



Pasi Tuhkanen

Älykäs valaistuksenohjaus parkki- hallissa Casambi-järjestelmällä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

1.5.2023

Tiivistelmä

Tekijä: Pasi Tuhkanen
Otsikko: Casambi: Älykäs valaistuksenohjaus parkkihallissa
Sivumäärä: 31 sivua
Aika: 1.5.2023

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine: Kiinteistöjohtaminen
Ohjaajat: Jarmo Tapio

Tämän insinööriyön tavoitteena oli selvittää säästöpotentiaali valaistusurakassa, jossa vanhat loisteputkivalaisimet vaihdetaan LED-valaisimiin. Insinööriyössä tutustutaan tarkemmin valittuun Casambi valaistuksenohjausjärjestelmään ja sen toteutusmahdollisuuksiin.

Työ aloitettiin selvittämällä erilaisia toteutusvaihtoehtoja ja toiseksi valittiin niin sanottu perinteinen malli, jossa ohjausta varten kaapeloidaan valaisimet uudelleen ohjausta varten, sekä toinen malli, jossa järjestelmä toimii langattomasti eli tätä uudelleen kaapelointia ei tarvita lainkaan.

Insinööriyössä käsitellään jonkin verran Casambin historiaa ja sen kehitystä tähän päivään asti. Työssä myös tarkastellaan Casambin teknisiä mahdollisuuksia esimerkiksi himmennettävien LED-valaisinten käytössä ja vertaillaan jonkin verran sen mahdollisuuksia muihin valaistuksenohjausjärjestelmiin.

Työssä esitellään valaistuksen vaihtourakan toteutus, sekä lopussa vastaanoton ja energiansäästön tulokset, sekä vertaillaan valitun urakan säästöjä ja perinteisen mallin hinta-arviota toisiinsa.

Avainsanat: Casambi, valaistusurakka, energiansäästö, valaistuksen ohjaus

Abstract

Author: Pasi Tuhkanen
Title: Casambi: Intelligent Lighting Control in Parking Garage
Number of Pages: 31 pages
Date: 1 May 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Building Services Engineering
Professional Major: Property Management
Supervisors: Jarmo Tapio

The purpose of this final year projects was to map possible savings opportunities in a lighting renovation project where the old fluorescent lamps were to be replaced with LED lamps. Furthermore, knowledge was to be gained of the Casambi lighting control system that was selected to control the lighting, and its implementation possibilities.

The thesis discussed the implementation of a lighting replacement contract, as well as the reception and energy saving results at the end of the project. In addition, the savings of the selected contract were compared to the price estimate of the traditional model.

The thesis offers general information about Casambi and compares it to a traditional lighting model.

Keywords: Casambi, lighting contract, energy saving, lighting control

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Casambin historia ja kehitys	2
2.1	Casambin käyttökohteet	3
2.2	Casambin nykyiset käyttökohteet	7
2.3	Casambi uudisrakennuksissa	9
2.4	Casambi saneerauskohteissa	11
3	Casambin edut muihin järjestelmiin verrattuna	12
3.1.	Yhteensopivuus muiden valaisinjärjestelmien kanssa	12
3.1.2.	Muut edut	15
3.1.2.1	Pienet asennuskustannukset	13
3.1.2.2	Joustavuus	16
3.1.2.3	Skaalautuvuus	16
3.1.2.4	Luotettavuus	16
3.1.2.5	Turvallisuus	16
3.1.2.6	Elinkaarikustannukset	17
3.1.2.7	Energiatehokkuus	17
3.2	Uusien LED-valaisinten ohjaus	17
3.2.1	Valaistusohjauksen hyödyt	18
3.2.2	Valaistusohjauksen vaihtoehdot	18
4	Casambi-projektin toteutus	20
4.1	Urakan aloitus ja suunnitelma	21
4.2	Vastaanotto	25
4.3	Kustannustehokkuus	26
5	Yhteenveto	28
	Lähteet	30

Lyhenteet ja käsitteet

LED: *Light-Emitting Diode*, loistediodi.

Casambi: Langaton valaistusohjausjärjestelmä.

DALI: *Digital Addressable Lighting Interface*, valaistusohjausjärjestelmä.

BLE: *Bluetooth Low Energy*. Lyhyenmatkan langaton likiverkkotekniikka.

ORM: *Object-relational mapping*. Ohjelmiston oliomallin mukaisen esityksen kuvaaminen relaatiotietokantamallin mukaiseksi esitykseksi ja kääntäen.

TKHJ: *Tietokannan hallintajärjestelmä*. Ohjelmisto tiedon tehokkaan hakemisen, säilyttämisen ja päivittämisen toteuttamiseksi.

DMX *Digital MultipleX*. valaistustekniikassa käytettävä digitaalinen sarja-protokolla.

1 Johdanto

Työn tavoitteena on rakentaa Casambi-järjestelmä toimistokiinteistön parkkihalliin sekä seurata siitä saatavia kustannushyötyjä jo asennusvaiheessa. Lisäksi tavoitteena on kerätä käyttökokemuksia kiinteistön järjestelmän pääkäyttäjältä, joka tässä tapauksessa on kiinteistönhoitaja. Tavoitteena on myös nopeampi urakointiaikataulu sekä edullisempi asennushinta ja samalla myös helpommat ohjaus-, ja käyttömahdollisuudet järjestelmän pääkäyttäjälle. Parkkihalli on turvallisuusluokitellussa kiinteistössä, joten sen sijaintia ei tässä työssä voida tarkemmin määritellä.

Kustannussäästöä odotetaan syntyväksi pääosin siitä, että parkkihallin valaisinten kaapelointia ei tarvitse uusia, koska Casambi-järjestelmä ei tarvitse erillistä ohjauskaapelia, vaan se toimii langattomasti. Toinen kustannuksia säästävä seikka on se, että valaisimet voidaan ohjata toimimaan liiketunnistimen avulla vain siellä, missä liikettä on. Sähkön hinta on viime aikoina noussut varsin voimakkaasti, joten säästö on merkittävä.

Parkkihallin käyttäjä ei huomaa eroa valaistusjärjestelmässä, mutta pääkäyttäjä tulee huomaamaan sen hyödyt voidessaan samalla tabletilla tai puhelimella ohjelmoida ja ajastaa koko parkkihallin valaistusjärjestelmää jopa valaisin kerrallaan.

Rakennuksissa on perinteisesti käytetty valaistuksenohjaukseen pääsääntöisesti joko on/off-tekniikkaa tai vaihtoehtoisesti DALI-pohjaisia digitaalisia ohjausjärjestelmiä. Langatonta teknologiaa on ollut tarjolla jo yli kymmenen vuotta, mutta se ei ole vakiinnuttanut asemaansa osittain varhaisimpien järjestelmien epäluotettavuuden vuoksi ja osaksi siksi, että rakentaminen yleisesti on konservatiivista, arvoketjut vakiintuneita ja siksi uusia teknologioita ei ole ollut helppo saada yleiseen käyttöön vastustuksen takia. Lisäksi suunnittelijat ja

sähköurakoijat pyrkivät välttämään riskejä, joita mahdolliset uudet teknologiat aiheuttavat asennus ja käyttöönottoaiheessa.

Viimeisen kahden vuoden aikana langattomat järjestelmät ovat alkaneet saamaan jalansijaa. Tämä johtuu osittain toimittajien markkinointitoimenpiteiden ja toisaalta langattomien käyttöjärjestelmien asiakaskokemuksen myötä. Myös suuret toimijat ovat ottaneet teknologian omaan käyttöön, ja se on kehittänyt järjestelmää eteenpäin, mutta tuonut myös kustannustehokkuutta mukaan.

