

Tuomas Ilkka

KNX-järjestelmä sairaaloiden valaistuksen ohjauksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

9.5.2016

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Tuomas Ilkka KNX-järjestelmä sairaaloiden valaistuksen ohjauksessa 43 sivua 9.5.2016
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Suuntautumismvaihtoehto	sähköinen talotekniikka
Ohjaajat	johtava asiantuntija Benjam Lytz lehtori Jarno Nurmio
<p>Insinööriyön tarkoitus oli perehtyä KNX-järjestelmän valaistuksen ohjaussovellutuksiin ja selvittää järjestelmän käytön kannattavuutta sairaalakohteissa. Työ tehtiin, koska KNX-järjestelmä on vielä verrattain tuntematon monelle suunnittelijalle, ja aiheesta haluttiin kerätä ajankohtaista tietoa.</p> <p>Työ tehtiin kirjallisuustutkimuksena sekä suunnittelu- ja käyttäjäkokemuksia keräten sähköpostikyselyllä. Työssä käytiin läpi KNX-järjestelmän ja valaistuksen ohjausjärjestelmien perusteita, sekä KNX:llä toteutettavissa olevia ohjauksia. Työn painopiste oli sairaalakohteissa, joten työssä käsiteltiin myös sairaaloiden valaistuksen tilakohtaisia tarpeita ja suunnittelussa huomioitavia asioita.</p> <p>Työssä tehtiin tarkastelua ja vertailua perinteisten ratkaisujen, KNX-järjestelmän ja DALI-järjestelmän välillä. Tarkastelua tehtiin lähinnä järjestelmien ominaisuustasolla, koska ne eivät ole suoraan verrattavissa toisiinsa. Lisäksi tehtiin suuntaa antava yksikköhintavertailu. Työssä saatiin myös kerättyä muutamia kokemuksia suunnittelijoilta ja käyttäjiltä, jotka otettiin huomioon tarkastelussa. Lopputuloksena todettiin, että KNX-järjestelmä soveltuu lähinnä monipuolisten ja vaativampien valaistuksen ohjausten toteuttamiseen.</p> <p>Työ toimii pohjatietona KNX-järjestelmän sovellusmahdollisuuksista valaistuksen ohjauksessa. Työn pohjalta on mahdollista lähteä tekemään tarkempaa tutkimusta varsinaisissa kohteissa.</p>	
Avainsanat	KNX, valaistuksen ohjaus, sairaala

Author Title	Tuomas Ilkka KNX System as a Lighting Control System in Hospital Buildings
Number of Pages Date	43 pages 9 May 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	Electrical Engineering of Building Services
Instructor(s)	Benjam Lytz, Leading Expert Jarno Nurmio, Senior Lecturer
<p>The main focus of this Bachelor's thesis was to find out what kind of lighting control systems can be created using the KNX building automation system, and how the KNX system differs from traditional lighting control solutions and the widely used DALI lighting control system. The subject of the thesis came from the need of up-to-date information on the KNX system.</p> <p>The thesis was done by studying literature on the subject and by an inquiry that was used to gather some experiences of designing and using the KNX system, with the focus on hospital environments. The principles of the KNX system were introduced in a manner ensuring the understanding of the main working principle of the system.</p> <p>The KNX system was analyzed and compared to traditional lighting control solutions and the DALI system on a general level and also a simple investment cost comparison between the systems was done. It was found out that the lighting control applications of the KNX system are mainly suitable in cases where more diverse and demanding features are required of the lighting system.</p> <p>The thesis serves both as an introduction to the KNX system and its application possibilities in lighting control solutions, and also as background information for further studies on the subject in more specific cases.</p>	
Keywords	KNX, lighting control, hospital

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	KNX-järjestelmä	2
2.1	KNX-väylätekniikka	2
2.2	KNX-yhdistys ja säännökset	3
2.3	Rakenne ja osat	4
2.4	Integraatio	9
3	Rakennusautomaatiojärjestelmä	10
3.1	Määritelmä	10
3.2	Rakenne	11
4	Valaistuksen ohjaustavat	13
4.1	Käsiohjaukset	13
4.2	Ohjausautomaatiikat	13
4.3	VAK-ohjaus	14
4.4	DALI	15
4.5	KNX	17
5	Valaistuksen ohjaus sairaaloissa	21
5.1	Lähtökohdat	21
5.2	Tilakohtaiset tarpeet	24
5.3	Eriyispiirteet	25
6	KNX-järjestelmän tarkastelu ja vertailu	26
6.1	Käyttäjä- ja suunnittelijakokemukset	26
6.2	Valintakriteerit	30
6.3	KNX-järjestelmän edut ja heikkoudet	31
6.4	Yksikköhintavertailu	32
6.5	Tarkastelun lopputulos	36
7	Johtopäätökset	37

8 Yhteenveto

40

Lähteet

42

Lyhenteet ja käsitteet

DALI	<i>Digital Addressable Lighting Interface.</i> Digitaalinen valaistuksenohjausjärjestelmä. Perustuu IEC 62386 DALI-standardiin.
DI	<i>Digital Input.</i> Digitaalinen tulopiste rakennusautomaatiossa.
DO	<i>Digital Output.</i> Digitaalinen lähtöpiste rakennusautomaatiossa.
ETS	<i>Engineering Tool Software.</i> Ohjelmisto, jota käytetään KNX-järjestelmän konfigurointiin ja diagnostiikkaan.
Gateway	Väylämuunnin. Sovittaa yhteen kahta eri protokollaa käyttävät laitteet ja järjestelmät.
I/O piste	<i>Input/Output.</i> Rakennusautomaatiossa laitteiden ohjaukseen käytetty fyysinen kytkentäpiste.
KNX	Standardoitu avoin väyläpohjainen kiinteistöautomaatiojärjestelmä. Perustuu kansainväliseen KNX-standardiin. Tulee sanasta " <i>konnex</i> ", joka tarkoittaa liitettävyyttä, kytkettävyyttä ja yhteensopivuutta.
Protokolla	Tiedonsiirron tapa, joka määrittelee ja mahdollistaa laitteiden tai ohjelmistojen väliset yhteydet.
SELV	<i>Safety Extra Low Voltage.</i> Pienoisjännitejärjestelmä, jossa nimellijännite on vaihtovirralla enintään 50 V.
Topologia	Tässä työssä topologia tarkoittaa järjestelmän fyysistä rakennetta.
VAK	Valvonta-alakeskus. Rakennusautomaatiojärjestelmän automaatiotason laitteet ja ohjelmistot sijoitetaan valvonta-alakeskuksiin.
Väylä	<i>Bus.</i> Digitaalisen tiedonsiirron reitti, joka yhdistää automaatiojärjestelmän osat toisiinsa. Esimerkiksi kierretty parikaapeli tai Ethernet-lähiverkko.

1 Johdanto

KNX-järjestelmä on nopeasti yleistynyt standardoitu avoin kiinteistöautomaation väyläprotokolla, jolla voidaan ohjata mm. valaistusta, huonesäätöä ja energianmittausta. KNX-järjestelmän suurin etu on se, että kaikki rakennuksen sähköisesti ohjattavat järjestelmät voidaan yhdistää sen avulla yhdeksi keskenään kommunikoivaksi kokonaisuudeksi.

Toistaiseksi KNX-järjestelmä on yleisimmin ollut käytössä omakotitaloissa ja muissa pienissä kohteissa, mutta viime vuosina se on alkanut yleistyä myös suurissa julkisissa rakennuksissa. Suurin este leviämislle on ollut järjestelmän investointihinta, joka on ollut huomattavasti korkeampi perinteisiin automaatiototeutuksiin verrattuna. Etenkin energiatehokkuusvaatimusten tiukentuminen ja elinkaarikustannusten optimoinnin merkityksen kasvaminen parantavat KNX-järjestelmän mahdollisuuksia kilpailla muiden automaatiototeutuksien kanssa.

Insinööriyö tehtiin Granlund Oy:lle, joka on talotekniseen suunnitteluun sekä kiinteistö-, energia- ja ympäristöasioiden konsultointiin ja ohjelmistokehitykseen erikoistunut konserni. Granlundilla työskentelee noin 500 asiantuntijaa ympäri Suomen. KNX-järjestelmän yleistymisestä seuraa tarve hankkia ajankohtaista tietoa järjestelmän käytön mahdollisuuksista. Sairaalasunnittelu on iso osa Granlundilla tehtävää suunnittelutyötä, ja siksi työhön valittiin sairaalanäkökulma.

Insinööriyön tavoitteena oli selvittää KNX-järjestelmän käyttöä valaistuksen ohjausjärjestelmänä yleisesti ja sairaalakohteiden näkökulmasta. Työssä selvitettiin, mitä etuja KNX tuo perinteisiin valaistusasennuksiin ja VAK-ohjauksiin verrattuna ja miten se eroaa yleisesti käytössä olevasta DALI-järjestelmästä. Työssä on annettu myös yleistiedot KNX-järjestelmästä, mutta järjestelmän toimintaan, ohjelmointiin ja käyttöönottoon ei syvällisemmin paneuduttu, koska näihin on paneuduttu jo paljon muissa opinnäytetöissä. KNX-järjestelmää tarkasteltiin mm. vertaamalla sitä DALI-järjestelmään, joten työssä käytiin lyhyesti läpi myös DALI-järjestelmän perusteet.

Työ toteutettiin pääasiassa kirjallisuustutkimuksena käyttäen sähkötielortistoa, verkkoartikkeleita, koulutus- ja opetusmateriaaleja, tuotekatalogeja sekä järjestelmäoppaita. Työssä toteutettiin myös sähköpostikysely KNX-järjestelmän

käyttäjäkokemuksista. Kysely lähetettiin Suomen sairaalatekniikan yhdistyksen sähköjaoksen henkilöstölle ja muutamalle Granlundin suunnittelijalle. Kyselystä saatuja tuloksia hyödynnettiin työn loppupäätelmien vedossa ja objektiivisemmän näkökulman tuomisessa työhön.

Lopputuloksena syntyi selvitys KNX-järjestelmän soveltuvuudesta sairaalarakennuksen valaistuksenohjaukseen sekä koottuja kokemuksia järjestelmästä. Työtä voidaan käyttää pohjatietona ja johdatuksena KNX-järjestelmiin valaistuksen ohjauksen osalta, ja sen pohjalta voidaan lähteä tekemään tarkempia kohdekohtaisia selvityksiä.

2 KNX-järjestelmä

2.1 KNX-väylätekniikka

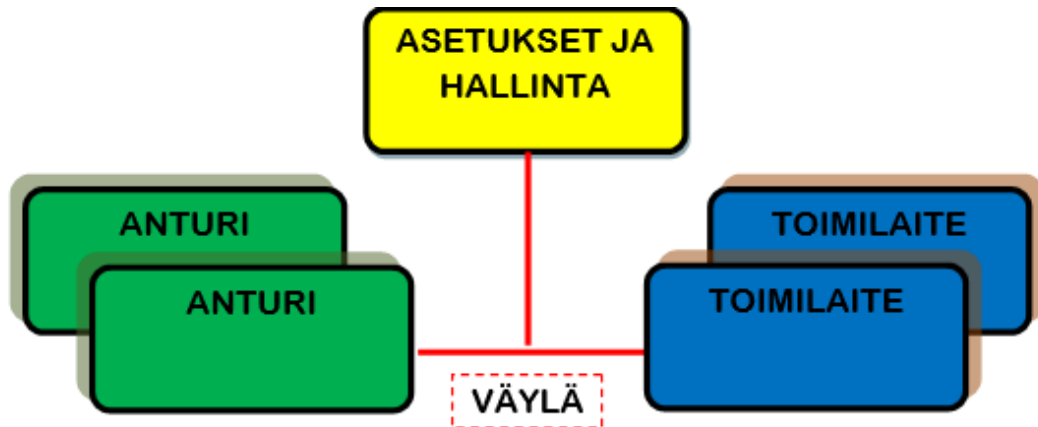
KNX on avointa väylätekniikkaa hyödyntävä ja standardissa määritelty kiinteistöautomaatioprotokolla. Avoimuus tarkoittaa, että järjestelmätekniikka ei ole kenenkään yksityisomistuksessa, vaan sitä saa vapaasti käyttää ja asentaa ilman käyttölisenssiä. KNX-laitteilta edellytetään sertifiointia, joten eri valmistajien tuotteet ovat lähtökohtaisesti keskenään yhteensopivia. KNX-järjestelmää voidaan soveltaa lähes kaikkiin taloteknisiin järjestelmiin. Suomessa sitä käytetään lähinnä valaistuksen ohjaukseen. [1, s. 1, s. 20; 2, s. 2.]

Väylään perustuva asennus tarkoittaa, että järjestelmän kojeet liitetään toisiinsa yhdellä tiedonsiirtoväylällä, useimmiten kierretyllä parikaapelilla, joka kulkee kojeelta kojeelle. Lisäksi laitteet kytketään toisiinsa myös ohjelmallisesti. Väylään liitetyt kojeet voivat kommunikoida keskenään sekä lähettämällä vastaanottaen sanomia; tiedonsiirto toimii siis kaksisuuntaisesti. [1, s. 18.]

Väyläasennuksen laitteiden toiminnot eivät ole asennuksen jälkeen kiinteitä, ja ne määritellään vasta käyttöönotossa ohjelmointia tehtäessä. Toimintoja on myös yleensä mahdollista muuttaa myöhemmin ilman fyysisten kytkentöjen muutosta, koska toiminnot määritellään ohjelmallisesti. Vain suuremmat muutokset vaativat myös fyysisten kytkentöjen muutosta. Jos esimerkiksi perinteisessä asennuksessa on kytkimellä ohjattava valaisin, ei asennusta voida muuttaa läsnäolotunnistimella ohjattavaksi ilman, että kytkentöjä muutetaan. Väylälaitteella ohjattavalle valaisimelle voidaan määritellä

useita toimintoja väylään kytkettyjen antureiden ja toimilaitteiden avulla. [1, s.18; 3, s. 35–39.]

Kuvassa 1 on esitetty kenttäväylien yleinen periaate, jossa anturit ja toimilaitteet kommunikoivat suoraan toistensa kanssa ja kokonaisuutta hallitaan yhdestä käyttöliittymästä.



Kuva 1. Väyläasennuksen toimintaperiaate.

KNX-järjestelmää on käytetty pitkään kotiautomaatiossa älykotien yleistyessä. Viime vuosina sen käyttö on pikkuhiljaa yleistynyt myös julkisessa rakentamisessa ja suurissa kiinteistöissä. KNX voi yhdistää kaikki rakennuksen sähköisesti ohjattavat järjestelmät yhdeksi keskenään kommunikoivaksi kokonaisuudeksi. Tämä mahdollistaa älykkään järjestelmäkokonaisuuden toteutuksen, jonka suurimpana etuna on huomattava energiansäästö perinteisiin asennuksiin verrattuna. KNX-järjestelmä luetaan sähköjärjestelmäksi, joten sen suunnittelu ja asennus kuuluvat kokonaisuudessaan sähköurakkaan.

2.2 KNX-yhdistys ja säännökset

KNX-väyläteknikka perustuu fyysisesti 1980-luvulla European Installation Bus Associationin (EIBA) kehittämään EIB-kenttäväyläteknikkaan, ja sen voidaan katsoa syntyneen vuonna 1990. KNX standardi julkaistiin vuonna 2001 Konnex Association -yhdistyksen toimesta. Standardi laajentui maailmanlaajuisesti vuonna 2006. Nykyisin siitä vastaa KNX Association International. Suomessa yhdistystä edustaa KNX Finland Ry. [1, s.13–14.]

Nykyisin käytössä olevat KNX-järjestelmää koskevat standardit ovat

- kansainvälinen ISO/IEC 14543-3
- eurooppalaiset CENELEC EN 50090, CEN EN 13321-1 ja CEN EN 13321-2
- yhdysvaltalainen ANSI/ASHRAE 135
- kiinalainen GB/T 20965.

KNX-yhdistys koostuu sertifioiduista laitevalmistajista, joita on maailmalla jo lähes 400. Yhdistys ylläpitää ja kehittää myös järjestelmän ohjelmointiin käytettävää ETS (Engineering Tool Software) -ohjelmistoa sekä järjestää koulutuksia. KNX-sertifiointikoulutus antaa suunnittelijalle ja huoltohenkilöstölle pohjatiedot järjestelmän toiminnasta. Suomessa koulutuskeskuksia on neljä ja maailmalla yli 200. [1, s. 15–16.]

