



# Kotiautomaation kustannukset omakotitalossa

ABB-free@home-järjestelmä

Janne Kinnunen

OPINNÄYTETYÖ  
Marraskuu 2020

Talotekniikka  
Sähköinen talotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikka  
Sähköinen talotekniikka

KINNUNEN, JANNE:  
Kotiautomaation kustannukset omakotitalossa  
ABB-free@home-järjestelmä

Opinnäytetyö 39 sivua, joista liitteitä 5 sivua  
Marraskuu 2020

---

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin kotiautomaation kustannuksia ABB-free@home-järjestelmällä rakennuskustannuksiltaan 200 000–250 000 euron omakotitalossa. Työssä verrattiin Keski-Suomeen 2019 rakennetun omakotitalon perinteisten sähköasennusten kustannuksia samaan omakotitaloon tässä opinnäytetyössä esitetyn automaattioratkaisun kustannuksiin.

Kummankin vertailussa olevan vaihtoehdon kustannukset laskettiin Broker Estimate -tarjouslaskentaohjelmalla STULin laskentapaketteja sekä opinnäytetyön tekijän empiiristä arviota hyödyntäen. Esitetystä automaattioratkaisusta free@home-järjestelmän toiminnallisuuksista hyödynnettiin valaistuksen-, ilmanvaihton- ja lämmityksenohjausta sekä ohjattuja pistorasioita. Automaattioratkaisussa on myös täysi valmius ABB-Welcome-ovipuhelinjärjestelmän käyttöönotolle ja sähköauton latauksen lisäykselle. Lisäksi verho- tai kaihdinohjauksille on putkitetut varaukset.

Odotetusti automaattioratkaisu oli perinteisten sähköjen ratkaisua kalliimpi. Noin 6340 euroa kalliimman automaattioratkaisun oletetaan laskevan käytön aikaisia kustannuksia. Lisäksi ratkaisu tuo parannusta esimerkkikohteen alkuperäiseen varustelutasoon verrattuna, kuten paremman valaistuksen ohjauksen ja helposti tulevaisuudessa laajennettavan järjestelmän. Kotiautomaation huomioiminen edes varauksena rakennusvaiheessa todettiin olevan järkevä investointi tulevaisuuteen.

## **ABSTRACT**

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

KINNUNEN, JANNE:

Cost of Home Automation in Detached House  
ABB-free@home System

Bachelor's thesis 39 pages, appendices 5 pages  
November 2020

---

The aim of the thesis was to estimate home automation costs in a detached house that costs 200 000 to 250 000 euros with an ABB-free@home automation system. The thesis compared a normal electrical installation to a home automation solution in the 2019 built detached house in middle-Finland.

The cost of the home automation solution and the cost of normal electrical installations were calculated using the Broker Estimate bid calculation program. In the presented automation solution, lighting, ventilation, and heating control as well as controlled socket outlets were utilized from the functionalities of the free@home system. The ABB-Welcome door entry system, electric car charging and blinds can be easily added to the presented automation solution.

As expected, the automation solution was more expensive than the normal electrical installation solution. The automation solution was 6,340 euros more expensive than the normal electrical solution. Automation solution will improve the energy efficiency and comfort of the property.

---

Key words: automation systems, costs, building services, smart homes

## SISÄLLYS

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | JOHDANTO .....  | 7  |
| 2     | KOTIAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ.....  | 9  |
| 2.1   | Kotiautomaation hyödyt.....   | 10 |
| 2.1.1 | Vedenkulutuksen hallinta.....   | 10 |
| 2.1.2 | Ohjatut pistorasiat.....  | 11 |
| 2.1.3 | Ilmanvaihto .....   | 11 |
| 2.1.4 | Tilaohjaukset .....   | 11 |
| 2.1.5 | Hälytysjärjestelmät .....   | 11 |
| 2.1.6 | Valaistus.....  | 12 |
| 2.1.7 | Lämmönsäätö.....  | 12 |
| 2.1.8 | Kaihtimet ja markiisit.....   | 13 |
| 2.1.9 | Muut järjestelmät .....   | 13 |
| 2.2   | Energiahallinnan merkitys .....   | 14 |
| 2.3   | Markkinoilla olevia järjestelmiä.....   | 15 |
| 2.3.1 | ABB-free@home .....   | 16 |
| 2.3.2 | Beckhoff-automaatio.....  | 16 |
| 2.3.3 | DALI-valaistuksenohjaus .....   | 16 |
| 2.3.4 | KNX pohjaiset järjestelmät .....  | 17 |
| 2.3.5 | Fidelix-kotiautomaatio.....   | 17 |
| 2.4   | Projektin kulku.....  | 17 |
| 3     | KOHTEEN RATKAISUT .....   | 19 |
| 3.1   | Valittu kohde .....   | 19 |
| 3.2   | Kustannuslaskenta.....  | 19 |
| 3.2.1 | Pakettirekisteri.....   | 20 |
| 3.3   | Valittu kotiautomaatiojärjestelmä.....  | 22 |
| 3.4   | Perinteiset sähköt.....   | 23 |
| 3.5   | Esitetty automaatoratkaisu .....  | 25 |
| 3.5.1 | Esitetyn automaatoratkaisun kustannukset .....  | 27 |
| 4     | POHDINTA .....  | 29 |
|       | LÄHTEET .....   | 33 |
|       | LIITTEET .....  | 35 |
|       | Liite 1. Perinteiset sähköt tasokuva.....   | 35 |
|       | Liite 2. Kohteeseen valittujen valaisimien positionumerot, sähkönumerot ja kappalemäärät..... | 36 |
|       | Liite 3. Automaatoratkaisu tasokuva .....   | 37 |
|       | Liite 4. Automaatoratkaisu väyläkaapelointi tasokuva .....                                    | 38 |

|   |    |
|---|----|
| Liite 5. Automaattoratkaisussa käytetyt free@home-järjestelmän tuotteet |    |
| .....   | 39 |

**LYHENTEET JA TERMIT**

|                    |  |
|--------------------|--|
| DALI               | Digital Addressable Lighting Interface   |
| invertteri         | vaihtosuuntaaja, muuntaa tasavirtaa vaihtovirraksi   |
| johdonsuoja        | Johdonsuojakatkaisija suojaa johtimia liiansuurelta virralta. Puhekielessä joskus ”automaattisulake”.                                  |
| kenttäväylä        | Automaatiossa käytetty tekniikka, jossa viestit eri laitteille kulkevat samassa väylässä, jokaisen laitteen erillisjohdotuksen sijaan. |
| perinteiset sähköt | Yleisesti käytetyllä tavalla toteutetut sähköasennukset, jossa ei ole käytetty esimerkiksi heikkovirtaohjauksia.                       |
| siirtomedia        | nimitys erilaisille tiedon siirtotavoille  |
| STUL               | Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto ry   |
| syttymisryhmä      | Valaisimet, jotka syttyvät samasta ohjauksesta   |
| sähköinen ryhmä    | sähkökeskuksessa samalla johdonsuojalla suojatut laitteet  |
| vaihejohdin        | sähköjärjestelmän osa, jota pitkin virta kulkee kuormalle  |

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kotiautomaation kannattavuutta budjetillaan ensiasunnoksi sopivassa omakotitalossa. Työssä haetaan vastauksia seuraaviin kysymyksiin: mitä mahdollisia hyötyjä kotiautomaatiolla voidaan valitussa kohteessa saavuttaa ja mitkä ovat kustannukset verrattuna perinteisiin sähköasennuksiin?

Työ on lähtökohtaisesti suunnattu omakotitalohankkeeseen ryhtyvälle. Sähkötyöt toteuttaa kuitenkin aina ammattilainen, joten kaikkia teknisiä yksityiskohtia ei tarvitse välttämättä edes ymmärtää erilaisia vaihtoehtoja harkittaessa projektiin. Työn tarkoituksena on kertoa esimerkinomaisesti mahdollisia ratkaisuja, jotta rakennushankkeeseen ryhtyvän on mahdollista ottaa asia esille urakoitsijoita valitessaan.

Työssä esitetään automaatoratkaisua olemassa olevaan omakotitalokohteeseen. Ratkaisut on esitetty käyttämällä ABB-free@home-järjestelmää, joka käyttää kenttäväylää ja on näin helposti laajennettavissa myös langallisena jälkikäteen.

Kohteeksi valikoitui rakennettaessa arviolta 200 000–250 000 euroa maksanut Keski-Suomeen 2019 rakennettu omakotitalo. Kohde on toteutettu perinteisin sähköasennuksin ja tässä työssä esitetään kyseisen kohteen toteutukselle vaihtoehtoisia automaatoratkaisua. Ratkaisut esitetään rakennusvaiheessa toteutettaviksi, eikä niitä tulla toteuttamaan kyseiseen kohteeseen. Ratkaisujen on tarkoitus toimia vertailupohjana tuleviin saman budjettiluokan omakotitaloihin ja tukemaan rakentajaa valinnoissaan kotiautomaation suhteen.

Vaikka toteutettujen sähköasennusten kustannukset olisivat mahdollisesti olleet saatavilla, työssä laskettiin myös kohteeseen toteutettujen sähköjen kustannukset tarjouslaskentaohjelmalla sähkökuvista, jotta kustannuslaskenta olisi vertailukelpoista esitetyn automaatoratkaisun kanssa. Kustannukset on laskettu Broker Estimate -tarjouslaskentaohjelmalla. Materiaalikustannukset ja työajat ovat

tarjouslaskentaohjelman ilmoittamia siinä määrin, kun niitä oli saatavilla. Automaatio-osuuden kustannukset ovat tuotteiden myyjän ilmoittamia ja niihin kohdistetut työajat ovat tämän työn tekijän empiirisiä arvioita.

Ensiksi työssä kerrotaan mitä on kotiautomaatio ja esitellään hieman muita markkinoilla olevia järjestelmiä. Sitten esitellään valittu kohde, valittu järjestelmä sekä kohteeseen esitetyt ratkaisut ja niiden kustannukset. Lopussa on vielä pohdinta, jossa arvioidaan järjestelmän kannattavuutta, eli kustannuksia suhteessa hyötyihin.



## 2 KOTIAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

Yleensä rakennusautomaatiojärjestelmä voidaan jakaa kolmeen perusrakenteen osaan (ST-käsikirja 22 2017, 12). Alimpana hierarkiassa kenttälaitteisiin, seuraavaksi alakeskuksiin ja ylimpänä valvomoihin sekä hallinnollisiin osiin (ST-käsikirja 22 2017, 12). Rakennusautomaatio on osana myös kotiautomaatiota, tosin pienemmässä mittakaavassa ja hierarkiatasot eivät välttämättä ole niin selkeästi eroteltavissa kuin suuremmissa kiinteistöissä. Lisäksi kotiautomaatioon usein liitetään myös niin sanottuja mukavuusjärjestelmiä (ST-701.31 2018, 1).

