

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Imatra
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka

Voutilainen Samu Oskari

DALI - DIGITAALINEN VALAISTUKSEN OHJAUS- JÄRJESTELMÄ

Opinnäytetyö 2010

TIIVISTELMÄ

Voutilainen Samu Oskari

DALI - digitaalinen valaistuksenohjausjärjestelmä, 52 sivua, 7 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu, Imatra

Tekniikka, Sähkötekniikka

Sähkövoimatekniikka

Opinnäytetyö, 2010

Ohjaajat: DI Raimo Mäkinen, Saimaan ammattikorkeakoulu, toimitusjohtaja Urpo Novamo, Novoka Oy

Tämä opinnäytetyö tehtiin Novoka Oy:lle. Opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua DALI-valaistuksenohjausjärjestelmään ja toteuttaa sillä Sokos Hotel Lappeen toimistotilojen ja aulan valaistuksen ohjaus. DALI on valaistuksen ohjaukseen tarkoitettu digitaalinen ohjausjärjestelmä. Opinnäytetyössä on perehdytty myös muiden ohjausjärjestelmien tekniikkaan ja toimintaan.

Hotelleissa valaistuksella on suuri merkitys koko hotellin imagon ja tunnelman luomiseen. Niiden aulat ja vastaanotot antavat asiakkaille ensivaikutelman, kun he astuvat sisään hotelliin. DALI-valaistuksenohjausjärjestelmän tarkoituksena on palvella hotellin asiakkaiden ja henkilökunnan valaistukseen liittyviä toiveita ja tarpeita. Opinnäytetyössä on kerrottu DALI-järjestelmän tekniikasta ja sen toimintaperiaatteista. Työssä on myös esitelty DALI-järjestelmässä käytetyt komponentit.

Tämä työ tehtiin Sokos Hotel Lappeen saneerauksen yhteydessä. Valaistuksenohjaus toteutettiin insinööritoimisto Karelplan Oy:n suunnitelmien mukaisesti. Työhön tarvittava teoria saatiin aihetta käsittelevistä kirjoista ja internetistä.

Asiasanat: DALI, Valaistus, Valaistuksen ohjaus

ABSTRACT

Voutilainen Samu Oskari

DALI- Digital Addressable Lighting Interface, 52 pages, 7 appendices

Saimaa University Of Applied Sciences, Imatra

Technology, Electrical engineering

Electrical power engineering

Engineering thesis, 2010

Thesis Supervisors: Mr Raimo Mäkinen, MSc, Saimaa UAS and Mr Urpo Novamo, Managing Director, Novoka Ltd

This engineering thesis was made for Novoka Ltd. The purpose of my thesis was to get acquainted with DALI-lighting control system and carry out the lighting control for office premises and lobby of Sokos Hotel Lappee. DALI is a digital lighting control system. In this thesis I have also studied engineering and operations of other control systems.

Especially in hotels lighting plays a significant role in creation of the atmosphere and hotel's general image. When customers arrive to lobbies and receptions of hotels, they get the first impression of the place. The purpose of the DALI-lighting control system is to serve the wished and needs concerning lighting. DALI-system technology and its operating principles has also been presented in this thesis.

This work was executed at the same time as the renovation of the Sokos Hotel Lappee. Lighting control was carried out according to blueprints of Karelplan Ltd. The basic theory for this project was discovered from literature and internet.

Keywords: DALI, Lighting, Lighting control

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

LYHENTEET JA YKSIKÖT

1 JOHDANTO	7
2 YLEISTIETOA	8
3 YRITYSESITTELY	10
4 DALIN TEKNIikka	11
4.1 Järjestelmä	11
4.2 Digitaalinen ohjaussignaali	13
4.3 Osoitteen rakenne	16
4.4 Viestin rakenne	17
4.5 Järjestelmän johdotus	17
4.6 Reititinjärjestelmä	19
5 DALI JA RAKENNUSAUTOMAATIO	20
5.1 DALI erillisenä järjestelmänä	20
5.2 DALI erillisenä alajärjestelmänä	21
5.3 DALI pelkkänä alajärjestelmänä rakennusautomaatiossa	22
6 MUUT VALAISTUKSENOHJAUSJÄRJESTELMÄT	23
6.1 Analogiset ohjausjärjestelmät	23
6.1.1 0-10 V järjestelmä	23
6.1.2 1-10 V järjestelmä	25
6.1.3 AMX	26
6.1.4 PWM	27
6.2 Digitaaliset ohjausjärjestelmät	28
6.2.1 Käytettävät signaalit	28
6.2.2 DMX	29
6.2.3 DSI	31
6.3 Muut ohjausjärjestelmät	32
6.3.1 LON	32
6.3.2 CAN	33
6.3.3 EIB	34
7 VALAISTUKSEN ENERGIATEHOKKUUS	35
7.1 Yleistä	35
7.2 Ohjauksen vaikutus energiatehokkuuteen	36
8 SOKOS HOTEL LAPPEEN VALAISTUKSENOHJAUS	39
8.1 Yleiskuvaus	39
8.2 DALI-komponentit	40
8.3 Ohjelmisto	44
8.4 Ohjauksen toteutus	46
9 YHTEENVETO	47
KUVAT	49
TAULUKOT	50
LÄHTEET	51

LIITTEET

Liite 1 Liitälaitteen kytkentäesimerkki

Liite 2 Keskuskaavio

Liite 3 Vahvavirtapiirustus valaisimet

Liite 4 Valaistuksenohjauspiirustus

Liite 5 Valaisinluettelo

Liite 6 Elektronisen liitälaitteen sisäiset toiminnot

Liite 7 Ohjausrajpinta

LYHENTEET JA YKSIKÖT

AMX	Analog MultipleXer, analoginen valaistuksenohjausjärjestelmä
Baudi	Tiedonsiirtonopeuden suure. Yksi baudi kuvaa elektronisen signaalin muutosnopeutta sekuntia kohti
Bitti	Tietotekniikassa informaation pienin osa. Tyypillisesti bitin tilaa merkitään joko 0:lla tai 1:lla
CAN	Control Area Network, alun perin autoteollisuutta varten kehitetty tiedonsiirtoprotokolla
DALI	Digital Adressable Lighting Interface, digitaalinen valaistuksenohjausjärjestelmä
DMX	Digital MultipleXer, digitaalinen valaistuksenohjausjärjestelmä
DSI	Digital Signal Interface, digitaalinen valaistuksenohjausjärjestelmä
EIB	European Installation Bus, Siemensin kehittämä väyläjärjestelmä
Ethernet	Pakettipohjainen lähiverkkoratkaisu
LENI-indeksi	Valaistuksen energiatehokkuuden mittari (kWh/m ² /vuosi)
LON	Local Operating Network, Echelonin kehittämä väyläjärjestelmä
Manchester-koodi	Tietoliikenteessä käytettävä linjakoodausmenetelmä
Multiplikseri	Elektroninen laite, jolla voidaan valita yksi useasta sisään tulevasta signaalista ja ohjata se ulostuloon
PWM	Pulse Width Modulation, pulssinleveyden modulointi

1 JOHDANTO

Valo ja valaistus ovat vaikuttaneet ihmisen elämään läpi historian. Ennen keino-
tekoisen valon keksimistä työskentely ja eläminen rajoittuivat auringon nousun
ja laskun väliseen valoisaan aikaan. Sähkövalon keksimisen myötä nykyajan
ihminen ei enää ole orjallisesti riippuvainen auringon tuottamasta valosta, eikä
näin ole sidottu tiettyihin vuorokaudenaikoihin. Sähkövalon keksiminen on ollut
ratkaiseva tekijä ihmisen kehityksessä, sillä vihdoinkin on voitu työskennellä
välittämättä vuorokauden ajasta. Sähkövalo loi tulevaisuuden aivan uudentlaisel-
le tehokkaalle ja ympärivuorokautiselle työskentelylle. Varsinkin meille suoma-
laisille asia on ollut ratkaiseva, sillä talvi täällä on pitkä ja päivänvalo on tarjolla
erittäin rajallisesti. Sähkövalon avulla suomalaistenkin toimintakyky on talvella
parantunut merkittävästi.

Tekniikan kehittymisen myötä ihmisten vaatimustaso ja valaistukselta vaaditta-
vat ominaisuudet ovat lisääntyneet nopeasti. Enää ei riitä pelkästään se, että
valo on riittävästi. Nykyään hyvältä valaistukselta vaaditaan näyttävyyttä, mu-
kavuutta, helppokäyttöisyyttä ja ennen kaikkea energiatehokkuutta. Uudet va-
lonlähteet ja tekniikka tarjoavat yhä parempia vaihtoehtoja kehittää valaistusta.
Oikeanlaisella valaistuksella voidaan parantaa työntehoa ja luoda tunnelmaa.

Tämän opinnäytetyön aiheena oli toteuttaa Sokos Hotel Lappeen aulan ja toi-
mistotilojen valaistuksenohjaus DALI-valaistuksenohjausjärjestelmällä. Sen tar-
koituksena on palvella hotellin henkilökunnan ja asiakkaiden valaistukseen liit-
tyviä toiveita ja tarpeita. Tässä työssä käsitellään myös DALI-järjestelmän yleis-
periaatteita sen tekniikkaa ja toimintaa sekä muita ohjausjärjestelmiä.

2 YLEISTIETOA

Analoginen 1–10V järjestelmä on yleisin standardi elektronisten liitäntälaitteiden ohjaukseen. DALI suunniteltiin markkinoita hallinneen 1–10V järjestelmän seuraajaksi. Dali on digitaalinen valaistuksenohjausväylä elektronisille liitäntälaitteille ja komponenteille. Dali on lyhenne, joka tulee englanninkielien sanoista Digital Addressable Lighting Interface. Se on kiinteistökäyttöön liittyvä digitaalinen valaistuksenohjausprotokolla. DALI on kansainvälinen standardi ja se on standardoitu maailmanlaajuisesti IEC 929 -standardin mukaisesti. Standardia suunniteltaessa haluttiin luoda protokolla nimenomaan valaistuksen ohjaukseen. DALIa ei ole suunniteltu monimutkaiseksi väyläjärjestelmäksi, joten sitä ei pidä verrata rakennusautomaation suunnittelukieliin kuten LON, EIB, eikä sen tarkoituksena myöskään ole korvata pitkälle kehittyneitä valonsäätöjärjestelmiä. DALI on älykäs valaistussäätöjärjestelmä ja se voidaan tarvittaessa liittää rakennuksen muihin ohjausjärjestelmiin rakennusautomaation alajärjestelmäksi. Standardi ei kuitenkaan koske ohjausjärjestelmää itseään, vaan digitaalisesti ohjattavia liitäntälaitteita. Ohjausjärjestelmissä on huomattaviakin eroja eri valmistajista riippuen.

Dali-valaistuksenohjausjärjestelmä perustuu digitaaliseen ohjaussignaaliin, jolla voidaan ohjata valonsäätimiä ja erilaisia liitäntälaitteita. DALI on ominaisuuksiltaan monikäyttöisempi kuin analoginen järjestelmä, ja se onkin syrjäyttämässä tätä jo hieman vanhentunutta järjestelmää. DALI-järjestelmää ei ole määritetty heikkovirtajärjestelmäksi, koska sen signaalilla on korkea häiriösuojaus, jonka vuoksi se voi toimia myös vahvavirtakaapeleiden läheisyydessä tai jopa osana monijohdotokaapelia. Nykyisin kaikki tilanteet vaativat erilaisen valaistuksen tarvittavan tunnelman luomiseksi. DALI sopii minkä tahansa valaistuksen ohjaustarpeen tyydyttämiseen. DALI sopii erinomaisesti monikäyttötiloihin, joissa tarvitaan erilaisia valmiita valaistustilanteita kaikenlaisia käyttötarkoituksia varten. DALIn pääperiaatteena on se, että sen käyttämiseen tai käyttöönottoon ei tarvi-

ta mitään erikoistietämystä. Ohjelmoinnissa windows-ympäristön tuntemus ja asennuksessa sähkötekniikan perustiedot riittävät. /1/

Vasta 1980-luvulla analogisen ohjaussignaalin rinnalle alkoi hiljalleen noista uusi tietokoneajan tekniikka: digitaalinen ohjaus. Valonohjausprotokollat vaihtelivat valmistajakohtaisesti ja erimerkkisten laitteiden yhteensovittaminen oli käytännössä mahdotonta. Standardointiin ylsi tietävästi ensimmäisenä esitystekniikan piireistä tunnettu DMX-protokolla, joka on hallinnut alansa markkinoita jo toistakymmentä vuotta. Analoginen ohjaustapakaan ei ole markkinoilta kadonnut, vaan toimii edelleen luotettavana ja koeteltuna tekniikkana – omine rajoituksineen. Kiinteistötekniikkaan liittyvä digitaalinen standardoitu valonohjausprotokolla sai odottaa itseään aina 1990-luvun lopulle, jolloin johtavat liitännälaittevalmistajat Helvar, Osram ja Philips alkoivat kehittää sitä yhteneviin intresseihinsä. Kehitystyön tuloksena syntyi DALI-protokolla, jonka käyttäjiksi ovat liittyneet myöhemmin kaikki merkittävät liitännälaittevalmistajat. /2/

3 YRITYSESITTELY

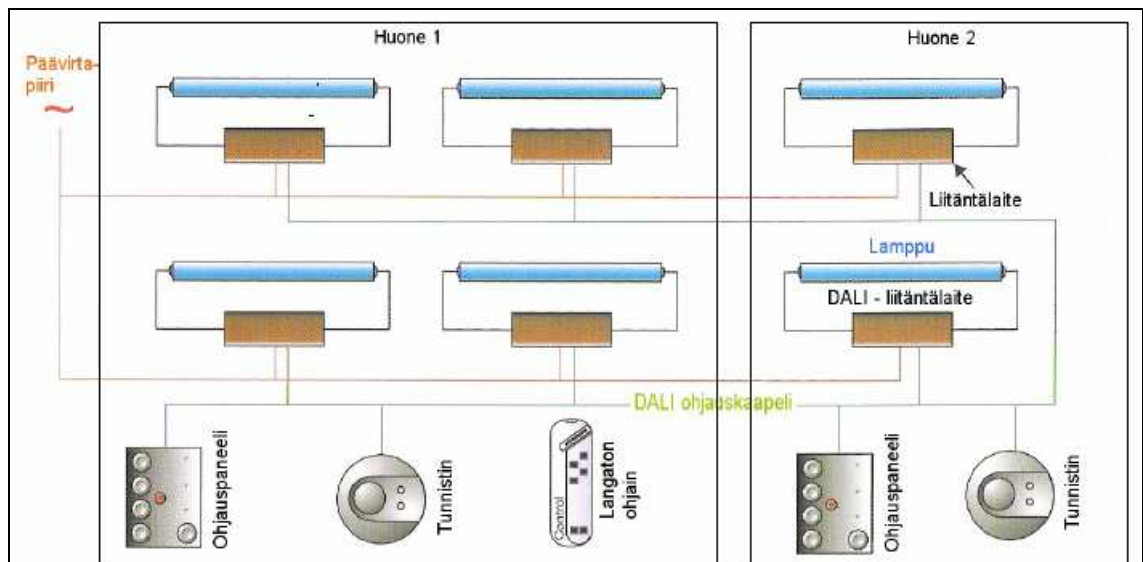
Opinnäytetyö tehtiin Novoka Oy:hyn, joka on vuonna 2002 perustettu sähköurakointiyritys. Novoka Oy:n palveluihin kuuluu muun muassa yksityisten sekä julkisten rakennusten sähköistykset, sähkösuunnittelu ja paloilmoitintyöt. Novoka Oy toimii pääasiassa Etelä-Karjalan ja Kymenlaakson alueilla. Yrityksen toimisto ja varasto sijaitsevat Lappeenrannassa.

Yrityksen henkilöstöön kuuluu kolmen osakkaan lisäksi 12 sähköasentajaa. Lisäksi yritys työllistää osa-aikaisia työntekijöitä ja harjoittelijoita riippuen töiden tilauskannasta. Yrityksellä on urakointiryhmä S2-pätevyys ja se on sähkö- ja teleurakoitsijaliiton (STUL) jäsenyritys. Lisätietoja yrityksestä saa Novoka Oy:n internet-sivuilta <http://www.novoka.fi/>

4 DALIN TEKNIikka

4.1 Järjestelmä

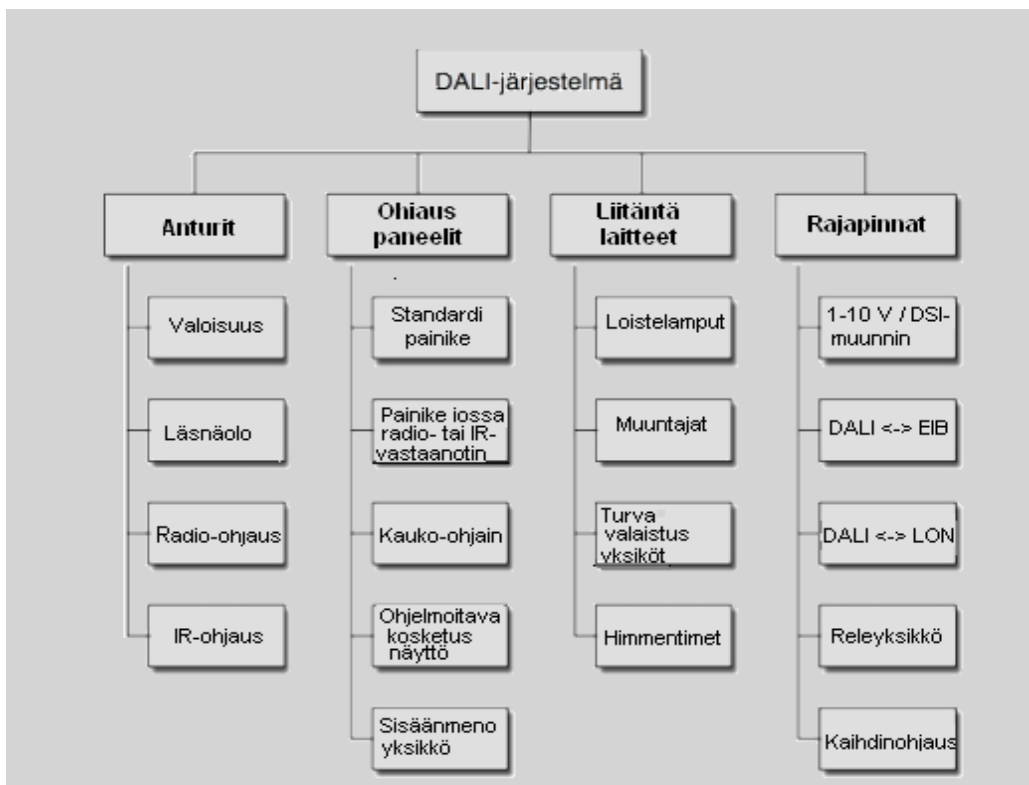
DALI-järjestelmän perusajatuksena on, että jokaista liitälaitetta voidaan ohjata yksilöllisesti. Alun perin DALI suunniteltiin loistelamppujen ohjaamista varten, mutta nykyisin DALI-järjestelmään on mahdollista liittää muitakin lamputyyppejä. DALIn toiminta perustuu siihen, että järjestelmän jokainen valaisin sisältää ohjattavan elektronisen liitälaitteen, joihin ohjauslaitteet liitetään yksinkertaisella johdinparilla (Kuva 1). Järjestelmässä ei tarvita erillistä keskusyksikköä, vaan kaikki tarvittava tieto tallennetaan liitälaitteisiin. Jokaiseen liitälaitteeseen tallennetaan yksilöllinen osoite, ryhmätunnukset, valaistustilanteen asetusarvot, häivytyssajat ja valaistusarvo syttymishetkellä.



