

Tero Kohvakka

KNX-JÄRJESTELMÄN  
ASENNUS JA OHJELMOINTI  
OMAKOTITALOON

Opinnäytetyö  
Sähkötekniikan koulutusohjelma


Toukokuu 2013




**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Mikkeli University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>	<p><b>Opinnäytetyön päivämäärä</b></p> <p>19.5.2013</p>	
<p><b>Tekijä(t)</b></p> <p>Tero Kohvakka</p>	<p><b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b></p> <p>Sähkötekniikan koulutusohjelma</p>	
<p><b>Nimeke</b></p> <p>KNX-järjestelmän asennus ja ohjelmointi omakotitaloon</p>		
<p><b>Tiivistelmä</b></p> <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa KNX-järjestelmän asennus ja ohjelmointi omakotitalokohteeseen. Työn toimeksiantajana sekä vastaavana sähköurakoitsijana toimi Naaran Huoltopalvelu Ky. Toimivan KNX-järjestelmän lisäksi tarkoituksena oli luoda selkeät dokumentoinnit KNX-järjestelmään liittyvistä kytkennöistä ja laitteistosta sekä täydentää KNX-järjestelmän suunnitelmia tarpeen mukaan.</p> <p>Työn tekeminen aloitettiin tutustumalla KNX-järjestelmän toimintaan sekä järjestelmän laitteiston toiminnallisuuksiin. KNX-järjestelmän käyttö omakotitaloissa on Suomessa vasta yleistymässä, joten tietoa KNX-järjestelmästä oli vain vähän saatavilla. KNX-käsikirja ja laitevalmistajien internet-sivustot ja tuoteluettelot toimivat lähes ainoana tietolähteinä. Järjestelmän ohjelmointi toteutettiin ETS4-ohjelman avulla. Yksi opinnäytetyön keskeisimpiä asioita oli ohjelman käytön opetteleminen ja järjestelmän ohjelman tekeminen.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena omakotitalokohteeseen asennettiin KNX-järjestelmä ja se ohjelmoitiin toimimaan asiakkaan toiveiden mukaan. Opinnäytetyön prosessin aikana eteen tuli lukuisia pieniä muutoksia ja ongelmia, jotka täytyi ratkaista. Järjestelmän asennus- ja ohjelmointityö onnistui kuitenkin hyvin ja tuloksena oli toimiva järjestelmä, johon asiakas oli tyytyväinen.</p>		
<p><b>Asiasanat (avainsanat)</b></p> <p>KNX-järjestelmä, asennus, ohjelmointi, laitteisto</p>		
<p><b>Sivumäärä</b></p> <p>27 + 8 liitettä</p>	<p><b>Kieli</b></p> <p>suomi</p>	<p><b>URN</b></p>
<p><b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b></p>		
<p><b>Ohjaavan opettajan nimi</b></p> <p>Teemu Manninen</p>	<p><b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b></p> <p>Naaran Huoltopalvelu Ky</p>	

## DESCRIPTION

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>		<b>Date of the bachelor's thesis</b>  19 <sup>th</sup> of May 2013
<b>Author(s)</b>  Tero Kohvakka	<b>Degree programme and option</b>  Bachelor of Electrical Engineering	
<b>Name of the bachelor's thesis</b>  The installation and programming of the KNX system to the detached house		
<b>Abstract</b>  <p>The purpose of this thesis was to implement KNX system installation and programming to the detached house. The applicant and responsible electrical constructor was Naaran Huoltopalvelu Ky. The purpose was also to create clear documents about the KNX systems coupling and facilities.</p> <p>The work started by getting to know about the KNX system and it's facilities. The use of the KNX system in the detached houses is newly accelerating in Finland so only a few sources of information can be found about it. The only sources of information were KNX manual and the manufacturers web sites and product catalogs. The software programming was made by ETS4 program. The main things in the thesis was to learn use the program and programming the software.</p> <p>The main result of the thesis was the installation of the KNX system to the detached house. The system was programmed to operate as the customer wanted. During the thesis process came along many little changes and problems which had to be changed. However the installation and programming process managed well and the result of the thesis was functional system. The customer was also pleased to the result.</p>		
<b>Subject headings, (keywords)</b>  KNX system, installation, programming, facilities		
<b>Pages</b> 27 pp. + 8 appendices	<b>Language</b> Finnish	<b>URN</b>
<b>Remarks, notes on appendices</b>		
<b>Tutor</b>  Teemu Manninen	<b>Bachelor's thesis assigned by</b>  Naaran Huoltopalvelu Ky	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	1
2	KNX.....	2
2.1	Toiminnallinen periaate ja rakenne.....	3
2.2	KNX:n historia.....	4
2.3	KNX-standardi.....	5
3	KNX-KAAPELOINTI JA KOMPONENTIT.....	5
3.1	Järjestelmäkomponentit.....	5
3.2	Lähtö- ja tuloyksiköt.....	6
3.3	Kytkimet ja anturit.....	7
3.4	Master Control -kosketusnäyttö.....	7
3.5	KNX-kaapelointi.....	7
4	KNX-VERKON RAKENNE JA TIEDONSIIRTOTIET.....	10
4.1	KNX-verkon rakenne.....	10
4.2	KNX-verkkojen siirtoteknologiat.....	11
5	KNX-SUUNNITTELU TYÖKOHTEESEEN.....	13
5.1	KNX-ohjelman suunnittelu.....	14
5.2	KNX-kaapeloinnin suunnittelu.....	14
5.3	KNX-keskuksen suunnittelu.....	15
6	KNX-OHJELMOINTI JA OHJELMAN ASENNUS.....	15
6.1	Ohjelmointi.....	16
6.2	Ohjelman asennus.....	20
7	TYÖKOHTTEEN KNX-KOMPONENTIT.....	20
7.1	Järjestelmäkomponentit.....	20
7.2	Lähtö- ja tuloyksiköt.....	21
7.3	Kytkimet ja anturit.....	23
7.4	Master Control.....	25
8	DOKUMENTOINTI.....	25
9	POHDINTA.....	26
	LÄHTEET.....	28

## LIITTEET

- 1 KNX-keskus
- 2 Ryhmäosoitteiden kytkentäluettelo
- 3 Tulevat ja lähtevät kaapelit
- 4 Laiteluettelo
- 5 Talon pohjakuva
- 6 Sähkökeskuskaavio
- 7 KNX-keskuskaavio
- 8 Lyhenteet ja käsitteet

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on KNX-järjestelmän suunnittelu ja toteutus omakotitaloon. Työn tavoitteena on tutustua KNX-järjestelmään ja sen ohjelmointiin. Ohjelmaan perehtymisen jälkeen tavoitteena on toteuttaa ja suunnitella toimiva KNX-järjestelmä omakotitaloon. Suunnittelun lähtökohtana ovat ulkoisen suunnittelijan tekemät alustavat sähkö- ja KNX -piirustukset. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Naaran Huoltopalvelu Ky, joka on Pieksämäellä toimiva sähköalan yritys. Työn toteutus alkaa alustavien KNX-kuvien viimeistelyllä. Viimeistelyssä otetaan huomioon asiakkaan toiveet KNX-järjestelmän suhteen. Kuvien valmistelun jälkeen aloitetaan ohjelman rakenteen suunnittelu, jossa KNX-järjestelmän toiminnallisuudet käydään läpi. Valmiit suunnitelmat helpottavat KNX-järjestelmän ohjelmointia ja toteutusta.

KNX on kiinteistöautomaation ohjausjärjestelmä, jolla voidaan ohjata taloon asennettua valaistusta, ilmastointia, lämmitystä sekä esimerkiksi pistorasioita. KNX-järjestelmän avulla omakotitaloista saadaan myös energiatehokkaampia sen laajojen ohjausmahdollisuuksien ansiosta. KNX-järjestelmän avulla rakennuksesta saadaan myös erittäin viihtyisiä, koska KNX-järjestelmään voidaan ohjelmoida erilaisia mukavuus tiloja. Tällaisia viihtyvyyttä lisääviä tiloja ovat esimerkiksi erilaiset tunnelmavalaistustilat, jotka saadaan kytkettyä päälle yhdellä napin painalluksella. Samalla napin painalluksella voidaan säätää valaistuksen lisäksi esimerkiksi ilmastointia pienemmälleen tai isommalleen.

Opinnäytetyön aihe painottuu KNX-järjestelmään tutustumiseen sekä sen ohjelmointiin ja asentamiseen. Järjestelmän asennuksen alkuvaiheessa tärkeintä on oikeanlaisen KNX-laitteiston hankkiminen sekä verkon rakenteen valitseminen. Työkohteen KNX-järjestelmä toteutetaan käyttäen puumallista väyläratkaisua, joka on tyypillinen väylärakenne pienissä rakennuksissa, kuten omakotitaloissa. KNX-väylän rakentamiseen käytetään kierrettyä parikaapelia, joka on yleisin väylän kaapeloinnin toteutustapa Suomessa. KNX-järjestelmän ohjelmointi toteutetaan ETS4-ohjelman avulla, joka on uusin KNX-ohjelmoinnissa käytetty ohjelma.

## 2 KNX

KNX on väyläpohjainen kiinteistöjen ohjausjärjestelmä, jossa ei tarvita erillistä keskustietokonetta tai ohjausyksikköä ohjamaan siihen kytkettyjä toimilaitteita tai sähkötoimisia laitteita, sillä KNX:ään kytketyt toimilaitteet kommunikoivat itsenäisesti keskenään. KNX-laitteet liitetään toisiinsa parikaapelilla, jota pitkin laitteet kommunikoivat keskenään. Toimilaitteet eivät tarvitse erillistä sähkönsyöttöä, sillä ne saavat toimintajännitteensä suoraan parikaapeliverkosta. Tämän ominaisuuden ansiosta laitteet ovat yksinkertaisia asentaa ja kaapeloida. /1, s.3./

KNX ei ole vain hyvä kiinteistöjen ohjausjärjestelmä, vaan se on myös järjestelmä, jonka avulla pystyy helposti säästämään energiaa tinkimättä taloautomaation tuomista mukavuuksista, sillä KNX:llä voidaan hallita mm. talon lämmitystä, ilmastointia, sälekaihtimia, valaistusta sekä pistorasioita. Sähköisten toimilaitteiden hallitseminen erilaisilla antureilla mahdollistaa energian säästymisen, sillä esimerkiksi lämmitys ja ilmastointi voidaan ohjelmoida säätyväksi eri olosuhteiden mukaan, kuten ulko- ja sisälämpötilojen mukaan tai vastaavasti erilaisten ohjelmoitujen tilojen, kuten kotona ja poissaolotilojen mukaan. Kotona- ja poissaolotilat ovat tavallisimpia ohjelmoituja tiloja omakotitaloissa. Näillä tiloilla tarkoitetaan esimerkiksi lämmityksen ja ilmastoinnin vähentämistä hetkellä, jolloin kukaan ei ole kotona. Tilaohjelmointia kannattaa hyödyntää myös valojen ja erilaisten sälekaihtimien ja markiisien ohjaukseen, sillä niiden avulla saadaan lisättyä rakennuksen energiatehokkuutta. KNX-väyläteknikka mahdollistaa myös valojen automaattisen sammuttamisen ja kytkemisen, joka taas säästää energiaa, koska valot eivät ole päällä tarpeettomasti. KNX väyläteknikan voidaan sanoa olevan erittäin laaja ja monipuolinen taloautomaation ohjausjärjestelmä. /1,s.3./ (Kuva 1.)



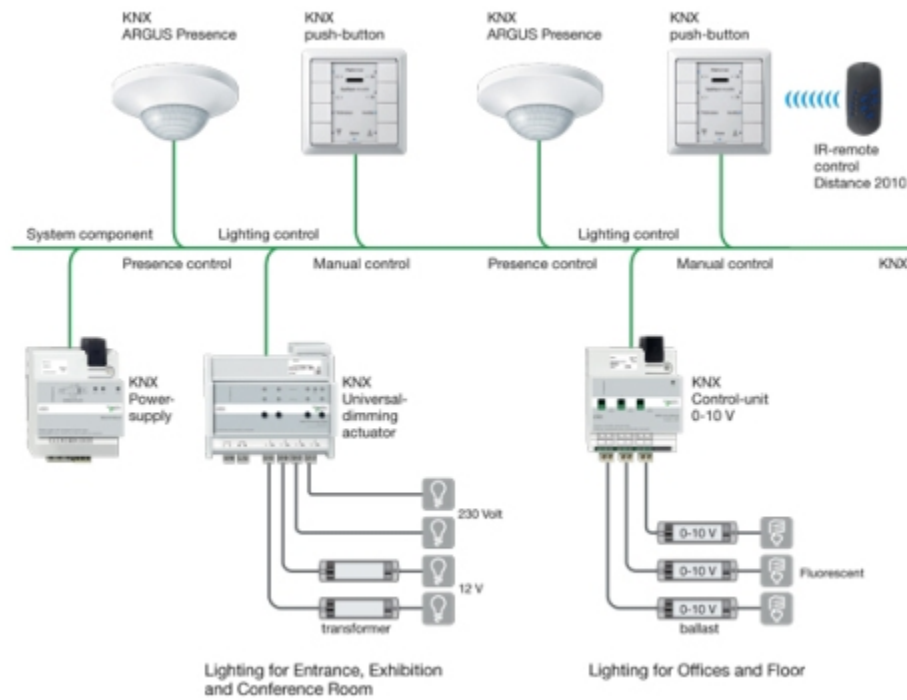
**KUVA 1. KNX-säätömahdollisuudet /2/**

## **2.1 Toiminnallinen periaate ja rakenne**

KNX-taloautomaatiojärjestelmän suurin eroavaisuus perinteiseen sähköjärjestelmään on se, että kytkettävät kuormat kytketään päälle epäsuorasti. Perinteisissä sähköjärjestelmissä kuormien kytkennät, esimerkiksi lamppujen kytkennät, tapahtuvat aina suoralla kytkennällä. Suorassa kytkennässä ohjataan siis haluttu kuorma päälle suoraan kytkimestä tai releen/kontaktorin avulla. KNX ohjaa halutut kuormat päälle epäsuorasti. Epäsuorassa kuormienohjauksessa kaikki käyttöliittymät eli anturit ja toimilaitteet on liitetty yhteen verkkoon parikaapeliverkon, radiotaajuuden tai sähköverkon kautta. Verkkoon kytketyt anturit ja toimilaitteet kommunikoivat keskenään datasanomien avulla. /3, s.9./

Verkkoon kytketyt laitteet, kuten kytkimet ja liiketunnistimet, lähettävät aktivoituaan datasanomia verkkoon kytketyille toimilaitteille. Datasanomia vastaanottavia toimilaitteita ovat KNX-keskuksessa sijaitsevat releyksiköt, jotka ohjaavat esimerkiksi valaistuksen päälle. Releyksiköt voivat sisältää useita erillisiä kanavia, jotka kytkeytyvät päälle antureiden lähettämän datasanoman perusteella. (Kuva 2.) /1, s.3./





**KUVA 2. KNX-järjestelmän kuvaus /4/**

## 2.2 KNX:n historia

KNX-järjestelmän ydin perustuu 1990-luvun alussa kehitettyyn EIB-väylätekniikkaan, joka kehitettiin uusien sähköasennusten turvallisuuteen, joustavuuteen ja mukavuuteen liittyvien vaatimusten johdosta /3, s.10/. KNX perustuu EIB-väyläteknikan lisäksi myös Batibus- ja EHS-tekniikoihin. Alussa nämä kolme eurooppalaista väyläratkaisua yrittivät alun perin luoda omat markkinansa ja löytää näin oman paikkansa eurooppalaisessa standardoinnissa. Batibus menestyi hyvin Ranskassa, Italiassa ja Espanjassa, kun vastaavasti taas EIB hallitsi markkinoita Saksassa ja Pohjois-Euroopassa. EHS oli tuolloin tehtaiden suosima väyläratkaisu. /5./

Vuonna 1997 nämä kolme väyläratkaisua päättivät yhdistyä. Yhdistymisen myötä julkaistiin vuoden 2002 keväällä uusi KNX-spesifikaatio, joka pohjautui EIB-spesifikaatioon. KNX-protokolla ja sen kaksi osaa, TP ja PL, hyväksyttiin joulukuussa 2003 kansalliskomiteassa ja vahvistettiin tekniikan virasto Cenelec:in toimesta (Sähköalan Standardoimisjärjestö) EN50090 Euroopan standardiksi. KNX:n radiotaajuusviestintä hyväksyttiin vasta vuonna 2006. Marraskuussa 2006 KNX-protokolla, joka sisälsi kaikki tiedonsiirtoverkot (TP,PL,RF ja IP) hyväksyttiin ISO/IEC 14543-3-x kansainväliseksi standardiksi. Tämän myötä KNX:stä tuli ainut maailmanlaajuinen standardoitu asuntojen ja rakennusten ohjausjärjestelmä. /5./

