

Ville Virtanen

Älykkään valaistuksenohjausjärjestelmän valinta asuinrakennukseen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinööriytyö

30.10.2018

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Ville Virtanen Älykkään valaistuksenohjausjärjestelmän valinta asuinrakennukseen 36 sivua 30.10.2018
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	Lehtori Tapio Kallasjoki
<p>Insinööriyössä perehdyttiin omakotitaloon jälkiasennettaviin älykkäisiin valaistuksenohjausjärjestelmiin. Tavoitteena oli muodostaa käsitys järjestelmien toiminnasta ja asennusmahdollisuuksista kohteeseen, jossa vanha valaistuksenohjaus halutaan päivittää. Työssä käytettiin esimerkkikohteena vuonna 1985 rakennettua omakotitaloa havainnollistamaan asennusta.</p> <p>Aluksi tarkasteltiin pientaloissa käytettäviä valonlähteitä, niiden ohjausta ja valaistuksen suunnittelua. Nykyään valaistuksesta pyritään tekemään energiatehokas ja monipuolinen. Vanhoissa rakennuksissa valaistuksen ja ohjauksen päivittäminen saattaa olla haasteellista ilman rakenteellisia muutoksia tai uusia johdotuksia.</p> <p>Työssä esiteltiin Philips Hue-, ABB free@home- ja Mount Kelvin -ohjausjärjestelmät, joista Mount Kelvin valikoitui parhaiten sopivaksi esimerkkikohteeseen. Kohteeseen tehtiin valaistussuunnitelma, jonka perusteella järjestelmä ja tarvittavat komponentit valittiin. Asennusta ei tehty käytännössä, vaan siihen perehdyttiin teoriatasolla.</p> <p>Mount Kelvin käyttää langattomia kytkimiä, joten se oli mahdollista asentaa kohteeseen ilman uusia johdotuksia vaatien vain vähäisiä ammattilaisen tekemiä sähkötöitä. Järjestelmän kokonaishinnaksi asennuksineen muodostui noin 3 800 euroa sisältäen arvonlisäveron. Oikeanlaisella valaistuksenohjausjärjestelmällä pystytään vaikuttamaan valaistuksen energiatehokkuuteen ja käyttömukavuuteen.</p>	
Avainsanat	valaistuksenohjausjärjestelmä, Philips Hue, free@home, Mount Kelvin

Author Title	Ville Virtanen Choosing A Smart Lighting System To Residential Building
Number of Pages Date	36 pages 30 October 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor(s)	Tapio Kallasjoki, Senior Lecturer
<p>The purpose of this study was to take a look at smart lighting systems which can be retro-fitted to an existing detached house. The objective was to learn how smart lighting systems work and how one can be installed to a house to replace existing traditional controls. An existing house built in 1985 was used to demonstrate the installation.</p> <p>At first household light sources, controls and lighting design were studied. Nowadays lighting is aimed at to be as energy efficient and versatile as possible. In old buildings it might be challenging to update the existing lighting and controls without structural changes or new wirings.</p> <p>Philips Hue, ABB free@home and Mount Kelvin are three different lighting control systems that were introduced and of those Mount Kelvin was the most suitable for the example house. A lighting design was made for the house and it was used to determine which system and components fit the best. Installation of the system was not done in practice but it was studied in theory.</p> <p>Mount Kelvin uses wireless switches and therefore it is possible to install without new wiring and it requires an electrician to do only minor installations. Total price of the system was approximately 3 800 euros including electricians fee and VAT. The right kind of smart lighting system has a big impact on energy efficiency and usability of household lighting.</p>	
Keywords	smart lighting system, Philips Hue, free@home, Mount Kelvin

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Yleistä asuintalon valaistuksesta	1
2.1	Valonlähteet	1
2.2	Valaistuksen ohjaus	3
2.3	Valaistuksen ohjauksen toteutus	4
3	Valaistuksen suunnittelu	6
3.1	Valaistustaso	6
3.2	Yleistä pientalon valaistuksen suunnittelusta	9
3.3	Esimerkkikohteen esittely	10
3.4	Esimerkkikohteen valaistussuunnitelma	12
4	Älykkäät valaistuksenohjausjärjestelmät	15
4.1	Philips Hue	16
4.2	Mount Kelvin -valaistuksenohjausjärjestelmä	19
4.3	ABB free@home-kotiautomaatiojärjestelmä	21
5	Valaistuksen ohjauksen toteutus ja kustannukset	24
5.1	Valaistuksenohjausjärjestelmien vertailu ja valinta	24
5.2	Tarvittavat Mount Kelvin -komponentit	25
5.3	Hankinta- ja asennuskustannukset	29
5.4	Käyttöönotto	30
5.5	Mahdolliset ongelmat	31
6	Yhteenveto	32
	Lähteet	34

Lyhenteet

DALI	<i>Digital Addressable Lighting Interface</i> . Valaistuksen ohjauksessa käytettävä digitaalinen ohjausväylä.
DIN-kisko	Muun muassa sähkökeskuksissa käytettävä kisko, johon voidaan kiinnittää eri komponentteja.
EnOcean	Langaton teknologia, joka varastoi laitteen toimintaan vaaditun energian.
IoT	<i>Internet Of Things</i> . Internet-verkon välityksellä ohjattavia laitteita, esineitä ja ajoneuvoja.
KNX	Avoin väyläpohjainen taloautomaatiossa käytettävä standardi.
LAN	<i>Local Area Network</i> . Rajatulla alueella, kuten kotona, toimiva lähiverkko.
LED	<i>Light Emitting Diode</i> . Puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa.
lm	<i>Lumen</i> . Valovirran yksikkö SI-järjestelmässä.
lx	<i>Luksi</i> . Valaistusvoimakkuuden yksikkö SI-järjestelmässä.
MMJ	Muovivaippainen asennuskaapeli
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i> . Rajatulla alueella, kuten kotona, toimiva langaton lähiverkko.
WPAN	<i>Wireless Personal Area Network</i> . Lyhyen kantaman langaton tiedonsiirtoverkko, jossa laitteet kommunikoivat keskenään.

1 Johdanto

Insinööriyön tavoitteena on selvittää, mitä eri mahdollisuuksia nykyaikaisen älykkään valaistuksenohjausjärjestelmän toteuttamiseen on vanhassa asuinrakennuksessa. Työssä käytetään esimerkkikohteena 1980-luvulla rakennettua omakotitaloa, jossa ei ole tehty muutoksia valaistuksenohjaukseen. Esimerkkikohdetta käytetään apuna havainnollistamaan järjestelmän valintaa ja asennusta. Valaistuksenohjausjärjestelmää ei ainakaan toistaiseksi toteuteta käytännössä, vaan tutkitaan sen toteuttamista teoriatasolla.

Työssä esitellään kolme erilaista valaistuksenohjausjärjestelmää, joista valitaan yksi parhaiten esimerkkikohteeseen sopiva. Esimerkkikohteeseen laaditaan valaistussuunnitelma, josta selviää, minkälaisia valaistuksenohjauksia kohteen valaisinryhmille halutaan. Suunnitelman perusteella valitaan sopiva järjestelmä ja käydään läpi, miten kyseinen järjestelmä on mahdollista jälkiasentaa kohteeseen ja kuinka suuria kuluja siitä syntyy, jotta haluttu ohjaus toteutuu.

Työssä tarkastellaan myös, miten asuintalojen valaistus ja sen tekniikka on muuttunut ajan mittaan, ja minkälaisia valaistuksenohjaustapoja on käytössä. Lisäksi käydään läpi yleisesti pientalon valaistuksen suunnittelua uudis- ja remonttikohteissa, ja miten valaistukseen voidaan vaikuttaa kunnollisella ohjauksella.

2 Yleistä asuintalon valaistuksesta

2.1 Valonlähteet

Valaistusteknologian ja erityisesti led-tekniikan kehittyminen on mahdollistanut yhä monipuolisempia valaistusratkaisuja asuinrakennuksissa. Kuvassa 1 on esimerkki olohuoneesta, jossa yleisvalaistusta on täydennetty katonrajaan asennetuilla led-nauhoilla. Led-tekniikka on kehittynyt siihen pisteeseen, että sillä voidaan korvata kaikki entiset valonlähteet ja toteuttaa koko asuinrakennuksen valaistus. Led-lamppujen energiankulutus, käyttöikä ja säädettävyydet ovat ylivoimaisia verrattuna esimerkiksi perinteisiin halogeeni-, hehku- ja energiansäästölamppuihin. Loisteputkilamput ovat vielä hyvä vaihtoehto led-valoputkille, mikäli vanha loisteputkivalaisin halutaan

säilyttää, sillä loisteputken korvaaminen led-valoputkella saattaa joissain tapauksissa olla haasteellista. Led-valoputkien etuna loisteputkiin verrattuna on kuitenkin pitkäikäisyys, syttymisnopeus ja säädettävyys. [1.]



Kuva 1. Led-valaistus olohuoneessa

EU:ssa vuonna 2009 päivitetty ecodesign- eli ekosuunnitteludirektiivi 2009/125/EY on muuttanut lamppu- ja valaisinmarkkinoita kuluvan vuosikymmenen aikana. Direktiivin tarkoituksena on pienentää energiaan liittyvien tuotteiden ympäristövaikutuksia energiatehokkuutta parantamalla. Tavoitteena on, että jo tuotteen suunnitteluvaiheessa kiinnitetään huomiota tuotteen koko elinkaareen ja minimoidaan haitalliset ympäristövaikutukset. Direktiivi ei aseta tuotteille suunnitteluvaatimuksia, vaan säätelee vaatimukset, jotka tuotteen on täytettävä. Vaatimukset voivat liittyä esimerkiksi tuotteen energiankulutukseen ja valmistusmateriaaleihin. Mikäli tuote ei täytä direktiivin vaatimuksia, sitä ei saa myydä EU-alueella. [2.]

Asuinrakennusten valaistuksessa ekosuunnitteludirektiivin vaikutukset näkyvät pääosin normaalien hehku- ja halogeenilamppujen myyntikielloista. Direktiivin vaikutukset näkyvät myös säädökset täyttävien lamppujen markkinoinnissa. Led-lamppujen myynti-ilmoituksissa on hyvin usein mainittu tuotteen vastaavan muotoilultaan, valoteholtaan ja värilämpötilaltaan perinteistä hehku- tai halogeenilamppua. Esimerkiksi 800 lm:n led-lampun myynti-ilmoituksessa on lähes poikkeuksetta mainittu sen vastaavan valoteholtaan 60 W:n hehkulamppua. Ilmoituksissa mainitaan myös usein lampun vuotuinen energiankulutus ja myrkyllisten aineiden, kuten elohopean, puuttuminen. Lamppujen myynti-ilmoituksessa ja -pakkauksessa on oltava myös energiamerkintä.

Energiamerkintä liittyy EU:n energiamerkintädirektiiviin 2010/30/EU, ja se koskee tuotteiden energiatehokkuutta. Energiamerkintäsäädöksen alaisiin tuotteisiin on merkittävä energiatehokkuusluokka, joka kuvaa tuotteen käytöstä tapahtuvaa energiankulutusta. Merkinnät on ilmoitettu asteikolla A–G, ja A-luokkaa energiatehokkaammat merkinnät ovat A+, A++ ja A+++. Led-lamppujen energiamerkintä on A–A+++. Kuluttajat voivat vertailla tuotteiden energiankulutusta helposti energiamerkinnän avulla. [2.]

Asuinrakennuksessa olemassa olevan valaistuksen päivittäminen nykyaikaisemmaksi onnistuu helposti vaihtamalla vanhat lampputyypit samankantaisiin led-lamppuihin. Hankintakustannuksiltaan led-lamput saattavat olla kalliimpia esimerkiksi energiansäästölamppuihin verrattuna, mutta kokonaiskustannuksiltaan ne tulevat edullisemmiksi vähäisen sähkönkulutuksen ja pitkän käyttöiän ansiosta. Kokonaan uutta valaistusta suunniteltaessa vanhaan tai uudiskohteeseen voidaan hyödyntää esimerkiksi välikätköön upotettavia led-spottivalaisimia tai -paneeleita, joihin valonlähde on kiinteästi asennettu.