Kuva 1 Esimerkki huoneiden ohjaisesta DALI-järjestelmällä /5, s.293/

DALI-järjestelmän käyttöönottamiseksi tarvitaan yleensä ohjelmointia, joka voidaan suorittaa yksinkertaisissa tapauksissa ohjauspaneeleilla tai kaukosäätimillä tai monimutkaisemmissa tapauksissa tietokoneella erityistä ohjelmistoa apuna käyttäen. Tietokoneella tehdyssä ohjelmoinnissa on tiettyjä etuja, sillä ohjelmointi voidaan tallentaa tiedostoksi myöhempää käyttöä varten ja ohjelmistojen avulla voidaan laatia pohjakuviin valaisimien osoitteet. Samalla koko ohjelmointiprosessi tulee dokumentoitua.

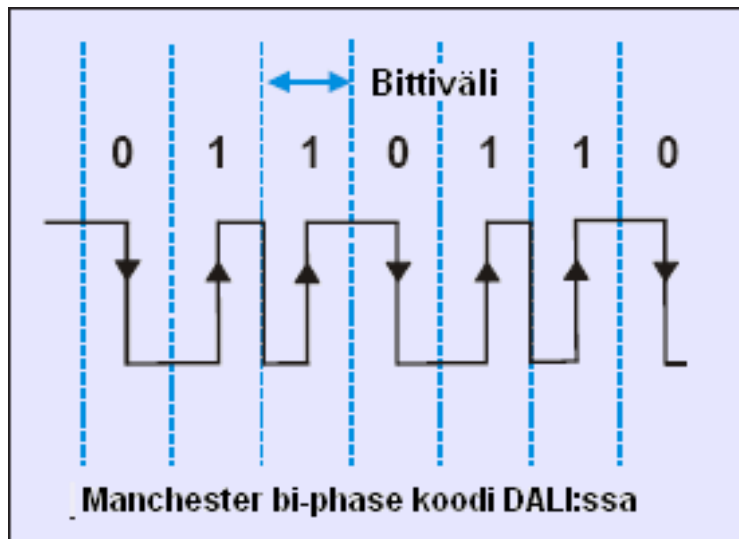
Kun systeemi on asennettu ja konfiguroitu, voidaan järjestelmän toimintoja muunnella vaivattomasti. Muutokset eivät edellytä muutoksia järjestelmän kytkennöissä. DALI-järjestelmä on helposti liitettävissä osaksi rakennusautomaatiojärjestelmiä muuntimen avulla. Myös uusia komponentteja voidaan lisätä järjestelmään aina, kun laajennustarvetta ilmenee. Täytyy vain huomioida, että järjestelmän tehonlähde on riittävä. Liitäntälaitteiden lisäksi DALI-järjestelmään on saatavilla useita erilaisia laitteita. (Laiteryhmiä on havainnollistettu kuvassa 2). Järjestelmään on saatavilla erilaisia antureita, ohjauslaitteita ja rajapintayksiköitä. /1/



Kuva 2 DALI-laitteet /1/

4.2 Digitaalinen ohjaussignaali

Elektroniset DALI-liitäntälaitteet on kytketty ohjausyksikköön kahdella johtimella. Datapaketit sisältävät 19 bittiä, jotka mahdollistavat 1200 baudia/s siirtonopeuden ohjausyksikön ja DALI-liitäntälaitteen välillä. DALI-järjestelmä käyttää tiedonsiirtoon Bi-Phase-menetelmää, jota kutsutaan myös Manchester-koodaukseksi. Menetelmä on luotettava ja se mahdollistaa tiedon siirron muuntajien läpi. Manchester-koodauksessa muutos signaalissa tapahtuu jokaisen bitin keskellä. (Kuvassa 3 on havainnollistettu DALI-signaalin käyttämää Manchester-koodia). /1/



Kuva 3 Manchester-koodi /5, s.294/

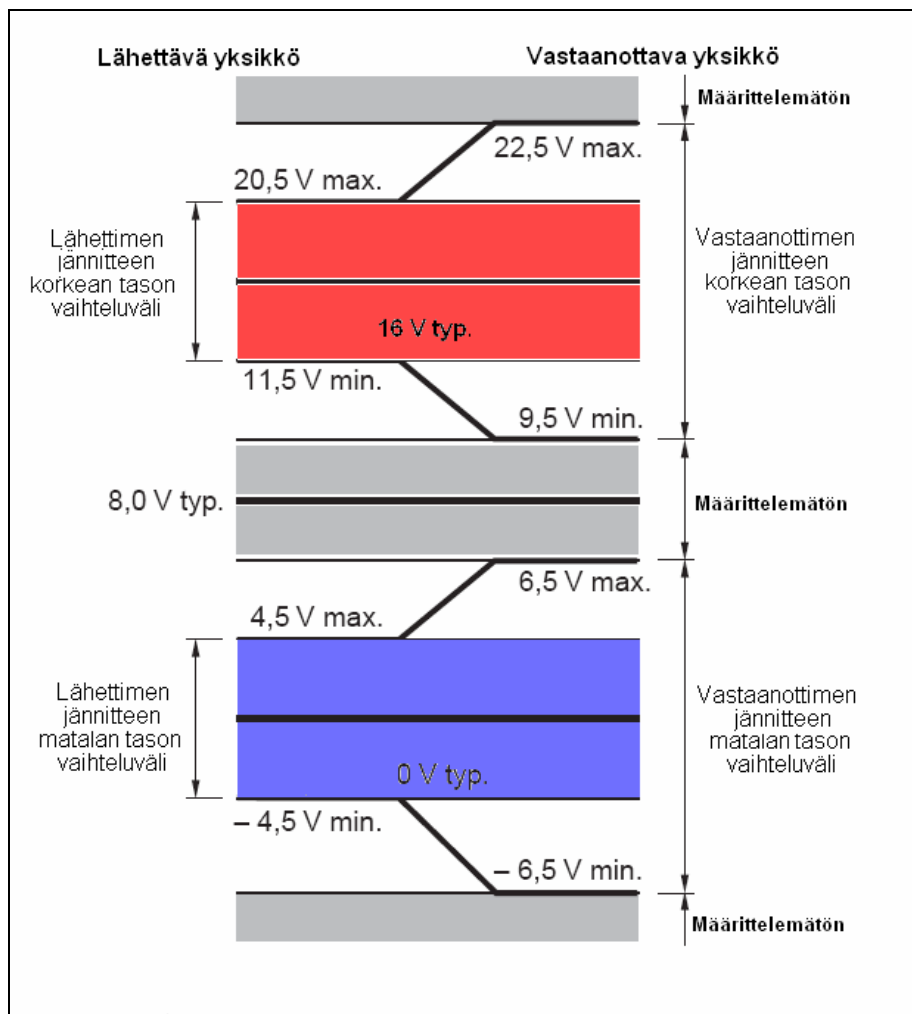
Järjestelmän matalan ja korkean signaalin väli on niin suuri, että se on lähes immuuni sähköiselle kohinalle. Päävirtapiiri ja ohjauspiiri ovat galvaanisesti erotetut. DALI-väylässä on 16 voltin jännite, jonka toleranssi on esitetty kuvassa 4. Ylempi jännitetaso saattaa kuitenkin vaihdella 9,5 V:n ja 22,5 V:n välillä. Alemmalla jännitetasolla tyypillinen jännite on 0 V ja ylemmällä jännitetasolla 16 V. Tyypillisesti jännite saattaa vaihdella -6,5 V:n ja 6,5 V:n välillä. Ohjauspiirin suurin sallittu jännitteen alenema on 2 V. /1/

Ohjauspiirin jännitteen alenema voidaan laskea kaavalla 1

$$U_v = \frac{2 \times l \times I}{\gamma \times S} \quad (1)$$

jossa U_v on jännitteen alenema voltteina, l on kaapelin pituus metreinä, I on virta ampeereina (0,25 A), S on kaapelin poikkipinta neliömillimetreinä ja γ on kaapelin sähköinen johtokyky $m/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$. Kuparikaapeleiden johtokyky on $56m/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$. Seuraavassa on laskettu jännitteen alenema DALI-piirille, jonka pituus on 300 metriä ja jonka ohjauskaapelin poikkipinta on $1,5 \text{ mm}^2$. /9/

$$U_v = \frac{2 \times l \times I}{\gamma \times S} = \frac{2 \times 300m \times 0,25A}{56 \times 1,5\text{mm}^2} = 1,786V$$

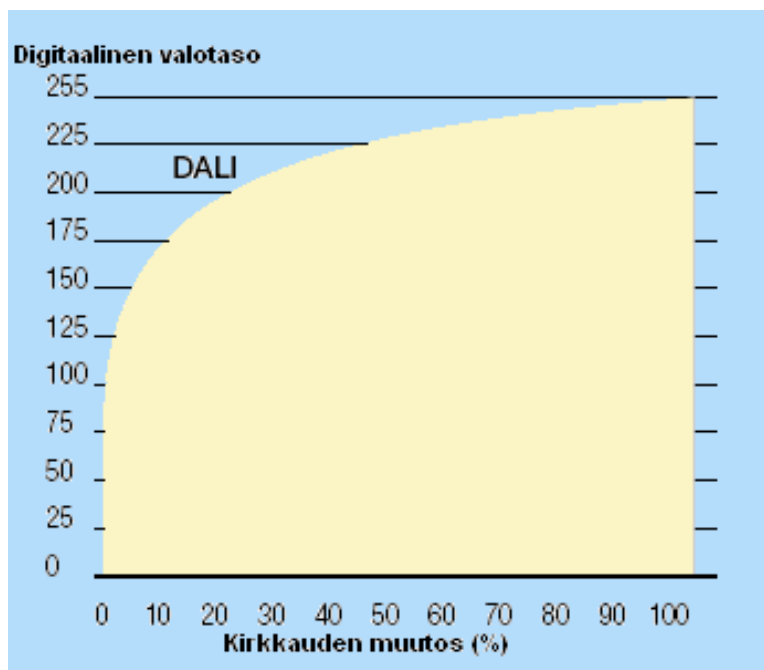


Kuva 4 DALI-väylän jännitteen vaihteluväli /1/

IEC 929-standardin mukaisesti DALI-järjestelmän enimmäisvirta on rajoitettu 250 mA:iin. Virran rajoituksella vältetään kytkentöjen ylikuormitusta. Yhden DALI-liitännälaitteen virrankulutus on rajoitettu 2mA:iin, joten yhdessä DALI-järjestelmässä voi olla yhteensä 125 DALI-liitännälaitetta. DALI-signaalin jännite on alhainen ja siirtonopeus suhteellisen pieni eli 1200 baudia/s, joten sähkömagneettiset häiriöt eivät tuota ongelmia.

Standardin mukaan himmennettävä DALI-liitännälaitte on varustettu teknisin valmiuksin himmentämään lampun valovirtaa logaritmisesti 100 prosentista 0,1 prosenttiin 125 himmennysaskeleella. Käytännössä alin himmennystaso on kolme prosenttia, jotta lampun käyttöeliniä pysyy ennallaan. Erilaisia valotasoja on 255. Valotason ollessa 0, on lamppu sammuksissa. Arvon taas ollessa 254,

on lampun kirkkaus täydet 100 prosenttia. Himmennyskäyrän suunta on standardoitu ja se on mukautettu silmän herkkyyden mukaan. Standardoinnin ansiosta eri valmistajien elektronisten liitännälaitteiden, kuten kuristimien, vaikutus valon kirkkauteen on sama. Tämä edellyttää kuitenkin sitä, että himmennyksen säätämisen alaraja on sama kaikille liitännälaitteille. Erityiset säädöt, kuten valonmäärän muuttumisnopeuden säätäminen, on mahdollista ohjelmoitavilla himmennysajoilla. (Valotasot muuttuvat kuvan 5 DALI-ohjauksen ominaiskäyrän mukaisesti). /1/



Kuva 5 Dali-ohjauksen ominaiskäyrä /7/

4.3 Osoitteen rakenne

DALI-järjestelmässä jokaisella laitteella on oma erillinen osoitteensa. Eri liitännälaitteilla ei voi olla samaa osoitetta, mutta liitännälaitte voi olla useissa eri ryhmissä. Tämän vuoksi järjestelmällä voidaan ohjata jotain tiettyä valaisinta yksittäisesti, vaikka se olisikin kytketty samaan DALI-väylään kuin kaikki muut laitteet. Osoitteellinen liitännälaitte on valaisinkohtainen, mutta sillä voidaan ohjata useita eri lampuja valaisimen sisällä. Osoite on kuusibittisenä tietopakettissa. Pakettien tietobiteillä kerrotaan halutut säädöt. Säätöjen avulla voidaan luoda haluttuja valaistustiloja. DALI-järjestelmässä tieto voi kulkea kahteen suuntaan, mutta

vain yksi laite kerrallaan. Yhdessä DALI-järjestelmässä voi olla enintään 64 yksilöllistä osoitetta ja 16 valaistusryhmää. Osoitteelliset liitäntälaitteet ja valaisimet voidaan yhdistää omiksi valaistusryhmiksi. Tilanneohjaus mahdollistaa erilaisten valaistustilanteiden ohjelmoinnin tarpeiden mukaan. Järjestelmä kykenee jopa 16 erilaisen valaistustilanteen taltiointiin. /1/

4.4 Viestin rakenne

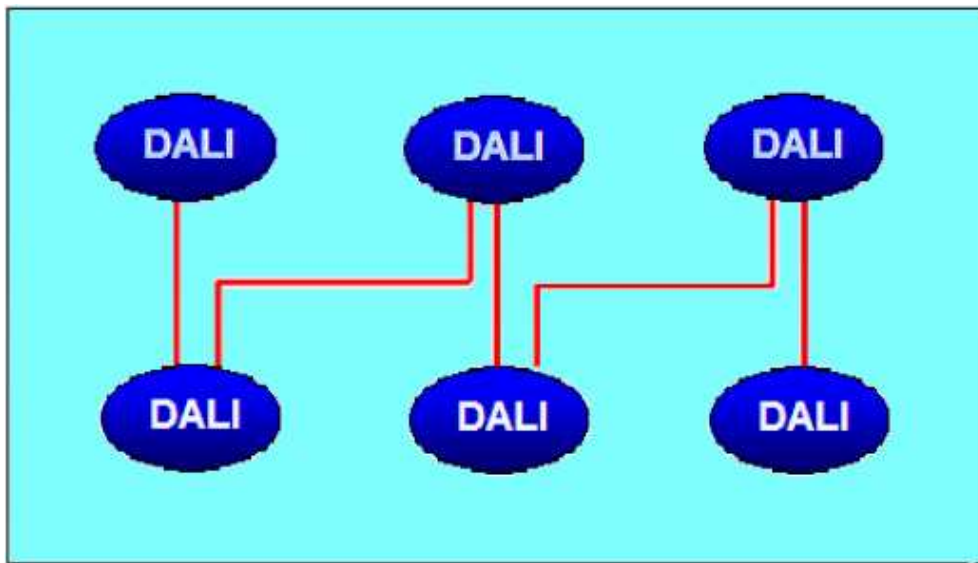
DALI-viestit noudattavat Manchester-koodia, jossa bittien tilat "1" ja "0" vastaavat kahta eri jännitetasoa. Tällöin muutos logiikkatasosta "Epätosi" tasoksi "Tosi" vastaa bitin tilaa "1", ja muutos logiikkatasosta "Tosi" tasoksi "Epätosi" vastaa bitin tilaa "0". Koodi sisältää virhetunnistuksen ja se mahdollistaa virransyötön ohjausyksiköille myös silloin, kun viestejä ei lähetetä tai kun sama bitin arvo on toistettu useita kertoja peräkkäin. Väylän etummainen viestikehys (ohjausyksiköltä liitäntälaitteelle) koostuu yhdestä aloitusbitistä, 8 osoitebitistä, 8 komentobitistä ja kahdesta lopetusbitistä. Väylän taimmainen viestikehys (liitäntälaitteelta ohjausyksikölle) koostuu yhdestä aloitusbitistä, 8 komentobitistä ja kahdesta lopetusbitistä. Osoitebitit määrittelevät, mille liitäntälaitteelle mikäkin viesti on tarkoitettu. Kaikki liitäntälaitteet suorittavat komentoja komentobittien viestien mukaan. Valontaso määritellään DALI-viestissä käyttämällä 8-bittistä numeroa. Numeron arvo nolla tarkoittaa sitä, että lamppu on täysin sammuksissa. (Liitteessä 7 on havainnollistettu viestin rakennetta). /1/

4.5 Järjestelmän johdotus

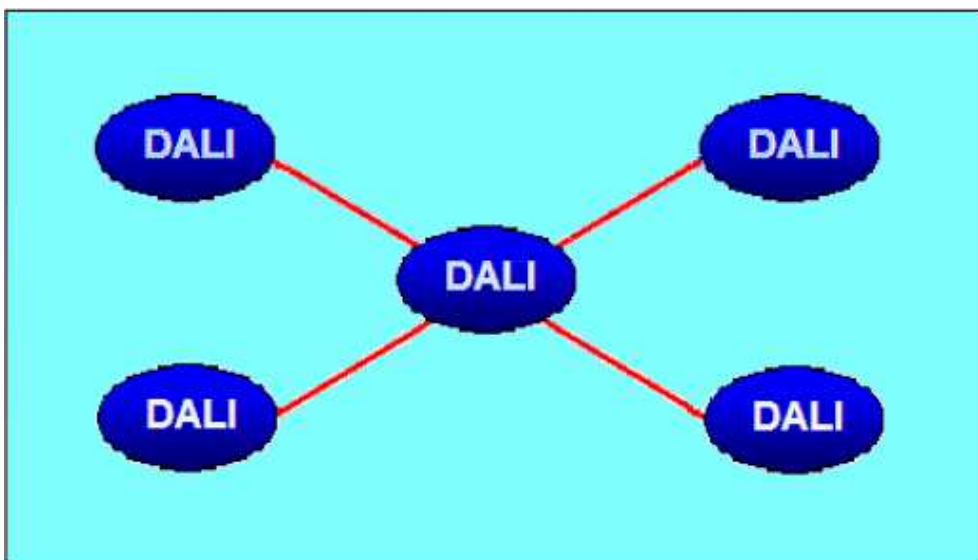
DALI-linjan asennus ei vaadi erityisjohdotusta, kuten parikaapelia tai erikoisjohdotuksia. Ohjausväylän pienen siirtonopeuden ansiosta ohjauskaapeloinnin topologia on vapaa, joskaan silmukkatopologiaa ei suositella. Järjestelmän ohjauspiiri on täysin erotettu pääpiiristä. Ohjauspiiri ei kuitenkaan ole SELV-piiri, minkä takia kaikkien piiriin kytkettävien laitteiden ja kaapeleiden on täytettävä verkkojännitteen vaatimukset. Digitaalisignaalin hyvän häiriönsietokyvyn ansiosta ohjauspiirin johtimet voivat kulkea yhdessä jännitesyötön kanssa tavallisen asennuskaapelin yhteisen vaipan sisällä. Järjestelmän suurin sallittu jännitteen alenema on 2 V, joka vastaa noin 300 metriä 1,5 mm² ohjauskaapelia järjestel-

män maksimivirralla. Valaisimiin kytketään normaaliin tapaan vaihe, nolla- ja suojajohdin. Lisäksi kytketään myös kaksi johdinta digitaalisignaalia varten. (Liitteessä 1 on havainnollistettu kytkentää).