Casambi on langattomasti bluetooth low energy-tekniikkaan perustuva älykäs valaistuksenohjausjärjestelmä. Bluetoothin avulla valaistusohjauksesta saadaan täysin langaton, ja valaistusta voidaan ohjata älylaitteella, sekä liike- ja päivänvalosensoreilla, seinäkytkimellä sekä erilaisilla ajastimiin perustuvilla automaatioilla. Casambi-järjestelmää voi ohjata myös rakennusautomaatiikan kautta, jos esimerkiksi rakennusautomaatiosta halutaan tuoda koko rakennuksen ajastin, jolloin valaistus syttyy ja sammuu koko rakennuksessa tietyinä aikoina.

Seinäkytkimiä sekä sensoreita saa myös langattomana, joten kiinnitys onnistuu esimerkiksi, vaikka lasiseinään. [9].

Casambi valikoitui tutkittavaksi maineensa takia sekä myös siksi, että se on kotimainen. Sitä tukee erittäin laaja joukko merkittäviä eurooppalaisia LED liitäntälaite sekä valaisinvalmistajia. Insinööriyössä hyödynnetään myös tekijän oma-kohtaista kokemusta järjestelmästä.

2 Casambin historia ja kehitys

Vuonna 2011 Nokian tutkimuskeskuksella toimineet Timo Pakkala ja Elena Lehtimäki miettivät mihin muuhun olemassa olevaa bluetooth-tekniikka voisi soveltaa, kunnes ajatuksiin tuli valaistus ja sen ohjaus. Valaistusta on kaikkialla niin

isoissa kiinteistöissä kuin kotona. Älykäs valaistus oli vasta tulossa kotioloihin, vaikka sitä oli jo pitkään ollut aikaohjelmilla ja sitä oli toteutettu liiketunnistimilla suuremmissa kiinteistöissä. [3].

Alkuperäinen idea oli tehdä toimiva ohjausjärjestelmä kotikäyttöön. Aika pian lanseerauksen jälkeen 2014 kävi ilmeiseksi, että järjestelmän mahdollisuudet kaupallisissa kohteissa ovat vielä paremmat. Lisäksi kyseisten kohteiden vaatimukset järjestelmille ovat monipuolisemmat ja haastavammat. Mukaan saatiin muutamia nimekkäitä valaisinvalmistajia, jotka tukivat entisestään tätä toimintamallia. [3].

Vuonna 2014 esitellyt ensimmäiset tuotteet ovat edelleen toimintakykyisiä Casambi-järjestelmässä. Silloin järjestelmän ominaisuudet olivat hyvin rajalliset mutta maksuttomien, jatkuvien päivitysten ansiosta tuolloin hankituissa tuotteissa, mikäli ne on päivitetty Casambi sovelluksen avulla, on käytössä lähes kaikki ominaisuudet mitä vuoden 2014 jälkeen on järjestelmään kehitetty. [3].

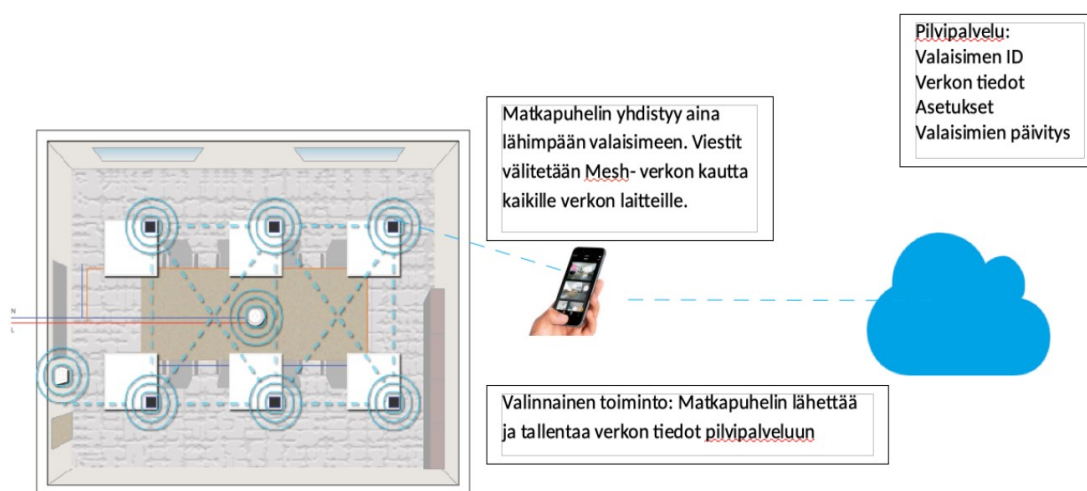
Ensimmäinen ja toistaiseksi ainoa isompi järjestelmä uudistus tehtiin muutama vuosi sitten. Casambi-yksiköiden sisäistä muistia nostettiin, jonka ansiosta uusia ominaisuuksia pystytään tuomaan lisää. Alkuperäisiä yksiköitä ei uuteen ohjelmistoon voi enää tämän takia tuoda, mutta uusia yksiköitä voi liittää alkuperäisen ohjelmiston omaaviin verkkoihin. Järjestelmä on siis niin sanotusti taaksepäin yhteensopiva. [1].

2.1 Casambin käyttökohteet

Casambi-valaistuksen ohjausjärjestelmä kehitettiin alun perin asuinrakennusten tarpeisiin, mutta nykyään se on tarkoitettu erityisesti erilaisten toimitilojen valaistuksen ohjaukseen. Casambia voidaan toki käyttää myös asuinrakennusten valaistuksen ohjaukseen, mutta nykyisin Casambin pääkohteina ovat lähinnä toimitilat.

Monet eri valaisinvalmistajat käyttävät Casambia, ja se onkin yhteensopiva lähes kaikkien valmistajien nykytuotteiden kanssa. Järjestelmä on skaalautuva, ja se sopii myös hyvin suuriin rakennuksiin. Sillä voidaan toteuttaa valaistuksen ohjaus aina pienestä, yksittäisestä toimistosta jopa lentokentän valaistukseen asti. Esimerkiksi Helsinki-Vantaan lentokentän valaistus on toteutettu Airamin tarjoamalla Casambi-valaistuksenohjausjärjestelmällä. [1].

Casambi-valaistuksenohjausjärjestelmän toiminta perustuu BLE MESH -verkko-tekniikkaan, joka on nähtävissä kuvassa 1. Siinä valaisimet ja muut laitteet muodostavat järjestelmän MESH-verkon. Yhdessä Casambi-verkossa voi olla 250 nodea eli solmua, ja näitä verkkoja voi olla rakennuksessa useita. Ne voidaan yhdistää toistensa kanssa yhdyskäytävän avulla, jolloin useita verkkoja voidaan ohjata samanaikaisesti samalla päätelaitteella. Yhdistetyt verkot näkyvät käyttäjälle yhtenä verkkona Casambi-sovelluksessa.



Kuva 1. MESH-verkon muodostuminen laitteiden kesken [6].

Kuvassa 2 on esitetty Casambi-valaistuksenohjausjärjestelmän toimintaperiaate. Järjestelmä ei vaadi erillisiä reitittimiä tai yhdyskäytäviä toimiakseen,

koska Casambi on itse koodannut oman pinon BLE:n päälle. Tämä mahdollistaa sen, että järjestelmän äly sijaitsee jokaisessa yksittäisessä solmussa.