Led-älylamput ovat lamppuja, joissa on sisäänrakennettu ohjauspiiri, joka mahdollistaa langattoman ohjauksen ja valon säädön. Älylamput ovat ohjattavissa valokatkaisijasta tai langattomasti esimerkiksi mobiilisovelluksen avulla, ja yleensä niiden kirkkautta ja värisävyä voidaan säätää. Älylamput voidaan asentaa suoraan vanhoihin valaisimiin, eikä käyttö vaadi erillistä kotiautomaatiojärjestelmää. Toiminnan edellyttämiseksi lamput vaativat jatkuvan sähkönsyötön, joten virta on oltava koko ajan kytkettynä valokatkaisijasta. Lamppujen ollessa pois päältä ne ovat standby-tilassa ja kuluttavat jonkin verran energiaa. [3; 4, s. 4.]

2.2 Valaistuksen ohjaus

Asuinrakennuksissa valaistuksen ohjaus on toteutettu tyypillisesti päälle/pois-kytkimillä, himmentimillä, erilaisilla tunnistimilla ja kellokytkimillä. Nämä ohjaustavat ovat edullisia ja helppoja toteuttaa, mutta ne eivät tarjoa suurta säätövaraa tai energiansäästömahdollisuutta valaistukselle. Älykkäällä valaistuksenohjausjärjestelmällä pystytään parantamaan valaistuksen laatua, energiatehokkuutta ja käyttömukavuutta.

Älykästä valaistuksenohjausjärjestelmää käyttämällä valaistus voidaan määrittää tilan käyttötarkoitukseen ja tunnelmaan sopivaksi esimerkiksi valaistuksen värilämpötilaa ja valaistusvoimakkuutta säätämällä. Eri valaistustilanteet pystytään ohjelmoimaan val-

miiksi, jolloin ne voidaan ottaa käyttöön esimerkiksi kytkimen painalluksella tai mobiililaitteella. Valaistuksen ohjauksella pystytään parantamaan kodin turvallisuutta esimerkiksi kytkemällä sisä- ja ulkovaloja päälle, kun ketään ei ole kotona.

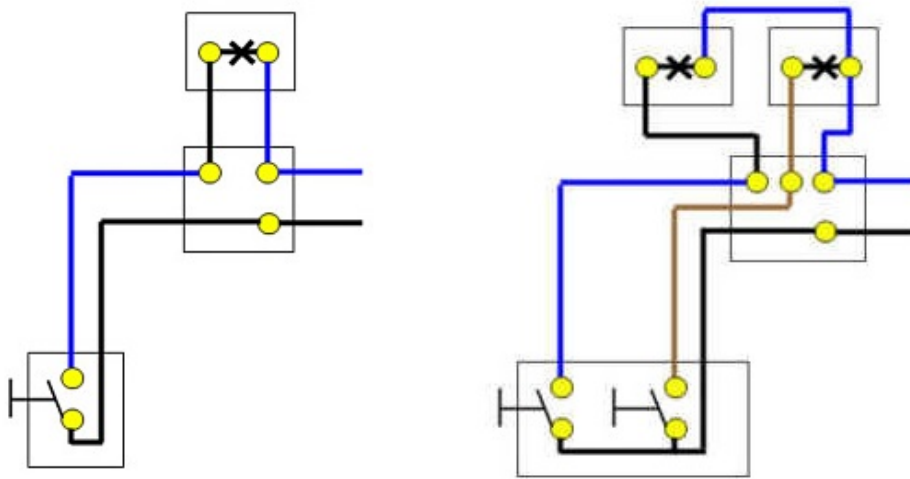
Valaistuksen ohjaus voidaan jakaa manuaaliseen ja automaattiseen ohjauskategoriaan. Älykäs valaistuksenohjausjärjestelmä yhdistää molemmat ohjaukset ja tarjoaa lähes rajattomasti säätömahdollisuuksia. Ohjausjärjestelmä on mahdollista toteuttaa joko johdotettuna tai langattomasti.

Yksinkertainen esimerkki manuaalisesta valaistuksenohjauksesta on tavanomainen päälle/pois-kytkin, jonka takana saattaa olla useampi valaisinryhmä. Kyseinen valaistuksenohjaus ei tarjoa valaistukselle säätövaraa eikä myöskään mahdollista suuria energiansäästöjä. Ryhmittelemällä valaisimet useampaan ryhmään ja lisäämällä esimerkiksi himmennin saadaan hieman lisää säätövaraa ja mahdollisuus pieniin energiansäästöihin. [5, s. 18.]

Automaattisessa ohjauksessa valaistus on etukäteen ohjelmoitu tai käytetään antureita, jolloin valaistuksen käyttömukavuus energiansäästöt lisääntyvät. Esimerkiksi läsnäolo- ja päivänvalo-ohjaus ovat automaattisia valaistuksenohjauksia. Läsnäolo-ohjauksessa valaistus syttyy, kun tilaan astutaan, ja palaa niin kauan, kun tilassa oleskellaan. Näin valot eivät pala turhaan, kun tila ei ole käytössä. Päivänvalo-ohjauksessa valaistuksen voimakkuus säätyy automaattisesti sisään tulevan päivänvalon perusteella. Haluttu valaistusvoimakkuus määrätään ennalta, ja anturi himmentää tai kirkastaa keinovalaistusta sisään tulevan päivänvalon mukaan. [5, s. 18.]

2.3 Valaistuksen ohjauksen toteutus

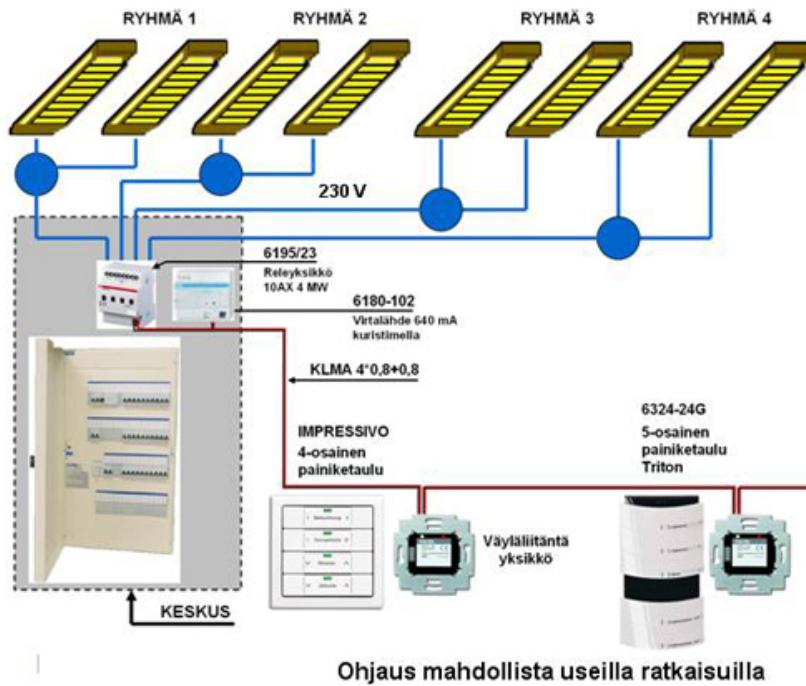
Perinteisessä valaistuksen kytkinohjauksessa sähkökeskukselta tulee syöttöjohdin esimerkiksi katossa valaisimen alla sijaitsevaan jakorasiaan, jossa valaisimen ja kytkimen johdot liitetään yhteen, ja josta lähtee myös johdotus pistorasioille. KytKentä tapahtuu saman jakorastian kautta vaikka ryhmässä olisi useampi valaisin tai kytkin. Kuvassa 2 on havainnollistettu perinteistä kytkinohjausta. Asunnossa olevat valaisimet, kytkimet ja pistorasiat muodostavat kytkinryhmiä, jotka saavat sähkön sähkökeskuksesta 10 A:n sulakkeen takaa. Asunnossa voi olla useita kytkinryhmiä ja yhdessä ryhmässä useampia jakorasioita. Perinteisen kytkimen tilalle voidaan asentaa myös esimerkiksi kierrettävä himmennin. [6.]



Kuva 2. Vasemmalla havainnekuva yksinapaisen kytkimen kytkennästä yhteen valaisimeen ja oikealla kruunukytkimen kytkennästä kahteen valaisimeen. [6.]

Porraskytkentä toteutetaan vaihtokytkimillä, joilla pystytään ohjaamaan tilan valaistusta kahdesta eri paikasta, mutta mikäli tilan valoja halutaan ohjata useammasta eri paikasta, voidaan käyttää painonappiohjausta. Painonappiohjaus voidaan toteuttaa niin, että ryhmäkeskukseen asennetaan sysäysrele valaisinryhmän sulakkeen ja valaisinten välille. Sysäysreleeltä viedään johdot valaisimille ja painonapeille. Painonappeja voi olla useita rinnan kytkettynä, ja napin painalluksesta releen koskettimien tila vaihtuu ja lamput syttyvät. Kerrostalojen porraskäytävissä valaistuksen ohjaus on yleisesti toteutettu painonapein, jolloin valaistuksen saa syttymään jokaisesta kerroksesta. Porraskäytävän painonappiohjauksen voi korvata esimerkiksi asentamalla uudet valaisimet, joissa jokaisessa on kiinteästi asennettu liiketunnistin, jolloin valot syttyvät yksitellen vain niihin kerroksiin, joissa liikutaan.

Väyläpohjaisessa ohjauksessa valaisimet saavat sähkönsyötön keskuksesta ja valaistusta ohjaavat painikkeet kytketään väyläkaapelilla keskukseen. Painikkeilla annetaan keskuksesta olevalle releyksikölle käsky esimerkiksi sytyttää tai sammuttaa tietty valaisin tai valaisinryhmä. Painikkeet ja tunnistimet saavat virran keskukseen sijoitettavasta virtalähteestä. Väyläpohjainen järjestelmä on huomattavasti monipuolisempi kuin perinteinen ohjausjärjestelmä mutta asennus- ja suunnittelukustannuksiltaan kalliimpi. Esimerkiksi kuvassa 3 esitetty KNX-järjestelmä on yleinen kotiautomaatiossa käytetty väyläpohjainen järjestelmä. [7.]



Kuva 3. Yksinkertainen havainnekuva KNX-järjestelmällä toteutetusta valaistuksenohjauksesta. [7.]

Langaton valaistuksenohjaus voidaan toteuttaa esimerkiksi asentamalla valaistuksen ohjauslaitteet suoraan sähkökeskukseen tai olemassa olevien valaisinkytkinten upporasioihin tai jakorasioihin ja langattomat kytkimet halutuille paikoille asunnossa. Täten vain valaisimelle täytyy viedä sähkönsyöttö ja kytkimet voidaan jättää johdottomatta. Kytkimet saavat toimintaansa vaaditun energian yleensä joko paristosta tai painalluksesta syntyvästä kineettisestä energiasta. Langatonta valaistuksen ohjausta voidaan käyttää esimerkiksi saneerauskohteissa, joissa johdotuksia ei voida muuttaa, tai uudiskohteissa, joissa ylimääräisiä johdotuksia ei haluta tehdä. Langattoman ohjausjärjestelmän asennuskustannukset ovat edulliset, käyttöönotto nopea ja muokkaaminen ja laajentaminen helppoa. Langattomassa ohjauksessa lähettimen ja vastaanottimen välinen yhteys toimii yleensä radio- tai mikroaalloilla tai infrapunasäteilyllä. [8, s. 10.]

3 Valaistuksen suunnittelu

3.1 Valaistustaso

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan *D3 Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet* mukaan tehdyssä *D3 laskentaopas – Valaistuksen tehontiheyden*

ja tarpeenmukaisuuden erillistarkastelut E-luvun laskennassa -oppaassa käsitellään valaistuksen rakentamismääräyksiä, standardeja ja ohjeita sekä valaistuksen ohjausta ja suunnittelua. Oppaassa on esitetty laskentaesimerkkejä valaistusvoimakkuuden, valaistusvoimakkuuden tasaisuuden ja valaistuksen tehontiheyden laskentaan. Laskennassa saatuja arvoja voidaan esittää osana rakennuksen energiaselvitystä ja käyttää rakennuksen E-lukua laskettaessa. E-luku kertoo rakennuksen kokonaisenergiankulutuksen ja sitä käytetään energiatehokkuuden vertailulukuna. Oppaassa on esitetty valaistuksen erillistarkastelun esimerkkeinä asuinrakennus, toimistorakennus ja liikeraennus. [5, s. 3.]

