



NYKYAIKAISET VALAISTUSOHJAUKSET LIIKE- JA TOIMISTORAKENNUKSISSA

Teemu Kiukkonen

Opinnäytetyö
Joulukuu 2012
Sähkötekniikka
Talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikka
Talotekniikka

KIUKKONEN, TEEMU:

Nykyaikaiset valaistusohjaukset liike- ja toimistorakennuksissa

Opinnäytetyö 50 sivua, josta liitteitä 4 sivua
Joulukuu 2012

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia nykyaikaisia valaistusohjausjärjestelmiä sekä ohjausperiaatteita. Nykyisin järjestelmiä on saatavilla lukuisilta eri valmistajilta ja niiden toimivuudet, käytettävyydet sekä yhteensopivuudet poikkeavat toisistaan merkittävästi. Tämän vuoksi työn tavoitteena oli luoda opas sähkösuunnittelun ja -urakoinnin tueksi selkiyttämään käytetyimpien järjestelmien ominaisuuksia sekä soveltuvuutta liike- sekä toimistotyypisiin tiloihin. Opinnäytetyö on toteutettu tutkimalla ja vertailemalla valaistusjärjestelmiä eri valmistajien dokumenttien sekä todellisten järjestelmien käyttöönottilanteiden kautta.

Työssä on sivuttu ohjausjärjestelmien lisäksi myös muita valaistusteknisiä asioita, kuten teoriaa, eri valonlähteitä ja niiden ominaisuuksia, standardeja sekä valaistussuunnittelun dokumentointia. Keskeisinä asioina ovat kuitenkin valaistusohjaukseen soveltuvat järjestelmät.

Opinnäytetyö tarjoaa kootusti tietoa eri järjestelmien ominaisuuksista ja käyttötarkoituksista, jotta jo suunnitteluvaiheessa päädyttäisiin järkevään valintaan valaistusratkaisuja mietittäessä.

Asiasanat: valaistus, ohjausjärjestelmä

ABSTRACT

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

KIUKKONEN, TEEMU:
Modern lighting control systems in commercial buildings and offices

Bachelor's thesis 50 pages, appendices 4 pages
December 2012

Purpose of this thesis was to study modern lighting control systems and control principles and to create a guide. This guide would support electrical designing and contracting by identifying and clarifying the typical features of the systems commonly used and how they could be applied in different situations. Nowadays there are many different systems available from different manufacturers but system functionality, usability, and compatibility differ significantly. This thesis is made by examining and comparing specifications of lighting control systems through manufacturer's manuals and actual initializations.

Besides focusing on control systems the report includes also other issues related to lightning e.g. lighting theory, different light sources and their characteristics, standards and lighting design documentation. Key thing is lighting control systems.

The thesis provides information about the features of the different systems and how to apply them so that the best alternative is selected when designing the lighting solutions.

Key words: lighting, lighting control system

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	LSK ELECTRICS OY	7
2.1	Historia.....	7
2.2	LSK-Yhtiöt	7
3	VALAISTUSTEKNIikka.....	9
3.1	Valaistuksen perussuureet.....	9
3.1.1	Valovoima	9
3.1.2	Värintoistoindeksi.....	10
3.1.3	Väriämpötila	10
3.1.4	Valovirta	10
3.1.5	Valotehokkuus	10
3.1.6	Luminanssi	11
3.1.7	Valaistusvoimakkuus.....	11
3.1.8	Häikäisy	12
3.2	Standardit ja vaatimukset.....	12
3.3	Elektroniset liitäntälaitteet	13
3.4	Valonlähteet	14
3.3.1	Hehkulamput	15
3.3.2	Loistelamput	15
3.3.3	Halogeenilamput.....	16
3.3.4	Monimetallilamput	16
3.3.5	Suurpainenatriumlamput	17
3.3.6	LED-lamput.....	17
3.3.7	Valonlähteiden säädettävyys	18
3.3.8	Yhteenvedo valonlähteistä	20
4	VALAISTUSJÄRJESTELMÄT	21
4.1	Ohjausperiaatteet ja -järjestelmät.....	21
4.1.1	DALI.....	21
4.1.2	Suora painikeohjaus.....	23
4.1.3	1-10 V analoginen ohjaus	25
4.1.4	DSI-digitaaliohjaus.....	26
4.1.5	DMX 512 -digitaaliohjaus	28
4.1.6	KNX	30
4.1.7	LonWorks	32
4.2	Valaistusjärjestelmien yhteensopivuus	34
4.3	Soveltuvuus.....	35
5	SUUNNITTELU	37
5.1	Valaistuksen suunnittelu ja dokumentointi.....	37
6	TOTEUTUS	39
6.1	Tilakohtainen valaistus	39
6.1.1	Käytävätilat.....	39
6.1.2	Luokkatilat.....	43
6.1.3	RGB-valaistus näyttely-, kokous- ja aulatiloihin	44
6.2	Kaaviot.....	45
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	47
	LÄHTEET.....	48
	LIITTEET	50

LYHENTEET JA TERMIT

DALI	Digital Addressable Lightning Interface
DSI	Digital Signal Interface
DMX	Digital Multiplex
TP	Twisted Pair, kierretty parikaapeli
PL	Power Line, sähköverkko 230/400V
RF	Radio Frequency, radiotaajuus
IP	Internet Protocol
LED	Light-Emitting Diode
CRI	Colour Rendering Index, värintoistoindeksi
CIE	Commission Internationale de 'Eclairage, Kansainvälinen valaistuskomissio
UGR	Unified Glare Rating, kiusahäikäisyindeksi
LON	Local Operating Network
LENI	Lighting Energy Numeric Indicator, valaistuksen energiatehokkuusindeksi

1 JOHDANTO

Valaistustekniikka on yksi jatkuvasti kehittyvästi tekniikan aloista ja etenkin viime vuosina valaistus on niin valonlähteiden, valaisimien kuin myös ohjausperiaatteiden osalta ottanut suuria harppauksia eteenpäin. Nykypäivän korostuneet tarpeet energiatehokkuuden, terveyden ja joustavuuden osalta ovat tuoneet lisähaasteita valaistuksen ohjaukselle ja tästä syystä markkinoille on ilmestynyt erityyppisiä ohjausjärjestelmiä lukuisilta eri valmistajilta. Tämän myötä myös sähköurakointia ja -suunnittelua harjoittavat toimijat ovat yhä kasvavin määrin törmänneet valtavaan eri järjestelmien kirjoon ja eri järjestelmien toiminnot, soveltuvuudet sekä yhteensopivuuskysymykset ovat aiheuttaneet sekaannusta.

Tämän työn tarkoituksena oli perehtyä nykyaikana käytössä oleviin valaistuksenohjausjärjestelmiin sekä käsitellä eri ohjausjärjestelmien ja valaistustuotteiden ominaisuuksia sekä keskinäistä yhteensopivuutta niin suunnittelu- kuin asennusnäkökulmasta. Tarkoituksena oli myös tuottaa kootusti tietoa käytetyimmistä valaistusjärjestelmistä. Työssä keskityttiin pääosin eri järjestelmien ominaisuuksiin ja valaistussuunnittelun osuutta käsiteltiin pintapuolisemmin. Työ tehtiin opaskäyttöön suunnittelu- ja urakointipuolen tueksi yritykselle LSK Electrics Oy.

2 LSK ELECTRICS OY

2.1 Historia

Lahden Sähkö ja Kone perustettiin Lahteen vuonna 1930 Paavo Bohmin toimesta. Alkuun yritys toimi pääasiassa vain autosähkökorjaamona. Alussa sen toiminta keskittyi autojen akkuhuoltoihin, kideradioiden valmistukseen sekä tasavirtamoottoreiden muuttamiseen vaihtovirtamoottoreiksi. Vuosituhannen vaihteessa yritys kansainvälistyi ja tämän myötä muutti nimensä LSK Electrics Oy:ksi. LSK on yhä perheyritys ja sen omistajuus on nykyisin jakautunut Paavo Bohmin jälkeläisille. Yrityksen värikkästä historiasta voi lukea lisää vuonna 2010 ilmestyneestä teoksesta Ajan virtaa – LSK 80 vuotta, joka on LSK-Yhtiön hallituksen puheenjohtaja Mika Bohmin kirjoittama. (LSK Electrics Oy)

2.2 LSK-Yhtiöt

LSK-Yhtiöihin kuuluvat emoyhtiö LSK Electrics Oy, Lahden LVI-Expertti Oy ja Ilmarex Oy, jotka vastaavat liiketoiminnasta talotekniikan puolella. Lisäksi organisaatioon tytäryhtiöinä kuuluvat teollisuuden kone- ja tuotantoautomaatioon erikoistunut Indel Automation Oy, pneumaattisen teollisuusautomaation maahantuontiyritys Univer Oy sekä kuluttajia palveleva kodintekniikan liike LSK Kodintekniikka Oy.



Kuvio 1. LSK-konsernin rakenne (LSK Electrics Oy)

LSK-Yhtiöiden yhteenlaskettu liikevaihto vuonna 2011 oli 45 miljoonaa euroa. Vaikka LSK on viime vuosina laajentanut toimintaansa myös talotekniikan kokonaispalveluiden lisäksi teollisuuden puolelle, liikevaihdosta muodostuu yhä valtaosa perinteisestä tele- ja sähköurakoinnista. LSK-Yhtiöihin kuuluu noin 250 työntekijää ja yritys on merkittävässä roolissa sähköurakoinnissa Etelä-Suomessa. LSK on nykyisin laajentunut toimipaikkoihin Mäntsälään, Iittiin, Hämeenlinnaan, Riihimäelle, Kotkaan sekä Heinolaan. Yhtiö suorittaa sähköurakointia kuitenkin myös ulkomailla sijaitsevilla kohteissa. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Lahdessa Vesijärvenkadulla.



Kuva 1. LSK:n pääkonttori Lahden Vesijärvenkadulla (LSK Electrics Oy)

3 VALAISTUSTEKNIikka

3.1 Valaistuksen perussuureet

Muiden fysiikan osa-alueiden tapaan myös valaistuksessa tarvitaan neljä perussuureta, joista kolme on osa-alueille yhteisiä ja neljäs yksilöllinen suure. Valaistustekniikassa neljäs suure on valovoima, kun taas esimerkiksi sähkötekniikassa se on sähkövirta ja lämpötekniikassa lämpötila. Valaistustekniikassa käytettävät perussuureet ovat johdettavissa valovoiman avulla (Halonen & Lehtovaara, 34). Valaistustekniikan perussuureita ovat valovirta, valaistusvoimakkuus, luminanssi, väriämpötila, valotehokkuus sekä häikäisyindeksi. Alla on selostettuna suureiden tarkempi merkitys sekä SI-järjestelmän mukainen yksikkö.

3.1.1 Valovoima

Valovoima on valaistustekniikan perussuure, josta saadaan johdettua myös muut valaistustekniikassa tarvittavat suureet. Valovoimalla kuvataan valonlähteestä tiettyyn suuntaan säteilevän valon voimakkuutta ja sen yksikkö on kandela [cd] (Halonen & Lehtovaara 1993, 34). Valovoima lasketaan kaavan 1 mukaisesti: (Fagerhult valaisinluettelo, 432)

$$I = \frac{\Phi}{\omega}, \text{ jossa} \quad (1)$$

Φ = valovirta [lm]

ω = avaruuskulma [sr]

3.1.2 Värintoistoindeksi

Värintoistoindeksillä (CRI) ilmaistaan valonlähteen kykyä toistaa määrättyjä testivärejä suhteessa annettuun vertailuvalonlähteeseen. Asteikkona käytetään R_a -indeksiä, jossa maksimiarvo on 100 ja se vastaa täysin samanlaista värintoistoa. Värintoistoindeksin tulisi sisävalaistuksessa olla yli 80 ja edellytettäessä hyvää värintoistoa, indeksin tulisi olla yli 90 (Fagerhult valaisinluettelo, 417).

3.1.3 Värilämpötila

Värilämpötilalla ilmoitetaan lampun valon värisävy. Värilämpötilan yksikkönä käytetään kelviniä (K). Värilämpötila vaihtelee välillä 2000-7400 K ja mitä pienempi luku on, sitä lämpimämpi valon sävy on. Neutraalin valkoisen värilämpötilana pidetään väliä 3500-4000 K. Vastaavasti alle 3500 K värilämpötilat koetaan lämminsävyisinä ja yli 4000 K viileäsävyisinä. Loiste- ja purkauslamppujen osalta puhutaan ekvivalentista värilämpötilasta (Fagerhult valaisinluettelo, 417).

3.1.4 Valovirta

Valovirta ilmaisee valonlähteen valontuoton. Sen yksikkö on lumen [lm]. Monilla lamputyypeillä valovirta riippuu voimakkaasti ympäristön lämpötilasta. Valovirran suuruuteen voi kuitenkin vaikuttaa myös lampun polttoasento. Puhuttaessa nimellisvalovirrasta, tarkoitetaan tällöin valonlähteen valovirtaa mitattuna 25 °C lämpötilassa (Fagerhult valaisinluettelo, 429). Valovirta saadaan laskettua kaavan 1 mukaisesti.

3.1.5 Valotehokkuus

Valotehokkuudesta puhuttaessa tarkoitetaan valonlähteen säteilemän valovirran suhdetta valonlähteen kuluttamaan sähkötehoon. Valotehokkuuden yksikkö on [lm/W] (Fagerhult valaisinluettelo, 417). Valotehokkuus ilmoitetaan hyötysuhteena ja se voidaan laskea kaavan 2 mukaisesti:

$$\eta = \frac{\Phi}{P}, \text{ jossa} \quad (2)$$

P = valaisimen sähköteho [W]

3.1.6 Luminanssi

Luminanssilla ilmaistaan kohteen pinnan valotiheys eli pintakirkkaus. Toisin sanottuna mitä suurempi kohteen luminanssi on, sitä kirkkaammalta kohteen pinta näyttää. Luminanssista käytetään usein myös nimitystä valotiheys. Sitä käytetään tarkasteltaessa näköympäristön ominaisuuksia sekä valaisimien valoaukon kirkkauden määrittämisessä ja sen yksikkö on [cd/m^2]. Luminanssin suuruusluokkia tarkasteltaessa voidaan mainita esimerkiksi yöllä valaistun kadun pinnan luminanssin olevan noin $2 \text{ cd}/\text{m}^2$, taivaan luminanssin $8000 \text{ cd}/\text{m}^2$ ja 36 W tehoisen loistelampun pinnan luminanssin noin $10000 \text{ cd}/\text{m}^2$ (Fagerhult valaisinluettelo, 429). Luminanssi saadaan laskettua kaavalla 3 (Fagerhult valaisinluettelo, 432):

$$L = \frac{I}{A \cdot \cos \alpha}, \text{ jossa} \quad (3)$$

I = pinnalle tuleva valovoima [cd]

A = pinnan ala [m^2]

α = pinnalle säteilevän valon tulokulma [$^\circ$]

3.1.7 Valaistusvoimakkuus

Valaistusvoimakkuudella kuvataan kuinka paljon valoa saadaan kohdepinnalle. Valaistusvoimakkuuden yksikkönä on luksi [lx] ja sisätiloissa valaistusvoimakkuus sijoittuu välille $100\text{-}1000 \text{ lx}$. Ulkovalaistuksen osalta valaistusvoimakkuuden taso yölliseen aikaan vaihtelee välillä $1\text{-}15 \text{ lx}$. Vertailukohtana voidaan mainita suora auringonpaiste, joka voi tuottaa $100\ 000 \text{ lx}$:n valaistusvoimakkuuden (Fagerhult valaisinluettelo, 431). Valaistusvoimakkuus lasketaan kaavan 4 mukaisesti (Fagerhult valaisinluettelo, 432):

$$E = \frac{\Phi}{A}, \text{ jossa} \quad (4)$$

Φ = pinnalle tuleva valovirta [lm]

A = pinnan ala [m²]

3.1.8 Häikäisy

Häikäisyä aiheutuu, kun valaisimen tai valonlähteen luminanssi on suurempi kuin mihin ihmissilmä on sopeutunut. Häikäisy jaetaan tyypillisesti kiusahäikäisyyn ja estohäikäisyyn. Kiusahäikäisy aiheuttaa epämukavuutta näkemisessä ja estohäikäisy haittaa kohteen näkemistä. Valaistustekniikassa sisätilojen kiusahäikäisyä arvioidaan UGR_L-indeksin avulla, joka perustuu kansainvälisen valaistuskomission (CIE) standardiin CIE 117/1995. UGR-luku vaihtelee välillä 10-28 ja pienempi luku merkitsee pienempää häikäisyä. Kiusahäikäisyn määrään vaikuttaa oleellisesti häikäisevän kohteen taustan luminanssi sekä kohteen sijainti näkökentässä, joten häikäisy on pienennettävissä kasvattamalla valaistun tilan pintojen luminanssitasoja (Fagerhult luettelo, 436).