Suomessa Sähkötieto Ry julkaisi KNX-järjestelmistä ST-käsikirja 23:n vuonna 2015. Siinä käsitellään KNX-järjestelmän perusteita, asennusperiaatteita, ohjelmointia ja käyttöönottoa. Sähkötietokortistossa on myös kortti ST 701.31, joka sisältää ohjeistusta KNX-järjestelmän toteutukseen rakennushankkeessa, sekä kortti 701.60, jossa käsitellään eri kenttäväyläteknikoita. Väyläteknikkaa yleisesti käsitellään laajemmin ST-käsikirja 21:ssä.

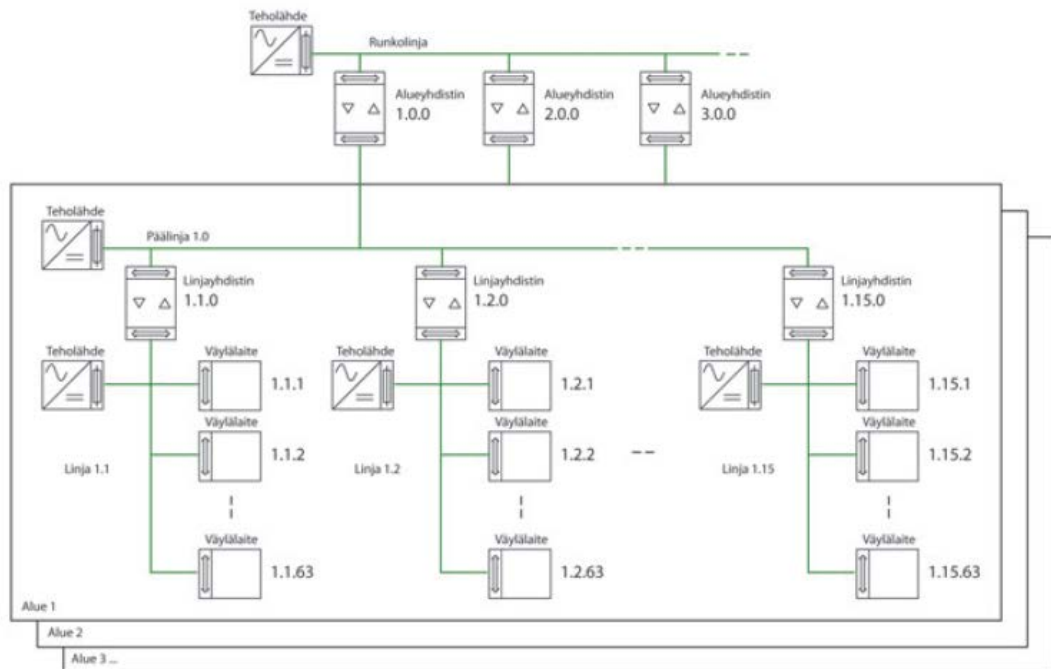
2.3 Rakenne ja osat

KNX-järjestelmän tiedonsiirrossa voidaan käyttää kierrettyä parikaapelia (TP, twisted pair), Ethernet-verkkoa (TCP/IP, Transmission Control Protocol/Internet Protocol), rakennuksen 230 V:n sähköverkkoa (PL, power line), radiotaajuutta (RF, radio frequency) tai infrapunaa (IR, infrared). Yleisin ja luotettavin tiedonsiirtotapa on kierretty parikaapeli. Ethernet-verkon käyttö on myös yleistä ja suositeltavaa etenkin järjestelmän runkolinjatasolla suurissa järjestelmissä suuremman tiedonsiirtonopeuden takia. Sähköverkkoa ei käytetä käytännössä lainkaan, koska sähkökaapeleita ei ole tarkoitettu laajamittaiseen tiedonsiirtoon, ja järjestelmä toimii paremmin muilla toteutuksilla.

Topologia

KNX-järjestelmä koostuu alueista ja linjoista. Pienimmillään järjestelmässä on yksi linja, jossa on virtalähde, anturi ja toimilaitte. Suurissa järjestelmissä on runkolinja, joka jaetaan alueisiin päälinjoilla. Päälinjoihin liitetään edelleen linjoja, joihin anturit ja toimilaitteet liitetään. Päälinjat liitetään runkolinjaan alueyhdistimillä (BC, backbone coupler) ja linjat päälinjoihin linjayhdistimillä (LC, line coupler). Jokaiseen linjaan liitetään myös virtalähde, jonka koko määräytyy liitettävien laitteiden määrän mukaan. Yhden väylälaitteen tarvitsema virta on noin 10 mA. [1, s. 35, s. 57–62; 2, s. 10.]

Alueet ja linjat ovat omia toiminnallisia kokonaisuuksiaan, mutta niiden välillä voidaan kuitenkin lähettää sanomia. Aluejako voidaan tehdä suurissa rakennuksissa esimerkiksi kerroskohtaisesti, ja linjajako kerrososakohtaisesti. Kuvassa 2 on esitetty KNX-järjestelmän yleinen topologia.



Kuva 2. KNX-järjestelmän topologia [1, s. 61].

Linjoja voidaan tarvittaessa laajentaa linjatoistimilla (LR, line repeater). Linjatoistin jakaa linjan linjasegmentteihin. Toistin kopioi kaikki linjassa kulkevat sanomat ja välittää ne toiseen linjasegmenttiin. Linjatoistimia käyttämällä linjaan voidaan liittää enintään 255 laitetta. Niiden käyttö ei kuitenkaan ole suositeltavaa, koska ohjelmointityökalu ei tunnista linjasegmenttejä ja väylälaitteet täytyy tällöin sijoitella linjasegmentteihin käsin. [1, s. 63–64.]

KNX-järjestelmän väylätopologia voidaan toteuttaa vapaasti linjana, puuna, tähtenä tai näiden yhdistelmänä, mutta ei silmukkana. Silmukkarakenteessa sanomat voivat jäädä pyörimään silmukkaan. Puu on yleisimmin käytetty rakenne. [2, s. 9; 1, s. 102.]

KNX-järjestelmän toiminta perustuu laite- ja ryhmäosoitteisiin. Laiteosoitteella määritellään laitteiden fyysinen sijainti järjestelmässä, ja ryhmäosoitteilla ohjataan sanomien kulkua laitteille. Laitteille määritellään laiteosoitteet asennusvaiheessa, ja ryhmäosoitteet käyttöönottovaiheessa. Järjestelmän ohjelmointi tehdään valmistajista riippumattomalla ETS-ohjelmalla. Ohjelmassa määritellään laitteille toiminnot sekä väylässä tapahtuva laitteiden välinen kommunikaatio ryhmäosoitteiden ja laiteosoitteiden avulla. [1, s. 36–37.]

Taulukossa 1 on esitetty alueiden, linjojen ja laitteiden suurimmat määrät KNX-järjestelmässä.

Taulukko 1. KNX-järjestelmän laitemäärät.

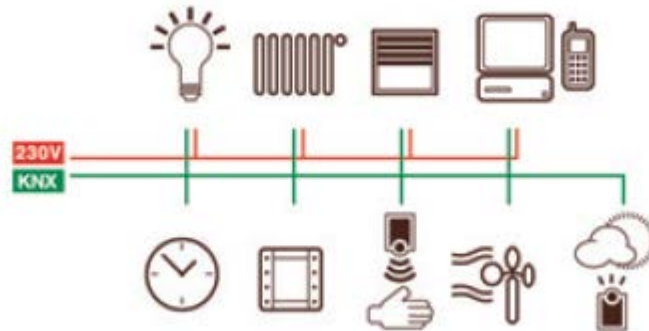
KNX-järjestelmän laitemäärät	
Alueita	15
Linjoja/alue	15
Laitteita/linja	64
Laitteita yhteensä	14400

Komponentit

KNX-järjestelmä koostuu antureista, toimilaitteista, järjestelmäkomponenteista ja tiedonsiirtoväylistä. Keskusyksikköä ei ole, vaan järjestelmä on täysin hajautettu. Järjestelmäkomponentit kuten linjayhdistimet ja virtalähteet asennetaan yleensä jakokeskusten yhteyteen DIN-kiskoihin. Laitteita voidaan asentaa myös suoraan kentälle lähemmäs ohjauspaikkoja moduulikoteloihin, jolloin keskuksen asennettavaa tulee vähemmän. [4, s. 29]

Järjestelmän ohjaukset tapahtuvat anturien toimilaitteille lähettämän datan perusteella. Esimerkiksi läsnäolotunnistin havaitsee ihmisen ja lähettää sanoman valaistuksen syyttämiseksi, jolloin kytkinyksikkö kytkee valaistuksen päälle.

Väylälaitteiden syöttöjännite ja data siirtyvät samaa kaapelia pitkin. KNX-väylän käyttöjännitteenä on 30 VDC SELV (Safety Extra Low Voltage), joten kaksoiseristyksen jatkuvuus sähköverkon osiin ja tietoliikennejärjestelmiin nähden on varmistettava. Pienoisjänniteasennuksia ei tarvitse eristää käyttäjää vastaan, koska ne eivät ole yhteydessä maahan. [1, s. 101.] Varsinainen tehonsyöttö esimerkiksi valaisimille tulee normaalisti sähköverkosta ja ohjausdata väylästä. Kuva 3 havainnollistaa tätä rakennetta.



Kuva 3. Ohjaussignaalit tulevat väyläkaapelista ja tehonsyöttö sähköverkosta. [1; s. 18]

Kaapelointi

Väyläkaapeliksi soveltuvia kaapeleita ovat yleisesti käytössä olevat tiedonsiirtoparikaapelit (KLMA, JAMAK, NOMAK) sekä KNX-standardoidut YCYM, J-Y(St)Y ja J-H(St)H -väyläkaapelit. Suomessa käytetään yleisesti KLMA-kaapelia. Väyläkaapelin suurin sallittu pituus väylälaitteen ja virtalähteen välillä on 350 m ja kahden väylälaitteen välillä 700 m. Suurin sallittu linjakaapelin kokonaispituus on 1 000 m. [1, s. 101; 2, s. 9; 3, s. 12.]

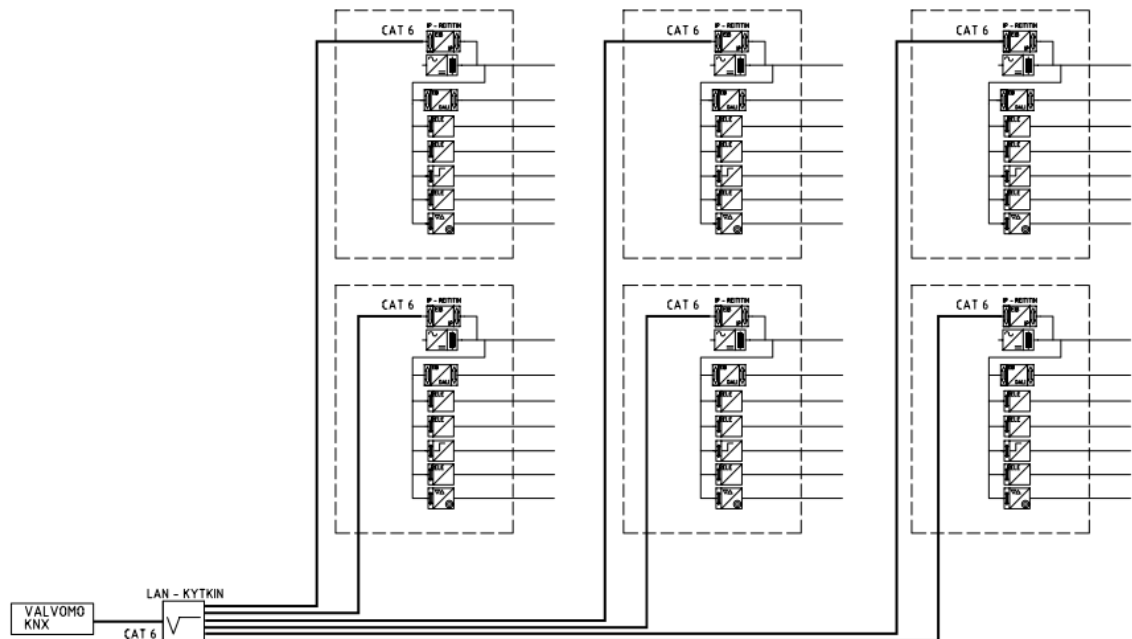
Langattomat ohjaukset

Langattomasti ohjattavien laitteiden käyttö toimii parhaiten osatoteutuksena väyläkaapeloinnilla tai IP-rajapinnalla toteutetussa järjestelmässä. Langattomilla laitteilla saadaan laajennettua järjestelmän muuntojoustavuutta, ja niitä voidaan asentaa paikkoihin, joissa kaapelointi on haastavaa. [1, s. 19, s. 67–71.]

Tiedonsiirto lähiverkossa

Yleinen vaihtoehto KNX-järjestelmän tiedonsiirrossa on käyttää Ethernet-verkkoa, joka mahdollistaa tiedonsiirron kiinteistön sisäisessä lähiverkossa (LAN, Local Area Network). KNX-järjestelmälle varataan oma verkkonsa, joka ei ole yhteydessä muihin verkkoihin. Toteutus tehdään TCP/IP-rajapinnalla. Ethernet-verkossa samanaikaisia sanomia voidaan lähettää noin 1 000 kertaa enemmän kuin väyläkaapelitoteutuksessa, ja tiedonsiirtonopeus on myös suurempi (10/100 Mbit/s, väyläkaapelilla 9,6 kbit/s). Tämän takia suurten järjestelmien ylemmät tasot on järkevää toteuttaa käyttäen Ethernet-verkkoa väyläkaapeloinnin sijaan. Sen käyttö tulee kyseeseen myös tilanteissa, joissa väyläkaapeloinnin kaapelipituusrajoitukset tulevat vastaan, ja se mahdollistaa myös optisten kuitujen käytön, joita käytettäessä tiedonsiirtoetäisyydet saadaan jopa kilometrien pituisiksi. Kuitujen käyttö myös minimoi sähkömagneettisten häiriöiden vaikutukset, koska kuitu ei ole alttiina niille niin kuin kaapeli. Etäkäyttöratkaisujen toteuttaminen edellyttää myös Ethernet-verkon käyttöä. [1, s. 64–65; s. 97.]

Alueyhdistimet korvataan IP-järjestelmässä KNX/IP-muuntimilla. Muuntimet kytketään lähiverkkokytkeisiin, jolloin kaapelointi voidaan toteuttaa Ethernet-yleiskaapeloinnilla (vähintään CAT 6-luokka). [1, s. 64–65.] Kuvassa 4 on esitetty TCP/IP-rungolla toteutettu KNX-järjestelmä.



Kuva 4. KNX-järjestelmäkaavio, jossa runkona on käytetty Ethernet-kaapelointia. [5]

TCP/IP protokollan käyttö helpottaa myös järjestelmän ohjelmointia ja käytön aikaista hallintaa, koska järjestelmä voidaan tällöin ohjelmoida suoraan Ethernet-verkon välityksellä eikä ohjelmointiin tarvita erillistä ohjelmointirajapintaa. [1, s. 81]

Toimintavarmuus

Käyttöönottaja ja suunnittelija voivat vaikuttaa huomattavasti KNX-järjestelmän toimintavarmuuteen. Järjestelmän toimivuus on varmistettava niin, että jos esimerkiksi logiikkayksikkö hajoaa, se ei vaikuta merkittävästi järjestelmän toimintaan ja tarvittavat perustoiminnot toimivat siitä huolimatta. Ohjelmoinnissa voidaan myös vaikuttaa järjestelmän käyttäytymiseen vika- tai huoltotilanteissa, koska väylälaitteille voidaan asettaa parametrejä jotka muuttavat anturien ja toimilaitteiden toimintaa vika- tai huoltotilanteissa, joten jälleen kerran ohjelmoinnin osaamisen tärkeys korostuu. [1, s. 146.]

Järjestelmän toiminta sähkökatkojen aikana voidaan varmentaa syöttämällä koko järjestelmä varavoimalla varmennetuista sähkökeskuksista tai UPS (Uninterruptible Power Supply) -laitteella varustetuilla virtalähteillä. Näitä ei kuitenkaan kannata käyttää isoissa kiinteistöissä, koska kaikki erilliset huoltotoimenpiteet (tässä tapauksessa akkujen vaihto) rasittavat ylläpitoa huomattavasti.