Taulukko 1. Asuinrakennuksen tiloille määritetyt suuntaa antavat valaistusvoimakkuuden ja valaistusvoimakkuuden tasaisuuden arvot. [5, s. 23.]

Tila	Valaistusvoimakkuus vähintään [lx]	Valaistusvoimakkuuden tasaisuus vähintään	Huom.
Olohuone	150	-	Lukemiseen tarkoitettulla alueella 300 lx
Makuuhuone	100	-	Lukemiseen tarkoitettulla alueella 300 lx
Eteinen	100	0,4	
Varasto	150	0,4	Kiinnitettävä huomiota kaappien ja hyllyjen valaisemiseen
Keittiö	300	0,6	Suositus työalueelle sekä ruokailutilaan
Kylpyhuoneet ja WC:t	150	0,4	Valaistusvoimakkuus työalueella 300 lx. Kiinnitettävä huomiota peilivalaistukseen.
Kodinhoitohuone	150	0,4	Työalueella valaistusvoimakkuus 300 lx ja valaistusvoimakkuuden tasaisuus 0,6.
Porraskäytävä	100	0,4	Lattiatasolla

Taulukossa 1 on esitetty arvoja asuinrakennuksen eri tilojen valaistusvoimakkuudelle ja sen tasaisuudelle. Arvot on määritetty sen mukaan, että valaistusvoimakkuus riittää näkötehtävän tehokkaaseen suorittamiseen. Olohuoneelle ja makuuhuoneelle ei ole osoitettu arvoa valaistusvoimakkuuden tasaisuudelle. Arvoja voidaan hyödyntää asuinrakennuksen valaistusta suunniteltaessa. Arvot ovat suuntaa antavia ja niistä voidaan poiketa. [5, s. 23.]

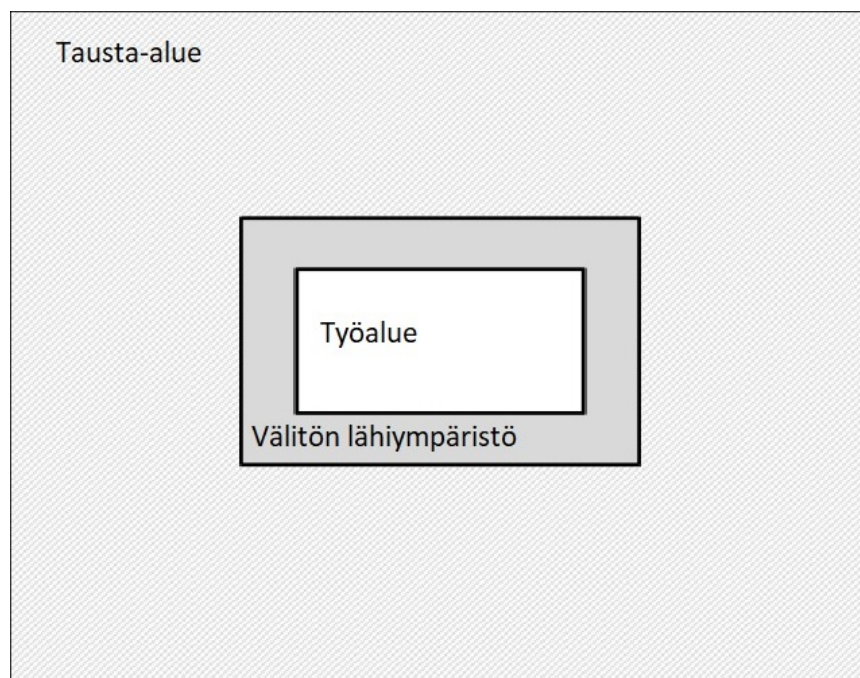
Valaistusvoimakkuuden yksikkö lx eli luks kuvaa pinnalle saapuvan valovirran määrää. Yksikkö saadaan yhtälöstä

$$E = \frac{\Phi}{A},$$

jossa E on valaistusvoimakkuus, Φ on valovirta ja A on pinta-ala neliömetreinä. Valovirran yksikkö on lm eli luumen [9, s. 5]. Valaistusvoimakkuuden tasaisuus saadaan yhtälöstä

$$U_0 = \frac{E_{\min}}{E_{ka}},$$

jossa U_0 on valaistusvoimakkuuden tasaisuus, E_{\min} on valaistusvoimakkuuden minimiarvo ja E_{ka} on valaistusvoimakkuuden keskiarvo [5, s. 31].



Kuva 4. Asuintilojen valaistustason laskennassa käytetyt alueet. Välitön lähiympäristö on vähintään puoli metriä leveä vyöhyke ja tausta-alue on vähintään kolme metriä leveä vyöhyke tilan asettamissa rajoissa. [5, s. 22.]

Kuvassa 4 on esitetty alueet, joita käytetään huoneen valaistustason laskennassa. Työalueella suoritetaan näkötehtävä, joka vaatii voimakkaamman valaistuksen. Asuinrakennuksessa työalueita ovat esimerkiksi keittiön työtaso, jossa valmistetaan ruokaa, tai kylpyhuoneen peilin edessä oleva taso. [5, s. 22–23.]

3.2 Yleistä pientalon valaistuksen suunnittelusta

Uutta pientaloa suunniteltaessa on valaistuksen suunnitteluun syytä kiinnittää huomiota hyvissä ajoin. Valaistuksen tulisi olla suunniteltuna ennen kohteen sähkösuunnittelua, jotta se voidaan ottaa huomioon sähköjen mitoituksessa.

Uudessa kohteessa valaistuksen suunnittelu ei koske vain keinovaloja, vaan myös luonnonvalo on huomioitava. Luonnonvalo vaihtelee vuorokauden ja vuodenaikojen mukaan, joten se tulee huomioida rakennuksen muodon ja arkkitehtuurin suunnittelun lisäksi myös rakennuksen tontille sijoittelussa. Rakennuksen valmistumisen jälkeen luonnonvalon käyttöön ei pystytä vaikuttamaan ilman rakenteellisia muutoksia. [10, s. 4.]

Koska luonnonvaloa ei ole saatavilla ympäri vuorokauden, on sitä täydennettävä keinovalaistuksella. Keinovalaistusta suunniteltaessa on syytä ottaa huomioon valaistuksen tarpeet myös tulevaisuudessa. Rakennuksen tilojen käyttötarpeet saattavat muuttua ajan mittaan, joten ylimääräisiä valaisinpisteitä on syytä asentaa, jolloin esimerkiksi makuuhuoneen saa helposti muutettua työhuoneeksi tai lastenhuoneeksi. Keinovalaistuksen suunnittelussa on myös kiinnitettävä huomiota tilan käytettävyyteen, visuaaliseen ilmeeseen ja tunnelmaan. Valaistuksen energiankulutus on myös huomioitava. [10, s. 4.]

Human Centric Lighting eli ihmiskeskeinen valaistus tarkoittaa ihmiseen biologisesti vaikuttavaa valaistusta, jossa valon kirkkaudella ja värilämpötilalla vaikutetaan ihmisen toimintaan. Valolla voidaan vaikuttaa esimerkiksi ihmisen vireystilaan ja vuorokausirytmiiin. Lämpimällä alle 3 000 K:n valolla on rauhoittava vaikutus ja päivänvaloa mukailevalla yli 6 000 K:n valolla on virkistävä vaikutus. Esimerkiksi toimistotyötä tekevät ihmiset eivät välttämättä näe päivänvaloa työpäivän aikana, mutta valaistusta säätämällä, voidaan pimeään toimistoonkin saada päivänvaloa mukaileva keinovalaistus. Aiheesta on tehty tutkimuksia, joissa on havaittu, että valaistuksen säädön ansiosta esimerkiksi koulussa oppilaat ovat pystyneet keskittymään opiskeluun huomattavasti paremmin ja toimistossa työntekijät ovat olleet virkeämpiä ja tuotteliaampia. [11, s. 20–21.]

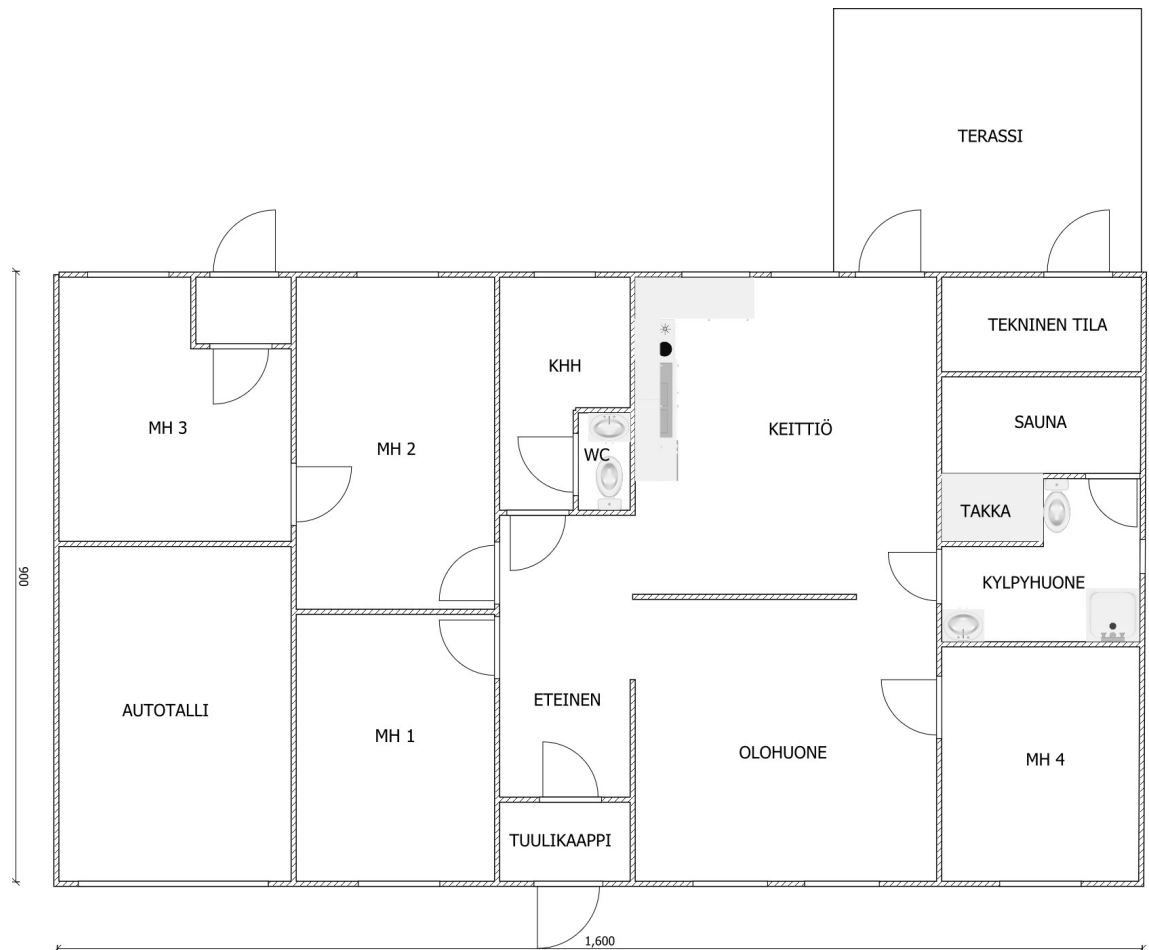
Vaikka ihmiskeskeistä valaistusta hyödynnetään enimmäkseen julkisissa tiloissa, voi sen ottaa huomioon myös kodin valaistusta suunniteltaessa. Joihinkin kodin tiloihin voidaan asentaa valaisimet, joiden värilämpötila on säädettävissä ja säätö voidaan toteuttaa valaistuksenohjausjärjestelmällä. Heti heräämisen jälkeen altistuminen kirk-

kaalle viileän sävyiselle valolle virkistää, joten sellaista voisi harkita keittiöön aamupalan ajaksi. Ennen nukkumaanmenoa himmeämpi lämmin valo rauhoittaa, joten sellainen sopisi esimerkiksi olohuoneeseen ja makuuhuoneeseen.

