

Matti Happonen

# Toimistorakennuksen valaistusmallitilojen suunnittelu eri ohjausjärjestelmillä

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Insinöörityö  
13.3.2012

Tekijä Otsikko	Matti Happonen Toimistorakennuksen valaistusmallitilojen suunnittelu eri ohjausjärjestelmillä
Sivumäärä Aika	41 sivua + 3 liitettä 13.3.2012
Tutkinto	insinööri
Koulutusohjelma	sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	ins. Jarmo Ruotsalainen toimialapäällikkö Jukka Korhonen, AIRIX Talotekniikka Oy
<p>Tässä insinööriyössä vertailtiin erilaisia valaistusohjausjärjestelmiä. Työssä tehtiin erityyppisiin mallitiloihin valaistussuunnitelmat eri ohjausjärjestelmillä ja vertailtiin näiden ohjausjärjestelmien kustannuksia. Vertailusta saatuja tuloksia käytetään tulevaisuudessa AIRIX Talotekniikka Oy:n hankesuunnittelun apuvälineenä.</p> <p>Aluksi tutustuttiin valaistussuunnittelun perusteisiin ja standardeihin, joiden perusteella suunniteltiin mallitiloihin nykyaikaiset ja standardit täyttävät valaistusratkaisut. Työssä oli tavoitteena löytää kustannuksiltaan järkevät, mutta kuitenkin laadukkaat ja energiatehokkaat valaistusratkaisut. Työssä käytettiin apuvälineenä alan kirjallisuutta sekä suunnittelu- ja mallintamishjelmia.</p> <p>Työprosessin aikana havaittiin, että muuttuneet energiavaatimukset ovat tuoneet uusia ratkaisuja myös kiinteistön valaistuksenohjausjärjestelmiin. Väyläpohjaisten ohjausjärjestelmien käyttö on kiinteistöjen valaistuksessa lisääntynyt huomattavasti, ja tästä johtuen kustannusten selvittäminen erilaisten valaistusohjausjärjestelmien välillä oli aiheellista.</p> <p>Työn lopputuloksena syntyi AIRIX Talotekniikka Oy:lle yksinkertaiset hintapohjat kustakin mallitilasta, joiden perusteella hinta-arvion antaminen on nopeampaa ja yksinkertaisempaa.</p>	
Avainsanat	KNX, DALI, 1 - 10 V, väyläohjaus, valaistussuunnittelu

Author Title	Matti Happonen Planning of the Office Building Lighting Model Spaces with Different Control Systems
Number of Pages Date	41 pages + 3 appendices 12 March 2010
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor	Jarmo Ruotsalainen, Bachelor of Engineering Jukka Korhonen, Department Manager, AIRIX Building Services Ltd.
<p>In this thesis the goal was to compare different lighting control systems. Lighting plans of a different control systems were made for different models spaces and the costs of these control systems were compared. In the future, the comparison results are used to help the project planning of AIRIX Building Services Ltd.</p> <p>The starting point for this thesis was to study the lighting design basics and standards, which enable to plan modern facilities and meet the standards in the lighting solutions of the model spaces. The goal was to find a reasonable cost, yet high-quality, energy efficient lighting solutions. In this thesis the industry literature and modeling softwares were used to help the planning.</p> <p>During the making of this thesis, it was found that the change in energy requirements have brought new solution to the real estate lighting control systems. The amount of bus-based control systems has significant increase in lighting conditions. Due to this comparing the costs between the different lighting control systems was necessary.</p> <p>As a result of this thesis, AIRIX Building Services Ltd. gets prices for every model space, which makes estimating prices quicker and simpler.</p>	
Keywords	KNX, DALI, 1 - 10 V, bus control, lighting planning

## Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Ohjausjärjestelmät	2
2.1	Yleistä väyläohjausjärjestelmistä	2
2.2	DALI-väyläohjausjärjestelmä	3
2.2.1	Yleistä DALI-väyläohjausjärjestelmästä	3
2.2.2	DALI-järjestelmän rakenne	3
2.2.3	DALI-järjestelmän johdotus ja kytkentä	4
2.2.4	Tiedonsiirto	6
2.3	KNX-järjestelmä	7
2.3.1	Yleistä KNX-järjestelmästä	7
2.3.2	KNX-järjestelmän rakenne	8
2.3.3	KNX-järjestelmän toiminta	11
2.3.4	Datasanoman siirto	13
2.4	1 - 10 V -järjestelmä	14
3	Mallitilojen suunnittelu	16
3.1	Yleistä valaistussuunnittelusta	16
3.2	Valaistuksen energiatehokkuus	19
3.3	Valaistuksen mallintaminen	20
3.4	Huonekohtainen suunnittelu	21
3.5	Valaistussuunnitelman toteutus	24
3.6	Ohjelmoinnin dokumentoiminen	27
4	DALI-järjestelmän suunnitelmien toteutus	28

5	KNX-järjestelmän suunnitelmien toteutus	31
6	1 - 10 V -järjestelmän suunnitelmien toteutus	34
7	Valaistusohjausjärjestelmien hintavertailu	35
8	Yhteenveto	38
	Lähteet	40
	Liitteet	
	Liite 1. Valaisinten, asennusten sekä kaapeleiden kustannuslaskelmat	
	Liite 2. DIALux-laskelmat	
	Liite 3. Huonekohtaiset laskentasuunnitelmat	

## LYHENTEET JA KÄSITTEET

1-10 V	valaisimen analoginen ohjausjärjestelmä
AC-jännite	Vaihtojännite
DALI	Digital Adressable Lighting Interface; digitaalinen osoitteellinen valaistuksen ohjausjärjestelmä
DC-jännite	Tasajännite
DIALux	valaistuksen laskenta- ja mallinnusohjelma
DIN-kisko	standardoitu komponenttien kiinnityskisko sähkökeskuksessa
ETS4	Engineer Tools Software; KNX-järjestelmän ohjelmointityökalu
Helvar Toolbox	DALI-järjestelmän ohjelmointityökalu
IEC/EN 60929	kansainvälinen liitälaitestandardi
KNX-järjestelmä	standardoitu väyläpohjainen valaistuksen ja kiinteistöautomaation ohjausjärjestelmä
LED	Light-Emitting Diod; valodiodi
Luminanssi	kappaleen pinnan kirkkaus
LVIS-järjestelmät	lämpö-, vesi-, ilmastointi- ja sähköjärjestelmät
Ra-indeksi	valonlähteen värintoistoindeksi
SELV	Safety Extra-Low Voltage; pienjännite

SFS-EN-12464-1	sisätilojen työalueiden valaistusstandardi
Valaistusvoimakkuus	valon määrä tarkasteltavalla pinnalla
Valovirta	valonlähteen valontuotto
Valovoima	valonlähteestä määrättyyn suuntaan lähtevän valon määrä
Väyläkaapeli	kaapeli, jota pitkin digitaalinen sanoma liikkuu väylässä
Väyläohjausjärjestelmä	järjestelmä, jossa toimintoja ohjataan väylään lähetettävien digitaalisten sanomien avulla

## 1 Johdanto

Aikoinaan filosofi Vernon Howard totesi seuraavanlaisesti:

On virhe ajatella, että on jo myöhäistä muuttaa vanhoja huonoksi osoittautuneita tapoja ja tottumuksia. Jos huoneeseen napsautetaan valot päälle, sillä ei ole väliä kuinka kauan huoneessa on ollut pimeää. Valo valaisee joka tapauksessa.

Hän olikin toteamuksessaan aivan oikeassa, sillä huonosti tehdyn voi korvata aina paremmalla.

Nykyaikaista toimistotilaa suunniteltaessa täytyy kiinnittää huomiota valaistuksen riittävyyteen sekä valaistuksen tyylikkyyteen. Lisäksi on pyrittävä toteuttamaan ratkaisut mahdollisimman energiatehokkaasti, mikä tuo mukanaan haasteita ja vaihtoehtoisia ratkaisumalleja.

Perinteisillä kiinteillä ohjausjärjestelmillä toteutetuissa toimitiloissa tilojen muutokset aiheuttavat suuria työkustannuksia, sillä valaistuksen ryhmittely uudestaan on työlästä. Nykyaikaisilla väyläohjaukseen perustuvilla menetelmillä voidaan valaistuksen ryhmitteilyt kuitenkin määritellä tietokoneohjelman avulla, joten järjestelmään liitetyt valaisimet voidaan ohjelmoida helposti ja edullisesti uudelleen tietokoneohjelmaa käyttäen.

Tässä insinööriyössä esitellään toimistorakennuksen valaistuksen mallitilat, joissa käytetään perinteistä ohjausjärjestelmää ja väyläpohjaisia ohjausjärjestelmiä. Tilat suunniteltiin käyttäen perinteisempää 1 - 10 V:n ohjausta sekä väyläpohjaisia DALI- ja KNX -järjestelmiä. Ohjausjärjestelmien kustannuksia ja energiatehokkuutta verrataan keskenään, jonka avulla tiloista muodostetaan vertailukelpoiset hintapohjat. Sekä DALI- että KNX -järjestelmällä ohjataan valaisimia väyläkaapeloinnin avulla, joka antaa lähes rajattomat mahdollisuudet valaisinten ryhmittelyyn.

Insinööriyö toteutettiin yhteistyössä AIRIX Talotekniikka Oy:n kanssa. AIRIX Talotekniikka Oy on osa FMC Group -konsernia. FMC Group yhdistyi joulukuussa Sweco Groupin kanssa, joka on Pohjoismaiden johtavia suunnittelualan konsulttiyrityksiä. Yhdistymisen jälkeen Sweco Groupissa on yhteensä 7 400 työntekijää ja toimintaa on noin 80 maassa.

AIRIX Talotekniikka Oy työllistää 142 talotekniikan ammattilaista seitsemässä eri toimipisteessä. Insinööritöitä tehdään AIRIX Talotekniikka Oy:n Espoon toimipisteessä, jossa työskentelee 69 henkilöä. Sähköosastolla työskentelee 18 henkilöä sähkösuunnittelun parissa ja työntekijöiden kokemus KNX-, DALI- ja 1 - 10 V -järjestelmistä on kattavaa.

AIRIX Talotekniikka Oy:llä oli tarvetta saada mallinnetut tilat toimistorakennuksen yleisimmistä huoneista eri järjestelmillä, jotta hankesuunnittelua tehtäessä pystyttäisiin antamaan arvio, minkä hintainen mikäkin järjestelmä on, sekä millä eri tavoilla tila voidaan toteuttaa. Insinööritöissä tarkastellaan myös, minkälaisia eroavaisuuksia kyseisissä ohjausjärjestelmissä on toteutuksen osalta.

## 2 Ohjausjärjestelmät

### 2.1 Yleistä väyläohjausjärjestelmistä

Väyläohjausjärjestelmät perustuvat digitaaliseen ohjaukseen. Digitaalisessa ohjauksessa valaisimelle tuodaan käyttöjännite omalla kaapelillaan ja sen toimintaa ohjataan väyläkaapelia pitkin tulevilla digitaalisilla komennoilla. Valaisimessa itsessään on elektroninen liitäntälaitte, johon tallennetaan tarvittavat tiedot, eikä erillistä keskusyksikköä tarvita. Digitaalisella väylällä saadaan aikaan se, että laitteet pystyvät kommunikoimaan keskenään ja ohjauskeskuksesta pystytään seuraamaan, mitkä toiminnot ovat päällä ja mitkä eivät. Tietokoneen avulla pystytään luomaan erilaisia ohjaustilanteita, jotka määrittelevät erilaisissa ohjaustilanteissa, mitkä valaisimet syttyvät, kun painetaan painiketta A, B tai C.

Väyläohjausjärjestelmät helpottavat valaisinten ryhmittelyä ja tilassa mahdollisesti jälkepäin tehtäviä muutoksia. Varsinkin avokonttoreissa sermeillä jaettua tilaa muunnellaan, jolloin valaisimien ryhmittelyt ja ohjaukset saattavat muuttua. Perinteistä kytkimillä ohjattua valaistusta on vaikea ryhmitellä uudelleen, sillä kiinteät johdotukset kytkimiltä valaisimille on työlästä muuttaa. Väyläohjauksella toteutettu valaistus on helpompaa ryhmitellä uudelleen tietokoneohjelmoinnin avulla kaapelointeihin koskematta.

## 2.2 DALI-väyläohjausjärjestelmä

### 2.2.1 Yleistä DALI-väyläohjausjärjestelmästä

DALI-lyhenne koostuu sanoista Digital Addressable Lighting Interface. Järjestelmää alettiin kehittää 1980-luvulla korvaamaan silloin yleisin ohjausjärjestelmä 1 - 10 V. Vuonna 1996 valaisinvalmistajille alettiin kehittämään digitaalista standardia, ja vuonna 1999 syksyllä se valmistui ja sai nimekseen DALI. DALI:a kehitellessä tavoitteena oli, että järjestelmä koostuu yksinkertaisista ja edullisista komponenteista, joita on myös helppo käsitellä. Valaisimien keskinäinen keskustelu, sekä järjestelmän asentaminen on myös pyritty pitämään mahdollisimman yksinkertaisena. DALI-järjestelmässä ohjausväylällä ei ole napaisuutta, joka vähentää kytkentävirheistä aiheutuvia lisäkustannuksia järjestelmää asennettaessa. [1, s. 500 - 502.]

### 2.2.2 DALI-järjestelmän rakenne

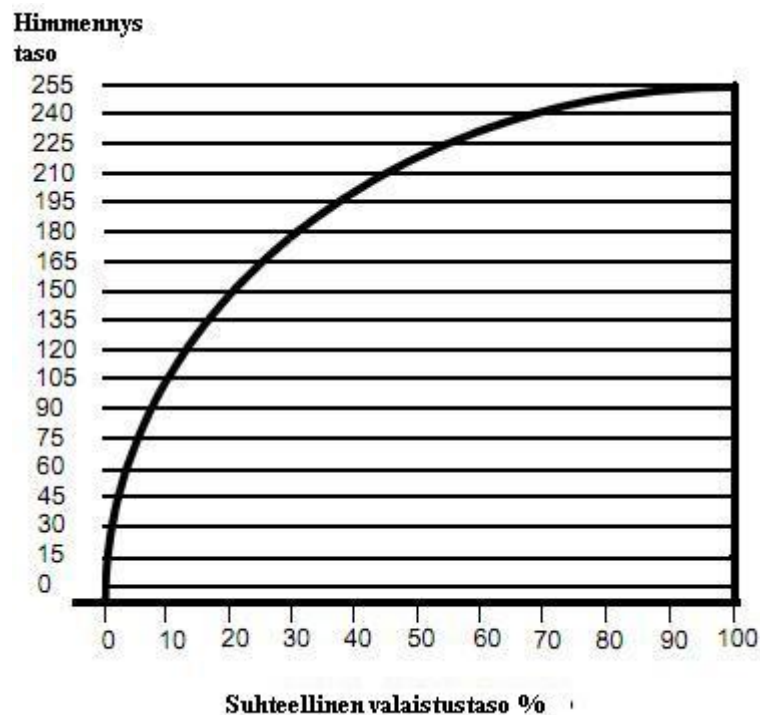
DALI-järjestelmä kytketään käyttäen yksinkertaista johtoparia, jota pitkin tieto liikkuu digitaalisessa muodossa. Tämä digitaalinen signaali on siirrettävissä kaikkien järjestelmässä olevien laitteiden välillä. Väylässä kaikki laitteet, kuten elektroniset liitäntälaitteet, ohjauspaneelit, anturit ja ohjelmointilaitteet, kytketään yhteen.

Valaisimelle tuodaan vaihe-, nolla- ja suojojohdin, sekä kaksi johdinta, joita pitkin digitaalinen signaali kulkee. Yksinkertaisimmassa tapauksessa johtimena voidaan käyttää esimerkiksi 5 x 1.5 S mm<sup>2</sup> MMJ- kaapelia. Valaisimien johdottaminen on huomattavasti helpompaa ja nopeampaa DALI-järjestelmää käyttäen, koska erillisiä kytkinjohtoja ei tarvita, sillä *on/off* sekä himmennystoiminnot saadaan toteutettua väyläkaapelin avulla. Digitaalinen tiedonsiirto mahdollistaa kahdensuuntaisen kommunikoinnin, jolloin ohjausjärjestelmään saadaan tieto siitä, onko valaisin päällä, tai onko valaisimesta lamppu palanut.

DALI-järjestelmään voidaan yhteen väylään liittää 64 laitetta, ja ne voidaan jakaa 16 eri ryhmään ja voidaan valita myös 16 erilaista valaistustilannetta. Valaistustilanteiden avulla saadaan ohjelmoitua helposti sopivia valaistusasetuksia mm. neuvotteluhuoneeseen, jossa valaistuksen tarve vaihtelee hyvin paljon tilan käyttötarkoituksesta riippuen.

Valaistustilanteena voi olla kaikki valaisimet täydellä teholla, joka on hyvä vaihtoehto silloin, kun työskennellään tarkkuutta vaativassa työssä. Toinen esitystilanne voi olla niin, että valkokankaan edessä valoa antavat valaisimet on kytketty kokonaan pois päältä, ja neuvotteluhuoneen toisessa päässä valaisimet on himmennetty 50% täydestä tehosta. Nämä valaistustilanteet voidaan ohjelmoida käyttäen Helvarin Toolbox-ohjelmaa. [1, s. 500-502.]

DALI-järjestelmässä on logaritminen valonsäätö, joka mukaillee ihmissilmän herkkyyttä. Logaritmisessa järjestelmässä on 256 eri kirkkausastetta, jotka esitetään kuvassa 1:



Kuva 1. DALI/himmennys [2, s. 2]

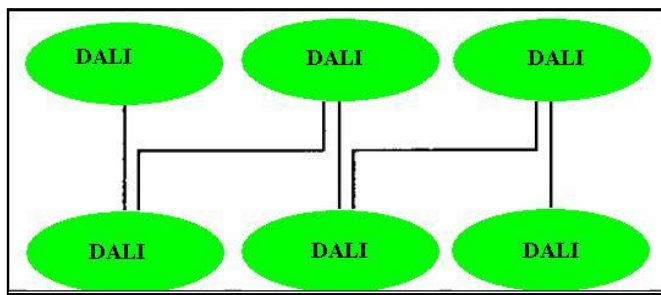
### 2.2.3 DALI-järjestelmän johdotus ja kytkentä

Väylän pituus ei saa DALI-järjestelmässä ylittää 300 metriä. Käytettäessä liian ohuita johtimia pitkillä matkoilla, jännitehäviöt saattavat kasvaa liian suuriksi. DALI-järjestelmässä lähettimen ja vastaanottimen suurin jännitteenalennema saa olla 2 V. Seuraavassa taulukossa 1 (ks. seur. s.) esitetään johtimien paksuus eri väyläpituuksilla:

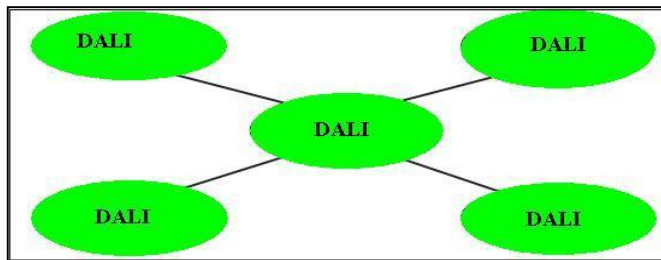
Taulukko 1. Johtimen poikkipinta-ala eri väylän pituuksilla

Väylän pituus	Johtimen poikkipinta-ala
0 - 100 m	0,5 mm <sup>2</sup>
100 - 150 m	0,75 mm <sup>2</sup>
150 -300 m	1,5 mm <sup>2</sup>

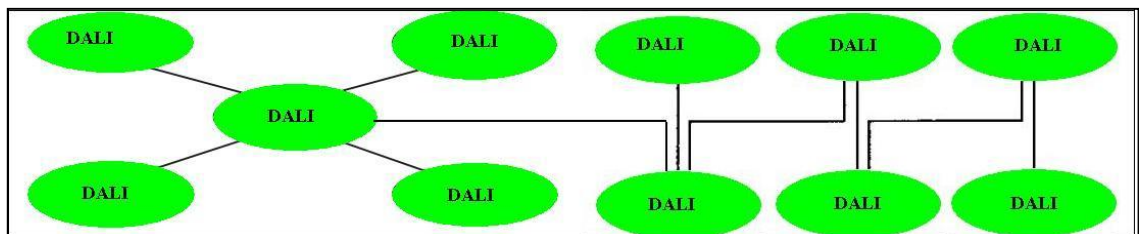
Järjestelmä voidaan kytkeä joko sarjaan (kuva 2) tai tähteen (kuva 3). Kun laitteet kytetään sarjaan, kaapeleiden asentaminen on helppoa suoraan laitteelta toiselle. Kun laitteet kytetään tähteen, kaapeleiden asentaminen ei ole aivan yhtä yksinkertaista. Etuna tähtikytkennässä on kuitenkin kaapeleiden pituus, sillä johtomäärä vähenee, kun johdot asennetaan laitteiden tähtipisteeseen. Erilaisilla kytkennöillä toteutetut alueet voidaan myös yhdistää toisiinsa (kuva 4). [3, s. 28-29.]