2.4 Integraatio

KNX-järjestelmää mainostetaan hyvin integroituvana muiden järjestelmien kanssa. Integraatio tarkoittaa usean järjestelmän yhdistämistä yhdeksi keskenään toimivaksi järjestelmäkokonaisuudeksi. KNX-väylää voidaan käyttää kiinteistössä automaatio- tai kenttäväylänä liittämällä se rakennusautomaatiojärjestelmään esimerkiksi OPC-palvelimen (vuorovaikutteinen tiedonsiirtoliittymä) tai toisen automaatiiväylän kuten BACnetin tai Modbusin kautta. Ulkoiset järjestelmät ja laitteet eivät näy ETS-ohjelmassa, joten toimintojen liittäminen täytyy tehdä niiden omilla työkaluilla. Integraatiota vaikeuttaa automaatiotoimittajien suljetut järjestelmät ja protokollat, joihin ei monestikaan ole mahdollista liittää ulkoisia muiden valmistajien laitteita ja ohjelmistoja. [1, s. 147; 6, s. 57; 7, s. 8–9, s. 21.]

Huomattava järjestelmäintegraatiossa muistettava asia on tietoturvallisuuden säilyttäminen kaikissa tilanteissa. Etenkin etäohjausten ja langattomien laitteiden

yleistyminen lisää mahdollisia tietoturva-aukkoja. Etäyhteydet täytyy aina toteuttaa suojatussa VPN (Virtual Private Network) -verkossa. Aalto-yliopiston tutkijat tekivät vuonna 2013 selvityksen, jossa etsittiin avoimen Internetin kautta löytyviä kiinteistöjen automaatiojärjestelmiä. Haavoittuvaisia järjestelmiä löydettiin yli 2 900. RAU-järjestelmien kautta voi olla mahdollista päästä edelleen käsiksi esimerkiksi energialaitosten ja kaupunkien verkkoihin, jolloin hyökkääjällä on potentiaalisesti mahdollisuus suureen vahingontekoon. [8, s. 13.]

Osatoteutuksissa, joissa KNX-järjestelmä ei ole rakennuksen päätoiminen automaatiojärjestelmä, se liitetään kiinteistövalvomoon joko muun rakennusautomaation kautta tai omana järjestelmänään. KNX-järjestelmästä viedään yleensä vain hälytystiedot rakennusautomaation puolelle, jolloin KNX-väylässä tapahtuva hälytys saadaan näkyviin valvomossa.

3 Rakennusautomaatiojärjestelmä

3.1 Määritelmä

Rakennusautomaatiolla tarkoitetaan sellaista kokonaisuutta, jolla rakennuksen prosesseja ohjataan ja valvotaan. Perinteinen automaatiojärjestelmä toteutetaan I/O (Input/Output) -pisteillä ja rakennukseen hajautettujen valvonta-alakeskusten (VAK) avulla. Jokainen anturi ja toimilaitte kaapeloidaan valvonta-alakeskuksen kautta, ja keskuksen ajatut ohjelmistot ohjaavat järjestelmän toimintaa. Käyttäjä hallitsee järjestelmää yleensä kiinteistön automaatiovalvomosta. I/O-pisteet ovat niin sanottuja fyysisiä pisteitä, joihin laitekytkennät tehdään. Lisäksi on ohjelmallisia pisteitä, joilla ohjaukset toteutetaan. Ohjauksia käsitellään luvussa 4.3. [9, s. 9; 10, s. 104.]

Perinteisessä järjestelmässä tiedonsiirto toimii valvonta-alakeskuksen kautta toisiinsa kytkettyjen laitteiden välillä yksisuuntaisesti (anturilta toimilaitteelle tai toisin päin). Nykypäivänä käytetään entistä enemmän tiedonsiirtoväyliä rakennusautomaatiossa, koska niiden välinen integraatio eli yhteensovittaminen on helpompaa, ja ne mahdollistavat kaksisuuntaisen tiedonsiirron. Tämä puolestaan mahdollistaa järjestelmien etäsäädön ja ajankohtaisen tilannetiedon keräämisen kentältä. Markkinoille on syntynyt laaja kirjo eri valmistajien kehittämiä protokollia, jotka eivät aina keskustele keskenään niin hyvin kuin olisi toiminnallisuuden ja käytettävyyden kannalta suotavaa.

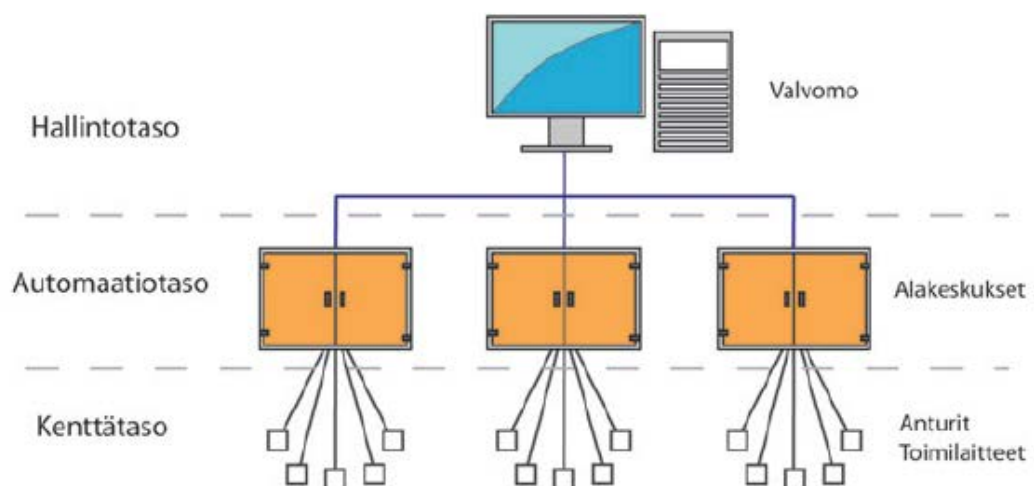
Järjestelmien osat joudutaan siksi monesti hankkimaan yhdeltä laitetoimittajalta, jonka täytyy olla tiedossa jo projektin aikaisessa vaiheessa. Perinteisen järjestelmän tiedonsiirron periaate on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Perinteisen järjestelmän tiedonsiirron periaate.

3.2 Rakenne

Perinteinen VAK-pohjainen rakennusautomaatiojärjestelmä jaetaan hierarkkisesti kolmeen tasoon: Hallintotasoon, automaatiotasoon ja kenttätasoon. Kuvassa 6 on esitetty RAU-järjestelmän yleinen rakenne.



Kuva 6. Rakennusautomaatiojärjestelmän fyysinen rakenne [1, s. 167].

Hallintotasolta nimensä mukaisesti hallinnoidaan automaatiojärjestelmää. Hallintotaso on yleensä rakennuksen valvomossa sijaitseva PC, jolle on asennettu rakennusautomaation käyttöliittymä. Nykyisin on myös mahdollista hallita järjestelmiä etäyhteyksillä. Etäyhteyden ansiosta huoltoyhtiö voi olla järjestelmään yhteydessä omalta toimipisteeltään. Yhteydet järjestelmän tiedonsiirrossa toteutetaan yleensä TCP/IP-protokollalla. Paikallisesti käytetään yleensä lähiverkkoa (LAN, Local Area Network) ja etäyhteyksien toteuttamiseen salattuja VPN-yhteyksiä. [1, s. 167–168; 10, s. 93–95.]

Automaatiotaso koostuu rakennuksen eri osiin, yleensä teknisiin tiloihin sijoitettavista valvonta-alakeskuksista, joissa automaation toteuttamiseen käytettävät laitteet sijaitsevat. VAK:ssa sijaitsevat I/O-moduulit, jotka ohjaavat keskukseseen asennettujen ohjelmistojen avulla järjestelmään liitetyjä laitteita kenttätasolta saadun datan perusteella. VAK välittää myös tilannetietoa järjestelmän toiminnasta hallintotasolle. Tiedonsiirrossa käytetään yleisesti TCP/IP-protokollaa, jolloin kaapelointi tehdään CAT 6-mukaisella tiedonsiirtokaapelilla. Myös langattoman WLAN-verkon käyttö on mahdollista. [10, s. 94.]

Kenttätasolla sijaitsevat anturit ja toimilaitteet, jotka kaapeloidaan yleensä tähtimäisesti valvonta-alakeskuksiin. Huonesäätö tehdään huonesäätimillä, jotka sisältävät järjestelmän laajuudesta riippuen tarvittavat ohjauspisteet huonesäädön toteuttamiseksi. Kenttätason anturit lähettävät dataa VAK:een, jolloin keskuksen ohjelmistot vertaavat anturien välittämää dataa laitteiden asetusarvoihin ja tekevät säätöjä näiden vertailuarvojen perusteella. Jotkin laitteet, kuten IV-koneet, sisältävät yleensä oman prosessoripohjaisen ohjauskeskuksen, jonka kautta koneet liitetään RAU-järjestelmään. [1, s. 167; 10, s. 95, s. 99.]

Eri tasojen välinen tietoliikenne toteutetaan tasojen välisillä tiedonsiirtoväylillä (hallinto-, automaatio-, ja kenttäväylät). Koko järjestelmän tiedonsiirtoa ei välttämättä toteuteta yhdellä väylällä, vaan jokaisella tasolla voi olla käytössä eri protokolla. Nykyisin yleisesti käytettyjä rakennusautomaation tiedonsiirtoprotokollia ovat mm. BACnet ja Modbus.

4 Valaistuksen ohjaustavat

4.1 Käsiohjaukset

Perinteisin valaistuksen ohjaustapa on käsiohjaus, jossa valaistus kytketään päälle manuaalisesti kytkimen tai painonapin avulla. Kytkimet ja painonapit ohjaavat sähkökeskuksessa olevia releitä, jotka kytkevät valaisinkuormia päälle ja pois. Perinteinen himmennystapa on analoginen 1–10 V -jännitteensäätö, joka toteutetaan kiertosäätimellä. 1–10 V -järjestelmässä valaisimissa täytyy olla elektroninen liitântälaite, joka mahdollistaa jännitteen säädön. Kaapelin pituus vaikuttaa 1–10 V -järjestelmässä lamppujen kirkkauteen jännitteenaleneman takia. [13, s. 501]

Nykyään käsiohjauksia käytetään yleisesti automaattisen ohjauksen rinnalla. Perinteiset käsiohjaukset ovat tuttuja ja yksinkertaisissa ohjauksissa riittävä ohjaustapa. Älykkäät ratkaisut kuten KNX- ja DALI-järjestelmä ovat tuoneet myös käsiohjauksiin uusia ominaisuuksia ja muunneltavuutta yhdistämällä manuaalisen ja automaattisen ohjauksen sekä mahdollistamalla monipuoliset ohjaukset kuten eri valaistustilanteiden ohjelmoinnin painikkeisiin.

4.2 Ohjausautomaatiikat

Valaistuksen automaattisella ohjauksella saavutetaan monia etuja, joista olennaisimmat ovat energiansäästö, muuntojoustavuus ja käyttömukavuus. Valaistuksen automatisoinnilla toteutettavia toimintoja ovat aikaohjaus, himmennys, läsnä- ja poissaolo-ohjaus, porraskäyttöautomaatit, sytytyksen ja sammutuksen viiveet, sekä vakiovalosäätö.

Eniten energiansäästöön vaikuttava ohjaus on vakiovalosäätö. Vakiovalosäädössä anturit mittaavat tilan valaistustasoa, ja säätävät valaistusta anturille määriteltyjen arvojen mukaisesti. Näin saadaan hyödynnettyä luonnonvalon vaikutus tilan valoisuuteen ja pidettyä valaistusvoimakkuus koko ajan määritellyllä tasolla. Yleisimmin automaattinen ohjaus toteutetaan liike- ja läsnäolotunnistuksen sekä vakiovalosäädön yhdistelmänä. [13, s. 500.]

Automaattinen ohjaus voidaan toteuttaa yhdistämällä ohjausjärjestelmä osaksi kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmää. Tällöin järjestelmän hallinnointi voi olla mahdollista RAU-järjestelmän käyttöliittymästä. Ohjaus voidaan myös toteuttaa omana erillisenä järjestelmänä, jolloin hallinta tehdään sen omista käyttöliittymistä. Valaistusjärjestelmä voidaan kytkeä eri toteutuksilla muihin automaatiolla ohjattaviin toimintoihin, kuten aurinkosuojiin, sälekaihtimiin, turvallisuusjärjestelmien hälytyksiin sekä turvalaistusjärjestelmään.

4.3 VAK-ohjaus

Perinteinen tapa toteuttaa automaattisia ohjauksia on käyttää suoraan VAK-pohjaiseen rakennusautomaatioon liitettyjä toimintoja. Kaikki toteutettavat ohjaukset liitetään tällöin valvonta-alakeskuksen ohjauspisteisiin. Ohjauksia voidaan toteuttaa mm. aikaohjelmilla ja binääriyksiköillä.

Binääritulo on rakennusautomaatiossa käytetty digitaalinen tulopiste (DI, Digital Input), jolla voidaan tuoda koskettimien asentotietoja järjestelmään. Binäärilähdöllä eli digitaalisella lähdöllä (DO, Digital Output) voidaan puolestaan toteuttaa päälle/pois-ohjauksia. Mittausanturit puolestaan liitetään analogisiin tulopisteisiin (AI, Analog Input). [10, s.104–106.]

VAK-ohjauksilla on käytännössä mahdollista toteuttaa lähes millaisia ohjauksia tahansa. Varjopuolena monimutkaisissa toteutuksissa on kaapeloinnin määrän ja pisteiden tarpeen kasvaminen suureksi; toimintojen toteuttamiseen tarvitaan ohjauspisteitä, hälytyspisteitä, tilannetietopisteitä sekä mittauspisteitä. Ulkoiset ohjausjärjestelmät liitetään VAK-pohjaiseen automaatioon yleensä vain hälytystietotasolla. VAK-aikaohjelmia voidaan myös liittää muihin järjestelmiin binääriyksiköillä. [7, s. 9.]

VAK-pohjaiset järjestelmät ovat pienissä kohteissa kalliita keskusten korkean yksikköhinnan vuoksi, mutta suurissa kohteissa ne ovat yleensä kustannustehokkaita, koska yhdellä keskuksella voidaan ohjata laajaa aluetta. Yhteen keskukseseen liitettävien automaatiopisteiden määrä on hyvin suuri; nykyaikaisen valvonta-alakeskuksen mikroprosessori voi käsitellä kerrallaan useita satoja ohjauspisteitä. [6, s. 69.]

4.4 DALI

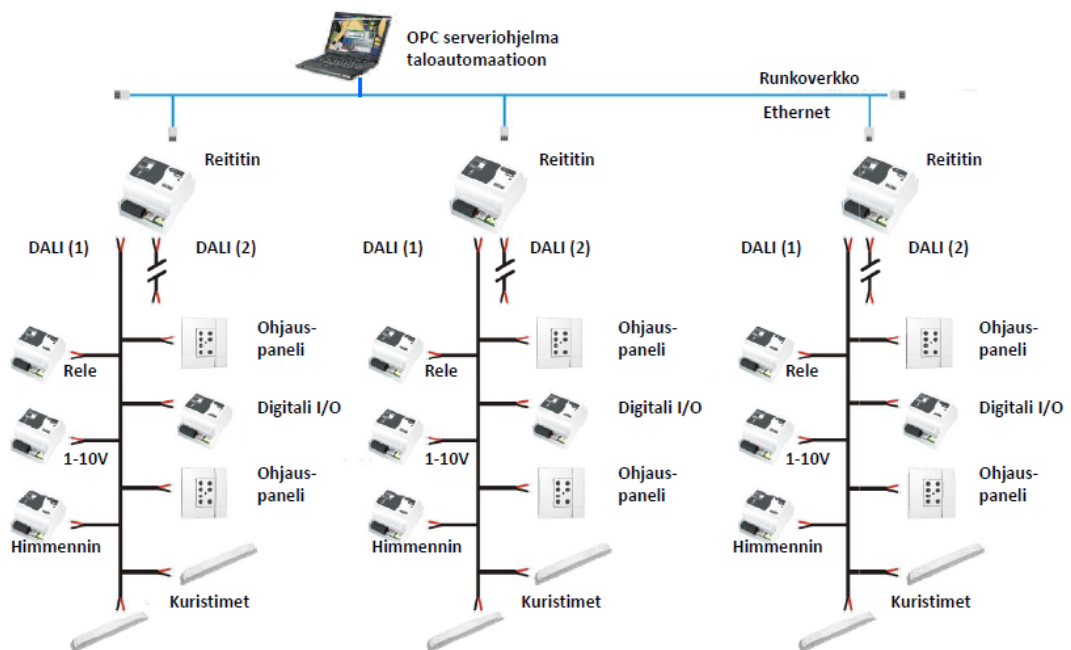
DALI eli Digital Addressable Lighting Interface on valaisimien elektronisille liitäntälaitteille suunniteltu osoitteellinen ohjausväylä. Järjestelmän kehityksen tavoitteena on ollut luoda standardoitu ja helppokäyttöinen valaistuksen ohjausjärjestelmä, joka mahdollistaa eri valmistajien tuotteiden yhdessä toimimisen. DALI on määritelty standardissa IEC 62386, ja eri valmistajien laitteet ovat lähtökohtaisesti yhteensopivia. Laitteilta ei kuitenkaan ole edellytetty sertifiointia ennen uutta DALI 2 -standardia, joten vanhan standardin mukaisissa laitteissa voi esiintyä yhteensopivuusongelmia. Uusi vastikään julkistettu DALI 2 -standardi edellyttää valmistajia testaamaan tuotteensa yhteensopivuuden virallisessa testissä. DALI on pitkälti syrjäyttänyt vanhan analogisen 1–10 V -ohjausjärjestelmän laajempien ominaisuuksiensa ja muunneltavuutensa ansiosta. Huomattavana parannuksena vanhaan 1-10 V -ohjaukseen on logaritminen himmennys, joka vastaa ihmissilmän herkkyyttä ja näyttää silmään siksi täysin tasaiselta. [1, s. 170; 11, s. 10–11; 12, s. 11; 13, s. 502.]

