

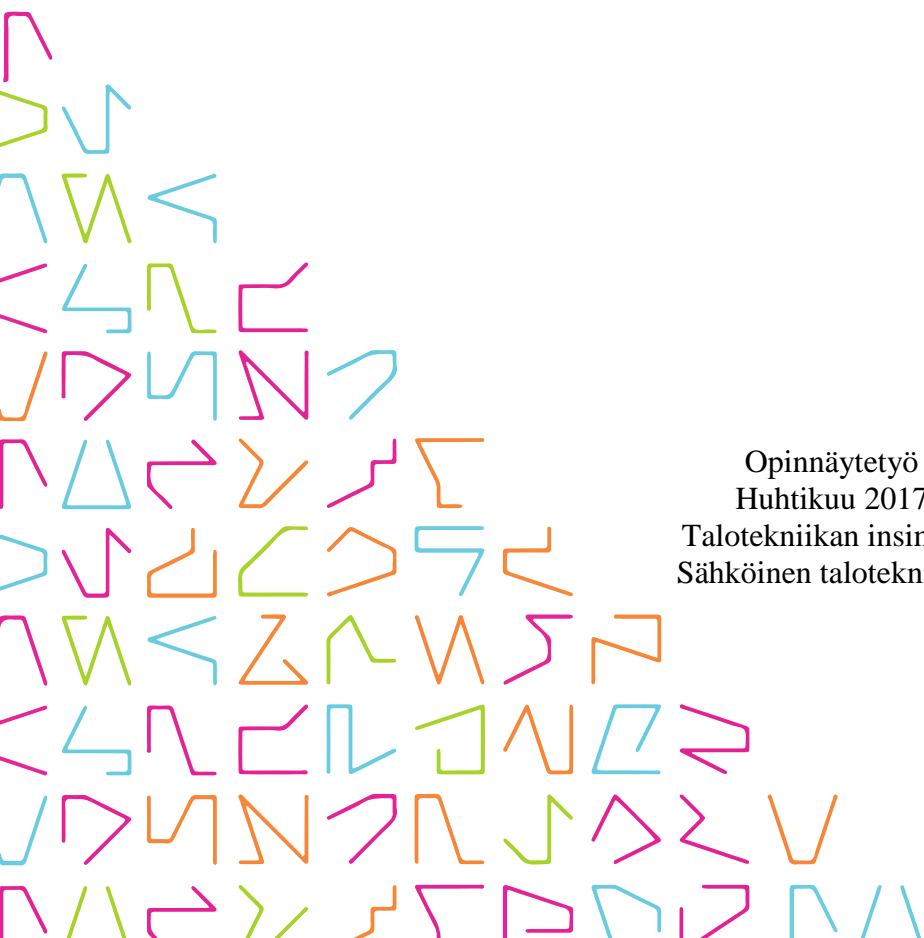


TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

OSRAM ENCELIMUM - VALAISTUKSEN OHJAUSJÄRJESTELMÄ JA RAKENNUSAUTOMAATIOINTEGRAATIO

Henri Kuusinen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2017
Talotekniikan insinööri
Sähköinen talotekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan insinööri
Sähköinen talotekniikka

KUUSINEN, HENRI:

Osram Encelium -valaistuksenohjausjärjestelmä ja rakennusautomaatiointegraatio

Opinnäytetyö 43 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Huhtikuu 2017

Tämä opinnäytetyö tehtiin tilaustyönä GreenLED Oy:lle ja lähtökohtana oli tutkia Osramin kehittämää Encelium-valaistuksenohjausjärjestelmää ja sen tarjoamia hyötyjä ja integroitavuutta muuhun rakennusautomaatioon. Työssä käsitellään nykyaikaista rakennusautomaatiota yleisesti, Osramin Encelium -järjestelmää ja siihen liittyviä väyläprotokollia ja Encelium-järjestelmän hyötyjä osana rakennusautomaatiokokonaisuutta.

Opinnäytetyön raportissa työvaiheet esitellään kolmijakoisesti: ensimmäisessä osiossa käsitellään teoriatasolla rakennusautomaatiojärjestelmien rakennetta ja Encelium-järjestelmään liittyviä väyläprotokollia sekä niiden integrointia ja lisäksi tarkastellaan, mitä integroinnissa olisi hyvä ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Tarkastellut väyläprotokollat ovat BACnet, DALI, TCP/IP, ZigBee ja EnOcean. Toisessa osiossa esitellään Encelium-järjestelmä kokonaisuudessaan eli sen fyysinen rakenne ja ohjelmalliset toiminnot, lisäksi osiossa on käyttöohjelmallisesti selostettu Encelium-järjestelmän ohjelmointi ja käyttöönotto. Kolmannessa osiossa pohditaan Encelium-järjestelmän mahdollistamia hyötyjä osana kiinteistöjen rakennusautomaatiota niin investorien eli ylätason näkökulmasta kuin tekniikkatasonkin näkökulmasta.

Insinöörityön lopputuloksena tuotettiin erilaisista väyläprotokollista kertova teoreettinen osuus ja käyttöohjelmallinen kerronta Osramin Encelium -järjestelmästä. Alustavan suunnitelman mukaan tehtynä insinöörityöstä olisi tullut liian laaja, joten järjestelmän konkreettisista hyödyistä kertominen jäi yleiselle tasolle. Järjestelmästä saatavat hyödyt investorien näkökulmasta kuitenkin saatiin esitettyä hyvin laajasti. Työ opastaa lukijaa rakennusautomaatiojärjestelmien perusteisiin ja Encelium-järjestelmään.

Työssä huomattiin väyläjärjestelmiin ja niiden integraatioon kohdistuvat suuret odotukset, ja tämän vuoksi väyläjärjestelmien suunnitteluun tulisi panostaa nykyistä enemmän, jotta välttyttäisiin epäonnistumisilta. Rakennusurakoiden integraatioissa epäonnistutaan varsinkin toimijoiden keskusteluyhteyden heikon laadun ja eri väyläprotokollien suuren määrän vuoksi, joten näihin tekijöihin vaikuttamalla voitaisiin tulevaisuudessa tuottaa laadukkaampia rakennusautomaatiojärjestelmiä. Rakennusautomaatiojärjestelmien myyntiin vaikuttavat tällä hetkellä myös sukupolvierot, mikä näkyy suhtautumisessa uusiin järjestelmiin ja niiden käyttöönottoon, joten tulevaisuudessa investorit suhtautuvat mahdollisesti avoimemmin uusiin järjestelmiin.

Asiasanat: encelium, integrointi, väyläprotokolla, valaistuksen ohjaus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services
Electrical Building Services

KUUSINEN, HENRI:

Osram Encelium Lighting Control System and Building Automation Integration

Bachelor's thesis 43 pages, appendices 0 pages

April 2017

This thesis was commissioned by GreenLED Ltd. The main purpose was to study the Encelium lighting control system developed by Osram, the benefits it brings, and ways of integration it to building automation.

The thesis is essentially divided into three different parts. The first part inspects the structure of building automation systems in general, the bus protocols associated with the Encelium system and their integration and what should be considered at the design level. The bus protocols that were considered are BACnet, DALI, TCP/IP, ZigBee and EnOcean. In the second part, the entire Encelium system is examined, like its physical structure and programmatic functions. Also, the programming and commissioning of the Encelium system is explained in the form of a user guide. In the third part, the benefits provided by the Encelium system are discussed in connection with the building automation of real estates, both from the viewpoint of investors and from the technical-level point of view.

As a result of this study, a description of the various bus protocols and a simple user manual for the Osram Encelium system were produced. As the preliminary plan for this thesis proved to be too extensive in scope, the discussion of the tangible benefits of the system was kept at a general level. However, the benefits of the system from the point of view of investors were presented extensively. The thesis itself acts as guide material for the reader to the building automation systems and the Encelium system.

In conclusion, it can be said that there are quite high expectations for bus systems and their integration, and therefore, the focus should be on the design level of the bus systems to avoid failures. The most important factor in potential failure of the integration is the quality of the dialogue between different contractors and the amount of different bus protocols in the market. So by influencing these factors, high-quality building automation systems can be produced. Sales of building automation systems are also currently affected by generational differences, which is reflected in the attitude towards new systems, so that investors will probably be more open to new systems in the future.

Key words: encelium, integration, bus protocol, lighting

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	RAKENNUSAUTOMAATIO JA VÄYLÄPROTOKOLLAT.....	7
	2.1 Järjestelmien rakenne.....	8
	2.2 BACnet	9
	2.3 DALI.....	11
	2.4 TCP/IP	12
	2.4.1 IP-osoitteet	12
	2.4.2 Aliverkot	13
	2.5 EnOcean.....	13
	2.6 ZigBee.....	14
	2.7 Väyläintegraatio.....	15
3	OSRAM ENCELIUM -JÄRJESTELMÄN FYYSSINEN RAKENNE.....	17
	3.1 Toimilaitteet ja anturit	17
	3.2 Siirtotiet	20
4	OSRAM ENCELIUM -KÄYTTÖLIITTYMÄ.....	23
	4.1 Projektin aloittaminen.....	23
	4.2 Ohjelmointi	24
	4.3 Käyttöönotto	26
	4.4 Operointi	28
	4.5 Analysointi.....	29
	4.6 Etäkäyttö	31
	4.7 Käyttöoikeudet.....	31
	4.8 Aikaohjelmat.....	32
	4.9 Hälytysraportit	34
	4.10 Vianetsintä	34
5	OSRAM ENCELIUM -JÄRJESTELMÄ CASE SCHNEIDER ELECTRIC.....	36
6	POHDINTA.....	42
	LÄHTEET.....	43

LYHENTEET JA TERMIT

BACnet	Building Automation and Control Network
CAPEX	Capital expense/expenditure. Investointikulut
CIDR	Classless Inter-Domain Routing. Luokaton reititys
DALI	Digital Addressable Lighting Interface. Digitaalinen, osoitteellinen valaistuksenohjaus protokolla
ECU	Electronic control unit. Elektroninen ohjausyksikkö
Gateway	Tietoverkon solmukohta, joka mahdollistaa tiedonsiirron saman tai eri protokollien välillä
OPEX	Operating expense, ylläpitokulut
SSU	System Support Unit. Järjestelmäyksikkö.
TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol. Käytetään Internet-protokollana
TP	Twisted Pair. Parikaapeli

1 JOHDANTO

Tämä insinöörityö on tehty kokonaisvaltaisia valaistusratkaisuja toteuttavalle GreenLED Oy:lle. Työn tarjosi Tamkille GreenLED Oy:n kehitysjohtaja Vesa Vähänen ja työn aloitussuunnitelmana oli tutkia Osramin kehittämää Encelium-valaistuksenohjausjärjestelmää ja sen mahdollistamia hyötyjä osana rakennusautomaatiojärjestelmää. Insinöörityön aloitussuunnitelman kasvaessa hyvin laajaksi, tuli suorittaa aiheen rajaavia tekijöitä. Rajauksien jälkeen työn tavoitteiksi muodostui selvittää rakennusautomaatiojärjestelmiä yleisesti, Encelium-järjestelmään liittyviä väyläprotokollia, Encelium-järjestelmän rakennetta ja ohjelmallisuutta sekä Encelium-järjestelmästä saatavia hyötyjä integraation kautta.

Työn ensimmäisessä osiossa kartoitetaan rakennusautomaatiojärjestelmiä yleisellä tasolla sekä useampia eri väyläprotokollia, jotka liittyvät Osramin Encelium-järjestelmään. Encelium-järjestelmän toiminta perustuu DALI-protokollaan ja siihen on lisätty BACnet-rajapinnan lisäksi TCP/IP-rajapinta. Lisäksi ensimmäisessä osiossa kerrotaan väyläprotokollien integroinnista ja mitä integroinnissa tulisi ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa.

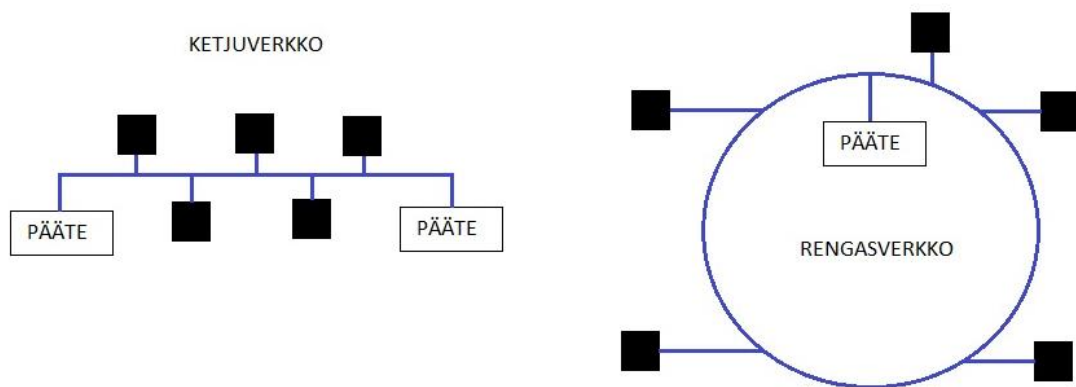
Toisessa osiossa käydään läpi Encelium-järjestelmän fyysinen rakenne eli järjestelmässä käytettävät toimilaitteet, anturit ja siirtotiet sekä yleisellä tasolla Enceliumin ohjelmointi ja käyttöönotto. Lisäksi kerrotaan esimerkkitasolla Encelium-järjestelmän tarjoamista mahdollisuuksista niin valaistusjärjestelmän analysointia varten ylläpidon kannalta kuin eri tason käyttäjien operointimahdollisuuksista.

Kolmannessa osiossa pyritään selvittämään Encelium-järjestelmän avulla saatavia hyötyjä osana rakennusautomaatiojärjestelmää. Tätä osiota varten allekirjoittanut sai osallistua opinnäytetyön tilaajan GreenLED:n ja yhteistyökumppanin Schneider Electricin väliseen palaveriin, jossa pohdittiin erityisesti investorien näkökulmaa rakennusautomaatiosta investointina.

2 RAKENNUSAUTOMAATIO JA VÄYLÄPROTOKOLLAT

Rakennusautomaatio yleistyy kovaa vauhtia nykypäivänä ja automatisoinnin suosion kasvuun on vaikuttanut halventuneet järjestelmäkustannukset ja ihmisten valveutuneisuuden ja kiinnostuksen kasvaminen. Lisäksi järjestelmien valvontamahdollisuudet, kuten reaaliaikainen energiankulutusseuranta kiinnostaa kiristyvien energiatehokkuusvaatimusten takia. Rakennusautomaatiota hyödynnetään nykyään esim. murtohälytys-, palohälytys-, ilmastointi-, lämmitys- ja valaistuksenohjausjärjestelmissä.