## 2.3 KNX-standardi

KNX-standardi ISO/IEC 14543-3-x pohjautuu KNX:n aiempiin eurooppalaisiin standardeihin. Nykyinen ISO/IEC 14543-3-x standardi on maailmanlaajuinen. KNX on ainut avoin kiinteistöjen ohjausjärjestelmä, jossa kaikkien valmistajien laitteet ovat yhteensopivia. KNX Euroopan standardeja on EN50090 standardi, joka koskee KNX-(TP) ja (PL) verkkoja sekä EN13321-1 ja EN13321-2 standardit, jotka koskevat radio- taajuus- ja ip-verkkoja. /5./

## 3 KNX-KAAPELOINTI JA KOMPONENTIT

KNX-ohjausjärjestelmään sisältyy paljon erilaisia komponentteja. Tällaisia komponentteja ovat esimerkiksi järjestelmäkomponentit, lähtö- ja tuloyksiköt, kytkimet ja anturit sekä kosketusnäytöt (Master Control). Kaikki KNX-komponentit toimivat 24VDC jännitteellä, jonka ne saavat suoraan KNX-väylästä. Väyläjännitteen lähteenä on koko KNX-järjestelmän tärkein komponentti eli virtalähde, johon syötetään verkkojännite. /6./

### 3.1 Järjestelmäkomponentit

KNX -järjestelmäkomponentteihin luetaan muun muassa virtalähteet, linjayhdistimet, rajapinnat sekä järjestelmätarvikkeet. KNX luokitellaan SELV (Safety Extra Low Voltage) järjestelmäksi. Tämä johtuu siitä, että järjestelmän väyläjännite on enintään 29 V:n pienjännite. Väyläjännite erotetaan sähköverkosta KNX-virtalähteen avulla, joka noudattaa DIN EN 50 090 standardin vaatimuksia. Virtalähteen väyläliitäntä puoli on virtarajoitettu sekä oikosulkusuojattu. /3, s.33./

Virtalähteet sisältävät myös sisäänrakennetun kuristimen, joka toimii vastakuormana väyläsanomille. Kuristimen tuoman kuorman ansiosta esimerkiksi kytkimen lähettämät signaalit eivät vaimene väylässä. Nykyisissä virtalähteissä KNX-verkon syöttöjännite on nostettu 30 v:n tasolle yleisen jännitealeneman vuoksi. KNX:n jännitelähteenä käytettävät suojajännitemuuntaajat täyttävät SFS-EN 60 742 suojaerotusmuuntaajat ja suojajännitemuuntaajat -standardin vaatimukset. /3, s.33./

Linjayhdistimet ovat komponentteja, joiden avulla KNX-datalinjoja voidaan liittää yhteen ja samalla varmistaa niiden elektroninen erotus toisistaan. Laitteen tarkemmat toiminnot asetetaan parametrein ETS-ohjelmalla. Linjayhdistimiä voidaan käyttää myös alueyhdistiminä. Yhteen KNX-linjaan voidaan liittää enimmillään 64 toimilaitetta, mutta linjayhdistimen avulla voidaan yhdistää kaksi KNX-linjaa, jolloin toimilaitteiden määrä tuplaantuu. /7./ Jokainen KNX-järjestelmän linja, alue sekä päälinja tarvitsevat oman kuristimella varustetun virtalähteen. /3, s.27/.

KNX-järjestelmään tarvitaan myös laitteita, jotka toimivat KNX-rajapintana. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi USB-sovittimet, jotka mahdollistavat käyttäjän ja ohjelmoijan liittymisen KNX-järjestelmään. KNX-laitteet liitetään väylään järjestelmätarvikkeiden avulla. /8./

### **3.2 Lähtö- ja tuloyksiköt**

Lähtöyksiköt ovat laitteita, jotka vastaanottavat esimerkiksi kytkimien lähettämiä datasanomia. Lähtöyksiköt sisältävät kanavia, joiden avulla kytketään esimerkiksi valaistusta päälle ja pois. Lähtöyksiköitä voidaan ohjata erilaisilla antureilla ja kytkimillä. Yksinkertaisesti sanottuna kyse on siis ohjelmoitavasta monikanavaisesta releestä, joka on ohjelmoitu vastaanottamaan tietynlaisia datasanomia, jotka on määritelty ohjelmointivaiheessa. /9./

KNX-tuloyksiköt ovat laitteita, jotka mahdollistavat KNX-järjestelmän liittämisen muihin järjestelmiin. Tällaisia tuloyksiköitä ovat esimerkiksi binäärivastaanottimet ja analogivastaanottimet. Vastaanottimien avulla voidaan esimerkiksi yhdistää verkkojännitteeseen kytketty liiketunnistin KNX-järjestelmään. Tässä tapauksessa verkkojännitteeseen kytketyn laitteen liittäminen tapahtuisi binäärivastaanottimen avulla, joka muuntaisi sähköverkosta tulevan tulosignaalin KNX-sanomaksi. /10./ KNX on myös helposti liitettävissä muihin logiikkajärjestelmiin analogivastaanottimien avulla. Analogivastaanotin muuntaa saapuvan analogisen viestin KNX-järjestelmälle sopivaksi sanomaksi, jonka avulla voidaan esimerkiksi kytkeä ilmastointi päälle tai pois. /11./

### 3.3 Kytkimet ja anturit

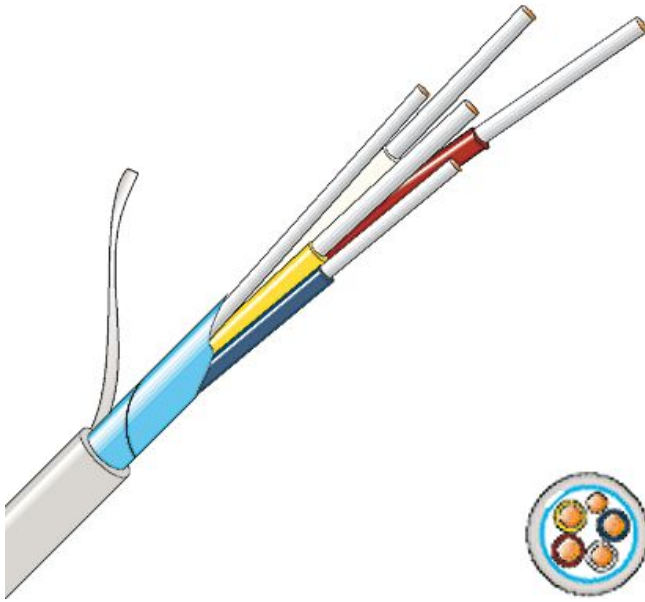
Kytkimet ja anturit ovat laitteita, joilla ohjataan KNX:ään kytkettyjä lähtöyksiköitä. Kytkimet ja anturit lähettävät aktivoituessaan datasanoman KNX-verkkoon, josta se kulkeentuu lähtöyksikölle. Lähtöyksikkö toteuttaa halutun toiminnon saapuneen sanoman perusteella. Kytkimet ja anturit kommunikoivat myös keskenään, sillä ne saattavat lähettää samoja sanomia verkkoon. Tämä johtuu monesti siitä, että halutaan esimerkiksi tietyt valaisimet syttymään monesta eri kytkimestä. Päällekkäisten sanomien synty saadaan kuitenkin estettyä asettamalla kytkimien ja antureiden parametrit siten, että ne voivat kumota toistensa lähettämät sanomat. Tämä toiminto on järjestelmän toimivuuden kannalta erittäin tärkeä. /3, s.30./

### 3.4 Master Control -kosketusnäyttö

KNX Master Control on laite, jolla voi ohjata koko kiinteistön tai talon KNX-järjestelmää. Master Control on LCD-näyttö, johon on sisäänrakennettu erittäin hienostunut teknologia. Nykyään Master Controlilla voi KNX-järjestelmän täydellisen hallinnan lisäksi vastaanottaa ja lukea esimerkiksi sähköposteja, soittaa musiikkia sekä seurata vaikka rakennuksen lämpötilojen vaihtelua. Master Control -ohjelmaan voi lisätä sovelluksia ja toimintoja asiakaan toiveiden mukaan.

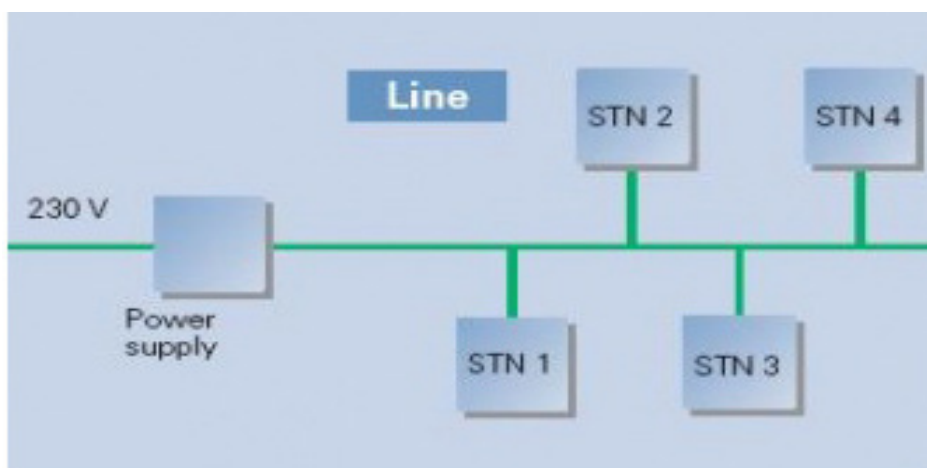
### 3.5 KNX-kaapelointi

KNX-väylän kaapelointiin käytetään yleisimmin kierrettyä parikaapelia. Suositeltava kaapeli parikaapeliverkossa on KLMA 4x0,8+0,8. /12/. Parikaapeliverkon rakentamiseen riittäisi toki KLMA 2x0,8+0,8, mutta suosittelen itsekin käyttämään KLMA 4x0,8+0,8:aa, sillä silloin jää toinen kaapelin kahdesta parista käyttämättä ja sen voi hyödyntää esimerkiksi talon sisäisen viestinnän siirtotieksi. KNX-verkossa voidaan toki hyödyntää muitakin kaapelointimenetelmiä, kuten sähköverkkoa ja dataverkkoa. Mikäli KNX:n kaapeloinnissa käytetään hyväksi sähköverkkoa, ei erillisiä väyläkaapeleita tarvitse asentaa. KNX voidaan toteuttaa myös langattomasti käyttäen radiotaajuuksia. /12./

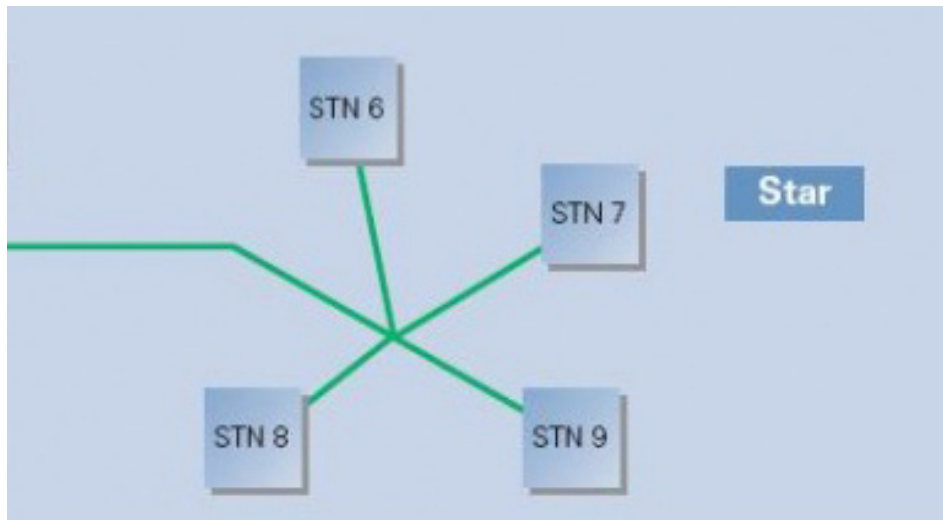


**KUVA 3. KLMA 4x0,8+0,8 /13/**

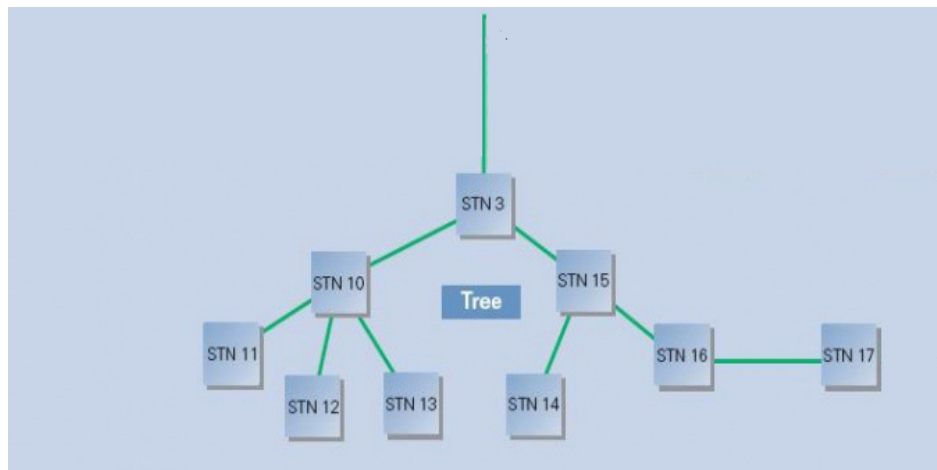
KNX-väylän rakenne voidaan valita hyvinkin vapaasti joko väylä-, tähti- tai puurakenteiseksi, ainoastaan rengasmainen väylärakenne on kielletty. KNX-väylää suunniteltaessa on kuitenkin otettava huomioon joitain rajoitteita, jotka vaikuttavat linjarakenteisiin. Rajoittavia tekijöitä ovat KNX-linjan etäisimmän laitteen ja virtalähteen enimmäisetäisyys toisistaan, joka saa olla enintään 350m, kahden väyläänkytketyn toimilaitteen maksimietäisyys toisistaan 700 m sekä väyläkaapelin enimmäispituus, joka on 1000m. /12./



**KUVA 4. Väylärakenne /14/**



**KUVA 5. Tähtirakenne /14/**



**KUVA 6. Puurakenne /14/**

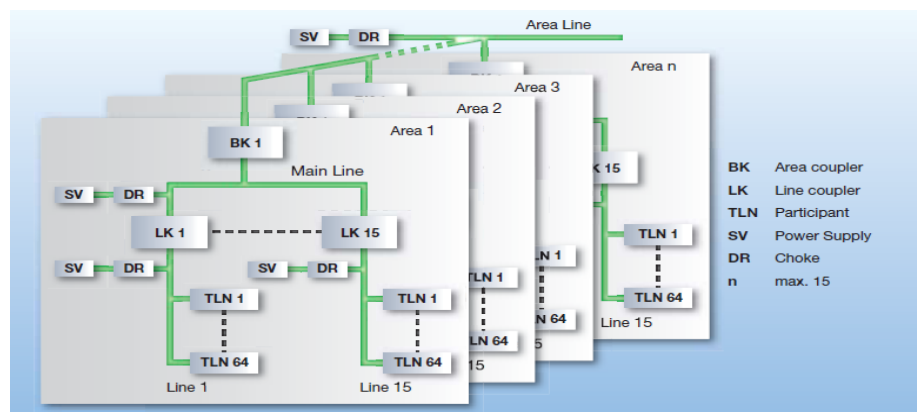
Kytettäessä KNX-laitteita ja keskusta on myös otettava huomioon kuorittujen kaapeleiden johdinten etäisyys toisiinsa. Yksittäisten irrallisten johdinten minimietäisyys toisistaan on 4 mm. Väylä- ja sähkökaapeleita voidaan myös kytkeä yhteisissä jakorasioissa, mikäli jakorasiassa on kiinteä väliseinä. Jos jakorasia sisältää kiinteät liittimet, voidaan käyttää jakorasioita, joissa ei ole kiinteitä väliseiniä. Muutoin väyläkaapeleiden ja sähköjohtojen kytkentään tulee käyttää erillisiä jakorasioita. /3, s.78-79./ Väyläkaapeleiden ja sähkökaapeleiden erillinen rasiointi on kuitenkin suositeltavaa, sillä siten saadaan minimoitua häiriöiden syntyminen sekä enemmän kytkentätilaa.