3.2 Standardit ja vaatimukset

Suomessa otettiin käyttöön vuonna 2008 uusi EU-direktiivi, jonka mukaan rakennusten kokonaisenergiankäyttö on ilmoitettava. Energiankulutus on laskettava ja ilmoitettava ennakkoon. Energiankulutusta laskettaessa huomioidaan rakennuksen koko energiankulutus niin valaistuksen, lämmityksen, jäähdytyksen, ilmastoinnin yms. osalta. Direktiivin pyrkimyksenä on edistää rakennusten energiatehokkuutta Euroopan unionin alueella ja vähentää tätä kautta kasvihuonekaasupäästöjä. Samalla tähdätään myös energian tuonnin vähentämiseen.

Yhtenäisten laskentamenetelmien kehittämiseksi on luotu yhteisiä standardeja eri järjestelmien energiankulutuksen laskemista varten. Standardi EN-15193 määrittää laskentamenetelmän valaistuksen energiankulutukselle erityyppisissä rakennuksissa. Standardin laskentamenetelmä arvioi kohteen valaistuksen energiatehokkuutta LENI-

indeksin avulla. LENI-luku kuvaa siis rakennuksen sisävalaistuksen kokonaisenergiankulutusta. Se voidaan laskea kaavan 5 mukaisesti: (Fagerhult luettelo, 511)

$$LENI = \frac{W_{kokonais}}{A}, \text{ jossa} \quad (5)$$

$LENI$ = rakennuksen LENI-luku [kWh/m², vuosi]

$W_{kokonais}$ = valaistuksen vuosittainen kokonaisenergiankäyttö [kWh]

A = rakennuksen sisätilojen kokonaispinta-ala [m²]

Valaistusta suunniteltaessa tulee energiatehokkuuden lisäksi huomioida myös valon riittävä määrä työskentelypisteissä ja sen lähiympäristössä. Tätä varten on luotu ja otettu käyttöön vuonna 2002 yleiseurooppalainen valaistusstandardi, josta on muodostunut suomalainen SFS-EN 12464-1 -valaistusstandardi. Standardi määrittelee sisätilojen työpisteiden valaistuksen vähimmäisvaatimukset huomioiden näkemismukavuuden sekä -tehokkuuden. Näkemismukavuuden ja -tehokkuuden osalta arvot ovat vain suuntaa-antavia, joten erilaiset innovatiiviset valaistusratkaisut ovat mahdollisia, kunhan vaatimukset vain täyttyvät.

Standardissa vähimmäisvaatimukset työskentelyalueelle, sen välittömään lähiympäristöön sekä tausta-alueelle ovat esitettyinä taulukkomuodossa ja siitä löytyvät vaaditut arvot valaistusvoimakkuudelle (E_m), häikäisyindeksille (UGR_L) sekä värintoistoindeksille (R_a). Standardin osalta on hyvä huomioida, ettei se ota kantaa turvallisuus- ja terveystekijöihin, mutta sitä noudattamalla nämäkin asiat tulevat kuntoon. (Glamox, 473)

3.3 Elektroniset liitäntälaitteet

Perinteinen kuristin-sytytin-yhdistelmällä varustettu loisteputkivalaisin toimii 50 Hz:n verkkojännitetaajuudella. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että lampun loisteaine syttyy ja sammuu jatkuvasti, joka näkyy värisevänä valona. Ihmissilmä ei tätä havaitse, mutta silti välkyntä häiritsee aivoja (AD-Lux Oy). Tutkimukset ovat osoittaneet tämän aiheuttavan väsymystä ja tehottomuutta työpaikoilla (Fagerhult luettelo, 456).

Elektroninen liitäntälaitte korvaa kuristin-sytytin-yhdistelmän valaisimissa. Liitäntälaitte nostaa verkkojännitteen taajuuden välille 30-100 kHz, jolloin valon häiritsevä värinä poistuu. Korkeammalla taajuudella saavutetaan suurempi valon määrä ja koska valoteho pidetään liitäntälaitteessa vakiona, voidaan saavuttaa 15-30 % säästöt energiankulutuksessa. Suurimpiin energiasäästöihin päästään valaisimilla, joissa on kaksi loisteputkea. Pienempi energiankulutus vastaavasti näkyy valaistuksen pienempänä lämmöntuottona. Lisäksi elektroniset liitäntälaitteet aiheuttavat perinteisempään ratkaisuun verrattuna vähemmän häiriötä ympäristöönsä. Muita liitäntälaitteiden tuomia etuja ovat nopea syttyminen, hiljaisempi ääni kuristimeen verrattuna sekä vikaantuneiden lamppujen sammutus. Toisin kuin kuristinkäyttöisessä valaisimessa liitäntälaitteen sisältämä turvapiiri kytkee vanhentuneet lamput kokonaan pois päältä, eikä yritä sytyttää niitä väkisin uudelleen. Turvapiirin tehtävänä on myös estää liitäntälaitteet sekä valaisimen ylikuumentuminen. (AD-Lux Oy)

Nykyiset elektroniset liitäntälaitteet voivat olla joko niin sanotusti tavallisia (HF-mallisia) tai ohjattavia (HFC-mallisia). HF-mallisia liitäntälaitteita ei voida himmentää, mutta HFC-mallisilla laitteilla himmennys on mahdollista aina 5 %:sta 100 %:iin (AD-Lux Oy). Ohjattavia elektronisia liitäntälaitteita on saatavilla pääasiassa kolmelle eri ohjaussysteemille, joita ovat analoginen 1-10 V -ohjaus, digitaalinen ohjaus (DALI) sekä suora painikeohjaus (Switch Dim).

3.4 Valonlähteet

Valaistusjärjestelmiä suunniteltaessa tulee huomioida myös valonlähteiden eli lamppujen merkitys. Nykyajan valaisimissa on käytössä useita erityyppisiä valonlähteitä, joiden valaistustekniset ominaisuudet ja näin ollen myös sopivat käyttökohteet poikkeavat huomattavasti toisistaan. Lisäksi eri valonlähteet poikkeavat toisistaan merkittävästi säädettävyyden osalta. Eri valonlähteiden säädettävyyttä on käsitelty tarkemmin kohdassa 3.3.7. Valaisimen valinnassa on huomioitava ainakin sen käyttämän valonlähteen värintoistokyky, värilämpötila sekä valotehokkuus. Valonlähteen tyyppi määräytyy nykyisissä loistevalaisimissa sen elektronisen liitäntälaitteen mukaan (Elektroskandia). Alla on selostettuna tavallisimmat käytössä olevat valonlähdeyyt ja niiden pääpiirteiset ominaisuudet:

3.3.1 Hehkulamput

Hehkulampun toiminta perustuu sen sisällä olevaan hehkulankaan, jonka läpi johdetaan sähkövirtaa. Sähkövirta kuumentaa langan hehkuvaksi ja tällöin syntyvä valo säteilee ympäristöön. Hehkulamppu on yleisesti käytössä oleva ja suosittu valonlähde etenkin kotitalouksissa sen edullisuutensa vuoksi. Hehkulampun värinointokyky on hyvä, mutta vastaavasti niiden elinikä on lampun käyttöjännitteestä riippuen suhteellisen matala. Suuremmalla käyttöjännitteellä saadaan hehkulampun valontuottoa suuremmaksi, mutta tällöin myös hehkulangassa käytetty materiaali höyrystyy nopeammin aiheuttaen lopulta langan katkeamisen, jolloin lamppu on käytännössä vaihdettava uuteen.

Hehkulamput ovat valonlähteinä suhteellisen energiatehottomia, sillä sen käyttämästä sähköenergiasta vain noin viisi prosenttia muuttuu valoksi ja loput lämpöenergiaksi. Tämän vuoksi Euroopan unioni onkin vuodesta 2009 lähtien kieltänyt portaittain eri hehkulamppujen markkinoille saattamisen EU:n alueella (Elektroskandia; Osram tuoteluettelo, 103-104).

3.3.2 Loistelamput

Loistelamput ovat kaasupurkauslamppuja, joissa valo tuotetaan johtamalla sähkövirtaa matalapaineisen elohopeahöyryn läpi. Tällöin höyry tuottaa näkyvää valoa sekä ultraviolettisäteilyä. Loistelampun eli loisteputken sisäpinnassa oleva loisteaine muuttaa myös ultraviolettisäteilyn näkyväksi valoksi ja valon väri riippuu loisteaineen koostumuksesta. Loistelamput vaativat toimiakseen sytyttimen ja kuristimen. Kuristimen tehtävänä on rajoittaa sähkövirta lampun putkikoolle sopivaksi. Nykyisissä valaisimissa sytytin ja kuristin on korvattu elektronisella liitäntälaitteella. Loistelampuista on saatavilla erikokoisia ja -mallisia versioita erityyppisiin valaisimiin sekä käyttökohteisiin. Vakiokoot isoissa loisteputkissa ovat pääasiassa T8 (26mm) sekä T5 (16mm). T12-putkikoko (38mm) on poistunut vuonna 2011 markkinoilta. T5-loisteputkea voidaan käyttää ainoastaan elektronisilla liitäntälaitteilla, kun taas T8-loisteputki sopii käytettäväksi myös perinteisemmin kuristimen kanssa. Kuitenkin energiasäästö voi olla jopa 40 % suurempi T5-loisteputken ja elektronisen liitäntälaitteen yhdistelmällä kuristin ratkaisuun verrattuna (Elektroskandia valaisimet, 308). Tehoiltaan yleisimmät loisteputket ovat 58 W sekä 36 W. Pienloistelamput

toimivat samalla periaatteella kuin isokokoiset loisteputket ja loisteputkien tavoin ne vaativat toimiakseen liitäntälaitteen ja useissa malleissa liitäntälaitte onkin asennettuna suoraan lampun kantaan (STEK).

Pienloistelampuista käytetään yleisesti nimitystä energiansäästölamppu, sillä esimerkiksi hehkulamppuun verrattuna energiansäästölamppu kuluttaa vain noin 20 % hehkulampan käyttämästä sähköenergiasta (STEK). Loistelamput soveltuvat hyvin sisätilojen yleisvalaistukseen sekä pitkän polttoajan myötä paikkoihin, jossa lampunvaihto on haastavaa. Lisäksi loistelampun muita etuja ovat pieni lämmöntuotto sekä hyvä värintoistokyky (Fagerhult valaisinluettelo, 416).

3.3.3 Halogeenilamput

Halogeenilamppu on toimintaperiaatteeltaan samankaltainen hehkulampan kanssa, mutta lampun kuvun sisällä olevan halogeenitäytteen avulla saavutetaan hehkulamppua korkeampi valotehokkuus ja pidempi käyttöikä (STEK). Halogeenilamput soveltuvat hyvin kohde- ja ulkovalaistukseen sekä valonsäätöön, sillä niiden värintoistokyky on hyvä ja halogeenilampulliset valaisimet ovat suhteellisen pienikokoisia. Vastaavasti haittapuolina voidaan mainita lampun korkea pintalämpötila, jonka vuoksi paloturvallisuus on huomioitava. Lisäksi halogeenilampuilla on suhteellisen lyhyt polttoikä ja lampun hehkulangan suuri luminanssi voi aiheuttaa häikäisyä (Fagerhult valaisinluettelo, 430). Hehkulamppujen tavoin myös halogeenilamput poistuvat vähitellen markkinoilta EU-vaatimusten myötä.

3.3.4 Monimetallilamput

Monimetallilampuissa valontuotto syntyy valokaaresta, joka palaa lampun metalli- ja halogeeniyhdisteiden höyryssä. Monimetallilamput voidaan jakaa kahteen tyyppiin niiden purkausputken mukaan: kvartsilasiin sekä keraamisiin. Keraamiset monimetallilamput säilyttävät valovirtansa ja värisävynsä paremmin sekä ne omaavat paremman valotehokkuuden ja värintoistokyvyn kuin kvartsilasiset. Monimetallilamppuja käytetään pääosin puistojen, aukioiden ja torien valaistuksessa, joissa halutaan valon värin olevan luonnollinen (Osram, 502).

Monimetallilamput soveltuvat siis hyvin sekä sisä- että ulkotiloihin, mutta suuren valotehokkuuden ansiosta sitä voidaan käyttää myös korkeissa tiloissa. Monimetallilampun etuja mainittujen lisäksi ovat sen pitkäpoltoikä, hyvä värintoistokyky sekä suuret valovirta-arvot. Haittapuoliksi voidaan mainita värilämpötilan hajonta, korkea hinta sekä suhteellisen pitkä syttymisaika (Fagerhult valaisinluettelo, 416).

3.3.5 Suurpainenatriumlamput

Suurpainenatriumlampun toimintaperiaate on samankaltainen loisteputkilampun kanssa eli sähkövirtaa johdetaan natriummetallihöyryn läpi lasiputkessa. Erona loisteputkeen on lasiputken paine, joka nimensä mukaisesti on suurempi suurpainenatriumlampussa. Lasiputkessa käytettävä metalli voi olla myös elohopeaa, mutta elohopealamput ovat aineen myrkyllisyyden vuoksi poistumassa markkinoilta EU-määräysten myötä vuonna 2015. Suurpainenatriumlampuilla värintoistokyky on huono, mutta vastaavasti valotehokkuus ja valovirta-arvot ovat suhteellisen hyvät (STEK). Ominaisuuksiensa vuoksi suurpainenatriumlamppuja käytetään pääasiassa tie- sekä katuvalaistukseen.

3.3.6 LED-lamput

LED (Light Emitting Diode) on puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa johdettaessa sähkövirtaa tämän komponentin lävitse. Valon väri riippuu käytetystä valmistusmateriaalista, joka yleensä on gallium-pohjainen. Ensimmäiset LEDit kehitettiin merkkilamppukäyttöön 1960-luvulla ja ne olivat väriltään punaisia. Pian tämän jälkeen kehitettiin keltainen sekä vihreä LED. Näiden pohjalta kehitettiin 90-luvun alussa japanilaisen professori Shuji Nakamuran toimesta sininen LED ja lopulta myös valkoinen LED-valo. Valkoista, luonnollista valoa, saadaan tuotettua sekoittamalla samassa suhteessa punaista, vihreää ja sinistä valoa, joten vasta näiden LEDien kehitys mahdollisti valkoisen LEDin synnyn (Limic Oy).

Nykyisin valkoisen valon tuottamiseen LEDeillä käytetään kahdenlaista tekniikkaa. Toisessa tekniikoista valkoinen valo tuotetaan edellä mainitulla tavalla eli sekoittamalla erivärisien LEDien valoja oikeassa suhteessa. Tämän tekniikan haittapuolina voidaan

mainita se, että valon väri vaihtelee voimakkaasti erilaisissa olosuhteissa ja lisäksi sen ohjaus on hankalaa. Myös kolme puolijohdekomponenttia yhden LED-lampun sisällä lisää kustannuksia. Toinen markkinoilla enemmän käytössä oleva tekniikka perustuu LEDin sisällä olevaan aineeseen, joka vahvistaa ja suodattaa valon aallonpituuksia tehden sinisestä valosta valkoista. Molemmat mainituista tekniikoista ovat suhteellisen hankalia tehdä ja näin ollen myös kalliita. Jälkimmäisessä tekniikassa tuotantoprosessin laatu voidaan havaita LED-valon värisävyssä. Osa valkoisina LEDeinä myytävistä valoista saattavat sinertää ja valon sinertävyys johtuukin juuri tuotantoprosessin puutteista (Limic Oy).

Viime vuosina LED-tekniikka on kehittynyt valtaisesti ja nykypäivän LEDit ovat esimerkiksi hehkulamppuun verrattuna energiatehokas ratkaisu, ne ovat pienikokoisempia, mekaanisesti kestäviä, kirkkaita ja hyvin pitkäikäisiä (Limic Oy). LED-lamppujen huonoja puolia on niiden huono lämmönkestävyys. Sen sijaan mitä viileämpänä LED palaa sekä mitä pienempää virtaa sen läpi johdetaan, sitä pidempään se kestää ja sitä parempi on myös sen hyötysuhde. On kuitenkin huomioitava, että LEDit tuottavat myös itse lämpöä ja mikäli lämmönsiirtoa ei ole toteutettu riittäväksi, tapahtuu LEDissä ylikuumentumista, joka puolestaan aiheuttaa komponentin toimimattomuuden tai vähintäänkin sen elinikä lyhenee merkittävästi. LED-lamput sopivat hyvin monenlaiseen efektiivalaistukseen, kuten hyllynalus- tai porrasvalaistukseen. Lisäksi LED-valaistusta käytetään värivalaistuksessa sekä ulkovalaistuksessa (KT-Interior Oy).