Tyypillisesti rakennusautomaatiojärjestelmälle voidaan keskeisiksi tavoitteiksi määrittää seuraavat (ST-käsikirja 17 2018, 21):

- toteuttaa prosessin säädön ja ohjauksen suunnitellulla tavalla
- valvoo taloteknisiä järjestelmiä mittauksilla ja hälytyksillä
- tuottaa energiatehokasta ylläpitoa sekä laitoksen ylläpitoa varten kulutus-, energiatehokkuus-, olosuhde- ja tilastomateriaalia
- tarjoaa ylläpitäjälle sekä käyttäjälle selkeän, ymmärrettävän ja päivittäistä käyttöä tukevan käyttöliittymän

Rakennuksen hyvän energiatehokkuuden ylläpito on jatkuva prosessi. Ylläpito-prosessin tulee perustua oikeaan tietoon olosuhteista sekä laitteiden kunnosta, mahdollisista häiriö- ja vikatilanteista. Turhaa energiankulutusta pyritään välttämään samalla kun varmistetaan sisäolosuhteiden pysyminen tavoitellulla tasolla. (ST-käsikirja 17 2018, 21.)

Yleensä rakennusautomaatiojärjestelmä on investointikustannuksiltaan vähäinen verrattuna kokonaisuuteen. Kuitenkin rakennusautomaation merkitys elinkaaren aikaisissa kustannuksissa on merkittävä. (ST-käsikirja 17 2018, 21.)

Kiinteistön kannalta kotiautomaatiossa kuitenkin on paljon samoja tavoitteita, kuten turvallisuus ja energian kulutuksen hallinta (ST-kortti 701.31 2018, 1). Lisäksi kotiautomaatiossa nousee merkittävään osaan myös mukavuus ja viihty-

vyys (ST-kortti 701.31 2018, 1). Myös muunnosjoustavuus on tyypillisesti automaation vahvuuksia verrattuna perinteisiin sähköasennuksiin (ST-kortti 701.31 2018, 2).

Järjestelmiä on markkinoilla useita ja monen laajuisia. Järjestelmiä on suppeampia vain yhteen asiaan, esimerkiksi valaistuksen ohjaukseen keskittyviä järjestelmiä, sekä laajoja kaiken kattavia kokonaisuuksia, joilla voidaan hallita esimerkiksi lämmitystä, jäähdytystä, ilmanvaihtoa, valaistusta, kaihtimia, hälytys- ja turvajärjestelmiä sekä energiankulutusta. Järjestelmät hyödyntävät eri siirtomeedioita ja kommunikointikieliä. Järjestelmiä on keskitettyjä sekä hajautettuja, suljettuja ja avoimia. Osa järjestelmistä on vapaasti ohjelmoitavissa. Tyypillisesti ohjelmointi tehdään järjestelmäkohtaisella joko kaupallisella tai ilmaisohjelmalla.

## **2.1 Kotiautomaation hyödyt**

Kotiautomaatiolla voidaan muun muassa pitää yllä hyvää sisäilmaa, säästää energiaa, säätää ja ohjata valaistusta, etäohjata, valvoa, säätää ja mitata -laitteita (Motiva 2019a). Turvallisuutta parantavat järjestelmän kautta saatavat hälytykset (Motiva 2019a). Seuraavissa alakuvuissa käydään läpi tapoja hyödyntää automaatiota talon teknisten järjestelmien hallinnassa.

### **2.1.1 Vedenkulutuksen hallinta**

Vedenkulutuksen mittauksella kiinteistössä voidaan pienentää muun muassa vesivahingon riskiä. Kiinteistön ollessa tyhjillään voidaan tuottaa hälytys epätavallisesta vedenkulutuksen noususta. Usein pientaloissa automaatiojärjestelmän kotoa poissa -tilan ollessa päällä suljetaan kiinteistön tulovesiputkeen liitetty ohjattava sulkuventtiili, koska lähtökohtaisesti vettä ei kuluteta kotoa poissa ollessa. Vedenkulutusta kannattaa myös visualisoida, sillä silloin käyttäjällä on mahdollisuus kiinnittää omaan vedenkulutukseensa enemmän huomiota. (ST-701.31 2018, 4.)

### **2.1.2 Ohjatut pistorasiat**

Ohjattavat pistorasiat lisäävät turvallisuutta. Tyypillisesti automaation avulla toteutetuissa kohteissa keittiön työtasojen, kodinhoitohuoneen ja ulkotilojen pistorasioista tehdään ohjattuja, jolloin voidaan minimoida päälle unohtuneiden sähkölaitteiden tuottama riski kotoa poistuttaessa. (ST-701.31 2018, 4.)

### **2.1.3 Ilmanvaihto**

Usein ilmanvaihto voidaan integroida automaatiojärjestelmään. Automaatiojärjestelmässä voi olla valmiita tiloja, jotka tehostavat tai pienentävät ilmanvaihtoa, mutta myös ilman kosteuden ja CO<sup>2</sup>-pitoisuuden perusteella on mahdollista toteuttaa ilmanvaihdon ohjaus. Lisäksi ilmanvaihtokoneen hälytykset ja tieto huolontarpeesta on yleensä mahdollista tuoda automaatiojärjestelmään. (ST-701.31 2018, 4.)

### **2.1.4 Tilaohjaukset**

Usein kotiautomaatiojärjestelmän käyttö perustuu tilaohjauksiin. Tilaohjauksia voi olla kohteessa olla useita erilaisia ja tyypillisiä tällaisia ovat ”kotona”, ”poissa”, ”pitkään poissa” ja ”juhlat”. Lähtökohtaisesti tilaohjauksilla pyritään poissaollessa säästämään energiaa ja lisäämään turvallisuutta. ”Juhlat” -tilalla viitataan tilanteeseen, jossa paikalla on tavallista enemmän väkeä, joten ilmanvaihtoa on syytä tehostaa ja lämmitystä pienentää. Tyypillisesti päämakuuhuoneeseen sijoitetaan painike, jolla voidaan sammuttaa kaikki valot sekä halutut pistorasiat. (ST-701.31 2018, 4–5.)

### **2.1.5 Hälytysjärjestelmät**

Tavallisesti hälytysjärjestelmät, kuten esimerkiksi murto- ja palovaroitinjärjestelmät, eivät ole osana automaatiojärjestelmää, vaan toimivat omina järjestelmi-

nään. Näistä järjestelmistä kuitenkin voidaan tuoda hälytystieto automaatiojärjestelmään, jolloin esimerkiksi valot voidaan sytyttää murto- ja palohälytyksestä turvallisuuden lisäämiseksi. Kaikista hälytyksistä tai vikatiloista hälytysjärjestelmissä voidaan automaatiojärjestelmän kautta tuoda ilmoitus käyttäjälle esimerkiksi matkapuhelimeen. (ST-701.31 2018, 5.)

### **2.1.6 Valaistus**

Usein automaatoratkaisuissa valaistusta ohjataan ryhmäkeskukseen asennettavilla kytkin- ja/tai säädintoimilaitteilla perinteisten kojerasioissa olevien valokytkimien tai -säätimien sijaan ja niiden tilalla käytetään esimerkiksi heikkovirtaisia painikkeita ja/tai älypuhelinta. Tällöin jokaiselle valaistuksen syttymisryhmälle tuodaan keskukselta oma ohjattu vaihejohdin. Tyypillisesti kaapelointi toteutetaan 5- tai 7-johimisella asennuskaapelilla. Tällöin nolla- ja maadoitusjohtimen lisäksi syttymisryhmiä saadaan yhteen kaapeliin kolme tai viisi. Myös pientaloissa yleistynyt tapa on hyödyntää DALI-väylää kiinteissä valaisimissa, jolloin kaikki samassa sähköisessä ryhmässä olevat valaisimet ovat ketjutettavissa 5-johtimisella asennuskaapelilla. Kuitenkaan kaikissa automaatiojärjestelmissä ei ole avoimia rajapintoja muiden järjestelmien liittämiseen. Valaistuksenohjauksessa voidaan myös hyödyntää vakiovaloantureita, jolloin tilan valaistus himmenee ja kirkastuu suhteessa sisään tulevaan päivänvaloon. Vastaavia ominaisuuksia voi olla myös joissain valaisimissa. (ST-701.31 2018, 6.)

### **2.1.7 Lämmönsäätö**

Automaation kautta toteutettavassa lämmönsäädössä huonetiloihin asennetaan huonelämmönsäätimet. Kaikki kiinteistön lämmitystavat ovat ohjattavissa automaattisesti, mutta jotkut kotiautomaatiojärjestelmät saattavat tukea vain tiettyjä tapoja lämmittää. Nykyään yleisin lämmönjakotapa omakotitaloissa on vesikiertoinen lattialämmitys. (ST-701.31 2018, 6.)

Huonelämmönsäätimet voivat yleensä ohjata myös viilennystä. Tilakohtainen viilennys voidaan toteuttaa esimerkiksi puhallinkonvektoreita ohjaamalla. Huonelämmönsäädin estää energiaa tuhlaavan samanaikaisen viilennyksen ja lämmityksen. Jäähdytys voidaan toteuttaa myös ilmanvaihdon avulla, mutta vaikutus on tällöin koko kiinteistöön, vaikka jäähdytystarve olisikin vain paikallinen. (ST-701.31 2018, 6.)

### **2.1.8 Kaihtimet ja markiisit**

Monilla kotiautomaatiojärjestelmillä voidaan myös ohjata sähköisiä kaihtimia, verhoja ja markiiseja. Keski-Euroopassa tämä on varsin yleistä, mutta Suomessa ominaisuus on toistaiseksi jäänyt erikoisuudeksi. Ohjauksille kannattaa kuitenkin tehdä varaukset, vaikka niitä ei ottaisikaan heti käyttöön. Sähköisiä markiisien ja kaihtimia ohjaamalla voidaan toteuttaa myös automaattinen aurinkosuojaus, jolla voidaan lisätä merkittävästi asumismukavuutta. Mikäli kiinteistöissä on jäähdytys, voidaan automaattisella aurinkosuojauksella säästää merkittävästi myös energiaa. (ST-701.31 2018, 6.)

### **2.1.9 Muut järjestelmät**

Pientalossa voi olla useita muitakin järjestelmiä, jotka tyypillisesti toimivat itsenäisesti, mutta joita voi olla etuna jossain määrin integroida tai tuoda esimerkiksi mittaustietoja automaatiojärjestelmään. Tällaisia voivat esimerkiksi olla aurinkosähkö-, AV-järjestelmät sekä sähköauton lataus. (ST-701.31 2018, 5.)

Aurinkosähköjärjestelmän tuottamaa sähköenergiaa kannattaa mitata ja visualisoida automaatiojärjestelmässä. Automaatiojärjestelmän avulla on myös mahdollista tehostaa aurinkosähköjärjestelmän tuottaman energian käyttöä verkko-yhtiölle myynnin sijasta ajoittamalla kohteen kuormia parhaalle aurinkoenergian saannin ajanjaksolle. (ST-701.31 2018, 5.)

Sähköautojen latureiden ottamaa sähkötehoa on mahdollista hallita muun muassa automaatiojärjestelmän kautta, kun kiinteistössä ollessa paljon muuta

kuormaa sähköautoa ladataan pienemmällä teholla. Sähköauton latausta voidaan myös keskittää halvemman sähköhinnan ajanjaksoille. (ST-701.31 2018, 5.)

