



# **DALI-OPPIMISYMPÄRISTÖ**

Miikka Etelälahti

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2011  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Talotekniikan suuntautumisvaihtoehto  
Tampereen ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Talotekniikan suuntautumisvaihtoehto

ETELÄLAHTI MIIKKA: DALI-oppimisympäristö

Opinnäytetyö 49 s., liitteet 49 s.  
Huhtikuu 2011

---

DALI on digitaaliseen valaistuksen ohjaukseen kehitetty järjestelmä, joka voi olla joko itsenäinen järjestelmä tai osana rakennusautomaatiojärjestelmää. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutustua DALI-järjestelmään sekä suunnitella ja toteuttaa Tampereen ammattikorkeakoulun käyttöön toimiva DALI-oppimisympäristö, jonka avulla DALI-järjestelmää voitaisiin opettaa niin koulun omille oppilaille kuin ulkopuolisillekin valaistussuunnittelijoille. Työssä suunniteltiin ja toteutettiin muutama opetuskäyttöön soveltuva harjoitus, joista tehtiin tarvittavat opetusmateriaalit. Opetusmateriaaleista luotiin PowerPoint-esityksiä, joiden avulla oppilaat selviytyisivät harjoituksista itsenäisestikin. DALI-järjestelmässä ja sen suunnittelussa oli ongelmana käytettävien ohjelmistojen huono aikaisempi tuntemus.

Opinnäytetyön tuloksena on esitelty valmis DALI-oppimisympäristö, layout-kuvat, järjestelmän toimintaperiaatteet, DALI-tekniikkaa ja järjestelmän komponenttien ominaisuuksia yksityiskohtaisesti. Tuloksena saatiin lisäksi opetusympäristöön soveltuvia esimerkkiharjoitustehtäviä ja niihin kuuluvat diaesitykset, joista selviää DALI-järjestelmän perussuunnittelu toolbox-ohjelmalla ja järjestelmän rakenne. Oleellisena osana DALI-järjestelmien suunnittelua on myös esitelty valaistussuunnittelua yleensä.

Työhön oli suunniteltu alun perin harjoitustehtävä reitittimen käytöstä, mutta reitinjärjestelmää ei saatu käyttövalmiiksi ennen opinnäytetyön loppua. Reititinjärjestelmä olisi ollut hyvin tärkeä osa työtä, joten koulu tekee itse siihen tarvittavat harjoitukset myöhemmin järjestelmän valmistuttua.

## ABSTRACT

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

ETELÄLAHTI MIIKKA: DALI Learning Environment

Bachelor's thesis 49 pages, appendices 49 pages  
April 2011

---

DALI is a digital lighting control system which can be either a stand-alone system or a part of a building automation system. The purpose of this thesis was to become familiar with the DALI system and to design a system for the use of Tampere University of Applied Sciences. Students and lighting designers can study the DALI system with this DALI learning environment. The purpose was also to plan and to carry out a few exercises of the DALI system and to create necessary teaching materials. The teaching materials were created with PowerPoint which helps students to study independently. The problem in this thesis was the poor knowledge of the programs used in the designing of the DALI system.

The DALI learning environment system, the layout pictures, the principles of the DALI system, the DALI technology and the properties of its components are the outcomes of this thesis. This thesis contains also example exercises and slideshows which show the structure of the DALI system and how to use toolbox software in designing of the DALI system. Lightning planning which is a very important part of the DALI system is also demonstrated.

It was initially planned that this thesis would contain one example exercise of the router system use but this thesis was completed before the router system was ready. The router system would have been a very important part of this thesis and so the school will make the necessary exercises later when the router system is complete.

---

Key words: DALI, lighting control, learning environment, DIGIDIM, toolbox.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	DALI YLEISESTI .....	6
3	DALI-TEKNIikka .....	7
3.1	DALI:n ominaisuudet.....	7
3.2	Digitaalinen ohjaussignaali .....	8
3.3	Osoitteen rakenne.....	10
3.4	Johdotus .....	11
3.5	Ominaisuuksien yhteenveto .....	14
4	DALI OSANA RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄÄ .....	15
4.1	DALI erillisenä järjestelmänä .....	15
4.2	DALI erillisenä alijärjestelmänä .....	16
4.3	DALI osana rakennusautomaatiojärjestelmää.....	16
5	DALI-OPPIMISYMPÄRISTÖ .....	18
5.1	Laitteiston suunnittelu .....	18
5.2	DALI-oppimisympäristön komponentit.....	23
5.2.1	Ohjauspaneelit 111, 125 ja 180.....	23
5.2.2	Multisensori 312 .....	24
5.2.3	Teholähde 402.....	25
5.2.4	Sisäänmenoyksikkö 440.....	26
5.2.5	Minisisäänmenoyksikkö 444.....	27
5.2.6	1000 W Yleissäädin 452 .....	28
5.2.7	Verhomoottoriohjain 490 .....	28
5.2.8	Releyksikkö 494.....	29
5.2.9	Reititin 910.....	30
5.2.10	LCD-kosketusnäyttöpaneeli .....	31
5.2.11	EL-si älykäs digitaalinen liitäntälaitte.....	32
5.3	Laitteiston sähköturvallisuus.....	34
5.4	Oppimisympäristön harjoitusprojektien suunnittelu .....	35
6	DIGIDIM-TOOLBOX-OHJELMISTOPAKETTI 502 .....	38
7	LOPPUTULOKSET .....	40
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	46
	LÄHTEET .....	47
	LIITTEET .....	49

## 1 JOHDANTO

Ihminen tarvitsee näkemiseen valoa, joka heijastuu ympäröivistä esineistä, mikä taas mahdollistaa ihmisen työskentelyn ja toiminnan maan päällä. Valon väheneminen saattaa vaikuttaa ihmisten mielialaan, minkä takia varsinkin täällä pohjoismaissa me tarvitsemme paljon valoa pimeiden vuodenaikojemme takia.

Suomessa ensimmäinen hehkulamppu otettiin käyttöön Tampereen Finlaysonilla jo vuonna 1882. Tämän jälkeen valaistuksen tarve on lisääntynyt hurjasti. Valaistuksen myötä on tullut mahdolliseksi työskennellä ympäri vuoden ja ympäri vuorokauden. Jatkuvan kehityksen ja teollistumisen myötä tarvitsemme valaistusta jo niin paljon, että meidän on syytä kehittää energiatehokkaampia valaistusratkaisuja energian säästämisen ja ilmastonmuutoksenkin vuoksi.

Eri tilat saattavat olla useammassa erilaisessa käytössä eri aikoina. Tavallisella valaistuksen analogisella ohjauksella ei pystytä enää toteuttamaan kaikkia ihmisten tarvitsemia valaistustilanteita tai käyttötilanteita. Toimistoissa voi olla useita työskentelypisteitä, joissa työskentelee erilaisia ihmisiä erilaisissa työtehtävissä. Jokaisen käyttäjän henkilökohtaisen valaistustason luominen on hankalaa ja tilan käyttötarkoitukseenkin saattaa muuttua äkillisesti. Tilassa saatetaan työskennellä eri paikoissa ja osassa paikoista valaistusta on turhaan, joka aiheuttaa energian kulutusta ja sen mukana kustannuksia. Digitaalinen valaistuksen ohjaus on ratkaisu näihin ongelmiin.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa toimiva DALI-digitaalisen valaistuksen ohjauksen oppimisympäristö Tampereen ammattikorkeakoululle ja suunnitella siihen sopivat esimerkkiprojektit opetusmateriaaliksi oppilaille. Opetusympäristön tavoitteena on saada tulevat insinöörit jo koulussa perehtymään digitaaliseen valaistuksen ohjaukseen ja sen tuomiin mahdollisuuksiin ja energiatehokkaisiin ratkaisuihin. Tavoitteena on myös saada oppilaat luomaan virtuaalisia valaistuksen ohjausympäristöjä esimerkkiprojektien ja DIGIDIM-toolbox-ohjelman avulla. Työssä käsitellään lisäksi DALI-tekniikkaa, sen toimintaa ja sähkötyöturvallisuutta. Työssä tuodaan myös esille valaistussuunnittelun tärkeimmät asiat, jotka on esitetty liitteessä 1.

## 2 DALI YLEISESTI

DALI on digitaalisen valaistuksen ohjausjärjestelmään suunniteltu yleinen standardi markkinoilla. Se onkin syrjäyttänyt useat hiukan jo vanhat analogiset 1-10 V ohjaustavat nykyään ja tulevaisuudessa. (DALI-manual 2001, 11.)

Lyhenne DALI tulee sanoista ”Digital Addressable Lighting Interface” (erityissanasto liitteessä 2), joka on viimeistä teknologiaa edustava ohjausprotokolla elektronisille liitännälaitteille. Se on lisäys kansainväliseen liitännälaitte standardiin IEC 60929, joka takaa eri valmistajien komponenttien yhteensopivuuden. Standardin mukaisesti voidaan elektronisia liitännälaitteita ja muita komponentteja ohjata digitaalisesti. (Helvar luentoaineisto)

DALI-laitteiston kommunikointi ja asentaminen on tehty mahdollisimman yksinkertaiseksi. Se ei siis ole kuten monimutkaiset taloautomaatiojärjestelmät esimerkiksi KNX tai LonWorks. Ohjelmoinnissa Windowsin peruskäyttö riittää ja asennuksen voi suorittaa normaali sähköasentaja. Kaikki komponentit kommunikoivat paikallisen systeemin kanssa yksinkertaisesti ja ilman hankaluuksia. Systeemi ei vaadi erikoisia kaapeleita eikä päätevastuksia. DALI-järjestelmä on suunniteltu niin, että kaikki johtavat valaistuskomponenttien valmistajat tarjoavat siihen yhteensopivia tuotteita, mutta joidenkin valmistajien tuotteet saattavat kuitenkin poiketa hiukan toiminnoiltaan toisistaan. IEC 60929 standardi mahdollistaa asiakkaalle täydellisen ja turvallisen ratkaisun valaistuksen ohjaukseen. (DALI-manual 2001, 11–12.)

### 3 DALI-TEKNIikka

#### 3.1 DALI:n ominaisuudet

DALI-järjestelmä kehitettiin alun perin ohjaamaan loistelamppuja, mutta periaatteessa sitä voidaan soveltaa kaikkiin valonlähteisiin ja tilanteisiin. DALI-järjestelmässä on periaatteellisenä ajatuksena, että jokainen valaisin olisi erikseen ohjattavissa, mutta kuitenkin vaatii vain yhden ohjauskaapelin liitäntälaitteille. Tällaisia järjestelmiä on ollut mahdollista toteuttaa aikaisemminkin rakennusautomaatiojärjestelmillä kuten Lon-Works, mutta hinta on kuitenkin kovin kova, jos halutaan ohjata pelkkää valaistusta. (Robert S. Simpson Lighting and control – Technology and Applications 2003, 292–293.)

DALI järjestelmällä ei sinänsä haluta hallita koko rakennusta vaan ohjata mahdollisimman tehokkaasti rakennuksen valaistusta. DALI on erittäin helppo asentaa, hinnaltaan edullinen ja helposti uudelleen ohjelmoitavissa. Se on myös helppo yhdistää jo olemassa olevaan rakennusautomaatiojärjestelmään.

Järjestelmän maksimaalinen virta on 250 mA. Yksi yhdistetty käyttöliittymä voi kuluttaa enintään 2 mA virtaa. Tämä on otettava huomioon liitäntälaitteita valittaessa. Koko järjestelmään voi siis laittaa maksimissaan 125 liitäntälaitetta. Yhdessä DALI-järjestelmässä voi olla enintään 64 osoitetta ja 16 eri valaistusryhmää. Näitä kuitenkin voidaan suurentaa lisäämällä järjestelmien väliin reititin. (DALI-manual 2001, 19.)

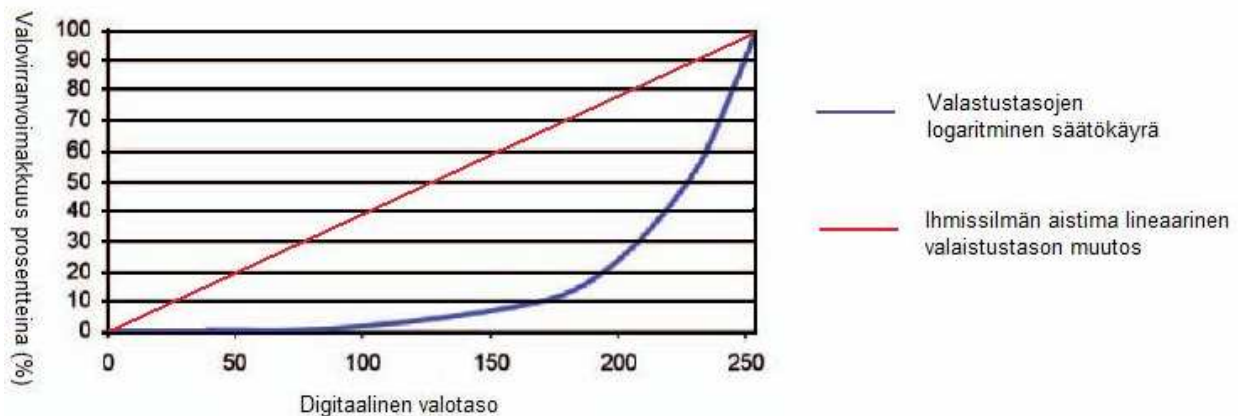
DALI:ssa ohjausverkko on galvaanisesti erotettu sähköverkosta. Hyötynä tästä on, että eri laitteet voidaan johdottaa erilaisilla johtimilla. (DALI-manual 2001, 19.)

Valaistuksen himmennysalue on 0,1 % -100 %, missä alaraja riippuu valmistajasta. Käytännössä pienin himmennys on 3 %, koska alhaisemmilla himmennyksillä lampun elinikä lyhenee. Digitaalisia valotasoja on 255 eli käytännössä valotaso 0 on kirkkaudeltaan 0 % ja valotaso 254 on kirkkaudeltaan 100 %. Taulukossa 1 on esitetty yhteenveto valovirran osuudesta milläkin tasolla. Himmennyskäyrä kasvaa logaritmisesti ja näin ihmissilmä aistii sen lineaarisena valaistustason muutoksena. Himmennyskäyrä ja ih-

missilmän havaitsema valaistustason muutos on esitetty kuviossa 1. (DALI-manual 2001, 19.)

TAULUKKO 1. Valovirran osuus tasoittain (Quicktronic® DALI/DIM Technical Guide, 2009, 24)

Valovirta prosentteina (%)	Digitaalinen valotaso
0	0
0,1	1
0,5	60
1	85
3	126
5	144
10	170
20	195
30	210
40	220
50	229
60	235
70	241
80	246
90	250
100	254



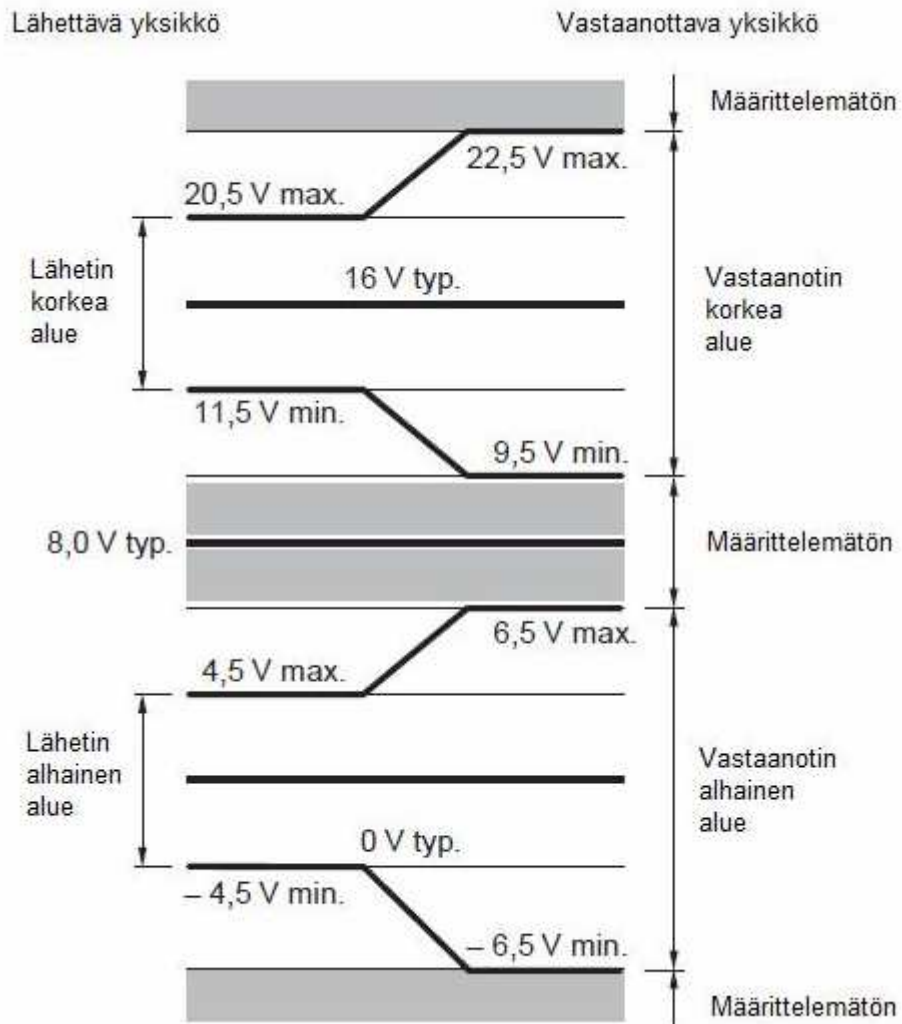
KUVIO 1. Logaritminen valovirran himmennyskäyrä (Helvar luentoaineisto, muokattu)

### 3.2 Digitaalinen ohjaussignaali

DALI-järjestelmässä DALI-liitännälaitteen ja ohjausyksikön välinen tiedonsiirtonopeus on 1200 bittiä/sekunnissa, joten sähkömagneettisista häiriöistä ei ole sille haittaa. Jännitteen matalan tason fyysinen rajapinta on 0 V, joka saa vaihdella kuitenkin -4,5 V:n ja 4,5 V:n välillä lähettävän yksikön puolella ja -6,5 V:n ja 6,5 V:n välillä vastaanottavan yksikön puolella. Jännitteen tyypillinen ylempi rajapinta on 16 V, joka saa vaihdella 9,5 V:n ja 22,5 V:n välillä vastaanottavan yksikön puolella ja 11,5 V:n ja 20,5 V:n välillä

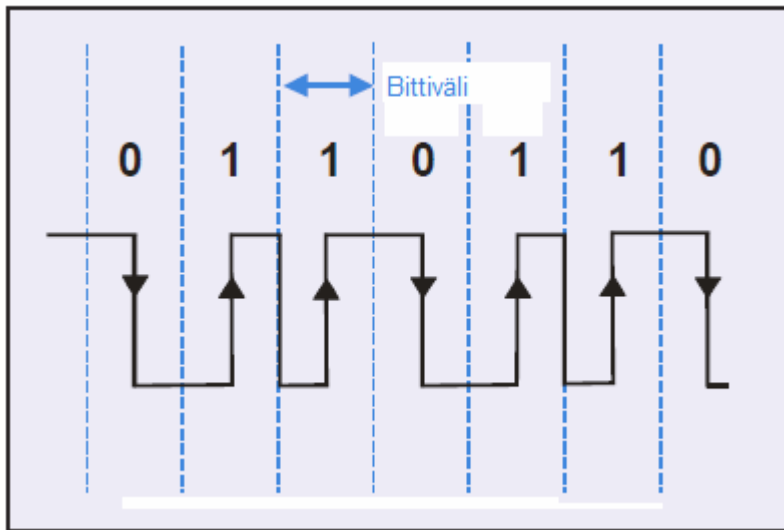


lähettävän yksikön puolella. Maksimaalinen jännitealenema ohjauspiirissä on 2 V. Kuviossa 2 on esitetty ohjauspiirin jännitetasot. (DALI-manual 2001, 17.)



KUVIO 2. Ohjauspiirin jännitetasot (DALI-manual 2001, 18, muokattu)

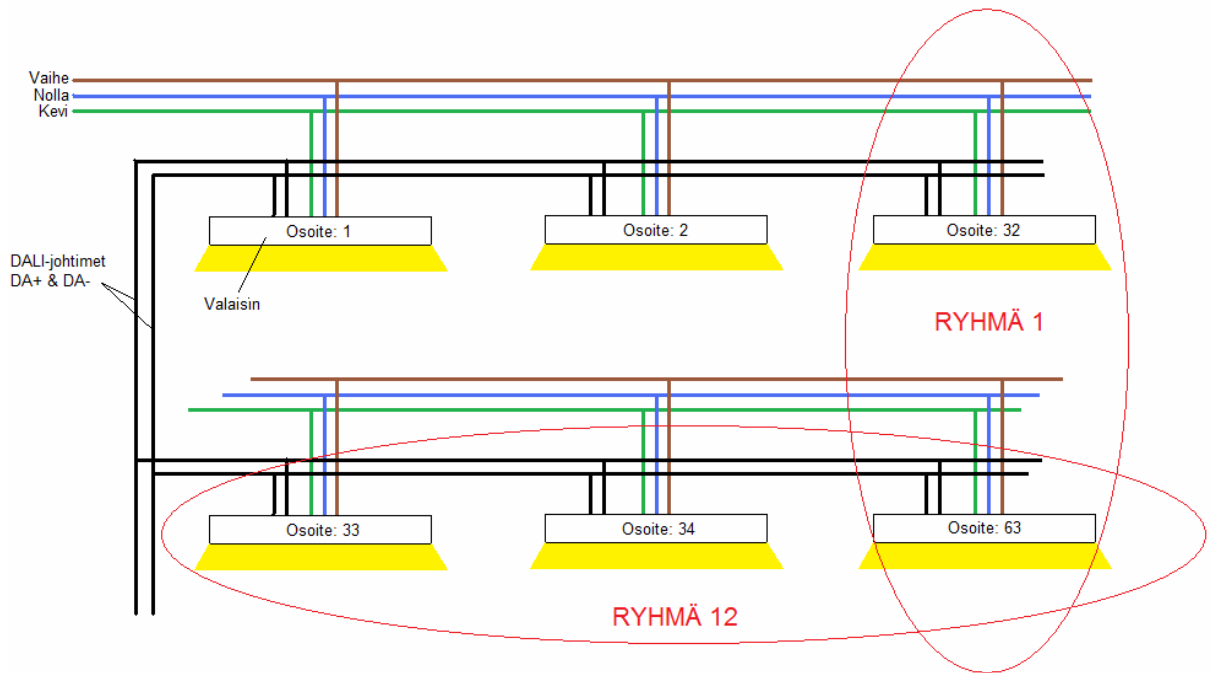
Tiedonsiirtoon DALI-järjestelmä käyttää Manchester koodausta eli bi-phase menetelmää. Tässä yksinkertaisessa bitti menetelmässä etuna on, että se pystyy läpäisemään myös muuntajat. Menetelmä toimii siten, että kun jännite nousee matalammasta korkeampaan, luetaan se 1 ja kun jännite siirtyy korkeammasta matalampaan, luetaan se 0. Kuviossa 3 on esitetty Manchester koodauksen periaate. (Robert S. Simpson Lighting and control – Technology and Applications 2003, 294.)



KUVIO 3. Manchester eli bi-phase koodauksen periaate (Robert S. Simpson Lighting and control – Technology and Applications 2003, 294, muokattu)

### 3.3 Osoitteen rakenne

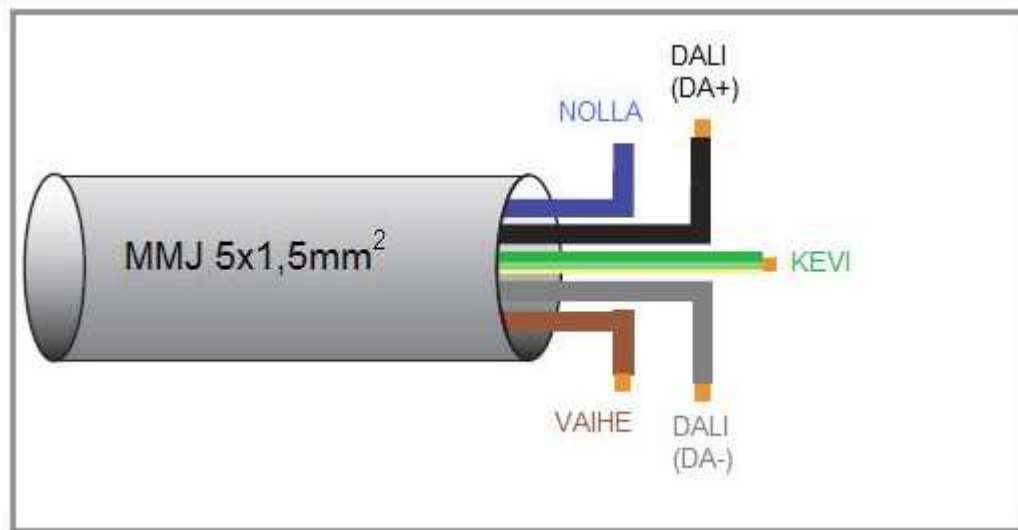
DALI-järjestelmässä kullakin liitälaitteella on oma osoitteensa, joita yhdessä järjestelmässä voi olla 64. Tämä mahdollistaa sen, että kuhunkin liitälaitteeseen voidaan ottaa yhteyttä erikseen, vaikka ne kaikki ovatkin kytketty samaan DALI-väylään. Järjestelmään voidaan ohjelmoida enintään 16 ryhmää, joille voidaan asettaa eri valaistustilanteita. Yhdellä liitälaitteella voi siis olla vain yksi osoite, mutta se voi kuulua useampaan eri ryhmään. Ryhmiä ja valaistustilanteita voidaan osoitteiden avulla muuttaa myöhemmin tarpeen mukaisiksi koskematta asennuksiin. Kuviossa 4 on esitetty liitälaitteiden osoitteiden ja ryhmien esimerkkirakenne. (DALI-manual 2001, 24–25.)



KUVIO 4. Osoitteiden ja ryhmien esimerkkirakenne

### 3.4 Johdotus

DALI järjestelmän johdotus on pyritty tekemään mahdollisimman yksinkertaiseksi eikä se vaadi mitään erikoiskaapeleita. Yksinkertaisimmillaan johtimia tarvitaan viisi, vaihe-, nolla- ja suojajohdin valaisimelle ja kaksi johdinta valaisimen liitälaitteelle digitaalista signaalia varten. Kaikkien johtimien tulee täyttää verkkojännitteen vaatimukset sillä kyseessä ei ole SELV-piiri. Digitaalisella signaalilla on hyvä häiriönsietokyky, joten se voi kulkea samassa putkessa verkkojännitteisien johtimien kanssa. Tästä johtuen asennus voidaan toteuttaa viisijohdin kaapelilla esimerkiksi MMJ 5 · 1,5mm<sup>2</sup>. Kuviossa 5 on esitetty MMJ 5 · 1,5mm<sup>2</sup> kaapeli ja sen johtimien kytkennät. Taulukossa 2 on esitetty valittavien ohjauskaapeleiden poikkipinta-alat pituuksien mukaan. (DALI-manual 2001, 21.)