3.3.7 Valonlähteiden säädettävyys

Hehku- ja halogeenilampuilla säätöalue sijoittuu välillä 0-100 %. Säädöllä saadaan pidennettyä näiden lampputyypin elinikää merkittävästi, sillä jo 5 % pudotus jännitteessä kaksinkertaistaa sen eliniän ja vastaavasti 10 % pudotus nelinkertaistaa eliniän. Hehku- ja halogeenilamput ovat säädettävissä kaikenlaisilla säätimillä sekä ohjaimilla. Näiden lampputyypin säätäminen aiheuttaa pienimuotoista ääniefektiä hehkulangasta etenkin suuritehoisten lamppujen kohdalla. Matalajännitehalogeenien osalta on huomioitava sen muuntajatyypin, kun valitaan oikeanlaisia säädintä, sillä perinteinen muuntaja vaatii yleensä tyristorisäätimen ja puolestaan elektroninen

muuntaja transistorisäätimen. Joitakin tiettyjä elektronisia muuntaja voidaan kuitenkin säätää myös tyristorisäätimellä. (Elektroskandia valaisimet, 317)

Loistelampuilla säätöalueeseen vaikuttaa säätötapa. Helvarin valmistamalla EL-FD -liitälaitteella säätöalue rajoittuu välille 15-100 %, 1-10V signaalilla noin 5-100 % ja digitaalisella signaalilla 1-100%. Sädöllä ei ole vaikutusta loisteputkien elinikään, eikä se myöskään vaikuta niiden värilämpötilaan lainkaan. (Elektroskandia valaisimet, 317)

Monimetallilamppuja ei suositella käytettävän säätämällä, sillä se lyhentää niiden elinikää merkittävästi. Säätö vaikuttaa voimakkaasti valon väriin ja säädettäessä esiintyy valon lievää vilkuntaa. Mikäli monimetallilamppuja halutaan kuitenkin säätää, tulee varmistua, että säätö tapahtuu vain kompensoimattomille lampuille. Säätöalue monimetallilampuilla on melko suppea, 50-100 %. Lamput tulee myös sytyttää aina täydellä teholla ja säätö on mahdollista vasta noin 10 minuutin kuluttua sytytyksestä. Lisäksi säädön tulee tapahtua hitaasti ja niitä tulee polttaa aika ajoin myös täydellä teholla. Suurpainenatriumlamppujen säätö-ominaisuudet ovat samankaltaiset kuin monimetallilampuilla, mutta niiden säätö 30 % teholla toteutettuna on mahdollista lyhytaikaisesti. (Elektroskandia valaisimet, 317)

LED-lamput ovat säädettävissä portaattomasti, mutta tällöin LED-lamppu tulee olla varustettuna oikeantyyppisellä elektronisella liitälaitteella. Ne kestävät myös useita sytytyskertoja, eikä säätäminen näin ollen vaikuta lampun elinikään. (KT Interior Oy)

3.3.8 Yhteenveto valonlähteistä

Alla olevassa taulukossa on koottu yhteen mainittujen valonlähteiden tärkeimmät ominaisuudet, valotehokkuudet sekä likimääräiset polttoajat (taulukko 1).

Taulukko 1. Valonlähteiden ominaisuuksia (STEK, muokattu)

Valonlähde	Valotehokkuus / lumen/W	Polttoikä / h	Ominaisuuksia
hehkulamppu	11	1000	halpa, monikäyttöinen, lämminsävyinen
halogeeni 230V	15	1800	kuumenee jopa vaarallisesti
halogeeni+muuntaja	18	3000	kuumenee jopa vaarallisesti
pienloistelamppu	40	10000	jotkut tyypit syttyvät hitaasti
valkea LED	60	50000	ei valaise tasaisesti, ei kestä kuumaa
loisteputki	90	15000	lukuisia värisävyjä, isokokoinen
monimetallilamppu	100	10000	valkoinen valo, sopiva ulkovalaistukseen
suurpainenatriumlamppu	125	20000	keltainen valo, tievalaistukseen
pienpainenatriumlamppu	80	18000	räikeän keltainen, tievalaistukseen

4 VALAISTUSJÄRJESTELMÄT

4.1 Ohjausperiaatteet ja -järjestelmät

Nykyaikana valaistukselta vaaditaan yhä monipuolisempia ominaisuuksia. Enää ei riitä pelkkä sopiva valon määrä, vaan valaistuksen tulee olla eri tilanteisiin sopeutuva, joustava, laadukas sekä energiatehokas. Näitä tarpeita varten onkin kehitetty erilaisia ohjaustapoja kiinteistön toimintojen, kuten juuri valaistuksen, ohjaukseen. Ohjaustavalla tarkoitetaan tapaa siirtää tietoa ohjaimen ja elektronisen liitäntälaitteen välillä (KT-Interior Oy). Tämän kappaleen yhteydessä jäljempänä on käsitelty yleisimmät nykyisin valaistusohjauksessa käytettävät ohjausperiaatteet.

Oikean ohjaustavan valinta voi nykyään osoittautua haasteelliseksi, sillä markkinoilla on tarjolla useita eri järjestelmiä ja laitevalmistajia, jotka monimutkaistavat oikean järjestelmän valintaa. Osa ohjausjärjestelmistä vaatii toimiakseen erillisen keskusyksikön ja näin ollen myös sijoituspaikan esimerkiksi sähkökeskuksesta. Kuitenkin esimerkiksi DALI-järjestelmässä älykkyys on hajautettuna laitteisiin, jolloin erillinen keskusyksikkö on tarpeeton. Kiinteistön valaistus on myös mahdollista liittää kohteen kiinteistöautomaatioon (KNX, LON) ja ohjata sitä tämän kautta (KT-Interior Oy). Eri valmistajien laitteet vaativat siis toimiakseen tietyn tyyppisen ohjausjärjestelmän tai -tavan. Esimerkiksi juuri DALI-järjestelmässä on varmistuttava, että ohjattavien valaisimien elektroniset liitäntälaitteet ovat DALI-yhteensopivia. On siis tärkeää tutustua perinpohjaisesti järjestelmän laitteiden ominaisuuksiin ja yhteensopivuuteen, jotta päästäisiin haluttuun lopputulokseen niin ajallisesti kuin rahallisesti aiheuttamatta ylimääräisiä kuluja.

4.1.1 DALI

DALI (Digital Addressable Lightning Interface) on elektronisille liitäntälaitteille suunnattu standardisoitu ohjausjärjestelmä, joka on ensisijaisesti tarkoitettu valaistuksen ohjaukseen. Järjestelmä koostuu väylästä sekä siihen liitettävistä DALI-yhteensopivista laitteista. Yhdessä DALI-järjestelmässä voi olla korkeintaan 64 laitetta ja eri järjestelmiä voidaan yhdistää esimerkiksi reitittimien tai sisääntuloyksiköiden kautta.

DALI-väylän tiedonsiirtonopeus on 1200 bittiä/s ja yhtä DALI-järjestelmää kohden voidaan rakentaa 16 ryhmää ja ohjelmoida 16 eri valaistustilannetta. Asennusvaiheessa DALI-yhteensopivaan elektroniseen liitäntälaitteeseen kytketään normaalien vaihe-, nolla- sekä suojajohtimen lisäksi digitaaliväylää varten kaksi johdinta. Digitaalinen ohjausväylä on polariteetiton, joten väyläjohtimien napaisuudella ei ole merkitystä. Lisäksi väyläjohtimet voidaan kuljettaa samassa kaapelissa verkkojännitteisten johtimien kanssa digitaalisen signaalin häiriösietoisuuden vuoksi. Nämä ominaisuudet helpottavat merkittävästi itse asennustyötä. Ennen käyttöönottoa DALI-järjestelmä täytyy myös ohjelmoida. Ohjelmoinnissa väylän toimilaitteille asetetaan säätöparametrit, jotka määrittelevät mitä valaisimia ohjataan ja millä tavoin. Ohjelmointi voidaan suorittaa valmistajasta riippuen ohjauspainikkeilla, kaukosäätimellä tai tietokoneella. Eräs tavallisimmin käytössä oleva tietokonekäyttöinen ohjelmointityökalu on Helvarin valmistama DIGIDIM Toolbox. (Fagerhult valaisinluettelo, 474)

DALI-järjestelmään on myös ohjelmoitavissa RGB-ohjaus, jolla mahdollistetaan halutunlaisen värin luominen. Tällöin RGB-ohjauksen sisältävä valaisin kytketään järjestelmään kiinni, jolloin punaisen, vihreän ja sinisen värin kolme kanavaa siirtyvät DALI-kuormiksi. Jokainen väri vastaa yhtä DALI-osoitetta ja näin pystytään valaisimen eri värejä kontrolloimaan halutulla tavalla. RGB-ohjausta on käsitelty myös kohdassa 1.1.5 DMX512-digitaaliohjaus.

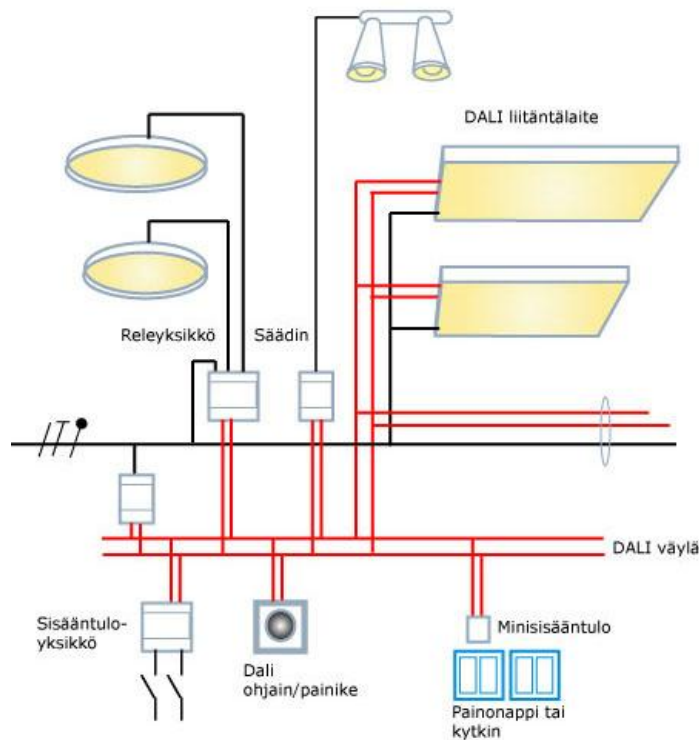
DALI-järjestelmän etuja:

- Valaisimien ryhmittelyä ei tarvitse tietää suunnitteluvaiheessa.
- Joustava asennus (asennusta muutettavissa ohjelmallisesti)
- Samaan järjestelmään voidaan liittää eri valmistajien komponentteja (huom. ohjaimet oltava samalta valmistajalta)
- Yhteensopiva muiden ohjausjärjestelmien kanssa
- Osoitteellisuuden myötä samassa väylässä olevia laitteita voidaan ohjata erikseen.
- Polariteettivapaa väylä, joka vähentää virhekytkentöjen määrää.
- Digitaalinen ohjaussignaalin hyvä häiriönsietokyky (ohjausjohtimet voivat kulkea samassa vaipassa verkkojännitteisen ryhmäjohtimen kanssa).

DALI-järjestelmän haittoja:

- Pääasiassa vain valaistuksen ohjaukseen
- Samassa järjestelmässä on käytettävä vain saman valmistajan ohjaimia. (standardisointi koskee vain liitintäilaitteiden ja ohjaimien välistä rajapintaa)
- Ohjelmointi erilaista eri valmistajien laitteilla
- Vain 64 osoitetta yhtä järjestelmää kohti

(Fagerhult valaisinluettelo, 473)



Kuvio 2. DALI-järjestelmän esimerkkikytkentä (Ensto Pro -aineisto)

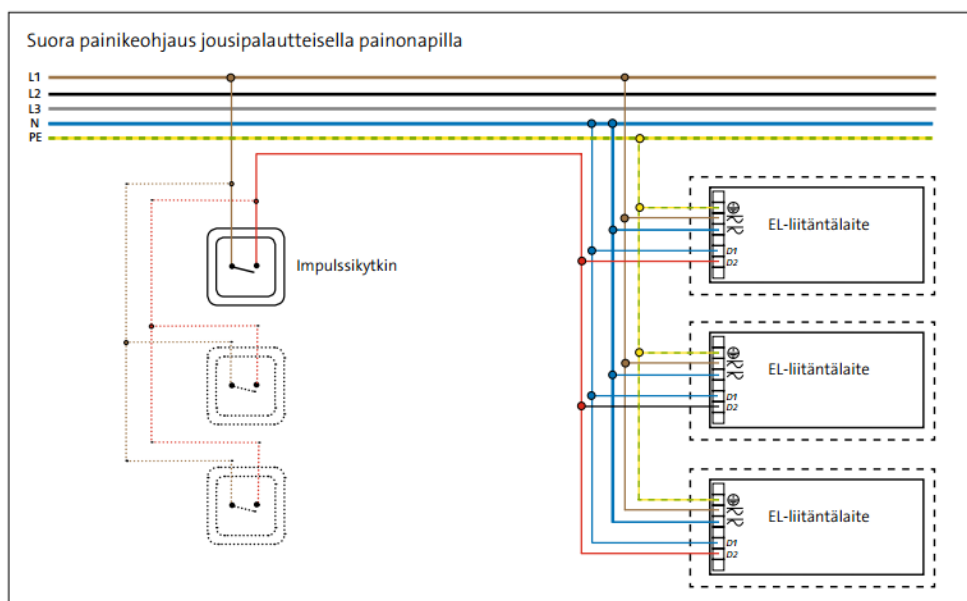
4.1.2 Suora painikeohjaus

Suora painikeohjaus on alun perin Tridonicin kehittämä vaihtoehtoinen standardoimaton ohjausperiaate DSI- ja DALI-liitintäilaitteille. Nykyisin suora painikeohjaus on yleistynyt ja sitä käyttäviä laitteita on saatavilla suurimmalta osalta valaisinvalmistajista. Lisäksi nykyisin kyseiselle ohjaustavalle soveltuvia ohjattavia liitintäilaitteita on saatavilla myös 12 V halogeenilampuille sekä ledeille. Suorasta painikeohjauksesta käytetään valmistajasta riippuen nimityksiä switchDIM, TouchDIM tai SwitchControl. (KT Interior Oy)

Suora painikeohjaus ei vaadi erillistä keskusohjainta, sillä ohjain on rakennettu suoraan liitäntälaitteisiin. Ohjaussignaali lähetetään liitäntälaitteelle tavallisen palautusjousella varustetun kytkimen kautta, eikä kyseinen ohjausperiaate vaadi muita lisälaitteita. Ohjattavat valaisimet on oltava varustettuna toimintoon sopivalla elektronisella liitäntälaitteella. Nämä liitäntälaitteet voivat soveltua myös ohjattavaksi eri digitaalisilla ohjausjärjestelmillä kuten DSI:llä tai DALI:lla, mutta tällöin ohjaustapoja ei tule sekoittaa keskenään, sillä se voi vaurioittaa vakavasti digitaalista ohjausjärjestelmää. (Fagerhult valaisinluettelo, 480)

Suoraa painikeohjausta käytettäessä valaisimiin tarvitaan neljä johdinta, joita ovat suora katkeamaton käyttöjännite, nollajohdin, suojajohdin sekä kytkimen kautta tuleva ohjausjännite (impulssi). Jakorasiaan perinteisesti liitetty valaisin ei siis vaadi suurempia muutoksia johdotukseen. Myös valaisinta ohjaava kytkin muutetaan palautusjousitetuksi malliksi. Yleisesti ottaen ohjauspainikkeena tulee käyttää 230 V:n sulkeutuvalla koskettimella varustettua kytkintä. Ohjauspainike ei myöskään saa sisältää merkkivaloja, sillä niiden vuotovirta aiheuttaa säätötapaan virhetoimintoja. Suoraa painikeohjausta käyttävä valaistusjärjestelmä on tuotteen ominaisuuksista riippuen mahdollista varustaa myös päivänvalo- tai läsnäolotunnistimella, jolloin valaistuksesta saadaan energiatehokkaampi. (Fagerhult valaisinluettelo, 480)

Ohjaustapana suora painikeohjaus on yksinkertainen ja lisäksi väliyksiköiden puuttuminen tekee siitä edullisen. Se soveltuukin hyvin kohteisiin, joissa halutaan ohjata yksittäistä valaisinta tai pientä valaisinryhmää. Kuitenkin ohjausperiaatteen standardoinnin puuttuminen aiheuttaa eroavaisuuksia eri valmistajien tuotteiden välille.