Rakennusautomaation väylät suunnitellaan ja rakennetaan sopivan verkkotopologian mukaisesti, jolla tarkoitetaan väyläverkon perusrakennetta. Verkkotopologia on siis yksinkertaisesti tapa, jolla verkossa olevat laitteet on liitetty toisiinsa. Erilaisia topologioita ovat ketjuverkko, rengasverkko, tähtiverkko, puutopologia ja mahdollisesti näiden kaikkien yhdistelmä (MESH). Kuviossa 1 on periaatekuvat ketjuverkon ja rengasverkon rakenteesta. Yleisimmin käytetty verkkomalli on ketjuverkko, jossa laitteet ketjutetaan ilman haaroja. Rengasverkon käyttämistä ei suositella, koska verkossa kulkeva viesti kaikuu herkästi, jos terminointi ei ole täydellinen. (ST-käsikirja 17, 2012)



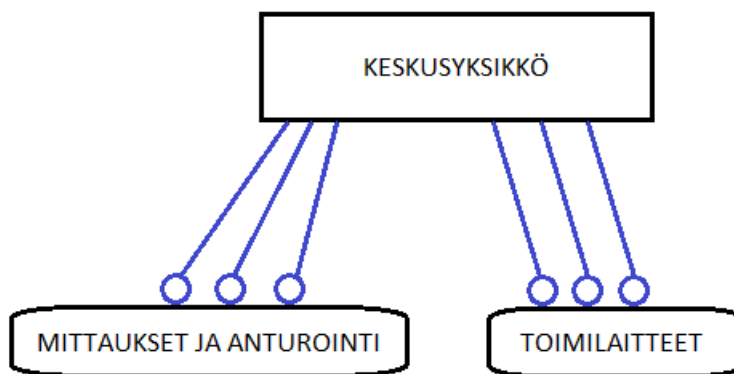
KUVIO 1. Eri verkkotopologioita (ST-käsikirja 21, 2017)

Rakennusautomaation väyläratkaisuisissa avoimet järjestelmät ovat yleistymässä kiitettävää vauhtia ja suljetuista järjestelmistä ollaan pääsemässä eroon. Avoimen järjestelmän etuja on huomattavasti laajempi tuotekanta, kun väylälaitteita saa valmistaa käytännössä vapaasti. Väylälaitteiden valmistamiseen on kuitenkin olemassa protokollakohtaisesti omat määrityksensä ja standardinsa, joiden mukaan laitteet tulee valmistaa. Ennen laitteiden markkinoille saattamista, tulee valmistajien yleensä hakea laitteilleen sertifikaatit avointa protokollaa valvovalta järjestöltä tai tarkastuslaitokselta. Avoimien protokollien

standardoinnissa on määritetty protokollalle omat variaabelinsa eli komennot, joiden mukaan väylälaitteet toimivat ja keskustelevat keskenään. (ST-käsikirja 21, 2017)

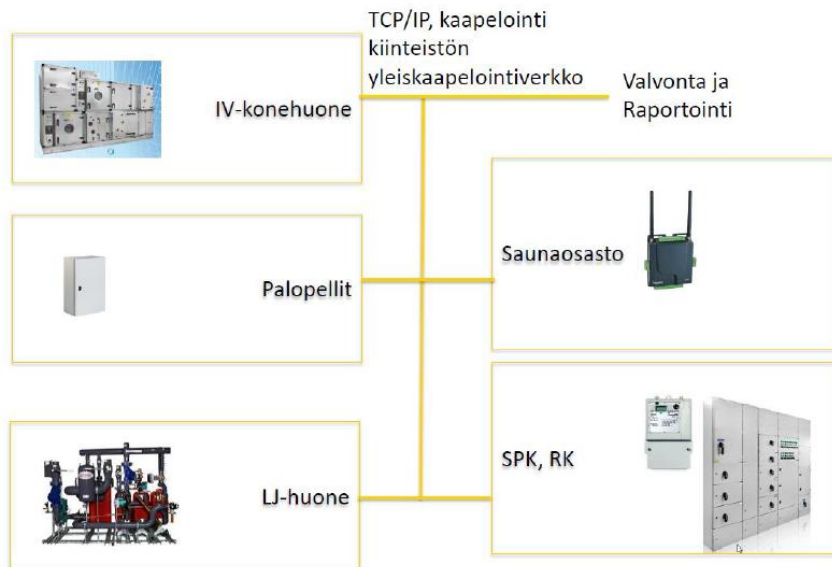
2.1 Järjestelmien rakenne

Rakennusautomaatiojärjestelmät jaetaan keskitettyihin, hajautettuihin ja näiden yhdistelmiin. Yhdistelmäkäyttö on nykyään yleisin malli laajemmissa rakennusautomaatiojärjestelmien ratkaisuisissa. Keskitetyllä järjestelmällä tarkoitetaan kuvion 2 mukaista järjestelmää, jossa on keskusyksikkö, jossa sijaitsee väylän äly ja kaikki tieto kulkee sen kautta. Itse väylälaitteilla ei ole omaa älyä ollenkaan. Keskitetyn järjestelmän yksi suurimmista huonoista puolista on koko järjestelmän lamaantuminen, jos keskusyksikkö hajoaa tai kadottaa yhteyden. (ST-käsikirja 21, 2017)



KUVIO 2. Keskitetyn järjestelmän periaatekuva (ST-käsikirja 17, 2012)

Hajautetulla järjestelmällä kuvataan järjestelmää, jossa kaikki tai enemmistö talotekniikan automaatiotoiminnoista kiinteistössä toimii omalla väyläprotokollallaan itsenäisesti. Hajautetussa järjestelmässä jokaisella väylälaitteella on oma tietotekniikkansa, jonka se tarvitsee oman tehtävänsä suorittamiseen, siten väylä ei ole riippuvainen keskusyksiköstä ja se tekee järjestelmästä joustavamman, skaalattavamman ja vikasietoisemmän. Kuvassa 1 on esimerkkiratkaisu hajautetusta järjestelmästä. (ST-käsikirja 21, 2017)



KUVA 1. Hajautettu järjestelmä (Opetusmateriaali, S. Tuomisto, 2017)

2.2 BACnet

BACnet on lyhenne sanoista Building Automation and Control Network, jolla tarkoitetaan rakennusautomaatio ja ohjausverkkoa. Väyläprotokollan kehittäminen alkoi vuonna 1987 ASHRAE:n vuosittaisessa tapaamisessa. Vuonna 1995 BACnet standardoitiin ensimmäisen kerran ANSI-standardiksi ja vuonna 2003 ISO-standardiksi. ASHRAE-komitea toimii BACnetin kattojärjestönä ja sen tehtävänä on kehittää ja ylläpitää protokollaa. BACnet on rakennusautomaation väylistä yksi käytetyimmistä ja sen käyttö on lisääntymässä. (ST-käsikirja 21, 2017)

BACnetin toiminta perustuu objekteihin, joilla on useita erilaisia ominaisuuksia. Objektit ovat standardoituja olio-nimikkeitä, joita käytetään BACnet-järjestelmään yhteensopivien laitteiden ohjelmointiin. Näitä voivat olla esimerkiksi anturitulot, ohjauslähdöt tai ohjausarvot. Standardoidut objektit helpottavat eri järjestelmien integrointia BACnetiin, kun rajapinta on luotu käyttämällä näitä objekteja. Objektista on luettavissa arvo, kuvaus, laitetyyppi, tilatieto ja yksikkö. Laitteiden yhteensopivuuden ja standardinmukaisuuden tarkistaa BACnet Testing Laboratories. (ST-käsikirja 21, 2017)

BACnetin viestintätavat ovat standardissa määritelty viideksi eri optioksi, joiden kuvaukset ovat taulukon 1 alla. Standardissa on myös jaoteltu BACnet-verkossa käytettäville laitteille omat laiteprofiilinsa (Taulukko 1), jotka määrittelevät laitteiden toiminnallisuudet. BACnetin liityntämediaana voidaan käyttää parikierrettyä kaapelia (TP), koaksi-

aalikaapelia tai kuituoptiikkaa. Standardissa määritetään, että BACnet-laitteiden tulee olla taaksepäin yhteensopivia, joka tarkoittaa laitteiden käyttöön kasvamista huomattavasti. (ST-käsikirja 21, 2017)

TAULUKKO 1. BACnetin laiteprofiilit (ST-käsikirja 21, 2017)

Standardi laitetyyppi	Toiminto
BACnet Operator Workstation (B-OWS)	B-OWS on operaattorin ikkuna BACnet-järjestelmään eli valvomotyöasema.
BACnet Building Controller (B-BC)	B-BC on yleiskäyttöinen, kentällä ohjelmointava laite, joka pystyy erottelemaan rakennusautomaation ja kontrolloinnin eli vapaasti ohjelmointava säädin.
BACnet Advanced Application Controller (B-AAC)	B-AAC on kontrollointilaitte, rajallisesti verrannollinen B-BC-laitteille. Ne on tarkoitettu spesifioituihin sovelluksiin ja auttavat osittain ohjelmallisuutta eli ohjelmointava piensäädin.
BACnet Application Specific Controller (B-ASC)	B-ASC on kontrolloija joka on rajallisesti verrannollinen B-AAC-laitteille eli sovelluskohtainen piensäädin.
BACnet Smart Actuator (B-SA)	B-SA on yksinkertainen kontrollointilaitte rajallisilla mahdollisuuksilla eli älykäs toimilaitte.
BACnet Smart Sensor (B-SS)	B-SS on tunnusteleva laite erittäin rajallisilla mahdollisuuksilla eli älykäs anturi.
BACnet Gateway (B-GW)	B-GW toimii porttina muihin järjestelmiin eli on protokollamuunnin.

Optio 1 on logiikkayhteyden ohjauksen (Logical Link Control;LCC) protokolla joka on määritelty ISO 8802-2 tyypissä 1, yhdistettynä ISO 8802-3 pääsynohjaukseen (Medium Access Control; MAC-alikerroksen tehtävänä on jakaa siirtokapasiteetti eri käyttäjien välille) ja fyysisen kerroksen protokollaan. ISO 8802-3 on kansainvälinen standardiversio yleisesti Ethernet-protokollana tunnetulle menettelylle (nopeudet 10 tai 100 Mbps).

Optio 2 on ISO 8802-2 tyypin 1 protokolla yhdistettynä ARCNET:iin (ATA/ANSI 878.1 eli vertaisverkon vuoronsiirtoperiaate). Siirtonopeudet 150 kbps – 7,5 Mbps.

Optio 3 on isäntä-renki/vuoronsiirtoperiaatteen protokolla (Master-Slave/Token-Passing; MS/TP). Suunniteltu erityisesti rakennusautomaatioon ja ohjauslaitteille osana BACnet-standardia. MS-/TP-protokolla saa aikaan käyttöliittymän verkkokerrokseen, joka näyttää ISO 8802-2 tyypin 1 protokollalta ja ohjaa pääsyä EIA-485 fyysiseen kerrokseen. RS-485-

fyysisellä liitynnällä voidaan esim. käyttää siirtonopeuksia 9,6 kbps, 19,2 kbps, 38,4 kbps ja 76,8 kbps.

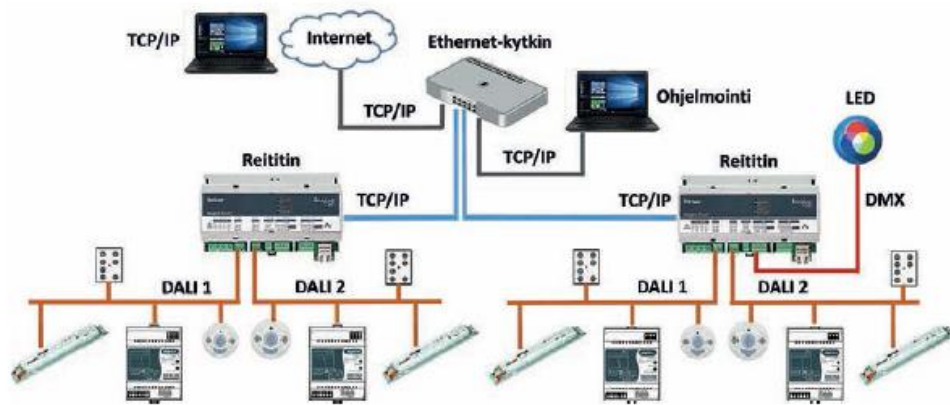
Optio 4 sisältää Point-To-Point(PPP)-protokollaliitynnän. Se on protokolla, jota yleisesti käytetään muodostamaan suora yhteys verkkolaitteiden (node) välille. PPP:n ensisijainen käyttökohde on ollut puhelinverkko- ja modeemiyhteydet, mutta sitä käytetään myös laajakaistayhteyksissä. Monet verkkoyhteyden tarjoajat käyttävät PPP-protokollaa soittosarja-/modeemiyhteyksissä. Käytetään liityntää RS-232.

Optio 5 on liityntä Control Network -protokollaan, joka on eniten levinnyt kiinteistöautomaatioon. Se on ANSI:n ja CEN:n standardoima protokolla. Siirtonopeudet 78 tai 1,25 Mbps. (ST-käsikirja 21, 2017)

2.3 DALI

DALI (Digital Addressable Lighting Interface) on valaistusjärjestelmävalmistajien yhteistyössä kehittämä valaistuksenohjauksen digitaalinen väyläratkaisu. Pääasiallinen tarkoitus protokollan luomiseen oli selkeyttää valaistuksen ohjausta yhdellä yhteisellä järjestelmästandardilla. DALI:a voidaan käyttää valaistuksen ohjaamiseen ja muihin käyttötarkoituksiin standardia ei ole tarkoitettu. DALI on kehittäjistään huolimatta valmistajasta riippumaton järjestelmä ja perustuu useisiin eri standardeihin, joita kehitetään jatkuvasti. Standardit määrittelevät DALI-liitäntälaitteet ja -ohjainlaitteet. Standardeissa määritellään väylälaitteiden ominaisuudet ja induktiivisten kuormien yhteensopivuudet. Tunnistimia ja ohjauslaitteita ei ole standardeissa määritelty.