Uudiskohteen valaistus pystytään suunnittelemaan alusta alkaen rakennusvaiheessa ilman rajoittavia tekijöitä, mutta esimerkiksi 50 vuotta vanhan kohteen valaistuksen uusiminen on huomattavasti rajoitetumpaa. Vanhoissa rakennuksissa valaisinpisteitä ja pistorasioita on yleensä niukasti ja sähkökeskuksia ei välttämättä ole mitoitettu nykyajan sähkönkulutuksen mukaisiksi. Valaisinpisteet on sijoitettu valmiiksi, joten valaistuksen muuttaminen pisteitä lisäämällä on työlästä. Valaistuksen suunnittelussa täytyy miettiä, kuinka suuria muutoksia halutaan tehdä ja kuinka helposti ne ovat toteutettavissa. Vanhan kohteen sähkösaneerauksen yhteydessä kannattaakin siis samalla päivittää valaistus.

3.3 Esimerkkikohteen esittely

Työssä käytetään esimerkkikohteenä Vantaalla sijaitsevaa vuonna 1985 valmistunutta 150 m²:n kokoista omakotitaloa, jonka pohjapiirros on esitetty kuvassa 5. Yksikerroksisessa rakennuksessa on neljä makuuhuonetta, olohuone, keittiö, kodinhoituhuone, erillinen wc, kylpyhuone ja sauna. Asuintilojen lisäksi rakennuksesta löytyy tekninen tila, viileä varasto sekä autotalli. Tontilla on piha-aluetta noin tuhat neliometriä. Kohde on yhdistetty kaukolämpöverkkoon.



Kuva 5. Rakennuksen pohjapiirros

Vuonna 2010 keittiöremontin yhteydessä keittiöön asennettiin uusia pistorasioita sekä työtasovalaisinpisteitä, mutta muutoin sähköjärjestelmään ei ole tehty muutoksia. Nykyinen valaistuksenohjaus on toteutettu perinteisillä kytkimillä ja himmentimillä.

Taulukko 2. Rakennuksen alueiden valaisinpisteet ja valaistuksenohjaus.

Huone/tila	Valaisinpisteet (kpl)	Ohjaus
Tuulikaappi	1	Kruunukytkin
Eteinen	1	Yksinäpainen kytkin
Makuuhuone 1	3	Yksinäpainen kytkin ja himmennin
Makuuhuone 2	3	Yksinäpainen kytkin ja himmennin
Makuuhuone 3	1	Yksinäpainen kytkin
Makuuhuone 4	1	Yksinäpainen kytkin
Olohuone	2	Yksinäpainen kytkin ja kruunukytkin
Keittiö	2	Yksinäpainen kytkin ja kruunukytkin
WC	1	Yksinäpainen kytkin
Kodinhuone	2	Kruunukytkin
Kylpyhuone ja sauna	3	Kruunukytkin
Autotalli	2	Yksinäpainen kytkin
Ulkotilat	4	Etupihan valaistus tuulikaapin kruunukytkimellä, takapihan valaistus keittiön kruunukytkimellä

Taulukossa 2 on esitetty esimerkkikohteen huoneiden valaisinpisteiden lukumäärät ja niiden ohjaustavat. Valaistuksenohjauksen kannalta tärkeimmät tarkasteltavat alueet ovat olohuone, keittiö, toimistokäytössä oleva makuuhuone 2, autotalli sekä takapihan terassi. Edellä mainitut alueet ovat kohteessa eniten käytössä. Makuuhuone 4 on nukkumiskäytössä, makuuhuone 3 on työhuone ja makuuhuone 1 on vierashuonekäytössä. Ulkona valaisinpisteitä on rakennuksen seinään sijoitettuna kaksi kappaletta pääoven molemmin puolin, yksi autotallin oven yläpuolella ja yksi terassin oven vieressä.

3.4 Esimerkkikohteen valaistussuunnitelma

Esimerkkikohteen valaisinryhmille suunnitellaan toiminnot, jotka voidaan toteuttaa valaistuksenohjausjärjestelmää käyttäen.

Makuuhuoneet

Nukkumis- ja vierashuonekäytössä olevat makuuhuoneet eivät vaadi erikoisia valaistusratkaisuja. Kummassakin huoneessa on yksi valaisinpiste keskellä kattoa, johon asennettava valaisin tuottaa yleisvalaistuksen. Valaistuksen tulee olla himmennettävissä. Esimerkiksi nukkumaan mentäessä himmeä valo rauhoittaa ja siivotessa kirkas

valo helpottaa näkemistä. Valaistuksen ohjaus tapahtuu joko ovenpieleen sijoitettavalla kytkimellä tai etänä mobiililaitteella. Yleisvalaistusta täydentämään seinälle tai pöydälle voidaan asettaa lukuvalot.

Toimistokäytössä olevassa huoneessa on yksi valaisinpiste keskellä kattoa ja kaksi valaisinpistettä katon reunoilla ikkunan yläpuolella. Ikkunan edessä on työpöytä, jossa käytetään tietokonetta, kirjoitetaan ja luetaan. Työpöytä muodostaa kuvassa 4 esitetyn työalueen, jossa taulukon 1 mukaan tulee valaistusvoimakkuuden olla vähintään 300 luksia. Keskellä kattoa olevaan valaisinpisteeseen asennetaan valaisin, joka tuottaa huoneeseen yleisvalaistuksen ja katon reunoilla oleviin pisteisiin asennetaan kohdevalaisimet, jotka tuottavat työalueen valaistuksen. Kaikkien valojen tulee olla himmennettävissä. Esimerkiksi tietokonetta käytettäessä ei tarvita niin kirkasta valaistusta kuin luku- tai kirjoitustehtävissä. Valaistusta voidaan ohjata ovenpieleen sijoitettavalla kytkimellä tai esimerkiksi työpöydän ääressä mobiililaitteella.

Työtilana toimivassa huoneessa tehdään erilaisia askartelu-, ompelu- ja puutöitä tai vaikkapa silitetään pyykkejä. Koska huonetta käytetään lähinnä yleisenä työtilana, eikä siellä ole tiettyä työaluetta, tarvitaan sinne kattava ja tarpeeksi kirkas viileänsävyinen yleisvalaistus, joka tulee myös olla himmennettävissä. Katossa on yksi valaisinpiste, joka on riittävä tilan pieneen kokoon nähden. Ohjaukseen riittää ovenpieleen sijoitettava kytkin.

Eteinen, tuulikaappi ja etuovi

Tuulikaapin katossa olevaan valaisinpisteeseen asennetaan hyvän yleisvalon tuottava valaisin. Tila on pieni, mutta valaistuksen tulee olla tarpeeksi kirkas, jotta tuulikaapissa olevaa ryhmäkeskusta nähdään käyttöä. Valaistuksen ohjaukseen voidaan käyttää kytkintä tai etäohjausta, jolloin talosta saadaan asutun näköinen poissa oltaessa. Etuoven molemmin puolin olevia ulkovalaisimia ohjataan etänä, hämäräkytkimellä ja nykyiseen tapaan tuulikaapin kytkimestä.

Eteisen valaistuksen tulee olla himmennettävissä, sillä olohuoneeseen on suora näköyhteys. Jos esimerkiksi olohuoneeseen halutaan tietty tunnelmavalistus juhlien tai elokuvailan ajaksi, saadaan myös eteisen valaistus tunnelmaan mukaan. Pukeutumiseen ja asusteiden valintaan tarvitaan riittävän kirkas valaistus, jota voidaan tarvittaessa parantaa asentamalla esimerkiksi vaatekaapin sisälle led-nauha. Eteisessä on yksi

valaisinpiste keskellä kattoa ja ohjaus tapahtuu sisään tultaessa kytkimellä tai etänä mobiililaitteella.

Olohuone

Olohuoneen valaistuksen tulee olla mahdollisimman monipuolinen tilan eri käyttötapojen johdosta. Esimerkiksi television katseluun riittää himmeä yleisvalaistus tai ei valaistusta ollenkaan, juhlien tunnelmaan voidaan vaikuttaa valaistuksen värillä, ja kirkkaudella ja siivottaessa kirkas valaistus helpottaa huomattavasti.

Huoneen katossa on kaksi valaisinpistettä, joita ohjataan kytkimillä huoneen molemmista sisäänkäynneistä tai etänä. Valojen tulee olla himmennettävissä ja mahdollisuuksien mukaan valon väri säädettävissä. Yleisvalaistusta voidaan parantaa seinävalaisimilla, joita ohjataan seinäkytkimestä tai mobiililaitteella etäohjattavien pistorasoiden kautta.

Keittiö

Keittiön työtasot lukeutuvat kuvassa 4 mainittuun työalueeseen. Työtasoilla tapahtuvat näkötehtävät, kuten ruoanlaitto ja tiskaus vaativat taulukon 1 mukaan vähintään 300 luksin valaistusvoimakkuuden. Keittiöremontin yhteydessä ylempien kaappien pohjiin asennettiin uudet työtasovalaisimet, jotka täyttävät näkötehtävään vaadittavan valaistusvoimakkuuden.

Esimerkkikohteen keittiö toimii myös ruokailutilana, joten yleisvalaistuksen tulee olla himmennettävissä. Ruoanlaitossa tarvitaan kirkasta yleisvalaistusta työtasovalaistuksen lisäksi ja tunnelmallinen ruokailuhetki syntyy himmeämmän valaistuksen kajossa. Keittiön katossa on kaksi valaisinpistettä, joita ohjataan kolmesta sisäänkäynnistä ja etänä. Työtasovalaisimia ohjataan omista kytkimistään eivätkä ne vaadi etäohjausta.

WC ja kodinhoituhuone

Kodinhoituhuone on varsin pieni tila, jossa lähinnä pestään ja kuivataan pyykkiä. Huoneessa on kaksi valaisinpistettä, joita ohjataan kruunukytkimellä. Myös wc on pieni, ja siellä on yksi valaisinpiste, jota ohjataan samasta kytkimestä kuin kodinhoituhuoneen valoja. Wc:n ja kodinhoituhuoneen valaistusta tai ohjausta ei tarvitse muuttaa.

Kylpyhuone ja sauna

Kylpyhuoneessa on yksi valaisinpiste katossa ja yksi peilin yläpuolella ja saunassa yksi piste seinässä. Ovenpielessä olevan kruunukytkimen toisella kytkimellä ohjataan saunan ja toisella kylpyhuoneen valaistusta. Kylpyhuoneessa on työalue peilin edessä, jossa esimerkiksi meikataan tai ajetaan partaa. Tämänhetkinen valaistus ja valaistuksen ohjaus ovat riittävät kyseisiin tiloihin, koska kylpyhuoneen valaistusta ei tarvitse himmentää ja saunaan riittää rentouttava himmeä yleisvalaistus.

Autotalli

Autotallissa on katossa kaksi valaisinpistettä, joista toinen on etu- ja toinen takakulmassa. Valaistuksen ohjaus tapahtuu kattoon asennettavalla läsnäolotunnistimella, jolloin valot eivät vahingossa unohdu päälle. Koska autotallia käytetään myös työpajana, tulee valaistuksen olla viileän sävyinen ja riittävän kirkas näkötehtävien, kuten puu- ja maalaustöiden suorittamiseen. Valaisimet tulee olla sijoitettuna katon sivuille niin, ettei autotallissa säilytettävä auto luo varjoja tilan seinille.

Piha

Etupihan valaistukseksi riittävät pääsisäänkäynnin sivuilla olevat valaisimet ja autotallin oven yläpuolelle sijoitettu valaisin, jossa on liiketunnistimella varustettu lamppu. Takapihalla on valmiiksi vain yksi valaisin sijoitettuna takaoven viereen ja sitä ohjataan keittiössä olevalla kytkimellä. Takapihan valaistusta voidaan parantaa esimerkiksi asentamalla kaksi ulkovalaisinta terrassin kumpaankin ulommaiseen kulmaan. Takapihan ohjaus toteutetaan hämäräkytkimellä ja etäohjauksena. Takapihan valaistuksen tarkoituksena on luoda tunnelmaa ja parantaa turvallisuutta, joten sen ei tarvitse olla erityisen kirkas.

