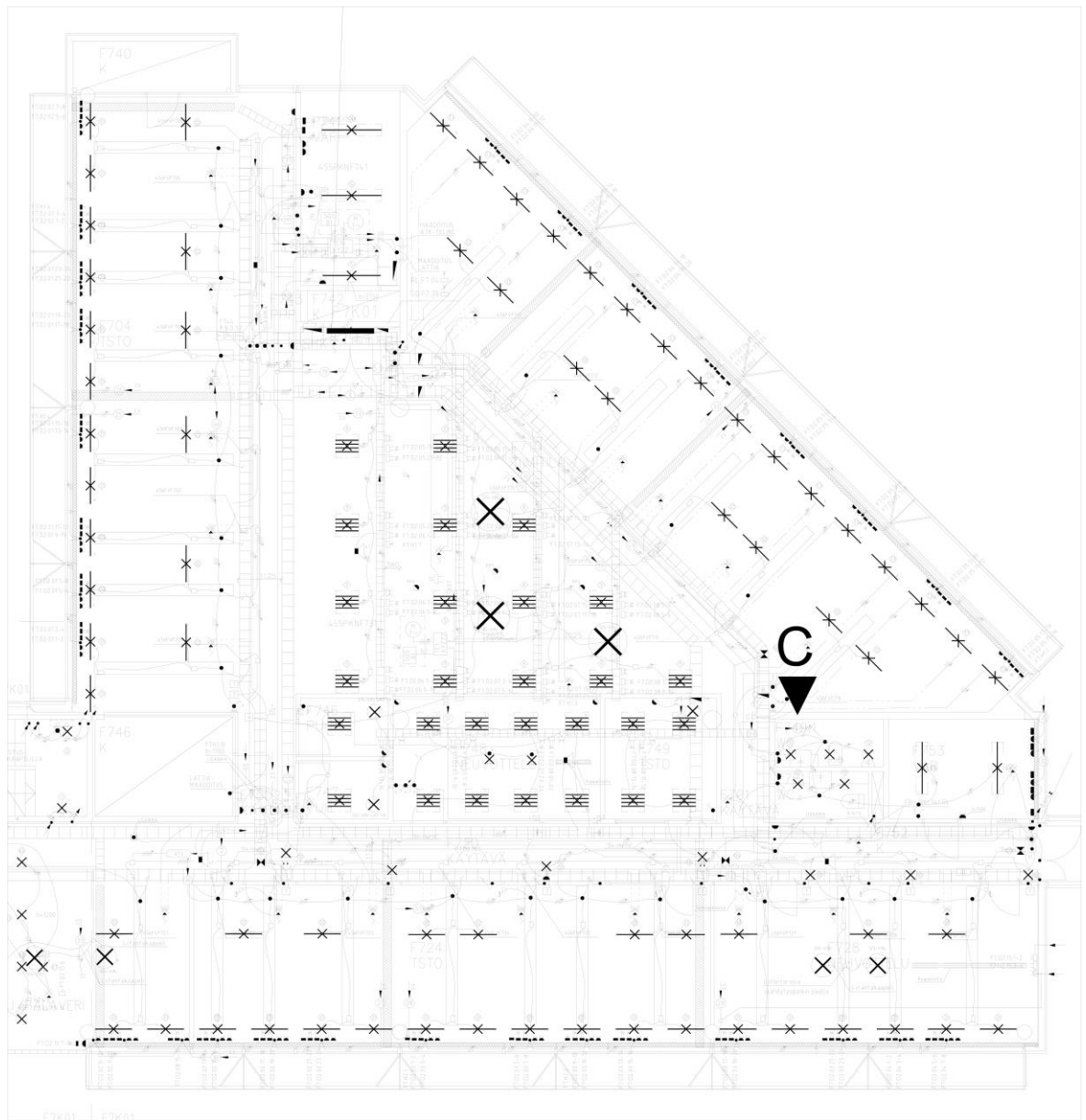
Lohko	Linear-Line	Paneelivalaisin	Kehys
C	38kpl	50kpl	125kpl
D	18kpl	60kpl	
E	24kpl	58kpl	-
F	32kpl	53kpl	-

Asiakkaan tiloista löytyi sopiva paikka kierrätyslavalle, joten sinne otettiin siirtolava metalliromua varten. Lava otettiin työmaalle urakan toisena päivänä, jotta

ensimmäiselle urakkapäivälle ei tullut niin paljoa häiriötekijöitä. Asiakkaan tiloista löytyi myös sopiva paikka valaisimien säilytystä varten työmaan ajaksi.

