KNX-JÄRJESTELMÄ – ASIAKKAAN OPAS

Ville Haapavaara

Opinnäytetyö
Toukokuu 2014
Sähkötekniikka
Talotekniikan suuntautumis-
vaihtoehto

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Talotekniikan suuntautumisvaihtoehto

HAAPAVAARA, VILLE:
KNX-järjestelmä – Asiakkaan opas

Opinnäytetyö 57 sivua, joista liitteitä 33 sivua
Toukokuu 2014

Opinnäytetyönä tehtiin KNX-automaatiojärjestelmästä kertova opas pientaloasiakkaalle. Vastaavaa opasta ei ole aiemmin ollut. Oppaan tarkoitus on kertoa asiakkaalle KNX:n edut, järjestelmän käytöstä koituvat hyödyt sekä tuoda esille ne ohjaukselliset ominaisuudet, jotka KNX-järjestelmä mahdollistaa. Parantamalla asiakkaan tietämystä KNX-järjestelmästä mahdollistetaan se, että järjestelmä huomioi asiakkaan yksilölliset tarpeet. Oppaan tekemisessä on hyödynnetty erilaisia tietolähteitä aina KNX-laitevalmistajien tuoteluetteloista asiantuntijahaastatteluihin. Tietolähteiden monipuolisuus on mahdollistanut sen, että opas on puolueeton.

Oppaan asiakaslähtöisyyteen kiinnitettiin erityistä huomiota muun muassa käyttämällä yleiskieltä ja havainnollistavia kuvia sekä välttämällä liiallista teknisyyttä. Opas rakennettiin selkeästi eteneväksi. Johdannon jälkeen oppaassa on kerrottu KNX-järjestelmän yleisperiaatteista ja kustannuksista. Tämän jälkeen on tuotu esille KNX:n kolme tärkeintä ominaisuutta: asumisviihtyisyys, energiatehokkuus ja turvallisuus. Laajimman osan oppaasta muodostaa osio, jossa on annettu käytännön esimerkkejä siitä, kuinka KNX-järjestelmällä voidaan ohjata kodin eri toiminnallisia kokonaisuuksia. Näitä kokonaisuuksia ovat valaistus, lämmitys ja ilmanvaihto, sälekaihtimet ja markiisit, viihdelaitteet sekä kodin turvallisuuteen, järjestelmän etähallintaan ja valvontaan liittyvät seikat. Oppaan lopussa on vielä neuvottu, miten KNX-järjestelmän hankinnassa kannattaa edetä. Aivan viimeinen luku on puolestaan suunnattu sellaisille asiakkaille, jotka haluavat lisätä teknistä tietämystään.

Opinnäytetyönä toteutettu opas on monipuolinen kokonaisuus, jota asiakkaan on helppo lähestyä. Opasta voidaan hyödyntää eri tavoin. Sitä voidaan esimerkiksi jakaa asiakkaille ja suunnittelijoille alan messuilla. Myös oppaalle asetetut tavoitteet asiakaslähtöisyydestä, puolueettomuudesta ja yhdenmukaisuudesta saavutettiin hyvin. Asiakasystävällisyyttä ja siihen liittyviä asioita voidaan toki aina parantaa. Tällaisenaan oppaasta on varmasti hyötyä sekä KNX-järjestelmän hankkimista suunnitteleville asiakkaille että sähkösuunnittelijoille.

Asiasanat: KNX, opas, asiakaslähtöisyys

ABSTRACT

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

HAAPAVAARA, VILLE:
KNX System – A Customer's Guide

Bachelor's thesis 57 pages, appendices 33 pages
May 2014

The main idea of this thesis was to create a customer's guide to the KNX automation system. An equivalent guide does not exist yet. The purpose of the guide is to inform the customer about the advantages of the KNX system and the benefits of its usage. The variety of possibilities provided by the system is introduced to assure the customer's visions and plans. Different sources of information and theories were used to provide the objectivity of the guide. Sources vary from product guides issued by manufacturers to interviews with professionals of the specific field.

The guide was made to be as customer friendly as possible. This was accomplished by paying special attention to the language and the demonstrative figures used in the guide and by avoiding too many technicalities. The guide consists of six different chapters. After the introduction, the general principles and functions of the system and costs are explained. Next, the three most important features (comfortability, energy efficiency and safety) of the KNX system are highlighted in the second chapter. The third and also the largest chapter of the guide showcases different practical examples of using the KNX system to control building management equipment, such as lighting, heating, air conditioning, blinds and shutters, entertainment and audio/video control, security and surveillance systems and remote control. Chapter four gives advice on how to proceed when the customer wants to purchase a KNX system to one's house. The last full chapter of the guide is optional to the customer to read. It contains some technical information about the KNX system and is mainly targeted to electrical engineers. At the end of the guide, there is a terminology list gathering together and explaining all the important terms used in the guide.

The guide made as a thesis is versatile and provides an extensive and clear picture of the KNX system. It has been made easy for the customer to approach the guide. The guide can be utilized in many differet ways: for example, it can be handed out to customers and engineers at a fair. The goals set for the guide were met well. These goals were customer friendliness, objectivity and unity of terms and facts with the existing KNX information. Though the goals were met well, customer friendliness and things related to it could always be improved. As for now, the guide suits well for any customer planning to purchase a KNX system or as a supportive information guide for an electrical engineer.

Key words: KNX, guide, customer friendliness

SISÄLLYS

1 JOHDANTO....1
2 OPPAAN TARKOITUS JA TAVOITTEET....2
2.1 KNX ja kolmen piirteen korostaminen....2
2.2 Vuorovaikutus ja ominaisuuspohjainen suunnittelu....3
2.3 Oppaan kohdeyleisö....3
3 TIEDONHANKINTA JA LÄHDEMATERIAALIT....5
3.1 Yleistä tiedonhankinnasta....5
3.2 Automaatiojärjestelmän etuja ja hyötyjä korostavat lähteet....5
3.3 Toiminnallisista kokonaisuuksista kertovat lähteet....6
3.4 Muut tarkentavat lähteet....7
3.5 Tekniset lähteet....8
4 OPPAAN SISÄLTÖ....9
4.1 Yleistä....9
4.2 KNX-järjestelmän yleisperiaatteet, kustannukset ja tulevaisuus....9
4.3 Asumisviihtyisyys, energiatehokkuus ja turvallisuus....10
4.4 Toiminnalliset mahdollisuudet....11
4.5 Ensiaskeleet järjestelmän hankinnassa....13
4.6 Tekninen osuus ja oppaan loppuosa....14
5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA....15
LÄHTEET....18
LIITTEET....21

1 JOHDANTO

Opinnäytetyönä on toteutettu *KNX-järjestelmä – Asiakkaan opas* niminen teos. Opas on asiakaslähtöinen, sillä se on suunnattu ensisijaisesti KNX-järjestelmästä kiinnostuneella ja uuden omakotitalon hankintaa tai rakentamista suunnittelevalle ihmiselle. Oppaassa on käyty tarkasti läpi KNX-järjestelmän perusajatus, järjestelmän edut sekä järjestelmän käytöstä koituvat hyödyt. Lisäksi oppaassa on nostettu esiin ne monet toiminnalliset kokonaisuudet, joiden ohjaamisen KNX-järjestelmä kodissa mahdollistaa. Oppaan on ajateltu auttavan asiakas alkuun KNX-järjestelmän hankinnassa ja mahdollistavan asiakkaalle yksilöidyn ja tämän arkea helpottavan järjestelmän toteutumisen.

Vastaavaa asiakkaalle suunnattua opasta KNX-järjestelmästä ei tällä hetkellä ole olemassa. KNX-järjestelmästä ja -tekniikasta kertovat materiaalit ovat teknisiä ja ne on suunnattu pelkästään ammattilaisille. Tämän takia yleiskieliselle ja puolueettomalle oppaalle on ajateltu olevan kysyntää. Vaikka *KNX-järjestelmä – Asiakkaan opas* on suunnattu ensisijaisesti asiakkaille, on oppaan esimerkeistä ja tiedosta katsottu olevan hyötyä myös sähkösuunnittelijalle. Opas on siis ajateltu mahdollisimman monikäyttöiseksi.

Opas on tehty KNX Finland ry:lle ja se on toteuttu heidän kotisivujensa tarjoaman tiedon kanssa yhdenmukaiseksi ja heidän toiveensa huomioiden. KNX Finland ry edistää ja tukee KNX-standardin käyttöä Suomessa. KNX on hajautettu kiinteistöautomaatiojärjestelmä, joka perustuu avoimeen standardiin (EN50090, ISO/IEC 14543) ja vuonna 1990 lanseerattuun EIB-tekniikkaan.

Pitkän tähtäimen tavoitteena opas on ajateltu keinoksi kasvattaa KNX-järjestelmien käyttöä pientalojen sähköjärjestelmien ohjaamisessa Suomessa. Tällä hetkellä Suomessa rakennetaan omakotitaloja vuosittain noin 10 000 (Tilastokeskus 2014). Näistä 300 omakotitalokohdetta on sellaisia, joihin asennetaan KNX-järjestelmä (KNX Finland ry). Näin ollen KNX-järjestelmiä asennetaan vuosittain enintään vain noin kolmeen prosenttiin uusista pientaloista. Samalla kiinnostus KNX:ää kohtaan on jatkuvasti nousussa – markkinoilla on siis mahdollisuus laajentua huomattavasti.

2 OPPAAN TARKOITUS JA TAVOITTEET

2.1 KNX ja kolmen piirteen korostaminen

Opas on toteutettu ensisijaisesti KNX-järjestelmää markkinoivaksi. Tämän takia oppaassa on tuotu esille KNX-järjestelmän kolme tärkeintä piirrettä: onnistunut KNX-järjestelmä on toimiva kokonaisuus, joka parantaa asukkaan *asumisviihtyisyyttä* ja *-turvallisuutta* sekä maksimoi kiinteistön *energiatehokkuuden* viihtyvyydestä tinkimättä. Nämä kolme KNX-järjestelmän peruspiirrettä on otettu mukaan koko oppaan etenemiseen, sillä kaikki toiminnalliset kokonaisuudet sekä niiden ohjaaminen ja säätäminen toteuttavat niitä omalta osaltaan.

Asumisviihtyisyyden toteutumiseen vaikuttaa yleensä tilojen käyttäjien oma mahdollisuus vaikuttaa olosuhteisiinsa (Sähkötieto ry 2012a, 175). Oppaan avulla tämä mahdollisuus on tuotu selkeästi esille, kun asiakas voi oppaan tarjoamista esimerkeistä löytää useita erilaisia ratkaisuja kiinteistön sähköteknisten kokonaisuuksien ohjaamiseen. Oppaassa on lueteltu, että järjestelmällä voidaan ohjata, hallita ja seurata muun muassa

- valaistusta
- lämmitystä ja ilmanvaihtoa
- kaihtimia ja markiiseja
- kodinkoneita
- viihdelaitteita
- turvajärjestelmiä ja läsnäoloa.

Opas on ajateltu asiakasta avustavaksi myös KNX:ään liitettävien *turvallisuustoimintojen* valitsemisessa. Erilaisia turvallisuustoimintoja on lukuisia. Oppaassa on tuotu esille se, miten useita laitteita, jotka on ensisijaisesti tarkoitettu parantamaan kiinteistön viihtyvyyttä, voidaan käyttää hyväksi myös asumisturvallisuuden parantamisessa. *Energiatehokkuutta* on puolestaan korostettu auttamalla asiakasta valitsemaan sellaisia toimintoja, joilla voidaan havainnollisesti nähdä, mihin energiaa milloinkin kuluu.

2.2 Vuorovaikutus ja ominaisuuspohjainen suunnittelu

Opas on ensisijaisesti tehty täyttämään sellaista tieto- ja vuorovaikutusaukkoa, joka saattaa nykyään syntyä, jos asiakkaalla ei ole minkäänlaista perustietoa järjestelmästä tai jos suunnittelija on suunnitellut järjestelmän täysin yksin. Tutustumalla oppaaseen asiakas tuntee KNX-järjestelmän perusajatuksen ja sen mahdollistamat toiminnalliset mahdollisuudet ja saa todennäköisesti myös onnistuneemman ja hänen tarpeisiinsa sopivan järjestelmän.

Oppaan vuorovaikutusajatuksella on myös pyritty tukemaan niin sanottua ominaisuuspohjaista suunnittelua. Tällä tarkoitetaan tilannetta, jossa sähkösuunnittelija suunnittelee KNX-järjestelmää yhdessä asiakkaan kanssa ja järjestelmä suunnitellaan niiden toimintojen mukaan, mitä asiakas kulloinkin haluaa ja tarvitsee (Sähkötieto ry 2005, 2). Tämän takia opas on toteutettu siten, että asiakkaalla on olennainen mahdollisuus vaikuttaa järjestelmän toimintoihin, kun hän voi valita järjestelmäänsä oppaassa esiteltyjä erilaisia toimintoja.

Ominaisuuspohjaista suunnittelua tukemalla oppaan avulla on ajalteltu vältettävän myös käyttäjäongelmaksi nimettyä tilannetta. Käyttäjäongelma on tilanne, jossa asiakas ei osaa vaatia järjestelmäänsä tarpeellisia ominaisuuksia, koska hän ei tunne järjestelmää tarpeeksi hyvin. Toisaalta järjestelmän suunnittelija ei välttämättä osaa kertoa asiakkaalleen kaikista järjestelmän tarjoamista mahdollisuuksista. Tällöin on mahdollista, että järjestelmästä jää uupumaan toimintoja, jotka voivat olla asiakkaalle tarpeellisia ja joista olisi hänelle hyötyä. (Piikkilä 2011, 24.) Opasta hyödyntämällä voidaan olettaa, että parantamalla suunnitteluvaiheessa asiakkaan tuntemusta järjestelmästä pystytään luovutuksessa mahdollisesti vastaantulevia asiakkaan ja suunnittelijan välisiä ristiriitoja vähentämään, koska asiakas tietää mitä tilaa.

2.3 Oppaan kohdeyleisö

Opas on ensisijaisesti tarkoitettu pientalon hankkimista tai rakentamista suunnittelevalle ihmiselle. Asiakkaan KNX-järjestelmän tuntemisen paranemisen lisäksi oppaasta on hyötyä kuitenkin myös sähkösuunnittelijalle. Suunnittelija voi tarkistaa oppaasta no-

peasti, mitä kaikkea järjestelmällä voidaan tehdä. Näin suunnittelija voi myydä ja rakentaa asiakkailleen entistä upeampia KNX-järjestelmiä. Myös muut rakennuttajat sekä isännöitsijät voivat kokea oppaan hyödylliseksi.

Asiakkaiden ja suunnittelijoiden tietämyksen parantamisen lisäksi opas on ajateltu hyödynnettäväksi alan messuilla. Opas on tehty tiiviiksi, jotta sitä on helppo jakaa KNX-järjestelmästä kiinnostuneille. Lisäksi opas on mahdollistanut sen, että KNX-järjestelmästä voidaan kertoa kiinnostuneille tiiviissä ja helposti omaksuttavassa muodossa.

3 TIEDONHANKINTA JA LÄHDEMATERIAALIT

3.1 Yleistä tiedonhankinnasta

KNX−Asiakkaan oppaan lähdemateriaalina on hyödynnetty erilaisia lähteitä aina tuotevalmistajien kotisivuista asiantuntijoiden haastatteluihin. Löydettyä tietoa on pyritty käyttämään siten, että opas korostaa järjestelmän etuja, käytöstä koituvia hyötyjä sekä KNX-järjestelmän toiminnallisia mahdollisuuksia kiinteistön sähköjärjestelmien ohjaamiseen. Tekninen näkökulma on oppaassa vähemmällä, mutta sitä ei ole jätetty kokonaan pois. KNX-järjestelmän hintatietoja oppaaseen ei ole otettu mukaan, koska tiedot vaihtelevat ja muuttuvat nopeasti (ks. tarkemmin tämä raportti, luku viisi).

Mitään lähdettä ei voida pitää niin sanottuna päälähteenä. Tällä tavalla *KNX-järjestelmä – Asiakkaan oppaasta* on tullut mahdollisimman monipuolinen ja puolueeton. Lähdemateriaali voidaan kuitenkin jakaa selventäviin neljään kategoriaan seuraavasti: automaatiojärjestelmän etuja ja hyötyjä korostavat lähteet, toiminnallisista mahdollisuuksista kertovat lähteet, tarkentavat lähteet ja tekniset lähteet.