Kuva 2. Casambi-valaistuksenohjausjärjestelmän toimintaperiaate [7].

Pelkästään järjestelmän käyttöönotto ja ohjelmointimuutosten tekeminen vaatii päätelaitteen, joka voi olla älypuhelin. Koko verkon tiedot ovat tallennettuina jokaiseen verkon nodeen, eli solmuun. Verkon solmut keskustelevat toistensa kanssa koko ajan pyrkien yhteisymmärrykseen. Näin jokaisessa solmussa on tallennettuna verkon jokaisen laitteen tilatiedot, kuten valaisimien reaaliaikaiset himmennystasot.

Järjestelmän älyn sijaitessa jokaisessa järjestelmän solmussa on järjestelmä itsekorjautuva, ja tämän ansiosta sillä ei ole yksittäisiä kriittisiä solmuja. Yhden solmun vikaantuessa järjestelmä voi jatkaa normaalia toimintaa, eikä tämä yksi vikaantunut solmu vaikuta muuhun verkkoon mitenkään. Jos järjestelmä halutaan liittää pilveen, tarvitaan tähän tarkoitukseen reititin. Reitittimenä voi toimia puhelin, joka on yhteydessä internetiin. Tämän puhelimen avulla järjestelmä saa ladattua pilvestä uusimmat päivitykset jokaiseen solmuun. Päivitys voidaan tehdä kokonaan langattomasti. [4].

Casambi-valaistuksenohjausjärjestelmän avulla pystytään hallinnoimaan eri ohjausmenetelmillä ohjattuja valaisimia, kuten DALI-valaisimia, analogisesti 0–10 voltin tai 1-10 voltin -säätöjännitteen avulla himmennettäviä valaisimia sekä PWM-ohjattuja valaisimia. [6].

Järjestelmän avulla on myös mahdollista ohjata RGBW – (Red, Green, Blue, White) ja värilämpötilasäädettäviä valaisimia sekä liitäntälaitteita. Myös laskevan reunan himmennykseen on saatavilla oma solmu, jonka avulla pystytään ohjaamaan himmennettäviä LED (Light-Emitting Diode) -polttimoita, himmennettäviä LED-ohjauslaitteita sekä tarvittaessa hehkulankapolttimoita. Myös DMX (Digital MultipleX) -valaisinten ohjaaminen on mahdollista erillisen signaali-muuntajan avulla. On kuitenkin huomioitava, että Casambi-järjestelmä pystyy ohjaamaan DMX-ohjattuja valaisimia vain kerran sekunnissa, eli tätä nopeamat valaistustilanteiden muutokset eivät ole mahdollisia. [2].

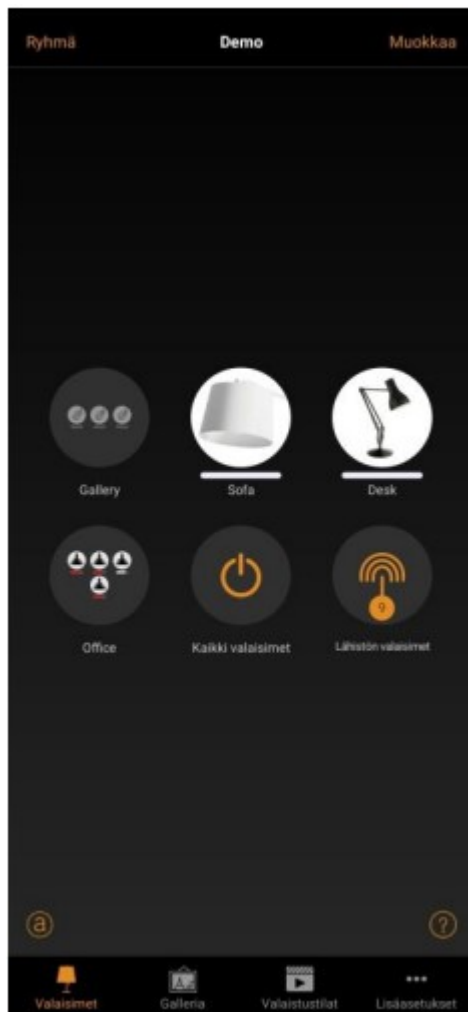
Valaisimissa voi olla Casambi joko integroituna liitäntälaitteeseen tai valaisimia voidaan ohjata erikseen asennettavan solmun avulla. Eri ohjaustapoihin on olemassa eri solmut. Ne asennetaan valaisimen ja syöttökaapelin väliin. Casambi tarjoaa itse joitakin solmuja, mutta eri valaisinvalmistajilla on olemassa myös monia muita Casambi-tuotteita. Koska Casambi on standardoitu laitteistotasolla ja jokaisessa Casambi-laitteessa on sama laiteohjelmisto, eri laitevalmistajien Casambi-tuotteet ovat yhteensopivia. [9].

2.2 Casambin nykyiset käyttökohteet

Casambi sopii lähtökohtaisesti mihin sisäkohteeseen tahansa. Valaistuksenohjausjärjestelmiä käytetään yleisesti kohteissa, joissa halutaan säästää energiaa ja valaistukselta vaaditaan muunneltavuutta sekä monikäyttöisyyttä. Yleisimmin järjestelmä on käytössä kaupallisissa kohteissa kuten toimistoissa, myymälöissä, teollisuudessa, julkisissa tiloissa, sairaaloissa, parkkialueissa ja lentokentillä. Casambia käytetään myös kotikohteissa, vaikkakin pääasiallinen kohde on kaupalliset kohteet. [3].

Valaistusohjausta on helppo muokata ja räätälöidä tulevien muutosten ja tarpeiden mukaan. Maksuton applikaatio puhelimeen tai tablettiin on helpoin ratkaisu, joka sopii myös isompien kokonaisuuksien hallintaan.

Kuvassa 3 on kuvattu käyttöliittymä, jonka avulla loppukäyttäjä voi tehdä helposti ohjauksia ja pieniä muutoksia valaistukseen.



Kuva 3. Casambi AppAndroid puhelimen näkymä.

Casambin pystyy myös liittämään etäkäyttö- ja etävalvontaan, jolloin sitä voidaan ohjata esimerkiksi saneerauskohteissa olemassa olevan VAK- ohjauksella, vanhojen valaisimien rinnalla. VAK-ohjaus voidaan kytkeä Casambiin joko sisääntuloyksiköiden avulla, niin sanotulla kontaktoritiedolla, Casambi-Bacnet-sovittimen, Casambi-DALI- sovittimen kautta tai hyödyntämällä Casambi-pilvipalvelua. Tällöin Casambi- verkko vaatii paikallisen internet portin, joka yhdistää verkon Casambin pilvipalveluun. Casambi-pilvipalvelua käytettäessä saadaan käyttöön lisäpalveluita, kuten esimerkiksi valaistuksen energiankulutus- ja -

käyttötunnit, joka vaatii valaisimien liitäntälaitteilta DALI 2.0- standardin mukaista D4i-yhteensopivuutta, tilojen käyttötiedot niin sanottu heatmapping. [3].

