

**Mount Kelvin
valaistuksenohjausjärjestelmän
suunnittelu kerrostaloon**

Hämäläinen Henri

Opinnäytetyö
Joulukuu 2020
Tekniikan ja liikenteen ala
Insinööri (AMK), automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Hämäläinen, Henri	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 12/2020
	Sivumäärä 30	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: kyllä
Työn nimi Mount Kelvin valaistusohjausjärjestelmän suunnittelu kerrostaloon		
Tutkinto-ohjelma Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Väänänen, Olli		
Toimeksiantaja(t) Wellness Engineering Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Mount Kelvin järjestelmän suunnitteluun sisältyy tuotteiden toimitukseen sekä radiokuuluvuuteen liittyviä haasteita. Sähköalan kerrostalotyömailla yleinen käytäntö on tilata tarvittavat asennustarvikkeet työmaalle yhtenä suurena tilauksena. Sähköasentajien täytyy huolehtia työmaalla, että tarvikkeet eivät loppu kesken ja pyytää niitä tarvittaessa lisää. Merkittävä määrä asentajien työaika käytetään tarvikkeiden inventoimiseen työmaalla. Tämä yhdistettynä kohteeseen toimitettavan Mount Kelvin järjestelmän kanssa aiheuttaisi asentajien työmäärän lisääntymisen kohtuuttomasti. Järjestelmää suunniteltaessa otetaan myös huomioon rakennuksen materiaalit ja pohjaratkaisut parhaimman radiokuuluvuuden saavuttamiseksi.</p> <p>Asentajien työaikka tarvikkeiden laskennasta ja inventoinnista pyrittiin poistamaan kehittämällä toimitustapaa. Toimitukseen sisällettiin valaisimien ja toimilaitteiden valmistelu asennusvalmiiksi paketeiksi. Paketit merkittiin huoneistokohtaisesti siten, että asentaja voi valmiiksi kantaa ne huoneistoihin asennusta varten. Paketteihin laitettiin oikea määrä huoneistoon asennettavia tuotteita, jolloin asentajalta poistui inventoinnin tarve työmaalla.</p> <p>Toimitustavan toimivuutta tutkittiin asentajille laaditulla kyselytutkimuksella. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää asentajien aikaisempi kokemus DALI-järjestelmien asennuksesta, ja asenne kyseisiä järjestelmiä kohtaan. Lisäksi tutkittiin kehitetyn toimitustavan toimivuus asentajien näkökulmasta.</p> <p>Kyselytutkimuksen avulla saatujen tietojen perusteella analysoitiin, että kehitetty toimitustapa oli toimiva. Tutkimuksen perusteella kehitettyä asennustapaa toivottiin myös laajennettavan muihin asennustuotteisiin.</p>		
Avainsanat (asiasanat)		
Valaistuksenohjausjärjestelmä, toimitus, langaton		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Hämäläinen, Henri	Type of publication Bachelor's thesis	Date 12/2020 Language of publication: Finnish
	Number of pages 30	Permission for web publication: x
Title of publication Designing a Mount Kelvin lighting control system to an apartment building		
Degree programme Electrical and Automation Engineering		
Supervisor(s) Väänänen, Olli		
Assigned by Wellness Engineering Oy		
Abstract <p>Designing a Mount Kelvin system includes challenges regarding the delivery of the products and radio signal reception. It is common practice in electrical field of apartment building construction to order the required products to the building site as a single large batch. The electricians must take care of the quantity of the products, and order more if needed. Significant portion of work time is used to make inventory of the products at the building site. This combined with the Mount Kelvin system would cause the inefficient work time to accumulate unnecessarily. The building materials and blueprints must be taken into consideration in the design in order to achieve the best radio reception possible.</p> <p>The burden of counting and inventorying of the products by electricians was attempted to be reduced by developing the process of delivery. The delivery included preparation of the lights and required components into an install-ready package. The packages were marked individually according to the apartment number. This allows the electrician to move the dedicated packages to the right apartments prior to installation. The packages included the correct number of products to be installed, which removed the need of inventorying.</p> <p>The effectiveness of the way of delivery was researched by performing a questionnaire survey to the electricians of the building site. The purpose of the survey was to find the electricians' prior experience on installing and the attitude towards DALI- systems. Additionally, the functionality of the delivery way from the electricians' perspective was analyzed.</p> <p>According to the data gathered from the survey it was concluded that the developed way of delivery was functional. Additionally, this way of delivery was hoped to be implemented to other types of products as well.</p>		
Keywords/tags (subjects) Lighting control, Wireless, Delivery		
Miscellaneous (Confidential information)		

Sisältö

1	Johdanto	3
1.1	Työn esittely	3
1.2	Wellness Engineering	4
2	Tutkimusmenetelmät	4
3	Valaistuksen ohjaus	6
3.1	Perinteinen valaistuksenohjaus	6
3.2	DALI.....	7
3.3	EnOcean.....	8
3.4	Mount Kelvin	9
4	Suunnittelu.....	10
4.1	Vastuiden rajaaminen	10
4.2	Asennettavuus ja toimitus.....	10
4.2.1	Asennettavuus.....	10
4.2.2	Toimitus	12
4.2.3	Positiot 1.1 ja 1.2	13
4.2.4	Positio 2	13
4.2.5	Positio 3	14
4.2.6	Positio 4	14
4.2.7	Positio 5	15
4.2.8	Positio 6	15
4.2.9	positio 7	16
4.2.10	Positio 8	16
4.3	Signaaliakuuluvuus	17
5	Käyttöönotto.....	20
5.1	Konfigurointi.....	20
5.2	Asukkaiden ohjeistus.....	24
6	Kyselytutkimus	25
6.1	Kysymysten valinta	25

	2
6.2 Kyselyn tulokset.....	26
7 Tulokset	27
Lähteet	29

Kuviot

Kuvio 1 Kehittämistutkimuksen kolme kysymystä (Johannes Pernaa)	4
Kuvio 2 Perinteinen valaistuksenohjaus	6
Kuvio 3 EnOcean- Painike (EnOcean)	8
Kuvio 4 Mount Kelvin keskuskomponentit ja johdotus (Mount Kelvin).....	9
Kuvio 5 DALI- toimilaite kytkentä	11
Kuvio 6 Malmbergs DALI- RC himmennin (Malmbergs)	13
Kuvio 7 Vastuksen mitoituskaava	14
Kuvio 8 Osram OTi DALI 15 (Dammedia)	15
Kuvio 9 Epäsuora LED-nauha asennettuna.....	15
Kuvio 10 Winled Lilja (Winled).....	16
Kuvio 11 Signaalin ja seinän välisen kulman vaikutus	17
Kuvio 12 Signaalikantavuuden heikentyminen välimateriaaleittain (EnOcean Wireless Systems RANGEPLANNING GUIDE.).....	18
Kuvio 13 Esimerkkiasunnon tasopiirustus	18
Kuvio 14 EnOcean antenni.....	19
Kuvio 15 Mount Kelvin asetusnäkyä.....	20
Kuvio 16 DALI haku	21
Kuvio 17 Painikkeen paritus.....	22
Kuvio 18 Painikkeen toiminnan valinta	22
Kuvio 19 Painikkeen toiminnon valinta. Valittuna toimintona On-off 1-osaiselle painikkeelle	23
Kuvio 20 Four scenes painike (Mount Kelvin)	23
Kuvio 21 Ohjattavien valaisimien valinta	24
Kuvio 22 Kyselytutkimuksen tulokset.....	26

1 Johdanto

1.1 Työn esittely

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin uudiskerrostaloon asennettavan Mount Kelvin valaistusjärjestelmän toteutus kustannustehokkaasti. Työssä pyrittiin parantamaan sähköasennusten tehokkuutta kehittämällä työmaan ja toimittajan välistä logistiikkaa. Lisäksi suunniteltiin, miten toimitettavista tuotteista saataisiin asennusvalmiita kokonaisuuksia.

Kerrostalon valaistuksen ohjaus toteutettiin Mount Kelvinin DALI-valaistuksenohjausjärjestelmällä. Kyseinen järjestelmä käyttää valaistuksen ohjaukseen langattomia EnOcean-painikkeita. Työssä verrataan, kuinka valaistuksen asennus Mount Kelviniä käyttämällä poikkeaa järjestelmästä, jossa ei ole käytetty DALI:a.

Työn aikana työmaan asentajille tehtiin kyselytutkimus, jonka tarkoituksena oli kartoittaa asentajien aikaisempaa kokemusta, sekä asenteita DALI-järjestelmän asentamiseen. Tutkimuksen tarkoituksena oli myös selvittää, kuinka hyvin sähköasennusten tehokkuuden parantamisessa onnistuttiin.

Työssä esitellään kerrostalon valaistuksen ohjauksessa käytettävät DALI-, ja EnOcean teknologiat. Tämän lisäksi käydään läpi komponenttien toimittaminen työmaalle, niiden asennettavuus, ja asennusten oikein suorittamisen varmistaminen. Lisäksi työssä tutkitaan radiokuuluvuuden perusteita.

Tutkimusongelma: Kuinka toteutetaan Mount Kelvin -valaistuksenohjausjärjestelmä uuteen kerrostalokiinteistöön kustannustehokkaasti?