Kytkenjärjestys voidaan ottaa huomioon suunnittelussa myöhemmin, koska DALI-järjestelmä sallii sarja- ja tähtikytkennän. (Kuvassa 6 on esitetty sarjakytkentä, jonka etuna on kaapelin vedon helppous). (Kuvassa 7 on havainnollistettu tähtikytkentää, joka on kaapelin pituuden kannalta hyvä vaihtoehto). /1/

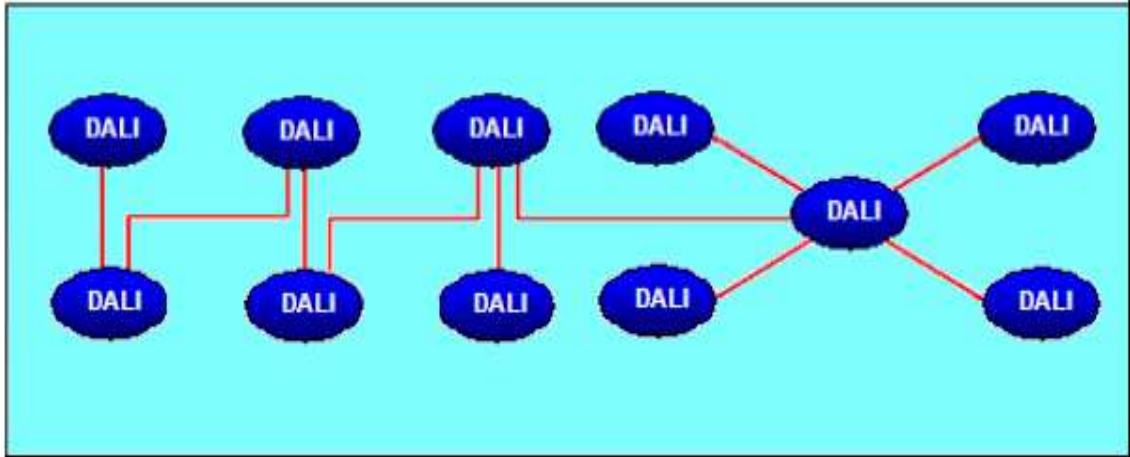


Kuva 6 Sarjakytkentä /1/



Kuva 7 Tähtikytkentä /1/

DALI-järjestelmän asennuksessa voidaan käyttää myös yhdistelmäasennusta. (Kuvassa 8 on esitetty esimerkki yhdistetystä asennuksesta). Kaksi aluetta on yhdistetty toisiinsa sarjakytkenällä. /1/



Kuva 8 Yhdistelmäasennus /1/

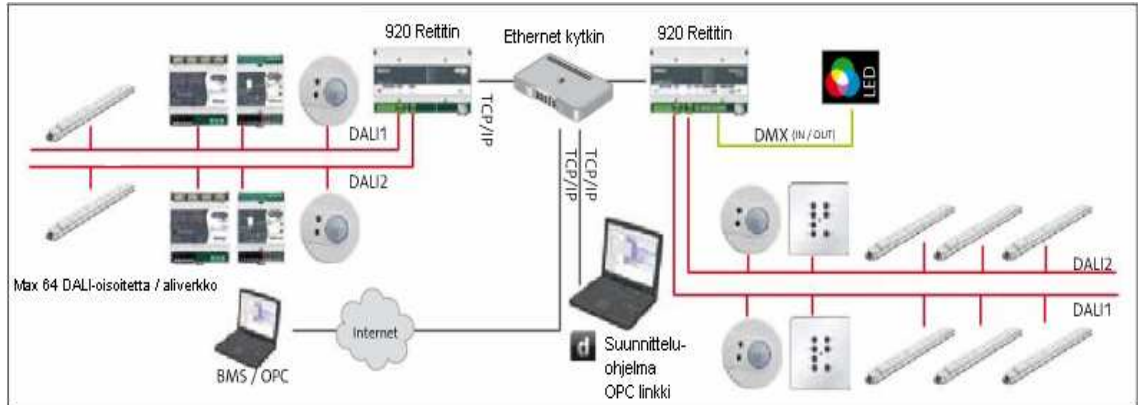
4.6 Reititinjärjestelmä

Digidim-reititinjärjestelmä on Helvarin DALI-ohjaukseen perustuva valaistuksenohjausjärjestelmä. Erillisiä DALI-järjestelmiä voidaan kytkeä yhdeksi kokonaisuudeksi, jolloin voidaan rakentaa esimerkiksi koko kiinteistön kattava yhtenäinen valaistuksen hallintajärjestelmä.

Yhdellä reitittimellä voidaan ohjata kahta DALI-verkkoa, joita varten reitittimessä on omat virtalähteet. Jokaista DALI-verkkoa koskevat samat mahdollisuudet ja rajoitukset kuten edellä on mainittu. Lisämahdollisuuksina ovat kuitenkin kalenteritoimintojen ohjelmointimahdollisuus sekä ehdolliset toiminnot. Ryhmiä järjestelmässä voi olla 16 000 ja yksittäiset liitäntälaitteet tai ohjauspaneelit voivat sijaita myös eri reitittimien alaisuudessa. Helvarin tuotevalikoimaan kuuluu myös reititinmalli, johon voidaan liittää muun muassa DMX-ohjauksia.

Yhden reitittimen järjestelmässä ei tarvita erillistä Ethernet-kytkintä, mutta reitittimien määrän kasvaessa jokainen kaapeloidaan 10/100Mbit/s mukaisella Ethernet-yhteydellä kytkimelle. Siten järjestelmää voidaan helposti laajentaa lisäämällä kytkimeen lisää yhteyksiä uusiin reitittimiin. Ethernet-yhteydessä käytetään

tetään TCP/IP-protokollaa, mikä tarkoittaa, että kaapelin enimmäispituus kytkimeltä reitittimelle on noin 100 metriä. (Digidim-reititinjärjestelmän periaate on esitetty kuvassa 9). /6, s.505–506/



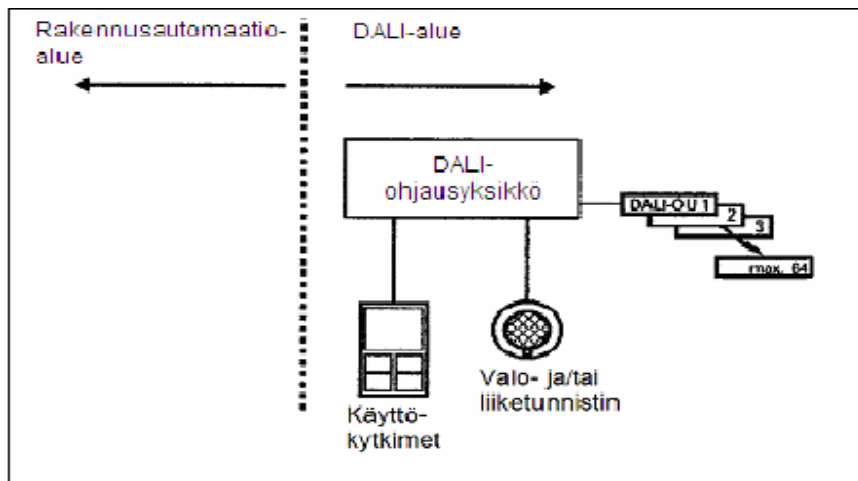
Kuva 9 Digidim-reititinjärjestelmän periaate /6, s.505/

5 DALI JA RAKENNUSAUTOMAATIO

Rakennusautomaation saralla DALI on vakiinnuttanut paikkansa sen muunneltavuuden ja huokean hintansa ansiosta. DALI ei kuitenkaan ole monimutkainen väyläjärjestelmä, joten se ei sovellu toimimaan itsenäisenä järjestelmänä rakennusautomaatiossa. Sitä käytetään erillisenä valaistuksenohjaus alajärjestelmänä osana rakennuksen hallintajärjestelmää. DALI-valaistuksenohjausjärjestelmä voidaan liittää rakennuksen hallintajärjestelmään seuraavasti.

5.1 DALI erillisenä järjestelmänä

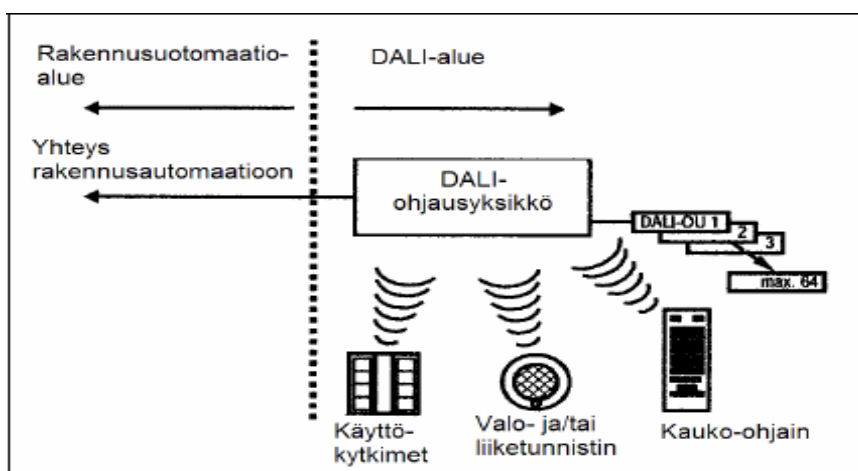
DALI erillisenä järjestelmänä tarkoittaa sitä, että se toimii itsenäisesti, eikä sitä ole liitetty mihinkään rakennusautomaatiojärjestelmään (Kuva 10). Tämä tarkoittaa sitä, että kaikkia DALIn toimintoja käytetään paikallisesti, kuten esimerkiksi käynnistystä ja ylläpitoa. Järjestelmän hallintalaitteet on kytketty ohjausyksikköön joko analogisesti tai digitaalisesti. /1/



Kuva 10 Dali erillisenä järjestelmänä /1/

5.2 DALI erillisenä alajärjestelmänä

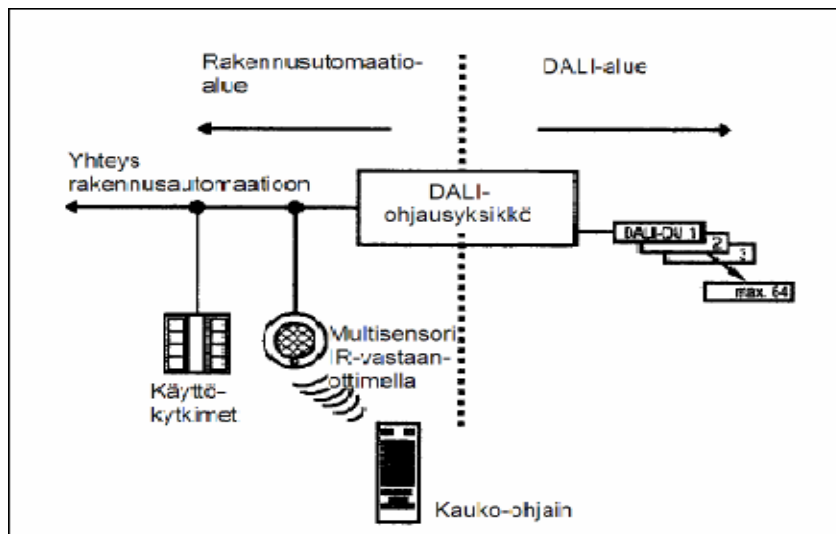
Erillisenä alajärjestelmänä toimiessaan DALI on liitetty osaksi rakennusautomaatiojärjestelmää (Kuva 11). Kuitenkin vain tärkeimmät tiedot välittyvät alajärjestelmältä rakennusautomaatiojärjestelmään, kuten esimerkiksi vikailmoitukset ja pääkytkentä toiminnot. Tietojen välittyminen järjestelmien kesken tapahtuu mahdollisimman yksinkertaisella tavalla. Esimerkiksi vikailmoitus ilmoitetaan yksinkertaisella tavalla, kuten kyllä tai ei. Anturit, ohjainlaitteet, ohjelmoitavat yksiköt ja kauko-ohjaimet voidaan kytkeä normaalisti ohjainyksikköön langallisesti tai langattomasti. Alajärjestelmää voidaan käyttää myös ilman rakennusautomaatiojärjestelmää. /1/



Kuva 11 DALI erillisenä alajärjestelmänä /1/

5.3 DALI pelkkänä alajärjestelmänä rakennusautomaatiossa

DALI voidaan kytkeä osaksi rakennusautomaatiojärjestelmää (Kuva 12), kuten esimerkiksi osaksi LonWorks®- kiinteistövalvontajärjestelmään. Tällaista käyttö-tarkoitusta varten on kehitetty niin sanottu Lon-silta (Lonworks® Gateway). Kaikki rakennuksessa olevat komponentit käyttävät samaa tiedonsiirtotekniik-kaa kuin rakennusautomaatio. Tietoa voidaan siirtää Lon-sillan avulla raken-nusautomaatiosta DALIiin ja päinvastoin. Ohjauselementteinä rakennusauto-maatiossa toimivat erilaiset kytkimet ja anturit. Valaistuksenohjausjärjestelmää ei ole suunniteltu toimimaan itsenäisesti tämäntapaisessa käyttötarkoituksessa. Valaistuksenohjausjärjestelmän käyttöönotto on osa rakennusautomaatiojärjes-telmän käynnistysprosessia. /1/



Kuva 12 DALI pelkkänä alajärjestelmänä rakennusautomaatiossa /1/

6 MUUT VALAISTUKSENOHJAUSJÄRJESTELMÄT

Alkuaikojen himmentimet olivat manuaalisesti ohjattavia. Kun kauko-ohjauksesta tuli mahdollista, ilmeni myös tarve saada valaistuksenohjaukseen järjestelmä, jossa on sopiva ohjaussignaali valaistuksen ohjaamiseen. Alusta asti oli selvää, että sellainen järjestelmä tarvitsisi oman voimanlähteensä. Elektronian voimakas kehittyminen toi helpon ratkaisun tähän ongelmaan. Elektroniset piirit olivat helppo eristää päävirtapiiristä, sillä ne olivat pieniä kooltaan ja niillä oli yksinkertaista vahvistaa signaalia tarpeen vaatiessa. Alussa elektronian valaistuksenohjaus toimi kuten aikaisemmat mekaanisetkin järjestelmät, eli yksi johto vaadittiin yhteen ohjausryhmään.