DALI-järjestelmä on mahdollista toteuttaa itsenäisenä järjestelmänä tai liittää osaksi rakennuksen automaatiojärjestelmää. Itsenäisessä toteutuksessa kaikki anturit ja laitteet kytketään keskitettyyn ohjausyksikköön, jonka kautta järjestelmää hallinnoidaan. Automaatioon liitettävän järjestelmän äly on hajautettu yksittäisille laitteille. Laitteissa on oma muisti, johon voidaan tallentaa valaistuksen ohjaustilanteet sekä osoite- ja ryhmätiedot. Jokaiseen laitteeseen voidaan ohjelmoida enintään 16 valaistustilannetta. [1, s.171; 4; 11, s. 12, s. 20.]

DALI-järjestelmä voidaan liittää automaatiojärjestelmään väylämuuntimella (gateway), esimerkiksi käyttäen TCP/IP-protokollaa tai OPC-palvelinta. Tällöin järjestelmää voidaan hallinnoida rakennusautomaatiojärjestelmän käyttöliittymän kautta, ja käyttö- ja vikatiedot saadaan myös RAU-järjestelmään. DALI-laitteita voidaan myös liittää muihin väyläjärjestelmiin kuten KNX-järjestelmään gatewayn kautta. [4; 11, s. 10–16.]

DALI-järjestelmä on topologialtaan avoin; kytkennät tehdään yleensä tähtenä tai sarjana, mutta ei silmukkana sanomien törmäysvaaran ja liikenteen ruuhkautumisvaaran takia. Osoitteellisuus mahdollistaa yksittäiset ohjaukset, ryhmäohjaukset sekä kaikkien laitteiden samanaikaisen ohjauksen. Ryhmiä voidaan ohjata monikanavaisesti eli toisistaan riippumatta, vaikka valaisimet olisivat fyysisesti kytkettyinä toisiinsa. DALI-järjestelmä toteutetaan linjoista muodostettavana verkkona, jossa voi olla enintään 64

itsenäistä osoitteellista laitetta. Järjestelmää voidaan laajentaa huomattavasti DALI-reitittimillä, jotka mahdollistavat useiden linjojen liittämisen suurempaan verkkoon. [13, s. 501–506.] Kuvassa 7 on esitetty reitittimillä muodostettu DALI-verkko.



Kuva 7. DALI-reititinjärjestelmä [3, s. 14].

DALI-järjestelmä koostuu ohjausväylästä ja virtalähteistä. Väylän laitteille annetaan ohjelmoinnissa yksilölliset osoitteet, joiden perusteella ohjaukset tapahtuvat. DALI-väylään voidaan liittää useita erilaisia valaistuksen ohjaus- ja säätökomponentteja, kuten painikkeita, 1–10V -säätimiä ja I/O-yksiköitä. Järjestelmään on myös mahdollista liittää verhomoottoriohjaimia. [11, s. 16]

Järjestelmän ohjausväylä toteutetaan yleensä kahdella tavallisen sähkökaapelin johtimella, joiden keskinäisellä napaisuudella ei ole merkitystä. Yleensä ohjaussignaali kulkee sähkökaapelissa häiriöttä, mutta erityisen häiriöalttiissa paikoissa suositellaan ohjaukseen käytettäväksi häiriösuojattua parikaapelia. Normaalisti ohjauskaapeliksi soveltuu mikä tahansa 1,5 mm²:n poikkipinnan kaapeli, esimerkiksi tavallinen viisijohtiminen (3L, N, PE) MMJ-asennuskaapeli, jonka kahta ylimääräistä vaihejohtinta voidaan käyttää DALI:n ohjaussignaali-johtimena ja muita johtimia normaaliin syöttöön ja maadoitukseen. Monikanavaisessa järjestelmässä riittää yksi ohjausväylä, ja kaikki valaisimet voidaan johdottaa ketjuun. [1, s. 171; 11, s. 19.]

Perustoiminnot eivät edellytä ohjelmointia, mutta edistyneempien toimintojen, kuten vakiovalosäädön toiminta täytyy ohjelmoida. Ohjelmointi tehdään yleensä tietokoneella ohjelmointirajapinnan tai käyttöliittymän välityksellä. [13, s. 506.]

DALI on nykyään yleisin käytössä oleva valaistuksen ohjausjärjestelmä sen muuntojoustavuuden ja helpon asennettavuuden takia. Sillä on myös mahdollista toteuttaa hyvin erikokoisia järjestelmiä, ja se voidaan integroida mm. AV-järjestelmiin tai KNX-väylään.

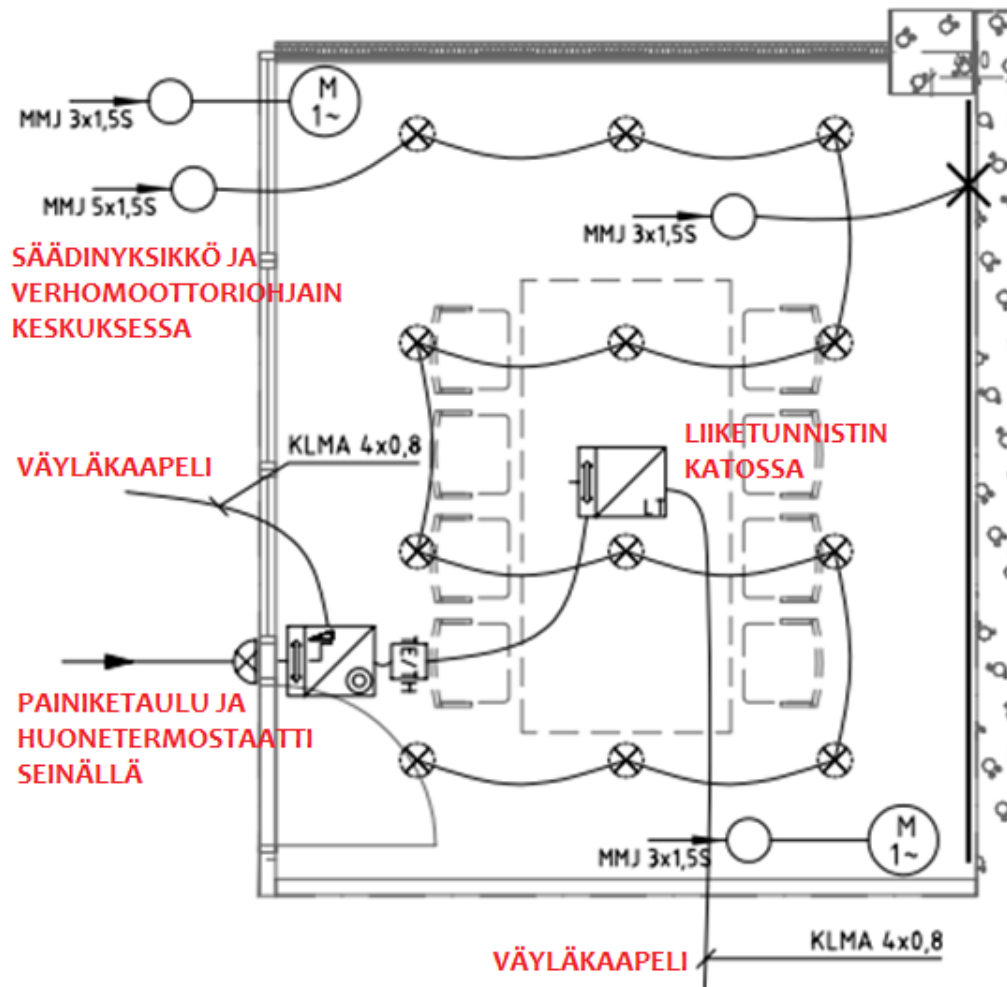
4.5 KNX

KNX-järjestelmän yleisin käyttösovellus on valaistuksen ohjaus. Järjestelmään on saatavilla useita valaistuksen ohjauksen komponentteja: 1–10 V -säätimiä, yleissäätimiä, turvavalosäätimiä, vakiovalosäätimiä, hämärä-/valoisuuskytkimiä, liike- ja läsnäolotunnistimia sekä DALI-väylämuuntimia. [4.]

Lisäksi on saatavilla verhomoottorien ohjaimia sekä I/O-, binääri- ja logiikkayksiköitä. Toimintoja, kuten tilanneohjauksia ja pulssikytkentöjä voidaan toteuttaa binäärivastaanottimilla. Käytännössä binäärivastaanotin muuttaa ulkoisilta laitteilta tulevia sanomia KNX-väylän ymmärtämään muotoon. Logiikkayksiköillä voidaan yhdistää eri väylälaitteilta tulevia sanomia ja toteuttaa sellaisia loogisia toimintoja, joita pelkillä väylälaitteilla ei voida toteuttaa. Jos KNX-järjestelmällä ohjataan myös lämmitystä tai ilmastointia, voidaan valaistuksen aiheuttamat lämpökuormat huomioida suoraan huoneen lämmityksessä ja ilmastoinnissa. [4.]

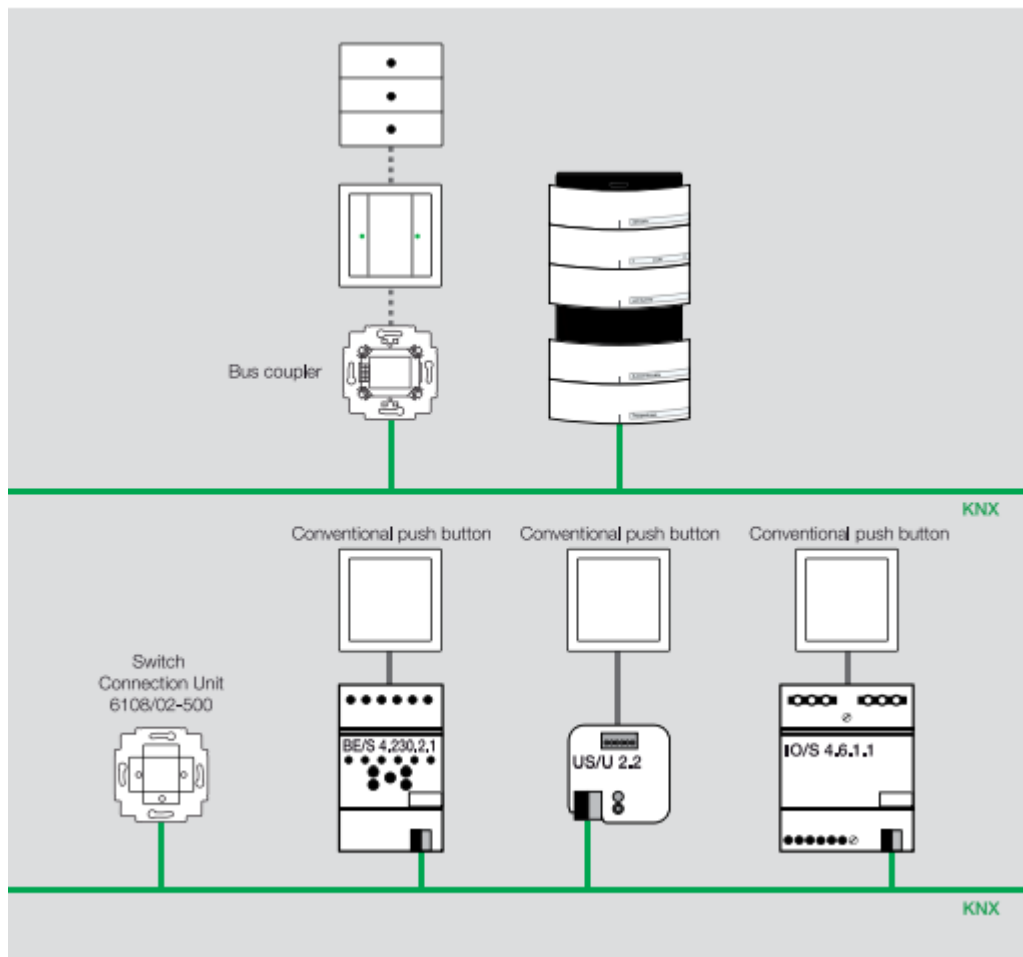
Joissain kytkintoimilaitteissa on myös energianmittaustoiminto, joka mittaa kytkinlaitteeseen liitettyjen laitteiden energiankulutusta (vain virtaa). Ohjauskomponentteja voidaan sijoittaa myös huoneisiin asennettaviin moduulikoteloihin, jolloin kaapeloinnin tarve keskuksilta vähenee entisestään. Näihin koteloihin on saatavilla erilaisia toimilaitteita, joista voidaan rakentaa haluttu kokonaisuus. [1, s. 144; 4.]

Kuvassa 8 on esitetty esimerkkiasennuspiirustus neuvotteluhuoneen KNX-asennuksista.



Kuva 8. Esimerkki KNX-asennuspiirustuksesta. [5]

Kuvassa 9 on esitetty erilaisia painonappiohjausvaihtoehtoja KNX-järjestelmällä. Perinteisiä kytkimiä ja painikkeita voidaan käyttää binäärivastaanottimien avulla, joilla painonapeille voidaan asettaa toimintaparametrit. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää suoraan väylässä toimivia ohjelmoitavia KNX-painikkeita. [14, s. 19.]



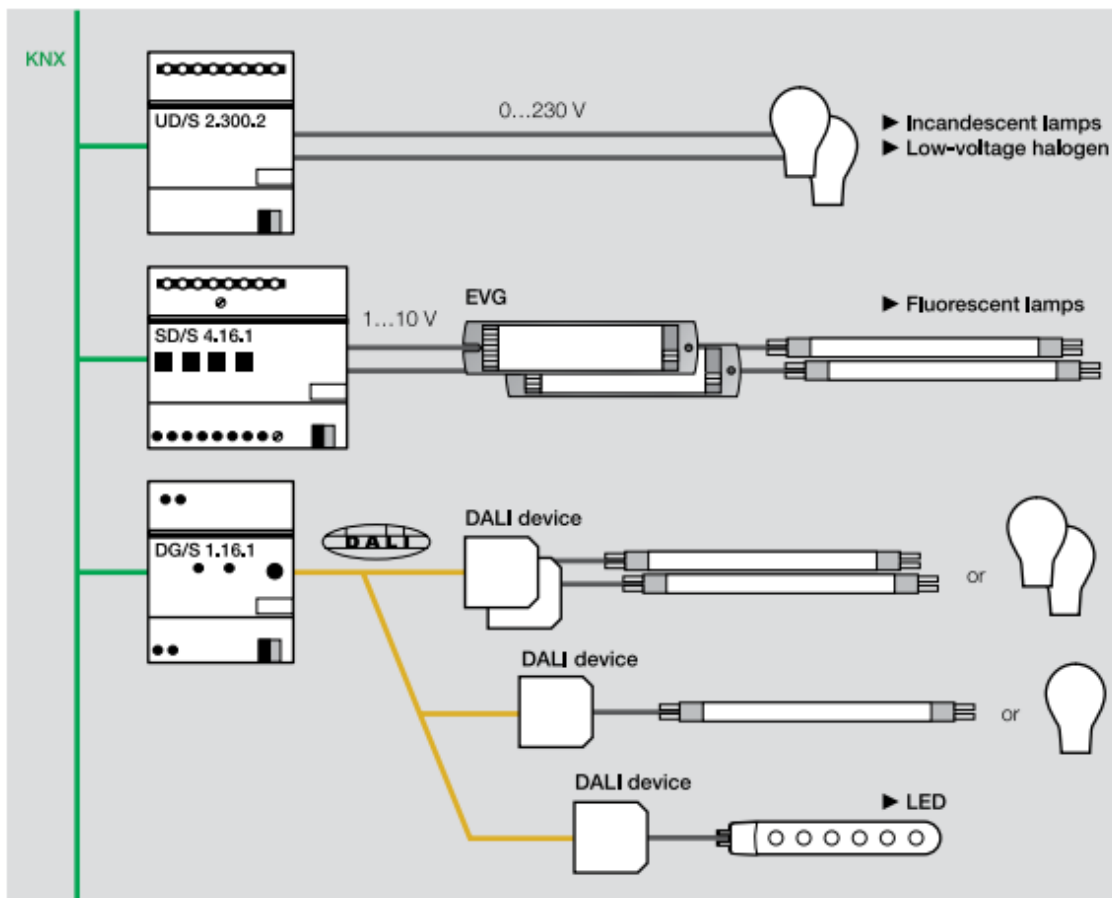
Kuva 9. Erilaisia painonappivaihtoehtoja KNX-järjestelmässä. [14, s. 15]

Kosketusnäytöllisillä ohjauspaneelilla saadaan laajennettua käsisäädettävyyden ominaisuuksia ilman useiden tai moniosaisten painikkeiden ja kiertosäätimien käyttöä; paneelilla voidaan säätää mm. valaistuksen voimakkuutta ja eri valaistustilanteita. [1, s. 20.]