Kuva 2. DALI-sarjakytkentä [3, s. 28]



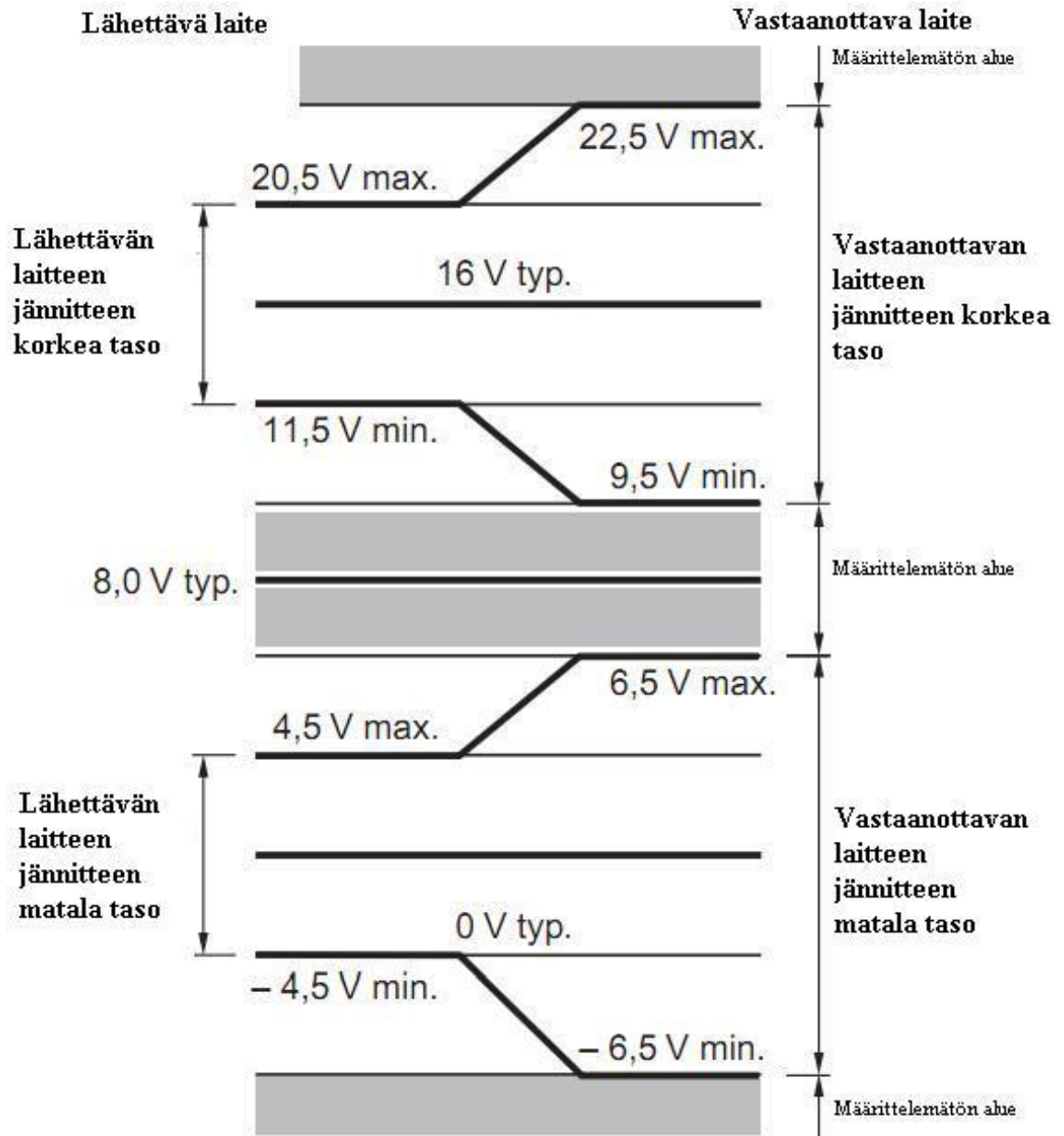
Kuva 3. DALI-tähtikytkentä [3, s. 28]



Kuva 4. DALI-alueiden yhdistys [3, s. 29]

## 2.2.4 Tiedonsiirto

Väylässä matalan jännitteen taso on 0 V, mutta lähettävän laitteen jännite voi vaihdella -4,5 V:n ja 4,5 V:n välillä ja vastaanottavan laitteen jännite voi vaihdella -6,5 V:n ja 6,5 V:n välillä. Ylemmän jännitteen taso on tyypillisesti 16 V, mutta lähettävän laitteen jännite voi vaihdella 11,5 V:n ja 20,5 V:n välillä ja vastaanottavan laitteen jännite voi vaihdella 9,5 V:n ja 22,5 V:n välillä. Kuvassa 5 esitetään väylässä kulkevat jännitetasot:

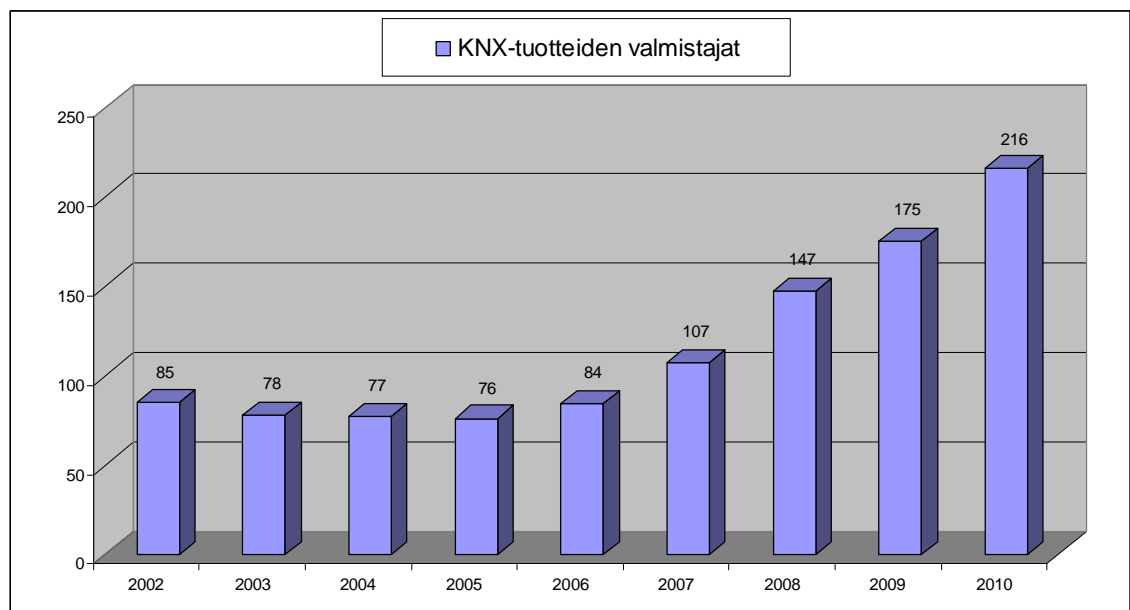


Kuva 5. Väylän jännitetasot [3, s. 20]

## 2.3 KNX-järjestelmä

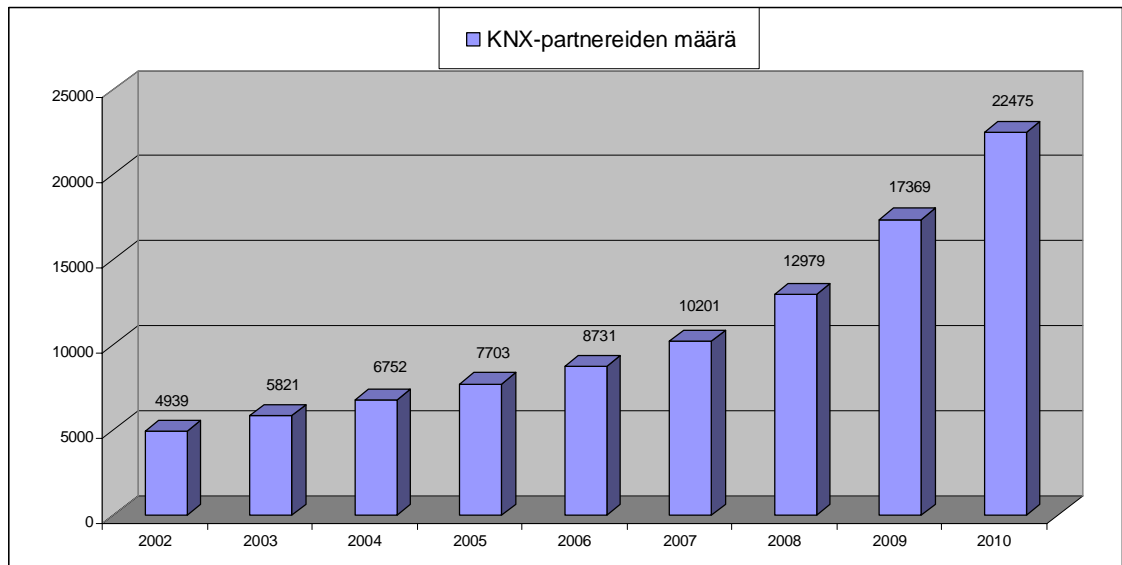
### 2.3.1 Yleistä KNX-järjestelmästä

KNX-järjestelmä on myös väyläpohjainen järjestelmä, jossa laitteet kommunikoivat keskenään itsenäisesti ilman keskustietokonetta. KNX-järjestelmä on kasvamassa yleisimmäksi väyläpohjaiseksi järjestelmäksi rakennusalalla, sillä KNX-järjestelmällä pystytään valaistuksen lisäksi ohjaamaan myös kiinteistön muita automaatiojärjestelmiä. Näitä järjestelmiä ovat muunmuassa lämmitys/jäähdytys, murtohälytykset, ilmanvaihto sekä verhojen ohjaus. Tässä insinööriyössä keskitytään lähinnä KNX:n käyttöön valaistuksen ohjauksessa, mutta järjestelmää läpikäydessä esitellään myös KNX:n muita ominaisuuksia. Kuvassa 6 nähdään KNX-tuotteiden valmistajat, joiden määrä viime vuosina on suuren kysynnän takia ollut kovassa kasvussa:



Kuva 6. KNX-tuotteiden valmistajien määrä [4, s. 6]

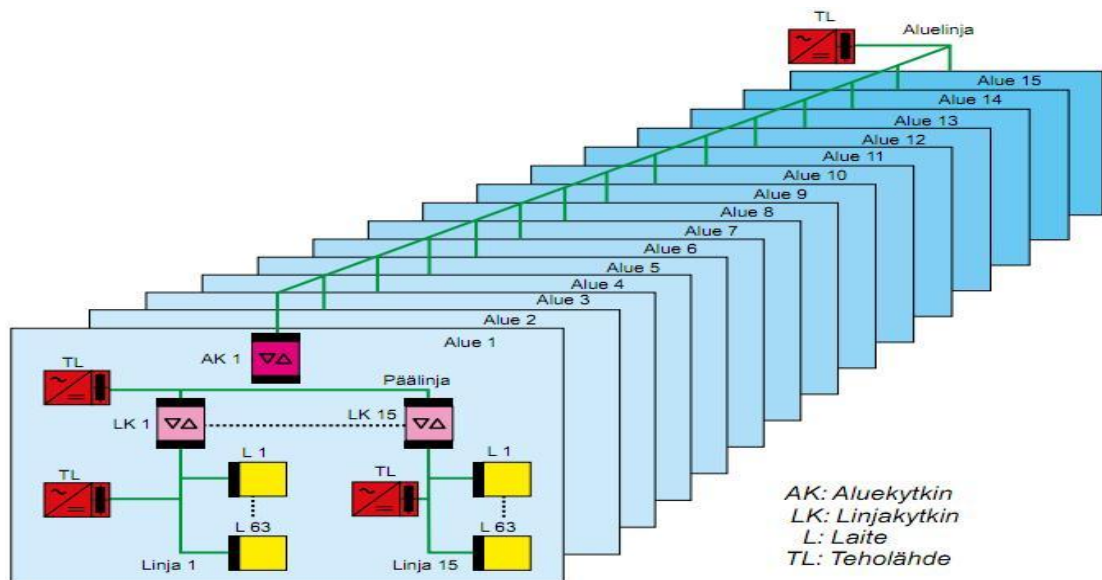
Virallisen KNX Partner -sertifikaatin käyttöoikeus on niillä, jotka ovat suorittaneet kansainvälisesti standardoidun teoria- ja näyttökokeen. Tämän koulutuksen tavoitteena on antaa sähkösuunnittelijoille sekä -urakoitsijoille riittävät perustiedot KNX-järjestelmien suunnitteluun, asentamiseen ja käyttöönottoon [5, s. 13]. Kuvassa 7 (ks. seur. s.) esitetään KNX- partnereiden kasvu viime vuosina:



Kuva 7. KNX-partnereiden määrä [4, s. 7]

### 2.3.2 KNX-järjestelmän rakenne

Kuvassa 8 esitetään KNX-järjestelmän perusrakenne, joka on yksinkertainen. Järjestelmän pohjana on runkolinja, johon voidaan liittää maksimissaan 15 eri aluetta. Jokaiseen alueeseen voidaan liittää enimmillään 15 linjaa, ja jokaisessa linjassa voi olla enimmillään 64 laitetta.



Kuva 8. KNX-järjestelmä [6, s. 30]

Laitteiden lukumäärä riippuu kuitenkin valitusta virtalähteestä. Yksi laite saa kuluttaa virtaa enintään 10 mA, joten linjaan, jossa on 640 mA virtalähde, voidaan kytkeä virta-

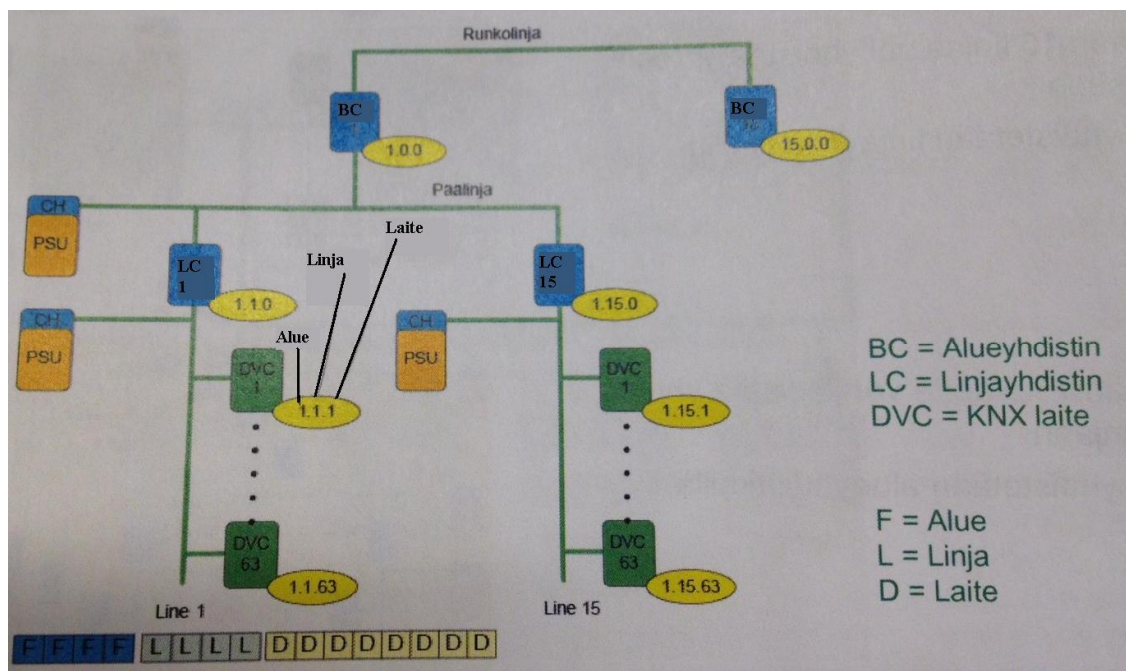
lähteen lisäksi 63 laitetta. Virtalähteissä on oltava kuristimet. Kaiken kaikkiaan yhteen runkolinjaan saadaan liitettyä 14 400 laitetta ( $15 \times 15 \times 64 = 14\,400$ ). [6, s. 30.]

KNX-järjestelmän johdotuksien pituuksille on määritelty maksimietäisyydet. (taulukko 2)

Taulukko 2. KNX-järjestelmän kaapeleiden pituudet [7, s. 8]

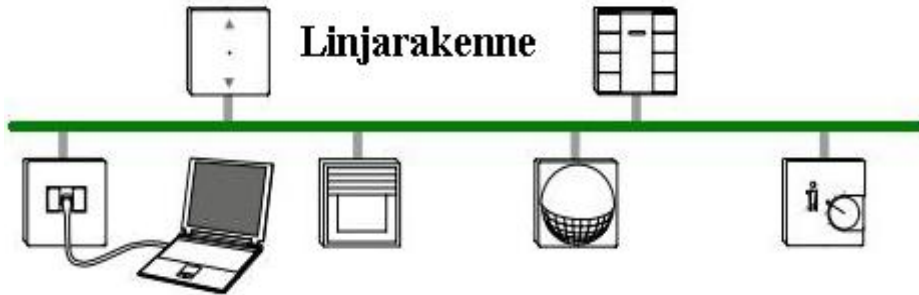
Virtalähteen ja etäisimmän laitteen välinen etäisyys / linja	max 350 m
Kahden toimilaitteen välinen maksimietäisyys / linja	max 700m
Kaapeleiden (esim. KLMA 4x0,8+0,8) yhteispituus / linja	max 1000m
Kahden virtalähteen vähimmäisetäisyys toisistaan	väh. 200m

KNX-järjestelmässä jokaisella laitteella on yksilöllinen osoite. Jokainen laite pystyy vastaanottamaan väylään lähetetyn sanoman, mutta vain se osoite, jolle sanoma on tarkoitettu, pystyy lukemaan sanoman ja tehdä pyydetyn toiminnon. Osoitteet on havainnollistettu kuvassa 9.



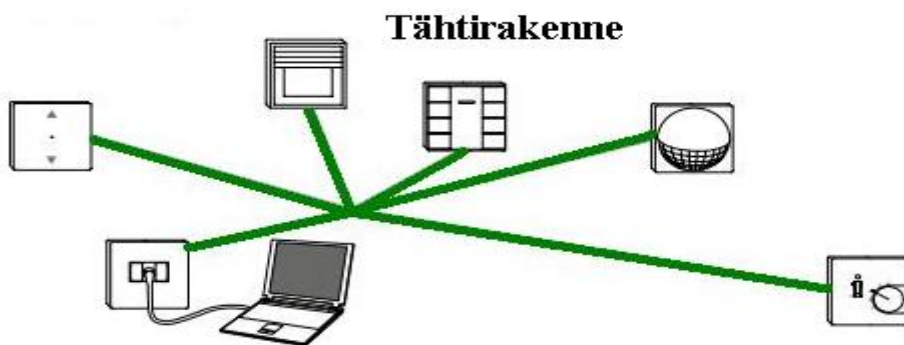
Kuva 9. KNX-järjestelmän osoitteen muodostaminen [7, s. 10]

Väylän rakenne eli topologia, voidaan toteuttaa pääosin kolmella eri tavalla. Topologiaa tarkoitetaan väylän fyysistä rakennetta eli sitä, miten laitteet ovat kytketty keskenään. KNX-järjestelmissä käytetään joko linja-, tähti- tai puutopologiaa. Väylätopologiassa laitteet ovat kytkettynä yhteen yhdistävään väylään (kuva 10).



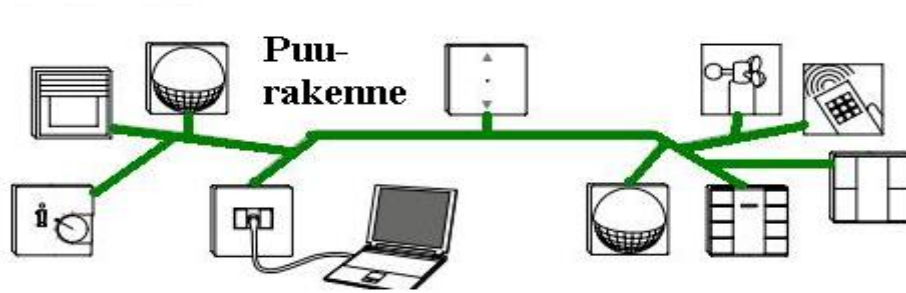
Kuva 10. Linjatopologia [7, s. 8]

Tähtitopologiassa laitteet ovat kytkettynä yhteen pisteeseen (kuva 11), joten tieto liikkuu jokaiselle laitteelle samaan aikaan, jolloin häiriöiden määrä vähenee.



Kuva 11. Tähtitopologia [7, s. 8]

Puutopologiassa laitteet ovat haaroitettu omiksi ryhmikseen pääverkosta (kuva 12). Puutopologia on luotettava tapa siirtää tietoa, mutta parikaapelin pituus voi olla vain puolet normaalin väylän pituudesta.



Kuva 12. Puutopologia [7, s. 8]

### 2.3.3 KNX-järjestelmän toiminta

KNX-järjestelmä tarvitsee toimiakseen yhden tuotteen kustakin tuoteryhmästä. Tuoteryhmiä on kolme kappaletta:

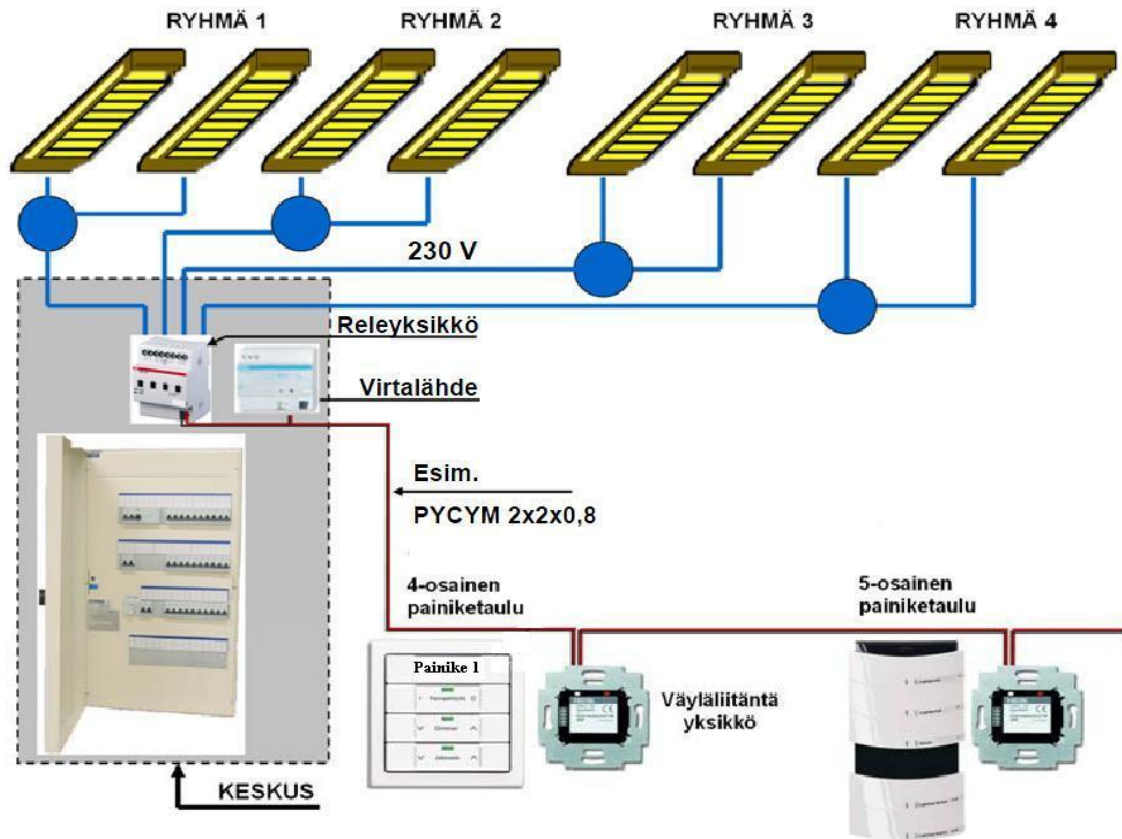
1. järjestelmäkomponentit
2. anturit
3. toimilaitteet.

Järjestelmäkomponenttina toimii releyksikkö, jonka avulla saadaan laitteisiin, kuten valaisimeen, syötettyä käyttöjännitettä. Releyksikköön tuodaan väylää pitkin sanoma, joka käskää releyksikön ohjata jännitettä kulutuslaitteille.

Anturina voi toimia painiketaulu, jossa tieto rekisteröidään ja muutetaan väylässä datasanomaksi. Painiketta painettaessa väylään välitetään datasanoma bittimuodossa, joka kulkee väylää pitkin releyksikköön, joka rekisteröi datasanoman ja ohjaa halutut toiminnot päälle.

Toimilaitte voi olla valaisin, joka on kytketty releyksikköön. Releyksikkö, tässä tapauksessa DALI-väylämuunnin, on rekisteröinyt väylässä kulkevan datasanoman ja muuntaa sen toiminnoksi, joka käskää valaisimen syttyä.

Kuvassa 13 (ks. seur. s.) esitetään valaistuksenohjauksen perusperiaatteet käyttäen KNX-järjestelmää. Valaistuksenohjaus on yksinkertaista toteuttaa ja virhekytkentöjen määrä vähenee monimutkaisten kytkentöjen vähentyessä.



Kuva 13. Valaistuksen ohjaus KNX-järjestelmällä [5, s. 8]

Releyksikkö sekä virtalähde sijaitsevat keskuksessa. Virtalähteen tehtävänä on ylläpitää SELV- piirin (Safety Extra Low Voltage) jännite  $29V \pm 2V$ :ssa. Jotta väylä toimisi, linjan kauimmaisessa päässä täytyy olla vielä vähintään  $21V$ :n jännite. Jännitteenaleneman välttämiseksi väylän jännite nostetaan yleisesti  $30V \pm 2V$ :n. Väylään on kytketty myös 4- sekä 5-osainen painiketaulu, joita painamalla saadaan väylään datasanoma. Painettaessa 4-osaisen painiketaulun painiketta 1, se lähettää sanoman releyksikköön. Datasanoma otetaan vastaan releyksikössä, johon on ohjelmoitu painikkeen 1 toiminto. Datasanomien saadessaan releyksikkö antaa käskyn sytyttää ohjelmoidun ryhmän ja ohjaa valaisimiin käyttöjännitteen. [8, s. 33.]