Mikroprosessorit toivat tähän järjestelmään muutoksen. Ne sallivat paljon joustavampia ja monimutkaisempia valaistustoteutuksia, kuten esimerkiksi omat muistitilat erilaisille valaistustarpeille ja tilanteille. Mikroprosessorien avulla pystyttiin myös ohjaamaan monia eri ryhmiä yhden johdon välityksellä multiplekseri-periaatteella. /5, s280/

6.1 Analogiset ohjausjärjestelmät

6.1.1 0–10 Voltin järjestelmä

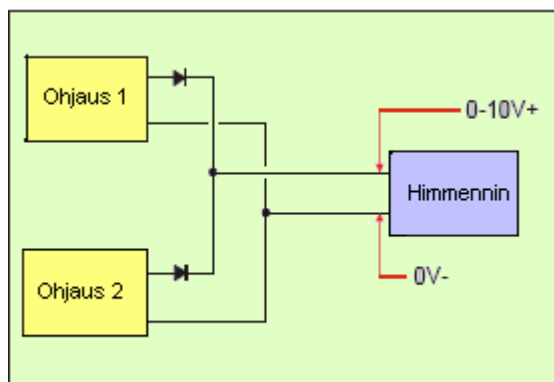
Analoginen ohjaus on helpoin ja yksinkertaisin tapa säätää valaistusta kauko-ohjattuna, silloin kun säätimet tai ohjaimet kykenevät säätämään tai ohjaamaan jotain mitattavaa suuretta, esimerkiksi jännitettä. Alkuaikoina ohjaukseen käytetty jännitteentaso vaihteli teknologisista syistä. Myöhemmin siirryttiin käyttämään 1–10 V:n järjestelmää standardina, sen yksinkertaisuuden ja käyttöturvallisuuden vuoksi. Kymmenen voltia oli riittävän suuri jännite ohjaukseen, eikä se ollut ihmiselle hengenvaarallisen korkea. Myös säätö oli helppoa, koska jännitteen skaala 0–10 V tarkoitti 0–100 prosenttia tehosta, ja lisäksi se vastasi järjestel-

män kanssa käytettyjen elektronisten komponenttien tehotasoja. (Taulukossa 1 kerrotaan järjestelmän toiminnan standardisoiduista perussuureista). /5, s.280/

Taulukko 1 0 -10 V standardi /5, s.281/

	Ohjattu laite
Säätövara	1 - 10 V DC
Virrankatkaisujännite	0 V tai pienempi
100 % tai päällekytkentäjännite	10 V tai suurempi
Säätö	Lineaarinen
Turvarajat	-0,5 V ja 15 V
Syöttöimpedanssi	100 kOhmia +-20 %
	Ohjaava laite
Passivisen ohjauksen lähtöimpedanssi	< 10 kOhmia
Aktiivisen ohjauksen lähtöimpedanssi	< 100 Ohmia
Virtalähteen kapasiteetti	> 2 mA
Jännitteen tasaisuus	+-20 mV
Diodin estojännite	> 15 V

Järjestelmässä tulee olla matala lähtöimpedanssi, koska sillä ohjataan useita eri ohjattavia kohteita. Ohjauslaitteen ohjauslinjaan on kytketty diodi. Diodin tehtävänä on estää kilpailevan ohjauslaitteen signaalin pääsy ohjaimen järjestelmissä, joissa on monia ohjauslaitteita. Monissa järjestelmissä on useita ohjainlaitteita, ja silloin signaalin vastaanottava pää toimii tiettyjen asetusten, kuten korkeimman arvon, mukaan. Diodin aiheuttamana ongelmana voi olla se, että säätöalueen alaosaa ei tule mukaan säätöön diodin kynnyksjännitteen vuoksi. Ongelma voidaan kiertää asettamalla tietty poiskytkentäjännite. (Kuvassa 13 on havainnollistettu diodin käyttöä ohjauslinjassa).

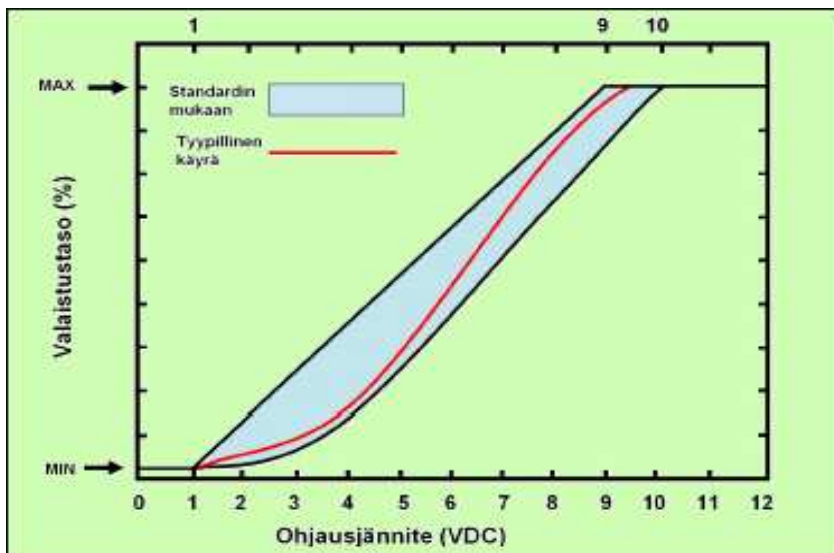


Kuva 13 Diodin käyttö ohjauslinjassa /5, s.281/

Analoginen järjestelmä on suunniteltu toimimaan lineaarisesti, eli esimerkiksi 6 V tulojännite on 60 prosenttia ulostulevasta lähtöjännitteestä. Ulostulo on silti jätetty tarkemmin määrittelemättä, joten sillä voi ohjata esimerkiksi jännitetasoa tai valaistuksen voimaa. Toisin sanoen mikäli on joku erityinen ”laki”, jota halutaan noudattaa säädössä, niin silloin kyseinen ”laki” on ohjattavassa laitteessa itsessään. Tämä tekee säädöstä monikäyttöisen ja toimivan. /5, s.281/

6.1.2 1–10 Voltin järjestelmä

IEC 60929 -standardi määrittelee 1–10 V elektronisten liitäntälaitteiden ohjauksen. Vaikka järjestelmän säätövara on 0–10 V, aktiivinen säätöjännite on välillä 1–10V, tämä varmistaa sen, että kohina ei vaikuta järjestelmän toimintaan. (Kuvassa 14 on havainnollistettu standardin mukaiset valaistus- ja jännitetasot.) Standardi sallii jonkin verran poikkeamaa ideaalisesta käyrästä. Pienillä tasoilla 1,5 V on pienin taso, joka voidaan esittää ja 1 V tasolla laitteen on oltava minimitasolla. Suurilla tasoilla 9 V on matalin signaalitaso, joka voi vastata maksimitasoa.



Kuva 14 Standardin mukaiset valaistus- ja jännitetasot /5, s.282/

Standardin mukaisessa toteutuksessa kukin liitäntälaitte on virtalähde, jonka on määritelty tuottavan minimissään 0,2 mA ja maksimissaan 1 mA. Standardi kos-

kee myös johtimien ominaisuuksia. Valaisimeen tuodaan vaihe-, nolla- ja suoja-johtimen lisäksi kaksi ohjauspiirin johdinta. Järjestelmässä tulee olla eristys, joka on mitoitettu verkkojännitteen mukaisesti. Napaisuuden vaihto ei myöskään saa vahingoittaa liitäntälaitetta ja jokaisen säädettävän laitteen ohjausjohdotuksen tulisi kestää ± 30 V ilman vahingoittumista.

Standardi kehitettiin purkauslamppujen valaistuksen ohjaukseen. Minimi- ja maksimitasot riippuvat ohjattavasta lampputyypistä ja liitäntälaitteen teknisestä rakenteesta. Suurpainepurkauslamppuille minimitaso pitää olla vähintään 50 prosenttia. Loistelamppuille minimitaso voi olla 1–20 prosenttia riippuen lamppu- ja liitäntälaitetyypistä. Standardi määrittelee ainoastaan minimitason, joten sen mukaan valoa ei voida kytkeä pois päältä. Valon pois kytkemiseksi on tehtävä erillinen määrittely ”pois päältä” -tilalle ja kuormapiirin erottamiselle. Päävirtapiirin tulee olla hyvin eristetty suuren syöksyvirran vuoksi. Vaikka järjestelmällä voidaan säätää jopa 50 eri valaisinta, niin kytkimien, releiden ja kontaktorien kapasiteetti riittää yleensä vain 5–15 valaisimelle niiden tehosta riippuen. 1–10 V standardia voidaan käyttää myös ohjaamaan hehku- ja halogeenilamppuja. /5, s.282/

6.1.3 AMX

Ennen täysin digitaalisia järjestelmiä pyrittiin kehittämään ohjausjärjestelmä, jolla päästäisiin eroon perinteisestä ”yksi laite, yksi johdin” -järjestelmästä. Tällainen oli 1980-luvun alussa Strand Lightingin kehittämä analoginen multiplekseri, AMX192. Siitä tuli standardi vuonna 1986 USA:n teatteri-instituutin aloitteesta. Harvoja todellisia AXM192-järjestelmiä tehtiin ja on todennäköistä, että sellaiseen ei törmää nykyisin. Kuitenkin Strandin D54-protokolla, johon AMX192 perustui, on vielä laajasti käytössä. D54-protokolla eroaa AMX192-järjestelmästä ainoastaan siinä, että sen kellopulssi kulkee samassa linjassa analogisen ohjaussignaalin kanssa. Laitteille, jotka käyttävät D54-protokollaa on kehitetty muuntaja, jolla saa muunnettua signaalin DMX-järjestelmään sopivaksi

Toimintaperiaatteeltaan AMX-järjestelmä on seuraavanlainen:

- Yksi johdinpari kuljetti synkronoitua kellopulssia.
- Toinen johdinpari kuljetti analogista signaalia, joka oli 0–5 V, pulssi lähetettiin 50 mikrosekunnin pituisina pätkinä, jotka oli synkronoitu kellopulssiin.
- Yksi linja saattoi kuljettaa 192 signaalia, joiden päivitystaajuus oli 50 ms.
- Vastaanotin kykenee käyttämään 16 himmennintä, joten jos halutaan käyttää kaikkia linjan 192 signaalia, tarvitaan 12 vastaanotinta. /5, s.283/

6.1.4 PWM

Kansainvälinen IEC 60929 -standardi tunnustaa kolme erilaista menetelmää kauko-ohjattaville elektronisille liitäntälaitteille. Nämä kolme menetelmää ovat: analoginen 1–10 V, DALI ja näiden välissä oleva PWM. Lyhenne PWM tulee englannin kielen sanoista Pulse Width Modulation eli pulssinleveysmodulointi. PWM-signaalille on määritelty korkea 10–25 V ja matala 0–1,5 V jännitetaso. Täysi valon ulosanto tapahtuu silloin, kun signaalin korkea jännitetaso on päällä viisi prosenttia tai vähemmän syklin ajasta. Minimi valon ulosanto tapahtuu silloin, kun signaalin korkea jännitetaso on päällä 95 prosenttia syklin ajasta. Poiskytkentä tapahtuu, kun korkea taso pidetään päällä yli 95 prosenttia syklin ajasta. Syklin aika voi vaihdella välillä 1–10 ms. Pulssin leveyden ja valon ulostulon välillä on logaritminen riippuvuus. Vaikka PWM on määritelty kansainvälisessä standardissa, se ei ole laajasti käytetty. Se on kuitenkin tärkeä valaistuksenohjausjärjestelmä, sillä sitä käytetään kylmäkatodiloisteputkissa ja LED-järjestelmissä. PWM-järjestelmä on yhteensopiva DMX- ja DALI-järjestelmät hyväksyvien liitäntälaitteiden kanssa. /5, s.283/

6.2 Digitaaliset ohjausjärjestelmät

6.2.1 Käytettävät signaalit

Digitaalisessa valaistuksenohjauksessa tietoa liikutetaan digitaalisena datana. Jokainen valmistaja voi kehittää oman tiedonsiirtoprotokollan, mutta kilpailun ja laitteiden kehittämisen kannalta on järkevämpää, että kaikki käyttävät tiettyjä yhteisiä standardeja. Digitaalisessa valaistuksenohjauksessa standardeja on kahdentyyppisiä. Toisessa määritellään käytettävät jännitteet, impedanssit, tiedostojen koko ja tiedostojen siirtonopeus. Tässä standardissa ei puututa lähetettävän datan sisältöön. Toinen standardi on järjestelmäkohtainen protokolla, jossa määritellään tarkasti mitä tietoa siirretään ja miten. Nykyajan markkinoilla on erittäin harvinaista, että järjestelmävalmistaja käyttäisi muita kuin standardiprotokollia.

Digitaalinen viestintä perustuu usein eri jännitetasojen käyttöön, esimerkiksi +5 V edustaa tilaa (1) ja 0 V edustaa tilaa (0). Digitaalinen tieto lähetetään sähköisinä pulsseina, jotka vastaanottaja osaa tulkita oikein. Tiedonsiirtotapoja on kolmenlaisia: simplex, half-duplex ja duplex. Simplex on vain yhdensuuntaista tiedonsiirtoa, ja tätä menetelmää hyödynnetään esimerkiksi DMX-järjestelmässä. Half-duplex -tiedonsiirtomenetelmä toimii siten, että yhden laitteen lähettäessä tietoa toinen laite kykenee ottamaan sitä vastaan samanaikaisesti. Esimerkkinä half-duplex -menetelmää hyödyntävästä järjestelmästä on DALI, joka sallii liitäntälaitteiden välisen tilannetietojen tiedustelun. Duplex-tiedonsiirtomenetelmässä tieto kulkee molempiin suuntiin, ja sitä hyödyntävät laitteet lähettävät tilannetietoja ja ottavat uusia komentoja vastaan.

Tieto kulkee sarjamuotoisesti jatkuvana virtana laitteiden välillä, joten on äärimmäisen tärkeää, että laitteet osaavat tulkita, milloin viesti alkaa ja milloin se loppuu. Tavallisin tapa on lähettää tieto siten, että tiedon mukana kulkee aloitusbitti (0) ja lopetusbitti (1). Tiedot kulkevat samanmittaisina jonoina, joten lait-

teet voivat helposti tunnistaa viestin. Yhtenä keinona viestin tunnistamiseen olisi synkronointisignaalin käyttö, mutta se vaatisi ylimääräisen linjan.

Vuosien saatossa on kehitelty monia erilaisia tiedonsiirtostandardeja. Käytetyin menetelmä on ollut RS232-tiedonsiirtostandardi, joka myöhemmin määriteltiin EIA232-standardiksi. Se käsittää tiedonsiirron fyysisen osan, ja siinä määritellään myös käytettävät liittimet. EIA232-standardi on yksinkertainen, luotettava ja laajalle levinnyt. Standardin haittapuolina ovat sen kohtalaisen hidas siirtonopeus ja pitkien matkojen kohinaongelmat. Se on myös rajoittunut yhden lähettimen ja vastaanottimen käyttöön kerrallaan. Yleisesti käytössä on myös muita, kehittyneempiä tiedonsiirtostandardeja, kuten EIA422 ja EIA485. Näiden ero vanhempaan EIA232-standardiin on suurempi tiedonsiirtonopeus, monen lähettimen ja vastaanottimen yhtäaikainen käyttö, sekä pidemmät tiedonsiirtomatkat. (Tiedonsiirtostandardien eroja on lueteltu taulukossa 2). /5, s.283–287/

Taulukko 2 Tiedonsiirtostandardien eroavaisuudet /5, s.287/

Tyyppi	EIA232	EIA422	EIA485
Ajuri	yksirakenteinen	differentiaalinen	differentiaalinen
Ajurien määrä	1	1	32
Vastaanottimien määrä	1	10	32
Kaapelin pituus	n.20 m	1200 m	1200 m
Ajurin impedanssi	3 - 7 k Ω	100 Ω	54 Ω
Vastaanottimen syöttö	3 - 7 k Ω	4 k Ω	12 k Ω
Max. Tiedonsiirtonopeus	20 kb/s	10 Mb/s	10 Mb/s
Min. Ohjaussignaali	± 5 V	± 2 V	$\pm 1,5$ V
Max. Ohjaussignaali	± 15 V	± 5 V	± 5 V

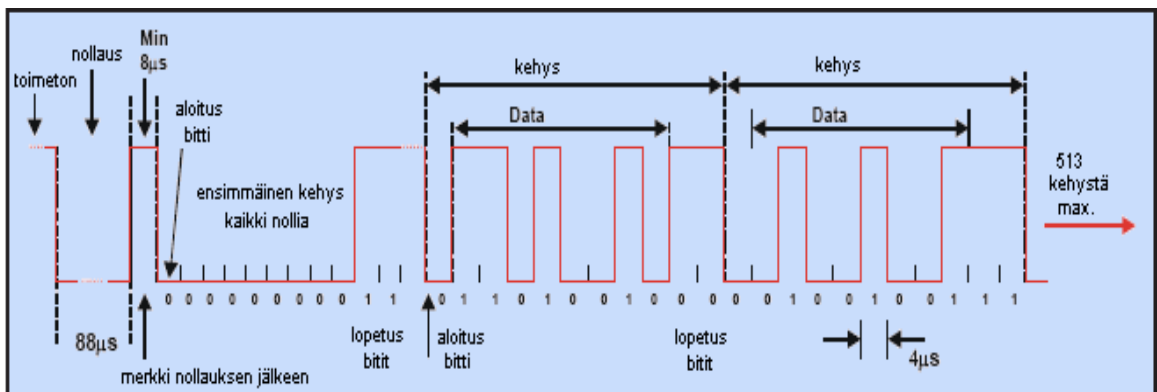
6.2.2 DMX

1990-luvulla syntyi kaksi erilaista multiplekseri-järjestelmää, toinen oli analoginen AMX192 ja toinen digitaalinen DMX512. Digitaalinen DMX512 saavutti maailmanlaajuisen kiinnostuksen, ja järjestelmää käytetään nykyisin moniin eri tarkoituksiin. Nimensä mukaisesti DMX512-järjestelmällä voidaan ohjata digitaalisesti 512 himmennyskanavaa. (Järjestelmän teknisiä ominaisuuksia on lueteltu taulukossa 3).

Taulukko 3 DMX512-järjestelmän teknisiä ominaisuuksia /5, s.289/

Tyyppi	DMX512
Liitin	5-pinninen XLR, myös RJ45 joissain tapauksissa
Max. Ohjattavissa oleva laitemäärä	512
Tasojen määrä/laitte	256 (8bit)
Tiedonsiirtonopeus	250 kb/s
Päivitysaika 512:lle himmentimelle	22,67 ms
Hyväksytyt tasot	0 - 255 desimaaleissa (00:sta FF:ään hex)

DMX512-järjestelmässä tieto lähetetään paketteina. Paketin sisältämä data kertoo kaikille ohjattaville laitteille niiden tehtävät. Lähettimen ei tarvitse lähettää kaikkea tietoa kerralla. Lähetin ei saa lähettää liian suuria paketteja ja sen on totettava ajoitussääntöjä, erityisesti bittien aloitus- ja lopetuskomentoja. Vastaanottavan pään on kyettävä ottamaan vastaan täysikokoisia paketteja maksiminopeudella. Vastaanottava pää tottelee vain niitä komentoja, jotka on sille tarkoitettu. Jokaisen vastaanottavan laitteen oletetaan pitävän edellinen tila päällä, kunnes sille annetaan uudet komennot. Tiedon valinta tapahtuu osoitekytkimien avulla. (Kuvassa 15 on havainnollistettu DMX512-järjestelmän tiedonsiirron datavirtausta).



kuva 15 DMX512 datavirtaus /5, s.288/

DMX-järjestelmässä yksittäinen tietoaihio ei sisällä varsinaista tunnistetta ja tietoaihion käyttökohde selviää ainoastaan järjestyksestä, jossa se on datapaketin sisällä. Aloituskäskyn jälkeen ensimmäinen tietoaihio menee ensimmäiselle himmentimelle, toinen toiselle ja niin edelleen. Järjestelmä mahdollistaa 8-bittisen tiedonleveyden, eli 256 eri tasoa jokaisella kanavalla, mutta se ei ota

kantaa siihen, mitä mikäkin bitti tarkoittaa valaistustasossa. Bittien tunnistaminen on jätetty himmentimien tehtäväksi.