5.4 Kaapelointi

Ryhmäkeskuksilta löytyneiden sähkökuvien perusteella näytti siltä, että olemassa ollutta kaapelointia voisi käyttää ainakin osin hyödyksi. Kaapelointi oli piirretty osin viisinapaiseksi. Kuvassa 16 on esitelty F-lohkon sähkökuva.



Kuva 16. F-lohkon sähkökuva.

Kävi kuitenkin ilmi, että kaapeloinnissa oli käytetty Enstonet -liittimiä, jotka eivät sovellu Dali-väylän kaapeloinnissa käytettäväksi, ja suurin osa kaapeloinnista oli kolmenapaista. Tiloissa on myös tehty joitain muutoksia sähkökuvien piirtämisen jälkeen, sillä kuvat eivät kaikilta osin pitäneet paikkaansa. Myös työn nopeuttamiseksi todettiin, että kaapeloinnit oli syytä uusita kokonaan. Tällä vältettiin paljon selvittelytyötä. Todettiin, että uudelleen kaapelointi tulee todennäköisesti edullisemmaksi kuin se, ensin selvittää vanhoja kaapelointeja ja sen jälkeen mahdollisesti kaapeloida kuitenkin uudestaan. Koko kaapeloinnin uusimiseen oli varauduttu jo urakan laskennassa, joten työllä ei ollut negatiivista vaikutusta urakkaan. Näin työ aloitettiin kaapeloinnilla ja vanhojen valaisimien purulla.

Jokaiseen lohkoon tehtiin kaksi Dali-väylää, johon jokainen valaisin ja ohjauspainike liitettiin. Väylät kaapeloitiin ryhmäkeskuksien läheisyydessä sijaitseville reitittimille. Kaapelityyppinä käytettiin Dca-s2, d2, a2 luokan MMJ 5x1,5S kaapelia. Kaapelin paloluokka on sellainen, että sitä suositellaan käytettäväksi toimistotiloissa [9]. Tämä kaapeli täyttää myös väylän vaatimukset. Viisinapaista kaapelia käyttämällä saatiin kaapeloitua sekä valaistuksen tarvitsema sähkö että väylä samalla kaapelilla. Valaisimien syötöt ryhmiteltiin vanhojen syöttöjen mukaan, joten keskusmuutoksia ei niiltä osin tarvittu. Kaapeloinneissa käytettiin vanhoja kaapeliteitä.

5.5 Valaisimien asennus

Valaisimet asennettiin paikalleen Dialux-laskelman sijoittelun mukaisesti. Tarvittaviin paikkoihin, enimmäkseen käytäville, lisättiin E-Valon toimittamat asennuskehukset paneelivalaisimille. Työ oli jaoteltu lohkoittain, ja tilaaja järjesti niin, että kulloinkin työn alla oleva lohko oli Sitran toiminnasta vapaana. Täten voitiin laittaa koko lohkon valaistus pois päältä, ilman että heidän työskentelynsä häiriintyisi. Järjestely myös sujuvoitti ja selkeytti urakkaa, koska työtä voitiin tehdä usean asentajan voimin koko ajan sekä työskentelyalue oli koko ajan selkeä.

Koska aina työn alla olleesta lohkosta voitiin laittaa kaikki valaistukset pois yhtä aikaa, toteutettiin työ niin, että kaikki valaisimet asennettiin paikoilleen ja sähköt kytkettiin päälle koko lohkoon kerralla. Koska työtä tehtiin kesäaikaan ja tiloissa on paljon ikkunoita, ei erillistä työmaan aikaista valaistusta tarvittu. Tarvittaessa asentajat käyttivät hetkellisesti otsalamppuja.

5.6 Ohjelmointi

Ohjelmoinnin suunnittelu annettiin sähköurakoitsijan hoidettavaksi. Käyttäjien toiveet ja tarpeet käytiin yhdessä läpi Sitran edustajan ja urakoitsijan kanssa. Urakoitsija esitti oman näkemyksensä siitä, mikä voisi olla kannattavaa, ja näiden perusteella sovittiin, miten ohjelmointi toteutetaan.

Ohjelmointi suoritettiin jokaisen lohkon sähköasennusten valmistuttua. Ohjelmointiin varattiin jokaisen urakkaviikon perjantapäivä. Ohjelmointi toteutui käytännössä melko nopeasti, ja päivä riitti hyvin yhden lohkon ohjelmointiin ja testaukseen.