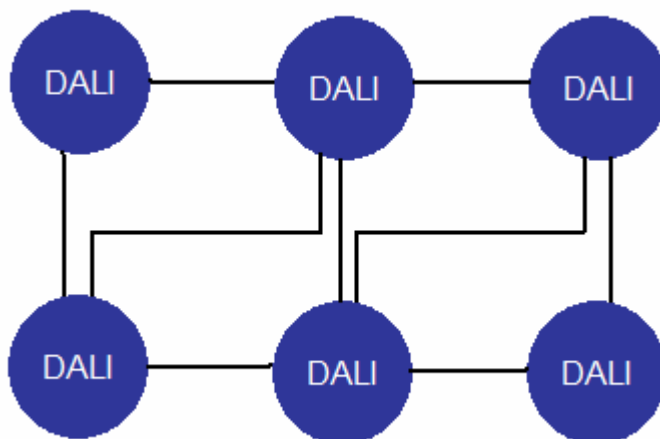


KUVIO 5. Esimerkki kaapeli DALI-johdotukseen (Quicktronic® DALI/DIM Technical Guide, 2009, 20, muokattu)

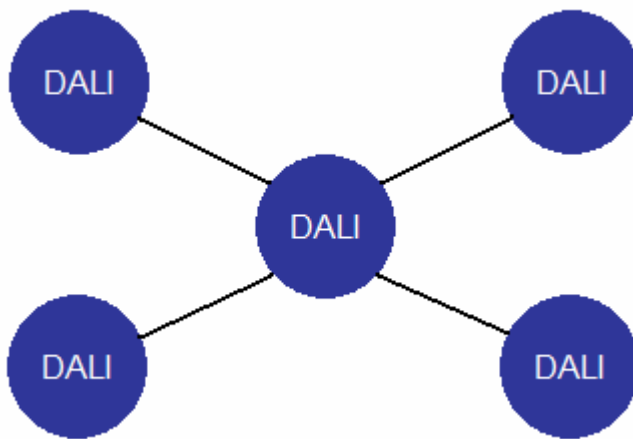
TAULUKKO 2. DALI-järjestelmän ohjauskaapelin valinta pituuden mukaan (DALI-manual 2001, 19)

Kaapelin pituus (m)	Kaapelin poikkipinta-ala (mm <sup>2</sup> )
0-100	0,5
100-150	1,0
150-300	1,5

DALI-järjestelmä voidaan johdottaa joko sarjakytkennällä tai tähtikytkennällä, josta voi olla hyötyä myöhemmässä suunnittelussa ja muutoksissa (DALI-manual 2001, 26). Kuviossa 6 on esitetty DALI-järjestelmä sarjakytkettynä ja kuviossa 7 on esitetty tähtikytkettynä.



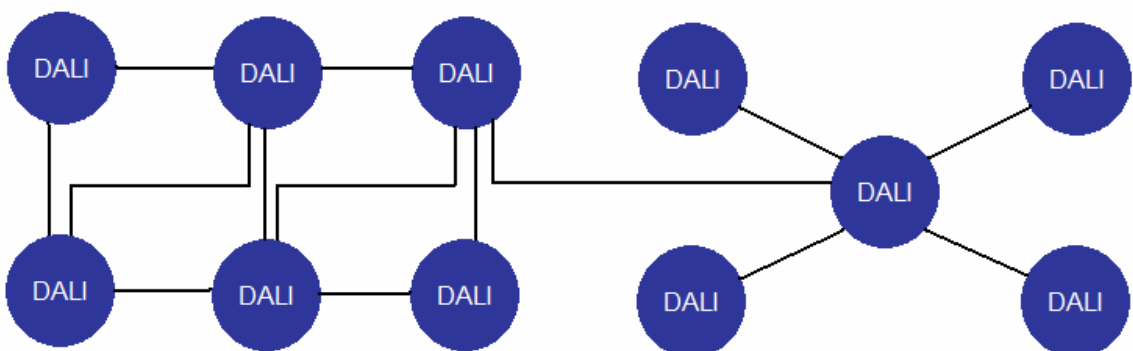
KUVIO 6. DALI-järjestelmä sarjakytkettynä (DALI-manual 2001, 26, muokattu)



KUVIO 7. DALI-järjestelmä tähtikytkettynä (DALI-manual 2001, 26, muokattu)

Sarjakytkentä on helppo toteuttaa, mutta tähti kytkennässä säästetään huomattavasti enemmän kaapelin pituudessa. Täytyy ottaa huomioon kuitenkin, että digitaalisen ohjaussignaalihohtimen maksimaalinen pituus on 300 metriä eli tähtikytkentä on parempi ratkaisu ottaen huomioon mahdollisen myöhemmän järjestelmän laajentamisen. (DALI-manual 2001, 26.)

DALI-järjestelmässä on mahdollista yhdistää myös kaksi eri topologiaa toisiinsa. Tätä menetelmää voidaan käyttää, jos on jo olemassa kaksi tilaa eri topologioilla tai jos toiseen tilaan tulee huomattavasti paremmaksi ratkaisuksi eri topologia kuin toiseen. Kahden topologian yhdistetystä asennuksesta on esimerkki kuviossa 8. (DALI-manual 2001, 27.)



KUVIO 8. Kahden topologian yhdistelmäasennus (DALI-manual 2001, 27, muokattu)

### 3.5 Ominaisuuksien yhteenveto

Taulukossa 3 on esitetty DALI-järjestelmän tärkeimmät ominaisarvot yhteenvetona.

TAULUKKO 3: DALI-järjestelmän tärkeimmät ominaisarvot (Robert S. Simpson Lighting and control – Technology and Applications 2003, 294, muokattu)

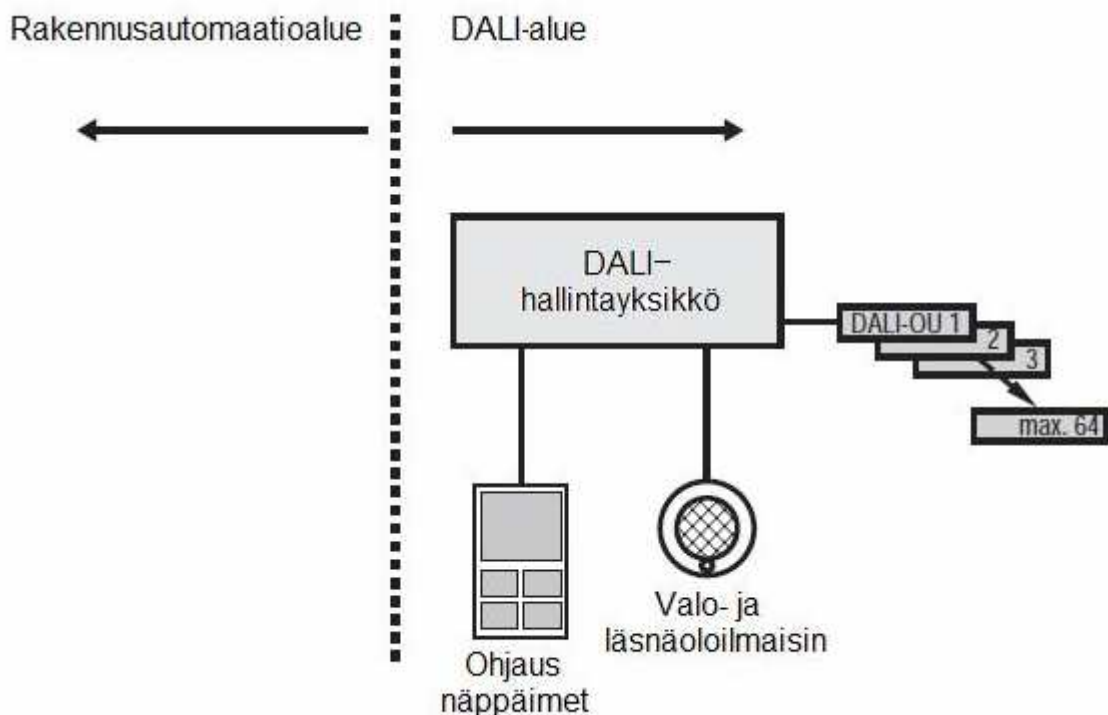
<b>Laitteiden maksimaalinen määrä yhdessä systeemissä</b>	64
<b>Valaistusrühmien määrä yhdessä järjestelmässä</b>	16
<b>Datasiirtonopeus</b>	1200 bittiä/sekunnissa
<b>Datasiirto menetelmä</b>	Manchester (bi-phase)
<b>Alempi jännitetaso</b>	Nimellisarvo 0 V Lähetävä yksikkö -4,5 V - 4,5 V Vastaanottava yksikkö -6,5 V - 6,5 V
<b>Ylempi jännitetaso</b>	Nimellisarvo 16 V Lähetävä yksikkö 11,5 V - 20,5 V Vastaanottava yksikkö 9,5 V - 22,5 V
<b>Maksimaalinen jännitteenalenema ohjauspiirissä</b>	2 V
<b>Maksimaalinen ohjauskaapelin pituus</b>	300 metriä
<b>DALI järjestelmän enimmäisvirta</b>	250 mA
<b>Yhden liitälaitteen virran rajoitus</b>	2 mA
<b>Valotasojen määrä</b>	255 + OFF (8 bit)
<b>Bittiaika</b>	833,3 µs

## 4 DALI OSANA RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄÄ

DALI järjestelmää voidaan käyttökohteesta riippuen käyttää joko erillisenä järjestelmänä tai jonkun rakennusautomaatiojärjestelmän alijärjestelmänä (DALI-manual 2001, 13).

### 4.1 DALI erillisenä järjestelmänä

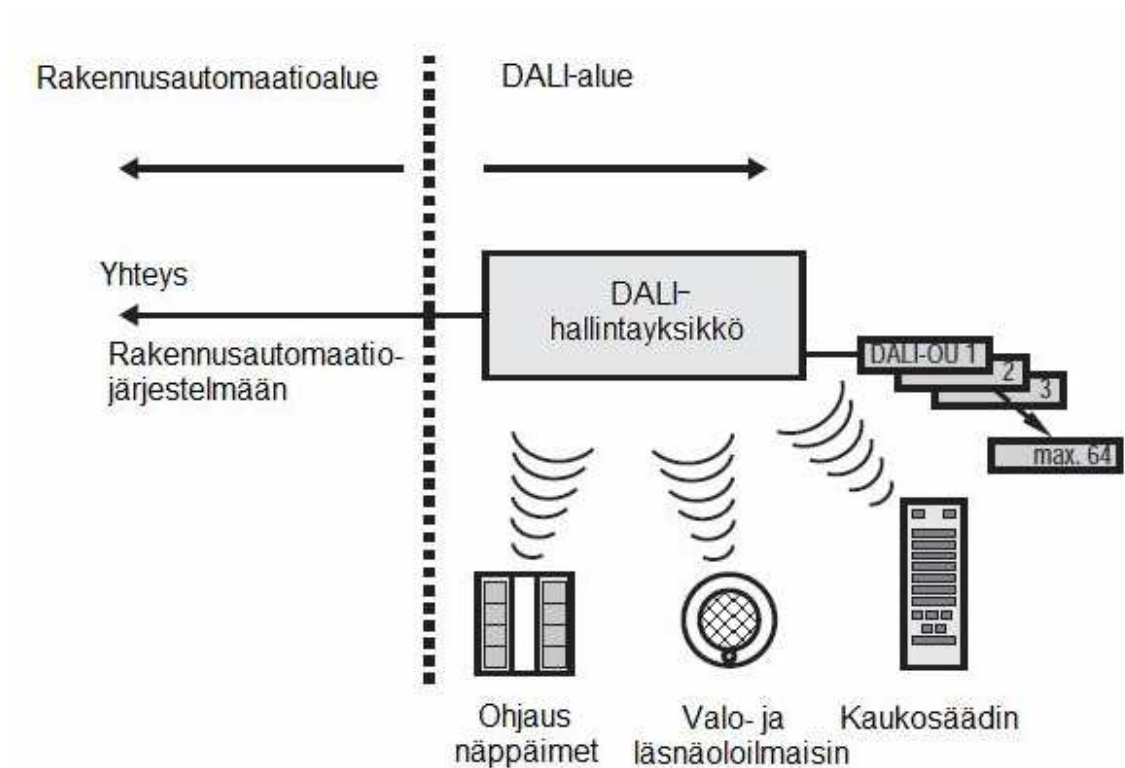
DALI erillisenä järjestelmänä on yksinkertainen ja tavallinen järjestelmä. Siinä järjestelmä on täysin yksin ilman yhteyttä rakennusautomaatiojärjestelmään. Alueen analogiset ja digitaaliset säätöyksiköt ovat sijoitettuna samaan tilaan kuin ohjainyksikkö, jossa myös tehdään kaikki käytännön toiminnot kuten käynnistys ja ylläpito. Kuviossa 9 on esitetty DALI erillisenä järjestelmänä. (DALI-manual 2001, 13–14.)



KUVIO 9. DALI erillisenä järjestelmänä (DALI-manual 2001, 14, muokattu)

#### 4.2 DALI erillisenä alijärjestelmänä

Erillisenä alijärjestelmässä DALI-alue on yhdistetty rakennusautomaatiojärjestelmään, mutta on kuitenkin erillisenä järjestelmänä. Tätä järjestelmää kutsutaan alijärjestelmäksi. Ohjaus tapahtuu paikalla olevan hallintayksikön kanssa ja vain tärkeimmät tiedot kuten häiriötilat ja keskeiset toiminnot vaihdetaan rakennusautomaatiojärjestelmän kanssa. Kaukosäätimellä, ohjausnäppäimillä ja sensoreilla voidaan edelleen ohjata tilassa, jossa ohjaus tapahtuu. Kuviossa 10 on esitetty DALI-järjestelmä erillisenä alijärjestelmänä. (DALI-manual 2001, 15.)



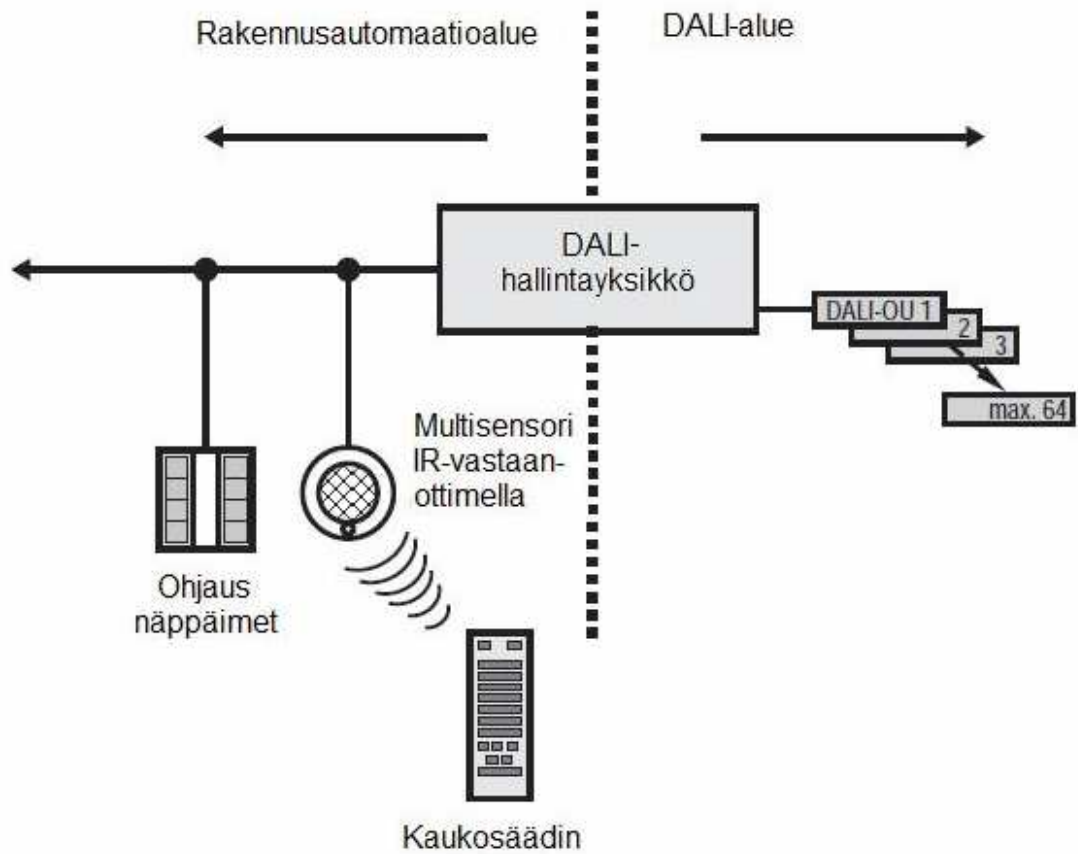
KUVIO 10. DALI erillisenä alijärjestelmänä (DALI-manual 2001, 15, muokattu)

#### 4.3 DALI osana rakennusautomaatiojärjestelmää

Kaikki asennetut komponentit huoneeseen tai rakennuksen osaan käyttävät samaa tiedonsiirtoa kuin rakennusautomaatiojärjestelmänkin. Tällaiseen käyttöön on kehitelty LON-Gateway silta ja KNX-Gateway silta. Näiden siltojen avulla voidaan tietoa siirtää rakennusautomaatiojärjestelmästä DALI-hallintayksikölle ja päinvastoin. Erillinen va-



laistuksen ohjaus ei ole suunniteltu tällaiseen järjestelmään. Tämän kaltaisessa järjestelmässä valaistuksen ohjaus on osa suurempaa rakennusautomaatiojärjestelmää ja sen käyttöönotto on osa sen käynnistysprosessia. Kuviossa 11 on esitetty DALI osana rakennusautomaatiojärjestelmää. (DALI-manual 2001, 16.)



KUVIO 11. DALI osana rakennusautomaatiojärjestelmää (DALI-manual 2001, 16, muokattu)

## 5 DALI-OPPIMISYMPÄRISTÖ

### 5.1 Laitteiston suunnittelu

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa toimiva DALI-oppimisympäristö Tampereen ammattikorkeakoulun opetuskäyttöön. Ehtona oli, että laitteistolle tulisi saada CE-merkintä. Suunnitelmat ja layout piirustukset teimme yhdessä toisen opinnäytetyötä tekevän opiskelijan Jarno Nurmion kanssa. Saimme yhteiseksi tehtäväksemme suunnitella opetusympäristö, mutta raportointi osuus oli kummallekin itsenäinen. Saimme lisäksi omat suunnittelutehtävät. Minun tuli suunnitella harjoitusprojektit opiskelijoille PowerPoint-esityksineen ja Jarnon tuli suunnitella ja toteuttaa laitteistolle käyttöohjeet sekä laskea projektin kustannusarvio.

Tampereen ammattikorkeakoululla on käytössään KNX- ja LonWorks-oppimisympäristöt, jotka ovat suunniteltu ja toteutettu salkun sisään. Ensimmäinen toive koululta oli, että DALI-oppimisympäristöt suunniteltaisiin samankaltaisiin salkkuihin. Koulun yksi KNX-salkku on esitetty kuviossa 12. Saimme yhden tyhjän salkun johon aloimme suunnitella komponenttien layoutia. Koko DALI-järjestelmä oli meille ensin melko outo, joten aloimme myös tutkia ja opiskella DALI-komponenttien ominaisuuksia ja mahdollisuuksia. Oppimisympäristössä käytetyt komponentit on esitelty kappaleessa 5.2.



KUVIO 12. KNX-salkku (Kuva: Miikka Etelälahti 2010)

Piirsimme AutoCAD-ohjelmalla salkun sisäreunan layoutin ja mittasimme kaikki käytettävät komponentit ja sijoittelimme ne parhaaseen mahdolliseen järjestykseen salkun layoutiin. Ensimmäinen salkun layout on esitelty liitteessä 3. Salkun ulkopuolelle ei suunniteltu mitään ulostuloja, ettei sen rakenne heikkene. Järjestelmästä tulisi olla mahdollista liittyä jo olemassa olevaan rakennusautomaatiojärjestelmään, joten suunnittelimme liittämisen salkkuun tulevien sokeripalojen avulla.

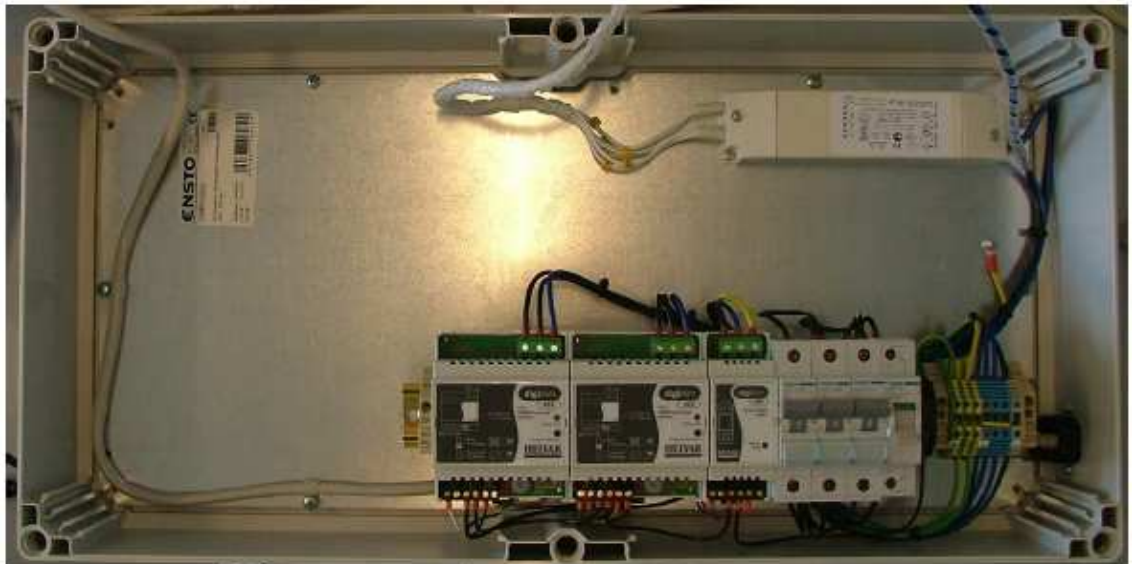
Näyttöjä oli vain yksi kymmentä salkkua kohden, joten suunnittelimme salkkuun paikan johon se voitaisiin liittää, kun sitä käytetään, mutta muuten sitä säilytettäisiin erikseen. Vähäisten tietojemme takia emme vielä tässä vaiheessa osanneet määrittää riviliittimien ja ulostulojen todellista määrää.

Yhdessä Tampereen ammattikorkeakoulun laboratoriomestarin Hannu Valkaman kanssa tutkimme suunnitelmaamme ja Hannu oli sitä mieltä, että tämä salkku vaihtoehto olisi vaikea toteuttaa. Salkun sisään tulisi läpinäkyvä pleksi, johon tulisi tehdä vesileikkauksella komponenteille sopivat reiät, joka tuottaisi ongelmia rakenteelle. Salkun hintakin oli melko suuri ja sen rakenne kärsisi, kun siihen tehtäisiin paljon reikiä. Ehdotimme opinnäytetyön valvojalle diplomi-insinööri Veijo Piikkilälle, että kokeilisimme tehdä suunnitelmaa Enston Cubo-O kytkentä koteloon.

Tampereen ammattikorkeakoululla on aikaisemminkin suunniteltu ja toteutettu DALI-oppimisympäristö opinnäytetyö Teemu Salon toimesta. Tämä oppimisympäristö oli toteutettu Enston Cubo-O kytkentäkoteloon. Käytimme tätä aikaisemmin tehtyä oppimisympäristöä apuna omassa suunnittelussa. Kuviossa 13 on esitetty Teemu Salon tekemän oppimisympäristön kokoonpano ja kuviossa 14 on esitetty se kotelonsisäpuolelta. Kotelonsisäpuolen mitat ovat (300 · 600 · 132)mm.



KUVIO 13. Teemu Salon tekemä DALI-oppimisympäristön kokoonpano (Salo Teemu 2006, opinnäytetyö DALI-oppimisympäristö)



KUVIO 14. Teemu Salon tekemä DALI-oppimisympäristö sisäpuolelta (Salo Teemu 2006, opinnäytetyö DALI-oppimisympäristö)

Meidän oppimisympäristömme komponentit olivat kuitenkin monin osin erilaiset ja niitä oli enemmän. Saimme kuitenkin Teemun tekemästä oppimisympäristöstä hyviä ideoita, mittoja ja ennen kaikkea paremman käsityksen DALI-järjestelmästä.

Aloimme suunnitella omaa oppimisympäristöä Enston Cubo-O (300 · 600 · 132)mm kytkentäkoteloon. Suunnittelimme ja piirsimme kaksi eri layout vaihtoehtoa. Ensimmäisessä layoutissa suunnittelimme koteloa pidettäväksi pystysuunnassa (liite 4) ja toisessa laatikko oli vaakatasossa (liite 5). Kumpaankin suunnittelimme näytölle oman paikan.

Verhomoottori ja reititin tulisivat omiin kytkentäkoteloihinsa. Suunnittelimme ja piirsimme myös kolmannen vaihtoehdon oma-aloitteisesti, jossa kytkentäkotelona olisi Ensto Cubo-O (300·400·132)mm (liite 6), jossa näyttö suunniteltaisiin erilliseen kytkentäkoteloon ja liitettäisiin oppimisympäristöön tarvittaessa. Kaikkiin koteloihin valittaisiin kirkas kansi, jotta opiskelijat näkisivät kytkennät ja johdotuksen kotelosta ilman kannen avaamista. Tässä vaiheessa oppimisympäristöön suunniteltiin vain yksi 4-painike, jossa olisi kaksi painiketta sisäänmenoyksikölle 440 ja kaksi painiketta minisäänmenoyksikölle 444.

Esittelimme suunnitelmamme Helvar Oy Ab myynti- ja markkinointipäällikölle Jukka Riikkulalle. Hänen mielestään mikään tähänastisista suunnitelmista ei olisi toimiva, sillä ulostulojen määrä olisi huomasti odotettua suurempi ja ne päätettiin suorittaa EnstoNet-liittimillä, jotka ovat kooltaan melko suuria. Käyttämämme EnstoNet-liittimien osat on esitetty kuviossa 15.