DALI:n suurimpia etuja on erittäin hyvä häiriöiden sietokyky verrattuna analogiseen 1-10 VDC-ohjaukseen, liitäntälaitteiden edullisuus ja helppokäyttöisyys. Liitäntälaitteet ovat niin edullisia, että niitä voidaan asentaa jokaiselle valaisimelle omansa. Jokaisella laitteella on oma yksilöllinen osoite, jolloin samassa väyläryhmässä olevaa laitetta voidaan ohjata erikseen. Väylän hyvä häiriönsietokyky mahdollistaa väyläparin kuljettamisen samassa kaapelissa laitteiden tehonsyötön kanssa ja väylä itsessään ei edellytä päätevastuksia eli terminointia. Rengastopologiaa ei ole sallittu. Jännite väylässä on 16 voltia ja järjestelmä edellyttää oman erillisen teholähteen ohjauspiirille. DALI-väylän siirtonopeus on 1,2 kbit/s. DALI-väylä kestää maksimissaan 64 laitetta per linja. Kuvassa 2 on periaatekuva DALI-järjestelmän rakenteesta. (ST-käsikirja 21, 2017)



KUVA 2. Esimerkki Helvarin reititinjärjestelmästä, joka perustuu DALI-järjestelmään (ST-käsikirja 21, 2017)

2.4 TCP/IP

Lyhenne muodostuu sanoista Transmission Control Protocol/Internet Protocol. Kyseessä on tietoliikenneprotokolla, joka on yhdistelmä kahdesta eri protokollasta. Yhdistelmä soveltuu ja on hyvin yleisesti käytetty rakennusautomaation runkoverkkona kiinteistössä. TCP/IP-protokollaa on alkujaan käytetty tietoliikenneprotokollana IT-verkoissa, josta se on jalostettu osaksi rakennusautomaation viestintäverkkoja. Eri rakennusautomaatioprotokollien reitittimet tukevat TCP/IP-protokollaa. IP-protokollaa voidaan käyttää lähes minkä tahansa verkon päällä, minkä takia siitä on tullut yleisin protokolla erilaisten verkkojen yhdistämiseksi suuremmiksi kokonaisuuksiksi. IP-protokollan tehtävä verkossa on hoitaa laitteiden osoitteistaminen ja pakettien reitittäminen. (ST-käsikirja 21, 2017)

2.4.1 IP-osoitteet

IP-osoitteita on olemassa kaksi eri kategoriaa, IPv4 ja IPv6, joista jälkimmäinen kehitettiin IPv4-osoitteiden rajallisuuden takia mahdollistamaan jatkuva maailmanlaajuisen verkon kasvaminen. IPv4-osoite on 32-bittinen luku ja se on numeraalisessa muodossaan esimerkiksi 161.23.25.243. IPv4-verkossa voi olla noin neljä miljardia ($4 \cdot 10^9$) solmua. IPv4-osoitteiden osoiteavaruus on välillä 1.0.0.0 – 255.255.255.255 ja osoiteavaruudesta on varattu tiettyihin sovellutuksiin omat osansa, kuten taulukon 2 mukaiset yksityisosoitteet ja paikallisosoitteet, jotka ovat 127-alkuisia. (Wikipedia, 2017)

IPv6-osoite on 128-bittinen luku ja se on muodoltaan esimerkiksi 2001:0db8:0000:0000:0000:0000:1420:57ab. IPv6-osoitteissa hyödynnetään sen pituudesta johtuen lyhennyssääntöjä, jotka sallivat etunollien esittämättä jättämisen ja pelkkiä nollia sisältävät sarjat voidaan lyhentää kahdella kaksoispisteellä. Lyhennyssääntöjä käyttäen esimerkin kaltainen IPv6-osoite voidaan lyhentää muotoon 2001:db8::1420:57ab. IPv6-verkossa voi olla yli 340 sekstiljoonaa ($340 \cdot 10^{36}$) solmua. (Wikipedia, 2017)

2.4.2 Aliverkot

Käytännössä jokaiselle internetiin liittyjälle annetaan yleisten IP-osoitteiden osoiteavaruudesta yksi osoite, joka toimii rajapintana internetin ja lähiverkon välillä. Nykyisin tämä annettu IP-osoite ei ole staattinen vaan dynaaminen, joka muuttuu aina verkkoon uudelleen liityttäessä tai osoitteen käyttöajan täytyessä. Lähiverkoissa käytetään taulukon 2 mukaisia aliverkkojen osoitteita, jonka valinta perustuu lähiverkossa olevien laitteiden määrään. Lähiverkossa voi olla useita eri aliverkkoja, joilla on jokaisella oma peitteensä laitetarpeen mukaan. Aliverkkojen peitteiden suunnittelussa hyödynnetään verkon merkintätapaa helpottavaa CIDR-notaatiota, joka on muodoltaan esimerkiksi 192.168.1.0/24. CIDR-notaatio /24 vastaa aliverkon peitettä 255.255.255.0 ja silloin aliverkossa voi olla laitteita vain 254 kappaletta. Aliverkossa ensimmäinen osoite on verkon osoite eli ts. reitittimen aliverkkoon liittyvän portin osoite ja viimeinen osoite on varattu yleislähetys-osoitteeksi (Broadcast). (Wikipedia, 2017)

TAULUKKO 2. Lähiverkoissa käytettävät IP-osoitteet ja niiden osoiteavaruudet

Lähiverkko	Aliverkon peite	Osoiteavaruus	Laitteiden määrä
10.0.0.0	255.0.0.0	10.0.0.1 – 10.255.255.255	16 777 214
172.16.0.0	255.240.0.0	172.16.0.1 – 172.31.255.255	1 048 574
192.168.0.0	255.255.0.0	192.168.0.1 – 192.168.255.255	65 534

2.5 EnOcean

EnOceanin kehitys alkoi vuonna 2001 ajatuksesta luoda langattomia rakennusautomaatiolaitteita, jotka eivät tarvitse ulkoista energialähdettä ollenkaan. Useamman vuoden kehitystyön jälkeen muodostettiin EnOcean-allianssi ja vuonna 2008 julkaistiin ensimmäinen EnOcean-standardi. Kehitysvaiheessa EnOcean oli vielä suljettu järjestelmä,

mutta standardin myötä siitä tuli avoin. EnOcean-allianssiin kuuluu nykyään yli 250 yritystä, joista suurimpia ovat esim. Siemens, Osram ja Wago. Vuonna 2012 EnOcean-tekniikka ratifioitiin kansainväliseksi langattomaksi standardiksi standardissa ISO/IEC 14543-3-10. (ST-käsikirja 21, 2017)

EnOcean-laitteiden toiminta perustuu energian keräämiseen. Kerääminen tapahtuu esim. fyysisissä painikkeissa liike-energiasta tai valaistuksen liiketunnistimissa pienellä aurinkokennolla. Viestintä laitteissa ja verkossa tapahtuu aina muutoksesta tai konfiguroidun aikavälin mukaisesti esim. 15 minuutin välein. Viestintä perustuu point-to-point-menetelmään ja suurimmat etäisyydet signaalilla on avoimessa tilassa 300 metriä ja sisätiloissa 30 metriä. EnOceanin viestit ovat hyvin pieniä ja niiden energian tarve on noin 50 μ Ws. Viestipaketteja lähetetään aina kolme pakettia kerrallaan, jotta varmistetaan ruuhkaisissa verkoissa viestin perille meno. EnOcean-laitteet eivät ole vain yksitoimisia vaan niissä voi olla useampia toimintoja, kuten ON/OFF ja himmennys. (ST-käsikirja 21, 2017)

EnOcean-allianssi on halunnut kehittää tekniikastaan maailmanlaajuisen, jolloin tekniikan on tuettava useita eri rajapintoja. Allianssi tekee yhteistyötä esim. BACnetin, KNX:n ja LonWorksin kanssa. Järjestelmälaitteet on myös mahdollista liittää suoraan PC:hen käyttäen TCP/IP-, RS232- tai USB-liityntää. (www.enocean.com, 2017)

2.6 ZigBee

ZigBee on IEEE 802.15.4-standardin mukainen lyhyen kantaman langaton tietoliikenneverkko. Zigbeeen on kehittänyt vuonna 2003 yhteisö, joka kantaa nimeä ZigBee-allianssi ja se myös vastaa standardin kehittämisestä. Allianssiin kuuluu jo yli 400 jäsentä, joista suurimpia on esimerkiksi Philips, Schneider Electric ja Huawei. Jäseneksi allianssiin pääsee halvimmillaan 4000 dollarin vuosimaksua vastaan. ZigBee-tekniikkaa käyttääkseen urakoinnissa täytyy kuulua allianssiin. (www.zigbee.org, 2017)

ZigBeen etuihin kuuluu vahvasti sen pienitehoisuus ja nopeus verrattuna muihin langattomiin tekniikoihin, kuten Bluetoothiin. ZigBee-laitteet ovat pääsääntöisesti paristoilla toimivia, mutta kehityksessä on EnOcean-laitteiden kaltaisia laitteita, jotka tuottavat itse tarvitsemansa energian toimiakseen. ZigBee-laitteen verkkoon liittyminen kestää max. 30 ms, herätysaika on max. 15 ms ja tiedon lähettämisen aloittamiseen kuluu alle 15 ms.

Verkkoyhteys hyödyntää CDMA/CA-varausperiaatetta, jolloin laitteet kuuntelevat verkkoa ja lähettävät viestin vain siirtotien ollessa vapaana. ZigBee käyttää termejä beacon ja non-beacon tästä menetelmästä. Yhdessä verkossa voi olla jopa 65 536 laitetta. Standardi määrittelee protokollan käytettäväksi vain tiedonsiirtoa varten. ZigBee-verkossa signaalin kantavuus yksittäisten laitteiden välillä parhaimmillaan 300 metriä. WLAN-verkkojen on huomattu häiritsevän ZigBee-verkkoa, joten se olisi hyvä ottaa huomioon verkkoa suunniteltaessa. (www.zigbee.org, 2017)

2.7 Väyläintegraatio

Rakennusautomaatiojärjestelmät on totuttu yleisesti näkemään ja rakentamaan yksinkertaisina I/O-ohjauksina, mutta väyläprotokollien markkinoille tulon myötä automaatiojärjestelmien monipuolisuus ja käytettävyys on mullistanut markkinat. Väyläjärjestelmien yleistyminen tarkoittaa myös useamman eri laitevalmistajan ja protokollan ilmestymistä markkinoille. Lukuisten väyläprotokollien olemassaolo on ajanut tilanteen siihen pisteeseen, että järjestelmien yhteensovittaminen eli integrointi on ajankohtaista ja tarpeellista. (ST-käsikirja 21, 2017)

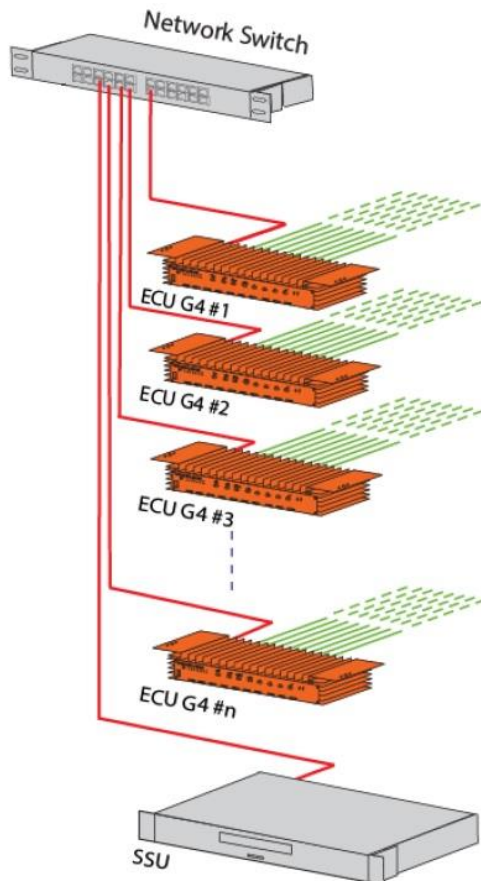
Integroiduilla rakennusautomaatiojärjestelmillä tarkoitetaan järjestelmiä, joihin on liitetty myös muita taloteknisiä järjestelmiä. Onnistuneella järjestelmäintegraatiolla tarkoitetaan tilannetta, jossa eri järjestelmät kykenevät välittämään tietoa keskenään ongelmitta ja järjestelmäkokonaisuutta voidaan esimerkiksi hallita yhdestä valvomosta. Integraation onnistuminen edellyttää järjestelmiltä yhteistä standardoitua rajapintaa tai sitten rajapinnan luomiseksi on käytetty tarkoitukseen sopivaa muuntajaa. Yleisimpiä integraatioita on turvallisuuteen liittyvät järjestelmät, joissa on liitetty keskenään kulunvalvonta-, murto- ja palohälytysjärjestelmät. (ST-käsikirja 21, 2017)

Kiinteistön rakennusautomaatiota suunnitellessa olisi hyvä integrointimahdollisuuksista huolimatta pyrkiä käyttämään vain yhtä väyläprotokollaa, jolloin mahdollisilta yhteensopivuusongelmilta vältytään. Monesti tämä ei kuitenkaan ole mahdollista urakoitsijoiden tekemien laitevalintojen tai laite/protokolla-yhteensopimattomuuden takia. Uudisrakennuskohteissa olisi hyvä päättää jo suunnittelu- tai hankevaiheessa kiinteistön rakennusautomaatiossa käytettävät väyläprotokollat. (ST-käsikirja 21, 2017)

Käytettävien väylien valintaan vaikuttaa väyläprotokollan antamat mahdollisuudet tekniikkatasolla, joista suurimmat tekijät ovat tiedonsiirtokapasiteetti, fyysiset siirtotiet ja liitettävyys muihin järjestelmiin. Väylän valinnassa on hyvä ottaa huomioon erityisesti väyläprotokollan standardointi, avoimuus ja markkina-asema, sillä vahva markkina-asema ja avoimuus takaavat yleensä paremman tuotekehitystuen ja laitteiden saatavuuden kansainvälisesti. (ST-käsikirja 21, 2017)

3 OSRAM ENCELIUM -JÄRJESTELMÄN FYYSINEN RAKENNE

Osram on kehittänyt Encelium-valaistuksenohjausjärjestelmää varten omat toimilaitteensa ja myös oman tuotevalikoimansa järjestelmän sensoreille, jotka käsitellään tässä osiossa. Järjestelmässä käytettävien toimilaitteiden ja anturien tekniikka perustuu DALI-protokollaan. Lisäksi käydään läpi järjestelmän siirtotiet. Encelium-järjestelmän rakenne on kuvan 3 mukainen.