## 4 KNX-VERKON RAKENNE JA TIEDONSIIRTOTIET

Suomessa käytetyimmät verkkorakenteet ovat parikaapeliverkko, radiotaajuus ja ip-verkko eli internet protocol -verkko. Sähköverkkorakennetta Suomessa ei juurikaan käytetä, Saksassa taas sähköverkkoa käytetään hyvinkin yleisenä KNX-verkon rakenteena. /3, s.34./

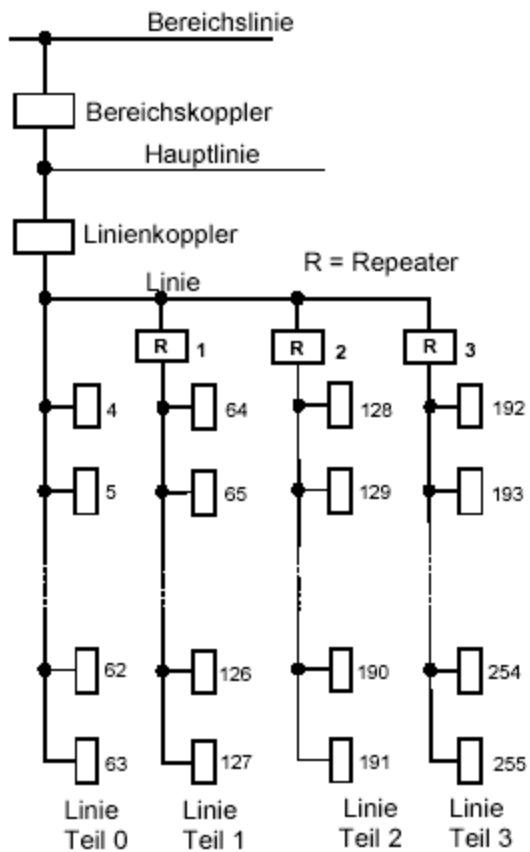
### 4.1 KNX-verkon rakenne

KNX-verkon rakenne perustuu kolmeen eri osa-alueeseen: päälinjaan, alueeseen ja linjaan. Päälinja on KNX-verkon runkolinja, joka yhdistää KNX:än eri alueita. Yhdellä päälinjalla voi olla kytkettynä 15 eri aluetta. Päälinjaan voidaan 15 alueen lisäksi kytkeä 49 toimilaitetta. Alueet yhdistetään päälinjaan alueyhdistimien (AC) avulla. Jokaiseen päälinjaan yhdistettyyn alueeseen voidaan taas liittää 15 erillistä linjaa sekä 49 toimilaitetta. Linjat ovat KNX:n pienimmät asennusyksiköt, joihin voi kuhunkin liittää enintään 64 toimilaitetta. Linjat ovat yhteydessä alueisiin linjayhdistimien avulla. Tämän kolmikantaisen verkkorakenteen ansiosta yhteen KNX-järjestelmään voidaan liittää yli 14000 toimilaitetta. /3.s.25-28./



**KUVA 7. KNX-verkon rakenne /15/**

KNX-verkko ei kuitenkaan rajoitu vain 14000 toimilaitteeseen, sillä jokaiseen KNX-linjaan ja -alueeseen voi liittää vähintään kolme linjatoistinta. Linjatoistimien avulla yhden KNX-järjestelmän toimilaitteiden määrää voidaan kasvattaa yli 58000 toimilaitteeksi. /16./



**KUVA 8. Linjatoistimen toiminnan havainnollistaminen /17/**

## 4.2 KNX-verkkojen siirtoteknologiat

KNX-järjestelmä voidaan toteuttaa käyttäen kolmea eri tiedonsiirtoväylää:

- Tiedonsiirto väyläkaapelin, kuten parikaapelin (TP), kautta
- Tiedonsiirto sähköverkon (PL) kautta
- Tiedonsiirto Radiotaajuuden (RF) kautta.

Väyläkaapeliverkossa signaalit ja kytkentäkäskyt sekä muut tiedot välittyvät väylälaitteiden välillä yksitellen sanomien avulla. Siirtonopeuteen ja impulssien tuottamiseen sekä vastaanottamiseen perustuva siirtoteknologia on suunniteltu niin, että väylään ei tarvitse tehdä impedanssisovitusta ja että mikä tahansa topologia on mahdollinen. Väyläkaapelissa tiedot siirtyvät symmetrisesti, sillä väylälaitte laskee vaihtojännitteen eron kaapelin molempien johtimien väliltä. Häiriösaiteilyt vaikuttavat aina molempiin johtimiin, eivätkä siksi vaikuta signaalin jännitteeseen olennaisesti. Väyläkaapeliverkon tiedonsiirtonopeus on 9600 bittiä/s ja sanoman lähettämiseen ja vastaanottamiseen kuluva keskimääräinen siirtoaika on n. 25 ms. /3,s.29./



Väyläkaapeliverkon tietojen vaihto on tapahtumaohjattua. Yksittäiset tiedot, kuten ohjauskomennot, siirtyvät linjassa sarjoittain eli peräkkäin. Sarjoittaisten tietojen vuoksi väylälaitteet lähettävät linjaan vain yhden tiedon kerrallaan. Yhdellä linjalla sijaitsee monesti monta tietojä/sanomiam lähettävää laitetta, jonka vuoksi linjoissa käytetään hajautettua väyläyhteysmenetelmää CSMA/CA. CSMA/CA on siirtotien varausmenetelmä, jonka ansiosta tiedot siirtyvät linjoissa luotettavasti. CSMA/CA varausmenetelmä perustuu tietojen/sanomien törmäysten havaitsemiseen. Linjassa tapahtuvat tietojen törmäykset havaitaan jo etukäteen, koska linjalaitteet lähettävät siirtotien varaavan signaalin ennen varsinaista dataa. Törmäyksiä voi näin ollen tapahtua vain silloin, jos linjassa olevat väylälaitteet pääsevät väylään samanaikaisesti. Väylän varausmenetelmä mahdollistaa väylän parhaan mahdollisen käyttötavan sekä varmistaa sen, ettei mikään tieto pääse häviämään väylältä. /3,s.29./

Käytettäessä sähköverkkoa siirtotienä on otettava huomioon, että 230V:n johdotusjärjestelmä ei ole alkuperäisesti tarkoitettu tietojen siirtoon, minkä vuoksi KNX Powerline -järjestelmä on sovitettava olemassa olevan sähköjärjestelmän olosuhteiden mukaisesti. Tiedonsiirtoteknisesti ajatellen sähköverkko on avoin verkko, jonka tiedonsiirtokäyttäytyminen ja impedanssit sekä syöttöhäiriöt ovat suurimmaksi osaksi tuntemattomia. KNX Powerline -järjestelmä toimii sähköverkossa kaksisuuntaisesti vuoro- ja vastasuuntaisessa käytössä. Tämä tarkoittaa sitä, että kukin laite voi lähettää sekä vastaanottaa sähköverkkoon lähetettyjä viestejä. Powerline-järjestelmissä linjalaitteiden välinen tiedonsiirto toteutetaan käyttäen suurtaajuussignaaleja, jotka noudattavat standardin EN 50065 vaatimuksia. KNX Powerline toimii 95-125 kHz taajuuksilla, jossa 105,6 ja 115,2 kHz:in taajuudet muodostavat loogisen ykkösen ja loogisen nollan. Looginen 1 on taajuudella 105,6 kHz ja looginen nolla taajuudella 115,2 kHz. Tämä kyseinen suurtaajuustekniikka tunnetaan nimeltä SFSK (hajautettu vaihtotaajuuskoodaus). SFSK siirtoteknologian suurin tiedonsiirtotasoo on 116 dB ( $\mu\text{V}$ ). Tiedonsiirtonopeus 1200 bittiä/s ja sanomien lähetyksestä sanoman vastaanottamiseen kuluva keskimääräinen aika on noin 130 ms. /3,s.37./

KNX Powerline -verkkolaitteet voivat vastaanottaa vioittuneita signaaleja. Linjalaitteet korjaavat vioittuneita signaaleja mallivertailutekniikan sekä älykkään korjausmenetelmän avulla. Kun sanoma on ymmärretty oikein, vastaanottava laite vahvistaa sen signaalin vastaanoton lähettävälle laitteelle. Mikäli lähettävä laite ei saa vastausta, se toistaa siirtoprosessin, jotta haluttu tieto saataisiin perille. /3,s.37./

Radiotaajuusteknologiaa käytettäessä KNX-laitteiden lähettämät tiedot moduloidaan kantataajuuteen. Tiedot välitetään eteenpäin kanta-aallon voimakkuuden vaihteluina, taajuuden vaihteluna, vaihesiirtona tai näiden yhdistelmänä. Moduloitu kanta-aalto siirretään vastaanottiin, joissa vastaanotettu signaali demoduloidaan eli palautetaan lähetetyt tiedot signaalista. KNX-radiotaajuusjärjestelmissä käytetään joko taajuusmodulaatiota tai vaihtotaajuuskoodausta eli FSK:ta. Radiotaajuusjärjestelmä käyttää samoja logiikkatiloja kuin tiedonsiirtoverkko ja sähköverkköjärjestelmät eli ”0” ja ”1” tilat. Logiikkatilat muodostetaan kanta-aallon poikkeaman avulla. KNX-radiotaajuusjärjestelmän käyttämä keskitaajuus on 868,30 MHz. Radiotaajuusverkon siirtonopeus eli bittinopeus on 16384 bittiä/s, joka moduloidaan Manchester-koodin mukaan. Manchester-koodauksessa pulssireunan tila vaihtuu ”0”-sta ”1”-een tai päinvastoin. Vaihtuminen tapahtuu aina tietobitin keskellä. Manchester-tekniikan ansiosta KNX-radiotaajuuslaitteet on helppo synkronoida keskenään, sillä 0/1-tai 1/0-vaihdot sijaitsevat aina bitin keskellä, jonka ansiosta kellopulssia voidaan säätää jatkuvasti. KNX-radiojärjestelmän lähetystaajuus toimii ISM-taajuudella. ISM-kaistalla tapahtuvien käyttösovellusten taajuusalueet ovat erittäin tarkasti määriteltäviä. /3,s.41-42./

## 5 KNX-SUUNNITTELU TYÖKOHTEESEEN

Työkohteen KNX-suunnitelmat oli alun perin tarkoitus toteuttaa kokonaan ulkopuolisen suunnittelijan toimesta, mutta kun taloa aloitettiin rakentamaan, alkoi suunnitelmiin tulla muutoksia ja lopulta ulkoinen suunnittelija toteutti vain talon johdotuskuvat. Loput taloa koskevista sähkö- ja KNX-suunnitelmista siirtyi minun toteutettaviksi. Aloitin suunnitelmien teon tutustumalla suunnittelijan tekemiin piirustuksiin. Suunnittelija oli piirtänyt kuviin myös alustavat KNX-suunnitelmat, joka helpotti työn aloitusta. Ensimmäinen tehtävä suunnittelun alussa oli ottaa selvää asiakkaan vaatimuksista ja verrata niiden yhdenmukaisuutta jo olemassa oleviin kuviin. Asiakkaan kanssa käydyn neuvottelun jälkeen todettiin, että joitakin muutoksia jouduttaisiin talon KNX-kaapelointiin tekemään, sillä joitakin kytkimiä ja liiketunnistimia pitäisi lisätä, joita ei ollut merkattuna alkuperäisessä piirustuksessa. Kun kaikki tarvittavat muutokset oli saatu merkattua piirustuksiin aloitin KNX-väylän rakentaminen.

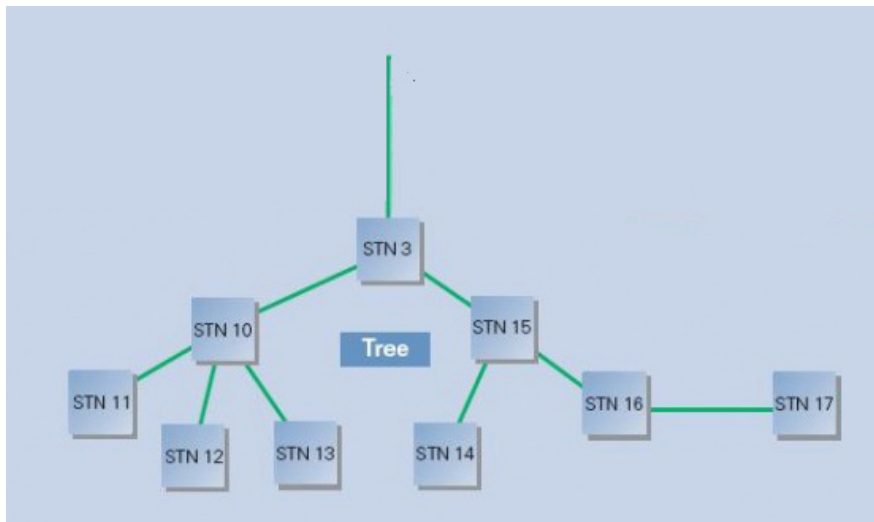
## 5.1 KNX-ohjelman suunnittelu

KNX-ohjelman suunnittelu ja toteuttaminen olivat työkohteen yksi suurimmista haasteista, sillä en ollut aikaisemmin työskennellyt KNX-järjestelmien parissa. Aloittaessani KNX-ohjelman suunnittelua olin haasteen edessä, sillä ennen varsinaisen suunnittelun aloittamista oli opeteltava KNX-ohjelmiston käyttö ja päästävä selville koko KNX-järjestelmän toiminnasta. Jouduin aloittamaan koko suunnittelun aivan perusasioista, eli tutustumalla järjestelmän toimintaan ja sen toimintamahdollisuuksiin sekä ohjelmistoon, jonka avulla KNX-ohjelma lopulta tehtäisiin.

Päästyäni selville KNX-järjestelmästä aloin kartoittamaan työkohteeseen tarvittavia KNX-komponentteja talon piirustusten perusteella. Tämä oli tärkeä vaihe ohjelmoinnin alussa, sillä väärän komponentin lisääminen ohjelmaan olisi tuottanut ongelmia komponenttien ohjelmointivaiheessa. Saatua selville, mitä KNX-komponentteja työkohteessani tulitisiin käyttämään, pääsin aloittamaan ohjelman tekemisen. Seuraava vaihe ohjelman suunnittelussa oli ottaa selvää siitä, mitä ominaisuuksia asiakas ohjelmalta toivoi esimerkiksi valaistuksen ohjauksen osalta. Aloitin asiakkaan toiveiden kartoittamisen huone kerrallaan. Huonekohtaisessa kartoituksessa kävimme asiakkaan kanssa läpi hänen toiveensa valaistukseen ja pistorasioiden ohjaukseen liittyen. Listattuani kaikki asiakkaan toiveet paperille pääsin työstämään KNX-ohjelmaa.

## 5.2 KNX-kaapeloinnin suunnittelu

KNX-kaapeloinnin suunnittelu toteutettiin hyvinkin pitkälti jo olemassa olevien kuvien perusteella. Joitain muutoksia kaapelointiin jouduttiin tekemään jo edellä mainittujen muutosten takia. Työkohteen KNX-kaapelointi toteutettiin käyttäen puumallista verkkorakennetta. Väylän kaapelointi toteutettiin putkitetulla KLMA 4x0,8+0,8 -kaapelilla.



**KUVA 9. Puumallisen KNX-verkon kaapelointi, STN:t kuvaavat toimilaitteita /15/**

### 5.3 KNX-keskuksen suunnittelu

Työkohteeseen rakennettiin erillinen KNX-keskus (liite 1) tyhjästä ABB:n valmistamasta KNX-keskuksen kotelosta. Yleensä KNX-keskukset toimitetaan valmiina paketteina suoraan työmaalle, mutta koska työkohteesta ei ollut tehty valmiita KNX-suunnitelmia, jouduttiin suunnittelemaan myös koko KNX-keskus. Keskuksen suunnitteluun ei jäänyt rakennuksen edetessä juurikaan aikaa, joten suunnitelma jouduttiin tekemään samalla, kun KNX-keskusta kytkettiin. KNX-keskuksen rakentaminen aloitettiin lisäämällä keskukseen kaikki keskuskomponentit siinä järjestyksessä kuin ne esiintyvät tehdysä KNX-ohjelmassa. Koska keskuskomponentit oli lisätty järjestelmällisesti keskukseen, oli niiden pohjalta helppo alkaa kytkeä keskukseen tulevia ja lähteviä kaapeleita muistiinpanojen sekä KNX-ohjelman perusteella.