4 Älykkäät valaistuksenohjausjärjestelmät

Älykkään valaistuksenohjauksen tarkoituksena on parantaa valaistuksen energiatehokkuutta ja monipuolisuutta. Teknologian kehittyessä erilaiset ohjausjärjestelmät ovat alkaneet yleistyä 2010-luvulla. Etenkin työpaikoilla saavutetaan suuria energiansäästöjä ohjelmoimalla valaistus niin, ettei se toimi kokoajan täydellä teholla. Valaistus voi-

daan esimerkiksi ohjelmoida himmentymään tai kirkastumaan päivänvalon mukaan tai syttymään tietyllä alueella läsnäolon perusteella.

Asuinrakennuksissa älykkäällä valaistuksenohjauksella ei saavuteta energiansäästöjä samassa mittakaavassa julkiseen valaistukseen verrattuna, mutta ohjauksella voidaan tavoitella myös muita hyötyjä, kuten käytettävyyden, viihtyisyyden ja turvallisuuden parantamista. Ohjauksella voidaan muun muassa luoda erilaisia valaistustilanteita ja valoja voidaan etäohjata esimerkiksi töistä tai ulkomaan matkalta käsin.

Älykkäitä valaistuksenohjausjärjestelmiä on nykyään saatavilla useita erilaisia. Osa järjestelmistä on helppo asentaa ja ohjelmoida itse ja osa vaatii asennukseen ja käyttöön ammattilaisen. Kaikki tarjolla olevat järjestelmät eivät ole pelkästään valaistuksenohjaukseen suunnattuja, vaan valaistuksenohjaus on osa koko kodin kattavaa kotiautomaatiojärjestelmää. Tässä luvussa esitellään kolme erilaista valaistuksenohjausjärjestelmää, jotka voidaan jälkiasentaa olemassa olevaan asuinrakennukseen ilman koko sähköjärjestelmän uudistamista. Philips Hue on helppo asentaa ja ottaa itse käyttöön, Mount Kelvin -valaistuksenohjausjärjestelmä vaatii ammattilaisen tekemään pieniä asennustöitä, ja ABB free@home vaatii ammattilaisen asentamaan ja käyttööntämään järjestelmän.

4.1 Philips Hue

Philips Hue on Philips Lightingin kehittämä ja valmistama sarja älykkäitä led-lamppuja ja -valaisimia. Philips Lighting vaihtoi nimensä toukokuussa 2018 Signifyksi led- ja IoT-aikakauteen siirtymisen seurauksena, mutta tuotteet julkaistaan toistaiseksi Philipsin nimellä. IoT eli Internet Of Things tarkoittaa internetiin liitettäviä esineitä ja laitteita, joita voidaan ohjata verkon välityksellä. Philips Hue on hyvä IoT-esimerkki, koska valot ovat yhteydessä verkkoon, jonka kautta niitä ohjataan. Philips Hue -sarja julkaistiin ensimmäisen kerran vuoden 2012 lokakuussa ja sen jälkeen se on päivitetty vuonna 2015 ja 2016. [12; 13.]

Hue-sarja koostuu säätimistä sekä led-lampuista, -valaisimista ja -nauhoista, joiden kirkkautta ja väriä voidaan säätää omien mieltymysten mukaan. Lamppuja ja valaisimia on saatavilla kolmea erityylistä valoa tuottavana, joista kaikki ovat himmennettävissä:

- Philips Hue White tuottaa 2700 K:n valkoista valoa.

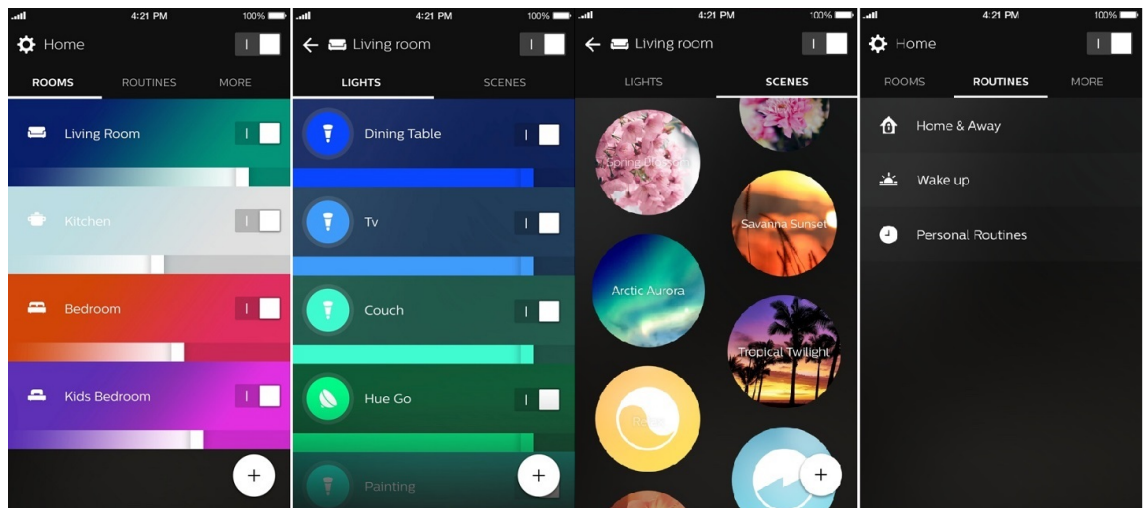
- White Ambiancen värilämpötila on säädettävissä 2200-6500 K:n välillä.
- White and Color Ambiancen värilämpötila on myös säädettävissä ja lisäksi se toistaa 16 miljoonaa väriä.

Ulkovalaistukseen on myös tarjolla useita eri valaisimia samoilla ominaisuuksilla. Lamppuja myydään tällä hetkellä E14-, E27- ja GU10-kantaisina. Valaistuksen ohjaukseen on tarjolla sovelluksen lisäksi liiketunnistin, himmennin ja kytkin. Philips Hue -sarjan vahvuutena on mahdollisuus luoda älykäs valaistus kotiin pienellä vaivalla, sillä järjestelmä ei vaadi toimiakseen uusia johdotuksia ja käyttöönoton voi hoitaa kuka tahansa.



Kuva 6. Vasemmalta oikealle esitettynä Philips Hue silta, E27-kantaiset white and color ambiance polttimet ja himmennin.

Järjestelmän keskus on kuvassa 6 esitetty verkkovirralla toimiva Hue-silta, joka liitetään WLAN-reitittimeen ethernet-kaapelilla. Hue-polttimet ja -valaisimet asennetaan suoraan olemassa olevien tilalle, kytketään virta valokatkaisijasta ja yhdistetään langattomasti siltaan. Yhteen siltaan voi samanaikaisesti olla liitettynä enimmillään 50 lamppua ja valaisinta, ja järjestelmää voi laajentaa lisäämällä enimmillään 12 lisävarustetta, kuten himmennintä tai kytkintä. Hue-silta ja -laitteet yhdistetään toisiinsa käyttämällä älypuhelimien tai tablettien asennettua ilmaista Philipsin sovellusta. Sovellus on ladattavissa Android- ja iOS-laitteisiin, ja sillä pystytään hallitsemaan koko valaistusjärjestelmää. [14.]



Kuva 7. Philips Hue -sovelluksen käyttöliittymä.

Järjestelmän asentamisen jälkeen Philips Hue -sovelluksella pystytään määrittämään eri valaistusryhmät, kuten esimerkiksi olohuone, keittiö ja makuuhuone ja niitä ohjaavien mahdollisten kytkinten toiminta. Kuvassa 7 on esitetty näkymiä sovelluksesta. Sovelluksen avulla pystytään ohjelmoimaan valmiita valaistusasetuksia, jotka voidaan asettaa pikavalinnoiksi kytkimille tai sovellukseen. Valaistuksen etäohjaus tapahtuu myös sovelluksen kautta. Philipsin oman Hue-sovelluksen lisäksi Android- ja iOS-laitteille on ladattavissa useita ilmaisia ja maksullisia kolmansien osapuolien tekemiä sovelluksia, joihin on luotu esimerkiksi valmiita valaistustilanteita. Lamppuja ei voida ohjata vanhoilla valokatkaisijoilla, mutta katkaisijasta on oltava virta kytkettynä, jotta lamput voivat muodostaa verkkoyhteyden. Philips ilmoittaa tuotesivuillaan Hue-lamppujen standby-tilan tehonkulutuksen olevan maksimissaan 0,1–0,2 W lampputyypistä riippuen. Ohjaus tapahtuu sovelluksella tai langattomilla kytkimillä, jotka voidaan kiinnittää seinään.

Philips Hue tukee myös ääniohjausta Amazon Alexan välityksellä. Alexa on Amazonin kehittämä virtuaalinen avustaja, joka kommunikoi ja jonka kanssa voidaan kommunikoida Amazonin kehittämän Echo älykaiuttimen välityksellä. Kaiuttimen voi liittää Hue-järjestelmään, jonka jälkeen Alexalle voi antaa valaistuksen ohjausta koskevia käskyjä. Käskyt toimivat vain englannin kielellä. [15.]

Hue-lamput ja -valaisimet luovat yhdessä mesh-verkon, jossa laitteet kommunikoivat langattomasti keskusyksikön lisäksi toistensa kanssa ja näin ollen yhteysongelmia ei pääse syntymään. Hue-järjestelmän valojen ohjaus perustuu ZigBee Light Link -protokollaan, joka on osa ZigBee-standardia. [16.]

ZigBee-standardi on avoin ja vapaasti käytettävissä ZigBee-allianssiin kuuluvien jäsenten kesken. ZigBee on sovellus, joka luo lyhyen kantaman WPAN-verkon ja se perustuu IEEE 802.15.4 standardiin. ZigBeelle on ominaista pieni tehonkulutus, josta on hyötyä esimerkiksi valaistuksen ohjauksessa. [8, s.11.]

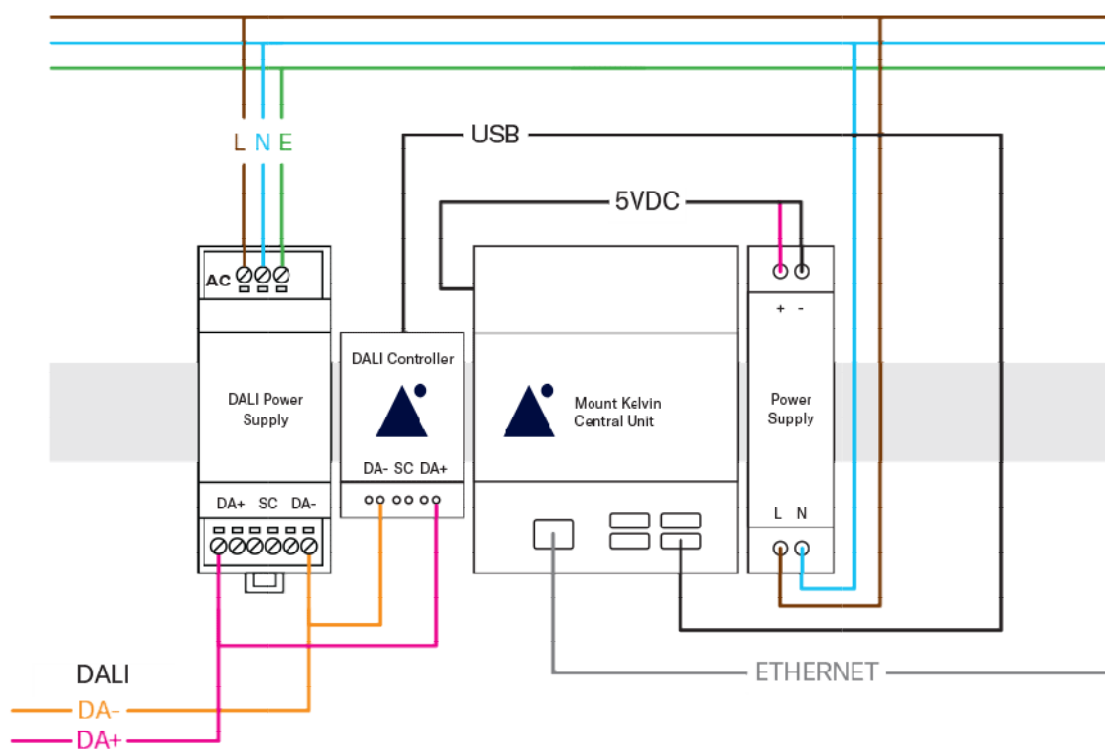
ZigBee-verkko koostuu portista, reitittimestä ja päätelaitteesta. Tässä tapauksessa Hue-silta on ZigBee-portti, lamppu tai valaisin on ZigBee-reititin ja kytkin tai sensori on ZigBee-päätelaite. Samaan allianssiin kuuluvien valmistajien tuotteet toimivat yleisesti toistensa kanssa, joten Hue-siltaan voi halutessaan liittää esimerkiksi Ikea Trådfri- tai GE Lighting C -älylamppun. Philips Hue -järjestelmä on mahdollista yhdistää osaksi koko kodin automaatiojärjestelmää käyttäen esimerkiksi suomalaista Cozify Hubia, joka yhdistää useiden valmistajien langattomia laitteita yhdeksi kokonaisuudeksi. Osa automaatiojärjestelmistä myös tukee suoraan Hue-järjestelmää. Järjestelmän voi myös integroida osaksi väyläpohjaista KNX-standardin automaatiojärjestelmää. [17; 18.]

