

Jarmo Kaskinen

# KIIINTEISTÖAUTOMAATION KNX- OPPIMISYMPÄRISTÖ

Opinnäytetyö

Talotekniikan insinööri (YAMK)

2022



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	<a href="#">Talotekniikan insinööri (YAMK)</a>
Tekijä/Tekijät	Jarmo Kaskinen
Työn nimi	Kiinteistöautomaation KNX-oppimisympäristö
Toimeksiantaja	Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu (XAMK)
Vuosi	2022
Sivut	56 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Työn ohjaaja(t)	Teemu Manninen

## TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö pyrkii vastaamaan kysymykseen: miten voidaan järjestää käytännön opetusta opetussuunnitelman mukaisesti järjestelmistä, joiden syvällinen oppiminen edellyttää käytännön toimenpiteitä oppijoilta? Yksi vastaus ongelmaan on oppimisympäristö, jossa haluttuja järjestelmiä voidaan opetella oppijan ja opetuksen kannalta hallitussa sekä turvallisessa ympäristössä. Tässä opinnäytetyössä tehdään suunnitelma KNX-pohjaisesta kiinteistöautomaation oppimisympäristöstä.

Teoria aineisto on kerätty kirjallisuudesta ja sähköisistä lähteistä. Lisäksi on kerätty havainnointiaineistoa Xamkin sähkölaboratoriossa. Työssä käydään läpi oppimisympäristön tavoitteet, KNX-järjestelmän toimintaperiaatteet, oppimisympäristön laitteet, laitteiden toiminta yksittäisinä järjestelminä ja osana oppimisympäristön kokonaisuutta. Opinnäytetyössä käydään läpi myös järjestelmien ETS5-ohjelmointia ja esitetään järjestelmän ETS-ohjelmoinnin mallirunko.

Oppimisympäristön kohderyhmänä ovat toisen asteen- ja ammattikorkeakoulun opettajat sekä oppijat, joiden opetussuunnitelman sisältöön liittyy kyseessä olevien järjestelmien tai niiden osien osaaminen. Suunnitellun oppimisympäristön tavoitteena on mahdollistaa oppijoille järjestelmien hyvä käytännön tuntemus ja tietotaito järjestelmien mahdollisimman hyvään säätöosaamiseen. Oppimisympäristössä opitut järjestelmien käyttötaidot auttavat oppijoita säätämään järjestelmät käyttäjäystävällisyydeltään sekä energiankulutukseltaan optimaalisiksi.

Opinnäytetyön tuloksena on mahdollista toteuttaa oppimisympäristö, joka mahdollistaa usean alan oppijoille opetussuunnitelmien tavoitteisiin sisältyvien järjestelmien käytännön säätötaidot hallitussa ja turvallisessa ympäristössä. Tämä auttaa osaltaan kiinteistöautomaation hyvään säätöosaamiseen, sekä ilmastotavoitteiden saavuttamiseen Suomessa.

**Asiasanat:** oppiminen, kiinteistöautomaatio, ilmastonsuojelu

Degree	Master's degree, HVAC
Author (authors)	Jarmo Kaskinen
Thesis title	KNX-building automation learning environment
Commissioned by	Xamk
Time	2022
Pages	56 pages, 0 pages of appendices
Supervisor	Teemu Manninen

## ABSTRACT

In vocational, as well as in polytechnical education, one of the challenges in education is to provide sufficient practical training and skills to the learners as a part of deeper understanding of technical systems. Deeper process understanding and controlling skills often requires orientation to the systems in practice. This is a challenge for education organizations, which leads to the question, how to organize practical education in relation to curriculum appertain systems, when deeper understanding requires practical action from learners? This thesis seeks answer to this question using qualitative research methods. Theory material has been collected from the literature and electronic sources. In addition, observational data have been collected at Xamk's electrical laboratory. One answer to the problem is a learning environment where the demanded systems can be learned in a controlled and safe environment. In many cases the resources are limited, so it would be cost-effective, where applicable, to organize learning environment suitable for as many studying fields as possible.

The aim of the thesis was to plan a KNX-based learning environment for ventilation, access control and lighting systems with energy measurement option. The target groups of the learning environment are vocational and polytechnic teachers and learners, whose studying fields curriculum includes above mentioned systems. This thesis introduces objectives of the learning environment, KNX-system principles, devices of the learning environment, device functions as a separate part and as part of a whole system. Thesis also covers the ETS-programming frame of the systems.

As a result of this thesis, it is possible to implement and build a learning environment that enables learners in several studying fields to in practice deepen their understanding of above-mentioned systems in controlled and safe environment. While learners practical skills and systems deeper understanding are improved can user-friendly, low-emission building automation systems be achieved. This helps nationally, for its part, to develop building automation expertise, save energy with building automation and reach agreed climate goals in Finland.

**Keywords:** learning, building automation, climate change

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	TOTEUTUS JA MENETELMÄT .....	9
3	KNX-KIIINTEISTÖAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ .....	10
3.1	KNX-standardi .....	10
3.2	KNX Association .....	10
3.3	KNX-väyläkaapelointi .....	11
3.4	KNX-kiinteistöautomaatiojärjestelmän osat .....	12
4	ENERGIANSÄÄSTÖ MAHDOLLISUUDET KIIINTEISTÖAUTOMAATION AVULLA .....	14
4.1	Energiatehokkuusluokat .....	14
4.2	Valaistuksen ohjauksella saatava energian säästö .....	16
4.3	Ilmanvaihdon ohjauksella saatava energian säästö .....	17
4.4	Energiankäytön mittaukset osana energian säästöä .....	18
5	KNX-KIIINTEISTÖAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN TOIMINTA .....	18
5.1	KNX-järjestelmä .....	18
5.2	Yksilöllinen- ja ryhmäosoite KNX-järjestelmässä .....	20
5.2.1	Yksilöllinen osoite .....	20
5.2.2	Ryhmäosoitteet .....	21
5.3	Sanomat .....	22
5.4	Datapistetyypit .....	22
5.5	Sanomien aikavaatimus .....	23
6	SANOMIEN LÄHETYKSEN PROTOKOLLA TP1 PARIKAAPELISSA ....	24
7	KNX-JÄRJESTELMÄN RAKENNE .....	25
7.1	Topologia .....	25
7.2	Alueet .....	25
7.3	Väylälaitteiden yksilölliset osoitteet .....	26
7.4	KNX TCP / IP-rajapinta .....	27

7.5	Langaton järjestelmä .....	27
8	KNX-JÄRJESTELMÄN KOMPONENTIT.....	29
8.1	Teholähteet .....	29
8.2	Ohjelmointirajapinnat.....	29
8.3	Kytkintoimilaitteet .....	30
8.4	Säädintoimilaitteet.....	30
8.5	Painikkeet.....	31
8.6	Huonelämmönsäätimet .....	31
8.7	Läsnäolotunnistimet .....	32
8.8	Valoisuusanturit ja sääasemat .....	33
8.9	Energiamittarit .....	34
8.10	Kosketusnäytöt.....	34
9	TIETOTURVA .....	35
10	KNX-KIIENTEISTÖAUTOMAATION OPPIMISYMPÄRISTÖ.....	35
10.1	Kiinteistöautomaation oppimisympäristön tavoitteet.....	35
10.2	Tila ja modulit .....	36
10.3.	Modulien laitteet ja varusteet.....	37
11	MODULIT .....	38
11.1	Modulien kulunvalvonta järjestelmä.....	38
11.1.1	Modulien kulunvalvontajärjestelmän laitteet .....	38
11.1.2	Modulien kulunvalvontajärjestelmän toiminnot .....	39
11.1.3	Modulien kulunvalvontajärjestelmä oppimisympäristönä.....	39
11.2	Modulien valaistusjärjestelmä .....	40
11.2.1	Modulien valaistusjärjestelmän laitteet .....	40
11.2.2	Modulien valaistusjärjestelmän toiminnot .....	41
11.2.3	Modulien valaistusjärjestelmä oppimisympäristönä.....	41
11.3	Modulien ilmanvaihtojärjestelmä .....	42
11.3.1	Modulien ilmanvaihtojärjestelmän laitteet.....	42

11.3.2	Modulien ilmanvaihtojärjestelmän toiminnot .....	43
11.3.3	Modulien ilmanvaihtojärjestelmä oppimisympäristönä.....	43
11.4	Modulien energiamittausjärjestelmä .....	43
11.4.1	Energiamittausjärjestelmän laitteet.....	44
11.4.2	Energiamittausjärjestelmän toiminnot.....	44
11.4.3	Energiamittausjärjestelmä oppimisympäristönä .....	44
12	KNX-OPPIMISYMPÄRISTÖN OPPIMISTOIMINNOT .....	45
13	MODULIEN LINJASEGMENTIT .....	46
13.1	Laitteiden yksilölliset osoitteet .....	46
13.2	Linjasegmenttien laitteet.....	46
14	ETS5-OHJELMOINTI.....	47
15	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	48
	LÄHTEET .....	51
	KUVALUETTELO	
	TAULUKKOLUETTELO	

## 1 JOHDANTO

Energiansäästö tavoitteet maailmanlaajuisesti, EU-tasolla ja kansallisesti Suomessa yrittävät vastata kestävän kehityksen vaatimiin haasteisiin. Kestävä kehitys tähtää kestäväan ekologiseen-, sosiaaliseen- ja taloudelliseen kehitykseen. Kestäväan kehitykseen pääsemiseksi on asetettu kansainvälisesti päätetyt tavoitteet. Nämä tavoitteet on määritelty YK:ssa ja vuoteen 2030 määritellyt kestävan kehityksen tavoitteet on nimetty Agenda 2030:ksi.

Agenda 2030 päätavoitteita ovat muun muassa:

- varmistaa edullinen, luotettava, kestävä ja uudenaikainen energia kaikille
- toimia kiireellisesti ilmastonmuutosta ja sen vaikutuksia vastaan
- tukea vahvemmin kestävan kehityksen toimeenpanoa ja globaalia kumppanuutta
- varmistaa kulutus- ja tuotantotapojen kestävyys.

(Yhdistyneet kansakunnat 2018.)

Edellä mainittuihin tavoitteisiin myös EU ja Suomi ovat sitoutuneet. Suomi on hyväksynyt vuonna 2017 Agenda 2030-toimeenpano suunnitelman.

Tarkoitus on, että eri hallinnon aloilla tehdään suoraan Agenda 2030 tukevia toimenpiteitä. (Valtioneuvoston kanslia 2018.)

Tähän liittyy myös tämän opinnäytetyön tavoitteet. Tavoitteena on luoda oppimisympäristö, jossa voidaan käytännön kautta syventää oppimista sekä toteuttaa kestävan kehityksen mukaista energian käyttöä kiinteistöissä. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luoda suunnitelma oppimisympäristöstä, jossa voidaan oppia ja harjoitella toteuttamaan käyttäjäystävällistä sekä kestävan kehityksen mukaista energiaa säästävää kiinteistöautomaatiota.

Kiinteistöjen energiankäytön tehostaminen ja uusiutuvan energian lisääminen on osa Suomen kestäväan kehitykseen liittyviä toimenpiteitä. Euroopan tasolta Euroopan unionin komissiosta tulee rakennusten energiatehokkuusdirektiivi EPBD (Energy Performance of Building Directive), jota sovelletaan kansal-

lisin määräyksiin ja normein, jotta paikalliset olosuhteet voidaan ottaa huomioon. Suomessa on tehty kansallista normistoa FlnZEB (Finnish nearly Zero Energy Buildings) -hankkeessa lähes nollaenergia rakentamisen toteuttamiseksi. Myös uusiutuvan energian käytön edistämisdirektiivin RES (Renewable Energy Sources Directive) ja Energiatehokkuusdirektiivi EED (Energy Efficiency Directive) edellyttävät jäsenvaltioilta rakennusmääräysten muuttamista kohti kestävämpää kehitystä. (Rakennusteollisuus 2018.)

Energiatehokkuus direktiiviin EPBD:n liittyy myös rakennusten automaation energiatehokkuusstandardi SFS-EN 15232. Kiinteistöissä on pyrkimys hyvään sisäilmastoon, tehokkaaseen energiankäyttöön ja hyvin toimivaan kiinteistötekniikkaan. Kiinteistöautomaation hyvällä suunnittelulla ja oikealla käytöllä pystytään vaikuttamaan kaikkiin em. toimintoihin. Tässä opinnäytetyössä tavoitteena on näihin energiansäästö- ja kestävän kehityksen tavoitteisiin pyrkivä kiinteistöautomaation oppimisympäristö. (SFS-EN 15232: 2013.)

Oppimisympäristö suunnitellaan KNX-kiinteistöautomaatio pohjaiseksi. KNX-automaatiojärjestelmä mahdollistaa useamman laitevalmistaja laitteiden käytön samassa järjestelmässä. Lisäksi KNX-järjestelmä mahdollistaa energiaa säästävien, tilatietoon perustuvien järjestelmien toteuttamisen. Järjestelmä suunnitellaan sellaiseksi, että siinä on mahdollista tutustua ja oppia itse kiinteistöautomaatio järjestelmää: sen laitteita, kytkentätapoja, laitteiden toimintaa sekä järjestelmän ohjelmointia, käyttöä ja virittämistä energian käytön kannalta kestävän kehityksen tavoitteiden mukaiseksi.

Oppimisympäristössä on mahdollista säätää kiinteistöautomaation avulla valaistus-, ilmanvaihto- ja kulunvalvontaolosuhteita niin, että ne ovat toiminnassa käyttäjäystävällisiä, edistävät hyvää sisäilmastoa sekä kuluttavat mahdollisimman vähän energiaa. Energian kulutusta voidaan seurata ilmastointi- ja valaistusjärjestelmien osalta energian mittauksen avulla. Oppimisympäristö mahdollistaa oppilaille ympäristön, jossa voi hankkia hyvät tietotaidot nykyaikaisesta energiaa säästävästä avoimen standardin hajautetusta kiinteistöautomaatiojärjestelmästä.



## 2 TOTEUTUS JA MENETELMÄT

Toisen asteen ja ammattikorkeakouluopetuksessa yhtenä opetukseen liittyvänä haasteena on saada oppijoille opetussuunnitelmien mukaista riittävää käytännön harjoittelua sekä syvempää käytännön osaamista esimerkiksi kiinteistöautomaatioon liittyvien järjestelmien osalta. Järjestelmien kokonaisvaltaisen osaaminen ja säätö vaativat usein myös siihen tutustumista käytännössä. Opetuksen järjestämisen kannalta tämä on haaste: miten voidaan järjestää käytännön opetusta opetussuunnitelman mukaisesti järjestelmistä, joiden syvällinen oppiminen edellyttää käytännön toimenpiteitä oppijoilta? Tässä opinnäytetyössä pyritään vastaamaan tähän kysymykseen laadullisen tutkimuksen menetelmin.

Teoria-aineisto opinnäytetyöhön on kerätty kirjallisuudesta, tutkimuksista ja sähköisistä lähteistä. Lisäksi on kerätty havainnointiaineistoa Xamkin sähkölaboratoriossa. Tutkimuskysymys ja aineiston keräys menetelmät esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Tutkimuskysymys ja aineiston keräys menetelmät

Tutkimuskysymys: Miten toisella asteella sekä ammattikorkeakouluissa voidaan järjestää käytännön opetusta opetussuunnitelman mukaisesti järjestelmistä, joiden syvällinen oppiminen ja osaaminen edellyttävät käytännön toimenpiteitä oppijoilta?	
Aihealue	Aineiston keräys menetelmät
Oppimisympäristöt	kirjallisuus, tutkimukset ja sähköiset lähteet
Oppimissisällöt	kirjallisuus ja sähköiset lähteet
KNX	kirjallisuus, sähköiset lähteet ja havainnointi
Oppimisympäristön järjestelmät	kirjallisuus ja sähköiset lähteet

Oppimisympäristön järjestelmät ovat ilmastointi, valaistus, kulunvalvonta ja energianmittaus. Oppimisympäristöön kuuluu itse oppimisympäristötila ja kaksi modulia, joihin edellä mainitut järjestelmät ovat suunniteltu. Järjestelmät liitetään KNX-kiinteistöautomaatiojärjestelmään ohjelmallisesti ETS5-ohjelmoinnin avulla. Opinnäytetyössä ETS-ohjelmoinnista esitetään järjestelmän ohjelmoinnin perusmalli.

### **3 KNX-KIIINTEISTÖAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ**

#### **3.1 KNX-standardi**

KNX on avoin kiinteistöautomaatiostandardi rakennusten sähköisten toimintojen ohjaukseen. KNX-järjestelmän laitteita valmistaa yli 300 laitevalmistajaa. Avoimen standardin hyötyjä ovat esimerkiksi: Laitteiden kilpailuttamisessa ei olla vain yhden valmistajan laitteiden varassa tarjouskyselyissä. Laitteiden toimitusvarmuus: Korvaavia laitteita ja tuotetukea löytyy varmemmin, kun on monta laitevalmistajaa. Järjestelmien laajennus on helpompaa: Eri valmistajien tuotteet sopivat yhteen. Järjestelmävirheet vähenevät, kun käytetään yhteisen standardin omaavia laitteita ja voidaan käyttää optimimäärä laitteita, jolloin ei ole useita päällekkäisiä järjestelmiä tai antureita. Näin ollen järjestelmän virittäminen on helpompaa ja energiansäästötavoitteiden saavuttaminen on todennäköisempää. Avoimen standardin järjestelmä estää myös sen, ettei olla koko järjestelmän elinkaaren ajan kiinni yhdessä laitevalmistajassa. Avoin standardi hyödyttää niin sähkölaitevalmistajia, urakoitsijoita, suunnittelijoita, rakennusten omistajia kuin rakennusten käyttäjiäkin. (Härkönen 2015; KNX-Basics en 2014.)