## 6 KNX-OHJELMOINTI JA OHJELMAN ASENNUS

KNX-ohjelmointi toteutettiin ETS4-ohjelmiston avulla. ETS4-ohjelma on KNX-ohjelman tekoon ja ohjelmointiin tarkoitettu windows-pohjainen ohjelmisto. Ensimmäinen haaste ohjelman teossa oli ETS4-ohjelmiston käyttö. Pääsin kuitenkin nopeasti perille ohjelmiston toiminnasta saatuaani Mikkelin ammattikorkeakoululta KNX-ohjelmointiin liittyvää opetusmateriaalia.

## 6.1 Ohjelmointi

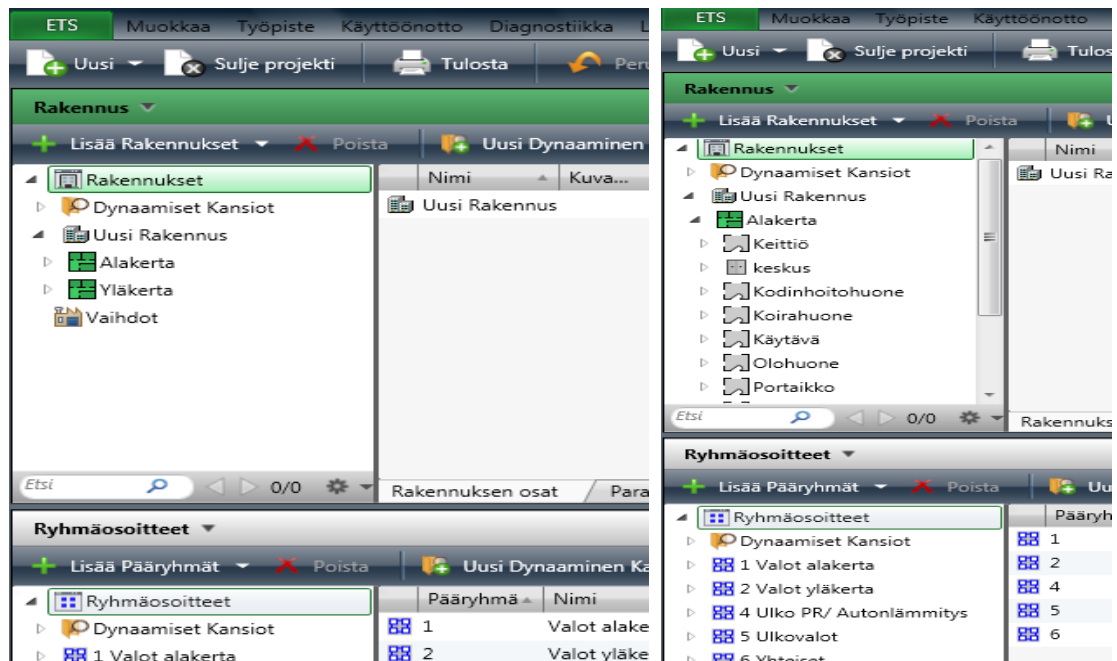
KNX-ohjelman teko alkoi ETS4-ohjelman tietokannan luomisella. Uuden tietokannan luomisen jälkeen avasin tietokantaan uuden projektin. Projektin avauksen yhteydessä projekti nimetään ja määritellään KNX-runkoverkon sekä linjojen toteutustapa. Työkohteen KNX-järjestelmä oli suunniteltu toteutettavaksi parikaapelilla, joten valitsin runkoverkko sekä tiedonsiirtolinjaksi TP:n (twisted pair). Samalla valitaan myös ryhmäosoitteiden tyyli, jonka voi valita joko vapaaksi, kaksitasoiseksi tai kolmetasoiseksi. Käytin työssäni kolmetasoisia ryhmäosoitetyyliä, joka on myös suositeltavaa ensikertalaiselle sen selkeyden takia.

The screenshot shows the 'Yksityiskohdat: Uusi Projekti' (Details: New Project) window in the ETS4 software. The interface includes several input fields and options:

- Nimi:** Uusi Projekti
- Projektin numero:** (empty field)
- Yhteysnumero:** (empty field)
- Aloituspäivä:** 4.5.2013
- Päätymispäivä:** (empty field)
- Viimeksi muokattu:** 4.5.2013 19:20
- Tuo päivämäärä:** (empty field)
- Tila:** Tuntematon
- Kommentti:** (empty text area)
- Salasana:** (empty field with 'Muuta' button)
- BAU Salasana:** (empty field with 'Muuta' button)
- Koodisivu:** Windows-järjestelmän Kieli
- Ryhmäosoitteen tyyli:**
  - Vapaa
  - Kaksi tasoa
  - Kolme tasoa
  - Piilota laajennettu ryhmäosoitealue lisäosien vuoksi

**KUVA 10. Projektinluominen ETS4-ohjelmalla**

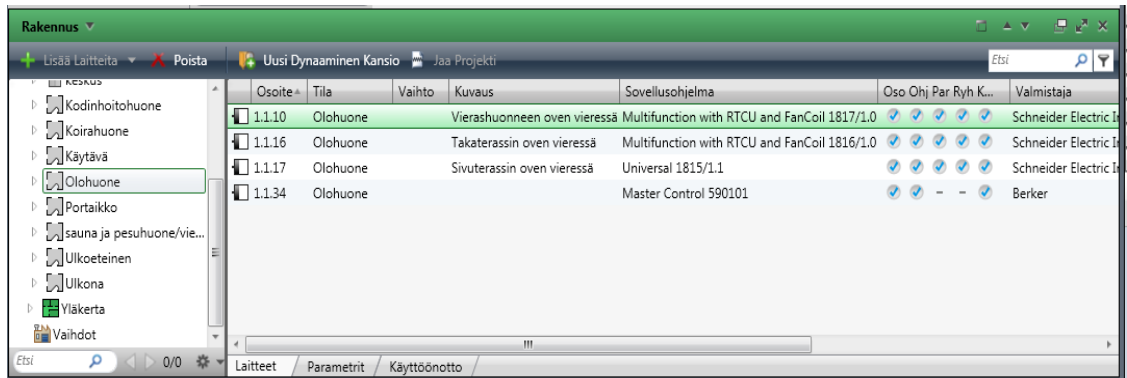
Projektin rakenteen valitsemisen jälkeen projektitiedosto avautuu tietokantaan, jonka jälkeen projektia on mahdollista muokata. Aloitin projektin tekemisen lisäämällä ohjelman juureen rakennuksen sekä rakennuksen osat. Rakennuksen osat nimesin ala- ja yläkerraksi. Osien luomisen jälkeen lisäsin sekä ala- että yläkertaan niihin kuuluvat huoneet.



**KUVA 11. Rakennusten luominen**

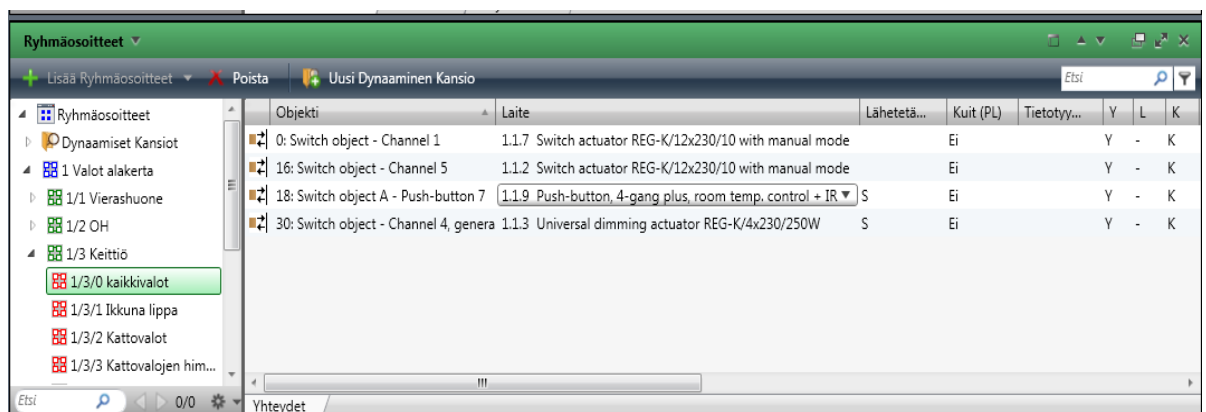
Rakennuksen osien ja huoneiden lisäämisen jälkeen voi aloittaa laitteiden, kuten kytkimien, lisäämisen ohjelmaan. Laitteet lisätään ohjelmaan tuotetietokannasta, joka ladataan projektiin. Laitteiden tuotetietokannat ovat ladattavissa tuotteiden valmistajien sivuilla. Tuotetietokannan lataamisen jälkeen laitteiden lisääminen KNX-ohjelmaan on helppoa. Laitteet lisätään ohjelmaan valitsemalla haluttu laite tietokannasta, jonka jälkeen se vain raahataan hiirellä haluttuun kohteeseen, kuten esimerkiksi keittiöön, jos ollaan lisäämässä keittiön painiketta. Vaikka laitteiden lisääminen onkin helppoa, täytyy siinä olla huolellinen, sillä väärän laitteen lisääminen aiheuttaa ongelmia jatkossa.

Laitteiden lisäysvaiheessa laitteille määritellään myös niiden yksilölliset verkko-osoitteet, jonka perusteella ne toimivat KNX-verkossa. Yksilöllisen osoitteen voi määrittellä haluamallaan tavalla tai antaa ohjelman luoda laitteelle osoite automaattisesti. Käytettäessä automaattista osoitteen määrittelyä ohjelma lisää laitteelle aina ensimmäisen vapaana olevan osoitteen, kuten 1.1.1, näin ollen seuraava lisätty laite saisi osoitteekseen 1.1.2. Tämä automaattinen osoitteiden määrittely osoittautui hyvinkin hyödylliseksi, sillä automaattisen osoitteiden määrittelyn ansiosta välttiin päällekkäisiltä laiteosoitteilta. On myös suositeltavaa lisätä kaikki projektiin kuuluvat laitteet kerralla, koska silloin laitteiden osoitteet tulevat loogiseen järjestykseen. Laitteiden osoitteiden looginen järjestys selkeyttää ohjelman rakennetta sekä työskentelyä ohjelmointivaiheessa.



**KUVA 12. Laitteiden lisääminen**

Laitteiden lisäämisen jälkeen edetään ohjelmoinnissa vaiheeseen, jossa ohjelmaan lisätään ryhmäosoitteet. Ryhmäosoitteiden luominen aloitetaan luomalla pääryhmät. Pääryhmät ovat ryhmäosoitteiden ylin taso, joiden luomisessa kannattaa noudattaa samaa rakennetta kuin rakennuksen osien luomisessa, sillä yhdenmukainen rakenne selkeyttää ohjelmaa huomattavasti. Luotuaani ryhmäosoitteiden pääryhmät lisäsin jokaiseen pääryhmään keskiryhmät. Keskiryhmät ovat nimensä mukaan ryhmäosoitteiden keskiryhmiä. Keskiryhmien luomisessa kannattaa taas noudattaa samaa rakennetta kuin rakennuksen huoneiden luomisessa, sillä jokaisen keskiryhmän alle luodaan myöhemmin itse ryhmäosoitteet, joiden tarkoituksena on yhdistää esimerkiksi keittiöön kytketty painonappi keskuksessa sijaitsevaan lähtöyksikköön, joka sitten kytkee halutun kuorman, kuten valot.

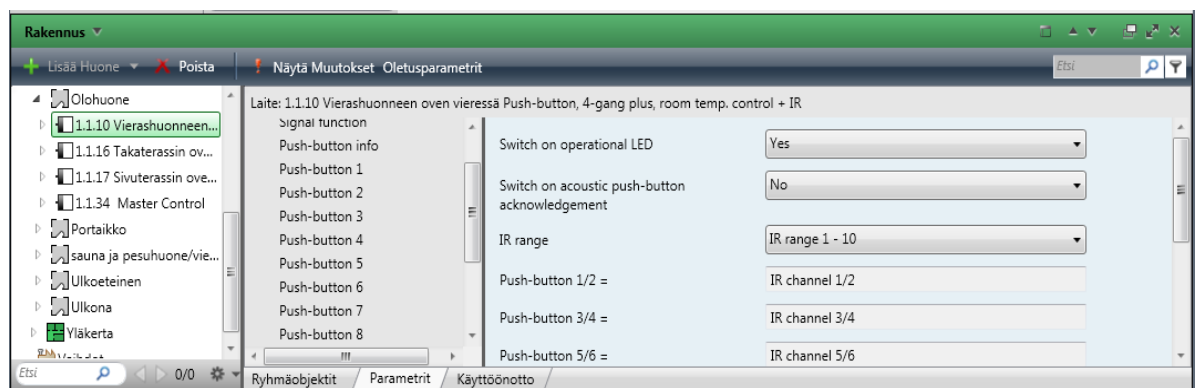


**KUVA 13. Ryhmäosoitteiden luominen**

Ryhmäosoitteet ovat siis osoitteita, jotka yhdistävät laitteiden, kuten painikkeiden ja lähtöyksiköiden, eri objekteja niiden yksilöllisten osoitteiden avulla. Jokainen laite voi sisältää useita eri kytkentäobjekteja, jotka riippuvat laitteen ominaisuuksista ja laite-

tyypistä. KytKentäobjektilla tarkoitetaan esimerkiksi kahdeksanosaisen painikkeen ensimmäistä painiketta. Näin ollen yksi kahdeksanosainen painike sisältää yhteensä kahdeksan kytKentäobjektia. Lähtöyksiköissä kytKentäobjektit tarkoittavat vastaavasti aina yksittäistä relelähtöä. Ryhmäosoitteet toimivat siis rajapintana KNX-laitteiden välillä. Jokaiseen ryhmäosoitteeseen voidaan liittää useita eri kytkimiä sekä lähtöyksiköitä. Ainoa rajoitus on, että ryhmäosoite toteuttaa vain yhdenlaisen kytkennän, kuten ON/OFF -kytkennän. Jokaiselle valon ja pistorasian ohjaukselle on näin ollen luotava oma ryhmäosoite.

Toteutin työkohteen ryhmäosoitteiden osalta siten, että lisäsin ne ensin tietyn keskiryhmän alle. Seuraavaksi nimesin ryhmäosoitteet valaistuksen sytytysryhmien mukaan. Ryhmäosoitteiden nimeämisen jälkeen aloitin kytKentäobjektien lisäämisen ryhmäosoitteisiin. KytKentäobjektit yhdistetään ryhmäosoitteisiin käyttäen samaa tekniikkaa kuin laitteiden lisäämisessä huoneisiin. Ainoa eroavaisuus on se, että yhdistetään esimerkiksi olohuoneen nelinapaisen painikkeen ensimmäisen painikkeen kytKentäobjekti keskuksessa sijaitsevaan 12-kanavaisen lähtöyksikön ensimmäiseen lähtöobjektiin eli ensimmäiseen kanavaan. Työkohteeseen haluttiin myös, että osa talon pistorasioista olisi ohjattavissa KNX:llä, joten loin niille aivan oman pääryhmän, johon lisäsin kaikki pistorasioihin liittyvät ryhmäosoitteet. Ennen kuin kytKentäobjektit liitetään eli linkitetään haluttuun ryhmäosoitteeseen, on syytä muistaa asettaa objektin parametrit halutunlaisiksi, sillä jälkeempään tehdyt parametrimuutokset voivat hävittää kaikki objektiin tehdyt linkitykset, joita voi olla useita.