KUVIO 15. Oppimisympäristössä käytettyjen EnstoNet-liittimien osat (Ensto – Tuotteet – EnstoNet)

5-napaisia EnstoNet-liittimiä tulisi yhteensä neljä ja 3-napaisia yhteensä viisi kappaletta oppimisympäristöön. Näyttöä ei enää kannattanut suunnitella kytkentälaatikkoon, sillä laatikosta olisi tullut jo liian suuri, joten sille suunniteltiin erillinen kytkentäkotelo. Näyttö, reititin, valaisimet ja verhomoottoriohjain tarvitsivat 5-napaiset EnstoNet-liittimet. Himmennin tarvitsisi yhden ja releyksikkö tarvitsisi neljä 3-napaista EnstoNet-liitintä. Meidän tuli suunnitella vielä yksi layout, jossa kaikki uudet ehdot täyttyisivät. Päätimme ottaa sisäänmenoyksiköstä ja minisisäänmenoyksiköstä kaiken hyödyn irti ja lisäsimme suunnitelmaan toisen 4-painikkeen, jotta molemmat yksiköt voisivat ohjata neljää painiketta. Myöhemmin kuitenkin huomasimme, että Jussin 4-painikkeen maksimaalinen jännitteenkestoisuus on 42 VAC, ja minisisäänmenoyksikön 444 ohjaaman kytkimen täytyy kestää vähintään 230 VAC. Kytkin vaihdettiin myöhemmin Jussin 2-painikkeeseen, koska sopivaa 4-painiketta ei löytynyt.

EnstoNet-liittimien suuren koon takia jouduimme sijoittamaan ne kotelon ulkoreunoille. Sijoitimme myös virtaliittimen paikan kotelon sivulle, koska sillä säästimme kotelon päältä tilaa. Käytimme edelleen Ensto Cubo-O (300 · 600 · 132)mm koteloa, koska sen rakenne on hyvin tukeva, se kestäisi suuremmankin määrän liittimiä sen sivuilla. Uusi ja lopullinen layout suunnitelma on esitelty liitteessä 7.

Kotelon lopullisen layoutin valmistuttua tuli miettiä, mitä oheistuotteita kymmenen oppimisympäristöä tarvitsisi. Hannu Valkama pyysi meitä selvittämään mitä tarvitsisimme, kuinka paljon ja toimittamaan listan hänelle, jotta voisi suorittaa tilauksen.

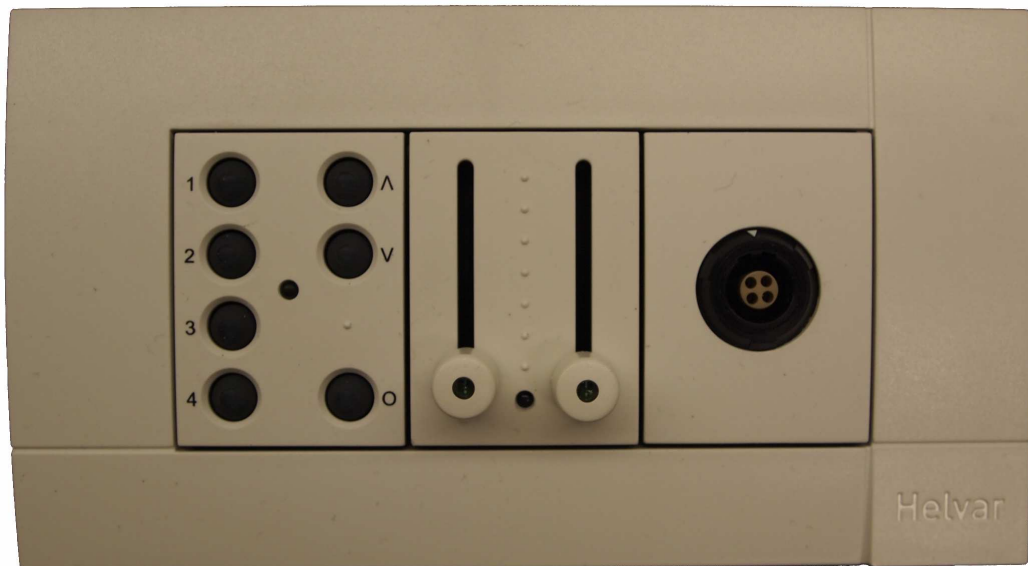
Virtaliittimet ja kaapelit saimme koululta. Päätimme sijoittaa oppimisympäristöön myös niin sanotut vikakytkimet, joilla voisimme toteuttaa järjestelmään vikatilanteita, joita oppilaat joutuisivat sitten selvittämään ja tutkimaan. Yhdessä tilanteessa olisi DA+ johdin poikki ja toisessa taas DA- johdin poikki.

Materiaalin selvityksen jälkeen meidän tuli suunnitella johdotuskaavio oppimisympäristölle. Johdotuskaavion avulla Hannu pääsisi rakentamaan ympäristöä meidän kanssamme. Vahvavirta johdotuskaavio on esitetty liitteessä 8 ja DALI-johdotuskaavio liitteessä 9.

## 5.2 DALI-oppimisympäristön komponentit

### 5.2.1 Ohjauspaneelit 111, 125 ja 180

DIGIDIM-ohjauspaneeleita on monia erilaisia. Oppimisympäristössä käytimme kolmea ohjauspaneelia, joita ovat kaksiosainen liukusäädin 111, 7-painike 125 ja ohjelmointiliityntäpiste 180. Ne on esitelty kuviossa 16. Ensimmäinen vasemmalta on 7-painike 125, keskellä kaksiosainen liukusäädin 111 ja oikealla ohjelmointiliityntäpiste 180. Kaikki kolme ohjausmoduulia on asennettu kaksoiskojerasiaan.



KUVIO 16. Kolme ohjausmoduulia asennettuna kaksoiskojerasiaan (Kuva: Miikka Ete-  
lälahti 2011)

Jokaisessa paneelissa on infrapunavastaanotin, joten niitä voidaan ohjata kauko-  
ohjaimella 303. Paneelit sopivat sekä DIN- että UK-standardin mukaisiin kojerasioihin.  
7-painikeessa näppäimet 1-4 ovat valaistustilanteita varten,  $\wedge$  - ja  $\vee$  näppäimet ovat  
esimerkiksi valaistuksen säätöä tai ikkunoiden kaihtimien säätöä varten ja 0-näppäin on  
Off-näppäin. Liukusäätimellä voidaan säätää valaistuksen voimakkuutta portaattomasti.  
Ohjelmaliityntäpisteellä voidaan järjestelmä liittää DIGIDIM-toolbox-ohjelmaan, jossa  
voidaan vapaasti säädellä kaikkia laitteiston toimintoja ja yksiköitä.

(Datalehti DIGIDIM modulaariset ohjauspaneelit)

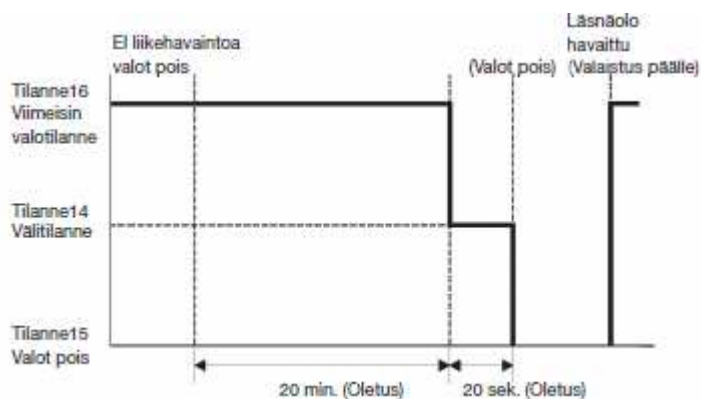
## 5.2.2 Multisensori 312

Multisensori nimensä mukaisesti sisältää useamman eri toiminnon. Multisensorissa on liikkeen tunnistin, joka havaitsee läsnäolon tilassa ja valontunnistin, joka mittaa huoneessa olevaa valon määrää. Multisensori on tarkoitettu asennettavaksi kattoon tai valaisimeen ja siinä on infrapunavastaanotin kauko-ohjausta varten. (Datalehti DIGIDIM multisensori 312)

Multisensorissa on ohjelmoitava vakiovalo-ohjaus. Paikallisessa kytkimessä on päälle/pois toiminto sekä säätötoiminto. Viisi DIL-kytkintä mahdollistaa laitteen asetusten muuttamisen käsikäyttöisesti, mutta kytkin asetuksia voidaan muuttaa vain DIGIDIM-toolbox-ohjelman avulla. (Datalehti DIGIDIM multisensori 312)

Useimpia sensorin toimintoja voidaan ohjata kaukosäätimellä, mutta kaikkia toimintoja voidaan ohjata vain DIGIDIM-toolbox-ohjelmalla. Jos sensoreita on yhdistetty useampia, valot sammuvat vain kun mikään sensori ei havaitse liikettä. (Datalehti DIGIDIM multisensori 312)

Kuviossa 17 on esitetty kuinka multisensori ohjaa valaistusta tehdasasetuksilla. Kuviossa 18 on esitetty multisensori fyysisesti edestä ja takaa. DIL-kytkimet näkyvät kuviossa 18 oransseina kytkiminä ja ne ovat numeroitu yhdestä viiteen.



KUVIO 17. Multisensorin valaistuksen ohjaus tehdasasetuksilla (Datalehti DIGIDIM multisensori 312)





KUVIO 18. Multisensori edestä ja takaa (Kuva: Miikka Etelälahti 2010)

### 5.2.3 Teholähde 402

DIN-kiskoon asennettava DIGIDIM-teholähde 402 on DALI-yhteensopiva ja se voi syöttää DALI-väylään maksimissaan 250mA:n virran. Laitteessa on LED-merkkivalo, joka ilmaisee onko verkkovirta kytketty. Jos laitteistossa on 402 teholähde, ei muita teholähteitä saa käyttää. Teholähde on oikosulku- ja ylikuumenemissuojattu. Kuviossa 19 on esitetty DIGIDIM-teholähde 402. (Datalehti DIGIDIM teholähde 402)



KUVIO 19. DIGIDIM-teholähde 402 (Kuva: Miikka Etelälahti 2010)

### 5.2.4 Sisäänmenoyksikkö 440

Jos valaistusta halutaan ohjata järjestelmän ulkopuolisilla kytkimillä, ajastimilla, painonapeilla tai muilla vastaavilla laitteilla, tarvitaan sisäänmenoyksikkö 440. Laitteessa on kahdeksan potentiaalivapaata sisääntuloa, joita voidaan ohjata esimerkiksi päälle jäävillä koskettimilla tai painonapeilla. Kaikki sisääntulot ovat ohjelmoitavissa DIGIDIM-toolbox-ohjelman avulla. Taulukossa 4 on esitetty tehdasasetetut toiminnot sisääntuloille. LED-merkkivalot näyttävät missä tilassa ohjausyksikkö on. Pisin sallittu matka sisämenoyksikön ja kytkimen välillä on 50 metriä. Kuviossa 20 on esitetty sisäänmenoyksikkö 440. (Datalehti DIGIDIM sisäänmenoyksikkö 440)

TAULUKKO 4. Tehdasasetetut toiminnot sisääntuloille (Datalehti DIGIDIM sisäänmenoyksikkö 440)

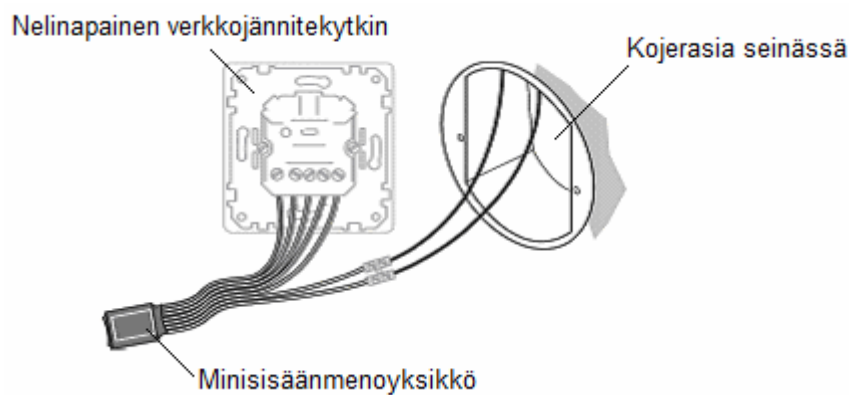
Sisääntulo	Toiminta
1	Tilanteen 1 valinta
2	Tilanteen 2 valinta
3	Tilanteen 3 valinta
4	Tilanteen 4 valinta
5	Nosta valotasoa
6	Laske valotasoa
7	Valotason maksimi
8	Valot pois



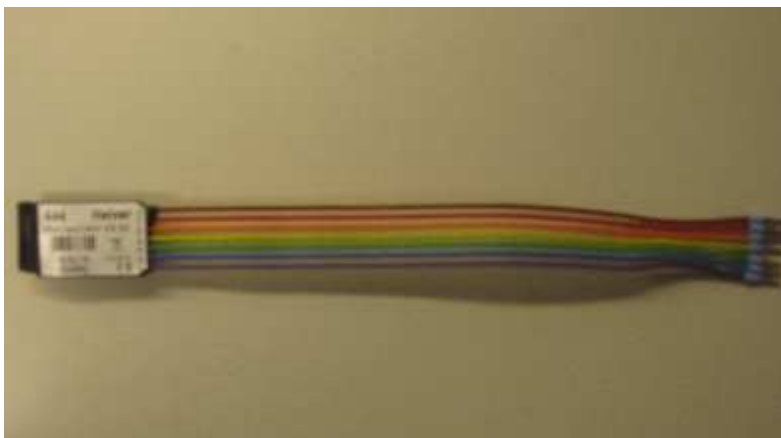
KUVIO 20. Sisäänmenoyksikkö 440 (Kuva: Miikka Etelälahti 2010)

### 5.2.5 Minisisäänmenoyksikkö 444

Minisisäänmenoyksikkö 444 on käytännössä samanlainen laite kuin sisäänmenoyksikkö 440. Sillä on erona, että se asennetaan suoraan kytkimen tai painonappien taakse kojerasiaan. Se sopii kaikkiin normaalikokoisiin kojerasioihin. Kytkin tulee olla verkkojännitteelle mitoitettu. Tehdasasetuksena on kolme valaistustilannetta ja valot pois päältä. Valaistustilanteet ovat kuitenkin täysin ohjelmoitavissa DIGIDIM-toolbox-ohjelmalla. Kuviossa 21 on esitetty esimerkki minisisäänmenoyksiköstä liitettynä nelinapaiseen verkkojännitekytkimeen. Kuviossa 22 on esitetty minisisäänmenoyksikkö 444. (Datalehti DIGIDIM minisisäänmenoyksikkö 444)



KUVIO 21. Minisisäänmenoyksikkö liitettynä nelinapaiseen verkkojännitekytkimeen (Datalehti DIGIDIM minisisäänmenoyksikkö 444, muokattu)



KUVIO 22. Minisisäänmenoyksikkö 444 (Kuva: Miikka Etelälahti 2010)

### 5.2.6 1000 W Yleissäädin 452

Yleissäädin voi ohjata maksimissaan 1000 VA:n kuormaa ja se on DIN-kiskoon asennettava komponentti. Yleissäätimessä on kytkin, jolla valitaan toimintatila eli vaiheohjaus joko laskevasta aallosta tai nousevasta aallosta. Kun käytetään pienjännitehalogeenimuuntajia, on muuntajasta itsestään selvittävää kumpaa aaltoa se käyttää vai soveltuuko se himmentimen ohjattavaksi ollenkaan. Yleensä himmentimellä säädetään vain hehkulamppuja ja halogeenilamppuja. Kun säädetään loisteputkivalaisimia, ne tarvitsevat elektronisen liitäntälaitteen säätämisen mahdollistamiseksi. Yleissäätimessä on osoitevalitsin, joka mahdollistaa helpon ja nopean ohjelmoinnin. Laite on ylijännite- ja ylikuumenemissuojattu. Kuviossa 23 on esitetty yleissäädin 452. (Datalehti DIGIDIM 1000W yleissäädin 452)



KUVIO 23. 1000W yleissäädin 452 (Kuva: Miikka Etelälähti 2010)

### 5.2.7 Verhomoottoriohjain 490

Verhomoottoriohjaimen 490 tarkoituksena on pystyä ohjaamaan ikkunoiden kaihtimia ja esimerkiksi valkokankaita. Ohjaimessa on kaksi itsenäistä ohjauskanavaa, joissa molemmissa on kaksi yksinapaista potentiaalivapaata relettä. Näillä releillä voidaan ohjata esimerkiksi valkokangasta ylös ja alas. LED-merkkivalo näyttää käyttö- ja virhetilat. Kun rele on kiinni eli vetäneenä, syttyy releilmaisin-LED sen merkiksi. Releet ovat eristettyjä toisistaan eli niissä voidaan käyttää erivaiheisia jännitteitä. Releen maksimikuorma voi olla enintään 550W ja laite tulee suojata 6A johdonsuojakatkaisijalla. Op-

pimisympäristössä verhomoottoriohjain asennetaan erilliseen kytkentäkoteloon, että se voidaan yhdistää järjestelmään vain tarvittaessa. Laite on DIN-kiskoon asennettava. Kuviossa 24 näemme verhomoottoriohjaimen 490. (Datalehti DIGIDIM verhomoottoriohjain 490)



KUVIO 24. Verhomoottoriohjain 490 (Kuva: Miikka Etelälahti 2010)

### 5.2.8 Releyksikkö 494

Releyksikkö 494 mahdollistaa kuormien liittämisen DIGIDIM-järjestelmään. Laite on DIN-kiskolle asennettava ja siinä on yhteensä neljä releitä, joita voidaan ohjelmoida potentiaalivapaasti. Releet ovat tavallisesti auki ja ne voivat kytkeä maksimissaan 10 A resistiivistä kuormaa.

Laitteessa on LED-merkkivalo, joka näyttää virhetilat ja käyttöviat. Jokaiselle releelle on oma LED-merkkivalo, joka palaessaan tarkoittaa, että kyseinen rele on kiinni eli vetäenäänä. Releet ovat eristettyjä toisistaan eli niissä voidaan käyttää erivaiheisia jännitteitä. Kuviossa 25 on esitetty releyksikkö 494. (Datalehti DIGIDIM releyksikkö 494)



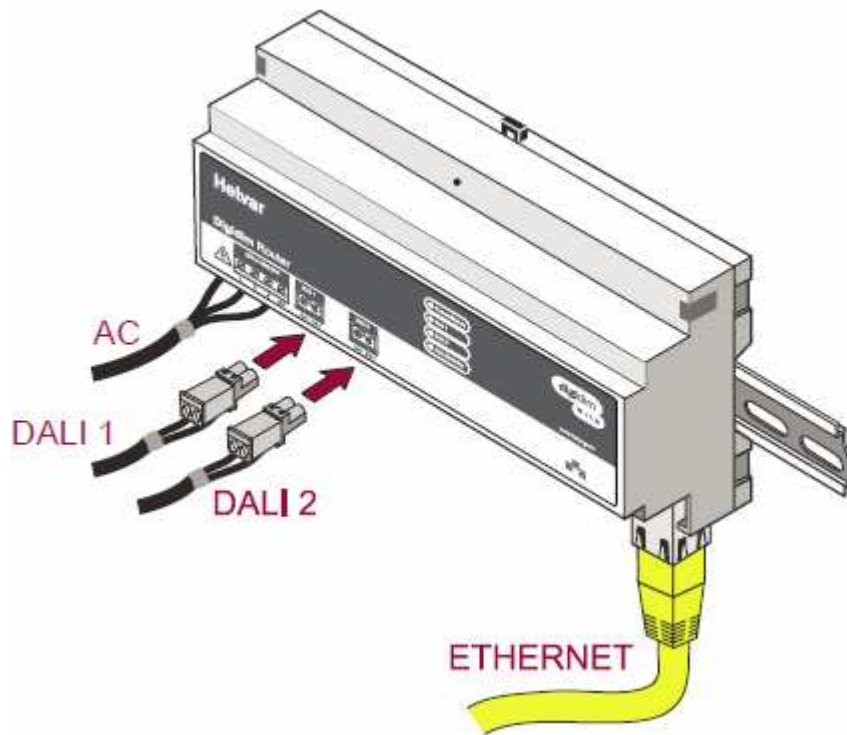
KUVIO 25. Releyksikkö 494 (Kuva: Miikka Etelälahti 2010)

### 5.2.9 Reititin 910

Suuria järjestelmiä varten, joissa halutaan yhdistää kaksi tai useampi DALI-järjestelmä toisiinsa, on kehitelty reititin 910. Reititin käyttää Ethernet yhteyttä (10/100 Mbps) yhdistäessään DALI-verkot yhteen. Järjestelmässä on OPC-palvelin ohjelmisto, jonka avulla voidaan muodostaa yhteys rakennusautomaatiojärjestelmään. Windows-pohjaisella Helvar Designer-ohjelmistolla voidaan ohjelmoida järjestelmää, mutta kaikki tiedot tallentuvat järjestelmään itseensä, joten tietokonetta tarvitaan vain ohjelmoitaessa. Järjestelmäasetukset tallentuvat Flash-muistiin, joka mahdollistaa yksittäisten DALI-väylien itsenäisen palautumisen vikatilanteessa ja nopean uudelleenkäynnistymisen sähkökatkoksen jälkeen. (Product data sheet DIGIDIM router 910)

Jokainen reititin voi tukea 128 laitetta ja reitittimiä voidaan yhdistää 100 toisiinsa eli yhteensä laitteita voi olla yhdessä jopa 12 800 ja ryhmiä voi olla 16 000. Järjestelmä sopii hyvin esimerkiksi oppilaitoksiin, jossa on paljon luokkahuoneita tai sairaaloihin, jossa on paljon potilashuoneita. Reititin tukee vakioprotokollia TCP/IP ja DALI. Siinä on myös sisäänrakennettu kello. Kuviossa 26 on esitetty kahden DALI-järjestelmän asennus reitittimeen. Kuviossa 27 on esitetty reititin 910. (Product data sheet DIGIDIM router 910)

Oppimisympäristössä reititin asennetaan erilliseen kytkentäkoteloon, jotta sillä voidaan yhdistää järjestelmät vain reititintä koskevilla harjoituksilla.



KUVIO 26. Kahden DALI-järjestelmän asennus reitittimeen (Product data sheet DIGI-DIM router 910)



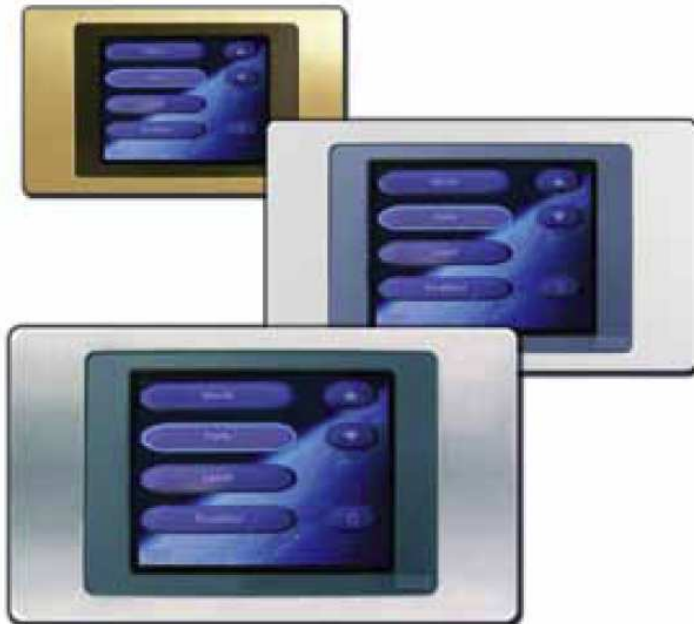
KUVIO 27. Reititin 910 (Kuva: Miikka Etelälahti 2010)

### 5.2.10 LCD-kosketusnäyttöpaneeli

Oppimisympäristöön hankittiin yksi LCD-kosketusnäyttöpaneeli. Paneeli asennettiin erilliseen kytkentäkoteloon, että sitä voidaan vaihdella oppilaiden kesken harjoituksissa.

Paneeli tarvitsee oman teholähteen, joten se oli kätevä asentaa DIN-kiskoon teholähteen kanssa samaan koteloon.

Näyttö on 3,5” ja siinä on 65 000 väriä. Paneelin pääasiallinen käyttötarkoitus on ohjata ja ohjelmoida Helvarin valonohjausjärjestelmiä. Käytännössä paneelilla voi tehdä kaiken saman mitä DIGIDIM-toolbox-ohjelmallakin. Paneelissa on sisäänrakennettu reaaliaikainen kello, joka tuntee auringon nousu- ja laskuajat. Paneelissa on infrapunavastaaotin kauko-ohjausta varten ja sen grafiikoita voi myös muuttaa haluamakseen. Teemoja voi vaihtaa tai liittää yrityksen logon tai omia kuvia taustakuviksi. Kieli on myös vaihdettavissa. LCD-kosketusnäyttöpaneeli on esitetty kuviossa 28. (Lighting Systems Components 2011, 51)



KUVIO 28. LCD-kosketusnäyttöpaneeli (Lighting Systems Components 2011, 51)

#### 5.2.11 EL-si älykäs digitaalinen liitântälaite

EL-si älykäs DALI-liitântälaite on suunniteltu matalille T5-loistelamppuvalaisimille. EL-si on vain 21 mm korkea, joten se sopii hyvin mataliin loistelamppuvalaisimiin elektroniseksi liitântälaitteeksi ja se on yhteensopiva kaikkien DALI-standardin mukaisen ohjainten ja laitteiden kanssa. Liitântälaitteet voidaan kaikki kytkeä yhteen ja ohjata niitä samanaikaisesti DALI-ohjaimien ja yksinkertaisten palautuvien kytkimien kanssa.