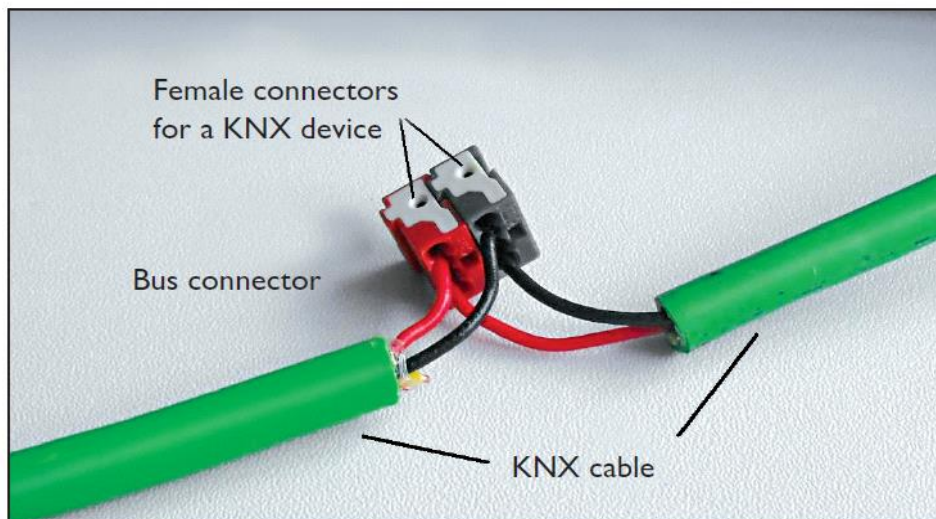
#### **3.2 KNX Association**

KNX Association on perustettu ylläpitämään ja kehittämään KNX-standardia. Se on myös kehittänyt ETS (Engineering Tool Software)-ohjelman, joka on KNX-järjestelmien käyttöönotto- ja diagnostiikkaohjelma. ETS-ohjelma on laitevalmistajista riippumaton ohjelmisto. Ohjelman käyttölisenssit myy KNX Association. KNX Association valvoo myös KNX-laitteiden sertifiointia. KNX Associationin valtuuttama laboratorio testaa markkinoille tulevien KNX-laitteiden standardinmukaisuuden. Vain hyväksytysti testatut laitteet voidaan tuoda markkinoille KNX-yhteensopivina. Sertifiointi varmistaa järjestelmien avoimuuden ja eri laitevalmistajien laitteiden yhteensopivuuden. KNX Associationin alaisena järjestönä Suomessa toimii KNX Finland ry. (Härkönen 2015; KNX-Basics en 2014.)

### 3.3 KNX-väyläkaapelointi

KNX-järjestelmän asennuksessa on periaatteena, että monet eri kiinteistöautomaatiolaitteiden tarvitsemat ohjauskaapelit korvataan yhdellä TP1-väyläkaapelilla, joka kulkee kiinteistössä kojeelta kojeelle muodostaen linjasegmenttejä. Linjasegmentit taas yhdistetään alueiksi. TP1-väyläkaapeli yhdistää eri väylälaitteet fyysisesti, mutta väylälaitteiden toiminnot määritellään vasta, kun järjestelmä otetaan käyttöön. Käyttöönottovaiheessa väylälaitteet ohjelmoidaan toimimaan halutulla tavalla. Yhteen väyläkaapeliin perustuva asennus pienentää asennustyön määrää perinteisiin järjestelmiin verrattuna. Myös kaapelien vaatima tilantarve pienenee. (Härkönen 2015; KNX-Basics en 2014.)

Väylälaitteiden toiminnot toteutetaan ohjelmallisesti. Tämän takia niiden toimintoja ei tarvitse päättää vielä suunnittelu tai asennusvaiheessa. Väylälaitteiden toimintojen muutoksiin ei tarvita kytkentämuutoksia, vaan ne voidaan tehdä ohjelmallisesti. Toimintojen muutoksiin uusia kytkentöjä tarvitaan vain suuremmissa järjestelmämuutoksissa. (Härkönen 2015; KNX-Basics en 2014.)



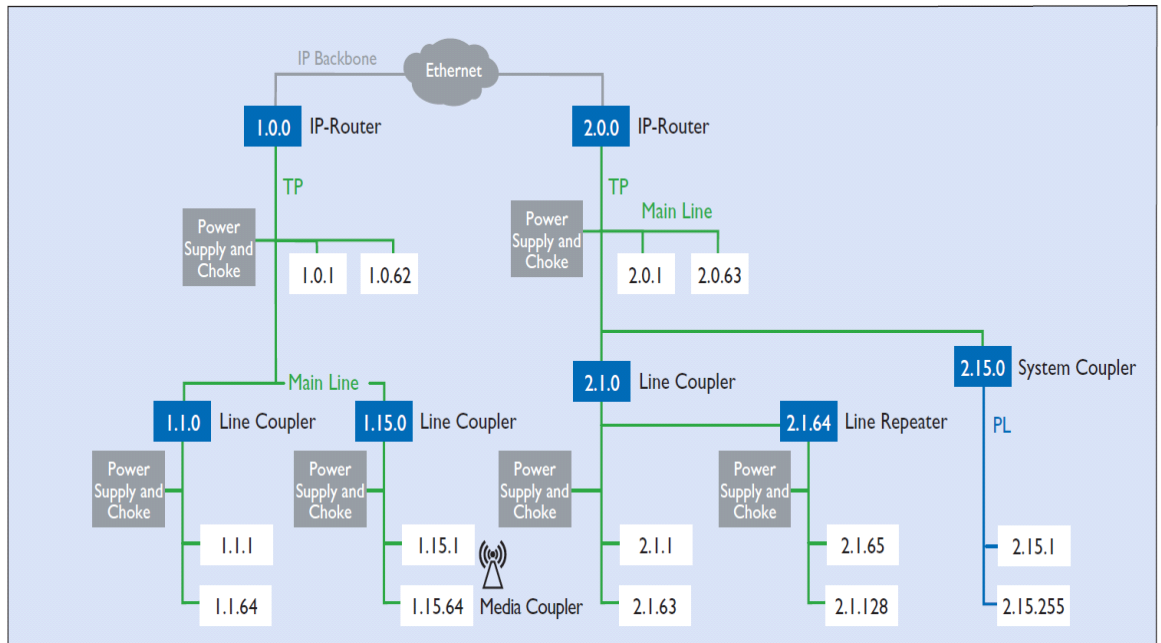
Kuva 1. TP1-parikaapeliin yhdistetty väyläliitin, johon väylätoimilaite voidaan kytkeä (KNX Basics en 2014)

Järjestelmien muunneltavuutta voidaan edelleen parantaa käyttämällä langattomia laitteita. Väylään perustuvassa järjestelmässä väyläkaapeli kuljettaa laitteille sekä sanomia että laitteiden tarvitseman energian. Langattomissa laitteissa virtaa tuova kaapeli puuttuu, joten laitteen tarvitsema sähkö täytyy tuot-

taa esimerkiksi paristoilla tai akuilla. Langaton tiedonsiirto ei ole yhtä luotettavaa kuin väyläkaapeliin perustuva tekniikka. Näin ollen turvallisuuden kannalta kriittisissä kohteissa langaton tiedonsiirto ei ole järkevää. Nykyisillä laitteilla ei kiinteistöautomaatiojärjestelmiä kannata toteuttaa kokonaan langattomasti, vaan osittain langattomasti ja osittain väyläkaapelointina. Käytännöllinen järjestelmä saadaan, kun käytetään väyläkaapelia runkoverkkona, teknisesti luotettavana tiedonsiirtoväylänä ja laajennetaan järjestelmää langattomilla antureilla ja toimilaitteilla sinne, mihin väyläkaapelin asentaminen on vaikeaa. (Härkönen 2015; KNX-Basics en 2014.)

### **3.4 KNX-kiinteistöautomaatiojärjestelmän osat**

KNX-järjestelmä muodostuu neljästä osa-alueesta: anturit, toimilaitteet, järjestelmäkomponentit ja siirtomedia. Antureita ovat esimerkiksi ohjauspainikkeet, valoisuusanturit, lämmönsäätimet, kosketusnäytöt ja sääasemat. Anturit keräävät tietoa ja käyttäjien antamia ohjauskäskyjä asennusympäristöstään. Anturit saavat normaalisti käyttösähkösä 30V DC:n KNX-teholähteestä. Toimilaitteet toteuttavat antureiden antamia komentoja. Toimilaitteita ovat esimerkiksi kytkintoimilaitteet, valaistuksen säädintoimilaitteet ja lämmityksen venttiilitoimilaitteet. Toimilaitteet saavat yleensä käyttösähkösä kiinteistön 230 V-järjestelmästä. Järjestelmäkomponenttien tarkoitus on ylläpitää KNX-järjestelmän infrastruktuuria. Järjestelmäkomponentteja ovat esimerkiksi teholähteet, linjayhdistimet ja ohjelmointirajapinnat. Siirtomedian avulla järjestelmän komponentit välittävät sanomia toisilleen. KNX-standardissa on neljä mahdollista siirtomediaa: parikaapeli (TP1), Ethernet-verkko, radiotaajuus (RF) ja sähköverkko (PL). Siirtomediat on esitetty kuvassa 2. (Härkönen 2015; KNX-Basics en 2014.)



Kuva 2. KNX-järjestelmä, jossa on käytetty parikaapeli-, Ethernet-, radiotaajuus- ja sähköverkkoa siirtomediana (KNX Basics 2014)

KNX on hajautettu järjestelmä eli mitään keskusyksikköä ei järjestelmässä ole. KNX-järjestelmässä anturit ja toimilaitteet sisältävät itsessään mikropiirin. Hajautetulla järjestelmällä on kaksi suurempaa etua verrattuna keskitettyyn järjestelmään. Hajautettu järjestelmä skaalautuu hyvin eli sillä ei ole keskitetyn järjestelmän rajoitusta, jossa keskusyksikön kapasiteetti määrittelee, kuinka paljon järjestelmää voidaan laajentaa. Keskitetyssä järjestelmässä voidaan järjestelmälaajennuksissa keskusyksikköjä joutua lisäämään tai vähentämään järjestelmän toimintoja. Hajautettua järjestelmää voidaan laajentaa vapaammin, siinä ei ole tarkkaa resurssien ylärajaa. Hajautettu järjestelmä on myös tiettyssä mielessä teknisesti vähemmän haavoittuva. Keskitetyssä järjestelmässä keskusyksikön vikaantuessa koko järjestelmä saattaa lakata toimimasta, hajautetussa järjestelmässä vain vikaantunut osa järjestelmästä on poissa käytöstä muun järjestelmän jatkaessa toimintaansa. (Härkönen 2015; KNX-Basics en 2014.)

## **4 ENERGIAANSÄÄSTÖ MAHDOLLISUUDET KIINTEISTÖAUTOMAATION AVULLA**

### **4.1 Energiatehokkuusluokat**

Oikealla kiinteistöön ja sen käyttötarkoitukseen sopivalla kiinteistöautomaatiojärjestelmällä voidaan säästää huomattavasti energiaa epäsojivaan ja huonosti viritettyyn järjestelmään verrattuna. Eurooppalaiseen energiatehokkuusdirektiiviin liittyvä kiinteistöautomaation energiatehokkuusstandardi EN15232 sisältää energiatehokkuusluokitukset rakennuksen automaation yleiselle tekniselle tasolle sekä tärkeimmät laskentamenetelmät kiinteistöautomaatiolla saavutettavien energiasäästöjen määrittämiseksi.

Energiatehokkuusluokat jaetaan A-, B-, C- ja D-luokkiin. D-luokan rakennuksessa ei ole mitään kiinteistöautomaatiota, ainoastaan käsiohjauksia. Suositusten mukaan tällaiset rakennukset tulisi uudistaa kiinteistöautomaation osalta. C-luokan rakennuksessa on keskitetty kiinteistöautomaatiojärjestelmä, ei tilakohtaista säätöä. Valtaosa nykyrakennusten kiinteistöautomaatiosta kuuluu luokkaan C. B-luokan rakennuksessa kiinteistöautomaatio ohjaa jokaista tilaa tilakohtaisella ohjauksella. Tällöin päästään energiatehokkaisiin järjestelmäohjauksiin. Suomen ympäristöministeriön suositusten mukaan uudisrakennusten kiinteistöautomaation tulisi olla vähintään luokan B-tasoa. Taulukossa 2 esitetään luokan B kiinteistöautomaatiojärjestelmien vaatimustaso. A-luokan kiinteistöautomaatiossa tulee olla tilakohtaisen kiinteistöautomaation ohjauksen lisäksi järjestelmäkohtaiset energiamittarit sekä valvonta, jolla voidaan optimoida rakennuksen energiankäyttöä ja reagoida energiankulutuksen poikkeamiin. (Härkönen 2015; SFS-EN 15232: 2013.)

**Taulukko 2.** Taulukossa esitetään energiatehokkuus standardin EN 15232 mukainen yksittäisen tilan luokan B kiinteistöautomaatiojärjestelmien vaatimustaso (SFS-EN 15232: 2013)

**Table F.1 — Requirements of the BAC efficiency class “B” for a Single-room store**

			Definition of classes							
			Residential				Non residential			
			D	C	B	A	D	C	B	A
	4	Ventilation and air conditioning control								
+	4.1	Air flow control at the room level								
	0	No control	x				x			
	2	Time control	x	x	x		x	x		
X	3	Occupancy detection	x	x	x	x	x	x	x	
	4	Demand control	x	x	x	x	x	x	x	x
+	4.2	Air flow or pressure control at the air handler level								
	0	No automatic control	x				x			
	1	On off time control	x	x			x	x		
X	2	Multi-stage control	x	x	x		x	x	x	
	3	Automatic flow or pressure control with or without pressure reset	x	x	x	x	x	x	x	x
+	4.3	Heat recovery exhaust air side icing protection control								
	0	Without defrost control	x				x			
X	1	With defrost control	x	x	x	x	x	x	x	x
+	4.4	Heat recovery control (prevention of overheating)								
	0	Without overheating control	x				x			
X	1	With overheating control	x	x	x	x	x	x	x	x
+	4.5	Free mechanical cooling								
	0	No automatic control	x				x			
	1	Night cooling	x	x			x	x		
X	2	Free cooling	x	x	x	x	x	x	x	x
	3	H,x- directed control	x	x	x	x	x	x	x	x
+	4.6	Supply air Temperature control								
	0	No automatic control	x				x			
	1	Constant setpoint	x	x			x	x		
X	2	Variable setpoint with outside temperature compensation	x	x	x		x	x	x	
	3	Variable setpoint with load dependant compensation	x	x	x	x	x	x	x	x
	4.7	Humidity control								
	0	No automatic control	x				x			
	1	Dewpoint control: supply air or room air	x				x			
	2	Direct humidity control: supply air	x	x	x		x	x	x	
	3	Direct humidity control: room air	x	x	x	x	x	x	x	x

Tämä julkaisu on ladattu SFS Online-palvelusta (opp. nro.) 25.09.2018.  
Lataaja: IP-käyttäjä. Vain Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu käyttää.

Suomessa on vielä vähän A- ja B-luokan kiinteistöautomaatiolla varustettuja kiinteistöjä. Pääosa kiinteistöistä kuuluu luokkaan C kiinteistöautomaation osalta. (Härkönen 2015.)

## 4.2 Valaistuksen ohjauksella saatava energian säästö

Kaikesta Suomessa käytetystä sähköstä noin kymmenen prosenttia kuluu valaistukseen. Tietyissä kiinteistöissä valaistuksen osuus sähkönkulutuksesta voi olla vielä tätäkin suurempi. Koulurakennuksissa valaistukseen kuluu noin 20 % ja sairaaloissa noin kolmannes käyttösähkön kulutuksesta. Valaistusstandardit ja viranomais määräykset luovat pohjan valaistuksen minimivaatimuksille. Valaistuksen energiankulutus riippuu mm. lampuista, valaisimista, huonepinnoista, valaisimien likaantumisesta tai kulumisesta, valaisinten sijoittelusta sekä valaistuksen ohjauksesta. Valaisinten käyttö vain silloin, kun niitä tarvitaan, on tärkeimpiä yksittäisiä seikkoja valaistuksen energiansäästöissä. Tarpeenmukainen valaistuksen ohjaus voidaan toteuttaa kiinteistöautomaation avulla, esimerkiksi läsnäolo tieto-ohjauksen avulla. (Motiva 2017.)