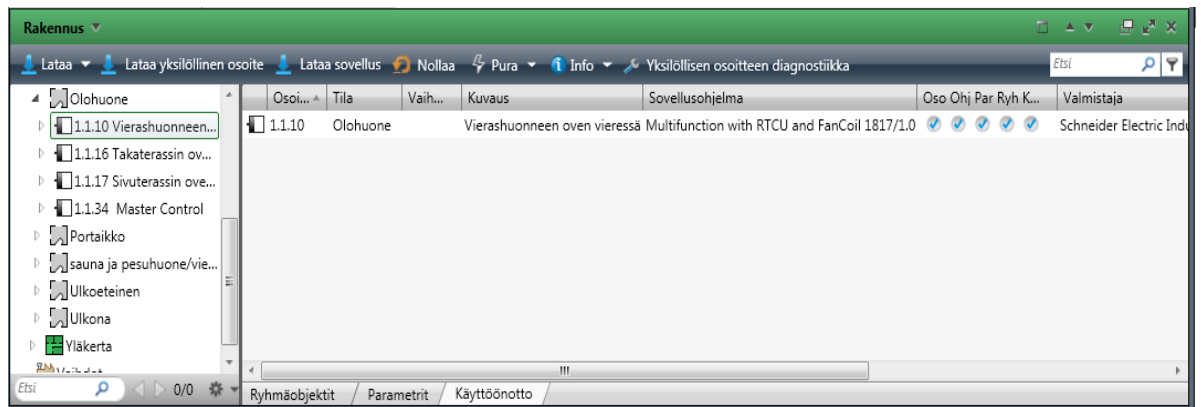
**KUVA 14. Esimerkki 8-osaisen painikkeen parametrivalikosta**

Parametrien asettelun jälkeen laitteet ja niiden kytKentäobjektit ovat valmiita liitettäväksi ryhmäosoitteisiin. Ryhmäosoitteiden määrittelyn jälkeen KNX-ohjelma alkaakin olla valmis, jonka jälkeen ohjelmaa se voidaan ladata KNX-järjestelmään.



## 6.2 Ohjelman asennus

KNX-ohjelman lataamisen järjestelmään toteutin USB-portin kautta. Kytkeytyminen KNX-järjestelmään tapahtui siis USB-sovittimen avulla. Yhteyden muodostamisen jälkeen aloin ohjelmoida KNX-laitteita yksi kerrallaan. Laitteille syötetään ohjelmointivaiheessa niiden yksilöllinen osoite sekä ohjelma, jonka mukaan laite toimii. Ohjelmoinnin jälkeen laitteet toimivat niille asetettujen parametrien sekä ryhmäosoitteiden mukaan. Jokaisessa KNX-laitteessa on ohjelmointipainike, jota täytyy painaa ensimmäisen ohjelmoinnin yhteydessä, jotta laite osaa ottaa vastaan sille tarkoitetun yksilöllisen osoitteen.



**KUVA 15. Laitteen käyttöönotto**

## 7 TYÖKOHTEN KNX-KOMPONENTIT

Työkohteen KNX-komponentteina käytettiin Schneider Electricin valmistamia tuotteita. Tuotteiden merkki ja mallit valittiin asiakkaan toiveiden perusteella. Asiakas myös hoiti itse KNX-laitteiden tilauksen ja toimituksen työmaalle tekemäni tilauslistan perusteella.

### 7.1 Järjestelmäkomponentit

Työkohteen KNX-järjestelmän virtalähteenä käytettiin Schneider Electricin REG-K/640 mA virtalähdettä. Tämä on 640 mA virtalähde, joka tuottaa käyttöjännitteen KNX-verkolle (Kuva 16).



**KUVA 16. Virtalähde 630mA /18/**

USB-sovitin toimii rajapintana KNX-järjestelmään. Suoritin koko työkohteeni ohjelmoinnin USB-sovittimen kautta. USB-sovitin kytketään väylään muiden KNX-laitteiden tavoin (Kuva17).



**KUVA 17. USB-sovitin /18/**

## 7.2 Lähtö- ja tuloyksiköt

Kuvassa 18 on malliesimerkki keskuksen asennettavasta himmentimestä, joka soveltuu kaikenlaisille valokuormille. Himmentimien avulla taloon saadaan luotua erilaisia tunnelmatiloja sekä voidaan himmentää haluttuja valaisimia, kuten tavallisilla himmentimillä. Tässä himmennin-lähtöyksikössä on neljä erillistä himmenninlähtöä, jotka

kaikki voidaan ohjelmoida erikseen. Himmennin-yksiköissä on myös automaattinen kuormantunnistustoiminto, joka estää kanavia kytkeytymästä päälle, mikäli kytketyssä linjassa esiintyy häiriöitä tai vikaantumisia (Kuva 18).



**KUVA 18. Neljäkanavainen himmennin 4x250W /18/**

Seuraava kuva on 8-kanavaisesta lähtöyksiköstä. Työkohteessa käytettiin vastaavan näköisiä lähtöyksiköitä, mutta 12-kanavaisia. Tämä on 10-ampeerin lähtöyksikkö, jota voi käyttää valaistuksen sekä pistorasioiden suoraan ohjaukseen. Tämä kyseinen lähtöyksikkö ei sisällä himmennystoimintoja (Kuva 19).



**KUVA 19. 8x230V 10A lähtöyksikkö /18/**

Työssä käytettiin myös yhtä 16-ampeerin lähtöyksikköä. Tällä lähtöyksiköllä ohjattiin talon ulkopistorasioita sekä keittiön ja kodinhoitohuoneen tasojen pistorasioita. Kuvassa 20 oleva lähtöyksikkö on 4-kanavainen, mutta työkohteessa käytettiin vastaavaa 8-kanavaista lähtöyksikköä. Käytössä oli näin ollen 8 erillistä 16-ampeerin lähtöä. 16-ampeerin lähtöyksikön avulla toteutettiin myös autonlämmityspistorasioiden ohjaus. (Kuva 20).



**KUVA 20. 4x230V 16A lähtöyksikkö /18/**

### 7.3 Kytkimet ja anturit

Työssä käytettiin kahdenlaisia seinäpainikkeita, yhdistelmäpainikkeita ja normaaleja seinäpainikkeita. Yhdistelmäpainikkeet erosivat normaaleista seinäpainikkeista siten, että ne toimivat samalla myös huonetermostaateina. Yhdistelmäpainikkeissa oli myös pieni näyttö, josta lämpötilaa pystyi seuraamaan. Seuraavissa kuvissa havainnollistavat kuvat seinäpainikkeista.



**KUVA 21. 4-osainen yhdistelmäpainike /18/**



**KUVA 22. 8-osainen painike /18/**

Painikkeiden lisäksi työkohteeseen asennettiin runsaasti liike- ja läsnäolotunnistimia. KNX-liiketunnistimet toimivat vakioasetuksilla samoin kuin normaalit verkkojännitteeseen kytkettävät liiketunnistimet, mutta niissä on myös runsaasti säätömahdollis-

suuksia. Säädoilla tarkoitetaan laitteen parametrejä, jotka asetetaan jokaiselle toimilaitteelle jo ohjelman tekovaiheessa.



**KUVA 23. Liiketunnistin ip55  
ulkokäyttöön /18/**



**KUVA 24. Liiketunnistin sisäkäyttöön /19/**

Työkohteeseen asennettiin myös KNX-sääasema, joka asettiin mittaamaan ulkolämpötilaa sekä hämäryyttä. Sääaseman hämäräkytkin-toiminnon avulla saa esimerkiksi numerovalon palamaan ainoastaan iltaisin ja öisin. Koska sääasema mittaa myös ulkolämpötilaa, on se mahdollista asettaa ohjaamaan talon lämmitystä sääolosuhteiden vaihtelun mukaan.



**KUVA 25. KNX-sääasema, joka sisältää ulkolämpötilan ja valaisuuden mittauksen /18/**

## 7.4 Master Control

Kohteeseen asennettiin Berkerin valmistama Master Control -näyttö. Se on 5,7-tuumainen kosketusnäyttö, johon on ohjelmoitavissa runsaasti erilaisia sovelluksia ja ohjauksia. Tähän kyseiseen Master Controlliin on mahdollista liittää jopa 400 erilaista kytkentä/ohjaustoimenpidettä. Laite sisältää myös verkkoliitäntämahdollisuuden, joka mahdollistaa esimerkiksi sähköpostien lähettämisen ja vastaanottamisen.



**KUVA 17. Berker Master Control /20/**

## 8 DOKUMENTOINTI

Työkohteesta täytyi tehdä myös dokumentointi, jossa tulisi ilmi KNX-väylän kaapelointi sekä järjestelmän kytkentöihin liittyvät seikat. KNX-väylän kaapelointi toteutettiin lähes kokonaan alkuperäisten kuvien mukaan, joten KNX-kaapeloinnista ei tehty erillistä tasokuvaa, sillä ne sisältyivät alkuperäisiin sähköpiirustuksiin. Talon piirustuksista en ehtinyt saamaan lopullisia kuvia, sillä ne jäivät asiakkaan toiveesta ulkopuolisen suunnittelijan toteutettavaksi, joka oli suunnitellut myös alkuperäiset piirustukset.

KNX-keskukseen ja kytkentöihin liittyvät dokumentoinnit sen sijaan jäivät toteutettavakseni. KNX-keskuksen dokumentoinnin toteutin tekemällä kytkentätaulukon, josta selviää KNX-keskukseen tulevien ja lähtevien johdinten kytkennät (liite 3).

KNX-ohjelman dokumentoinnin toteutin luomalla taulukon (liite 2) ohjelmassa olevien ryhmäosoitteiden perusteella. Taulukon 2 tarkoituksena on kertoa käyttäjälle esimerkiksi valaistuksen ohjaukseen liittyvien painikkeiden sijainti ja numero. Tein KNX-ohjelmasta myös toisen taulukon, jossa on eritelty jokaisen anturin tai painikkeen sijainti talossa (liite 4), jotta ne olisi helpompi löytää esimerkiksi pelkän osoitteen perusteella.

## **9 POHDINTA**

Opinnäytetyöni tarkoituksena oli toteuttaa KNX-järjestelmän asennus ja ohjelmointi omakotitaloon. Työhön sisältyi myös KNX-järjestelmään liittyvä dokumentointi. Työt edistyivät projektin alkuvaiheessa hyvinkin mallikkaasti, koska talosta oli tehty valmiit sähkösuunnitelmat, jotka sisälsivät myös alustavat KNX-suunnitelmat. KNX-järjestelmää aloitettiin näin ollen toteuttamaan alustavien suunnitelmien pohjalta, johon sitten rakennuksen edetessä teimme muutoksia asiakkaan esittämien toiveiden mukaan. Työmaan edetessä tehdyt muutokset kohdistuivat KNX-väylän kaapelointiin. Kaikki kaapelointiin liittyvät muutokset eivät kuitenkaan vaikuttaneet ainoastaan KNX-väylän rakenteeseen, vaan jouduimme muokkaamaan myös alkuperäisiä sähkösuunnitelmia. Sain kuitenkin tehtyä kaikki kaapelointiin liittyvät muutokset aivan ajallaan eikä se vaikuttanut projektin etenemiseen.

Saatuani ratkottua kaikki kaapelointiin liittyvät muutokset pääsin perehtymään paremmin KNX-ohjelmointiin ja itse ohjelman tekemiseen. Ohjelman teon aloittaminen osoittautui haasteelliseksi, sillä en ollut aikaisemmin käyttänyt ETS4-ohjelmaa. Pääsin kuitenkin yllättävän nopeasti perille KNX-ohjelmoinnista. Yksi ohjelman teon tärkeä vaihe oli asiakkaan toiveiden kartoittaminen, jossa onnistuin mielestäni erittäin hyvin. Ehdotin asiakkaalle erilaisia vaihtoehtoja esimerkiksi valaistukseen liittyen, joista asiakas valitsi mieleisensä. Kun asiakkaan vaatimukset olivat selvillä, tein KNX-ohjelman, joka noudatti asiakkaan kanssa sovittuja ominaisuuksia.

Ohjelman asennuksen jälkeen törmäsin kuitenkin ongelmaan, sillä asiakkaan itse hankkimat valaisimet olivat väärentyyppisiä. Valaisimien ongelmana oli se, että ne eivät olleet himmennettäviä, vaikka yli puolet talon valaistuksesta oli alun perin suunniteltu himmennettäviksi. Ratkaisimme ongelman muuttamalla KNX-ohjelman himmennettävät lähdöt ei-himmennettäviksi lähdöiksi. Jouduimme myös vaihtamaan muutaman keskuksessa sijaitsevan KNX-himmenninlähtöyksikön tavalliseksi 10A:n lähtöyksiköksi. Muutoksien toteutus onnistui yllättävän kivuttomasti, vaikkakin niihin menikin runsaasti aikaa.

Työkohteeseen jäi vielä muutamia keskeneräisiä asennuksia, jotka suoritetaan loppuun myöhemmin kesällä. Esimerkiksi Master Control -ohjelma jäi osaltani vielä hieman keskeneräiseksi. Sovimme asiakkaan kanssa, että he kuvaavat talon jokaisen huoneen ja lähettävät sitten kuvat minulle. Näin ohjelma saadaan muistuttamaan heidän omaa kotiaan. Pyysin asiakasta myös tekemään valmiin selostuksen siitä, mitä kaikkia ominaisuuksia hän haluaa ohjelman sisältävän.

Mielestäni onnistuin työn suunnittelussa ja toteutuksessa. Opinnäytetyön opettavaisin ja hyödyllisin asia oli KNX-järjestelmän ohjelmoinnin oppiminen, josta on varmasti hyötyä tulevaisuudessa. Myös asiakas oli tyytyväinen taloonsa niin sähköasennusten kuin KNX-järjestelmänkin puolesta.



## LÄHTEET

1. ABB Oy. KNX-taloautomaatio tuoteluettelo 2012. Pdf-dokumentti.  
[http://abb.smartpage.fi/fi/taloautomaatio\\_tuoteluettelo\\_2012/files/taloautomaatio\\_tuoteluettelo\\_2012.pdf](http://abb.smartpage.fi/fi/taloautomaatio_tuoteluettelo_2012/files/taloautomaatio_tuoteluettelo_2012.pdf). Julkaistu 31.12.2011. Luettu 25.3.2013.
2. Googlen kuvahaku.  
[http://images.search.conduit.com/ImagePreview/?q=Knx&ctid=CT3201318&searchsource=15&SSPV=EB\\_SSPV&CUI=UN40564421049262367&start=35&pos=6](http://images.search.conduit.com/ImagePreview/?q=Knx&ctid=CT3201318&searchsource=15&SSPV=EB_SSPV&CUI=UN40564421049262367&start=35&pos=6)  
Ei julkaisutietoa. Luettu 20.3.2013.
3. KNX Association cvba. KNX, Käsikirja asuntojen ja rakennusten ohjauksiin. 5. painos. 2006.
4. Schneider Electric verkkosivut. <http://www.schneider-electric.com/sites/corporate/en/customers/contractors/energy-efficiency-solution-for-buildings/lighting-control-use-knx-presence-for-precision-lig>. Ei julkaisutietoa. Luettu 22.3.2013
5. KNX verkkosivut. <http://www.knx.org/knx-standard/standardisation/>. Julkaistu 26.3.2012. Luettu 20.4.2013
6. Schneider Electric, KNX power supply unit REG-K (SE/NO/FI/DA). Pdf-dokumentti. <http://ecatalogue.schneider-electric.fi/ProductSheet>. Ei julkaisutietoa. Luettu 28.4.2013.
7. Schneider Electric, Coupler REG-K (SE/NO/FI/DA). Pdf-dokumentti. <http://ecatalogue.schneider-electric.fi/ProductSheet>. Ei julkaisutietoa. Luettu 28.4.2013.
8. Schneider Electric, USB interface REG-K (SE/NO/FI/DA). Pdf-dokumentti. <http://ecatalogue.schneider-electric.fi/ProductSheet>. Ei julkaisutietoa. Luettu 28.4.2013.

9. Schneider Electric, Switch actuator REG-K/x230/10 with manual mode (SE/NO/FI/DA). Pdf-dokumentti. <http://ecatalogue.schneider-electric.fi/ProductSheet>. Ei julkaisutietoa. Luettu 28.4.2013.

10. Schneider Electric, Binary input REG-K/4x230 (SE/NO/FI/DA). Pdf-dokumentti. <http://ecatalogue.schneider-electric.fi/ProductSheet>. Ei julkaisutietoa. Luettu 28.4.2013.

11. Schneider Electric, Analogue input REG-K 4-gang (SE/NO/FI/DA). Pdf-dokumentti. <http://ecatalogue.schneider-electric.fi/ProductSheet>. Ei julkaisutietoa. Luettu 28.4.2013.