4.2 Mount Kelvin -valaistuksenohjausjärjestelmä

Mount Kelvin, entiseltä nimeltään Holum, on suomalaisen Houmio Oy:n kehittämä valaistuksenohjausjärjestelmä kotiin, toimistoon ja muihin julkisiin tiloihin. Valaistuksen lisäksi sillä voidaan ohjata verhoja, lämpötilaa ja ilmastointia ja antureiden avulla tarkastella rakennuksen kuntoa, kuten vesivuotoja. Järjestelmä voidaan asentaa kohteeseen jälkiasennuksena tai rakentamisen yhteydessä. [19.]

Järjestelmä koostuu keskusyksiköstä, joita on tarjolla neljää eri kokoa, langattomista kytkimistä, DALI-komponenteista sekä himmentimistä ja releistä. Keskusyksikkö yhdistetään ethernet-kaapelilla verkkoon, jonka jälkeen siihen saa yhteyden tietokoneella tai Android- tai iOS-järjestelmään asennetulla sovelluksella. Sovellusta käytetään koko järjestelmän ohjelmointiin ja käyttöönottoon. Käyttöönotto ei vaadi ammattilaista, joten sen pystyy halutessaan suorittamaan itse. Kytkimet ovat langattomia ja ne käyttävät EnOcean-standardia, jonka ansiosta ne eivät tarvitse paristoja toimiakseen. [20.]

DALI on digitaalinen laitekohtainen ohjausväylä valaistukselle, jossa kaikki ohjausjärjestelmän laitteet, kuten releet ja painikkeet, liittyvät väylään. Yhteen DALI-järjestelmään voidaan liittää enintään 64 laitetta. Johdotus voidaan toteuttaa esimerkiksi MMJ 5x1,5mm²-viisijohdinkaapelilla, jolloin vaihe-, nolla- ja suojajohdin viedään valaisimelle ja loput kaksi johdinta liitälaitteelle. [21.]



Kuva 8. Mount Kelvin -järjestelmän DALI-kytkentä. [20.]

Mount Kelvin -järjestelmän komponentit voidaan asentaa suoraan sähkökeskuksen DIN-kiskoon, kuten kuvassa 8 on esitetty. Koska kytkimet toimivat langattomasti, niitä ei tarvitse erikseen johdottaa, vaan riittää, että keskukselta viedään johdotus valaisimille. Jälkiasennuksena järjestelmä voidaan toteuttaa ilman DALI-komponentteja käyttäen suositeltuja Eltakon EnOcean-himmentimiä ja -releitä, jotka voidaan asentaa valaisinryhmän jakorasiaan tai kojerasiaan ilman uusia johdotuksia. [20.]

Järjestelmällä voidaan ohjata kaikkia olemassa olevia valaisimia, ja se toimii myös Philips Hue lamppujen ja valaisimien kanssa. Sovelluksen avulla määritellään valaisinryhmät, painikkeiden ja sensorien toiminta ja luodaan muun muassa erilaisia valaistustilanteita. Mount Kelvin -järjestelmään voidaan myös Philips Hue -järjestelmän tavoin yhdistää Amazon Alexa -puheohjaus. [22.]

EnOcean GmbH on saksalainen yhtiö, joka on kehittänyt patentoidun langattoman EnOcean-standardin. Standardia hyödynnetään muun muassa rakennusautomaatiossa ja älykodeissa. EnOcean-allianssiin kuuluu yli 250 yritystä, jotka valmistavat EnOcean-standardia käyttäviä tuotteita. Allianssin tavoitteena on tehdä EnOcean-tekniologiasta maailmanlaajuinen ja tehdä teknologiaa käyttävistä laitteista keskenään yhteensopivia. [23.]

EnOcean-standardia käyttävät langattomat kytkimet, sensorit ja säätimet eivät tarvitse erillistä virtalähdettä toimiakseen ja niillä ohjataan esimerkiksi DALI- tai KNX-väyliä tai muita EnOcean-vastaanottimia. Laitteiden energiankulutus on niin pieni, että ne saavat toimintaansa tarvittavan energian liikkeestä tai lämpötilan tai valon muutoksesta. Esimerkiksi kytkin saa energiansa painalluksesta syntyvästä kineettisestä energiasta ja läsnäolotunnistin varastoimastaan valoenergiasta. [24; 8, s. 10.]

EnOcean-tuotteet käyttävät Euroopassa 868 MHz:n radiotaajuutta, joka mahdollistaa sisätiloissa jopa 30 metrin kantaman. Taajuuden etuna on, ettei se ota häiriötä useista paikoista löytyvistä WLAN- ja Bluetooth-laitteista, jotka käyttävät 2,4 GHz:n taajuutta. Standardia käyttäviä langattomia järjestelmiä on asennettu maailmanlaajuisesti yli 400 000 kohteeseen. [24.]

4.3 ABB free@home-kotiautomaatiojärjestelmä

ABB free@home on ABB:n kehittämä kotiautomaatiojärjestelmä, joka perustuu väylätekniikkaan. Valaistuksen lisäksi järjestelmällä voidaan ohjata kohteen lämmitystä, jäähdytystä, ilmanvaihtoa ja verhoja. Järjestelmään on mahdollista liittää myös ovipuhelin. Käyttö tapahtuu seinään asennettavilla painikkeilla, kosketusnäytöllä, mobiililaitteella tai tietokoneella. Järjestelmä on mahdollista toteuttaa langattomasti tai johdotettuna käyttäen kierrettyä parikaapelia tai niiden yhdistelmänä. Kuvassa 9 on esitetty parikaapelilla toteutettu ja kuvassa 10 langattomasti toteutettu järjestelmä. Asentaminen ei juuri eroa perinteisten sähköasennuksien tekemisestä. [25, s. 6–8.]



Kuva 9. Havainnekuva parikaapelilla toteutetusta järjestelmästä. Numerosta yksi numeroon kuusi on esitetty System Access Point, virtalähde, painike releellä, huonetermostaatti, anturi- tai verho-ohjain ja mobiililaitteet [25, s.8.]

Yhdessä järjestelmässä voi olla asennettuna 64 parikaapelilla ja 64 langattomasti liitettyä laitetta. Järjestelmä koostuu System Access Pointista, virtalähteestä, antureista ja toimilaitteista, joilla kuormat kytketään. System Access Point -liitännäportti eli SAP on järjestelmän keskus, jonka avulla järjestelmään voi liittyä tietokoneella tai mobiililaitteella käyttäen WLAN:ia. Etäkäyttö onnistuu, kun SAP yhdistetään WLAN- tai LAN-reitittimeen, jolloin käyttäjä saa järjestelmään yhteyden mistä vain. Järjestelmä käytönotetaan tabletilla tai tietokoneella SAP-liitännäportin välityksellä. [25, s. 8–11.]

Järjestelmän voi toteuttaa keskitettynä asennuksena, jossa toimilaitteet kytketään sähkökeskuksen DIN-kiskoon, tai hajautettuna asennuksena, jossa anturi ja toimilaitte ovat samassa laitteessa. Kaikki järjestelmään kuuluvat laitteet on oltava yhdistettynä väylään, jotta ne voivat kommunikoida toistensa kanssa. Kaapeloinnin voi toteuttaa väylä-, tähti- tai puutopologiana tai niiden yhdistelmänä. Kaapeliksi suositellaan KNX-sertifioitua J-H(ST)H 2x2x0,8 FRNC GN -kaapelia. [25, s. 8–11.]



Kuva 10. Havainnekuva langattomasti toteutetusta järjestelmästä.

Kokonaan langattomasti toteutetussa järjestelmässä ei tarvita erillistä virtalähdettä, koska laitteet saavat virtansa suoraan sähköverkosta. Järjestelmä asennetaan hajaautusti käyttäen esiohjelmoituja laiteyksiköitä, joissa on anturi ja toimilaite samassa yksikössä. Langaton järjestelmä käyttää mesh-verkkorakennetta, jossa kaikki laitteet ovat yhteydessä toisiinsa ja yhteysongelmia ei tällöin synny. Kommunikointiin käytetään 2,4 GHz:n taajuutta. [25, s. 12–14.]

Järjestelmän avulla kodin sisä- ja ulkovalaistusta pystytään ohjaamaan monipuolisesti. Valojen päälle ja pois kytkentää ja himmennystä voidaan ohjata joko yksittäin tai valaistusryhmissä ja valoille voidaan esiasettaa haluttu himmennystaso, johon ne syttyvät. Valoja voidaan myös ohjata liiketunnistimien avulla. Käyttäjä pystyy luomaan erilaisia valaistustilanteita ja ajastamaan valaistuksen. [26.]

Järjestelmään pystytään integroimaan Philips Hue -järjestelmä. Jotta integrointi onnistuu, tarvitaan reititin ja toimivat Hue- ja free@home-järjestelmät. Integroimisen jälkeen Hue-valojen ominaisuuksia, kuten värejä, voidaan käyttää free@home-järjestelmällä. [25, s. 94–99.]

5 Valaistuksen ohjauksen toteutus ja kustannukset

5.1 Valaistuksenohjausjärjestelmien vertailu ja valinta

Remonttikohteessa on valmiiksi asennettu sähköjärjestelmä, jossa valaisinten, kytkinten ja pistorasioiden paikat ovat ennalta määrätyt, joten uuden kotiautomaatio- tai valaistuksenohjausjärjestelmän asennustapa on ratkaisevassa asemassa. Väyläpohjaisen järjestelmän asennus vaatii uusia johdotuksia, jotka saattavat olla hankalia toteuttaa olemassa olevia johtoreittejä pitkin ja asennuskustannukset nousevat huomattavasti. Mikäli rakennuksen sisusta ja koko sähköjärjestelmä on tarkoituksena uudistaa samaan aikaan, järjestelmän asennus onnistuu helpoimmin saneerauksen ohella.

Helpoin ja usein halvin tapa toteuttaa uusi kodin- tai valaistuksenohjausjärjestelmä olemassa olevaan kohteeseen on langaton asennus. Langattomia komponentteja käytettäessä asennuskustannukset ovat huomattavasti halvemmat ja asennus helpompaa. Tämän takia esimerkkikohteena olevaan pientaloon paras vaihtoehto valaistuksen ohjaukseen on Mount Kelvin -järjestelmä. Seuraavassa on perusteluita järjestelmän valintaan:

- Järjestelmä on Suomessa kehitetty ja komponentit ovat saatavilla Suomesta, joka helpottaa muun muassa mahdollisten takuuasioiden käsittelyä.
- Kytkimet ovat langattomia ja paristottomia, joten niitä voidaan helposti asentaa halutuille paikoille välittämättä vanhojen kytkinten paikoista.
- Langattomuuden ansiosta järjestelmä on helposti laajennettavissa.
- Käyttäjä voi hoitaa komponenttien hankinnan ja järjestelmän käyttöönoton itse tai tilata asennusfirmalta valmiin paketin asennuksineen.