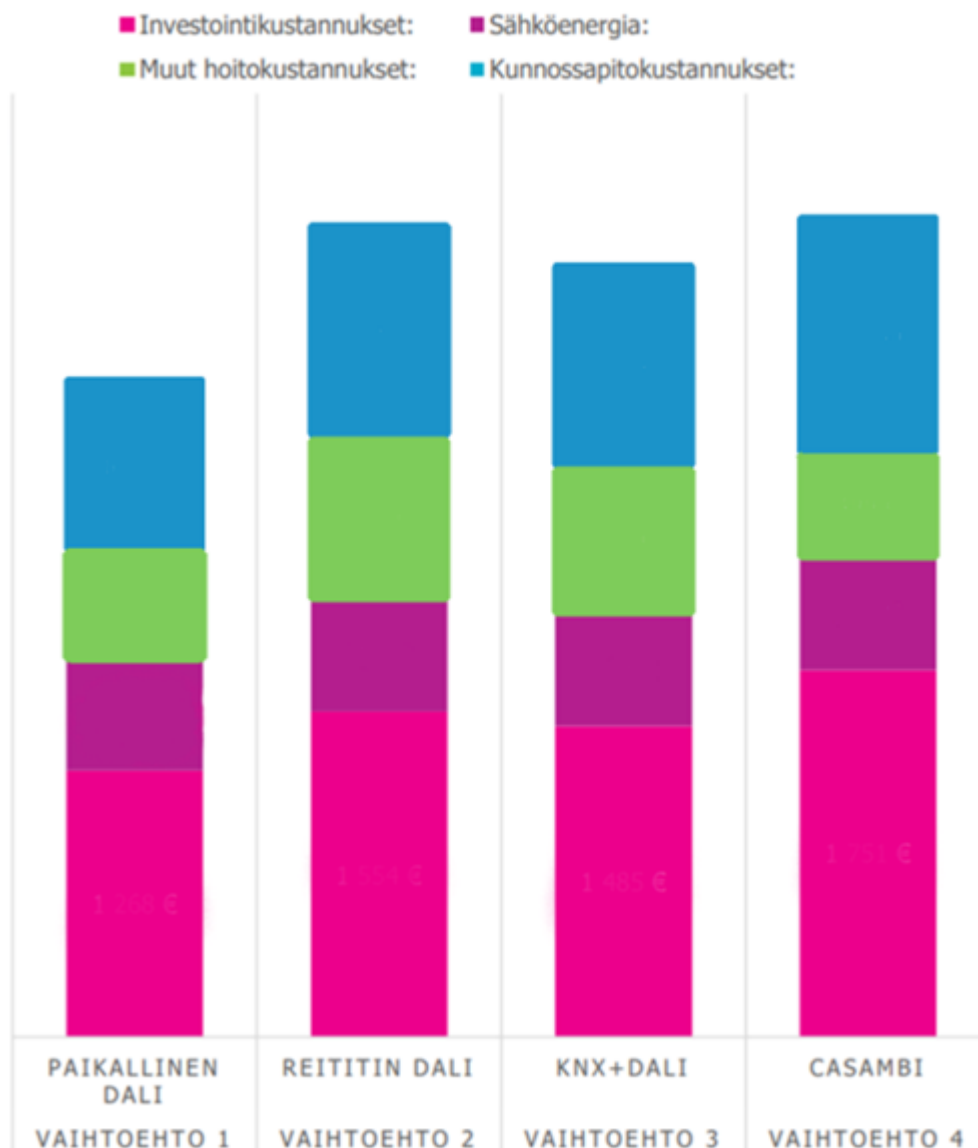
Casambi- järjestelmä ei kuitenkaan toimiakseen vaadi internet yhteyttä, mutta jos halutaan esimerkiksi päivityksiä järjestelmään, niin se voidaan yhdistää reitittimenä toimivaan puhelimeen, jolla on yhteys internettiin [4].

2.3 Casambi uudisrakennuksissa

Uudisrakennuksissa Casambin etuihin eniten vaikuttaa se, ettei valaisin tarvitse muuta kuin sähkön, eli se ei tarvitse keskuksen kontaktoreita ohjaamaan eikä valaisimien välille tarvitse kaapeloida ohjauskaapeleita. Keskusten hinnat saadaan pienemmiksi, kun ei ole enää niin paljon ohjattavia tekniikoita keskuksen sisällä ja kaapelointi voidaan tehdä 3-johtimisilla kaapeleilla, toisinkuin esimerkiksi DALI- järjestelmässä, joka vaatii pelkästään ohjausväylään kaksi johdinta eli se on käytännössä kaapeloitava 5-johtimisella kaapelilla. Uudet valaisimet saa suoraan Casambin älyllä, joten valaisimeen ei tarvitse mitään lisäosia asentaa.

Uudiskohteissa Casambi saattaa kuitenkin muodostua kalliimmaksi vaihtoehdoksi ainakin aloituskustannuksiltaan. Tähän on syynä se, että Casambi on melko uusi järjestelmä ja sen komponentit, lähinnä valaisimet, ovat kalliimpia kuin esimerkiksi DALI-valaisimet, joita saa useammalta toimittajalta. Kuvassa 4 on nähtävissä se, että uudiskohteessa Casambin valaisimet ovat kalliimpia jo investointivaiheessa, mutta tämä vaikuttaa myös hoitokustannuksiin, kun viikaantunut valaisin pitää vaihtaa.

Kuvan tarkoituksena on esitellä tilannetta visuaalisesti, siksi siihen ei ole lisätty tarkempaa asteikkoa.



Kuva 4. Eri järjestelmien elinkaarikustannusten yhteenveto

Kuvassa 4 esitetyt elinkaarikustannusten merkitykset ja sisältö: Investointikustannukset muodostuvat sähkötarvikkeiden ja asennustyön hinnasta. Sähköenergia pysyy kaikissa järjestelmissä samana, koska valaisintyyppi on sama LED. Muut hoitokustannukset muodostuvat yksittäisten laitteiden, kuten painonappien

ja valaisimien vikaantumisista. Kunnossapidolla tarkoitetaan mahdollista saneerausta laitteiston elinkaaren loppupuolella.

2.4. Casambi Saneerauskohteissa

Vanhoista valaisimista saadaan tehtyä Casambi ohjattuja valaisimia lisäosan avulla, esimerkiksi kuvan 5 lisäosalla, jolloin ei tarvitse uusia kaikkia valaisimia. Vanhat valaisimet voivat ovat led-tekniikkaa, loisteputkia, hehkulamppuja, LED-nauhoja tai millä tahansa tekniikalla oleva valaisin.



Kuva 5. CBU-PWM4 Bluetooth-ohjattu nelikanavainen PWM-himmennin [3].

Tämä on paras vaihtoehto, kun halutaan säilyttää arvo- tai sisustusvalaisimia. Vanhat sisustusvalaisimet voidaan jättää käyttöön, ja ohjata samalla muiden valaistuksen kanssa. Monesti myös valon lähdettä vaihtamalla pystytään vanhojakin valaisimia himmentämään, mikä lisää polttimon käyttöikää. Himmennettynä valaisin on viileämpi, eli se toimii silloin pienemmällä virralla [6].

3 Casambin edut muihin järjestelmiin verrattuna

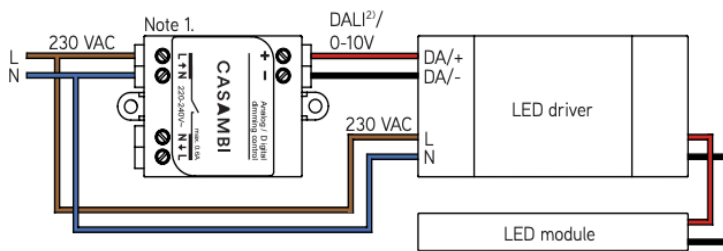
3.1 Yhteensopivuus muiden valaisinjärjestelmien kanssa.