Infrapunatekniikka ja mobiililaitteisiin saatavilla olevat ohjaussovellukset mahdollistavat langattomat ohjaukset, jolloin kiinteitä ohjauspaneelita ei välttämättä tarvita. Mobiililaitteohjauksia käytettäessä täytyy ehdottomasti käyttää VPN-yhteyttä tietoturvan säilyttämiseksi.

Kuvassa 10 on esitetty erilaisia valaistuksen ohjauksia KNX-järjestelmällä. Järjestelmällä voidaan mm. ohjata halogeenilamppuja säädinyksikön kautta, loistelamppuja 1–10 V -jännitesäädöllä tai LED- ja loistelamppuja digitaalisesti DALI-väylämuuntimella eli gatewaylla. Säädinyksiköitä käytettäessä valaisinryhmät määritellään fyysisten

kytkentöjen mukaan, kun taas digitaalisessa DALI-gateway ratkaisussa voidaan valaisinryhmät määrittellä ohjelmallisesti.



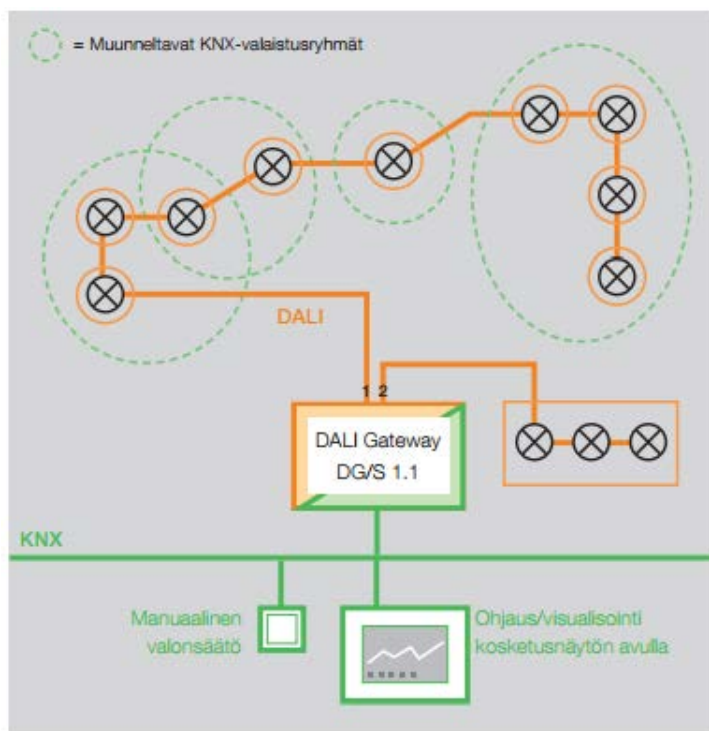
Kuva 10. Erilaisia ohjaustapoja KNX:llä. [14, s. 10]

KNX/DALI-toteutuksessa DALI-valaistus ohjataan KNX-väylään liitettävän gatewayn kautta. Valaisimien ohjaukset tapahtuvat tällöin KNX-väylässä olevien anturien DALI-säätimelle lähettämien sanomien perusteella. DALI-laitteet puolestaan lähettävät tilannetietoa ja indikoiteja lampujen ja liitäntälaitteiden kunnosta KNX-väylään. KNX/DALI-ohjaukselle pätevät samat ominaisuudet kuin itsenäiselle DALI-järjestelmälle.

Tällä ratkaisulla saavutetaan kummankin järjestelmän parhaat puolet: Valaisinryhmien ohjelmoitavuus ja muunneltavuus sekä helppo kenttäkaapelointi DALI-järjestelmästä ja kenttäväylän laajennettavuus, muunneltavuus ja keskitetty hallinta KNX-järjestelmästä. Suuressa järjestelmässä KNX helpottaa toteutusta pelkkään DALI-järjestelmään verrattuna, koska yhteen KNX-linjaan voidaan kytkeä enemmän valaisimia kuin pelkkään DALI-linjaan. Gateway ja anturit ovat KNX-osoitteita käyttäviä laitteita, ja ainoastaan

valaisimet ovat DALI-osoitteellisia laitteita. Toisaalta ratkaisu on raskaampi järjestelmä kuin pelkkä DALI- tai KNX-ratkaisu, koska ohjelmoitavia järjestelmiä on kaksi ja lisäksi valaisimien on oltava DALI-yhteensopivia. DALI-reititinjärjestelmä tarjoaa myös hyvin laajat toteutusmahdollisuudet.

Kuvassa 11 on esitetty KNX/DALI-ohjausperiaate. Gateway toimii tässä ratkaisussa myös DALI-väylän virtalähteenä. Ohjelmointi tehdään suoraan gatewayn käyttöliittymässä tai valmistajan omalla työkalulla. [1, s. 171.]



Kuva 11. Erään KNX/DALI-gatewayn periaatekaavio. [4, s. 62]

5 Valaistuksen ohjaus sairaaloissa

5.1 Lähtökohdat

Sairaloissa olosuhteet ovat muita rakennuskohteita vaativammat. Sähköjärjestelmien tulee olla toiminnaltaan ehdottoman varmoja ja turvallisia. Lisäksi käyttäjäystävällisyys on tärkeä asia, jotta jokapäiväinen työskentely olisi mahdollisimman sujuvaa ja useat tekniset järjestelmät eivät aiheuttaisi päänvaivaa kanta- ja huoltohenkilökunnalle.

Valaistuksen ja sen ohjauksen suunnittelun lähtökohtana tulisi olla henkilökunnalle toimiva, potilaille miellyttävä ja kokonaisuutena energiatehokas järjestelmä. Tarvelähtöinen suunnittelu on tärkeää, jotta valaistus toimii jokaisessa tilassa erityyppisten tarpeiden mukaisesti. Sairaaloiden potilasosastoilla korostuu myös valaistuksen emotionaalinen merkitys, joten sen huomioiminen suunnittelussa on järkevää. Nykyään panostetaan myös rakennuksen visuaaliseen olemukseen, jota valaistus luo omalta osaltaan. Arkkitehtuuri on myös otettava huomioon valaistusteknisen suunnittelun kannalta, sillä esimerkiksi ikkunoiden koko ja suuntaus, ikkunoiden markiisit sekä lattia-, seinä-, ja kattopintojen väri vaikuttavat valaistukseen. Kuva 12 havainnollistaa näitä tavoitteita.



Kuva 12. Sairaalavalaistuksen optimointi [15, s. 3].

Energiatehokkuusvaatimukset tiukentuvat vuosi vuodelta ja edellyttävät nykyään jo lähes nollaenergiarakentamiseen pyrkimistä. Valaistus on yksi helpoimpia paikkoja säästää rakennuksen kokonaisenergiankulutuksessa LED-lamppujen ja ohjausjärjestelmien ansiosta. Järjestelmiin voidaan investoida enemmän, mikäli ne saadaan perusteltua käyttökustannuksiin, käyttäjäystävällisyyteen ja konkreettisiin muista kohteista saatuihin esimerkkeihin vetoavilla perusteilla.

Energiatehokkuuden määrittely rakennuksissa perustuu laskennalliseen E-lukuun, joka lasketaan jakamalla rakennuksen energiamuotokertoimilla painotettu kokonaisenergiankulutus rakennuksen bruttoneliölalla. Sairaaloissa todellisen kulutuksen tarkastelu on tärkeää, sillä pelkkä laskennallinen E-luku ei kuvaa

todennukaisesti energiankulutusta monimuotoisten ja vaikeiden käyttöolosuhteiden vuoksi. Sairaaloiden E-luku vaatimus on nykyisin 450 kWh/brm². [16, s. 9.]

Kustannustehokkuuteen tulisi pyrkiä pitkällä aikavälillä, koska uudisrakennettavien sairaaloiden elinkaari on yleisesti pitkä. Järjestelmien valintaa ja suunnittelua tehdessä kannattaa huomioida käytettävän tekniikan ikä ja kehitysnäkymät rakennushetkellä. Voi olla, että jokin käytettävä järjestelmä on jo vanhanaikainen ja joustamaton esimerkiksi 20 vuoden kuluttua, mikä voi johtaa järjestelmän täydelliseen uusimiseen, jolloin kustannukset nousevat huomattavasti. Kerralla investoiminen voi säästää pitkällä tähtäimellä huomattavasti käyttökustannuksissa. Toki tulee tapauskohtaisesti selvittää mm. energialaskelmin, millaista säästöä tai hyötyä eri ratkaisuilla on mahdollista saavuttaa.

Valaistuksen käyttökustannukset koostuvat pitkälti lamppujen energiatehokkuudesta riippuvasta energiankulutuksesta sekä ohjausjärjestelmän tehokkuudesta. Nykyisin käytetään pääasiallisesti LED-lamppuja, jotka ovat jo itsessään hyvin energiatehokkaita. Niiden elinikä on myös pitkä, nykyään yleensä vähintään 50 000 tuntia, joka vähentää huomattavasti vaihdon tarvetta. LED-valaisimet maksavat enemmän kuin esimerkiksi T5-kantaiset loistelamppuvalaisimet, mutta LED-ratkaisu säästää kuitenkin pitkällä aikavälillä. Sama pätee yleisesti myös ohjausjärjestelmiin. [17, s. 4.]

Ohjauksen tehokkuudella on suuri vaikutus myös lamppujen keston. Kun valaisimet ovat päällä vain tarpeen mukaan, kestävät lamput pidempään vaihtamatta. Tämä kääntyy suoraan säästöiksi sekä energiakustannuksissa että käyttökustannuksissa. Vaihdoista koituvat kustannukset saadaan myös minimoitua, jos saadaan ohjausjärjestelmästä tietä etukäteen milloin valaistusryhmien lamput olisi hyvä vaihtaa. Tällöin saadaan vaihdettua valaisinryhmät ennen kuin ne palavat loppuun, ja huoltotoimenpiteitä ei tarvitse tehdä jatkuvasti.

Ohjausjärjestelmää suunniteltaessa olisi hyvä ottaa huomioon suuret kuormakeskittymät ja jakaa niitä pienemmiksi erikseen säädettäviksi osiksi. Tällöin säästetään energiaa, kun valaistusta voidaan ohjata tehokkaasti pienissä osissa. Jos esimerkiksi suuressa tilassa on ikkunoiden luona valoisampaa, voidaan ikkunoita lähimmät valaisimet himmentää tai sammuttaa erikseen, ja samanaikaisesti ylläpitää valaistustasoa kauempana ikkunoista olevilla alueilla sen sijaan, että koko tilan valaistus säätäisi yhtenä ryhmänä. Pääasiallisena ohjaustapana loistevalaisimia käytettäessä on parempi käyttää säätöä

kuin suoria päälle/pois-ratkaisuja, koska pelkät päälle/pois-ratkaisut kuluttavat lamppuja. LED-lamput eivät kulu kytkettäessä päälle/pois. Lisäksi pelkkä päälle/pois-kytkentä kuluttaa myös enemmän energiaa, jos himmennys ei ole mahdollista. Päivänvalon hyödyntäminen on erityisen tärkeässä roolissa, koska vakiovalosäädöllä voidaan laskea valaistuksen energiankulutusta keskimäärin jopa 25–58 %. [1, s. 80; 19, s. 8.]

5.2 Tilakohtaiset tarpeet

Muihin rakennuksiin verrattuna sairaaloissa on todella paljon erityyppisiä tiloja ja valaistuksella on vaihtelevat mutta yleisesti pitkät käyttöajat. Jokaisen erityyppisen tilan ohjausratkaisut ja automatiikan taso tulee miettiä erikseen. Sairaalarakennus on toiminnassa vuorokauden ympäri, ja arviolta noin 25 % sairaalan kokonaisenergiankulutuksesta kuluu valaistuksessa. [15, s. 6.]

Tiloihin, joissa ei oleskella jatkuvasti, ei kannata asentaa runsaasti automatiikkaa; perinteinen kytkin/painikeohjaus tai läsnäolotunnistin on usein hyvä ja riittävä ratkaisu. Käytävillä ja porrashuoneissa taas toimii hyvin liike- tai äänitunnistukseen perustuva porrasvaloautomaatti.

Käytävillä voi päivällä olla koko ajan valot päällä, mutta yöllä henkilökunnan määrän ollessa pienempi ja potilaiden nukkuessa voi olla järkevää ohjata käytävien valaistusta esimerkiksi ajastetulla ohjauksella, joka vähentää valaistusta yöksi. DALI-ohjausten ja himmennettävien LED-valaisimien yleistyessä yövalaistus voidaan toteuttaa himmentämällä koko valaistus esimerkiksi 10 %:in teholle tai kokonaan pois. Läsnäolotunnistimella tai pulssipainikkeella valaistus saadaan tarvittaessa ohjattua sille määritetylle tasolle. Yöaikaan ohjattava tehotaso voidaan määritellä alemmaksi kuin päiväaikaan, tai vain osa ryhmistä voidaan määritellä ohjautuviksi yöaikaan.

Potilashuoneissa voidaan käyttää monimuotoisempia ratkaisuja. Käsiohjaukset sekä läsnäolo- ja vakiovalosäätö ovat hyviä ratkaisuja. Valojen sytytys on hyvä olla painikkeesta ohjattava, jotta liiketunnistus ei sytytä valoja potilaan nukkuessa. LED-valaisimilla on mahdollista toteuttaa niin sanottu dynaaminen valaistus, jossa säädetään sekä värilämpötilaa että valaistusvoimakkuutta. Tämä on mahdollista LED-valaisimella, jossa on sekä sinisiä että valkoisia diodeja; valkoisen ja sinisen valon määrää säätelemällä saadaan aikaan joko kylmää tai lämmintä valoa. Kylmä valaistus on parempi työskentelyyn ja lämmin valaistus luo puolestaan kodikkaamman ilmapiirin

potilaalle. Potilashuoneissa dynaamisesti säädettävällä valaistuksella mahdollistetaan henkilökunnalle parempi työskentelyvalaistus ja potilaille mukavammat oltavat samanaikaisesti. Lisäksi dynaamisella valaistuksella voidaan jäljitellä auringonvalon määrää päivän aikana ja tätä kautta vaikuttaa ihmisen vuorokausirytmiiin. [15, s. 13–15.]

Monikäyttöisemmissä tiloissa voidaan toteuttaa useita eri valaistustilanteita. DALI- ja KNX-järjestelmät mahdollistavat useiden käyttötilanteiden tallentamisen valaisimiin ja tilanneohjaukset painikkeilla. Käyttäjä voi tällöin valita tarvittavan valaistustilanteen. Kaikista ohjauksista on hyvä keskustella aina loppukäyttäjien kanssa, koska he tietävät itse parhaiten, milloin ja millaista valaistusta tarvitaan, ja ohjaukset voidaan tällöin toteuttaa todellisten tarpeiden mukaan eikä vain suunnittelijan vision mukaan.

5.3 Erityispiirteet

Standardi SFS 6000-7-710 määrittelee ja jakaa lääkintätilat kolmeen tilaluokkaan: G0, G1 ja G2. Lääkintätilalla tarkoitetaan tilaa, jossa potilasta hoidetaan, tutkitaan tai valvotaan sähkökäyttöisten lääkintälaitteiden avulla. G1- ja G2-luokan lääkintätiloissa valaisimien syöttö on varmennettava kahdennetulla syötöllä, joista vähintään toisen täytyy olla liitettynä varavoimajärjestelmään. Vähintään yksi valaisin G1-tilojen valaistuksessa ja vähintään 50 % G2-tilojen valaisimista tulee varmentaa varavoimalla. [18, s. 15.] Yleisen käytännön mukaan noin 1/3 valaistuksesta syötetään varavoimakeskuksesta.