Kotiautomaatiojärjestelmien väyliä ei lähtökohtaisesti ole tarkoitettu suuria tiedonsiirtonopeuksia vaativien, esimerkiksi kuvan ja äänen, informaatioiden välitykseen. Tästä syystä AV-järjestelmät toimivat omina järjestelminään, jotka on mahdollista integroida automaatiojärjestelmään. (ST-701.31 2018, 5.)

## **2.2 Energiahallinnan merkitys**

Tyypillisesti energiahallinta on keskeinen osa rakennusautomaatiota ja se myötä mahdollisesti saavutettavia kustannussäästöjä (ST-käsikirja 17 2018, 21; ST-701.31 2018, 3–4; Motiva 2019a; Motiva 2019b). Joskus automaatiojärjestelmiä saatetaan markkinoida myös tällä perusteella, eli järjestelmä maksaa itsensä takaisin energiakulutuksen säästöinä.

Kiinteistön energian kulutuksella on suuri merkitys kiinteistön elinkaaren kuluihin. Yksinkertaisimmillaan energiahallinta voi olla pelkkää mittaamista ja visualisointia, jolloin käyttäjä voi itse tarkkailla kulutustaan ja vaikuttaa siihen omalla toiminnallaan. Energiahallintaa voidaan myös toteuttaa esimerkiksi hallitsemalla huipputehoja vuorottelun tai aikaohjelmien periaatteella. Vuorottelulla tarkoitetaan kahden tai useamman kuorman välistä vuorottelua. Toisen kytkeytyessä päälle toinen kytkeytyy pois tai alemmalle teholle. Aikaohjelmalla voidaan jakaa eri kuormia eri ajanjaksoille. Suuria kuormia kuten lämpöpumput tai sähköautojen lataus kannattaa rajoittaa kiinteistön muun kuorman perusteella jo pelkästään kiinteistön pääsulakkeiden ylikuormituksen estämiseksi (Kallioharju, Honkiniemi, Juvela, Lipsanen & Uusitalo 2015, 12), mutta mahdollista on myös hyödyntää esimerkiksi pörssisähkön halvemman hinnan ajanjaksoja (Motiva 2019a). Erityisesti hybridi-lämmityksessä automaation energiahallinnalla voidaan saada aikaan säästöjä (Motiva 2019a).

Kiinteistön huipputehojen hallintaan kannattaa kiinnittää huomiota. Perinteisesti sähkölämmitteisissä taloissa sähkökiukaan ja lämmityksen välillä on vuorottelu,

mutta huipputehoihin huomion kiinnittäminen myös lämpöpumppukohteissa voi olla hyödyllistä. Kuten Kallioharju ym. toteavat Vuoreksen olosuhde- ja energia-seurantahankkeen loppuraportissa lämpöpumpputalojen kulutushuiput ovat merkittävästi suurempia sähkölämmitystaloihin verrattuna muun muassa saunomisen aikaan. Raportissa todetaan myös, että tutkittujen pientalojen sähköenergian kulutushuiput ovat yksittäisissä kohteissa enemmän riippuvaisia käyttötottumuksista kuin lämmityskaudesta, vaikka sähkön yhteiskulutus tutkituissa kohteissa mukailikin melko hyvin lämmitystarvetta. (Kallioharju ym. 2015, 10–12.)

Tehopiikit kuormittavat sähköverkkoa, sillä samaan aikaan sama tehomäärä tulee myös tuottaa ja sähköntuoton kapasiteetti sekä siirtoverkko joudutaan mitoittamaan suurimman tehon tarpeen perusteella (Lång n.d; Koistinen 2017; Vironen 2017). Tulevaisuudessa on todennäköistä, että enenevässä määrin sähkönsiirron laskutusta tullaan muuttamaan tehopohjaiseksi myös kotitalouksilla (Lång n.d; Kallioharju ym. 2015, 12; Koistinen 2017). Tällä perusteella vuorottelun toteuttaminen myös lämpöpumppukohteisiin voi olla järkevää (Lång n.d; Kallioharju ym. 2015, 12; Koistinen 2017). Voidaankin todeta, että tulevaisuudessa energiahallinnan saralla kotiautomaatiolla on suurta potentiaalia kuten myös Lappeenrannan teknillisen yliopiston sähkötekniikan professori Honkapuro arvioi Yle uutisille (Koistinen 2017).

### **2.3 Markkinoilla olevia järjestelmiä**

Tässä osiossa käydään esimerkin omaisesti markkinoilla olevia järjestelmiä. Järjestelmiä on muitakin, mutta tässä on pyritty antamaan esimerkki mahdollisimman monesta erityyppisestä järjestelmästä. Järjestelmät käsitellään tässä lyhyesti ja seuraavassa luvussa 3 käsitellään opinnäytetyön kohteeseen valittua järjestelmää tarkemmin.

### 2.3.1 ABB-free@home

Free@home on suljettu ABB:n kehittämä kenttäväylä pohjainen keskitetty automaatiojärjestelmä kodin ohjaukseen (ABB-free@home 2019, 28; ABB-free@home 2019, 36). Ohjelmointi tehdään verkkoselaimella tai ABB-free@home-sovelluksella ja on myös loppukäyttäjän helposti muokattavissa (ABB-free@home 2019, 5; ABB-free@home 2019, 35).

### 2.3.2 Beckhoff-automaatio

Bechhoff automaatiojärjestelmä perustuu keskitettyyn PC-pohjaiseen ohjausmekaniikkaan eli ohjelmitaviin logiikoihin. Beckhoff-automaatiota käytetään paljon teollisuudessa, mutta soveltuu hyvin myös omakotitaloon. Järjestelmä on avoin ja vapaasti ohjelmitava siihen on saatavilla avoimia rajapintoja myös muihin järjestelmiin. Järjestelmä ohjelmoidaan ilmaisella TwinCAT-ohjelmalla. (Bechhoff 2020.)

### 2.3.3 DALI-valaistuksenohjaus

DALI on pääasiassa valaistuksenohjaukseen tarkoitettu standardoitu ohjausjärjestelmä. DALI on hajautettu ja DALI-laitteet toimivat väylässä. Jokaisella laitteella on oma osite, mikä mahdollistaa yksilöllisen ohjauksen ja säädön. DALI-järjestelmää käytetään pääasiassa omakotitalokohteita suuremmissa kohteissa, mutta myös omakotitaloissa, joissa valaistus on ohjattavissa automaatiolla, DALI on yleistymässä kiinteiden valaisimien osalta, sillä useissa kotiautomaatiojärjestelmissä on saatavissa DALI-rajapinta. DALIn etuna on erityisesti johdotus, jossa voidaan normaalista käytännöstä poiketen toteuttaa väylä- ja 230 voltin kaapelointi yhdellä 5-kertaisella kaapelilla. Kaikki samassa sähköisessä ryhmässä olevat DALI-laitteet voidaan kytkeä rinnan esimerkiksi ketjuttamalla valaisimelta valaisimelle. (ST-58.31 2016, 14–15; ST-701.31 2018, 6.)



### 2.3.4 KNX pohjaiset järjestelmät

KNX on avoin maailmanlaajuinen standardi kiinteistöautomaatioon. Järjestelmä käyttää kenttäväylää ja toimii hajautetusti, jolloin viestintä tapahtuu laitteiden välillä eikä erillistä keskusyksikköä tarvita. KNX-laitteet ovat valmistajasta riippumatta yhteensopivia keskenään ja käytössä onkin satojen valmistajien valikoima. Järjestelmän ohjelmointi toteutetaan kaupallisella KNX Associationin ETS-ohjelmistolla. KNX-väylän voi toteuttaa useammilla eri tavoilla ja KNX-rajapintoja on useisiin muihin järjestelmiin sekä tietoliikenneprotokolliin. KNX:n avulla on toteutettavissa kaikenkattava kiinteistöautomaation kokonaisuus ja myös muun järjestelmän osana oleva osakokonaisuus. (National KNX Finland n.d.)

### 2.3.5 Fidelix-kotiautomaatio

Fidelixin kodinohjausjärjestelmä on keskitetty, vapaasti ohjelmoitava ja on avoimiin standardeihin perustuva. Järjestelmä räätälöidään aina kulloisenkin hohteen mukaisesti aina käyttöliittymää myöten. Fidelix-kotiautomaatiolla kaikkia kodin taloteknisiä järjestelmiä on mahdollista hallinnoida. (Fidelix EasyLiving n.d.)

## 2.4 Projektin kulku

Kohteen suunnitteluvaiheessa määritellään kohteen tavoitteet, kuten esimerkiksi muunnosjoustavuus. Tavoitteiden saavuttamiseksi valitaan sopiva järjestelmä tai järjestelmävaihtoehdot. Sähkösuunnittelija tekee järjestelmästä toimintaselosteen tai vastaavan dokumentin, josta käy ilmi järjestelmän toiminnallinen tavoite. (ST-701.31 2018, 2.)

Tyypillisesti omakotitaloissa automaation toteuttajana toimii sähköurakoitsija. Automaatio kannattaa ottaa projektiin mukaan ajoissa, jotta hankinnat voidaan tehdä mahdollisimman pian, koska joissain erikoistuotteissa voi olla totuttua pidempi toimitusaika. Myös lopullisen järjestelmän valinta kannattaa tehdä ajoissa, koska esimerkiksi KNX-toteutuksessa vähintään laitteiden osoitteet

kannattaa ohjelmoida ennen asennusta. Näin ollen laitteet voi olla syytä toimittaa esimerkiksi ensin käyttöönottajalle. (ST-701.31 2018, 3.)

Ennen järjestelmän ohjelmointia kannattaa käydä toiminnot läpi rakennuttajan tai käyttäjän kanssa, tällöin mahdolliset muutokset saadaan selville ja päivitettyä dokumentteihin. Käyttöönoton yhteydessä jokainen ohjaus testataan ja varmistetaan siitä, että toteutetut toiminnot vastaavat tavoiteltuja. (ST-701.31 2018, 3.)

### 3 KOHTEEN RATKAISUT

#### 3.1 Valittu kohde

Tässä työssä esimerkkikohteenä on käytetty 2019 Keski-Suomeen rakennutettua nettoalaltaan noin 142 neliöstä omakotitaloa. Talo on yksitasoinen ja siinä on neljä makuuhuonetta, olohuone ja keittiö yhdistelmä, kodinhoituhuone, eteinen, pesuhuone, sauna sekä wc 119 asuttavassa neliömetrissä. Lisäksi talossa on autokatos sekä lämmin noin kahdeksan neliömetrin varasto. Kohteessa on vesikiertoinen lattialämmitys ja lämmitysmuotona on poistoilmalämpöpumppu.

Tässä työssä esitetyt kohteen alkuperäiset sähkösuunnitelmat on saatu käyttöön kuvat piirtäneeltä taholta siinä laajuudessa, kun ne työssä on esitelty. Kuvista on sovitusti poistettu identifioivat tiedot.

Kohdetta valitessa pyrittiin löytämään rakennettaessa 200 000–250 000 euroa maksanut omakotitalo. Kohteen budjetti on tarkoituksellisesti pyritty saamaan selvästi alhaisemmaksi kuin keskiarvokustannukset omakotitaloille Suomessa (PTT Pientaloteollisuus 2019), jotta hintaluokka pysyisi myös realistisen ensiasunnon suuruisena.