DMX on simplex- eli yksisuuntainen järjestelmä. Tämä tarkoittaa sitä, että lähettin lähettää tietoa vastaanottajalle, mutta vastaanottajalta ei tule tilannetietoa takaisin lähettävälle yksikölle. Järjestelmään on kehitelty myös lisäys paluutietojen keräämistä varten, jolloin se toimii puolittain kaksisuuntaisesti, eli half duplex -menetelmällä. DMX-järjestelmän suurimpana heikkoutena on sen pieni kapasiteetti. Vaikka järjestelmällä voidaan ohjata 512 kanavaa, se ei ole riittävää esimerkiksi erilaisten liikkuvien valojen ohjaukseen, sillä jo yksi liikkuva valo tarvitsee käyttöönsä 24 kanavaa. Tämän vuoksi ohjainconsoleissa on usein useita DMX-laitteita kanavakapasiteetin kasvattamiseksi. Eräs ongelma on myös kanavien resoluutiossa. Kanavalla voi olla 256 eri tasoa valolle. Matalilla valaistustasoilla tämä on havaittavissa valon hyppäyksinä. Signaali ei myöskään kulje EIA485-standardin sallimaa 1200 metriä, vaan se rajoittuu noin 250 metriin. /5, s.288–290/

6.2.3 DSI

DSI on Tridonic ATCO -yhtiön kehittämä digitaalinen valaistusohjausjärjestelmä, joka tuli markkinoille vuonna 1992. Liitäntälaitteilla tai muilla komponenteilla ei ole osoitteita, vaan valaisimien ryhmittely pitää tehdä johdotuksen avulla. Keskusyksiköillä voidaan ohjata useaa kanavaa kerralla. DSI-ohjauksessa himmentäminen tapahtuu logaritmisesti.

DSI-signaali on alun perin tarkoitettu loistelamppujen ohjaamiseen, mutta erillisillä ohjaimilla voidaan himmentää myös muita lampputyyppejä, kuten halogeenilamppuja. DSI-signaalilla voidaan sytyttää ja sammuttaa valot, joten erillistä kytkentäohjausta ei tarvita, kuten 1–10 V ohjauksessa. DSI-järjestelmän kaapeloinnissa ohjauspiiri voi kulkea samassa kaapelissa yhdessä jännitteen syötön kanssa. Vaikka DSI ei ole ohjaustapana standardisoitu, se on yleisesti käytössä ja se kuuluu useiden merkittävien valaisin valmistajien tuotevalikoimaan. /6, s.506–507/

6.3 Muut ohjausjärjestelmät

Valaistuksenohjauksessa käytetään myös järjestelmiä, joita ei varsinaisesti ole suunniteltu tehtävää varten. Nämä järjestelmät ovat yleensä erilaisia rakennusautomaatiojärjestelmiä, jotka kykenevät ohjaamaan kokonaisten rakennusten toimintoja. Rakennusautomaatiojärjestelmät ovat valaistuksenohjausjärjestelmiä huomattavasti monimutkaisempia, ja niiden käytössä ja ohjelmoinnissa vaaditaan erityistä tietoa järjestelmän toiminnasta.

Protokollatoteutuksia verrataan usein ISO-standardin (International Standard Organization) OSI-malliin (Open Systems Interconnectionin). Protokollat pyrkivät noudattamaan kyseistä mallia. (Taulukossa 4 on selvitetty OSI-standardin mukaista rakennetta). /5, s.304–306/

Taulukko 4 OSI-standardin mukainen rakenne /5, s.304/

Kerros	Nimike	Selitys
7	Sovellus	Tapa/Sovellus jolla tietoa käytetään
6	Eitystapa	Määrittelee eri sovelluksien mahdollisuuksia käyttää tietoa
5	Yhteysjakso	Huolehtii kahden sovelluksen välisistä kyselyistä/vastauksista
4	Kuljetus	Tiedon luotettava siirto
3	Verkko	Määrittelee mihin datapaketit siirretään
2	Siirtoyhteys	Tiedon valmistelu siirtoa varten esim. Pakkaus
1	Fyysinen	Määrittelee esim. Liittimet

6.3.1 LON

LON on lyhenne sanoista Local Operating Network. LON on yleisin käytössä oleva avoin ja hajautettu järjestelmä rakennusautomaatiossa. Echelonin kehittämä LON-järjestelmä on hyvin yhteensopiva monien erilaisten ohjausjärjestelmien kanssa ja tämän vuoksi se on erittäin suosittu. LON on digitaalinen kaksisuuntainen sarjaväylä, joka on varustettu monipisteyhteyksillä. Sen perusideana on yhdistää toisistaan riippumattomien laitteiden ohjaus ja käyttö laitevalmistajasta riippumattomalle väylälle.

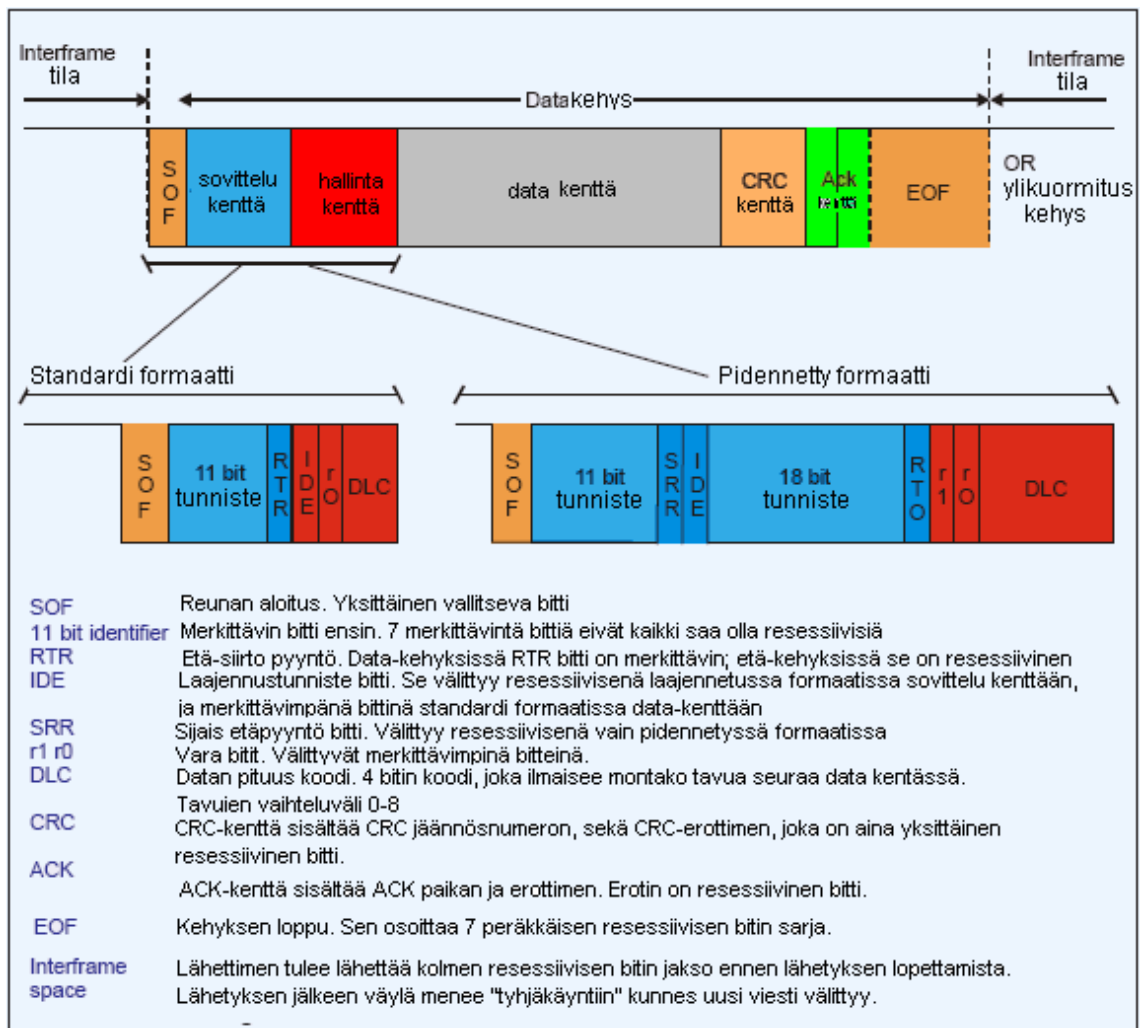
LON-järjestelmään voi liittää helposti esimerkiksi DMX- tai DALI-järjestelmän. LON käyttää standardin EIA485 mukaista signaalia tiedonsiirtoon. Järjestelmässä itsessään on tarpeelliset ohjaukset erilaisien valaistustilanteiden luomiseen. LON on hajautettu älykäs järjestelmä, ja sen yksiköt eli solmut ovat monipuolisesti ohjelmoitavissa. Jokainen solmu sisältää Neuron-piirin, väyläsovittimen, virtalähteen ja kiteen tai keraamisen oskillaattorin, jonka avulla prosessori ja väyläsovitin tahdistetaan. LONin melko korkeiden kustannusten vuoksi, sitä ei kannata käyttää pelkästään valaistuksenohjaukseen, vaikka se siihen kykeneekin. /5, s.306/

6.3.2 CAN

CAN on lyhenne englanninkielien sanoista Control Area Network. Robert Bosch GmbH kehitti järjestelmän alun perin autoteollisuuden tarpeisiin, mutta se on levinnyt laajasti myös muiden alojen käyttöön. CAN ei pyri olemaan täysin yhteensopiva kaikkien muiden järjestelmien kanssa. CAN-protokolla pyrkii ainoastaan säilyttämään kahden alimman OSI-standardin tason yhteensopivuuden.

CAN-järjestelmällä kyetään tehokkaaseen ja nopeaan reaaliaikaiseen ohjaukseen. Järjestelmä ei käytä tiedonsiirrossa osoitteellisuutta, vaan se lähettää kaikki viestit eteenpäin ilman osoitteita. Vastaanottava pää suodattaa kaikki viestit ja päättää, mitä se käyttää. CAN on vakiinnuttanut paikkansa valaistuksenohjauksessa, ja se on erittäin tärkeä osa kulkuvälineiden valaistuksenohjauksessa. CAN-järjestelmän piirit kykenevät huolehtimaan helposti keskikokoisten valaistusjärjestelmien ohjauksesta.

CAN on multi-master -järjestelmä, jonka suurin tiedonsiirtonopeus on 1 Mb/s. Erillinen CAN-solmu ei tarvitse tietoa järjestelmän asetuksista eikä se tarvitse erillistä osoitetta. Viestien pituudet pidetään suhteellisen lyhyinä. Teoriassa ei ole olemassa rajaa, joka rajoittaisi solmujen lukumäärää, mutta käytännössä rajan määrittää OSI-standardin fyysinen kerros. Solmuja voidaan liittää CAN-verkkoon ilman muutoksia ohjelmassa, laitteissa tai muissa solmuissa. Viestit lähetetään kaikille solmuille yhtäaikaaisesti. (Kuvassa 16 on havainnollistettu tiedon kehysten rakennetta CAN-järjestelmässä). /5, s.311–314/



kuva 16 CAN-järjestelmän datakehys formaatti. /5, s.312/

6.3.3 EIB

EIB-protokolla tukee useita siirtomedioita, kuten parikaapeli, radioverkko, sähköverkko ja infrapuna. Sen voi myös liittää muihin medioihin sillalla. EIB-verkko koostuu osista. Kokonaisjärjestelmä jakautuu enintään 15 alueeseen. Alue puolestaan jakautuu 15 linjaan. Normaalitilanteessa voi olla 64 liittijää jokaisessa linjassa. Koko järjestelmässä voi olla siis enintään 14400 solmua ilman toistimia.

EIB:n jokaisessa liittijässä on oma mikroprosessorinsa, eli siinä ei ole keskusyksikköä. Kaksi liittijää ja virtalähde väyläkaapelilla toisiinsa yhdistettyinä pelkästään voivat muodostaa pienimmän ryhmän. Tunnistimet ja toimilaitteet

kommunikoivat keskenään ryhmäosoitteen avulla, kukin ennalta ohjelmoidulla toiminnollaan. Ryhmäosoite voidaan antaa jokaiselle liittyjälle riippumatta liittymän sijaintipaikasta. Siksi esimerkiksi yhdellä kytkimellä voidaan ohjata laajalla alueella sijaitsevia valaisimia. /5, s.314/

7 VALAISTUKSEN ENERGIATEHOKKUUS

Energiatehokkuus on noussut keskeiseksi tekijäksi valaistuksessa. Euroopassa valaistukselle on asetettu ja ollaan asettamassa selkeitä raja-arvoja ja tuoterajoituksia direktiivien avulla. Valaistustekniikka on kehittynyt valtavasti viimeisten vuosikymmenten kuluessa ja digitaaliset valaistuksenohjausjärjestelmät ovat tämän kehityksen kärjessä. Valaisimiin kuuluvien komponenttien, kuten valonlähteiden, liitäntälaitteiden ja heijastinmateriaalien ominaisuudet ovat kehittyneet, samoin kuin tietämys tehokkaasta valonhallinnasta.

7.1 Yleistä

Euroopan Unionin alueella keskimäärin 14 prosenttia sähkönkulutuksesta käytetään valaistukseen. Lähes puolet tästä kuluu kaupallistenkohteiden, kuten toimistotilojen ja liiketilojen, valaistukseen. Siinä energiansäästömahdollisuudet ovat merkittävät. Euroopassa yli 60 prosenttia valaistuksesta on toteutettu vanhalla energiaa syöväällä tekniikalla. Uuden tekniikan käyttöönotto tapahtuu hyvin hitaasti, ja sitä pyritäänkin nopeuttamaan erilaisilla lainsäädöllisillä ja vapaaehtoisilla menetelmillä.

Valaistuksen energiankulutusta voidaan vähentää panostamalla valaistuksen suunnitteluun ja tilan valaistustarpeiden selvittämiseen. Energiaa voidaan säästää valitsemalla korkean hyötysuhteen omaava valaistusjärjestelmä, jossa on energiatehokkaat lamput ja liitäntälaitteet. Valaistuksen ohjausta hyödyntämällä esimerkiksi liiketunnistimin tai päivänvaloanturein saadaan aikaiseksi merkittäviä säästöjä. (Taulukossa 5 on havainnollistettu valaistukseen käytetyn sähköenergian säästöpotentiaalia Suomessa). /3/

Taulukko 5 Valaistukseen käytetyn sähköenergian säästöpotentiaali Suomessa /3/

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

7.2 Ohjauksen vaikutus energiatehokkuuteen

Valaistusasennuksen on täytettävä sille asetetut vaatimukset tuhlaamatta energiaa. Tämä tarkoittaa sopivan valaistusjärjestelmän, laitteiden ja ohjaustavan valintaa sekä luonnonvalon hyödyntämistä. Valaistuksen energiatehokkuus koostuu kolmesta tekijästä: valaistustavasta, käytötavasta ja ympäristöstä. Valaistustavassa huomioidaan valaisimen hyötysuhde, valonjako ja liitäntälaitte sekä lamppujen valotehokkuus ja värintoisto. Käyttötapa liittyy olennaisesti ohjauksiin. Ympäristö voi heikentää valaistuksen energiatehokkuutta, jos tilan pintojen väri on tumma tai työpisteet on sijoitettu epäedullisesti. Toisaalta ympäristö voi myös parantaa energiatehokkuutta, jos saatavilla on hyvin luonnonvaloa. Valaistuksen energiatehokkuuden määräytyminen on usean tekijän summa, jossa erilaisilla ohjaustavoilla on tärkeä osa.