Kiinteistön valaistusta ohjataan yleisesti, joko käsikäyttöisesti kytkimestä tai automaation avulla. Läsnaolotunnistin voi laittaa valot päälle automaattisesti tai voidaan laittaa myös valot päälle kytkimestä ja läsnäolotunnistin sammuttaa valot, kun poistutaan tilasta. Vyöhykekohtaisia valaistuksen kytkimiä voidaan laittaa esimerkiksi huoltoa tai siivoojia varten. Voidaan esimerkiksi asentaa myös kiinteistön eteiseen kytkin, jolla saa kaikki valot päälle tai pois päältä. Tiettyjä kulkuvaloja kiinteistöissä voidaan ajastaa myös kiinteistöautomaation viikkokellon avulla. Pihavalaitusta voidaan ohjata esimerkiksi liiketunnistimen, hämäräkytkimen tai viikkokellon avulla.

Hyvin suunnitellulla ja toteutetulla valaistuksen automaatiolla ja LED-valaisimien käytöllä voidaan saada huomattavia säästöjä verrattuna huonosti toteutettuun perinteisemmällä valaistustekniikalla varustettuun kiinteistöön. LED-valaisimet eroavat perinteisemmistä valaisimista myös siten, että LED-valaisimen hyötysuhde säilyy hyvänä myös silloin, kun niitä himmennetään.

Tilastokeskuksen mukaan energiatehokkaiden lamppujen käyttö on vähentänyt valaistuksen sähkönkulutusta 31 % vuodesta 2010. Kiinteistöjen energiankulutuksesta valaistus vie lämmityksen jälkeen suurimman osan ja kuntien sähkönkulutuksesta jopa kolmasosan. Hyvällä tarpeen mukaisella valaistuksella voidaan saada 50–80 % säästöjä. Valaistukseen käytetyn sähkön säästöpotentiaali esitetään taulukossa 3. Uudella tekniikalla voidaan valaistuksen



muunneltavuutta, laatua sekä määrää parantaa ja samalla säästää energiankulutuksessa. (Motiva 2017.)

Taulukko 3. Valaistukseen käytetyn sähköenergian säästöpotentiaali Suomessa (Suomen Valoteknillinen Seura 2008)

Alue	Kulutus MWh/a	Säästö- potentiaali MWh/a	%	CO <sub>2</sub> -päästöjen vähennys tonnia/a <sup>5)</sup>
Kotivalaistus <sup>1)</sup>	1.600.000	1.000.000	62	200 000
Palvelu- ja julkinen valaistus <sup>2)</sup>	4.000.000	1.200.000	30	240 000
Teollisuusvalaistus <sup>3)</sup>	1.500.000	400.000	26	80 000
Katuvalaistus <sup>4)</sup>	900.000	200.000	22	40 000
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>8.000.000</b>	<b>2.800.000</b>	<b>30</b>	<b>560 000</b>

1) Motiva

2) Motiva: palvelu- ja julkisen sektorin osuus kokonaiskulutuksesta 19 %, josta tyypillisesti valaistuksen osuus 24 %

3) Arvio Ruotsin teollisuuden energiankulutuksen perusteella.

4) Kuntaliitto, tilastokeskus ja maahantuoijien tilastot.

5) Suomen keskimääräinen sähkönhankinta 200 g CO<sub>2</sub>/kWh

### 4.3 Ilmanvaihdon ohjauksella saatava energian säästö

KNX-järjestelmässä Ilmanvaihtoa voidaan ohjata energiatehokkaasti esimerkiksi peltiohjauksella, jolloin läsnäolotunnistin ohjaa ilmanvaihtopeltejä sen mukaan, onko tilassa ihmisiä vai ei. Jos tilassa ei ole ihmisiä ja tuloilmapelit menevät pienemmälle, ilmanpaine tuloilmakanavassa nousee ja ilmanvaihtokone pienentää kierroksia. Tämä säästää sähköenergiaa puhaltimella ja lämmityksen/jäähdytyksen tarvetta ilmastointikoneen pattereilla. Tiloissa, joissa ihmisten määrä vaihtelee suuresti, voidaan käyttää CO<sub>2</sub>-antureita ilmanlaadun tarkkailussa ja ilmanvaihdon ohjauksessa. (Härkönen 2015; Energy Efficiency with KNX 2014.)

#### **4.4 Energiankäytön mittaukset osana energian säästöä**

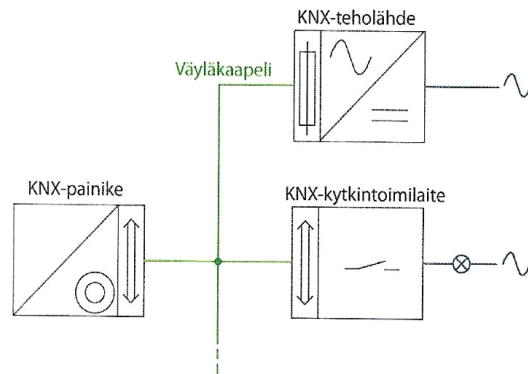
Energiatehokkuuden lisääminen vaatii myös monipuolisempaa ja tarkempaa energianmittausta. Kokonaisenergiankulutuksen mittaaminen ei riitä, vaan halutaan saada selville kiinteistön eri toimintojen energiankulutuksia. Tällöin on mielekästä integroida mittaukset osaksi kiinteistöautomaatiota, eli mitataan energiankulutusta samoilla käyttöliittymillä, joilla ohjataan ja valvotaan kiinteistöautomaation toimintoja. Tällöin voidaan seurata energiankulutuksia ja saada tarkempaa tietoa mihin järjestelmiin energiaa kuluu. Kun energiankulutukset ovat tiedossa järjestelmä tasolla, voidaan myös poikkeamat energiakulutuksissa normaalitasoon verrattuna huomata helpommin ja reagoida kulutuksen kasvuun.

Integroidun kiinteistöautomaation avulla voidaan toteuttaa myös kulutusjoustoa eli siirtää osittain energian käyttöä esimerkiksi lämmityksessä ja käyttöveden tekemisessä energian hinnaltaan edullisimmille ajanjaksoille. Myös uusiutuvan energian käytön lisääminen tuo omat haasteensa energiankäytön hallinnalle ja mittaukselle. Kiinteistöautomaation tulisi huolehtia siitä, että uusiutuvan energian tuotto käytetään järkevään kohteeseen, ja lisäksi mahdollinen ylijäävä uusiutuva energia tulisi saada talteen. (Härkönen 2015; Energy Efficiency with KNX 2014.)

### **5 KNX-KIINTEISTOAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN TOIMINTA**

#### **5.1 KNX-järjestelmä**

Pienin mahdollinen KNX-järjestelmä on anturi, toimilaite ja tehonlähde sekä niiden välisenä siirtomediana toimiva väyläkaapeli. Kuvassa 3 on esitetty pienin mahdollinen KNX-järjestelmä.



Kuva 3. Pienin mahdollinen KNX-järjestelmä (Härkönen 2015)

KNX-järjestelmässä anturit keräävät tietoa paikasta, johon ne ovat asennettu. Tieto lähetetään eteenpäin tarpeen mukaan sanomina KNX-väylän avulla. Sanoma voi sisältää mittaus- tai tilanneilmaisutietoa. Se voi myös sisältää komennon toimilaitteelle. Anturi voi lähettää sanoman eteenpäin esimerkiksi sen perusteella, kun lämpötila muuttuu, liikettä tunnistetaan, tuulen voimakkuus kasvaa tai painiketta painetaan. Yleensä anturit sijaitsevat eripuolilla kiinteistöä, ja ne on yhdistetty väyläkaapelilla. Normaalisti anturit tarvitsevat vähän sähkötehoa, jolloin samaa väyläkaapelia käytetään anturin tehon syöttöön sekä sanomien välittämiseen. (Härkönen 2015.)

Toimilaitteet vastaanottavat sanomia ja muuntavat ne fyysisiksi toiminnoiksi. Esimerkkinä tällaisesta on verhojen korkeuden säätö, valaistuksen himmentäminen tai lämmittimen päälle kytkentä. Yleensä toimilaite tarvitsee suuremman sähkötehon kuin anturit. Tällöin ne kytketään myös kiinteistön sähköverkkoon väyläkaapelin lisäksi. (Härkönen 2015.)

Teholähteet vastaavat väyläkaapeliin liitettyjen 30V DC:llä toimivien laitteiden tehonsyötöstä. Tavallinen KNX-järjestelmän tehonlähde ei lähetä eikä vastaanota sanomia. KNX-järjestelmän tehonlähdeelle on omia erityisvaatimuksia, ja tästä syystä yleiskäyttöisiä, esimerkiksi teollisuusautomaatioon tarkoitettuja tehonlähteitä ei voida käyttää KNX-järjestelmissä. (Härkönen 2015.)

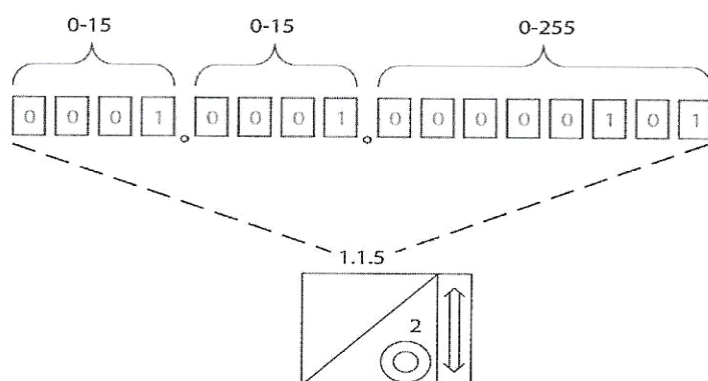
## 5.2 Yksilöllinen ja ryhmäosoite KNX-järjestelmässä

KNX-järjestelmä käyttää toiminnassaan kahden tyyppisiä osoitteita: yksilöllisiä osoitteita ja ryhmäosoitteita. Yksilöllinen osoite ilmoittaa laitteen sijainnin järjestelmän sisällä. Väylälaitteet taas käyttävät ryhmäosoitteita sanomien välittämiseen toisille väylälaitteille.

### 5.2.1 Yksilöllinen osoite

KNX-järjestelmässä laitteiden yksilölliset osoitteet ovat järjestelmän käyttöönotto vaihetta varten. Käyttöönotto vaiheessa, kun väylälaitteille syötetään ohjelmia, tarvitaan laitteille yksilölliset osoitteet. Yksilöllisen osoitteen avulla tiedetään, mille laitteelle kulloinkin annetaan ohjelmointitietoja. Järjestelmän käytön aikana yksilöllisillä osoitteilla ei ole merkitystä.

Kun väylälaitte otetaan käyttöön, sille annetaan yksilöllinen osoite. Teholähteillä ei yksilöllisiä osoitteita ole, koska ne eivät lähetä tai vastaanota sanomia. Laitteiden omat yksilölliset osoitteet ilmaistaan kolmen pisteellä erotetun luvun sarjana. Yksilöllisen osoitteen koko on 16 bittiä. Ensimmäiselle ja toiselle luvulle on varattu 4 bittiä (jolloin lukualue on 0–15) ja kolmannelle luvulle 8 bittiä (jolloin lukualue on 0–255). Yksilöllisen osoitteen esitystapa on esitetty kuvassa 4. (Härkönen 2015; KNX-Basics en 2014.)

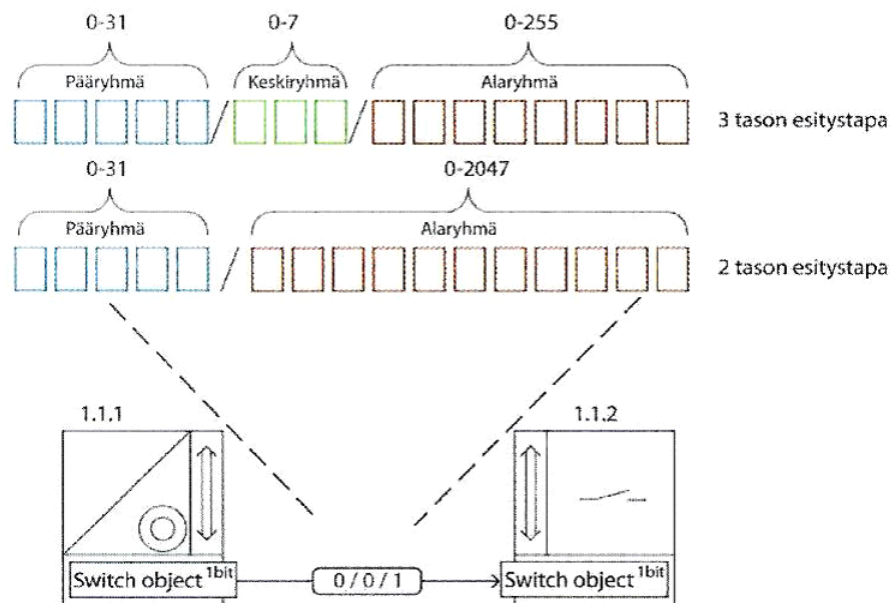


**Kuva 4.** Yksilöllisen osoitteen esitystapa KNX-järjestelmässä. Kolme lukusarjaa on erotettu toisistaan pisteillä. (Härkönen 2015)

Yleensä järjestyksessä ensimmäinen laite saa yksilöllisen osoitteen 1.1.1. seuraava laite osoitteen 1.1.2. jne. Ohjelmoimattoman uuden laitteen osoite on 15.15.255. (Härkönen 2015; KNX-Basics en 2014).

## 5.2.2 Ryhmäosoitteet

KNX-järjestelmässä ryhmäosoitteita väylälaitteet käyttävät sanomien välittämiseen. Väylälaitteet lähettävät sanomia ryhmäosoitteiden avulla toisilleen. Toiminnallinen yhteys väylälaitteisiin tehdään ryhmäosoitteilla käyttöönotto ohjelmointia tehtäessä. Ryhmäosoitteen esitystapa valitaan samalla, kun aloitetaan uusi projekti. Esitystapana voidaan käyttää kolmen tason, kahden tason tai vapaata esitystapaa. Kuvassa 5 esitetään kahden ja kolmen tason esitystapa. Kolmen tason esitystapa on vakiintunut käytäntö. Muita esitystapoja tulisi käyttää vain erityistapauksissa, koska monet ulkoiset järjestelmät tuntevat vain kolmen tason esitystavan. (Härkönen 2015.)

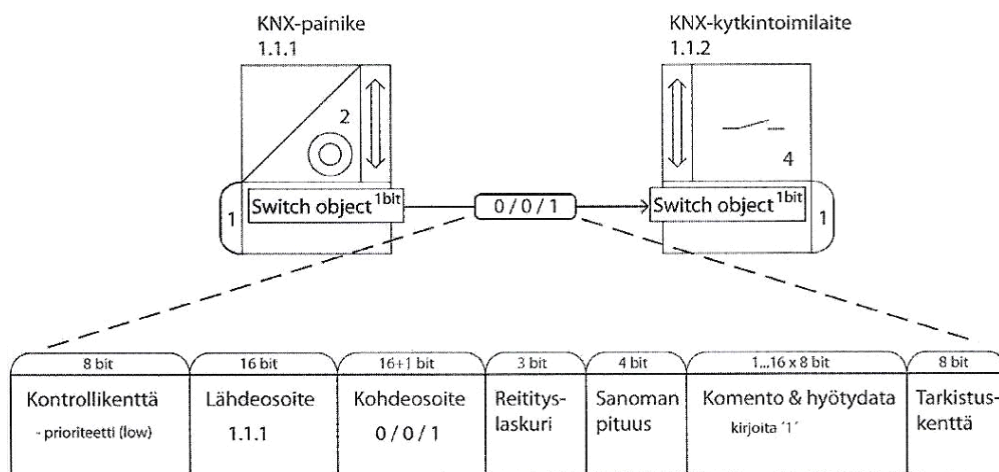


Kuva 5. Väylälaitteet kommunikoivat keskenään ryhmäosoitteiden avulla. Sanomissa voidaan käyttää kahden-, kolmen tason tai vapaata esitystapaa. (Härkönen 2015)

Kolmen tason esitystavassa ryhmäosoite esitetään kolmen luvun sarjana, jotka ovat erotettu vinoviivoilla toisistaan. Ensimmäinen luku kertoo pääryhmän, toinen luku keskiryhmän ja viimeinen eli kolmas luku alaryhmän. (Härkönen 2015.)

### 5.3 Sanomat

KNX-järjestelmä käyttää viestien välitykseen kahdentyyppisiä sanomia: ryhmä- ja täsmälähetys-sanomia. Ryhmälähetys-sanomat ovat väylälaitteiden käytönaikaisia sanomia toisilleen. Ryhmälähetys-sanoma voi olla esimerkiksi komento ”valot päälle”. Ryhmälähetys-sanomalla voi olla yksi tai useampi vastaanottaja. Täsmälähetys-sanoma on tarkoitettu vain yhdelle tietylle vastaanottajalle. Esimerkki täsmälähetys-sanomasta on, kun käyttöönoton aikana syötetään ohjelmia väylälaitteille. Tietty sanoma on tarkoitettu vain tietylle vastaanottajalle. Sanomarakenteeltaan ryhmä- ja täsmälähetys-sanomat ovat samantaisia. Kuvassa 6 esitetään sanomien jakautuminen kenttiin, ja kenttien tehtävät viestin välityksessä. (Härkönen 2015.)