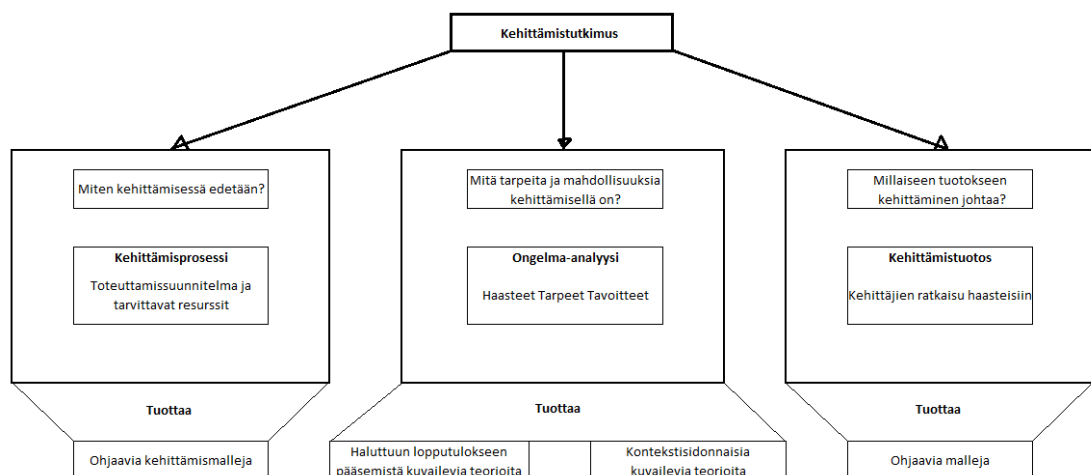
1.2 Wellness Engineering

Opinnäytetyön toimeksiantaja Wellness Engineering Oy on vuonna 2013 perustettu sähköalan yritys. Yrityksen toimialaan kuuluu erilaisten kiinteistöjen sähkö- ja automaatio suunnittelu sekä asennus. Yrityksen osaamisalueeseen kuuluvat muun muassa KNX-, Loxone-, ja Mount Kelvin järjestelmät. Projektien koot ovat hyvin vaihtelevia omakotitaloista kerrostaloihin, toimistotiloihin ja kerrostaloihin. (Wellness Engineering Oy)

2 Tutkimusmenetelmät

Tarkoituksena oli luoda kehittämistutkimuksen kautta tehokkaampi tapa toimittaa asentajien tarvitsemat tuotteet työmaalle. Kehittämistutkimus menetelmänä perustuu kolmeen ominaispiirteeseen. Muutoksen tarve johtaa jatkuvaan kehittämiseen, kehittämistutkimuksen aikana luodaan jotain konkreettisesti hyödyllistä, sekä kehittämisen aikana syntyy opetusta edistävää tietoa (Pernaa).

Kehittämistutkimusta tutkimusmenetelmänä ei voida määritellä yksiselitteisesti. Tämä johtuu siitä, että menetelmä perustuu teorian ja kokeellisten vaiheiden yhdistelmään (Pernaa).



Kuvio 1. Kehittämistutkimuksen kolme kysymystä (Pernaa)

Ongelma-analyysi on aina kehittämistutkimuksen ensimmäinen vaihe. Analyysin tarkoituksena on tuoda esiin haasteet, tarpeet ja mahdollisuudet kehittämiselle. Tätä vaihetta voidaan myös kutsua tarveanalyysiksi. Analyysi voidaan perustaa empiiriseen, teoreettiseen tai näiden molempien yhdistettyyn tutkimukseen.

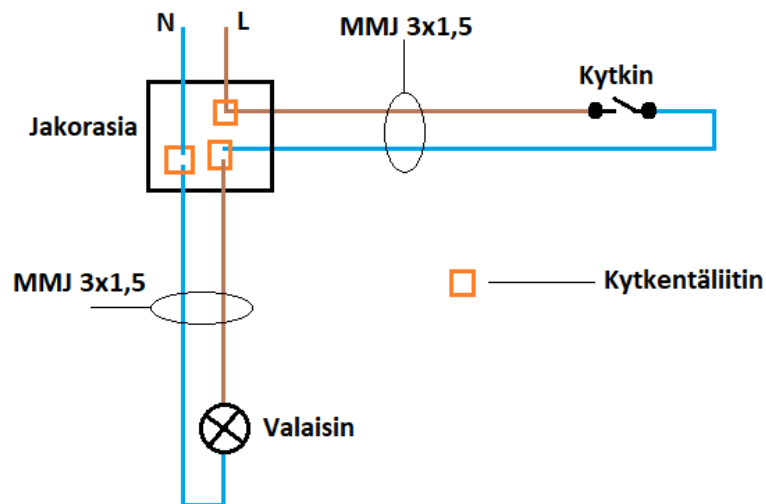
Ongelma-analyysin jälkeen kehittämisen tarve ja tavoitteet alkavat selkeytymään. Normaalisti tämän vaiheen jälkeen tehdään alustava kehittämissuunnitelma. Kehittämistutkimuksen joustavan luonteen vuoksi kehittämissuunnitelma voi muuttua tutkimuksen aikana jatkuvasti (Pernaa).

Tutkimuksen tuloksia päätettiin analysoida strukturoidulla haastattelulla. Haastattelu on niin sanottu lomakehaastattelu. Se sopii tilanteisiin, joissa haastateltavat edustavat yhtenäistä, tai melko yhtenäistä ryhmää. Haastattelu koostuu kysymyksistä, jotka ovat kaikille haastateltaville samat, ja ovat samassa järjestyksessä. Lomakkeiden identtisyys vaikuttaa osaltaan tulosten luotettavuuteen. (KAMK; Spoken.) Haastateltavan on vastattava valmiiksi annetuista vaihtoehdoista omaa mielipidettään lähimpänä olevaa. Analysointi päätettiin tehdä strukturoidulla haastattelulla, jotta asentajien ei tarvitse käyttää työaikaa haastatteluun vastatakseen.

3 Valaistuksen ohjaus

3.1 Perinteinen valaistuksenohjaus

Puhuttaessa perinteisestä valaistuksenohjauksesta, tässä työssä tarkoitetaan, ettei valaistusta ohjata erillisellä järjestelmällä. Valaisimia ohjataan suoraan katkaisemalla virransyöttö vipukytkimellä, tai muulla katkaisijalla. Perinteinen valaistuksenohjaus kiinteistössä vaatii yksinkertaisimmillaan virransyötön sähkökeskukselta katkaisijalle, jonka läpi menevää virtaa ohjataan kädellä katkaisijan asentoa vaihtamalla. Useamman valaisinpisteen ohjausta varten täytyy kytkimeltä lähtevä ohjattu virta kaapella loida valaisinpisteille. Useamman valaisinpisteen ja katkaisimien kaapelit asennetaan jakorasiaan, jossa tehdään ohjauksien vaatimat kytkennät. Valaistustason muuttamiseksi katkaisijan tilalle voidaan asentaa himmentäjä.



Kuvio 2. Perinteinen valaistuksenohjaus

Katkaisijoiden mekaniikalle on varattava tilaa asennuspaikkaan. Katkaisijoiden asennuspaikoille upotetaan kojerasia, jonka sisällä on tilaa katkaisijan mekaniikalle. Riippuen rakennustavasta, kojerasioille voi olla tarpeellista johdattaa asennusputki,

jonka sisällä kaapeli voidaan viedä kytkimelle. Asennusputket ovat usein tarpeellisia betonisissa rakenteissa.

Mikäli valaisimien ohjauksia perinteisessä tavassa tahdotaan muuttaa, täytyy kytkentöjä muuttaa. Riippuen muutoksen suuruudesta, ohjauksen muutos voidaan toteuttaa muuttamalla kyseisen valaisinryhmän kytkentöjä jakorasiolla. Suuremmissa ohjauksen muutostarpeissa voidaan joutua vaihtamaan kaapeleiden asennuspaikkoja. Tämä tarkoittaa usein suurempaa korjausurakkaa.

Mount Kelvin DALI järjestelmässä kytkimiä ei tarvitse johdottaa, sillä kytkimet ovat langattomia. Langattomuus mahdollistaa kojerasioiden poistamisen valaistusohjaus kokonaisuudesta.

3.2 DALI

DALI (Digital Addressable Lighting Interface) on digitaalista valaistuksen ohjausta varten luotu standardi. DALI:lla ohjataan väylään kytkettyjä liitäntälaitteita. Liitäntälaitteita voivat olla esimerkiksi muuntajat, himmentimet, kytkimet ja liiketunnistimet. Yhtein DALI avaruuteen on mahdollista liittää 64 toimilaitetta. Avaruuksia lisäämällä voidaan ohjata suurempia kokonaisuuksia. Jokaiselle väylään kytketylle toimilaitteelle ohjelmoidaan yksilöity osoite, jolla laitteet tunnistetaan toisistaan. Tämä mahdollistaa laitteiden yksilöllisen ohjauksen. Valaistus voidaan ohjelmoida reagoimaan tietyllä tavalla erilaisissa tilanteissa joko automaattisesti, tai esimerkiksi painiketta painamalla. DALI- valaistuksen etu verrattuna perinteiseen valaistuksen ohjaukseen on sen muunneltavuus. Valaistuksen ohjausryhmiä voidaan muuttaa vapaasti kaapelointia vaihtamatta.