KUVA 3. Havainnekuva Encelium-verkon rakenteesta (GreenLED, 2017)

3.1 Toimilaitteet ja anturit

Erilaisia toimilaitteita on useita, mutta järjestelmän kannalta tärkeimmät ovat Encelium ECU DALI-ohjausyksikkö (Kuva 5), tehonsyöttöyksikkö (Kuva 6) ja DALI-kytkinyksikkö (Kuva 7). Muita toimilaitteita ovat esimerkiksi liityntäyksikkö painikkeille (Kuva 8), linjavahvistimet ja linjamuuntimet, lisäksi tuotevalikoimassa on asennussarjoja erillisasennuksia varten. Järjestelmä tarvitsee myös SSU:n eli serverin toimi-

akseen. Serverinä käytetään DELL:n valmistamaa PowerEdge R230-serveriä (Kuva 4). (GreenLED, 2017)



KUVA 4. Encelium-järjestelmän serveri eli SSU (www.dell.com, 2017)



KUVA 5. Encelium-järjestelmän ohjausyksikkö eli ECU (H. Kuusinen, 2017)



KUVA 6. Osramin tehonsyöttöyksikkö (www.osram.com, 2017)



KUVA 7. Osramin DALI-kytkinyksikkö (www.osram.com, 2017)



KUVA 8. Osramin DALI-liityntäyksikkö painikkeille (www.osram.com)

Sensorit ovat pääasiassa liiketunnistimia, joihin on useimpiin integroitu valoanturi. Tunnistimia on joko valaisimiin suoraan integroitavia tai erillisiä itsenäisiä tunnistimia. Osram valmistaa myös DALI-sovittimia, joilla voidaan väylään liittää ulkoisia sensoreita. Upposennettavat sensorit ovat rakenteeltaan hyvin pienikokoisia ja tyylikkäitä, kuten kuvan 9 mukainen sensori. Ne ovat jousikiinnikkeillä varustettuja, jolloin sijoittaminen esimerkiksi alaslaskettuihin kattoihin on hyvin helppoa. Valikoimassa on myös inf-

rapunavastanottimella varustettu hallintalaite, jota voidaan käyttää erillisellä kaukosäätimellä. (www.osram.com, 2017)

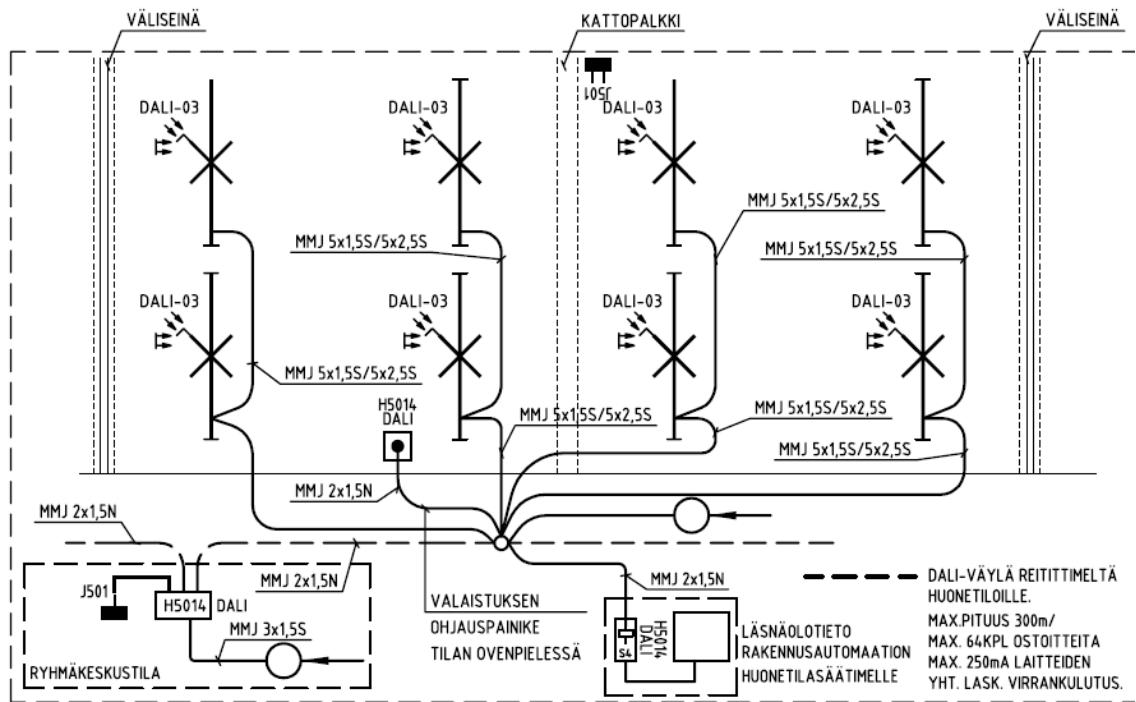


KUVA 9. DALI LS/PD CI -sensori (www.osram.com, 2017)

3.2 Siirtotiet

Encelium-järjestelmässä käytetyt väyläprotokollat ovat DALI ja TCP/IP ja kyseisille protokollille ominaisesti siirtotiet on toteutettu fyysisillä kaapeleilla. Kuvassa 10 on esimerkkikuva DALI-järjestelmän suunnittelusta. Kehittyvän tekniikan myötä myös langattomat toteutukset ovat mahdollisia hyödyntäen joko EnOcean- tai ZigBee-protokollia. Reitittimien ja SSU:n välisenä yhteyskaapelina käytetään CAT 6. (GreenLED, 2017)

DALI-väylä kaapeloidaan hyvin yleisesti käyttäen joko MMJ- tai MMO-kaapelia, jolloin väylälaitteiden tehonsyöttö ja väylä voidaan kuljettaa samassa kaapelissa Dalin hyvän häiriönsietokyvyn ansiosta. GreenLED on huomannut kohteissaan ja tutkimuksissaan MMJ 5x2,5S-kaapelissa väylän kantaman olevan jopa 300 metriä, jolloin sen käyttämisestä on tullut vakioitu kaapelointitapa. Väylän ja tehonsyötön kuljettaminen samassa kaapelissa vähentää kaapelointikustannuksia, helpottaa kaapelointia ja vähentää kaapelihyllykuormaa, joka vaikuttaa myös tehonsyöttöjen laskentakaavoissa. (GreenLED, 2017)



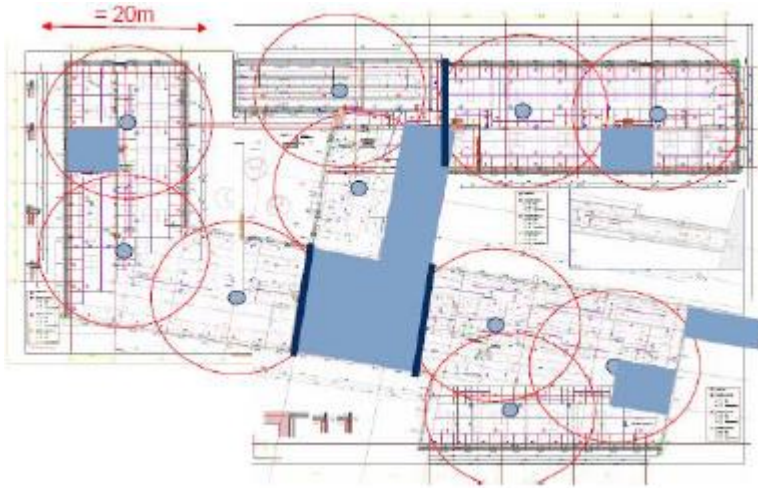
KUVA 10. Esimerkkikuva DALI-järjestelmän suunnittelusta. (Opetusmateriaali, T. Lähtenmäki, 2017)

Encelium-järjestelmä tukee myös BACnet- ja TCP/IP-rajapintansa puolesta langattomuutta, mutta toimintavarmojen laitteiden kehitys ja testaaminen on vielä kesken tätä opintonäytetyötä tehdessä (kevät 2017). Rajapinnat mahdollistavat langattomien Zig-Bee- ja EnOcean-väylien integroimisen järjestelmään. (GreenLED, 2017)

Langattomuutta suositaan nykyisellään rakennusautomaatiossa erityisesti saneerauskohteissa ja suojelluissa rakennuksissa. Myös arkkitehtuuriset ratkaisut vaikuttaa langattomuuden käyttämiseen esim. lasiseinille asennettavat kytkimet. Langattoman verkon suunnittelussa tulee suunnittelijalla olla hyvä rakennuspiirustuksien lukutaito havaitakseen mahdolliset rakenteet, jotka vaikuttavat heikentävästi signaalin kuulumiseen, kuten kantavat seinät, joiden sisällä on hyvin paljon rautaa. Verkon suunnittelussa on hyvä käyttää kuvan 11 mukaista suunnittelutapaa, jossa laitteiden signaalikantamat on piirretty. (ST-käsikirja 21, 2017)

Langattomien väyläratkaisujen etuihin kuuluu:

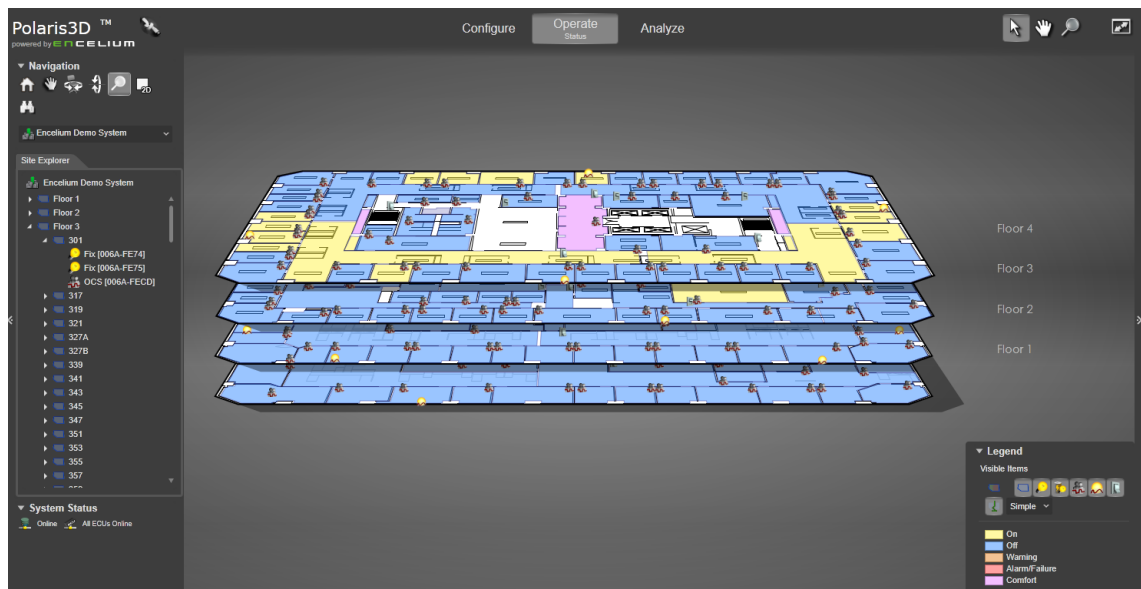
- ei kaapelointikustannuksia
- laitteiden lisääminen on helppoa ja nopeaa
- laitteet eivät ole sijaintiriippuvaisia ja sijaintia voidaan muuttaa helposti tarvittaessa
- laitteilla usein pieni energiankulutus



KUVA 11. Langattoman verkon suunnittelu (Opetusmateriaali, T. Lähtenmäki, 2017)

4 OSRAM ENCELIUM -KÄYTTÖLIITTYMÄ

Encelium-käyttöliittymän toiminta perustuu etäkäytettävään ns. pilvipalvelumalliin, jossa sijoitetaan jokaiseen kohteeseen aina oma serveri. Encelium hyödyntää Microsoftin kehittämää ja ylläpitämää Silverlight-ohjelmointiympäristöä ja kyseinen liittäminen toimii vain Internet Explorer -selaimella, joten muilla selaimilla käyttöliittymää ei voida käyttää. Käyttöliittymä on vain englanniksi. Enceliumia käytetään Polaris 3D -ohjelmistolla ja käyttöliittymän perusnäkyminen on kuvan 12 mukainen. Tässä osiossa on käytetty lähdemateriaalina GreenLED:n sisäistä tietokantaa.



KUVA 12. Encelium-käyttöliittymän perusnäkyminen demokohteesta

4.1 Projektin aloittaminen

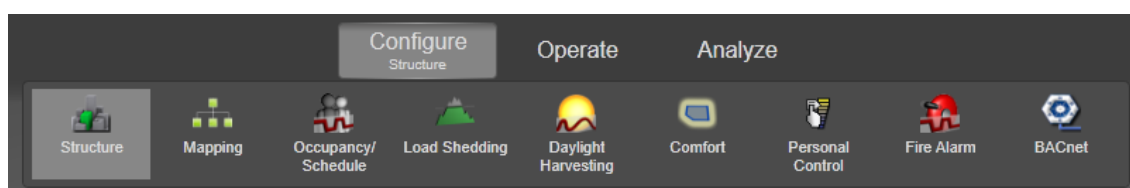
Projektin alussa arkkitehdiltä hankitaan ensin pohjakuvat, jotka siistitään käyttäen sopivaa ohjelmistoa joka avaa dwg-tiedostot esim. Draft Sight. Voi olla mahdollista, että arkkitehti on lukinnut tasot luomissaan pohjakuvissa, joten ennen kuvien lähettämistä olisi hyvä muistuttaa arkkitehtiä poistamaan mahdolliset lukitukset. Pohjakuvista poistetaan kaikki ylimääräinen jättäen jäljelle vain oleelliset rakenteet, kuten seinät, ovet, ikkunat ja mahdollinen irtaimisto, kuten työpöydät toimistoissa ja hyllyköt liiketiloissa.

Pohjakuvien siistimisen jälkeen suoritetaan kuvien skaalaaminen. Kuvaan luodaan erillinen ENC scale -taso, johon luodaan 1:1 mittakaavalla yhden metrin levyinen suora-

kulmio, jonka sisälle kirjoitetaan scale 1m. Kyseisellä skaalauslaatikolla katsotaan kuvan mittakaava oikeaksi, hyviä vertauskohtia on esimerkiksi ovet, jotka ovat yleensä 90 cm leveitä. Lisäksi ENC scale -tasossa rajataan pohjapiirustuksesta haluttu osa. Kun kuvat on skaalattu, ne konvertoidaan käyttäen Osramin kehittämää ECS image converter -ohjelmistoa. Kyseinen ohjelmisto muuntaa dwg-tiedostot egf.gz-tiedostoiksi ja sillä voidaan konvertoida useampi kuva kerralla. Kun kuvat on muutettu sopivaan muotoon, voidaan kuvat viedä ohjelmointiserverille.

4.2 Ohjelmointi

Ohjelmointi suoritetaan etukäteen ennen laitteiston kohteeseen vientiä, jolloin työmaalla läsnäolon tarve vähenee huomattavasti. Ohjelmointivaiheessa tarvitaan sähkösuunnittelijan piirtämät tasokuvat ja valaisinluettelo positiotietoineen kohteesta. Tasokuvista tarvittavia tietoja ovat valaisimien, tunnistimien ja keskuksien sijainti kohteessa. Mikäli kyseessä on saneerauskohte, tarvitaan myös valaisintiedot kohteen vanhasta valaistuksesta, jotta energiankulutusvertailu saadaan realistiseksi. Uudisrakennuskohteissa vertailun luominen riippuu täysin siitä, mihin valaistuksen energian kulutusta halutaan verrata. Uudiskohteissa vertailun tarpeena on yleensä selvittää saatu energiansäästö käyttämällä valaistuksenohjausta. Tällöin vertailuarvoiksi määritetään asennettavien valaisimien maksimiteho. Ilman valaistuksenohjausta normaalilla kytkinkäytöllä valaisimia voidaan käyttää vain täydellä teholla, kun valaistusohjauksella voidaan valaisimia käyttää tilasta riippuen paljon vähemmällä teholla.