Kuva 6. KNX-järjestelmän laitteet viestivät sanomien avulla. Sanomat on jaettu eri kokosiin kenttiin, joilla jokaisella on oma tehtävänsä viestin välityksessä. (Härkönen 2015)

### 5.4 Datapistetyypit

Datapistetyyppi on sanomissa ilmaistava kiinteistöautomaation informaation tyyppi, kuten päällä/pois, lämpötila tai tuulenvoimakkuustieto. KNX-järjestelmässä käytettävät datapistetyypit on standardoitu, jotta eri valmistajien väylälaitteet ilmaisisivat datan yhteensopivasti muiden valmistajien laitteiden kanssa. Datapistetyyppien standardoiminen osaltaan varmistaa, että ETS-ohjelmalla voidaan käyttää eri valmistajien väylälaitteita samassa järjestelmässä. Kaikille keskeisille toiminnoille kuten päälle/pois, päivämäärän ilmaisemiselle, valon säädölle, liukulujuille on yhdessä sovitut standardoidut datapistetyypit, joita laitevalmistajien on noudatettava. (Härkönen 2015; KNX-Basics en 2014.)

Datapistetyyppien tunnistamiseksi niille on annettu nimet sekä kaksi lukua sisältävä ID-alkuinen tunnus, joista ensimmäinen kertoo datapistetyypin koon. Esimerkiksi ID1.xxx on yhden bitin kokoinen datapistetyyppi eli siinä on kaksi vaihtoehtoista tilaa kuten kytkimessä, joka voi saada arvon päälle tai pois päältä. Kahden bitin datapistetyyppi on tunnukseltaan tyyppiä ID 2.xxx. Se voi antaa kolmenlaisia vaihtoehtoisia komentoja: prioriteetilla päälle, prioriteetilla pois päältä ja prioriteetin vapautus. (Härkönen 2015; KNX-Basics en 2014).

ID 3.xxx tarkoittaa neljä bitin datapistetyyppejä. Neljän bitin dataa käyttävät esimerkiksi säädintoimilaitteet valon säädössä. Neljällä bitillä voidaan tehdä 4-alueinen säätö, jossa ensimmäinen bitti kertoo säädön suunnan eli 0000=seis, 0001=ylös 100 %, 0010=ylös 50 % ja 0011=ylös 25 %. Kahdeksan bitin datapistetyyppi on muotoa ID 5.xxx. Tätä tyyppiä käytetään mm. ilmaisemaan lukemia välillä 0–100 % esimerkiksi venttiileissä tai verhon aukeamassa jne. Kahden tavun datapistetyypit merkitään ID 7.xxx ja ID 8.xxx, ja ne ovat pulssilaskureita varten. ID 9.xxx ovat myös kahden tavun datapistetyyppejä, ja niillä välitetään liukulukuarvoja mm. lämpötilan, valaistusvoimakkuuden ja paineen ilmaisuun. Aikaa ja päivämäärää ilmaistaan kolmen tavun datapistetyypeillä ID 10.xxx ja ID 11.xxx. (Härkönen 2015; KNX-Basics en 2014.)

## 5.5 Sanomien aikavaatimus

Sanomien välitys on jaettu neljään osaan: ensin on tauko T1, toiseksi lähetetään sanoma, kolmanneksi on tauko T2 viimeiseksi tulee sanoman kuittaus sanoman vastaanottaneilta ryhmäobjekteilta. Aikaa välitysprosessiin kuluu 20–40 ms sanoman pituuden mukaan. (Härkönen 2015; KNX-Basics en 2014.)

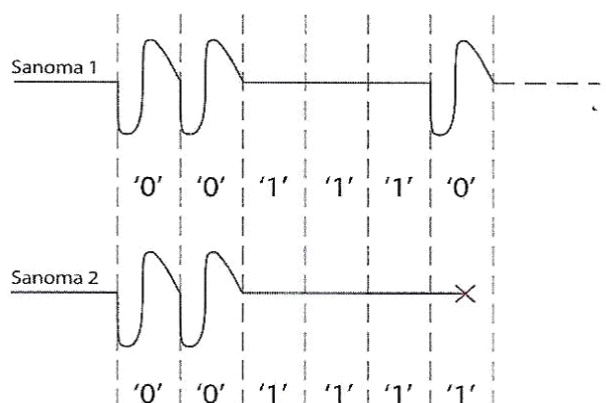
## 6 SANOMIEN LÄHETYKSEN PROTOKOLLA TP1-PARIKAAPELISSA

KNX-järjestelmässä väylälaitteet voidaan kytkeä samaan siirtomediaan esimerkiksi parikaapeliin, tästä syystä tarvitaan sanomien lähettämiseen protokolla estämään samaan aikaan lähetettyjen sanomien törmäykset.

KNX-järjestelmässä sen protokolla varmistaa, että väylälaitteet käyttävät siirtomedian väylää vuorotellen. Järjestelmä toimii siten, että jos väylälaitteessa ei ole tapahtumia ei ole viestejäkään. Vain jos on tapahtumia, on myös sanomia. Kun sitten esimerkiksi painiketta painetaan, jos väylä on vapaa, sanoma lähetetään välittömästi. Jos taas toinen väylälaitte on samalla hetkellä jo lähettämässä sanomaa, odotetaan väylän vapautumista ja lähetetään sanoma väylän vapauduttua. Jos lähetystä odottavia väylälaitteita on useita, kaikki aloittavat lähetyksen yhtä aikaa väylän vapauduttua. Väylälaitteet jatkavat sanomien lähetystä yhtä aikaa niin kauan kuin sanomat ovat keskenään samanlaisia. Kun sanomissa tulee ensimmäinen eroavaisuus, tunnistaa tilan 1 (tauko) lähettävä väylälaitte eron sanomissa, keskeyttää lähettämisen ja jää odottamaan väylän vapautumista. Samassa kohdassa tilan 0 (jännitepulssi) lähettänyt väylälaitte jatkaa oman sanomansa lähettämistä. Näin törmäyksen tunnistuksen avulla samanaikaisesti lähetetyt sanomat järjestäytyvät peräkkäisiksi sanomiksi. Sanomien törmäys on esitetty kuvassa 7. KNX-järjestelmässä kutsutaan tätä ennakoivaa törmäyksen tunnistusta nimellä CMSA/CA. (Härkönen 2015; KNX-Basics en 2014.)

Yksi linja välittää 20 sanomaa sekunnissa, eikä sanomien lähetylsruuhkia pysty normaalitilanteessa huomaamaan järjestelmän toiminnassa. Suuremmissa järjestelmissä ruuhkien ehkäisemiseksi topologian ylätasolla kannattaa käyttää Ethernet-verkkoa, jonka tiedonsiirtokapasiteetti on suurempi TP1-parikaapeliin verrattuna. Kaiken varalta voidaan varmistaa tärkeimpien sanomien perille meno nostamalla näiden sanomien prioriteettia, jolloin nämä sanomat saavat ensisijan sanomien törmäystilanteissa. (Härkönen 2015; KNX-Basics en 2014.)





Kuva 7. Sanomien törmäys. Sanoman 2 lähettänyt väylälaite tunnistaa törmäyksen. Väylälaite 1 jatkaa sanoman lähettämistä normaalisti loppuun. (Härkönen 2015)

## 7 KNX-JÄRJESTELMÄN RAKENNE

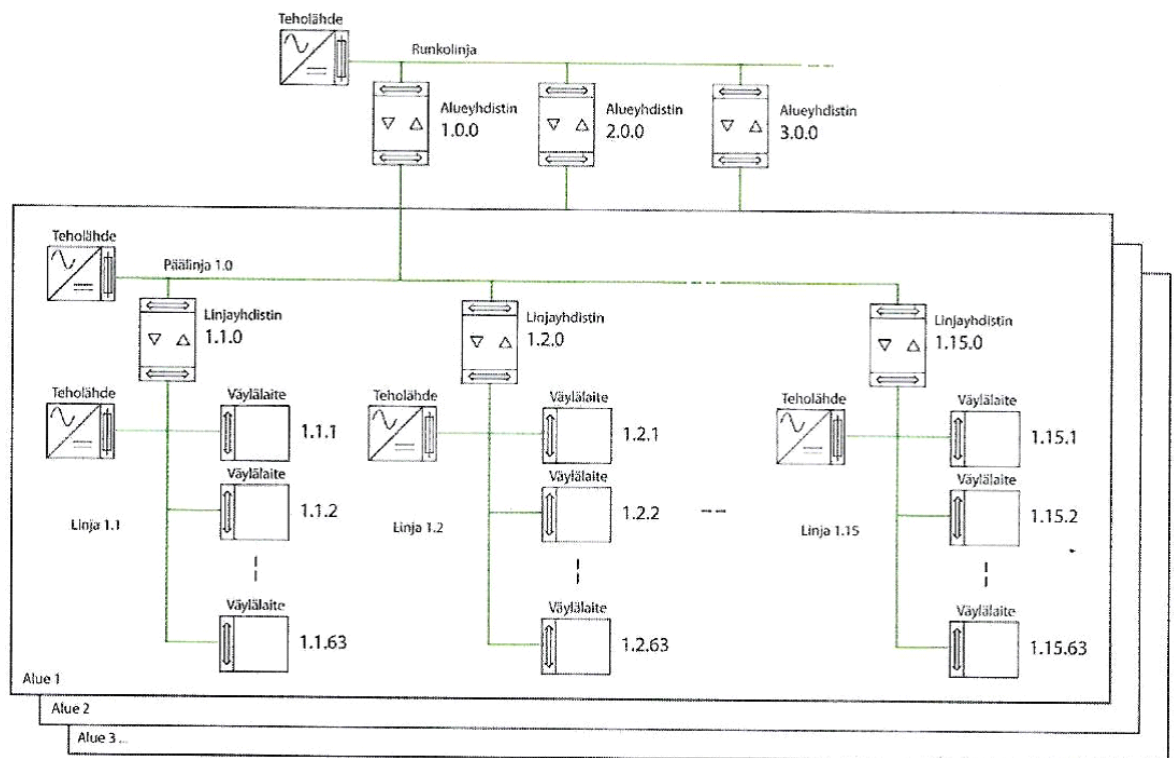
### 7.1 Topologia

Isoimmillaan KNX-järjestelmän rakenne eli topologia muodostuu runkolinjasta, päälinjasta (alueista), linjasta ja linjasegmenteistä. Suuremmassa rakennuksessa järjestelmä jaetaan alueisiin, jotka on yhdistetty runkolinjaan. Alueet ovat taas jaettu pienempiin vyöhykkeisiin, jotka koostuvat linjoista. Pienin linjasegmentti koostuu teholähteestä, väyläkaapelista sekä enintään 64 väylälaitteesta. Alueet ja linjat esitetty kuvassa 8.

### 7.2 Alueet

Jos väylälaitteita tarvitaan enemmän kuin 64 kappaletta tai väyläkaapelin pituus ylittää 1 000 metriä, pitää järjestelmä jakaa useaan linjasegmenttiin. Samassa rakennuksen tilassa olevat anturit ja toimilaitteet asennetaan samaan linjasegmenttiin. Linjasegmentit taas tulisi jakaa rakennuksessa siten, että sanomien lähettäminen linjasegmentistä toiseen olisi mahdollisimman vähäistä. Esimerkiksi keskisuuressa rakennuksessa yksi linjasegmentti vastaisi yhdestä kerroksesta. Jos linjasegmenttejä on useampia, ne yhdistetään päälinjaan. Yhdistäminen tehdään linjayhdistimen avulla. Linjayhdistin välittää tarpeelliset viestit linjasegmentin ja päälinjan välillä. Tällaisia viestejä ovat sanomat linjasegmentiltä toiselle. Tällöin pitää kohdeosoitteen olla ladattu linjayhdistimen suodatintaulukkoon. (Härkönen 2015; KNX-Basics en 2014.)

Päälinjaan voidaan liittää enintään 15 linjasegmenttiä. Yksi päälinja ja siihen liitetyt linjasegmentit muodostavat yhdessä alueen. Näin ollen yhdessä alueessa voi olla enintään 15 x 64 väylälaitetta. Järjestelmää voidaan vielä kasvattaa liittämällä päälinjat runkolinjaan. Runkolinjaan voidaan liittää alueyhdistimillä 15 päälinjaa. Alueyhdistimet ovat samanlaisia laitteita kuin linjayhdistimet ne vain ovat topologiassa eri tasolla. Tällaisessa järjestelmässä voi siis olla 15 x 15 x 64 väylälaitetta.



Kuva 8. Kuvassa runkolinjaan yhdistetyt alueet ja linjasegmentit (Härkönen 2015)

### 7.3 Väylälaitteiden yksilölliset osoitteet

Väylälaitteet ohjelmoidaan yksilöllisen osoitteen avulla. Yksilöllinen osoite ilmoitetaan kolmen luvun sarjana. Ensimmäinen luku kertoo, millä alueella väylälaite sijaitsee. Toinen luku kertoo alueeseen liittyvän linjan. Kolmas luku ilmaisee väylälaitteen sijainnin linjassa. Esimerkiksi osoite 1.2.4 tarkoittaa, että väylälaite on 1. alueen 2. linjassa neljäs väylälaite. Linjayhdistimien osoitteissa viimeinen numero on nolla esimerkiksi 1.2.0 ja alueyhdistimissä kaksi viimeistä numeroa ovat nollia esimerkiksi muotoa 1.0.0. Ohjelmoimattoman väylälaitteen osoite on 15.15.255. Linjoja voidaan vielä kasvattaa yli 64 osoitteen linjatoistinten avulla. Linjatoistin on ominaisuuksiltaan muuten samanlainen laite kuin linjayhdistin sillä erolla, että se ei suodata sanomia vaan kopioi

kaikki sanomat linjasegmentiltä toiselle. ETS-ohjelmointiin ja väyläkapasiteetin rajoitusten vuoksi linjatoistinten käyttöä suositellaan käytettäväksi ainoastaan mahdollisesti järjestelmään myöhemmin tehtävissä laajennuksissa. (Härkönen 2015; KNX-Basics en 2014.)

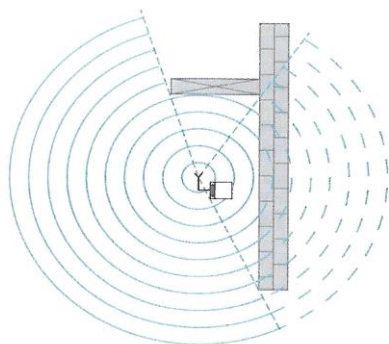
#### **7.4 KNX TCP / IP-rajapinta**

Ison KNX-järjestelmän tekeminen TP1-parikaapelilla voi aiheuttaa riskejä sanomien ruuhkautumisesta järjestelmän yhdyspisteissä. Tämä voidaan välttää, kun käytetään suurissa järjestelmissä topologian ylätasolla Ethernet-verkkoa, jonka sanomanvälityskapasiteetti on noin 1 000ertainen TP1-parikaapeliin verrattuna. Tällöin esimerkiksi yksittäiset linjat yhdistetään TCP/IP-rajapintojen avulla Ethernet kytkimelle, linja- sekä alueyhdistimet jäävät pois ja TP1-parikaapelit korvataan yleiskaapeloinnilla. Voidaan myös esimerkiksi toteuttaa pelkkä runkolinja Ethernet yleiskaapeloinnilla ja alueyhdistimet korvata TCP/IP-rajapinnoilla. (Härkönen 2015; KNX-Basics en 2014.)

Kotiautomaatioverkossa voidaan yhdistää tietoliikenneverkko KNX-verkkoon, jolloin voidaan omilla kotitietokoneilla ohjata KNX-järjestelmää. Isommissa kiinteistöissä kiinteistöautomaatio ja tietoliikennejärjestelmät kannattaa pitää erillään tahallisen tai tahattomien järjestelmähäiriöiden välttämiseksi.

#### **7.5 Langaton järjestelmä**

Langattomassa järjestelmässä laitteiden sijoittelu on vapaampaa langallisiin verkkoihin verrattuna. Suoraa näkyvyyttä lähettimen ja vastaanottimen välillä ei tarvita. Esteitä radiosignaalin vastaanotolle voivat muodostaa betoni- tai tiili-seinät sekä metalliset esteet kuten sähkökaapit, iv-kanavat tai asennuskotelot.



Kuva 9. Radiosignaalin etenemiselle esteitä voivat muodostaa esimerkiksi tiili- ja betoniseinät tai metalliset esteet (Härkönen 2015).

Käytännön olosuhteissa laitteiden kantama voi myös usein olla lyhyempi kuin valmistajan ilmoittama. Myös ihmisten ja huonekalujen lisäys voivat vaikeuttaa radiosignaalin vastaanottoa verrattuna tyhjään tilaan. Pinnoista ja laitteista aiheutuvat heijastukset voivat joko vahvistaa tai vaimentaa signaalia. (Härkönen 2015; KNX-Basics en 2014.)