12. ABB Oy, Järjestelmän rakenne. Verkkodokumentti. [http://www.asennustuotteet.fi/70/J%C3%A4rjestelm%C3%A4n%20rakenne\\_FIN1.html](http://www.asennustuotteet.fi/70/J%C3%A4rjestelm%C3%A4n%20rakenne_FIN1.html). Ei julkaisutietoa. Luettu 2.4.2013.

13. Sähkötuote.fi verkkosivut. [http://sahkotuote.fi/kauppa/index.php?main\\_page=product\\_info&c-Path=99988\\_99902&products\\_id=293009](http://sahkotuote.fi/kauppa/index.php?main_page=product_info&c-Path=99988_99902&products_id=293009) Julkaistu 1.5.2010. Luettu. 2.4.2013.

14. Comfortclickin verkkosivut. <http://www.comfortclick.com/mediawiki/index.php?title=File:7.jpg> Julkaistu 2.10.2012. Luettu 27.4.2013.

15. Comfortclickin verkkosivut. <http://www.comfortclick.com/mediawiki/index.php?title=File:T2.PNG> Julkaistu 18.10.2012. Luettu 29.4.2013.

16. Comfortclickin verkkosivut. [http://www.comfortclick.com/mediawiki/index.php?title=KNX\\_system](http://www.comfortclick.com/mediawiki/index.php?title=KNX_system) Julkaistu 18.10.2012. Luettu 29.4.2013.

17. Siemens verkkosivu. [http://www.eib-home.de/siemens-instabus-eib-linienkoppler\\_n140-03.htm](http://www.eib-home.de/siemens-instabus-eib-linienkoppler_n140-03.htm) Julkaistu 18.10.2012. Luettu 29.4.2013.

18. Googlen verkkosivu.

[https://www.google.fi/search?q=KNX++USB+sovitin+DIN+K&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla:fi:official&client=firefox-a&um=1&ie=UTF-8&hl=fi&tbm=isch&source=og&sa=N&tab=wi&ei=\\_FCBUc3RKKKS4ASru4HYAw&biw=1280&bih=681&sei=\\_1CBUd3BBeyQ4gSUj4DIBQ](https://www.google.fi/search?q=KNX++USB+sovitin+DIN+K&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla:fi:official&client=firefox-a&um=1&ie=UTF-8&hl=fi&tbm=isch&source=og&sa=N&tab=wi&ei=_FCBUc3RKKKS4ASru4HYAw&biw=1280&bih=681&sei=_1CBUd3BBeyQ4gSUj4DIBQ). Ei julkaisutietoa. Luettu 29.4.2013.

19. Googlen verkkosivu.

[http://images.search.conduit.com/search/?q=l%C3%A4sn%C3%A4olotunnistin&ctid=CT3201318&SearchSource=15&FollowOn=true&PageSource=Results&SSPV=EB\\_SSPV&CUI=UN40564421049262367&UP=&UM=](http://images.search.conduit.com/search/?q=l%C3%A4sn%C3%A4olotunnistin&ctid=CT3201318&SearchSource=15&FollowOn=true&PageSource=Results&SSPV=EB_SSPV&CUI=UN40564421049262367&UP=&UM=)  
Ei julkaisutietoa. Luettu 29.4.2013.

20. Berker Verkkosivu.

[http://www.berker.com/en/international/catalogue/?link=true&design\\_nr=7#75740012](http://www.berker.com/en/international/catalogue/?link=true&design_nr=7#75740012)  
Ei julkaisutietoa. Luettu 29.4.2013.

**LIITE 1.**  
**KNX-keskus**



## Ryhmäosoitteiden kytkentäluettelo

Pääryhmä/nro	Keskiryhmä/nro	Ryhmäosoitteet/nro	MC = Master Control	Painike = p Anturi = a	Lähtöyksikkö	Lähtöyksikön kanava/t
Valot alakerta 1	Vierashuone 1/1	Ryhmäosoitteet/nro	Painikkeiden numerot vastaavat laitteiden esiintymisjärjestyssä	Painike/Anturi	Lähtöyksikkö	Lähtöyksikön kanava/t
		Katto rasia 1/1/1	Laitteiden osoitteet ja kuvaus			
Olohuone 1/2		Ledit katto 1/1/2	1.1.19 kytkin	p6	1.1.6 10A lähtöyksikkö	Kanava 2
		Valot A/B/C 1/2/0	1.1.10 ja 1.1.19 kytkin	p5 ja p5	1.1.6 10A lähtöyksikkö	Kanava1
		Valot A 1/2/1	1.1.9, 1.1.10, 1.1.16, 1.1.7 kytkimet	p6, p7, p2, p3	1.1.3 4x250 himmennin	Kanavat 1,2,3
		Valot B 1/2/2	1.1.10 kytkin ja 1.1.34 Master Control	p1	1.1.3 4x250 himmennin	Kanava 1
		Valorasial 1/2/3	1.1.10 kytkin ja 1.1.34 Master Control	p2	1.1.3 4x250 himmennin	Kanava 2
Keittiö 1/3		Valot C 1/2/4	1.1.10 kytkin ja 1.1.34 Master Control	p3	1.1.3 4x250 himmennin	Kanava 7
		Kaikkivalot 1/3/0	1.1.9 kytkin	p7	1.1.7, 1.1.2, 1.1.3 lähtöyksiköt	Kanava 3
		Ikkunan lipppa 1/3/1	1.1.9 kytkin	p2	1.1.2 lähtöyksikkö	Kanava 5
		Kattovalot 1/3/2	1.1.9 kytkin	p1	1.1.3 4x250 himmennin	Kanava 4
		Kattovalojen himmennys 1/3/3	1.1.9 kytkin	p8	1.1.3 4x250 himmennin	Kanava 4
Käytävä 1/4		tasonvalot 1/3/4	1.1.9 kytkin	p3	1.1.7 10A lähtöyksikkö	Kanava 1
		Kaikki rappusten valot 1/4/0	1.1.18, 1.1.22 kytkimet	p4, p6	1.1.6 10A lähtöyksikkö	Kanavat 11,12
		Ruokapöydän valot 1/4/1	1.1.9, 1.1.17 kytkimet	p5, p4	1.1.6 10A lähtöyksikkö	Kanava 9
		Rappustenvalot 1/4/2	1.1.18, 1.1.27, 1.1.25, 1.1.23, 1.1.13, 1.1.22 kytkimet	p1, p5, p6, p3, p3, p4	1.1.6 10A lähtöyksikkö	Kanava 11
		Ulko et. Valot 1/4/3	1.1.21 liikutunnistin, 1.1.13, 1.1.11 kytkimet	a+ p2, p3	1.1.6 10A lähtöyksikkö	Kanava 10
KHH 1/5		Käytävän valot 1/4/4	1.1.12, 1.1.13, 1.1.0, 1.1.17, 1.1.11, 1.1.9 kytkimet	p1, p1, p6, p2, p2, p4	1.1.6 10A lähtöyksikkö	Kanava 8
		Rappujen kattovalot 1/4/5	1.1.22, 1.1.18, 1.1.27	p5, p2, p4	1.1.6 10A lähtöyksikkö	Kanava 12
		KHH Valot 1/5/1	1.1.38 liikutunnistin 1.1.14, 1.1.15, 1.1.31 kytkimet	a+ p1, p1, p4	1.1.7 10A lähtöyksikkö	Kanava 2
		Valot B 1/6/0	1.1.32, 1.1.31 kytkimet	p2 ja p2	1.1.7 10A lähtöyksikkö	Kanava 4
		Valot A 1/6/1	1.1.32, 1.1.31 kytkimet	p1 ja p1	1.1.7 10A lähtöyksikkö	Kanava 3
Sauna/Pesuh. 1/7		Molemmat valot 1/6/2	1.1.32, 1.1.31 kytkimet	p7	1.1.6 10A lähtöyksikkö	Kanavat 3,4
		Sauna+pesuh 1/7/0	1.1.19 kytkin	p3	1.1.6 10A lähtöyksikkö	Kanava 3
		Saunan kuidut 1/7/1	1.1.19 kytkin 1.1.34 master Control	p3	1.1.6 10A lähtöyksikkö	Kanava 3
		Pesuh. Kattovalot 1/7/2	1.1.19 kytkin 1.1.34 master Control 1.1.20 liikutunnistin	p1+a	1.1.6 10A lähtöyksikkö	Kanava 4
		Pelivalo 1/7/3	1.1.19 kytkin	p2	1.1.6 10A lähtöyksikkö	Kanava 5
Saunan siivousvalo 1/7/4	1.1.19 kytkin	p4	1.1.6 10A lähtöyksikkö	Kanava 6		

## Ryhmäosoitteiden kytkentäluettelo

Valot Yläkerta 2	Parveke 2/0	Parvekkeen valot 2/0/0	1.1.30 kytkin ja 1.1.34 Master Control	p1	1.1.7 10A lähtöyksikkö	Kanava 11
	MH2 2/1	Valot A/B 2/1/0	1.1.27 kytkin	p1	1.1.4 4x250 himmennin	Kanavat 2,3
Työhuone 2/2	Kattorasialue 2/2/0	Valot A 2/1/1	1.1.27 kytkin	p7	1.1.4 4x250 himmennin	Kanava 2
		Valorasialue 2/1/2	1.1.27 kytkin	p2	1.1.2 lähtöyksikkö	Kanava 4
		Valot B 2/1/3	1.1.27 kytkin	p8	1.1.4 4x250 himmennin	Kanava 3
		Valot 2/2/3	1.1.28 kytkin	p2	1.1.7 10A lähtöyksikkö	Kanava 6
Aula 2/3	Kattorasialue 2/3/3	Valot A/B/C 2/3/0	1.1.28, 1.1.22, 1.1.27 kytkimet	p1	1.1.7 10A lähtöyksikkö	Kanava 5
		Valot A/B 2/3/1	1.1.22, 1.1.30, 1.1.28 kytkimet 1.1.34 Master Control	p5, p3, p3 p1, p2, p4	1.1.5 4x250 himmennin 1.1.5 4x250 himmennin	Kanavat 3,4 Kanava 3
WC 2/4	Kattorasialue 2/3/4	Valot C 2/3/2	1.1.25, 1.1.27, 1.1.22, 1.1.23, 1.1.28, 1.1.18 kytkimet + MC	p5, p6, p2, p2, p3, p3	1.1.5 4x250 himmennin	Kanava 4
		Aulan C valot 50% 2/3/4	1.1.22 kytkin	p7	1.1.7 10A lähtöyksikkö	Kanava 10
		Aulan valojen himmennys 2/3/5	1.1.25 kytkin	p8	1.1.5 4x250 himmennin	Kanava 4
		Kattovalot liiketunnistimella 2/4/0	1.1.22 kytkin	p8	1.1.5 4x250 himmennin	Kanava 3
		Kattovalot 2/4/1	1.1.26 liiketunnistin	a	1.1.2 lähtöyksikkö	Kanava 1
		Peilivalo 2/4/2	1.1.24 kytkin	p1	1.1.2 lähtöyksikkö	Kanava 1
		WC PR 2/4/3	1.1.24 kytkin	p2	1.1.2 lähtöyksikkö	Kanava 2
		Kattovalot 2/5/1	1.1.23 kytkin, 1.1.39 liiketunnistin	p3	1.1.7 10A lähtöyksikkö	Kanava 3
		Valot 2/6/1	1.1.23 kytkin, 1.1.29 liiketunnistin	p1+a	1.1.7 10A lähtöyksikkö	Kanava 9
		MH1 2/7	1.1.25 kytkin	p3	1.1.7 10A lähtöyksikkö	Kanava 7
Ulko PR 4	Ulko PR 4/1	Valot B 2/7/1	1.1.25 kytkin	p2	1.1.5 4x250 himmennin	Kanava 2
		Valorasialue 2/7/2	1.1.25 kytkin	p4	1.1.7 10A lähtöyksikkö	Kanava 8
		Valot A 2/7/0	1.1.25 kytkin	p3	1.1.5 4x250 himmennin	Kanava 1
		Valot A/B 2/7/3	1.1.12, 1.1.15, 1.1.16 kytkimet	p2, p3, p4	1.1.8 16A lähtöyksikkö	Kanavat 1,2
		Ulkoopr. 4/1/1	1.1.14, 1.1.15 kytkimet	p3, p4	1.1.8 16A lähtöyksikkö	Kanava 5
		Lämmitys 4/2/0	1.1.11 kytkin, 1.1.37 liiketunnistin	p2	1.1.2 lähtöyksikkö	Kanava 6
		Autotalli 4/2	1.1.11 kytkin, 1.1.37 liiketunnistin	p4	1.1.7 10A lähtöyksikkö	Kanava 12
		Etukuisin valot 5/0	1.1.14 kytkin, 1.1.35 liiketunnistin	p2	1.1.2 lähtöyksikkö	Kanava 7
		Seinävalot 5/1	1.1.17, 1.1.16 kytkimet, 1.1.36 liiketunnistin + MC	p1, p1	1.1.2 lähtöyksikkö	Kanava 8
		Pihavalot 5/2	1.1.16 kytkin + MC	p3	1.1.2 lähtöyksikkö	Kanava 10
Yhteiset	Lämpötila 6/0	Takaterassin valot 5/1/1	1.1.12 kytkin + MC	p3	1.1.2 lähtöyksikkö	Kanava 11
		Takapihan valot 5/2/1	1.1.12 kytkin + MC	p3	1.1.2 lähtöyksikkö	Kanava 11
		Etupihan valot 5/2/1	1.1.12 kytkin + MC	p4	1.1.2 lähtöyksikkö	Kanavat 10,11
		Kaikki pihavalot 5/2/2	1.1.33 sääasema		1.1.34 Master Control	
Nume rovalot 6/1	Nume rovalot 6/1/0	Lämpötila 6/0/0	1.1.33 sääasema		1.1.2 lähtöyksikkö	Kanava 9
		Kotona/Pois sa 6/2/0	1.1.11, 1.1.25, 1.1.14 kytkimet + MC	p1, p7, p4	1.1.8 16A lähtöyksikkö	Kanavat 1,2,3,4,5,6

**Tulevat ja lähtevät kaapelit**

Tulevat ja lähtevät kaapelit	Taulukossa mmj:n johtimet on numeroitu seuraavasti RU=1 MU=2 VA=3		
Päikeskuksesta tulevat kaapelit	Kaapeli merkintä	Johdin numero	Kytkentäryhmä/käyttökohde
MMO 12x1,5	MMO 1		1 KNX virtalähde 2 KNX virtalähteen nolla 3 KNX virtalähteen maadoitus 4 Olohuoneen valot 5 Saunan valot 6 Vierashuoneen valot 7 Keittiön/käytävän valot 8 Alakerran KHH/kuistin valot 9 Koirahuoneen valot 10 Ulkoeteisen ja etukuistin valot 11 Yläkerran portaikon valot 12 Terassin valaistus
MMO 12x1,5	MMO 2		1 Yläkerran aulan valot 2 Valaistus MH1 ja vaatehuone 3 Valaistus MH2 4 Valaistus työhuone 5 Valaistus yläkerran KHH 6 Valaistus pesuhuone 7 Käytetty vikavirran nollana 8 Käytetty vikavirran nollana 9 Varalla 10 Varalla 11 Varalla 12 Varalla
MMJ 5x2,5	MMJ 1		1 Pistorasiat Yläkerran KHH 2 Pistorasiat Yläkerran KHH 3 Pistorasiat Yläkerran KHH
MMJ 5x2,5	MMJ 2		1 Pistorasiat Keittiön työtasolla 2 Ulko pistorasiat 3 Auton lämmitys
KNX keskukselta lähtevät Kaapelit			
MMO 7x1,5	Saunan valot		1 Saunan kuidut 2 Suihkun ledit 3 Peilivalo 4 Saunan siivous valo
MMJ 5x1,5	Vierashuoneen valot		1 Valit A 2 Valot B 3 Katto rasia
MMO 7x1,5	Olohuoneen		1 Valot A 2 Valot B 3 Valot C 4 Katto rasia
MMO 7x1,5	Keittiö/käytävä		1 Keittiön katto ledit 2 Keittiön tason valot 3 Keittiön valot ikkunalippa 4 Käytävän kattovalot 5 Keittiön kattokansi
MMJ 5x1,5	Koirahuoneen valot		1 Valot A 2 Valot B 3 Kattorasias
MMJ 5x1,5	KHH alakerta		1 Katto valot
MMJ 5x1,5	Ulkoeteinen		1 Ulkoeteisen valot 2 Etukuistin valot
MMJ 3x1,5	Numerovalo		1 Numerovalo
MMJ 5x1,5	Ulkovalot		1 Sivukuistin Seinävalo 2 Varaus Kattovaloille