3.2 Automaatiojärjestelmän etuja ja hyötyjä korostavat lähteet

KNX-sertfikaattikokeita varten on jaettu KNX-aiheista luentomateriaalia. Materiaalissa on yhteensä 11 eri osaa, ja niissä on käsitelty muun muassa KNX-järjestelmän perusteita, KNX-kommunikaatiota, järjestelmän topologiaa eli rakennetta sekä eri tavalla toteutettujen KNX-asennusten piirteitä. Näistä sertifikaattikokeen materiaaleista on oppaassa hyödynnetty erityisesti osaa *KNX-järjestelmän perusteet,* jossa kerrotaan järjestelmän eduista. Edut ovat mukana oppaassa siten, että niiden avulla perustellaan järjestelmän hankkimista mahdolliselle asiakkaalle.

Muita materiaalin osia, kuten *KNX-kommunikaatio*, *Topologia*, *TP1-asennus* ja *Power Line,* on hyödynnetty ensisijaisesti oppaan luvussa viisi, jossa kerrotaan KNX:n tekniikasta tarkemmin. Sertifikaattimateriaalin tarjoamasta tiedosta on oppaan pulkopuolella

rajattu ne osat, joissa käsitellään KNX-järjestelmän suunnittelua. Näiden osien tarjoamasta tiedosta ei ole katsottu olevan hyötyä asiakaslähtöisessä KNX-oppaassa.

Sähkötieto ry:n julkaisuja *ST-käsikirja 17 Rakennusautomaatiojärjestelmät* (Sähkötieto ry 2012) ja *ST-käsikirja 21 Kiinteistön tiedonsiirtoväylät* (Sähkötieto ry 2006) on hyödynnetty. Esimerkiksi *ST-käsikirja 17 Rakennusautomaatiojärjestelmät* -julkaisusta on poimittu rakennusautomaatiojärjestelmien käytöstä koituvia hyötyjä ja järjestelmien yleisiä etuja oppaaseen. Myös *ST-käsikirja 21 Kiinteistön tiedonsiirtoväylät* -julkaisusta on poimittu oppaaseen väyläjärjestelmien hyötyjä ja etuja.

Oppaan luvussa 2.2 *Kustannukset* on hyödynnetty Mariusz Szepietowskin tutkimusta *IX – Econimic Aspects of the Smart Home* (2012). Tutkimuksessa verrataan keskenään KNX:n rakennus- ja käyttövaiheessa muodostuvia kustannuksia ja tavallisesta sähköasennuksesta koituvia kustannuksia. Oppaassa ei tuoda esille tutkimuksen tarjoamia tarkkoja vertailulukuja, mutta luvussa 2.2 on hyödynnetty tutkimuksessa käsiteltyä käsitettä *järjestelmän takaisinmaksuaika* ja siihen liittyvää tietoa. Szepietowskin (2012) mukaan KNX-järjestelmä maksaa itsensä nopeasti takaisin järjestelmän käytössä koituvin säästöin, vaikka investointikustannukset ovat kalliimmaat kuin tavallisessa sähköasennuksessa. Takaisinmaksuaika on tutkimuksen mukaan kahdesta viiteen vuotta riippuen kiinteistön huoneiden koosta eli sitä lyhyempi mitä suurempi huone on. Oppaaseen on Szepietowskin tutkimuksen avulla saatu tärkeää yleistietoa kustannuksista: koska investointikustannukset ovat nykyään yksi merkittävimmistä hankintapäätökseen vaikuttavista tekijöistä, on tärkeää, että järjestelmän hankintaa on perusteltu lyhyellä takaisinmaksuajalla.

3.3 Toiminnallisista kokonaisuuksista kertovat lähteet

KNX-järjestelmän toiminnallisia mahdollisuuksia on tutkittu lukemalla eri KNX-laitevalmistajien – muun muassa *ABB:n*, *Schneider Electricin*, *Giran* ja *Jungin* – tuoteoppaita ja internet-sivuja. Myös muita laitevalmistajia, joiden tuotteita voidaan integroida KNX-järjestelmään, on tutkittu. Tällaisia laitevalmistajia ovat *Tulikivi*, *Miele*, *Somfy*, *Loewe ja Revox*. Tuote- ja laitevalmistajia on huomattavasti enemmänkin. Kuitenkaan

uusia ja merkittäviä laitteiden mahdollistamia ominaisuuksia ei juuri nouse enää esiin tämän laajuisen otannan jälkeen, minkä takia valmistajaotanta on rajattu yllä esiteltyihin.

Eri KNX:n tuote- ja laitevalmistajien lähteisiin tutustumalla on löydetty mielenkiintoisia laitteita ja järjestelmiä eri käyttötarkoituksiin. Vaikka eri laitevalmistajien tuotteilla saattaa olla ensisijaisesti sama käyttötarkoitus, on niillä kuitenkin paljon erilaisia ominaisuuksia. Tuotteiden mahdollistamista toiminnallisista ominaisuuksista on kerrottu asiakaslähtöisesti oppaan luvussa neljä *KNX-järjestelmän toiminnalliset mahdollisuudet* käyttämällä esimerkkejä ja havainnollistavia kuvia.

3.4 Muut tarkentavat lähteet

Muita oppaaseen poimittuja tarkentavia tietoja on poimittu muun muassa Ympäristöministeriön julkaisemasta rakennusmääräyskokoelmasta sekä vanhoista opinnäytetöistä. Esimerkiksi oppaan luvussa 3.2, jossa verrataan eri ohjausmenetelmillä ohjatun valaistuksen energiankulutusta, on ohjenuorana käytetty Ympäristöministeriön rakennusmääräyskokoelman osaa D5 *Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskenta* (2012, 27) . Ministeriön ohjeistuksessa annettuja kertoimia siitä, miten valaistuksen sähkötehon kulutus tulisi laskea, on luvussa käytetty suuntaa antavina.

Asiantuntijoita on hyödynnetty oppaan tekemisessä haastattelemalla heitä. KNX Finland ry:n toiminnanjohtaja Johan Stigzelius on ohjannut oppaan tekemistä sellaiseen suuntaan, jossa asiakas valitsee oppaan avulla järjestelmäänsä toimintoja. Mikael Sjöblomilta, joka vastaa Oy Merilux Ab:n teknisestä myynnistä, on puolestaan saatu lukuisia vinkkejä siihen, miten KNX:llä voidaan vaikuttaa kiinteistön viihdejärjestelmiin.

Asiantuntijahaastatteluiden lisäksi apua on ollut KNX-seminaarista, joka järjestettiin vuonna 2012 Tampereen ammattikorkeakoululla. Seminaarissa käsiteltiin monia KNX:ää koskevia asioita eri paneelikeskusteluissa. Yhden paneelin aiheena oli KNX-järjestelmän käyttöopas. Paneelissa esitettiin, että KNX-järjestelmästä ei ole olemassa yksiselitteistä käyttöopasta vaan oppaat laaditaan asiakkaalle järjestelmäkohtaisesti

suunnittelijan tai urakoitsijan toimesta. Käyttöoppaat ovat näin ollen henkilökohtaisia, ja ne opastavat käyttäjää vain oman yksilöllisen järjestelmän toiminnoissa. Näitä seminaaripaneelin tarjoamia tietoja on hyödynnetty *KNX − Asiakkaan oppaan* luvussa viisi, jossa käsitellään juuri järjestelmäkohtaisia oppaita.

3.5 Tekniset lähteet

Oppaassa on kerrottu KNX-järjestelmästä ja sen ominaisuuksista tarkemmin myös teknisestä näkökulmasta. Tekninen näkökulma on rajattu ensisijaisesti oppaan lukuun viisi, vaikka teknisiä tietoja on hyödynnetty myös muualla oppaassa (muualla oppaassa tekninen tieto on kirjoitettu auki yleiskielellä). Oppaassa tärkeimpänä teknisenä lähteenä ja siten myös tärkeimpänä pohjamateriaalina on käytetty Tampereen ammattikorkeakoulun kurssimateriaalia KNX-järjestelmiä käsitteleviltä teoria- ja käytännönkursseilta. Lisäksi tietomäärää on kasvatettu tutustumalla Veijo Piikkilän KNX-järjestelmän perusperiaatteita käsittelevään teokseen *Käsikirja asuntojen ja rakennusten ohjauksiin: KNX Perusperiaatteet* (2010).

Myös ABB:n (2010) internet-sivuilla olevan PDF-katalogin tarjoamiin teknisiin, KNX-järjestelmää käsitteleviin dokumentteihin on tutustuttu tarkasti. Dokumentit käsittelevät KNX-järjestelmällä ohjattavaa valaistusta, lämmitystä, jäähdytystä ja ilmanvaihtoa sekä kaihtimia ja markiiseja. Näiden lähteiden tarjoamaa tietoa on hyödynnettä oppassa luvussa kolme.

4 OPPAAN SISÄLTÖ

4.1 Yleistä

Raportin luvussa kolme mainittujen lukuisten eri lähteiden pohjalta on tehty *KNX-järjestelmä – Asiakkaan opas*. Oppaan eteneminen on toteutettu mahdollisimman johdonmukaiseksi ja helposti lähestyttäväksi. Opas on rakennettu etenemään kuuden eri luvun avulla yleisestä tiedosta kohti tarkempaa, teknisempää tietoa. Johdannon jälkeen, luvussa kaksi, on esitelty KNX:n yleisiä piirteitä. Luvussa kolme puolestaan on keskitytty KNX-järjestelmän kolmen peruspiirteen esittelyyn, ja luku on ajateltu toimimaan eräänlaisena siltana lukuun neljä. Luku neljä, *KNX-järjestelmän toiminnalliset mahdollisuudet,* on oppaan merkittävin ja laajin osio. Siinä lukijalle on tuotu esiin järjestelmän toiminnalliset mahdollisuudet erilaisten käytännön esimerkkien ja kuvien avulla. Luvussa viisi puolestaan on keskitytty antamaan asiakkaalle hyödyllisiä neuvoja siitä, kuinka oman KNX-järjestelmän hankinnassa on selkeintä edetä. Oppaan viimeinen luku kuusi on varattu tarkemmille teknisille tiedoille järjestelmästä, mitkä on suunnattu enemmän tekniikasta kiinnostuneelle asiakkaalle tai sähkösuunnittelijalle. Tämän jälkeen oppaaseen on vielä liitetty termistö, jossa käydään läpi ja selitetään oppaassa käytetyt käsitteet.

4.2 KNX-järjestelmän yleisperiaatteet, kustannukset ja tulevaisuus

Johdannon jälkeen, luvussa kaksi *KNX-taloautomaatiojärjestelmä*, on paneuduttu KNX:ään yleisellä tasolla. Luvussa on käsitelty KNX-järjestelmän peruspiirteitä, rakennetta, kustannuksia ja järjestelmän tekniikan tulevaisuutta. Luvun ensimmäisen alaluvun aikana on selitetty järjestelmän yleisperiaatteet, kuten avoimuus ja sen hajautettu muoto, siten kuin se on maallikolle tarpeellista:

> KNX-järjestelmä perustuu avoimeen standardiin. Tämä tarkoittaa sitä, että eri valmistajien tekemät KNX-laitteet ovat keskenään yhteensopivia. Laitteiden yhteensopivuudesta on erityisesti hyötyä esimerkiksi järjestelmää hankittaessa, koska vastaavanlaisia tuotteita eri tarkoituksiin löytyy useilta eri valmistajilta – tuotteita voidaan siis kilpailuttaa ja valita päältä paras ja edullisin vaihtoehto.
>
> (*KNX-järjestelmä – Asiakkaan opas,* 2.)

Myös järjestelmän rakennetta on avattu lukijalle.Tekniset termit ovat tarvittaessa selitetty. Järjestelmän toimintaperiaatteet, kuten se, kuinka viesti kulkee väylää pitkin KNX-laitteelta toiselle, on kerrottu oppaassa lyhyesti asiakkaan vähäinen tietämys KNX-tekniikasta huomioiden:

> Tarvittavat KNX-painikkeet ja pistorasiat asennetaan seiniin, ja kattoon varataan pistorasiat valaisimille, kuten tavallisestikin. Pinnan alla kaikki on kuitenkin toisin. Laitteet, joita tarvitaan KNX-järjestelmän automaattiseen toimimiseen, kytketään yhteen käyttäen väylää. Väylä on kaapeli, joka kulkee talossa seinien ja kattojen välissä yhdistäen kaikki KNX-laitteet (kuten erilaiset painikkeet, ohjauspaneelit sekä mitta- ja toimilaitteet) toisiinsa.
>
> (*KNX-järjestelmä – Asiakkaan opas,* 2.)

Kustannukset-alaluvussa on verrattu tavallisen sähköasennuksen sekä KNX:llä tehdyn sähköasennuksen välisiä investointi- ja käyttökustannuksia. Havainnollistavan kuvan (*KNX-järjestelmä – Asiakkaan opas,* 5) avulla on voitu osoittaa KNX-järjestelmän käyttökustannusten olevan huomattavasti tavallista sähköasennusta pienemmät. Takaisinmaksuaika ja sen pituus KNX-järjestelmän kohdalla on selitetty tämän luvun aikana.

KNX-järjestelmän hankintaa on voitu perustella lukijalle kertomalla *KNX-tekniikan tulevaisuus* -alaluvussa tekniikan tämänhetkisestä tilanteesta. Luvussa on tuotu esiin se, miten KNX:n markkinaosuus ja KNX-standardin käyttö on viime vuosien aikana kehittynyt.

4.3 Asumisviihtyisyys, energiatehokkuus ja turvallisuus

Luvussa kolme *Miksi valita KNX-järjestelmä?* ovat selvennettynä ne kolme pääpiirrettä,

jotka asumisen osalta paranevat KNX-järjestelmään sijoittaessa. Nämä piirteet ovat *asumisviihtyisyys*, *energiatehokkuus* ja *turvallisuus*. Näillä kolmella piirteellä voidaan lukijalle perustella järjestelmän hankintaa:

> Asumisviihtyisyyttä lisää se, että KNX-järjestelmän eri toimintoja voidaan ohjata ja säätää yhdeltä tietyltä kosketusnäytöltä. Jokaista huonetta ei siis tarvitse varustaa erillisellä näytöllä. Näin kaikki kodin sähköiset toiminnallisuudet, sijainnistaan riippumatta, ovat kätevästi ohjattavissa yhdeltä näytöltä: siltä voi vaikkapa luoda tunnelmallisia valaistustilanteita olohuoneeseen ja säätää samalla eteisen huonelämpötilan sopivaksi.
> (*KNX-järjestelmä – Asiakkaan opas,* 5.)

Asumisviihtyisyyden paranemista on perusteltu oppaassa sillä, että kodin toiminnallisia kokonaisuuksia voidaan ohjata automaattisesti ja asetusarvoja voidaan säätää selkeästi ja helposti. Esimerkiksi mahdollisuus valaistuksen ja lämmityksen ohjaamiseen huonekohtaisesti kosketusnäytölliseltä ohjauspaneelilta on kerrottu tässä oppaan luvussa. Järjestelmän helppokäyttöisyyttä on korostettu.

Seuraava pääpiirre KNX-järjestelmässä on parantunut *energiatehokkuus*. Luvussa on selitetty, kuinka automaatiojärjestelmä käyttää energiaa kodin sähköteknisten kokonaisuuksien ohjaamiseen aina optimaalisen määrän. Väittämä on tuettu lähdetiedoilla, jotka todistavat energiansäästön olevan merkittävää sekä valaistuksen että lämmityksen kohdalla.

Energiatehokkuuden jälkeen oppaassa on käsitelty se, kuinka ja millä saralla KNX-järjestelmällä voidaan asumisen *turvallisuuteen* vaikuttaa. Turvallisuusasioita on käsitelty tämän luvun aikana vain yleisellä tasolla. Turvallisuusasiat ovat käsitelty laajemmin myöhemmin oppaassa, luvussa 4.7 *Turvallisuus ja valvonta*, jossa on annettu aiheeseen liittyviä käytännön esimerkkejä.

4.4 Toiminnalliset mahdollisuudet

Luvussa neljä, *KNX-järjestelmän toiminnalliset mahdollisuudet* on käsitelty kukin toiminnallinen kokonaisuus ohjausmahdollisuuksineen tarkasti läpi käytännön esimerkkien

avulla. Esimerkkejä on tarvittaessa tuettu havainnollistavan kuvan avulla.