DALI- väylän asennus vaatii kaksi johdinta, jotka kytketään toimilaitteessa oleviin DALI- liittimiin. DALI- väylän napaisuudella ei ole merkitystä. Laitteille voidaan kaapeloita virransyöttö ja DALI- väylä erikseen, tai samassa kaapelissa. Asennuksen toteutus yhdellä kaapelilla voidaan tehdä esimerkiksi MMJ 5x1,5 kaapelilla. Väylän kaapelointi voi olla tähtimäinen, tai sarjaan kytketty.

3.3 EnOcean

EnOcean on standardisoitu langaton tiedonsiirtoteknologia. EnOcean perustuu radiosignaalin luomiseen liike- tai aurinkoenergialla. Näin esimerkiksi langattomien kytkinten vaatima energia voidaan luoda täysin ilman paristoja. Aurinkoenergiaa käytetään langattomien antureiden toimintaan. EnOcean teknologiaa voidaan hyödyntää siis muun muassa valaistuksen ohjaukseen, ilmanlaadun mittaukseen, liikeseurantaan sekä kulun valvontaan.

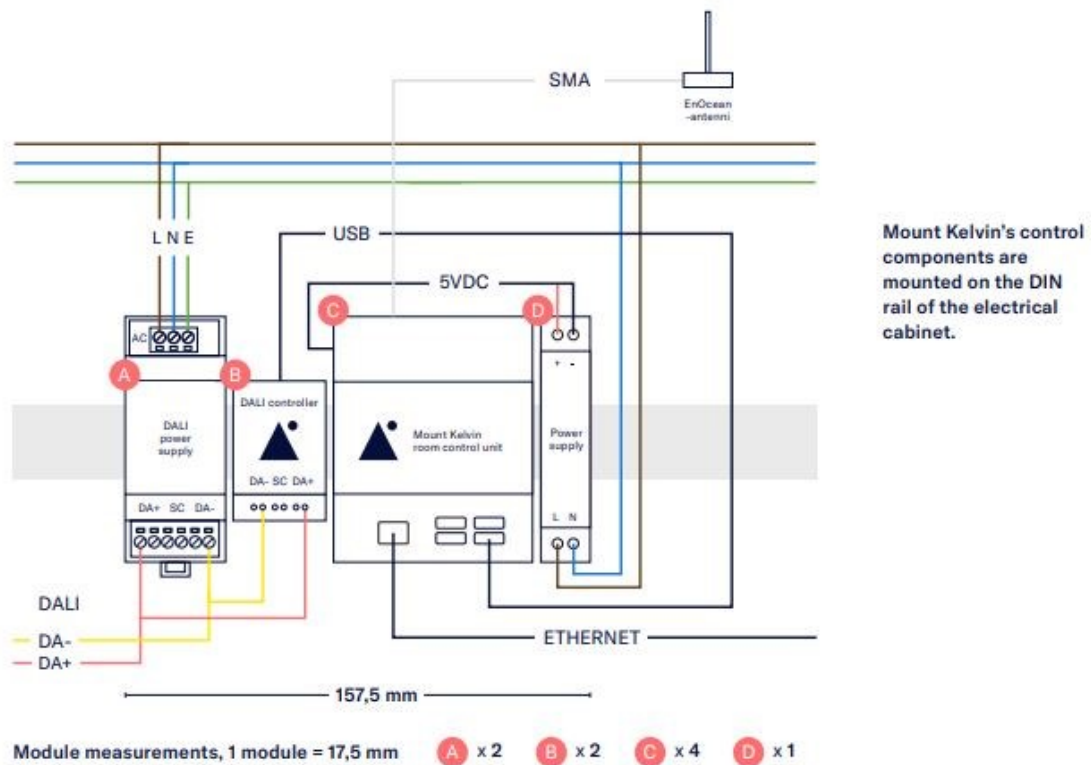


Kuvio 3. EnOcean- Painike (EnOcean)

EnOcean radiosignaalin kuuluvuus riippuu lähettimen ympärillä olevista rakennusmateriaaleista. Rakenteellisesti paksut seinät pienentävät kuuluvuus aluetta. Kuuluvuus sisätiloissa on noin 20-30 metriä. Ulkotiloissa radiosignaalin kuuluvuus voi olla jopa 300 metriä. (Wireless Standard for Building Automation and Smart Homes)

Varsinkin sisätiloissa on usein tarpeellista käyttää signaalin vahvistimia. Vahvistin asennetaan mahdollisimman keskeiseen paikkaan rakennuksessa, kuitenkin siten, että alkuperäinen signaali kantaa vahvistimelle asti.

3.4 Mount Kelvin



Kuvio 4. Mount Kelvin keskuskomponentit ja johdotus (Mount Kelvin).

Mount Kelvin on väyläpohjainen valaistuksen ohjausjärjestelmä. Järjestelmä käyttää tiedonsiirtoon DALI-väylää, EnOcean teknologiaa sekä Bluetoothia. Järjestelmään kytettyjä valaisimia voidaan ohjata mobiililaitteilla, EnOcean painikkeilla ja liiketunnistimilla. Järjestelmän konfigurointi tehdään mobiililaitteella.

Järjestelmään kuuluu Helvarin DALI-Controller, DALI virtalähde sekä Mount Kelvin keskusyksikkö. Tiedonsiirto keskusyksikön sekä DALI-Controllerin välillä tapahtuu USB-kaapelilla. Kentällä olevat DALI-toimilaitteet on kytkettävä kiinni DALI-Controlleriin asennukseen sopivalla kaapeloinnilla. Järjestelmään liitettävät painikkeet ovat langattomia EnOcean painikkeita. Mount Kelvin keskusyksikössä on EnOcean antenni, joka vastaanottaa painikkeiden ja muiden EnOcean toimilaitteiden signaalin. Mount Kelvin järjestelmässä ei voida käyttää väyläpainikkeita, vaan kaikki painikkeet ovat langattomia. Liiketunnistimet liitetään DALI-väylään.

Järjestelmän mobiiliapplikaation käyttö vaatii Internet- yhteyden. Tämä tarkoittaa, että järjestelmää ei voida konfiguroida, eikä käyttää mobiililaitteilla ilman Internetyhteyttä. Järjestelmään liitetyt langattomat sekä kaapeloidut toimilaitteet toimivat normaalisti myös ilman Internetiä.

4 Suunnittelu

4.1 Vastuiden rajaaminen

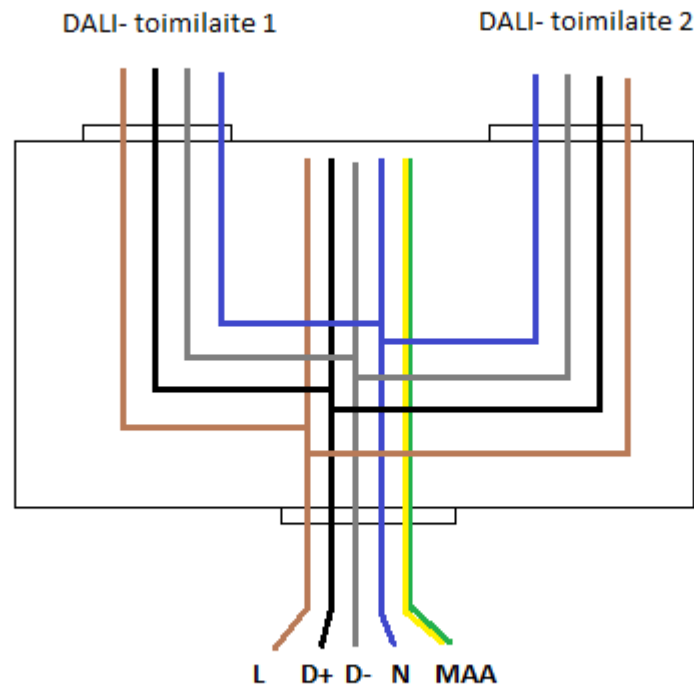
Vastuiden jakaminen tapahtuu urakointisopimusten mukaan. Urakointisopimuksen mukaan Wellness Engineering Oy:n vastuulla on valaistuksen toimittaminen työmaalle. Valaistuksen toimittaminen sisältää valaisinkokonaisuuksien valmiiksi kasaamisen niin pitkälle kuin järkevästi on mahdollista. Valaisinkokonaisuudet valmistellaan valaisinpositioittain. Wellness Engineering Oy suorittaa myös valaisinjärjestelmän käyttöönoton, eli konfiguroinnin. Konfigurointi tehdään asennustöiden valmistuttua. Konfiguroinnin yhteydessä Wellness Engineering Oy luo asuntokohtaisen vika-listan, jossa mahdollisimman tarkasti ilmaistaan vian laatu, sekä sijainti. Lista luovutetaan ensimmäisen käyttöönotto kerran jälkeen sähköurakoitsijalle tarvittavia korjauksia varten. Mount Kelvin Oy toimittaa työmaalle asennettavat painikkeet. Painikekokonaisuudet kasataan valmiiksi huonekohtaisiksi paketeiksi. Kohteen sähköasennustyöt suorittaa Sähkö Jave Oy.