Standardi, joka määrittää valaistuksen energiankulutuksen laskentametodin, on nimeltään EN 15193-1: Energy performance of Buildings - Energy requirements for lighting. Kiinteä valaistus on tärkeä osa julkisten rakennusten energiankäyttöä ja sen arvioimiseksi on kehitetty LENI-indeksi (Lighting Energy Numeric Indicator) ja se ilmaistaan muodossa kWh/m²/vuosi. Suomessa on aikaisemmin kiinnitetty huomiota valaistuksen asennettuun tehoon (neliometriä kohti), mutta nyt painopiste siirtyy tehon käyttöön ajan kuluessa eli energiaan. LENI-luku las-

ketaan koko rakennukselle ja sitä voidaan käyttää valaistukseen käytetyn energian vertailulukuna. Standardi esittelee tarkan ja pikalaskentamenetelmän LENI-luvun laskentaan sekä ohjeet valaistuksen energiankulutuksen mittaukseen. Standardia voidaan käyttää pohjana kansallisille suosituksille. /6, s.529–531/

LENI-indeksi toimii valaistuksen energiatehokkuuden mittarina. LENI-luku voidaan laskea kahdella eri tavalla: pikalaskentamenetelmällä ja tarkalla laskentamenetelmällä. Tarkalla menetelmällä laskettu LENI-luku on pienempi kuin pikalaskentamenetelmällä saatu arvo. Tarkka laskentamenetelmä soveltuu myös muun aikajakson käyttämiseen kuin vuosi. Laskelmat voidaan tehdä esimerkiksi kuukausi- tai viikkotasolla. LENI-luvun laskentaan ei sisälly ulkovalaistuskuormia. Rakennuksen LENI-luku lasketaan kaavalla 2

$$LENI_{laskettu} = W_{kokonais} / A \quad (2)$$

Valaistukseen kuluva vuotuinen kokonaisenergia on valaistuksen käyttöön kuluvan energian kulumäärän ja valaistuksen lepokulutuksen summa (kaava 3). Valaistusenergiaan sisällytetään kaikki valonlähteet ja toimilaitteet. Lepokulutukseen sisältyy liitantalaitteiden ja valonohjausjärjestelmän kuluttama energiamäärä, joka kuluu siitä huolimatta, että valaistus on sammutettu. Lepokulutukseen lasketaan mukaan myös turvavalaisuksen akkujen lataamiseen kuluva energia.

$$W = W_{valaistus} + W_{lepokulutus} \quad (3)$$

Valaistuksen energiakulutuksen arvioon vaikuttavat asennettu valaistuksen kokonaisteho P_n , erilaiset korjauskertoimet sekä käyttöaika. Vakiovalaistusohjauksella kompensoitava valovirran ylimitoitus otetaan huomioon korjauskertoimella F_C , johon vaikuttavat alenemakerroin ja huoltosuunnitelma. Korjauskertoimella F_D voidaan ottaa huomioon päivänvalon saatavuus. Kertoimen arvoon vaikuttavat päivänvalokerroin, valaistusvoimakkuus ja ohjausperiaate. Läsnäolon vaikutusta huomioidaan korjauskertoimella F_O , joka suhteuttaa valaistustehon käytön työntekijöiden läsnäoloaikaan. Kertoimeen vaikuttavat läsnä- ja poissaolon suh-

de, ohjausperiaate ja kokonaiskäyttöaika (valoisan t_D ja pimeään ajan t_N käyttö yhteensä). Valaistukseen kuluva energiamäärä (kWh) arvioidaan kaavalla 4

$$W_{valaistus} = \sum \{ (P_n \times F_C) \times [(t_D \times F_O \times F_D) + (t_N \times F_O)] \} / 1000 \quad (4)$$

Valaistuksen lepokulutukseen vaikuttavat turvavalaistuksen osalta turvavalaistimien akkujen tarvitsema latausteho P_{em} rakennuksen sisällä sekä akkujen latausaika (normaaliarvo $t_{em} = 8760$ h/vuosi). Lisäksi lepokulutukseen vaikuttavat liitäntälaitteiden ja ohjausjärjestelmien teho P_{pc} , kun valaistus on sammutettu ja aika, jolloin valaistus on sammutettu (normaaliarvo $t_y = 8760$ h/vuosi – $t_D - t_N$). Lepokulutukseen kuluva energiamäärä (kWh) arvioidaan kaavalla 5

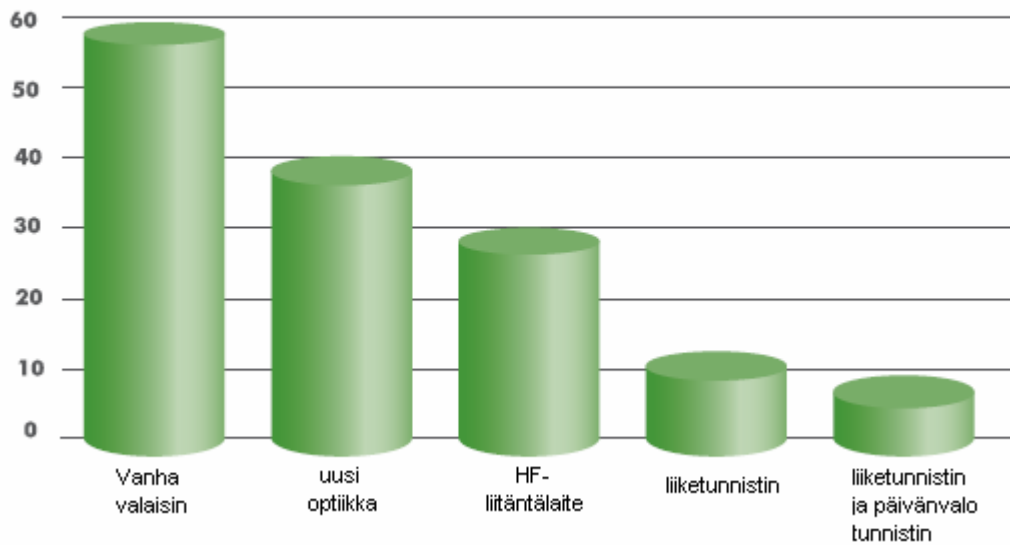
$$W_{lepokulutus} = \sum \{ \{ P_{pc} \times [t_y - (t_D + t_N)] \} + (P_{em} \times t_{em}) \} / 1000 \quad (5)$$

LENI-luvun laskennassa käytetyistä käyttöajoista, korjauskertoimista ja oletuksista saa tietoa standardista SFS-EN 15193. On olemassa myös joitakin tietokoneohjelmia, joilla voidaan tehdä LENI-luvun laskenta valaistussuunnitelmaan perustuen. /6, s.529 - 531/

Erilaisten ohjausratkaisujen vaikutusta LENI-lukuun havainnollistaa kuva 17. Kuvasta voidaan havaita, että älykkäällä valaistusohjausratkaisulla voidaan pienentää ominaisenergiankulutusta merkittävästi, eli toisin sanoen parantaa energiatehokkuutta.

Energiakustannukset:

kWh/m²



Kuva 17 Ohjauksen vaikutus valaistuksen kuluttamaan energiaan /8/

8 SOKOS HOTEL LAPPEEN VALAISTUKSEN OHJAUS

8.1 Yleiskuvaus

Opinnäytetyöni aiheena oli toteuttaa Sokos Hotel Lappeen valaistuksenohjaus DALI-järjestelmällä. Hotellien valaistus onkin nykyään pitkälti ohjattua etenkin isoimmissa kiinteistöissä. Erilaiset ohjausjärjestelmät pitävät huolen ohjauksesta. Hotellien valaistuksessa kiinnitetään erityisesti huomiota toimivuuteen ja visuaaliseen näyttävyyteen. Uusia, hyödyllisiä ja automatisoituja ratkaisuja kehitellään jatkuvasti lisää. Koska DALI on tarkoitettu melko yksinkertaiseksi järjestelmäksi, jo perustietojen osaaminen auttaa isojen ja monimutkaisten kokonaisuuksien suunnittelussa.

Opinnäytetyön tarkoitus oli toteuttaa toimistotilojen ja aulan valaistuksenohjaus insinööritoimisto Karelplan Oy:n suunnitelmien mukaan. Saneerauksen sähkötyöt kuuluivat Novoka Oy:lle. Työ tapahtui samaan aikaan koko Sokos Hotel Lappeen saneerauksen kanssa. Yhteensä suunnitelma pitää sisällään yksitoista erilaista ohjattavaa ryhmää. Ryhmien ohjaustoiminnot poikkeavat jokseenkin

toisistaan ja niiden ohjaukset onkin toteutettu erilaisilla DALI-komponenteilla. Erilaisia valaistustilanteita ryhmille ovat muun muassa: on/off-tilanteet, erilaiset himmennysasteet ja läsnäolotoiminnot.

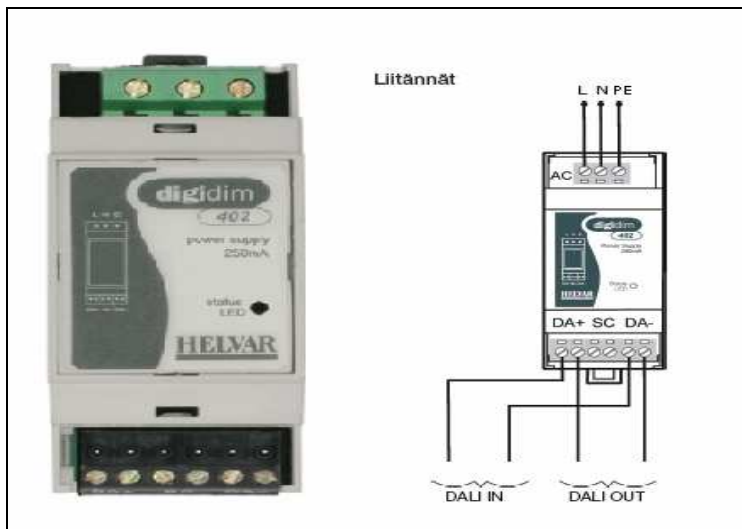
DALI-komponenttien valmistajina toimivat monet tunnetut yhtiöt, kuten Helvar, Osram ja Philips. Eri valmistajien tuotteet poikkeavat toisistaan, vaikka niiden toimintaperiaate onkin sama. Tässä työssä on käytetty Helvarin Digidim-tuoteperheen komponentteja Karelplan Oy:n suunnitelmien mukaan. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että juuri Helvarin tuotteet olisivat muita parempia. Työn tarkoituksena ei ollut vertailla eri valmistajien tuotteita. Käytetyistä komponenteista löytyi helposti tarvittavaa tietoa, ja mielestäni komponentit olivat sopivia tämän kaltaiseen järjestelmään.

8.2 DALI-komponentit

Digidim 402, teholähde

DALI-järjestelmä tarvitsee teholähteen, joka syöttää järjestelmän DALI-väylälle virtaa, maksimissaan 250 mA. Järjestelmässä ei kuitenkaan saa olla kytkettynä kuin yksi teholähde, muuten DALI-alueen maksimivirta ylitetään.

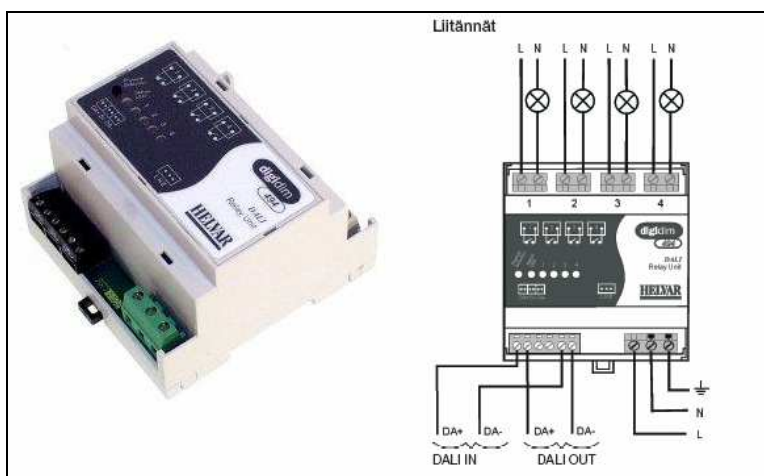
Joissakin säätimissä teholähde on integroituna itse säätimeen, jolloin erillistä teholähdettä ei tarvita. Digidim 402 -teholähde on DIN-kiskoasenteinen ja se on oikosulkusuojattu. Tässä työssä käytetyillä DALI-komponenteilla ei ole itsessään teholähteitä, lukuun ottamatta EL-siiliäntäilaitteita, joten järjestelmä vaatii erillisen teholähteen. Teholähteenä on käytetty Digidim 402 -teholähdettä (kuva 18). /10/



Kuva 18 Digidim 402, tehrolähde

Digidim 494, releyksikkö

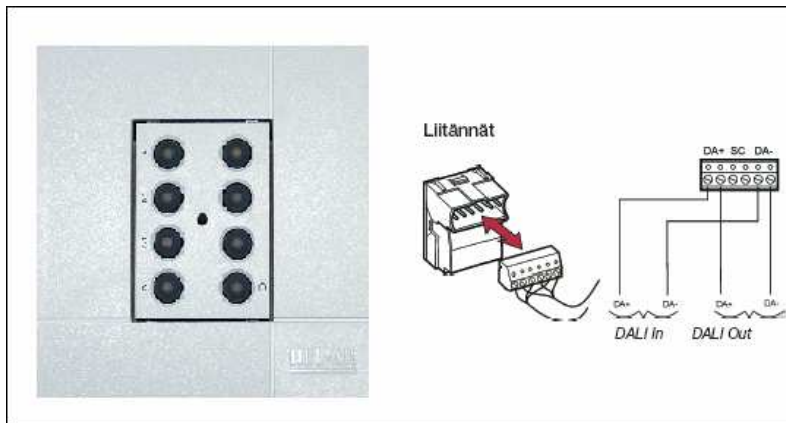
Digidim 494 -releyksikkö (kuva 19) on DALI-yhteensopiva laite, joka mahdollistaa kytkettävien kuormien liittämisen järjestelmään. DIN-kiskolle asennettava yksikkö voi ohjata neljää erikseen ohjelmoitavaa relettä. Releet ovat yleensä potentiaalivapaita, ja ne voivat kytkeä maksimissaan 10 ampeeria resistiivistä kuormaa. Releet ovat keskenään eristettyjä, joten on mahdollista käyttää eri vaiheisia jännitteitä. Kaikkia DALI-toimintoja voidaan ohjata Digidim Toolbox-ohjelmiston avulla. Jokaista relettä voidaan myös ohjata manuaalisesti kytkimen avulla. Releyksikössä ei ole itsessään DALI-teholähdettä. /11/



Kuva 19 Digidim 494, releyksikkö /11/

Digidim-ohjauspaneeli

DALI-järjestelmiin on tarjolla erilaisten tarpeiden mukaan monenlaisia ohjauspaneeleita, kuten liuku-, kierto- ja painokytkimiä. Painokytkimiä ovat perinteiset on/off-kytkimet sekä paneelit, joihin voidaan ohjelmoida useita erilaisia valaistustilanteita. Jokaisessa paneelissa on LED-ilmaisimien ja infrapunavastaanotin, joka mahdollistaa kauko-ohjauksen infrapunakauko-ohjaimella. Kauko-ohjaimella on mahdollista ohjata järjestelmän perustoimintoja. Digidim-ohjauspaneelit ovat täysin DALI-yhteensopivia ja ne ovat täysin ohjelmoitavissa. Tässä työssä käytetään Digidim 126 -ohjauspaneelia, johon voidaan ohjelmoida seitsemän eri valaistustilannetta (Kuva 20). Paneelissa on myös off-painike. /12/



Kuva 20 Digidim-ohjauspaneeli /12/

Digidim 312, Multisensori

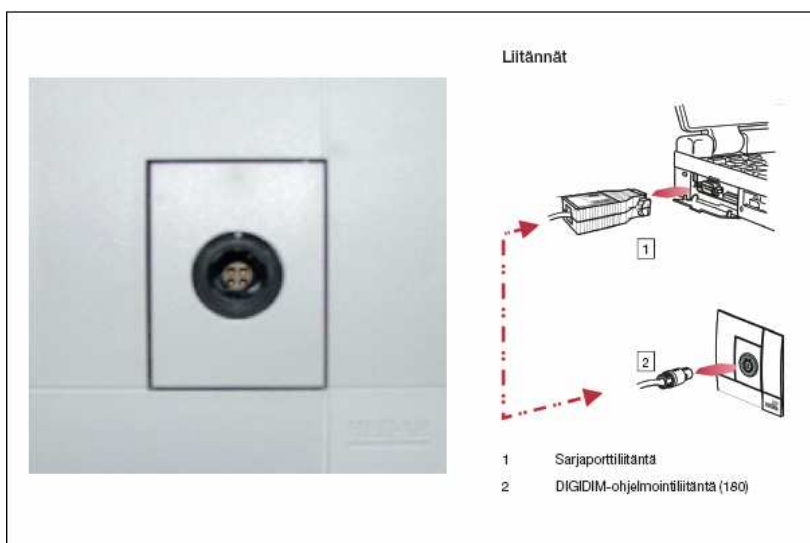
Digidim-multisensori (Kuva 21) sisältää valotunnistimen, liikkeentunnistimen (passive infra-red, PIR) ja infrapunavastaanottimen kauko-ohjainta varten. Liikkeentunnistin tunnistaa läsnäolon huoneessa ja valotunnistin mittaa huoneessa olevan valon määrää. Multisensori on suunniteltu asennettavaksi kattoon tai valaistusrakenteisiin. Multisensori on täysin ohjelmoitavissa Digidim Toolbox-ohjelmiston avulla. Multisensorissa on viisi DIL-kytkintä, joilla laitteen asetuksia voidaan muuttaa. Kytkinasetukset voidaan ohittaa Digidim Toolbox -ohjelman avulla. /13/



Kuva 21 Digidim 312, multisensori /13/

Digidim-ohjelmointiliityntäpiste

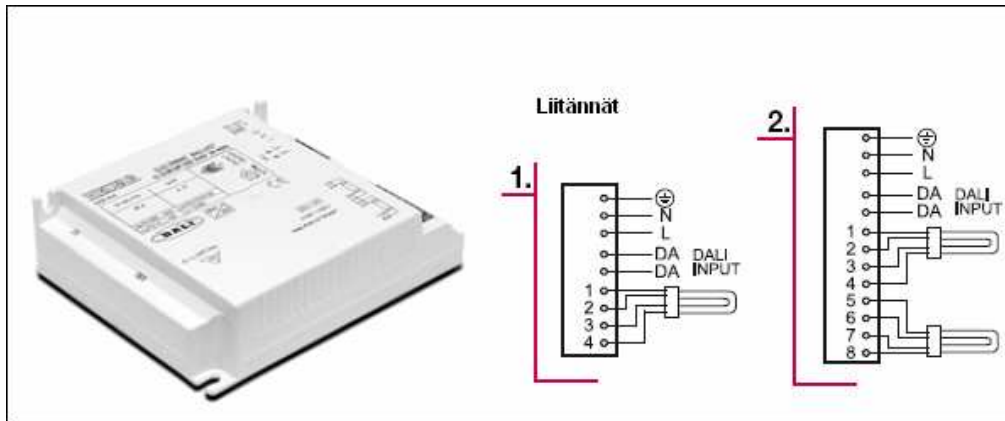
Jotta järjestelmään voidaan ohjelmoida eri valaistustilanteita tietokoneohjelmiston avulla, täytyy tietokone saada liitettyä DALI-järjestelmään. Digidim-sarjaliitântä on pienikokoinen liitântärasia, joka yhdistää DALI-järjestelmän tietokoneen RS232-sarjaporttiin (Kuva 22). Tietokone ja DALI-järjestelmä ovat optisesti eristetty toisistaan. Ohjelmointiliityntäpiste voidaan asentaa ohjauspaneelien tavoin kojerasiaan. Ohjelmointiliityntäpisteen ja tietokoneen välille kytketään kaapeli, joka liitetään tietokoneen RS232-sarjaporttiin. /14/



Kuva 22 Digidim-ohjelmointiliityntäpiste /14/

EL-si, digitaalinen liitäntälaite

Työssä on käytetty Helvarin EL-si TC-TE 2x32 W -liitäntälaitteita pienloistelampuille (Kuva 23). Helvarin elektronisissa liitäntälaitteissa käytetään alan standardin mukaista digitaalista DALI-protokollaa, joka mahdollistaa portaattoman säädön välillä 1–100 prosenttia kaikkiin valonohjausjärjestelmiin. EL-si-liitäntälaitteissa on sisäänrakennettu virtalähde DALI-järjestelmälle (20 mA), joka sallii valonohjaustuotteiden käytön ilman ulkoista virtalähdettä. EL-si-liitäntälaitteella saavutetaan minimaaliset tehohäviöt, alhaiset käyttölämpötilat sekä lampujen pitkä käyttöikä. (Liitäntälaitteen sisäistä toimintaa on havainnollistettu liitteessä 6). /15/