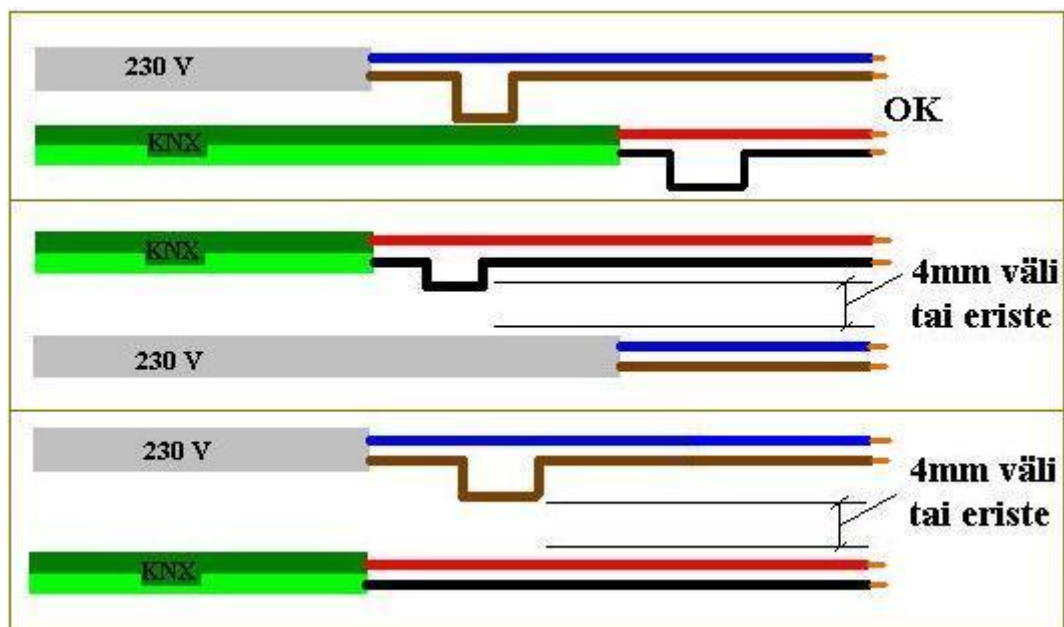
Järjestelmän käskyt ohjelmoidaan ETS-ohjelmalla, jonka saa hankittua KNX-järjestön sivuilta.

### 2.3.4 Datanoman siirto

Datanomien eli käskyjen ja toimintojen siirtoon on kolme eri tapaa

1. parikaapeli (*twisted pair*)
2. sähköverkko (KNX *Powerline*)
3. radiotaajuus (KNX *Radio frequency*).

Väylän muodostamisessa käytetään usein parikaapelia (*twisted pair*). Suomessa yleisimmin käytetty parikaapeli on KLMA 4 x 0,8 + 0,8. KNX-järjestelmän ohjaukseen tarvitaan yhtä paria, KLMA 4 x 0,8 + 0,8 sisältää kaksi paria, joten toinen pari jää käyttämättä. Käyttämättä jäänyttä paria voidaan hyödyntää apujännitteen siirrossa, tai tulevaisuudessa jonkun muun järjestelmän yhteydessä. Parikaapelissa datasanoma liikkuu 9,6 kb/s, ja sanoman keskimääräinen lähettämisen ja vastaanottamisen siirtoaika on 25 ms. Tieto liikkuu väylässä symmetrisesti, joten se ei ole häiriöherkkää, ja se voidaan sijoittaa vahvavirtakaapeleiden joukkoon, kuitenkin niin, että ilmaväli on vähintään 4 mm (kuva 14). Väylässä tiedonsiirto on suunniteltu toimimaan ilman impedanssin sovitusta, joka käytännössä tarkoittaa sitä, että topologiana voidaan käyttää kaikkea muuta, paitsi ympyrää.



Kuva 14. Kaapeleiden etäisyydet [7, s. 7]

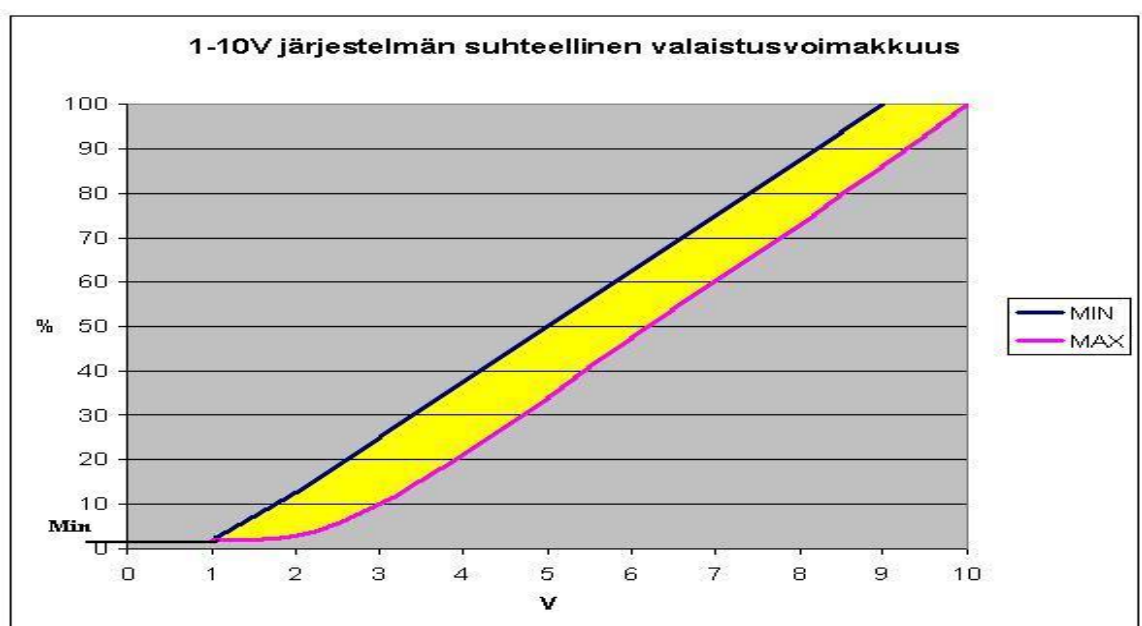
Sanomia voidaan siirtää myös 230 V:n sähköverkossa (KNX *Powerline*), jolloin laitteet eivät tarvitse erillistä väylää. Tieto liikkuu sähköverkkoa pitkin samalla periaatteella kuin väylääkin pitkin. Tiedon siirtämiseen käytetään nolla- sekä vaihejohtimia. Sanomat lähetetään bitteinä 0 ja 1. Bitit lähetetään omina taajuuksinaan niin, että 105,6 kHz vastaa ykköstä ja 115,2 kHz vastaa nollaa. Sanoma liikkuu sähköverkossa 1,2 kb/s, jolloin sanoman siirto laitteelta toiselle kestää keskimäärin 130 ms.

Sanoman siirto voidaan toteuttaa myös radiotaajuuksia käyttäen. Sanomat liikkuvat taajuudella 856 MHz ja keskimääräinen nopeus on 16,3 kb/s. KNX- radiolaitteiden sijoitus on melko vapaata, huomioon otettava asia on radiosignaalin kantama. Radiosignaalit heikkenevät ja heijastuvat seinistä, jolloin sokkeloisissa tiloissa ja pitkillä välimatkoilla tiedonsiirto saattaa häiriintyä. Pitkillä matkoilla tai sokkeloisissa tiloissa sanomaa voidaan parantaa välivahvistimen avulla. [8, s. 25 - 45.]

#### 2.4 1 - 10 V -järjestelmä

1 - 10 V on yleinen tapa ohjata valaistusta. Valaistuksen ohjaus pohjautuu standardiin IEC/EN 60929. Ohjattavassa valaisimessa täytyy olla elektroninen liitäntälaitte, johon ohjausjännite tulee. Järjestelmässä säädettävyyden on oltava 0 - 10 V, mutta järjestelmän aktiivinen säätö alkaa vasta 1 V:n jännitteen jälkeen.

Taulukko 3. 1 - 10 V -järjestelmän säädettävyyden suhteellinen valaistusvoimakkuus [9, s. 282]

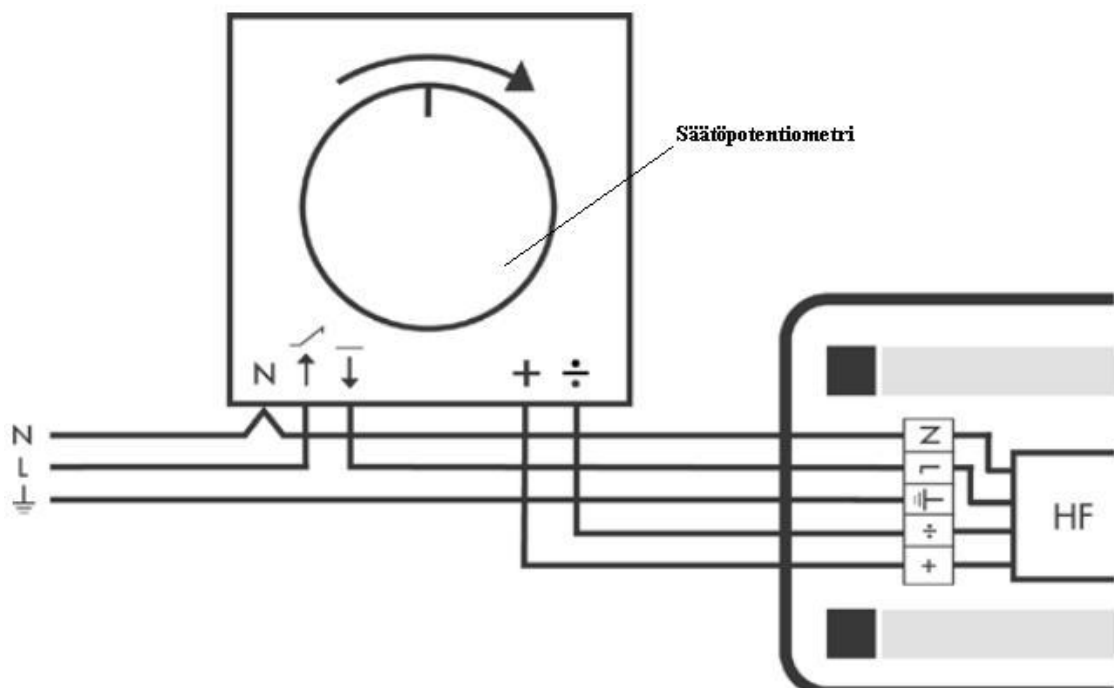


Taulukossa 3 (ks. edell. s) on esitetty, miten 1 - 10 V -järjestelmän säädettävyyden pitäisi toimia. 1 Voltin kohdalla valaisimen täytyy olla minimitasolla. Minimitaso täytyy kuitenkin saavuttaa 1,5 Volttiin mennessä. Maksimitaso saavutetaan pienimmillään 9 Voltin jännitteellä ja 10 Volttiin mennessä täytyy valaistustason olla maksimissa. Keltaisella merkitty alue on standardin hyväksyttävä säätötaso.

1 - 10 V -pohjalle kehiteltiin DSI-järjestelmä, joka toimii muuten samalla tavalla kuin 1 - 10 V:n ohjausjärjestelmä, mutta tieto liikkuu digitaalisessa muodossa. Digitaalisen tiedonsiirron ansiosta häiriöitä saatiin vähennettyä. DSI-järjestelmä poikkeaa DALI-järjestelmästä sillä tavalla, että DALI:ssa kommunikointi väylää pitkin toimii molempiin suuntiin. Tässä työssä ei tarkastella DSI-ohjausta tämän enempää. [10.]

#### Kytkenä

1 - 10 V -järjestelmä tarvitsee liitälaitteelle vaihejohtimen, nollajohtimen, suojajohtimen sekä ohjauspiirille kaksi johdinta. Suojajohdin tulee suoraan valaisimelle ja muut johtimet tulevat esimerkiksi säätöpotentiometrin kautta (kuva 15).



Kuva 15. 1 - 10 V -järjestelmän kytkentä [10]

Järjestelmä on standardoitu, joten valmistajilla on paljon kyseiseen järjestelmään kuuluvia laitteita. Valaistuksen säädettävyyden riippuvainen lampun tyyppistä. 1 - 10 V -järjestelmällä pitäisi säätää aina samantyyppisiä lamppeja esteettisten häiriöiden minimoimiseksi. Kun valaistustasoja säädetään tiloissa, joissa on paljon valaisimia, voivat valaisimelle tulevan jännitteen häviöt olla niin suuria, että valaistustasot ensimmäisen ja viimeisen valaisimen välillä ovat silminnähtävät. [10.]

### 3 Mallitilojen suunnittelu

#### 3.1 Yleistä valaistussuunnittelusta

Ennen kuin valaistusta voidaan lähteä suunnittelemaan, täytyy tuntee valaistuksen perusteet. Valaistusta suunnitellessa törmätään väistämättä neljään päätermiin:

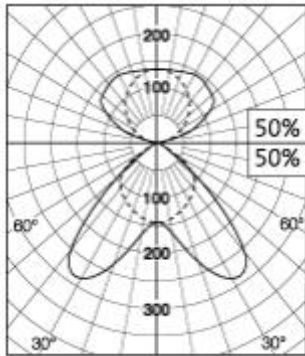
1. valaistuvoimakkuus  $E$
2. valovirta  $\Phi$
3. valovoima  $I$
4. luminanssi  $L$ .

Valaistusvoimakkuudella tarkoitetaan sitä valon määrää, mikä saadaan tietylle pinnalle. Valaistusvoimakkuuden yksikkö on lux ( $lx$ ). Valovirta vaikuttaa suoraan valaistusvoimakkuuteen, ja pinta-ala, jota valaistaan, vaikuttaa valaistusvoimakkuuteen kääntäen. Tämän perusteella saadaan ns. käänteinen neliölaki, joka tarkoittaa sitä, että kun matka kaksinkertaistuu, valaistusvoimakkuus heikkenee neljännekseen.

Valovirralla tarkoitetaan valonlähteen valontuottoa ja sitä ilmaistaan yksiköllä lumen ( $lm$ ). Valontuotolla tarkoitetaan sitä arvoa, minkä lamppu pystyy tuottamaan. Tyypillinen sisävalaistukseen käytettävä valovirran suuruusluokka on 400 - 12 000  $lm$ . Kun hehkulamput poistuivat markkinoilta, ja tilalle tuli energiansäästölamppuja, kuluttajilla oli aluksi vaikeuksia lamppujen valontuoton vertailemisen kanssa. Kuluttajat eivät osanneet vertailla lampun valovirran määrää, vaan vertailivat energiansäästölamppujen sekä hehkulamppujen wattimäärää. Wattimäärä kertoo vain, kuinka paljon lamppu kuluttaa sähköenergiaa, ei sitä, kuinka paljon valovirtaa lamppu tuottaa. Perinteisestä

60 W:n hehkulampusta saadaan noin 700 lm, sama määrä lumeneita saadaan jo 11 W:n energiansäästölampusta.

Valomoimalla I tarkoitetaan sitä, kuinka paljon valonlähteestä lähtee valoa määrättyyn suuntaan. Valovoiman yksikkö on kandela (cd). Selkeimmän kuvan valovoimasta saa valaisimen valonjakokäyrästä. Siinä valaisimen valovoiman jakaantuminen on esitetty koordinaatistossa (kuva 16).



Kuva 16. Valonjakokäyrä Fagerhult DTI type 2 Beta [1, s. 51]

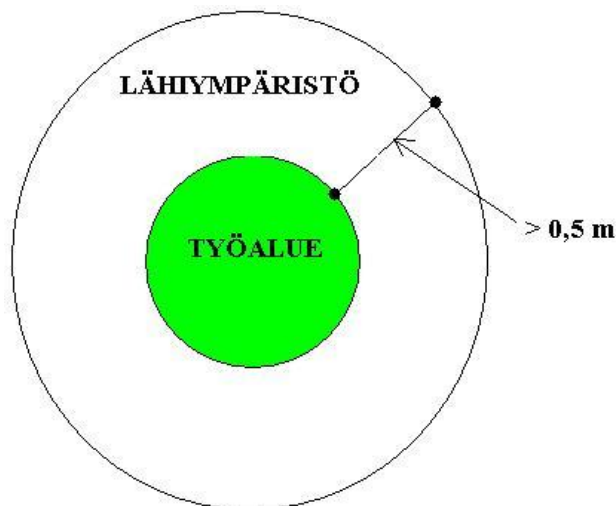
Luminanssilla ilmaistaan kappaleen pinnan kirkkautta. Luminanssi on näistä neljästä valaisinsuureesta ainut, joka voidaan havaita. Havainnollisena esimerkkinä voidaan pitää vaikka lamppua. Mitä suurempi luminanssi lampulla on, sitä kirkkaammalta se ihmissilmään näyttää. Luminanssin yksikkö on  $\text{cd}/\text{m}^2$ . Esimerkiksi öisen kadun luminanssi on noin  $2 \text{ cd}/\text{m}^2$ , kun taas 36 W:n loistelampun luminanssi on noin  $10\,000 \text{ cd}/\text{m}^2$ . Pinnan luminanssiin vaikuttavat monet asiat, muun muassa pinnan materiaalit ja värit. [1, s. 460 - 461.]

Hyvin toteutetun valaistuksen avulla työpaikoilla saadaan ylläpidettyä hyvää viireystasoa ja kun työskennellään virkeänä, pystytään parantamaan työn tulosta. Eri käyttöympäristöissä on erilaiset tarpeet valaistukselle, jotka tulee ottaa huomioon suunnitelmaa tehtäessä. Sisätilojen valaistussuunnitelmien tulee pohjautua koko Eurooppaa koskevaan standardiin EN 12464-1 (2011), joka käsittelee sisätilojen työalueiden valaistusta. Standardissa kerrotaan työalueen ja sen välittömän ympäristön (kuva 17) (ks. seur. s.), sekä tausta-alueen valaistuksen vähimmäisvaatimukset. Taulukossa 4 (ks. seur. s.) esitetään valaistusvoimakkuuden tasaisuudet työalueella ja sen välittömässä lähiympäristössä eri käyttöasteilla.

Taulukko 4. Valaistusvoimakkuuden tasaisuusvaatimukset eri käyttöasteilla [1, s. 465]

Valaistusvoimakkuus työalueella	Valaistusvoimakkuus välittömässä lähiympäristössä	Valaistusvoimakkuus taustalueella suhteessa välittömään lähiympäristöön
$\geq 750$	500	1/3
500	300	1/3
300	200	1/3
200	$E_{\text{työalue}}$	1/3
150	$E_{\text{työalue}}$	1/3
100	$E_{\text{työalue}}$	1/3
$\leq 50$	$E_{\text{työalue}}$	1/3

*Tasaisuus työalueella näkötehtävästä ja toiminnosta riippuen. Tasaisuus välittömässä lähiympäristössä, vähintään 0,4. Tasaisuus välittömässä lähiympäristössä, vähintään 0,1.*



Kuva 17. Lähiympäristö [11, s. 35]

Valaistusvoimakkuuden lisäksi on hyvä ottaa huomioon värinvalinta, kiusahäikäisyn estäminen sekä ulkoa saatavan luonnonvalon mahdollinen hyödyntäminen. Esimerkiksi toimistoissa sekä kouluissa olisi hyvä käyttää mahdollisimman paljon luonnonvalon kaltaista valaistusta, sillä sen piristävä vaikutus on suurin. Silmien väsyminen sekä hyvän vireystilan ylläpito on otettava huomioon, kun lähdetään suunnittelemaan toimivia toimistorakennuksen valaistusratkaisuja.

Suunnitteluprosessissa on hyvä olla olemassa jonkinlainen ohjenuora, jota voidaan seurata. Näin varmistetaan se, ettei jokin osa-alue jää huomioimatta suunnittelua tehtäessä. Normaalissa tilanteessa, jossa valaistusta suunnitellaan asiakkaan kanssa, on hyvä muistaa viisi seikkaa, joiden perusteella suunnitelmaa lähdetään rakentamaan.

Suunnitteluprosessin viisi vaihetta:

1. asiakkaan tarpeen ymmärtäminen
2. tilojen ja valaistustarpeen hahmottaminen
3. luonnostelu / alustavat suunnitelmat
4. vaihtoehtojen tarkastelu
5. toteutus.

Lyhyesti selitettynä suunnitteluprosessi etenee asiakaslähtöisesti. Asiakas kertoo tarpeensa ja tilojen toiminnot suunnittelijalle, joka tutustuu tiloihin ja tarpeisiin, minkä jälkeen hän suunnittelee muutaman erilaisen valaistusratkaisun. Suunnittelija sekä asiakas tarkastelevat luonnoksia, joista valitaan asiakasta eniten miellyttävä vaihtoehto. Viimeisenä vaiheena toteutetaan valittu suunnitelma ja varmistutaan siitä, että toteutus vastaa kaikin puolin asiakkaan vaatimuksia. [12.]

### 3.2 Valaistuksen energiatehokkuus

Energiatehokkuus on huomioitava uutta suunnitelmaa tehtäessä. Uusien valaisin- sekä lampputekniikoiden myötä on päästy jo hyvin energiatehokkaisiin ratkaisuihin, tinkimättä kuitenkaan valaistuksen laadusta. Valaisimien väyläpohjaisilla ohjauksilla pystytään säättämään energiaa esimerkiksi hyödyntämällä ohjauksissa päivänvaloa sekä läsnäolotunnistimia.

Kun rakennuksen energiatehokkuutta optimoidaan, tärkeimpiä huomioon otettavia asioita on, että energiaa käytetään vain silloin, kun se on välttämätöntä, sitä käytetään vain se määrä, mikä tarvitaan ja käytettävä energiamuoto käytetään mahdollisimman tehokkaasti [13, s. 3]. Valaistuksen energiatehokkuuden suunnitelmissa tulee kiinnittää huomiota lamppujen energiatehokkuuteen, käyttöikään, sekä valaisimen liitäntälaitteisiin.

Vanhoissa toimistoissa olevat valaistusratkaisut kuluttavat reilusti enemmän energiaa verrattaessa nykypäiväisen toimiston valaistusratkaisuihin. Syynä tähän on vanhoissa valaisimissa olevat suuria häviöitä aiheuttavat kuristimet, huonon valontuoton ja värin- toiston lamppu, huono optiikka, sekä säätömahdollisuuksien puute. Nykyään uusissa

valaisimissa on kuristimien tilalla elektroninen liitäntälaitte, energiansäästölamput sekä säätömahdollisuus. Myös optiikka on parantunut, jonka ansiosta valaisinten fyysistä kokoa on voitu pienentää [14]. Väyläohjausjärjestelmiin saadaan liitettyä mukaan myös luonnonvalon hyväksikäyttö, minkä avulla pystytään säästämään energiaa 12 - 40 %, kohteesta riippuen [13, s. 9].