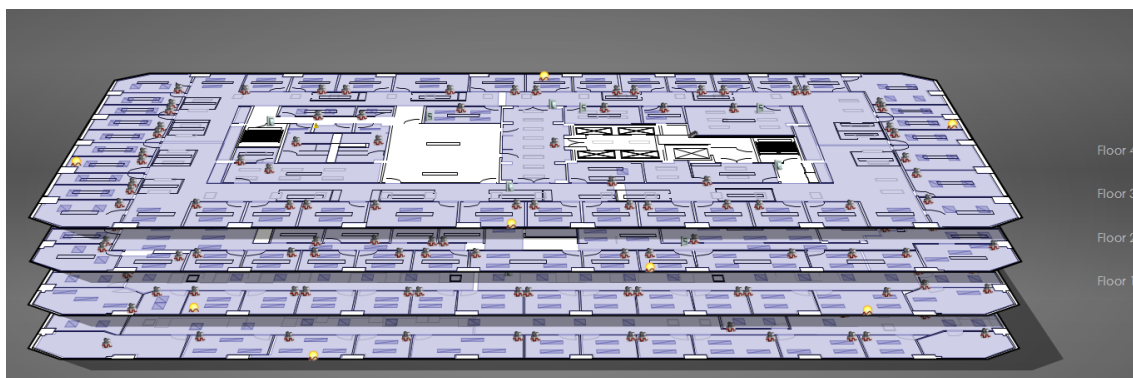


KUVA 13. Käyttöliittymän konfigurointivalikko

Konfigurointi tapahtuu konfigurointivalikon Structure-tilassa (Kuva 13). Ennen pohjakuvien siirtoa täytyy kuitenkin käyttöliittymään luoda kerros tai kerrokset ja pohjakuva(t) tuodaan yksitellen jokaiseen luotuun kerrokseen. Pohjakuvien siirtämisen jälkeen kuviin sijoitetaan järjestelmän laitteet aloittaen SSU:sta, jonka jälkeen sijoitetaan ohjausyksiköt (ECU). Laitteiden osoitteita ei määritetä vielä tässä vaiheessa. Seuraavaksi luodaan valaisinmallit, joihin tarvitaan valaisimien tehotiedot ja XY-mitat.

Valaisimien luonnin jälkeen valaisimet siirretään omille paikoilleen pohjakuvaan sähkösuunnittelijan tekemän tasopiirustuksen mukaisesti. Sijoitteluvaiheessa valaisinobjekteihin ilmestyy varoituskolmio, joka indikoi osoitteen puuttumista tai objektin liittymisen alueeseen puuttumista. Tämän jälkeen kuviin voidaan sijoittaa muut objektit, kuten kytkimet. Mikäli samoihin objekteihin halutaan tehdä samat muutokset, onnistuu se yksinkertaisesti valitsemalla kaikki muutettavat objektit, jolloin muutoksia ei tarvitse tehdä yksitellen.

Objektien lisäämisen jälkeen pohjakuviin lisätään alueet(zone). Alueet ryhmittävät alueella olevat objektit toimivaksi ryhmäksi, esim. liiketunnistin linkittyy alueella oleviin valaisimiin. Ohjelmassa on valmiiksi ennalta määritettyjä alue-malleja, mutta tarvittaessa niitä voidaan luoda lisää. Alueiden lisääminen tapahtuu yksinkertaisesti lisäämällä tilan nurkkapisteet, jolloin monimuotoisemmankin alueen piirto onnistuu helposti. Nurkkapisteitä voidaan siirtää jälkikäteen, mikäli aluetta halutaan hienosäätää. Alueiden ominaisuudet-välilehdellä voidaan määrittää alueen käyttäytyminen, tilannevalaistukset (Scene) sekä henkilökohtainen ohjaus ja BACnet-liitännäisyydet. Alueita määritettäessä on mahdollista luoda alialueita, joiden toiminnot ovat riippuvaisia pääalueesta. Alueiden ja objektien lisäämisen jälkeen näkymä kohteesta tulisi olla kuvan 14 kaltainen.



KUVA 14. 3D-kerrosnäkökuva valmiista kohteesta

Enceliumin yksi oleellisimmista energiansäästötavoista on päivänvalon mittaaminen. Väyläanturit on varustettu liiketunnistus- ja valoisuusanturilla, mutta mahdollisuus on myös käyttää yksittäisiä valoisuusantureita, joita suositellaan sijoitettavaksi rakennuksen jokaiselle julkisivulle yksi kappale. Parhaimman sääötavan saa kuitenkin hyödyntämällä monitoimiantureita, jolloin anturipisteitä on enemmän ja ohjaus on tilakohtaisempaa. Päivänvalon hyödyntäminen tapahtuu lisäämällä anturiobjekti haluttuun paik-

kaan ja piirtämällä sille oma alueensa (zone). Valoisuusanturista käytetään ohjelmassa lyhennettä PHS eli photo sensor. Objektin valinnassa täytyy valita, että vaikuttaako anturi tiettyyn (Dedicated), jaettuun (Shared) vaiko avoimeen (Skylight) alueeseen. Alueen piirtämisen jälkeen valikoidaan valaisimet, joihin ohjaustavan halutaan vaikuttavan. Kuvassa 15 on esimerkkitapaus valoisuusanturin vaikutusalueesta ja valikoiduista valaisimista.



KUVA 15. Päivänvalon keruun vaikutusalue

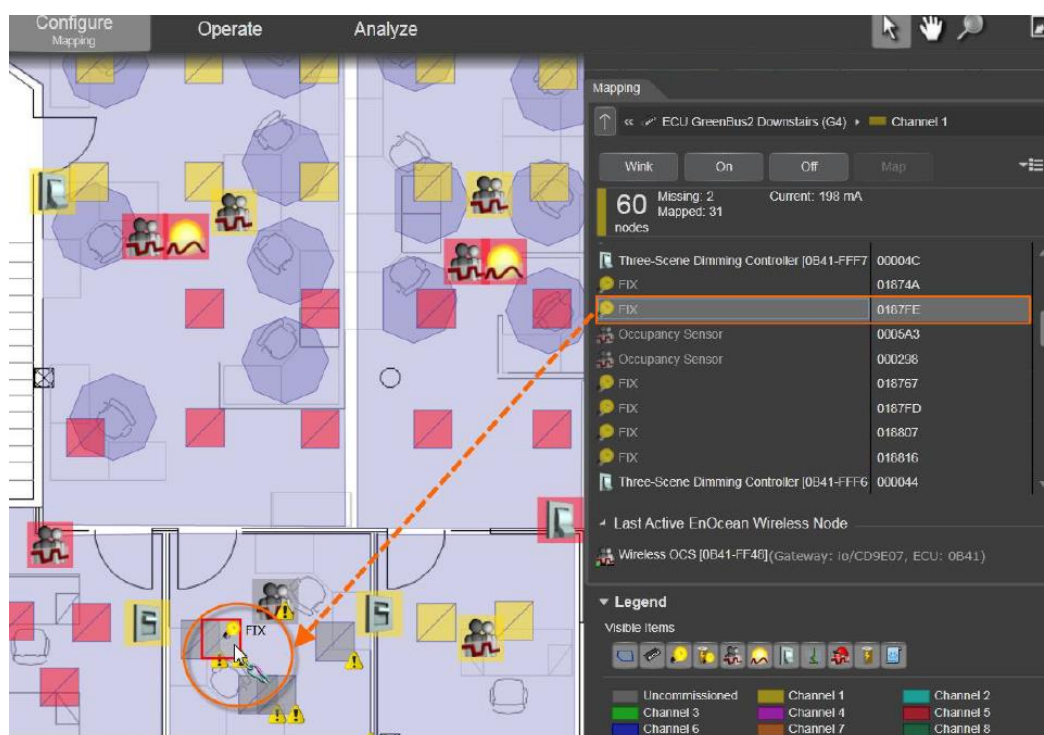
4.3 Käyttöönotto

Käyttöönottovaiheeseen siirryttäessä on oltava kiinteistön kaapelointi eli fyysisen verkon luonti, väylälaitteiden asennukset ja Enceliumin esiohjelmointi suoritettuna. Käyttöönotto aloitetaan asentamalla SSU räkkiin eli telekaappiin. Asennuksen jälkeen otetaan SSU:n lisenssitiedot ja Windows 7:n asennuslevy talteen. SSU:ssa on kaksi tietoliikenneporttia, Gb1 ja Gb2, joista ensimmäinen on internet-yhteyttä varten ja jälkimmäinen sisäverkkoa varten. Porttien rajallisuuden takia hyödynnetään erillistä Ethernet-kytkintä, jolla saadaan sisäverkon lähtöjä useampi. Aluksi SSU:hun kytketään virta ja sitten SSU:hun kytketään kannettavalla tietokoneella kiinni käyttäen Ethernet-kaapelia. Tietokoneen verkkoasetuksista tulee asettaa seuraavat tiedot, jotta yhteyden muodostaminen onnistuu:

- IP address 172.24.172.XXX (ei kuitenkaan 02, 200 tai 70-80)
- Subnet 255.255.255.0
- Default gateway 172.24.172.1

Yhteyden muodostaminen SSU:hun tapahtuu käyttäen esimerkiksi TeamViewer-ohjelmistoa, joka on suunniteltu tietokoneiden etäkäyttämiseen. Yhteydenottoa varten täytyy katsoa oikea porttinumero, IP-osoite, käyttäjätunnus ja salasana SSU:n manuaalista. Kun yhteys on saatu aikaiseksi, tarkistetaan ensimmäiseksi ENCELIUM EMS-ohjelman versionumero ja tarvittaessa päivitetään uusimpaan. Tämän jälkeen ohjelmaan ladataan (Import) ohjelmointivaiheessa luotu tiedosto.

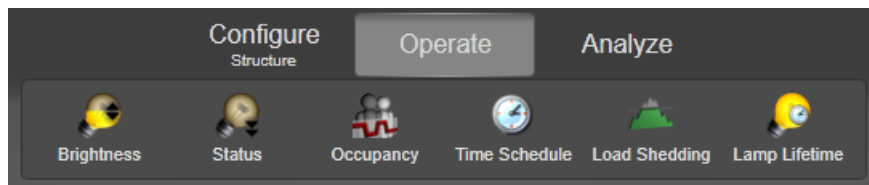
Käyttöönottovaiheen tärkein osa on valaisimien ja laitteiden linkittäminen pohjakuvassa oleviin objekteihin, toimintoa kutsutaan ohjelmassa nimellä Mapping. Aluksi täytyy kuitenkin etsiä väylästä toimilaitteet käyttäen Find devices -toimintoa ja skannata jokainen löytynyt toimilaite. Toimilaitteiden mappaus suoritetaan linkittämällä Mapping-valikon laitelistalla olevat laitteet pohjakuvissa oleviin objekteihin, mikäli ei ole varma, että mikä ECU on mikäkin, on ECU:t varustettu ledillä, jota voidaan vilkuttaa (Wink) ohjelmasta. Valaisimien mappaus suoritetaan vilkuttamalla jokaista valaisinta yksitellen laitelistalta ja linkittää laite listalta (Kuva 16) pohjakuvassa olevan objektin päälle. Tässä vaiheessa laitteet saavat osoitteensa automaattisesti. Vilkuttamisen sijaan on mahdollista myös käyttää ON/OFF-toimintoa. Mappaamisen jälkeen on suositeltavaa varmuuskopioida (System Snapshot) järjestelmä. Varmuuskopiointi on mahdollista asettaa automaattiseksi toiminnoksi halutulla aikavälillä ja ajankohtana.



KUVA 16. Näkymä Mapping-valikosta

4.4 Operointi

Käyttöliittymässä on erikseen operointivälilehti (Kuva 17), jossa voidaan suorittaa eri toimintoja alla olevan listauksen mukaisesti.



KUVA 17. Käyttöliittymän operointivalikko

Brightness: Kun tämä toiminto aktivoidaan, värjätty pohjakuvassa olevat alueet niiden sen hetkisen kirkkaustason mukaan. Tällä toiminnolla on myös mahdollista säätää joko alueiden tai yksittäisten valaisimien kirkkaustasoa. Toiminnossa myös näkyy punaisena alueet, joissa valaisin on rikki. (Kuva 18)

Status: Tämän toiminnon aktivoituessa värjätty pohjakuvassa olevat alueet niiden tilatiedon mukaan eli onko valot päällä vai ei. Tässä toiminnossa on myös mahdollista säätää alueiden tai yksittäisten valaisimien kirkkaustasoa.

Occupancy: Tässä toiminnossa pohjakuva värjätty alueiden liiketunnistimien antamien läsnäolotietojen perusteella eli onko tilassa liikettä vai ei.

Time schedule: Tämä toiminto värjää pohjakuvassa olevat alueet sen mukaan, missä on käytössä aikaohjelmia. Aikaohjelmiin on mahdollista tehdä muutoksia tällä toiminnolla.

Load shedding: Tämä toiminto värjää pohjakuvassa olevat alueet niiden kuormituksen perusteella. Punainen väri indikoi suurta kulutusta ja vihreä vähäistä.