Sairaaloiden sähköverkko varmennetaan yleensä kahdella varavoimaverkolla: Varavoimageneraattoriverkolla ja UPS-verkolla (Uninterruptible Power Supply). Generaattoriverkko on varsinainen varavoimaverkko, ja UPS:lla varmennetaan kriittisimpien kuormien jännitteen katkeamattomuus välittömästi sähkökatkon tapahtuessa. UPS syöttää jännitettä kriittisimmille kuormille lyhytaikaisesti sen aikaa, kunnes varavoimageneraattori käynnistyy. Monia laitteita, kuten leikkausvalaisimia, varmennetaan omilla akuilla, jolloin UPS-verkkoon liitääntä ei tarvita.

Leikkaussalit ovat G2-tiloja ja sairaaloiden vaativin asennusympäristö. Valaistukselta edellytetään leikkaussaleissa ehdotonta toimivuutta ja luotettavuutta. Ohjaukset ovat yleensä tilanepohjaisia käsiohjauksia, liiketunnistusta voidaan käyttää sisääntulovalona. Painiketauluja ja ohjauspaneeleita voidaan hyödyntää eri valaistustilanteiden ohjauksiin.

Jos leikkaussaleihin tehdään väylällä ohjattavia järjestelmiä, tulee niiden toiminta varmistaa erityisen huolellisesti vika- ja poikkeustilanteissa. Ohjauksien täytyy olla myös sellaisia, että esimerkiksi logiikkayksikön vikaantuminen ei kaada koko järjestelmän toimintaa (katso tarkemmin luku 2, s. 9). KNX-väylästä voidaan tuoda G1- ja G2-tiloihin omia linjoja. Linjayhdistin erottaa linjan galvaanisesti muista verkon osista. G1- ja G2-tiloissa SELV-piirien kojeiden nimellisjännite ei saa olla yli 25 VDC. KNX-kojeiden nimellisjännite on yleensä 24 VDC. Se, onko väyläjärjestelmän käyttö leikkaussalissa järkevää, on taas toinen juttu. Ohjauksien toteuttaminen paikallisesti voi olla järkevämpi vaihtoehto paremman toimintavarmuuden ja riippumattomuuden saavuttamiseksi. [1, s. 60; 4; 18, s. 10.]

Lisäksi on huomioitava, että väyläkaapelin tulee myös olla palonkestävää tyyppiä, mikäli tilassa edellytetään palonkestävää kaapelointia. Lääkintätilojen johtojen valinta on esitetty standardin 6000-7-710 kohdassa 710.52.

6 KNX-järjestelmän tarkastelu ja vertailu

Tarkastelun lähtökohtana oli pohtia KNX-toteutuksella saavutettavia etuja perinteisiin ohjauksratkaisuihin ja yleisesti käytettyyn DALI-järjestelmään verrattuna. Tarkastelua tehtiin aluksi yleisellä tasolla ottaen huomioon käyttäjiltä saadut näkökulmat. Lisäksi tehtiin tukkuhintoihin perustuva yksikköhintavertailu eri toteutusvaihtoehtojen välillä. Lopuksi koottiin vielä yhteen KNX-järjestelmän etuja ja heikkouksia. Tarkastelun pohjalta vedettiin työn johtopäätökset.

6.1 Käyttäjä- ja suunnittelijakokemukset

KNX-järjestelmästä on hankala saada objektiivista mielikuvaa ilman konkreettisiin kokemuksiin perehtymistä. Uusien järjestelmien esittely asiakkaille on myös haastavaa, jos ei voida esittää käytännön kokemuksia ja vertailunäkökulmia. Yleensä uusiin ratkaisuihin suhtaudutaan nihkeästi, ennen kuin niiden eduista on saatu selvää näyttöä. Toisaalta tämä edellyttää myös, että joku toimii riskinottajana ja lähtee kokeilemaan tavanomaisesta poikkeavia ratkaisuja. Työssä toteutettiin sähköpostikysely, joka lähetettiin Suomen sairaalatekniikan yhdistyksen (SSTY) kautta Kuopion yliopistollisen sairaalan (KYS) sähköjaoksen henkilöstölle sekä muutamalle Granlundin suunnittelijalle, joilla on kokemusta KNX-järjestelmästä.

Kuopion yliopistollinen sairaala

KYS:n laajennukseen on toteutettu suuri KNX-valaistusjärjestelmä. Kyselyyn saatiin vastauksia kootusti KYS:n sairaalainsinööritä, rakennuttajilta sekä valvojilta. Tiivistettynä näkökulmat KYS:sta olivat seuraavanlaiset:

KNX-järjestelmä soveltuu sairaalan valaistuksen ohjaukseen, mikäli toteutetaan paljon erilaisia ja edistyneitä ohjauksia. Ohjelmointi ja muuhun rakennusautomaatioon integrointi edellyttää hyvää perehtymistä ja kouluttautumista järjestelmän käyttöön. Käyttölogiikan omaksuminen oli vaikeampaa kuin on annettu ymmärtää. KNX-yhdistyksen peruskoulutus riittää lähtötiedoksi, mutta järjestelmän todellinen ymmärtäminen edellyttää jatkokouluttautumista. KYS:ssa oli noussut esiin myös painikkeiden heikko mekaaninen kesto. [20.]

Granlund Saimaa

Sähköpostikysely lähetettiin myös Granlundin Saimaan yksikköön, jossa on KNX-suunnittelukokemusta. Saadut vastaukset olivat KNX-myönteisiä. Tiivistettynä näkökulmat Saimaan yksiköstä olivat seuraavanlaiset:

Koulutukset ovat olleet hyviä kokemuksia, ja tärkeimpänä osana koulutuksia tulisi olla ETS-ohjelman käyttöön liittyvät asiat. Etelä-Karjalan K-sairaalassa on käytetty KNX-järjestelmää, mutta se ei ole vielä valmistunut, joten sieltä ei ole saatu vielä käyttäjien mielipiteitä. Muissa kohteissa kokemukset ja palautteet ovat olleet hyviä. Kokemusten mukaan järjestelmä soveltuu suuriin rakennuksiin hyvin, ja se on helppo liittää VAK:een, kunhan RAU-puolella on sopivat lisenssit ja sovellukset kunnossa. Ohjelmointi- ja käyttöönottovaiheessa olisi hyvä viimeistään tietää tilaajan toiveet eri tiloille, jotta järjestelmä saadaan kerralla kuntoon. Suunnittelun alkuvaiheessa ei kuitenkaan ole kiirettä lyödä lukkoon kaikkia toiveita, mutta mitä aiemmin toiveet ovat tiedossa, sitä helpompaa suunnittelu on. DALI-gatewaylla tehdyissä valaistuksen ohjauksissa on laitevalmistajakohtaisia eroja. Valaistuksen lisäksi savunpoistojärjestelmän toteutus on hyvä ja helppo tehdä KNX-järjestelmällä perinteiseen reletekniikkaan verrattuna. [21.]

Granlund Kuopio

Myös Granlundin Kuopion yksikössä on KNX-suunnittelukokemuksia. Saadut vastaukset olivat positiivisia, mutta objektiivisia. Tiivistettynä näkökulmat olivat seuraavanlaiset:

Koulutukset eivät ole välttämättömiä suunnittelun tekemiseksi, mutta järjestelmään täytyy kuitenkin perehtyä hyvin ja tehdä yhteistyötä laitevalmistajien kanssa. KNX-järjestelmää ei voi suoraan verrata DALI-järjestelmään, koska DALI on pelkkä valaistuksen ohjausjärjestelmä. Se on DALIn lisäksi ainoa järkevä vaihtoehto, jos halutaan tehdä älykäs valaistuksen ohjausjärjestelmä. KNX-järjestelmää on kohteesta riippuen usein järkevintä käyttää muidenkin toimintojen kuin valaistuksen ohjaukseen, koska tällöin järjestelmästä saadaan enemmän irti. KNX on nykyisellään riittävän hyvä suurissa rakennuksissa käytettäväksi, mutta sitä ei kannata väkisin käyttää, jos sille ei ole tutkittua tarvetta. [22.]

Granlund Oy, Helsinki

Helsingin pääkonttorilla on myös suunnittelukokemuksia KNX-järjestelmästä. Vastaukset olivat neutraaleja. Tiivistettynä näkökulmat olivat seuraavanlaiset:

Suunnittelukokemuksia on muutamasta laajasta KNX-järjestelmästä, mutta ei sairaalakohteista. Asiakkailta on tullut sekä positiivista että negatiivista palautetta. Suunnittelijan kannalta KNX on kuin mikä tahansa ohjausjärjestelmä muiden joukossa. Järjestelmän suurin etu on sen muuntojoustavuus, ja valaistuksen ohjauksiin käytettäessä suurin etu on se, että samaan järjestelmään voidaan yhdistää myös muita järjestelmiä, mikä olisikin järkevää. Huonona puolena on mm. huonesäädön komponenttien rajallinen saatavuus, jolloin suurissa kohteissa ei voida toteuttaa täydellistä huonesäätöä KNX:llä. Ohjelmointiosaamisen löytäminen on myös osoittautunut ongelmaksi muutamassa kohteessa. Järjestelmä soveltuu suurin kohteisiin, kuten sairaaloihin, jos suunnittelu ja toteutus hoidetaan hyvin. Suunnittelun alkuvaiheessa tulisi koko kokoonpano jo suunnitella periaatetasolla ja unohtaa ajattelu, että kaikki tilanteet ja ohjaukset on mahdollista toteuttaa. KNX-järjestelmää voi suositella asiakkaalle yhtenä järjestelmänä muiden joukossa. [23.]

Vastausten analysointi

Kyselystä saadut kokemukset ovat pääosin positiivisia, ja järjestelmä on yksimielisesti riittävän hyvä käytettäväksi suurissa kohteissa. Yksimielisesti oltiin myös sitä mieltä, että järjestelmällä kannattaisi ohjata muutakin kuin valaistusta optimaalisen hyödyn saavuttamiseksi. Järjestelmän vahvuus on juuri keskenään kommunikoivissa järjestelmissä ja siitä seuraavassa säätöjen älykkyydessä. Perinteiseen VAK-automaatioon integrointi ei ole vaikeaa, kunhan selvitetään integroimistarpeet ajoissa. Huonoimmaksi puoleksi nostettiin käytön ja ylläpidon hallitsevan henkilöstön puute sekä huonesäädön toteuttamiseen tarvittavien komponenttien rajallinen saatavuus.

Käyttöä ja järjestelmään tutustumista rajoittavat lähinnä ennakkoluulot, sillä KNX on monelle vielä täysin tuntematon järjestelmä. Lisäksi järjestelmän komponenttien hinnat verrattuna perinteiseen automaatioon ovat myös iso vaikuttava tekijä, ja yhdistettynä ennakkoluuloihin uskon tämän olevan suuri syy siihen, miksi monet suunnittelijat eivät ole tutustuneet järjestelmään. Toisaalta syynä voi olla myös rakennuttajien puolella vallitseva tietämättömyys. Lisäksi vaikuttaa myös tosiseikka, että samat valaistuksen ohjaukset on mahdollista toteuttaa pelkällä DALI-järjestelmällä, joka on yksinkertaisempi toteuttaa kokonaisuudessaan kuin KNX:n kautta toimiva DALI-ohjaus. Jos KNX:llä ei ohjata muuta kuin valaistusta, ei sillä saavuteta merkittävää etua DALI-järjestelmään verrattuna.

Vastaukset täsmäävät aika tarkasti siihen kuvaan, jonka olen itse saanut työtä kirjoittaessani. KNX-järjestelmään tutustuneet henkilöt sanovat yleensä, että järjestelmä on teknisesti toimiva ja sillä on hyvä toteuttaa älykkäitä ja monipuolisia ohjauksia sisältäviä järjestelmiä, mutta ei yksinkertaisia ohjauksia. Yleinen käsitys asiaan perehtymättömillä on, että järjestelmä on liian kallis ja soveltuu lähinnä omakotitaloihin. Tämä vahvistaa näkemystä, että ennakkoluulot ovat yksi suurimmista esteistä KNX-järjestelmän käytölle.

Johtopäätöksenä voisi sanoa, että yhä useampien suunnittelijoiden olisi hyvä tutustua KNX-järjestelmään, jolloin sen käytöstä, hyödyistä ja haitoista saataisiin enemmän konkreettista tietoa. Nykyään vallitsee tilanne, jossa ollaan pitkälti mainostekstien varassa, ja konkreettisia käyttökokemuksia tarvittaisiin enemmän. Konkreettisten kokemusten puute vahvistaa myös osaltaan ennakoasenteita. Järjestelmää ei kuitenkaan tule toteuttaa vain toteuttamisen takia.

6.2 Valintakriteerit

Kuten luvussa 5 on esitetty, tulee järjestelmät ja ohjaukset valita aina tilakohtaisesti ja tilaajan toiveet ja tarpeet huomioiden. Sairaalarakennuksessa on paljon tiloja, kuten käytäviä, toimistoja, neuvotteluhuoneita ja potilashuoneita, joissa väyläpohjainen valaistusjärjestelmä on varmasti hyvä ratkaisu. Järjestelmää valittaessa on suositeltavaa sitoutua pääsääntöisesti yhden järjestelmän käyttöön. Sekajärjestelmän toteutus ei yleisesti ottaen ole yhtä kustannustehokasta, vaikka investointi voisi olla pienempi. Taas täytyy kuitenkin muistaa tilakohtaiset tarpeet. Joitain tiloja, kuten leikkaussaleja, voi olla järkevää toteuttaa itsenäisillä ohjauksilla. Lisäksi esimerkiksi WC-tiloja ei missään nimessä ole järkevää liittää väylään, vaan on järkevämpää käyttää paikallista ja yksinkertaista ohjausta.

Järjestelmän valintaan vaikuttaa hinta, liitostarpeet muihin rakennuksen järjestelmiin sekä tarvittava automaatiotaso ja ohjausten monimuotoisuus. ST Käsikirja 21:ssä esitetään kriteereitä, joilla väyläpohjaisia järjestelmiä voidaan vertailla yleisellä tasolla. Näitä kohtia voidaan hyödyntää punnitessa toteutusvaihtoehtoja. [1, s. 80; 9, s. 214, s. 250.]

Ensimmäinen kohta on tekniset ominaisuudet; millaista tiedonsiirtoprotokollaa järjestelmä käyttää ja millaisella kapasiteetilla ja miten järjestelmän tiedonsiirto toteutetaan fyysisellä tasolla. Tämä vaikuttaa suuresti järjestelmän toteutusmahdollisuuksiin ja muiden järjestelmien liitettävyyteen. RAU-suunnittelijan kanssa kannattaa keskustella integroimistarpeista ajoissa, jotta tarpeet saan myös urakoitsijan tietoon laitevalintoja tehtäessä ja ohjelmistoja hankittaessa. KNX-järjestelmän tapauksessa IP-pohjainen runkoverkko on integroinnin kannalta hyvä ratkaisu, koska TCP/IP-protokollan kautta on yleensä helppo yhdistää eri järjestelmiä toisiinsa. [9, s. 214, s. 250.]

Järjestelmän markkina-asema, tuotekehitystuki sekä standardiasema ovat myös huomioitavia asioita. Hyvin markkinoilla menestyvällä tekniikalla on myös yleensä hyvä tuotekehitystuki sekä laitteiden saatavuus. Standardoidut järjestelmät ovat varmoja valintoja laitteiden yhteensopivuuden takaamiseksi. Mitä laajempi tarjonta ja sovellusmahdollisuudet järjestelmällä on, sitä paremmat ovat myös edellytykset järjestelmän hyvälle tulevaisuuden näkymille. Lisäksi sairaalassa suuri vaikuttava tekijä on järjestelmän helppokäyttöisyys ja esteettömyys laajalle henkilökunnalle ja eri-ikäisille

potilaille. Nykyaikaisimmat ja muunneltavimmat standardoidut älykkäät valaistuksen ohjausjärjestelmät ovat KNX ja DALI, joten jos tarpeet tai toiveet edellyttävät väyläpohjaista valaistuksen ohjausjärjestelmää, kannattaa valita toinen tai niiden yhdistelmä. [9, s. 214, s. 250; 22.]