Luvut ovat rakennettu siten, että kullakin toiminnallisella kokonaisuudella on oma alalukunsa. Alalukujen aikana on kunkin toiminnallisen kokonaisuuden kohdalla selvitetty siihen liittyvät mahdolliset ohjaustavat. Ohjaustavat ovat lueteltuina pian luvun otsikon jälkeen selkeästi, ja ne erottuvat luvun aikana toisistaan helposti, koska ne ovat tummennettuina.

Valaistus-alaluvussa on käsitelty eri ohjausmahdollisuudet valaistuksen osalta KNX-järjestelmässä. Koska valaistukseen liittyviä erilaisia ohjausmahdollisuuksia on lukuisia, on ne poikkeuksellisesti ja muista poiketen esitetty taulukoituna. Jokaisesta ohjausmahdollisuudesta on lisäksi annettu tarkentava käytännön esimerkkiratkaisu.

Lämmitys ja ilmanvaihto on käsitelty heti valaistuksen perään. Lämmityksen ohjaustavat, huonekohtainen lämmitys sekä läsnä- ja aikaohjattu lämmitys, on selitetty tämän luvun aikana. Luvussa on kerrottu lyhyesti, kuinka eri ohjaustavat toteutuvat käytännössä ja mitä mittatietoja kukin ohjaustapa tarvitsee toimiakseen oikein. Huonekohtainen lämmitys on havainnollistettu omakotitalon pohjakuvan avulla. Ilmanvaihto ja ohjausmahdollisuudet sen kohdalla on käsitelty luvun lopussa.

Myös *kaihtimet ja markiisit* sekä niiden ohjausmahdollisuudet ovat käsiteltyinä oppaassa. Eri ohjaustavat, manuaalinen ohjaus, aikaohjaus ja sääasemaohjaus, kaihtimille ja markiiseille ovat selitettyinä helposti ymmärrettävässä muodossa. Ohjauksiin tarvittavista ja välttämättömistä laitteista on selkeästi kerrottu lukija huomioiden:

> Jotta kaihtimia ja markiiseja voidaan ohjata, täytyy niihin asentaa erilliset ohjainmoottorit. Moottorit ovat hiljaisia ja visuaalisesti huomaamattomia.
> (*KNX-järjestelmä – Asiakkaan opas,* 13.)

Eri toteutustapoja kodinkoneohjauksiin liittyen on eritelty *Kodinkoneet*-alaluvussa. Myös mahdollisuudet koskien älykkäitä kodinkoneohjauksia käsitellään oppaan tässä luvussa.Ohjaustavat ja niiden mahdollisuudet avataan lukijalle mahdollisimman seikkaperäisesti:

> Pistorasiaohjaukset ovat yksinkertaisia ohjauksia, joissa laitteelta kytketään sähkö pois katkaisemalla sähkönsyöttö kyseiselle pistorasialle. Pistorasiaohjaukset ovat hyödyllisiä varsinkin kahvinkeittimen ja silitysraudan kohdalla.
>
> (*KNX-järjestelmä – Asiakkaan opas* 15.)

Viihdelaitteiden, kuten television ja audiojärjestelmän, ohjaaminen on käyty läpi omassa alaluvussaan esimerkkiratkaisujen avulla. Samalla on tuotu esiin muun muassa television mahdollisuus toimia ohjauspaneelina:

> Kun televisio yhdistetään toimimaan KNX-järjestelmässä, muuttuu televisio suureksi, kauko-ohjattavaksi *ohjauspaneeliksi.* Television kautta voidaan suorittaa kaikki samat ohjaustoimenpiteet kuin kosketusnäytöltäkin. Myös viihdelaitteiden kohdalla KNX-järjestelmä toimii molempiin suuntiin. Tällöin on mahdollista esimerkiksi sammuttaa televisio kotona/poissa-kytkimellä kotoa pois lähtiessä.
>
> (*KNX-järjestelmä−Asiakkaan opas,* 15.)

KNX-järjestelmä mahdollistaa lukuisia erilaisia tapoja parantaa kiinteistön asukkaiden turvallisuutta. Tämä on tuotu oppaassa esille neljännen luvun loppupuolella alaluvussa *Turvallisuus ja valvonta.* Oppaassa tässä osiossa on kerrottu, miten liike- ja läsnäolotunnistimia voidaan käyttää osana murtohälytysjärjestelmää ja valaistus voidaan asettaa toimimaan automaattisesti kotona poissa ollessa siten, että koti näyttää asutulta. Myös monista muista turvallisuuteen ja valvontaan liittyvistä asioista informoidaan lukijaa oppaan tässä osassa.

Neljännen luvun viimeisessä osiossa *Etähallinta* on puolestaan käsitelty KNX-järjestelmän etähallintaominaisuuksia. Siinä on tuotu esiin, miten järjestelmää voidaan hallita kodin ulkopuoleltakin internet-yhteyden avulla.

4.5 Ensiaskeleet järjestelmän hankinnassa

KNX-järjestelmän hankkimisesta on kerrottu oppaan viidennessä luvussa *Meille KNX-järjestelmä?*. Luvun aikana on kerrottu, kuinka asiakas voi omalta osaltaan vaikuttaa onnistuneen KNX-järjestelmän rakentumiseen. Asiakas on samalla ohjattu oppaan luke-

misen jälkeen KNX Finland ry:n kotisivuille, joilta löytyvät sertifoidut KNX-suunnittelijat sekä urakoitsijat. Myös sivuston referenssikohteisiin on ohjeistettu tutustumaan siltä kannalta, että sieltä löytyisi vinkkejä omaan järjestelmään.

Luvun aikana on käyty läpi KNX-järjestelmän eri rakennusvaiheet: suunnittelu, asennustyöt, ohjelmointi ja luovutus. Kukin vaihe on avattu lukijalle siten, että lukija tietää tarkasti, mitä kussakin rakennusvaiheessa tapahtuu. Myös KNX-järjestelmän joustavuudesta (eli siitä, kuinka järjestelmän ohjelmallisia kytkentöjä voidaan muuttaa elämäntilanteiden vaihtuessa ja kuinka KNX-järjestelmä on mahdollista rakentaa pienissä osissa) on kerrottu tarkasti oppaan tässä luvussa.

4.6 Tekninen osuus ja oppaan loppuosa

Oppaan viimeisessä asiasisältöisessä luvussa kuusi *KNX-järjestelmä tarkemmin* on kerrottu oppaan muita lukuja tarkemmin ja teknisemmin KNX-järjestelmästä. Luvun aikan on käyty läpi järjestelmän rakenne, ohjelmointi sekä eri tiedonsiirtovaihtoehdot:

> *Ohjelmoitaessa laitteelle annetaan osoite*. Osoite kertoo millä alueella ja missä linjassa laite on sekä laitteen numeron. Osoite voisi olla esimerkiksi 1.2.3, jossa numero yksi on alue, jossa laite on, numero kaksi alueen linja, jossa laite on ja numero kolme linjan laitenumero. *Jokaiselle KNX-laitteelle, johon tulee KNX-kaapeli, annetaan yksilöllinen osoite*.
> (*KNX-järjestelmä – Asiakkaan opas,* 24.)

Vaikka oppaan viimeinen luku on tarkoitettu järjestelmästä syvemmin kiinnostuneille, on se pyritty siitä huolimatta kirjoittamaan lukijalle selkokielisesti. Luvusta on hyötyä myös ammattilaiselle.

Aivan oppaan loppuun on vielä kerätty terminologiaosa *Termit ja määritelmät*. Listalle on poimittu oppaasta ne termit, joiden on ajateltu olevan lukijalle hankalia ymmärtää. Termit on avattu ja selitetty lukijalle helposti ymmärrettävällä kielellä. Käsitelistauksen on myös ajateltu toimivan pikaisena apuna asiakkaalle, jotta hän voi esimerkiksi helposti keskustella sähkösuunnittelijan kanssa tulevasta KNX-järjestelmästä.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyönä tehdylle *KNX-järjestelmä – Asiakkaan opaalle* asetetut tavoitteet on saavutettu hyvin. Oppaan luettuaan asiakas ymmärtää KNX-järjestelmän perusperiaatteet, edut ja hyödyt sekä tuntee järjestelmän toiminnalliset mahdollisuudet. Näillä pohjatiedoilla asiakkaan on helppo ottaa seuraava askel oman KNX-järjestelmän hankinnassa. Tavoite tehdä oppaasta mahdollisimman selkeä ja helposti ymmärrettävä on näin toteutunut hyvin.

Selkeyden takaamiseksi ja siihen liittyvän tavoitteen saavuttamiseksi oppaan runko on muuttunut työn aikana muutamia kertoja. Suurimmaat muutokset ovat liittyneet hintatietoihin. Merkittävin muutos on ollut, kun Heikki Rajalan (2008) tekemästä opinnäytetyöstä *KNX-järjestelmällä toteutetut malliratkaisut omakotitaloon* ja siinä esiteltyjen malliratkaisujen hyödyntämisestä oppaassa on koknaan luovuttu. Myös Mariusz Szepietowskin (2012) tutkimusta oli alun perin tarkoitus hyödyntää laajemmin. Hintatiedot ja esimerkkiratkaisut budjetteineen on kuitenkin päätetty ottaa pois oppaasta, koska ne muuttuvat nopeasti.

Muista tekovaiheen muutoksista merkittävin on ollut se, että KNX-järjestelmän pääpiirteet (asumisviihtyisyys, energiatehokkuus ja turvallisuus) on työn tekemisen loppuvaiheessa päätetty erottaa omaan lukuunsa, lukuun kolme. Työn alkuvaiheessa piirteet oli vielä ajateltu luvun neljä tarjoamien esimerkkien kanssa lueteltaviksi. Muutoksen jälkeen lopputuloksena on syntynyt selkeä ja johdonmukaisesti etenevä kokonaisuus: oppaan lukija tutustuu näin ensin järjestelmän etuihin ja hyötyihin ja vasta sen jälkeen moniin ohjausmahdollisuuksiin.

Päätavoitteena oppaalla oli korostaa KNX-järjestelmän toiminnallisia mahdollisuuksia. Tässä on onnistuttu hyvin. Toiminnalliset mahdollisuudet ovat oppaassa listattuna jokainen oman lukunsa alussa. Näin ollen eri toiminnalliset mahdollisuudet ovat lukijalla helposti löydettävissä ja valittavissa. Toki asiakkaan toiminnallisuuksien valittavuutta olisi voitu oppaan osalta vielä parantaa, esimerkiksi lisäämällä oppaaseen niitä koskeva muistilista. Opasta voidaan tulevaisuudessa vielä tältä osin parantaa.

Myös tavoitteet oppaan tiedonvälityksen *asiakaslähtöisyyteen*, *puolueettomuuteen* ja *yhdenmukaisuuteen* on saavutettu hyvin. Opas huomioi asiakkaan tietämyksen KNX-järjestelmästä siten, että lukijakunta, jolle opas on suunnattu, ymmärtää asian joka oppaassa kerrotaan. Opasta on kirjoitusprosessin aikana luetettu maallikoilla, jotta tekstistä saadaan mahdollisimman helppolukuista ja ymmärrettävää. Myös alan ammattilainen on lukenut opasta. Täten oppaasta on saatu informatiivinen ja tiedoista asiakkaalle helposti pureksittava. Asiakaslähtöisyyden toteutumisee liittye myös luvun neljä käytännön esimerkit, joihin on kiinnitetty erityistä huomiota. Esimerkkejä on tarvittaessa tarkennettu havainnollistavien kuvien avulla. Myös oppaan johdonmukaisen etenevyyden on ajateltu vaikuttavan asiakaslähtöisyyteen merkittävästi ja positiivisesti. Toki asiakaslähtöisyyttä voidaan aina parantaa. Opastaon mahdollista muokata myöhemmin entistä asiakasystävällisemmäksi esimerkiksi asiakkailta saadun palautteen perusteella.

Puolueettomuuden idea on oppaassa toteutettu hyvin. Vaikka oppaassa on käytetty useiden eri KNX-laitevalmistajien tuotteiden mahdollistamia ohjaustapoja esimerkkeinä, ei oppaan aikana ole missään vaiheessa mainittu laitevalmistajia nimeltä. KNX-tuotteiden valinnan kunkin rakennetun KNX-järjestelmän kohdalla päättää aina sähkösuunnittelija tarvittavien ja haluttujen järjestelmäominaisuuksien mukaan. Oppaassa käytettyjen esimerkkikuvien lähdetiedot on kuitenkin jouduttu listaamaan oppaan loppuun. Lähdetiedoista käy ilmi kunkin esimerkkikuvan laitteen valmistaja. Puolueettomuutta on kuitenkin korostettu sillä, että lähdetiedot on laitettu vasta oppaan loppuun, ei suoraan kuvan yhteyteen.

Tavoitteet *yhdenmukaisuuteen* liittyen on myös saavutettu. *O*pas on yhdenmukainen KNX Finland ry:n internet-sivujen kanssa. Tätä on oppaassa korostettu samalla sini-viher-harmaalla värimaailmalla. Myös eri toiminnallisista kokonaisuuksista on käytetty samoja havainnollistavia pikkukuvia, kuin mitä KNX Finland ry:n kotivisuilla on, jotta esitetty asia tuntuisi asiakkaasta mahdollisimman tutulta. Opas on kuvien ja värimaailman lisäksi yhdenmukainen myös KNX Finland ry:n tarjoaman tiedon kanssa, joten se on ensisijaisesti KNX-järjestelmää esittelevä ja markkinoiva. Jokaisessa teknisessä järjestelmässä on kuitenkin omat haasteensa, kuten myös KNX:ssä. Ottaen huomioon op-

paan markkinoivan näkökulman sekä yleisön, KNX-järjestelmää ei ole ollut mahdollista tarkastella kriittisesti.

Oppaalle asetettuja pitkän tähtäimen tavoitteita on hankala arvioida oppaan tämänhetkisen elinkaaren kohdalla. Tilastojen valossa markkinat lukuisille uusille KNX-järjestelmille ovat olemassa. Oppaalla on hyvät mahdollisuudet parantaa rakennettujen KNX-järjestelmien määrää ja onnistuneisuutta sekä lisätä yleistä tietoisuutta KNX-järjestelmästä.

LÄHTEET

TUTKIMUSKIRJALLISUUS

ABB Oy 2011: *KNX-taloautomaatio: Tuoteluettelo 2012*. ABB Oy.

Gira 2010: *Intelligent Building Technology from Gira*. *Gira 2010/2011 Catalogue.* Gira.

Piikkilä, Veijo 2010: *KNX Käsikirja asuntojen ja rakennusten ohjauksiin. KNX Perusperiaatteet*. Espoo: KNX Finland ja Sähköinfo Oy.

Sähkötieto ry. 2005: *ST-kortti 701.30. Talotekniikan hajautetut tietojärjestelmät. Peruskäsitteet ja suunnittelun yleisohje.* Espoo: Sähköinfo Oy.

Sähkötieto ry. 2006: *ST-käsikirja 21 Kiinteistön tiedonsiirtoväylät.* Sarjassa Sähkötekniset tietojärjestelmät. Espoo: Sähköinfo Oy.

Sähkötieto ry. 2012: *ST-käsikirja 17 Rakennusautomaatiojärjestelmät.* Sarjassa Sähkötekniset tietojärjestelmät. Espoo: Sähköinfo Oy.

Szepietowski, Mariusz 2012: ”IX – Economic Aspects of the Smart Home.” Teoksessa *Smart Home. How to Make Your House Intelligent?* Varsova: SMARTech.

The Building Services Research and Information Association (BSRIA) 2013: ”European Smart Home Research. Growing Infulence of KNX.” *KNX Journal,* 2/2013, 3.

VERKKOLÄHTEET

ABB AG 2010: *ABB i-bus KNX Application Manual. Lighting.*
http://www.knxgebaeudesysteme.de/sto_g/English/APPLICATIONS/2CDC500051M0202_ApplikationsHB_lightingcontrol_EN.pdf
[Luettu 15.5.2014.]

ABB AG. 2010: *ABB i-bus KNX Application Manual. Heating/Ventilation/Air Conditioning.*
http://www.knxgebaeudesysteme.de/sto_g/English/APPLICATIONS/2CDC500067M0201_ApplikationsHB_HVAC_EN.pdf
[Luettu 15.5.2014.]

ABB AG 2010: *ABB i-bus KNX Application Manual. Shutter Control.*
http://www.knxgebaeudesysteme.de/sto_g/English/APPLICATIONS/2CDC500057M0202_ApplikationsHB_shuttercontrol_EN.pdf
[Luettu 15.5.2014.]