Kuvio 3. Esimerkkikytkentä suorasta painikeohjauksesta (Fagerhult valaisinluettelo, 481)

Suoran painikeohjauksen etuja:

- Yksinkertainen ja selkeä toteuttaa
- Erillistä keskusohjainta ei tarvita
- Taloudellinen
- Ei vaadi johdotusmuutoksia

Suoran painikeohjauksen haittoja:

- Ei-standardoitu
- Ohjauspainikkeissa ei voida käyttää merkkilamppuja
- Erot laitevalmistajien tuotteiden välillä

4.1.3 1-10 V analoginen ohjaus

1-10 V analoginen ohjaus on nykyisin yleisin tapa ohjata loistevalaisimia. Se perustuu standardiin EN 60929 ja pääosin nykyiset ohjattavat elektroniset liitäntälaitteet ovat toteutettu siten, että niitä ohjataan 1-10 V tasajännitesignaaleilla. Kyseisessä ohjausjärjestelmässä liitäntälaite tarkkailee jännitteen tasoa ohjausvirtapiirin navoista. Valaistustaso säätyy jännitteen suuruuden mukaan eli suurempi jännite antaa suuremman valaistustason. Ohjaimena voidaan käyttää yksinkertaisimmillaan

säätövastusta eli potentiometriä. Kuitenkin useimpien valmistajien potentiometriohjaimet ovat elektronisia, jolloin elektroniikkaa apuna käyttäen pystytään huomioimaan valaisinkuorman määrä sekä säätövaikutelma saadaan tasaiseksi. (Fagerhult valaisinluettelo, 484)

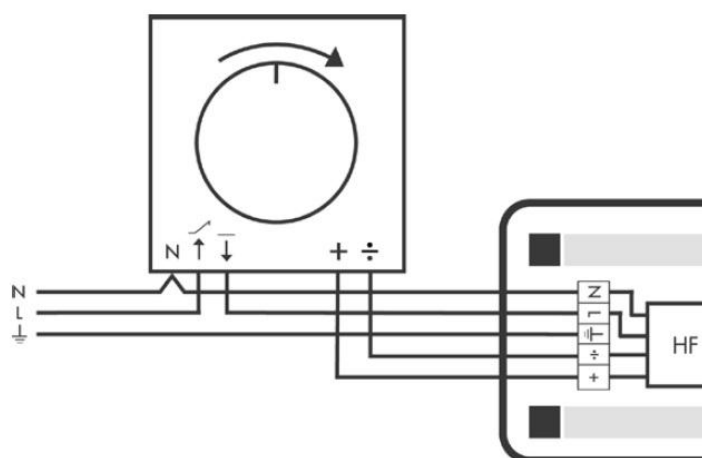
1-10 V -ohjausjärjestelmän etuja:

- Helppokäyttöisyys (potentiometriohjaus käyttäjälle yleensä tuttu)
- Standardoitu järjestelmä, jonka vuoksi useilta laitetuottajilta löytyy erikokoisia ja -mallisia säätöyksiköitä

1-10 V -ohjausjärjestelmän haittoja:

- Valaistuksen säätö on riippuvainen loistelampun tyypistä
- Kaapeloinnin pituus vaikuttaa valaisimen kirkkauteen
- Ohjausvirtapiirin napaisuuksien oltava oikein (ohjaus ei toimi oikein, mikäli ryhmässä on yksikin kytkentävirhe)

(Glamox; Fagerhult valaisinluettelo, 484)



Kuvio 4. 1-10 V -liitäntälaitteen sekä potentiometrin kytkentä (Glamox)

4.1.4 DSI-digitaaliohjaus

DSI-ohjausjärjestelmä kehitettiin itävaltalaiseen yritykseen, Zumtobel Groupiin, kuuluvan Tridonicin toimesta vuonna 1992 ja järjestelmä teki mahdolliseksi valaistuksen ohjaamisen digitaalisesti. DSI toimii osoitteettomasti ja valaistuksen ohjaus tapahtuu 12 V suuruisen ohjaussignaalin avulla polariteetittomasti eli ohjauskaapelin

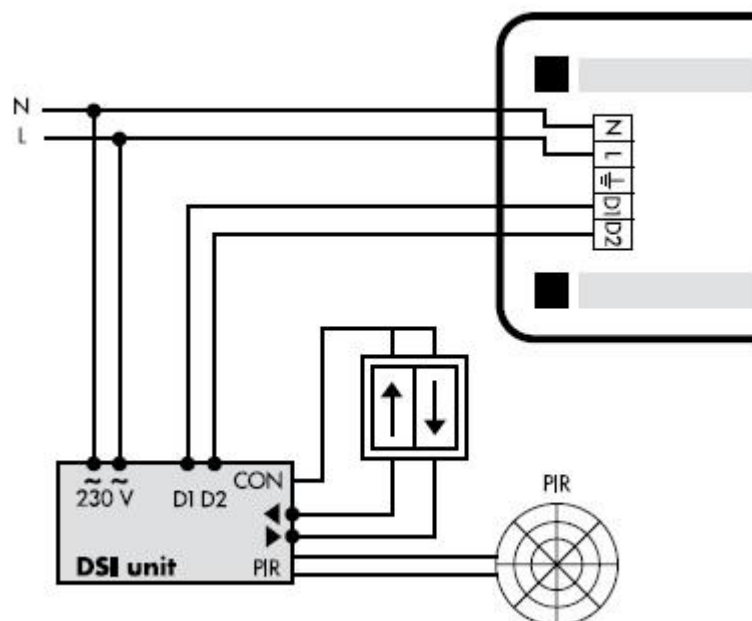
napaisuudella ei ole merkitystä. Väyläjohtimet voidaan siis tuoda valaisimille DALI-järjestelmän tapaan samassa kaapelissa verkkojännitteen kanssa. Valaisimien sytytys sekä sammutus tapahtuvat ohjaussignaalin toimesta, jolloin tulee huomioida, että valaisimet ovat jännitteiset myös sammutettuina. Digitaalisen ohjaussignaalin ansiosta myöskään ohjausvirtapiirin pituus ei vaikuta valaisimien säätymiseen ja suurienkin valaistusryhmien ohjaaminen onnistuu tarkasti. Järjestelmään kuuluu DSI-signaalia lähettävä keskusyksikkö ja järjestelmässä käytetyt valaisimet tulee varustaa DSI-säätöön soveltuvilla elektronisilla liitäntälaitteilla. Järjestelmään soveltuvia liitäntälaitteita löytyy suurimmalle osalle lampputyypeistä ja se on mahdollista myös liittää yhteen muiden järjestelmien kanssa. (KT-Interior Oy; Fagerhult-luettelo, 478; Glamox, 459)

DSI-digitaaliohjauksen etuja:

- Ei edellytä ohjelmointia
- Ohjattavissa tietokoneella (erillinen winDIM-ohjelma)
- Riippumattomuus ohjausvirtapiirin pituudesta
- Digitaalisen signaalin häiriösietoisuus
- Polariteetittomuus

DSI-digitaaliohjauksen haittoja:

- Valaistus on jännitteellinen sammutettunakin
- Keskusyksikön takia kallis ratkaisu pienemmissä kohteissa



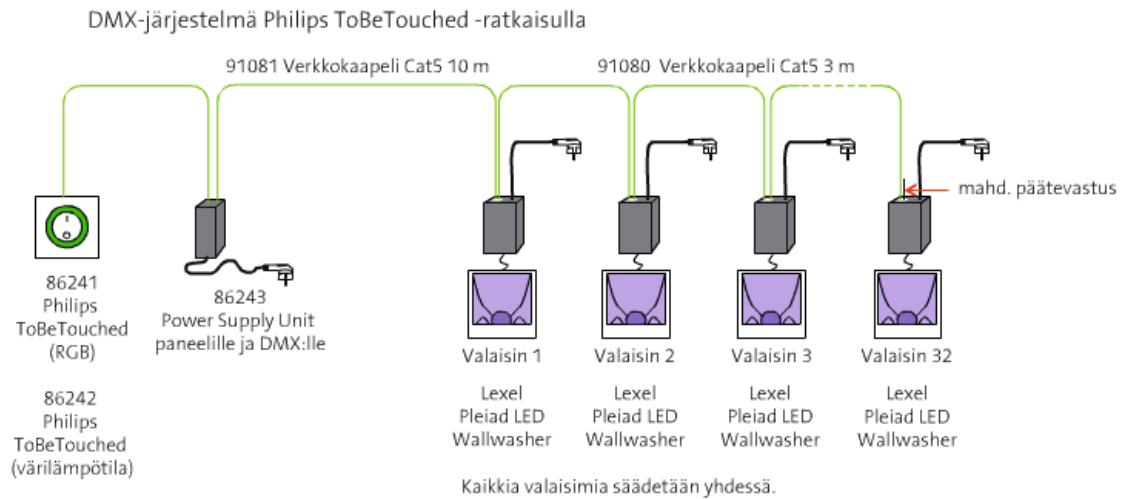
Kuvio 5. DSI-keskusyksikön kytkeminen valaistukseen (Glamox)

4.1.5 DMX 512 -digitaaliohjaus

DMX512 on standardi, jonka ensimmäinen versio kehitettiin Yhdysvalloissa vuonna 1986 USITT Engineering Commissionin toimesta. Standardin ensimmäinen versio määritteli sähkötekniisten ominaisuuksien lisäksi datatyypin, protokollan sekä liittimien tyypit. Standardin tavoitteena oli alusta alkaen parantaa eri valmistajien laitteiden välistä toimivuutta. DMX-standardia revisioitiin lisää myöhemmin ja nykyisin standardista on saatavilla kolme versiota: USITT DMX512, DMX512/1990 ja DMX512-A. (USITT)

DMX512 toimii keskitetyn ohjausjärjestelmän tavoin, toisin kuin DALI. Tämä tarkoittaa, että kuormituksia ohjataan yhden yhteisen ohjausyksikön kautta. Valaisimille DMX-osoitejako tehdään DIP-kytkimillä. DMX512-standardin välityksellä kytetään ohjaamaan ohjausyksikön kautta LED-lamppuja, jotka voivat olla punaisia, vihreitä tai sinisiä. Näitä kolmen lampun eri värien vahvuuksia sekoittamalla ja yhdistelemällä saadaan luotua 65 000 eri värisävyä. Tämä mahdollistaa siis halutunvärisen valaistuksen luomisen, jonka vuoksi DMX:ää käytettiin alun alkaen juuri teatterivalaistuksessa. Samantyyppinen toiminta on mahdollista toteuttaa myös DALI-järjestelmän avulla. Nykyisin valonlähteiden kehityttyä DMX on käytössä myös esimerkiksi kaupoissa ja ulkovalaistuksessa. (Fagerhult luettelo, 501-502)

DMX512:sta on nykyisin saatavilla myös parannettu versio RDM (Remote Device Management). Tämä mahdollistaa laitteiden osoitejaon DMX-kaapelin välityksellä. Tällöin kuitenkin valaisimien tulee olla RDM-yhteensopivia. DMX-järjestelmän tiedonsiirtonopeus on 250 kilobittiä/s, joten ohjausprotokollana DMX on huomattavasti nopeampi kuin esimerkiksi DALI tai KNX. DMX-protokolla mahdollistaa 512 osoitteen asetettavuuden ja kaapeloinnin maksimipituus on 300 metriä. Kaapelin tulee olla vähintään Cat5-kaapelia. Asennuksessa tulee myös huomioida, että kaapeli on kytkettävä aina yksiköstä toiseen ja kaapeli on tarvittaessa varustettava päätevastuksella. DMX-järjestelmässä ei myöskään saa tehdä haaroitettuja liitäntöjä tai suljettuja silmukoita. (Fagerhult luettelo, 502)



Kuvio 6. DMX-tekniikkaa hyödyntävä Philipsin ToBeTouched -järjestelmä
(Fagerhult valaisinluettelo)

Kuviossa 6 on esitettyä Philipsin valmistama DMX-ohjausta hyödyntävä valaistusjärjestelmä. Järjestelmään on valittavissa ohjauspaneeli sen mukaan, halutaanko säätää valon väriä (RGB-ohjaus) vai värilämpötilaa. Samainen järjestelmä on saatavilla myös RDM-versioisena, jolloin valaisimia voidaan ohjata yksittäisinä.



Kuva 2. DMX-tekniikkaa venäläisessä Vegas-kauppakeskuksessa (Philips)

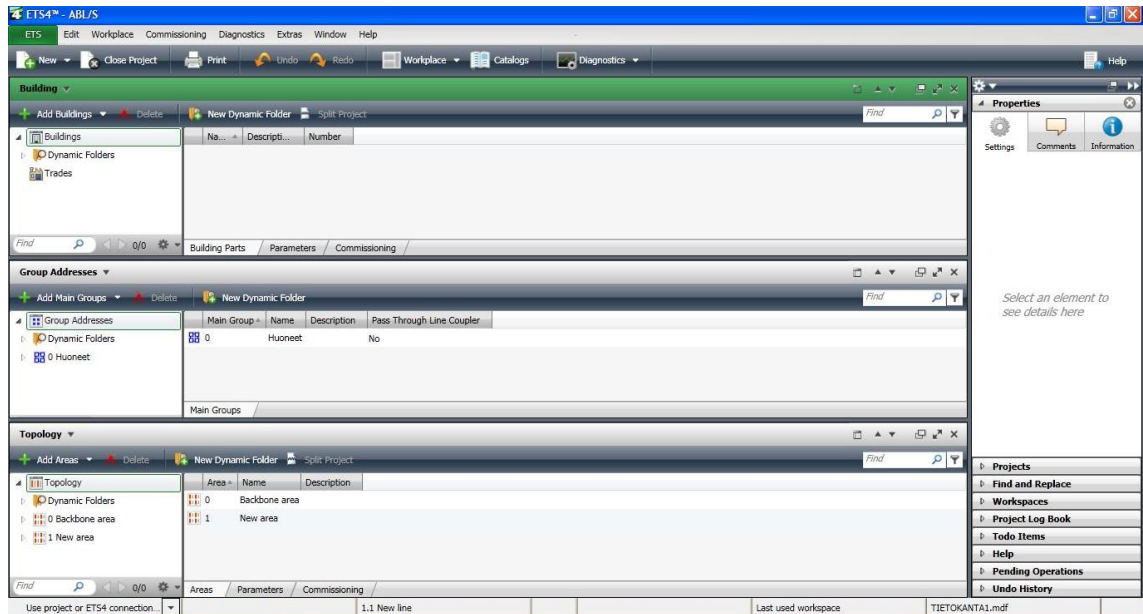
4.1.6 KNX

1990-luvun alussa kehitettiin EIB-väyläteknikka (European Installation Bus) vastaamaan suurempiin vaatimuksiin sähköasennusten turvallisuuteen, joustavuuteen ja mukavuuteen liittyvissä asioissa. KNX-järjestelmän ydin muodostuukin juuri tästä. KNX-tavaramerkillä taataan laitteen laadukkuus, toimivuus ja ongelmaton yhdistäminen muiden laitevalmistajien laitteiden kanssa. Tavaramerkin saamiseksi KNX-yhdistys sertifioi laitteet, takaa niiden yhteensopivuuden sekä standardin noudattamisen. Tavaramerkin saaneet laitteet noudattavat standardien EN 50090 ja ISO/IEC 14543 vaatimuksia. Nykyisissä laitteissa voi olla sekä KNX-tavaramerkki että EIB-logo. (KNX Association. 2006, 10.)

KNX-järjestelmä on hajautettu väyläjärjestelmä, joka koostuu tiedonsiirtoväylästä sekä väylässä sijaitsevista toimilaitteista, jotka voidaan karkeasti jaotella kenttä- ja keskuslaitteisiin. Jokaisella toimilaitteella on oma älynsä ja näin ollen erillistä keskusohjainyksikköä ei tarvita. Tämän etu puolestaan näkyy väylän toimivuudessa, sillä järjestelmän toiminta ei pääse vikaantumaan tai katkeamaan keskusohjainyksikön kaatumisen vuoksi. Väylän toiminta voi kuitenkin häiriintyä viallisista linjayhdistimistä, jolloin viat näkyvät koko väylässä ja sen toimivuudessa.