### 3.3 Valaistuksen mallintaminen

Valaistusta pystytään laskemaan ja mallintamaan DIALux-ohjelman avulla. DIALuxissa pystytään mallintamaan tila kaikkine kalusteineen, sekä tilaan voidaan määrittellä standardin SFS-EN-12464-1 (2011) mukainen vähimmäisvalaistusvoimakkuus, johon tilassa tulee päästä. Vuonna 2011 tulleiden standardimuutosten huomioon ottaminen on DIALuxin avulla huomattavasti helpompaa, sillä jokaista tasoa voidaan tarkastella erikseen ja tarkkailla, täyttyykö pintojen vähittäisvalaistusvoimakkuudet. Kun vaaditut valaistusvoimakkuudet on saavutettu, voidaan helposti tarkastella valaisimien määrää, sijoittelua sekä energiatehokkuutta.

DIALux laskee automaattisesti tarvittavien valaisimien määrän, joilla vähimmäisvalaistusvoimakkuus saavutetaan. Kun valaisimien määrä on tiedossa, pystytään myös antamaan valaistuksen karkea hinta-arvio ja tarkastelemaan vaihtoehtoja erilaisten ja eri energialuokassa olevien valaisinten välillä. Liitteessä 2 esitetään tässä insinööriyössä suunniteltujen mallihuoneiden DIALux laskelmat.

DIALux:n avulla pystytään määrittämään UGR-arvot, eli häikäisykertoimet. Tämä toiminto helpottaa valaisimien sijoittamista, sekä kokonaisvalaistuksen suunnittelemista standardin SFS-EN-12464-1 (2011) -mukaisesti. Kuvassa 18 (ks. seur. s.) esitetään yhden toimistuhuoneen mallintaminen ohjelman avulla.



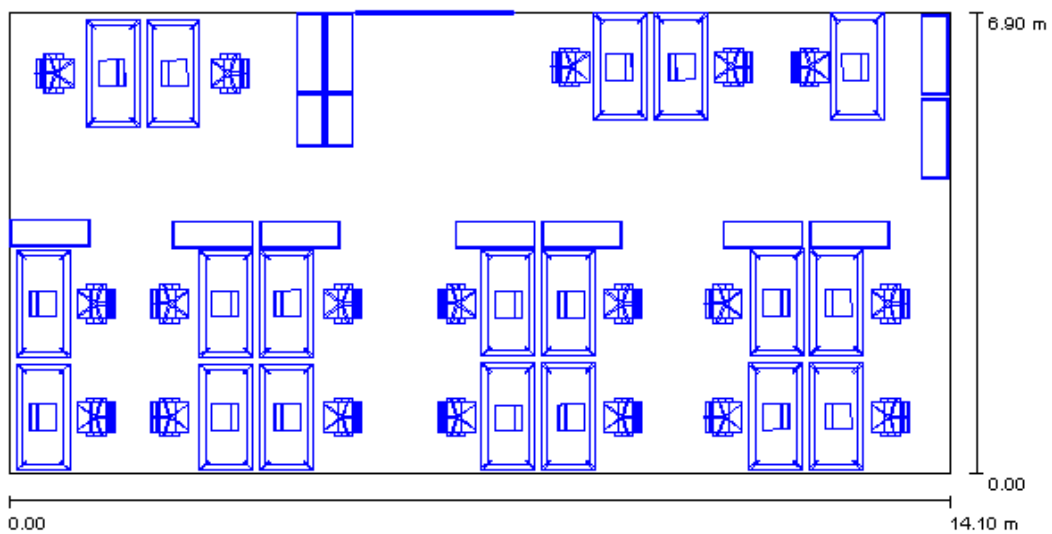
Kuva 18. Toimistohuoneen mallintaminen DIALUX-ohjelmalla

### 3.4 Huonekohtainen suunnittelu

Suunnittelu aloitettiin kartoittamalla yleisimmät tilat, joita esiintyy toimistorakennuksessa. Kun tilat saatiin kartoitettua, todettiin, että mallitilojen suunnittelu toteutetaan eri ohjausjärjestelmiä käyttäen, jotta saadaan tarjottua asiakkaalle erityyppisiä sekä erihintaisia vaihtoehtoja. Mallitiloiksi valittiin avotoimisto, neuvotteluhuone sekä yksittäinen toimistohuone. Jokaisessa tilassa oli omat piirteensä, jotka oli suunnittelussa otettava huomioon.

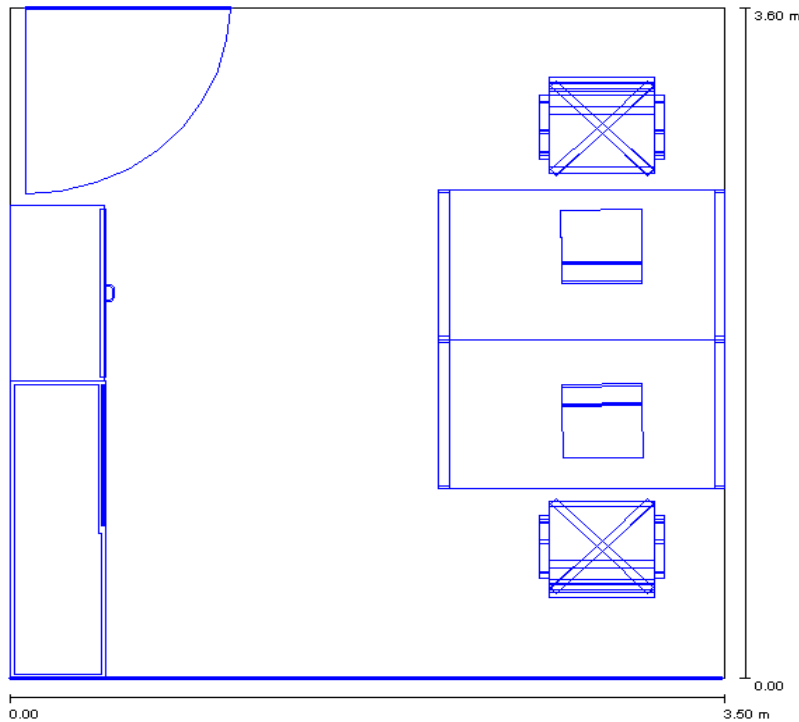
Avotoimiston tilat saattavat muuttua yllättäen, jos väki lisääntyy tai käyttäjä vaihtuu. Tilojen tulisi olla helposti muunneltavissa, sekä tilojen valaistus työpisteillä täytyy olla vaatimuksien mukainen. Näyttöpäätetyötä tehtävissä tiloissa valaistus täytyy toteuttaa niin, ettei häiritsevää heijastumista pääse syntymään.

Tässä insinööriyössä avotoimiston valaistus toteutettiin osaksi ripustettavilla loisteputkivalaisimilla ja osaksi kattoon upotettavilla moduulivalaisimilla. Ripustettavien valaisinten valonjako on *50/50*. Tämä tarkoittaa sitä, että valaisin antaa epäsuoraa valoa ylöspäin saman verran, kuin se antaa suoraa valoa alaspäin. Epäsuoran valon käyttö on suotavaa, sillä se vähentää heijastumista, sekä toteuttaa standardien mukaiset vaatimukset katon, sekä seinäpintojen vähimmäisvalaistuvoimakkuuksista. Avotoimistossa valot syttyvät ja sammuvat aikaohjelman mukaisesti ja ovat säädettävissä läsnäolon sekä vakiovalo-ohjauksen mukaisesti. Näin valoja saadaan ohjattua energiatehokkaasti. Kuvassa 19 esitetään avotoimiston pohjapiirustus:



Kuva 19. Esimerkki avotoimistosta

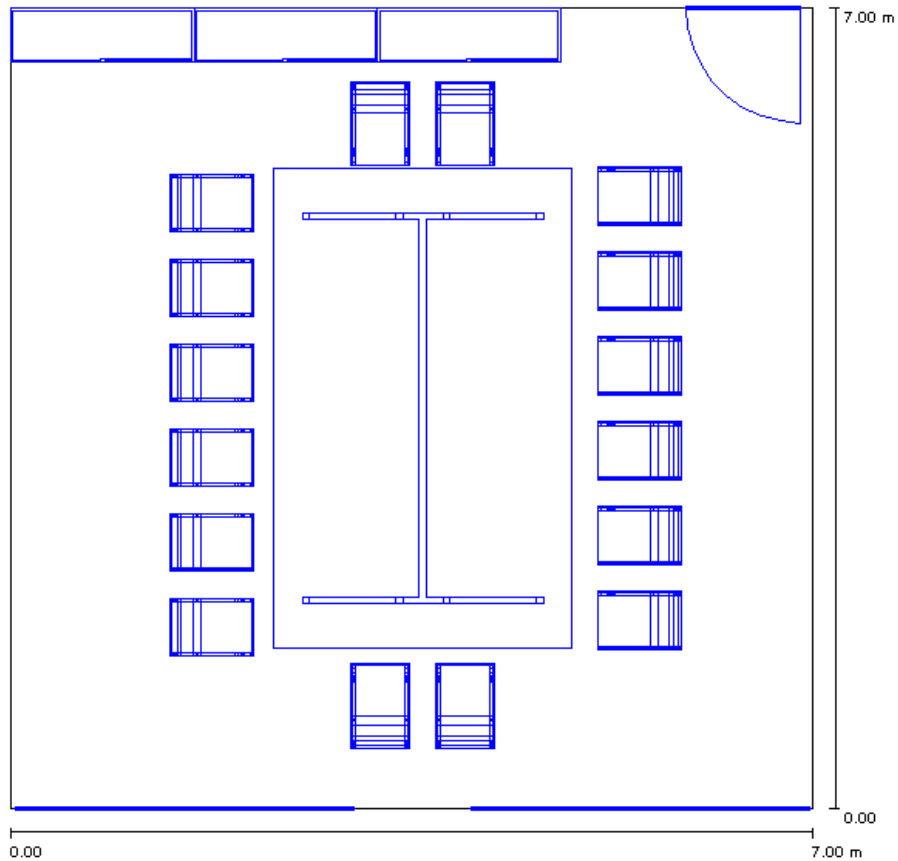
Toimistohuoneiden tilojen muutokset ovat harvinaisempia, sillä tilat on suunniteltu niin, että ne voidaan usein toteuttaa vain yhdellä pohjaratkaisulla. Tällaisessa tapauksessa tilojen muunneltavuus on pientä, mikä taas helpottaa valaistuksen suunnittelua huoneeseen. Tilojen valaistus toteutettiin kahdella katosta ripustettavalla valaisimella, joiden valonjako on *50/50*. Toimistohuoneen valaistuksenohjaus toteutettiin vakiovalo-ohjauksen, sekä läsnäolotunnistimen avulla. Kuvassa 20 esitetään toimistohuoneen pohjapiirustus (ks. seur. s.):



Kuva 20. Esimerkki toimistohuoneesta

Neuvotteluhuoneessa valaistuksen suunnittelussa tulisi ottaa huomioon tilan käyttö. Neuvotteluhuoneessa on tarvetta valaistuksen monipuoliselle ohjaukselle, erilaisten käyttötarkoitusten vuoksi. Toisinaan neuvotteluhuoneessa tehdään tarkkuutta vaativaa työtä, kuten suunnitteludokumenttien tarkastaminen. Toisinaan taas valoja pitäisi saada himmennettyä esityksen ajaksi. Myös valaisimien visuaalisuus on huomioonotettava asia neuvottutiloja suunniteltaessa.

Usein asiakkaalle yrityksen neuvotteluhuone on ensimmäinen asia, mikä yrityksestä jää mieleen. Jos neuvotteluhuone on toteutettu hyvin, on mielikuva asiakkaallakin varmasti hyvä. Neuvotteluhuoneen valaistus toteutettiin käyttäen kattoon asennettavia moduulivalaisimia. Valaisimia ohjataan läsnäolotunnistimella sekä vakiovalo-ohjauksella. Lisäksi neuvotteluhuoneeseen lisätään 7-osainen painike, jonka avulla saadaan luotua neljä esiasetettua valaistustilannetta, sekä himmentämään ja kirkastamaan valaisimia tarpeen mukaisesti. Kuvassa 20 esitetään neuvotteluhuoneen pohjapiirustus (ks. seur. s.):



Kuva 21. Esimerkki neuvotteluhuoneesta

### 3.5 Valaistussuunnitelman toteutus

Valaistusvoimakkuussuositukset työpisteellä tarkkuutta vaativissa töissä on 500 lx ja näin ollen sen välittömässä lähiympäristössä 300 lx (taulukko 4). Tiloja suunniteltaessa täytyy ottaa huomioon, että valaisimien ikääntyessä myös valaisimen valaistusteho heikkenee. Tämä johtuu valaisimen heijastimen likaantumisesta sekä valovirran alenemasta.

Valovirran alenemalla tarkoitetaan valonlähteen kykyä tuottaa valoa suhteessa aikaan. Valovirran alenema täytyy ottaa suunnitelmissa huomioon niin, että valaistustaso ei saa pudota alle suositusten siinäkin vaiheessa, kun valaisimet täytyy huoltaa. Valaisimien lamput täytyisi vaihtaa silloin, kun valoteho on laskenut loisteputkivalaisimilla 20 % ja LED-valaisimilla 30 %. Taulukossa 5 (ks. seur. s.) esitetään toimistotilojen valaistus-suositukset, joihin olisi päästävä:

Taulukko 5. Toimistotilan valaistussuositukset [11, s. 10]

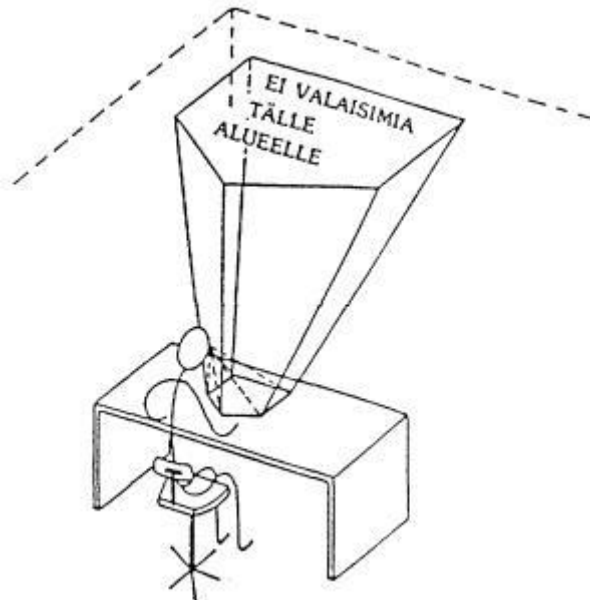
Toiminta	Em/lx	UGRL	Ra
Kirjoittaminen, konekirjoitus, lukeminen, tietojenkäsittely	300	19	80
Arkistointi, kopiointi yms	500	19	80
Tekninen piirtäminen	750	16	80
CAD-työasemat	500	19	80
Neuvottelu- ja kokoushuoneet	500	19	80
Vastaanottotiski	300	22	80
Arkisto	200	25	80

Em/lx = valaistusvoimakkuuden keskiarvon vähimmäisarvo

UGRL = häikäisyn suurin sallittuarvo

Ra = värintoistoindeksin vähimmäisarvo

Kun valaistusta lähdetään suunnittelemaan valaistussuosituksen mukaan, täytyy ottaa huomioon myös pintoihin aiheutuva heijastuminen. Valaisinten sijoittamista näyttöpäätetyöskentelyssä suoraan työpisteen yläpuolelle tulisi välttää (kuva 22). Valaisinten oikean asennuksen pystyy tarkistamaan peilin avulla. Kun työtasolle lasketaan peili, sen pinnan kautta ei pitäisi pystyä näkemään valaisimesta paljaita lamppeja. Keinona häikäisyn ehkäisemiseksi voidaan pintojen luminanssitasoja nostaa ja samalla valaisimen luminanssitasoja laskea. Myös pintamateriaalien valinnalla heijastukseen voidaan vaikuttaa suuresti. Mattapintainen työskentely-ympäristö aiheuttaa huomattavasti vähemmän häikäisyä, kuin kirkkaat kiiltävät pinnat. [11, s. 5 - 8.]



Kuva 22. Valaisinten asettely työskentely-ympäristöön [11, s. 8]

Häikäisyä voidaan ehkäistä myös valaisinvalinnoilla. Valaisinten heijastimet on toteutettu monilla eri tavoilla, jotka vaikuttavat eritavalla valonjakoon. Tekniikoita heijastuksen välttämiseksi on monia. Uutena tekniikkana valaisimiin on tullut mikroprismaoptiikka, joka jakaa valon tasaisesti ympäristöön. Tässä insinööriyössä käytettiin Fagerhultin valaisimia, joissa oli häikäisysojana Beta-pienluminanssiritilä, jossa on paraboliset poikkilamellit ja pitkittäisheijastimet mattapintaista metalloitua alumiinia. Häikäisysoja toimii samaan aikaan myös heijastimena.

Standardissa SFS-EN-12464-1 (2011) on määritelty, että lamppuja, joiden Ra-indeksi on alle 80, ei tule käyttää tiloissa, joissa työskennellään tai oleskellaan pitkäaikaisesti. Ra-indeksi kuvaa sitä, miten todellisesti lampun valo toistaa värit. Mitä suurempi Ra-indeksi on, sitä todenmukaisempina värit toistuvat. Kuvassa 23 esitetään, miten Ra-indeksi vaikuttaa käytännössä.



Kuva 23. Ra-indeksin vaikutus värien toistoon [15, s. 6]

Valaistusta suunniteltaessa mietittiin, minkälaisia ominaisuuksia tiloihin tahdotaan. Himmennettävyys, vakiovalo-ohjaus, läsnäolotunnistus, sekä digitaaliset ohjaukset olivat tärkeimmät kriteerit, jotka tulisi toteuttaa. DALI- ja KNX -järjestelmillä digitaaliset ohjaukset onnistuvat, mutta 1-10 V:n järjestelmällä ohjaukset tapahtuvat analogisesti. Muuten järjestelmiin saadaan liitettyä mukaan samat ominaisuudet.

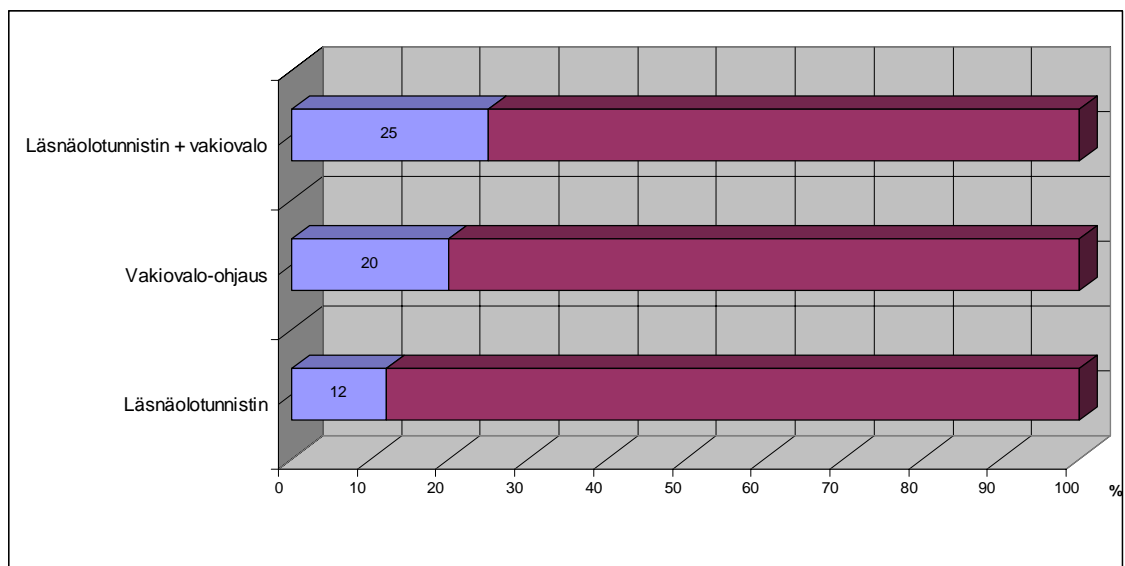
Vakiovalo-ohjauksella tarkoitetaan päivänvalon hyödyntämistä valaistuksessa. Joko itse valaisimessa, tai huoneeseen asennetussa tunnistimessa on päivänvalo-anturi, joka säätää keinovaloa päivänvalon mukaan. Päivänvalon lisääntyessä keinovaloa ohjataan

automaattisesti pienemmälle, mistä syntyy merkittäviä energiansäästöjä. Vakiovalo-anturiin säädetään valaistusvoimakkuustaso, joka halutaan ylläpitää huoneessa.

Läsnäolotunnistuksella tarkoitetaan huoneen valaistuksen ohjausta silloin, kun läsnäoloanturi tunnistaa ihmisen olevan huoneessa. Läsnäoloanturit ovat kehittyneet viime vuosina niin, että niiden avulla pystytään rekisteröimään hyvin jopa istumatyötä tekevät henkilöt. Läsnäolotunnistuksen avulla ohjatussa huoneessa valaisin palaa vain silloin, kun huoneessa on henkilö paikalla. Näin vältetään valaisimien turha palaminen, sekä valojen unohtuminen päälle henkilön poistuttua toimistosta.

Kun vakiovalo-ohjaus sekä läsnäolotunnistus yhdistetään, saadaan aikaan merkittäviä energiansäästöjä. Valot palavat vain silloin, kun sille on tarvetta, ja vakiovalo-ohjauksen ansiosta valaisin ei pala jatkuvasti täydellä teholla. Taulukossa 6 esitetään mahdolliset energiansäästöt, kun käytetään valaistuksen erityyppisiä automatisoituja ohjausjärjestelmiä.

Taulukko 6. Automaattisella valaistuksen ohjauksella saavutettavat energiansäästöt [13, s. 9]



### 3.6 Ohjelmoinnin dokumentoiminen

Kun valaisimet on saatu asennettua paikalleen, täytyy DALI- ja KNX -järjestelmän ryhmitykset vielä ohjelmoida tietokonetta käyttäen. DALI-järjestelmässä ohjelmointi tapahtuu esimerkiksi Helvarin Toolbox-ohjelmalla, ja KNX-järjestelmässä ohjelmointi tehdään

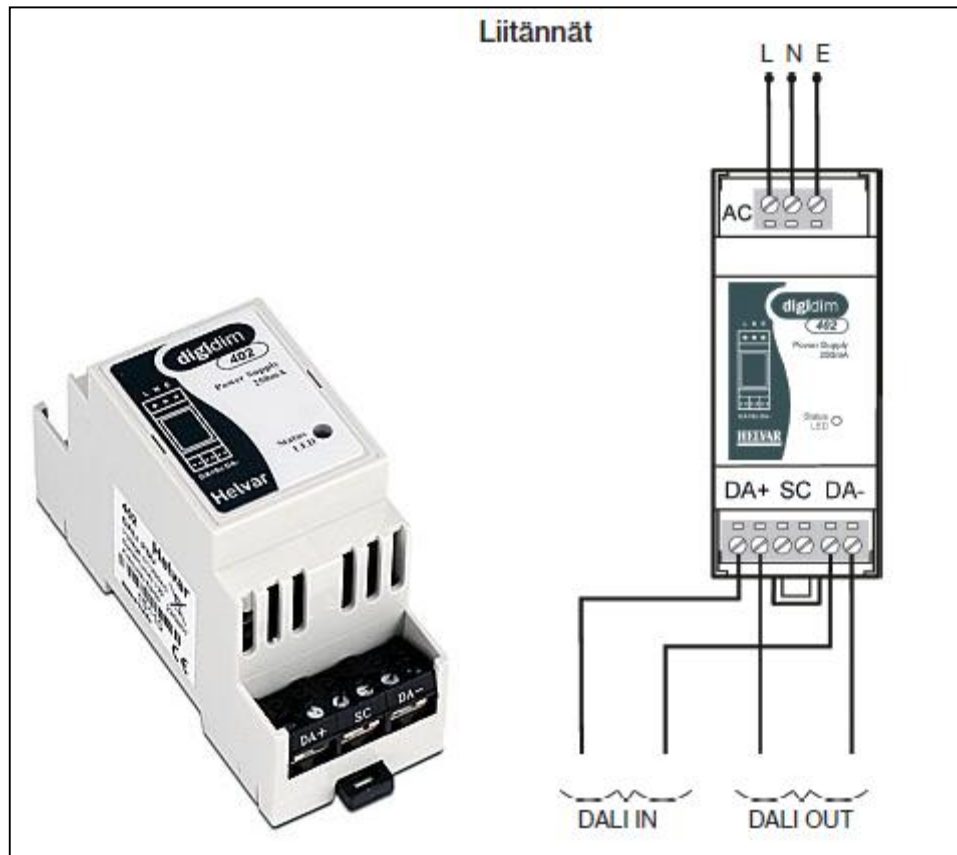
ETS-ohjelmalla. Isossa toimistokohteessa valaistuksen ryhmittelyyn ja ohjelmointiin voi mennä jopa kaksi päivää. Kopiot ohjelmoinneista on toimitettava loppukäyttäjälle sekä kiinteistön omistajalle, esimerkiksi tallennettuna muistitikulle. Kiinteistön omistajan ja loppukäyttäjän tulee huolehtia ohjelmoinnin arkistoinnista, jotta tulevaisuudessa, jos tiloja muunnellaan, on vanhan ohjelmoinnin muokkaaminen mahdollista. Jos vanha ohjelmointitiedosto puuttuu, voidaan koko valaistus joutua ohjelmoimaan uudestaan, jos ryhmyksiä muutetaan, tai järjestelmään lisätään valaisimia.