Busch-Jaeger: *Busch-Jaeger and Miele. Together, Even Better. Two Strong Partners*

Pave the Way for the Intelligent House.
https://www.busch-jaeger.de/en/planning-implementation/miele/
[Luettu 26.5.2014]

Gira 2011: *Gira and Loewe. Integration of Loewe Devices in Gira Bulding Technology.*
www.gira.com/data2/18500900911.pdf
[Luettu 24.5.2014]

Jung: *The Intelligent System for Smart Buildings*.
http://downloads.jung.de/catalogue/pdf-catalogues/en/JUNG_KNX_Catalogue_EN_w.pdf
[Luettu 26.5.2014]

KNX Finland ry. *KNX – Ratkaisusi nykyaikaiseen rakentamiseen ja ohjauksiin.*
http://knx.fi/
[Luettu 13.5.2014.]

KNX Finland ry. *KNX Finland ry−Tietoa.*
http://knx.fi/index.php?k=220445
[Luettu 13.5.2014.]

Schneider Electric: *KNX. Kiinteistöautomaatioratkaisuja kaikenlaisiin rakennuksiin*.
http://www.schneider-electric.fi/documents/fi_luettelot/KNX_luettelo.PDF
[Luettu 26.5.2014]

Somfy: *KNX Blind Control Systems. KNX Blind Control System. Automatic Blind and Window Control*. http://www.somfy.com/uk_cbs/index.cfm?page=/uk_cbs/home/cbs/animeoeib
[Luettu 26.5.2014]

Suomen virallinen tilasto (SVT) 2014: *Rakennus ja asuntotuotanto* [verkkojulkaisu]. ISSN=1796-3257. Helsinki: Tilastokeskus.
http://www.tilastokeskus.fi/til/ras/2014/02/
[Luettu 14.5.2014.]

Tulikivi 2011: *Tulikiven uudet sähkökiukaat*. Tulikivi Oyj.
http://www.tulikivi.fi/uutiset/Tulikiven_uudet_sahkokiukaat
[Luettu 26.5.2014]

Ympäristöministeriö 2012: *D5. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta.*
http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma
[Luettu 15.5.2014.]

MUUT LÄHTEET

KNX-seminaari, Tampereen ammattikorkeakoulu, syksy 2012.

Piikkilä, Veijo 2011: *Valvomot ja etäkäyttö osa 1.* Tampereen ammattikorkeakoulun luentoaineisto. [Rajattu saatavuus.]

Piikkilä, Veijo (2012): KNX-sertifiointikokeen aineistokokonaisuus Tampereen ammattikorkeakoulussa. KNX Association. [Rajattu saatavuus.]

Stigzelius, Johan (2012), haastattelu sähköpostitse.

Sjöblom, Mikael (2012), haastattelu Tampereen ammattikorkeakoulun KNX-seminaarissa.

KNX-JÄRJESTELMÄ

Asiakkaan opas

Copyright:
Ville Haapavaara
2014

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO....1
2 KNX-TALOAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ....2
2.1 Järjestelmän tekniset yleisperiaatteet ja rakenne....2
2.2 Kustannukset....3
2.3 KNX-tekniikan tulevaisuus....4
3 MIKSI VALITA KNX-JÄRJESTELMÄ?....5
3.1 Asumisviihtyisyys....5
3.2 Energiatehokkuus....6
3.3 Turvallisuus....6
4 KNX-JÄRJESTELMÄN TOIMINNALLISET MAHDOLLISUUDET....8
4.1 KNX kotona....8
4.2 Valaistus....8
4.3 Lämmitys ja ilmanvaihto....11
4.4 Sälekaihtimet ja markiisit....13
4.5 Kodinkoneet....14
4.6 Viihdelaitteet....15
4.7 Turvallisuus ja valvonta....16
4.8 Etähallinta....18
4.9 Reaaliaikainen energiankulutuksen seuranta....18
5 MEILLE KNX-JÄRJESTELMÄ?....20
5.1 Miten liikkeelle....20
5.2 KNX-järjestelmän rakennusvaiheet....20
5.3 Muuntojoustavuus on investointi tulevaisuuteen....21
5.4 KNX-järjestelmän käyttöopas....22
6 KNX-JÄRJESTELMÄ TARKEMMIN....23
6.1 Rakenne....23
6.2 Ohjelmointi....23
6.3 Tiedonsiirto....24
TERMIT JA MÄÄRITELMÄT

1 JOHDANTO

KNX-taloautomaatiojärjestelmä on nykyaikainen tapa ohjata kodin sähkölaitteita ja muita rakennusten teknisiä kokonaisuuksia. Käyttämällä KNX-järjestelmän tarjoamia erilaisia ohjausmahdollisuuksia voidaan parantaa asunnon asumisviihtyisyyttä ja -turvallisuutta sekä optimoida kodin energiankulutusta. Järjestelmällä voidaan ohjata ja säätää automaattisesti monia kodin *toiminnallisia kokonaisuuksia*: valaistusta, lämmitystä, sälekaihtimia ja markiiseja sekä kodinkoneita ja viihdelaitteita. Suomessa KNX-tekniikalla toteutetaan tällä hetkellä jo satoja omakotitaloja ja kerrostaloja vuosittain. KNX:n suosiosta kertoo myös se, että asuntomessuilta löytyy joka vuosi kohteita, jotka on toteutettu KNX-tekniikalla. Myös muualla Euroopassa KNX on yleisesti käytössä. Esimerkiksi Keski-Euroopassa tekniikkaa on jo pitkään hyödynnetty niin sanottujen älytalojen ohjaustapana.

KNX-tekniikka perustuu vuonna 1990 European Installation Bus -nimisen yhdistyksen kehittämään EIB-nimiseen tekniikkaan. Kuusi vuotta myöhemmin nimi muuttui KNX:ksi, kun Europen Installation Bus yhdistyi EHS:n (European Home Systems) ja BCI:n (BatiBUS Club International) kanssa. Itse tekniikan perusteet pysyivät kuitenkin samana. Yhdistymisen myötä KNX:stä tuli myös laitevalmistajasta riippumaton ja avoin standardi EN50090, ISO/IEC 14543. Tämä tekee KNX-tekniikasta ainutlaatuisen, sillä se on maailman ensimmäinen avoimeen standardiin perustuva kotien ja rakennusten ohjausjärjestelmä. Käytännössä avoimuus turvaa kaikkien KNX-laitevalmistajien laitteiden toimimisen yhdessä sekä laitteiden taaksepäin yhteensopivuuden. Lisäksi järjestelmään voidaan takia liittää myös muita tekniikoita, kuten DALI.

Tämä opas tuo esille KNX-tekniikan tarjoamia mahdollisuuksia. Oppaan tavoitteena on parantaa asiakkaan tuntemusta KNX-järjestelmästä ja auttaa asiakasta valitsemaan toimintoja KNX-järjestelmäänsä. Näin varmistetaan jokaiselle KNX:stä unelmoivalle parhaat sähkötekniset ratkaisut ja omia tarpeita vastaava järjestelmä. Vaikka opas on ensisijaisesti suunnattu KNX-järjestelmää pohtiville ihmisille, löytyy oppaasta myös hyvää tietoa esimerkiksi sähkösuunnittelijoille.

Opas etenee seuraavanlaisesti. Lukujen yksi, kaksi ja kolme aikana esitellään KNX-tekniikan perusperiaatteita ja rakennetta sekä käsitellään niitä syitä, miksi KNX-järjestelmä on paras vaihtoehto oman asunnon teknisten kokonaisuuksien ohjaamiseen. Tämän jälkeen, luvussa neljä, perehdytään tarkemmin KNX-järjestelmän tarjoamiin ominaisuuksiin eli siihen, mitä kaikkea KNX käytännössä mahdollistaa. Luvussa viisi puolestaan neuvotaan, miten KNX-järjestelmän hankkimisessa on hyvä edetä ja selitetään järjestelmän rakennusvaiheet. Viimeisestä luvusta löytyy teknistä tietoa KNX-järjestelmästä, ja oppaan loppuun on vielä koottu selitykset oppaassa käytetyistä termeistä.

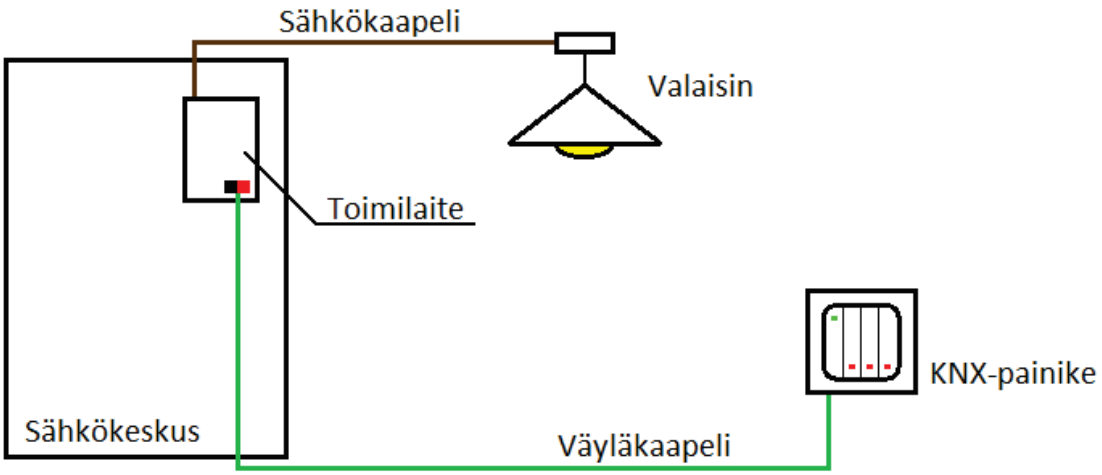
2 KNX-TALOAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

2.1 Järjestelmän tekniset yleisperiaatteet ja rakenne

KNX-järjestelmä perustuu avoimeen standardiin. Tämä tarkoittaa sitä, että eri valmistajien tekemät KNX-laitteet ovat keskenään yhteensopivia. Laitteiden yhteensopivuudesta on erityisesti hyötyä esimerkiksi järjestelmää hankittaessa, koska vastaavanlaisia tuotteita eri tarkoituksiin löytyy useilta eri valmistajilta – tuotteita voidaan siis kilpailuttaa ja valita päältä paras ja edullisin vaihtoehto. Käytännössä avoimuus pitää hinnat hyvinkin asiakasystävällisinä. Laitteiden yhteensopivuudesta on lisäksi hyötyä esimerkiksi mahdollisen laitevian aikana. Tällöin uuden laitteen etsiminen on helppoa ja nopeaa, koska vastaavia tuotteita on tarjolla paljon, eikä korvaavan osan tarvitse olla saman valmistajan kuin mitä entinen on.

Tekniikaltaan KNX on *helppo ja käytännöllinen.* KNX:llä voidaan toteuttaa lukematon määrä erilaisia kodin sähköteknisiä ohjauksia, mikä mahdollistaa järjestelmän toimimisen juuri niin kuin kukin haluaa. Järjestelmän avulla kodista ja sen sähköisistä toiminnoista saa toisin sanoen hyvinkin yksilöllisen ja omanlaisensa.

KNX-taloautomaatiojärjestelmä näyttää ulkoisesti hyvin samanlaiselta kuin perinteinenkin sähköasennus. Ainoastaan erilaiset näytölliset ohjauspaneelit tai painikkeet erottavat KNX-järjestelmän tavallisesta sähköasennuksesta. Tarvittavat KNX-painikkeet ja pistorasiat asennetaan seiniin, ja kattoon varataan pistorasiat valaisimille, kuten tavallisestikin. Pinnan alla kaikki on kuitenkin toisin. Laitteet, joita tarvitaan KNX-järjestelmän automaattiseen toimimiseen, kytketään yhteen käyttäen *väylää*. Väylä on kaapeli, joka kulkee talossa seinien ja kattojen välissä yhdistäen kaikki KNX-laitteet (kuten erilaiset painikkeet, ohjauspaneelit sekä mitta- ja toimilaitteet) toisiinsa. Koska kaikki rakennuksessa käytettävät KNX-laitteet on kytketty toisiinsa, minkälainen kytkentä tahansa on mahdollinen – vain mielikuvitus on rajana.



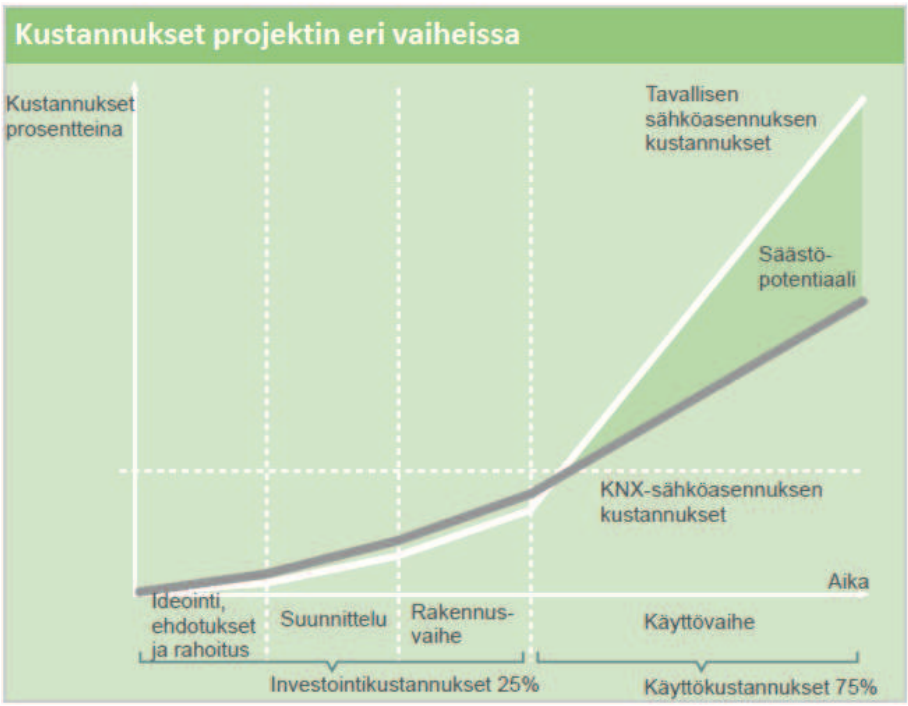
Kuva 1: KNX-järjestelmän rakenne.

Käytännössä KNX-järjestelmä toimii seuraavanlaisesti: KNX-painikkeilta, -ohjauspaneeleista tai -mittalaitteista lähtee väylää pitkin ohjelmallinen viesti KNX-toimilaitteelle. Toimilaitteet puolestaan ohjaavat kaikkia KNX-järjestelmään kytkettyjä toiminnallisia kokonaisuuksia. Viestin saatuaan toimilaite toteuttaa toiminnon: sytyttää valaisimen, säätää venttiiliä tai ohjaa verhomoottoria. Väylä on kuin postinkantaja, joka vie viestin perille, ja toimilaite varmistaa, että viestin sisältö toteutuu.

KNX-järjestelmä on myös hajautettu. Jokainen KNX-laite on kuin oma pieni tietokoneensa, joka keskustelee muiden laitteiden kanssa. Käytännössä tämä tarkoittaa, että vaikka kaikki KNX-laitteet ovat kytköksissä toisiinsa väylää pitkin, tiettyyn laitteeseen tullut vika ei vaikuta muuhun järjestelmään. Laitteen vioittuessa muut järjestelmän laitteet jatkavat toimintaansa normaalisti. Koska tekniikka on standardisoitu, on järjestelmään sijoittaminen ja sen käyttö riskitöntä.

2.2 Kustannukset

KNX-järjestelmä pienentää asumisesta koituvia käyttö- ja ylläpitokustannuksia. Alla olevaan kuvaan on havainnollistettu KNX-rakennusprojektista syntyvät kustannukset projektin eri vaiheissa (ideointi-, suunnittelu-, rakennus- ja käyttövaihe) ja verrattu niitä tavalliseen sähköasennukseen ja siitä aiheutuviin investointi- ja käyttökustannuksiin. Kuvassa valkoinen viiva esittää tavallista sähköasennusta ja harmaa KNX-järjestelmää:



Kuva 2: Kustannukset projektin eri vaiheissa.

Kuvasta käy ilmi, että vaikka KNX-järjestelmän kohdalla kyseessä on korkeatasoinen kodin automaatio, ei järjestelmän asentaminen ole juurikaan tavallista sähköasennusta kalliimpaa. KNX-projektina ja tavallisena sähköasennusprojektina toteutetun rakennuksen sähköasennuksen investointikustannukset ovat miltei samat. Ja vaikka investointikustannukset ovat lähes samat, saa KNX-järjestelmään sijoittamalla käytännössä kaupanpäällisinä lukuisia hyödyllisiä ominaisuuksia, jotka olisivat tavallisella sähköasennuksella tehden selvästi kalliimpia toteuttaa.