Kuva 23 EL-si-liitäntälaite pienloistelampuille /4/

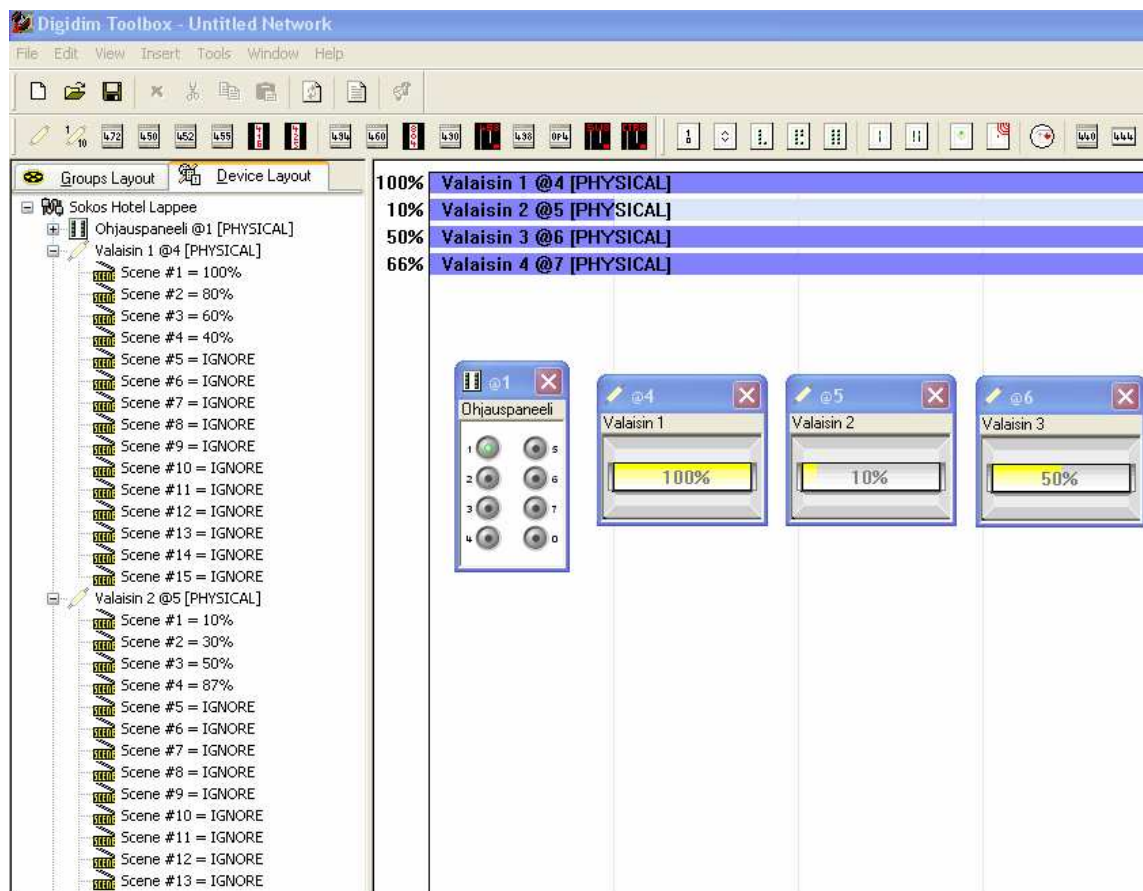
8.3 Ohjelmisto

DALI-järjestelmä voidaan ohjelmoida tietokoneohjelman avulla. Eri valmistajilla on erilaisia ohjelmia tähän tarkoitukseen. Helvarin Digidim Toolbox -ohjelmisto on Windows®-pohjainen sovellus Digidim-valonohjausjärjestelmän suunnitteluun, ohjelmointiin ja ylläpitoon. Ohjelmistoa voidaan käyttää joko offline- tai online- tilassa (Kuva 24).

Offline-tila tarkoittaa sitä, että ohjelmaa ei ole kytketty DALI-järjestelmään. Tällöin ohjelmaa voidaan käyttää järjestelmän suunnitteluun. Myös järjestelmän toiminta voidaan testata simuloimalla ennen fyysisen järjestelmän asentamista.

Offline-suunnitelmat on mahdollista tallentaa myöhempää käyttöä varten ja asetukset voidaan siirtää helposti oikeaan järjestelmään.

Online-tilassa ohjelmisto on kytketty järjestelmään, tällöin muutokset tulevat voimaan heti. Ohjelma myös varmistaa, että kaikilla DALI-komponenteilla on yksilöllinen osoite. Virtuaalisia komponentteja, jotka toimivat fyysisen järjestelmän kanssa, voidaan lisätä ohjelman avulla esimerkiksi testausta varten. Online-tilassa ohjelmaa voidaan käyttää järjestelmän hienosäätöön. /14/



Kuva 24 Digidim Toolbox -ohjelmisto on graafinen käyttöliittymä

Ohjelmointitilassa jokainen liitântälaite määrittelee itselleen 24 bitin satunnaisen osoitteen, jonka jälkeen ohjausyksikkö määrittelee 6 bitin lyhytosoitteen (0–63) jokaiselle liitântälaitteelle. Ohjelmistolla voidaan säädellä liitântälaitteiden lyhytosoitteet halutuiksi. Käytössä olevat liitântälaitteet voidaan jakaa 16 eri ryhmään, ja jokainen liitântälaite voi esiintyä myös useammassa ryhmässä. Ohjel-

mointitilassa määritellään myös valaistustilanteet liitälaitteille. Jokainen liitälaitte kykenee 16 erilaisen valaistustilanteen taltiointiin. Valaistustilanteet voidaan ottaa käyttöön myös ryhmäkohtaisesti.

Tyypillisiä ohjelmistolla suoritettavia komentoja liitälaitteille ovat esimerkiksi: "Off", "On", "Step Up", "Step Down", "Go To Scene", "Set Max", ja "Set Fade Time/Rate". Ohjelmointitilassa voidaan seurata liitälaitteilta ohjauksikköön tulevia viestejä. Liitälaitte ilmoittaa, mihin ryhmään se kuuluu, satunnaisen osoitteen, millä 16 valaistustilanteesta se toimii ja mahdolliset vikatilat. (Liitteessä 7 on havainnollistettu komentojen rakennetta).

8.4 Ohjauksen toteutus

DALI-komponentit, kuten releyksiköt, tehonlähde sekä johdonsuojakatkaisijat, asennetaan ryhmäkeskukseen RK-12. Liitteen 2 keskuskaaviossa on kuvattu tarkemmin laitteiston asennus, käytetyt johdonsuojakatkaisijat, ryhmät ja kaapeloinnit. Kaapelireitit ovat valmiina suunnitelmassa, ja samalla on otettu huomioon, että DALI-väylän kaapelien maksimipituus 300 metriä ei ylitä. Kaapelireitit, valaisimien sijoittelu ja DALI-komponentit on kuvattu liitteen 3 valaistuksen vahvavirtapiirustuksessa. Valaisimien ja DALI-komponenttien jako eri ryhmiin ja ryhmille asetetut toiminnot on kuvattu liitteen 4 valaistuksen ohjauspiirustuksessa. Käytetyt valaisimet ja niiden positiot on lueteltu liitteen 5 valaisinluettelossa.

DALI-väylän kaapelointiin on käytetty PVC-eristeistä heikkovirtakaapelia KLM 2x0,8. Käytetyt valaisimet saavat sähkönsyöttönsä normaaliin tapaan ryhmäkeskuksesta, jossa DALI-komponentit sijaitsevat. Ohjelmointiliityntäpiste on asennettu seinälle ryhmäkeskuksen viereen. Modulaariset ohjauspaneelit on sijoitettu hotellin vastaanoton läheisyyteen. Ohjauspaneelit ja ohjelmointiliityntäpiste on asennettu normaaleihin kojerasioihin. Multisensorit on asennettu suunnitelman mukaisesti kahden toimistohuoneen ja matkatavaravaraston kattoihin. Ohjelmointiliityntäpiste, ohjauspaneelit ja multisensorit on kytketty DALI-väylään, joka taas on yhteydessä keskuksessa oleviin releyksiköihin ja tehonlähteeseen.

Yhdessä DALI-väylässä voi olla maksimissaan 16 valaistusryhmää. Sokos Hotel Lappeen tapauksessa ryhmiä tarvitaan yksitoista kappaletta. Ryhmät on rajattu katkoviivalla liitteen 4 valaistuksen ohjauspiirustuksessa. Ryhmiä 1, 3 ja 5 ohjataan multisensorien avulla käyttäen läsnäolotunnistusta. Muiden ryhmien toimintoja ohjataan modulaarisilla ohjauspaneelilla. Erilaiset ohjaustilanteet määritellään Digidim Toolbox -ohjelmistolla. Esimerkiksi läsnäolotunnistuksessa asetellin ryhmien 1, 3 ja 5 valaisimet syttymään kahden sekunnin kuluessa siitä, kun multisensori havaitsee liikkeen. Ryhmien valaisimet sammuvat, mikäli multisensori ei havaitse liikettä kahdeksan sekunnin kuluessa. Valaisinpositiot 4, 7 ja 8 on varustettu Helvarin EI-si TC-TE -elektronisilla liitälaitteilla, jotka mahdollistavat useiden erilaisten valaistustilanteiden käytön. Ryhmissä, jotka vaativat useampia erilaisia ohjaustilanteita on käytetty positioiden neljä, seitsemän ja kahdeksan liitälaitteilla varustettuja valaisimia. Muiden valaisinpositioiden valaisimia ohjataan Digidim 494 -relekyksiköillä.

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyötä aloittaessani DALI-järjestelmä oli minulle täysin vieras käsite. Tiesin kyllä, että digitaalisia valonohjausjärjestelmiä on olemassa, mutta ajattelin niiden lähinnä kuuluvan rakennusautomaatiojärjestelmiin. Tietoja etsiessä havaitsin, että kyseinen järjestelmä on melko uusi, sillä melkein kaikki sitä käsittelevä informaatio on 2000-luvun puolelta. Huomasin myös, että DALI-järjestelmä ei ollut kovinkaan tunnettu työ- ja opiskelijatovereideni keskuudessa, sillä harva oli ylipäänsä kuullut kyseisestä järjestelmästä.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä DALI- valaistuksenohjausjärjestelmään ja toteuttaa Sokos Hotel Lappeen aulan ja toimistotilojen valaistuksenohjaus järjestelmällä. Tekemäni työ vastaa melko hyvin alkuperäistä suunnitelmaamme, josta Raimo Mäkisen kanssa sovimme. Opinnäytetyöpaikan sain ollessani kesällä 2009 työharjoittelussa Novoka Oy:ssä, jolloin sovimme Urpo Novamon kanssa, että DALI-järjestelmään perehtyminen olisi hyvä aihe opinnäytetyölle.

Opinnäytetyössäni sain hyvin perehdyttyä DALI-järjestelmään ja sen toimintaan. Perehdyin myös muihin ohjausjärjestelmiin saadakseni paremman käsityksen valaistuksenohjauksesta ja sen kehityksestä. Myös itse valaistuksenohjauksen toteutus ja ohjelmointi onnistui hyvin, vaikka aihe oli minulle ennestään vieras. Opinnäytetyön aikana opin paremmin hahmottamaan sähkötyökohteen kokonaiskuvaa ja kohteen toteutusta. Lisäksi opin paljon DALI-järjestelmästä, DALI-komponenteista ja itse ohjelmointityöstä. Mielestäni sain hyvän kokonaiskuvan siitä, mitä tällaisen järjestelmän toteuttaminen vaatii ja mitä valmiuksia pitää olla ryhtyäksään suunnittelemaan isompien kohteiden valaistuksenohjauksen toteutusta.

Haluaisin lopuksi kiittää Novoka Oy:n toimitusjohtajaa Urpo Novamoaa opinnäytetyöpaikasta, sekä DI Raimo Mäkistä antamastaan ohjauksesta ja neuvoista työn aikana. Lisäksi haluaisin kiittää vanhempiani pyyteettömästä tuesta opintojeni aikana.

KUVAT

- Kuva 1 Esimerkki huoneiden ohjaamisesta DALI-järjestelmällä, s.11
- Kuva 2 DALI-laitteet, s.12
- Kuva 3 Manchester-koodi, s.13
- Kuva 4 DALI-väylän jännitteen vaihteluväli, s.15
- Kuva 5 DALI-ohjauksen ominaiskäyrä, s.16
- Kuva 6 Sarjakytkentä, s.18
- Kuva 7 Tähtikytkentä, s.18
- Kuva 8 Yhdistelmäsäilytys, s.19
- Kuva 9 Digidim reititinjärjestelmän periaate, s.20
- Kuva 10 DALI erillisenä järjestelmänä, s.21
- Kuva 11 DALI erillisenä alajärjestelmänä, s.21
- Kuva 12 DALI pelkkänä alajärjestelmänä rakennusautomaatiossa, s.22
- Kuva 13 Diodin käyttö ohjauslinjassa, s.24
- Kuva 14 Standardin mukaiset valaistus- ja jännitetasot, s.25
- Kuva 15 DMX512 datavirtaus, s.30
- Kuva 16 CAN-järjestelmän datakehys formaatti, s.34
- Kuva 17 Ohjauksen vaikutus valaistuksen kuluttamaan energiaan, s.39
- Kuva 18 Digidim 402, teholähde, s.41
- Kuva 19 Digidim 494, releyksikkö, s.42
- Kuva 20 Digidim-ohjauspaneeli, s.43
- Kuva 21 Digidim 302, multisensori, s.44
- Kuva 22 Digidim-ohjelmointiliityntäpiste, s.45
- Kuva 23 EL-si-liitäntälaitte pienloistelampuille, s.46
- Kuva 24 Digidim Toolbox -ohjelmisto, s.47

TAULUKOT

Taulukko 1 0–10 V standardi, s.24

Taulukko 2 Tiedonsiirtostandardien eroavaisuudet, s.29

Taulukko 3 DMX512-järjestelmän teknisiä ominaisuuksia, s.30

Taulukko 4 OSI-standardin mukainen rakenne, s.32

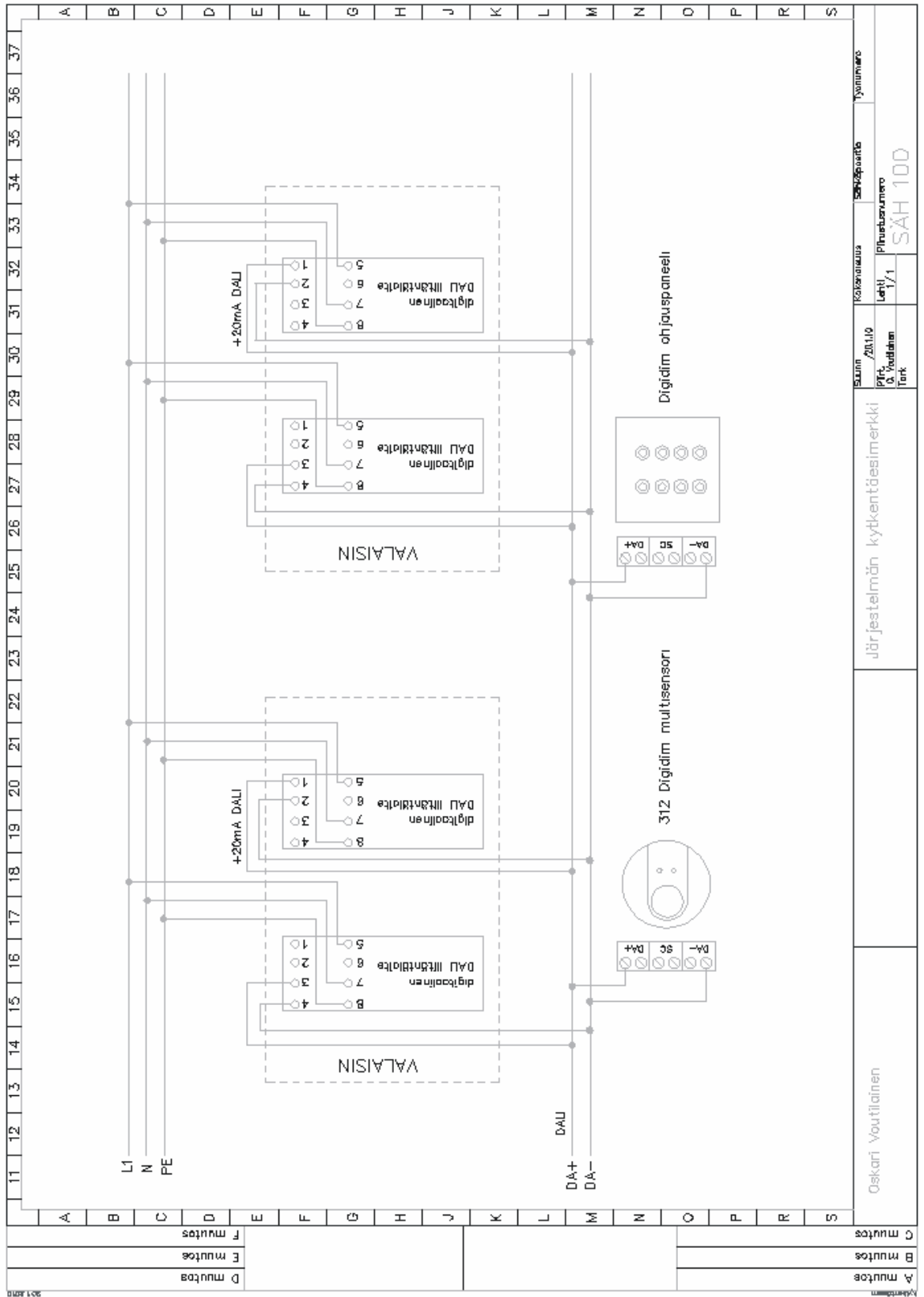
Taulukko 5 Valaistukseen käytetyn sähköenergian säästöpotentiaali Suomessa, s.36