4.2 Asennettavuus ja toimitus

4.2.1 Asennettavuus

Kerrostaloasuntojen valaistuksenohjausjärjestelmät ovat yleisen näkemyksen mukaan yleistymässä, mutta usein valaistuksen ohjaamiseen edelleen käytetään perinteisiä 230 voltin vipukytkimiä, joilla ohjataan suoraan valaisinpisteitä. Mount Kelvin DALI järjestelmässä kytkimiä ei tarvitse johdottaa, sillä kytkimet ovat langattomia.

Langattomuus mahdollistaa kojerasioiden poistamisen valaistusohtaus kokonaisuudesta. DALI- väylälaitteiden kytkennöissä työtä tehostaa kytkentöjen identtisyys.



Kuvio 5. DALI- toimilaite kytkentä

Kuviossa 5 on hahmotelma DALI- kytkennästä. Kuvion johdinvärit on valittu MMJ 5x1,5 kaapelityypin mukaan. Kyseistä kaapelia käytettäessä asennuksissa, on yleinen käytäntö käyttää ruskeaa johdinväriä 230 voltin jännitteen välittämiseen. Mustaa ja harmaata käytetään DALI- väylän välittämiseen. Sininen johdin toimii Suomen johdinväri standardin mukaan nollana. Kelta-vihreä johdin toimii suojamaa- johtimena. Suojamaan kytkeminen toimilaitteeseen riippuu siitä, onko toimilaitteella suojamaa liittintä.

Tämän työn tarkoituksena on luoda konsepti, jolla valaistuksenohjausjärjestelmän asentaminen kerrostaloihin olisi mahdollisimman kustannustehokasta. Tämä edellyttää, että työmaakohteessa asennustyöt minimoidaan. Käytännössä tämä toteutetaan

siten, että valaisinpositio kokonaisuudet valmistellaan ennen toimitusta niin pitkälle kuin mahdollista.

4.2.2 Toimitus

Työkokemukseen perustuen valtaosa kerrostalorakennusten valaisinjärjestelmistä on toteutettu valaisinpistorasioilla. Valaisinpistorasiat ovat jakorasian päälle asennettavia kansia, jotka on varustettu valaisinripustuskoukulla, sekä pistorasialla. Yleensä tällaisissa kohteissa valaisimien valmistaminen asennusta varten ei ole kannattavaa tai edes mahdollista. jakorasioiden asennus tehdään yleensä ennen kuin huoneiston alakatto on asennettu paikoilleen. Pistorasiat asennetaan paikoilleen vasta sitten, kun katto on pintakäsitelty.

Kuopion Maljalahteen valmistuviin kerrostaloihin asennetaan valaisinpistorasioiden lisäksi LED valaisimia. LED valaisimet voivat toimia joko tasajännitteellä, tai tasavirralla. Valaisimille täytyy valita niille tarkoitettu toimilaite, joka muuntaa 230 voltin verkkojännitteen sille sopivaksi tasajännitteeksi, tai tasavirraksi. Tasavirtatoimilaitteet voivat olla valmiiksi tietylle virta-alueelle viritettyjä, tai virta-alue voi olla valittavissa esimerkiksi mikrokytkimillä tai vastuksella.

LED valaisimia asennettaessa täytyy noudattaa tarkkuutta siinä, että eri valaisimille asennetaan oikea toimilaite, ja että toimilaitteen mahdollinen virta-arvo on valittu oikeaksi. Mikäli tuotteet toimitetaan työmaalle sellaisenaan, syntyy riski, että tuotteet menevät jossain vaiheessa sekaisin.

Tämän työn yhtenä tavoitteena on tehdä tuotteiden toimituksesta mahdollisimman järjestelmällinen. Tarkoituksena on työmaalla olevien asentajien työn helpottaminen ja tehostaminen. Tähän pyritään siten, että tuotteita ei toimiteta työmaalle erillisinä komponentteina, vaan ne kasataan valmiiksi niin pitkälle kuin mahdollista ennen toimitusta. Valittuihin valaisimiin valitaan oikeat toimilaitteet, sekä niiden virta-alueet viritetään valaisimille sopivaksi. Toimilaitteet kaapeloidaan valmiiksi ennen toimitusta Enstonet kaapelein, joissa on Enstonet- liitin toisessa päässä.

Kaikki tuotteet tulee merkata huoneistokohtaisesti siten, että asentajat voivat sijoittaa tuotteet huoneistoihin ilman sekaannuksia. Tämä edellyttää myös asentajilta tarkkuutta merkintöjen huomioimisessa. Tuotteiden järjestelmällinen merkkkaus nopeuttaa työn etenemistä työmaalla, sillä asentajien ei tarvitse etsiä oikeita tuotteita isosta toimituksesta. Ideaalissa tilanteessa asentajat siirtävät huoneistokohtaiset tuotteet huoneistoihin odottamaan asennusta.

Tuotteet toimitetaan työmaalle valmiina tuotepaketteina. Tuotteet tehdään mahdollisimman valmiiksi kytkentöjen puolesta kaapeleineen sekä liittimineen. Tuotepaketit on koottu valaisimien positiomerkitöiden sisällön mukaan.

4.2.3 Positiot 1.1 ja 1.2

Valaisinpositio 1.1 koostuu TYRA Ceiling Surface LED valaisimesta, sekä Malmbergs DALI- RC himmentimestä. Valaisinpositio asennetaan siten, että Malmbergs- himmennin asetetaan kojerasian pohjalle. Kojerasiaan vedetään asennuskaapeli 5x1,5 MMJ. Kaapelin johdinväreistä musta sekä harmaa käytetään DALI- väylän siirtoon. Himmentimen ohjattu lähtö asennetaan valaisimen virtaliittimeen. Valaisin kiinnitetään lopulta kojerasian päälle.



Kuvio 6. Malmbergs DALI- RC himmennin (Malmbergs)

Valaisinpositio 1.2 on position 1.1 orja. Positio on muuten sama, mutta siitä puuttuu Malmbergs- himmennin. Position 1.1 ohjattu jännite kaapeloidaan seuraavalle positiolle 1.2, jolloin kaikki samassa valaisinryhmässä olevat valaisimet himmentyvät yhdellä toimilaitteella samanaikaisesti. Positioita ei voida järkevästi valmistella ennen toimitusta.

4.2.4 Positio 2

Valaisinpositio 2 koostuu valaisinpistorasiasta sekä Malmbergs DALI- RC himmentimestä. Tässä positiossa himmennin asennetaan jakorasiin sisään valaisinpistorasian

kiinnitysruuvien etäisyyden vuoksi. Valaisinpistorasian jännitettä ohjataan himmentimen jännitelähdöllä. Kaikki valaisinpistorasiat ovat itsenäisesti ohjattavia, eli jokaiselle asennetaan oma himmennin. Positiota ei voida järkevästi valmistella ennen toimitusta.

4.2.5 Positio 3

Positio 3 koostuu 24 voltin LED-nauhasta, sekä Saas instruments DALI- liitäntälaitteesta eli muuntajasta. Tämän position LED-nauhat asennetaan keittiöiden välitiloihin. Nauhojen liitäntälaitte asennetaan keittiön kaapiston päälle. Nauhat asennetaan alumiiniprofiiliin, joka toimii myös nauhan jäähdytyksenä.

LED-nauhat voidaan valmistella arvioituihin mittoihin huoneistokohtaisesti. Nauhat joudutaan lopulta kohteessa leikkaamaan lopulliseen sopivaan mittaan. Alumiiniprofiilit toimitetaan työmaalle vakiomittaisina, katkomattomana. Profiilien katkaiseminen määrämittaan huoneistokohtaisesti on hankalaa, sillä keittiön kalusteiden mitat voivat vaihdella, sekä niihin voi tulla muutoksia toimituksen jälkeen. Liitäntälaitteet toimitetaan työmaalle sellaisinaan.

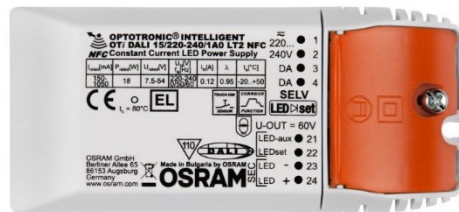
4.2.6 Positio 4

Positio 4 koostuu Osram OTi DALI 15 liitäntälaitteesta, Greven LED- valaisimesta sekä 5-napaisesta EnstoNet uros liittimestä sekä 0,5 metrin 5x1,5 liitäntäkaapelista. Valaisinmalli vaatii toimiakseen 500mA tasavirta liitäntälaitteen. Positioon kuuluvan liitäntälaitteen virta-arvoa saa muutettua asentamalla liitäntälaitteen LED-aux sekä LEDset liittinten välille vastuksen. Liitäntälaitteen ohjekirjasta löytyy kaava (Kuvio 4), sekä taulukko minkä perusteella oikean kokoinen vastus voidaan valita. Virta-arvon ollessa 500mA, vastukseksi valitaan 10000 ohmin vastus.

$$I_{out}[A] = \frac{5V}{R_{set}[\Omega]} \times 1000$$

Kuvio 7. Vastuksen mitoituskaava

Positio valmistellaan ennen toimitusta lähes asennusvalmiiksi. Liitäntälaitteen LED-
aux sekä LEDset liittimien välille asennetaan 10kOhm vastus. EnstoNet liitäntäkaapeli
asennetaan valmiiksi kiinni liitäntälaitteen jännitetuloon sekä DALI- väyläliittimiin.
Valaisimien mukana tullut valaisimen liitäntäkaapeli asennetaan valmiiksi liitäntälait-
teen plus- ja miinuslähtöihin. Tämän lisäksi liitäntäkaapelin toiseen päähän asenne-
taan EnstoNet liitin.