Merkittävimpanä etuna on varmasti, että Casambi on yhteen sopiva lähes kaikkien valaisinvalmistajien kanssa. Kaikki vanhat DALI- valaisimet voidaan varustaa kuvassa 6 esitetyllä lisäosalla, jonka kytkentäkaavio on kuvassa 7. Uudet valaisimet saadaan valaisintehtaalta suoraan Casambi älyllä. DALI on yleisin Euroopassa käytetty valaistuksenohjausprotokolla, joten sen yhteensopivuus Casambin kanssa on suuri etu.



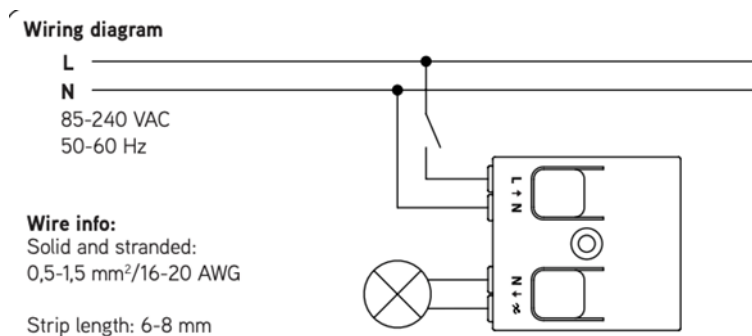
Kuva 6. CBU-DCS Bluetooth-yhteydellä ohjattava DALI-ohjain [3].

Wiring diagram, directly powered DALI or 0-10V drivers
 Suitable for drivers that can be switched off via control interface

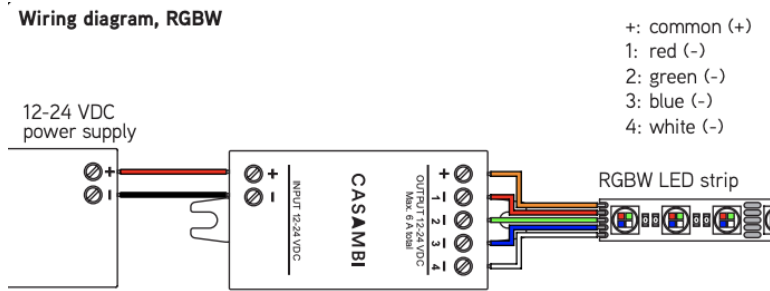


Kuva 7. DALI-valaisinjärjestelmän lisäosa [8].

Casambi-järjestelmään voi kytkeä kaikilla yleisimmillä ohjausprotokollilla varustetut valaisimet lisäosan avulla: Laskevan reunan ohjaus kuvassa 8 (trailing edge dimming), PWM esimerkiksi LED- nauhat, kytkentäkaavio kuvassa 9, DMX, on/off, 0/1-10 V.



Kuva 8. Ensiöpuolen himmennettävä [8].



Kuva 9. LED-nauha [8].

Casambi on yhteensopiva käytännössä myös kaikkien valaisimien kanssa, myös vanhojen monimetallilamppujen sekä yksittäisten hehkulamppujen kanssa. Yksittäisiin valaisimiin on helppo lisätä Casambi yksikkö. Jos valaisimia on paljon, on järkevää uusita kaikki valaisimet.

Casambi ekosysteemistä löytyy tuotteita, jotka voidaan sijoittaa valaisimien sisälle tai esimerkiksi erilliseen kalvorasiaan ja kytkeä sitten valaisimeen. Kuvasessa 10 on nähtävissä Airam Plata- valaisimeen asennettu Casambin yksikkö erillisessä kalvorasiassa.



Kuva 10. Casambin ohjausyksikkö erikseen

3.1.2. Muut edut

3.1.2.1 Pienet asennuskustannukset

Langattomaan järjestelmään tarvitaan merkittävästi vähemmän johdotuksia, joten se on helppo ja nopea asentaa. Työtunteja ja materiaaleja säästyy, ja asennusaika on huomattavasti lyhyempi etenkin paikoissa, joissa johdotus olisi hankalaa.

Varsinkin pysäköintihalleissa on haastavaa saada alueita niin vapaaksi, että kaapelointi olisi esteettömästi mahdollista koko alueella. Asennustilan

lohkominen pienempiin alueisiin on toki mahdollista, mutta se lisää asennukseen tarvittavaa aikaa, jolloin käyttäjälle jää usein kokemus siitä, että asennus kestää liian kauan ja tilan käyttäminen on kohtuuttoman hankalaa.

3.1.2.2 Joustavuus

Laitteita on helppo lisätä, poistaa ja vaihtaa tarpeen mukaan. Esimerkiksi langattomien seinäkytkimien lisääminen tarpeiden muuttuessa on helppoa.

3.1.2.3 Skaalautuvuus

Kun tila muuttuu, langaton valonohjausjärjestelmä on helppo skaalata vastaamaan uusia tarpeita. Seinien, huoneiden, kerrosten tai jopa kokonaisten rakennusten lisääminen on vaivatonta. Muutokset onnistuvat ilman kalliita johdotuksia ja mittavia käyttöönotto-ohjelmointeja.

3.1.2.4 Luotettavuus

Laitteiden huolto ja vaihto onnistuvat helposti ja nopeasti. Koska yhteensopivia laitetyppejä ja valmistajia on paljon, verkon hallinta on yksinkertaista. Lopputuloksena on turvallinen tiedonsiirto, vaivattomat huoltotyöt ja ongelmien selvittelyt sekä langaton valaistusarkkitehtuuri, joka vastaa myös tulevaisuuden tarpeisiin.

Mahdollisissa pulmatilanteissa järjestelmään saa etäyhteyden, ja maksuton Casambi-tuki käytettävissä.

3.1.2.5 Turvallisuus

Langaton valonohjaus hyödyntää turvallisia ja salattuja viestintäprotokollia. Langattomaan valaistusverkkoon voi liittää vain luotettavia ja yhteensopivia laitteita.

3.1.2.6 Elinkaarikustannukset

Laaja ekosysteemi takaa laitteiden ja palveluiden saatavuuden sekä kustannustehokkuuden koko rakennuksen elinkaaren aikana. Uudelleen ohjelmoinnin voi tehdä itse maksuttomalla Casambi-applikaatiolla, jolloin paikalle ei tarvitse kutsua maksullista ohjelmoijaa.

3.1.2.7 Energiatehokkuus

Energiatehokkuuden huomioiminen on tärkeää nykypäivän valaistussuunnittelussa. Casambin avulla voidaan himmentää ja säätää valaistusta aina sopivaksi, ja tämän ominaisuuden voi lisätä olemassa oleviin vanhoihin valaisimiin, jos valonlähde on himmennettävissä. Himmennettävä LED-valaisin tuottaa vähemmän lämpöä, ja näin ollen myös virrankulutus on vähäisempää [11].