Myös Philips Hue on toteutettavissa langattomasti ja ostettavissa Suomesta, mutta Hue-järjestelmää varten kohteen jokainen lamppu pitäisi vaihtaa ja mahdollisesti ostaa uusia valaisimia. Vanhat katkaisijat olisi säilytettävä ja niiden rinnalle asennettava Philipsin omia kytkimiä. Järjestelmän kuluttama standby-tilan teho olisi myös suuri. Jos oletetaan, että esimerkkikohteeseen tulisi 30 Hue-lamppua, joista jokaisen standby-kulutus on 0,1–0,2 W, olisi vuotuinen kulutus valmiustilassa 26–52 kWh. Järjestelmään ei myöskään voi liittää valaistuksen lisäksi muita kodinohjaustoimintoja. Hue-järjestelmän etuna on kuitenkin se, ettei ammattilaisen tekemiä sähkötöitä vaadita ja sen voi helposti ottaa itse käyttöön.

ABB Free@home voidaan myös toteuttaa langattomasti ja ostaa Suomesta, mutta se tulisi kustannuksiltaan kalliimmaksi. Järjestelmän kytkimet sijoitetaan kojerasioihin vanhojen kytkinten tilalle, jolloin uusien lisääminen on haasteellista ja ammattilaisen täytyy tehdä käyttöönotto.

5.2 Tarvittavat Mount Kelvin -komponentit

Luvussa 4.2 on esitelty Mount Kelvin -järjestelmä pääpiirteissään. Koska esimerkkinä käytettävässä pientalossa ei ole tarkoituksena tehdä uusia johdotuksia, ei valaistuksenohjauksessa käytetä DALI:a, vaan EnOcean-ohjattavia kojerasiatoimilaitteita. Asennukseen tarvitaan siis Mount Kelvin keskusyksikkö, langattomasti ohjattavia releitä ja kytkimiä. Mount Kelvinin kanssa suositellaan käytettäväksi Eltakon kojerasiatoimilaitteita ja Giran EnOcean-seinäkytkimiä.



Kuva 11. Mount Kelvin keskusyksikkö on kooltaan 70 x 90 x 62 mm.

Kuvassa 11 esitetty keskusyksikkö voidaan asentaa joko sähkökeskuksen DIN-kiskoon tai saneerauskohteissa asettaa esimerkiksi pöydälle tai muulle alustalle tai mahdollisuuksien mukaan piiloon välikattoon. Keskusyksiköitä on saatavilla neljää eri mallia, joiden erona ovat ohjattavien valaisinryhmien määrät:

- Mount Kelvin Small ohjaa maksimissaan 10:tä valaisinryhmää.
- Mount Kelvin Medium ohjaa maksimissaan 25:tä valaisinryhmää.
- Mount Kelvin Large ohjaa maksimissaan 35:tä valaisinryhmää.
- Mount Kelvin XL ohjaa rajatonta määrää valaisinryhmiä. [27.]



Kuva 12. Eltako FSR61-230V EnOcean-releesäädin. Säätimen koko on 45 x 45 x 33 mm.

Kuvassa 12 esitetty Eltako FSR61-230V on langattomasti ohjattava uppoasennettava sähkösäädin, jossa on yksi jännitteetön 10A/250V AC-kosketin ja jonka käyttö-, kytkentä- ja ohjausjännite on 230V AC. Säätimeen kytketään nolla- ja vaihejohtin ja valaisimelle menevä johdin. Säädin voidaan asentaa jako- tai kojerasiaan ohjattavan valaisimen tai valaisinryhmän ja syöttävän vaihejohtimen väliin. [28, s. 3–2.]



Kuva 13. Eltako FUD61NPN-230V EnOcean-yleishimmennin. Himmennimen koko on 45 x 45 x 33 mm.

Kuvassa 13 esitetty Eltako FUD61NPN-230V on langattomasti ohjattava uppoasennettava yleishimmennin, jonka käyttö-, kytkentä-, ja ohjausjännite on 230V AC ja maksimi-kuorma 300 W. Sillä voidaan himmentää kaikkia himmennettäviä led- ja energiansäästölamppuja. Himmennimessä on pehmeä sytytyksen ja sammutuksen toiminto, joka suojaa kuormaa haitallisilta jännitepiikeiltä. Asennus tapahtuu samaan tapaan kuin

FSR61-230V:n eli valaisimen ja syöttävän vaihejohtimen väliin koje- tai jakorasiaan. [28, s. 3–4.]



Kuva 14. Eltako FBH65S-wg langaton EnOcean-läsnäolo- ja valoanturi. Anturin koko on 84 x 84 x 39 mm.

Kuvassa 14 esitetty Eltako FBH65S-wg on langaton pinta-asennettava läsnäolo- ja valoanturi, joka saa virtansa 12 V:in tasavirtalähteestä, kahdesta AAA-paristosta tai omasta aurinkokennostaan. Tasavirtalähdettä käytettäessä itse virtalähde täytyy uppoasentaa anturin alle ja paristoja tai aurinkokennoa käytettäessä, anturin voi sijoittaa mihin vain. Ennen käyttöönottoa anturia täytyy ladata joko tasavirtalähteellä noin kolme minuuttia, AAA-paristoilla noin 10 minuuttia tai pitämällä anturia päivänvalossa 10 tuntia. Anturi saa tarvitsemansa energian integroidun aurinkopaneelin kautta myös keinovalosta, kunhan valaistusvoimakkuus on keskimäärin 200 luxia päivässä. Mikäli valaistusvoimakkuus ei ole aina riittävä, voidaan aurinkopaneelin lisäksi käyttää paristoa varavirtalähteenä. 2,5 metriä korkeaan kattoon asennettua anturin havaitsemiskeilan halkaisija lattiatasolla on neljä metriä ja kolme metriä korkeaan kattoon asennettuna viisi metriä. [29.]



Kuva 15. Eltako FAH60 langaton EnOcean-hämäräkytkin ulkokäyttöön. Kytkimen koko on 60 x 46 x 30 mm.

Kuvassa 15 esitetty Eltako FAH60 on ulkokäyttöön tarkoitettu langaton hämäräkytkin, joka voidaan kiinnittää joko ruuveilla tai liimapinnalla talon ulkoseinään. Kytkimen suojausluokitus on IP54 ja suositeltu käyttölämpötila on -20...+55 °C. Kytkimeen integroitu aurinkopaneeli tuottaa toimintaan vaaditun energian, ja ennen käyttöönottoa sitä ladataan noin viisi tuntia keskimäärin 400 luxin valaistusvoimakkuudella. [30.]



Kuva 16. Kaksiosainen Gira langaton EnOcean-painike.

Giran langattomia EnOcean-painikkeita on saatavilla sekä yksi- että kaksiosaisina. Kuvassa 16 on esitetty kaksiosainen painike ilman kehyksiä. Painike voidaan asentaa haluttuun pintaan ruuveilla, tarralla tai liimalla ja se voidaan myös asentaa kojerasiaan vanhan kytkimen tilalle. Painonapit ja kehykset ovat vaihdettavissa ja väri vaihtoehtoja on tarjolla useita. Giran painonappeja suositellaan käytettäväksi Mount Kelvinin kanssa niiden tuntuman vuoksi, mutta myös muita EnOcean-painikkeita voidaan käyttää.



Kuva 17. Eltako FSUD-230V pistorasiaan asennettava langaton valonsäädin.

Pistotulpalla varustettujen laitteiden, kuten pöytä- ja jalkalamppujen, ohjaamiseen voidaan käyttää pistorasiaan asennettavia toimilaitteita. Kuvassa 17 on esitetty Eltakon valonsäädin, jolla pystytään himmentämään valoja kuormaa säätämällä. Kuorman säädöllä varustetun toimilaitteen lisäksi on saatavilla vastaava reletoinen laite, jolla voidaan kytkeä pistotulpalla varustettu laite päälle tai pois päältä.

5.3 Hankinta- ja asennuskustannukset

Esimerkkikohteessa on kymmenen valaisinryhmää, joita halutaan ohjata Mount Kelvin -järjestelmällä, joten keskusyksikön kooksi kannattaa valita medium. Small-kokoisella keskusyksiköllä voidaan ohjata maksimissaan kymmentä valaisinryhmää, mutta tässä tapauksessa on järkevintä valita suurempi koko, jos järjestelmää halutaan tulevaisuudessa laajentaa. Taulukossa 3 on esitetty tarvittavien komponenttien kappalehinnat sisältäen 24 prosentin arvonlisäveron. Eltako-komponenttien hinnat ovat tukkuhintoja Eltakon vuoden 2018 katalogista, ja muut hinnat ovat älykotikauppa.fi-sivustolta.

Taulukko 3. Tarvittavien komponenttien määrät ja hinnat euroina.

Komponentti	Hinta sisältäen alv. (€)	Kpl	Kokonaishinta (€)
Mount Kelvin keskusyksikkö	992	1	992
Eltako FSR61-230V	78,4	3	235,2
Eltako FUD61NPN-230V	99,9	7	699,3
Eltako FBH65S-wg	133,3	1	133,3
Eltako FAH60	98,7	1	133,3
Eltako FSUD-230V	122,1	2	244,2
Gira EnOcean painike	79	11	869
			3 306,3

Eltako FSR61-230V-releyksikköä käytetään autotallin, tuulikaapin ja takapihan valaisinryhmissä, koska niissä halutaan valon syttyvän suoraan täyteen tehoon. Muissa ryhmissä käytetään Eltako FUD61NPN-230V-yleishimmennintä. Eltako FBH65S-wg-läsnäoloanturia käytetään autotallissa ja Eltako FAH60-hämäräkytkintä terassilla. Giran painikkeita tulee keittiöön kolme ja olohuoneeseen kaksi kappaletta ja muihin tiloihin yksi kappale jokaiseen. Eltako FSUD-230V-valosäätimiä käytetään olohuoneessa ohjaamaan pistotulpallisia valaisimia.

Järjestelmää asennettaessa tarvitaan sähkömiestä releyksiköiden ja himmentimien kytkemisessä sähköverkkoon ja vanhojen valokatkaisijoiden poistossa. Esimerkkikohteen kokoisessa pientalossa järjestelmän asentaminen kestää kuudesta kahdeksaan tuntia. Jos oletetaan sähkötöiden verolliseksi hinnaksi pääkaupunkiseudulla kilometrikorvauksineen 60 euroa tunnilta, saadaan yhteishinnaksi 360–480 euroa. Järjestelmän arvioiduksi kokonaishinnaksi arvonlisäveroineen saadaan tällöin pyöreästi 3800 euroa.

5.4 Käyttöönotto

Asennusvaiheessa keskusyksikkö kytketään verkkovirtaan ja ethernet-kaapelilla reititimeen ja keskusyksikköön kiinnitetään johdolla antenni, jonka välityksellä se kommunikoi muiden komponenttien kanssa. Mount Kelvin -sovellus asennetaan mobiililaitteeseen ja ensikäynnistyksen yhteydessä sovellus pyytää skannaamaan QR-koodin, joka löytyy keskusyksiköstä. Skannauksen jälkeen keskusyksikkö ja mobiililaitte ovat yhteydessä.

Kaikki komponentit liitetään keskusyksikköön mobiilisovelluksen avulla. Sovellus antaa ohjeet kunkin komponentin paritukseen. Eitako FUD61NPN-230V-yleishimmennin paritetaan valitsemalla se ensin sovelluksen listalta, jonka jälkeen sovellus kehottaa kääntämään ylemmän ruuvin LRN- eli learn-asentoon, jolloin himmentimen huomiovalo alkaa vilkkua. Tämän jälkeen mennään seuraavaan vaiheeseen, jolloin huomiovalo sammuu ja sovellus pyytää kääntämään ylemmän ruuvin MAX-asentoon ja seuraavassa vaiheessa sovellus ilmoittaa parituksen olevan valmis. Nyt käytössä on himmentimen ohjaama valaisinryhmä, joka voidaan nimetä, ja jota voidaan ohjata sovelluksen avulla. FSR61-230V-releyksikkö yhdistetään samalla tavalla.

Kytöntä paritettaessa sovellus kysyy, kuinka monta painiketta siinä on ja parittamisen onnistuttua kytkimen toiminta konfiguroidaan. Sovelluksella määritellään, halutaanko kytkimen olevan normaali päälle-pois kytkin vai halutaanko esimerkiksi pitkällä painalluksella himmentää valoja tai säätää värilämpötilaa tai halutaanko painalluksen aktivoivan ennalta määritellyn valaistustilanteen.