Selkein säästö ja KNX:n potentiaali tulee ilmi kuvan seuraavasta osiosta eli käyttökustannuksista, joissa on jo havaittavissa hyvin selkeä ero tavalliseen sähköasennukseen verrattuna. Automaattisesti ohjatut KNX-sähköjärjestelmät kuluttavat vähemmän energiaa, jolloin rahaa säästyy. Tämä tarkoittaa, että KNX-järjestelmä maksaa itsensä takaisin 2-5 vuoden kuluessa säästöinä energiakustannuksissa. Takaisinmaksuaika on sitä lyhyempi, mitä suuremmat talon huoneet ovat. Joka tapauksessa takaisinmaksuaika on lyhyt suhteessa siihen, miten kauan talossa asutaan. Kaikki takaisinmaksuajan jälkeen säästetty raha on kotiin päin.

KNX-järjestelmään voidaan tehdä muutoksia vielä hyvin myöhäisessä vaiheessa järjestelmän rakentamista ja jopa asunnon valmistuttua, mikä myös vaikuttaa kustannuksia säästävästi. Perinteisen sähköasennuksen myöhempi muokkaaminen aiheuttaa aina lisäkustannuksia, kun taas KNX-järjestelmällä ja sen joustavuudella voidaan säästää isoja summia rahaa asunnon sähköjärjestelmää viimeisteltäessä.

KNX-tekniikkan potentiaali säästää merkittäviä summia liittyy sen järjestelmän rakenteeseen. Muokkaamis- ja viimeistelyvaiheessa lisäkustannuksia ei tule, kun uudet toiminnot voi ohjelmoida suoraan järjestelmään sen sijaan, että perinteisessä sähköasennuksessa jouduttaisiin kajoamaan talon pintojen alla lymyileviin, jo tehtyihin sähköasennuksiin. Ohjelmoinnin avulla KNX:llä voidaan lisäksi toteuttaa sellaisia ohjauksia, jotka olisivat tavallisella sähköasennustekniikalla hyvin kalliita, elleivät jopa mahdottomia.

2.3 KNX-tekniikan tulevaisuus

KNX-tekniikan tulevaisuus näyttää valoisalta. Jo nyt KNX-tuotevalikoimassa on yli 7000 tuotetta yli 300 tuotevalmistajalta. Tuotevalmistajien määrä on kasvanut viimeisten neljän vuoden aikana yli sadalla, ja niiden määrä lisääntyy jatkuvasti. Tekniikan suosio kannustaa entisestään lisää erilaisia toimijoita KNX:n pariin, ja tällä hetkellä mukana on niin suuria laitevalmistajia kuin myös pienempiä toimijoita. Yritysten määrän kasvaessa myös tuotekehityksen eteneminen on taattu: markkinoille tulee jatkuvasti yhä parempia KNX-tuotteita. Tekniikan suosio kasvattaa kilpailua tuotteiden lisäksi myös KNX-urakoinnin saralla, jossa tilanne tukee ennen kaikkea asiakasta: asentajien ja suunnittelijoiden tuntemus tekniikasta parantuu koko ajan ja asiakkaalla on varaa valita entistä upeampia KNX-järjestelmiä asiakasystävällisin hinnoin.

KNX:n valoisasta tulevaisuudesta kertoo myös sen *globaalisuus.* KNX on käytössä Afrikkaa lukuun ottamatta kaikilla mantereilla. Euroopassa sitä hyödynnetään lähes kaikissa valtioissa ja Yhdysvalloissa, Kanadassa, Venäjällä, Kiinassa, Intiassa ja Australiassa järjestelmän suosio kasvaa jatkuvasti. KNX valtaa tasaisesti älytalomarkkinoita, ja kolmessa vuodessa sen osuus niistä on kasvanut 11 %. Vuosittaisesta menestyksestä kertoo myös se, että esimerkiksi vuonna 2012 KNX:n osuus koko maailman älytalomarkkinoista oli huikeat

74 %. Markkinaosuuden kasvu on suoraan verrannollinen KNX-tekniikan lisääntyvän käytön kanssa. Mitä tutummaksi tekniikka tulee ihmisille, sitä enemmän sen tarjoamia mahdollisuuksia halutaan myös hyödyntää.

3 MIKSI VALITA KNX-JÄRJESTELMÄ?

3.1 Asumisviihtyisyys

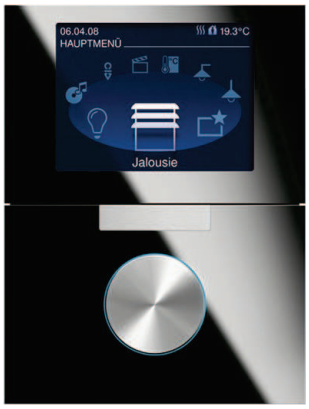
Asuinrakennuksissa KNX-järjestelmä tuo arkeen luksusta ja lisää asumisviihtyisyyttä. KNX-järjestelmän avulla arki on sujuvaa ja asuminen helppoa, kun kodin teknisiä kokonaisuuksia ohjataan automaattisesti. Napin painalluksella hoituvat kaikki asiat kätevästi ja näppärästi ja itse voi rauhassa keskittyä vain elämiseen.

KNX-sähkökalusteet ovat tyylikkäitä, ja ne voidaan huomioida sisustuksessa. Elegantit kosketusnäytöt (eli ohjauspaneelit) sisustuselementteinä tuovat ylellisyyden tuntua tilan yleisilmeeseen. Lisäksi tarjolla on useita eri muotoisia ja laatuisia painikkeita, kuten teräksisiä ja alumiinisia, joita on saatavilla useissa väreissä. Painikkeet ovat yksilöitävissä värin lisäksi myös muilla tavoilla: niihin on saatavilla erilaisia tekstejä tai symboleita kullekin eri toiminnolle. Kosketusnäyttöjä on saatavilla useissa eri kokoluokissa, joten halutessaan niistä saa myös hyvin huomaamattomia.

Kuvat 3 ja 4: Kosketusnäytölliset ohjauspaneelit.

Asumisviihtyisyyttä lisää se, että KNX-järjestelmän eri toimintoja voidaan ohjata ja säätää yhdeltä kosketusnäytöltä. Jokaista huonetta ei siis tarvitse varustaa erillisellä näytöllä. Näin kaikki kodin sähköiset toiminnallisuudet, sijainnistaan riippumatta, ovat kätevästi ohjattavissa yhdeltä näytöltä: siltä voi vaikkapa luoda tunnelmallisia valaistustilanteita olohuoneeseen ja säätää samalla eteisen huonelämpötilan sopivaksi. Jopa kiuas on mahdollista yhdistää KNX-järjestelmään ilman kiukaan omaa ohjauspaneelia. Koko KNX-järjestelmää on mahdollista ohjata myös tablet-tietokoneella ilman kosketusnäyttöä.

Kosketusnäytön lisäksi on olemassa *huonekohtaisia ohjauspaneeleja eli huoneohjaimia.* Huoneohjaimet sisältävät useimmiten pienen näytön, ja niillä voidaan ohjata kussakin huoneessa yksilöllisesti esimerkiksi valaistusta ja lämmitystä. Huoneohjaimia ja kosketusnäyttöjä voidaan käyttää rinnakkain.



Kuva 5: Huoneohjain.

3.2 Energiatehokkuus

KNX-järjestelmä on erittäin energiatehokas kokonaisuus. Järjestelmien automaattinen ohjaaminen ei siis pelkästään lisää asumisviihtyisyyttä vaan samalla asumisesta tulee merkittävästi edullisempaa. *Pienempi energiankulutus perustuu siihen, että kun kodin sähköteknisiä kokonaisuuksia ohjataan automaattisesti, energiaa käytetään aina optimaalinen määrä.* Tällä tavoin voidaan laskea energian kokonaiskulutusta. Kodin energiakulutuksen pieneneminen ei kuitenkaan vaikuta alentavasti asumisviihtyisyyteen tai -turvallisuuteen – pikemminkin nämä kaikki kulkevat rinnakkain ja tukevat toinen toistaan. Energiaa kuluu vähän, kun jokaisella toiminnolla on selkeä käyttötarkoitus.

Kohteita, joissa KNX-järjestelmän avulla voidaan energiaa säästää, on lukemattomia. Eri huoneiden lämpötiloja voidaan esimerkiksi ohjata ja säätää erikseen: oleskelutilojen lämpötiloja voidaan pitää asteen tai pari korkeammalla kuin makuuhuoneiden, ja koko asunnon lämpötilaa voidaan laskea muutamalla asteella silloin, kun koti jää tyhjilleen – vanhan sanonnan mukaan lämpö ei siis mene harakoille. Huonelämpötilojen säätely kannattaa myös taloudellisesti. Jo yhden asteen pudotus huonelämpötilassa säästää noin 5 % lämmitysenergiaa. Energiaa säästyy myös esimerkiksi toteuttamalla valaisinten ohjaaminen liiketunnistimien avulla, jolloin valot eivät jää päälle pitkäksi aikaa silloin, kun niitä ei tarvita. On tutkittu, että tällainen liiketunnistimien käyttö valaistuksessa vähentää energian kulutusta valaistuksen osalta 15 %.

3.3 Turvallisuus

KNX-järjestelmällä voidaan myös parantaa kodin turvallisuutta lukuisin eri keinoin. Esimerkiksi kodin sisätilojen kosteusvalvonta ja paloturvallisuuden valvonta on helppo toteuttaa. Järjestelmällä on myös mahdollista toteuttaa asumista simuloiva läsnäoloasetus, joka pitää ei-toivotut vieraat loitolla silloin, kun kukaan ei ole kotona. Turvallisuutta parantavat laitteet ovat lisäksi huomaamattomia.

Mikäli KNX-järjestelmään halutaan liittää erillinen turvallisuusjärjestelmä, kuten hälytys- tai valvontajärjestelmä, on sekin helppoa avoimen standardin ansiosta: toinen järjestelmä voi toimia osana KNX-järjestelmää.

4 KNX-JÄRJESTELMÄN TOIMINNALLISET MAHDOLLISUUDET

4.1 KNX kotona

KNX-järjestelmä tarjoaa kolmen piirteen toimivan kokonaisuuden. Nämä piirteet ovat edellä käsitellyt asumisviihtyisyys, energiatehokkuus ja turvallisuus. Jokainen KNX-laite tukee ja toteuttaa kaikkia näitä kolmea tärkeintä ominaisuutta.

Seuraavissa alaluvuissa käsitellään yksityiskohtaisesti, mitä KNX-järjestelmällä voidaan käytännössä tehdä. Alaluvuissa käydään läpi kaikki kodin sähköiset toiminnalliset kokonaisuudet ja esitellään niihin kuuluvia esimerkkejä. *Toiminnalliset kokonaisuudet ovat seuraavat: valaistus, lämmitys ja ilmanvaihto, sälekaihtimet ja markiisit, kodinkoneet ja viihdelaitteet.* Lisäksi omat kokonaisuutensa muodostavat alaluvut, joissa käsitellään kodin turvallisuutta ja valvontaa, etähallintaa sekä energiankulutuksen seurantaa.

4.2 Valaistus

KNX-järjestelmä mahdollistaa asunnon valaistuksen ohjaamisen monin eri tavoin. Valaistusta ohjaamalla voidaan nopeasti muuttaa tilan tunnelmaa ja säästää energiaa. Kodin valaistus on tärkeä osa asumisviihtyisyyttä, mutta valaistuksen ohjaamisella on myös useita arkea helpottavia ominaisuuksia.

KNX-järjestelmän valaistusta voidaan ohjata samalla tavalla kuin tavallisellakin sähköasennuksella asennettua valaistusta. Seiniin asennettavilla painikkeilla voidaan ohjata valaistusta päälle ja pois ja myös himmentää tai korostaa valaistusta. Erityisen KNX-järjestelmän valaistuksen ohjauksesta tekee mahdollisuus yhdistää se muiden järjestelmän toimintojen kanssa. Valaistus voidaan esimerkiksi ohjelmoida toimimaan yhdessä sälekaihtimien ja markiisien kanssa, joka mahdollistaa päivänvalon hyödyntämisen valaistuksessa ja täten maksimoi energiansäästön. Valaistusantureiden avulla järjestelmä huomaa mahdollisuuden hyödyntää auringonvaloa valaistuksessa ja avaa tarvittaessa automaattisesti kaihtimia. Päivän pimetessä järjestelmä taas kytkee valaistusta päälle, kun päivänvaloa ei ole enää saatavilla.

Seuraavassa taulukossa on lueteltuna eri toiminnalliset ominaisuudet valaistukselle. Taulukossa vasemmalla ovat ominaisuudet, jotka on selitetty auki taulukon oikeassa sarakkeessa, kukin omalla rivillään. Jokaista selitystä seuraa myös lyhyt esimerkki, jossa kyseistä toiminnallista ominaisuutta on hyödynnetty.

Päälle/pois-kytkentä	Painikkeen painallus sytyttää tai sammuttaa valot riippuen kytkentätilasta. Yhtä valoa voidaan ohjata usealla painikkeella ja yhdellä painikkeella useaa valoa. **Esimerkiksi:** Napin painalluksesta kaikki olohuoneen valaisimet syttyvät.

Päälle/pois-kytkentä viiveellä	Toiminto, jossa lamppujen syttyminen tai sammuminen tapahtuu lyhyen ajan kuluttua napin painalluksesta. **Esimerkiksi:** Tämä toiminto on hyödyllinen tilanteissa, joissa halutaan esim. kotona-kytkentä. Tällöin useat asunnon valot syttyvät samaan aikaan. Jotta vältytään suurelta hetkelliseltä kuormituspiikiltä, voidaan valot ohjata päälle hiukan eri aikaan, toiset hiukan toisia ennen.
Valaistusryhmät	Valaistusryhmä koostuu useasta valaisimesta, jota ohjataan yhdellä napin painalluksella. **Esimerkiksi:** Valaistusryhmä-ominaisuudella voidaan ohjata päälle ja pois useita valaisimia samanaikaisesti. Ominaisuudella toteutetaan myös kotona/poissa-kytkentä, jossa esimerkiksi eteiseen tai tuulikaappiin sijoitetusta painikkeesta katkaistaan valot kaikista asunnon valaisimista samanaikaisesti.
Himmennys	Himmennys säätelee valaisimen kirkkautta. Valaistuksen himmentämiseen ei välttämättä tarvitse omaa painikettaan, vaan sen voi tehdä esim. KNX-painikkeen pitkällä painalluksella, kun lyhyt painallus sammuttaisi valaistuksen. Himmennys-ominaisuutta hyödyntäen toteutetaan myös valaistustilanteet. **Esimerkiksi:** Valaisin syttyy napin painalluksesta. Kun samaa nappia painetaan uudestaan ja pidetään painettuna, valaisin himmenee. Kun napin painaminen lopetetaan, jää valaisin siihen valaistustehoon, jossa se oli, kun sormi nostettiin napilta.
Ns. rappukäytävävalaistus	Valot syttyvät napin painalluksesta tietyksi ajaksi, jonka jälkeen ne sammuvat automaattisesti. On myös mahdollista tehdä kytkentä, missä seuraava painallus pidentää valojen päälläoloaikaa. **Esimerkiksi:** Varaston valaisin on asetettu toimimaan rappukäytävävalaistuksen tavoin. Näin valot eivät voi jäädä päälle varastoon vahingossa, mikä säästää valaisimen lamppua ja energiaa.

Aikaohjaus

Aikaohjauksella valot voidaan ohjata päälle ja pois haluttuina kellonaikoina. Aikaohjauksen voi tehdä erikseen jokaiselle viikonpäivälle tai jokaiselle päivälle vuodessa.

Esimerkiksi: Aikaohjausta hyödyntämällä toteutetaan kappaleessa 3.3 mainittu läsnäolosimulointi. Valaisimet syttyvät ja sammuvat aikaohjelman mukaan siten, että talo näyttää asutulta

Liike- ja läsnäolotunnistus

Liike- ja läsnäolotunnistimin ohjattu valaistus syttyy, kun tunnistimet havaitsevat ihmisen tilassa. Tunnistinohjattu valaistus ei tarvitse erillistä päälle/pois-kytkintä. Tunnistimia on saatavilla seiniin, kattoon ja kojerasioihin asennettuja malleja. Tunnistimilla on rajattu tunnistusalue, mutta useammalla tunnistimella voidaan suurentaa tunnistusaluetta.
Liiketunnistimilla ohjattaviksi valaisimiksi sopivat hyvin esimerkiksi tiloihin, joihin mennään usein suurten kantamusten kanssa. Tällaisia tiloja ovat esimerkiksi eteinen ja käytävät sekä kodinhoitohuone.