## LIITE 3(2).

### Tulevat ja lähtevät kaapelit

MMJ 3x1,5 2x MMJ 3x1,5 MMO 7x1,5	Ulkovalot Rappusten valot Ylälerran aula	1 Terassin valot 1 Rappusten seinä ja katto valot 1 Valot A 2 Valot B 3 Valot C 1 Katto ledit 2 Katto rasia 1 Valit A 2 Valot B 3 Katto rasia 1 Valit A 2 Valot B 3 Katto rasia 4 Seinävalo 5 Vaatehuone
MMJ 5x1,5	MH2	1 Kattovalot 2 Liesituuletin
MMJ 5x1,5	Työhuonen	1 Parvekkeen valot 1 Pistorasiat 2 Pistorasiat 3 Pistorasiat
MMO 7x1,5	MH1/vaatehuone	1 Ulko pistorasiat 1 Autonlämmitys PR 1 Katto ledit 2 Peilivalo 3 PR Kylpyhuone
MMJ 5x1,5	KHH yläkerta	
MMJ 3x1,5 MMJ 5x2,5	Parveke KHH yläkerta	
3X MMJ 3x2,5 MCMK 4x2,5+2,5 MMJ 5x1.5	Ulko pistorasiat Autonlämmity Kylpyhuonen	

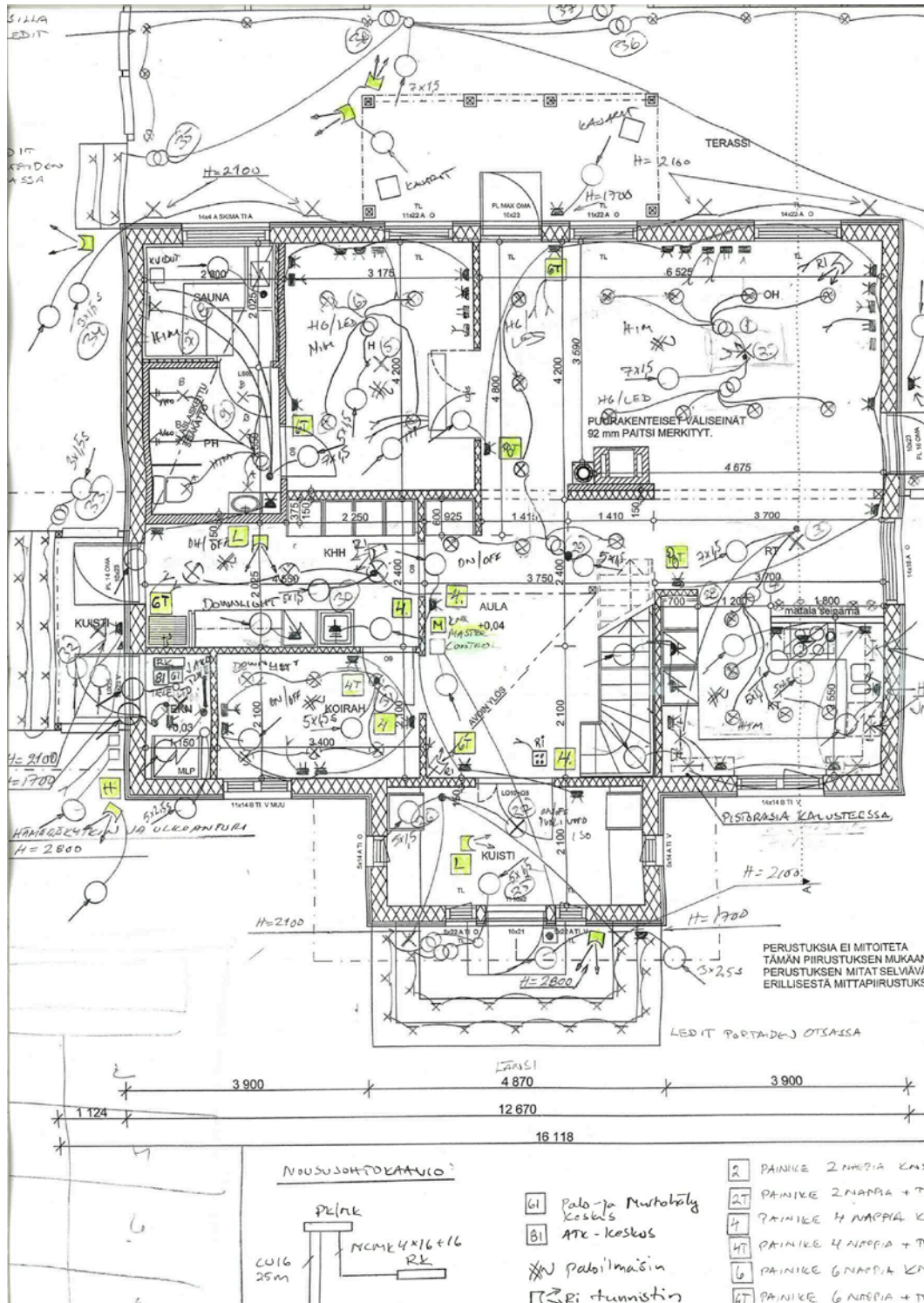


**LIITE 4(1).**  
**Laiteluettelo**

Laitteisto luettelo

Huone/ tila	Laite	Osoite	Sijainti huoneesa
Sauna	Liiketunnistin	1.1.20	
Vierashuone	8 osainen painike	1.1.19	
Olohuone	8 osainen painike	1.1.10	Vierashuoneen oven vieressä
	4 osainen painike	1.1.16	Terassin oven vieressä
	4 osainen painike	1.1.17	Sivuterassin oven vieressä
Keittiö	8 osainen painike	1.1.9	
Käytävä	4 osainen painike	1.1.12	KHH oven vieressä
	4 osainen painike	1.1.13	Ulko eteisen ovella
KHH alakerta	4 osainen painike	1.1.14	Ulko oven vieressä
	4 osainen painike	1.1.15	Käytävän ovella
	Liiketunnistin	1.1.38	
Koiranhoituhuone	4 osainen painike	1.1.31	KHH oven vieressä
	4 osainen painike	1.1.32	Käytävän ovella
Ulkoeteinen	4 osainen painike	1.1.11	Ulko oven vieressä
	Liiketunnistin	1.1.21	
Rappuset	4 osainen painike	1.1.18	Portaikko alakerta.
Aula yläkerta	8 osainen painike	1.1.22	
	2 osainen painike	1.1.30	Parvekeen ovella
KHH Yläkerta	4 osainen painike	1.1.23	
	Liiketunnistin	1.1.39	
Vaatehuone	Liiketunnistin	1.1.29	
MH1	8 osainen painike	1.1.25	
MH2	8 osainen painike	1.1.27	
Työhuone	8 osainen painike	1.1.28	
Kylpyhuone/WC	4 osainen painike	1.1.24	
	Liiketunnistin	1.1.26	
Sääasema ulkona		1.1.33	
Liiketuunistin ulko		1.1.37	Etu Kuistilla
Liiketuunistin ulko		1.1.35	KHH puoleinen kuisti
Liiketuunistin ulko		1.1.36	Autotallin puoleinen kulma
Olohuone	Master Control	1.1.34	

# LIITE 5(1). Talon pohjakuva



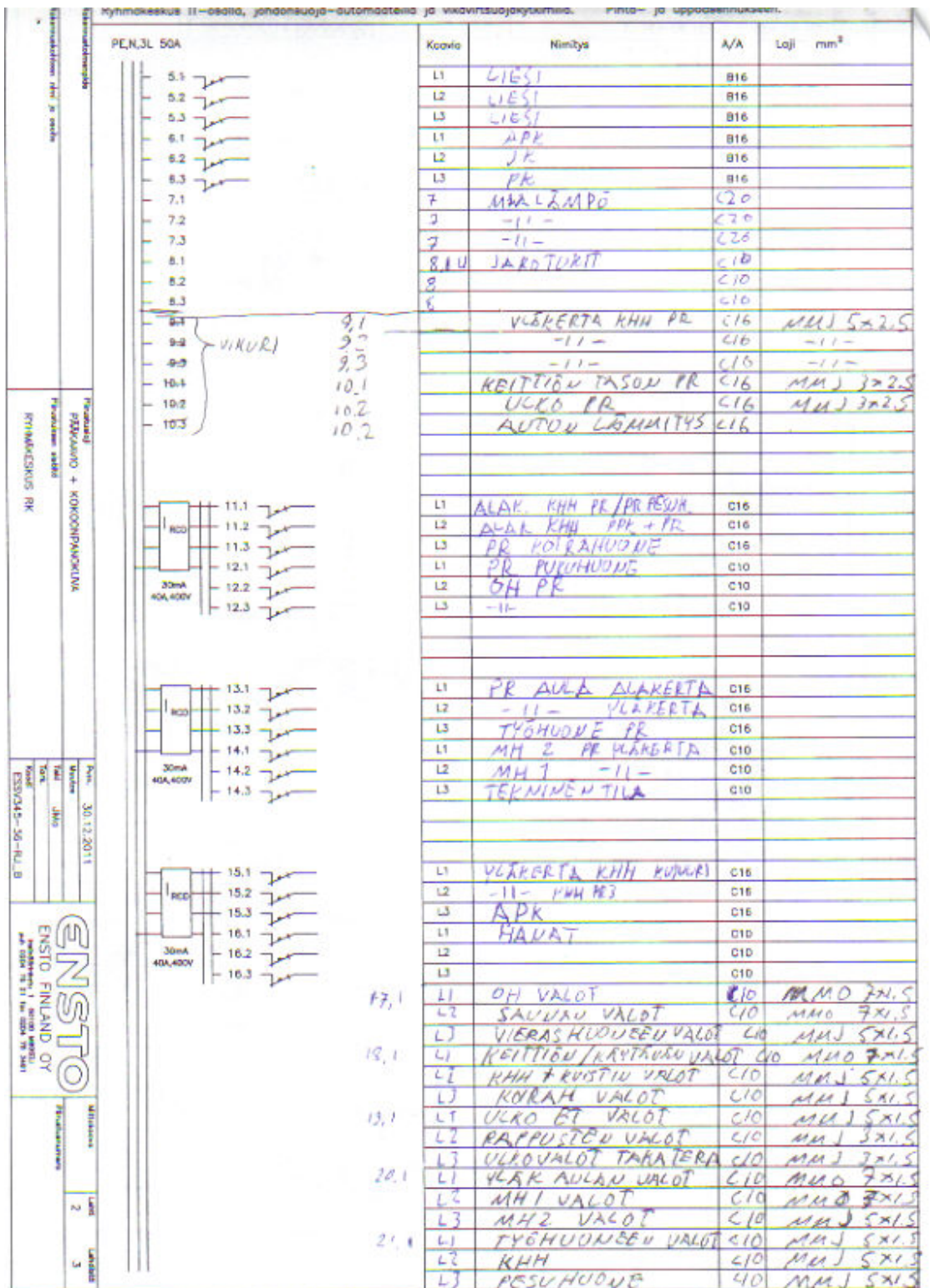


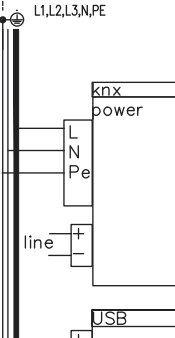
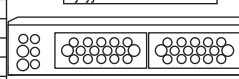
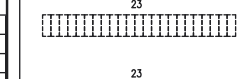
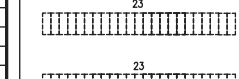
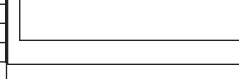
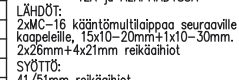
# LIITE 6(1). Sähkökeskuskaavio

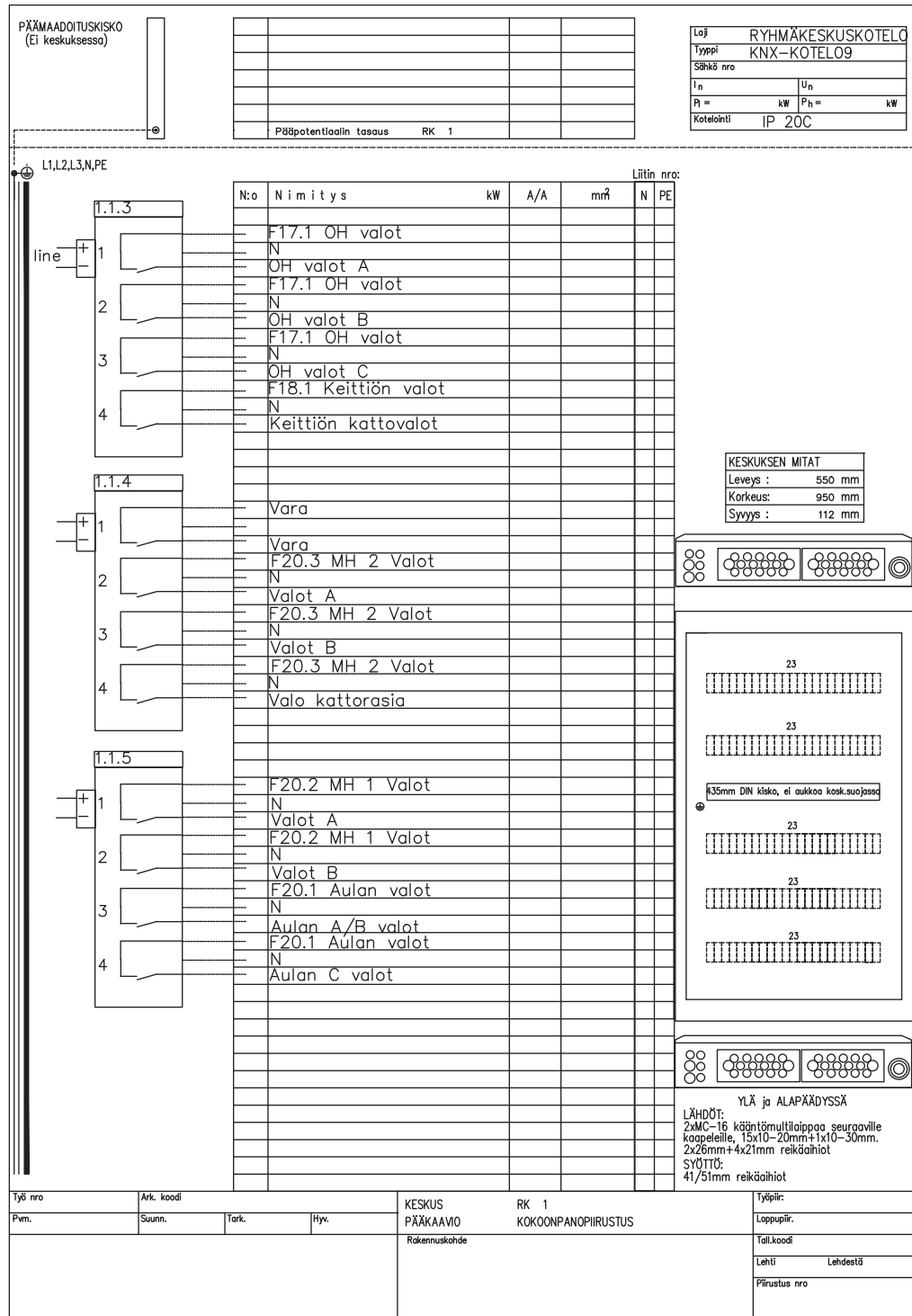
Rakennusasiakkaan nimi ja osoite	Rakennusluovutuspöytä		Keskuksen nimellisarvot EN 60 439-1 ja EN 60 439-3																																																																												
	SSTL nro		33 003 13																																																																												
	EAN nro		64 186 7 7670 589																																																																												
	Nimellivirta $I_N$		50 A																																																																												
	Nimellijännite $U_N(-U_i)$		400 V																																																																												
	Koteloitusluokka		IP 20																																																																												
	Liittymisteho		kW																																																																												
	Massa		35 kg																																																																												
	Nimellivirta, päirit:		$I_{pw}$ ...20 A max.																																																																												
	Terminen nimelliskestovirta:		$I_{cw}$ < 10 kA																																																																												
	Nimellinen tasoitus-		4...5 varoketta/vaihe: 0,7																																																																												
	kerroin		6...9 varoketta/vaihe: 0,6																																																																												
			> 10 varoketta/vaihe: 0,5																																																																												
	Nimellitaajuus:		50 Hz																																																																												
	Suojaus sähköiskuiltä:		Suojausluokka I																																																																												
Maadoitusjärjestelmä:		TN- järjestelmä																																																																													
Ympäristöolot:		Normaalit, kohdan 6.1 mukaiset																																																																													
EMC-käyttöympäristö:		A ja B																																																																													
<b>LISÄTÄRVIKKEET</b>																																																																															
Tyypin		Sähk. nro	Nimitys	Määrä																																																																											
ESL 1.01		33 089 01	Päristustasku																																																																												
Muutos B, 30.12.2011 Johdonsuojien jakauma muutos.																																																																															
Rakennusasiakkaan nimi ja osoite	Pääsuojat																																																																														
	PÄÄSUOJA + KOKONPANKKUA																																																																														
	RYHMÄKESKUS RK																																																																														
	Pintasuojat																																																																														
Ryhmäkeskus IT-osalla, johdonsuoja-automaateilla ja vikavirtasuojakytkimillä. Pinta- ja uppoasennukseen.																																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Kaavio</th> <th>Nimitys</th> <th>A/A</th> <th>Laji</th> <th>mm<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>Nousujohto</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Pistorasia keskuksessa</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L1</td> <td></td> <td>B6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td><i>KUVA MASTER</i></td> <td>B10</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L3</td> <td><i>IV-KONE</i></td> <td>B10</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L1</td> <td><i>KIVUVA</i></td> <td>B16</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td><i>-II-</i></td> <td>B16</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L3</td> <td><i>-II-</i></td> <td>B16</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L1</td> <td><i>LIESITUKETTI</i></td> <td>B6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td><i>KUVA VIRTALÄHDE</i></td> <td>B10</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L3</td> <td><i>PALOHÄLYTTIMET</i></td> <td>B6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L1</td> <td><i>KESKUS PÖLYN IMURI</i></td> <td>B10</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td><i>JÄRÖTURRI YLÄ/AL</i></td> <td>B10</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L3</td> <td><i>KONVERTORI YLÄ</i></td> <td>B10</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Kaavio	Nimitys	A/A	Laji	mm <sup>2</sup>		Nousujohto					Pistorasia keskuksessa				L1		B6			L2	<i>KUVA MASTER</i>	B10			L3	<i>IV-KONE</i>	B10			L1	<i>KIVUVA</i>	B16			L2	<i>-II-</i>	B16			L3	<i>-II-</i>	B16			L1	<i>LIESITUKETTI</i>	B6			L2	<i>KUVA VIRTALÄHDE</i>	B10			L3	<i>PALOHÄLYTTIMET</i>	B6			L1	<i>KESKUS PÖLYN IMURI</i>	B10			L2	<i>JÄRÖTURRI YLÄ/AL</i>	B10			L3	<i>KONVERTORI YLÄ</i>	B10		
Kaavio	Nimitys	A/A	Laji	mm <sup>2</sup>																																																																											
	Nousujohto																																																																														
	Pistorasia keskuksessa																																																																														
L1		B6																																																																													
L2	<i>KUVA MASTER</i>	B10																																																																													
L3	<i>IV-KONE</i>	B10																																																																													
L1	<i>KIVUVA</i>	B16																																																																													
L2	<i>-II-</i>	B16																																																																													
L3	<i>-II-</i>	B16																																																																													
L1	<i>LIESITUKETTI</i>	B6																																																																													
L2	<i>KUVA VIRTALÄHDE</i>	B10																																																																													
L3	<i>PALOHÄLYTTIMET</i>	B6																																																																													
L1	<i>KESKUS PÖLYN IMURI</i>	B10																																																																													
L2	<i>JÄRÖTURRI YLÄ/AL</i>	B10																																																																													
L3	<i>KONVERTORI YLÄ</i>	B10																																																																													