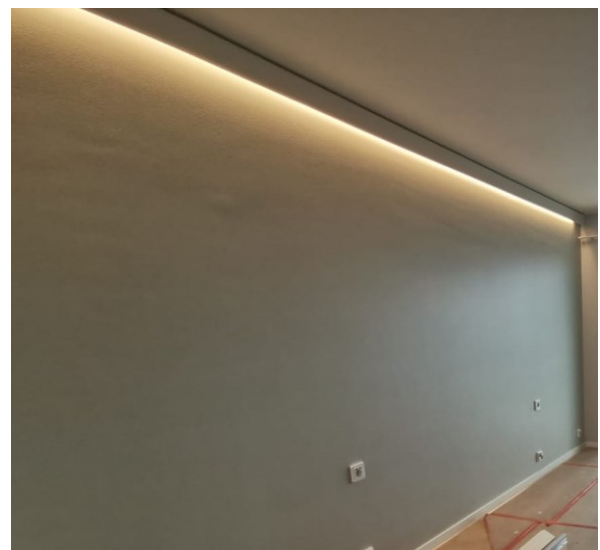
Kuvio 8. Osram OTi DALI 15 (Dammedia)

4.2.7 Positio 5

Positio 5 on Highline sauna glass fiber saunan valokuitu valaistus. Tämä positio tila-
taan suoraan valmistajalta, toimituksen sisältäen Osram OTi DALI muuntajan.

4.2.8 Positio 6

Positio 6 on epäsuoravalolista. Valo-
lista asennetaan kattoon seinän lä-
helle. Asennuksen jälkeen valolista
peitetään tasoittamalla ja maalaa-
malla. Valolistan valon lähteenä toimii
LED-nauha, joka asennetaan valolis-
tan päälle. Valmis asennus valaisee ai-
noastaan seinän, jota vasten valolista
on sijoitettu.



Kuvio 9. Epäsuora LED-nauha asennettuna

4.2.9 positio 7

Positio 7 on Winled Lilja 12W kattoon asennettava valaisin. Valaisin toimitetaan työmaalle Winled DALI- toimilaitteen kanssa. Toimilaitteessa on virta-alueen valitsemismahdollisuus. Virta-alue kyseisessä valaisimessa on 300mA.



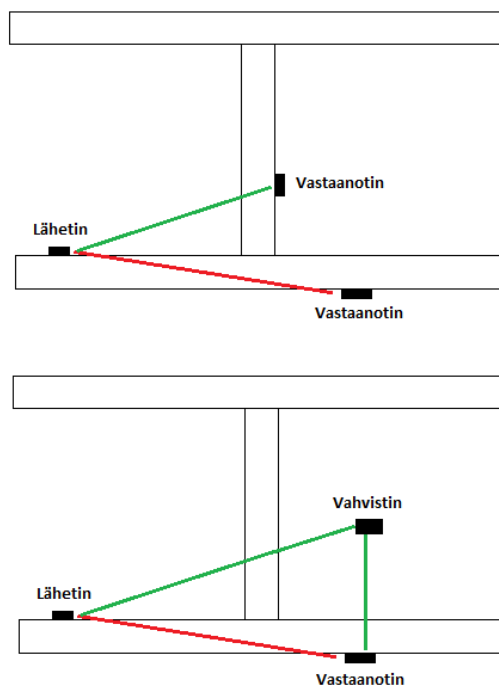
Kuvio 10. Winled Lilja (Winled)

4.2.10 Positio 8

Positio 8 on kylpyhuoneisiin asennettava kattoon upotettava LED-nauha alumiiniprofiili. Profiili asennetaan paneloituun kattoon siten, että panelointi päätetään profiilia vasten seinän viereen. Valaisin toimii suorana valaisimena, eli se on katsojalle näkyvissä.

4.3 Signaali-kuuluvuus

EnOcean teknologia käyttää tiedonsiirtoon radioaaltoja. Radioaaltojen tiedonsiirtokyvyn vaikuttaa vastaanottimen etäisyys lähettävästä laitteesta, sekä näiden kahden pisteen välissä olevat esteet. Erilaiset materiaalit ja radiosignaalin taajuus vaikuttavat radiosignaalin läpäisykykyyn olennaisesti. Matalataajuiset radiosignaalit läpäisevät esteitä, esimerkiksi seiniä paremmin kuin korkeataajuiset signaalit. Korkeataajuiset signaalit toisaalta heikentyvät vähemmän etäisyyden kasvaessa, kuin matalataajuiset signaalit. (Wireless Transmission) Myös radiosignaalin, ja läpäistävän seinän välinen kulma vaikuttaa signaalin läpäisykykyyn (kuvio 11). Ideaalitulanteessa radiosignaalin lähetin ja vastaanotin ovat kohtisuorassa kulmassa läpäistävään seinään nähden. Mikäli lähettimen ja vastaanottimen välistä kulmaa ei voida muuttaa, eikä radiosignaali läpäise välissä olevaa seinää, voidaan käyttää signaalivahvistinta. (EnOcean Wireless Systems RANGEPLANNING GUIDE.)

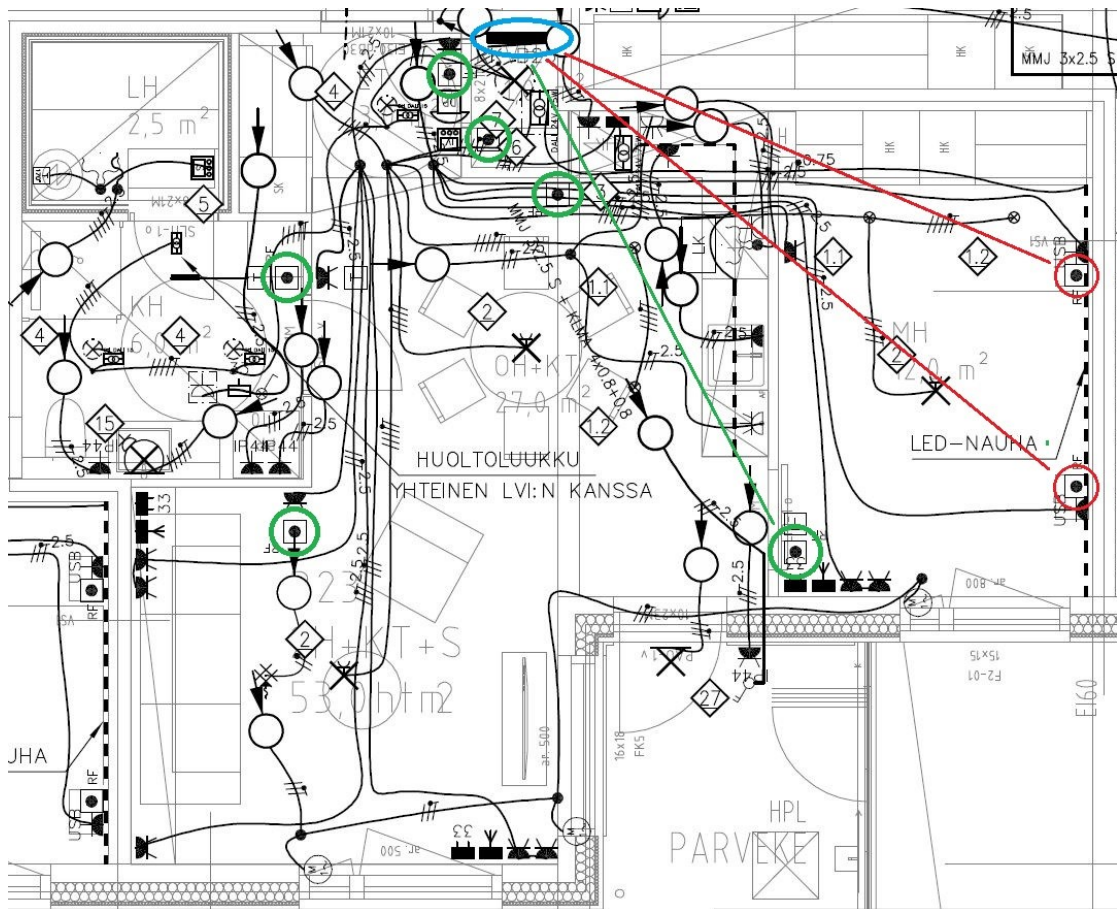


Kuvio 11. Signaalin ja seinän välisen kulman vaikutus

Materiaali	Kantavuuden heikentyminen
Puu, kipsi, lasi	0-10%
Tiili, lastulevy	5-35%
Raudoitettu betoni	10-90%
Metalli, alumiinilevy	~30%

Kuvio 12. Signaalikantavuuden heikentyminen välimateriaaleittain (EnOcean Wireless Systems RANGEPLANNING GUIDE.)