Matkapuhelimet ja tukiasemat toimivat eri taajuuksalueella kuin kiinteistöautomaatiojärjestelmät, joten ne eivät häiritse toisiaan. RF-radiotaajuustekniikalla toteutetussa järjestelmässä sanomien läpimeno ei ole yhtä luotettavalla tasolla kuin kaapeliverkoissa. Suuremmissa langattomissa järjestelmissä on myös sanomien ruuhkautumisen riski. Yleensä paras tulos saavutetaankin, jos järjestelmän ydinosat toteutetaan TP1-parikaapelilla, ja kaapelin asennuksen kannalta hankalat paikat tehdään langattomilla laitteilla. Langattomat laitteet ovat myös käyttökelpoisia saneeraus kohteissa. (Härkönen 2015; KNX-Basics en 2014).

Langattomia KNX-RF-laitteita on kahta perustyyppiä. Yksisuuntaisesti viestivät (unidirectional) ja kaksisuuntaisesti viestivät (bidirectional) laitteet. Yksisuuntainen anturi vain lähettää ja yksisuuntainen toimilaite ainoastaan vastaanottaa sanomia. Yksisuuntaiset RF-laitteet ovat tekniikaltaan yksinkertaisia ja edullisia valmistaa. Yksisuunteisen lähetyksen vuoksi ne eivät ole järjestelmän toiminnan kannalta kovin luotettavia. Ne eivät voi vastaanottaa sanomakuitauksia eli tarkistaa, onko joku sanoma mennyt perille. (Härkönen 2015; KNX-Basics en 2014).

Kaksisuuntaiset RF-laitteet voivat sekä lähettää, että vastaanottaa sanomia eli ne voivat saada kuittauksen lähetyksestä sanomasta ja lähettää sanoman tarvittaessa uudelleen. Tästä syystä sanomien perillemeno on luotettavampaa kuin yksisuuntaisilla RF-laitteilla.

## 8 KNX-JÄRJESTELMÄN KOMPONENTIT

### 8.1 Teholähteet

Teholähteet antavat käyttöjännitteen väylälaitteille käyttöjännite on 30V DC. Nykyisin teholähteet sisältävät kuristimen, joka muodostaa induktiivisen reaktanssin teholähteen, jännitteensäätöpiirin ja KNX-väylän välille. Vanhoissa järjestelmissä voi olla vielä käytössä erillisiä kuristimia. Teholähteissä on jännitteen katkaisumahdollisuus, jota käytetään väylälaitteiden ohjelmalatausten jälkeen muistin eheyttämiseen. Teholähteet kestävät 100 ms jännitekatkon ilman häiriöitä. Pitemmässä jännitekatkossa teholähde laskee väyläjännitteen hallitusti alas. Väylälaitteet tunnistavat jännitteen aleneman ja ehtivät tekemään tarpeelliset toimenpiteet ennen jännitekatkoksen alkua. Akkuvarmennettuja teholähteitä on myös saatavilla esimerkiksi hälytyssignaaleja välittäviin väyliin. Teholähteitä on saatavissa nimellisvirraltaan 640 mA, 320 mA ja 160 mA ko-koisina. Käytännössä lasketaan, että yksi väylälaitte tarvitsee 10 mA, jolloin esimerkiksi 160 mA-teholähde riittää 16 väylälaitteelle. (Härkönen 2015; ABB Oy 2018.)



Kuva 10. ABB 640 mA teholähde kuristimella (ABB Oy 2018)

### 8.2 Ohjelmointirajapinnat

Ohjelmointirajapintaa käytetään tietokoneen yhdistämiseksi KNX-järjestelmään ohjelmalatauksia ja diagnostiikkaa varten. Ohjelmointirajapinta on erillinen laite, joka liitetään TP1-parikaapeliin ja yhdistetään USB-kaapelilla tietokoneeseen. Yhden ohjelmointirajapinnan kautta voidaan ohjelmoida koko järjestelmä. Irrottamalla jokin KNX-anturi ja liittämällä ohjelmointirajapinta sen

väyläliittimeen päästään helposti liittymään väylän kautta koko automaatiojärjestelmään. Kuvassa 11 esitetään KNX-USB ohjelmointi rajapinta laite.



Kuva 11. Schneider Electricin valmistama KNX-USB ohjelmointi rajapinta (Schneider Electric 2018)

### 8.3 Kytkintoimilaitteet

Kytkintoimilaitteiden kommunikointia väylässä säätelee KNX-standardi. Sen sijaan on valmistajakohtaisia eroja moduulimitoissa, kanavien lukumäärissä, releiden teknisissä ominaisuuksissa ja parametreillä asetettavissa toiminnoissa. Kytkintoimilaitteiden kanavakohtainen kytkentäkyky on yleisesti 6A, 10A tai 16 A. Kuvassa 12 esitetään kytkintoimilaite. (Härkönen 2015.)



Kuva 12. Schneider Electricin valmistama kytkintoimilaite virranmittauksella ja käsiohjauksella. (Schneider Electric 2018)

### 8.4 Sädintoimilaitteet

Sädintoimilaitteet toimivat vaihetta leikkaavan valonsäätimen periaatteella. Nousevaa reunaa leikkaava valonsäädin on vaihejännitteen nollahetkestä alkaen suuri-impedanssisessa tilassa. Liipaisuajankohdassa se siirtyy johtavaan tilaan. Laskevaa reunaa leikkaava valonsäädin on johtavassa tilassa vaihejännitteen nollahetkestä alkaen, ja liipaisuajankohdassa se siirtyy suuri-impedanssiseen tilaan. Liipaisuajankohtaa muuttamalla voidaan säätää valaisimen jännitteen tehollisarvoa. Universaalisäädin tarkoittaa säädintä, jossa sekä nousevan että laskevan reunan säätö on mahdollista. Säättöavan ja led-lamppujen yhteensopivuutta ei ole standardisoitu. Näin ollen vaihetta leikkaavan sää-

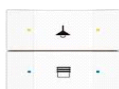
tötävän vuoksi led-lappujen säädössä voi esiintyä ongelmia. Led-valojen säätöongelmien korjaaminen vaatii resistiivisen pohjakuorman lisäämistä, lampun mallin tai säädintoimilaitteen vaihtamista. Kuvassa 13 esitetään säädintoimilaite. (Härkönen 2015; Schneider Electric 2018.)



Kuva 13. Schneider Electricin valmistama 3 x 1-10V säädintoimilaite (Schneider Electric 2018)

## 8.5 Painikkeet

KNX-painikkeita on perinteisiä kojerasiaan asennettavia väyläliitinyksikköjä, joihin sovellusmoduuli hankitaan erikseen sekä monoblock-painikkeita, joissa kaikki tarvittava on integroitu samaan yksikköön. Jokaista ohjattavaa toimintoa kohden tarvitaan vähintään yksi painikekytkin. Kuvassa 14 esitetään KNX-painike. (Härkönen 2015; ABB tuoteluettelo KNX automaatio 2018.)



Kuva 14. KNX-painike, valmistaja ABB. (ABB Oy 2020)

## 8.6 Huonelämmönsäätimet

Useisiin KNX-antureihin on integroitu huoneen lämpötilan mittaus. Näitä huonelämpötilatietoja voidaan käyttää vain valvontatietoina, varsinaiseen huonelämpötilan säätöön tarvitaan huonelämmönsäädin. Huonelämmönsäädin voi olla oma erillinen laite näytöllä tai ilman. Huonelämmön säädin voi olla myös integroitu painikkeeseen tai kosketusnäyttöön. Näytöllisissä huonelämmönsäätimissä käyttäjä voi helposti säätää huonelämpötilaa haluamakseen. Huonelämmönsäätimen asennuskorkeus on 1,0–1,5 metriä. Isommassa tilassa voi olla useampia huonelämmönsäätimiä tai lämpöantureita, joiden keskiarvoa

käytetään lämmönsäätöön. KNX-huonelämmönsäätimillä pystytään ohjaamaan sekä lämmitystä, että jäähdytystä. Tällä tavoin estetään samanaikainen järjestelmien toiminta. Huonelämmönsäädin voi vaihtaa lämmityksestä jäähdytykseen automaattisesti. Säätimellä pystytään myös ohjaamaan useampaa erillistä lämmön lähdettä. Valitaan ensisijaiseksi edullisempi lämmönlähde ja lisätään toinen lämmönlähde mukaan, jos ensisijainen ei riitä. Esimerkkinä tällaisesta on ilmalämpöpumppu ja sähkölämmitys. Kuvassa 15 esitetään KNX-huonelämmönsäädin. (Härkönen 2015.)



Kuva 15. KNX-huonelämmönsäädin, valmistaja Hager (Hager 2018)

## 8.7 Läsnaolotunnistimet

KNX-läsnaolotunnistimet perustuvat PIR (Passive Infrared Receiver) -tekniikkaan. Läsnaolotunnistin mittaa tilan IR-lämpösäteilyä ja reagoi siinä tapahtuviin muutoksiin. Yleisimmin käytetty malli on kattoon asennettava 360-astetta valvova malli. Saatavana on myös 180-asteen tunnistimia. KNX-läsnaolotunnistin esitetään kuvassa 16. (Härkönen 2015; ABB Oy 2018.)



Kuva 16. KNX-läsnaolo tunnistin, valmistaja ABB (ABB Oy 2018)

## 8.8 Valoisuusanturit ja sääasemat

KNX-valoisuusanturille voidaan asettaa useita raja-arvoja, jolloin pystytään eri kohteita valaisemaan tarpeen mukaan luonnonvalon vähentyessä. Samaa va-



loisuusanturia voidaan käyttää myös markiisien ja kaihtimien ohjaukseen aurinkosuojauksessa. Valoisuusanturiin voidaan sisältää myös lämpötilanmittaus, jolloin sitä voidaan käyttää myös sulanapitojärjestelmien ja autonlämmityspistorasioiden ohjauksessa. Valoisuusanturi sijoitetaan yleensä pohjoisseinälle, mutta jos sitä käytetään aurinkosuojauksessa, asennetaan se eteläpuoleiselle seinälle. (Härkönen 2015; ABB Oy 2018).

KNX-sääasema mittaa valoisuuden, lämpötilan, tuulen ja ilmaisee sateen. Sääasemaa voidaan käyttää esimerkiksi sääsuojauksessa markiisien ja luukujen ohjaukseen sekä aurinkopaneelien tai tuulivoimalan tuoton vertaamiseen ja virittämiseen vallitseviin sääoloihin sopiviksi. Sääasema tulisi asentaa paikkaan, johon tuuli ja sade osuvat esteettömästi. Valoisuusanturi sekä sääasema esitetty kuvissa 17 ja 18. (Härkönen 2015; ABB Oy 2018.)



Kuva 17. Yhdistetty lämpötila ja valoisuusanturi, valmistaja Schneider Electric (Schneider Electric 2018)



Kuva 18. Sääasema, valmistaja Schneider Electric (Schneider Electric 2018)

## 8.9 Energiamittarit

KNX-energiamittareilla pystytään mittaamaan ryhmäjohtokohtaisia energiankulutuksia. On myös kytkintoimilaitteita, jotka sisältävät kanavakohtaisen energiankulutuksen mittauksen. Lisäksi on erillisiä mittarointiväylään asennettavia energiamittareita. Myös pulssilaskentaan perustuva kulutuksen mittaus voidaan toteuttaa KNX-binääritulolla. KNX-energiamittari sekä binääritulo esitetty kuvissa 19 ja 20. (Härkönen 2015; ABB Oy 2018.)



Kuva 19. KNX energiamittari, valmistaja Hager (Hager 2018)



Kuva 20. Binääritulo, valmistaja Schneider Electric (Schneider Electric 2018)

## 8.10 Kosketusnäytöt

Tavallinen KNX-järjestelmään liitetyllä kosketusnäytöllä pystytään tekemään järjestelmään käytön aikaisia ohjauksia. Lisäksi kosketusnäytöltä voidaan valvoa mittatietoja ja vastaanottaa hälytyksiä. Jos kosketusnäytön avulla halutaan tallentaa esimerkiksi energiakulutustietoja, tulee kosketusnäytössä olla palvelin toiminto tai sitten olla kosketusnäyttö, sekä erillinen palvelin.

Järjestelmän ohjaukseen voidaan käyttää myös tablettitietokonetta tai älypuhelinta. Ne voivat olla langattoman sisäverkon tai VPN-yhteyden avulla yhteydessä KNX-järjestelmän palvelimeen. On myös saatavana kevyempi ratkaisu, jossa esimerkiksi tablettiin ladataan sovellus, jolla pystytään ohjaamaan KNX-järjestelmää. Tällöin riittää, että on TPC/IP-rajapinta, josta päästään järjestelmään sisään. Ilman palvelinta olevan ohjausratkaisun toiminnallisuus jää kuitenkin suppeammaksi mm. kulutustietoja ei tällöin voida tallentaa. Kosketusnäyttö kuvassa 21. (Härkönen 2015; KNX-Basics en 2014.)



Kuva 21. KNX-kosketusnäyttö, valmistaja ABB (ABB Oy 2018)

## 9 TIETOTURVA

Integroitujen kiinteistöautomaatiojärjestelmien tietoturva tulee ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Integroiduissa kiinteistöautomaatiojärjestelmissä voidaan yhdestä käyttöliittymästä ohjata koko järjestelmää eli esimerkiksi kulunvalvontaan ja lukituksiin liittyviä ohjauksia kuten muutakin kiinteistöautomaatiota. KNX-väylälaitteet ja väyläkaapeli tulee asentaa siten, ettei tilojen käyttäjät pääse niihin helposti käsiksi varsinkin, jos tila on valvoton. Suuremmissa järjestelmissä, joissa käytetään Ethernet-verkkoa topologian ylähierarkioissa, Ethernet-verkko tulisi olla oma itsenäinen kiinteistöautomaatiolle varattu verkkonsa erillään tietoliikenneverkosta. Kotiautomaatiojärjestelmissä voidaan tieto- ja KNX-verkko yhdistää. (Härkönen 2015; KNX-Basics en 2014.)

## 10 KNX-KIINTEISTÖAUTOMAATION OPPIMISYMPÄRISTÖ

### 10.1 Kiinteistöautomaation oppimisympäristön tavoitteet

Oppimisympäristön sekä modulien kiinteistöautomaatiojärjestelmät suunnitellaan sellaiseksi, että niissä on mahdollista tutustua ja oppia hajautetun kiinteistöautomaatiojärjestelmän toimintaa. Oppimisympäristössä voidaan opetella KNX-järjestelmän laitteita, kytkentätapoja ja laitteiden toimintaa. Tilassa pystytään oppimaan sekä järjestelmän ohjelmointia, että virittämistä käyttäjäystävälliseksi, energian käytön kannalta optimaaliseksi ja määräysten mukaiseksi kiinteistöautomaatiojärjestelmäksi. Tämä tukee myös osaltaan kestävän kehityksen tavoitteiden saavuttamista tulevaisuudessa kiinteistöjen energiankäytön osalta.

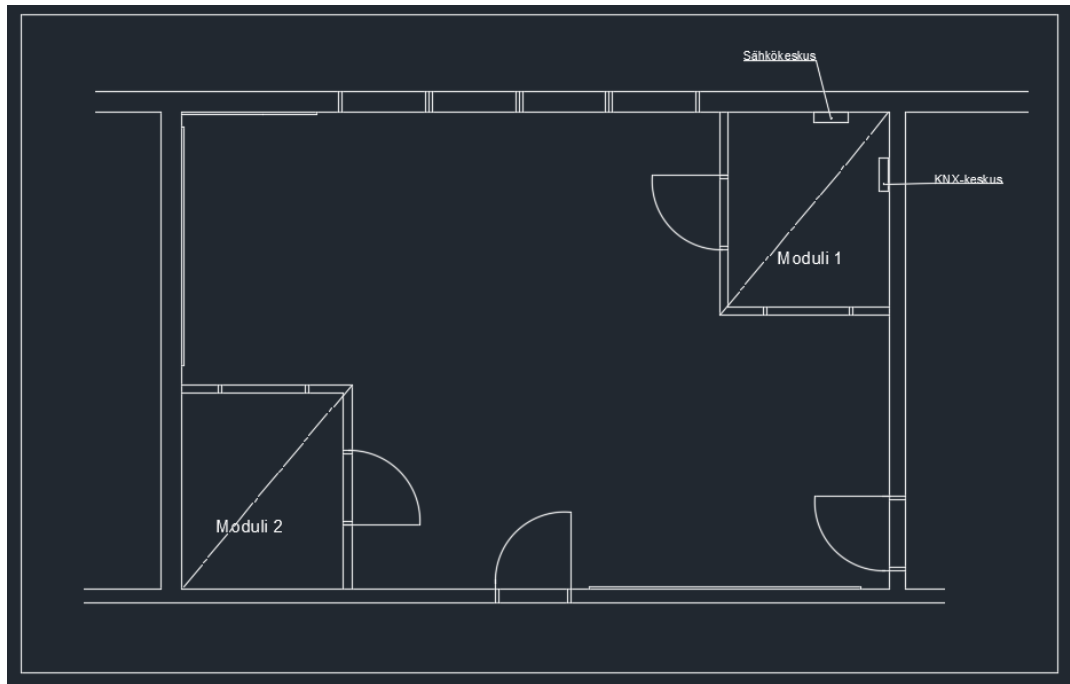
Modulien tarjoamassa oppimisympäristössä on mahdollista tehdä säätö-, mitta- ja harjoitustoimia turvallisessa, kontrolloidussa ja oppimista tukevassa ympäristössä. Oppimisympäristössä voidaan tutustua käytännössä järjestelmiin ja niiden toimintaan ilman, että aiheutetaan haittaa kyseessä olevan kiinteistön muulle toiminnalle. Oppimisympäristössä voidaan myös tehdä säätö-, mittaus- ja huoltoharjoituksia siten, että työtä jatketaan sopivassa ajankohdassa myöhemmin ilman, että järjestelmien oleminen pois käytöstä aiheuttaa haittaa. Tila

mahdollistaa myös etukäteen harjoitustöiden suunnittelun työjärjestykseen tietylle ajanjaksolle. Moduilit myös mahdollistavat järjestelmien kokeilun ja säädön vapaasti järjestelmien laitteiden toiminta-alueiden puitteissa.