#### 3.2 Kustannuslaskenta

Kustannuslaskenta on toteutettu kohteen sähkökuvista käsin sähköpisteet laskemalla ja hinta on saatu Broker Estimate -tarjouslaskentaohjelmalla, josta on saatu työn kesto ja tarvikehinnat, niiltä osin, kun STULin pakettirekisteristä oli laskentapaketteja saatavissa. Automaation tuotepaketit on rakennettu tuotteita verkossa myyvän liikkeen ilmoittamien hintojen mukaan ja työaika perustuu opinnäytetyön tekijän empiiriseen arvioon.

Tässä työssä kustannuslaskenta on valitulle kohteelle tehty myös toteutettujen perinteisten sähköjen osalta, jotta hinnoittelu olisi vertailukelpoinen automaatio-ratkaisun kustannusten kanssa. Sähkötöiden tuntiveloitukseksi tässä työssä on

asetettu viisikymmentä euroa, joka on keskihinta alueittain vaihtelevista hinnoista (Urakkamaailma n.d). Työaika on saatu tarjouslaskentaohjelmasta.

### 3.2.1 Pakettirekisteri

Sähköinfo Oy on Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry:n omistama yhtiö. Sähköinfo Oy myy lisenssejä STULin pakettirekisteriin. Pakettirekisteri sisältää sähköasennusalan tarjouslaskenta- ja CAD-massoitteluohjelmissa käytettäviä laskentapaketteja. Pakettien avulla voidaan kätevästi laskea eri asennustavoissa tarvittavat tarvikkeet ja työajat yhtä aikaa. (Pakettitulkki Sähköinfo n.d.)

Esimerkiksi kohteessa käytetty Impressivon uppoasenteinen kaksiosaisen pistorasian laskentapaketti sisältää kojerasian paketin, kojerasian asennustyön ja pistorasian kytkentätöiden sekä itse pistorasian (Kuva 1). STULin paketit eivät sisällä tarvikkeiden hintoja, mutta tyypillisesti tarjouslaskentaohjelmat hakevat tarvikkehinnat tukkuliikkeiden hinnastoista.

|             |   |           |
|-------------|---|-----------|
| SP251002900 | 2-OS PR IP21 KL IMPRESSIVO VAL UA                             |           |
| SP8811910   | KOJERASIAAU 3.2 UAABB   | 1,000     |
| 2811121     | Rasioiden as.ja kytk. 2,5 mm2 asti Uppo/Puu                   | 1,000     |
| S2506013    | PISTORASIA 2OS MAAD UA VALIMPRESSIVO 302EUC-84,JOUSI-JA HAAR. | 1,000 KPL |

KUVA 1. Kaksiosaisen uppoasenteisen Impressivo-pistorasian laskentapaketti

Monet paketit sisältävät toisia paketteja kuten kuvasta 2 näkyy. Tässä esimerkiksi esitetty alipaketti sisältää kojerasian, kolme vedonpoistonysää ja rasiatuen. Kaikki kuvassa 2 näkyvät tarvikkeet ja työt voisivat olla myös yhdessä paketissa, eikä se vaikuttaisi laskettuun lopputulokseen, mutta alipakettien käyttö helpottaa muun muassa omien pakettien luontia ja eri pakettien sisältöjen vertaamista keskenään.

|             |   |           |
|-------------|---|-----------|
| SP251002900 | 2-OS PR IP21 KL IMPRESSIVO VAL UA                             |           |
| SP8811910   | KOJERASIAAU 3.2 UAABB   | 1,000     |
| S1152364    | KOJERASIAAU 3.2   | 1,000 KPL |
| S1152757    | NYSÄAN 20   | 3,000 KPL |
| S1152776    | RASIATUKI PMR 577 42-90MM                                     | 1,000 KPL |
| 2811121     | Rasioiden as.ja kytk. 2,5 mm2 asti Uppo/Puu                   | 1,000     |
| S2506013    | PISTORASIA 2OS MAAD UA VALIMPRESSIVO 302EUC-84,JOUSI-JA HAAR. | 1,000 KPL |

KUVA 2. ABB kojerasian AU 3.2 laskentapaketti alipakettina

Pakettien sisältämät työtunnit perustuvat STULin määrittelemään sähköistysalan työhinnastoon. Työn kestoon vaikuttavat asennustapa ja asennuksen sisältö. Kuvassa (3) on näkyvillä kojerasian asennus ja kytkentä upotettuna puurunkoiseen seinään johtimen poikkileikkauksen pinta-alan ollessa maksimissaan 2,5 mm<sup>2</sup>.

| Parametri  | Arvo |
|------------|------|
| Valuutta   | EUR  |
| Kuranttius |      |

KUVA 3. Rasioiden asennus ja kytkentä työ uppoasennuksena tai kiinnitettynä puurakenteeseen

Kuvassa 4 on kuvassa 1 näkyvässä paketissa oleva pistorasia. Tarvikenimikkeet pitävät sisällään tuotteen nimen ja yleensä sähkönumerot linkin. Tarjouslaskentaohjelma hakee tuotteelle hinnan tukkureiden hinnastosta.

| Parametri | Arvo |
|-----------|------|
| Valuutta  | EUR  |

KUVA 4. Impressivo 2-osainen maadoitettu uppopistorasia -tarvike

### 3.3 Valittu kotiautomaatiojärjestelmä

Käytettäväksi järjestelmäksi kotiautomaatoratkaisussa ja kustannusvertailussa valittiin ABB-free@home-järjestelmä. Toisena vaihtoehtona oli KNX pohjainen ratkaisu tai esimerkiksi Bechhoff-KNX -yhdistelmä.

Free@home-järjestelmään päädyttiin yksinkertaisen toteutuksensa ja helpon ohjelmoitavuutensa vuoksi. Vaikka free@home on suljettu järjestelmä ja toiminnallisuudeltaan suppeampi, kuin esimerkiksi KNX, saadaan sillä toteutettua kattava kokonaisuus omakotitalokohteessa. Merkittävänä osatekijänä valinnassa oli ohjelmointi, jota loppukäyttäjänkin on halutessaan helppo muokata.

Tässä tapauksessa suljettujen järjestelmien yleisenä pidettyä ongelmaa ei pidetty merkittävänä, eli järjestelmän poistuessa markkinoilta ei varaosia tai teknistä tukea ole enää saatavissa. ABB on organisaationa niin suuri ja järjestelmä on käytössä maailmanlaajuisesti, joten järjestelmän poistumista markkinoilta ei pidetty todennäköisenä. Lisäksi samalla johdotuksella on mahdollista toteuttaa esimerkiksi KNX-pohjainen toteutus, eli esitetyn järjestelmän tullessa käyttöikänsä päähän on myös mahdollista vaihtaa järjestelmää.

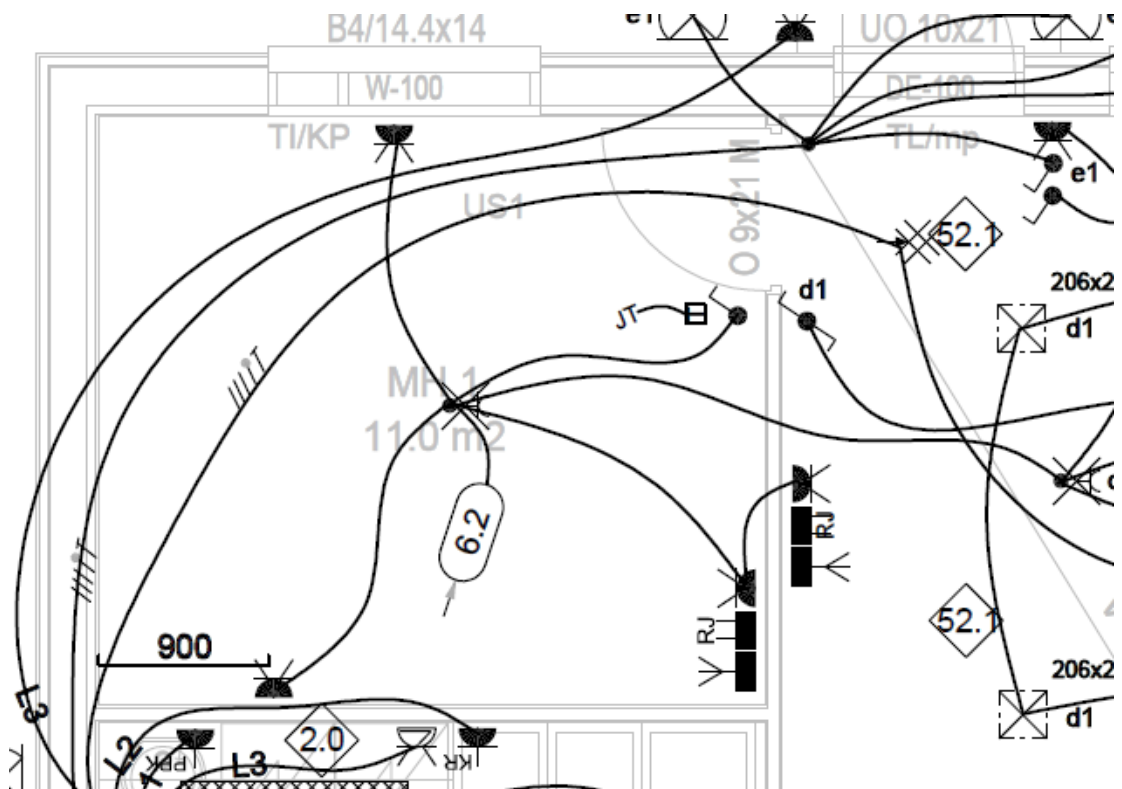
Valitulla järjestelmällä voidaan toteuttaa valaistuksen-, lämmityksen-, ilmanvaihdon-, kaihtimienohjaus (ABB-free@home 2019, 7). Lisäksi järjestelmään saa liitettyä ovipuhelimen, sähköautojen laturin sekä aurinkopaneeli-invertterin käytettäessä ABB:n tarjoamia tuotteita (ABB-free@home 2019, 9; ABB-free@home 2019, 25; ABB-free@home 2019, 27). Järjestelmään voidaan liittää myös kodinkoneita, jolloin esimerkiksi pyykkikoneen pysähtymisestä voidaan antaa ilmoitus puhelimeen (ABB-free@home 2019, 13). Järjestelmässä on myös yhteensopivuus Philips Hue-lamppuihin. Free@home-järjestelmän kanssa Hue-lamppuja voidaan ohjata myös seinäpainikkeilla, mikä normaalisti ei Huessa ole mahdollista (ABB-free@home 2019, 10). Laajempaakin ääniohjausta saadaan Amazon Alexa yhteensopivuudella (ABB-free@home 2019, 23). Lisäksi muun muassa Sonos langaton äänentoistojärjestelmä on liitettävissä osaksi järjestelmää (ABB-free@home 2019, 18).