Esimerkiksi: Nukkumaan mentäessä napin painalluksesta valaisimet asettuvat seuraamaan liikettä. Valaisimet syttyvät palamaan himmeästi yöllä pimeässä, kun talon asukas etsii tietään WC-tiloihin. Pimeässä ei tällöin tarvitse metsästää valaistuspainikkeita.

Jatkuva ohjaus

Jatkuva valaistuksen ohjaus tehdään mittaamalla valon määrää huoneen sisältä. Valon määrä mitataan kattoon asennettavalla anturilla, joka mittaa valon määrää suoraan alapuolelta. Valaistus säätyy siten, että huoneessa on aina ihanteellinen määrä valoa. Jatkuva ohjaus voidaan asettaa päälle esim. päällä/pois-kytkimellä, liike- ja läsnäolotunnistimilla tai aikaohjauksen avulla. Myös verhot ja markiisit voidaan yhdistää toimimaan yhdessä jatkuvan ohjauksen kanssa, jolloin päivänvaloa hyödynnetään valaistuksessa silloin kun se on mahdollista.

Esimerkiksi: Jatkuvalla ohjauksella halutaan pitää työhuoneen valaistus työpöydän luona optimaalisena. Valoisuusanturin tulisi tällöin sijaita kirjoituspöydän yläpuolella, jolloin valon määrä voidaan pitää työskennellessä sopivana. Valaistus säätyy automaattisesti valon määrän mukaan, jolloin valoa on työpisteessä aina optimi määrä ja työskentely on siten mukavampaa.

Valaistustilanteet	Valaistustilanteet ovat ennalta ohjelmoituja tilanteita valaistukselle. Ohjattuja valaisimia voi olla useita, ja valaisinten halutun tilan voi säätää yksitellen. Tila voi olla mikä tahansa 0 – 100 % valaistustehosta. Valaistustilanteita voidaan ohjata painikkeilla, liike- ja läsnäolotunnistimilla tai ajastimilla. **Esimerkiksi:** Olohuoneeseen tehdään kolme valaistustilannetta. Ensimmäinen valaistustilanne on oleskelua varten, jossa valaistusta on himmennetty luomaan rauhallista tunnelmaa. Toinen valaistustilanne on elokuvan katselua varten, jossa valaisimet ovat selvästi himmennettyinä. Kolmas valaistustilanne on siivousta varten, jolloin valaisimet ovat kokonaan päällä.

Yksi mahdollisuus on liittää KNX-järjestelmään *DALI-tekniikkaa.* DALI on digitaalinen osoitteellinen valaistuksenohjausjärjestelmä. DALI-gateway-laitteiden avulla DALI-valaistustekniikan käyttö on mahdollista KNX-järjestelmässä. Valaitus toimii yhdistämällä DALI-liitäntälaitteet DALI-gateway:n kautta KNX-järjestelmään.

4.3 Lämmitys ja ilmanvaihto

KNX-järjestelmällä voidaan automaattisesti hallita kodin lämmitystä ja ilmanvaihtoa. Automaattisella ohjaamisella on merkittäviä vaikutuksia asumisviihtyisyyden lisäksi varsinkin energiankulutukseen.

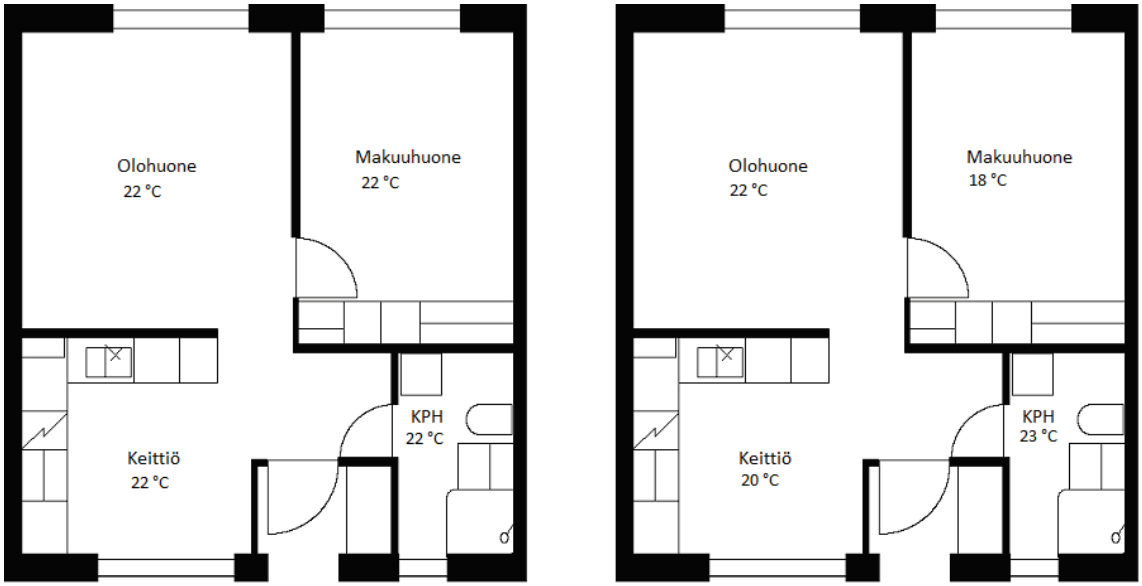
KNX-järjestelmällä lämmitystä voidaan ohjata esimerkiksi

- huonekohtaisesti
- liike- tai läsnäolo-ohjattuna
- aikaohjattuna.

Huonekohtaisuus

Ohjaamalla eri tilojen lämmitystä huonekohtaisesti maksimoidaan asumismukavuus ja säästetään energiaa. Huonekohtaisella lämmityksen säädöllä saadaan joka huoneeseen optimaalinen lämpötila.

Seuraavassa kuvassa on havainnollistettu, miltä huonekohtainen lämmityksen säätö näyttää:



Kuva 6: Huonekohtainen lämmitys (vasemmalla tavallinen sähköasennus, oikealla KNX).

Tavallisella sähköasennuksella toteutetussa kodissa jokaisen huoneen lämpötila on suunnilleen sama. *KNX-järjestelmän avulla jokaisella huoneella on taasen oma säädelty lämpötilansa.* Kuvan kuusi esimerkissä makuuhuoneen lämpötila on asetettu muutama aste tavallista pienemmäksi, sillä viileässä on parempi nukkua. Olohuoneen lämpötila on puolestaan asetettu siten, että tilassa on mukava oleskella. Lämpötila asettuu aina halutulle tasolle automaattisesti ilman sen suurempaa vaivaa ja pysyy sillä tasolla, vaikka ulkolämpötila muuttuisi.

Jotta kodin lämmitystä voidaan kuvan mukaisesti ohjata automaattisesti ja asettaa jokaiselle huoneelle omat lämpötilat, on huoneiden lämpötilaa pystyttävä seuraamaan. Tähän tarkoitukseen on erilaisia lämpötila-antureita, jotka voivat olla joko omia erillisiä laitteitaan tai integroituina erilaisiin painonappeihin tai kosketusnäyttöihin, jolloin ne ovat täysin huomaamattomia. Anturit lähettävät KNX-järjestelmään tietoa lämpötilamuutoksista. Näihin muutoksiin KNX-järjestelmä tarvittaessa puuttuu säätämällä joko suoraan esimerkiksi lattialämmitystä tai muuttamalla patterien venttiilin asentoa. Kodin lämmitysmuodolla ei ole väliä, sillä KNX-järjestelmä voidaan helposti asettaa säätämään mitä tahansa lämmitystapaa automaattisesti.

Huonekohtaista lämmitystä voidaan hyödyntää myös kotona/poissa-kytkennän kanssa. Kun kotoa ollaan pois pidemmän aikaa, voidaan lämpötila tiputtaa helposti nappia painamalla muutamalla asteella koko talossa. Lämmityksen ja ilmanvaihdon on kuitenkin suotavaa olla aina edes osittain päällä.

Liike- ja läsnäolo-ohjattavuus sekä aikaohjattavuus

Huonekohtaisuuden lisäksi lämmitystä voidaan ohjata automaattisesti esimerkiksi liike- ja läsnäolotunnistimin tai aikaohjauksen avulla. Liike- ja läsnäolo-ohjattavuus perustuu siihen, että huoneita lämmitetään vain silloin, kun siellä on ihmisiä. Aikaohjauksen avulla lämpötiloja voidaan puolestaan

huonekohtaisesti tiputtaa muutamalla asteella esimerkiksi öisin tai kun asukkaat ovat töissä tai koulussa. Nämä kaksi ohjausta on myös mahdollista yhdistää, jolloin aikaohjauksella ohjataan niin sanottu peruslämmitys.

Ilmanvaihto

Kodin ilmanvaihtoa on myös mahdollista ohjata automaattisesti. Tällöin huoneesta mitataan lämpötilan lisäksi ilman hiilidioksidipitoisuutta sekä ilmankosteutta. Anturi lähettää mittaustuloksista tietoa KNX-järjestelmään, mihin järjestelmä tarvittaessa reagoi automaattisesti esimerkiksi säätämällä ilmanvaihtoa voimakkaammalle, mikäli hiilidioksidipitoisuus huoneessa nousee yli käyttäjän asettaman rajan.

Yksi monista mahdollisuuksista säästää energiaa on asentaa tuuletusikkunoihin *pienet ikkunakoskettimet*. Ikkunan avaaminen talvella johtaa nopeaan sisälämpötilan putoamiseen. Normaalisti tämä kytkisi lämmityksen täydelle teholle. KNX-järjestelmässä ikkunoihin asennetut koskettimet ja lämmitysjärjestelmä voidaan kytkeä toimimaan yhteen niin, ettei ikkunoiden avaaminen vaikuta lämmitykseen, eikä lämmitysenergiaa mene hukkaan. Tästä on hyötyä erityisesti kylmällä säällä.

4.4 Sälekaihtimet ja markiisit

KNX-järjestelmän avulla on mahdollista ohjata automaattisesti myös sälekaihtimia ja markiiseja. Hellepäivinä kaihtimet estävät aurinkoa häikäisemästä sisätiloissa olevia ja huoneita lämpenemästä liikaa, jotta sisällä olisi mahdollisimman mukava olla.

Markiiseihin ja kaihtimiin liittyvät tärkeimmät KNX-ohjauspiirteet:

- manuaalinen ohjaus
- aikaohjaus
- sääasemien hyödyntäminen ohjauksessa.

Manuaalinen ohjaus

Yksi mahdollisuus on tehdä kaihdinten ja markiisien ohjaus siten, että se toimii manuaalisesti suoraan käyttäjän käskystä. Tällöin ohjaus toteutetaan esimerkiksi käyttämällä samanlaisia painikkeita, joilla ohjataan valaistusta tai säätämällä niitä kauko-ohjaimella tai kosketusnäytön avulla. Jotta kaihtimia ja markiiseja voidaan ohjata, täytyy niihin asentaa erilliset ohjainmoottorit. Moottorit ovat hiljaisia ja visuaalisesti huomaamattomia.

Aikaohjaus

Myös valaistuksen ja lämmityksen kohdalla tutuksi tullutta aikaohjausta voidaan käyttää hyödyksi sälekaihtimia ja markiiseja ohjatessa. KNX-järjestelmä voidaan asettaa toimimaan siten, että markiisit laskeutuvat kesäpäivinä automaattisesti estäen suoran auringonvalon pääsyn kodin sisälle. Kaihtimet voidaan asettaa säätymään myös niin, että vain aurinkoisella puolella taloa olevien ikkunoiden sälekaihtimet

sulkeutuvat. Näin sisäilman lämpötila pysyy tasaisena ja viileänä. Illalla KNX-järjestelmä osaa automaattisesti taas sulkea kaihtimet, jotta vältytään urkkivilta katseilta kodin ulkopuolelta.

Sääasemaohjattu

KNX-järjestelmä osaa myös käyttää sääasemien tarjoamaa tietoa itsenäisesti. Tästä on hyötyä varsinkin markiisien kohdalla, kun esimerkiksi sääaseman havaitessa navakoituvaa tuulta KNX-järjestelmä sulkee markiisit automaattisesti ja nostaa ne ylös. Näin vältytään siltä riskiltä, että markiisit vahingoittuisivat kovassa tuulessa silloin kun ketään ei ole kotona.

Kuva 7: Terassimarkiisi antaa suojaa suoralta auringonvalolta.

4.5 Kodinkoneet

Kodinkoneiden ohjaaminen KNX-järjestelmällä helpottaa arkea ja tekee asumisesta huolettomampaa.

KNX-järjestelmällä kodinkoneita voidaan ohjata seuraavien ominaisuuksien avulla:

- älykäs kodinkoneohjaus
- pistorasiaohjaus.

Älykäs kodinkoneohjaus

Älykäs kodinkoneohjaus on toiminto, jossa KNX-järjestelmä ja kodinkone keskustelevat keskenään.

Esimerkiksi pyykinpesukonetta ja astianpesukonetta on mahdollista ohjata älykkäästi KNX-järjestelmällä. Tällöin on mahdollista lukea kodinkoneen ohjelman jäljellä oleva kesto vaikka kosketusnäytöltä. Tästä on hyötyä tilanteessa, jossa pesukoneet sijaitsevat kauempana oleskelutiloista, kuten esimerkiksi kellarissa. Samaten, kun KNX-järjestelmällä ohjataan älykkäästi kodinkonetta, keskeneräinen pesuohjelma on mahdollista asettaa tauolle painamalla kotona/poissa-painiketta. Kotiin palatessa kone jatkaa pesuohjelmaa automaattisesti siitä, mihin se on asukkaan kotoa poissa lähtiessä jäänyt. KNX-järjestelmällä voidaan älykkäästi ohjata astianpesukonetta, uunia ja liesituuletinta sekä pyykinpesukonetta.

Pistorasiaohjaus

Pistorasiaohjaukset ovat yksinkertaisia ohjauksia, joissa laitteelta kytketään sähkö pois katkaisemalla sähkönsyöttö kyseiselle pistorasialle. Pistorasiaohjaukset ovat hyödyllisiä varsinkin kahvinkeittimen ja silitysraudan kohdalla. Pistorasiat voidaan asettaa jännitteettömiksi poissa-painiketta painamalla. Tällöin ei tarvitse kotoa poissa ollessa murehtia, jäikö jokin laite päälle. Tällaisia laitteita on muitakin, kuten esimerkiksi liesi ja uuni. Tarpeelliset pistorasiaohjaukset päätetään yhdessä suunnittelijan kanssa.

4.6 Viihdelaitteet

A / V

Viihdelaitteiden, erityisesti television ja audiojärjestelmän, ohjaaminen KNX-järjestelmän avulla parantaa asumisviihtyisyyttä. Näiden laitteiden ohjaaminen nostaa myös kodin asumisturvallisuuden tasoa.

Seuraavia viihdelaitteita voidaan hyödyntää KNX-järjestelmässä:

- televisio
- audiojärjestelmät.

Televisio

Kun televisio yhdistetään toimimaan KNX-järjestelmässä, muuttuu televisio suureksi, kauko-ohjattavaksi *ohjauspaneeliksi.* Television kautta voidaan suorittaa kaikki samat ohjaustoimenpiteet kuin kosketusnäytöltäkin. Myös viihdelaitteiden kohdalla KNX-järjestelmä toimii molempiin suuntiin. Tällöin on mahdollista esimerkiksi sammuttaa televisio kotona/poissa-kytkimellä kotoa pois lähdettäessä.

Televisioon on myös mahdollista saada eri *hälytysviestejä,* kuten lämmitysjärjestelmän virheilmoitus, pesukoneen vuotohälytys tai palohälytys. Myös liiketunnistimet voivat lähettää hälytysviestin televisioon, jos ne havaitsevat ei-toivottua liikettä puutarhassa. Tällaisessa tilanteessa järjestelmä voi esimerkiksi kysyä käyttäjältä, haluaako hän nostaa kaihtimet. Tilanteiden luonti sovitaan yhdessä suunnittelijan kanssa.

Televisioon voidaan tuoda myös *kuvaa ovipuhelimelta*. Kun ovikello soi, voidaan ulkona olevalta ovipuhelinyksiköltä tuodaan kuva televisiolle. Ulko-ovi voidaan avata vain kaukosäätimen näppäintä painamalla.