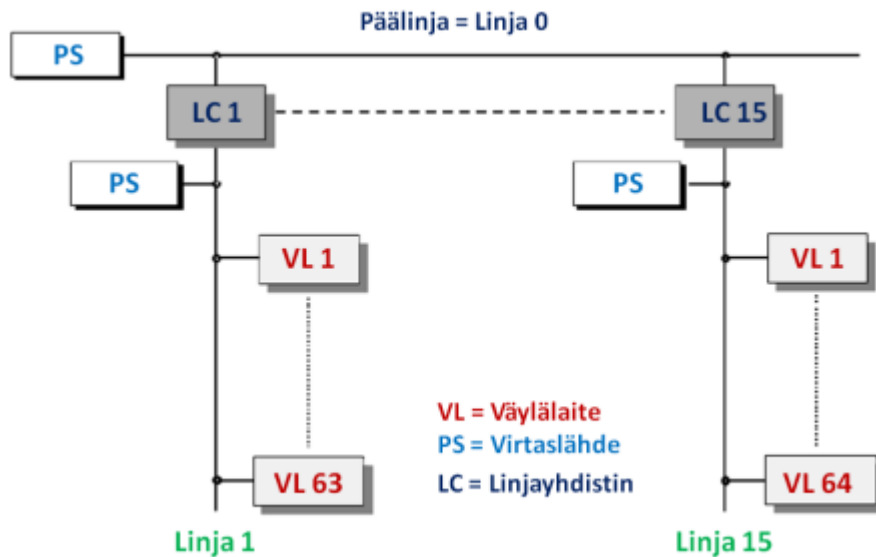
KNX-järjestelmässä väylän rakenne koostuu alueista. Alueet puolestaan jakautuvat linjoihin, jossa varsinaiset toimilaitteet sijaitsevat. KNX:ssä päälinjaan voidaan kytkeä linjayhdistimien kautta 15 linjaa. Väylän tiedonsiirtonopeus järjestelmässä on 9600 bittiä/s. Jokaisessa linjassa (myös päälinjassa) tulee olla virtalähde. Päälinjaan voidaan asentaa 64 laitetta. Tätä ei kuitenkaan suositella tehtäväksi, sillä tällöin päälinjaan aiheutuu turhaa liikennettä. Lähtökohtaisesti verkko tulisi optimoida niin, että laitteet sijoitetaan vain linjoihin. Alueita KNX:ssä voi niin ikään olla korkeintaan 15, joten koko järjestelmässä toimilaitteita voi olla yli 58 000 (KNX Association. 2006, 25-28). Väylässä on mahdollista myös käyttää neljää eri siirtotiedonväylätyyppiä: kierrettyä parikaapelia (TP), sähköverkkoa (PL), radioverkkoa (RF) ja Ethernetiä (IP). Siirtotiedonväylätyyppeistä on myös mahdollista yhdistää mediakytkimien avulla (KNX Association. 2006, 102). Siirtotiedonväylätyypeistä tavallisesti käytetyin on kierretty parikaapeli. KNX-järjestelmän väyläkaapelityypeiksi sisätiloihin suositellaan kaapeleita YCYM 2 x 2 x 0,8 sekä J-Y (St) Y 2 x 2 x 0,8. Lisäksi hiljattain KNX-kaapeleiden joukkoon on hyväksytty saneerausasennuksiin tarkoitettu LSHF 2x2x0,8 -kaapeli. Ulkoalueille puolestaan

suositellaan käytettäväksi A-2YF () 2 Y -kaapelia (KNX Association. 2006, 182). Väylän toimilaitteet sekä laitteiden väliset kytkennät toteutetaan erillisen ohjelman ETS:n (Engineering Tool Software) avulla. Ohjelma vaatii maksullisen lisenssin toimiakseen yli kolmen laitteen kanssa. Edullisin maksullisista lisensseistä tarjoaa 20 laitteen tuen. Kytkentöjen muuttaminen ohjelmallisesti onnistuu myös jälkikäteen, mikä tekee KNX-järjestelmästä joustavan ja sopeutuvan.



Kuva 3. Kuvakaappaus ETS4-ohjelmasta

Kuvassa 3 näkyvä kuvakaappaus on otettu uudemmasta ETS4 -ohjelmasta. Työn tekohetkellä Suomessa on käytössä noin 500 ETS4-lisenssiä ja vastaavasti ETS2 sekä ETS3 lisenssejä on yhteensä vajaat 500. ETS4 -ohjelmisto on ollut tätä työtä tehdessä markkinoilla suhteellisen vähän aikaa ja tästä syystä kaikki KNX-laitteet, etenkin vanhemmat, eivät ole laitetiedostojensa myötä ainakaan vielä ETS4-yhteensopivia.



Kuvio 5. KNX-verkon rakenne (KNX Association)

KNX-järjestelmään on saatavilla useita erilaisia toimilaitteita, joilla voidaan toteuttaa esimerkiksi valaistuksen, ilmastoinnin, markiisien, kaihtimien ja huonelämpötilan ohjauksia. KNX-järjestelmän avulla kohteen valaistusta voidaan himmentää ja kytkeä joko erikseen tai ryhmittäin. Valaistuksen ohjaus voidaan toteuttaa KNX-painikkeilla, kaukosäätimellä tai tunnistimien ja antureiden avulla. (KNX Association. 2006, 15)

KNX-järjestelmän etuja:

- Joustava ja mukautuva järjestelmä
- Energiasäästöt esimerkiksi valaistuksen ja lämmityksen osalta
- Järjestelmällä paljon eri laitevalmistajia

KNX-järjestelmän haittoja:

- Vianselvitys kohtalaisen hankalaa ja työlästä
- Muutokset vaativat aina PC-ohjelmoinnin
- Ohjelmointi paikoin haastavaa

4.1.7 LonWorks

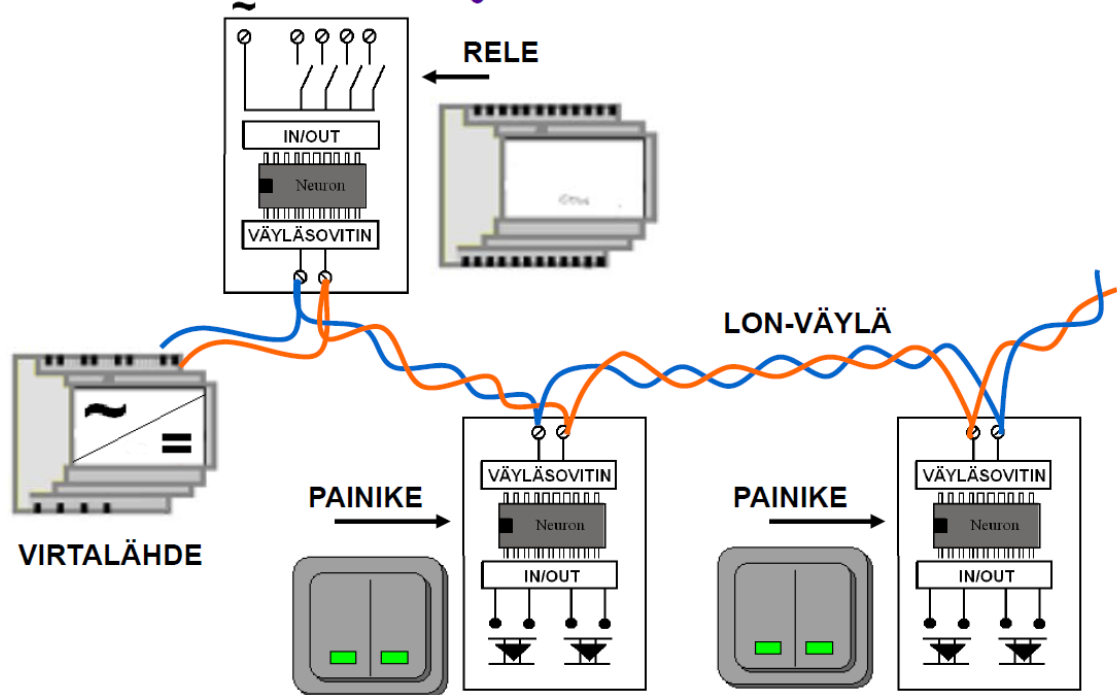
LonWorks-järjestelmä kehitettiin vuonna 1990 amerikkalaisen Echelon Corporationin toimesta ja se rantautui Suomeen 1990-luvun puolivälissä. Sen suosio kasvoi aluksi voimakkaasti eri taloteknisten järjestelmien toteutuksien parissa, kuten ilmastoinnin, lämpötilan ja valaistuksen ohjauksessa (Sähkötieto ry, 34). Nykypäivänä kuitenkin

LonWorks-tekniikka on alkanut vähitellen poistua käytöstä ja uudiskohteisiin asennetaan yhä kasvavassa määrin muun muassa KNX-järjestelmiä. Tämän vuoksi tässä työssä LonWorks-järjestelmää sivutaan vain pintapuolisella tasolla.

LON-verkossa voidaan ohjata useita eri järjestelmiä, kuten esimerkiksi valaistusta, sähköjakelua, ilmastointia, kulunvalvontaa, hissejä ja energiankulutusta. Verkon perusideana on saattaa useiden toisistaan riippumattomien laitteiden ohjaukset ja käyttö laitevalmistajasta riippumattomalle väylälle. LON-verkossa älykkäät laitteet kommunikoivat keskenään LonTalk-standardin määrittelemää kieltä apunakäyttäen. LON-laitteiden väliset kytkennät ja ohjelmointi suoritetaan Windows-pohjaisten ohjelmien LonBuilder sekä LonMaker avulla. (Sähkötieto ry, 35)

LON-väyläjärjestelmä koostuu siis pääosin älykkäistä laitteista eli solmuista. Järjestelmän kehittäjä kutsuu näitä myös neuroneiksi. Solmut voidaan yhdistää yhtenäiseksi verkoksi erilaisilla tiedonsiirtotavoilla, kuten radioteitse tai parikaapelia pitkin. LON-verkon rakenne muodostuu pääverkosta (domain), aliverkoista (subnet), kanavista, segmenteistä, ryhmistä (group) sekä solmuista (node). Pääverkko voi sisältää korkeintaan 255 aliverkkoa. Jokaisessa aliverkossa saa olla enintään 127 solmua ja niiden tulee kuulua samaan kanavaan. Kanavalla tarkoitetaan reitittimillä (router) jaettua verkon osaa, johon liitetyt laitteet toimivat samalla siirtonopeudella. Koko järjestelmässä voi olla enintään 256 ryhmää ja yksi solmu voi kuulua korkeintaan 15 eri ryhmään (Sähkötieto ry, 35). LON-verkoissa kaapelointi toteutetaan sisäasennuksissa LONAK 2x1,3 -kaapelilla ja ulkoasennuksissa armeeratulla LONAK ARM -kaapelilla. Huomioitava asia LON-kaapeleissa on se, että kaapelin koko ilmoitetaan johtimen halkaisijan avulla, eikä poikkipinnan kuten tavallisesti (Piikkilä V, 2010).

Valaistusohjaus LON-tekniikalla



Kuvio 6. Valaistusohjaus LON-tekniikalla toteutettuna (Piikkilä V, 2010)

Kuviossa 6 on esitettyä valaistusohjaus LON-tekniikalla toteutettuna. Kuvioista havaitaan jokaisen toimilaitteen sisältävän oman älykkään Neuron-piirin, joiden avulla laitteet muun muassa kommunikoiivat keskenään. Lisäksi väylä tarvitsee tehonsyöttöä varten virtalähteen, joka sanelee väylän enimmäispituuden sekä toimilaitteiden määrän.

4.2 Valaistusjärjestelmien yhteensopivuus

Kohteessa voi ennestään olla jokin valaistusjärjestelmä, joka halutaan liittää toisen valaistusjärjestelmän rinnalle tai kiinteistöautomaation alaisuuteen. Työssä mainittuja ohjaustapoja sekä -järjestelmiä on tietyn rajoituksen mahdollista liittää yhteen erilaisten sovittimien avulla. Sovittimista käytetään myös usein nimitystä yhdyskäytävä (gateway). Myös tietyt elektroniset liitälaitteet mahdollistavat niiden käytön jopa kolmen eri ohjausperiaatteen kanssa. Kaikille työssä mainituille ohjausjärjestelmille on olemassa sovittimia eri järjestelmien välille, mutta tässä työssä käsitellään vain yleisimpien järjestelmien yhdistämistä, kuten DALI-järjestelmän liittämistä osaksi KNX-automaatiojärjestelmää, sillä työn tekohetkellä muiden järjestelmien

yhdistämisestä ei ollut niinkään käytännön kokemuksia. Lähtökohtaisesti kohteen valaistusjärjestelmä tulisi pyrkiä pitämään mahdollisimman yksinkertaisena, eikä järjestelmiä tulisi tarpeettomasti sekoittaa. Tällöin ainakin osa yhteensopivuusongelmista saadaan vältettyä ja lisäksi valaistusratkaisun ohjelmointi pysyy myös selkeämpänä pienemmistä kustannuksista puhumattakaan.

4.3 Soveltuvuus

Käyttökohteissa voi olla useampia eri tarpeita valaistuksen suhteen. Samassa työskentelytilassa voidaan suorittaa monentyyppisiä työtehtäviä, jolloin myös valaistusta tulisi voida säätää erilaisilla samassa tilassa. Myös esimerkiksi suurempi kokoustila voidaan haluta jakaa väliaikaisesti kahdeksi erilliseksi kokoustilaksi, jolloin myös valaistuksen tulisi tällöin mukautua vastaamaan kahden erillisen tilan tarpeita. Näiden tarpeiden pohjalta tulee valita kohteeseen soveltuva ohjausjärjestelmä.

DALI-järjestelmä soveltuu erityisen hyvin kohteisiin, joissa valaistuksen tulee olla joustava eli sitä voi olla tarpeellista muuttaa myöhemmin esimerkiksi valaisimien ryhmityksien tai valaistustilanteiden osalta. DALI-järjestelmän standardoinnin myötä se on myös laajasti tuettu ja useimmilta liitälaittevalmistajilta löytyykin DALI-yhteensopivia laitteita. Lisäksi DALI-liitälaitteet voivat lähettää takaisin väylää pitkin tilatietoja, jolloin voidaan tarkkailla vaikkapa lamppujen polttotunteja (KT Interior Oy). Tämä auttaa valonlähteiden käyttöönoton kanssa. DALI-järjestelmän etuina muihin järjestelmiin verrattuna on siis valaisimien yksittäinen tai ryhmittäinen säätö ja ohjaus sekä mahdollisuus eri valaistustilanteille. Väylän digitaalisuus puolestaan mahdollistaa pitkän häiriösietoisen ohjausvirtapiirin vaikuttamatta valaisimien säätävyyteen. Haittapuolina voidaan mainita järjestelmän edellyttämä ohjelmointi, jota tarvitaan joka kerta tehdessä muutoksia valaistusohjauksiin. Vastaavasti ohjelmoitavuus kuitenkin poistaa uudelleenjohtotuksen tarpeen.

DSI-järjestelmä soveltuu kohteisiin, jossa halutaan ohjata suuria valaisinryhmiä tarkasti, sillä DALI-järjestelmän tavoin digitaalinen ohjaussignaali mahdollistaa fyysisesti suurten ryhmien tarkan ohjauksen. Eroja DALI-järjestelmään kuitenkin löytyy, sillä DSI on osoitteeton järjestelmä, jonka vuoksi kaikki samassa ohjausvirtapiirissä olevat valaisimet säätävät samalla tavalla, eikä yksittäisten ryhmien tai valaisimien säätäminen

ole tällä tavoin mahdollista. Tämän vuoksi DSI-tekniikka ei sovellu kovinkaan hyvin tiloihin, joiden käyttötarpeet valaistuksen osalta ovat dynaamisia. DSI-järjestelmässä ohjauspainikkeina voidaan käyttää tavallisia 1-kytkimiä tai verhokytkimiä, mikä tekee sen käytöstä helppoa ja tuttua lopulliselle käyttäjälle. Järjestelmän yhtenä heikkoutena on kuitenkin sen standardoimattomuus, minkä vuoksi järjestelmän kanssa yhteensopivia liitäntälaitteita ei löydy kaikilta valmistajilta. (KT Interior Oy)

DMX-ohjaus soveltuu suurta siirtonopeutta vaativiin ohjauksiin, kuten esimerkiksi teatterisalien himmennykseen tai ylipäättänsä valaistukseen, minkä tulee reagoida ohjaukseen pienellä viiveellä. Nykyisin DMX-ohjausta käytetään kuitenkin yhä enemmän myös muunlaisissa tiloissa, kuten ulkovalaistuksessa sekä neuvottelu- tai aulatiloiissa. RGB-ohjattu valaistus on monesti toteutettu DMX-protokollaa käyttäen, jonka vuoksi DMX samaistetaan usein RGB:hen ja tätä kautta ledeihin. (Fagerhult luettelo, 502) DMX-tekniikalla toteutettua valon värin sekä värilämpötilan muuttamista voidaan hyödyntää aula- ja näyttelytiloissa, joissa erityyppisellä valolla voidaan vaihdella vaikka valaistuksen luomaa tunnelmaa.

KNX-järjestelmällä valaistuksen ohjaus on järkevää toteuttaa, kun kiinteistössä on valaistuksen lisäksi muitakin ohjaustarpeellisia taloteknisiä toimintoja, kuten ilmanvaihto, markiisit ja sälekaihtimet. KNX-järjestelmän edut nousevat esiin juurikin toimilaitteiden yhteensopivuuksissa sekä joustavuudessa, sillä tehtyjä asennuksia voidaan jälkikäteen muuttaa pelkästään ohjelmointia muokkaamalla. Pelkkään valaistushajaukseen KNX on suhteellisen kallis toteuttaa ja mielekkäämpää onkin liittää esimerkiksi DALI:lla toteutettu valaistus KNX:n alaisuuteen ja näin ollen osaksi kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmää.