Kiinteistöautomaation oppimisympäristö suunnitellaan KNX-järjestelmällä toteutettavaksi tilaksi, jossa voidaan hankkia hyvät tietotaidot nykyaikaisesta avoimen standardin hajautetusta kiinteistöautomaatiojärjestelmästä. KNX-oppimisympäristössä voidaan toteuttaa ilmasto- ja energiansäästötavoitteiden mukaisia SFS-EN-15232-luokan B-tilatietoon perustuvia ohjauksia valaistus-, kulunvalvonta- ja ilmanvaihtojärjestelmille.

## **10.2 Tila ja moduilit**

Kiinteistöautomaation oppimisympäristö tilaan tulee kaksi modulia: moduli 1 ja moduli 2. Molemmissa moduleissa on kiinteistöautomaatioon liittyvät ilmastointi-, kulunvalvonta ja valaistusjärjestelmät. Moduilit ovat puurunkoisia, ja ne on levytetty vaneri levyillä, jotta laitteiden asentaminen ja poistaminen niihin olisi mahdollisimman yksinkertaista. Moduilit sisältävät kumpikin yhden oven ja yhden ikkunan. Moduilit ovat lattia pinta-alaltaan noin 2 500 mm x 3 000 mm ja korkeudeltaan noin 2 400 mm kokoisia. Moduleissa on vanerikatto. Moduilit varustetaan kulunvalvonta-, valaistus-, ja ilmastointiautomaatiolla sekä energianmittauksella. Moduilit sijoitetaan kiinteistöautomaation oppimisympäristötilan vastakkaisiin kulmiin. Oppimisympäristötila moduleineen on esitetty kuvassa 22.



Kuva 22. Kiinteistöautomaation oppimisympäristötila, jossa kaksi tilamodulia

### 10.3 Modulien laitteet ja varusteet

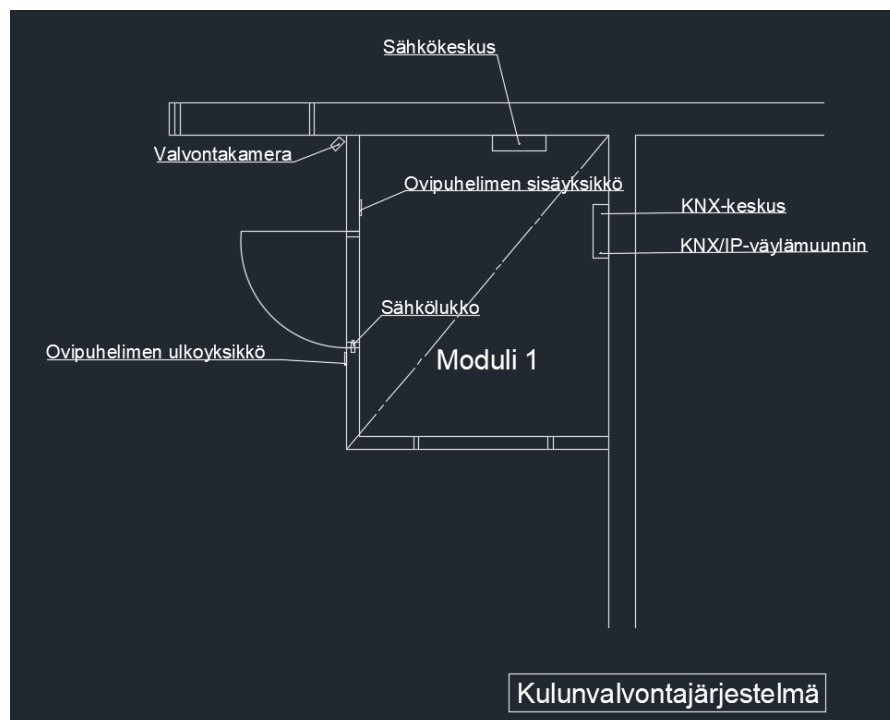
Modulit koostuvat neljästä seinästä, ovesta ja ikkunasta, sekä katosta. Tarkoitus on, että kumpikin moduli toimii itsenäisenä kulunvalvonta-, valaistus- ja ilmastointi automaatioltaan säädettävänä harjoitustilana. Molempien modulien automaatiojärjestelmät ovat KNX-pohjaisia, ja ne ovat liitetty saman linjan kautta yhteiseen kiinteistöautomaatio järjestelmään. Valaistus- ja ilmanvaihtojärjestelmät ovat varustettu KNX-järjestelmään yhteensopivalla energianmittauksella. Oppimisympäristötilaan sijoitetaan lisäksi yksi modulien yhteinen sähkö- ja KNX-keskus.

## 11 MODULIT

### 11.1 Modulien kulunvalvontajärjestelmä

#### 11.1.1 Kulunvalvontajärjestelmän laitteet

Moduleihin asennetaan puurunkoinen ovi ja oveen sähkölukkorunko. Sähkölukko mahdollistaa kulunvalvonnan yhteen suuntaan. Lukkorunko on avattavissa ulkopuolelta sähköisellä ohjauksella joko automaatio-ohjauksella, painonapilla tai lukijalla. Sisäpuolelta ovi voidaan aina avata painikkeella. Oven runko valitaan sellaiseksi, että lukkorunkoa voidaan asentaa paikalleen useampaan kertaan oppimisharjoituksissa tai huoltoa varten. Ovet varustetaan ovipumpuilla. Ikkuna varustetaan sisäpuolelta avattavaksi, joka toimii varauloskäyntinä, jos lukitukseen tulee toimintahäiriöitä esimerkiksi harjoitustöiden yhteydessä. Moduli 1:n kulunvalvontajärjestelmä on esitelty kuvassa 23.



Kuva 23. Modulien kulunvalvontajärjestelmän laitteet

Sähkölukkotyypiksi valitaan laajasti suurien rakennuksien ulko- ja sisäovissa käytössä oleva lukkotyyppi. Lukko toimii 12–24V DC-jännitteellä. Sähkölukko

ja modulin ulkopuolella oleva valvontakamera, on yhdistetty ovipuhelimen keskusyksikköön. Ovipuhelinjärjestelmän kautta ohjataan sähkölukkoa, kortinlukijaa ja valvontakameraa.

### **11.1.2 Kulunvalvontajärjestelmän toiminnot**

Modulien kulunvalvontajärjestelmä mahdollistaa lukituksen aika- ja viikko-ohjelmoinnin, modulien kulkuoikeuksien ohjelmoinnin sekä lukituksen tilatietojen tarkastelun. Kiinteistöautomaatiojärjestelmään liitettyssä valvontakamerassa on mahdollisuus kameran suuntaukseen. Kulunvalvontajärjestelmän asetusten muutokset ja ohjelmointi tehdään KNX-järjestelmän kautta.

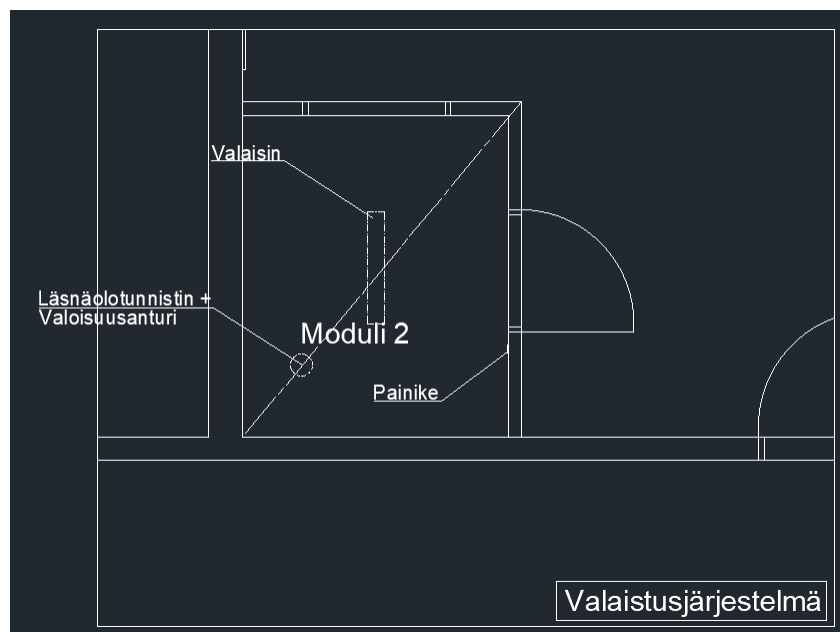
### **11.1.3 Kulunvalvontajärjestelmä oppimisympäristönä**

Modulien kiinteistöautomaatioon liitetty kulunvalvontajärjestelmä mahdollistaa oppijoille järjestelmän tarkastelun käytännössä. Järjestelmä mahdollistaa lukituksen aika- ja viikko-ohjelmoinnin harjoittelun. Modulien kulunvalvontajärjestelmään voidaan ohjelmoida ovelle aukiolo ja lukitusajat. Lisäksi modulien kulkuoven kortinlukijoille voidaan asettaa käyttöoikeuksia kulkukorteille. Keskusyksiköltä saadaan myös tieto kulkukortilla oven avanneista henkilöistä. Tietoja voidaan tarkastella jälkikäteen ja varmistaa, että vain tarkoitukseen ohjelmoiduilla korteilla on päästy avaamaan lukitus. Oppimisympäristö antaa tietoturvallisen tilan valvontakameran käytön ja ominaisuuksien harjoitteluun. Valvontakameran käytännön ominaisuuksiin voidaan tutustua harjoitusmodulissa kattavasti tietosuojan mukaisissa olosuhteissa. Valvontakamerajärjestelmällä voidaan esimerkiksi harjoitella kamerasuuntauksen opitointia sekä tallennetun kuvamateriaalin määräystenmukaista käsittelyä ja säilytystä.

## 11.2 Modulien valaistusjärjestelmä

### 11.2.1 Valaistusjärjestelmän laitteet

Moduleihin asennetaan sisäpuolelle valo-ohjaus painike. Kattoon asennetaan led-valaisin ja läsnäolotunnistin valoisuusanturilla sekä vakiovalo-ohjaus toiminnolla. Toimilaitteet ja anturi liitetään KNX-valonsäätimeen, joka on sijoitettu KNX-keskukseen. Valaisinlaitteilla pystytään toteuttamaan vakiovalo-ohjaus. Vakiovalo-ohjauksessa valoisuusanturi ohjaa valaisinta antamaan tarvittavan määrän keinovaloa luonnonvalon lisäksi niin, että haluttu valaistuksen määrä toteutuu. Jos valoisuusanturi havaitsee, että luonnonvaloa on riittävästi, automaatio himmentää led-valaisimen valoa KNX-valonsäätimen vaihekulmaohjauksen avulla niin, että haluttuun valaistustasoon päästään käyttämällä vähemmän sähköenergiaa. Valaistuksen päälle-pois-kytkentä on toteutettu läsnäolotiedon mukaisesti. Modulien kattoon asennettu läsnäolotunnistin kytkee liikettä havaitessaan valaistuksen päälle ja vastaavasti aikaohjelman ohjaamana katkaisee valaistuksen pois päältä tietyn ajan kuluttua, kun liikettä ei enää havaita. Modulien 2 valaistusjärjestelmä on esitetty kuvassa 24.



Kuva 24. Modulien valaistusjärjestelmän laitteet



### 11.2.2 Valaistusjärjestelmän toiminnot

Modulien valaistusjärjestelmillä voidaan toteuttaa vakiovalo-ohjaus, jossa keinovaloa käytetään luonnonvalon lisäksi vain sen verran kuin kulloinkin vaadittavaan tarpeenmukaiseen valaistukseen tarvitaan. On myös mahdollista tehdä tilatietoon perustuva valaistuksen ohjaus, jossa läsnäolo tunnistin tarkkailee tilaa ja kytkee valaistuksen päälle tai pois liikeilmaisimen valaistuksen ohjaukselle antaman läsnäolotiedon perusteella. Modulien valaistusjärjestelmällä voidaan myös toteuttaa tilan käyttötarkoituksen muutoksiin perustuvia valaistusvoimakkuuden säätöjä KNX-valaistusautomaation avulla.

### 11.2.3 Valaistusjärjestelmä oppimisympäristönä

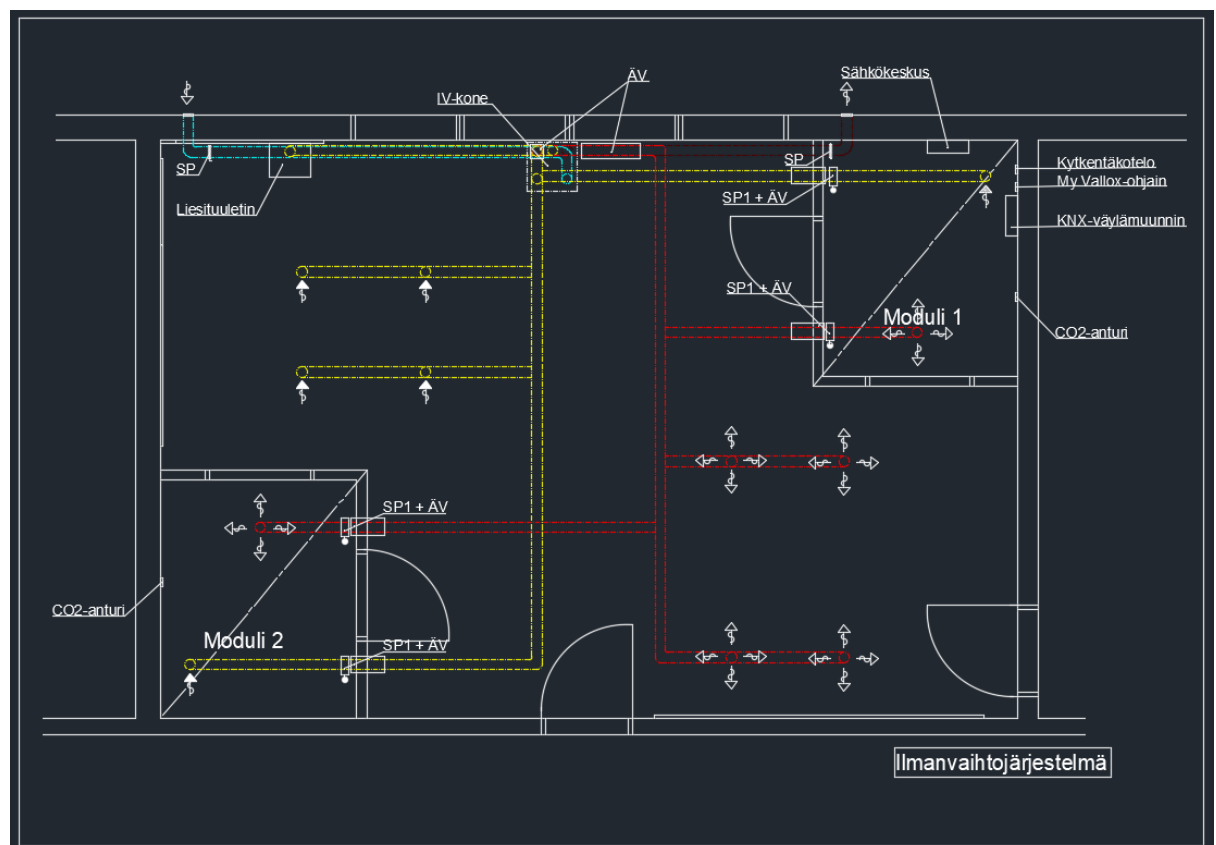
Modulien valaistusjärjestelmillä oppijoiden on mahdollista tutustua järjestelmän toimintaan käytännössä. Harjoitusmodulissa voidaan tutustua itse järjestelmään, sen laitteisiin, valaistusjärjestelmän liittämiseen KNX-järjestelmään ja ohjelmallisiin ominaisuuksiin kuten vakiovalo toimintoon.