E-Sähkön asentaja, jolla oli ennestään kokemusta, teki kohteen Dali-ohjelmoinnin. Ohjelmointi tehtiin Helvarin Toolbox-ohjelmalla, jonka saa ladattua Helvarin verkkosivuilta [10]. Ensin hän asetti jokaiselle laitteelle oman osoitteen ja tämän jälkeen loi ohjelman. Jotta painikkeiden käyttö olisi mahdollisimman helppoa, neuvottelutilojen 7-osaisille painikkeille tehtiin kolme eri tilaa, valaistus 20% teholla, valaistus 50% teholla sekä valaistus 80% teholla. Lisäksi ohjelmoitiin painikkeet valotason säätämiseksi portaattomasti. Nämä valinnat tehtiin siksi, koska tiloissa pidetään erilaisia palavereja ja kokouksia, jolloin erilaisia valaistustilanteita tarvitaan. Esimerkiksi esitystä pidettäessä koetaan usein mielekkääksi laskea valaistustehoa hieman, jotta näyttö näkyy paremmin. Valmiista tiloista käyttäjän on helppo painiketta painamalla valita kuhunkin tilanteeseen sopiva valaistuksen taso. Painikkeiden viereen tehtiin ohjetarrat, joista ilmenee painikkeiden toiminta. Tiloissa työskentelevien eri ihmisten määrä on suuri, joten näin toimimalla kaikille ei tarvinnut erikseen pitää opastusta valaistuksen

ohjainpainikkeiden toiminnasta. Koska neuvottelutilat ovat matalampia kuin avo-tilat, säädettiin enimmäisvoimakkuus alle täyden tehon.

Pienten tilojen kaksiosaisiin painikkeisiin ohjelmoitiin mahdollisuus laittaa valot pois ja päälle sekä himmentää ja kirkastaa valoja. Avotoimistojen valaistus ohjelmoitiin aikaohjelmalla asiakkaan toiveen mukaisesti. Valaistus syttyy aamulla kello 7.00 ja sammuu illalla kello 22.00 sekä tarvittaessa valaistuksen saa päälle erillisistä painikkeista yöaikaan.

Ohjelmoinnin jälkeen valotehojen riittävyys tarkastettiin lux -mittarilla eri tiloissa. Mittaus antoi vähintään Dialux-laskelman mukaiset arvot jokaisessa tilassa.

5.7 Loppukuvat ja mittaukset, kulutuksen muutos

Tehdyt kaapeloinnit ja muutokset sekä lisätyt painikkeet piirrettiin punakynäkuvin vanhoihin asennuskuviiin työmaalla aina sitä myöten, kun asennukset valmistuivat. Kiinteistössä on tehty ja tullaan tekemään myös muita muutoksia, jotka vaativat kuvien päivittämistä, joten kiinteistön omistaja teettää kuvien päivitykset yhteisesti myöhemmin. Tästä syystä kuvien päivittämistä ei sisällytetty urakkaan.

Urakan yhteydessä tehtiin myös käyttöönottomittaukset ja -tarkastukset. Näistä tehtiin pöytäkirjat ja ne toimitettiin kiinteistön omistajan edustajalle.

Valaistuksen energiankulutus väheni huomattavasti. Kuvan 17 taulukossa on esitelty karkea laskelma tehon vähenemisestä. Yhteensä tehon pudotusta saatiin lähes 26,3 kW. Laskelmassa on huomioitu valotehon olevan 100%, joten todellisuudessa tehon pudotusta on tapahtunut vielä enemmän, sillä uusia valaisimia ei pidetä täydellä teholla. Vanhojen valaisimien tehot saatiin yksinkertaisesti laskemalla vanhojen loisteputkien tehot yhteen. Todellisuudessa tehot ovat olleet vielä hieman isommat, sillä myös loisteputkivalaisimien liitäntälaitteet ovat tarvinneet pienen määrän tehoa toimiakseen. Valaisimien määrä hieman suureni, mutta kokonaisteho pieneni ja valaistuksen voimakkuus kasvoi.

	valaisinten määrä	vanha teho	uusi teho	vähennys
Linear Line	112	18816	11088	7728
Paneeli	221	28288	9724	18564
yhteensä				26292

Kuva 17. Valaisimien tehot watteina, jos valaisimia käytetään 100% teholla.