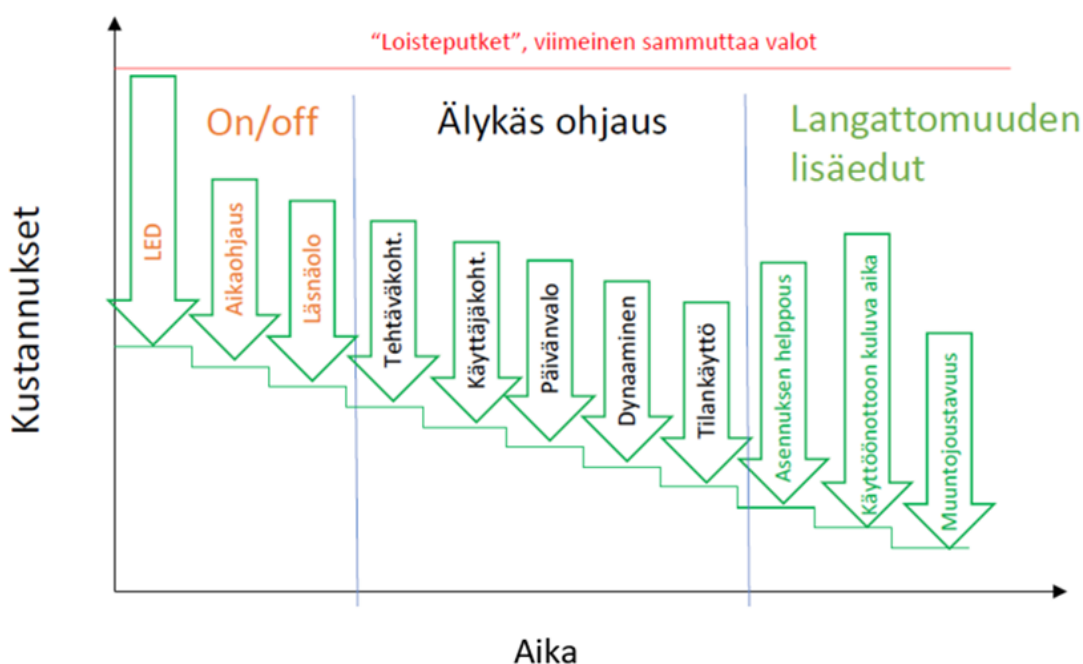
Esimerkiksi lentokentällä käytössä oleva vakiovalaistusjärjestelmä, jossa keinovaloa himmennetään aina, kun luonnonvaloa saadaan riittävästi suurista aulan ikkunoista säästää energiaa huomattavasti [10].

3.2 Uusien LED-valaisinten ohjaus

Uudet LED- valaisimet voidaan tilata suoraan tehtaalta Casambi varustuksella. Näihin valaisimiin ei tarvita muuta kuin suora sähkönsyöttö. Aikaisemmat valaisimet on ohjattu joko erillisellä väyläkaapelilla, perinteisellä kytkimellä tai ohjaimella valaistuskohdasta ryhmää päälle ja pois keskuksessa olevan kontaktorin avulla. Kontaktoreita on ohjattu painonapilla, liiketunnistimella tai aikaohjauksella, ja myös näiden yhdistelmiä on ollut mahdollista käyttää.

3.2.1 Valaistushjauksen hyödyt

Led valaistuksen hyödyt tulevat paremmin esiin kuvassa 11. Mitä pidemmälle valaistushjausta viedään, sitä suuremmat ovat säästöt pitkässä juoksussa. Normaali LED- valaisin on energiatehokkaampi kuin perinteiset hehku-, tai loisteputkivalaisimet, sekä myös on/off ohjaus, mutta parhaat hyödyt saadaan monipuolisella ohjauksella.



Kuva 11. Kustannusvertailu eri toteutusten välillä.

3.2.2 Valaistushjauksen vaihtoehdot

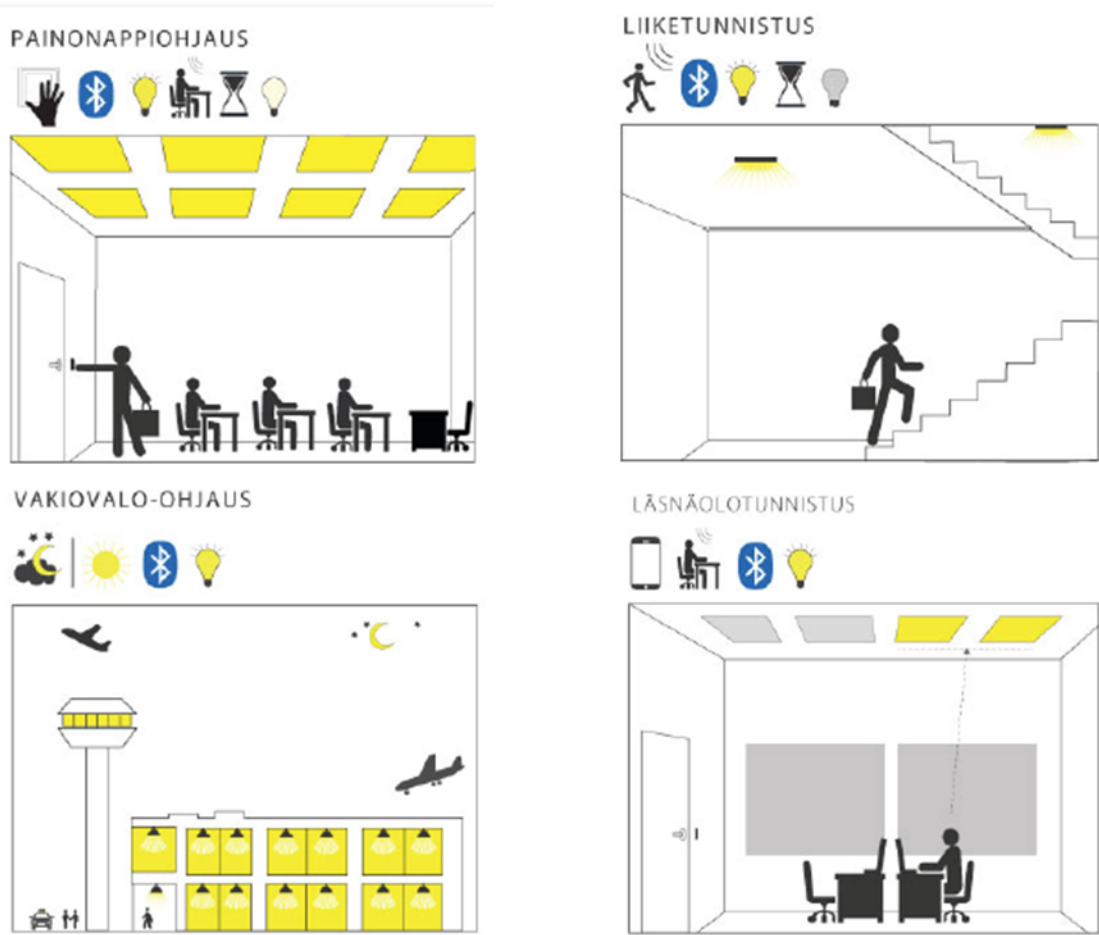
Kuvassa 12 on esimerkkejä valaistushjauksista ja niiden yhdistämisestä. Valaistuksen ohjauksen voidaan tehdä tavanomainen painonappiohjaus, johon voidaan lisätä aika- tai valoisuudentunnistusta.

Painonappiohjauksella tarkoitetaan sitä, että valaisin syttyy ja sammuu painonappia painamalla. Tämä on perinteisin ja esimerkiksi kotitalouksissa hyvin yleinen valaisinjärjestelmän toimintaperiaate.

Liiketunnistimella varustettua valaisinta tai järjestelmää käytetään varsinkin rappukäytävissä sekä käytävillä, joissa liikkuminen on tilapäistä läpikulkua, ja joissa ei varsinaisesti vietetä aikaa.

Vakiovalo-ohjauksella tarkoitetaan ulkoisten valaistuslähteiden mukaan tehtävää automaattista valaistuksen himmennuksen säätöä, jota voidaan kutsua myös päivänvalosäädöksi. Käytännössä se toimii niin, että kun auringonvaloa saadaan valaistuun tilaan, jossa tunnistin on, niin ohjaus himmentää keinovaloa samassa suhteessa automaattisesti. Kuten edellä mainittiin, tämä on käytössä lentokentän aulassa.