Audiojärjestelmät

KNX-järjestelmään on lisäksi mahdollista liittää audiojärjestelmiä. Erilaisia audiojärjestelmiä on monia. Yksinkertaisimmilla järjestelmillä voidaan toistaa ääntä eri huoneissa useista eri lähteistä, kuten CD-soittimesta tai radiosta. Tällöin voidaan huonekohtaisesti valita äänilähde sekä säätää äänenvoimakkuus. Älykkäämmillä audiojärjestelmillä voidaan luoda asuntoon monia niin sanottuja *äänialueita.* Jokaiseen äänialueeseen on valittavissa omaa musiikkia. Äänialueet voidaan luoda esimerkiksi seuraaville tiloille: olohuone, makuuhuoneet ja kylpyhuone. Musiikkia ohjataan erillisiltä musiikin ohjaamiseen tarkoitetuilta paneeleilta tai pienemmistä ohjausyksiköistä.

KNX-järjestelmään liitetyn audiojärjestelmän avulla musiikkia voidaan *liittää yhteen valaistustilanteiden kanssa.* Tällöin musiikki saadaan helposti ja nopeasti sovitettu yhteen tilan muun tunnelman kanssa. Musiikkia voidaan toistaa tavallisista CD-soittimista, radiosta tai ohjauspaneeliin yhdistetyltä USB-tikulta tai muistikortilta. Älykkäämpien järjestelmien kohdalla musiikki toistetaan esimerkiksi erillisen ääniserverin kautta. Ääniserverit ovat palvelimia, joille musiikki on tallennettu. Musiikintoistoa voidaan ohjata esimerkiksi tietokoneella tai älypuhelimella.

Audiojärjestelmän kautta voidaan toistaa myös esimerkiksi *palohälytysäänet.* Savuilmaisimien havaitessa savua audiojärjestelmän kaiuttimet toistavat hälytysäänen kodin eri tiloihin.

4.7 Turvallisuus ja valvonta

Useita KNX-järjestelmän laitteita voidaan käyttää laitteen ensisijaisen käyttötarkoituksen lisäksi myös asunnon turvallisuuden parantamiseen. Tämän lisäksi asukkaan on mahdollista valvoa asuntoaan esimerkiksi matkapuhelimen välityksellä.

Turvallisuuteen ja valvontaan voidaan KNX-järjestelmällä vaikuttaa seuraavin tavoin:

- turvallisuutta edistävät toiminnot
- kosteusvalvonta ja palotilanteet
- läsnäolosimulointi
- ovipuhelinjärjestelmä
- sormenjälkitunnistus
- järjestelmän valvominen ja raportoiminen

Turvallisuutta edistävät toiminnot

Eri KNX-laitteita voidaan käyttää samanaikaisesti useampiin käyttötarkoituksiin. Esimerkiksi *murtohälytysjärjestelmässä voidaan hyödyntää jo käytössä olevia liiketunnistimia ja ikkunakoskettimia*. Ensisijaisesti valaistuksen ohjaukseen käytettävät liiketunnistimet ja energiaa säästämään tarkoitetut ikkunakoskettimet voidaan asukkaiden poissa ollessa helposti ottaa osaksi murtohälytysjärjestelmää. Kun liiketunnistimet havaitsevat talossa liikettä tai kun ikkuna avautuu, lähettävät ne tiedon murrosta KNX-

järjestelmään. Toimenpiteinä murtohälytyksen sattuessa voi olla esimerkiksi kaikkien talon valojen meno päälle automaattisesti ja automaattinen raportointi murtohälytyksestä matkapuhelimeen.

Kosteusvalvonta ja palotilanteet

KNX-järjestelmällä voidaan toteuttaa myös *kosteusvalvontaa*. Astianpesukoneen alle ja koneen putkistojen liitoksiin voidaan asentaa anturit, jotka haistelevat mahdollisen kosteusvahingon syntymistä. Mikäli anturit havaitsevat kosteutta, KNX-järjestelmä voi sytyttää kosteusvahingosta kertovan merkkivalon ja sulkea astianpesukonetta syöttävän venttiilin. Myös erilaisten palotilanteita havaitsevien laitteiden, kuten savuilmaisimien, käyttö KNX-järjestelmässä on täysin mahdollista. Palotilanteessa KNX-järjestelmä sammuttaa ilmanvaihtojärjestelmän, jotta asuntoon ei virtaisi lisää happea liekkejä kasvattamaan sekä toistaa audiojärjestelmän kautta hälytysääntä.

Läsnäolosimulointi ja ovipuhelinjärjestelmä

Kotoa pidemmäksi aikaa lähdettäessä KNX-järjestelmä voidaan asettaa erityiseen *läsnäoloa simuloivaan tilaan.* Tässä tilassa järjestelmä voi esimerkiksi sytyttää ja sammuttaa kodin eri valaisimia sattumanvaraisesti. Kodin äänijärjestelmästä on myös mahdollista toistaa musiikkia tätä asetusta käyttäen. Tällä asetuksella saadaan asunto näyttämään asutulta, vaikka sisällä ei olisikaan ketään.

KNX-järjestelmässä on mahdollista käyttää myös *ovipuhelinjärjestelmää.* Ovella tai portilla olevasta ovipuhelinyksiköstä voidaan tuoda ääntä sekä videokuvaa kotiin sisälle, esimerkiksi ohjauspaneeliin tai jopa televisioon. Ovipuhelinjärjestelmän avulla voi aina olla varma, ettei ovea tule avattua ei-toivotuille vieraille.

Sormenjälkitunnistus

Myös *sormenjälkitunnistusta* voidaan hyödyntää KNX-järjestelmässä. Asukkaan saapuessa kotiin voidaan sormenjäljen avulla kertoa KNX-järjestelmälle, kuka tulija on. Jos kotiin saapuu työpäivän jälkeen ensimmäiseksi pieni koululainen voidaan sormenjälkitunnistuksen avulla asettaa jotkin kodin laitteet, kuten esimerkiksi liesi, tilaan, jossa siihen ei tule sähköä. Tässä käytetään hyödyksi pistorasiaohjausta. Kun aikuinen saapuu kotiin ja kertoo siitä KNX-järjestelmälle sormenjälkensä avulla, toimii liesi taas normaalisti.

Kuva 8: Sormenjälkitunnistus parantaa turvallisuutta.

Valvonta ja raportointi

KNX-järjestelmä voidaan asettaa reagoimaan hälytyksiin eri tavoin. Yksi mahdollisuus on, että järjestelmän saamista hälytyksistä lähtee tieto asukkaan matkapuhelimeen. Matkapuhelimella on myös mahdollista valvoa: esimerkiksi vapaa-ajan asunnolla sattuneista hälytyksistä voi saada tiedon matkapuhelimeen.

4.8 Etähallinta

KNX-järjestelmää on helppo hallita myös etänä. Käytännöllisten ohjauspaneeleiden ja huoneohjaimien lisäksi järjestelmää voidaan ohjata myös tablet-tietokoneella. Tablet-tietokoneella on samat ohjausmahdollisuudet kuin muillakin ohjauslaitteilla. Järjestelmää voidaan ohjata kodin ulkopuoleltakin. Kukaan ulkopuolinen ei voi omalla tablet-tietokoneella ohjata omaa KNX-järjestelmääsi, sillä se on suojattu salasanalla.

Kuva 9: Koti töistä paluuta varten valmiiksi nappia painamalla.

Vapaa-ajan asunto voidaan esimerkiksi asettaa lämpenemään kotoa lähtiessä matkapuhelimella. Työpaikalta poistuessa voidaan niin ikään asettaa matkapuhelimella koti valmiiksi töistä paluuta varten. Järjestelmän toimintoja voidaan ohjata ja säätää älypuhelimella tai tablet-tietokoneella vaikka sohvalla istuessa.

4.9 Reaaliaikainen energiankulutuksen seuranta

Sähkönkäyttö on usein näkymätöntä ja seurausta muusta kulutuksesta. KNX-järjestelmällä voidaan *etälukea sähkönkulutusta* ja samalla *seurata kulutusta paikallisesti* esimerkiksi kosketusnäytöltä. Paikallisen sähkönkulutuksen seuraamisen avulla asukkaan on helppo huomata milloin ja mihin sähköä kuluu. Tällöin sähkönkulutukseen vaikuttaminen selkeytyy ja helpottuu. Myös veden- ja kaasunkulutusta on mahdollista seurata KNX-järjestelmän avulla.

Kulutuksen seuraamisesta on muutakin käytännön hyötyä, kuin vain kulutukseen vaikuttaminen sen seuraamisen kautta. Samalla, kun kulutuslaitteiden energiankulutusta ja käyttöä seurataan, voidaan vioittuvissa olevat laitteet huoltaa tai vaihtaa ennen kuin ne hajoavat. Tämän ominaisuuden avulla voidaan helposti välttää suurempia vahinkoja.

5 MEILLE KNX-JÄRJESTELMÄ?

5.1 Miten liikkeelle

KNX-järjestelmän hankkiminen kannattaa aloittaa tutustumalla hyvin KNX-järjestelmän tarjoamiin mahdollisuuksiin. Mitä parempi asiakkaan tuntemus on järjestelmästä, sitä paremman ja omia tarpeita vastaavan hän siitä saa. KNX mahdollistaa asunnon rakentamisen suoraan asiakkaiden toiveiden mukaan, ilman kompromisseja.

Tutustumalla tähän oppaaseen saa hyvän käsityksen, mitä kaikkea KNX-järjestelmällä voi tehdä. Asuntomessut ovat myös hyvä paikka tutustua KNX-tekniikkaan. Messuilta löytyy aina kohteita, jotka on toteutettu KNX-tekniikalla. Kohteisiin tutustumalla saa helposti henkilökohtaista kokemusta järjestelmästä ja voi nähdä sen toimintavalmiina sekä kokeilla sitä käytännössä.

Internet on hyvä paikka aloittaa lisätiedon etsiminen KNX-järjestelmästä. KNX Finland ry:n internet-sivuilta (www.knx.fi) löytyy tietoa KNX:stä. KNX Finland ry:n muodostaa tavarantoimittajat, urakointi- ja suunnitteluliikkeet sekä oppilaitokset ja muut sidosryhmät. Yhdessä jäsenet edistävät ja tukevat KNX-standardin käyttöä Suomessa.

KNX Finland ry:n internet-sivuilta löytyvät muun muassa

- KNX-järjestelmän edut
- sertifioidut KNX-suunnittelijat ja -urakoitsijat
- referenssikohteet
- rakennuttajan muistilista.

Sivustolla esitellään KNX-järjestelmä sen tarjoamine etuineen ja hyötyineen. Lisäksi sivustolta löytyvät sertifioidut KNX-suunnittelijat ja -urakoitsijat, jotka ovat todistaneet taitonsa teoria- sekä käytännönkokeella. Heidät tunnistaa KNX Partner -logosta. Sivustolle on kerätty myös lukuisia referenssikohteita, joista saa hyviä vinkkejä omaa KNX-järjestelmää varten. Lisäksi sivustolta löytyy rakennuttajan KNX-muistilista. Listassa on selkeästi kerrottuna KNX-projektin eri vaiheet sekä mitä kussakin vaiheessa projektin osalta tapahtuu.

Myös KNX Associationin kansainväliseltä sivustolta (www.knx.org) löytyy tietoa KNX:stä. Sivustolta löytyy myös lista koko maailman sertifioiduista KNX-kokeen suorittaneista henkilöistä.

5.2 KNX-järjestelmän rakennusvaiheet

Kun uusi koti halutaan rakentaa, on jo ideointivaiheessa hyvä ottaa yhteyttä sähkösuunnittelijaan. Tällä tavalla hoidettuna kustannukset pysyvät mahdollisimman matalina, mutta sillä on myös merkittävä vaikutus onnistuneeseen KNX-järjestelmään. Itse järjestelmän rakennus on nelivaiheinen ja koostuu seuraavista osioista: *suunnittelu, asennustyöt, ohjelmointi ja luovutus.*

Suunnitteluvaiheessa asiakas määrittelee suunnittelijan kanssa talonsa ohjaukseen sisältyvät toiminnot. Asiakkaan ei tarvitse itse vaivata päätään KNX-laitteilla. Suunnittelijan on hyvä miettiä yhdessä asiakkaan kanssa tämän arki ja kuinka sitä voidaan KNX-järjestelmän erilaisilla toiminnoilla tukea ja helpottaa. Kun halutut toiminnot on mietitty ja kirjattu ylös, alkaa sähkösuunnittelija tekemään sähkösuunnitelmaa asiakkaan kanssa mietittyjen asioiden pohjalta.

Asennustyöt alkavat ensimmäisen sähkösuunnitelmaversion valmistuttua. Asennustöiden aikana sähköasentaja asentaa KNX-järjestelmän suunnittelijan tekemien piirustusten mukaan.

Asennuksen ja kytkentöjen jälkeen KNX-järjestelmä ohjelmoidaan toimimaan käyttäjän haluamalla tavalla. Järjestelmän suunnittelija tai rakentaja ohjelmoi järjestelmän toimimaan käyttäen *ETS-nimistä ohjelmointityökalua.* Ohjelmoimiseen ei tarvita ETS:n lisäksi mitään erillisiä laitteita, vaan ohjelmointi onnistuu kätevästi tietokoneelta USB- tai internet-yhteyden avulla. Ohjelmoinnin jälkeen järjestelmä on heti valmis käytettäväksi.

Ohjelmoinnin jälkeen KNX-järjestelmä luovutetaan asiakkaalle. *Luovutukseen kuuluu järjestelmän käyttöönotto, testaus ja opastus.* Käyttöönottovaiheessa järjestelmä käynnistetään ja otetaan käyttöön. Testausvaiheessa tarkastellaan, että rakennettu järjestelmä toimii halutulla tavalla: oikeat valaisimet syttyvät nappia painettaessa, venttiilit säätyvät ja niin edelleen. Opastusvaiheessa asiakas opastetaan käyttämään uutta järjestelmäänsä. Näiden kolmen vaiheen aikana saattaa eteen tulla vielä asioita, joihin asiakas kaipaa muutosta. Viimeisten muutosten jälkeen asiakkaalla on valmis, juuri hänelle räätälöity KNX-järjestelmä.

Kuva 10: Luovutuksen jälkeen KNX-järjestelmä on käyttövalmis!

5.3 Muuntojoustavuus on investointi tulevaisuuteen

KNX-järjestelmään investointi kannattaa. Järjestelmänä se on toimiva ja turvallinen. Lisäksi se pystyy hyvin kohtaamaan mahdolliset yleiseen elämiseen sekä muuttuneisiin elämäntilanteisiin liittyvät yllättävät käänteet. Järjestelmä on joustava, ja sen sisältämiä toimintoja voi jatkuvasti muuttaa, laajentaa ja parantaa väylä-tekniikan takia, joten KNX on aina valmis vastaamaan mihin tahansa sähkötekniseen haasteeseen.

Toiminnallisten kokonaisuuksien toimintaa voidaan muuttaa vielä luovutuksen jälkeenkin. *Ohjelmointi on nimittäin mahdollista uusia:* ensimmäisen ohjelmoinnin jälkeen KNX voidaan ohjelmoida uudestaan

lukemattomia kertoja. Samaten järjestelmään pystytään milloin tahansa tietokonetta käyttäen *lisäämään uusia toimintoja.* Järjestelmän asetuksia, esimerkiksi valaistustilanteita, lämpötiloja ja ajastimia, pystyy järjestelmän käyttäjäkin muuttamaan jälkeenpäin esimerkiksi kosketusnäytölliseltä ohjauspaneelilta.

Ohjelmoinnin ansiosta kodin sähköisiä kytkentöjä pystyy tarvittaessa helposti muuttamaan, jolloin vältytään purku- ja asennustöiltä. On esimerkiksi todennäköistä, että elämässä tulee vastaan tilanne, jossa kotiin tarvitaan lisää huoneita. Usein huoneiden määrän lisääminen toteutetaan siten, että jokin olemassa olevista huoneista jaetaan kahtia väliseinällä. Normaalisti uusiin huoneisiin saattaa jäädä tilanne, jossa entisestä valokatkaisimesta ohjataan päälle molempien uusien huoneiden valot. KNX-järjestelmällä rakennetussa talossa edellä kuvattua ongelmaa ei kuitenkaan tule, koska järjestelmä mahdollistaa uudelleen ohjelmoinnin. Tilanne on helppo korjata poistamalla ohjelmasta entinen kytkentä ja luomalla sinne kaksi uutta kytkentää eli kullekin huoneelle omansa.