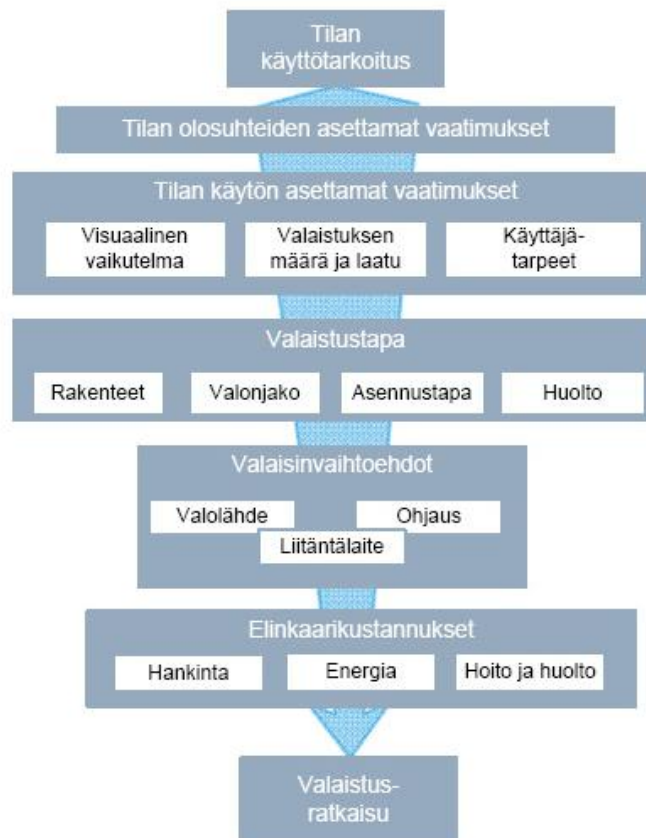
5 SUUNNITTELU

5.1 Valaistuksen suunnittelu ja dokumentointi

Valaistuksen suunnittelun tulee perustua ennen kaikkea tilaajan esittämiin tarpeisiin. Tilaajalta on selvitettävä suunnittelun alkuvaiheilla riittävällä tarkkuudella mitä kiinteistössä tehdään nyt ja mitä aiotaan tehdä tulevaisuudessa. Tämän lisäksi suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota valaistuksen selkeään käytettävyyteen, sillä nykyisten ohjausjärjestelmien merkittävimpiä ongelmia ovat juurikin niiden käyttö. Valaistustekniikka on viime vuosina kehittynyt räjähdysmäisesti eteenpäin suhteellisen lyhyessä ajassa, jonka vuoksi perinteisiin 1-kytkimiin tottuneet käyttäjät voivat aluksi kokea valaistusryhmä- ja tilanneohjaukset turhan monimutkaisina. Muita suunnitteluvaiheessa huomioitavia asioita ovat valaistusjärjestelmän ohjelmointi, joka on muistettava sisällyttää urakkaan, koska järjestelmän käyttöönotto on mahdollista vasta ohjelmoinnin myötä (Fagerhult valaisinluettelo, 474). Lisäksi järjestelmästä riippuen ohjelmointiin tulee perehtyä riittävästi ja tarpeeksi ajoissa, sillä ohjelmointitavat sekä -ohjelmat poikkeavat toisistaan valmistajakohtaisesti.

Suunnittelun yhteydessä valaistusratkaisusta tulee laatia selkeät dokumentit, joiden avulla valaistusjärjestelmä valaisimineen voidaan toteuttaa asianmukaisesti. Nämä työpiirustukset täydennetään myöhemmin lopullisia asennuksia vastaaviksi ja ne luovutetaan tilaajalle. Laadittaviin dokumentteihin kuuluvat valaisinsijoittelukuva, valaisinluettelo, valaistuslaskelmat sekä järjestelmän toimintaa tarkentavat kaaviot. Valaisinsijoittelukuva on yleensä yhdistetty samaan tasokuvaan muiden sähköpisteiden kanssa. Kuitenkin kohteen tyypistä tai vaativuudesta johtuen usein on tarpeellista laatia tarkentava kuva tietyn tilan valaistusasennuksista. Valaisinluettelosta ilmenevät tärkeimmät tiedot työkohteeseen asennettavista valaisimista, kuten esimerkiksi tyyppi, valonlähteet, teho sekä asennustapa. Valaisinluettelon liitteeksi on suositeltavaa liittää koottu kuvasto urakan valaisimista, josta ilmenee kunkin valaisimen tarkemmat spesifikaatiot mallikuvineen.

Valaistuslaskelmien avulla voidaan osoittaa suunnitellun ratkaisun täyttävän sille asetetut vaatimukset ja erityisesti valaistusteknisesti vaativista kohteista laskelmat tulee liittää osaksi dokumentaatiota. Laskelmia varten mainittakoon, että on olemassa valaistuksen mallinnus ja -laskentaohjelmia, joista käytetyimpiä on saksalaisen yrityksen, DIAL, tuottama ilmainen DIALux-valaistuslaskentaohjelma. Järjestelmäkaaviosta ilmenee yksityiskohtaisemmin valaistusjärjestelmän toiminta sekä asennustekniset asiat, kuten tarvittava johdinmäärä kaapeleissa ja valaisimien asennustavat. Piiri- ja kytkentäkaaviot ilmentävät järjestelmän ohjauksen toimintaa tarkemmalla tasolla ja niissä esitetään yksityiskohtaisesti jokaisen liittimen ja kojeen kytkentä sekä päävirta- että ohjausvirtapiirin osalta. Myös kohteeseen laadittavaan työselostukseen kirjataan yksityiskohtaisia tietoja valaistuksen toteutuksesta.



Kuvio 7. Valaistusratkaisun muodostuminen (Ensto Pro -aineisto)

6 TOTEUTUS

Työn tässä kappaleessa on esiteltyä valaistusratkaisuja erityyppisiin liike- ja toimistotiloihin eri järjestelmillä toteutettuna. Esille on tuotu myös projekteissa ilmenneitä ongelmakohtia ja muita haasteita. Laitehankintoja tehtäessä on yleensä suositeltavaa käyttää järjestelmässä saman valmistajien laitteita, jolloin vältetään suurimmilta yhteensopivuusongelmilta. Yleinen harhaluulo järjestelmissä onkin, että samassa järjestelmää toimivat laitteet ovat automaattisesti yhteensopivia keskenään, mutta todellisuudessa esimerkiksi pelkkä DALI-protokollan käyttö ei takaa yhteensopivuutta. Poikkeuksena voidaan kuitenkin mainita KNX-järjestelmä, jossa kaikki KNX-organisaation hyväksymät laitteet toimivat keskenään.

6.1 Tilakohtainen valaistus

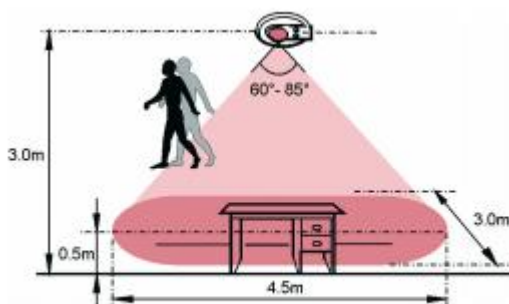
Kuten tässä työssä on jo aiemmin todettu, eri tilat asettavat erilaisia vaatimuksia valaistuksen suhteen niin säätötapojen kuin valaistusjärjestelmien osalta. Tässä kappaleessa on esitetty erityyppisiin tiloihin soveltuvia valaistusratkaisuja.

6.1.1 Käytävätilat

Käytävätilat vaativat täyden valaistustason vain siellä liikuttaessa, joten muulloin valaistustasoa voidaan säätää automaattisesti alhaisemmaksi. Mikäli käytävätilaan pääsee runsaasti päivänvaloa, voidaan sitä hyödyntää käyttämällä vakiovalo-ohjauksella varustettua sensoria, jolloin valaistus ottaa huomioon käytävään pääsevän päivänvalon ja säätyy sen mukaan määritettyyn vakioarvoonsa. Selkokielellä sanottuna pilvisellä säällä valaistus palaa kirkkaammalla tasolla, kun taas aurinkoisella säällä päinvastoin. Käytävätilojen valaistusohjaus läsnäolo- sekä vakiovalotoiminnolla voidaan toteuttaa DALI-järjestelmää käyttäen seuraavilla Helvarin valmistamilla laitteilla:

- Helvar Digidim Multisensor 312 -multisensori
- Helvar EL-si (EL-iDim) -liitäntälaitteella varustetut loistevalaisimet
- Palautusjousella varustettu painike

Multisensori voidaan asentaa suoraan katto- tai valaisinrakenteeseen. Ne sijoitetaan käytävän keskikohtaan, josta on esteetön näkyvyys käytävän molempiin suuntiin. Liiketunnistin havaitsee liikkeen 4,5 m pituiselta alueelta (Kuvio 8) ja tämän mukaisesti käytävätilaan tulee asettaa tarpeellinen määrä tunnistimia. Läsnaolotunnistin johdotetaan DALI-valaisimeen kahdella 0,5-1,5 mm² yksilankaisella tai -säikeisellä johtimella ja laite saa tehonsa suoraan DALI-väylän kautta, eikä näin ollen tarvitse erillistä tehonsyöttöä. Johdotukset ovat esitettynä tarkemmin kaavioissa kappaleen 6.2 yhteydessä.



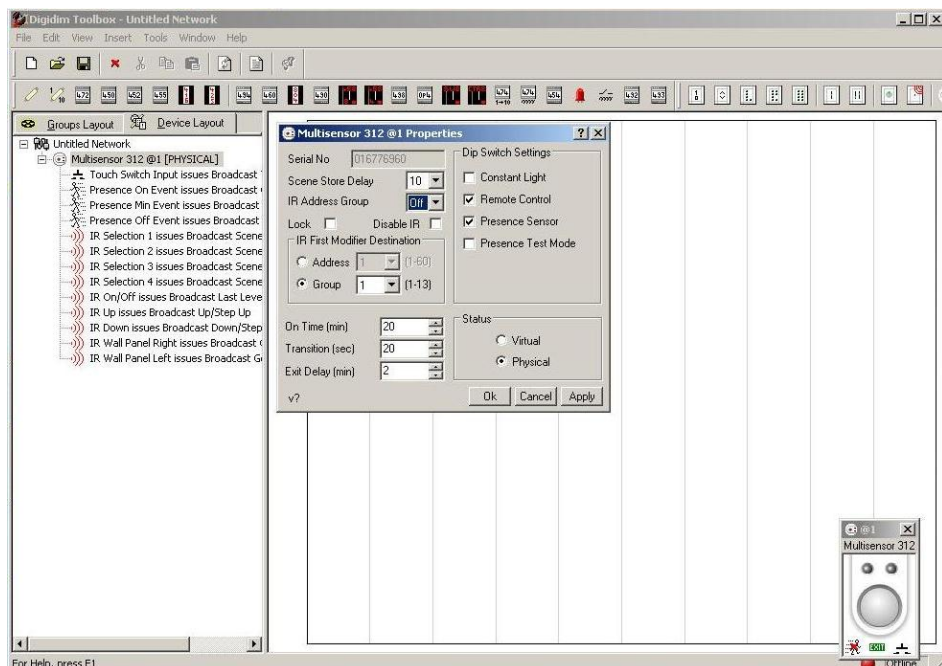
Kuvio 8. Digidim 312 -läsnaolotunnistuksen toiminta-alue (Helvar)

Multisensoriin on mahdollista kytkeä myös paikallisohjaus, jolloin sensoriin johdotetaan jousipalautteinen 1-kytkin ja paikalliskytkintoiminto kytketään päälle laitteessa sijaitsevasta DIL-kytkimestä (Kuva 4). Paikallisohjauksen painikkeesta voidaan ohjata sensoriin ohjelmallisesti liitettyjä valaisimia päälle tai pois. Lisäksi himmennys molempiin suuntiin toimii pitämällä painiketta pohjassa. Tämä toiminto ei kuitenkaan ole käytävätiloissa tarpeellinen, vaan se soveltuu enemmän avokonttorityyppisten työpisteiden yhteyteen, jossa voi olla tarpeellista säätää valaistusta manuaalisesti. Tällöin myös multisensorin valotunnistimeen asetetaan laitteesta löytyvä rajoitin, joka kaventaa tunnistimen toiminta-alueen noin puoleen, eikä työpisteen ympäristössä tapahtuva liike aktivoi sensoria turhaan.



Kuva 4. Helvar Digidim 312 -multisensori

Asennusten jälkeen multisensori tulee ohjelmoida ja se suoritetaan Helvarin Digidim Toolbox -ohjelmistolla, joka on saatavilla ilmaiseksi (Kuva 5). Ohjelmoinnissa laite liitetään ohjelmallisesti haluttuihin DALI:n valaistusryhmiin, jolloin ryhmässä olevat valaisimet säätyvät multisensorin mukaisesti. Lisäksi ohjelmoinnissa voidaan määrittellä kaikki tarvittavat multisensorin asetukset. On hyvä huomata, että ohjelmallisesti tehdyt muokkaukset asetuksiin ohittavat laitteen DIP-kytkinasetukset. Multisensori on myös mahdollista myös ohjelmoida erikseen hankittavalla Digidim 303 -kauko-ohjaimella. Kauko-ohjaimella voidaan myöskin ohjata multisensorin toimintoja ja ohjain on yhteensopiva kaikkien Digidim-järjestelmään kuuluvien ohjauspaneelien sekä multisensorien kanssa.



Kuva 5. Multisensorin ohjelmointia Digidim Toolbox -ohjelmalla

Mikäli kohteen kiinteistössä on ennestään KNX:llä toteutettu rakennusautomaatiojärjestelmä, voidaan käytävän DALI:lla toteutettu valaistus liittää osaksi tätä järjestelmää käyttämällä KNX-DALI-gateway -keskuslaitetta. Laite liittää kumpienkin järjestelmien rajapinnat yhteen, jonka jälkeen liitetyn DALI-järjestelmän ohjelmointi tai ohjelmoinnin muokkaus tapahtuukin KNX-järjestelmän puolelta ETS-ohjelmalla. Rakennusautomaatioon liitettynä esimerkiksi juuri käytävävalaistusta voitaisiin tarvittaessa ohjata aikaohjelmilla valvomoalakeskuksen (VAK) kautta, mutta tämä ei kuitenkaan yleisesti ottaen ole tällaisissa tapauksissa tarpeellista, sillä käytävän tutkat huolehtivat valojen sammuttamisesta, kun tilassa ei havaita liikettä.

KNX-järjestelmään on saatavilla myös erityyppisiä tutkia, joilla käytävävalaistus voidaan toteuttaa suoraan, eikä välttämättä tarvita toista erillistä järjestelmää, kuten DALI:a. Mikäli kiinteistöstä löytyy jo KNX-järjestelmä, on mielekästä liittää myös käytävävalaistus suoraan osaksi tätä, jolloin selvittää pienehköillä laitehankinnoilla. Käytävävalaistus KNX:llä toteutettuna vaatii väylän toiminnallisuuden mahdollistavien keskuslaitteiden (virtalähteet, linjayhdistimet) lisäksi toimilaitteiksi tutkat, väyläliityntäyksiköt sekä kytkinyksikön tai vastaavasti vapaita kanavia jo olemassa olevasta kytkinyksiköstä. KNX-tuotteita valmistavat nykyisin monet eri valmistajat ja standardoinnin myötä eri valmistajien laitteiden tulisi toimia samassa väylässä saumattomasti yhteen. Tätä työtä tehdessä todellisesta tilanteesta yhteensopivuuksien suhteen ei ollut täyttä varmuutta, sillä aiemmat KNX-kohteet ovat sisältäneet vain saman valmistajan komponentteja. Käytävävalaistuksen vaatimat toimilaitteet voidaan valita esimerkiksi valmistajalta Berker:

- Berker BE75264001 -läsnäolotunnistin
- Berker BE75040003 -väyläliityntäyksikkö
- Berker BE75310002 -kytkinyksikkö

Väyläliityntäyksikkö voidaan asentaa kattorakenteessa olevaan kojerasiaan ja varsinainen läsnäolotunnistin asennetaan painamalle se liityntäyksikön päälle. Ohjelmallinen kytkentä sekä tunnistimen parametrien asetus tapahtuu luonnollisesti ETS-ohjelmiston kautta. Valaisimien liitäntälaitteiden tyyppillä ei KNX:ää käytettäessä ole tässä tapauksessa merkitystä, sillä valaisimet saavat ohjaussähkensä apureiden kautta, joita puolestaan kytkinyksiköt ohjaavat. Tällä ratkaisulla mahdollistetaan vain päälle-pois-toiminto valaistusryhmissä, eikä esimerkiksi himmentäminen ole

mahdollista. Järjestelmän vaatimia KNX-ohjauskytkentöjä keskuksessa on esitelty tarkemmin kappaleessa 6.2.