6.3 KNX-järjestelmän edut ja heikkoudet

KNX-järjestelmä minimoi asennustyön ja kaapeloinnin tarpeen ja kustannukset. Fyysistä kytkettävää on vähemmän ja mahdolliset asennusvirheet voidaan etsiä ohjelmallisesti. Kaikkien laitteiden ohjausdata ja tilannetiedot saadaan vietyä kiinteistön valvomoon yhtä väyläkaapelia pitkin. Väyläkaapeloinnin asennusreitit on helppo toteuttaa muiden johtojen kanssa, koska parikaapelit ovat kaksoiseristettyjä ja niiden sijainnilla vahvavirtajohtojen suhteen ei ole suurta merkitystä, ja kaapelia tulee vähemmän kuin perinteisessä asennuksessa. Kaapeloinnin väheneminen keskukselta alentaa myös palokuormia. Järjestelmä on täysin hajautettu, joten viat laitteissa vaikuttavat vain paikallisesti. [1, s. 17–18; 3, s. 35–39; 4, s. 46.]

KNX-järjestelmällä saavutetaan standardissa SFS-EN 15232 määritelty rakennusautomaation energiatehokkuuden A-luokka. KNX:n yleisten käyttösovellusten laajentuminen myös huonesäädön puolelle parantaisi järjestelmän kokonaisuusmaa rakennusten taloautomaatiossa. Mitä enemmän keskenään kommunikoivia toimintoja järjestelmään liitetään, sitä enemmän hyötyä saavutetaan. [1, s. 25; 4, s. 11; 7, s. 21.]

Standardiaseman ansiosta valmistajien laitteet ovat keskenään yhteensopivia. Lisäksi järjestelmän ohjelmointiin käytettävä ETS-ohjelmisto on valmistajista riippumaton. Laitteiden saatavuus Euroopassa ja Suomessa on hyvä, ja valmistajia tulee markkinoille jatkuvasti lisää. Suuret valmistajat kuten ABB, Hager ja Schneider Electric takaavat jo laajan tuotevalikoiman ja monipuolisten tuotteiden saatavuuden. Kuitenkin valmistajien laitteiden välillä voi olla silti huomattavia eroja mm. ohjelmoinnin parametri- tai nimeämisperiaatteissa, joten lähtökohtaisesti toteutusvaiheessa on silti järkevämpää käyttää yhtä toimittajaa järjestelmäkomponentteja hankittaessa. Komponentteja vaihtaessa tai lisätessä valmistajien väliset erot eivät ole niin merkittävässä asemassa, koska lisättävät komponentit joudutaan joka tapauksessa ohjelmoimaan ja erilaisista periaatteista ei koidu samanlaista epäloogisuutta kuin kokonaisen järjestelmän käyttöönottovaiheessa. [1, s. 13; 2, s. 13; 9, s. 155.]

KNX-järjestelmä helpottaa suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden töitä. Hyväksi havaittuja ratkaisuja voidaan hyödyntää uudelleen muissa kohteissa, laitetoimittajia voidaan kilpailuttaa vielä suunnitteluvaiheen jälkeen, ja urakoitsijalle riittää yhden järjestelmän käytön ja asentamisen opettelu. Toisaalta KNX-järjestelmän ollessa vielä uusi juttu monelle urakoitsijalle ja suunnittelijalle, on yleisenä ongelmana asennuksen, ohjelmoinnin ja käytön hallitsevien henkilöiden puute. [20; 23.] Lisäksi ennakkoluulot uusia ratkaisuja kohtaan hidastavat järjestelmän leviämistä sekä suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden kouluttautumista sen suunnitteluun ja käyttöön. Rakennuttajille on myös hankala perustella järjestelmän hankintaa, jos ei ole näyttöä sillä saavutettavista hyödyistä. [9.]

Käyttäjien näkökulmasta jotkin moniosaiset painikkeet voivat olla liian hankalakäyttöisiä. Monitoimipainikkeet ja isot painiketaulut, joihin voi parhaimmillaan ohjelmoida jopa yli 10 toimintoa, ovat jo varmasti hankalia oppia ulkoa, ja ainakin ensi alkuun ne varmasti tuottavat ongelmia. Jos tällaisia käytetään, tulisi niiden käyttö opastaa selkeästi laittamalla painikkeisiin tai niiden viereen ohjeet, mikä ohjaa mitäkin. Lisäksi jotkin painikkeet ovat kokemusten mukaan liian heikkoja mekaaniselta kestävyydeltään, joten kalustesarjoja valitessa kannattaa tutustua myös niiden mekaaniseen kestävyYTEEN. [20]

Hajautetun älyn suurin vahvuus on samalla sen suurin heikkous; koska äly on hajautettu erikseen jokaiseen anturiin ja säätölaitteeseen, kasvavat laitemäärät isoissa kohteissa nopeasti suuriksi, jolloin järjestelmän hankintahinta nousee myös nopeasti. Järjestelmiä integroitaessa on myös muistettava tietoturvallisuus ja muiden järjestelmien yhteensopivuus KNX:n kanssa.

6.4 Yksikköhintavertailu

Hintavertailuesimerkissä tarkastellaan DALI-reititinjärjestelmän sekä kahden erilaisen KNX-ohjauksen esimerkkitoteutuksia komponenttitasolla. Perinteistä kytkin/painonappitoteutusta ei ole otettu mukaan, koska ne ovat huomattavasti halvempia kaikissa tapauksissa. Vertailussa pohdittiin myös lyhyesti VAK-ohjausta, mutta sitä ei laskettu, koska komponenttien hintaa pelkän valaistuksen osalta on hyvin vaikea arvioida. Hintavertailu ei anna todenmukaista kuvaa järjestelmien hinnoista, eikä sitä voi pitää pätevänä kaikkiin vaihtoehtoihin. Vertailu havainnollistaa suuntaa antavasti komponenttien hintaeroja.

Esimerkkialue

Taulukossa 2 on esitetty kuvitteellisen esimerkkialueen laajuus. Huoneisiin toteutetaan läsnäolotunnistus ja vakiovalosäätö sekä päälle/pois painikeohjaus, jolla läsnäolotunnistin voidaan ohittaa. Jokainen ryhmä voidaan sytyttää ja sammuttaa erikseen painikkeilla. Esimerkkialue voidaan toteuttaa yhtenä DALI- tai KNX-linjana. Tämän tyylinen toteutus voitaisiin tehdä esimerkiksi sairaalan potilashuoneisiin tai aulaan hiukan erilaisella kokoonpanolla. Taulukossa 2 on esitetty alueen laajuus.

Taulukko 2. Esimerkkialueen ohjaukset.

Esimerkkialue	
Huoneita	8
Ohjattavia ryhmiä per huone	2
Valaisimia per ryhmä	2
Ohjattavia valaisimia yhteensä	32

Esimerkissä ei ole huomioitu kaapelointi-, asennustarvike- sekä liitäntälaittekustannuksia eikä ohjelmointityön kustannusta. Valaisintyyppi kaikissa toteutuksissa on liitäntälaitteella ohjattava T5-kantainen loistelamppuvalaisin.

Hinnat haettiin SLO.fi-sivustolta. Todellisuudessa hinnat ovat halvempia, koska ne muodostuvat pitkälti urakoitsijan asiakassuhteiden mukaan ja alennusta voidaan parhaimmillaan saada useita kymmeniä prosentteja. Lisäksi hintaan vaikuttaa sähköurakan kokonaislaajuus. Kustannukset muodostuvat aina myös kohdekohtaisesti järjestelmälaajuuden ja asennusympäristön mukaan.

Perinteinen automaatio

Perinteistä automaatoratkaisua ei saa järkevästi laskettua pelkän valaistuksen osalta, koska todellisuudessa alakeskukseen kytketään paljon muitakin ohjauksia, ja automaatiopisteen hinta muodostuu kaikkien liitettävien toimintojen ja automaatiourakan kokonaislaajuuden mukaan.

Valaistus tarvitsee DO-pisteitä ohjauksiin ja DI-pisteitä hälytystietoihin. Lisäksi tarvitaan analogisia AI-pisteitä vakiovalomittaukseen. Pistekortit maksavat pistemäärästä riippuen noin 50–300 euroa. Alakeskuksen hinta karkeasti arvioituna on noin 2 000–

3 000 euroa. Yleisesti voidaan sanoa, että mitä suurempi järjestelmä, sitä edullisemmaksi VAK-ohjaus tulee. [6, s. 69.]

DALI

DALI-järjestelmäksi valittiin Helvarin DIGIDIM-reititinjärjestelmä. Ohjattava esimerkkialue on yksi suuremman DALI-verkon alaverkko, joka yhdistetään runkoverkkoon reitittimellä. Reititin toimii myös DALI-väylän virtalähteenä. Liitäntälaitteilla varustetut valaisimet ohjataan multisensoreilla ja päälle/pois-painikkeilla. Multisensorissa on vakiovalosäätö sekä läsnäolotunnistus. Yksi sensori ohjaa kahta valaistusryhmää. Sensoreiden ja painikkeiden ohjelmointi tehdään Helvarin Designer ohjelmistolla. [24, s. 32.] Laitekustannukset on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Laitekustannukset DALI-reititinjärjestelmällä.

DALI, Helvar DIGIDIM. SLO.fi 19.3.2016

	Määrä [kpl]	Hinta [€/kpl, ALV 0 %]	Sähkönumero
Digidim multisensori	8	207	26 020 55
Digidim 2-osainen painikkeisto	8	271	26 020 74
DALI-reititin	1	1110	26 020 98
Hinta yhteensä [€]		4934	

KNX 1–10 V -säädinyksiköllä

Tässä toteutuksessa käytetään vain KNX-tekniikalla rakennettua kokonaisuutta, jossa valaistuksen himmennys ja säätö tehdään 1–10 V -säädinyksiköllä ja siihen liitettävällä vakiovaloanturilla. Säädinyksikön kanssa käytetään painikkeita, joilla valot sytytetään manuaalisesti. Säädinyksikössä on neljä kanavaa, joihin voidaan kuhunkin liittää itsenäinen valaistusryhmä. Lisäksi jokaiseen kanavaan liitetään myös oma vakiovaloanturi. Tässä vaihtoehdossa ryhmittely tehdään säädinyksiköiden fyysisen kaapeloinnin mukaan. Lisäksi tarvitaan KNX-linjaan virtalähde ja linjayhdistin. Linjayhdistimenä käytetään IP-muunninta. Taulukossa 4 on esitetty tämän vaihtoehdon laitekustannukset.

Taulukko 4. Laitekustannukset KNX-säädinyksikkötoteutuksella.

KNX, ABB i-bus. SLO.fi 19.3.2016

Laite	Määrä [kpl]	Hinta [€/kpl, ALV 0 %]	Sähkönumero
Vakiovaloanturi	16	69,5	28 151 44
1/2-osainen painike	8	111	28 153 42
Kytkin/säädinyksikkö	4	416	28 151 51
Virtalähde 320 mA	1	256	28 154 62
KNX/IP linjayhdistin	1	511	28 155 46
Hinta yhteensä [€]		4431	

KNX DALI-gatewaylla

Tässä toteutuksessa hyödynnetään DALI-tekniikkaa KNX-tekniikan rinnalla. Keskukseen asennetaan DALI-gateway, jonka kautta DALI-liitäntälaitteiset valaisimet ohjataan KNX-väylään kytketyillä läsnäolotunnistimilla ja painikkeilla. Esimerkkiin on valittu gateway, jolla voidaan ohjata enintään 64 itsenäistä vapaasti ryhmiteltyä laitetta yhdellä kanavalla tai enintään 128 osoitetta broadcast-tilassa, jolloin kaikki valaisimet toimivat yksilöllisen ohjauksen sijaan yhdessä. Gateway ohjelmoidaan ABB:n i-bus Tool -työkalulla. Taulukossa 5 on esitetty tämän vaihtoehdon laitekustannukset.

Taulukko 5. Laitekustannukset KNX/DALI-gateway-toteutuksella.

KNX/DALI, ABB i-bus. SLO.fi 19.3.2016

Laite	Määrä [kpl]	Hinta [€/kpl, ALV 0 %]	Sähkönumero
Läsnäolotunnistin vakiovalosäädöllä, 2 kanavaa	8	155	28 154 71
1/2-osainen painike	8	111	28 153 42
DALI-Gateway, 64 ryhmää	1	580	28 151 19
KNX 320 mA virtalähde	1	256	28 154 62
KNX/IP linjayhdistin	1	511	28 155 46
Hinta yhteensä [€]		3475	

Kuten vertailusta huomataan, tulisi KNX/DALI yhdistelmä karkealla komponenttien hintatasolla halvemmaksi kuin pelkkä DALI- tai KNX DALI-ohjauksella. Tämä johtuu pääasiassa DALI-reitittimien ja valitun järjestelmän painikkeiden korkeasta hinnasta. KNX- kytkin/säädinyksikköä käytettäessä taas tarvitaan enemmän komponentteja kuin

DALI-gatewayta käytettäessä. Yhdellä DALI-gatewaylla voidaan ohjata kaikkia esimerkkialueen valaisimia.

Asennuskustannukset olisivat KNX-vaihtoehdoissa hiukan korkeammat, koska asennettavia laitteita on enemmän. Ohjelmointityön hinta olisi myös samasta syystä KNX-vaihtoehdoissa kalliimpi. DALI-toteutuksessa painikkeet ja sensorit toimivat suoraan perusasetuksilla asennuksen jälkeen ilman ohjelmointia, mutta jos niiden toimintoja halutaan muuttaa, täytyy ohjelmointi tehdä. Sama pätee KNX/DALI-vaihtoehtoon, jossa gateway ryhmittelee valaisimet automaattisesti, mutta asetuksia voidaan muuttaa käsin. [4, s. 62; 24, s. 32.]

Kuten esimerkki osoittaa, komponenttien hinnat ovat lopulta hyvinkin lähellä toisiaan, ja tässä esimerkissä KNX/DALI-ratkaisu tuli halvemmaksi kuin pelkkä DALI tai pelkkä KNX. KNX säädinyksiköitä käyttämällä tuli kalliimmaksi, ja se ei myöskään ole niin muuntojoustava kuin DALI-gatewaylla toteutettu versio, koska säädinyksiköllä ryhmät määritellään fyysisten kytkentöjen mukaan ja DALI-gatewaylla ne voidaan ohjelmoida vapaasti. Yleinen käsitys siitä, että KNX olisi erityisen kallis, on osittain vääristynyt. VAK-ohjauksiin verrattaessa hinta riippuu hyvin paljon järjestelmien laajuudesta, ja ei voida sanoa yleistäen, kumpi on aina halvempi ratkaisu.

6.5 Tarkastelun lopputulos

KNX-järjestelmää ei voi suoraan verrata DALI-järjestelmään, koska DALI on pelkästään valaistukseen tarkoitettu järjestelmä, kun taas KNX on kokonaisvaltainen taloautomaatiojärjestelmä. KNX- ja DALI-järjestelmissä on loppujen lopuksi paljon samoja ominaisuuksia valaistuksen osalta. Selvän rajan vetäminen siihen, kumpi on parempi ratkaisu, onkin haastavaa, ellei mahdotonta. [22.]

Perinteisiin ohjauksiin verrattaessa KNX-järjestelmällä saavutetaan huomattavasti sellaista, mitä perinteisillä asennuksilla ei saavuteta, joten suoraan niihin vertaaminen ei myöskään ole järkevää. Täytyy tehdä ero perinteisen asennuksen ja älykkään asennuksen välillä, ja sitten miettiä, halutaanko tai tarvitaanko älykkäitä järjestelmiä, vai pärjätäänkö perinteisillä ratkaisuilla. Valinta perustetaan siis käyttäjän tarpeisiin ja järjestelmällä saavutettaviin ominaisuuksiin. Järkevintä on tapauskohtaisesti käydä läpi, mitä halutaan saavuttaa, millaista muuntojoustavuutta halutaan ja kuinka laaja järjestelmä toteutetaan, ja tehdä valinta siltä pohjalta. Voi olla järkevää esimerkiksi

selvittää, kuinka paljon älykkäällä järjestelmällä saavutetaan säästöjä energiakustannuksissa verrattuna perinteisiin asennuksiin, ja selvittää vastaavista kohteista saatuja kokemuksia.

Paras tapa tehdä vertailua olisi tehdä kaksi täydellistä suunnitelmaa oikeaa kohdetta vastaavalle pilottialueelle, ja toteuttaa myös suunnitelmat tälle alueelle käytännössä. Näin voitaisiin tutkia eri toteutuksien käytettävyyttä ja toimintaa todenmukaista tilannetta vastaavassa asennusympäristössä. Tämä ei käytännössä ole yleensä mahdollista, vaan järjestelmät täytyy vain valita muilla perusteilla, joten yleisimmin päädytään kierrättämään tuttuja hyviksi koettuja ratkaisuja.