## 4 DALI -järjestelmän suunnitelmien toteutus

### DALI-järjestelmään valitut komponentit

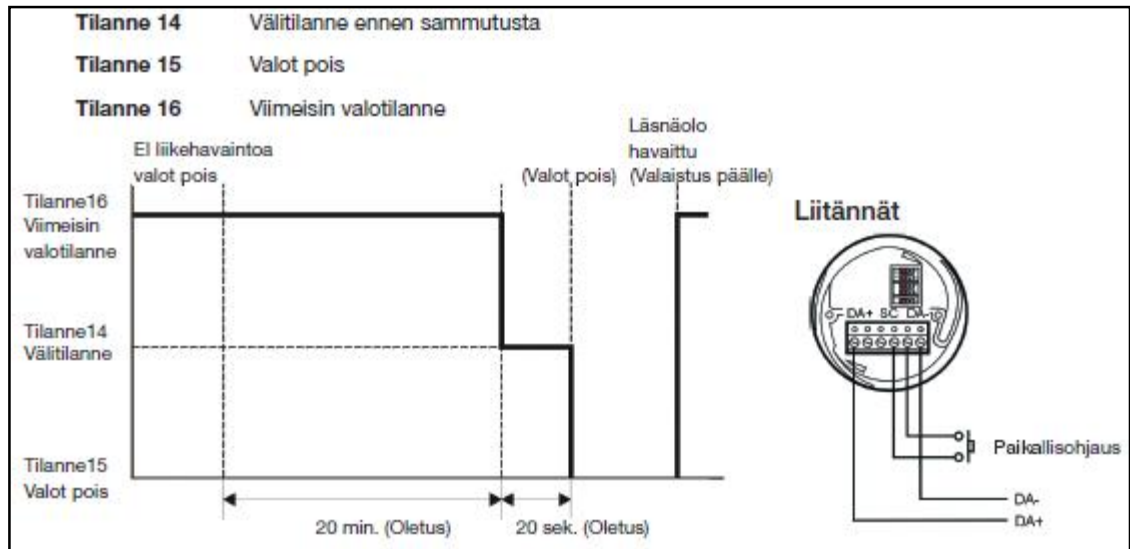
DALI-järjestelmää lähdettiin toteuttamaan yksinkertaisilla, toimivilla sekä edullisilla ratkaisuilla. Valaisimet itsessään sisältävät säätimet sekä liitäntälaitteet, joten erillisiä releyksiköitä ei tarvita. Yksinkertaisuudessaan haluttu järjestelmä saadaan toimimaan tehonlähteellä, kytkimellä sekä kattoon asennettavalla multisensorilla.

Tehonlähteenä toimii DIN-kiskoasenteinen Helvarin Digidim 402, joka pystyy syöttämään väylään 250 mA:n virran. Yhteen DALI-alueeseen saa käyttää vain yhtä tehonlähdettä. Tehonlähteeseen syötetään keskukselta 230 V:n AC-jännitettä, ja tehonlähte syöttää väylään 22 V:n DC-jännitettä. Tehonlähteen tulee olla suojattu ja suojaukseksi suositetaan käytettäväksi 2 A:n johdonsuojakatkaisijaa. Kuvassa 24 esitetään Helvarin 402 tehonlähte, ja miten tehonlähte tulee kytkeä järjestelmään mukaan. [13.] (ks. seur. s.)



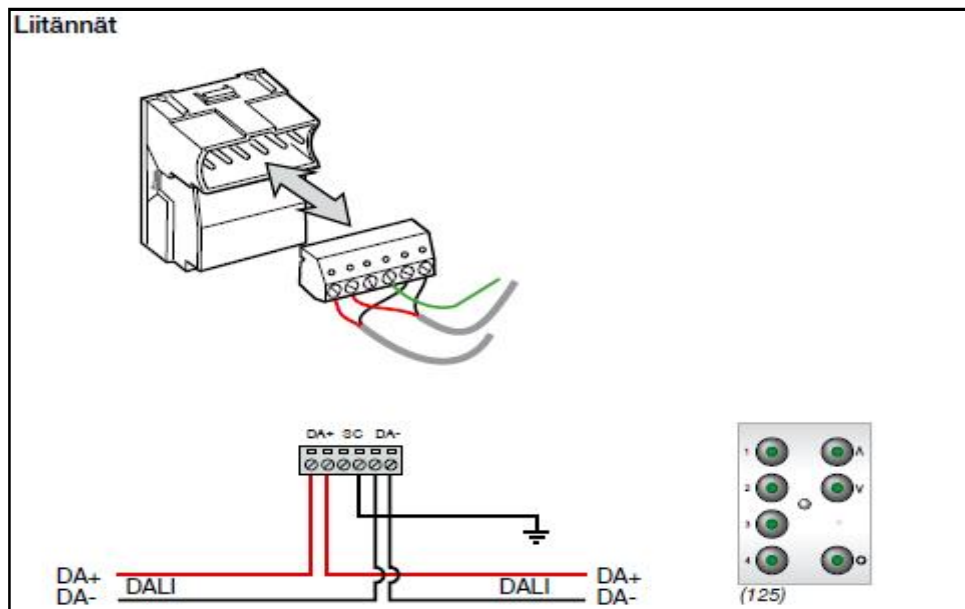
Kuva 24. Helvar Digidim 402 teholähde ja sen kytkentä [16]

Valaistusta ohjataan kattoon tai valaisinrakenteisiin asennettavalla Helvarin Multisensorilla, joka sisältää itsessään läsnäolotunnistuksen, vakiovalo-anturin ja valmiuden kauko-ohjaukseen. Multisensorissa saadaan säädettyä vakiovalo-ohjaus ja poistumisaika. Vakiovalo-ohjaus mittaa päivänvaloa ja huonetilan muuta valotasoa, sekä säätää ohjattavien valaisimien valaistusvoimakkuutta tämän perusteella. Poistumisajalla tarkoitetaan sitä aikaa, minkä jälkeen valaisin sammuu, jos sensori ei havaitse tilassa liikettä. Jos kyseessä on suurempi tila, multisensoreita pystytään yhdistämään. Kuvassa 25 (ks. seur. s.) esitetään multisensorin kytkentä sekä yksi mahdollinen tilannekohtainen ohjaus. [17.]



Kuva 25. Tilanne-esimerkki sekä multisensorin liitännät [17]

Neuvotteluhuoneeseen laitetaan multisensorin lisäksi vielä 7-painikkeinen modulaarinen paneeli, josta saadaan ohjattua valaistukseen erilaisia esiaseteltuja tilanteita, sekä saadaan himmennettyä sekä kirkastettua valaistusta, ja tarpeen tullen valaistus voidaan kytkeä kokonaan pois päältä. Kuvassa 26 esitetään modulaarinen paneeli ja sen kytkentä. Paneeleissa on paljon erilaisia materiaali- sekä väri vaihtoehtoja, jolloin ne saadaan sopimaan hieman haastavampaankin sisustusympäristöön. [18, s. 39.]



Kuva 26. Modulaarinen paneeli sekä sen kytkentä [18 s. 39]

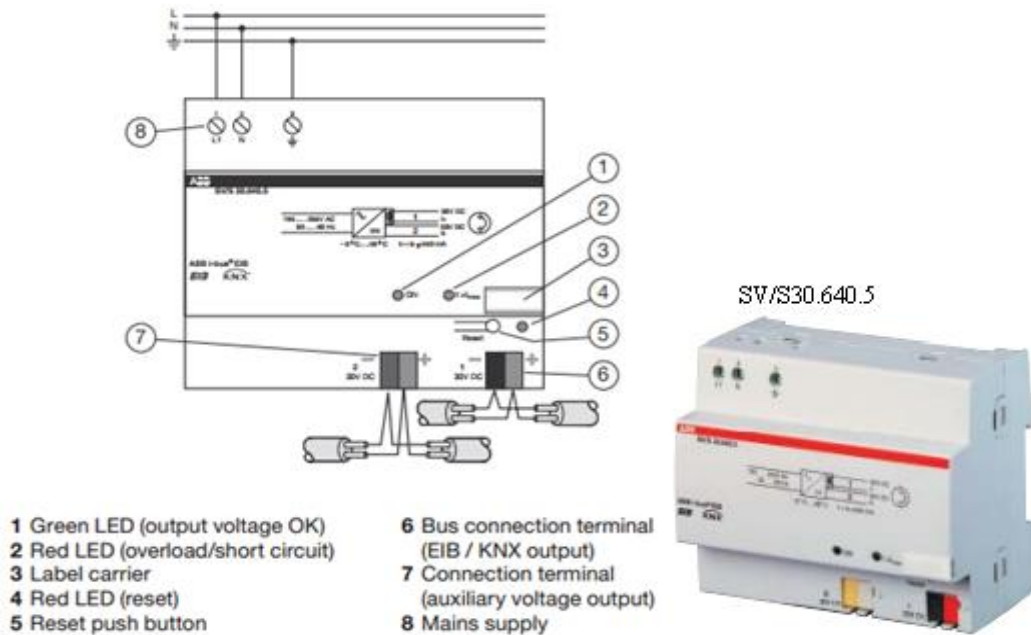
## 5 KNX-järjestelmän suunnitelmien toteutus

### KNX-järjestelmään valitut komponentit

KNX-järjestelmän valaistus on toteutettu DALI-muuntimien avulla. KNX-järjestelmä on koko rakennuksen kattava automaatiojärjestelmä, johon DALI saadaan liitettyä mukaan ohjaamaan valaistusta. Tässä insinööriyössä on keskitytty vain KNX-järjestelmän valaistusosuuteen kiinteistön automaatioissa, joten vaikka valaistusjärjestelmän hinta on muita järjestelmiä kalliimpi, se voi koko automaatiojärjestelmän pitkän aikavälin tarkastelussa olla edullisin.

KNX-järjestelmässä, jossa on runkoverkkoon liitettynä useita alueita, täytyy olla runkoverkolle oma, erillinen teholähde. Runkoverkkoon valittiin teholähteeksi kuristimella varustettu ABB:n 320 mA:n SV/s30.320.5. Teholähde syöttää väylään 30 VDC +-2V SELV jännitteen. Tässä insinööriyössä keskitytään kuitenkin vain yksittäisiin huoneisiin, jolloin suunnitelmiin otetaan mukaan vain yhteen alueeseen kuuluvat komponentit.

Jos alue on pieni, voidaan teholähteeksi valita myös aikaisemmin mainittu 320 mA:n malli, mutta toimistokohteissa alueeseen liitetään usein paljon laitteita, joten alueen teholähteeksi valittiin omalla kuristimella varustettu ABB:n 640 mA:n SV/S30.640.5. Teholähteen kautta väylään syötetään sama 30 VDC +- 2 SELV jännite, kuin runkoverkkoonkin. Teholähde kytketään keskuksen DIN-kiskoon ja keskukselta siihen syötetään 230 VAC jännite. Teholähteessä on kaksi väylän ulostuloa, joiden yhteenlaskettu virta on 640 mA. Teholähteen oikosulkuvirta on 1,5 A. Teholähteessä on vihreä LED-valo, joka vilkkuessaan ilmaisee liian suurta kuormaa, tai jotain muuta vikaa väylässä. Kuvassa 27 (ks. seur. s.) nähdään teholähteen kytkentä. [8, s. 33.]



Kuva 27. Teholähteen kytkentä sekä teholähde [19]

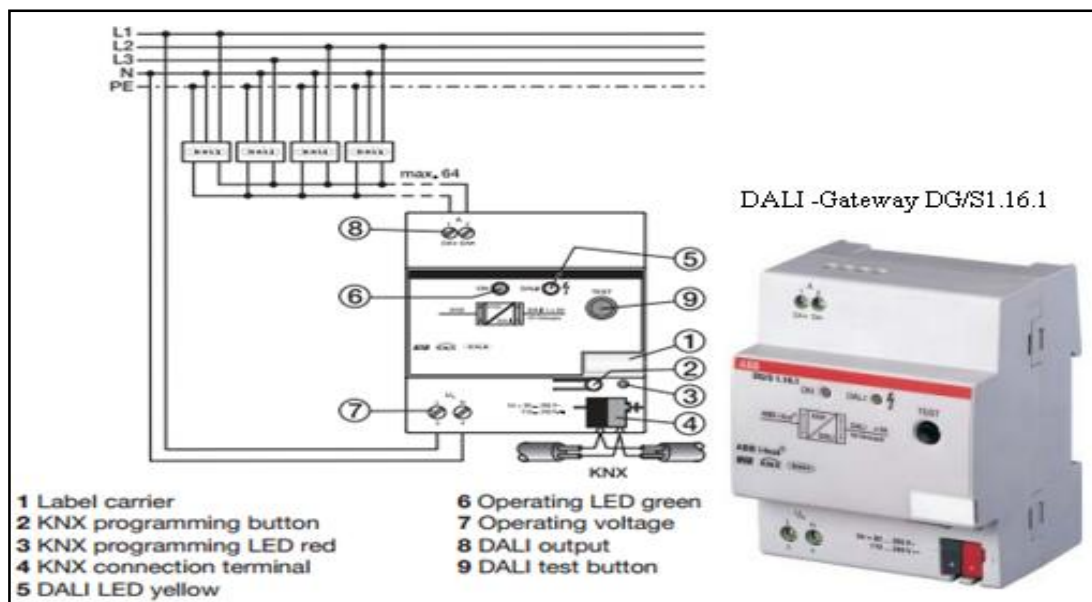
Valaistusta ohjataan väylään kytkettävällä läsnäolotunnistimella, jossa on mukana vakiovalonsäätö. Suunnitelmassa käytetty vakiovalo-ohjauksella varustettu läsnäolotunnistin on ABB:n malli 6131/11-24-500. Vakiovalonsäätö tapahtuu n. 1 - 1 000 lx ja se voidaan asettaa manuaalisesti. Myös läsnäolotunnistimen valaisinten poistumisaika voidaan määrittää manuaalisesti, ja kun läsnäolotunnistin ei havaitse liikettä määriteltyyn aikaan, niin valaisimet kytketään kokonaan pois päältä. Läsnaolotunnistin liitetään väylään sen pohjassa olevan väyläliittimen avulla (kuva 28). [20.]



Kuva 28. Läsnaolotunnistin sekä väyläliittimen sijainti [20]

Valaistuksenohjaukseen tarvitaan DALI-väylämuunnin, joka liittää valaistuksenohjauksen osaksi KNX-järjestelmää. ABB:lta löytyy keskuksen DIN-kiskoon liitettävä DALI-Gateway, DG/S1.16.1, jonka avulla voidaan ohjata 64:ää väylään liitettyä laitetta. Väylään liitettyistä laitteista voidaan muodostaa vapaasti 16 erilaista valaistusryhmää ja erilaisia valaistustilanteita voidaan muodostaa 14 kappaletta. Poistumistievalaisimet voidaan myös ryhmitellä tarpeiden mukaisesti.

DALI-väylämuuntimeen syötetään keskukselta 230 V:n jännite, jonka väylämuunnin ohjaa laitteelle väylältä tulevien sanomien mukaisesti. Kuvassa 29 esitetään DALI-Gateway, sekä esitetään, miten kytkentä järjestelmään toteutetaan. [21.]



Kuva 29. DALI-Gateway sekä sen kytkentä [21]

Neuvotteluhuoneeseen lisätään vakiovalonsäädön lisäksi 5-osainen Busch-triton-painike. Painiketta painettaessa väylään lähetetään väylään, joka kulkee väylää pitkin DALI-väylämuuntimeen, josta ohjataan sanoman mukainen toiminto päälle. Busch-triton ei tarvitse erillistä väyläliitännäyksikköä, ja siihen voidaan ohjelmoida kuusi erilaista tilannetoimintoa. Kuvassa 30 (ks. seur. s.) esitetään 5-osainen Busch-triton-kytkin.



Kuva 30. Busch-triton 5-osainen kytkin [22]

## 6 1 - 10 V -järjestelmän suunnitelmien toteutus

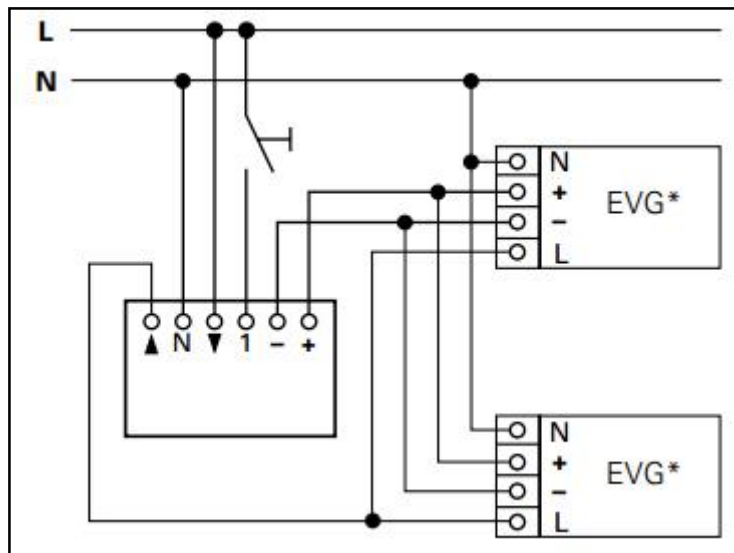
### 1 - 10 V -järjestelmään valitut komponentit

1 - 10 V -järjestelmän periaate on sama kuin muissakin järjestelmissä, mutta ohjaukset eivät tule väylän kautta vaan analogisesti suoraan kytkimiltä. Järjestelmä on komponenttien puolesta kustannustehokkaampi kuin väylään perustuvat ratkaisut johtuen siitä, ettei tarvitse hankkia erillisiä teholähteitä eikä muitakaan väyläkomponentteja.

Valaistusta ohjataan pääasiallisesti läsnäolotunnistimen sekä vakiovalo-ohjauksen avulla, mutta neuvotteluhuoneessa on lisäksi kytkin, jonka avulla voidaan säätää valaistuksen kirkkautta, sekä kytkeä valaistus tarvittaessa kokonaan pois. Läsnäoloanturiksi valittiin ABB:n Vahti-Jussi 360 -anturi ja manuaaliseksi valonsäätimeksi 1 - 10 V -järjestelmään sopiva painikeohjain (kuva 31) (ks. seur. s). Anturissa vakiovalo-ohjaus voidaan säätää 5 - 1 000 lx ja läsnäoloanturin poiskytkentä-aika voidaan säätää 1-60 minuutin välille. 2,5 metrin korkeuteen asennettuna anturi pystyy havainnoimaan 6 metrin läpimittaista aluetta. Ohjattaessa järjestelmää kytkimellä, sekä läsnäoloanturilla, kytkentä täytyy tehdä kuvan 32 (ks. seur. s) mukaisesti. [23.]



Kuva 31. 1-10 V ohjauskomponentit [23]



Kuva 32. Kytkimen ja läsnäoloanturin kytkentä [23]

## 7 Valaistusohjausjärjestelmien hintavertailu

Kaikilla valaistuksenohjausjärjestelmillä käytetään samoja valaisimia, ainoastaan ohjauskomponentit ja valaisimien elektroniset liitäntälaitteet muuttuvat. Valaisimiin on saatavilla erilaiset elektroniset liitäntälaitteet, jotta kyseistä valaisinta voidaan käyttää jokaisen järjestelmän yhteydessä. Valaisimien hintatietojen selvittämiseksi oltiin yhteydessä valaisinvalmistajiin, joilta tiedusteltiin urakoitsijoiden ostohintoja. Kaikissa tiloissa päädyttiin käyttämään Fagerhultin valaisimia.

Ohjausjärjestelmän hintaan vaikuttavat myös käytetyt komponentit, sekä KNX- sekä DALI -järjestelmissä tarvittavat väylien teholahteet. Aivan tarkkaa hinta-arviota KNX- ja DALI -järjestelmästä ei voida antaa, sillä teholahteen huonekohtaiset kustannukset pienenevät, kun järjestelmä kasvaa.

Ohjausjärjestelmän, sekä valaisinten lisäksi mallitilan hintakokonaisuuteen vaikuttavat valaisinten kaapeloinnista, sekä asennuksista aiheutuvat kulut. Materiaali, sekä asennuskustannuksia arvioitiin Sähköinfo Oy:n Severi-palvelussa olevalla *sähköurakan yksikkökustannukset 2012* -ohjelmalla. Ohjelman avulla saatiin arvioitua tilakohtaisesti kaapeleista sekä asennustyöstä koituvia kustannuksia.

Valaisinten, läsnäolotunnistimien ja vakiovalo-ohjausten asennusten hintoina käytettiin Voltmen Oy:ltä saatua urakkahinnastoa. Urakkahinta sisältää 25 %:n katteen, sekä palkan sivukustannukset. DALI-järjestelmän ohjelmoinnin hinnastona käytettiin Helvarilta saatuja hintatietoja. KNX-järjestelmän ohjelmoinnin hinnastona käytettiin JR-Sähkötöiltä saatuja hintatietoja. Ohjelmointiin käytetyt ajat ovat arvioita, joita urakoitsijat ovat antaneet huonetyypistä riippuen.