LÄHTEET

- /1/ DALI-manual, [www- sivu].
http://www.dali-ag.org/c/manual_gb.pdf (Luettu 1.2.2010)
- /2/ Valo-lehti, 2/2003
- /3/ Energiatehokkaan valaistuksen Datasheet [www-sivu].
http://www.valosto.com/tiedostot/Energiatehokas_valaistus.pdf
(Luettu 8.2.2010)
- /4/ EI-si Digital (DALI) -liitäntälaitteen Datasheet [www-sivu].
<http://www.helvar.com/default.asp?path=3386,3400,3474,3494&lan=FI> (Luettu 9.2.2010)
- /5/ Lighting control – technology and applications. Robert s. Simpsons
Focal Press, Italy, 2003
- /6/ Valaistussuunnittelijan käsikirja, Fagerhult, 2007
- /7/ TridonicAtco 2009a. Datasheet [www- sivu].
http://www.tridonicatco.com/kms/media/uploads/pca_t5_excel_one_4all_ip_xitec_en.pdf (Luettu 12.2.2010)
- /8/ Glamox, kouluvalaistusratkaisuja Datasheet [www-sivu].
<http://www.glamox.fi/glx/DesktopModules/ViewDocumentation.aspx?tabindex=1&tabid=10030&L=EN&M=0&DocumentId=121536> (Luettu 22.2.2010)
- /9/ DALI-opas, TridonicAtco [www-sivu].
http://www.tridonicatco.com/kms/media/uploads/dalimanual_en_V1.pdf (Luettu 24.2.2010)
- /10/ Digidim 402 -teholähteen Datasheet [www-sivu].
<http://www.electrosonic.fi/helvar/lataa/digidim402.pdf> (Luettu 2.3.2010)
- /11/ Digidim 494 -releyksikön Datasheet [www-sivu].
<http://www.electrosonic.fi/helvar/lataa/digidim494.pdf> (Luettu 2.3.2010)
- /12/ Digidim modulaaristen ohjauspaneelien Datasheet [www-sivu].
<http://www.electrosonic.fi/helvar/lataa/paneelit.pdf>
(Luettu 2.3.2010)
- /13/ Digidim multisensorin Datasheet [www-sivu].
<http://www.electrosonic.fi/helvar/lataa/digidim312.pdf> (Luettu 2.3.2010)

- /14/ Digidim Toolbox -ohjelmistopakettien Datasheet [www-sivu].
<http://www.electrosonic.fi/helvar/lataa/digidim502.pdf> (Luettu 2.3.2010)
- /15/ EI-si Digital (DALI) -liitäntälaitteen esite [www-sivu].
<http://www.helvar.com/default.asp?path=3387,3404,3680&lan=FI&index=Xpage=1&article=5334> (Luettu 2.3.2010)

LIITE 1



RYHMÄ	KÄYTTÖ	NIMITYS	A / A	KÄYTTÖALUE, m ²	HUONE	MÄÄTOS
		DALI TEPLÄÄNIE PÄÄKÄÄYTTÖ	B6			
		DALI VÄLÄ		MU 3x0,9		
		VALAISTUS, HOTELLIKUILA, POS. 5	10 B	2xMU 3x0,55		
		VALAISTUS, HOTELLIKUILA, POS. 6	10 B	MU 3x0,55		
		VALAISTUS, HOTELLIKUILA, POS. 2	10 B	MU 3x0,55		
		VALAISTUS, HOTELLIKUILA, POS. 10	10 B	MU 3x0,55		
		VALAISTUS, HOTELLIKUILA, POS. 9	16 B	MU 3x0,85		
			16 B			
		VALAISTUS, HOTELLIKUILA, POS. 3	10 B	MU 3x0,55		
			10 B			
		VALAISTUS, HOTELLI, ALLAS, POS. 4 JA 8	3BKS	MU 3x0,55		
		VALAISTUS, HOTELLI, TILIT, POS. 7	3BKS	MU 3x0,55		
			3BKS			
		NAAD. PISTORASIT	B16	MU 3x0,55		
		NAAD. PISTORASIT	B16	MU 3x0,55		
		NAAD. PISTORASIT	B16	MU 3x0,55		
		NAAD. PISTORASIT	B16	MU 3x0,55		
		NAAD. PISTORASIT	B16	MU 3x0,55		
		NAAD. PISTORASIT	B16	MU 3x0,55		

L1, L2, L3, N, PE

KARELPLAN OY
Kouvola-tuuli 47
53100 LAPPEENRANTA

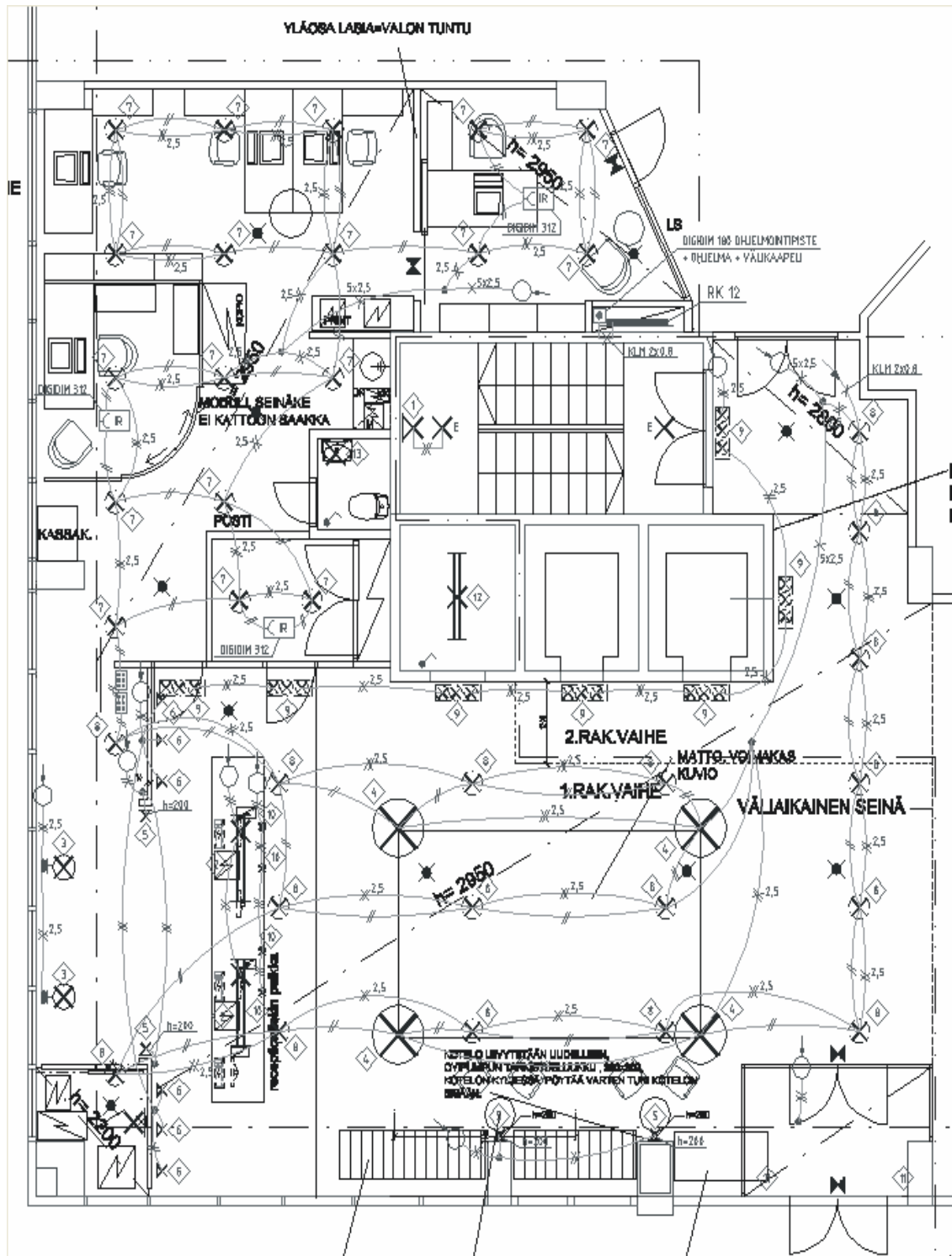
Puh. 29 7 2008
Faksi Puh
Kesk. Puh
Te.L. 05-611 6116
Faksi 05-611 6119

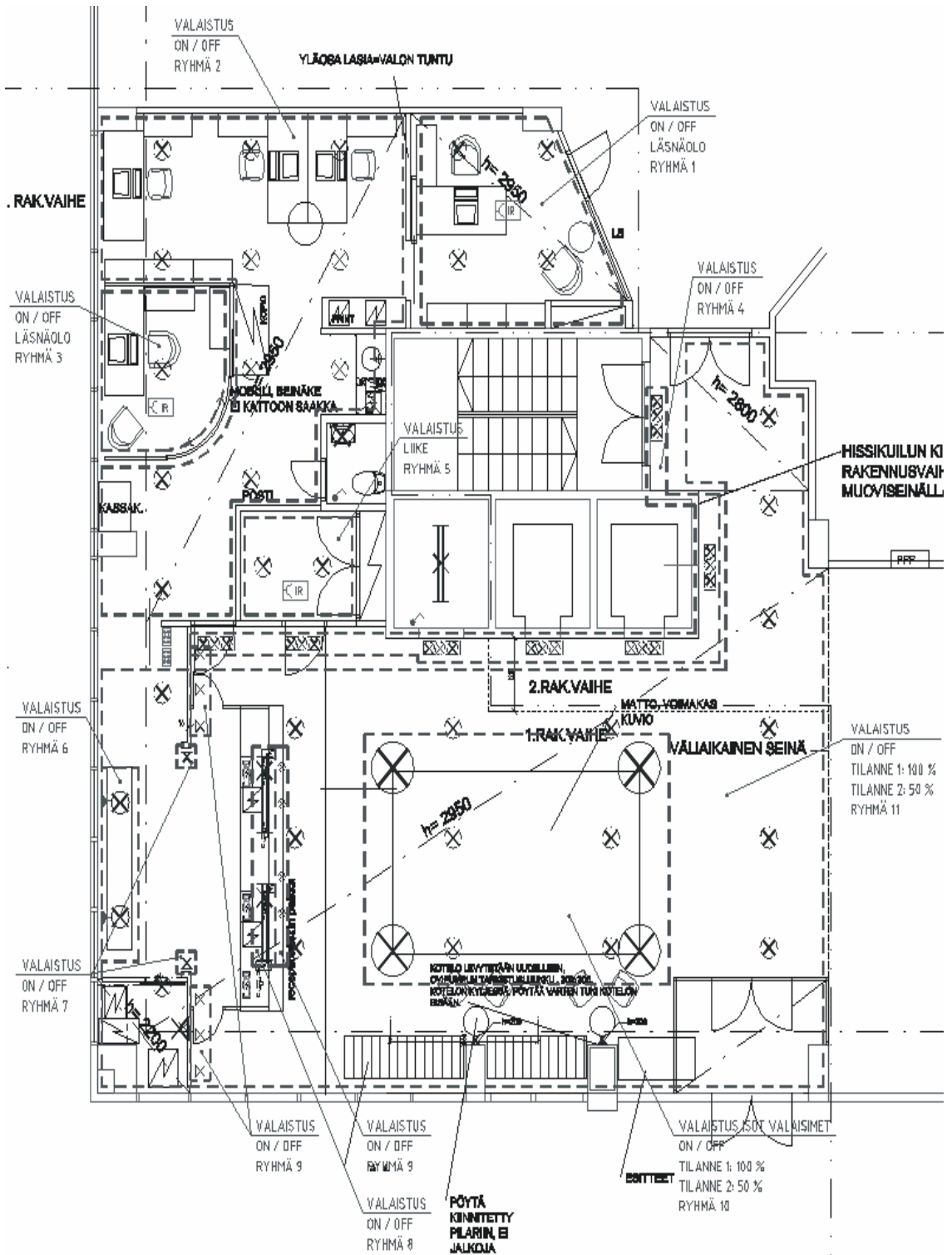
SOIKOS HOTEL LAPPEE
BRA HEIKKA TU 7
53100 LAPPEENRANTA

RYHMÄKESKUS RK 12
PÄÄKÄÄYTTÖ

Yhteismäärä: 2 497 9
Art. mää: 201

Laitteiden määrä: 2/3





KARELPLAN OY
 Kauppakatu 67
 53100 LAPPEENRANTA
 Puh. 05-614 6600, fax. 05-614 6649

VALAISINLUETTELO

Pvm. 31.5.2006
 Muutos pvm.
 Rev.

**SOKOS HOTELL LAPPEE, AULA JA TAUSTATILOJEN SANEERAUS
 BRAHENKATU 1, 53100 LAPPEENRANTA**

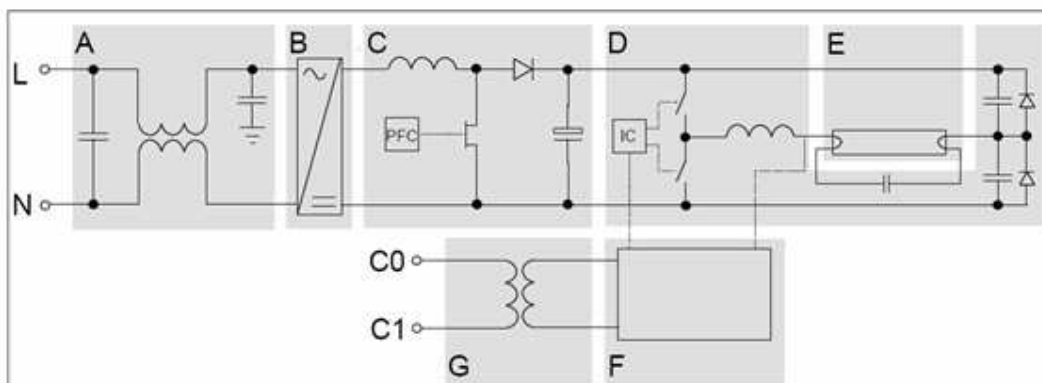
POS.	VALAISINTYYPPI	LUMIHELO		PÄLÖKYKY	HÄIKÄYSTYÖKYKY	TEHO W	LAMPPI	ASENNUSKORKEUS	KORKEUSMÄÄRIT	ASENNETTU VALAISIN	PÄIVÄSTUS (MP)			MUKOIN	MUKOIN	MUKOIN	
		ALD	SPU								102						
1	BOVER SILANTRA 05, 1000x1000						L	P/S						5	X1)		
2	BOVER SILANTRA 075, 1270x270						L	V						2	X1)		
3	ELTORRENT SUITE SU.036.S0						3x21 PL E-27							2	X1)		
4	ELTORRENT DAYA DA.050.ING						6x11 PL	P						4	X1), DALI LITÄNTÄ		
5	LATTIA ACDC MINICUBEUS, AL. V, 6 ASTE						LED	U						4	X2), LED VALKOINEN		
6	SEINA ACDC MINICUBEUS, AL. V, 6 ASTE						LED	U						6	X2), LED VALKOINEN		
7	IGUZZINI 3591, VALKOINEN UPOTUSKALU	07-08	415	23			2x32 TC-TEL	U						18	X2), DALI LITÄNTÄ		
8	IGUZZINI 3591, VALKOINEN UPOTUSKALU	07-08	415	23			2x32 TC-TEL	U						17	X2), DALI LITÄNTÄ		
9	IGUZZINI PIXEL PLUS 4276, PANEELI 44800	07-08	452	43			20 MM	U						7	X2), VALKOINEN		
10	IGUZZINI PIXEL PLUS 4278	07-08	452	43			20 MM	U						4	X2)		
11	IGUZZINI MINIMAL 6849, 4x75+55	07-09	364	23			20	U						2	X2)		
12	IDMAN TWINNY 331TSW 2xTL-D36040	06-07	235	44	OA		2x36 L840	P						1			
13	GALMOX SALA T5114HF +PR			44	M		1x14 L840	S						1			
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	

Työno 249719
 Pllr. no 601
 Ark. no

1/1

601

Liite 6. Elektronisen liitälaitteen sisäiset toiminnot. (kuristin)



A. Suodatin - Suodatin koostuu X- ja Y-kondensaattoreista ja tasasuuntaajasta. Sen tehtävänä on vaimentaa radiotaajuushäiriöitä ja sähköverkon jännitehuippuja.

B. Tasasuuntaaja - Tasasuuntaaja muuntaa vaihtojännitteen tasajännitteeksi.

C. Tehokertoimen korjaus ja esikonvertointi - PFC -piiri koostuu tehostusmuuntimesta (rikastin, FET -transistori ja diodi), ja elektrolyyttisestä kondensaattorista. Piiri toimii siten, että regulaattori lataa elektrolyyttisen kondensaattorin, joka toimii energian varastona. Elektrolyyttisen kondensaattorin yli vaikuttavaa jännitettä voidaan tasapainottaa säätämällä FET- virtaa. PFC -piiri vakauttaa verkkojännitteen ja taajuuden vaihteluja. Verkkovirran aaltomuoto on sinimuotoista huolimatta sähköverkossa tapahtuvista vaihteluista.

D. Korkeataajuus oskillaattori - Invertteri muuntaa DC-jännitteen korkeataajuukseksi AC- jännitteeksi. Käynnistyksen aikana piiri esilämmitteää valaisimen katodit standardin suoritusarvojen mukaisesti.

E. Kuorma - Loistelamppu

F. Sisäinen ohjauspiiri - Sisäinen ohjauspiiri koostuu pitkälle kehittyneestä elektroniikasta. Sen tehtävänä on: käynnistää oskillaattori (sytytyspulssi), tarkistaa valaisimet katodien välityksellä, suojata liitälaitetta oikosululta, ylikuormitukselta ja nollakuormalta säätelämällä syöttövirtaa tai sulkemalla oskillaattorin (stand-by) ja ylläpitää lampun virta-arvo ohjauksen syötön jännitteen mukaisesti

G. Ohjauksen syöttöpiiri - Ohjauspiiri toimii virtalähteenä, joka on eristetty sähköverkosta ja lampun virtapiiristä eristysmuuntajalla. Sen tehtävänä on toimia virtalähteenä ohjausväylälle ja eristää ohjaimen matalajännitteinen piiri liitälaitteen korkeajännitteisestä piiristä.

OHJAUSRAJAPINTA (BITIT & TAVUT)

Osoite (yksittäinen liitäntälaite)

0AAAAAA1 + CCCCCCCC , 0AAAAAA0 + arc power

Lähetys (kaikki liitäntälaitteet)

11111111 + CCCCCCCC , 11111110 + arc power

Ryhmä

100GGGG1 + CCCCCCCC , 100GGGG0 + arc power

"Go To Scene"

0AAAAAA1 + 0001SSSS

11111111 + 0001SSSS

100GGGG1 + 0001SSSS

AAAAAA esittää liitäntälaitteen 6-bitin osoitetta. 64 mahdollista uniikkia osoitetta
CCCCCC esittää 8-bitin komentoa. 256 mahdollista komentoa