7 Johtopäätökset

KNX-järjestelmä edistää rakennusautomaation integraatiota osaksi rakennuksen sähkötekniisiä järjestelmiä. Kiinteistöissä on nykyään todella paljon erillisiä sähköjärjestelmiä ja niiden lisäksi usein vielä rakennusautomaatiojärjestelmä ja kaikki siihen liitetyt toiminnot. Toimiessaan KNX-järjestelmä mahdollistaa edistyneemmän järjestelmäintegraation koko rakennuksen kaikkien järjestelmien välillä. Järjestelmä voidaan sen avoimuuden takia toteuttaa lähes täysin asiakkaan toiveiden mukaisesti. Komponenttien kilpailutusta voidaan jatkaa aina toteutusvaiheeseen asti, koska laitetuottajat ei rajoita toteutusmahdollisuuksia. Järjestelmän kokoonpanon periaate tulee kuitenkin hahmotella jo alkuvaiheessa, ettei suunnitella turhaan toimintoja, joita joudutaan myöhemmin karsimaan kustannuksellisista syistä. [21, 22; 23.]

KNX on hyvä valaistuksen ohjaustapa sairaaloissa mm. auloihin, käytäville, toimistoihin, neuvotteluhuoneisiin ja potilashuoneisiin, joissa oleskelee ihmisiä suurimman osan päivästä, ja jonne runkoväylä on helppo jakaa luontevasti linjoihin kerros- tai kerrososakohtaisesti. Lisäksi suuria välimatkoja kaapeloitaessa KNX loistaa, koska väylää voi viedä valokuidulla tuhansienkin metrien matkoja ilman, että tiedonsiirtonopeus kärsii. Kuidut ovat myös hyviä tiedonsiirtoon sairaaloissa, koska ne eivät ole galvaanisessa yhteydessä ja niiden sähkömagneettisten häiriöiden sietokyky on hyvä. [9, s. 100.] Yleisesti KNX on helppo järjestelmä käyttäjälle, kunhan käytön opastuksesta vain huolehditaan. Moniosaiset painikkeet eivät välttämättä ole paras vaihtoehto, vaan järkevämpää on suosia kosketusnäyttöisiä ohjauspaneeleita, joiden näytölle saadaan

enemmän informaatiota ja opastusta näkyviin. Tilakohtaiset tarpeet ovat ehdottomasti tärkein määrittävä tekijä järjestelmää ja ohjauksia suunniteltaessa.

Perinteiset kytkin- ja painonappiohjaukset tai paikalliset liiketunnistinohjaukset ovat aina selvästi halvin ratkaisu, ja niitä onkin järkevää hyödyntää harvemmin käytetyissä ja sellaisissa tiloissa, joissa ei oleskella jatkuvasti, tai tiloissa, joihin ei tarvita useita valaistustilanteita. VAK-ohjaukset ovat hyvä ratkaisu tilanteissa, joissa riittää yksinkertaisemmat ohjaukset. VAK-pisteiden hinta määräytyy automaatiourakan kokonaisuuden mukaan. Sairaalan kokoisessa rakennuksessa on todella paljon automaatiota, ja LVI-järjestelmät toteutetaan lähes poikkeuksetta perinteisillä automaatiojärjestelmillä. VAK-ohjauksiakin voidaan toteuttaa hajautetuilla I/O-pisteillä sijoittamalla pistekortteja tavallisiin ryhmäkeskuksiin. [1, s. 146; 10, s. 104.]

Tapauksissa, joissa halutaan toteuttaa monipuolisempia ohjauksia ja paljon tilanneohjauksia, kannattaa enemmän käyttää älykkäitä valaistusjärjestelmiä kuin perinteisiä asennuksia. Koska energiatehokkuus on nykyään isossa roolissa, on älykkäiden järjestelmien käyttö järkevää myös tältä kannalta. Kyselystä saatujen kokemusten perusteella KNX on toimiva vaihtoehto suuriin ja monimuotoisiin valaistusjärjestelmiin, mutta yksinkertaisiin ohjaustoteutuksiin sitä ei kannata käyttää. Tarvittavien laitteiden hinta voi nopeasti kasvaa suureksi, jolloin kokonaishinta nousee, mutta jos investointikustannus ei ole ainoa valintakriteeri, on KNX hyvä vaihtoehto. Järjestelmän laajennettavuus, muunneltavuus ja mahdollisuus toteuttaa muitakin ohjauksia ovat KNX-järjestelmän parhaat puolet. [20; 22.]

KNX-järjestelmän toteutuksen onnistuminen on pitkälti kiinni suunnittelijan ja urakoitsijan tietotaidosta järjestelmän suhteen. Järjestelmän suunnittelu ja etenkin ohjelmointi ei ole niin yksioikoista, ja suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden tulisi olla hyvin perehtyneitä järjestelmän toimintaan. Yhteistyö laitevalmistajien kanssa on tärkeää suunnittelua tehtäessä. Ainakin ohjelmoinnin tekevän osapuolen olisi hyvä käydä koulutuksissa. Peruskoulutukset eivät välttämättä takaa vielä riittävän laajaa osaamista. Lisäksi on hyvä selvittää käyttäjäkokemuksia muista kohteista, jottei tehdä samoja virheitä uudestaan, joita jossain muualla on voitu jo tehdä. [20; 21; 22; 23.]

KNX-järjestelmän tekniikka itsessään on toimivaa, ja ongelma sen sovellusrajoituksissa suurissa kiinteistöissä tuntuu olevan usein muissa tekijöissä kuin järjestelmässä itsessään. Ongelmat tulevat yleensä muiden laitteiden ja järjestelmien

yhteensopimattomuudesta. Hyvä esimerkki tästä on ilmastointikoneet, joiden ohjaus tehdään yleensä suoraan koneisiin integroiduilla ohjauskeskuksilla. Jos ei käytetä varta vasten KNX-väylään tehtyä konetta, on liittäminen suoraan KNX-järjestelmään usein hankalaa tai jopa mahdotonta, ja liitännän tekemiseksi väliin tarvittaisiin jokin toinen protokolla. Jos järjestelmällä ei voida toteuttaa muuta kuin valaistus, ei sen hankinta ole niin kannattavaa kuin tilanteissa, joissa samalla järjestelmällä ohjataan useita järjestelmiä. Lisäksi joitain komponentteja on saatavilla rajoitetusti; etenkin täydellisen huonesäädön toteuttaminen suurissa kohteissa voi olla ongelmallista pelkällä KNX-järjestelmällä. [6, s. 72; 10, s. 99; 23.]

Tulevaisuus

KNX on tulevaisuutta ajatellen turvallinen valinta. Järjestelmän muunneltavuuden ja laajennettavuuden ansiosta sitä on helppo päivittää ja muokata. Tekniikka on myös tällä hetkellä hyvässä kehityspisteessä, ja järjestelmä on teknisiltä ominaisuuksiltaan toimiva. KNX on myös nykyaikaisempi kuin perinteiset automaatiojärjestelmät, joten se on tuskin ensimmäisenä jäämässä vanhanaikaiseksi tekniikaksi. Laitteiden hinnat laskevat hiljalleen markkinoiden kasvaessa, joten tulevaisuudessa hankinnat ja muutokset ovat halvempia toteuttaa kuin nykypäivänä. KNX-yhdistys kasvaa ja laitevalmistajia tulee jatkuvasti lisää, joten laitteiden saatavuustilannekin paranee. Toisaalta tulevaisuutta on vaikea ennustaa nykypäivänä, kun teknologia kehittyy huimaa vauhtia ja uusia innovaatioita voi tapahtua milloin vain. [1; 21; 22.]

KNX on tällä hetkellä melko uniikissa asemassa älykkäässä automaatiossa. Se on toistaiseksi ainoa täydelliseen taloautomaatioon kykenevä yhtenäinen automaatiojärjestelmä. Tulevaisuudessa järjestelmään saatavilla oleva komponenttivalikoima todennäköisesti kasvaa tarpeiden vaatiessa laajemmaksi, jolloin sillä voidaan ohjata toimintoja, joita ei nykyisin vielä saada toteutettua. Myös KNX-järjestelmän integroimismahdollisuudet muihin järjestelmiin tulevat todennäköisesti laajentumaan entisestään; järjestelmän suosion kasvaessa yhä useammat laitetoimittajat lähtevät helpommin tukemaan yhteensopivuutta KNX:n kanssa. Saksassa 13.–18.3.2016 järjestetyillä Light and Building -messuilla KNX-yhdistys esitteli järjestelmän integroitumista IoT- eli Asioiden Internet (Internet of Things) rajapintaan, jonka povataan lähivuosina mullistavan langattomuuden ja kommunikaation asioiden, ihmisten ja laitteiden välillä. [25]

Täydellistä yhteensopivuutta kaikkien järjestelmien välillä tullaan tuskin kuitenkaan koskaan saavuttamaan, ja KNX-järjestelmän leviäminen laajamittaisempaan tai täydelliseen suurien kiinteistöjen automaatioon tulee todennäköisesti kestämaan vielä vuosia.

8 Yhteenveto

KNX-järjestelmä mielletään Suomessa yleisesti valaistuksen ohjausjärjestelmäksi, koska suurten kohteiden LVI-automaatio on monesti vielä vaikea toteuttaa KNX:llä. Suurimpana esteenä eri järjestelmien ja laitteiden väliselle integraatiolle on yleensä laitetoimittajien suljetut järjestelmät ja protokollat, jotka eivät usein sovi yhteen muiden kuin saman toimittajan laitteiden ja ohjelmistojen kanssa. Lisäksi huonesäätölaitteiden rajallinen saatavuus voi koitua ongelmaksi isoissa kohteissa.

KNX on varteenotettava vaihtoehto valaistuksen ohjaukseen, mikäli ohjausjärjestelmältä edellytetään paljon monimuotoisia ja edistyneitä ohjauksia. Yksinkertaisten ohjausten toteutus KNX:llä ei ole kustannustehokasta, joten järjestelmään liitettävät tilat ja ohjaukset tulee miettiä huolella, ja yksinkertaiset toteutukset kannattaa ennemmin toteuttaa perinteisillä asennuksilla. Jos järjestelmä on ohjelmoitu käyttöön otossa hyvin, on muutosten tekeminen ja ylläpito helpompaa elinkaaren aikana. Järjestelmän hyödyt tulevat esiin sitä paremmin, mitä useampia ohjauksia sillä toteutetaan. Suurimmat edut KNX-järjestelmää käytettäessä ovat kaapeloinnin huomattava keventyminen ja koko rakennuksen kattavien ohjausten keskittämismahdollisuus yhden järjestelmän alle. Yleisenä heikkoutena voidaan pitää järjestelmän käytön ja ylläpidon osaavan henkilöstön puutetta.

KNX:llä tehty valaistuksenohjausjärjestelmä voidaan liittää kokonaisuudessaan perinteiseen automaatioon väyläliitännän kautta. Tällöin automaatiopisteiden tarve vähenee verrattaessa VAK-ohjauksiin. Valaistuksen ohjauksessa eniten käytetty järjestelmä on DALI, joka on vakiinnuttanut markkina-asemansa johtajavana älykkäänä valaistuksen ohjausjärjestelmänä. KNX-järjestelmässäkin hyödynnetään useimmiten DALI-tekniikkaa, koska se mahdollistaa valaisimien lähes vapaan ohjelmallisen ryhmiteltävyyden ja vähentää keskukselta tarvittavaa kaapeloinnin määrää.

Tulevaisuudessa laitteiden saatavuus paranee ja valmistajien lisääntyessä komponenttien hinnat laskevat, jolloin KNX-järjestelmän kilpailukyky paranee ja useammat suunnittelijat ja rakennuttajat lähtevät todennäköisesti rohkeammin kokeilemaan järjestelmää. Pienemmissä kohteissa KNX voi tulla huomattavasti halvemmaksi kuin VAK-pohjainen automaatio, koska valvonta-alakeskusten hinnat ovat korkeita, mutta sairaalan kokoisissa rakennuksissa hinnat ovat todennäköisesti lähempänä toisiaan. Ei voida yleistää, onko KNX kallis vai halpa – se riippuu täysin kohteesta ja järjestelmän laajuudesta.

Lähteet

- 1 KNX-järjestelmän perusteet. 2015. ST-käsikirja 23. Espoo: Sähkötieto Ry.
- 2 Kenttäväyläteknikka. 2009. Sähkötietokortti ST 701.60. Espoo: Sähkötieto Ry.
- 3 Piikkilä, Veijo. 2011. Väyläteknikka, luentokalvot, osa 2. Tampereen Ammattikorkeakoulu.
- 4 KNX tuoteluettelo. 2014. Verkkodokumentti. ABB Oy.
<https://library.e.abb.com/public/9f0da87964414678a6b0f9fc24586ef1/KNX-Katalogi_fi_opti.pdf> Luettu 15.2.2016
- 5 Volama, Topi. 2015. DALI, KNX ja langattomuus valaistuksen ohjauksessa. Koulutusmateriaali. Granlund Oy.
- 6 Uotila, Julius. 2015. Kiinteistön sähkösuunnittelu KNX-järjestelmällä. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 7 Plaani 4/2014. Verkkodokumentti.
<http://nssoy.fi/uploads/Plaani_4_14_flash/index.html> Luettu 19.3.2016
- 8 Plaani 2/2015. Verkkodokumentti.
<http://nssoy.fi/uploads/Plaani_2_15/index.html> Luettu 12.3.2016.
- 9 Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2006. ST-käsikirja 21. Espoo: Sähkötieto Ry.
- 10 Rakennusautomaatiojärjestelmät. 2012. ST-käsikirja 17. Espoo: Sähkötieto Ry.
- 11 DALI manual. 2001. Verkkodokumentti. DALI AG. <<http://www.dali-ag.org/news-service/downloads-publications.html>> Luettu 15.2.2016
- 12 Wade, Scott. 2015. DALI 2 Webinar. Verkkodokumentti. DALI AG.
<http://www.dali-ag.org/index.php?eID=tx_nawsecuredl&u=0&g=0&t=1458486107&hash=a82bf1487af6eac937ad3a69875eb96d2ec3e715&file=fileadmin/user_upload/pdf/news-service/presentations/webinar_DALI_2.pdf> Luettu 15.2.2016
- 13 Valaistussuunnittelijan käsikirja. 2009. Fagerhult Oy.
<http://np.netpublicator.com/np/n30265811/tekniskinfo_fi_09.pdf> Luettu 23.3.2016

- 14 KNX Valaistussovellukset. 2014. ABB manuaali. <http://www.knx-gebaeudesysteme.de/sto_g/English/APPLICATIONS/2CDC500051M0203_ApplikationsHB_Beleuchtung_EN.pdf> Luettu 14.3.2016
- 15 Tulevaisuuden valaistus sairaaloihin. 2014. Esittelymateriaali. Riegens Healthcare. <<http://www.rexel.fi/globalassets/esitteet/rexel-riegens-healthcare-fi.pdf>> Luettu 16.3.2016
- 16 Rakennusten energiatehokkuus. 2012 Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D3. Määräykset ja ohjeet. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 17 Simo, Kari. Led-valaistuksen kokonaistaloudellisuus ja energiatehokkuus sairaalavalaistuksessa. 2015. Verkkodokumentti. Glamox Luxo Lighting Oy. <http://ssty.fi/sahkojaos/download/s%C3%A4hk%C3%B6tekniikan_ajankohtaisp%C3%A4iv%C3%A4_28.4.2015/SSTY%20ajankohtaispa%CC%88iva%CC%88%2020150428.pdf> Luettu 18.3.2016.
- 18 SFS 6000-7-710. Pienjännitesähköasennukset. 2012. Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Lääkintätilat. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- 19 KNX-järjestelmäopas. 2013. Verkkodokumentti. ABB Oy. <http://asennustuotteet.fi/documents/Esitteet/KNX_Jarjestelmaopas_62012.pdf> Luettu 14.3.2016
- 20 Säisä, Timo. Sähköpostikysely 7.3.2016. Kuopion yliopistollinen sairaala.
- 21 Kallio, Panu. Sähköpostikysely 29.2.2016. Granlund Saimaa.
- 22 Liimatainen, Riku. Sähköpostikysely 29.2.2016. Granlund Kuopio.
- 23 Volama, Topi. Sähköpostikysely 29.2.2016. Granlund Oy.
- 24 Lighting Control Solutions 2016. Verkkodokumentti. Helvar. <http://www.helvar.com/sites/default/files/attachment_files/LC_Short_Form_EN.pdf> Luettu 19.3.2016
- 25 KNX Finland Ry. Viralliset kotisivut <<http://www.knx.fi>>. Luettu 3.2.2016.