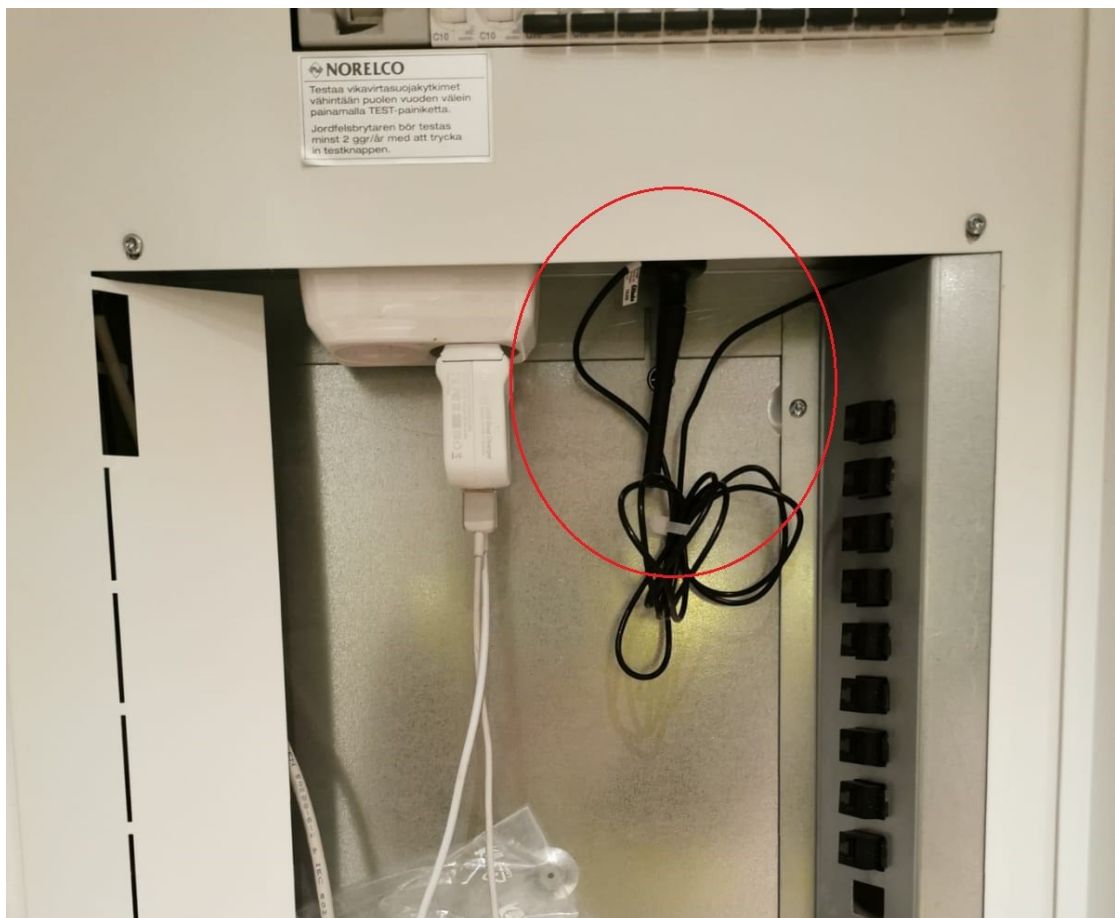
Välimateriaalien todellinen vaikutus signaalin kantavuuteen todetaan lopullista asennusta suorittaessa, mutta kuvion 12 mukaisia viitteellisiä arvoja voidaan käyttää jo suunnitteluvaiheessa. Maljalahdessa radiosignaalin lähetin sijaitsee Mount Kelvin keskusyksikössä, joka asennetaan huoneiston ryhmäkeskukseen. Ryhmäkeskuksen sijainti, sekä keskusyksikön ja langattomien painikkeiden välissä olevat esteet nähdään suunnitelluista sähköpiirustuksista.



Kuvio 13. Esimerkkiasunnon tasopiirustus

Kuviossa 13 on ympyröity huoneistoon asennetut painikkeet vihreällä- ja punaisella värillä, sekä keskusyksikön sijainti sinisellä värillä. Käyttöönoton yhteydessä huomattiin, että kaikki painikkeet eivät reagoineet jokaisella painalluskerralla. Tämä kertoo huonosta signaalin voimakkuudesta lähettimen ja vastaanottimen välillä. Nämä painikkeet on ympyröity esimerkik kuvaan punaisilla ympyröillä. Viiva osoittaa suoran reitin signaalille lähettimen ja vastaanottimen välillä. Punaisella merkittyjen painikkeiden ja keskusyksikön välillä on betoninen kulma, joka heijastaa radiosignaalia heikentäen sitä.

Vihreällä merkityissä painikkeissa ei havaittu signaalin heikkoutta. Vihreällä viivalla merkitty painikkeen ja keskusyksikön väli väistää betonisen kulman, jolloin signaali läpäisee muut esteet paremmin. Muita esteitä ovat esimerkiksi kipsivalmisteiset väliseinät ja puiset keittiön kalusteet. Kuten kuviossa 12 nähdään, esimerkiksi kipsilevy heikentää signaalin kantavuutta vain 0-10%.



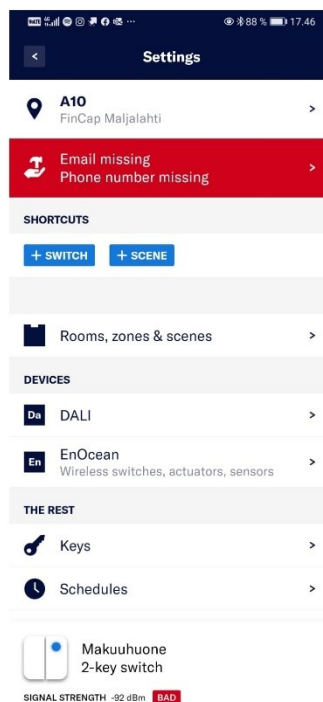
Kuvio 14.. EnOcean antenni

Keskusyksiköiden lähetinkomponentteihin on asennettu EnOcean signaalia vahvistava antenni (Kuvio 14). Signaalin voimakkuutta voitaisiin lisätä myös signaalivahvistimilla, mutta käyttöönoton yhteydessä huomattiin, että antenni on sijoitettu metallisen sähkökeskuksen sisäpuolelle. Tämä aiheuttaa huomattavan signaalin heikentymisen. Kuvion 10 mukaan voidaan olettaa, että signaalin kantavuus parantuisi noin 30%, mikäli antenni sijoitettaisiin sopivaan paikkaan sähkökeskuksen ulkopuolelle. Tämä voisi parantaa signaalin kantavuutta niin paljon, ettei vahvistimia välttämättä tarvitsisi lisätä huoneistoihin.

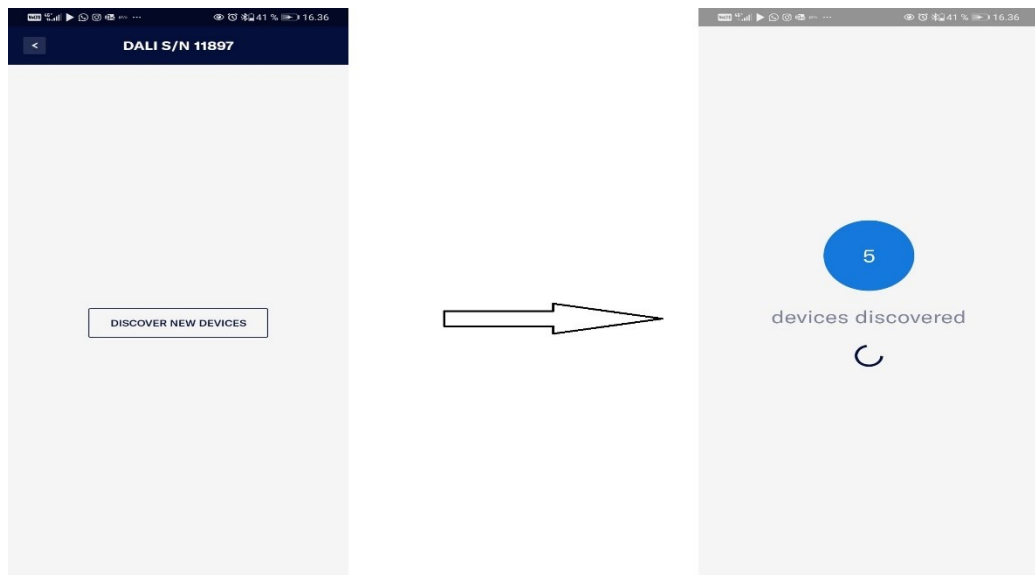
5 Käyttöönotto

5.1 Kongifurointi

Kun kaikki työmaalle toimitetut toimilaitteet ja valaisimet on asennettu paikoilleen, ne otetaan käyttöön konfiguroimalla jokainen huoneisto erikseen. Mount Kelvin järjestelmän konfigurointi tehdään paikan päällä mobiilisovelluksella.