Taulukossa 7 esitetään tilakohtaiset hinnat eri järjestelmillä:

Taulukko 7. Ohjausjärjestelmien kustannusvertailu

<b>KNX-järjestelmä</b>	
<b>TILA</b>	<b>HINTA</b>
Avotoimisto ver. 1	5 581 €
Avotoimisto ver. 2	3 882 €
Neuvotteluhuone	5 180 €
Toimistohuone	759 €
<b>Yhteensä</b>	<b>16 261 €</b>
<b>DALI-järjestelmä</b>	
<b>TILA</b>	<b>HINTA</b>
Avotoimisto ver. 1	5 179 €
Avotoimisto ver. 2	3 507 €
Neuvotteluhuone	5 030 €
Toimistohuone	674 €
<b>Yhteensä</b>	<b>14 593 €</b>
<b>1-10 V -järjestelmä</b>	
<b>TILA</b>	<b>HINTA</b>
Avotoimisto ver. 1	5 068 €
Avotoimisto ver. 2	3 386 €
Neuvotteluhuone	4 986 €
Toimistohuone	702 €
<b>Yhteensä</b>	<b>14 142 €</b>

Taulukossa 7 (ks. edell. s.) esitetyt hinnat sisältävät valaisimet, kaikki järjestelmässä käytetyt tunnistimet ja anturit, järjestelmän komponentit, kaapeloinnit sekä asennus- ja ohjelmointityöt. Liitteessä 1 esitetään tarkempi laskelma, mistä hinnat koostuvat sekä esitetään yksityiskohtaisesti, mitä komponentteja ja kaapeleita tiloissa käytettiin.

Edullisimmaksi ohjausjärjestelmäksi osoittautui 1 - 10 V:n -järjestelmä, joka soveltuu erityisesti pieniin toimistokohteisiin, jossa toimitilojen muutokset ovat vähäisiä. Hint erot 1 - 10 V:n ja DALI-järjestelmän välillä olivat melko pienet. 1 - 10 V:n -järjestelmän suurin hinta-etu syntyy siitä, ettei itse järjestelmässä ole erillisiä keskuskesken liitettäviä komponentteja, eikä järjestelmää tarvitse erikseen ohjelmoida. Komponenttien hinnat nostavat tarkastelussa huonekohtaista hintaa, mutta huoneiden lukumäärien kasvaessa, komponenttien kustannukset tasaantuvat pienemmiksi huonetta kohden.

KNX-järjestelmän hintaa nostavat komponentit sekä erillisen väyläkaapelin tuonti keskuskeskelta. Kun KNX-järjestelmä toteutetaan koko kiinteistöön, väyläkaapelin sekä komponenttien kustannukset tasaantuvat pienemmiksi huonetta kohden. Tämä täytyy huomioida erikseen lähettäessä toteuttamaan kiinteistön hankesuunnitelmaa.

Jos kohteeseen tulee koko kiinteistön kattava yhtenäinen automaatiojärjestelmä, järkevimmäksi ratkaisuksi tulee KNX-järjestelmä. KNX:n avulla voidaan ohjata kaikkia kiinteistön automaatiikkaa vaativia järjestelmiä. Rakennuksen automatisointi yhden järjestelmä taakse on järkevää, kustannustehokasta sekä loppukäyttäjää ajatellen helpointa. Kun rakennuksesta huolehtii vain yksi järjestelmä, niin vikaantumisen riski järjestelmässä pienenee. Vikoja saattaa syntyä siitä syystä, etteivät risteävät järjestelmät pysty automaattisesti kommunikoimaan keskenään, jolloin saattaa syntyä sekaannuksia toiminnossa.

Valaistuksen toimintojen kannalta on lähes sama, mitä järjestelmää kiinteistössä käytetään, sillä läsnäolotunnistus sekä vakiovalo-ohjaus saadaan liitettyä mukaan kaikkiin järjestelmiin. Ohjausjärjestelmän valinnassa tuleekin huomioida tulevaisuudessa mahdollisesti ilmenevät muutokset, kiinteistön koko sekä automaatiojärjestelmien tarve.

Hintavertailun perusteella voidaan tehdä johtopäätökset, että 1 - 10 V -järjestelmää kannattaa käyttää, kun kohteena on melko pieni, tilojen puolesta lähes muuttumattomana pysyvä tila.

DALI-järjestelmä kannattaa valita suuriin kohteisiin, jossa tilojen muutokset tulevaisuudessa ovat mahdollisia, sillä valaistuksen ryhmittelyn muutokset ovat yksinkertaisia ja melko edullisia toteuttaa. DALI sopii myös kohteisiin, joissa ei ole tarvetta yhtenäiselle automaatiojärjestelmälle, vaan jokainen järjestelmä toimii omillaan riippumatta muista.

KNX-järjestelmän valinta tulee järkeväksi ja kannattavaksi silloin, kun tahdotaan koko kiinteistön kattavaa yhtenäistä automaatiojärjestelmää. Kiinteistön LVIS-järjestelmät pystyvät kommunikoimaan keskenään ja energian kulutuksen optimoiminen on järjestelmän avulla yksinkertaista. Kun kiinteistöön valitaan KNX-järjestelmä, myös valaistuksenohjauksen kustannukset pienenevät, sillä komponenttien ja väyläkaapeleiden kustannukset jakaantuvat useamman järjestelmän kesken. Näin ollen täysin tarkkaa arviota KNX:n kustannuksista on vaikea laskea.

## 8 Yhteenveto

Insinööriyössä tutustuttiin kiinteistön valaistuksenohjausjärjestelmiin toimistokohteessa. Työn tarkoituksena oli luoda AIRIX Talotekniikka Oy:lle hintavertailupohja, jota voidaan käyttää tulevaisuudessa, kun halutaan antaa nopea kustannusarvio urakasta. Talotekniikassa kiinteistöjen ohjausjärjestelmien käyttö on ollut jatkuvasti noususuhteessa, joten erilaisten ohjausjärjestelmien välisiä hinta-eroja oli aiheellista selvittää.

Työ aloitettiin perehtymällä erilaisiin ohjausjärjestelmiin, minkä jälkeen syvennyttiin tarkastelemaan, miten valaistusta kannattaa suunnitella. Ennen työn aloittamista oli olemassa pohjatietoa valaistuksen ohjausjärjestelmistä sekä väyläpohjaisista järjestelmistä, mutta syvempää tutustumista aiheeseen ei vielä ollut. Valaistussuunnittelu sekä valaistustandardit selkenivät työn kuluessa ja teoreettista tietämystä saatiin toteutettua käytännössä.

Nykyään tiukentuneet energiavaatimukset ovat tuoneet väyläpohjaisille ohjausjärjestelmille paljon kysyntää. Energiankulutusta saadaan pienennettyä automaattisten ohja-

usten avulla ja käytön helppous luo mukavuutta työympäristöön. Työtä tehdessä huomattiin, että vaikka valaistusratkaisuita voidaan tehdä eri järjestelmillä, niin valaisimet ja niiden ohjaukset ovat lähes samanlaisia. Jokaiseen järjestelmään saadaan liitettyä energiaa säästävät läsnäolo- sekä vakiovalo-ohjausanturit. Suurimmat säästöt valaistuksessa saadaan aikaiseksi juuri automaattisella valaistuksenohjauksella.

Toimistorakennusten tilaratkaisut ovat usein hyvin samantyyliisiä. Tiloista löytyy lähes poikkeuksetta avokonttoritilaa, toimistohuoneita sekä neuvottelutiloja. Toimistotilojen oikeaoppinen valaistus luo mukavamman työympäristön ja virkeämpiä työntekijöitä. Nämä tekijät heijastuvat suoraan työn tulokseen, joka pitkällä aikavälillä maksaa itsensä takaisin. Valaistukseen ja sen ohjaukseen panostaminen kannattaa muutenkin kuin vain energiankulutuksen takia.

Tässä insinööriyössä tarkastellut ohjausjärjestelmät eivät olleet kaikista edullisimpia ratkaisuita toimistotilojen valaistukseen. Perinteisellä järjestelmällä valaistuksen toteuttaminen olisi edullisempaa, mutta nykyään yritykset tahtovat sijoittaa muutosjoustaviin tiloihin sekä energiankulutuksen minimoimiseen. Energia-asioiden huomioon ottaminen tuo positiivisuutta yrityksen imagoon sekä samalla antaa yrityksestä kuvaa vastuullisena toimijana.

Työn alkuvaiheessa tavoitteena oli oppia perusteet väyläpohjaisista ohjausjärjestelmistä sekä oppia soveltamaan näitä järjestelmiä suunnittelussa. Tämä insinööriyö palvelee AIRIX Talotekniikka Oy:tä sekä myös alasta kiinnostuneita henkilöitä, jotka haluavat vertailla väyläpohjaisia ohjausjärjestelmiä. Tästä työstä on apua myös niille, jotka haluavat tutustua väyläpohjaiseen valaistuksenohjauksen perusteisiin.

## Lähteet

- 1 Fagerhult valaisinsuunnittelijan opas, painos 2011
- 2 <http://ww1.microchip.com/downloads/en/appnotes/00809b.pdf>, luettu 29.1.2012
- 3 [http://www.dali-ag.org/c/manual\\_gb.pdf](http://www.dali-ag.org/c/manual_gb.pdf), luettu 3.2.2012
- 4 2011\_09\_14\_Jstigzelius\_Sähkö 2011.pdf, Johan Stigzeliuksen luentomateriaali, luettu 22.1.2012
- 5 Sähkö\_2011 VPi.pdf, Veijo Piikkilän luentomateriaali, luettu 22.1.2012
- 6 [http://www.schneider-electric.fi/documents/fi\\_luettelot/KNX\\_luettelo.PDF](http://www.schneider-electric.fi/documents/fi_luettelot/KNX_luettelo.PDF), luettu 2.2.2012
- 7 Shneider-electric KNX-koulutusmateriaali, painos 2012
- 8 KNX asentajan käsikirja, painos 2006
- 9 Lighting control – technology and applications. Robert s. Simpsons Focal Press, Italy, 2003
- 10 <http://www.glamox.fi/glx/ArticleAdmin/ShowImage.aspx?tblType=Article&Type=Images&ImageId=141829>, luettu 10.2.2012
- 11 [http://www.valosto.com/tiedostot/SVS\\_Valaistushankintojen\\_energiatehokkuus\\_V4.pdf](http://www.valosto.com/tiedostot/SVS_Valaistushankintojen_energiatehokkuus_V4.pdf), luettu 28.1.2012
- 12 <http://www.laatuvalo.fi/valaistussuunnittelun-prosessi>, luettu 16.2.2012
- 13 ABB, rakennusten energiatehokkuus KNX-taloautomaatio - opas, painos 2011
- 14 [http://www.valosto.com/tiedostot/Energiatehokas\\_valaistus.pdf](http://www.valosto.com/tiedostot/Energiatehokas_valaistus.pdf), luettu 5.2.2012
- 15 [http://www.lahti.fi/www/images.nsf/files/B0F19687D9639FD2C225780E004E0D1C/\\$file/Valaistuskoulutus\\_%2030.11.2010.pdf](http://www.lahti.fi/www/images.nsf/files/B0F19687D9639FD2C225780E004E0D1C/$file/Valaistuskoulutus_%2030.11.2010.pdf), luettu 09.02.2012
- 16 <http://www.helvar.com/default.asp?path=3386,3399,3971,3562&article=5274&lan=FI&search=true&index=X&page=1>, luettu 20.2.2012
- 17 <http://www.helvar.com/default.asp?path=3386,3399,3971,3561&article=5272&lan=FI&search=true&index=X&page=1>, luettu 20.2.2012
- 18 <http://www.helvar.com/download.asp?id=Systems%5FCatalogue%5F2011%5FFI%2Epdf;7444;{AEAF7B67-6C35-4DA0-B05C-34DC56323COD}>, luettu 21.2.2012

- 19 [http://www.knx-gebaeudesysteme.de/sto\\_g/English/TECHNICAL\\_DATA/SINGLE/SVS\\_306405\\_TD\\_EN\\_V2-1\\_2CDC501026D0202.PDF](http://www.knx-gebaeudesysteme.de/sto_g/English/TECHNICAL_DATA/SINGLE/SVS_306405_TD_EN_V2-1_2CDC501026D0202.PDF), luettu 21.2.2012
- 20 [http://asennustuotteet.fi/documents/II1/6131-10-24-500\\_DS1.pdf](http://asennustuotteet.fi/documents/II1/6131-10-24-500_DS1.pdf), luettu 22.2.2012
- 21 [http://www.knx-gebaeudesysteme.de/sto\\_g/English/TECHNICAL\\_DATA/SINGLE/DGS\\_1161\\_TD\\_EN\\_V1-0\\_2CDC507091D0201.PDF](http://www.knx-gebaeudesysteme.de/sto_g/English/TECHNICAL_DATA/SINGLE/DGS_1161_TD_EN_V1-0_2CDC507091D0201.PDF), luettu 22.2.2012
- 22 [http://asennustuotteet.fi/documents/II1/6813g\\_II1.pdf](http://asennustuotteet.fi/documents/II1/6813g_II1.pdf), luettu 27.2.2012
- 23 [http://asennustuotteet.fi/catalog/15720/Liiketunnistimet\\_FIN1.html](http://asennustuotteet.fi/catalog/15720/Liiketunnistimet_FIN1.html), luettu 27.2.2012

## Valaisinten, asennusten sekä kaapeleiden kustannuslaskelmat

Hinta-arvio KNX - järjestelmä

Valaisimet	VALAISIN	LAMPPU	LKM	HINTA / KPL	Σ
Avotoimisto ver. 1	Fagerhult Indigo Combo Beta	4xT5 14W	7	350	2450
	Fagerhult DTI Type 2 Beta + dali	2xT16 35W	8	190	1520
Avotoimisto ver. 2	Fagerhult DTI Type 2 Beta + dali	2xT16 35W	12	190	2280
Neuvotteluhuone	Fagerhult Indigo Combo Beta	4xT5 14W	12	350	4200
Toimistihuone	Fagerhult DTI Type 2 Beta + dali	2xT16 35W	2	190	380
				<b>yhhteensä</b>	<b>10830</b>

	OHJAUS	LKM	HINTA	Σ
Avotoimisto ver. 1	Läsnäolo + vakiovalo	3	175	525
	Läsnäolo	3	140	420
Avotoimisto ver. 2	Läsnäolo + vakiovalo	3	175	525
	Läsnäolo	3	140	420
Neuvotteluhuone	Läsnäolo + vakiovalo	2	175	350
Toimistihuone	Läsnäolo + vakiovalo	1	175	175
			<b>yhhteensä</b>	<b>2415</b>

TILA	Valaisin + ohjaus / €
Avotoimisto ver. 1	4915
Avotoimisto ver. 2	3225
Neuvotteluhuone	4550
Toimistihuone	555

Komponentti	Malli	Hinta	kpl	Σ
Teholähde	SV/S30.640.5	233	1	233
Väylämuunnin	DG/S1.16.1	373	1	373
KNX 5 painike	6320/50-24G500	172	1	172
				778

Kaapeloinnit	Hinta
Avotoimisto ver. 1	262
Avotoimisto ver. 2	262
Neuvotteluhuone	278
Toimistihuone	138
	940

Valaisinasennukset	Riippuvalaisin / kpl	Hinta	Moduulivalaisin / kpl	Hinta	Σ
Avotoimisto ver. 1	8	27,59	7	13,32	313,96
Avotoimisto ver. 2	12	27,59			331,08
Neuvotteluhuone	12	27,59			331,08
Toimistihuone	2	27,59			55,18
					1031,3

Tunnistimien asennus	kpl	Hinta	Σ
Avotoimisto ver. 1	6	10,58	63,48
Avotoimisto ver. 2	6	10,58	63,48
Neuvotteluhuone	2	10,58	21,16
Toimistihuone	1	10,58	10,58
			158,7

Tila	Ohjelmoinnin tuntiveloitus	Kesto / min	Σ
Avotoimisto ver. 1	80€/h	20	27
Avotoimisto ver. 2	80€/h	20	27
Neuvotteluhuone	80€/h	20	27
Toimistihuone	80€/h	20	27

Kokonaishinta 16260

Hinta-arvio DALI - Järjestelmä

TILA	VALAISIN	LAMPPU	LKM	HINTA / KPL	Σ
Avotoimisto ver. 1	Fagerhult Indigo Combo Beta	4xT5 14W	7	350	2450
	Fagerhult DTI Type 2 Beta + dali	2xT16 35W	8	190	1520
Avotoimisto ver. 2	Fagerhult DTI Type 2 Beta + dali	2xT16 35W	12	190	2280
Neuvotteluhuone	Fagerhult Indigo Combo Beta	4xT5 14W	12	350	4200
Toimistohuone	Fagerhult DTI Type 2 Beta + dali	2xT16 35W	2	190	380
				<b>yhhteensä</b>	<b>10830</b>

TILA	OHJAUS	LKM	HINTA	Σ
Avotoimisto ver. 1	Multisensor	3	109	327
	PIR	3	79	237
Avotoimisto ver. 2	Multisensor	3	109	327
	PIR	3	79	237
Neuvotteluhuone	Multisensor	2	109	218
Toimistohuone	Multisensor	1	109	109
			<b>yhhteensä</b>	<b>1455</b>

TILA	Valaisin + ohjaus / €
Avotoimisto ver. 1	4534
Avotoimisto ver. 2	2844
Neuvotteluhuone	4418
Toimistohuone	489

Komponentti	Malli	Hinta	kpl	Σ
Teholähde	Helvar, 402	62	1	62
Kytin 7	Helvar, 125	141	1	141
				203

Kaapeloinnit	Hinta
Avotoimisto ver. 1	248
Avotoimisto ver. 2	248
Neuvotteluhuone	240
Toimistohuone	99
	835

Valaisinasennukset	Riippuvalaisin / kpl	Hinta	oduulivalaisin / k	Hinta	Σ
Avotoimisto ver. 1	8	27,59	7	13,32	313,96
Avotoimisto ver. 2	12	27,59			331,08
Neuvotteluhuone	12	27,59			331,08
Toimistohuone	2	27,59			55,18
					1031,3

Tunnistimien asennus	kpl	Hinta	Σ
Avotoimisto ver.1	6	10,58	63,48
Avotoimisto ver.2	6	10,58	63,48
Neuvotteluhuone	2	10,58	21,16
Toimistohuone	1	10,58	10,58
			158,7

Tila	Ohjelmoinnin tuntiveloitus	Kesto / min	Σ
Avotoimisto ver. 1	80€/h	15	20
Avotoimisto ver. 2	80€/h	15	20
Neuvotteluhuone	80€/h	15	20
Toimistohuone	80€/h	15	20

Kokonaishinta 14593

Hinta-arvio 1-10 V järjestelmä

TILA	VALAISIN	LAMPPU	LKM	HINTA / KPL	Σ
Avotoimisto ver. 1	Fagerhult Indigo Combo Beta	4xT5 14W	7	340	2380
	Fagerhult DTI Type 2 Beta + 1-10V	2xT16 35W	8	170	1360
Avotoimisto ver. 2	Fagerhult DTI Type 2 Beta + 1-10V	2xT16 35W	12	170	2040
Neuvotteluhuone	Fagerhult Indigo Combo Beta	4xT5 14W	12	340	4080
Toimistihuone	Fagerhult DTI Type 2 Beta + 1-10V	2xT16 35W	2	170	340
				<b>yhteensä</b>	<b>10200</b>

TILA	OHJAUS	LKM	HINTA	Σ
Avotoimisto ver. 1	Vahti-Jussi 360 + painikeohjain 1-10V	1	194	194
	Vahti-Jussi 360	5	100	500
Avotoimisto ver. 2	Vahti-Jussi 360 + painikeohjain 1-10V	1	194	194
	Vahti-Jussi 360	5	100	500
Neuvotteluhuone	Vahti-Jussi 360 + painikeohjain 1-10V	1	194	194
	Vahti-Jussi 360	1	100	100
Toimistihuone	Vahti-Jussi 360 + painikeohjain 1-10V	1	194	194
			<b>yhteensä</b>	<b>1876</b>

Valaisin + ohjaus / €

TILA	Valaisin + ohjaus / €
Avotoimisto ver. 1	4434
Avotoimisto ver. 2	2734
Neuvotteluhuone	4374
Toimistihuone	534

Komponentti				
				0
				0

Kaapeloinnit	262
Avotoimisto ver. 1	257
Avotoimisto ver. 2	257
Neuvotteluhuone	260
Toimistihuone	102
	876

Valaisinasennukset	Riippuvalaisin / kpl	Hinta	oduulivalaisin / k	Hinta	Σ
Avotoimisto ver. 1	8	27,59	7	13,32	313,96
Avotoimisto ver. 2	12	27,59			331,08
Neuvotteluhuone	12	27,59			331,08
Toimistihuone	2	27,59			55,18
					1031,3

Tunnistimien asennus	kpl	Hinta	Σ
Avotoimisto ver. 1	6	10,58	63,48
Avotoimisto ver. 2	6	10,58	63,48
Neuvotteluhuone	2	10,58	21,16
Toimistihuone	1	10,58	10,58

<b>Kokonaishinta</b>	<b>14142</b>
----------------------	--------------

KNX-järjestelmä						
TILA	Valaisin	Tunnistimet	Keskuskomponentit/järjestelmä	Kaapeloinnit	Asennukset+ohjelmointi	Kokonaishinta
Avotoimisto ver. 1	3 970 €	945 €		262 €	404 €	5 581 €
Avotoimisto ver. 2	2 280 €	945 €		262 €	422 €	3 909 €
Neuvotteluhuone	4 200 €	350 €		278 €	379 €	5 207 €
Toimistohuone	380 €	175 €		138 €	93 €	786 €
<b>Yhteensä</b>	<b>10 830 €</b>	<b>2 415 €</b>	<b>778 €</b>	<b>940 €</b>	<b>1 298 €</b>	<b>16 261 €</b>

DALI-järjestelmä						
TILA	Valaisin	Tunnistimet	Keskuskomponentit/järjestelmä	Kaapeloinnit	Asennukset+ohjelmointi	Kokonaishinta
Avotoimisto ver. 1	3 970 €	564 €		248 €	397 €	5 179 €
Avotoimisto ver. 2	2 280 €	564 €		248 €	415 €	3 507 €
Neuvotteluhuone	4 200 €	218 €		240 €	372 €	5 030 €
Toimistohuone	380 €	109 €		99 €	86 €	674 €
<b>Yhteensä</b>	<b>10 830 €</b>	<b>1 455 €</b>	<b>203 €</b>	<b>835 €</b>	<b>1 270 €</b>	<b>14 593 €</b>

1-10 V-järjestelmä						
TILA	Valaisin	Tunnistimet	Keskuskomponentit/järjestelmä	Kaapeloinnit	Asennukset	Kokonaishinta
Avotoimisto ver. 1	3 740 €	694 €		257 €	377 €	5 068 €
Avotoimisto ver. 2	2 040 €	694 €		257 €	395 €	3 386 €
Neuvotteluhuone	4 080 €	294 €		260 €	352 €	4 986 €
Toimistohuone	340 €	194 €		102 €	66 €	702 €
<b>Yhteensä</b>	<b>10 200 €</b>	<b>1 876 €</b>	<b>0 €</b>	<b>876 €</b>	<b>1 190 €</b>	<b>14 142 €</b>

KNX-järjestelmä	
TILA	HINTA
Avotoimisto ver. 1	5 581 €
Avotoimisto ver. 2	3 882 €
Neuvotteluhuone	5 180 €
Toimistohuone	759 €
<b>Yhteensä</b>	<b>16 261 €</b>

DALI-järjestelmä	
TILA	HINTA
Avotoimisto ver. 1	5 179 €
Avotoimisto ver. 2	3 507 €
Neuvotteluhuone	5 030 €
Toimistohuone	674 €
<b>Yhteensä</b>	<b>14 593 €</b>

1-10 V-järjestelmä	
TILA	HINTA
Avotoimisto ver. 1	5 068 €
Avotoimisto ver. 2	3 386 €
Neuvotteluhuone	4 986 €
Toimistohuone	702 €
<b>Yhteensä</b>	<b>14 142 €</b>