6.1.2 Luokkatilat

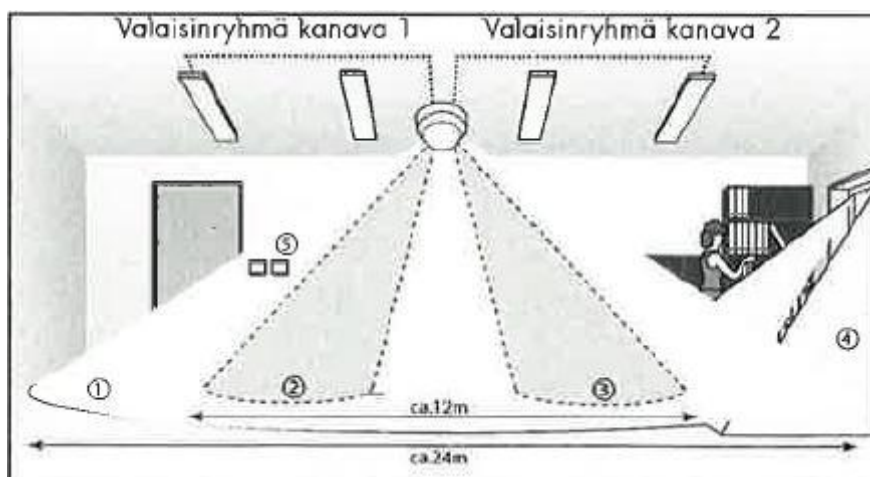
Luokkahuoneen valaistuksen ohjaukselta vaaditaan enemmän monipuolisuutta käytävätiloihin verrattuna. Valaistuksen tulee olla aina riittävä joka puolella luokkatilaa päivänvalosta riippumatta. Lisäksi valaistus tulee voida tarpeen vaatiessa asettaa esimerkiksi videoprojektorin tai piirtoheittimen esitystilanteeseen sopivaksi. Pieniin tiloihin sopii 1-10 V -ohjausperiaatetta hyödyntävä valaistusratkaisu, joka tekee siitä suhteellisen edullisen sekä ennen kaikkea helppokäyttöisen järjestelmän. Luokkahuoneen valaistusohejaus voidaan toteuttaa esimerkiksi seuraavilla laitteilla:

- B.E.G Luxomat PD4-M-DUO-DIM 1-10V -läsnäolotunnistin
- B.E.G IR-PDim -kaukosäädin
- Nylund Matrix N 2x28W -valaisin HFR/1-10V-liitäntälaitteella varustettuna
- Palautusjousella varustettu painike

Nylund myy ja toimittaa valaisimien lisäksi B.E.G:n valmistamia läsnäolotunnistimia, joten molemmat tuotteet kannattaa valita samalta valmistajalta mahdollisuuksien mukaan. Luxomat-läsnäolotunnistin sisältää kaksi erillistä 1-10V säätötavalla toimivaa himmenninlähtöä ja ne toimivat erillisinä säätökanavina. Läsnäolotunnistus kuitenkin ohjaa molempia kanavia yhtenäisesti. Tunnistin sisältää myös kaksi suunnattua valoanturia, joilla mahdollistetaan valaistustason mittausta kahdella eri alueella. Näin mahdollistetaan esimerkiksi luokkatilan ikkunanpuoleiselle valaisinryhmittäykselle eri valaistustaso kuin käytävän puoleiselle, jossa vaaditaan enemmän valoa päivänvalon päästessä huonommin sisemmälle luokkatilaan (Kuvio 9). Tunnistimen molemmat kanavat siis kytkevät valaistusta läsnäolotunnistimen havaitessa liikettä sekä säätävät valaistustasoa sen ollessa riittämätön.

Läsnäolotunnistimen säätöasetukset voidaan asettaa suoraan tunnistimesta löytyvistä säätimistä, mutta suositeltavaa on hankkia erikseen IR-PDim-kaukosäädin, jotta valaistuksen ohjautumista tilassa voidaan muokata helpommin jälkikäteen, kun ei tarvitse päästä fyysisesti jo asennetun tunnistimen luokse. Kaukosäätimellä toteutetaan kaikki tunnistimelle ohjelmoitavat asetukset ja se ohittaa tunnistimessa sijaitsevat

säätimet. Läsnaolotunnistin asennetaan luokkatilan keskelle ja asennusvaiheessa tulee olla tarkkana, että tunnistin tulee asennettua oikein päin niin, että eri kanavia ohjaavat valoanturit osoittavat luokkatilassa oikeaan suuntaan. Haasteellisen tästä tekee se, että Luxomat-läsnaolotunnistimessa valoantureita ei ole merkitty lainkaan, joten oikea asennus tunnistimen osalta voidaan varmistaa vain ensin kokeilemalla. Jousipalautteinen painike asennetaan opettajan pöydän tai taulun viereen, jolloin sitä käyttämällä valaistus saadaan tarvittaessa himmennettyä tai ohjattua kokonaan pois päältä.



Kuvio 9. Luokkatilan valaistus eri kanaviin jaettuna (Nylund, 2012)

Luokkahuoneen valaistusratkaisun johdotukset sekä kytkennät ovat esitetty tarkemmin kappaleessa 6.2.

6.1.3 RGB-valaistus näyttely-, kokous- ja aulatiloihin

Värillisen värin käyttö sopii tiloihin, jossa halutaan luoda valon värilämpötilaa tai -väriä vaihtamalla erilaisia tunnelmia tai korostaa esimerkiksi näytteillä olevia kappaleita. Valon väriä voidaan yksinkertaisemmin muuttaa asettamalla valaisimien lamppujen eteen värisuodin, mutta luonnollisesti tällöin värin vaihtaminen säätämällä ei ole mahdollista. Valaistuksen värisäätöön soveltuukin esimerkiksi Philipsin kehittänyt ToBeTouched -valaistusratkaisu:

- Philips ToBeTouched RGB UID8540 -pyörösäädin
- Philips UIA8550 -teholähde

- Philips sPDS-60ca -teholähde
- Philips iColor Cove QLX -LED-valaisin

ToBeTouched-järjestelmään on mahdollista valita myös ToBeTouched White -säädin, jolloin mahdollistetaan valaistuksen värilämpötilan säätäminen.

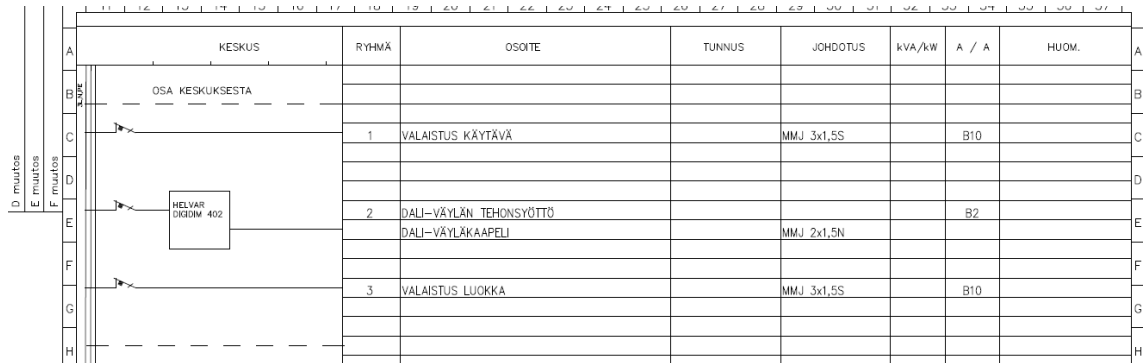
Järjestelmä vaatii kaksi erillistä teholähdettä: UIA8550-teholähde syöttää pyörösäädintä ja vastaavasti sPDS-60ca-teholähde valaisimia. Valaisimien teholähteen perään voidaan kytkeä korkeintaan yhteensä 30 järjestelmään soveltuvaa LED-valaisinta. Teholähde syöttää kaikkia yhteenkytkettyjä valaisimia. Sama teholähdetyyppi mahdollistaa lisäksi osoitteiden lisäämisen valaisimille sekä valaisinten ryhmittelyn näiden perusteella, jolloin erillistä ohjelmaa tätä varten ei tarvita.

Järjestelmän kaapeloinnit teholähteiden ja säätimen välillä suoritetaan suojatulla Ethernet-kaapelilla, kuten esimerkiksi Cat5-kaapelilla. Kaapeloinnin maksimipituus pyörösäätimelle on Cat5-kaapelia käyttäen 100 metriä. Valaisimien teholähteeltä järjestelmän ensimmäiselle valaisimelle kaapelointi toteutetaan Philipsin ZCX440 C9150FL -kaapelilla ja tästä eteenpäin loppujen valaisimien liitosjohtoina käytetään Philipsin ZCX440 C1525P-M-F BK -kaapelia. Tilattaessa järjestelmän komponentteja tulee muistaa erikseen hankkia myös nämä kaapelit. Liitettävistä valaisimista ketjun viimeinen varustetaan päätevastuksella. Tämän DMX-väylän pituus voi olla korkeintaan 300 metriä, jonka jälkeen väylä tulee varustaa erillisellä toistimella. Philipsin järjestelmän osalta kaapelin tulee kuitenkin vähintään olla 30 cm mittainen, joten valaisinten suora ketjutus ilman liitosjohtoa ei ole mahdollista. Molemmat teholähteet kytetään normaaliin sähköverkkoon pistotulppaliitännöjen kautta. Kyseisen valaistusjärjestelmän tarkemmat kytkennät kaavioineen on tarkemmin käsitelty seuraavassa kappaleessa. Muita yksityiskohtaisempia tietoja järjestelmästä on luettavissa valmistajan kotisivuilta.

6.2 Kaaviot

Luokka- ja käytävätilan valaistusohjauksista laadittiin valaistuksien osalta keskuskaavio (Kuvio 10) sekä järjestelmäkaavio (Liite 1). RGB-valaistusesimerkin pohjalta luotiin järjestelmälle järjestelmäkaavio (Liite 2). Esimerkkiratkaisuiden järjestelmät eivät vaadi

keskuksen puolella erillistä ohjausvirtapiiriä, jonka vuoksi piirikaaviot on voitu korvata järjestelmäkaavioilla.



Kuvio 10. Esimerkkiratkaisuiden keskuksen RK valaistuslähdöt keskuskaaviossa esitettynä

Kuviossa 10 on esitetty vain käytävän ja luokan valaistuksen sekä DALI-väylän tehonsyötön vaatimat syöttöryhmät kaapeleineen ja suojalaitteineen. Liitteessä 3 on esimerkkikeskuksen RK keskuskaavio, jossa valaistuksen ohjaus käytävän sekä luokkatilan osalta on toteutettu KNX:llä sekä releillä. Liitteessä 4 puolestaan on esitettynä KNX-valaistuksen kytkennät piirikaaviomuodossa. Ohjausjännite kuljetetaan KNX-kytkinyksikön kautta, jolloin voidaan esimerkiksi KNX-painikkeilla tai -tutkilla ohjata haluttu kytkinyksikön kanava päälle, jolloin rele vetää sulkien päävirtapiirin kontaktorin.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyössä käsiteltiin valaistuksen ohjausjärjestelmien sekä ohjausperiaatteiden ominaisuuksia ja tavoitteena oli tuottaa näistä informatiivinen opas, jota voitaisiin hyödyntää sähkösuunnittelun sekä -urakoinnin parissa. Työhön saatiin tuotettua monipuolisesti tietoa nykyisistä valaistusohjauksista ja näin ollen työn tavoite saavutettiin. Opinnäytetyön varsinaiset hyödyt tulevat kuitenkin esille tulevaisuudessa uusien valaistusprojektien yhteyksissä.

Työn päällimmäiseksi haasteeksi muodostui aiheen laajuus. Jokaisessa työssä esiteltyssä järjestelmässä olisi riittänyt käsiteltäviä asioita niin runsaasti, että niistä olisi voitu tuottaa kaikista omat opinnäytetyökokonaisuutensa. Tämä ei kuitenkaan ollut ajallisesti mahdollista ja näin ollen työssä pyrittiinkin keskittymään vain tärkeimpiin asioihin, jotka ovat aiemmin huomattu aiheuttavan epäselvyyksiä. Lisäksi työssä oli tarpeen käsitellä myös ohjausjärjestelmiin liittyviä muita valaistusteknisiä asioita, kuten valonlähteitä, jotka omalta osaltansa kasvattivat työn laajuutta.

Työhön olisi toivottu saatavan lisää asennusteknisiä huomioita, mutta kaikista käsitellyistä järjestelmistä ei työn tekovaiheessa ollut vielä minkäänlaista käytännön kokemusta, joten kokemusperäiset huomiot rajoittuvat vain muutamaa järjestelmää koskeviksi. Lisäksi osaa järjestelmistä ei oltu työtä tehdessä vielä toteutettu yhteenkään kohteeseen, joten niistä ei ollut saatavilla minkäänlaista urakointipalautetta.

Tulevaisuudessa energiatehokkuuteen tullaan kiinnittämään yhä enemmän huomiota ja valaistusohjaukset ja ohjaustarpeet tulevat yhä lisääntymään. Lisäksi uusia järjestelmiä kehitetään eteenpäin jatkuvasti ja muutaman vuoden kuluttua käytetyimmät järjestelmät valaistuksessa voivat olla aivan erilaisia kuin nykyisin. Lisäksi LED-valaisimien yleistyminen tulee lisäämään varmasti myös omat haasteensa valaistustekniikkaan.

LÄHTEET

AD-Lux Oy. Elektroninen liitántälaite. Luettu 26.9.2012
<http://www.adlux.fi/public/tyo/liitantaalaite.html>

Fagerhults Belysning AB. Luettelo 2012-2013. Luettu 1.8.2012

Elektroskandia Finland. Valaisimet 2012-2013 -kuvasto. Luettu 25.9.2012

Elektroskandia Finland. Valonlähteet. PDF-dokumentti. Luettu 31.7.2012
<http://stara.elektroskandia.fi/documentelement.html?uid=1890552>

Ensto. Ensto Pro -verkkokoulutusaineisto. Luettu 1.8.2012
<http://www.ensto.com/fi/tukipalvelut/koulutus>

Glamox. Lightning Solutions 2009-2010 -katalogi.

Glamox. Tekninen ohjaus: 1-10 V analoginen ohjaus. Luettu 5.6.2012
<http://www.glamox-agents.com/glx/ArticleAdmin/ShowImage.aspx?tblType=Article&Type=Images&ImageId=141829>

Glamox. Tekninen ohjaus: DSI - Digitaalinen ohjaus. Luettu 6.6.2012
<http://www.glamox-agents.com/glx/ArticleAdmin/ShowImage.aspx?tblType=Article&Type=Images&ImageId=141827>

Halonen, S. & Lehtovaara, J. 1992. Valaistustekniikka. Jyväskylä: Gummerus

KNX Association . 2006. KNX – Käsikirja asuntojen ja rakennusten ohjauksiin. Belgia

KT Interior Oy. Markku Varsila. Valaistuspäivä 2012 -luentomateriaali.