Läsnäolotunnistus toimii lähes samalla tavalla kuin liiketunnistin, mutta se ei toimi ajastimen avulla. Valaisin on päällä aina kun tunnistin havaitsee tilassa tapahtuvaa liikettä joko lämpösäteilyn, äänen, mikroaaltojen tai ultraäänisignaalin avulla. Tätä tunnistusta käytetään pääosin konttori- ja toimistotiloissa, joissa työskennellään paikallaan, eikä valaistusta tarvita, kun tilasta poistutaan.



Kuva 12 Esimerkkejä valaistusohjauksista [10].

4 Casambi-projektin toteutus

Parkkihallikohteessa ryhdyttiin selvittämään valaistuksen uusintaa, koska valaistus alkoi lähestyä käyttöikänsä päätä. Vanhat loisteputkivalaisimet olivat päällä arkisin 7.00–17.00 ja muuna aikana liiketunnistin ohjauksella. Pitkät polttoajat olivat kuumentaneet loisteputken pitimiä vuosien saatossa niin paljon, ettei loisteputken vaihtoa voitu enää tehdä ilman loisteputken kannattimen vaihtoa.

4.1 Urakan aloitus ja suunnitelma

Kohteeseen tehtiin kartoitus, jossa katsottiin käyttäjän tarpeet, ja todettiin Casambi hyvänä vaihtoehtona valaistusohjaukseen vanhojen kaapelointien takia. Kaapelit olivat vielä siinä kunnossa, että niitä voitiin hyödyntää, eikä kaapelointeja tarvinnut uusia kuntonsa eikä myöskään toteutettavan Casambi-järjestelmän asennuksen vuoksi.

Ensimmäiseksi tutustuttiin asennettavaan tuotteeseen ja sen asennustapaan sekä avattuun valaisimeen, joka näkyy kuvassa 13.



Kuva 13. Urakan valaisinmalli

Parkkihalli on kolmekerroksinen, ja kulkuovia on ympäri hallia, muun muassa eri kerroksissa, sekä erilaisissa ympäristöissä. Erilaisilla ympäristöillä tarkoitetaan valaistusolosuhteita, ajoväylien läheisyyttä ja sijoittumista ajoväylän tai

jalankulkuväylän läheisyyteen. Näkyy hyvin kuvassa 14. Casambin langattomuus antoi vapauden lisätä liiketunnistimia ovien ja kulkureittien läheisyyteen, jolloin saatiin katvealueet mahdollisimman pieniksi.



Kuva 14. Parkkihallin yleiskuvaa -1 kerroksesta

Kameravalvonnan takia valaistus jätettiin osa-alueilla palamaan 10 %:n teholla, ja muualla missä ei kameroita ollut, voitiin valot sammuttaa kokonaan, kun liikettä ei näkynyt puoleen tuntiin. Ohjelmointi suoritettiin kännykkään ladattavalla applikaatiolla, eikä tarvittu mitään erillistä laitetta ohjelmointiin.

Valaistus säädettiin niin, että valaisimet syttyvät sitä mukaa, kun halliin ajetaan, eikä sytytetä isoja alueita kerralla. Kun parkkihallissa havaitaan liikettä, niin

lähimmät valaisimet syttyvät 70 prosentin teholla. 10 minuutin päästä himmenevät 10 prosenttia ja 30 minuuttia tästä eteenpäin sammuvat kokonaan. Näin vältetään päivä aikaan valojen jatkuva päälle/pois kytkentä, joka myös antaa valaisimelle lisää käyttöikää.

Kuvassa 15 on hallin sisäänajoramppi, jossa on ikkunarivistö ulos. Olisi ollut mahdollista huomioida se myös hämäräkytkimellä, mutta tässä urakassa sitä ei katsottu tarpeelliseksi toteuttaa. Ulkoa tuleva valon määrä ei tässä kohdassa ollut niin merkittävä, että siitä olisi lisäsäästöjä haluttu hyödyntää. Ikkunat ovat melko lähellä viereistä toimistokiinteistöä, joten suuren osan päivästä ne ovat varjon puolella, eikä ulkoa tuleva valo ole niin merkittävä.



Kuva 15. Parkkihallin sisäänajossa ikkunat ulos varjon puolelle.

Urakka eteni pääosin suunnitelmien ja ennakko-odotusten mukaan, eikä suuria lisätyövaatimuksia tullut esiin. Muutamissa kohdissa yksittäinen kaapeli oli hie-
man vaurioitunut, ja se vaihdettiin urakkaan kuuluvana. Alla olevassa kuvassa
16 on asennusten loppuvaiheet käynnissä.



Kuva 16. Asennustyöt käynnissä

4.2 Vastaanotto

Lopputuloksena asiakkaalle esiteltiin valmis urakka vastaanotettavaksi. Asiakas totesi valaistustehokkuuden olevan riittävä ja hän oli vaikuttunut valaistuksen säästöpotentiaalista eri ohjelmointitapojen ansiosta.

Parkkihallin käyttäjiltä saatu palaute oli myös pääosin positiivista, vaikka yleensä urakoinnista aiheutuvat haitat esimerkiksi työskentelyalueen

eristämisestä aiheuttavat joskus paljon negatiivista palautetta. Kun uudelleen kaapelointeja ei tässä tarvittu ja eristettävät alueet olivat pienehköjä sekä eristysaika lyhyt, niin käyttäjätkin ymmärsivät tilanteen hyvin.

Muutama palaute oli tullut työturvallisuudesta; asentaja oli työskennellyt pystytikkailta, sekä kerran valaisimia oli säilytetty väliaikaisesti lähellä kulkureittiä. Kaiken kaikkiaan nämä palautteet olivat suhteellisen vähäpätöisiä, ja niihin puututtiin välittömästi.

Kiinteistöhoitajalle asennettiin Casambin käyttöjärjestelmä tablettiin ja hänet koulutettiin sen käyttöön. Järjestelmä on niin helppokäyttöinen, että kerran sen opittuaan kiinteistöhoitaja pystyy kouluttamaan sen käyttöä eteenpäin talon sisällä. Tämä säästää kustannuksia, kun vakituisesti paikalla oleva kiinteistöhoitaja pystyy tekemään yksinkertaisia säätöjä valaistusohjaukseen.

Urakoitsijan osalta valaistussaneerauksen lopputulos oli työn laadun, kustannustehokkuuden ja ennakoitavuuden ansiosta odotetun mukainen.

4.3 Kustannustehokkuus

Urakka toteutui tarjouksen perusteella, eikä mitään ennakoimattomia yllätyksiä urakan aikana tullut esiin.

Valaisimia asennettiin yhteensä 260 kappaletta, ja niiden hinnaksi asennuksiin tuli 260 € ilman arvonlisäveroa eli alv 0 %. Urakan kokonaishinta oli yhteensä 65 000 € alv 0 %. Alla olevassa taulukossa 1 on kustannusvertailu eri vaihtoehtojen välillä, jossa tämä urakan hinta on todellinen, mutta toinen vaihtoehto laskennallinen hinta-arvio mahdollisesta toteumasta.

Taulukko 1. Urakkavaihtoehtojen laskelma.