## Avotoimisto versio 1

<b>1-10 V -järjestelmä</b>					
<b>Nimi</b>	<b>Kerroin</b>	<b>Yksikköhinta</b>	<b>Määrä</b>	<b>Yksikkö</b>	<b>Hinta</b>
MMJ 5X1.5S /OH	1,00	3,53	15,00	m	52,95
MMJ 5X1.5S /KYT	1,00	15,71	1,00	kpl	15,71
MMJ 5X1.5S /OH	1,00	3,53	40,00	m	141,20
MMJ 4X1.5S /OH	1,00	3,12	15,00	m	46,80
600x600 VAL. KYT	1,00	13,32	7,00	kpl	93,24
RIIPPUVAL. KYT	1,00	27,59	8,00	kpl	220,72
MIR, PIR, KYTKIMET	1,00	10,58	6,00	kpl	63,48
			Yhteensä	Alv 0%	<b>634,10</b>
				Alv 23%	<b>779,94</b>

<b>DALI -järjestelmä</b>					
<b>Nimi</b>	<b>Kerroin</b>	<b>Yksikköhinta</b>	<b>Määrä</b>	<b>Yksikkö</b>	<b>Hinta</b>
MMJ 5X1.5S /OH	1,00	3,53	40,00	m	141,20
MMJ 2X1.5 /OH	1,00	2,54	15,00	m	38,10
MMJ 5X1.5S /KYT	1,00	15,71	1,00	kpl	15,71
MMJ 5X1.5S /OH	1,00	3,53	15,00	m	52,95
600x600 VAL. KYT	1,00	13,32	7,00	kpl	93,24
RIIPPUVAL. KYT	1,00	27,59	8,00	kpl	220,72
MIR, PIR, KYTKIMET	1,00	10,58	6,00	kpl	63,48
OHJELMOINTI	1,00	80,00	0,25	h	20,00
			Yhteensä	Alv 0%	<b>645,40</b>
				Alv 23%	<b>793,84</b>

<b>KNX -järjestelmä</b>					
<b>Nimi</b>	<b>Kerroin</b>	<b>Yksikköhinta</b>	<b>Määrä</b>	<b>Yksikkö</b>	<b>Hinta</b>
MMJ 5X1.5S /OH	1,00	3,53	15,00	m	52,95
MMJ 5X1.5S /OH	1,00	3,53	40,00	m	141,20
MMJ 5X1.5S /KYT	1,00	15,71	1,00	kpl	15,71
KLMA 4X0.8+0.8 /OH	1,00	2,30	15,00	m	34,50
KLMA 4X0.8+0.8 /KYT	1,00	5,77	1,00	kpl	5,77
KLMA 4X0.8+0.8 /OH	1,00	2,30	5,00	m	11,50
600x600 VAL. KYT	1,00	13,32	7,00	kpl	93,24
RIIPPUVAL. KYT	1,00	27,59	8,00	kpl	220,72
MIR, PIR, KYTKIMET	1,00	10,58	6,00	kpl	63,48
OHJELMOINTI	1,00	80,00	0,34	h	27,20
			Yhteensä	Alv 0%	<b>666,27</b>
				Alv 23%	<b>819,51</b>

Avotoimisto versio 2

<b>1-10 V -järjestelmä</b>					
<b>Nimi</b>	<b>Kerroin</b>	<b>Yksikköhinta</b>	<b>Määrä</b>	<b>Yksikkö</b>	<b>Hinta</b>
MMJ 5X1.5S /OH	1,00	3,53	15,00	m	52,95
MMJ 5X1.5S /KYT	1,00	15,71	1,00	kpl	15,71
MMJ 5X1.5S /OH	1,00	3,53	40,00	m	141,20
MMJ 4X1.5S /OH	1,00	3,12	15,00	m	46,80
RIIPPUVAL. KYT	1,00	27,59	12,00	kpl	331,08
MIR, PIR, KYTKIMET	1,00	10,58	6,00	kpl	63,48
			Yhteensä	Alv 0%	<b>651,22</b>
				Alv 23%	<b>801,00</b>

<b>DALI -järjestelmä</b>					
<b>Nimi</b>	<b>Kerroin</b>	<b>Yksikköhinta</b>	<b>Määrä</b>	<b>Yksikkö</b>	<b>Hinta</b>
MMJ 5X1.5S /OH	1,00	3,53	40,00	m	141,20
MMJ 2X1.5 /OH	1,00	2,54	15,00	m	38,10
MMJ 5X1.5S /KYT	1,00	15,71	1,00	kpl	15,71
MMJ 5X1.5S /OH	1,00	3,53	15,00	m	52,95
RIIPPUVAL. KYT	1,00	27,59	12,00	kpl	331,08
MIR, PIR, KYTKIMET	1,00	10,58	6,00	kpl	63,48
OHJELMOINTI	1,00	80,00	0,25	h	20,00
			Yhteensä	Alv 0%	<b>662,52</b>
				Alv 23%	<b>814,90</b>

<b>KNX -järjestelmä</b>					
<b>Nimi</b>	<b>Kerroin</b>	<b>Yksikköhinta</b>	<b>Määrä</b>	<b>Yksikkö</b>	<b>Hinta</b>
MMJ 5X1.5S /OH	1,00	3,53	15,00	m	52,95
MMJ 5X1.5S /OH	1,00	3,53	40,00	m	141,20
MMJ 5X1.5S /KYT	1,00	15,71	1,00	kpl	15,71
KLMA 4X0.8+0.8 /OH	1,00	2,30	15,00	m	34,50
KLMA 4X0.8+0.8 /KYT	1,00	5,77	1,00	kpl	5,77
KLMA 4X0.8+0.8 /OH	1,00	2,30	5,00	m	11,50
RIIPPUVAL. KYT	1,00	27,59	12,00	kpl	331,08
MIR, PIR, KYTKIMET	1,00	10,58	6,00	kpl	63,48
OHJELMOINTI	1,00	80,00	0,34	h	27,20
			Yhteensä	Alv 0%	<b>683,39</b>
				Alv 23%	<b>840,57</b>

Neuvotteluhuone

<b>1-10 V -järjestelmä</b>					
<b>Nimi</b>	<b>Kerroin</b>	<b>Yksikköhinta</b>	<b>Määrä</b>	<b>Yksikkö</b>	<b>Hinta</b>
MMJ 5X1.5S /OH	1,00	3,53	15,00	m	52,95
MMJ 5X1.5S /KYT	1,00	15,71	1,00	kpl	15,71
MMJ 5X1.5S /OH	1,00	3,53	40,00	m	141,20
MMJ 4X1.5S /OH	1,00	3,12	16,00	m	49,92
600x600 VAL. KYT	1,00	13,32	12,00	kpl	159,84
MIR, PIR, KYTKIMET	1,00	10,58	3,00	kpl	31,74
			Yhteensä	Alv 0%	<b>451,36</b>
				Alv 23%	<b>555,17</b>

<b>DALI -järjestelmä</b>					
<b>Nimi</b>	<b>Kerroin</b>	<b>Yksikköhinta</b>	<b>Määrä</b>	<b>Yksikkö</b>	<b>Hinta</b>
MMJ 5X1.5S /OH	1,00	3,53	40,00	m	141,20
MMJ 2X1.5 /OH	1,00	2,54	12,00	m	30,48
MMJ 5X1.5S /KYT	1,00	15,71	1,00	kpl	15,71
MMJ 5X1.5S /OH	1,00	3,53	15,00	m	52,95
600x600 VAL. KYT	1,00	13,32	12,00	kpl	159,84
MIR, PIR, KYTKIMET	1,00	10,58	3,00	kpl	31,74
OHJELMOINTI	1,00	80,00	0,25	h	20,00
			Yhteensä	Alv 0%	<b>451,92</b>
				Alv 23%	<b>555,86</b>

<b>KNX -järjestelmä</b>					
<b>Nimi</b>	<b>Kerroin</b>	<b>Yksikköhinta</b>	<b>Määrä</b>	<b>Yksikkö</b>	<b>Hinta</b>
MMJ 5X1.5S /OH	1,00	3,53	15,00	m	52,95
MMJ 5X1.5S /OH	1,00	3,53	40,00	m	141,20
MMJ 5X1.5S /KYT	1,00	15,71	1,00	kpl	15,71
KLMA 4X0.8+0.8 /OH	1,00	2,30	15,00	m	34,50
KLMA 4X0.8+0.8 /KYT	1,00	5,77	1,00	kpl	5,77
KLMA 4X0.8+0.8 /OH	1,00	2,30	12,00	m	27,60
600x600 VAL. KYT	1,00	13,32	12,00	kpl	159,84
MIR, PIR, KYTKIMET	1,00	10,58	3,00	kpl	31,74
OHJELMOINTI	1,00	80,00	0,34	h	27,20
			Yhteensä	Alv 0%	<b>496,51</b>
				Alv 23%	<b>610,71</b>

Toimistuhuone

<b>1-10 V -järjestelmä</b>					
<b>Nimi</b>	<b>Kerroin</b>	<b>Yksikköhinta</b>	<b>Määrä</b>	<b>Yksikkö</b>	<b>Hinta</b>
MMJ 5X1.5S /OH	1,00	3,53	15,00	m	52,95
MMJ 5X1.5S /KYT	1,00	15,71	1,00	kpl	15,71
MMJ 5X1.5S /OH	1,00	3,53	5,00	m	17,65
MMJ 4X1.5S /OH	1,00	3,12	5,00	m	15,60
RIIPPUVAL. KYT	1,00	27,59	2,00	kpl	55,18
MIR, PIR, KYTKIMET	1,00	10,58	1,00	kpl	10,58
			Yhteensä	Alv 0%	<b>167,67</b>
				Alv 23%	<b>206,23</b>

<b>DALI -järjestelmä</b>					
<b>Nimi</b>	<b>Kerroin</b>	<b>Yksikköhinta</b>	<b>Määrä</b>	<b>Yksikkö</b>	<b>Hinta</b>
MMJ 5X1.5S /OH	1,00	3,53	15,00	m	52,95
MMJ 2X1.5 /OH	1,00	2,54	5,00	m	12,70
MMJ 5X1.5S /KYT	1,00	15,71	1,00	kpl	15,71
MMJ 5X1.5S /OH	1,00	3,53	5,00	m	17,65
RIIPPUVAL. KYT	1,00	27,59	2,00	kpl	55,18
MIR, PIR, KYTKIMET	1,00	10,58	1,00	kpl	10,58
OHJELMOINTI	1,00	80,00	0,25	h	20,00
			Yhteensä	Alv 0%	<b>184,77</b>
				Alv 23%	<b>227,27</b>

<b>KNX -järjestelmä</b>					
<b>Nimi</b>	<b>Kerroin</b>	<b>Yksikköhinta</b>	<b>Määrä</b>	<b>Yksikkö</b>	<b>Hinta</b>
MMJ 5X1.5S /OH	1,00	3,53	15,00	m	52,95
MMJ 5X1.5S /OH	1,00	3,53	5,00	m	17,65
MMJ 5X1.5S /KYT	1,00	15,71	1,00	kpl	15,71
KLMA 4X0.8+0.8 /OH	1,00	2,30	15,00	m	34,50
KLMA 4X0.8+0.8 /KYT	1,00	5,77	1,00	kpl	5,77
KLMA 4X0.8+0.8 /OH	1,00	2,30	5,00	m	11,50
RIIPPUVAL. KYT	1,00	27,59	2,00	kpl	55,18
MIR, PIR, KYTKIMET	1,00	10,58	1,00	kpl	10,58
OHJELMOINTI	1,00	80,00	0,34	h	27,20
			Yhteensä	Alv 0%	<b>231,04</b>
				Alv 23%	<b>284,18</b>

## DIALux-laskelmat

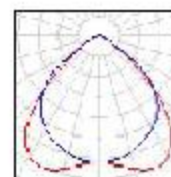
Projekti 1

**DIALux**  
 12.03.2012

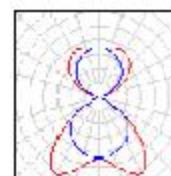
 Tekijä  
 Puhelin  
 Faksi  
 Sähköpostiosoite

## Projekti 1 / Luettelo valaisimista

19 Kappale Fagerhult 24806+Ipri Indigo Combo Beta 2-cell  
 4xT5 14 W  
 Tavarnumero: 24806+Ipri  
 Valovirta (Valaisin): 3581 lm  
 Valovirta (Lamput): 4800 lm  
 Valaisimien teho: 62.0 W  
 Valaisinten luokittelu CIE: 100  
 Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 63  
 94 99 100 75  
 Varustus: 4 x T5 (Korjaustekijä 1.000).



22 Kappale FAGERHULT 28824 DTI type 2 Beta 2xT16 35 W  
 Tavarnumero: 28824  
 Valovirta (Valaisin): 6249 lm  
 Valovirta (Lamput): 8600 lm  
 Valaisimien teho: 75.0 W  
 Valaisinten luokittelu CIE: 52  
 Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 63  
 97 100 52 95  
 Varustus: 2 x T16 (Korjaustekijä 1.000).

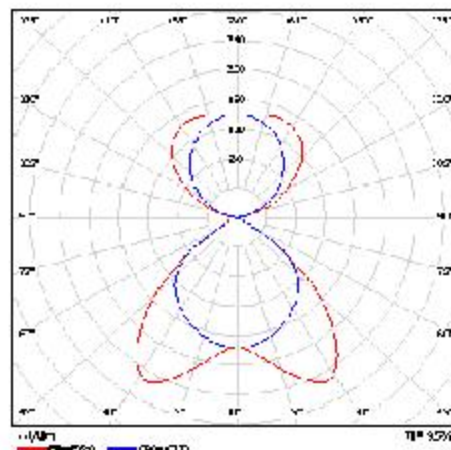


Tekijä  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

**FAGERHULT 28824 DTI type 2 Beta 2xT16 35 W / Valaisintietoarkki**



Valaistu alue 1:



Valaisinten luokittelu CIE: 52  
Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 63 97  
100 52 95

**Asemus**  
Valjeripustus. Asemus tehdään valaisimessa olevan kiikijaman avulla.  
Valjeripustus, katso lisätarvikkeet.

**Kytkenä**  
Liitäntä tehdään valaisimen päästä ja pelletään runkopäädyltä. 5-napainen pikaistännälaatta (2,5 mm<sup>2</sup>), mahdollisuus 1-vaihekytkentään.

**Rakenne**  
Runko valkokekski (NCS 0500/RAL 9016) tai alumiiniharmaaksi (RAL 9006) maalattua teräslievystä, ulkopäädylt polypropreenimuovia. Jonoasennuksessa valaisimeen lisätään jonoliitin ja runkopäädylt, katso lisätarvikkeet.

**Häikäisysoja**  
Beta - kaksiparaboliset yhdeksi kokonaisuudeksi yhdistetyt silu- ja polkittaisheijastimet, valmistettu puolikiirkaasta metallidusta ja erittäin hyvät heijastusominaisuudet (>92 %) omaavasta alumiinista. Häikäisysoja ja alus alusasketussa asennossa. Maadoitettu.

**Heijastin**  
Häikäisysoja toimii heijastimena.

**Valonjako**  
Symmetrinen.

**Turvavalaistus**  
Osaon malleista voidaan asentaa emLED-toiminto, joka sijoitetaan häikäisysojan kahden ensimmäisen polkittamelin välille.

**Valonsäätö**  
Useimpiin malleihin sopivat myös muut valonsäätölaitteet.

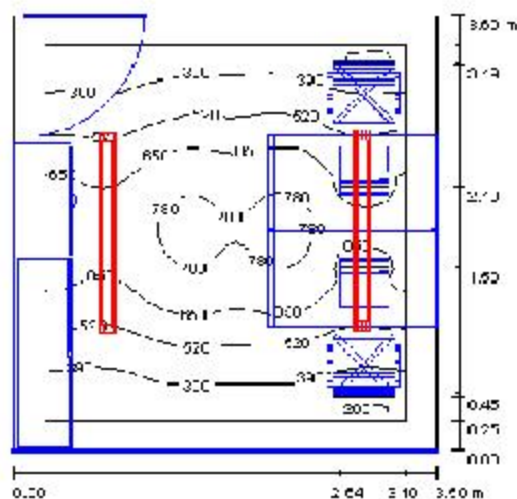
Valaistu alue 1:

IEC/EN Type A/B IGR M valaistus												
Valaistus	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
10	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
15	15	22	28	34	40	46	52	58	64	70	76	82
20	20	28	36	44	52	60	68	76	84	92	100	108
25	25	34	43	52	62	72	82	92	102	112	122	132
30	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
35	35	46	57	68	79	90	101	112	123	134	145	156
40	40	52	64	76	88	100	112	124	136	148	160	172
45	45	58	71	84	97	110	123	136	149	162	175	188
50	50	64	78	92	106	120	134	148	162	176	190	204
55	55	70	85	100	115	130	145	160	175	190	205	220
60	60	76	92	108	124	140	156	172	188	204	220	236
65	65	82	99	116	133	150	167	184	201	218	235	252
70	70	90	108	126	144	162	180	198	216	234	252	270
75	75	96	116	136	156	176	196	216	236	256	276	296
80	80	102	123	144	165	186	207	228	249	270	291	312
85	85	108	130	152	174	196	218	240	262	284	306	328
90	90	114	137	160	183	206	229	252	275	298	321	344
95	95	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336	360
100	100	126	151	176	201	226	251	276	301	326	351	376



Tekijä  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

## Toimistohuone / Yhteenveto



Tilan korkeus: 2.600 m, Asennuskorkeus: 2.200 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:47

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	550	218	819	0.396
Lattia	43	242	30	550	0.123
Katto	70	494	126	1874	0.255
Seinät (4)	50	223	12	888	/

## Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m  
Rasteri: 128 x 128 Pisteet  
Reuna-alue: 0.250 m

## Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	2	FAGERHULT 28824 DTI type 2 Beta 2xT16 35 W (1.000)	6249	6600	75.0

Yhteensä: 12497 Yhteensä: 13200 150.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $11.90 \text{ W/m}^2 = 2.17 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $12.60 \text{ m}^2$ )

Tekijä  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

### Toimistohuone / Valaistustekniset tulokset

Kokonaisvalovirta: 12497 lm  
Kokonaisteho: 150.0 W  
Huoltokerroin: 0.80  
Reuna-alue: 0.250 m

Pinta	Keskimääräinen valaistusvoimakkuus [lx]			Heijastussuhde [%]	Keskimääräinen luminanssi [cd/m <sup>2</sup> ]
	suoraan	epäsuoraan	kokonaan		
Käyttötaso	335	215	550	/	/
Lattia	123	119	242	43	33
Katto	355	140	494	70	110
Seinä 1	40	151	191	50	30
Seinä 2	102	164	266	50	42
Seinä 3	41	161	202	50	32
Seinä 4	77	155	232	50	37

Yhdenmukaisuus käyttötasolla

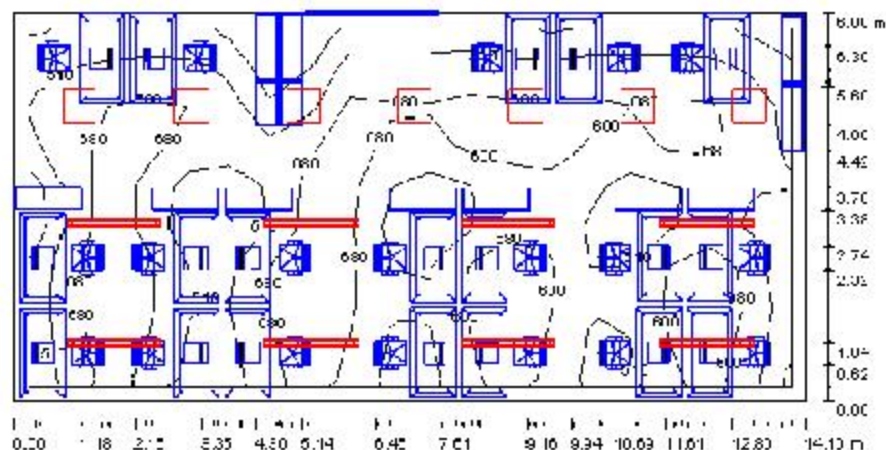
$E_{min} / E_m$ : 0.386 (1:3)

$E_{min} / E_{max}$ : 0.266 (1:4)

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: 11.90 W/m<sup>2</sup> = 2.17 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Pohjapinta-ala: 12.60 m<sup>2</sup>)

Tekijä  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

## Avotoimisto versio 1 / Yhteenveto



Tilan korkeus: 2.600 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava  
1:101

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	501	76	923	0.129
Lattia	48	338	39	684	0.116
Katto	70	400	132	1957	0.331
Seinät (4)	80	251	57	516	/

## Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m  
Rasteri: 10 x 9 Pisteet  
Reuna-alue: 0.250 m

## Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	7	Fagerhult 24866+ipri Indigo Combo Beta 2-cell 4xT5 14 W (1.000)	3581	4800	62.0
2	8	FAGERHULT 28824 DTI type 2 Beta 2xT16 35 W (1.000)	6249	6600	75.0

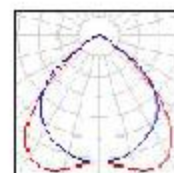
Yhteensä: 75059 Yhteensä: 86400 1034.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $10.63 \text{ W/m}^2 = 1.81 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $97.29 \text{ m}^2$ )

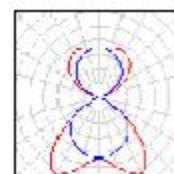
Tekijä  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

### Avotoimisto versio 1 / Luettelo valaisimista

7 Kappale Fagerhult 24866+Ipri Indigo Combo Beta 2-cell  
4xT5 14 W  
Tavarnumero: 24866+Ipri  
Valovirta (Valaisin): 3581 lm  
Valovirta (Lamput): 4800 lm  
Valaisimien teho: 62.0 W  
Valaisinten luokittelu CIE: 100  
Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 63  
94 99 100 75  
Varustus: 4 x T5 (Korjaustekijä 1.000).



8 Kappale FAGERHULT 28824 DTI type 2 Beta 2xT16 35 W  
Tavarnumero: 28824  
Valovirta (Valaisin): 6249 lm  
Valovirta (Lamput): 6600 lm  
Valaisimien teho: 75.0 W  
Valaisinten luokittelu CIE: 52  
Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 63  
97 100 52 95  
Varustus: 2 x T16 (Korjaustekijä 1.000).



Tekijä  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

### Avotoimisto versio 1 / Valaistustekniset tulokset

Kokonaisvalovirta: 75059 lm  
Kokonaisteho: 1034.0 W  
Huoltokerroin: 0.80  
Reuna-alue: 0.250 m

Pinta	Keskimääräinen valaistusvoimakkuus [lx]			Heijastussuhde [%]	Keskimääräinen luminanssi [cd/m <sup>2</sup> ]
	suoraan	epäsuoraan	kokonaan		
Käyttötaso	364	227	591	/	/
Lattia	189	150	338	48	52
Katto	195	206	400	70	89
Seinä 1	70	224	294	80	75
Seinä 2	56	190	246	80	63
Seinä 3	62	156	218	80	55
Seinä 4	55	184	240	80	61

Yhdenmukaisuus käyttötasolla

$E_{min} / E_m$ : 0.129 (1:8)

$E_{min} / E_{max}$ : 0.082 (1:12)

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $10.63 \text{ W/m}^2 = 1.81 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $97.29 \text{ m}^2$ )

Projekti 1

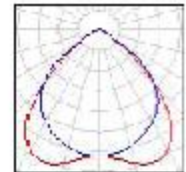
**DIALux**

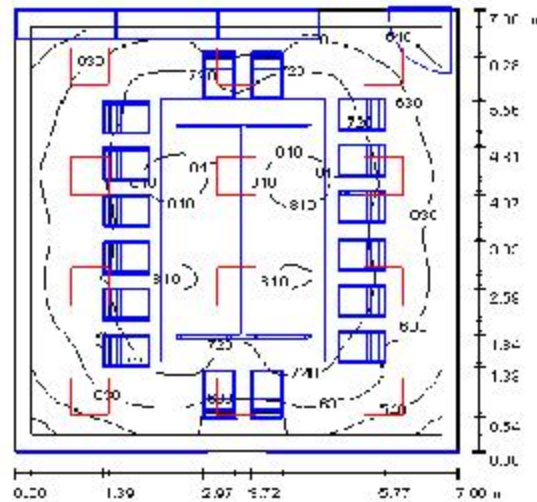
12.03.2012

Tekijä  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

**Neukkari / Luettelo valaisimista**

12 Kappale Fagerhult 24866+Ipri Indigo Combo Beta 2-cell  
4xT5 14 W  
Tavarnumero: 24866+Ipri  
Valovirta (Valaisin): 3581 lm  
Valovirta (Lamput): 4800 lm  
Valaisimien teho: 62.0 W  
Valaisinten luokittelu CIE: 100  
Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 63  
04 00 100 75  
Varustus: 4 x T5 (Korjaustekijä 1.000).