### 3.4 Perinteiset sähköt

Valittu kohde on toteutettu perinteisillä sähköillä ja tässä opinnäytetyössä esitettyjen sähkösuunnitelmien mukaisesti. Kohteen sähköpiirustuksista saatavilla tämän opinnäytetyön käyttöön on ollut ainoastaan tasokuva, jossa näkyvät sähköpisteet sekä johdotukset. Keskuskuvien sekä valaisinluettelon puuttuessa varmasti osa kustannuslaskennassa tehdyistä ratkaisuista poikkeaa kohteeseen toteutetuista ratkaisuista.

Kohteesta olevien tietojen mukaan keskukselta lähteviä syöttöjä on 23 kaapelia. Laskettu on kuvien mukaiset syötöt sekä tiedossa olevat varaukset. Pihavaloille on laskettu kolme keskukselta ulos menevää tyhjää putkea. Keskuksiksi valittiin 36 paikkainen IT-osallinen ESSV 345.36-RJ ryhmäkeskus, jossa on valmiina riittävästi johdon- ja vikavirtasuojia kuvien mukaisen toteutuksen tarpeisiin.

Makuuhuoneiden ja olohuoneen pistorasiat on otettu valaistusryhmistä. Makuuhuoneiden valaistus on toteutettu yhdellä valaistuspistoarasialla katossa (Kuva 5). ATK- ja antennipisteitä kohteessa on kuusi.



KUVA 5. Perinteiset sähköt makuuhuone 1 (Liite 1)

Kokonaistyöajaksi sähkötöiden osalta laskettiin 154,92 tuntia. Viidenkymmenen euron tuntihinnalla sähköasennusten työkustannukseksi saadaan 7746 euroa. Kustannuksiksi valituilla tarvikkeilla saatiin 8511,06 euroa. Taulukossa 1 on eriteltynä kategorioittain työ- ja tarvikekustannukset. Näin ollen perinteisten sähköjen kustannuksiksi saatiin yhteensä 16257,06 euroa. Laskennassa on käytetty tarvikkeiden osalta tarjouslaskentaohjelmassa määritellyjä Tampereen ammatti- korkeakoulun alennuksia ja kokonaiskateprosentti tarvikkeista on varsin hillitty 16,7 %. Kokonaiskateprosentti muodostuu eri tarvikkeiden erisuuruuksista alennuksista ja näihin määritellyistä katteista, joina on käytetty 0–25 %.

Kalusteet kategoria sisältää pistorasiat ja kytkimet, joina tässä kohteessa on käytetty ABB:n Impressivo sarjaa. Kategoria valaistus pitää sisällään valaisimet ja niiden asennuksen. Valitut valaisimet on esitetty liitteessä 2. Kaapelointi pitää sisällään kaikki kaapelit myös ATK ja antennikaapeloinnit. Keskus sisältää keskuksen tarvikkeineen sekä keskuksen kytkennän mukaan lukien keskuksen ATK ja antennikytkennät. Maadoitukset osio sisältää maadoitusplintin, maadoituselektrodin sekä maadoitettavat pisteet tarvikkeineen ja asennusjohtoineen. Lämmitys osiossa on termostaatit ja jakotukin venttiilimoottorit kytkentöineen sekä luonnollisesti sähkölämmitykset. Lämmitysjärjestelmän osien toimitus, kuten venttiilimoottorit, eivät useinkaan kuulu sähköurakkaan, vaikka kytkentä tyyppillisesti kuuluu. Ne on otettu mukaan kustannusvertailtavuuden vuoksi, koska automaatoratkaisussa lämmityksen ohjauksen toteutus on hieman erilainen. Muut-kategoriassa ovat esimerkiksi jakorasiat kytkentöineen sekä puolikiinteiden sähkölaitteiden kytkennät kuten liesi, kiuas ja poistoilmalämpöpumppu. (Taulukko 1.)

TAULUKKO 1. Perinteisten sähköjen työ- ja materiaalikustannukset

| Kategoria    | työaika (h) | Työkustannukset (€) | Tarvikekustannukset (€) | kokonaishinta (€) |
|--------------|-------------|---------------------|-------------------------|-------------------|
| Kalusteet    | 34,96       | 1748                | 2144,11                 | 3892,11           |
| Valaistus    | 16,73       | 836,5               | 2101,14                 | 2937,64           |
| Kaapelointi  | 58,19       | 2909,5              | 1634,01                 | 4543,51           |
| Keskus       | 11,04       | 552                 | 734,88                  | 1286,88           |
| Maadoitukset | 5,26        | 263                 | 464,74                  | 727,74            |
| Lämmitys     | 4,8         | 240                 | 936,96                  | 1176,96           |
| Muut         | 23,94       | 1197                | 495,22                  | 1692,22           |
| Yhteensä     | 154,92      | 7746                | 8511,06                 | 16257,06          |



### 3.5 Esitetty automaattioratkaisu

Automaattioratkaisun suunnittelussa ja asennuksessa on hieman eroja verrattuna perinteisiin sähköihin. Automaattioratkaisun suunnitelmia on pyritty pitämään mahdollisimman samanlaisina perinteisten sähköjen suunnitelmien kanssa, jotta ratkaisujen välinen vertailu olisi realistisempaa. Jos automaattioratkaisu piirrettäisiin täysin puhtaalta pöydältä, ei välttämättä toteutus olisi samanlainen.

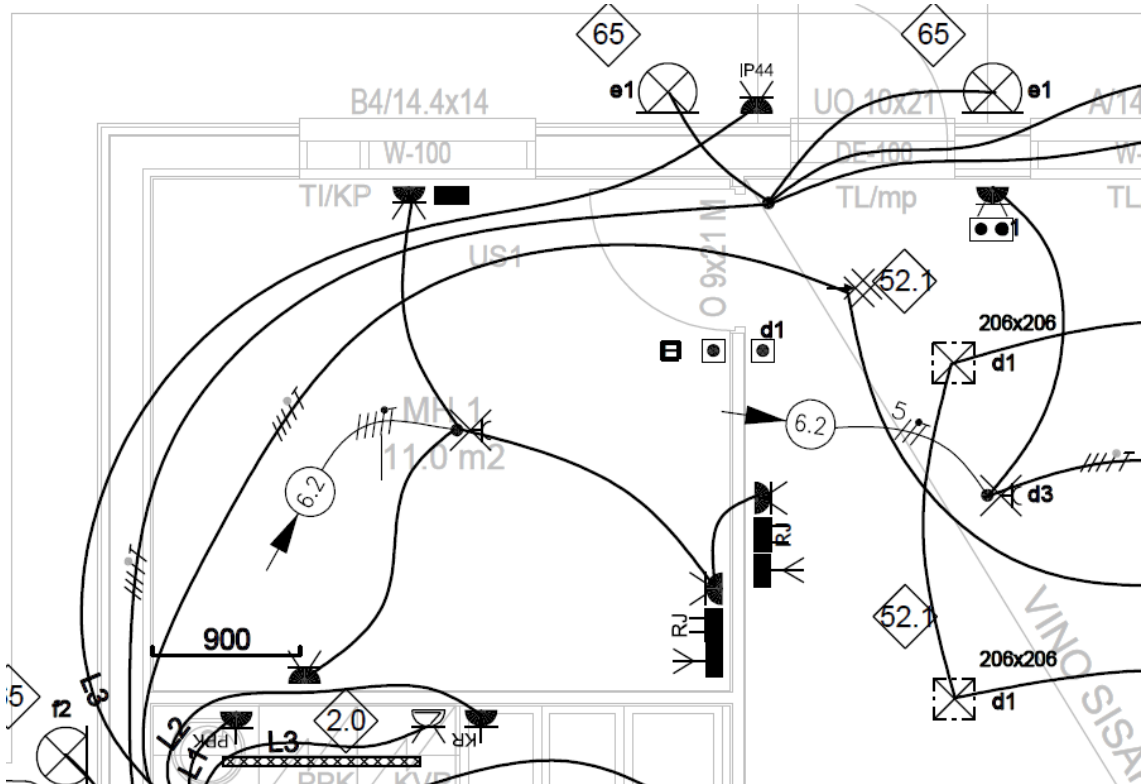
Esitettyssä ratkaisussa pyritään monenlaisiin varauksiin ja laajenemismahdollisuuksiin myöhemmin. Laajenemisvalmiuksien ja varauksien kustannukset on pyritty erittelemään kustannuslaskennassa.

Esimerkkikohteessa on kiinteitä valaisimia varsin hillitysti. Muun muassa makuuhuoneissa on vain yksi valaisinpistorasia katossa. Mikäli makuuhuoneita tulaaan käyttämään esimerkiksi opiskeluun, saattaisi lisävalon tarvetta ilmetä. Toki valaistuksen voi myös järjestää pistotulppaliitännäisillä lattia- tai pöytävalaisimilla, mutta esimerkiksi suunnattavien spottien lisääminen makuuhuoneisiin parantaisi valaistusta merkittävästi. Kohteen valaistusta ei ole lähdetty tähän työhön suunnittelemaan uudestaan, mutta automaattioratkaisussa on pyritty jättämään vapaita johtimia kuhunkin valaistuksen jakorasiaan, mikä mahdollistaa laajemman syttymisryhmien muokkauksen ja myös uusien syttymisryhmien lisäämisen.

Vaikka valitussa järjestelmässä on DALI-yhteensopivuus, ei sitä tässä ratkaisussa käytetä varsin hillittyjen valaisinmäärien vuoksi. Näin ollen kaikki valaistuspisteet johdotetaan sähkökeskukselle. Erityisesti valaistusryhmien syöttöissä on tehty muutoksia, kuten automaattioratkaisun tasokuvasta (liite 3) voidaan nähdä. Joihinkin jakorasioihin on lisätty uusi syöttö samalla numerolla, koska kaapelointi on haluttu toteuttaa enintään 7-johtimisella kaapelilla.

Kuva 6 on automaattioratkaisun tasokuvasta (liite 3) samasta kohtaa esimerkkihohdetta kuin kuva 5 perinteisten sähköjen tasokuvasta (liite 1). Valaistusryhmä 6.2 olisi voitu toteuttaa myös automaattioratkaisussa samoilla johdotusperiaatteilla kuin kuvassa 5 näkyy, mutta tällöin ei olisi jäänyt yhtään vapaata johdinta

mahdollisten syttymisryhmien lisäämistä varten. Sähköisiä ryhmiä eikä sähköpisteiden ryhmittelyä ole lähdetty muuttamaan, joten samalla numerolla olevia ryhmätunnuksia ollessa kaksi: sähkökeskuksessa samasta johdonsuojasta lähtee erilliset syötöt kahdelle jakorasialle. Väyläkaapeloinnit on esitetty omassa tasokuvassa (liite 4).



KUVA 6. Automaattoratkaisu makuuhuone 1 (Liite 3)

Valitun järjestelmän toiminnallisuuksista tähän ratkaisuun valittiin valaistuksen-, lämmityksen- ja ilmanvaihdonohjaukset sekä ohjatut pistorasiat. Verhomootorit, ABB-Welcome-ovipuhelinjärjestelmä ja sähköauton lataus on huomioitu varauksena. Painikkeiden lukumäärissä ei ole otettu huomioon laajenemisvaroja, vaan lisättäessä syttymisryhmiä tai verhomootoreita ja haluttaessa niille omat painikkeet, tulee paikoittain yksiosaiset painikkeet korvata kaksiosaisilla. Kipsilevyseiniin voidaan myös jälkikäteen lisätä kojerasioita levyseinärasioilla, joten uusien painikkeiden lisäämien on varsin yksinkertaista myös jälkikäteen. Järjestelmään on myös saatavilla langattomia painikkeita, jos uuden painikkeen sijoituspaikan läheisyydessä ei ole toista väylälaitetta tai painiketta halutaan mahdollisesti siirrellä esimerkiksi huoneen kalustejärjestystä muutettaessa.