Lamp lifetime: Tämä toiminto värjää pohjakuvassa olevat valaisimet niiden käyttötuntien perusteella. (Kuva 19)



KUVA 18. Brightness-näkymä

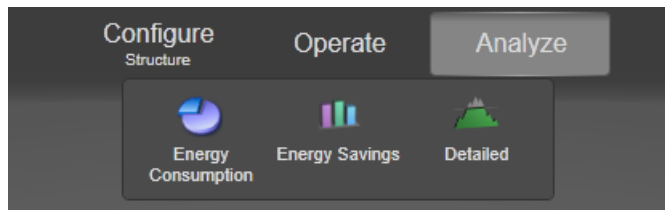


KUVA 19. Lamp lifetime-näkymä

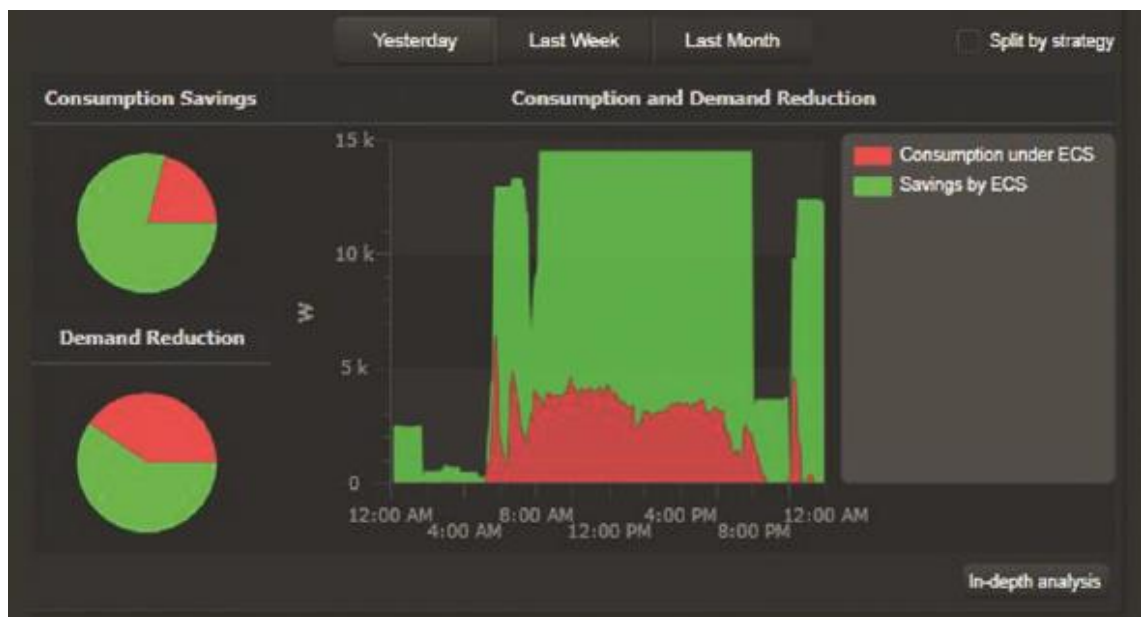
4.5 Analysointi

Encelium-käyttöliittymässä on myös Analyze-välilehti (Kuva 20), jossa pystytään analysoimaan järjestelmän reaaliaikaista energiankulutusta ja -säästöä visuaalisen pohjakuvaesityksen ja diagrammien avulla. Analysointia varten on hyvin tärkeää ohjelmointivaiheessa luoda vertailupohja järjestelmän todelliselle kulutukselle. Aktivoimalla toiminto Energy Consumption, värjäytyy pohjakuva energiankulutuksen perusteella. Energy Savings -toiminnon aktivoinnilla pohjakuva värjäytyy laskennallisen energiansäästön perusteella. Molemmissa toiminnoissa on mahdollista klikata haluamaansa aluetta yksityiskohtaisempia tietoja varten. Yksityiskohtaisemmissa tiedoissa on mahdollista tarkastella esim. energiansäästöä yleisesti (Kuva 21), mutta mahdollisuus on tarkastella paljon yksityiskohtaisemmin saatua energiansäästöä eri toimintojen perusteella, kuten aikaoh-

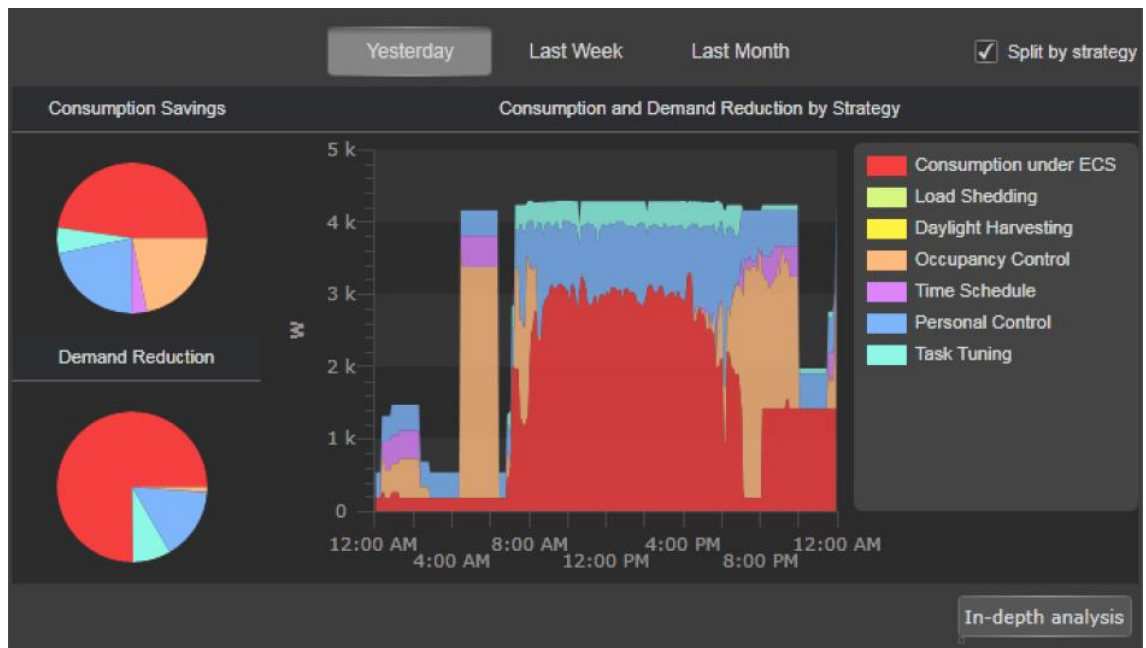
jaus ja läsnäolotunnistus, kuvan 22 mukaisesti. Analysoinnissa on myös mahdollisuus suorittaa läsnäoloseurantaa yksittäisten läsnäoloanturien mukaisesti.



KUVA 20. Käyttöliittymän analysointivälilehti



KUVA 21. Yksinkertainen energiansäästöraportti



KUVA 22. Toimintokohtaisesti jaoteltu energiansäästöraportti

Yllä olevien energiansäästöraporttien vertailu perustuu järjestelmään syötettyihin vertailuarvoihin ja reaaliaikaisen kulutuksen mittaukseen. Raporteissa oleva Consumption under ECS tarkoittaa ohjauksen avulla saavutettua reaaliaikaista kulutusta ja muut arvot on muotoiltu vertailuarvojen perusteella saatujen säästöjen perusteella. Kuvassa 21 oleva Savings by ECS kuvastaa valaistuksen kulutusta ilman Encelium-järjestelmää.

4.6 Etäkäyttö

Enceliumin tärkeimpiin ominaisuuksiin kuuluu sen etäkäyttömahdollisuus. Järjestelmän etäkäyttö voidaan toteuttaa useilla eri tavoilla. SSU on käytännössä Windows 7-käyttöjärjestelmällä toimiva palvelin, joten etäyhteys voidaan rakentaa samalla tavalla kuin muihinkin tietokoneisiin tai palvelimiin. Yleisimmin käytetään kuitenkin erillisiä ohjelmistoja, kuten TeamVieweriä tai VPN-yhteydellä suojattua Windows-etätyöpöytäyhteyttä.

4.7 Käyttöoikeudet

Enceliumissa on mahdollista luoda eri käyttäjätasoja alla olevan luettelon mukaisesti. Esim. toimistotyöntekijälle annetaan pronssitason oikeudet, jolloin hän pystyy säätelemään toimistohuoneensa valaistusta. Mikäli tämän kaltainen ohjausmahdollisuus halutaan luoda, on se otettava huomioon ohjelmointivaiheessa alueita luodessa, jolloin voi-

daan sallia alueen henkilökohtainen käyttäminen. Tämän voi myös sallia käyttöönotonkin jälkeen järjestelmäylläpitäjän toimesta.

Standard: Mahdollistaa vain kirkkaus- ja tilatietojen näkemisen.

Bronze: Alin taso järjestelmäoperaattoreista, ei pysty muokkaamaan järjestelmän parametreja. Pystyy ainoastaan kontrolloimaan sallitun alueen valoja ja muokkaamaan jo olemassa olevia aikaohjelmia.

Silver: Samat oikeudet kuin pronssissa, pystyy lisäämään uusia aikaohjelmia ja katselemaan järjestelmän tietoja.

Gold: Samat oikeudet kuin hopeassa. Pystyy lisäksi suorittamaan yksinkertaisia käyttöönototehtäviä. Kultatason käyttäjillä on oikeudet muokata yleisimpiä järjestelmäparametreja ja tehdä muutoksia järjestelmän rakenteeseen.

Platina: Platinatason käyttäjillä on oikeudet koko järjestelmään. Järjestelmäylläpitäjällä on yleensä nämä oikeudet.

Rhenium (System Administrator): Tämä taso on varattu Encelium-valtuutetuille henkilöille.

4.8 Aikaohjelmat

Aikaohjelmien käyttäminen tarkoittaa yksinkertaisesti valaisimien ohjaamista aikaperusteisesti. Aikaohjelmaohjausta käytetään yleensä käytävien ja muiden vastaavien yleisien tilojen ohjaamiseen ja ne määritellään kiinteistön aukioloaikojen perusteella. Aikaohjelmien määrittäminen suoritetaan yleensä jo ennen järjestelmän käyttöönotto vaihetta, mutta niiden muokkaaminen ja lisääminen onnistuu myös käyttöönoton jälkeen helposti.

Aikaohjelmien luonti aloitetaan määrittelemällä aikavyöhyke, joka riippuu kohteen sijainnista. Aikaohjelma voidaan konfiguroida joko yksittäiselle valaisimelle tai alueelle, joka on yleisimmin käytetty vaihtoehto. Uuden aikaohjelman lisääminen tapahtuu luomalla uusi tapahtuma, jossa määritetään tapahtuman aloitus- ja loppumisajankohdat ja toistuminen kuvan 23 mukaisesti.

Edit Event

Subject: Office Hours

Description:

Start on: 4/28/2015

at: 08:00 AM

End at: 05:00 PM

Next Day

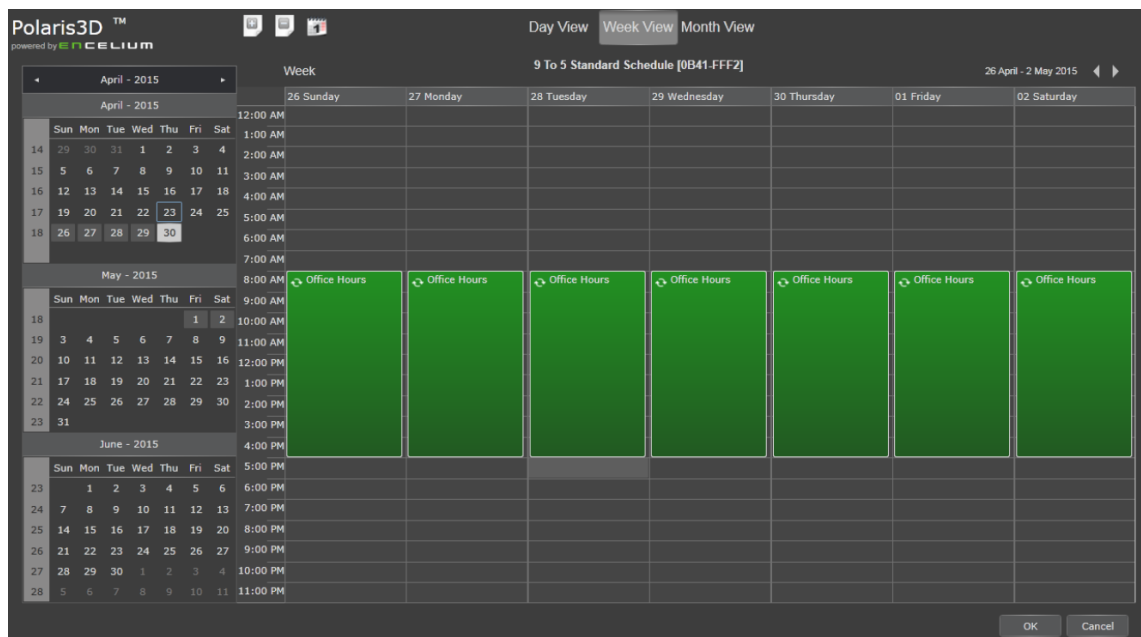
All day event

▶ Additional Properties

Save and Close Cancel

KUVA 23. Tapahtuman lisääminen

Tapahtuman aloitusajaksi on mahdollista asettaa auringon nousu ja vastaavasti loppumisajankohdaksi auringon lasku, mutta tämän vaihtoehdon käyttäminen edellyttää kohteen globaalien sijainnin määrittämisen todellisten koordinaattien perusteella. Kuvassa 24 on esimerkki yleisen toimistotyöajan klo 8-16 mukaisesta aikaohjelmasta. Aikaohjelmien välille on mahdollista tehdä riippuvuus, jolloin esimerkiksi loma-aikojen mukaan tehty erillinen aikaohjelma estää normaalin aikaohjelman käyttämisen.



KUVA 24. Esimerkki aikaohjauksesta

4.9 Hälytysraportit

Enceliumissa on itse käyttöliittymässä hälytyksistä ilmoittaminen, kuten laiteviat tai yhteyden katoaminen laitteiden välillä. Ilmoituksista on mahdollista saada ilmoitus sähköpostitse, joka määritetään käyttäjää luodessa kuvan 25 mukaisesti.

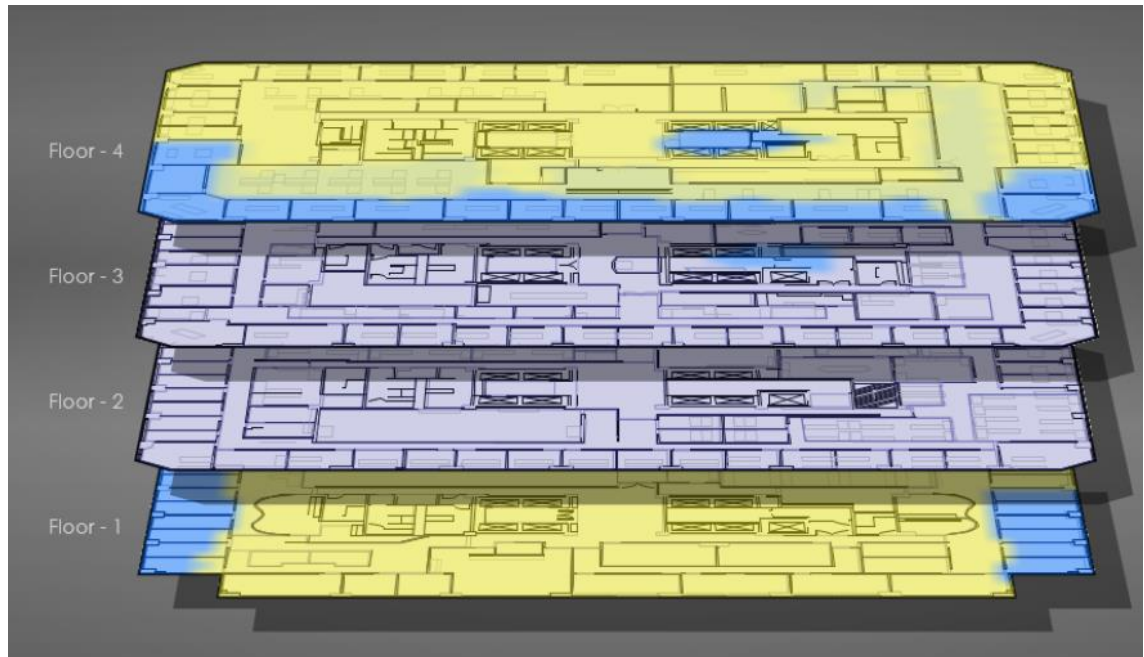
KUVA 25. Käyttäjätilin luonti

4.10 Vianetsintä

Encelium-järjestelmä on suunniteltu hyvin toimintavarmaksi, mutta vikoja saattaa kuitenkin ilmetä. Mahdollisia vikoja voi olla ECU:n tai SSU:n yhteyden katoaminen tai valaisimien toimimattomuus. Järjestelmän toimiessa DALI-väylän päällä, fyysisestä yksinkertaisuudesta johtuen viat ovat yleensä loogisia. Mikäli kaapeloinnissa on vika, ilmenee se jo käyttöönottovaiheessa, kun kentällä olevien valaisimien yhteys tarkistetaan eli Mapping-vaiheessa.