FAH60-hämäräkytkin ja FBH65S-wg-läsnolotunnistin paritetaan asettamalla se ensin opetustilaan viemällä mukana toimitettava magneetti sensorissa sille merkittyyn kohtaan. Sensorin punainen led-valo vilkkuu hetken merkiten opetustilaan siirtymisestä, jonka jälkeen sensori on valmis paritettavaksi ja voidaan määrittää sensorin raja-arvot. Kytkimen tai sensorin parittamisen jälkeen valitaan myös, mitä valaisinryhmää tai ryhmiä se ohjaa. [29.]

5.5 Mahdolliset ongelmat

Koska kyseessä on langaton järjestelmä, radiotaajuuden kantavuudessa saattaa ilmetä ongelmia. Järjestelmän signaalien kantomatkan on ilmoitettu olevan sisätiloissa 30 metriä, mutta rakennuksen rakennusmateriaalit ja muodot heikentävät sitä. Puuseinät eivät yleensä merkittävästi heikennä signaalia, mutta kovemmat materiaalit, kuten betoni ja metalli saattavat heikentää kantamaa jopa 90 %. Esimerkkikohteessa ei pitäisi ilmetä ongelmia kantaman suhteen, koska rakennuksessa on puuseinät, mutta mikäli ongelmia ilmenee, voi järjestelmään lisätä signaalinvahvistimia. [28, s. T-6.]

Mikäli järjestelmän virransyöttö katkeaa kokonaan esimerkiksi sähkökatkon tai sulakkeen laukeamisen vuoksi, pysyvät kaikkien laitteiden asetukset muistissa ja käyttö jat-

kuu normaalisti sähköjen palattua. Internet-yhteyden katketessa ei järjestelmää voi ohjata sovelluksella, mutta kytkimet toimivat normaalisti. [22.]

Järjestelmä ei juurikaan vaadi ylläpitoa, koska kytkimet ovat paristottomia ja komponentit määritellään asennuksen yhteydessä. Laiteohjelmiston päivitykset latautuvat ja asentuvat automaattisesti käyttäjän huomaamatta. Sensorit ja niihin integroidut aurinkopaneelit on pidettävä puhtaina toiminnan edellyttämiseksi.

6 Yhteenveto

Insinööriyössä esiteltiin kolme valaistuksenohjausjärjestelmää, jotka ovat mahdollisia jälkiasentaa olemassa olevaan pientaloon. Esiteltäviä järjestelmiä olivat Philips Hue, ABB free@home ja Mount Kelvin. Mount Kelvin sopi parhaiten asennettavaksi esimerkkinä käytettyyn omakotitaloon. Järjestelmää ei asennettu käytännössä, vaan käytiin läpi, mitä asennukseen vaaditaan ja kuinka suuria kustannuksia siitä syntyy.

Työssä havaittiin, että ohjausjärjestelmän jälkiasennukseen liittyy haasteita asennustavoissa, koska useimmissa vanhoissa kohteissa valaistuksenohjaus on toteutettu perinteisillä kytkimillä, joiden paikat on valmiiksi määritelty ja valaistuksen johdotus on toteutettu jo rakennusvaiheessa. Ongelman ratkaisuksi valikoitui langaton Mount Kelvin-ohjausjärjestelmä, jonka asennukseen ei vaadita uusia johdotuksia tai valaisimia. Työssä suunniteltiin, mitä valaistuksenohjaukselta halutaan esimerkkikohteessa, ja sen pohjalta valittiin tarvittavat komponentit Mount Kelvin -järjestelmään. Lopuksi käytiin läpi käyttöönotto teoriassa.

Työtä tehdessä selvisi, että vanhaan pientaloon voidaan asentaa täysin uusi ja monipuolinen valaistuksenohjausjärjestelmä vaatien vain pieniä ammattilaisen tekemiä sähkötöitä. Työssä esitelty asennustapa on hinnaltaan suhteellisen edullinen verrattuna laajempia sähkötöitä vaativiin järjestelmiin. Kokonaan uusi valaistus ja valaistuksenohjaus on myös mahdollista toteuttaa alusta alkaen rakennuksen saneerauksen yhteydessä, jolloin samalla uusitaan koko sähköjärjestelmä keskuksineen, mutta tällöin kustannukset kasvavat moninkertaisiksi.

Älykkäät valaistuksen- ja kodinohjausjärjestelmät ovat kannattavia päivityksiä vanhoihin pientaloihin, vaikka hankinta- ja asennuskustannukset ovat tuhansia euroja. Järjes-

telmä parantaa kodin toimintojen käyttömukavuutta ja pitkällä aikavälillä järjestelmä usein maksaa itsensä takaisin energiansäästöjen ansiosta.

Työssä tarkasteltiin myös valonlähteitä ja eri valaistuksenohjaustapoja. Havaittiin, että valonlähteiden markkinat ovat suurimmaksi osaksi painottuneet ledeihin tiukentuneiden direktiivien vuoksi. Ekosuunnitteludirektiivin energiansäästöihin tähtäävien säädösten takia hehku- ja halogeenilamput ovat poistuneet tai ovat poistumassa markkinoilta ja ne korvataan suurimmaksi osin led-lampuilla. Kuluttaja ja ympäristön kannalta siirtymä on kannattava pienentyneen energiankulutuksen takia. Myös valaistuksenohjauksen kehittymisen seurauksena on pystytty pienentämään valaistukseen kuluva energiaa.

Lisäksi työssä käytiin läpi valaistuksen suunnittelua ja siihen liittyviä eroavaisuuksia uuden ja vanhan rakennuksen välillä. Myös valaistuksen suunnittelu on muuttunut ajan kuluessa. Uudiskohteissa valaistusta ja ohjausta suunniteltaessa kiinnitetään huomiota myös tulevaisuuden tarpeisiin ja energiansäästöjen parantamiseksi pyritään hyödyntämään luonnonvaloa mahdollisimman paljon. Asuintaloissa voidaan myös hyödyntää dynaamista valaistusta, jolla voidaan vaikuttaa ihmisen biologisiin toimintoihin.

Insinööriyön tavoitteeseen päästiin, kun esimerkkikohdetta apuna käyttäen saatiin teoriapohjalla käytyä läpi älykkään valaistuksenohjausjärjestelmän toiminta ja asennus. Koska asennusta ei toteutettu käytännössä, piti työtä tehdessä luottaa lähdetietoihin. Työhön olisi mahdollista tehdä jatkoa asentamalla järjestelmä kohteeseen ja ohjelmoidulla se suunnitelman mukaisesti.

Lähteet

- 1 Ledilamput. 2015. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <www.lampputieto.fi/lampun-valinta/alasivu/led-lamput/>. Luettu 31.7.2018.
- 2 Ekosuunnitteludirektiivi (2009/125/EU) ja energiamerkintädirektiivi (2010/30/EU). 2013. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <www.ymparisto.fi/FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Rakennustuotteiden_tuot_ehyvaakysynta/Ekosuunnitteludirektiivi_ja_energiamerkintadirektiivi>. Luettu 25.10.2018.
- 3 Led-älylamput. 2015. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <www.lampputieto.fi/lampun-valinta/alasivu/led-alylamput/>. Luettu 31.7.2018.
- 4 Kofod, Casper. 2016. Solid State Lighting Annex: Task 7: Smart Lighting – New Features Impacting Energy Consumption. Verkkodokumentti. Solid State Lighting Annex. <ssl.iea-4e.org/files/otherfiles/0000/0085/SSL_Annex_Task_7_-_First_Report_-_6_Sept_2016.pdf>. Luettu 25.10.2018.
- 5 D3 laskentaopas. Valaistuksen tehontiheyden ja tarpeenmukaisuuden erillistarkastelut E-luvun laskennassa. RakMK D3 2012 mukaan. 2015. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 6 Pientalon sähkönjakelujärjestelmä. 2010. Verkkoaineisto. Opetushallitus. <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/lvi/aihio4/taloverkko/ryhma_valaistus.htm>. Luettu 14.8.2018.
- 7 Piikkilä, Veijo. 2008. Väylä vastaan perinteinen. Verkkodokumentti. Ensto Pro. <www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228110247982/1228331974283/1228334281707/1228334783836.html>. Luettu 15.8.2018.
- 8 Riikkula, Jukka. 2016. ST 58.31 Valonlähteiden säätö ja ohjaus. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 9 Kallasjoki, Tapio. 2012. Valaistustekniikan perusteita. Luentomoniste. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 10 Forsman, Sanna & Innanen, Jari. 2010. Jokakodin valaistusopas. Helsinki: Motiva.
- 11 Walerczyk, Stan. 2012. Human Centric Lighting. Architectural SSL.
- 12 Halper, Mark. 2018. Philips Lighting's identity fades into Signify tomorrow. Verkkoaineisto. LEDs Magazine. <www.ledsmagazine.com/articles/2018/05/philips-lightings-identity-fades-into-signify-tomorrow.html>. Luettu 29.8.2018.

- 13 Philips Hue release timeline & history. 2018. Verkkoaineisto. Hue Home Lighting. <www.huehomelighting.com/philips-hue-release-timeline/>. Luettu 29.8.2018.
- 14 How it works. 2018. Verkkoaineisto. Signify Holding. <www2.meethue.com/en-us/how-it-works>. Luettu 29.8.2018.
- 15 "Alexa, turn on all lights". 2018. Verkkoaineisto. Signify Holding. <www2.meethue.com/en-us/friends-of-hue/amazon-alexa>. Luettu 24.9.2018.
- 16 How Hue works. 2014-2016. Verkkoaineisto. Koninklijke Philips Electronics N.V. <www.developers.meethue.com/documentation/how-hue-works>. Luettu 29.8.2018.
- 17 Baauw, Erik. 2017. Philips Hue. Verkkoaineisto. <www.github.com/ebaauw/homebridge-hue/wiki/Philips-Hue>. Luettu 31.8.2018.
- 18 Cozify ajattelee kotiasi. 2018. Verkkoaineisto. Cozify. <www.cozify.fi>. Luettu 31.8.2018.
- 19 Residential. 2018. Verkkoaineisto. Mount Kelvin. <www.mountkelvin.com/residential>. Luettu 2.9.2018.
- 20 Instructions. 2018. Verkkoaineisto. Mount Kelvin. <www.mountkelvin.com/instructions>. Luettu 2.9.2018.
- 21 DALI. 2009. Verkkoaineisto. Ensto. <www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228387313247/1228466781352/1231503046191/1231503057256.html>. Luettu 15.10.2018.
- 22 Usein kysytyjä kysymyksiä Houmista. 2015. Verkkodokumentti. Houm.fi. <[www.medium.com/@gethoumio/usein-kysytyjä-kysymyksiä-houmista-b1d27dacfd9](http://www.medium.com/@gethoumio/usein-kysytyja-kysymyksiä-houmista-b1d27dacfd9)>. Luettu 3.9.2018.
- 23 EnOcean. 2018. Verkkoaineisto. <<https://en.wikipedia.org/wiki/EnOcean>>. Luettu 15.9.2018.
- 24 What is EnOcean. 2018. Verkkoaineisto. EnOcean Alliance Inc. <www.enocean-alliance.org/what-is-enocean/>. Luettu 15.9.2018.
- 25 Järjestelmän käsikirja ABB-free@home. 2018. ABB Oy.
- 26 Monipuoliset toiminnot kodin ohjaukseen. 2018. Verkkoaineisto. ABB Oy. <www.new.abb.com/low-voltage/fi/tuotteet/kiinteistoautomaatio-kotiautomaatio/ratkaisut/freeathome/jarjestelma/toiminnot>. Luettu 17.9.2018.
- 27 Mount Kelvin keskusyksikkö. 2017. Verkkoaineisto. KaNi Lights. <www.kanilights.fi/tuote/mountkelvin-keskusyksikko>. Luettu 3.9.2018.

- 28 Eltako – rakennuksen ohjausjärjestelmä. 2018. Eltako GmbH.
- 29 Wireless motion/brightness sensor FBH65S-wg. 2018. Verkkoaineisto. Eltako GmbH.
<www.eltako.com/fileadmin/downloads/en/_datasheets/Datasheet_FBH65S-wg.pdf>. Luettu 16.9.2018.
- 30 Wireless outdoor brightness twilight sensor FAH60. 2018. Verkkoaineisto. Eltako GmbH.
<www.eltako.com/fileadmin/downloads/en/_datasheets/Datasheet_FAH60.pdf>. Luettu 16.9.2018.