**ENSTO**  
ENSTO FINLAND OY  
Handelskådet 1, 50100 MORGU  
Puh. 0204 78 21 Fax 0204 78 2441

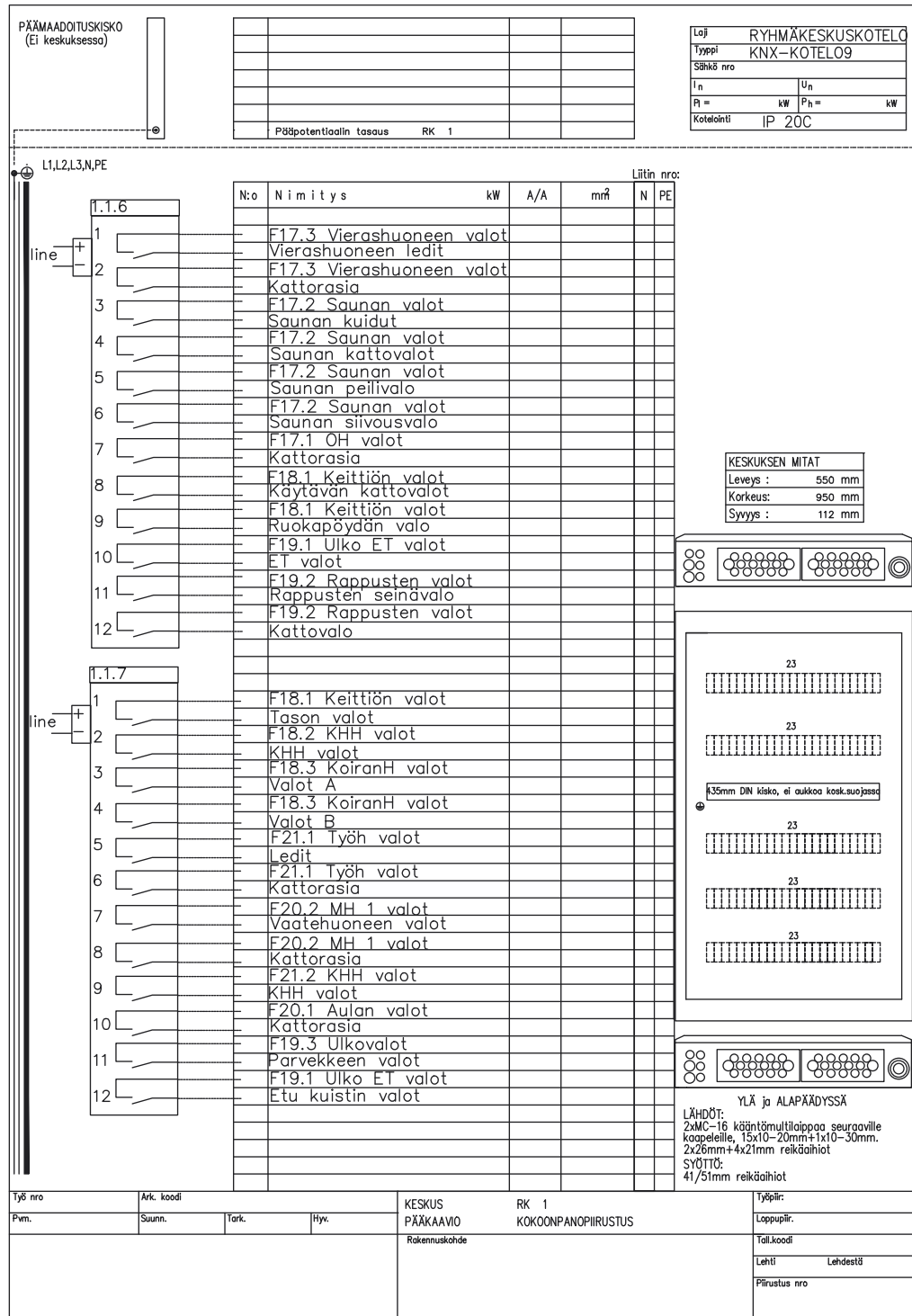
Pvm:	30.12.2011
Muutos:	JMG
Tekijä:	JMG
Kohti:	ESSV45-36-RL B
Mittakaava:	
Piirustuksen numero:	
Lentti:	1
Lehti:	3



PÄÄMAADOITUSKISKKO (Ei keskuksessa)																																																																																																																																																																																									
Pääpotentiaalın tasaus RK 1																																																																																																																																																																																									
L1,L2,L3,N,PE 					<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Laji</td><td>RYHMÄKESKUSKOTELO</td></tr> <tr><td>Tyyppi</td><td>KNX-KOTELO9</td></tr> <tr><td>Sähkö nro</td><td></td></tr> <tr><td>In</td><td>Un</td></tr> <tr><td>Pl = kW</td><td>Pn = kW</td></tr> <tr><td>Kotelointi</td><td>IP 20C</td></tr> </table>	Laji	RYHMÄKESKUSKOTELO	Tyyppi	KNX-KOTELO9	Sähkö nro		In	Un	Pl = kW	Pn = kW	Kotelointi	IP 20C																																																																																																																																																																								
Laji	RYHMÄKESKUSKOTELO																																																																																																																																																																																								
Tyyppi	KNX-KOTELO9																																																																																																																																																																																								
Sähkö nro																																																																																																																																																																																									
In	Un																																																																																																																																																																																								
Pl = kW	Pn = kW																																																																																																																																																																																								
Kotelointi	IP 20C																																																																																																																																																																																								
knx power L N Pe line +  USB line +  1.1.2 line +	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>N:o</th> <th>Nimitys</th> <th>kW</th> <th>A/A</th> <th>mrñ</th> <th colspan="2">Liitin nro:</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th>N</th> <th>PE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>F21.1 pesuhuoneen valot</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>Kattovalot</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>F21.1 pesuhuoneen valot</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>Peiliyalo</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>F21.1 pesuhuoneen valot</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>PR pesuhuone</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>F20.3 MH2 valot</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>Valorasia MH2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>F18.1 Keittiön valot</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td>Keittiön lipan valot</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td>F18.1 Keittiön valot</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td>Kattovalo</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td>F18.2 KHH/kuistin valot</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td>Kuistin valot</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td>F19.3 Ulkovalot</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td>Takaterassin valot</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td>F19.3 Ulkovalot</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td>Numerovalo</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td>Varaus Ulkovalot</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td>Pihavalot taka</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td>Varaus Ulkovalot</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td>Pihavalot etu</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td>Varalla</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	N:o	Nimitys	kW	A/A	mrñ	Liitin nro:							N	PE	1	F21.1 pesuhuoneen valot						2	Kattovalot						3	F21.1 pesuhuoneen valot						4	Peiliyalo						5	F21.1 pesuhuoneen valot						6	PR pesuhuone						7	F20.3 MH2 valot						8	Valorasia MH2						9	F18.1 Keittiön valot						10	Keittiön lipan valot						11	F18.1 Keittiön valot						12	Kattovalo						13	F18.2 KHH/kuistin valot						14	Kuistin valot						15	F19.3 Ulkovalot						16	Takaterassin valot						17	F19.3 Ulkovalot						18	Numerovalo						19	Varaus Ulkovalot						20	Pihavalot taka						21	Varaus Ulkovalot						22	Pihavalot etu						23	Varalla						<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="2">KESKUKSEN MITAT</td></tr> <tr><td>Leveys :</td><td>550 mm</td></tr> <tr><td>Korkeus:</td><td>950 mm</td></tr> <tr><td>Syyveys :</td><td>112 mm</td></tr> </table>   <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">                 43mm DIN kisko, ei aukkoa kosk.suojassa             </div>   	KESKUKSEN MITAT		Leveys :	550 mm	Korkeus:	950 mm	Syyveys :	112 mm
N:o	Nimitys	kW	A/A	mrñ	Liitin nro:																																																																																																																																																																																				
					N	PE																																																																																																																																																																																			
1	F21.1 pesuhuoneen valot																																																																																																																																																																																								
2	Kattovalot																																																																																																																																																																																								
3	F21.1 pesuhuoneen valot																																																																																																																																																																																								
4	Peiliyalo																																																																																																																																																																																								
5	F21.1 pesuhuoneen valot																																																																																																																																																																																								
6	PR pesuhuone																																																																																																																																																																																								
7	F20.3 MH2 valot																																																																																																																																																																																								
8	Valorasia MH2																																																																																																																																																																																								
9	F18.1 Keittiön valot																																																																																																																																																																																								
10	Keittiön lipan valot																																																																																																																																																																																								
11	F18.1 Keittiön valot																																																																																																																																																																																								
12	Kattovalo																																																																																																																																																																																								
13	F18.2 KHH/kuistin valot																																																																																																																																																																																								
14	Kuistin valot																																																																																																																																																																																								
15	F19.3 Ulkovalot																																																																																																																																																																																								
16	Takaterassin valot																																																																																																																																																																																								
17	F19.3 Ulkovalot																																																																																																																																																																																								
18	Numerovalo																																																																																																																																																																																								
19	Varaus Ulkovalot																																																																																																																																																																																								
20	Pihavalot taka																																																																																																																																																																																								
21	Varaus Ulkovalot																																																																																																																																																																																								
22	Pihavalot etu																																																																																																																																																																																								
23	Varalla																																																																																																																																																																																								
KESKUKSEN MITAT																																																																																																																																																																																									
Leveys :	550 mm																																																																																																																																																																																								
Korkeus:	950 mm																																																																																																																																																																																								
Syyveys :	112 mm																																																																																																																																																																																								
Työ nro Pvm.	Ark. koodi Suunn.	Tark.	Hyv.	KESKUS PÄÄKAAVIO Rakennuskohde	RK 1 KOKOONPANOPIIRUSTUS	Työpiiri Loppupiiri Tall.koodi Lehti Lehdestä Piirustus nro																																																																																																																																																																																			



KNX-keskuskaavio







Lyhenteet ja käsitteet

Spesifikaatio = Tuotteen valmistusta koskeva määräys

EIB = European Installation Bus

BatiBus = Väyläohjausjärjestelmä

EHS = Educational Housing Services (Väyläohjausjärjestelmä)

tp (twisted pair)= Parikaapeliverkko

pl (power- line)= Sähkönsiirtoverkko

rf Radio frequency = Radiotaajuus

ip Internet Protocol = interne protocolla

VDC = Tasasähköjännite

V= Jännite

AC = Alueyhdistin

LC = Linjayhdistin

CSMA/CA = Carrier Sense MultipleAccess/Collision Avoidance on väyläyhteysmenetelmä, jonka avulla KNX-järjestelmän linjoista saadaan luotettavia

Data = KNX-linjassa liikkuvaa tietoa

Tapahtumaohjattu tiedonsiirto = väylälle saapuva sanoma lähetetään vain, mikäli sattuu sellainen tapahtuma, joka tekee tietojen siirrosta välttämättömän

Sanoma = Esimerkiksi kytkimen lähettämä kytkentätieto

Impedanssit = Jännitteen ja virran suhteita

SFSK = Hajautettu vaihtotaajuuskoodaus

dB = Desibeli. Desibelillä ilmaistaan yleensä kahden signaalin välinen tehosuhte

$\mu\text{V}$  = Micro voltti eli jännitettä kuvaava suure

Kantataajuus = Koko kaistan leveyden varaava taajuus

Kaistan leveys = Kahden taajuuden erotusta, jotka muodostavat yhtenäisen taajuusalueen

Voimakkuuden vaihtelu (Amplitudimodulaatio) = Radiolähetyksissä kantoaallon voimakkuuden muuttuminen äänisignaalin tahdissa

Taajuuden vaihtelu (Taajuusmodulaatio) = Radiolähetyksen periaate, jossa kantoaallon taajuutta muutetaan äänisignaalin tahdissa, käytetään ula-alueella

Vaihesiirto (Vaihesiirto) = Signaalin viivästymisen aiheuttama keskinäisen vaiheen muuttuminen

FSK = Taajuusmodulaatiojärjestelmä jolla lähetetään digitaalista tietoa

Manchester-koodi = Manchester-koodaus on tietoliikenteessä käytettävä linjakoodausmenetelmä

Synkronoida = Tietotekniikassa synkronoinnilla tarkoitetaan yleensä kahden eri järjestelmän saattamista samaan tilaan

Kellopulssi = On oskillaattorilla tuotettu pulssi, jolla voidaan tahdistaa digitaalipiirin toimintaa

ISM = (Industrial-Scientific-Medical [teollisuus, tiede, lääketiede])