Mikäli käyttöliittymä näyttää järjestelmään sisään kirjaututtaessa kuvan 26 kaltaiselta tai järjestelmän tilatiedoista ilmenee, että ECU ei ole päällä (Offline) eli siihen on yhteys kadonnut, aloitetaan vianetsintä Windowsin komentopaneelilla ping-menetelmällä, jota varten täytyy olla tiedossa ECU:n IP-osoite. Pingauksen epäonnistuessa tulee tarkistaa fyysisien kaapeleiden ja liittimien kunto. Jos ne ovat kunnossa, suositellaan ECU:n uudelleenkäynnistämistä. Mikäli mikään näistä ei auta, täytyy ottaa yhteyttä ENCELIUM-tekniiseen tukeen tai vaihtaa ECU uuteen.

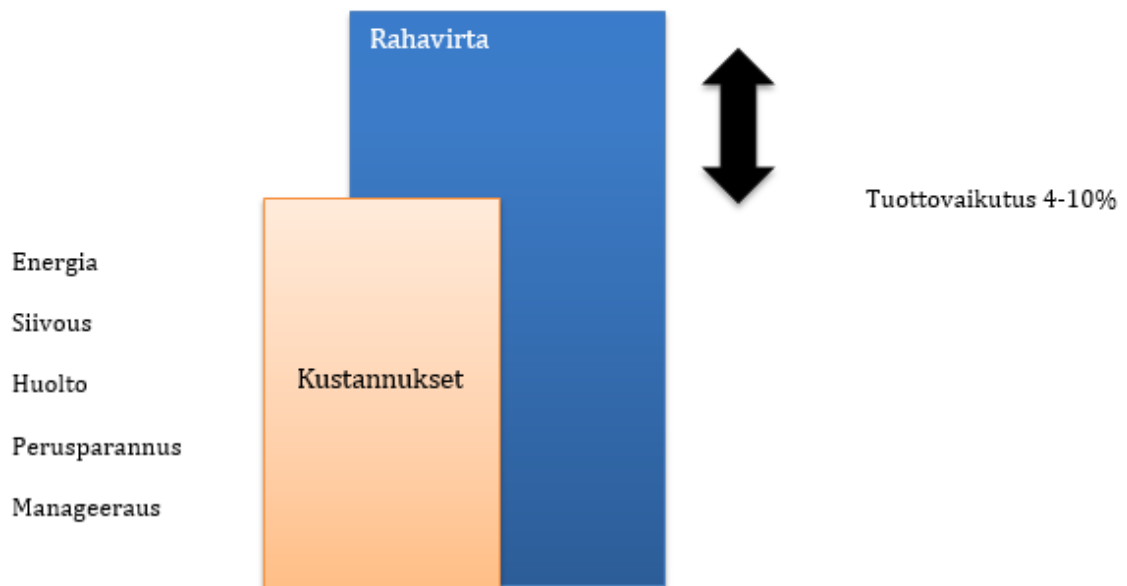
SSU:n vikatilanteita voi olla järjestelmään sisäänkirjautumisen tai muutosten tekemisen estyminen järjestelmän ilmoittaessa virhetilanteesta. Tällöin käytetään samoja menetelmiä kuin ECU:n vianetsinnässä.



KUVA 26. Vikatilanne järjestelmässä

5 OSRAM ENCELIUM -JÄRJESTELMÄ CASE SCHNEIDER ELECTRIC

Opinnäytetyöhön sisältyi palaveri Schneiderin Electricin toimitiloissa Vantaalla 27.3.2017. Palaverin osallistujat olivat Henri Kuusinen (TAMK), Vesa Vähänen (GreenLED), Eemeli Kyröläinen (GreenLED) ja Jan Mattsson (Schneider). Palaverissa pohdittiin rakennusautomaation tuomia etuja ns. ylätasolla, jolla tarkoitetaan investorien ja kiinteistöjen omistajien näkökulmaa. Kiinteistön kustannukset koostuvat kuvion 3 mukaisesti kiinteistön energia-, siivous-, huolto-, kehitys- ja hallinnointikuluista. Yleisesti itse kiinteistön tuottovaikutus on välillä 4-10 %, ja tämä on se luku, jota kiinteistön omistajat haluavat kasvattaa. Rakennusautomaatio on aina investointi ja sen tulisi tuottaa takaisinmaksuajan jälkeenkin voittoa. Hyvin suunnitellulla rakennusautomaatiojärjestelmällä voidaan vaikuttaa kustannuksien perusominaisuuselementeistä suoraan energia-, huolto- ja hallinnointikustannuksiin.



KUVIO 3. Kiinteistön kehittämistä ohjaava investori-näkökulma (GreenLED)

Palaverissa pohdittiin eri segmenttejä, joissa Encelium-järjestelmää voitaisiin hyödyntää osana kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmää. Palaverin lopputuloksena saatiin muodostettua taulukoiden 3-5 mukaiset kohteet ja hyödyt investorien näkökulmasta. Palaverissa pohdittiin myös itse kiinteistön käyttäjälle saatavia hyötyjä ja lisäksi ratkaisu-näkökulma, jossa kuvataan Encelium-järjestelmän tarjoamia mahdollisuuksia.

ST-käsikirjassa 17 rakennusautomaatioinvestoinnille määritellään keskeiset tavoitteet, joiden voidaan katsoa täyttyvän valaistuksen osalta selkeästi Encelium-järjestelmässä tämän opinnäytetyön asiasisällön perusteella. Käsikirjan määrittelemät keskeiset tavoitteet rakennusautomaatiolle ovat:

- toteuttaa prosessien säädöt ja ohjaukset suunnitelmien edellyttämällä tavalla
- valvoa taloteknisiä toimintoja hälytyksin ja mittauksin
- tuottaa kulutus-, energiatehokkuus- ja tilastomateriaalia auttamaan laitoksen toiminnallista ja energiatehokasta ylläpitoa
- tarjota käyttäjälle ja ylläpitäjälle käyttöliittymä, joka on selkeä, ymmärrettävä ja päivittäistä käyttöä tukeva.

TAULUKKO 3. Toimisto-, senaatti- ja koulukiinteistöt

Segmentti	Omistajan hyödyt	Käyttäjän hyödyt	Ratkaisut
	Kehityskohde (investori maksaa)		
Toimisto/Vakuutusyhtiöt Pankit Kiinteistöinvestointi	<ul style="list-style-type: none"> - Tuottovaikutus paranee (muuttuvien kust. pieneminen) - Mahdollisuus tasapainottaa opex/capex (kaupankäynnissä, ylläpitokust. pienentäminen, tasearvon plus/miinus vaikutus) - Tuottovaikutuksen varmistaminen (vuokralaisen pysyvyys/pidemmät vuokrasopimukset) 	<ul style="list-style-type: none"> - Olosuhdehyöty (valaistus, ilmastointi, jäähdytys, lämmitys) - Tiedon lisääntyminen - Muuntojoustavuus 	<ul style="list-style-type: none"> - Integraatio (Kaikki yhden rajapinnan alle) - Etävalvonta - Data-analytiikka - Kulutuksen seuranta - Tehokkuuden visualisointi
Senaatti	<ul style="list-style-type: none"> - Ajankäytön tehostaminen - kiinteistöjen ylläpidossa - miten hoidetaan kiinteistöjä pienemmillä resursseilla - Energia- ja ympäristösäästö (hyöty) - Valmiit kokonaisvaltaiset konseptit - Pienemmät elinkaarikustannukset - Vanhojen kiinteistöjen modernisointi 	<ul style="list-style-type: none"> - Olosuhdehyöty (valaistus, ilmastointi, jäähdytys, lämmitys) - Automaattisen tiedon lisääntyminen 	<ul style="list-style-type: none"> - Etäpalvelu, toimittajalta olosuhdelupaus 90-99% varmuudella - Ylläpitotehtävien ja olosuhteiden automaattiraportointi koko kiinteistöistä
Koulut, päiväkodit ja urheiluhallit/Julkinen sektori	<ul style="list-style-type: none"> - Korjausvelan pienentäminen - Parempi ylläpitokustannusten hallinta ja muuttuvien kustannuksien pienentyminen - Pienemmät elinkaarikustannukset - Keskitetty hallinta vähemmällä henkilömäärällä 	<ul style="list-style-type: none"> - Olosuhdehyöty (valaistus, ilmastointi, jäähdytys, lämmitys) - Automaattisen tiedon lisääntyminen - Käyttäjien turvallisuus 	<ul style="list-style-type: none"> - Integraatio (Kaikki yhden rajapinnan alle) - Etävalvonta - Data-analytiikka - Kulutuksen seuranta - Tehokkuuden visualisointi

TAULUKKO 4. Teollisuuskiinteistöt ja urheilu- ja parkkihallit

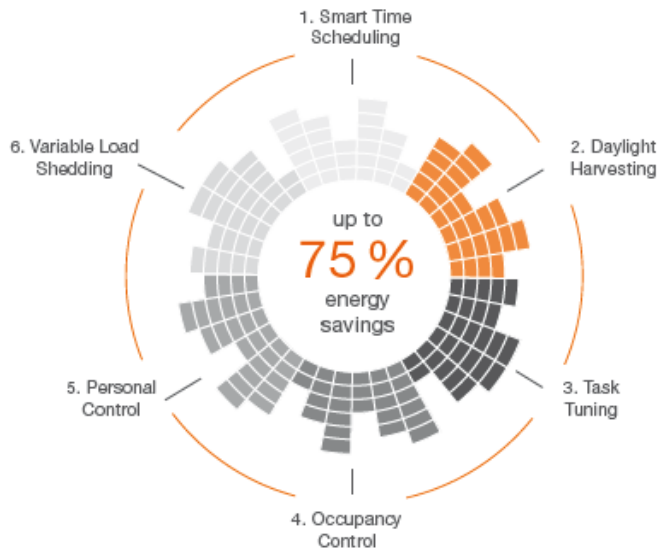
Teollisuus/Prosessi ja tuotanto	<ul style="list-style-type: none"> - Käyttövarmuus - Etähallinta - Olosuhteet paranee - Tuottavuus/tehokkuus kasvaa - Työturvallisuus paranee - Virheiden määrä vähenee - Käyttöseuranta - Työntekijäresurssien valvonta 	<ul style="list-style-type: none"> - Työntekijöiden turvallisuus - Olosuhdehyöty (valaistus, ilmastointi, jäähdytys, lämmitys) - Työn tehostaminen 	<ul style="list-style-type: none"> - Raportoinnin tarjonta - Kulutuksen seuranta
Urheiluhallit/Yksityiset	<ul style="list-style-type: none"> - Valaistuksen tilanneohjaus - Järjestelmien optimoinnin kautta tuleva säästö - Olosuhteet paranee - Tuottavuus/tehokkuus kasvaa - Työturvallisuus paranee - Virheiden määrä vähenee - Kehityksen kestävä järjestelmä (Future-proof) 	<ul style="list-style-type: none"> - Olosuhdehyöty (valaistus, ilmastointi, jäähdytys, lämmitys) - Automaattisen tiedon lisääntyminen - Käyttäjien turvallisuus 	<ul style="list-style-type: none"> - Integraatio (Kaikki yhden rajapinnan alle) - Etävalvonta ja -hallinta - Data-analytiikka - Kulutuksen seuranta - Kulun seuranta - Tehokkuuden visualisointi
Parkkihalli/Yksityinen	<ul style="list-style-type: none"> - Olosuhteet paranee - Valaistuksen ohjattavuus ja käytettävyyden monipuolisempaa ja käytön mukaan optimoituja 	<ul style="list-style-type: none"> - Olosuhdehyöty (valaistus, ilmastointi) - Automaattisen tiedon lisääntyminen - Automaattisen tiedon lisääntyminen 	<ul style="list-style-type: none"> - Kulutuksen käytön seuranta - Tilojen käytön seuranta

TAULUKKO 5. Sairaala-, logistiikka- ja kauppakiinteistöt

Terveydenhoitoala/JS	<ul style="list-style-type: none"> - Turvallisuus - Potilaiden viihtyisyys - Hygienia (automaatisointi, fyysisen kontaktin väheneminen esim. valokytkimissä) - Reaktioaika hälytystilanteisiin paranee - Käyttövarmuus ja tasainen laatu - Kulunseuranta (laaja tunnistinverkko) - Matalat energiakustannukset - Sisäolosuhteet - Muuntojoustavuus 	<ul style="list-style-type: none"> - Asukkaiden ja työntekijöiden turvallisuus - Työajan vapauttaminen hoitotehtäviin - Työn tehostaminen 	<ul style="list-style-type: none"> - Testatut integraatiot - Integraatio (Kaikki yhden rajapinnan alle) - Itsenäiset järjestelmät - Etävalvonta - Data-analytiikka - Kulutuksen seuranta - Tehokkuuden visualisointi
Logistiikka	<ul style="list-style-type: none"> - Käyttövarmuus - Etähallinta - Olosuhteet paranee - Tuottavuus/tehokkuus kasvaa - Työturvallisuus paranee - Virheiden määrä vähenee - Käyttöseuranta - Työntekijäresurssien valvonta 	<ul style="list-style-type: none"> - Työntekijöiden turvallisuus - Olosuhdehyöty (valaistus, ilmastointi, jäähdytys, lämmitys) - Työn tehostaminen 	<ul style="list-style-type: none"> - Raportoinnit - Kulutuksen seuranta
Kaupat Kauppakeskukset	<ul style="list-style-type: none"> - Etähallinta (aika ja resurssihyöty) - Helppokäyttöisyys - Parempi ylläpitokustannusten hallinta (opex) - Resurssitarve pienenee - Liiketoiminnan kannattavuus paranee (käyttökate) - Kehityksen kestävä järjestelmä (Future-proof) - Järjestelmien optimoinnin kautta tuleva säästö - Henkilökunnan turvallisuus (esim. ryöstön kohteena olevan kassan päällä valot vilkkuu, psykologinen vaikutus) 	<ul style="list-style-type: none"> - Olosuhdehyöty (valaistus, ilmastointi, jäähdytys, lämmitys) - Työntekijöiden ja asiakkaiden turvallisuus - Muuntojoustavuus 	<ul style="list-style-type: none"> - Integraatio (Kaikki yhden rajapinnan alle) - Etävalvonta ja -hallinta - Data-analytiikka - Kulutuksen seuranta - Kulun seuranta - Tehokkuuden visualisointi