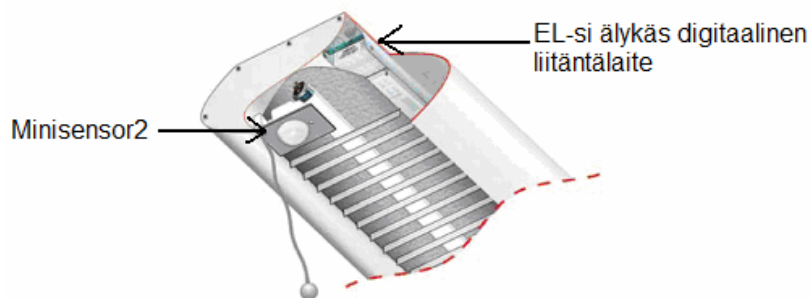
Liitännälaitteeseen voidaan liittää minisensor2 (vastaa multisensoria, mutta on valaisimeen asennettava), jolloin valaisimessa on käytössä vakiovalo-ohjaus, IR-vastaanotin kaukosäätimelle ja läsnäolotunnistin. (Data sheet EL-si Älykäs digitaalinen liitännälaitte)

EL-si liitännälaitteessa on sisäänrakennettu virtalähde DALI-järjestelmälle. Tämä on oiva ominaisuus asennettaessa yksittäisiä älyvalaisimia tai muihin pienempiin asennuksiin. Sisäänrakennettu virtalähde mahdollistaa valonohjaustuotteiden käytön ilman erillistä ulkoista virtalähdettä. (Data sheet EL-si Älykäs digitaalinen liitännälaitte)

Muina etuina EL-si liitännälaitteella on sen automaattinen valojen kytkeminen edeltäneelle valotasolle sähkökatkoksen jälkeen, asennuksen helppo muunneltavuus, lamppujen pitkä elinikä, energiatehokkuus ja valojen tasainen syttyminen jopa 1 % valotasolla. EL-si älykäs digitaalinen liitännälaitte on esitetty kuviossa 28 ja se asennettuna valaisimeen kuviossa 29. Oppimisympäristön valaisimiin ei tule minisensor2 komponentteja. (Data sheet EL-si Älykäs digitaalinen liitännälaitte)



KUVIO 28. EL-si älykäs digitaalinen liitännälaitte (Data sheet EL-si Älykäs digitaalinen liitännälaitte)



KUVIO 29. EL-si älykäs digitaalinen liitännälaitte asennettuna valaisimeen (Data sheet EL-si Älykäs digitaalinen liitännälaitte, muokattu)

### 5.3 Laitteiston sähköturvallisuus

Järjestelmän yhtenä suunnittelun ehtona oli, että se saisi CE-merkinnän. CE-merkinnän vaatimuksena on, että tuote täyttää pienjännitedirektiivin oleelliset turvallisuusvaatimukset. CE-merkintä osoittaa myös laitteiden sähkömagneettista yhteensopivuutta EMC-direktiivin mukaisesti. EMC-direktiivi edellyttää, että sähkölaitteet eivät saa aiheuttaa kohtuuttomasti sähkömagneettisia häiriöitä millekään muulle laitteelle ja, että laitteella itsellään on kohtuullinen häiriönsietokyky. (Tukes)

Standardin SFS-EN 60335-1 yleisenä vaatimuksena sähkölaitteistolle on, että laitteet on rakennettava niin, että ne toimivat normaalikäytössä turvallisesti eivätkä aiheuta vaaraa käyttäjilleen eivätkä ympäristölleen, ei edes sellaisessa huolimattomassa käytössä, joka voi esiintyä normaalikäytössä. (SFS-EN 60335-1, 21.)

Sähköiskulta suojaus vaatii ainakin perussuojauksen ja vikasuojauksen ja tarvittaessa lisäsuojauksen, mikä tarkoittaa vikavirtasuojakytkimen lisäämistä järjestelmään. Perussuojaus tarkoittaa sitä, että ihminen estetään joutumasta kosketuksiin jännitteisten osien kanssa sähkölaitteiston ollessa ehjä ja normaalissa tilassa. Perussuojaus tapahtuu useimmiten eristämällä jännitteiset osat suojauskotelon tai muiden suojusten avulla. Suojaus voidaan myös toteuttaa käyttämällä esteitä tai asettamalla jännitteiset laitteet kosketusetäisyyden ulkopuolelle. DALI-järjestelmässä käytimme perussuojauksena kotelointisuojausta. Käytettäessä kotelointia laitteiston perussuojaukseen tulee kotelon olla vähintään luokkaa IP2X tai IPXXB. Kotelointiluokat on esitetty taulukossa 5. (D1-2009 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista, 76–77.)

Vikasuojauksella estetään ihmistä tai eläintä koskettamasta vian seurauksena jännitteiseksi tulleita johtavia osia niin, että siitä aiheutuisi vaaraa. DALI-järjestelmässä toteutimme vikasuojauksen toimivalla vikavirtapiirillä ja johdonsuojakatkaisijoilla, joka on yleisimmin käytetty vikasuojausmenetelmä. Järjestelmä ei vaadi lisäsuojausmenetelmää. (D1-2009 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista, 82.)

TAULUKKO 5. Kotelointiluokat (D1-2009 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista, 161)

Osat	Numerot tai kirjaimet	Merkitys laitesuojauksessa	Merkitys henkilösuojauksessa
Kirjaimet	IP	-	-
Ensimmäinen tunnusnumero	0 1 2 3 4 5 6	Suojaus vieraiden esineiden ja pölyn sisäänpääsystä suojaamaton kun halkaisija $\geq 50$ mm kun halkaisija $\geq 50$ mm kun halkaisija $\geq 12,5$ mm kun halkaisija $\geq 2,5$ mm kun halkaisija $\geq 1,0$ mm pölysuojatusti	Vaaralliset osat kosketussuojattu suojaamaton nyrkiltä sormelta työkalulta langalta langalta langalta
Toinen tunnusnumero	0 1 2 3 4 5 6 7 8	Suojattu veden sisäänpääsyn haitallisilta vaikutuksilta suojaamaton pystysuoraan tippuvalta vedeltä tippuvalta vedeltä (laitteen kallistus 15 astetta) satavalta vedeltä roiskuvalta vedeltä vesisuihkulta voimakkaalta vesisuihkulta lyhytaikaisesti upotettuna jatkuvasti upotettuna	-
Lisäkirjain (vaihtoehtoinen)	A B C D	-	Vaaralliset osat kosketussuojattu nyrkiltä sormelta työkalulta langalta
Täydentävä kirjain (vapaaehtoinen)	H M S W	Täydentävän tiedon merkitys Suurjännitelaitte Vesisuojaus koestettu laitteen ollessa käynnissä Vesisuojaus koestettu laitteen ollessa pysähdyksissä Laitte on koestettu erityisiin sääolosuhteisiin	-

#### 5.4 Oppimisympäristön harjoitusprojektien suunnittelu

Tavoitteena oli saada suunniteltua kolme harjoitusprojektia ja yksi reititiharjoitusprojekti yhden aikaisemman harjoitusprojektin pohjalta. Keskusteltuani opinnäytetyöni ohjaajan Veijo Piikkilän kanssa, päätimme käyttää Helvarin Internet sivuilla olevia valmiita esimerkkivalonohjausratkaisuja.

Harjoitukset tuli suunnitella siten, että ensin opetellaan tekemään tietokanta virtuaalisena ja sitten ladata se DALI-järjestelmään. Samat harjoitukset tulisi toteuttaa myös kää-

teisessä järjestyksessä eli ensin kytkeydytään DALI-järjestelmään, jonka jälkeen tehdään harjoitus. Laadin harjoituksista PowerPoint-esitykset, joiden avulla oppilaat voivat itsenäisesti harjoitella ja edetä omaa vauhtiaan opettajan valvonnassa. Harjoitukset lähtevät hyvin perusteista liikkeelle, jotta kaikki oppilaat pysyvät varmasti hyvin mukana ja saavat opetuksesta kaiken hyödyn irti.

Ensimmäiseksi harjoitusprojektiksi tarvittiin yksinkertainen valaistuksen ohjaus tapaus, jonka avulla oppilaat pääsisivät tutuksi suunnitteluun, DALI-järjestelmään ja ennen kaikkea DIGIDIM-toolbox-ohjelmaan. Ensimmäinen harjoitus toimii siis samalla toolbox-ohjelman perusteiden opetuksena. Valitsimme ensimmäiseksi harjoitukseksi energiatehokkaan toimistovalaistuksen. Kyseessä oli neliönmuotoinen toimistohuone, jossa oli kaksi loisteputkivalaisinta. Loisteputkivalaisimien ohjaus tuli suunnitella toteutettavaksi kaksiosaisella liukukytkimellä 111 siten, että toisella liukukytkimellä ohjattaisiin toista valaisinta ja toisella toista. Lisäksi huoneeseen asennettaisiin multisensori, jotta saataisiin läsnäolo tunnistus mukaan ja sitä kautta myös multisensori tulisi oppilaille tutuksi. Sensori tulisi ohjelmoida siten, että tilaan astuttaessa sisään se asettaisi valaisimiin 75 %:n valotason. Kun multisensori ei ole havainnut liikettä 10 minuuttiin se laskisi valotason 25 %:iin ja 20 sekuntia tämän jälkeen, se sammuttaisi valot kokonaan. Tällä halutaan varmistaa tilassa todellinen poissaolo. Toimistohuoneen tasopiirustus on esitetty liitteessä 10, piirikaavio liitteessä 11 ja keskuskaavio liitteessä 12.

Toiseksi harjoitusprojektiksi valittiin kätevä neuvotteluhuoneen valaistus. Tämä tila tuli suunnitella ohjattavaksi kahdella 7-painikkeella 125. 7-painikkeessa voi valita neljä valaistustilannetta, joita voi myös säädellä kahdella säätönäppäimellä. Ensimmäisessä tilanteessa kaikki valaisimet olisivat päällä 100 %. Toisessa tilanteessa haluttiin, että kokoustilassa olevat voisivat katsella valkokankaalta esitystä. Valaisimia tulisi himmentää tähän tarkoitukseen sopivaksi. Valaisin 1 olisi 10 %, valaisimet 2 ja 4 olisivat 70 % ja valaisin numero 3 olisi 100 %:n valotasolla. Kolmannessa valaistustilanteessa joku pitää esitelmää fläppitaululta ja valaistus pitäisi saada tälle tilanteelle optimaaliseksi. Valaisimien valotasot tulisi saada niin, että valaisimissa 1, 2 ja 4 olisi 50 % ja valaisimessa 3 olisi 100 %:n valotaso. Kolmas valaisin antaa valoa fläppitaululle ja muut valaisimet auttavat esimerkiksi muistiinpanojen tekemisessä. Neljännessä tilanteessa valaisimissa 1 ja 3 olisi 100 %:n ja valaisimissa 2 ja 4 olisi 0 %:n valotaso. Huoneeseen asennetaan niin ikään multisensori. Sensori tulisi ohjelmoida siten, että tilaan astuttaessa sisään se asettaisi valaisimiin 80 %:n valotason. Kun multisensori ei ole havainnut liikettä 7 mi-

nuuttiin se laskisi valotason 20 %:iin ja 20 sekuntia tämän jälkeen se sammuttaisi valot kokonaan. Valaisimien numerointi ja tasokuva on esitetty liitteessä 13, piirikaavio liitteessä 14 ja keskuskaavio liitteessä 15.

Oppimisympäristössä oli mukana myös nelipainike ja kaksoispainike, joille halusin luoda harjoitusprojektin. Päätin tehdä toisesta harjoituksesta b-version, jossa tulisi suunnitella täysin sama tapaus kuin aiemmin, mutta käyttäen nelipainiketta ja kaksoispainiketta. Nelipainike tulisi kytkeä suoraan sisäänmenoyksikköön 440 ja kaksoispainikkeen kojerasiaan kytkettäisiin minisisäänmenoyksikkö 444. Tasokuva on esitetty liitteessä 16, piirikaavio liitteessä 17 ja keskuskaavio liitteessä 18. Liitteessä 19 on esitetty yhteenveto, digitaaliset 3D kuvat tilasta ja pohjakuvat harjoituksen 2 lux-arvoista, joista näkyy lux-arvot eri kohdissa tilaa eri valaistustilanteissa. Liitteen 19 kuvat ja laskelmat on tehty Dialux-ohjelmalla.

Kolmas harjoitus tuli olla jo hiukan haastavampi. Käytimme siihen Helvarin esimerkkiä joustava avokonttori. Siinä tuli ohjata kahdeksaa valaisinta kahdella kaksiosaisella liukukytkimellä 111, jolloin samat toiminnot voisi suorittaa eripuolilta konttoria ovien pielestä. Kaksiosaisen liukukytkimen toisella kytkimellä ohjattaisiin neljää ikkunan puoleista valaisinta (valaisimet 1,2,3 ja 4) ja toisella loppuja neljää (valaisimet 5,6,7 ja 8). Tilassa on myös kaksi multisensoria, joiden havaittaessa liikettä, tulisi kaikkien valojen mennä 70 %:n valotasolle. 15 minuutin kuluttua, jos multisensori ei ole havainnut liikettä, valotaso tippuisi 25 % ja sen jälkeen 20 sekunnin kuluttua kokonaan pois. Harjoitustyöhön tulee myös vakiovalo-ohjaus. Vakiovalo-ohjaus tarkoittaa sitä, että kun multisensori havaitsee päivänvalon nousun, se alkaa sitä mukaa himmentää keinovalaistusta pitäen kuitenkin huoneiston valotason samana johon se on säädetty. Tasokuva on esitetty liitteessä 20, piirikaaviot liitteissä 21–22 ja keskuskaavio liitteessä 23.

Salkkuja tehdään 10 kappaletta, joten tehtävät tehtäisiin parityöskentelynä tai pienryhminä. Neljäntenä harjoituksena oppilaiden tulisi yhdistää kaksi ryhmää ja saada yhdistettyä reitittimen avulla kaksi oppimisympäristöä. Tähän tarkoitukseen on kehitetty Helvar Designer-ohjelma, joka on suunniteltu nimenomaan reititin järjestelmiä varten. Tehtävänä olisi yhdistää kaksi harjoituksen 3 avokonttoria toisiinsa.

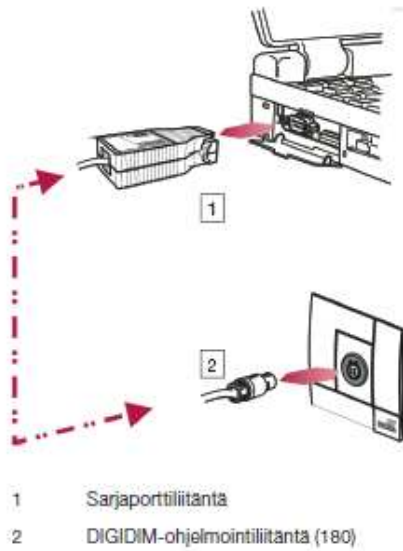
## 6 DIGIDIM-TOOLBOX-OHJELMISTOPAKETTI 502

DIGIDIM-toolbox-ohjelma on Windows-pohjainen ohjelma, joka on tarkoitettu DALI-järjestelmän suunnitteluun, ohjelmointiin ja ylläpitoon. Ohjelmaa voidaan käyttää joko Offline-tilassa tai Online-tilassa. (Product data sheet DIGIDIM-toolbox-ohjelmistopaketti 502)

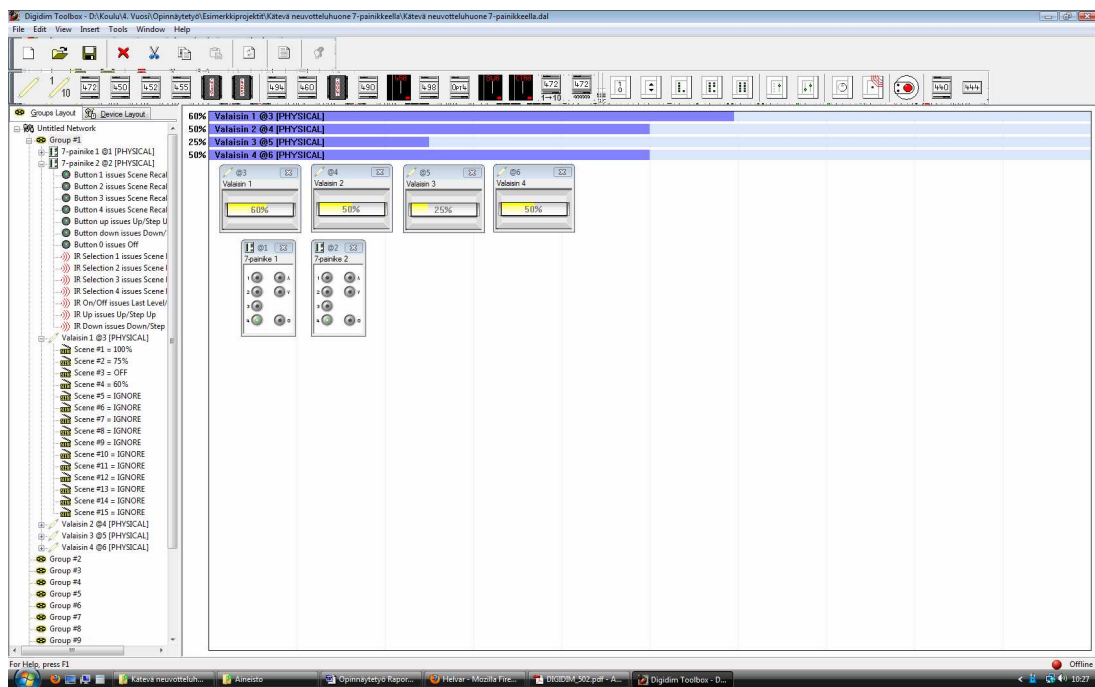
Offline-tilassa voi suunnitella kokonaisen järjestelmän ja kaikkien laitteiden asetuksia voidaan muuttaa. Virtuaalisella Offline-suunnittelulla voidaan testata turvallisesti järjestelmän toiminta ennen kuin se asennetaan oikeaan kohteeseen. Kaikki komponentit, liittännät ja valaistustilanteet voidaan nimetä yksilöllisesti ja kaikki muutokset järjestelmään voidaan tallentaa myöhempää käyttöä tai oikean kohteen asentamista varten. (Product data sheet DIGIDIM-toolbox-ohjelmistopaketti 502)

Online-tilassa toolbox-ohjelma tunnistaa automaattisesti DALI-järjestelmän ja lisää kaikki tunnistamansa komponentit heti käyttäjän muokattavaksi ohjelmaan. Online-toiminto varmistaa, että kaikilla DALI-komponenteilla on yksilöllinen osoite ja jos ongelmia ilmenee, siinä on automaattinen osoiteristiriitojen ratkaisu. Online-tilassa voidaan järjestelmään lisätä virtuaalisia komponentteja ja esimerkiksi testata niiden toimintaa ja hyödyllisyyttä. (Product data sheet DIGIDIM-toolbox-ohjelmistopaketti 502)

Yhdistäminen tietokoneeseen käy helposti tietokoneen RS232-sarjaportin kautta 9-napaisella D-liittimellä. DALI-järjestelmään voidaan kytkeytyä ainoastaan DIGIDIM-ohjelmointiliitännän 180 (kuvio 16) kautta. Tietokoneen ja DALI-järjestelmän liittämisen toisiinsa on esitetty kuviossa 30 ja kuviossa 31 on esitetty DIGIDIM-toolbox-ohjelmasta kuvaruutuesimerkki. Tarkemmin toolbox-ohjelman käytöstä löytyy liitteestä 24, jossa on esimerkkinä toimistovalaisuksen suunnittelu DIGIDIM-toolbox-ohjelman avulla.



KUVIO 30. Tietokoneen ja DALI-järjestelmän liittäminen toisiinsa (Product data sheet DIGIDIM-toolbox-ohjelmistopaketti 502)



KUVIO 31. Kuvaruutuesimerkki DIGIDIM-toolbox ohjelmasta

## 7 LOPPUTULOKSET

Työn lopputulokseksi saatiin Tampereen ammattikorkeakoulun käyttöön toimiva DALI-oppimisympäristö ja siihen kuuluvat oheislaitteet, ohjelmistot, ja opetusmateriaalit. Myöhempiä opetuksia varten opetusmateriaaleja luodaan lisää ja sovelletaan toisiinsa. Valmiille oppimisympäristölle haluttiin hankkia CE-merkintä, joten se tarvitsee tarkat käyttöohjeet. Työparini Jarno Nurmio sai tehtäväkseen luoda käyttöohjeet oppimisympäristölle ja laskea koko projektin kustannuslaskelmat. Minun tehtäväni oli luoda muutama esimerkkiharjoitustehtävä liittyen DIGIDIM-toolbox-ohjelman ja oppimisympäristön opetuskäyttöä varten.

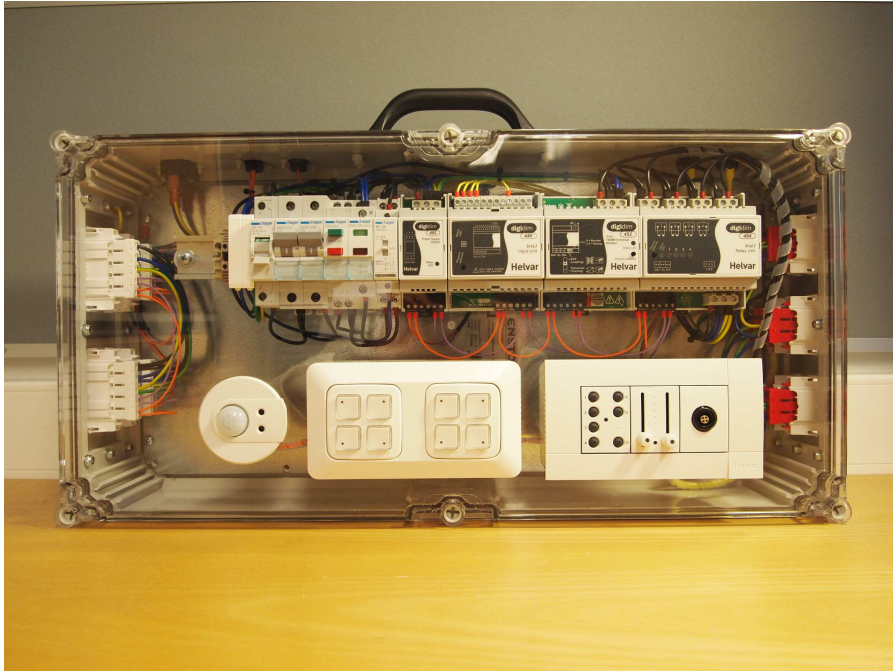
Harjoitusprojekteja syntyi yhteensä neljä erilaista, jotka on luovutettu Tampereen Ammattikorkeakoulun käyttöön. Jokaisesta harjoituksesta on tehty kaksi eri versiota, joissa toisessa DALI-järjestelmään suunnitellaan tietokanta Offline-tilassa myöhempää järjestelmään latausta varten ja toisessa versiossa DALI-järjestelmään ohjelmoidaan suoraan Online-tilassa. Harjoitukset ovat kohdassa 5.4 mainitun kaltaisia. Liitteessä 24 on esitelty harjoituksen 1 lopullinen opetusmateriaali Offline-tilassa esimerkkinä opetusmateriaaleista. Muita opetusmateriaaleja ei ole esitelty tässä opinnäytetyössä.

Valmis oppimisympäristö on esitetty kuvioissa 32–35. Laitteelle suunniteltu kirkas kansi antaa todella hyvän kuvan komponenttien johdotuksesta oikeassa keskuksessa. Komponenteille tehtiin mahdollisimman tarkat reiät kanteen vesileikkauksella. Kotelon IP-luokaksi tuli IP20 lähinnä EnstoNet-liittimien takia, sillä niistä on suora näköyhteys kotelon sisään, jos ne eivät ole yhdistetty. IP-luokka on kuitenkin aivan riittävä, sillä laitteita käytetään vain sisällä kuivassa tilassa opetusluokassa.

Kuvioissa näkyy opetusympäristössä kaksi nelipainiketta, joista toinen joudutaan vaihtamaan myöhemmin kaksoispainikkeeksi, sillä minisisäänmenoyksiköllä 444 ohjattavan painikkeen tulee kestää vähintään 230 VAC ja tämä nelipainike kestää vain 42 VAC. Tämä virhe huomattiin vasta jälkeensä, kun ensimmäinen prototyyppi oli jo rakennettu. Virhe korjataan prototyyppiin ja muihin salkkuihin myöhemmin, sillä ennen korjausta se ei voi saada CE-merkintää eikä käyttö lupaa. Minisisäänmenoyksikkö 444 asennetaan myös läpinäkyvään kojerasiaan, jolloin oppilaat havaitsevat sen paremmin ja ym-

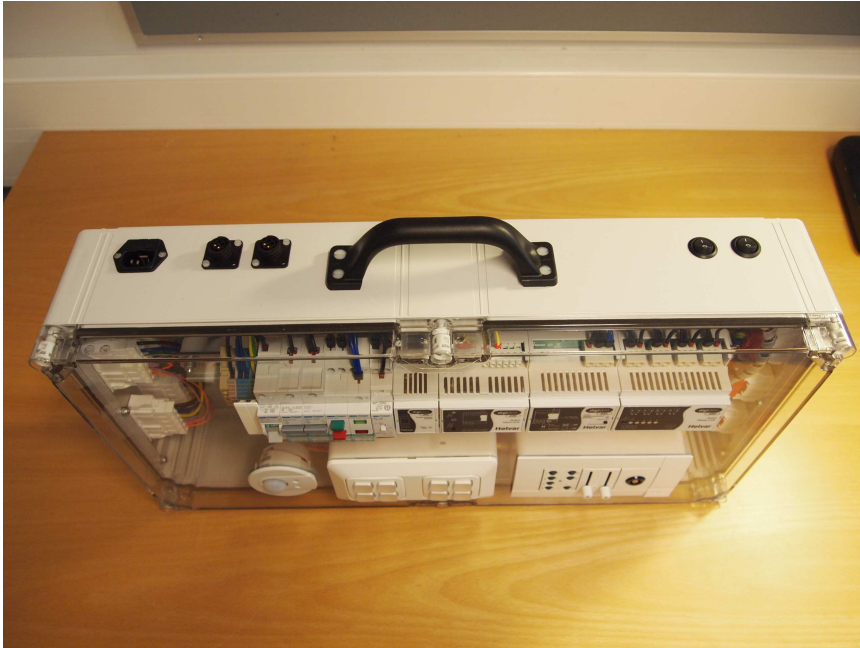


märtävät kuinka se todellisuudessaakin asennettaisiin. Valmiissa layout kuvassa (liite 7) on merkitty oikein 2-painike 4-painikkeen tilalle.