Valaisin AIRAM 4238FUTURA T 44W/840 PC/RS/LJ DA CA			
			Valaisimia 260kpl
Hinta kpl	180€ alv 0%		
Asennus €/h	60€ alv 0%		
Muut kulut 1kpl	10e alv 0%		
			Yht. 65 000€ alv 0%
Vertailu samalla valaisimella, ilman Casambi lisäosaa, sekä uudelleen kaapeloinnilla			
			Valaisimia 260 kpl
Hinta kpl	120€ kpl alv 0%		
Asennus €/h	180€ alv 0%		
Kaapelit yms.	2000€ alv 0%		
Muut kulut 1kpl	20€ alv 0%		
		Yht.	85 200€ alv 0%

Taulukosta voi nähdä, että Casambilla toteutettu ratkaisu tuli tilaajalle edullisemmaksi, vaikka toisella tavalla olisi valaisinten hinta ollut edullisempi. Tämä johtui siitä, että uudelleen kaapelointi saatettiin jättää pois ja että työtä pystyttiin tekemään ilman keskeytyksiä.

Ilman Casambia olisi jouduttu kaapeloimaan, mikä toki olisi lisännyt materiaalikustannuksia, mutta myös urakka-aikaa, koska työskentelyalueita olisi pitänyt rajata suuremmalta alueelta ja se ei olisi aina ollut täysin mahdollista käyttäjän puolelta ja niin sanottuja odotustunteja olisi tullut tästä syystä jonkin verran. Esimerkkinä tästä tilanne, jossa sisäänajon tai ensimmäisen kerroksen kaapelointeja ei pystytä 7.00–16.00 välisenä aikana tekemään.

Kustannustehokkuutta saatiin aikaiseksi myös sillä, että vanhat loisteputket olivat teholtaan 2 x 58 W eli kuluttivat 116 W energiaa. Nämä uudet LED-valaisimet

kuluttavat vain 44 W mutta valaisevat silti yhtä tehokkaasti. Alla olevassa taulukossa 2 on laskelma, miten paljon valaisimet säästävät sähköenergiaa jo pelkästään on/off- käytöllä.

Todellisuudessa valaistus säädettiin toimimaan vielä niin, että täysteholla valaistus toimi 70- prosenttisesti, mutta kun liikettä ei näy viiteen minuuttiin, teho laskee 10-prosenttiin ja 30 minuutin jälkeen valaistus sammuu kokonaan.

Taulukko 2. Valaistuksen energiatehokkuus ja säästöt.



Varsinkin loppuvuoden 2022, ja alkuvuoden 2023 sähköhinnoilla urakan takaisinmaksuaika on lyhentynyt merkittävästi ja voidaankin todeta, että urakka on pian maksanut itsensä takaisin.

5 Yhteenveto

Työlle asetettiin tavoite, jolla pyrittiin saavuttamaan valaistuksenohjauksen helpokäyttöisyys, sekä kustannustehokkuus. Tästä syystä Casambi valaistuksenohjausjärjestelmä valikoitui tämän insinööriyön kohteeksi.

Tässä urakassa vaihdettiin vanha valaistuksenohjausjärjestelmä uudempaan Casambi-järjestelmään, ja vaihdettiin samalla vanhat loisteputkivalaisimet LED-valaisimiin. Tällaisia urakoita tehdään nykyisin paljon, sillä loisteputkien pääsiallinen käyttö päättyy viimeistään vuoden 2023 loppupuolella.

Käyttäjän eli kiinteistöhoitajan mukaan valaistuksen ohjaus on yksinkertaista ja toimii juuri niin kuin on tarkoituskin, eli hän voi oman tablettinsa kautta ohjata valaistustehokkuutta sekä sen toiminta-aikaa, eikä näihin käynteihin tarvita sähköasentajaa tai erillistä ohjelmointia.

Tilaja eli urakan maksaja on ollut tyytyväinen siihen, että urakan kustannuksissa ei tullut yllätyksiä ja sähkönkustannuksissa on tullut merkittäviä säästöjä. Parkkihallin käyttäjien palaute on ollut positiivista, eivätkä käyttäjät ole valittaneet totutun poikkeavasta valaistuksen toiminnasta eli siitä, että välillä valaistus hämärtyy vain kymmeneen prosenttiin ja joskus on päiväaikaankin sammutettuna.

Voidaankin todeta, että tämän insinööriyön aiheena ollutta vaihtoehtoa eli Casambin ohjausjärjestelmää voidaan käyttää sopivissa kohteissa jatkossakin. Vaikka valaisinkohtainen kustannus onkin hieman korkeampi, niin tämän insinööriyössä toteutetun urakan perusteella voidaan osoittaa, että lopullinen kustannus tulee kuitenkin kokonaisuudessa edullisemmaksi.

Urakan työaikaiset kustannukset voisivat tulevaisuudessa olla vielä matalammat, jos työn osuutta saataisiin pienennettyä. Ehkä voitaisiin tutkia mahdollisuutta, jossa olemassa oleviin valaisimiin saataisiin ohjausjärjestelmä vai lisäämällä uusi komponentti.

Tavoitteena tässä insinööriyössä olivat uuden järjestelmän helppokäyttöisyys, sekä kustannustehokkuus ja niiden osalta tavoite täyttyi. Tämän urakan dokumentoinnin ja seurannan ansiosta tulosta voidaankin pitää odotettuna, mutta tämä insinööriyö sen myös todistaa.

Lähteet

1. Erikson, Mika. 2021. Myyntijohtaja, Casambi. Haastattelu 10.2.2021.
2. Erikson, Mika. 2021. Myyntijohtaja, Casambi. Haastattelu 23.2.2021.
3. Design Offices - Bogenhausen, Munich 2021. Verkkoaineisto. Casambi. <<https://casambi.com/projects/>>. Luettu 20.5.2022, sekä 11.12.2022.
4. Zigbee Technical Presentation. 2022. Verkkoaineisto. Connectivity Standards Alliance <https://zigbeealliance.org/developer_resources/zigbee-technical-presentation/>. Luettu 18.06.2022.
5. Trends in Lighting. 2021. Verkkoaineisto. O'Reilly Media, Inc <https://learning.oreilly.com/library/view/stag-lighting/9781317343936/002_9781315662718_title.h>. Luettu 22.5.2021.
6. Casambi valonohjausjärjestelmä. 2022. Verkkoaineisto. Sylvania. <<https://www.sylvania.fi/valonohjaus/sylsmart-standalone>>. Luettu 11.8.2022.
7. Casambi. 2020. Verkkoaineisto. Eurohome. <https://www.eurohome-interieur.nl/casambi/>. Luettu 11.8.2022.
8. Casambi Guide. 2020. Verkkoaineisto. Casambi. <<https://casambi.com/wp-content/uploads/2020/05/CBU-ASD-Installation-Guide-v20-ENG-1.pdf>>. Luettu 12.1.2023.
7. Casambi – Valaistuksen ohjausjärjestelmä. 2020. Verkkoaineisto. Flinkenberg. <<https://www.flinkenberg.fi/energy/led-tuotteet/valaistuksen-ohjaus/casambi/>>. Luettu 21.6.2022.

8. Helsinki-Vantaa lentoaseman Casambi-ohjattu valaistus. 2021. Verkkoaineisto. Airam. <<https://www.airam.fi/ammattivalaistus/julkiset-tilat-toimistot/helsinki-vantaa-lentoaseman-casambi-ohjattu-valaistus>>. Luettu 31.7.2022.

9. Korhonen, Liisa. 2018. Himmennettävä LED lamppu ja sen edut. Verkkoaineisto. Ledstore. <<https://ledstore.fi/blog/2015/10/11/himmennettava-led-lamppu-ja-sen-edut/>>. Luettu 21.6.2022.