Edellä mainittujen toiminnallisuuksien saavuttamiseksi free@home-järjestelmällä esimerkkikohteessa tarvitaan seuraavat laitteen: ABB-free@home-virtalähde, System Access Point-liitäntäportti etäohjausta ja käyttöönottoa varten, yksiosaisen painikkeen runkoja sekä painikekeskiöitä 6 kappaletta, kaksiosaisen painikkeen runkoja sekä painikekeskiöitä 11 kappaletta, 4-kanavainen yleisäädin valojen säätöön 3 kappaletta, liiketunnistin ABB-free@home-järjestelmään, 16 ampeerin neljäosainen potentiaalivapaa releyksikkö ohjatuille pistorasioille 2 kappaletta, 4-kanavainen binääritulo yksikkö ilmanvaihdon liittämiseen, ABB-free@home-järjestelmän liiketunnistin, ABB-free@home-järjestelmän huonetermostaatteja sekä termostaatinkeskiöitä 5 kappaletta ja ABB-free@home-sääasema. Esitetyssä automaattioratkaisussa käytetyt free@home-järjestelmän tuotteet on listattuna sähkönumeroineen, tarkkoine tuotenimineen ja määrineen liitteessä 5.

### **3.5.1 Esitetyn automaattioratkaisun kustannukset**

Taulukossa 2 näkyy automaattioratkaisun kustannukset vastaavalla tavalla kuin perinteisten sähköjen kustannukset näkyvät taulukossa 1. Kalusteet-kategoriassa on automaattioratkaisun tasokuvan mukaisesti (liite 3) kohteen kytkimet korvattu free@home-järjestelmän väyläpainikkeilla. Valaistus-kategoriassa on keittiön LED-nauhan muuntaja vaihdettu himmennettäväksi. Kategoriassa kaapelointi on tehty automaattioratkaisun tasokuvan (liite 3) mukaiset muutokset. Keskus-kategoriassa on lisätty uusi keskuskotelo ja keskukseen asennettavat free@home-laitteet. Maadoituksissa ei ole tehty muutoksia. Lämmitys-kategoriassa on ennallaan ainoastaan varaston lämmityspatteri. Muut-kategoriassa on lisätty free@home sääasema ja vessan liiketunnistin. Taulukossa 2 on lisäksi kaksi kategoriata, joita taulukossa 1 ei ole. Kategoriassa väylä on eritelty väyläkaapeloinnin kustannukset ja ne on esitetty omassa tasokuvassaan (liite 4). Kategoriassa varaukset ovat sisällytettynä automaattiojärjestelmän ne osiot, joille on suunniteltu asennettavaksi varauksena esimerkiksi kaapeleita tai putki-putkia, mutta niitä ei tässä ratkaisussa oteta käyttöön.

TAULUKKO 2. Automaattioratkaisun työ- ja materiaalikustannukset

| Kategoria       | työaika (h)   | Työkustannukset (€) | Tarvikekustannukset (€) | kokonaishinta (€) |
|-----------------|---------------|---------------------|-------------------------|-------------------|
| Kalusteet       | 26,85         | 1342,5              | 2878,78                 | 4221,28           |
| Valaistus       | 16,73         | 836,5               | 2131,67                 | 2968,17           |
| Kaapelointi     | 46,99         | 2349,5              | 1435,1                  | 3784,6            |
| Keskus          | 14,11         | 705,5               | 5002,24                 | 5707,74           |
| Maadoitukset    | 5,26          | 263                 | 464,74                  | 727,74            |
| Lämmitys        | 2,47          | 123,5               | 2087,23                 | 2210,73           |
| Muut            | 21,94         | 1097                | 1355,55                 | 2452,55           |
| Väylä           | 2,48          | 124                 | 34,89                   | 158,89            |
| Varaukset       | 4,99          | 249,5               | 114,97                  | 364,47            |
| <b>Yhteensä</b> | <b>141,82</b> | <b>7091</b>         | <b>15505,17</b>         | <b>22596,17</b>   |

Taulukossa 2 kalusteet-kategorian muutokset verrattuna taulukkoon 1 johtuvat väylään liitettävien painikkeiden helpommasta asennuksesta, minkä vuoksi työaikaa kuluu tässä kategoriassa automaattioratkaisussa vähemmän, mutta painikkeiden ollessa perinteisiä kytkimiä kalliimpia materiaalikustannukset kasvavat. Vastaavasti kaapeloinnissa voidaan jättää kytkimien ja termostaattien kaapelointi pois. Vaikka automaattioratkaisussa käytetään 7- ja 5- johtimista kaapelia sekä uusia syöttöjä on lisätty, mikä nostaa kustannuksia, jää automaattioratkaisussa kaapeloinnin kustannukset tässä osiossa pienemmiksi.

Varaukset osiossa on huomioituna verhomoottorien kojerasiat ja putkitukset ryhmäkeskukseen, ABB-Welcome-ovipuhelinjärjestelmän varaus on Welcome-väylä ovikelloilta käytävän painikkeen kojerasiaan (liite 4) ja sähköauton lataukselle kaapelointi varastoon autokatoksen seinälle.

Automaattioratkaisussa painikkeet, termostaatit, vessan liiketunnistin ja sähkökeskuksen automaatiokomponentit liitetään free@home-väylään. Lisättäessä ovipuhelin Welcome-väylä sekä free@home-väylä liitetään Welcome-järjestelmän näyttöön, jolloin näyttöä voidaan käyttää molempine järjestelmien ohjaukseen. Verhomoottorien käyttöönotto vaatii johdotuksen varauksena oleviin putkiin.

## 4 POHDINTA

Odotetusti tässä opinnäytetyössä esitetty automaattioratkaisu oli perinteisiä sähköjä kalliimpi. Tiukemman budjettiluokan kohteessa automaation hinta verrattuna perinteisiin sähköihin on otaksuttavasti suhteessa hieman suurempi verrattuna suuremman budjetin kohteisiin, koska lisättäessä automaatiota, kohteen toiminnallisuudet kasvavat varmasti enemmän kuin kalliimman budjettiluokan kohteissa.

Valaistus esimerkkikohteessa on varsin hillitty. Valaisimien määrät ovat melko pieniä eikä himmennyksiä ole kuin olohuoneen yhdessä syttymisryhmässä. Muutettaessa valaistus automaatiolla ohjattavaksi lähes samalla rahalla saa lisättyä himmennykset useimpiin syttymisryhmiin, jolloin varustelutaso paranee, vaikka kustannukset kasvavat. Usein suuremman budjettiluokan taloissa panostetaan valaistukseen muutenkin enemmän, jolloin valaistuspisteitä, syttymisryhmiä ja ohjauksia on enemmän.

Monimutkaisiakin valaistusohjauksia on mahdollista toteuttaa myös ilman automaatiota, joten automaatiojärjestelmän lisääminen vain valaistuksenohjaukseen ei välttämättä ole kustannustehokasta. Automaatiojärjestelmät kuitenkin on mahdollista toteuttaa helposti laajennettaviksi ja varauksia laajemmille ohjauksille on helppo tehdä. Usein muunnosjoustavuus onkin automaation valtteja.

Himmennettävässä valaistuksessa on monia etuja. Aina kuhunkin tilanteeseen sopiva valaistus parantaa tunnelmaa ja viihtyvyyttä. Etenkin makuuhuoneissa, joissa saattaa toisinaan tarvita hyvää työskentely- tai lukuvaloa ja toisinaan himmeämpää tunnelmavaloa. Himmennettävässä valaistuksessa kannattanee valaistus valita hieman ylitehokkaaksi ja asettaa haluttu normaalitaso esimerkiksi 80 % tasolle. Tällöin valaistusta on mahdollista kirkastaa tarvittaessa esimerkiksi siivouksen tai työskentelyn aikana.

Perinteistenkin sähköjen saralla himmentäminen on toki mahdollista ja pienemmillä kustannuksilla kuin automaatiolla. Helposti toteutettavissa oleva ja kohtuuhintainen himmennystapa kiinteille erillisellä liitäntälaitteella toimiville valaisimille

on painonappihimmennys. Painonappihimmennyksessä käytetään impulssijoussellisia valaistuskytкимиä ja painonappihimmennettäviä liitäntälaitteita. Tyypillinen tällainen valaisturatkaisu on asentaa 24 voltilla toimivia LED-valaisimia, jolloin painonappihimmennettävä muuntaja voidaan sijoittaa mahdollisesti katon sisään jonkun valaisimen upotusaukosta tai muuntajille voidaan tehdä myös keskitetty sijoituspaikka jonkun rakenteen sisään. Muuntajien tulee olla kuitenkin luokse päästävissä. Esimerkkikohteessa tätä himmennystapaa ei ole käytetty. Erityishuomiona painonappihimmennettävät muuntajat tarvitsevat nollajohdinten, mahdollisesti suojamaajohtimen sekä suoran vaiheenjohtimen ja painonapeilta palaavan vaihejohtimen, eli tämä himmennystapa tulee huomioida johdottaessa.

Esitetty automaattioratkaisu laskettiin 6339,11 euroa perinteisten sähköjen ratkaisua kalliimmaksi. Työaikaa laskettiin kuluvan 13,1 tuntia vähemmän, mikä tekee tässä opinnäytetyössä käytetyn laskentaperiaatteen perusteella 655 euroa säästöä, mutta tarvikekustannukset olivat automaattioratkaisussa 6994,11 euroa kalliimmat.

Valitulla free@home-järjestelmällä saavutetaan mukavuusetuja ja pienennetään käytönaikaisia kustannuksia, mutta vastavuoroisesti se lisää investointikuluja. Esitetty automaattioratkaisu on noin 6340 euroa kalliimpi kuin perinteisillä sähköillä toteutettu ratkaisu. Tämän budjettiluokan kohteessa kyseinen summa voi olla ratkaiseva. Kun summaa verrataan kohteen kokonaisbudjettiin, summa on noin kolmen prosentin luokkaa kaikista kustannuksista.

Monesti rajoittavin tekijä rakentamisessa on saatavan lainan määrä. Yli kuudentuhannen euron säästäminen rakennusprojektissa jostain muualta tuskin on mahdotonta, mutta todennäköisesti ei myöskään helppoa. Rakennettaessa muun muassa monissa visuaalisissa seikoissa on mahdollista säästää, mutta ne ovat usein yksi keskeisimmistä osista valintoja omaa kotia rakentaessa. Mielestäni sisustuksessa on helpoin säästää, koska sitä on myös helpoin parantaa ajan saatossa. Rakennushetkellä saatava laina rajoittaa sen hetkiset hankinnat, mutta esimerkiksi uuden olohuoneen sohvakaluston voi ostaa muutaman vuoden päästä. Toteuttamalla automaatio edes varauksina, joita on helppo ottaa

ajansaatossa käyttöön, voidaan säästää kohteen jatkuvissa kuluissa, joten pidän sitä järkevänä investointina.