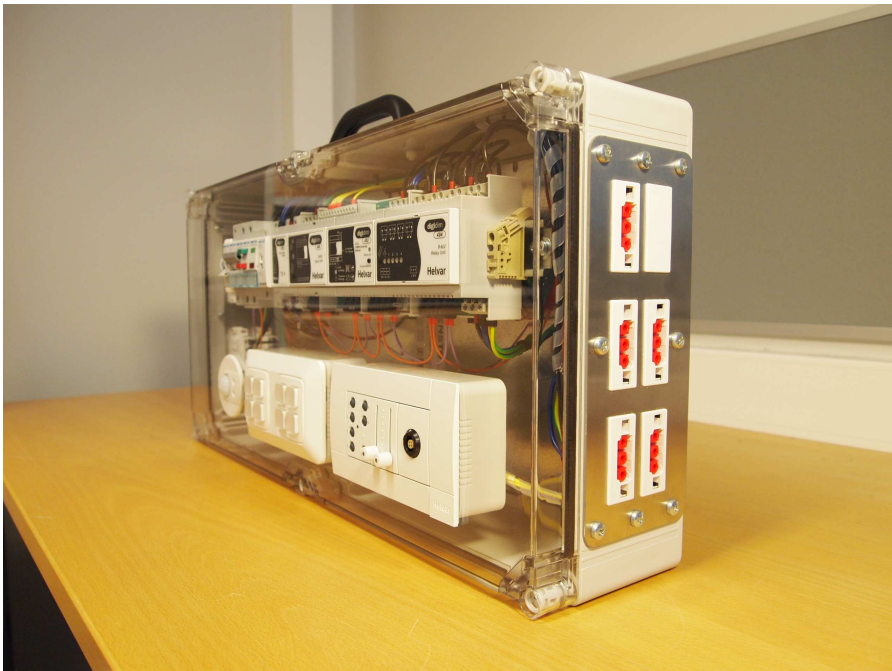


KUVIO 32. Valmis DALI-oppimisympäristö (Kuva: Miikka Etelälahti 2011)

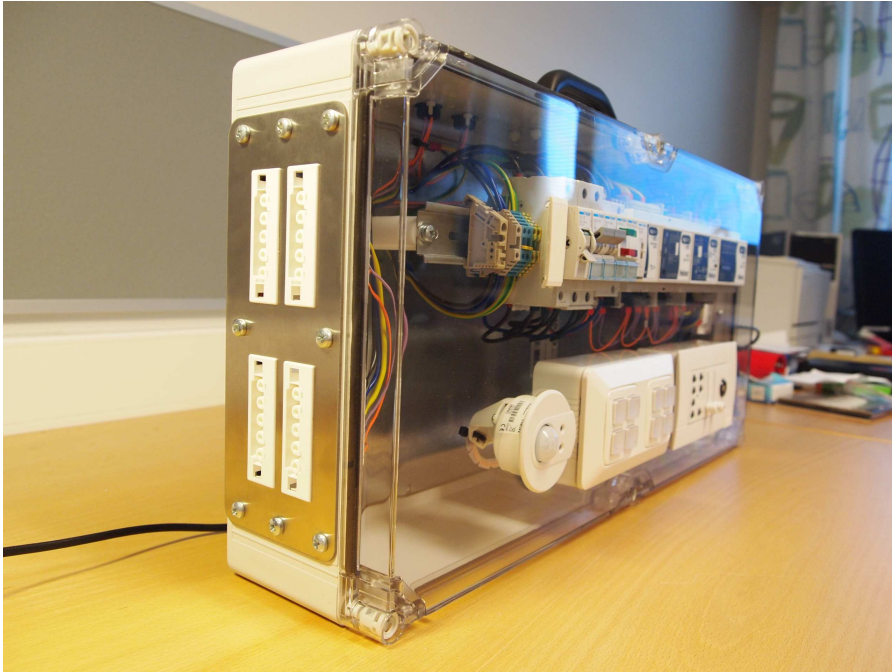
Oppimisympäristöön haluttiin liityntä ulkopuoliseen rakennusautomaatiojärjestelmään ja vikakytkimet. Vikakytkimillä toisella saadaan DA+ johdin poikki ja toisella DA- johdin poikki. Katkeamiskohta on heti keskuskomponenttien jälkeen eli tieto ei mene kytkimille, jotka sijaitsevat alemmalla rivillä. Kuviossa 33 on esitetty oppimisympäristö päältä katsottuna ja siinä vasemmalta oikealle virtaliitin, rakennusautomaatioliittimet ja vikakytkimet. Kuviossa 34 näkyy 3-napaiset ja kuviossa 35 5-napaiset EnstoNet liittimet.



KUVIO 33. Oppimisympäristön virtaliitin, rakennusautomaatioliittimet ja vikakytkimet (Kuva: Miikka Etelälahti 2011)

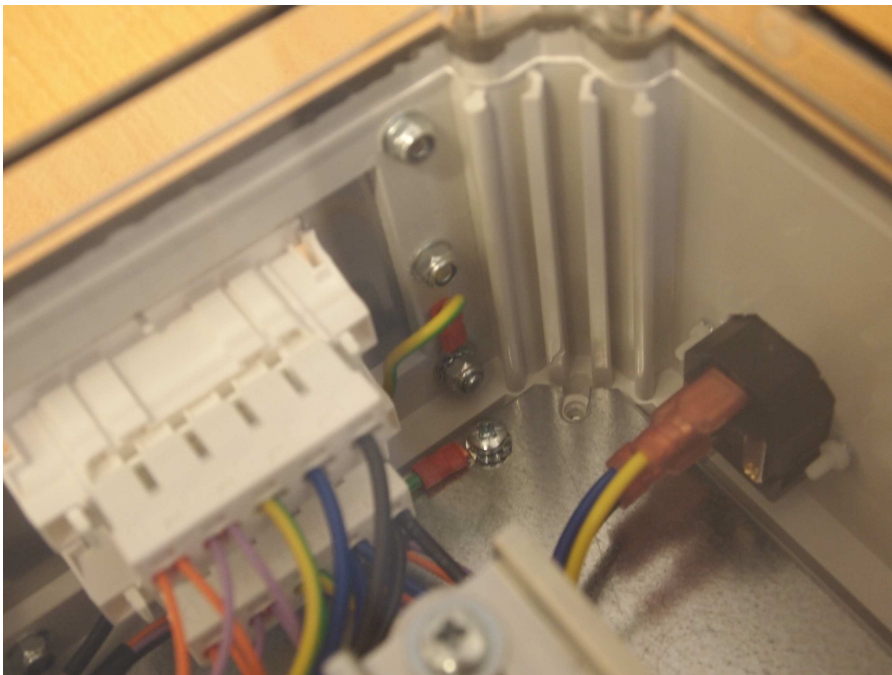


KUVIO 34. Oppimisympäristön 3-napaiset EnstoNet liittimet (Kuva: Miikka Etelälahti 2011)



KUVIO 35. Oppimisympäristön 5-napaiset EnstoNet liittimet (Kuva: Miikka Etelälahti 2011)

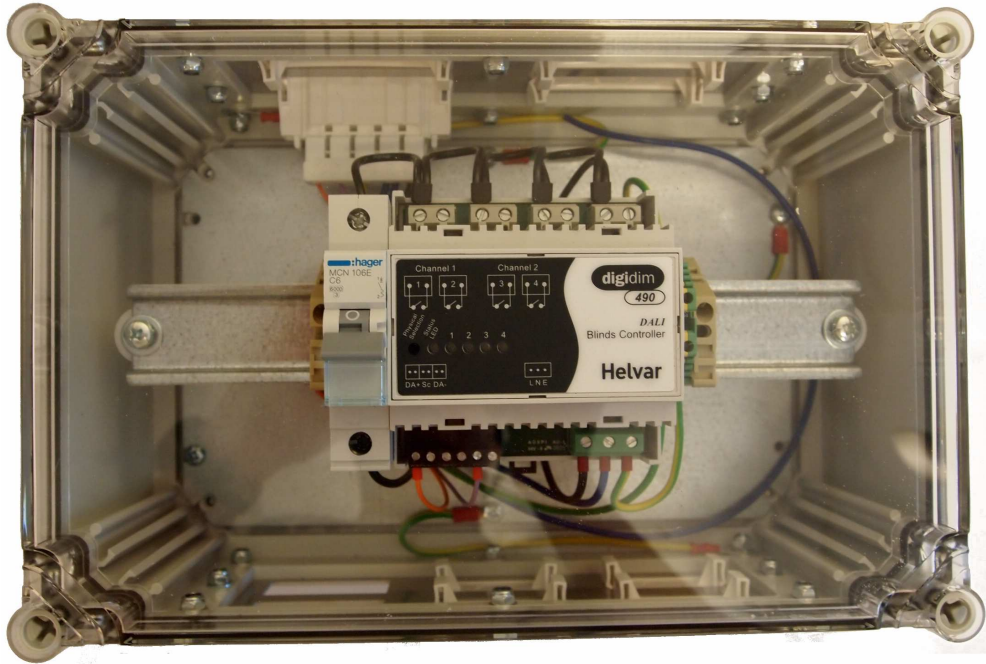
Jos oli mahdollista, kaikki ruuvit olivat muovisia, mutta metallista valmistetut asennuslevyt ja ruuvit maadoitettiin huolellisesti. Kuviossa 36 on esitetty esimerkki oppimisympäristön maadoituksesta.



KUVIO 36. Oppimisympäristön maadoitukset (Kuva: Miikka Etelälahti 2011)



Verhomoottoriohjaimelle suunniteltiin oma kotelonsa, josta se voitaisiin tarvittaessa yhdistää DALI-järjestelmään. Verhomoottoriohjaimen kotelo on esitetty kuviossa 37.



KUVIO 37. Verhomoottoriohjaimen erillinen kotelo (Kuva: Miikka Etelälahti 2011)

LCD-kosketusnäyttöpaneelille suunniteltiin myös oma kotelonsa. Niitä tuli vain yksi kappale koulun käyttöön, joten oppilaat pääsevät vuorotellen kokeilemaan sitä. Koteloon suunniteltiin näytön kummallekin puolelle kahvat, josta koteloa on helppo liikuttaa ja ne suojaavat samalla näyttöä jos kotelo joutuu väärinpäin pöydälle. LCD-kosketusnäyttöpaneeli on esitetty kuviossa 38.



KUVIO 38. LCD-kosketusnäyttöpaneeli (Kuva: Miikka Etelälahti 2011)

Reitin tulee myös omaan koteloonsa, mutta se ei ehtinyt valmistumaan ennen tätä opin-  
näytetyötä, joten siitä ei ole esimerkkikuviota. Kotelo kuitenkin valmistetaan koulun  
toimesta myöhemmin ja näyttää miltei verhomoottoriohjaimen kotelolta.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Ennen oppinäytetyön aloitusta DALI-tietämykseni oli heikonlaista ja mietinkin, kun ai-  
hetta minulle ehdotettiin, kuinka siitä selviäisin. Aikaisempi DALI-kokemukseni oli  
jäänyt muutamana PowerPoint-dian varaan, joita opettajat olivat näyttäneet valaistusai-  
heidän yhteydessä. Päätin kuitenkin selvittää aiheesta ja koska se tuntui niin kiinnostaval-  
ta, otin aiheen vastaan.

Yhdessä Jarno Nurmion ja opettajien avustuksella lähdimme selvittämään järjestelmää.  
Helvarin aineistojen ja Jukka Riikkulan avustuksella pääsimme hyvin ympäristöön si-  
sään ja saimme hyvin käsityksen sen toiminnasta. Koululla on vanhoja KNX- ja Lon-  
Works-oppimisympäristöjä, joista saimme käsityksen millainen DALI-  
oppimisympäristön tulisi olla.

Lukuisten layout piirustusten jälkeen saimme toimivan suunnitelman valmiiksi, jonka  
perusteella saimme rakennettua oppimisympäristön. Minun tehtäväkseni tuli tämän jäl-  
keen suunnitella ja toteuttaa harjoitustehtäviä oppimisympäristöön, joten minun tuli har-  
joitella ensin itse laitteiston ja ohjelmistojen käyttö. Toolbox-ohjelman käyttö osoittau-  
tui luultua helpommaksi ja se selvisi minulle todella nopeasti. Mallina harjoitustöiden  
dioihin käytin Veijo Piikkilän tekemiä diasarjoja KNX-harjoituksista, jotka olen toden-  
nut hyvin toimiviksi opetuskäytössä. Harjoitukset jouduin tekemään Tampereen ammat-  
tikorkeakoulun sähkötekniikan laboratoriossa, koska laitteistoa ei saanut käyttää vielä  
muualla, sillä se ei ollut saanut vielä CE-hyväksyntää.

Pidimme Jarnon kanssa pienen esittelytilaisuuden 15.3.2011 Tampereen ammattikor-  
keakoululla Helvarin, Alppiluxin, Fagerhultin ja Hedtecin yhtiön edustajille. Järjestelmä  
oli kovasti heidän mieleensä ja silloin ilmeni kuinka tärkeä se on niin työssä oleville  
suunnittelijoille, kuin tulevillekin suunnittelijoille. DALI-järjestelmä on vielä nykyään  
hyvin outo ja arka paikka valaistussuunnittelijoille, mutta tämän opetusympäristön myö-  
tä siihen toivotaan muutosta.

Työ osoittautui kaikin puolin hyvin kiinnostavaksi kohteeksi. Työ auttoi minua jo sen  
tekemisen vaiheessa ja varmasti siitä on hyötyä minulle ja muille tulevaisuudessakin.

## LÄHTEET

DALI-manual 2001. Tulostettu 14.11.2010.

[http://www.dali-ag.org/c/manual\\_gb.pdf](http://www.dali-ag.org/c/manual_gb.pdf)

Ensto. Tuotteet - Pistoliittimet – EnstoNet. Luettu 08.01.2010.

[http://products.ensto.com/catalog/17425/EnstoNet-asennuspistoliittimet\\_FIN1.html](http://products.ensto.com/catalog/17425/EnstoNet-asennuspistoliittimet_FIN1.html)

Helvar opetusmateriaali. PowerPoint esitelmä. Luettu 12.11.2010.

Helvar. Datalehti DIGIDIM modulaariset ohjauspaneeli. [pdf]. Tulostettu 13.12.2010.

<http://www.helvar.com/>

Helvar. Datalehti DIGIDIM multisensori 312. [pdf]. Tulostettu 13.12.2010.

<http://www.helvar.com/>

Helvar. Datalehti DIGIDIM teholähde 402. [pdf]. Tulostettu 13.12.2010.

<http://www.helvar.com/>

Helvar. Datalehti DIGIDIM sisäänmenoyksikkö 440. [pdf]. Tulostettu 13.12.2010.

<http://www.helvar.com/>

Helvar. Datalehti DIGIDIM minisisäänmenoyksikkö 444. [pdf]. Tulostettu 13.12.2010.

<http://www.helvar.com/>

Helvar. Datalehti DIGIDIM 1000W yleissäädin 452. [pdf]. Tulostettu 13.12.2010.

<http://www.helvar.com/>

Helvar. Datalehti DIGIDIM verhomoottoriohjain 490. [pdf]. Tulostettu 13.12.2010.

<http://www.helvar.com/>

Helvar. Datalehti DIGIDIM releyksikkö 494. [pdf]. Tulostettu 13.12.2010.

<http://www.helvar.com/>

Helvar. Product data sheet DIGIDIM router 910. [pdf]. Tulostettu 13.12.2010.

<http://www.helvar.com/>

Helvar. Lighting Systems Components Catalogue. 2011. Luettu 02.03.2011

Helvar. Data sheet EL-si Älykäs digitaalinen liitäntälaite. [pdf]. Tulostettu 25.02.2011

<http://www.helvar.com/>

Helvar. Product data sheet DIGIDIM-toolbox-ohjelmistopaketti 502. [pdf]. Tulostettu

25.02.2011. <http://www.helvar.com/>

Quicktronic® DALI/DIM Technical Guide. 2009. Luettu 23.12.2010.

[http://www.osram.com/\\_global/pdf/Professional/ECG\\_%26\\_LMS/LMS/Brochures/130T011GB\\_DALI.pdf](http://www.osram.com/_global/pdf/Professional/ECG_%26_LMS/LMS/Brochures/130T011GB_DALI.pdf)

Salo Teemu. 2006. DALI-oppimisympäristö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opin-  
näytetyö.

Simpson Robert S. 2003. Lighting and control – Technology and Applications.

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2003. SFS EN 12464-1. Valo ja valaistus. Työ-  
kohteiden valaistus. Luettu 4.12.2010.

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2003. SFS-EN 60335-1. Kotitaloussähkölaittei-  
den ja vastaavien turvallisuus. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Tulostettu 25.01.2011.

Sähköinfo Oy. 2009. 15. painos. D1-2009 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista.

Tukes. CE-merkintä sähkölaitteistossa. Luettu 25.01.2011.

[http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kuluttajaturvallisuus/Ohjeita-ja-vaatimuksia-  
yrittajille/CE-merkki/Sahkolaitteet/](http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kuluttajaturvallisuus/Ohjeita-ja-vaatimuksia-yrittajille/CE-merkki/Sahkolaitteet/)



## LIITTEET

LIITE 1: VALAISTUSSUUNNITTELU

LIITE 2: ERITYISSANASTO

LIITE 3: SALKUN LAYOUT

LIITE 4: ENSTO CUBO-O (300·600·132)mm LAYOUT PYSTYSUUNNASSA

LIITE 5: ENSTO CUBO-O (300·600·132)mm LAYOUT VAAKASUUNNASSA

LIITE 6: ENSTO CUBO-O (300·400·132)mm LAYOUT NÄYTTÖ ERIKSEEN

LIITE 7: ENSTO-CUBO-O (300·600·132)mm LAYOUT LOPULLINEN

LIITE 8: VAHVAVIRTAJOHDOTUKSEN JOHDOTUSKAAVIO

LIITE 9: DALI-JOHDOTUKSEN JOHDOTUSKAAVIO

LIITE 10: TOIMISTOHUONEEN TASOKUVA

LIITE 11: TOIMISTOHUONEEN DALI-JÄRJESTELMÄN PIIRIKAAVIO

LIITE 12: TOIMISTOHUONEEN DALI-JÄRJESTELMÄN KESKUSKAAVIO

LIITE 13: NEUVOTTELUHUONEEN A) TASOKUVA

LIITE 14: NEUVOTTELUHUONEEN A) DALI-JÄRJESTELMÄN PIIRIKAAVIO

LIITE 15: NEUVOTTELUHUONEEN A) DALI-JÄRJESTELMÄN KESKUSKAAVIO

LIITE 16: NEUVOTTELUHUONEEN B) TASOKUVA

LIITE 17: NEUVOTTELUHUONEEN B) DALI-JÄRJESTELMÄN PIIRIKAAVIO

LIITE 18: NEUVOTTELUHUONEEN B) DALI-JÄRJESTELMÄN KESKUSKAAVIO

LIITE 19: HARJOITUKSEN 2 YHTEENVETO LUX-ARVOISTA ERI VALAISTUSTILANTEISSA

LIITE 20: AVOKONTTORIN TASOKUVA

LIITE 21: AVOKONTTORIN DALI-JÄRJESTELMÄN PIIRIKAAVIO (SIVU 1)

LIITE 22: AVOKONTTORIN DALI-JÄRJESTELMÄN PIIRIKAAVIO (SIVU 2)

LIITE 23: AVOKONTTORIN DALI-JÄRJESTELMÄN KESKUSKAAVIO

LIITE 24: DALI-OPPIMISYMPÄRISTÖN HARJOITUS 1 OFFLINE-TILASSA OPETUSMATERIAALI

## YLEISESTI VALAISTUSSUUNNITTELUSTA

Ihminen tarvitsee näköaistilla suoritettaviin tehtäviin valoa. Jotta tehtävät voitaisiin tehdä mahdollisimman tehokkaasti, tarvitsemme riittävästi valoa. Valoa antaa luonnossa aurinko ja tuli, mutta se ei kuitenkaan enää nykyään riitä ihmisen tarpeille. Siksi olemme kehittäneet keinovalon.

Toiminnan kesto ja minkä tyyppistä toiminta on, määrittää valoisuuden vaatimuksen työalueelle. Valaistus on yksi merkittävimmistä energian kuluttajistamme, joten meidän on ollut pakko keksiä siihen sopivia valaistuksen ohjaus- ja energiansäästötapoja. Standardissa SFS EN 12464-1 on määritelty tarkasti kunkin työalueen valaistusvaatimukset. Valaistuksen suunnittelussa tulisi ottaa huomioon käyttäjän näkömukavuus, joka vaikuttaa käyttäjän psyykkiseen mukavuuteen, joka taas johtaa parempaan tuottavuuteen. Pitkien työaikojen ja hankalien olosuhteiden vuoksi tulisi ottaa hyvin huomioon myös käyttäjän näkötehokkuus. Ennen kaikkea kuitenkin valaistuksella voidaan parantaa työturvallisuutta. (SFS-EN 12464-1, 8.)

## NÄKÖYMPÄRISTÖN MÄÄRITTELEMÄT TEKIJÄT

### Luminanssijakauma

Luminanssijakauma vaikuttaa silmien sopeutumiseen tilassa tai työympäristössä. Sopiva luminanssijakauma vaikuttaa oleellisesti näkökyvyn tarkkuuteen, kontrastiherkkyyteen ja näköaistin toimintojen tehokkuuteen. Liian suuret luminanssijakaumat aiheuttavat häikäisyä ja näköväsymystä. Liian alhaiset luminanssiarvot taas voivat tehdä työympäristöstä tylsän ja yksitoikkoisen. Taulukossa 6 on esitetty käytännölliset heijastussuhteet normaaleille huonepinnoille. (SFS-EN 12464-1, 10.)

(jatkuu)

TAULUKKO 6. Heijastussuhteet normaaleille huonepinoille (SFS-EN 12464-1, 10)

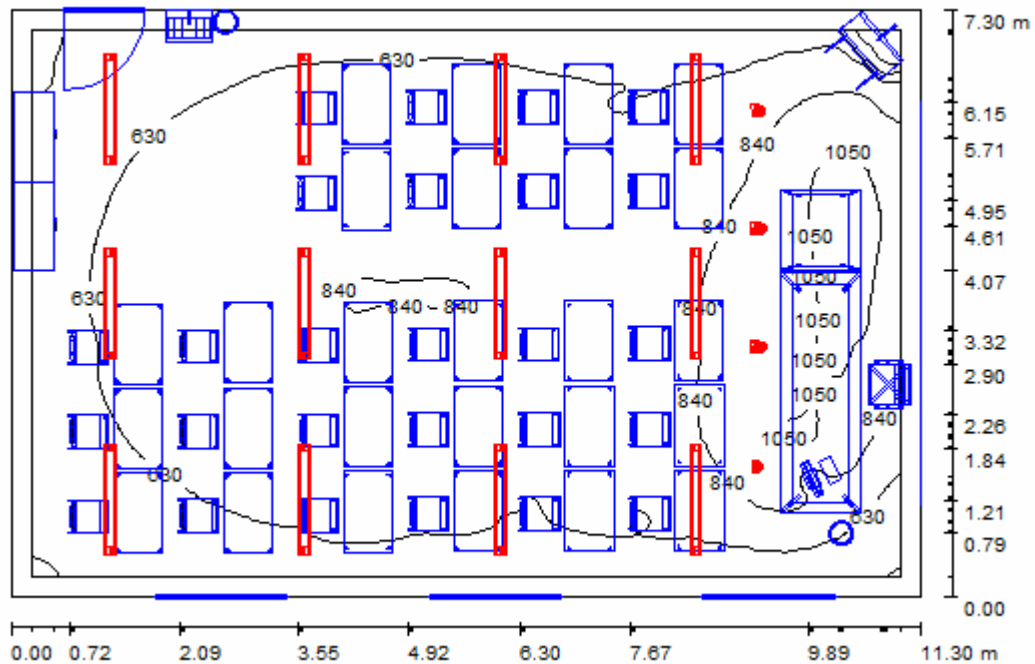
Taso	Heijastussuhde
Katto	0,6-0,9
Seinät	0,3-0,8
Työtasot	0,2-0,6
Lattia	0,1-0,5

### Valaistusvoimakkuus

Valaistusvoimakkuuden tarve vaihtelee työtehtävästä ja käyttäjästä riippuen. Sen tehtävänä on saada käyttäjä suoriutumaan näkötehtävästä mahdollisimman turvallisesti, mukavasti ja nopeasti. Sopivan valaistusvoimakkuuden suuri merkitys työpanostukseen on yksi suuri syy digitaaliselle valaistuksen ohjaukselle. Tilojen vaihdeltaessa eri työtilanteista toiseen, olisi valaistuksen voimakkuus erittäin tärkeä saada myös vaihdettua optimaaliseksi uudelle työtehtävälle. Kuvioissa 39 ja 40 on esitetty esimerkki tilasta luokkahuoneena. Kuviossa 39 on valaistus säädetty täysille eli kaikkien valaisimien teho on 100 %. Kuviossa 40 on yhteenveto tilan valaistuksen voimakkuudesta. Kuviot 39–43 on tehty Dialux-ohjelmalla. (SFS-EN 12464-1, 10.)



KUVIO 39. Tila luokkahuoneena



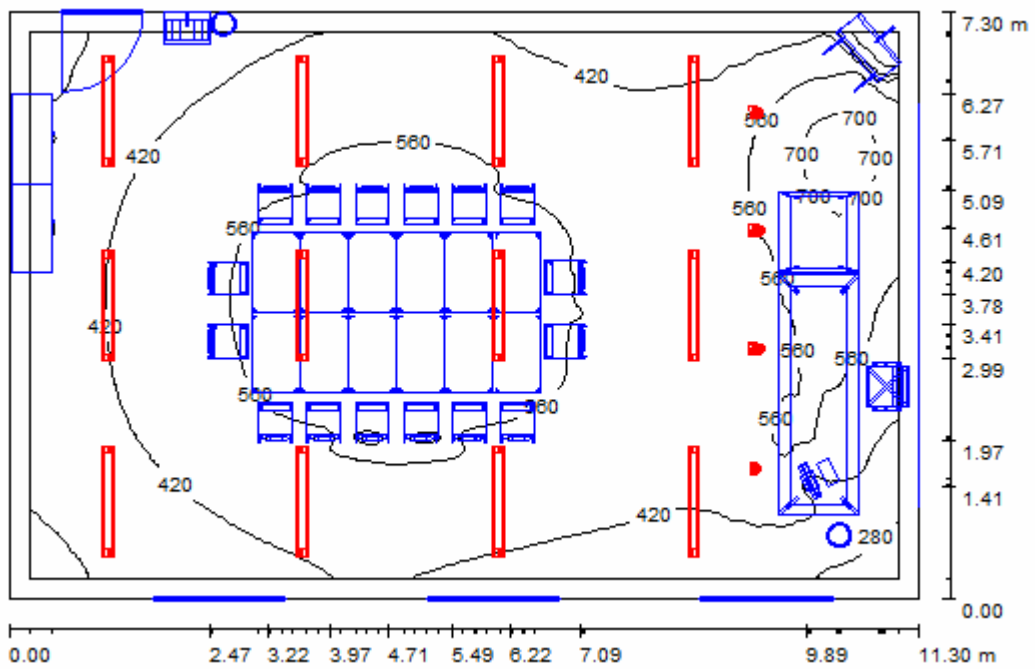
KUVIO 40. Yhteenveto luokkatilan lux-arvoista

Kuten kuvioista 40 näemme tilan lux-arvot täyttävät standardin SFS-EN-12464-1 luokkahuoneelle asettamat arvot. Standardin mukaan oppilaan työpöydällä tulee olla vähintään 500 luxia.

Kuviossa 41 näemme saman tilan kuin kuviossa 39, mutta muutettuna kokoustilaksi, jossa valaisimet ovat kuitenkin pysyneet täysin samana kuin luokkahuonetilassa. Valaistusta on muutettu DALI-tilanneohjauksella toisenlaiseksi. Sivulla olevia valaisimia on himmennetty energian säästämiseksi ja valaistus on kohdistettu kokouspöydälle. Myös liitutaalulle kohdistettuja spottivalaisimia on säädetty himmeämmälle niiden vähäisemmän tarpeellisuuden takia. Kuviossa 42 näemme yhteenvedon tilan valaistusvoimakkuudesta. Kokouspöydän työtasossa tulisi olla vähintään 500 luxia.