LSK Electrics Oy. 2010. Ajan virtaa – LSK 80 vuotta. Lahti: M&P Paino

Osram. Tuoteluettelo 2009-2010. Luettu 1.8.2012

Piikkilä, V. 2010. Väylätekniikka-luentomateriaali, Tampereen ammattikorkeakoulu. PDF-dokumentti. Luettu 24.9.2012

STEK - Sähköturvallisuuden edistämiskeskus. Loistelamput. Luettu 1.8.2012
http://www.stek.fi/sahkon_kaytto_kotona/valonlahteet_lamput/fi_FI/loistelamput/

STEK - Sähköturvallisuuden edistämiskeskus. Halogeenilamput. Luettu 2.8.2012
http://www.stek.fi/sahkon_kaytto_kotona/valonlahteet_lamput/fi_FI/halogeenilamput/

STEK - Sähköturvallisuuden edistämiskeskus. Ulkovalaistuksen valonlähteet. Luettu 2.8.2012
http://www.stek.fi/sahkon_kaytto_kotona/valonlahteet_lamput/fi_FI/ulkovalaistuksen_valonlahteet/

Sähkötieto ry. 2000. Avoimen LON-väylätekniikan toteutuksia. Tampere: Tammer-Paino Oy

United States Institute for Theatre Technology (USITT). DMX512. Luettu 25.7.2012
<http://www.usitt.org/Resources/Standards2/DMX512>

Limic Oy. LED – tekniset tiedot ja FAQ. Luettu 8.8.2012
<http://www.limic.fi/html/faq.htm>

LIITTEET

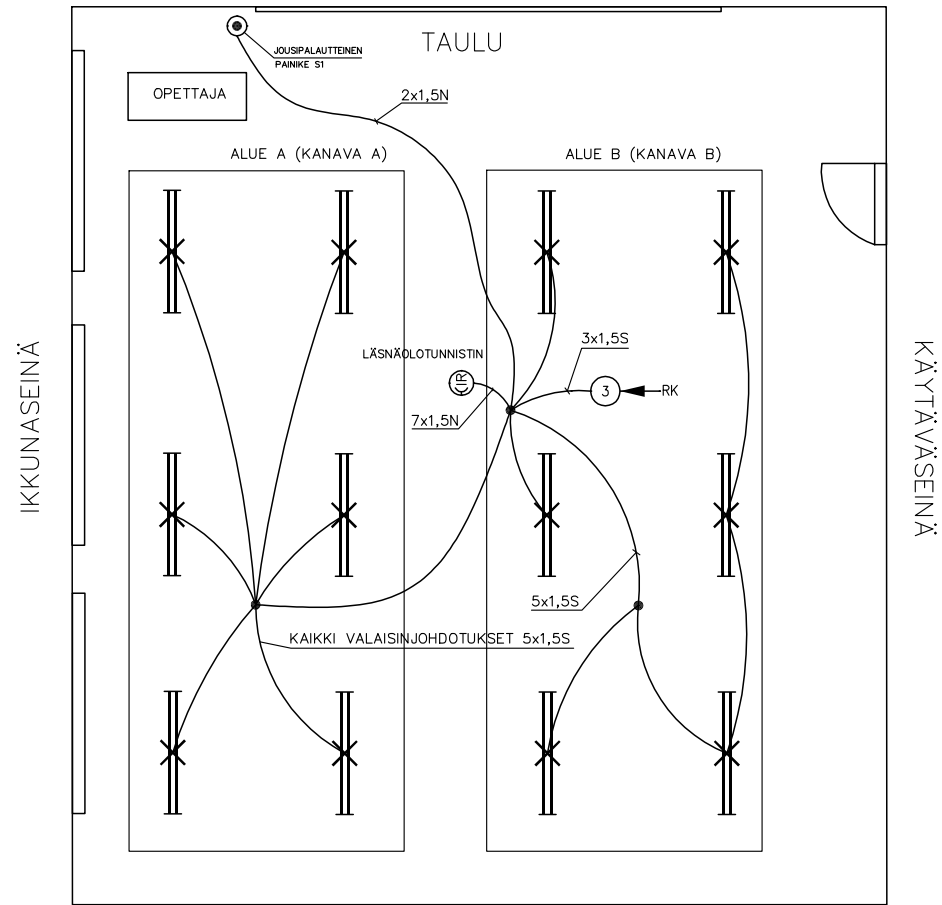
Liite 1. Käytävätilan ja luokkahuoneen valaistuksen järjestelmäkaavio

Liite 2. RGB-valaistuksen järjestelmäkaavio

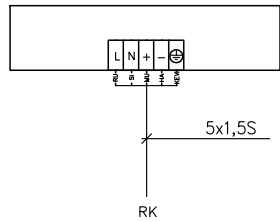
Liite 3. Keskuskaavio, käytävätilan ja luokkahuoneen valaistus KNX:llä toteutettuna

Liite 4. Piirikaavio, käytävätilan ja luokkahuoneen valaistuksen KNX-ohjaukset

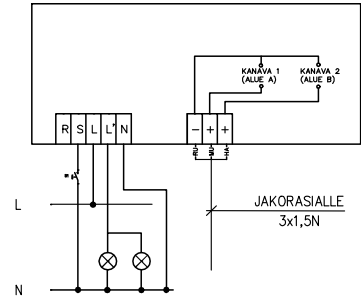
JÄRJESTELMÄKAAVIO: LUOKKATILA



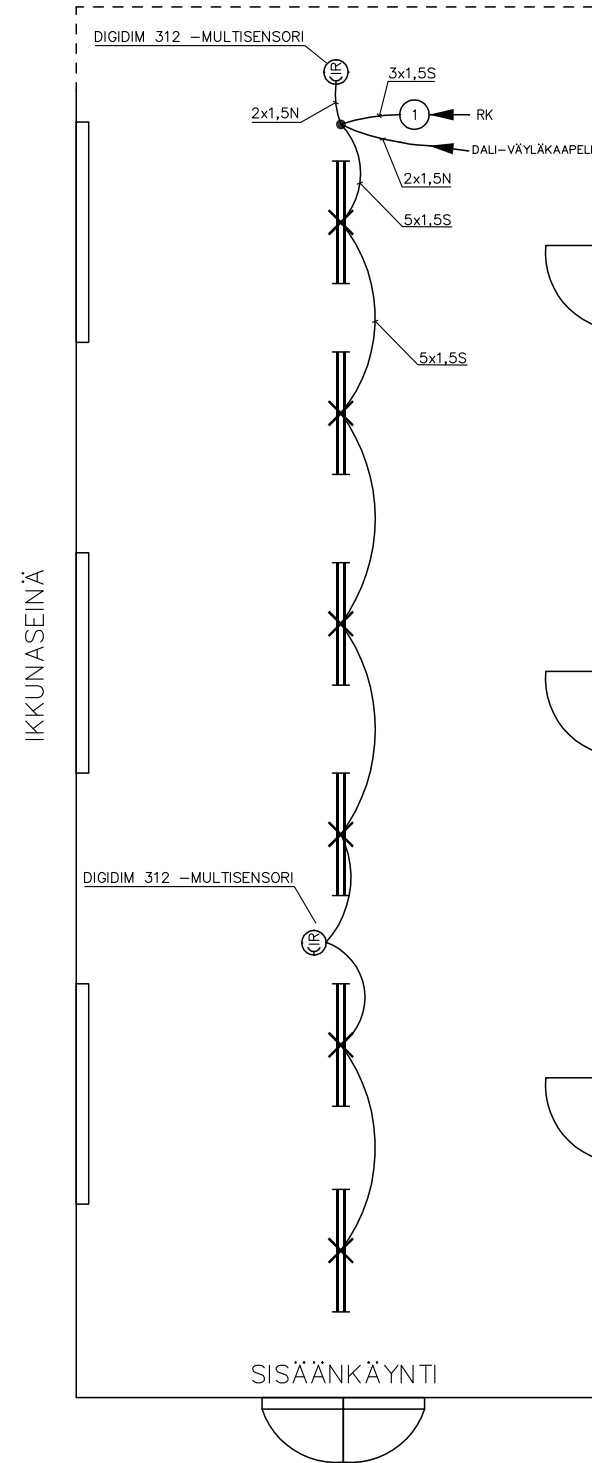
LUOKKATILOJEN VALAISINTEN JOHDOTUS



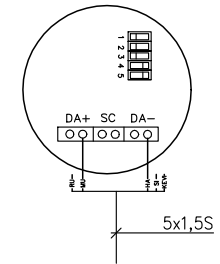
LÄSNÄOLOTUNNISTIMEN PD4-M-DUO-DIM JOHDOTUS



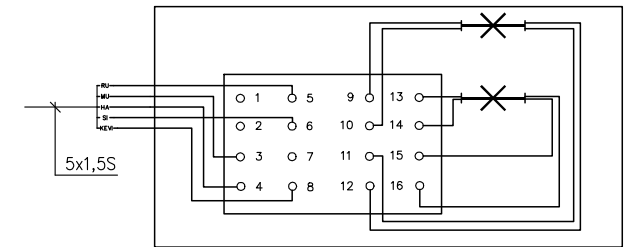
JÄRJESTELMÄKAAVIO: KÄYTTÄVÄTILA



DIGIDIM 312 -MULTISENSORIN JOHDOTUS

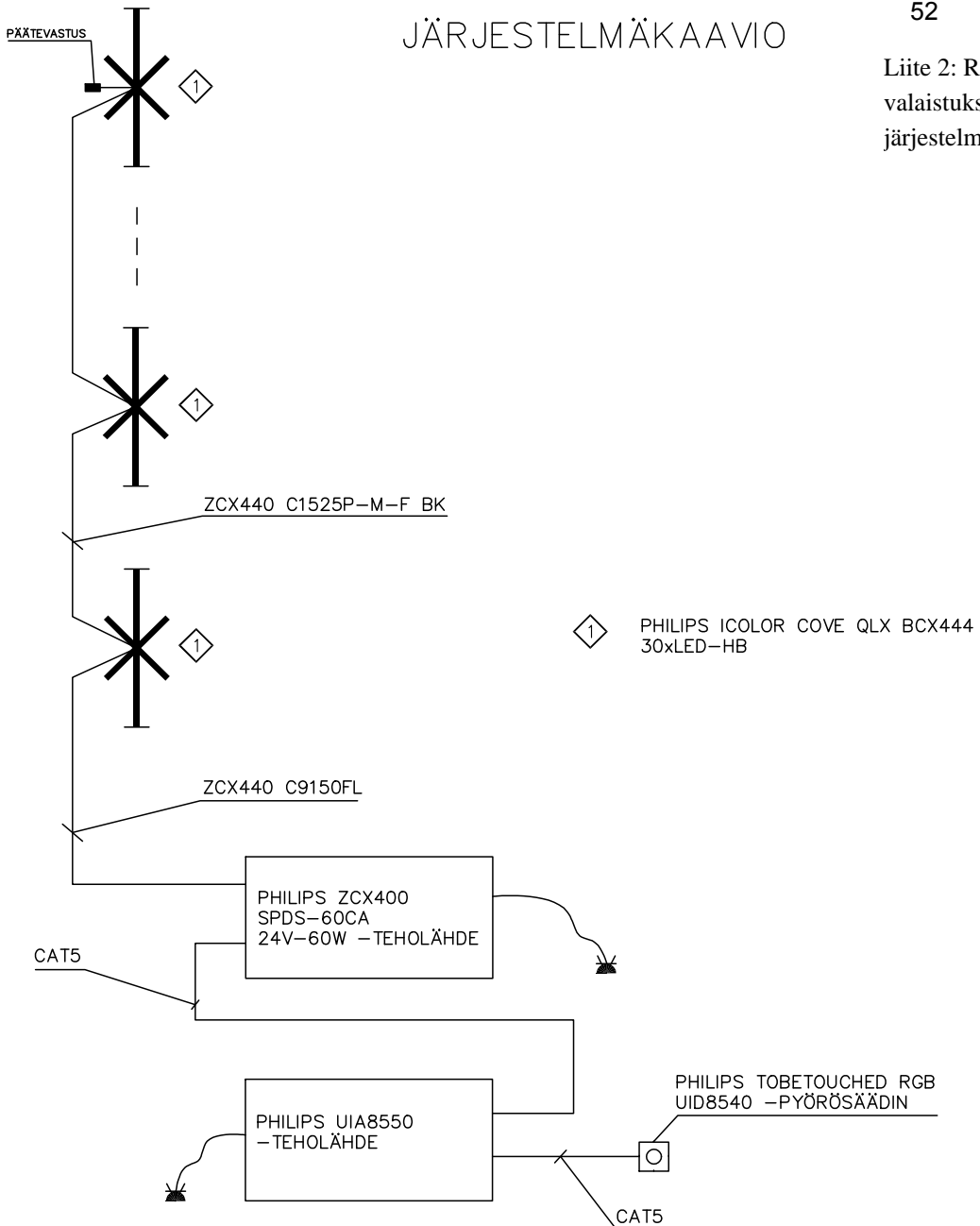


KÄYTTÄVÄVALAISINTEN EL-SI-LIITÄNTÄLAITTEIDEN JOHDOTUS



JÄRJESTELMÄKAAVIO

Liite 2: RGB-
valaistuksen
järjestelmäkaavio



14.11.2012

D muutos
E muutos
F muutos

A muutos
B muutos
C muutos

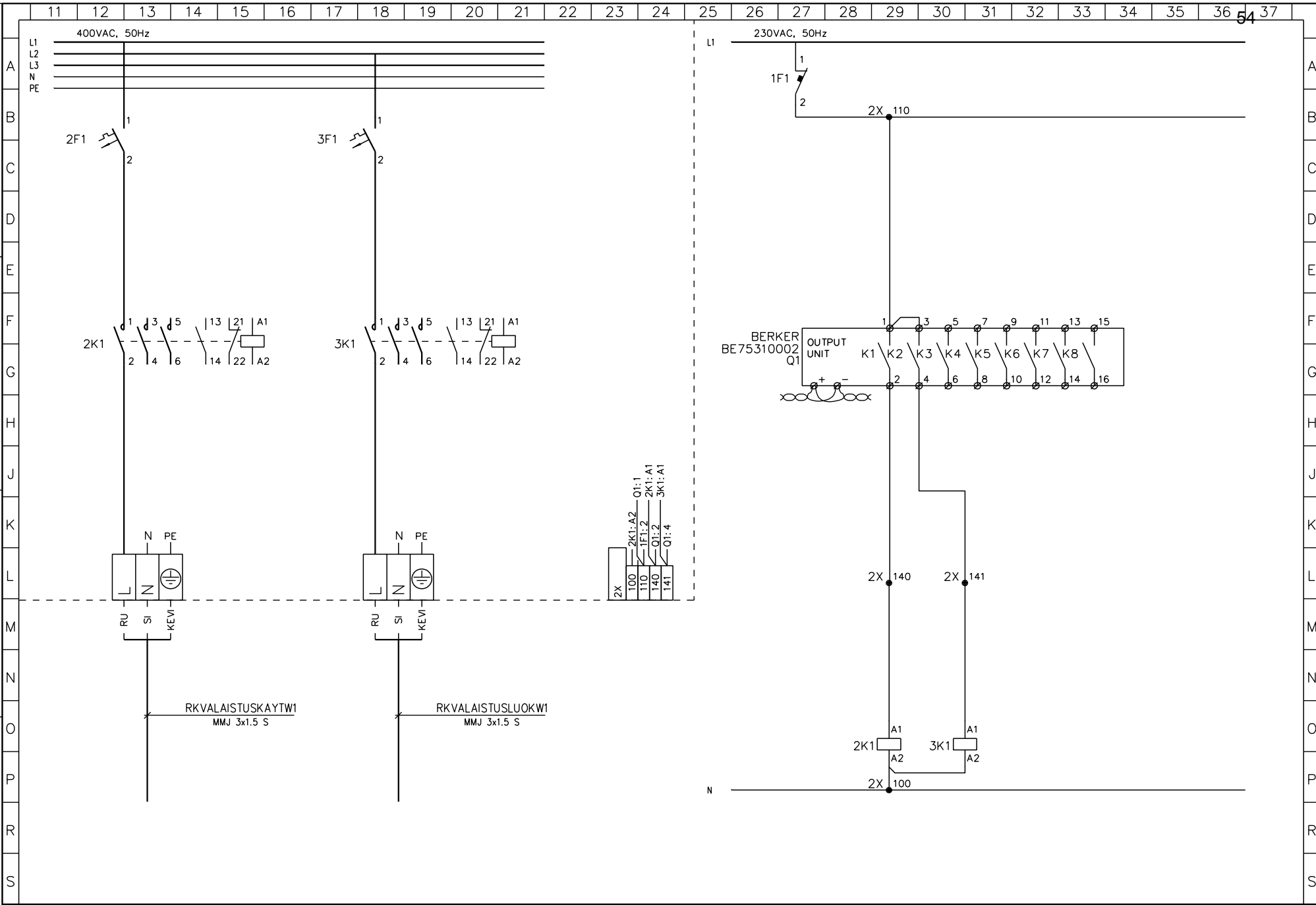
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
A	KESKUS							RYHMÄ	OSOITE										TUNNUS	JOHDOTUS	kVA/kW	A / A	HUOM.	A			
B																								B			
C								1	OHJAUSJÄNNITE													B10		C			
D								2	VALAISTUS KÄYTÄVÄ OHJAUS KNX K1											MMJ 3x1,5S		B10		D			
E								3	VALAISTUS LUOKKA OHJAUS KNX K2											MMJ 3x1,5S		B10		E			
F																								F			
G																									G		
H									BERKER BE75310002 -KYTKINYKSIKKÖ															H			
J									VALAISTUS KÄYTÄVÄ															J			
K									VALAISTUS LUOKKA															K			
L																								L			
M																								M			
N																								N			
O																								O			
P																								P			
R																								R			
S																								S			

KESKUSKAAVIO
RK

Suunn. KIUT /11.12.2012	Kokonaisuus	Sähköpositio	Työnumero
Piirt. KIUT	Lehti 1/1	Piirustusnumero	
Tark.	SÄH		

14.11.2012
JKK/klk
A muutos
B muutos
C muutos

D muutos
E muutos
F muutos



RYHMÄKESKUS RK
KÄYTÄVÄN JA LUOKAN
VALAISTUS

Suunn. KIUY /12.11.2012	Kokonaisuus RK	Sähköpositio RK	Työnumero
Piirt. KIUT	Lehti 1/1	Piirustusnumero SÄH	
Tark.			