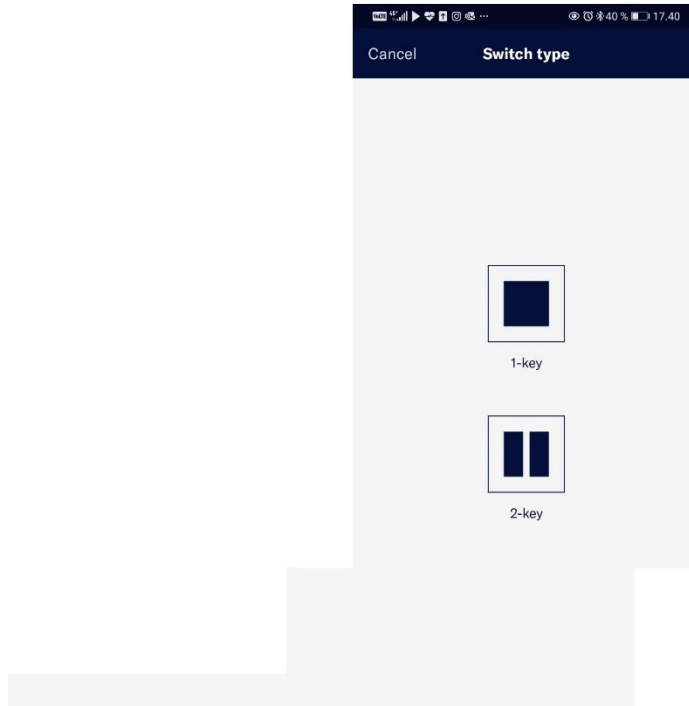
Kuvio 15. Mount Kelvin asetuskäyttö.



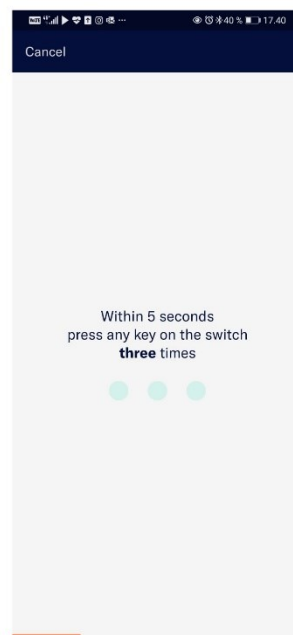
Kuvio 16. DALI haku

Konfigurointi aloitetaan tekemällä DALI- haku painamalla asetusnäkyvästä (kuvio 15) kohta DALI, ja sen jälkeen discover new devices. Haun aikana kaikki huoneistoon asennetut DALI- laitteet lisätään järjestelmään, ja niille annetaan DALI- osoite. DALI- haun jälkeen sovelluksesta selataan lisättyjä osoitteita valaisin kerrallaan, jolloin valittu valaisin vilkkuu valitsemisen merkiksi. Vilkkuva valaisin nimetään kuvaavasti sovellukseen ja sille määritetään huonesijainti. Kun kaikkien huoneistoon asennetut valaisimet on konfiguroitu oikeisiin huoneisiin, konfigurointiin lisätään painikkeet. Tämä tehdään painamalla asetusnäkyvässä olevaa ”+switch” valintaa (kuvio 15). Sovellus siirtyy näkymään, jossa valitaan joko 1-osainen painike tai 2-osainen painike (Kuvio 13). Valinta riippuu siitä, miten huoneistojen painikkeet on suunniteltu. Maljalahdessa valittiin painiketyypeiksi 1-osaisiksi painikkeiksi vaatehuoneiden painikkeet, sekä parvekkeiden painikkeet. Muihin huoneisiin asennetaan 2-osainen painike. Kun

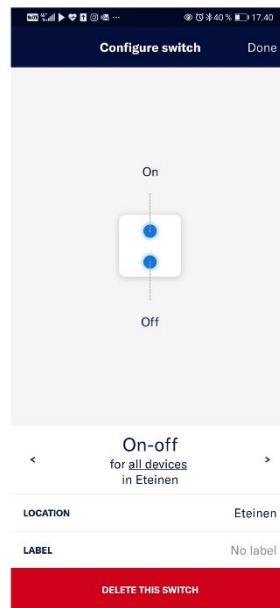
sovelluksessa on valittu painikkeen tyyppi, täytyy ohjelmoitavan painikkeen vapaavälitystä vipua painaa kolme kertaa viiden sekunnin aikana. Painallusten jälkeen painike parittuu järjestelmään.



Kuvio 18. Painikkeen toiminnan valinta



Kuvio 17. Painikkeen paritus



Kuvio 19. Painikkeen toiminnon valinta. Valittuna toimintona On-off 1-osaiselle painikkeelle

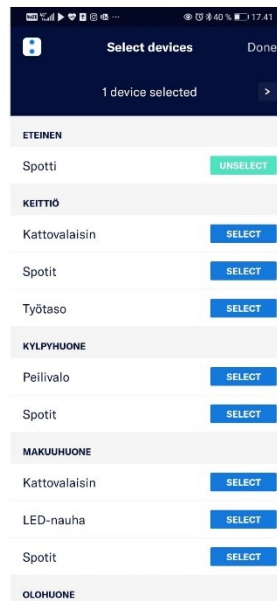


Kuvio 20. Four scenes painike (Mount Kelvin)

Parituksen jälkeen painikkeelle valitaan, miten painike toimii. Maljalahdessa käytettävät painikkeiden toiminnot ovat Push-DIM, On-Off ja Four scenes. Push-DIM toiminto himmentää ja kirkastaa valaisinta riippuen painalluksen kestosta. Lyhyt painallus joko sammuttaa valaisimen, tai palauttaa sen edelliseen himmennystasoon. Toimintoa voi käyttää ainoastaan himmennettävissä valaisimissa. On-off toimintoa käytetään himmentymättömissä valaisinohjauksissa. Valaisinta voidaan ohjata tällöin

esimerkiksi relekärjellä. Four scenes toiminto on käytettävissä, mikäli painikkeeksi on valittu 2-osainen painike. Toiminto asettaa painikkeen neljään painallusalueeseen himmennystasot 0% (ALL OFF), 30% (NIGHT), 70% (EVENING) ja 100% (DAYTIME) (Kuvio 20).

Kun haluttu painikkeen toiminta on valittu, valitaan seuraavaksi ohjattavat valaisimet.



Kuvio 21. Ohjattavien valaisimien valinta

Samaan ohjaukseen haluttavat valaisimet yhdistetään konfiguraatiossa yhdeksi valaisinhajausryhmäksi. Esimerkiksi kuviossa 21 keittiössä on monta spottivalaisinta, jotka on yhdistetty ryhmäksi ”Spotit”. Huoneiston konfigurointi on valmis, kun kaikki valaisimet on konfiguroitu järjestelmään ja huoneiston painikkeet ovat paritettu järjestelmään. Jokaiselle huoneistolle tehdään oma konfiguraatio, mutta samalla pohjaratkaisulla rakennetut huoneistot konfiguroidaan identtisesti toisiinsa nähden.

5.2 Asukkaiden ohjeistus

Wellness Engineering Oy ohjeistaa uudet asukkaat Mount Kelvin järjestelmän käyttöön asukaskatselmuksien yhteydessä. Asukkaille kerrotaan järjestelmän perusominaisuudet ja ohjeistetaan, miten mobiilikäyttöliittymää käytetään. Ohjeistuksen jäl-

keen asukkaat tietävät, miten mobiilikäyttöliittymä yhdistetään järjestelmään, ja miten peruskonfiguraatioita voidaan muokata. Asukkaille jaetaan myös kirjalliset ohjeet sovelluksen käyttöä varten. Asukkaiden ohjeistus suoritetaan porrastetusti yksi asukas kerrallaan asukaskatselmusaikataulun mukaisesti.

6 Kyselytutkimus

6.1 Kysymysten valinta

Kyselytutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, onko työmaan sähköasentajilla aikaisempaa kokemusta DALI-valaistusohjauksen asentamisesta, ja mitä he ajattelevat kyseisestä järjestelmästä. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää, oliko perinteisestä poikkeavasta toimitustavasta hyötyä asentajien mielestä. Kyselyssä perinteisellä asennustavalla viitataan asennuskokonaisuuteen, jossa valaistuksen ohjaukseen käytetään 230 voltin vipukytkimiä. Kyselyyn vastasi kolme asentajaa.