Sekä läsnäolotietoon perustuva valaistuksen ohjaus, että vakiovalo-ohjaus säästävät valaistuksen tarvitseman energian määrää. Oppijoilla on mahdollisuus perehtyä näiden järjestelmien toimintaan ja järjestelmien virittämiseen optimaalisella tavalla. Valaistusjärjestelmän energiankulutustiedot voidaan todeta valaistuksen ryhmäjohtoon liitetystä KNX-energiamittarin tuottamasta kulutustiedoista. Energiamittarin kulutustietoja voidaan käyttää myös valaistusjärjestelmän tarkempaan energiataloudelliseen säätöön, esimerkiksi valaistuksen poiskytkennän viiveaikoihin sekä vakiovalo-ohjauksessa luonnonvalon ja käytetyn led-valon välisen suhteen määrittelyyn. Energiankulutustietojen käyttö mahdollistaa valaistusjärjestelmän säädön mahdollisimman energiatehokkaaksi kuitenkin niin, että valaistus on määräystenmukainen, turvallinen sekä käyttäjäystävällinen. KNX-järjestelmä mahdollistaa myös erilaisten valaistusominaisuuksien ohjelmoinnin harjoittelun tilan erilaisia käyttötarkoituksia varten.

## 11.3 Modulien ilmanvaihtojärjestelmä

### 11.3.1 Ilmanvaihtojärjestelmän laitteet

Oppimisympäristötilaan asennetaan ilmanvaihtokone, joka tarjoaa tarvittavan ilmanvaihdon molemmille moduleille. Moduleille tuodaan tulo- ja poistoilma ilmanvaihtokoneelta runkokanavia pitkin. Moduleille tuleviin iv-kanaviin on asennettu ilmanvirtaussäätimet. Tulo- ja poistoilmakanavat tuodaan moduleihin katon kautta. Tuloilma tuodaan erillisen liitäntälaatikon kautta tuloilman päätelaitteelle. Oppimisympäristön ilmanvaihtojärjestelmä on esitetty kuvassa 25.



Kuva 25. Ilmanvaihtojärjestelmän laitteet

Ilmanvaihtokone on kytketty KNX-väyläsovittimen avulla muuhun järjestelmään ja ETS-ohjelmaan.

Modulien ilmanvaihdon ohjaus perustuu läsnäolotietoon. Läsnäolotieto saadaan moduleihin asennetuista CO<sub>2</sub>-antureista. Kun oppimismodulin tilassa on henkilöitä, CO<sub>2</sub>-arvo nousee. Asetetun raja-arvon ylittyttyä ilmastointikone lisää

kierrosnopeutta, jolloin sekä tulo- että poistoilmamäärät kasvavat. Jos tilassa olevien henkilöiden määrä vähenee ja CO<sub>2</sub>-arvo laskee alle asetetun raja-arvon, ilmastointikoneen puhallinnopeudet pienenevät.

### **11.3.2 Ilmanvaihtojärjestelmän toiminnot**

Modulien ilmanvaihtojärjestelmällä voidaan tehdä ilmanvaihdon perusohjauksia ja mittauksia, sekä toteuttaa läsnäolotietoon perustuva energiatehokas ilmanvaihto. Läsnäolo-ohjatussa ilmanvaihdossa CO<sub>2</sub>-anturi mittaa tilan hiilidioksidipitoisuutta ja ilmastointikone säättää toimintaansa annettujen raja-arvojen mukaisesti.

### **11.3.3 Ilmanvaihtojärjestelmä oppimisympäristönä**

Modulien tarpeenmukaisella ilmanvaihtojärjestelmällä voidaan tutustua eri järjestelmäkomponenttien toimintaan ja mitata asetusarvojen muutosten vaikutuksia sisäilma olosuhteisiin. Harjoittelumoduleissa voidaan eri asetusarvomutosten vaikutukset erikseen mitata ja oppijat saavat käsityksen siitä, miten eri asetusarvomutokset ilmastointiautomaatiojärjestelmässä käytännössä vaikuttavat sisäilmaan. Näin oppijat saavat tietoa esimerkiksi tulo-, poistoilman ja tehostuksen asetusarvomutoksista sisäilmaan. Moduleissa voidaan myös tarkastella viikko-ohjelmien ja eri ilmanvaihdon tehostustusaikojen vaikutuksia energiankulutukseen.

## **11.4 Modulien energiamittaukset**

### **11.4.1 Energiamittauslaitteet**

Modulien energiankulutuksia seurataan KNX-yhteensopivilla energiamittareilla. Energiankulutuksia seurataan ilmanvaihto ja valaistusjärjestelmistä. Energiamittaukset suoritetaan modulien ilmanvaihtokoneen ja valaistuksen ryhmäjohtoista. Energiamittareina ovat KNX-liitännällä varustettu energiamittarit. Lisäksi energiankulutusten visualisointiin tarvitaan erillinen ohjelmallinen elementti, joka kerää energiamittautiedot ja tekee niistä kulutushuippuja sekä trendejä esittäviä visualisointeja. Energiakulutustietojen visualisoinnit helpottavat mittaustulosten tulkintaa ja analysointia.

#### 11.4.2 Energiamittaus toiminnot

Moduleista kerätään valaistuksen ja ilmanvaihdon energiankulutus tiedot. Moduli 1:stä ja 2:sta kerätään omat valaistuksien energiankulutus tiedot. Ilmanvaihdon energiankulutustiedot kerätään koko ilmastointikoneen toiminta alueelta. Tiedot esitetään visualisoinnin avulla haluttuina ajanjaksoina.

#### 11.4.3 Energianmittaus oppimisympäristönä

Modulien valaistus- ja ilmanvaihtojärjestelmien energiankulutuksien seuranta mahdollistaa erilaisten kiinteistöautomaatio asetusten vertailun energiankulutuksen näkökulmasta. Modulien harjoituspisteissä kiinteistöautomaatiojärjestelmät voidaan oppia säätämään paitsi hyvän sisäilman, määräysten mukaisen valaistuksen ja kulunvalvonnan mukaisiksi, mutta myös ilmastotavoitteiden mukaiseksi energiaa säästäväksi taloautomaatioksi. Energian kulutuksen seurannan avulla voidaan tarkastaa, onko järjestelmien asetukset optimaaliset myös energiankulutuksen näkökulmasta. Näin ollen moduleissa pystytään harjoittelemaan valaistus- ja ilmanvaihtoautomaation virittämistä optimaaliseksi energian kulutuksen kannalta.

Modulien valaistus- ja ilmanvaihtoautomaation energiankulutuksen mittauslaitteilla pytytään seuraamaan energiankulutustietoja sekä reaaliaikaisesti, että koostamaan energiankulutus trendejä eri pituisilta seurantajaksoilta ja tehdä niistä visualisointeja. Saatujen energiankulutustietojen pohjalta voidaan päätellä, onko järjestelmät viritetty optimaaliseksi ja saadaan oppijoille käsitys siitä, miten paljon tietyt asetusarvojen muutokset automaatiojärjestelmään vaikuttavat energiankulutukseen.

Näin saadaan harjoitusmodulien avulla oppijoille käytännön tietopohjaa kiinteistöautomaation säätöjen vaikutuksista, paitsi käyttäjien kannalta terveellisen ja turvallisen kiinteistöautomaation virittämiseen, mutta myös automaatio-säätöjen vaikutuksista energiankulutukseen järjestelmittäin. Tällä tavoin opitaan niitä energian säästökeinoja, jotka ovat mahdollisia yhdessä hyvän sisäilman sekä tarpeen- ja määräystenmukaisen valaistuksen kanssa. Energian seurannan avulla voidaan myös tarkastella erilaisiin käyttötarkoituksiin ilmanvaihdon ja valaistuksen osalta säädettyjen tilojen energiankulutusta.

## 12 KNX-OPPIMISYMPÄRISTÖN OPPIMISTOIMINNOT

Oppimisympäristön mahdollistamien oppimistoimintojen avulla voidaan arvioida sen sopivuutta eri alojen opetukseen. Taulukon 4 avulla voidaan verrata oppimisympäristön tarjoamien oppimistoimintojen sopivuutta halutun alan opetussuunnitelman sisältöön ja tavoitteisiin.

Taulukko 4. Oppimisympäristön mahdollistamat järjestelmien oppimistoiminnot

Järjestelmä	Ilmanvaihto	Valaistus
Oppimistoiminnot	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ilmamäärien säätö</li> <li>• viikko-ohjelmointi</li> <li>• läsnäolo-ohjaus</li> <li>• energiataloudellinen ja käyttäjäystävällinen säätö</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• läsnäolo-ohjaus</li> <li>• vakiovalo toiminto</li> <li>• energiataloudellinen ja käyttäjäystävällinen säätö</li> <li>• valaistusominaisuuksien säätö tilan käyttötavan mukaan</li> </ul>

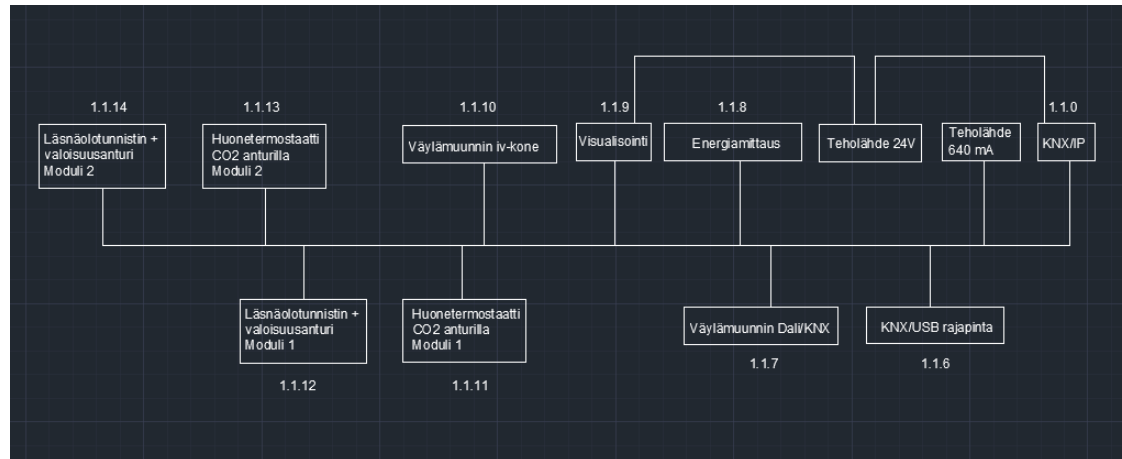
Järjestelmä	Kulunvalvonta	Energianmittaus
Oppimistoiminnot	<ul style="list-style-type: none"> <li>• viikko-ohjelmointi</li> <li>• kulkuoikeuksien ohjelmointi</li> <li>• lukituksen tilatietojen tarkastelu</li> <li>• valvontakameroiden suuntaus</li> <li>• Lukitustilojen tarkastelu ja säätö</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• energiankulutuksen seuranta reaaliaikaisesti sekä seurantajaksolla</li> <li>• järjestelmien säätäminen energiankulutukseltaan optimaaliseksi</li> <li>• järjestelmien säätömuutosten vaikutuksien havainnointi energiankulutuksen kannalta</li> <li>• energiakulutustietojen analysointi</li> </ul>

Taulukossa 4 mainittujen järjestelmien oppimistoimintojen lisäksi oppimisympäristön moduilit tarjoavat mahdollisuuden järjestelmiin liittyviin asennus- ja huoltoharjoituksiin. Itse modulierakenteisiin liittyen voidaan tehdä myös ikkunoiden, ovien ja lukitushelojen asennukseen, huoltoon sekä säätöön liittyviä oppimisharjoituksia.

## 13 MODULIEN LINJASEGMENTTI

### 13.1 Laitteiden yksilölliset osoitteet

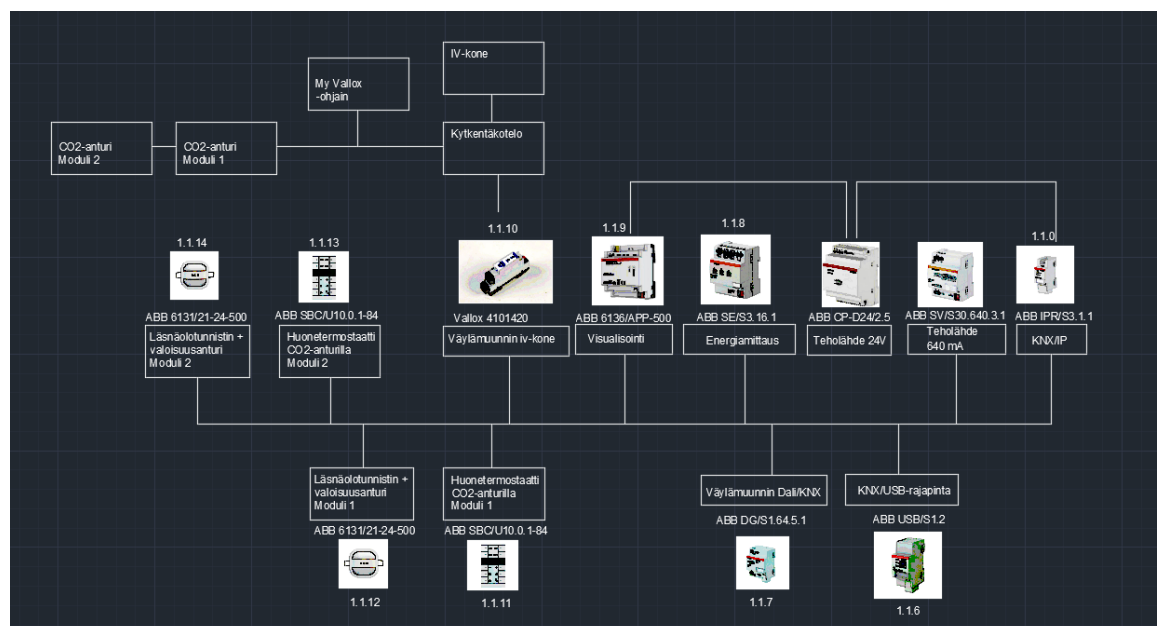
Kuvassa 26 esitetään oppimisympäristön KNX-linjasegmentti ja laitteiden yksilölliset osoitteet. Yksilöllisen osoitteen avulla ilmaistaan laitteen sijainti järjestelmän sisällä.



Kuva 26. Modulien linjasegmentti ja laitteiden yksilölliset osoitteet

### 13.2 Linjasegmentin laitteet

Kuvassa 27 esitetään oppimisympäristön KNX-linjasegmentin laitteet. Vastavia laitteita löytyy useita valmistajilta.



Kuva 27. Modulien linjasegmentin laitteet

## 14 ETS5-OHJELMOINTI

Oppimisympäristön ETS-ohjelmoinnista on esitetty rakennuksen rakenteet, laitteet ja ryhmäosoitemalli sekä topologiarakenne. Ryhmäosoitteita ei ole ohjelmallisesti liitetty laitteisiin, koska järjestelmien toimivuutta ei ollut mahdollista kokeilla käytännössä. Sama koskee laitteiden parametriasetuksia. Kuvassa 28 esitetään oppis ympäristön tilarakenne ETS-ohjelmassa. Talo 1-rakennukseen on lisätty oppis ympäristötila, moduli 1 ja moduli 2. KNX-pääkeskus on sijoitettu moduliin 1.

Rakennukset	Osoite	Tila	Kuvaus	Sovellusohjelma	Os. Valmistaja	Tilausnumero	Tuote
Dynaamiset Kansiot	1.1.13	Moduli 2	Huonetermostaatti	HVAC/CO2-Gerät, 10fach BE/1	ABB	SBC/U10.0	SBC/U10.0 HVAC/CO2-Gerät, 10fach BE
Oppinäytely	1.1.14	Moduli 2	Läsnäolotunnistin	Melder Konstantlichtregler H...	ABB	6131/21-500	6131/21-500 Präsenzmelder Mini Premium
Talo 1							
Moduli 1							
Pääkeskus							
1.1.- Virtalähde 640 mA SV/S30.640.3.1 Power S...							
1.1.0 IPR/S3.1.1 IP-Router,REG							
1.1.6 KNX/USB-rajapinta USB/S1.1 USB-Schnitts...							
1.1.7 Väylämuunnin KNX/DALI valaistukseen DG...							
1.1.8 Kytkeyksikkö energiamittauksilla SE/S3.16...							
1.1.9 Visualisointi Contol Touch							
1.1.10 IV-väylämuunnin Vallox KNX-Bus-Unit							
1.1.11 Huonetermostaatti SBC/U10.0 HVAC/CO2-...							
1.1.12 Läsnäolotunnistin 6131/21-500 Präsenzme...							
Moduli 2							
1.1.13 Huonetermostaatti SBC/U10.0 HVAC/CO2-...							
1.1.14 Läsnäolotunnistin 6131/21-500 Präsenzme...							
Oppimisympäristö							
Vaihdot							

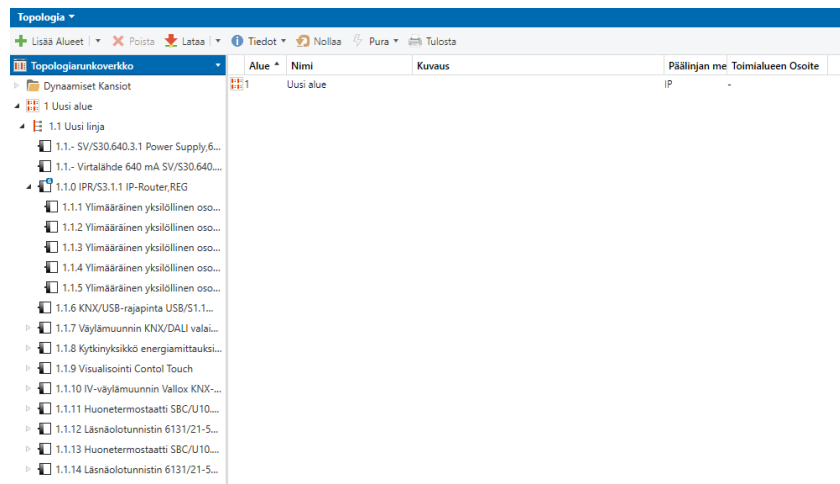
Kuva 28. Rakennus ja rakennuksen osat

Kuvassa 29 esitetään järjestelmien ryhmäosoitteiden mallipohja ETS-ohjelmassa.