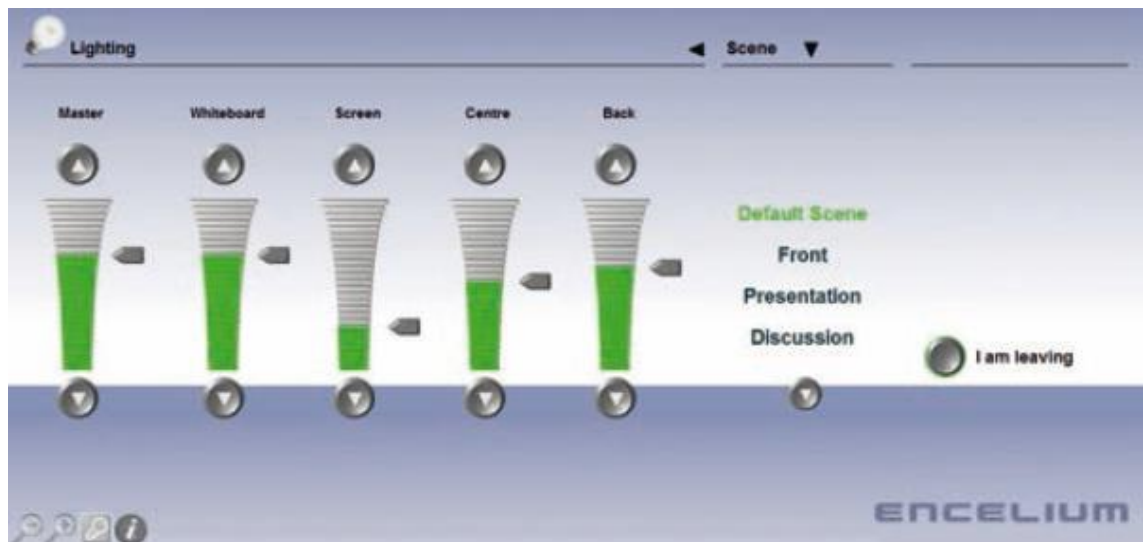
Encelium-valaistuksenohjausjärjestelmän mahdollistamat oleelliset hyödyt voidaan jakaa kuvan 27 mukaisesti kuuteen eri kategoriaan, jotka voivat mahdollistaa jopa 75 prosentin energiansäästön verrattuna yksinkertaisiin valaistuksenohjausjärjestelmiin. Yksinkertaisella valaistuksen ohjausjärjestelmällä tarkoitetaan esim. vanhanaikaista T8-

loisteputkivalaistusta ON/OFF-kytkimillä. Kiinteistöjen valaistuksen suunnittelussa keskitytään helposti vain valaisimien hankintakustannuksiin ja teho-ominaisuuksiin. Kiinteistöjen valaistusjärjestelmää suunniteltaessa olisi kuitenkin järkevää ottaa huomioon valaistusjärjestelmän energia- ja kunnossapitokustannukset. Hyvin suunniteltu valaistuksen ohjausjärjestelmä kestää kehitystä, säästää energia- ja kunnossapitokustannuksissa, luo käyttäjälle paremmat olosuhteet ja tarjoaa reaaliaikaista seuranta. (GreenLED, 2017)



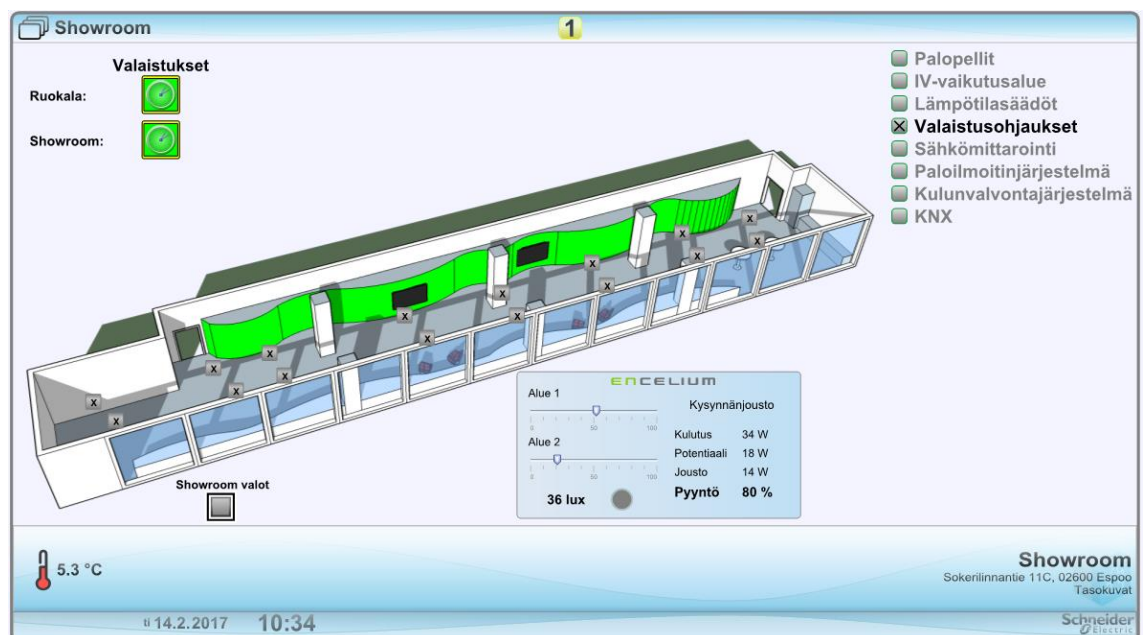
KUVA 27. Energiansäästöön vaikuttavat tekijät. (Osram, Encelium Brochure, 2017)

Osramin Encelium -järjestelmän etuja käyttäjälle on jo itsessään sen oman käyttöliittymän monipuolinen ja selkeä visualisointi, mutta järjestelmästä on mahdollista luoda myös erillisiä yksityiskohtaisempia käyttöliittymiä. Kuvan 28 mukainen käyttöliittymä on tarkoitettu huonekohtaista valaistuksen säätämistä varten, jossa on mahdollisuus käyttää esiasetettuja valaistustilanteita, mutta myös yksilöllinen valaistusryhmien säätäminen on mahdollista. (GreenLED, 2017)



KUVA 28. Esimerkki henkilökohtaisesta ohjauspaneelistä (GreenLED, 2017)

Osramin Encelium -järjestelmän BACnet-rajapintaa hyödyntämällä on myös mahdollista luoda erillinen käyttöliittymä hyvinkin yksityiskohtaisilla tiedoilla kuvan 29 mukaisesti. Tässä esimerkissä on kysynnänjoustoa ajatellen luotu käyttöliittymä, jossa käyttöliittymästä on nähtävillä valaistuksen reaaliaikainen energiankulutus ja sen potentiaalinen joustomäärä. Mallitilassa on hyödynnetty valoisuusanturia, jolla otetaan huomioon valaisimien ja päivänvalon yhteinen valoisuusmäärä ja sitä on verrattu tilalle asetettuun oletusvaloisuusmäärään. (GreenLED, 2017)



Kuva 29. Schneiderin esimerkki BACnet-integraation visualisoinnista (Schneider, T. Pylvänen, 2017)

Käytännön tasolla Osram Encelium -valaistuksenohjausjärjestelmän konkreettisia hyötyjä voisi yleisesti olla:

- Valaisinjärjestelmän huollon kannalta esim. huoltotoimenpiteet voidaan aikatauluttaa helposti reaaliaikaisen laite seurannan avulla.
- Valaisinhuollon aikavälin pidentäminen hyödyntäen olosuhdeohjausta. Esim. tilassa, jossa kaikki valot on asetettu toimimaan 70 %:n käyttöasteella, voitaisiin yhden valaisimen rikkoontumisen jälkeen nostaa ehjien valaisimien valaistustasoa siten, että valaistusolosuhde tilassa säilyisi silti samana huoltoon saakka.
- Päivänvalo-ohjauksella valaistuksen optimointi tiloissa, joissa on paljon ikkunapinta-alaa.
- Astronominen aikaohjaus. Normaalista valaistustilanteesta voidaan tiputtaa jopa 25 % auringon laskiessa. Ihminen huomaa muutoksen vasta noin 30 %:n pudotuksessa. Nykyään käytetään 10 %:n pudotusta kaupakiinteistöissä, joissa on paljon ikkunapinta-alaa.
- Monipuolisten raporttien hyödyntäminen kiinteistön ylläpidossa ja energialuokituksen määrittämisessä.
- Järjestelmän muuntojoustavuus, joka mahdollistaa tilojen muokkaamisen ongelmitta.

Opinnäytetyön tekijän visioita mahdollisista parannuksista, joita rakennusautomaatiojärjestelmien suunnittelussa voidaan tulevaisuudessa kohdata ovat esimerkiksi:

- Markkinoilla olevien väyläprotokollien määrän rajautuminen selkeästi vain avoimiin ja yleisesti hyväksi havaittuihin väyläprotokollisiin selkeyttäisi rakennusautomaatiojärjestelmien suunnittelua ja integrointia.
- DALI-standardissa olevien rajoitusten poistuminen, jolloin standardia voitaisiin hyödyntää muutenkin kuin vain valaistuksen ohjaamiseen.
- Aidosti avoimen BACnet-protokollan käytön yleistyminen eri järjestelmissä, jolloin järjestelmäintegraation tarve vähenisi.
- Langattomia järjestelmiä käytetään jo nyt, mutta niiden kehittymisen myötä käyttö lisääntyy erityisesti valaistusjärjestelmissä.
- Korkeakoulujen tarjoaman koulutuksen kehittyminen rakennusautomaatiojärjestelmien osalta lisää osaajien määrää, jotka hallitsevat useita eri järjestelmiä.
- Järjestelmäintegraattorin käyttäminen rakennusurakoissa minimoisi järjestelmien yhteensopivuusongelmia.

6 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutustua GreenLED Oy:n tilauksesta Osramin Encelium -valaistuksenohjausjärjestelmään ja sen käyttömahdollisuuksiin osana rakennusautomaatiojärjestelmää. Lopullisiksi tavoitteiksi muodostui Encelium-järjestelmän rakenteen ja ohjelmallisten toimintojen lisäksi selvittää rakennusautomaatiojärjestelmiä yleisellä tasolla ja tiettyjä väyläprotokollia, jotka liittyvät Encelium-järjestelmään. Selvityksen kohteena oli myös Encelium-järjestelmästä saatavat hyödyt järjestelmäintegraation kautta.

Tutkimusmateriaalina työssä käytettiin pääasiassa GreenLED Oy:n sisäistä materiaalia, mutta osaksi työhön joutui etsimään tietoa muistakin lähteistä, kuten ST-käsikirjoista. Tutkimusmateriaali oli siis vain teoriatasoista eikä käytännön asioita työssä päässyt hyödyntämään. Työn tekovaiheen aikana tekijä pääsi osallistumaan GreenLED Oy:n ja Schneider Electric Oy:n tapaamiseen, jonka tuloksena saatiin kehitettyä pohdintaa Encelium -järjestelmän hyödyistä ja teknisistä ratkaisuista eri segmenteissä.

Lopputuloksena työstä muodostui kolmijakoinen: teoriaosuus rakennusautomaatiojärjestelmistä ja eri väyläprotokollista, käyttöohjemainen selostus Osramin Encelium-järjestelmästä ja lopuksi pohdintaosio järjestelmän hyödyistä. Vasta opinnäytetyön tekovaiheen loppupuolella ilmeni työn viimeisimmän osion olevan työn tärkein osio työn tilaajan kannalta, mutta sen laajuutta päätettiin kuitenkin rajata työn aihealueen liiallisen laajenemisen takia. Opinnäytetyö toimii hyvin opetuksellisena materiaalina lukijalle eri väyläprotokollista ja Osram Encelium -valaistuksenohjausjärjestelmästä. Lisäksi työstä on nähtävissä järjestelmäintegraation hyötyjä ja ongelmia.

Työ jätti jälkeensä useita kysymyksiä rakennusautomaation tulevaisuudesta, joihin toivottavasti saadaan vastauksia myöhemmin. Jatkotutkimuksen aiheita voisi olla esimerkiksi Osramin Encelium-järjestelmän integrointi ja hyödyntäminen osana erityisesti kulunvalvonta-, rikosilmoitin- ja palohälytysjärjestelmiä. Kulunvalvontajärjestelmissä voitaisiin esimerkiksi tutkia erilaisten seurantatekniikoiden, kuten BLE-rannekkeiden, tarjoaman paikannusdatan hyödyntämistä henkilökohtaisessa valaistuksen ohjauksessa.

LÄHTEET

EnOcean. Luettu 03.04.2017
www.enocean.com.

GreenLED. Yrityksen sisäinen tietokanta. Kevät 2017.

OSRAM. Encelium brochure. Luettu 27.02.2017.
www.osram.com

OSRAM. Encelium flyer. Luettu 27.02.2017.
www.osram.com

OSRAM. Encelium tuotetietokanta. Luettu 27.02.2017.
http://www.osram.fi/osram_fi/tuotteet/elektronikka/valonohjausjaerjestelmaet/encelium/index.jsp

Schneider Electric. Yrityksen työntekijöiden haastattelu, J. Mattsson ja T. Pylvänen. Kevät 2017.

ST-käsikirja 17. Rakennusautomaatiojärjestelmät. 3. painos, 2012. Sähköinfo Oy

ST-käsikirja 21. Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2. painos, 2017. Sähköinfo Oy

TAMK. Opetusmateriaali. Väylätekniikka ja tietoverkot 5T00BJ56-3002. Luettu 09.03.2017

Wikipedia. IP-osoite. Luettu 03.04.2017
<https://fi.wikipedia.org/wiki/IP-osoite>

ZigBee. Luettu 03.04.2017
www.zigbee.org.