Ohjauksellisesti sääasema automaattioratkaisussa ei ole välttämätön, vaikka se on mukana ratkaisussa. Sitä voidaan kuitenkin hyödyntää esimerkiksi lämmityksen ohjauksessa. Sääasema kustantaa noin seitsemänsataa euroa, joten budjetin mennessä tiukalle siinä lienee hyvä säästökohde. Mikäli kohteeseen lisätäisiin esimerkiksi markiiseja esimerkiksi aurinkosuojaukseen, sääasemalla voidaan toteuttaa automaattinen markiisien kiinniajo tuulen yltyessä liian suureksi.

Vessaan suunniteltu liiketunnistin ei ole pakollinen, ja se on myös helposti lisätävissä jälkikäteen. Liiketunnistimella syttyvä valaistus sopivissa paikoissa on toki luksusta, mutta kuitenkin budjettiluokan kohteessa lähes kahdensadan euron investointi moisesta saattaa jäädä tekemättä. Painikkeet voi myös korvata liiketunnistimella, mutta tilan valaistuksen säätö jää tällöin mobiilitaitteiden varaan. Ohjattiin vessan valoja liiketunnistimella tai vain painikkeilla, voidaan tilaan tehdä aikasidonnainen tilanneohjaus, jolloin yöllä tullessa vessaan tultaessa valot syttyvät himmeiksi ja haluttaessa niitä voidaan painikkeesta kirkastaa. Päivällä valot syttyvät haluttuun normaalitasoon. Samaa tapaa voidaan hyödyntää haluttaessa myös muualla päin taloa esimerkiksi tietyn kellonajan jälkeen valot sytytetäessä syttyvät aina ensiksi himmeälle ja on siitä kirkastettavissa. Liikkuessa yöllä saattaa tarvita hieman valoa, mutta harvoin täyttä valaistusta.

Lämmityksen ja ilmanvaihdon ohjauksella saatavia kustannussäästöjä elinkaarren aikana on hankala arvioida esimerkikohteesta, koska kohteesta ei ollut saatavilla muita tietoja, kuin tässä työssä esitetyt sähköpiirustukset. Kari Pulkkisen ABB:ltä mukaan free@home-järjestelmällä voidaan saavuttaa 10 – 30 prosenttia alhaisempi energiankulutus tinkimättä kuitenkaan mukavuudesta (Rakentaja.fi 2015). Pienempi energiankulutus on ekologisempi vaihtoehto.

Tulevaisuudessa, kun automaatiolla etäohjattavien järjestelmien yleisyys todennäköisesti lisääntyy, lienee mahdollista luoda alustoja, joilla suurina massoina myös pientalot voisivat esimerkiksi osallistua kysynnänjoustoon sähkömarkkinoilla. Älykkään sähköverkon -käsitettä on väläytelty useissa yhteyksissä, ja

nähdäkseni myös pientaloissa automaation avulla olisi sille merkittävää potentiaalia.



## LÄHTEET

ABB-free@home. 2019. Helpompaa kodin ohjausta. ABB Oy. Esite ammattilaisille. Ladattu 20.09.2020. <https://www.expressmagnet.eu/pub/177/ABB-freeat-home/files/lowres.pdf>

Bechhoff. 2020. Open, PC-based control technology. Luettu 9.10.2020. <https://www.beckhoff.fi/>

Fidelix EasyLiving. n.d. Miellyttävämpää asumista, energiatehokkuutta ja turvaa. Luettu 9.10.2020. <https://www.fidelix.fi/fidelix-easyliving/>

Kallioharju, K., Honkiniemi, M., Juvela, J-P., Lipsanen, E. & Uusitalo S. 2015. Vuoreksen olosuhde- ja energiaseurantahanke: Loppuraportti. Tampereen ammattikorkeakoulu. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/103940/loppuraportti\\_vuores\\_09122015.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/103940/loppuraportti_vuores_09122015.pdf?sequence=1)

Koistinen, A. 2017. Lämmitätkö sähköllä? Verkkoyhtiö voi alkaa laskuttaa sinua kulutuspiikeistä. Yle uutiset. Päivitetty 8.10.2017. Luettu 5.8.2020. <https://yle.fi/uutiset/3-9794329>

Lång, R. n.d. Tehomaksu on aidosti asiakaslähtöinen uudistus. Lahti energia. Luettu 5.8.2020. <https://www.lahtienergia.fi/fi/ajankohtaista/artikkelit/tehomaksu-aidosti-asiakaslahtoinen-uudistus>

Motiva. 2019a. Taloautomaatio pientaloissa. Päivitetty 23.10.2019. Luettu 27.03.2020. [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/hyva\\_arki\\_kotona/taloautomaatio/taloautomaatio\\_pientaloissa](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/hyva_arki_kotona/taloautomaatio/taloautomaatio_pientaloissa)

Motiva. 2019b. Taloautomaatio. Päivitetty 25.10.2019. Luettu 27.03.2020. [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/hyva\\_arki\\_kotona/taloautomaatio](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/hyva_arki_kotona/taloautomaatio)

Motiva. 2016. Näin lämmitysjärjestelmä toimii. Päivitetty 25.11.2016 Luettu 04.04.2020. [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/nain\\_lammitysjarjestelma\\_toimii](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/nain_lammitysjarjestelma_toimii)

National KNX Finland. n.d. Älykästä taloautomaatiota KNX-tekniikalla. Luettu 9.10.2020. <http://knx.fi/index.php?k=220418>

Pakettitulkki Sähköinfo. n.d. Mikä on pakettirekisteri?. Luettu 28.9.2020. <https://pakettitulkki.sahkoinfo.fi/esittely>

PTT Pientaloteollisuus. 2019. Omakotitalon rakentamiskustannukset 2019. Luettu 21.9.2020. <http://www.pientaloteollisuus.fi/fin/rakentajalle/keskimaarainen-omakotitalo/kustannukset/>

Rakentaja.fi. 2015. Fiksua kodin ohjausta Asuntomessuilla. Luettu 16.11.2020. [https://www.rakentaja.fi/artikkelit/12851/fiksua\\_kodin\\_ohjausta\\_abb.htm](https://www.rakentaja.fi/artikkelit/12851/fiksua_kodin_ohjausta_abb.htm)

ST-kortti 58.31. 2016. Sähkötieto ry. Valonlähteiden säätö ja ohjaus. Laadittu 25.08.2016. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST-kortti 701.31. 2018. Sähkötieto ry. Kotiautomaatiojärjestelmän suunnittelu ja toteutusperiaatteet. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST-käsikirja 17. 2018. Sähkötieto ry. Rakennusautomaatiojärjestelmät. 6, uudistettu painos. Espoo 2018: Sähköinfo Oy.

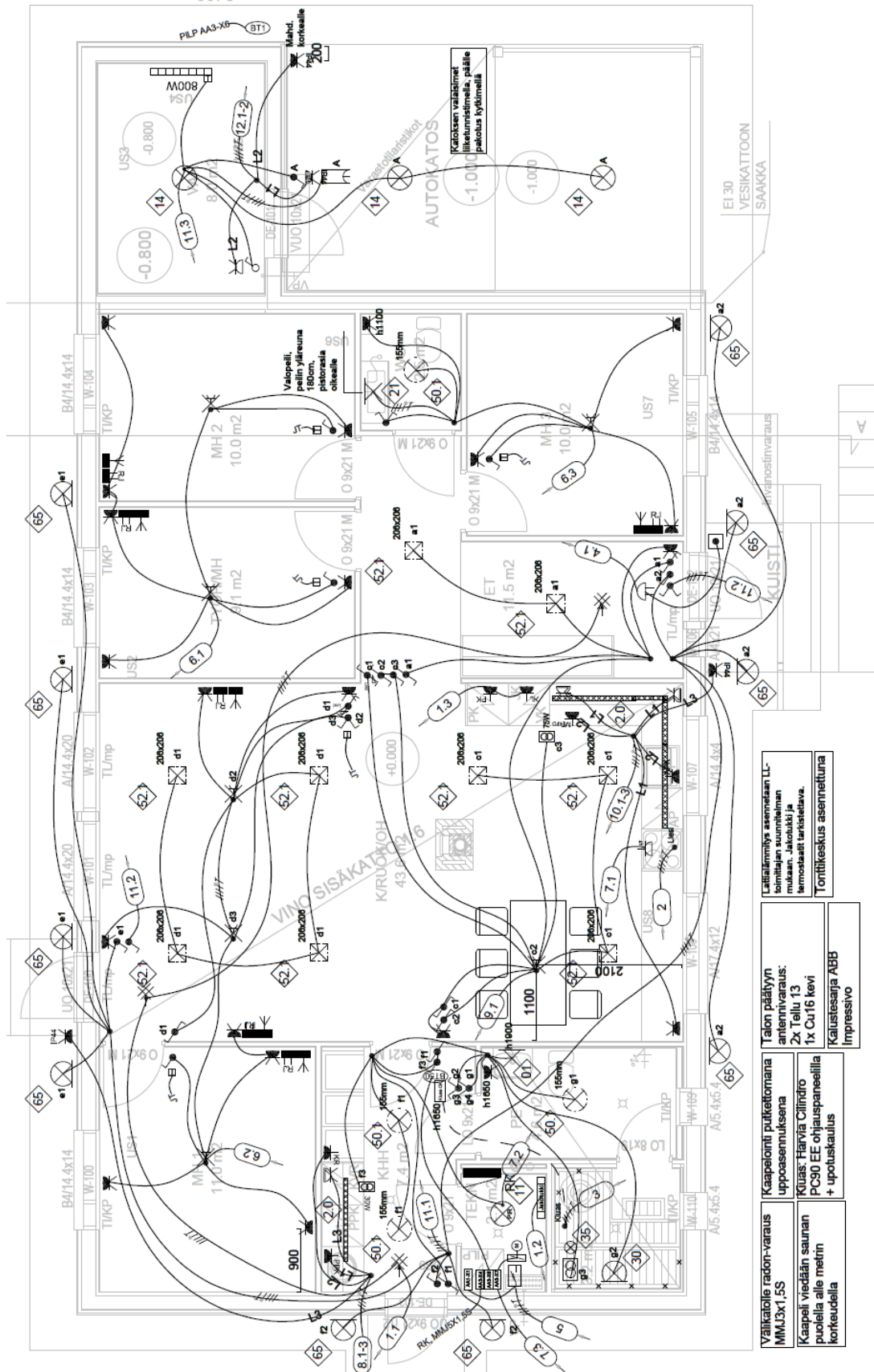
ST-käsikirja 22. 2017. Sähkötieto ry. Kiinteistöjen valvomojärjestelmät. Espoo 2017: Sähköinfo Oy.