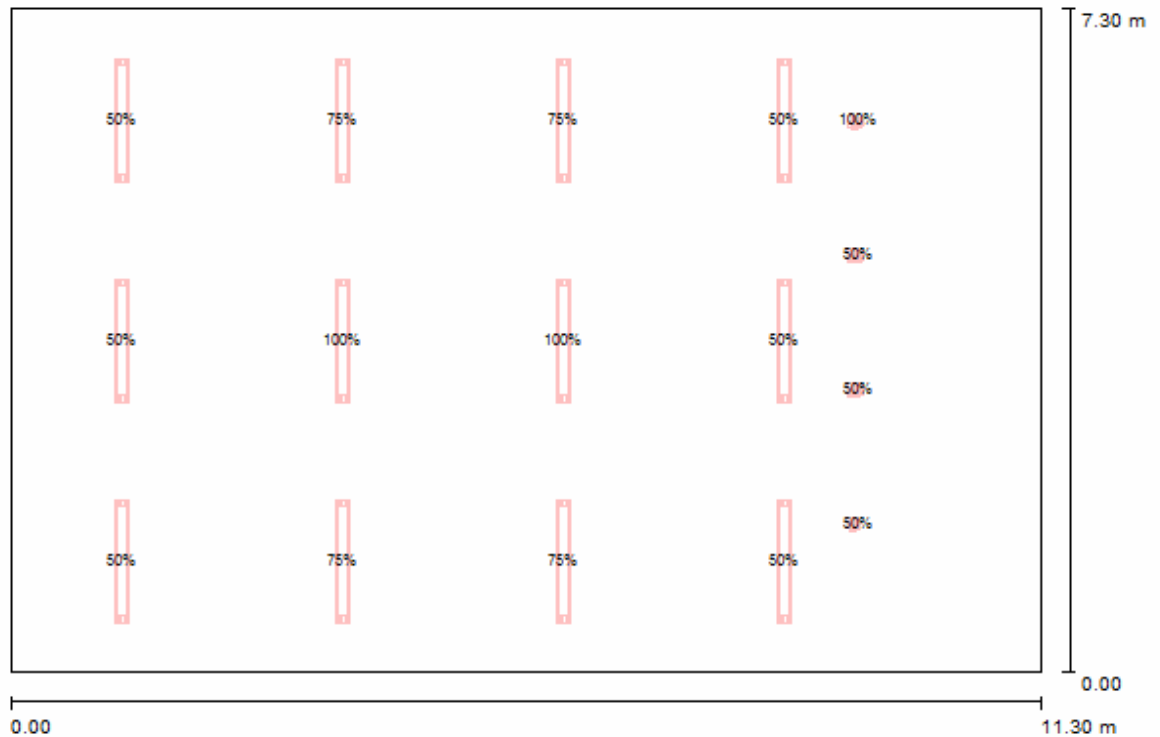
KUVIO 41. Tila kokoushuoneena



KUVIO 42. Yhteenvedo kokoustilan lux-arvoista

Kuviosta 43 näemme, montako prosenttia kunkin valaisimen tehosta on käytössä. Tilan valaistusvoimakkuuden vaatimus kuitenkin täyttyy kirrkaasti ja se kuluttaa huomattavasti vähemmän sähköenergiaa.

(jatkuu)



KUVIO 43. Tilan valaisimien prosentuaalinen teho kokoustilanteessa

Tämä on kuitenkin vain yksi esimerkki tilannevalaistuksesta. Lisäämällä vielä läsnäolo-tunnistimen ja vakiovalo-ohjauksen, jolla otamme kaiken luonnonvalon huomioon, saamme maksimoitua energiatehokkuuden.

### Häikäisy

Häikäisyä aiheuttavat valoa heijastavat kirkkaat ja kiiltävät pinnat. Häikäisyn rajoittaminen vähentää virheiden syntyä väsymystä ja luo turvallisemman työympäristön. Häikäisyä aiheuttavat kirkkaat ikkunat ja kirkkaat valaisimet. Valaisimiin onkin kehitetty häikäisy-suojia ja ikkunoihin kaihtimia, jotka on tärkeä ottaa huomioon valaistuksen suunnittelussa. (SFS-EN 12464-1, 14.)

## Valaistuksen suuntaus

Suunnatulla valaistuksella voidaan tuoda tarkemmin esiin kohteita ja korostaa sen piirteitä. Esimerkiksi kuviossa 39 on suunnattu spottivalaisimilla opettajan pöytä ja liitutaulu. Siellä olevat tapahtumat tulee välittyä takanakin oleville oppilaille.

## Väriäkökohdat

Lampusta saatu värivaikutelma on lampusta tulevan valon väriä ja sen laatua. Väriäadun määrittää lampun ekvivalenttinen väriäämpötila  $T_{cp}$ . Taulukossa 7 on esitetty lampun väriävaikutelma eri ekvivalenttisilla väriäämpötiloilla. (SFS-EN 12464-1, 16.)

TAULUKKO 7. Lampun väriävaikutelma eri ekvivalenttisilla väriäämpötiloilla (SFS-EN 12464-1, 16)

Väriävaikutelma	Ekvivalenttinen väriäämpötila $T_{cp}$
Lämmin	< 3300 K
Neutraali	3300-5300 K
Kylmä	>5300 K

Lampun väriätoistokyvystä kertoo sen väriätoistoindeksi  $R_a$ . Mukavuuden ja turvallisuuden kannalta on tärkeää, että työympäristössä olisi hyvät väriätoistokyvyt. Väriätoistoindeksi voi olla suurimmillaan 100 ja mitä pienempi se on, sitä huonommat väriätoistokyvyt sillä on. Työympäristössä tulisi olla vähintään 80 väriätoistoindeksi. Minimiarvot erityyppisille tiloille on esitetty SFS EN 12464-1 luvussa 5. (SFS-EN 12464-1, 18.)

## Välkyntä- ja stroboskooppi-ilmio

Välkyntä voi aiheuttaa rasituksia kuten päänsärkyä ja keskittymishäiriöitä. Stroboskooppi-ilmio taas voi aiheuttaa näköhäiriöitä, jossa jokin pyörivä tai edestakaisin liikkuva laite tai esine vaikuttaa liikkuvan todellista hitaammin. Se voi aiheuttaa vakavan työturvallisuusriskin. Valaistus tulee suunnitella siten, ettei näistä kumpaakaan ilmene. (SFS-EN 12464-1, 18.)

(jatkuu)

### Alenemakerroin

Suunnittelijan tulee määrittää valaistukselle alenemakerroin. Alenemakerroin riippuu valaisimen ominaisuuksista, esimerkiksi liitäntälaitteesta ja lampusta. Kertoimeen vaikuttaa myös ympäristö ja suunniteltu huolto-ohjelma. Suunnittelijan tulee ensin määrittää huolto-ohjelma valaisimille ennen alenemakertoimen määrittämistä. Huolto-ohjelmasta tulee selvittää miten ja milloin valaisin puhdistetaan ja lisäksi lampun vaihtoväli. (SFS-EN 12464-1, 18.)

### Energiatehokkuus

Valaistussuunnitelma tulisi toteuttaa mahdollisimman energiatehokkaalla tavalla. Valaistusvaatimukseen vaikuttavia arvoja ei kuitenkaan kannata väheksyä energiatehokkaan valaistuksen takia. Parhaita tapoja säästää energiaa on käyttää mahdollisimman paljon luonnon valoa, ohjaustapoja ja tilaan sopivia laitteita. (SFS-EN 12464-1, 18.)

### Päivänvalo

Päivänvalolla voidaan toteuttaa kokonaan tai osittain tilan valaistuksen tarve. Pimeiden vuodenaikojemme takia tulee kuitenkin tilassa olla mahdollisuus täydelliseen keinovalaukukseen. Paras tapa on käyttää erilaisia ohjausjärjestelmiä (DALI-järjestelmän multisensori 312) keinovaloihin, jotka himmenevät ja kirkastuvat luonnonvalon mukaan. Luonnonvalossa on kuitenkin häikäisyn vaara, joten ikkunoissa tulisi olla kaihtimet siltä suojaamassa. (SFS-EN 12464-1, 20.)

### Työskentely näyttöpäätetyöpaikalla

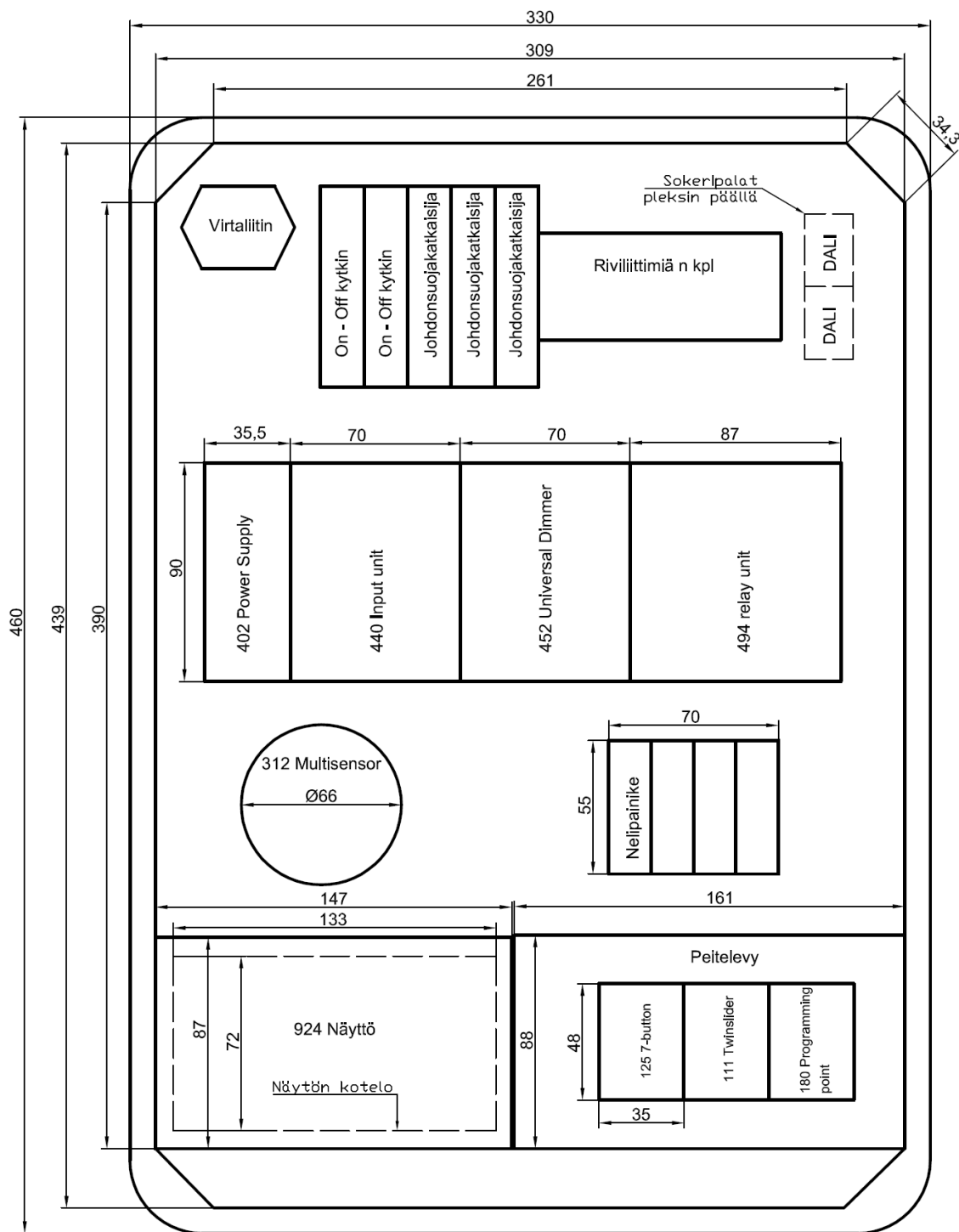
Näyttöistä ja näppäimistöistä saattaa heijastaa ikävästi käyttäjän silmiin jos valaistus on huonosti suunnattu tai muuten liian kirkas. Suunnittelijan tulee valita oikeanlaiset

(jatkuu)



valaisimet ja suunnitella tarkoin niiden asennuspaikka ja suuntaus, jotta näiltä ongelmilta vältyttäisiin. SFS EN 12464-1 luvussa 5 on lisäksi määritelty työalueiden erityisvaatimukset valaistukselle. (SFS-EN 12464-1, 20.)

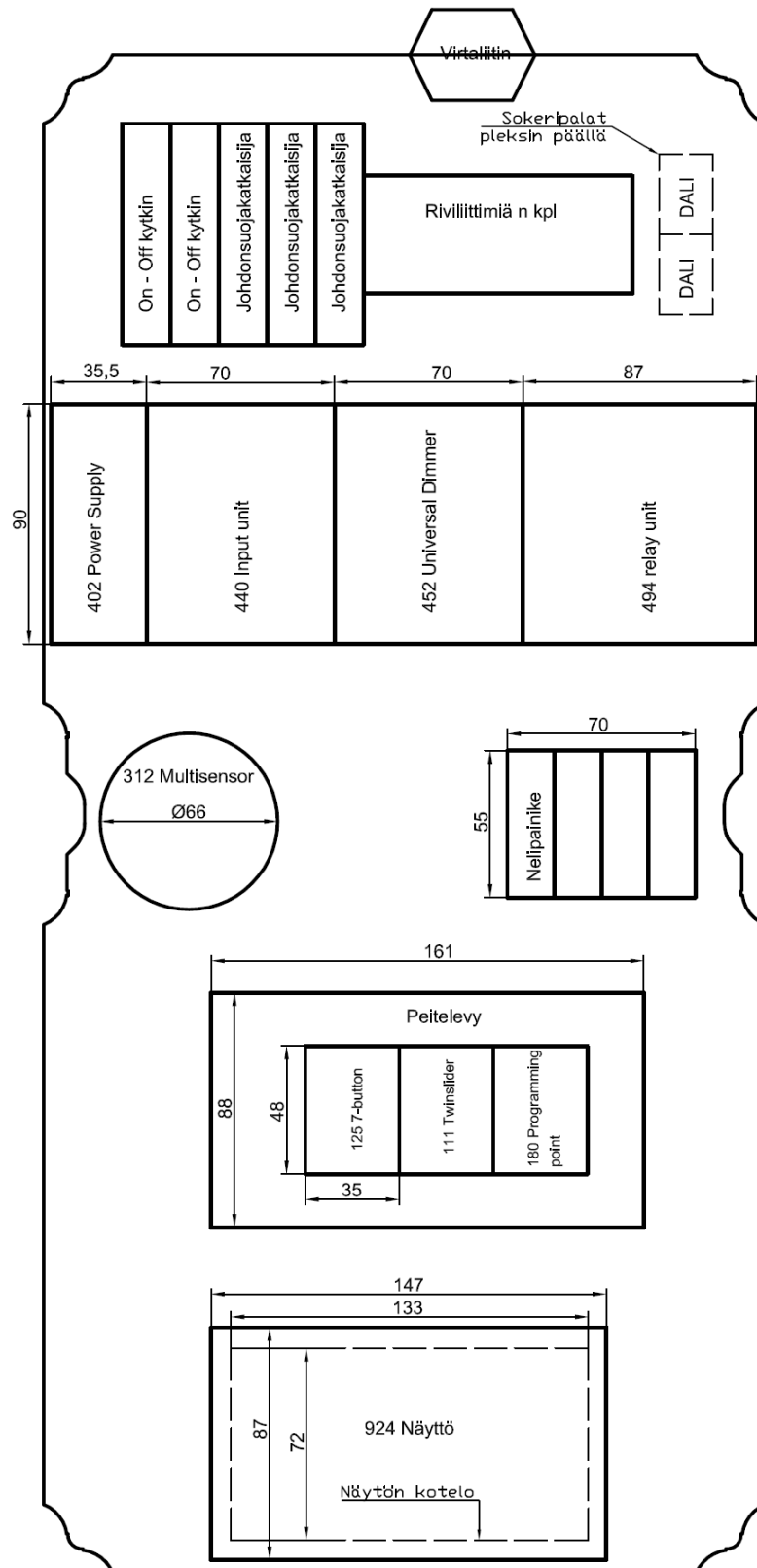
Bitti/sekunti	Tiedonsiirtonopeus, b/s
CE-merkintä	les Communautés Européennes, valmistajan ilmoitus siitä, että tuote täyttää sitä koskevat Euroopan unionin vaatimukset
DALI	Digital Addressable Lighting Interface, digitaalinen valaistuksen ohjausjärjestelmä
Dialux	Valaistuksen laskentaohjelma
DIGIDIM-toolbox	DIGIDIM-valonohjausjärjestelmän suunnitteluohjelma
DIN-kisko	Standardoitu keskuskomponenttien asennuskisko
DIN-standardi	Deutsches Institut für Normung, standardi-instituutti
Ethernet	Pakettipohjainen lähiverkkoratkaisu
Flash-muisti	Sähköisesti ohjelmoitava puolijohdemuisti
Helvar designer	Reititinjärjestelmien suunnitteluohjelmisto
KNX	Avoin standardi kotien ja rakennusten ohjaukseen
KNX-gateway	KNX-väylämuunnin
LON	Local Operating Network.
LON-gateway	LON-väylämuunnin
LED	Light-Emitting Diode eli loistediodi
Luminanssi	Kertoo valovoiman tarkastelusuunnassa pinta-alaa kohti, $\text{cd/m}^2$
Lux	Valaistusvoimakkuuden yksikkö, lx
Manchester koodaus	Tietoliikenteessä käytettävä linjakoodausmenetelmä
OPC	Avoimen tiedonsiirron standardi
R <sub>a</sub>	Lampun värintoistoindeksi
SELV-piiri	Muista piireistä erotettu pienjännitepiiri, joka ei tarvitse erillistä maadoitusta
Stroboskooppi-ilmiö	Valon välkkymisestä tietyllä taajuudella aiheutuva harhailmiö
T <sub>cp</sub>	Lampun ekvivalenttinen väriämpötila
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol
Topologia	Verkon rakenne
UK-standardi	Brittiläinen standardi