Mikäli kotia rakennettaessa ei ole varaa sijoittaa suurta summaa sähkötöihin, mutta halutaan kuitenkin myöhemmin KNX-järjestelmä asunnon sähköjen ohjaamiseen, on mahdollista tehdä vain suunnitelmat ja niiden perusteella KNX-kaapelointi samalla kun asennetaan perinteistä sähköasennusta. Tämä mahdollistaa myöhemmin helpon siirtymisen KNX-tekniikkaan. Yksi tapa on asentaa KNX-järjestelmä aluksi vain valaistuksen ohjauksen osalta. Rakennusvaiheessa voidaan kuitenkin tehdä suunnitelmat ja kaapeliasennukset valmiiksi niiden KNX-järjestelmän toimintojen osalta, joita rakennukseen halutaan myöhemmin lisättävän. Myöhemmin lisättäviä toimintoja voivat olla esimerkiksi huonekohtainen lämmitys sekä kaihdin- ja markiisiohjaukset. KNX-suunnitelmien ja kaapeloinin tekeminen taloa rakentaessa ei nosta rakennuskustannuksia juurikaan ja täydelliseen KNX-järjestelmään on edelleen mahdollisuus siirtyä myöhemmin elämässä.

Lisäksi KNX-järjestelmä saattaa tulevaisuudessa vaikuttaa talon energiatodistusarvosanaan korottavasti. Nykyään energiatodistuksessa huomioidaan rakennuksen laskennallinen kulutus, joka perustuu pelkkiin rakennuksen ominaisuuksiin eikä todelliseen kulutukseen. Tähän saattaa olla luvassa muutos jo lähitulevaisuudessa, sillä energiatehokkuuden vaatimukset tulevat hyvin todennäköisesti tarkentumaan. Muutoksen myötä energiatodistuksissa huomioitaisiin rakennuksen todellinen kulutus eli rakennuksen käytössä todellisuudessa kulunut energia. *Koska KNX-järjestelmä käyttää energiaa aina vain optimaalisen määrän, parantaa se sitä hyödyntävän talon energiatodistuksen arvosanaa.* Parempi energiatodistusarvosana nostaa myös rakennuksen arvoa.

KNX-järjestelmästä on varmasti apua mahdollisessa myyntitilanteessa. Moderni kodin sähköjärjestelmien ohjausjärjestelmä tekee rakennuksesta ostajalle mielenkiintoisen ja tuo mukavan lisäarvon asunnolle. Myös parempi energiatodistusarvosana vaikuttaa myyntimahdollisuuksiin positiivisesti. Myynnin jälkeen järjestelmä voidaan uudelleen ohjelmoida toimimaan uuden asukkaan haluamalla tavalla.

5.4 KNX-järjestelmän käyttöopas

Järjestelmän yksilöllisyyden vuoksi järjestelmästä ei ole olemassa yksiselitteistä käyttöopasta. Käyttöopas omasta järjestelmästä on kuitenkin mahdollista saada. Oppaan laatii tuolloin järjestelmän suunnittelija tai

rakentaja. Käyttöoppaat ovat henkilökohtaisia, ja ne opastavat vain oman yksilöllisen järjestelmän käytössä. KNX-järjestelmän luovutukseen kuuluu järjestelmän suunnittelijan tai rakentajan pitämä käyttöopastus järjestelmän käyttäjälle, jossa tätä neuvotaan ja opastetaan henkilökohtaisesti oman järjestelmänsä kanssa.

6 KNX-JÄRJESTELMÄ TARKEMMIN

6.1 Rakenne

KNX-järjestelmä koostuu alueista, linjoista ja linjoissa olevista laitteista. KNX-järjestelmän suunnittelija suunnittelee järjestelmän loogisesti niin, että esimerkiksi rakennuksen eri kerrokset on jaettu eri alueisiin. *Alueiden ja linjojen käyttö parantaa järjestelmän toimivuutta* sekä helpottaa mahdollisten vikojen paikantamista. KNX-järjestelmään voidaan asentaa tuhansia laitteita.

Fyysisesti KNX-järjestelmä rakentuu toimilaitteista, painikkeista, antureista, KNX-kaapeloinnista ja tavallisista virtakaapeleista. Huoneissa sijaitsevat painikkeet ja anturit kytketään väyläkaapelia pitkin useimmiten sähkökeskuksessa sijaitseville toimilaitteille. Toimilaitteita on lukuisia erilaisia, kullekin toiminnallisuudelle omansa. Toimilaitteet saavat toimintansa edellyttävän sähkönsä suoraan sähkökeskuksesta vaihejohtimia pitkin. Useat painikkeet ja anturit saavat tarvitsemansa tehonsa puolestaan väyläkaapelia pitkin. Tätä varten linjojen alkuun väyläkaapeliin asennetaan tehonsyöttölaitteet. Väyläkaapelia pitkin kulkevat painikkeiden ja anturien tarvitseman tehon lisäksi järjestelmän ohjausviestit. Ohjausviestin saatuaan toimilaitteet siirtävät sähkökaapelia pitkin korkeampi jännitteistä sähköä niiden ohjaamille laitteille, kuten valaisimille ja verhomoottoreille.

Antureita on monia erilaisia, ja niillä voidaan mitata lämpötilaa, valon määrää, ilman hiilidioksidipitoisuutta ja ilmankosteutta. KNX-järjestelmään on saatavilla monennäköisiä ja -muotoisia sääasemia, jotka ovat myös eräänlaisia antureita. Niillä voidaan mitata tuulen nopeutta, havaita sade sekä mitata ulkolämpötilaa. Painikkeina KNX-järjestelmässä voidaan käyttää KNX-painikkeita tai tavallisia painikkeita binäärivastaanottimien avulla. KNX-painikkeissa on kuitenkin tavallisia painikkeita enemmän erilaisia ohjaustapamahdollisuuksia. Binäärivastaanottimien avulla KNX-järjestelmässä voidaan käyttää myös tavallisia antureita KNX-antureiden sijaan. KNX-järjestelmässä on mahdollista käyttää myös niin sanottuja gateway-laitteita. Näitä gateway-laitteita käyttämällä voidaan KNX-järjestelmään liittää muita järjestelmiä, kuten esimerkiksi DALI-valaistuksenohjausjärjestelmä.

Vesikiertoisen lämmityksen ohjaamiseen on saatavilla kahta eri mallista venttiiliä: moottorelektrisiä ja termoelektrisiä. Moottorelektriset venttiilit voidaan kytkeä KNX-väylään suoraan. Termoelektriset puolestaan tarvitsevat toimiakseen joko elektronisen kytkinyksikön tai elektronisen puolijohdereleen ja universaaliyksikön. Universaaliyksiköllä voidaan samalla ohjata myös pattereiden läheisyydessä olevia ikkunakoskettimia. Moottorelektrisellä venttiilillä on paremmat ohjausominaisuudet kuin termoelektrisellä, mutta ne ovat kalliimpia. Lisäksi venttiilistä saattaa kuulua ääntä niiden säätyessä. Sähkötoimisia lämmittimiä, kuten sähköpattereita, voidaan ohjata toimilaitteilla suoraan.

6.2 Ohjelmointi

Kun laitteet ovat asennettu ja kytketty, KNX-järjestelmä ohjelmoidaan. Ohjelmoimiseen käytetään ETS-nimistä tietokoneohjelmaa. Järjestelmän suunnittelija tai rakentaja ohjelmoi järjestelmän toimimaan halutulla tavalla.

Ohjelmoitaessa laitteelle annetaan osoite. Osoite kertoo millä alueella ja missä linjassa laite on sekä laitteen numeron. Osoite voisi olla esimerkiksi 1.2.3, jossa numero yksi on alue, jossa laite on, numero kaksi alueen linja, jossa laite on, ja numero kolme linjan laitenumero. *Jokaiselle KNX-laitteelle, johon tulee KNX-kaapeli, annetaan yksilöllinen osoite.* Osoitteen antamisen lisäksi laitteeseen ladataan tietokoneella laitetiedosto. Laitetiedostot löytyvät kunkin laitteen oman laitetoimittajan kotisivuilta. Laitetiedostot ovat saatavilla myös suoraan ETS4-ohjelmistolla KNX Online Shopin palvelimelta, kun internet yhteys on käytössä. Laitetiedostot tulee valita tarkkaan. Esimerkiksi alue- ja linjayhdistimet ovat fyysisesti samanlaisia laitteita, vain niihin ladattu laitetiedosto erottaa ne toisistaan.

ETS-ohjelmalla tehdään myös kytkennät KNX-laitteiden välille. Painike ei ilman ohjelmointia osaa ohjata valaisinta päälle ja pois, eli KNX-tekniikkaa käytettäessä kytkennät tehdään ohjelmallisesti. Ohjelmassa osoitetaan, minkä laitteen kanssa kunkin laiteen tulee toimia yhdessä. Lopuksi tämä kaikki tieto ladataan KNX-laitteisiin. Yhteyden saamiseen tietokoneen ja KNX-laitteiden välillä käytetään USB-kaapelia tai internet-yhteyttä.

6.3 Tiedonsiirto

Kuten jo aiemmin mainittiin, KNX-järjestelmä lähettää ohjausviestejä ja mittatietoja toimilaitteille. *Ohjausviestit KNX-järjestelmässä kulkevat kierrettyä parikaapelia, sähköverkkoa tai radiotaajuuksia pitkin.* Myös infrapuna-ohjausta on mahdollista käyttää. Useimmin ohjaus tapahtuu kuitenkin parikaapelia pitkin. Siirtonopeus on 9,6 kb/s.

Kierretty parikaapeli

Kun KNX-järjestelmä rakennetaan käyttäen kierrettyä parikaapelia, käytetään alueita ja linjoja. Alueiden ja linjojen käyttö parantaa järjestelmän käyttöluetettavuutta siten, että jos jossain linjassa on vikaa, muut linjat toimivat moitteetta siitä huolimatta. Lisäksi järjestelmän huolto ja vian paikannus helpottuu, kun järjestelmä on rakennettu loogisesti alueita ja linjoja hyödyntäen.

Kierrettyä parikaapelia käytettäessä käytetään niin sanottua *varausmenetelmää,* joka varmistaa että ohjausviestin reitti on vapaa kaapelin sisällä. Tämä mahdollistaa sen, että ohjausviestit eivät törmää ja mikään tieto ei häviä. Järjestelmässä on mahdollista käyttää myös niin sanottua priorisointijärjestelmää, jonka avulla voidaan asettaa jotkin viestit (kuten turvallisuuteen liittyvät viestit) etusijalle.

Kierretty parikaapeli, eli väyläkaapeli, on 2x0,8 mm^2 kuparikaapelia.

Power line

Myös power line -laitteet asennetaan käyttäen alueita ja linjoja, ja ne vaativat vain sähkökytkennän (vaihe- ja nollajohtimen). *Toisin kuin kierrettyä parikaapelia käytettäessä, power line -asennus ei tarvitse erillisiä virtalähteitä.*

Kuten kierretyssä parikaapeli -asennuksessa, myös power line -asennuksessa järjestelmä käyttää tiedonsiirtoon varausmenetelmää viestien törmäämisen välttämiseksi.

Radioverkko

Radioverkko-järjestelmässä ei käytetä alueita ja linjoja. *Jokainen laite voi kommunikoida minkä tahansa muun laitteen kanssa, kunhan laitteet ovat toistensa kantomatkojen päässä.* Rakenteet rajoittavat laitteiden radiosignaalien kantomatkaa, mutta sitä voidaan pidentää vahvistamalla signaalia.

Radioverkkoa käytetään harvemmin yksinään, vaan se on useimmiten osana toista aiemmin mainituista tiedonsiirtojärjestelmistä (kierretty parikaapeli tai sähköverkko). Kuten kierretyssä parikaapeli -asennuksessa ja sähköverkkoasennuksessa, myös radioverkkoasennuksessa käytetään varausmenetelmää tiedonsiirron varmistamiseen.

Termit ja määritelmät

Avoin standardi	Avoimen standardin avulla eri valmistajat voivat toteuttaa keskenään yhteen sopivia KNX-laitteita ja -tuotteita. Laitteet toimivat saman sopimuksen, avoimen standardin, mukaan.
BCI	BatiBUS Club International. Yksi yhdistyksistä, jotka muodostivat KNX:n vuonna 1996.
DALI	Digitaalinen valaistuksenohjausjärjestelmä, joka on mahdollista liittää osaksi KNX-järjestelmää.
EIB	European Installation Bus. Yksi yhdistyksistä, jotka muodostivat KNX:n vuonna 1996.
EHS	Europen Home Systems. Yksi yhdistyksistä, jotka muodostivat KNX:n vuonna 1996.
ETS	Engineering Tool Software. Kaikkien KNX-laitteiden ohjelmointiin käytetään samaa ohjelmaa, mikä parantaa ja käytännössä varmistaa laitteiden yhteensopivuuden
Gateway	Yleisnimi laitteelle, joka yhdistää kahdella eri protokollalla toimivat laitteet keskenään.
Hajauttettu järjestelmä	Kullakin KNX-laitteella on oma ”älynsä”, ja ne keskustelevat keskenään väylän kautta.
Huoneohjain	Huonekohtainen ohjauspaneeli. Sisältää useimmiten pienen näytön. Huoneohjaimella voidaan ohjata kussakin huoneessa yksilöllisesti esimerkiksi valaistusta ja lämmitystä.
KNX	Rakennuksen automaatio-ohjausjärjestelmän nimi.
Kosketusnäyttö	Ohjauspaaneli, josta KNX-järjestelmää voidaan ohjata. Koeketusnäyttö on yhteydessä toimilaitteeseen.
Laitteiden taaksepäin yhteensopivuus	Vanhat KNX- ja EIB-laitteet toimivat keskenään uudempien standardien mukaisten laitteiden kanssa. Vanhaan järjestelmään ostetut uudet laitteet toimivat vanhojen kanssa rinnakkain.
Toimilaite	Laite, joka ohjaa kodin sähköteknisiä kokonaisuuksia.

Toiminnalliset kokonaisuudet	Ne sähköiset kokonaisuudet, joita KNX-automaatiojärjestelmän avulla voidaan ohjata: valaistus, lämmitys ja ilmanvaihto, sälekaihtimet ja markiisit, kodinkoneet ja viihdelaitteet.
Väylä	Kaapeli, joka kulkee talossa seinien ja kattojen välissä ja yhdistää kaikki KNX-laitteet (kuten erilaiset painikkeet, ohjauspaneelit sekä mitta- ja toimilaitteet) toisiinsa.
Älytalo	Rakennus, jossa käytetään nykyaikaista automaatiojärjestelmää.

.

Kuvaluettelo

Kuva 1: Ville Haapavaara. 2014. KNX-järjestelmän rakenne. Teoksessa *KNX-järjestelmä – Asiakkaan opas*.

Kuva 2: Schneider Electric. Esitteessä *KNX – Kiinteistöautomaatioratkaisuja kaikenlaisiin rakennuksiin*, s. 7.
(Tarkennettu alkuperäistä kuvaa.)

Kuva 3: Jung. Smart Panel.
http://dominteligentny.pl/wp-content/uploads/2013/09/JUNG_Smart_Panel_Meldungsfenster_1.png

Kuva 4: Schneider Electric. Touch Panel 7.
http://www2.schneider-electric.com/images/pictures/installation-systems-control/p116818-ppt.jpg

Kuva 5: ABB. Busch-priOn.
http://79.134.121.163/documents/images/W1/6344-825_W1.jpg

Kuva 6: Wartalo Kodit Oy.
https://www.wartalo.fi/images/pohjakuvat/hayrilankatu8-10/Hayr_2hkk_45m2.jpg (Kuvaa käytetty pohjana.)

Kuva 7: Brustor B-25. Kaihdinliike Sandberg.
http://kaihdinliikesandberg.fi/sites/kaihdinliikesandberg.fi/files/js/Brustor%20B-25%20Prestige%202%202010%20RGB%20web.jpg

Kuva 8: Gira. Fingerprint reader.
http://www4.gira.com/attachment/Gira_Fingerprint_TX_44_1059_1190620227.jpg

Kuva 9: Jung. Esitteessä *The intelligent system for smart buildings*, s. 5.

Kuva 10: AC-tilit.
http://ac-tilit.fi/sites/default/files/perustamiset_avaimet_kateen.jpg

Luvun neljä pikkukuvat: KNX Finland ry.
http://knx.fi/index.php?k=220418