Ryhmäosoitteet	Osoite	Nimi	Kuvaus	Keskei	Välitiet	Tietotyyppi	Pituus	No. Yht	Viimeisin Arv
Dynaamiset Kansiot	3/0/0	Kulunvalvonnan ohjaus		Ei	Ei			0	
0 Keskitetyt toiminnot									
1 Moduli 1									
1/0 Valaistuksen ohjaus									
1/0/0 Valo 1									
1/1 Kulunvalvonnan ohjaus									
1/1/0 Kulunvalvonta 1									
1/2 Ilmastoinnin ohjaus									
1/2/0 Ilmastointi 1									
2 Moduli 2									
2/0 Valaistuksen ohjaus									
2/0/0 Valo 2									
2/1 Kulunvalvonnan ohjaus									
2/1/0 Kulunvalvonta 2									
2/2 Ilmastoinnin ohjaus									
2/2/0 Ilmastointi 2									
3 Oppimisympäristö									
3/0 Kulunvalvonta oppimisympäristö									
3/0/0 Kulunvalvonnan ohjaus									

Kuva 29. Järjestelmän ryhmäosoitteiden mallipohja

Järjestelmän rakenne esitetään ETS-ohjelman topologia näkymässä. Oppimisympäristössä on yksi KNX-linja, jonka topologia esitetään kuvassa 30.



Kuva 30. Järjestelmän topologia

## 15 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tulevaisuuden ilmastotoimiin liittyvät energiansäästötavoitteet edellyttävät toimenpiteitä myös kiinteistöjen energiankulutuksen suhteen. Kiinteistöjen energiankulutukseen voidaan osaltaan vaikuttaa nykyaikaisella kiinteistöautomaatiolla. Nykyaikaisella läsnäolo- ja energiamittaustietoon perustuvalla kiinteistöautomaatiolla pystytään säätämään järjestelmät samaan aikaan käyttäjäystävällisiksi ja energiatehokkaiksi. Järjestelmien optimaalinen säätö vaatii syvälistä kiinteistöautomaatiojärjestelmien tuntemusta. Tässä työssä on esitelty oppimisympäristö, joka mahdollistaa syvällisen järjestelmien käytännön oppimisen usean alan toisen asteen ja ammattikorkeakoulun oppijoille.

Tässä opinnäytetyössä on tehty oppimisympäristön suunnitelma sisältäen ilmanvaihto-, valaistus-, kulunvalvontajärjestelmät. Lisäksi ilmanvaihto- ja valaistusjärjestelmät ovat varustettu energiamittauksella. Järjestelmä on suunniteltu toteutettavaksi KNX-kiinteistöautomaatio pohjaiseksi.

Oppimisympäristö on suunniteltu avoimen standardin hajautetuksi kiinteistöautomaatiojärjestelmäksi. Vastaavat toiminnot sisältävä oppimisympäristö voidaan myös toteuttaa keskitetyllä automaatiojärjestelmällä tai useamman jär-



jestelmän yhdistelmällä. KNX:n etuja ovat hajautettu järjestelmä, avoin standardi, helppo laajennettavuus, useat siirtomedia vaihtoehdot ja kaapeloinnin yksinkertaisuus.

Oppimisympäristön valaistus-, ilmanvaihto-, kulunvalvontajärjestelmien käyttö sekä energiankulutustietojen seuranta ovat mahdollisia ilman KNX-tuntemusta. Tältä osin ei ole eroa, millä automaatio järjestelmällä oppimisympäristö on toteutettu. Järjestelmien käyttö on mahdollista usealle oppimisalalle. Syvempi järjestelmien oppiminen ja hallinta edellyttää KNX-tuntemusta. KNX-järjestelmän ohjelmointi tapahtuu ETS-ohjelmalla. ETS-ohjelman käyttökoulutusta tarjoavat KNX Associationin hyväksymät kouluttajat laajalti ympäri Suomea. Oppimisympäristö mahdollistaa myös KNX- ja ETS-koulutuksen.

Modulit kannattaa sijoittaa tilaan, jossa on mahdollisuus teoriaopetukseen eli on tarvittavasti opetustilaa ja -laitteita tai vastaavasti voidaan varustella oppimisympäristö teoriaopetukseen tarvittavilla laitteilla. Tällöin pystytään teoria siirtämään käytännön oppimisharjoituksiin mahdollisimman vaivattomasti.

Tässä työssä esiteltyjen järjestelmien oppimistoimintojen avulla voidaan tarkastella oppimisympäristön sopivuutta tietyn alan opetussuunnitelman sisällön tavoitteiden näkökulmasta. Järjestelmien oppimistoiminnot mahdollistavat oppimisympäristön käytön usealle oppimisalalle. Opinnäytetyössä esitetystä suunnitelmasta voidaan toteuttaa myös tarpeen mukainen kokonaisuus ottamalla käyttöön se osittain, useammassa vaiheessa, suppeampana tai laajempaan kokonaisuutena. Hajautettu, avoimen standardin KNX-järjestelmän käyttö mahdollistaa järjestelmän laajentamisen tai suppeamman toteutuksen joustavasti. Järjestelmää on mahdollista laajentaa esimerkiksi uusiutuvaan energiaan tai kulutusjoustoon liittyvillä kokonaisuuksilla.

Opinnäytetyön tuloksena on ratkaisu tutkimuskysymykseen: miten toisella asteella sekä ammattikorkeakouluissa voidaan järjestää käytännön opetusta opetussuunnitelman mukaisesti järjestelmistä, joiden syvälinen oppiminen ja osaaminen edellyttävät käytännön toimenpiteitä oppijoilta? Opinnäytetyön ratkaisu mahdollistaa usean alan opetussuunnitelman mukaisten järjestelmien käytännön oppimisen, ja osaamisen syventämisen. Tällä tavoin tuetaan oppi-

joiden käytännön osaamista, ja autetaan osaltaan pääsemään käyttäjien kannalta toimiviin sekä energiankulutukseltaan vähäpäästöisiin kiinteistöautomaatiojärjestelmiin. Tällä ratkaisulla pystytään vastaamaan kiinteistöautomaation tulevaisuuden vaatimuksiin ja saavuttamaan hyvä säätöosaaminen. Tämä auttaa osaltaan pienentämään kiinteistöjen energiankulutusta ja saavuttamaan ilmastotavoitteet Suomessa.

## LÄHTEET

ABB Oy. 2018. ABB-tuoteluettelo KNX-automaatio. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://asennustuotteet.fi/catalog/15909/KNX-taloautomaatio\\_FIN1.html](http://asennustuotteet.fi/catalog/15909/KNX-taloautomaatio_FIN1.html) [viitattu 14.11.2018].

Energy Efficiency with KNX. 2014. Pdf-dokumentti. Saatavissa: [http://knx.fi/doc/esitteet/Energy-Efficiency-With-KNX\\_en.pdf](http://knx.fi/doc/esitteet/Energy-Efficiency-With-KNX_en.pdf) [viitattu 14.11.2018].

Härkönen, K. 2015. KNX-järjestelmän perusteet. 2. painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

KNX-Basics en. 2014. Pdf-dokumentti. Saatavissa: [http://knx.fi/doc/esitteet/KNX-Basics\\_en.pdf](http://knx.fi/doc/esitteet/KNX-Basics_en.pdf) [viitattu 14.11.2018].

Motiva. 2017. Julkinen sektori, valaistus. Www-dokumentti. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/julkinen\\_sektori/kiinteiston\\_energian kaytto/valaistus](https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energian kaytto/valaistus) [viitattu 10.9.2018].

Rakennusteollisuus. 2018. Rakennusten energiatehokkuutta ohjaavat direktiivit. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Ilmasto--ja-energiapolitiikka/Energiatehokkuus-suunnitteluvaiheessa/> [viitattu 10.9.2018].

Schneider Electric. 2018. KNX-kiinteistönohjausjärjestelmän komponentit. Www-dokumentti. Saatavilla: <https://www.se.com/fi/fi/product-range/1424-knx/#tabs-top> [viitattu 15.11.2018].

SFS-EN 15232. Komitea: CEN/TC 247. 2013. [viitattu 17.9.2018].

Valtioneuvoston kanslia. 2018. Kestävän kehityksen toimeenpano Suomessa. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://vnk.fi/kestavakehitys/globaalin-toiminta-ohjelman-toimeenpano-suomessa> [viitattu 5.9.2018].

Yhdistyneet kansakunnat. 2018. Kestävä kehitys. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://www.yk.fi/node/479> [viitattu 5.9.2018].

## KUVALUETTELO

Kuva 1. TP1-parikaapeliin yhdistetty väyläliitin, johon väylätoimilaite voidaan kytkeä. KNX Association. 2014. Pdf-dokumentti. Saatavissa:

[http://knx.fi/doc/esitteet/KNX-Basics\\_en.pdf](http://knx.fi/doc/esitteet/KNX-Basics_en.pdf) [viitattu 11.10.2018].

Kuva 2. KNX-järjestelmä, jossa on käytetty parikaapeli-, Ethernet-, radiotajuus ja sähköverkkoa siirtomediana. KNX Association. 2014. Pdf-dokumentti. Saatavissa: [http://knx.fi/doc/esitteet/KNX-Basics\\_en.pdf](http://knx.fi/doc/esitteet/KNX-Basics_en.pdf) [viitattu 11.10.2018].

Kuva 3. Pienin mahdollinen KNX-järjestelmä. Härkönen K. 2015. KNX-järjestelmän perusteet. 2. painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

Kuva 4. Yksilöllisen osoitteen esitystapa KNX-järjestelmässä. Kolme lukusarjaa on erotettu toisistaan pisteillä. Härkönen K. 2015. KNX-järjestelmän perusteet. 2. painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

Kuva 5. Väylälaitteet kommunikoivat keskenään ryhmäosoitteiden avulla. Sanomissa voidaan käyttää kahden-, kolmen tason tai vapaata esitystapaa. Härkönen K. 2015. KNX-järjestelmän perusteet. 2. painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

Kuva 6. KNX-järjestelmän laitteet viestivät sanomien avulla. Sanomat on jaettu eri kokoisiin kenttiin, joilla jokaisella on oma tehtävänsä viestin välityksessä. Härkönen K. 2015. KNX-järjestelmän perusteet. 2. painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

Kuva 7. Sanomien törmäys. Sanoman 2 lähettänyt väylälaite tunnistaa törmäyksen. Väylälaite 1 jatkaa sanoman lähettämistä normaalisti loppuun. Härkönen K. 2015. KNX-järjestelmän perusteet. 2. painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

Kuva 8. Kuvassa runkolinjaan yhdistetyt alueet ja linjasegmentit. Härkönen K. KNX-järjestelmän perusteet. 2. painos. Espoo: Sähköinfo Oy. 2015.

Kuva 9. Radiosignaalin etenemiselle esteitä voivat muodostaa esimerkiksi tiili ja betoniseinät tai metalliset esteet. Härkönen K. 2015. KNX-järjestelmän perusteet. 2. painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

Kuva 10. ABB 640 mA teholähde kuristimella. ABB Oy. 2018. Tuoteluettelo KNX-automaatio. Www-dokumentti. Saatavilla: [http://www.asennustuotteet.fi/catalog/16332/product/24435/SU/S30.640.1\\_FIN1.html](http://www.asennustuotteet.fi/catalog/16332/product/24435/SU/S30.640.1_FIN1.html) [viitattu 5.11.2018].

Kuva 11. Schneider Electricin valmistama KNX-USB ohjelmointi rajapinta. Schneider Electric. 2018. KNX-kiinteistönohjausjärjestelmän komponentit. Www-dokumentti. Saatavilla: <https://www.se.com/fi/fi/product-range/1424-knx/#tabs-top> [viitattu 5.11.2018].

Kuva 12. Schneider Electricin valmistama kytkintoimilaite virranmittauksella ja käsiohjauksella. Schneider Electric. 2018. KNX-kiinteistönohjausjärjestelmän komponentit. Www-dokumentti. Saatavilla: <https://www.schneider-electric.fi/fi/product/MTN647595/knx-kytkintoimilaite-virranmittauksella-ja-k%C3%A4siohjauksella-4x230-16-din/> [viitattu 5.11.2018].

Kuva 13. Schneider Electricin valmistama 3 x 1-10V säädintoimilaite. Schneider Electric. 2018. KNX-kiinteistönohjausjärjestelmän komponentit. Www-dokumentti. Saatavilla: <https://www.schneider-electric.fi/fi/product/MTN646991/knx-s%C3%A4%C3%A4dintoimilaite-3x1-10v-din-/> [viitattu 7.11.2018].

Kuva 14. KNX-painike. ABB Oy. ABB tuoteluettelo 2020. 2020. Www-dokumentti. Saatavilla: [ABB KNX tuotekatalogi \(expressmag-net.eu\)](http://abb.knx.tuotekatalogi.expressmag-net.eu) [viitattu 7.11.2020].

Kuva 15. KNX-huonelämmönsäädin, valmistaja Hager. Hager Group. 2018. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://sahkonumerot.fi/2803949/tulosta/> [viitattu 7.11.2018].

Kuva 16. KNX-läsnäolo tunnistin, valmistaja ABB. ABB Oy. 2018. Tuoteluettelo KNX automaatio. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.asennustuotteet.fi/catalog/21957/product/36278/6131/51-183-500\\_FIN1.htm](http://www.asennustuotteet.fi/catalog/21957/product/36278/6131/51-183-500_FIN1.htm) [viitattu 9.11.2018].

Kuva 17. Yhdistetty lämpötila ja valoisuusanturi, valmistaja Schneider Electric. Schneider Electric. 2018. KNX-kiinteistönohjausjärjestelmän komponentit. Www-dokumentti. Saatavilla: <https://www.sahkonumerot.fi/2820312/> [viitattu 9.11.2018].

Kuva 18. Sääasema, valmistaja Schneider Electric. Schneider Electric. 2018. KNX-kiinteistönohjausjärjestelmän komponentit. Www-dokumentti. Saatavilla: <http://e-catalog.rexel.fi/?Module=catalogue> [viitattu 9.11.2018].

Kuva 19. KNX energiamittari, valmistaja Hager. Hager Group. 2018. Www-dokumentti. Saatavissa: [www.utu.eu/asennustarvikkeet/kiinteistoonohjausjarjestelmat/system-knx-tuotteet-ets/energiamittarit-knx](http://www.utu.eu/asennustarvikkeet/kiinteistoonohjausjarjestelmat/system-knx-tuotteet-ets/energiamittarit-knx) [viitattu 9.11.2018].

Kuva 20. Binääritulo, valmistaja Schneider Electric. Schneider Electric. 2018. KNX-kiinteistönohjausjärjestelmän komponentit. Www-dokumentti. Saatavilla: <https://www.sahkonumerot.fi/2820260/> [viitattu 15.11.2018].

Kuva 21. KNX-kosketusnäyttö, valmistaja ABB. ABB Oy. 2018. Tuoteluettelo KNX automaatio. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.sahkonumerot.fi/2814536/tulosta/> [viitattu 15.11.2018].

## TAULUKKOLUETELO

Taulukko 1. Tutkimuskysymys ja aineiston keräys menetelmät.

Taulukko 2. Taulukossa esitetään energiatehokkuus standardin EN 15232 mukainen yksittäisen tilan luokan B kiinteistöautomaatiojärjestelmien vaatimustaso. SFS-EN 15232. Komitea: CEN/TC 247. 2013. [viitattu 17.9.2018].

Taulukko 3. Valaistukseen käytetyn sähköenergian säästöpotentiaali Suomessa. Suomen Valotekninen Seura. 2008. Pdf-dokumentti. Saatavissa: [www.valosto.com/tiedostot/Energiatehokas\\_valaistus.pdf](http://www.valosto.com/tiedostot/Energiatehokas_valaistus.pdf) [viitattu 20.9.2018].