## ENSTO CUBO-O (300·600·132)mm LAYOUT

## LIITE 4

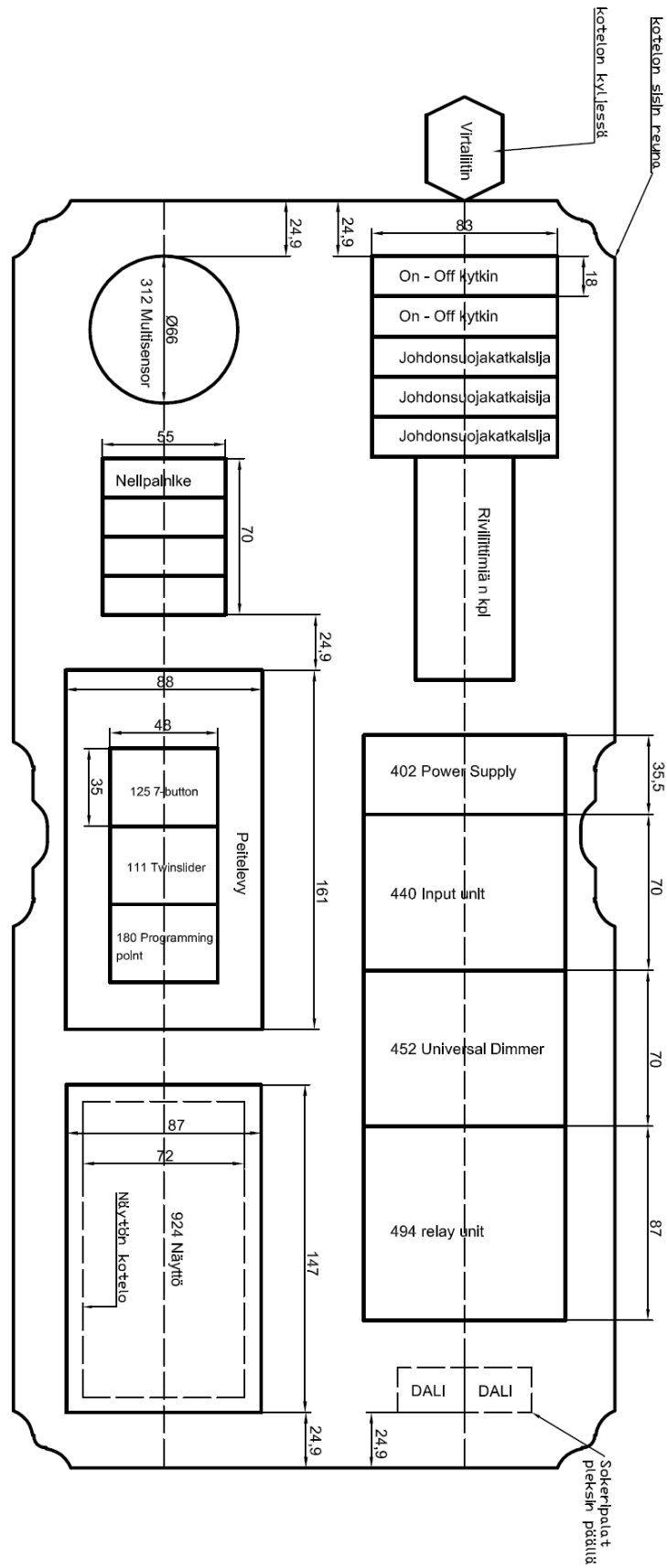
## PYSTYSUUNNASSA



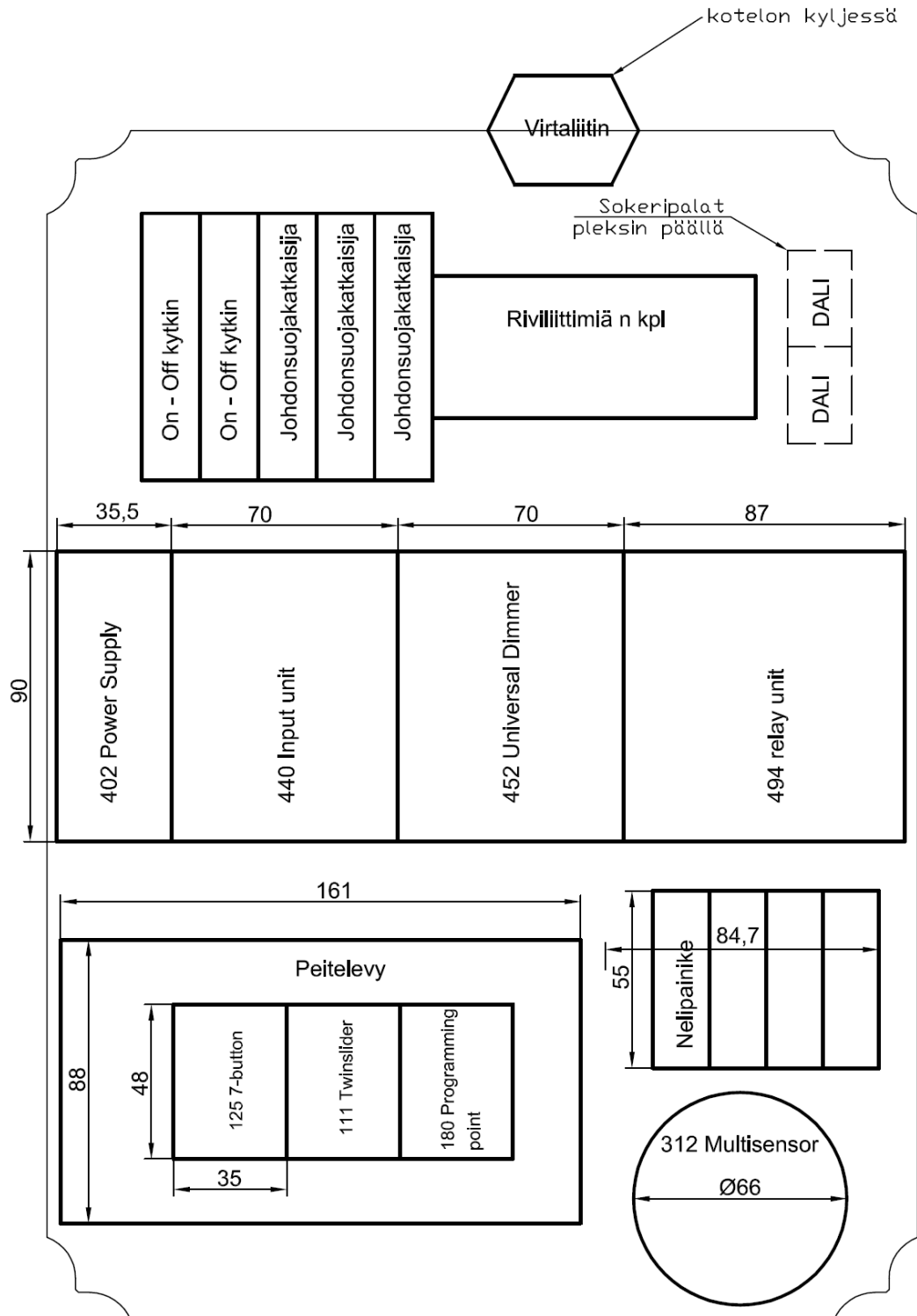
## ENSTO CUBO-O (300·600·132)mm LAYOUT

## LIITE 5

## VAAKASUUNNASSA

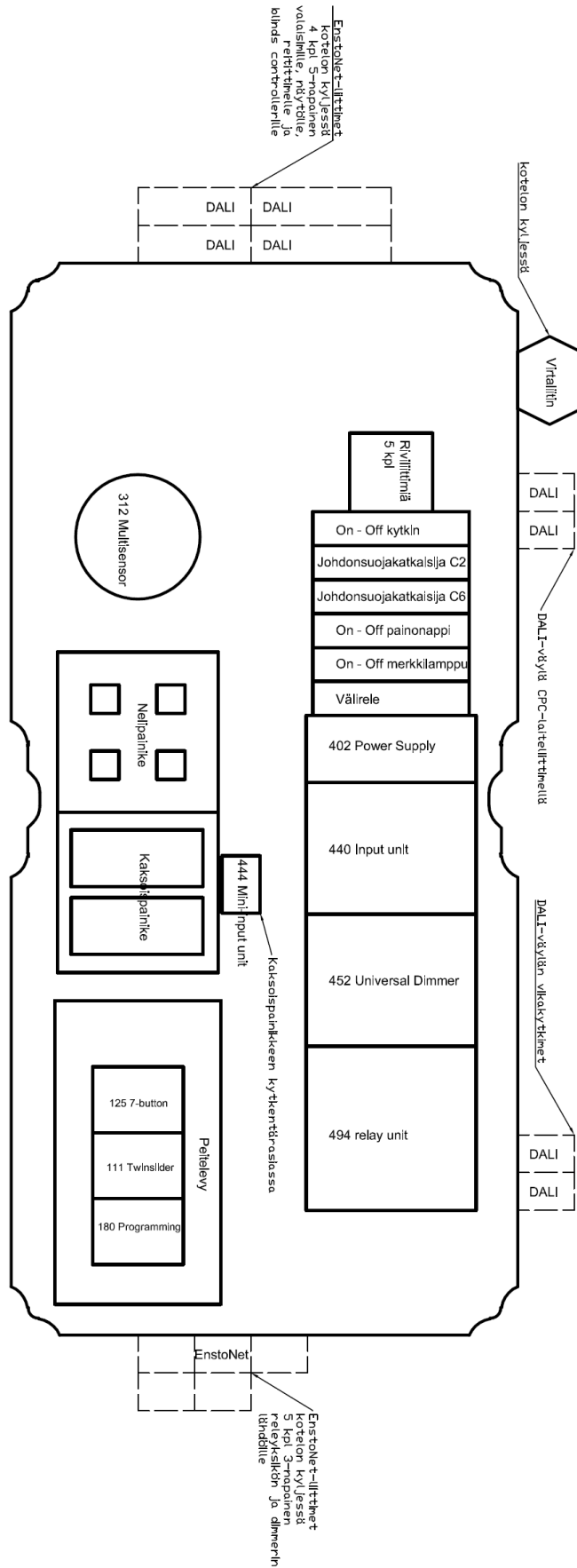


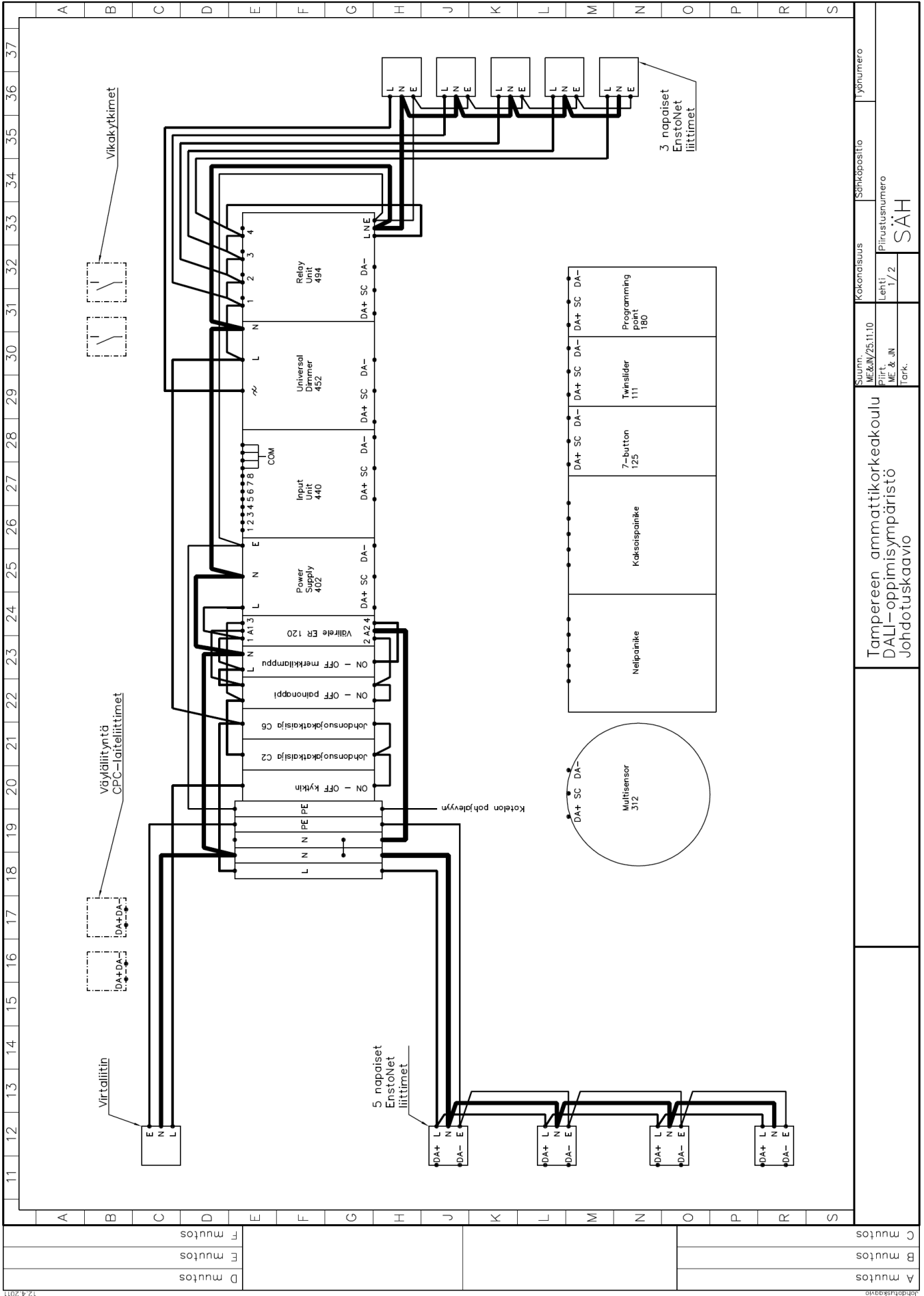
## NÄYTTÖ ERIKSEEN



## ENSTO CUBO-O (300·600·132)mm LAYOUT

## LOPULLINEN LAYOUT





12.4.2011

Johtotuskavio

A muutos  
B muutos  
C muutos

D muutos  
E muutos  
F muutos

Virtaliitin  
Väyläilyntä CPC-läteiläitimet  
Vikakytinimet

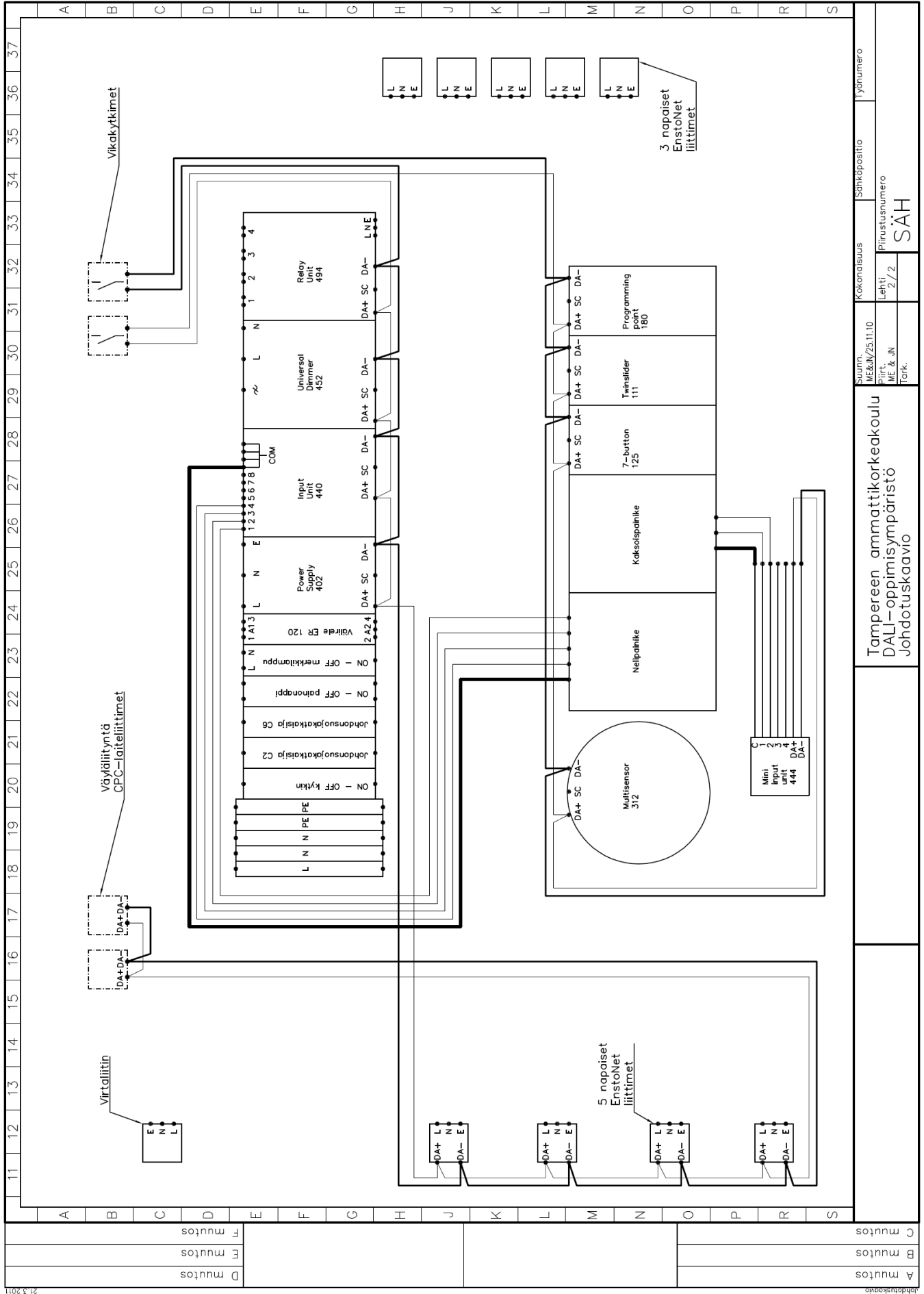
5 napaiset EnstoNet liittimet  
3 napaiset EnstoNet liittimet

Kotien pohjalevyn

Suunn. ME&M/25.11.10		Kokonaissuus	Sähköpositio	Työnumero
Piirt. ME & JN	Tark.	Lehti 1/2	Piirustusnumero	
<b>SÄH</b>				

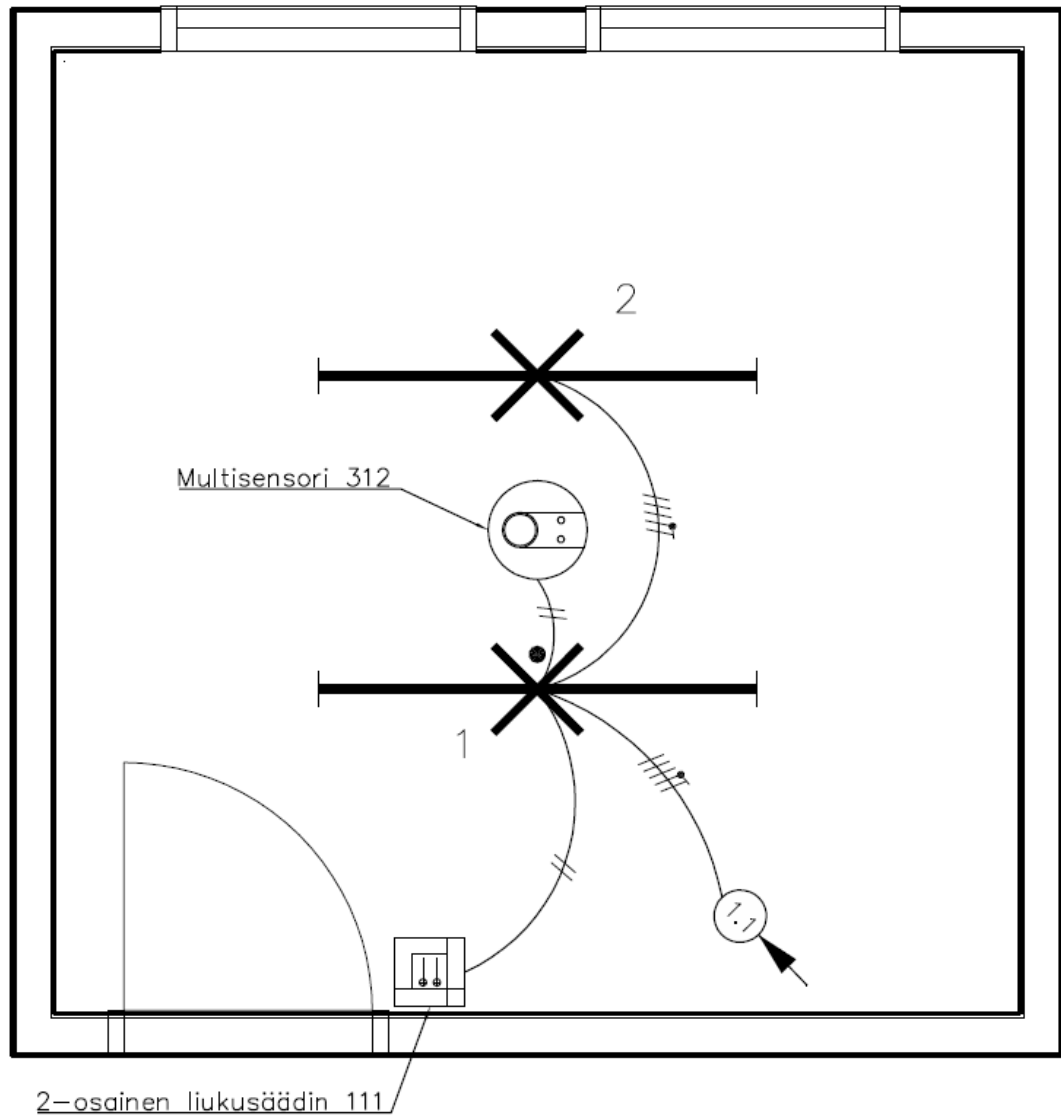
Tampereen ammattikorkeakoulu  
DALI-oppimisympäristö  
Johtotuskavio

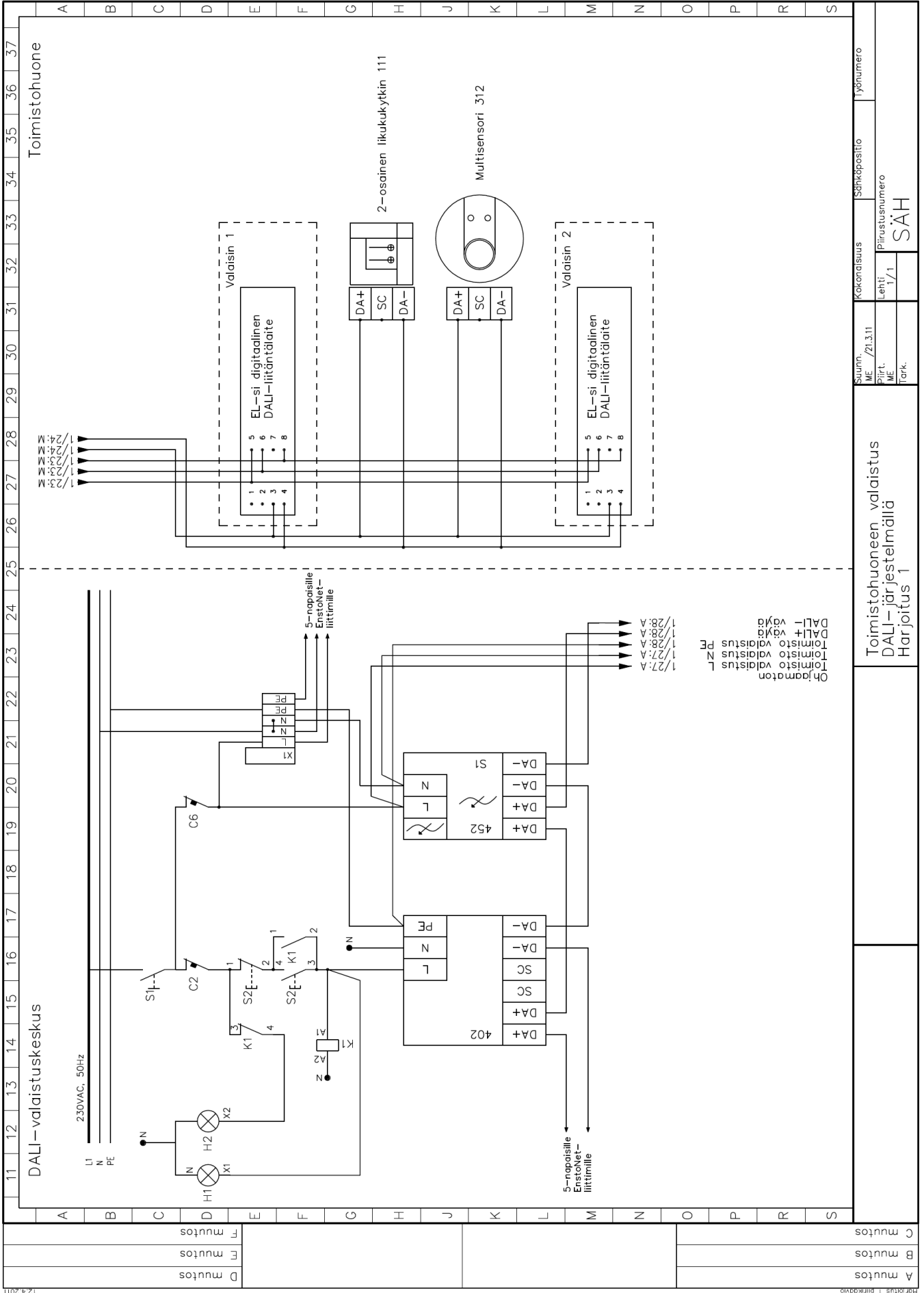




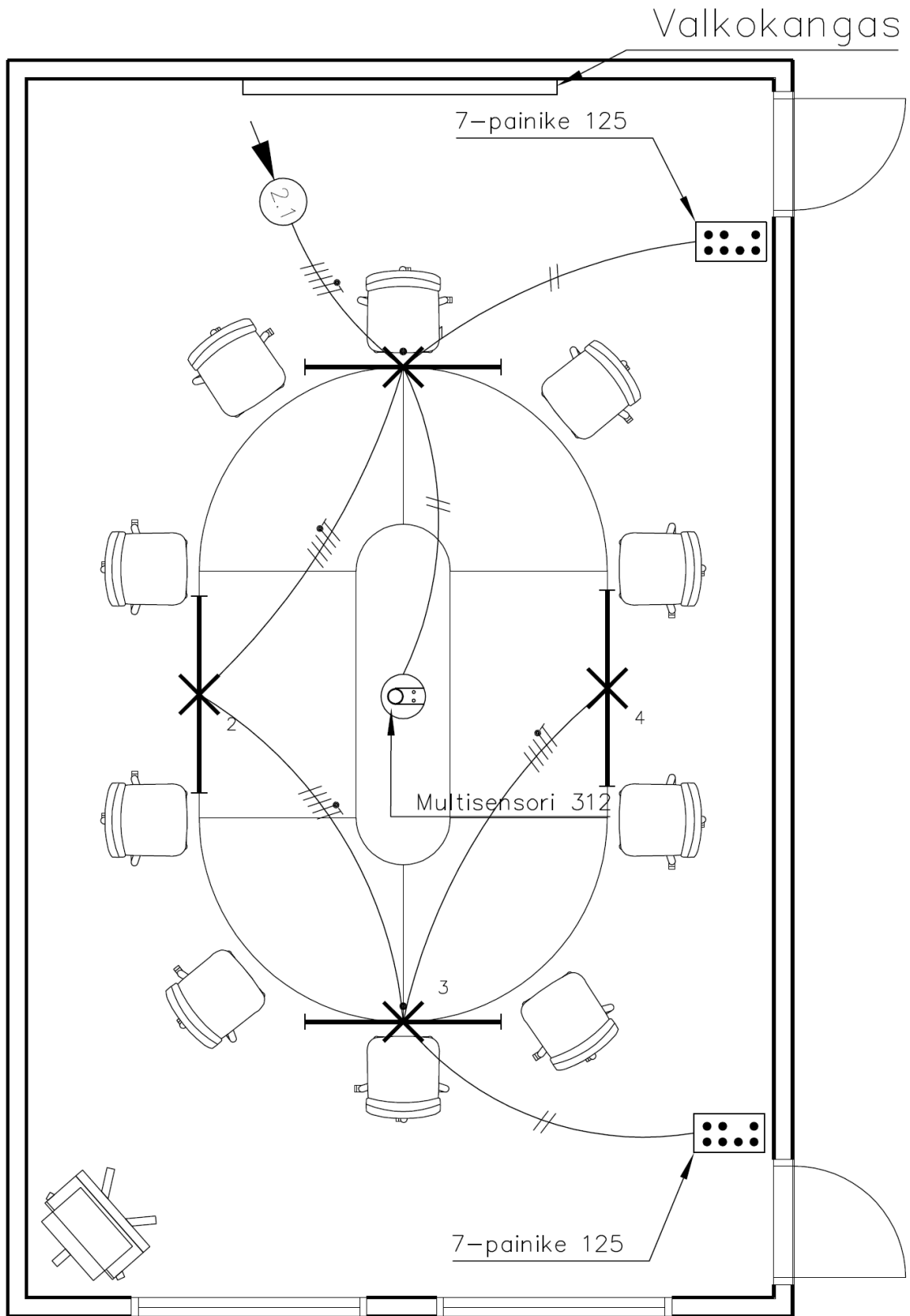
21.3.2011

A muutos	Tampereen ammattikorkeakoulu DALI-oppimisympäristö Johdotuskaavio		Kokonaissuus	Sähköpiirito	Työnnumero
B muutos			LEIÄN/25.11.10	Lehti	Piirustusnumero
C muutos			LEIÄN	2/2	SÄH

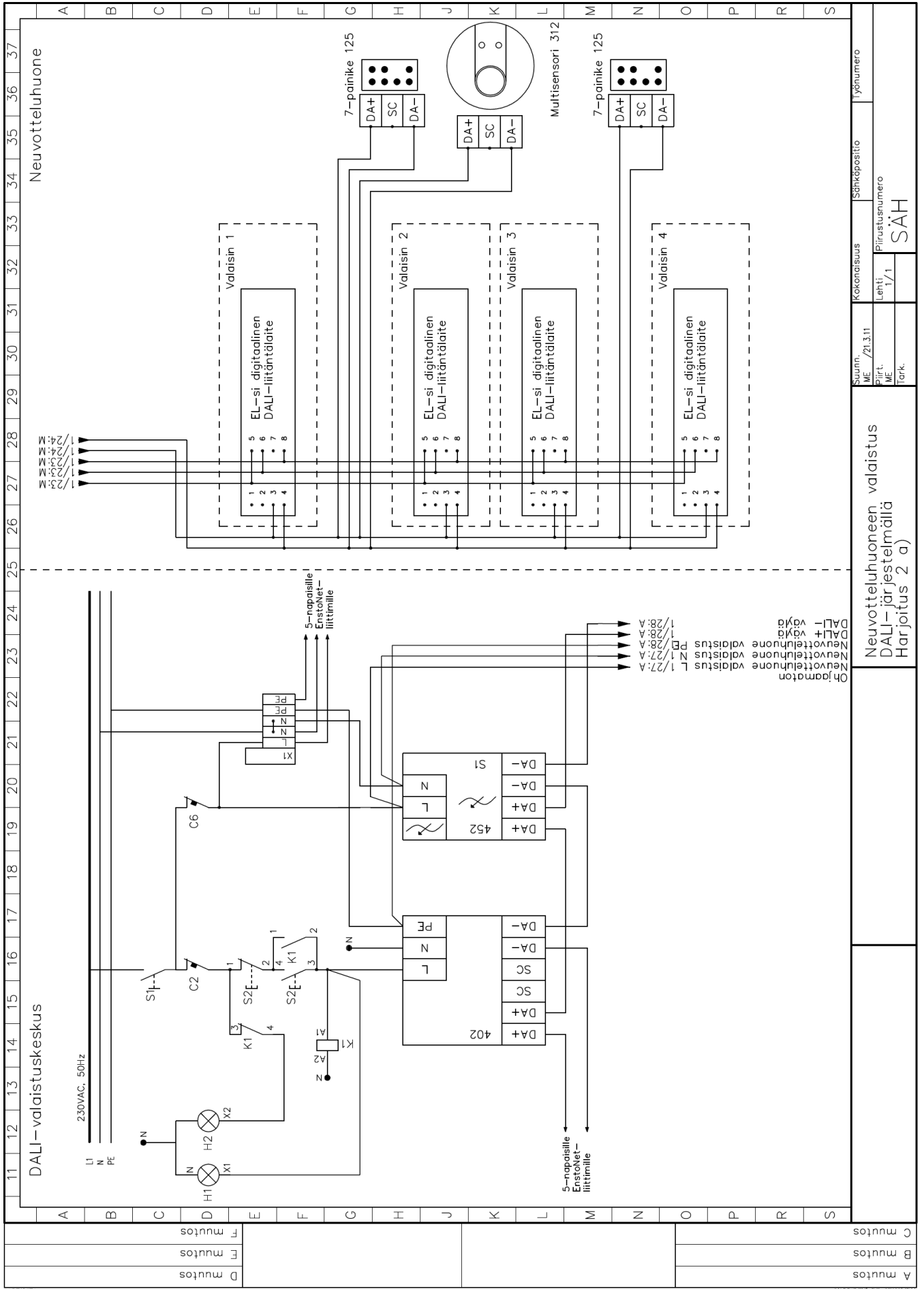








PIIRIKAAVIO



Neuvotteluhuoneen valaistus  
DALI-järjestelmällä  
Harjoitus 2 a)

Siunni. MIE /21.3.11  
Kokonaisuus  
Sähköpiirros  
Yönumero

Piirustusnumero  
Lehti  
1/1

SÄH

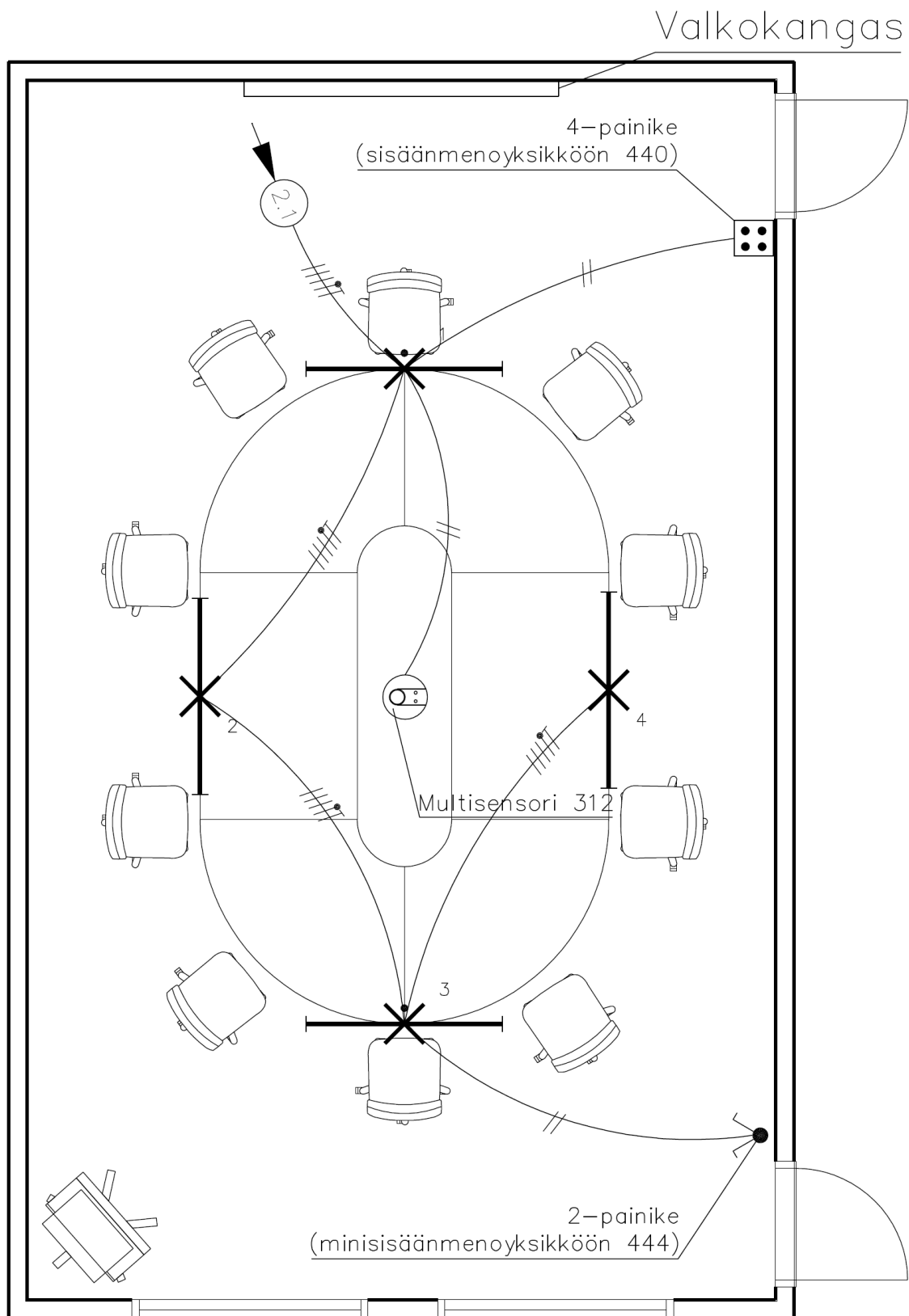
A muutos  
B muutos  
C muutos

NEUVOTTELUHUONEEN A) DALI-JÄRJESTELMÄN  
KESKUSKAAVIO

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
	KESKUS																										
A																											
B																											
C																											
D	2.1 Valaistusryhmä 1 neuvotteluhuone																										
E																											
F	DALI 1000W Universal Dimmer 452																										
G																											
H	Neuvotteluhuoneen val. (säädettävä)																										
J																											
K																											
L																											
M	10.1 DALI, järjestelmä 1																										
N	Teholähde 402																										
O																											
P																											
R																											
S																											
A	HUOM.																										
B	C20																										
C																											
D	C6																										
E																											
F																											
G																											
H																											
J																											
K																											
L																											
M	C2																										
N																											
O																											
P																											
R																											
S																											

A muutos		Neuvotteluhuoneen valaistus		Suunn. ME /16.3.11		Kokonaisuus		Sähköposito		lyhytnumero	
B muutos		DALI-järjestelmällä		Piirt. ME		Lehti /		Pirstusnumero		SAH	
C muutos		Harjoitus 2a)		Tark.							