Urakkamaailma. n.d. Sähköasennuksen hinta - Tutustu sähköasennusremonttien hintoihin. Luettu 30.9.2020. <https://www.urakkamaailma.fi/remonttien-hinnat/sahkoasennus>

Vironen, P. 2017. Sähkönkäytön kaikkien aikojen ennätys vaarassa rikkoutua – Tutkija: ”Älkää laittako lisälämmittämiä”. Yle uutiset. Päivitetty 5.1.2017. Luettu 5.8.2020. <https://yle.fi/uutiset/3-9387939>

LIITTEET

Liite 1. Perinteiset sähkötasokuva

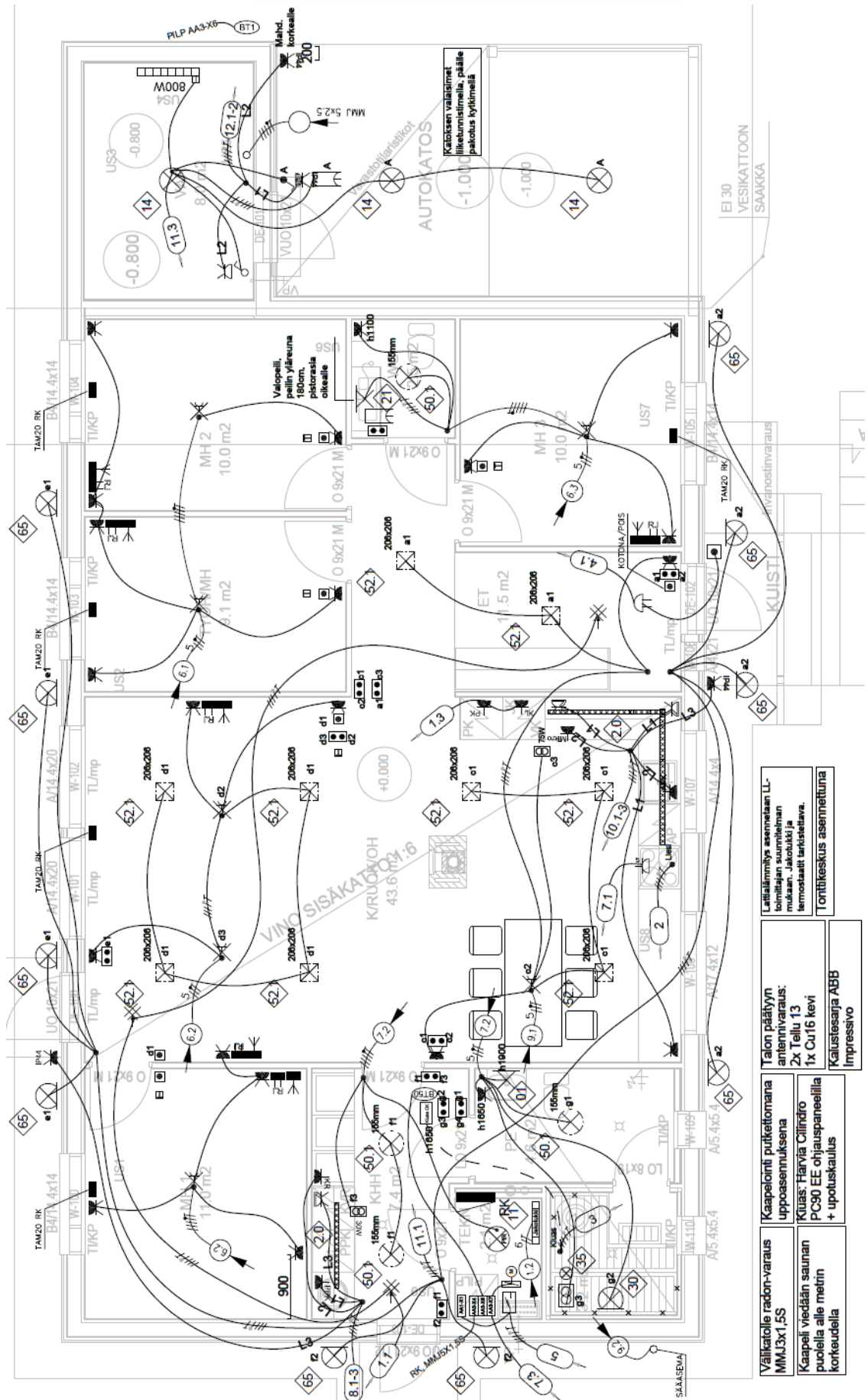


- Välitkatoile radon-varaus**  
MMJ3x1,5S
- Kaapeleita puikkeitomana**  
uppoasennuksena
- Kaapeli vietään saunan puolella alle metrin korkeudella**
- Talon päätyyn antennivaraus:**  
2x Tellu, 13 mukaan. Jakokuiti ja termostaattitarkistettava.
- Tonttikeskus asennettuna**  
Käytössä ABB Impressivo
- Leitämällä asennetaan LL-**  
kattolajin suunnitelman mukaan. Jakokuiti ja termostaattitarkistettava.

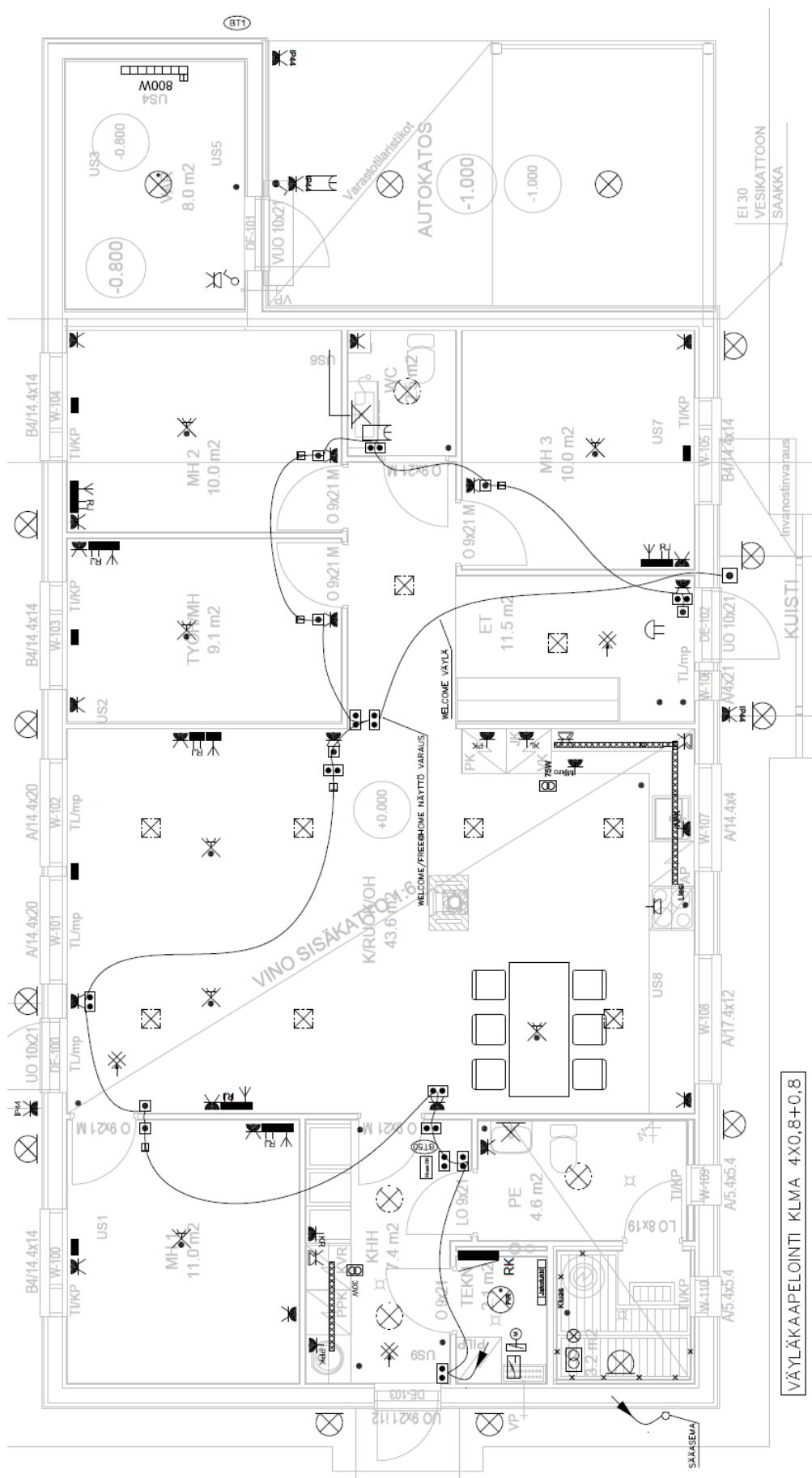
Liite 2. Kohteeseen valittujen valaisimien positionumerot, sähkönumerot ja kap-  
palemäärät

| Positio | Sähkönumero             | Määrä (kpl) |
|---------|-------------------------|-------------|
| 01      | <a href="#">4103394</a> | 1           |
| 11      | <a href="#">4217364</a> | 1           |
| 14      | <a href="#">4217361</a> | 3           |
| 21      | <a href="#">4102272</a> | 1           |
| 30      | <a href="#">4117144</a> | 1           |
| 35      | <a href="#">4103562</a> | 1           |
| 50.1    | <a href="#">4274350</a> | 4           |
| 52.1    | <a href="#">4274359</a> | 9           |
| 65      | <a href="#">4144834</a> | 10          |

## Liite 3. Automaattoratkaisu tasokuva



Liite 4. Automaattioratkaisu väyläkaapelointi tasokuva



## Liite 5. Automaattioratkaisussa käytetyt free@home-järjestelmän tuotteet

| Tyyppi        | Sähkönumero             | Määrä | Nimi  |
|---------------|-------------------------|-------|---|
| BI-M-4.0.1    | <a href="#">2815500</a> | 1     | Binääritulo 4-kanavaa 10-230V AC/DC 2U DIN      |
| DA-M-0.4.2    | <a href="#">2815499</a> | 3     | Valonsäädin 4x315W 230V RLC T 8U DIN            |
| HA-M-0.6.1    | <a href="#">2815521</a> | 1     | Venttiiliohjain 6-kanavaa DIN                   |
| MD-F-1.0.1-84 | <a href="#">2815509</a> | 1     | Liiketunnistin kojerasiaan Impressivo valkoinen |
| PS-M-64.1.1   | <a href="#">2815496</a> | 1     | Virtalähde 640mA 230/30V 4U DIN                 |
| RTC-F-1       | <a href="#">2815510</a> | 5     | Huonetermostaatti runko                         |
| SA-M-0.4.1    | <a href="#">2815498</a> | 2     | Lähtöyksikkö 4 x 16 A 230V DIN 4U DIN           |
| SA-M-8.8.1    | <a href="#">2815554</a> | 1     | Tulo/lähtöyksikkö 8DI 8DO DIN                   |
| SAP/S.3       | <a href="#">2814617</a> | 1     | Liitäntäportti System Access Point 24V RF       |
| SU-F-1.0.1    | <a href="#">2815502</a> | 6     | Painike runko 1-osainen                         |
| SU-F-2.0.1    | <a href="#">2815504</a> | 11    | Painike runko 2-osainen                         |
| WS-1          | <a href="#">2815596</a> | 1     | Sääasema free@home                              |