Tein yrityksen käyttöön valaistuksen uusimisen kustannuksien takaisinmaksulaskelman, joka laskee vuosissa ajan, jonka jälkeen valaistuksen uusiminen on maksanut siihen käytetyn investoinnin takaisin. Laskelma vertaa urakan kokonaiskustannuksia vaihtoehtoon, että vanha valaistus korjataan ja polttimot vaihdetaan sekä ylläpidetään. Laskelma ottaa huomioon myös energian hinnan ja vertaa sitä vanhan ja uuden valaistuksen välillä. Laskelma antoi lopputuleman, että valaistuksen takaisinmaksuaika on noin neljä ja puoli vuotta. Tästä voidaan ajatella, että urakan toteuttaminen oli varsin järkevää. Valaistuksen laatu parani, valaistuksen ylläpitämisen kulut pienenevät, energian kulutus väheni sekä uusi valaistus palvelee pitkään.

6 Yhteenveto

Työssä tehtiin toimitilojen valaistuksen uusimisen suunnittelua ja laskentaa sekä toteutettiin valaistuksen saneeraus. Saneerauksen yhteydessä päivitettiin valaistuksen ohjaus Dali-järjestelmään.

Lopputulemana mielestäni projektin tekninen toteutus sujui todella hyvin. Urakan lopputuloksena saatiin laadukas ja toimiva valaistus, joka soveltuu toimistotyöskentelyyn ja mahdollistaa tarvittaessa muutosten tekemisen tai laajentamisen helposti myöhemmin.

Koska urakan valmistelu oli ennalta niin hyvin tehty, ei työn teknisessä toteutuksessa tullut ongelmia. Yhden Linear Line -valaisimen häikäisy suoja oli vaurioitunut kuljetuksessa, mutta E-Valo toimitti pikaisesti uuden osan vaurioituneen tilalle. Koko urakka saatiin toteutettua viidessä viikossa, ja asiakas oli erittäin tyytyväinen lopputulokseen.

Asiakkaalta tuli vain hyvää palautetta. Sitran työntekijät olivat urakan aikana tyytyväisiä siihen, miten urakan tiedottaminen ja toteutus hoidettiin. Urakan jälkeen hyvää palautetta tuli valaistuksen hyvästä tehosta ja koko tilojen yleisilmeen paranemisesta sekä painikkeiden helposta käytöstä. Kiinteistön omistajan edustaja myös antoi positiivista palautetta urakan kokonaisvaltaisesta hyvästä hoitamisesta.

Lähteet

- 1 Perustietoa Sitrasta. Verkkoaineisto. Sitra.
<<https://www.sitra.fi/aiheet/kysymyksia-ja-vastauksia-sitran-toiminasta/#>>. Luettu 13.10.2023.
- 2 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi energiaan liittyvien tuotteiden ekologiselle suunnittelulle asetettavien vaatimusten puitteista. 2009. Direktiivi 2009/125/EY. Verkkoaineisto. Euroopan parlamentin virallinen lehti 21.10.2009. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:285:0010:0035:fi:PDF>>. Luettu 16.9.2023.
- 3 Dali-järjestelmän suunnittelun perusteet. Verkkoaineisto. Helvar.
<<https://helvar.com/fi/>>. Luettu 6.6.2023.
- 4 Valaistus. Verkkoaineisto. Työsuojeluhallinnon verkkopalvelu
<<https://tyosuojelu.fi/tyoolot/fysikaaliset-tekijat/valaistus>>. Luettu 15.9.2023
- 5 SFS-EN 12464-1:2021. Standard for light and lightning. Lightning of work places. Part 1: Indoor work places. Suomen standardoimisliitto.
- 6 Mikä luumen ja luks? Miten ne vaikuttavat lampun valintaan? 2023. Verkkoaineisto. Kymenlaakson sähkö.
<<https://www.ksoy.fi/energiaa/mika-luumen-ja-luksi-miten-ne-vaikuttavat-lampun-valintaan/>>. 27.9.2023. Luettu 20.10.2023
- 7 Tuotekortti. 2023. Yrityksen sisäinen aineisto. Elektro-Valo Oy.
- 8 Tuotekortti. 2023. Yrityksen sisäinen aineisto. Elektro-Valo Oy.
- 9 Mikä on CPR? Verkkoaineisto. Nexans.
<<https://www.nexans.fi/fi/business/Building/Halogen-free-cables/CPR.htm>>. Luettu 15.9.2023
- 10 Download DIALux evo. Verkkoaineisto. Dialux.
<<https://www.dialux.com/en-GB/download>>. Luettu 20.10.2023