Kysymykset:

1. Olitko kuullut DALI-valaistuksenohjausjärjestelmästä aiemmin? (Kyllä/En)
2. Oletko asentanut DALI-valaistuksenohjausjärjestelmää aiemmin? (Kyllä/En)
3. Onko valaistuksen asennukset mielestäsi helpompia tehdä DALI:lla, vai ns. perinteisesti? (DALI:lla/Perinteisesti)
4. Onko valaistuksen asennukset mielestäsi nopeampia tehdä DALI:lla, vai ns. perinteisesti? (DALI:lla/Perinteisesti)
5. Asentaisitko valaistuksenohjauksen tulevaisuudessa mieluummin DALI:lla vai ns. perinteisesti? (DALI:lla/Perinteisesti)
6. Kuinka paljon pikaliittimet nopeuttivat asennustyötä? (1 ei yhtään-5 merkittävästi)

7. Kuinka paljon kytkimien langattomuus vähensi työmäärää? (1 ei yhtään-5 merkittävästi)
8. Kuinka paljon tuotteiden huonekohtainen paketointi helpotti työntekoa? (1 ei yhtään-5 merkittävästi)
9. Pitäisikö huonekohtaista paketointia laajentaa myös muihin asennuskalusteisiin? (Kyllä/Ei)

6.2 Kyselyn tulokset

Kyselyyn vastanneista asentajista kaikki olivat kuulleet DALI ohjausjärjestelmästä aiemmin, mutta vain yhdellä oli asennuskokemusta kyseisestä järjestelmästä. Asentajista kaikki olivat sitä mieltä, että sähköasennukset olisivat helpompia tehdä perinteisellä tavalla, kuin DALI:lla. Asentajat uskoivat perinteisen asennustavan olevan myös nopeampi verrattuna DALI järjestelmän asentamiseen. Asentajilla on yleensä enemmän kokemusta sekä itseluottamusta perinteisen sähköistyksen asentamiseen. Kyselyn mukaan asentajat käyttäisivät mieluummin perinteistä asennustapaa myös tulevaisuudessa. Voidaan spekuloida, että tämä johtuu yleisestä epävarmuudesta uusia asioita kohtaan.

	Kyllä	En	Kyllä %		
1. Olitko kuullut DALI-valaistuksenohjausjärjestelmästä aiemmin? (Kyllä/En)	3	0	100 %		
2. Oletko asentanut DALI-valaistuksenohjausjärjestelmää aiemmin? (Kyllä/En)	1	2	33 %		
	DALI:lla	Perinteisesti	DALI:lla %		
3. Onko valaistuksen asennukset mielestäsi helpompia tehdä DALI:lla, vai ns. perinteisesti? (DALI:lla/Perinteisesti)	0	3	0 %		
4. Onko valaistuksen asennukset mielestäsi nopeampia tehdä DALI:lla, vai ns. perinteisesti? (DALI:lla/Perinteisesti)	0	3	0 %		
5. Asentaisitko valaistuksenohjauksen tulevaisuudessa mieluummin DALI:lla vai ns. perinteisesti? (DALI:lla/Perinteisesti)	0	3	0 %		
Asteikko 1-5 1=EI yhtään 5=Huomattavasti	1	2	3	4	5
6. Kuinka paljon pikaliittimet nopeuttivat asennustyötä?	2		1		
7. Kuinka paljon kytkimien langattomuus vähensi työmäärää?			2	1	
8. Kuinka paljon tuotteiden huonekohtainen paketointi helpotti työntekoa?				3	
	Kyllä	Ei	Kyllä %		
9. Pitäisikö huonekohtaista paketointia laajentaa myös muihin asennuskalusteisiin? (Kyllä/Ei)	2	1	66 %		

Kuvio 22. Kyselytutkimuksen tulokset

Kyselyn mukaan kaksi asentajaa eivät kokeneet valaisimissa käytettyjen pikaliittimien nopeuttavan asennusta. Kyselyn yksinkertaisuuden vuoksi siitä ei käy ilmi, miten toimitustapaa voitaisiin kehittää käyttökelpoisemmaksi. Kytkimien langattomuus sen sijaan vähensi kyselyn mukaan työmäärää. Tulos oli odotettavissa, sillä langattomuus tarkoittaa, että asentajien ei tarvitse johdottaa kytkimiä asuntoihin eikä kytkeä niitä jakorasioihin.

Projektin yksi merkittävä osuus oli tuotteiden pakkaaminen huonekohtaisesti asentajien työn helpottamiseksi. Kyselyn mukaan kaikki asentajat olivat sitä mieltä, että huonekohtainen paketointi helpotti työntekoa paljon. Kaksi asentajaa oli myös sitä mieltä, että huonekohtaista paketointia pitäisi jatkossa soveltaa myös muihin tuotteisiin.

Kyselyn tuloksista voidaan päätellä, että DALI on vielä melko uusi asia asentajille. Oman kokemuksen mukaan DALI asennus on yksinkertaisempi ja nopeampi kuin perinteinen asennustapa. Lisäksi DALI:n merkittävä etu verrattuna perinteiseen tapaan on asennusten muunneltavuus. Uskon, että asentajien asenteet DALI:a kohtaan muuttuisivat asennuskokemuksen lisääntyessä.

Lisäksi kyselystä voidaan päätellä, että tavaroiden pakkaaminen huonekohtaisesti etukäteen on hyvä konsepti. Kyselyn perusteella konseptia voidaan alkaa soveltaa myös muihin kohteisiin, ja jopa laajentaa muihin tuotteisiin.

7 Tulokset

Opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa Mount Kelvin valaistuksenohjausjärjestelmä kustannustehokkaasti uudiskerrostalokohteeseen. Työn aikana ei tehty kustannusvertailua perinteisen valaistuksenohjausjärjestelmän ja Mount Kelvin järjestelmän asennusten välillä. Tämä olisi tuottanut hyödyllistä tietoa kustannusten todellisesta vertautumisesta.

Työn toinen pääkohta oli huonekohtaisen paketoinnin tehokkuuden tutkiminen. Tämän osuuden onnistumista selvitettiin kyselytutkimuksella. Kyselytutkimus tehtiin kolmelle työmaan sähköasentajalle. Tavoitteena oli saada kyselyyn enemmän vastajia tulosten luotettavuuden kasvattamiseksi. Kolmen asentajan vastausten perusteella tällainen toimitustapa kuitenkin osoittautui toimivaksi ja tehokkuutta lisääväksi. Tutkimuksen tuloksia vahvistaa epävirallinen haastattelu neljännen asentajan kanssa, jolta kysyttiin valmispaketoinnin toimivuudesta. Asentaja vastasi samansuuntaisesti, kuin kyselytutkimukseen osallistuneet asentajat.

Tulosten perusteella voidaan päätellä, että tällaista toimitustapaa kannattaa jatkokehittää. Jatkokehityksen aikana kiinnitettäisiin huomiota pikaliittimien toimivuuteen, ja toimitustavan mahdollista laajentamista muihinkin asennustuotteisiin.

Työssä tehdystä radiosignaalin läpäisykyvyn tutkimisesta syntyi hyödyllistä tietoa henkilökohtaiseen työssä suoriutumiseen. Selvitystyö näytti selvästi, mitkä materiaalit aiheuttavat ongelmia radiosignaalin kulussa lähettimen ja vastaanottimen välillä. Lisäksi käytännössä huomattiin, että EnOcean antennin sijoittaminen sähkökeskuk- sen ulkopuolelle nostaa radiosignaalin lähettimen ja vastaanottimen välistä maksimi etäisyyttä. Tämä voi poistaa signaalivahvistimien tarpeen huoneistoissa ja vähentää projektin kokonaiskustannuksia.

Lähteet

Dammedia, Osram muuntaja. Viitattu 3.12.2020. <https://dammedia.osram.info/media/resource/760x760/osram-dam-9341481/OTi%20Dali%2015/220-240/1A0%20LT2%20NFC.jpg>

EnOcean, Painike kuva. viitattu 17.5.2020.
https://www.enocean.com/typo3temp/GB/csm_PTM200_white_04_459c6a6f59_497f8a9702.jpg

EnOcean Wireless Systems – RANGE PLANNING GUIDE. Radiosignaalien suunnitteluopas. Viitattu 9.11.2020. https://www.enocean.com/fileadmin/redaktion/pdf/white_paper/WP_RANGE_PLANNING_Jun09_en.pdf.

Johannes Perna, Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä. Viitattu 29.11.2020.
https://tuhat.helsinki.fi/ws/files/127650174/2013_Perna_KT_tutkimusmenetelmana_KT_kirja.pdf

KAMK, Haastattelumuodot. Viitattu 30.11.2020. <https://www.kamk.fi/fi/opari/Opinaytetyopakki/Teoreettinen-materiaali/Tukimateriaali/Aineiston-keruumenetelmat/Haastattelu>

Malmbergs, DALI RC-säädin. Viitattu 3.12.2020 https://malmbergs-prod.blob.core.windows.net/web/ImagesV3/MF9919015/9919015a_l.jpg

Mount Kelvin, Hotel room lighting control planning guide. Viitattu 21.11.2020.
https://www.mountkelvin.com/assets/Mount_Kelvin_hotel_room_lighting_control_planning_guide.pdf

Spoken, Haastattelun lajityypit. Viitattu 30.11.2020. <https://spoken.fi/2180/>

Wellness Engineering Oy, tietoa meistä. Viitattu 18.5.2020. <https://www.wellnessengineering.fi/>

Winled Lilja 12W 4000K valkoinen. Viitattu 30.11.2020 https://winled-wintr2.s3.eu-central-1.amazonaws.com/d3c075f1cacb46f1811152f704412701/Tuotteet/Lilja%2012W%204000K%20valkoinen/Tuotokuva_Lilja12W.jpg

Wireless Standard for Building Automation and Smart Homes. EnOcean standardin esittely. Viitattu 24.7.2020. <https://www.enocean.com/en/technology/radio-technology/>

Wireless Transmission, Radio Transmission. Viitattu 18.11.2020. idconline.com/technical_references/pdfs/data_communications/Wireless_Transmission.