Tilan korkeus: 2.800 m, Asennuskorkeus: 2.729 m, Huoltokerroin: 0.80 Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:90

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	693	408	824	0.589
Lattia	20	298	24	538	0.081
Katto	70	152	61	256	0.400
Seinät (4)	50	253	17	524	/

**Käyttötaso:**

Korkeus: 0.850 m  
Rasteri: 128 x 128 Pisteet  
Reuna-alue: 0.250 m

**Luettelo valaisimista**

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	12	Fagerhult 24806+ipri Indigo Combo Beta 2-cell 4xT5 14 W (1.000)	3581	4800	62.0
Yhteensä:			42977	57600	744.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: 15.18 W/m<sup>2</sup> = 2.19 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Pohjapinta-ala: 49.00 m<sup>2</sup>)

Tekijä  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

### Neukkari / Valaistustekniset tulokset

Kokonaisvalovirta: 42977 lm  
Kokonaisteho: 744.0 W  
Huoltokerroin: 0.80  
Reuna-alue: 0.250 m

Pinta	Keskimääräinen valaistusvoimakkuus [lx]			Heijastussuhde [%]	Keskimääräinen luminanssi [cd/m <sup>2</sup> ]
	suoraan	epäsuoraan	kokonaan		
Käyttötaso	581	112	693	/	/
Lattia	220	77	298	20	19
Katto	0.01	152	152	70	34
Seinä 1	136	109	246	50	39
Seinä 2	152	111	263	50	42
Seinä 3	124	116	240	50	38
Seinä 4	150	112	262	50	42

Yhdenmukaisuus käyttötasolla

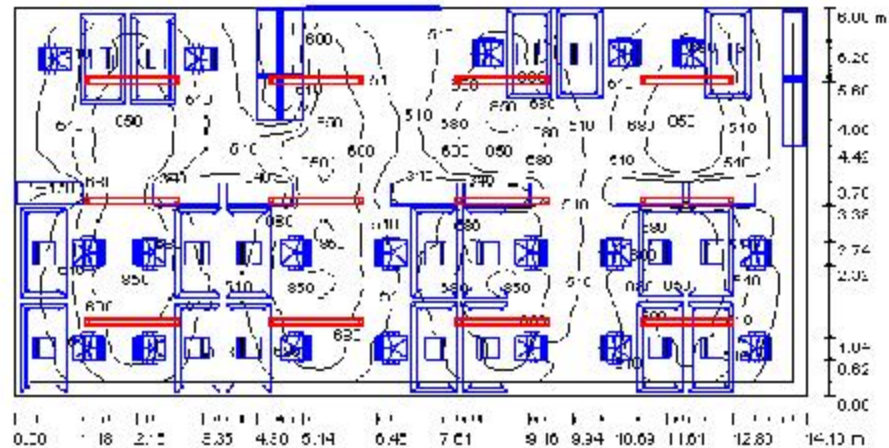
$E_{min} / E_m$ : 0.589 (1:2)

$E_{min} / E_{max}$ : 0.496 (1:2)

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: 15.18 W/m<sup>2</sup> = 2.19 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Pohjapinta-ala: 49.00 m<sup>2</sup>)

Tekijä  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

**Avotoimisto versio 2 / Yhteenveto**



Tilan korkeus: 2.600 m, Asennuskorkeus: 2.200 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava  
1:101

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	558	82	895	0.147
Lattia	48	314	58	673	0.185
Katto	70	490	151	1947	0.309
Seinät (4)	80	228	60	411	/

**Käyttötaso:**

Korkeus: 0.850 m  
Rasteri: 128 x 128 Pisteet  
Reuna-alue: 0.250 m

**Luettelo valaisimista**

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	12	FAGERHULT 28824 DTI type 2 Beta 2xT16 35 W (1.000)	6249	6600	75.0

Yhteensä: 74983 Yhteensä: 79200 900.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $9.25 \text{ W/m}^2 = 1.66 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $97.29 \text{ m}^2$ )

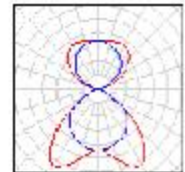
Projekti 1

**DIALux**  
12.03.2012

Tekijä  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

**Avotoimisto versio 2 / Luettelo valaisimista**

12 Kappale FAGERHULT 28824 DTI type 2 Beta 2xT16 35 W  
Tavarnumero: 28824  
Valovirta (Valaisin): 6249 lm  
Valovirta (Lamput): 6600 lm  
Valaisimien teho: 75.0 W  
Valaisinten luokittelu CIE: 52  
Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 63  
97 100 52 95  
Varustus: 2 x T16 (Korjaustekijä 1.000).



Tekijä  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

**Avotoimisto versio 2 / Valaistustekniset tulokset**

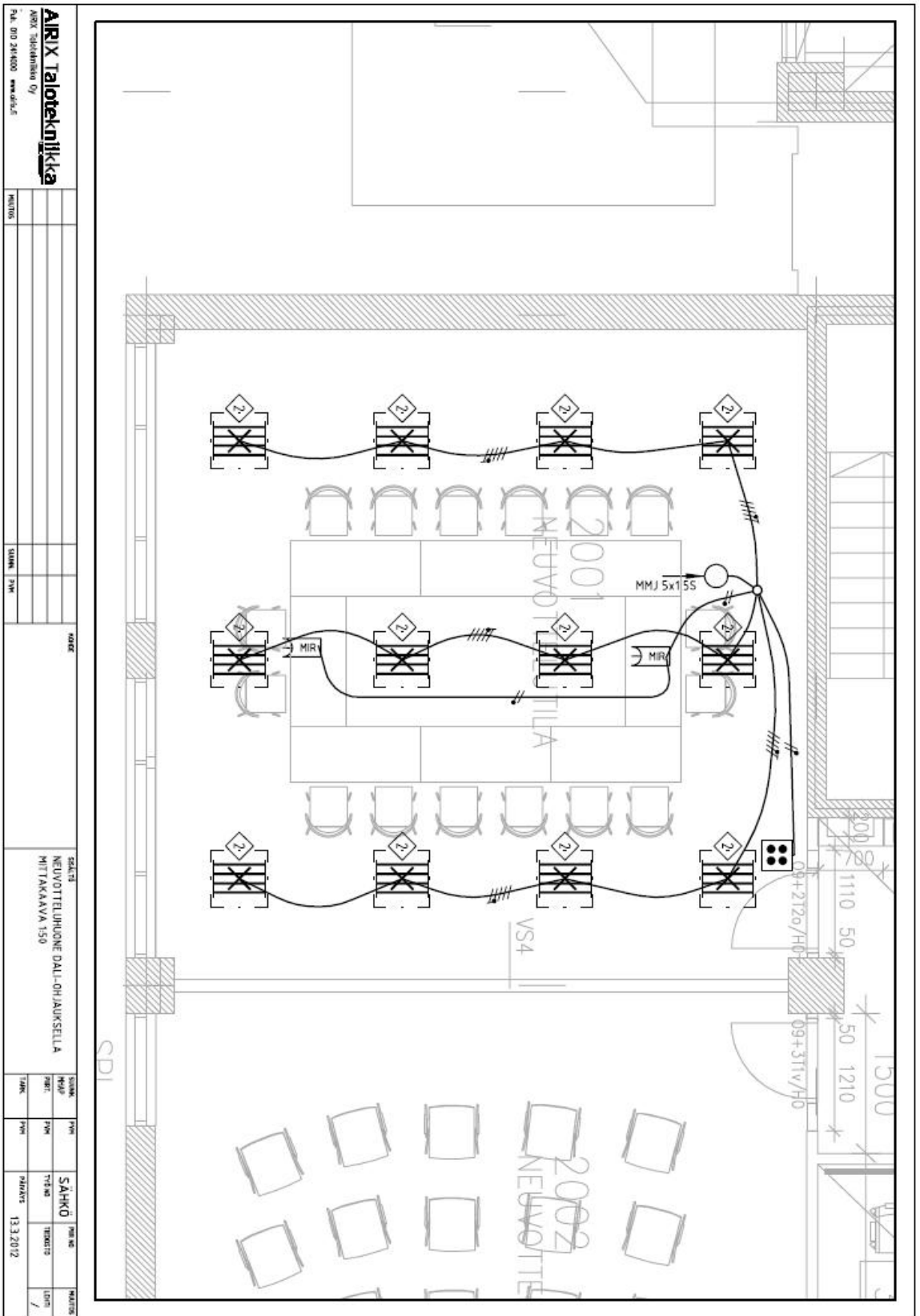
Kokonaisvalovirta: 74983 lm  
Kokonaisteho: 900.0 W  
Huoltokerroin: 0.80  
Reuna-alue: 0.250 m

Pinta	Keskimääräinen valaistusvoimakkuus [lx]			Heijastussuhde [%]	Keskimääräinen luminanssi [cd/m <sup>2</sup> ]
	suoraan	epäsuoraan	kokonaan		
Käyttötaso	296	262	558	/	/
Lattia	148	166	314	48	48
Katto	293	197	490	70	109
Seinä 1	46	208	254	80	65
Seinä 2	18	171	189	80	48
Seinä 3	41	194	235	80	60
Seinä 4	19	181	200	80	51

Yhdenmukaisuus käyttötasolla  
 $E_{min} / E_m$ : 0.147 (1:7)  
 $E_{min} / E_{max}$ : 0.092 (1:11)

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $9.25 \text{ W/m}^2 = 1.66 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $97.29 \text{ m}^2$ )





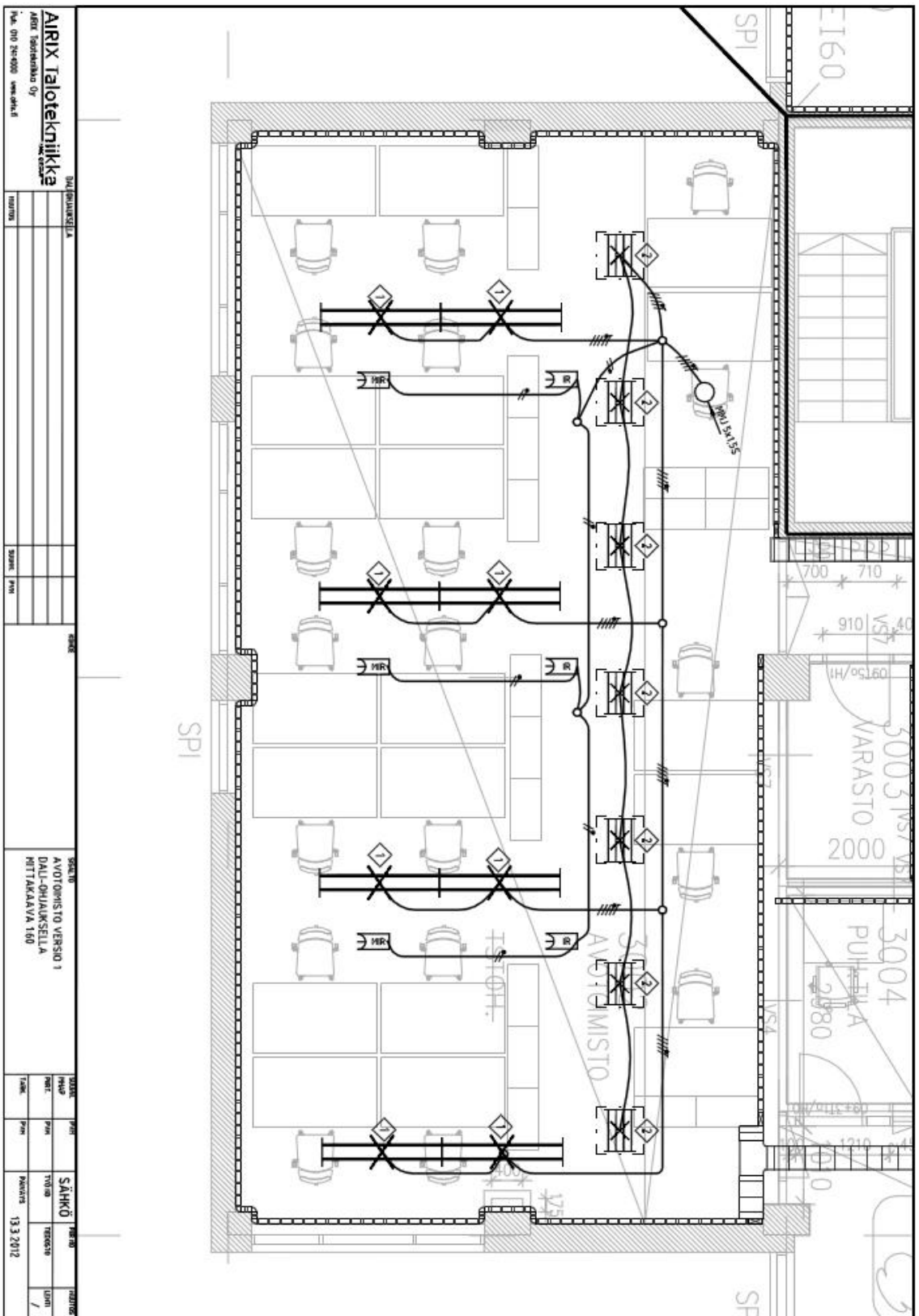
**AIRIX Talotekniikka**

Asennusohje  
Puh. 010 2414000 www.airix.fi

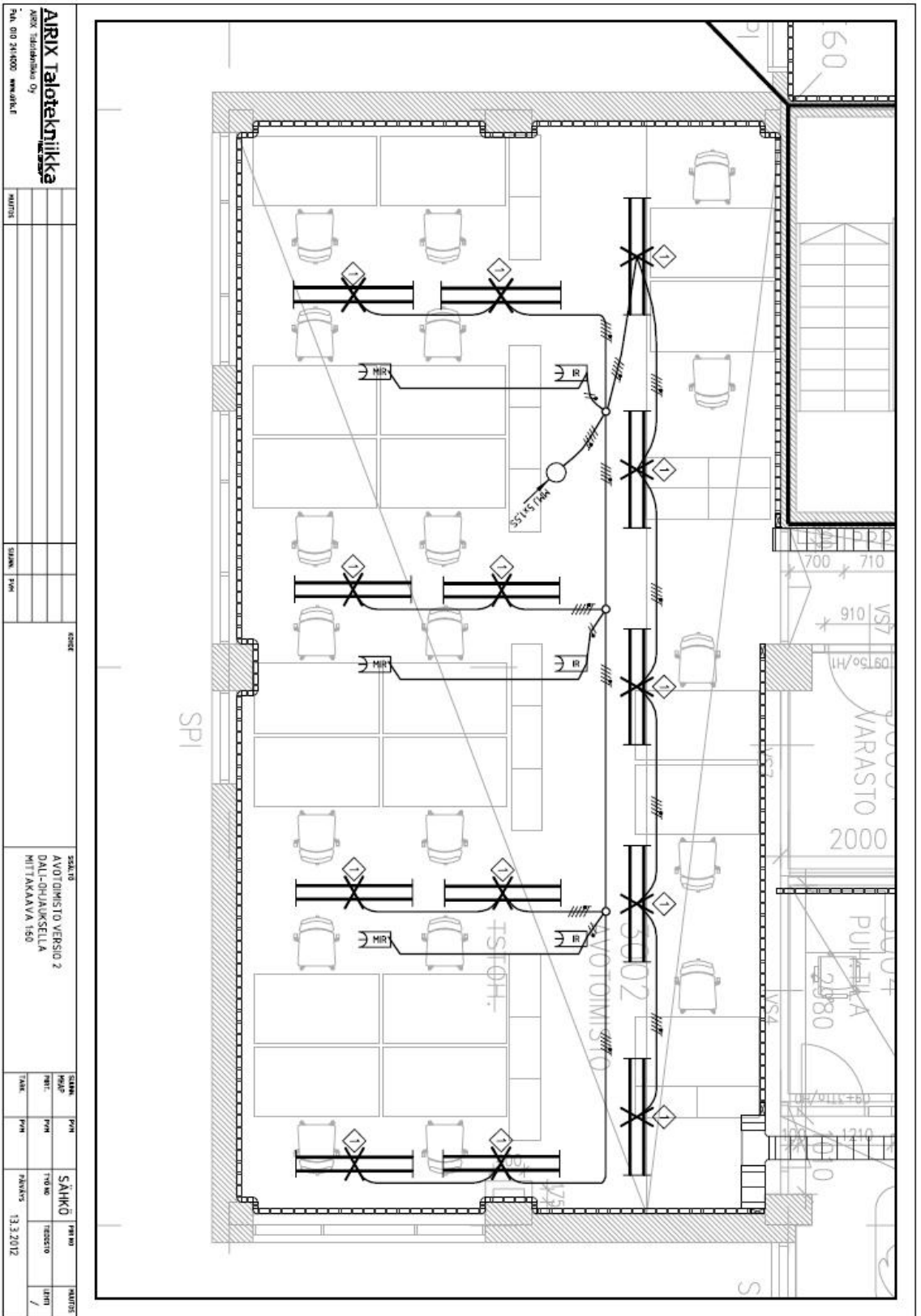
PROJEKTI	
ALUE	
SIUNNITTELIJA	
VOIKO	

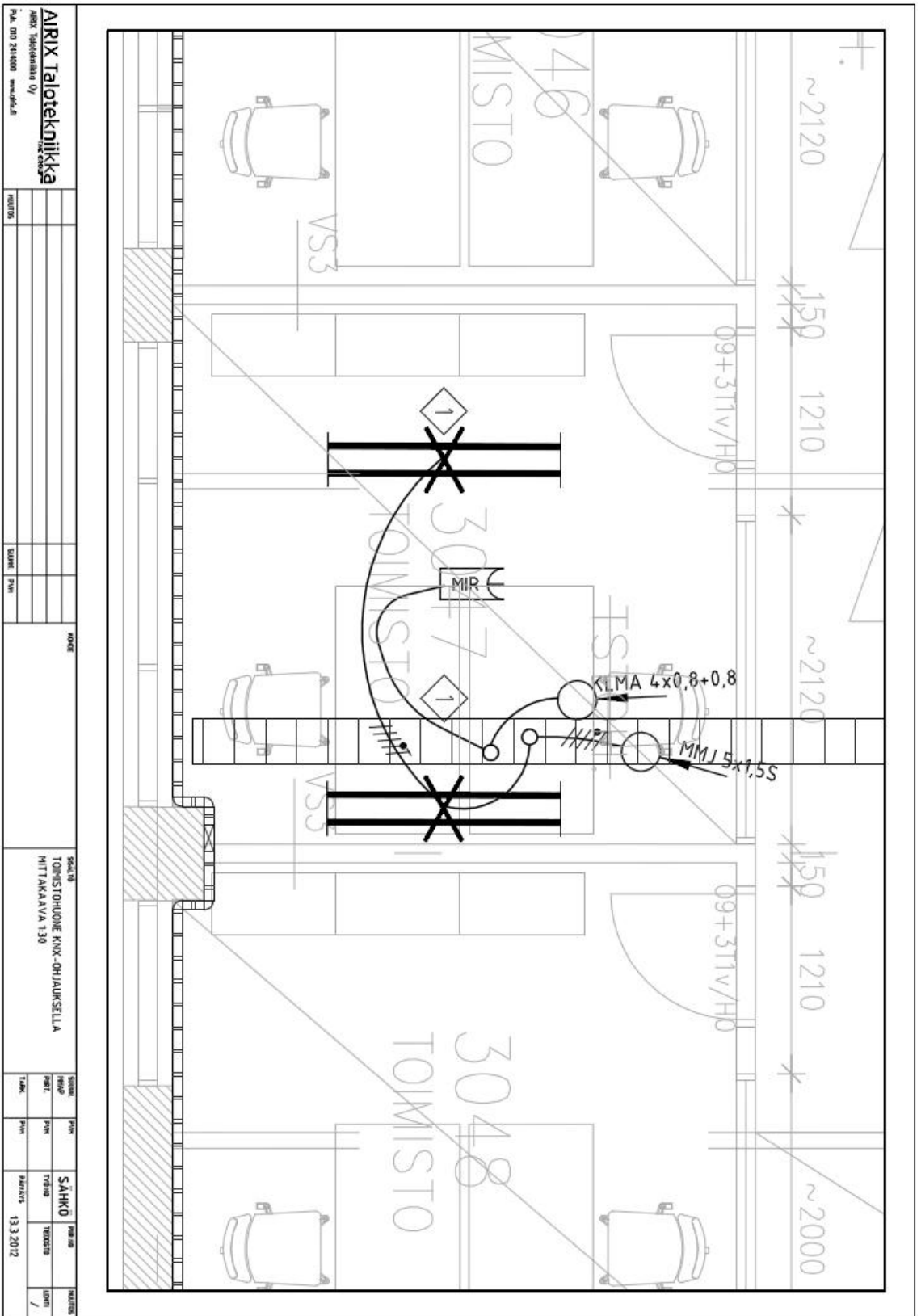
SAIKO  
NEUVOTTILUONE DAL-OHJAINKSELLÄ  
MITTAKAAVA 1:50

LAATINUT	PVM	SAIKO	PVM	PAIKKUNUT	PVM
PIIRITTEIN	PVM	TARKASTUS	PVM	PAIKKUNUT	PVM
TARK.	PVM	PAIKKUNUT	PVM	PAIKKUNUT	PVM
					13.3.2012



<b>AIRIX Talotekniikka</b> AIRIX -talonrakentaja Oy Puh. 010 2610000 www.airix.fi		DALI-OHJAUKSELLA AVTOIMISTO VERSIO 1 DALI-OHJAUKSELLA HITTAKAAVA 100		TILAUS PÄIVÄ MÄÄRÄ TILAUS PÄIVÄ MÄÄRÄ	SÄHKÖ KÄYTTÖ PÄIVÄ MÄÄRÄ SÄHKÖ KÄYTTÖ PÄIVÄ MÄÄRÄ	13.3.2012
-----------------------------------------------------------------------------------------	--	-------------------------------------------------------------------------------	--	------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------	-----------





<b>AIRIX Talotekniikka</b> AIRIX Talotekniikka Oy Puh. 010 241000 www.airix.fi		KÄYTTÖ SUUNNITTELU		KÄYTTÖ SUUNNITTELU		KÄYTTÖ SUUNNITTELU	
SÄHKÖ TOMISTO HUONE KIKK-DIJAUKSELLE MITTAKAAVA 1:30		SUUNNITTELU PÄIVÄYS 13.3.2012		SUUNNITTELU PÄIVÄYS 13.3.2012		SUUNNITTELU PÄIVÄYS 13.3.2012	