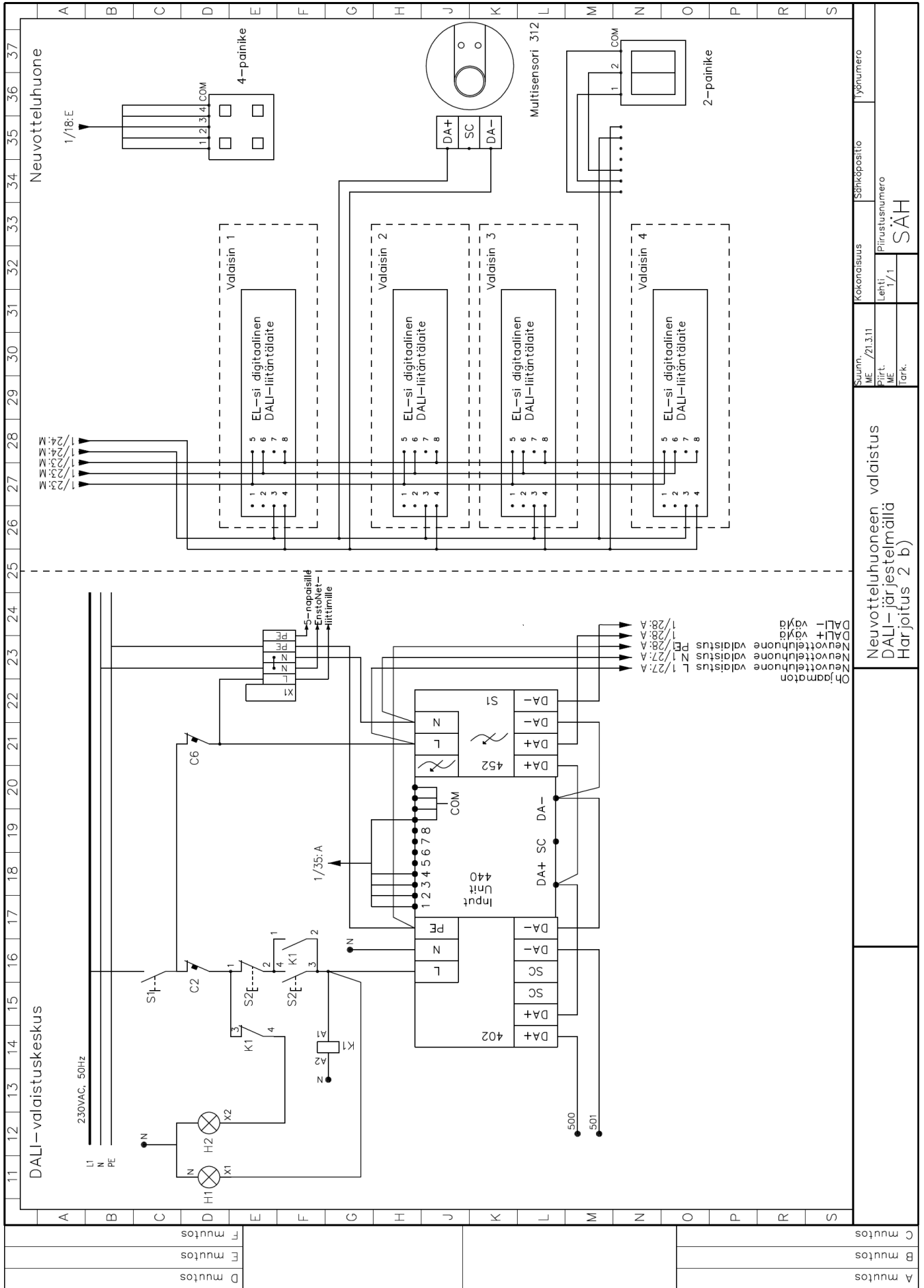




NEUVOTTELUHUONEEN B) DALI-JÄRJESTELMÄN

LIITE 17

PIIRIKAAVIO

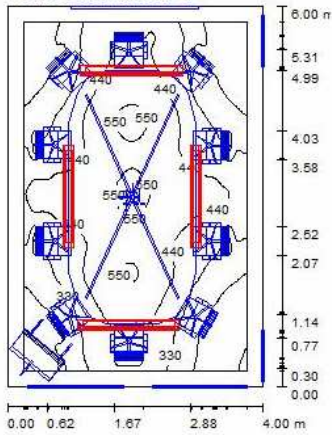


NEUVOTTELUHUONEEN B) DALI-JÄRJESTELMÄN  
KESKUSKAAVIO

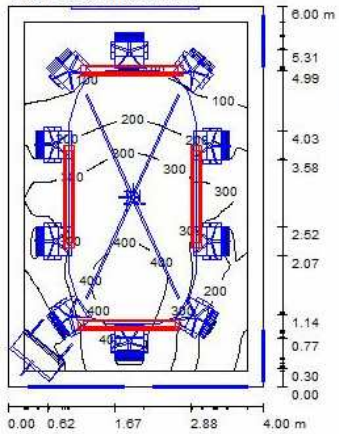
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37										
A	KESKUS																																				
B																																					
C																																					
D																																					
E																																					
F																																					
G																																					
H																																					
J																																					
K																																					
L																																					
M																																					
N																																					
O																																					
P																																					
R																																					
S																																					
A	HUOM.																																				
B	A / A																																				
C	kVA/kW																																				
D	JOHDOTUS																																				
E	TUNNUS																																				
F	OSOITE																																				
G	RYHMÄ																																				
H	Valaistusryhmän käyttökytkin																																				
I	Valaistusryhmä 1 neuvotteluhuone																																				
J	DALI 1000W Universal Dimmer 452																																				
K	Neuvotteluhuoneen val. (tilanneohjaus)																																				
L	Nelipainikkeelle																																				
M	Input-unit 440																																				
N	DALI järjestelmä 1																																				
O	Teholähde 402																																				
P																																					
R																																					
S																																					
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:15%;">Suunn. /16.3.11</td> <td style="width:15%;">Kokonaissuus</td> <td style="width:15%;">Sähköposito</td> <td style="width:15%;">Työnumero</td> </tr> <tr> <td>ME</td> <td>Lehti /</td> <td>Piirustusnumero</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ME</td> <td>Tark.</td> <td colspan="2" style="text-align: center; font-weight: bold;">SÄH</td> </tr> </table>																										Suunn. /16.3.11	Kokonaissuus	Sähköposito	Työnumero	ME	Lehti /	Piirustusnumero		ME	Tark.	SÄH	
Suunn. /16.3.11	Kokonaissuus	Sähköposito	Työnumero																																		
ME	Lehti /	Piirustusnumero																																			
ME	Tark.	SÄH																																			
Neuvotteluhuoneen valaistus DALI-järjestelmällä Harjoitus 2b)																																					

VALAISTUSTILANTEISSA

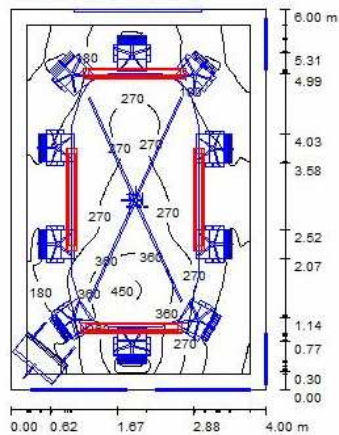
Valaistustilanne 1



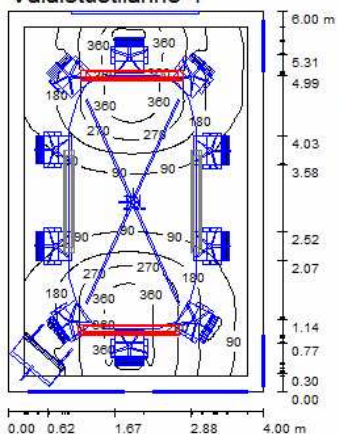
Valaistustilanne 2

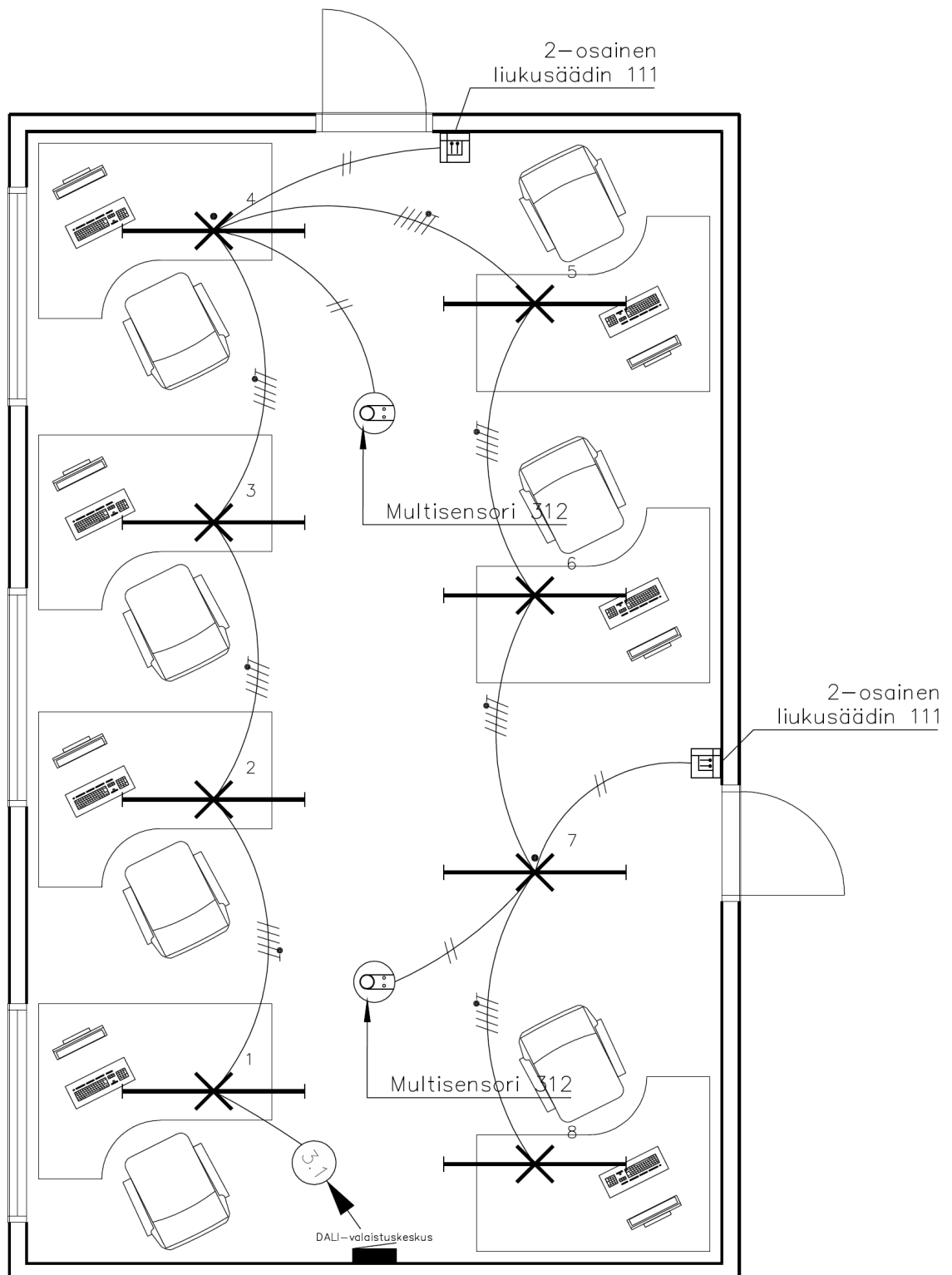


Valaistustilanne 3

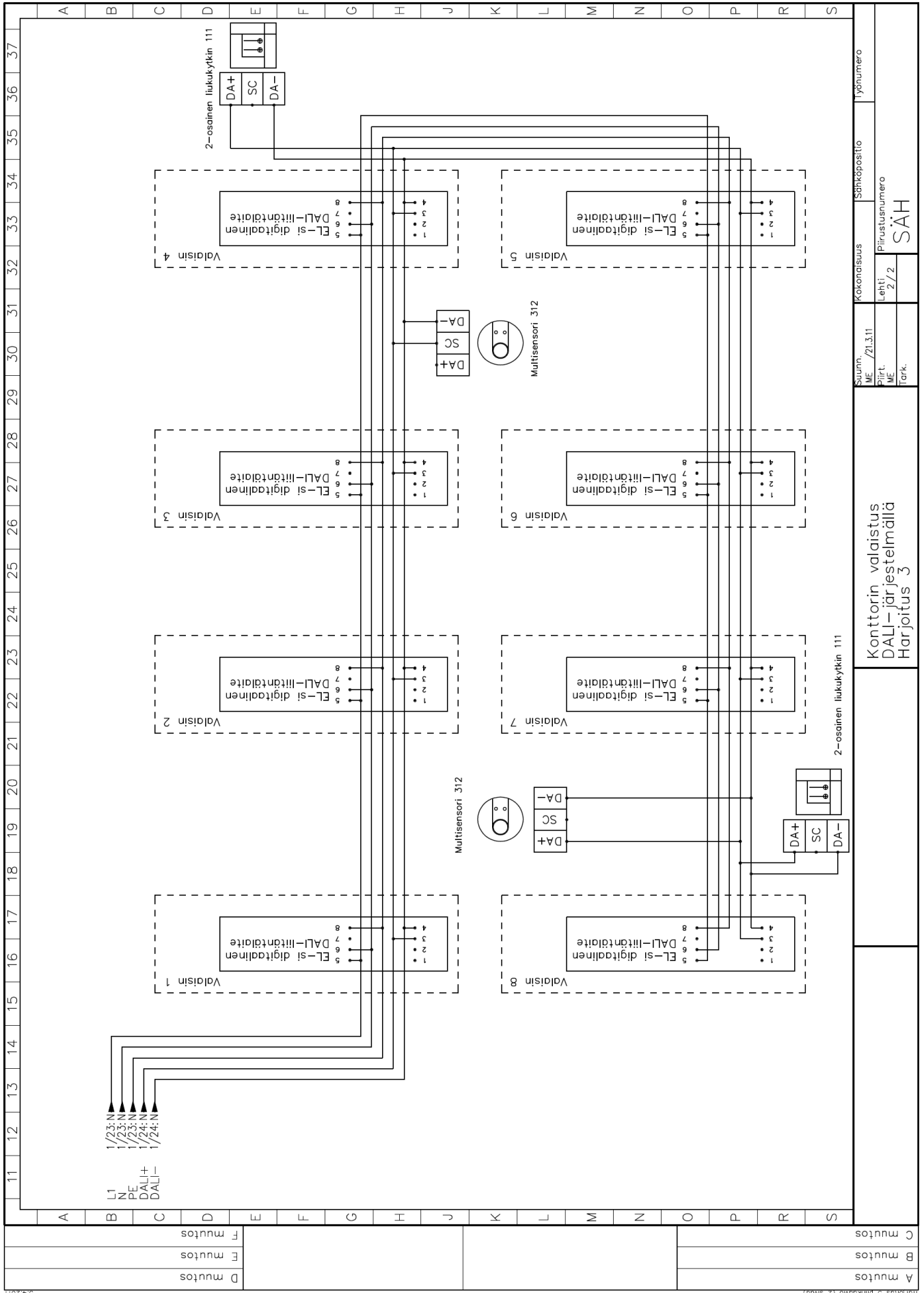


Valaistustilanne 4









5.4.2011

Harjoitus 3, Eiriksen (2 sivua)

A	D muutos
B	B muutos
C	C muutos

A		Kokonaissuus		Sähköpostiosoite		Työnumero	
B		Suunn. / 21.3.11		Lehti		Pirustusnumero	
C		MIE		2 / 2		SÄH	
D		Tark.		Konttorin valaistus DALI-järjestelmällä Harjoitus 3			

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
	KESKUS																											
A																												
B																												
C																												
D	3.1																											
E																												
F	DALI 1000W Universal Dimmer 452																											
G																												
H	Konttorin valaistus (säädettävä)																											
J																												
K																												
L	10.1																											
M	DALI, järjestelmä 1																											
N	Tehoihde 402																											
O																												
P																												
R																												
S																												
A	A muutos																											
B	B muutos																											
C	C muutos																											
Avokonttorin valaistus DALI-järjestelmällä Harjoitus 3																												
Suunn. /16.3.11											Kokonaisuus											Sähköposito		Työnumero				
Pilt.											Lehti /											Piiustusnumero		SÄH				
Tark.																												



# DALI-oppimisympäristö

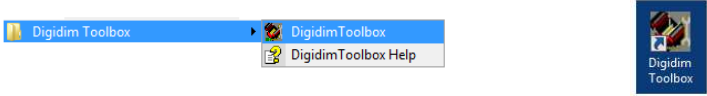
---

DIGIDIM-toolbox-ohjelmiston käyttö  
& harjoitus 1 Offline-tilassa –  
Toimistohuoneen valaistus

Miikka Etelälahti

© Miikka Etelälahti

## Ohjelman käynnistäminen



- Ohjelman voi käynnistää joko käynnistä-valikosta tai työpöydältä pikakuvakkeesta.



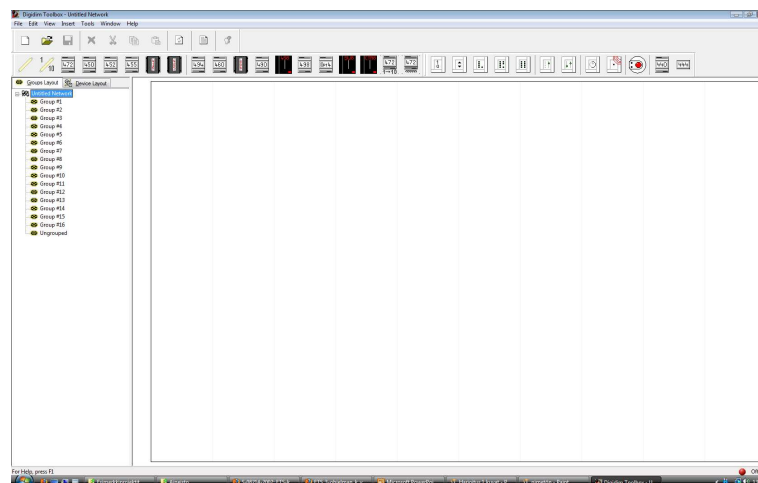
## Ohjelman käyttö Offline-tilassa



- ❑ Ohjelman avautuessa se kysyy käytetäänkö sitä Offline-tilassa vai Online tilassa.
- ❑ Online tilaa ei voi valita ellei tietokonetta ole kytketty DALI-järjestelmään.
- ❑ Ohjelma ehdottaa Online-tilaa automaattisesti, jos tietokone on kytketty DALI-järjestelmään.
- ❑ Valitaan Offline-tila ja painetaan Continue.

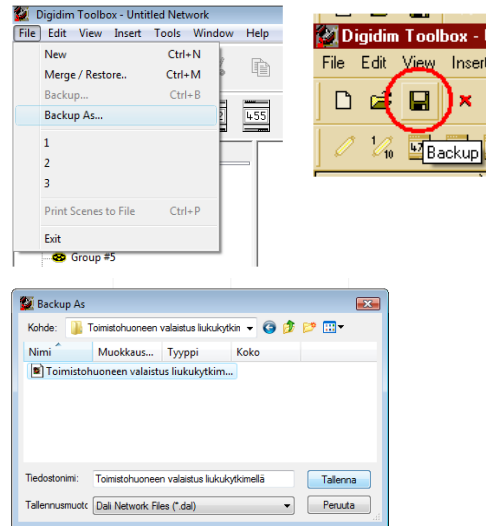
## Ohjelma avautuu tyhjiin tietokantaan

- ❑ Ohjelman avauduttua, siihen voi alkaa heti lisäämään komponentteja.



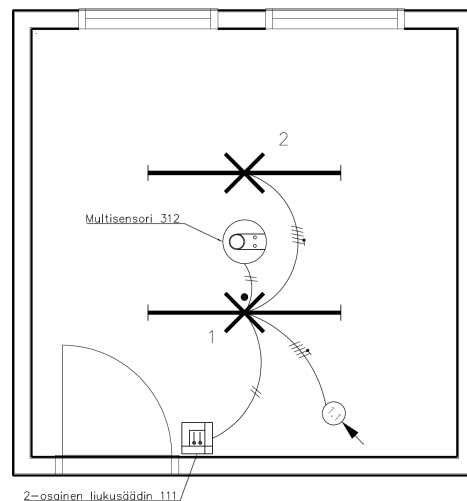
## Tietokannan tallentaminen

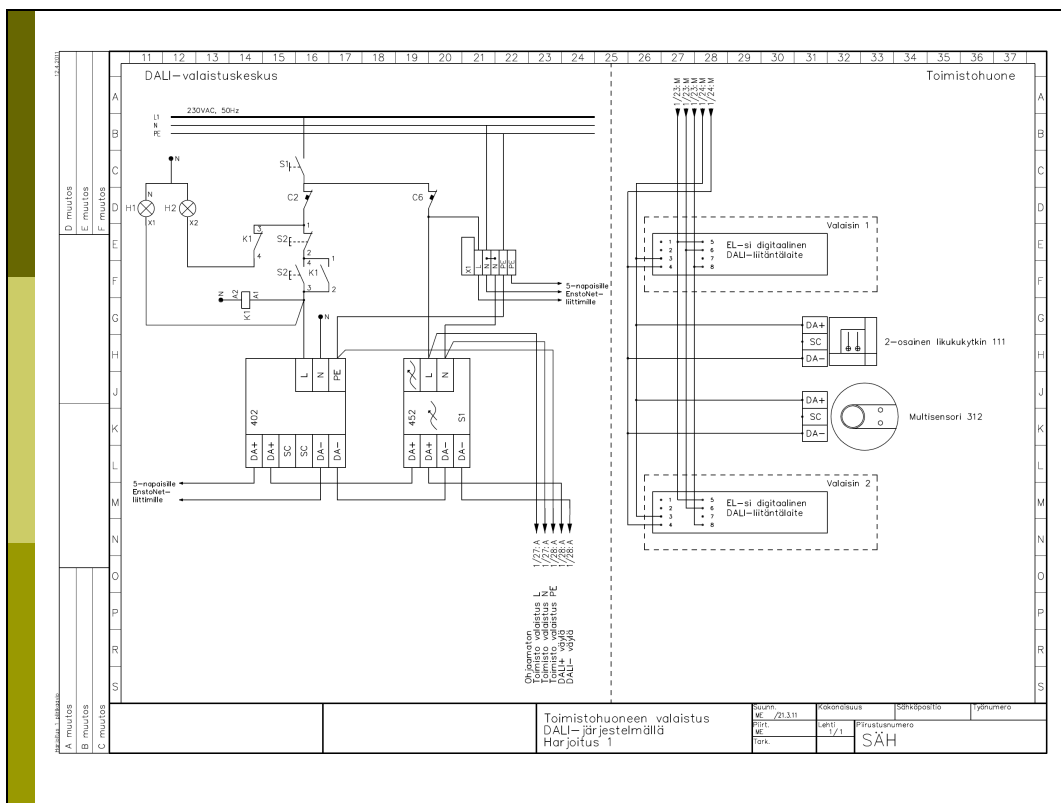
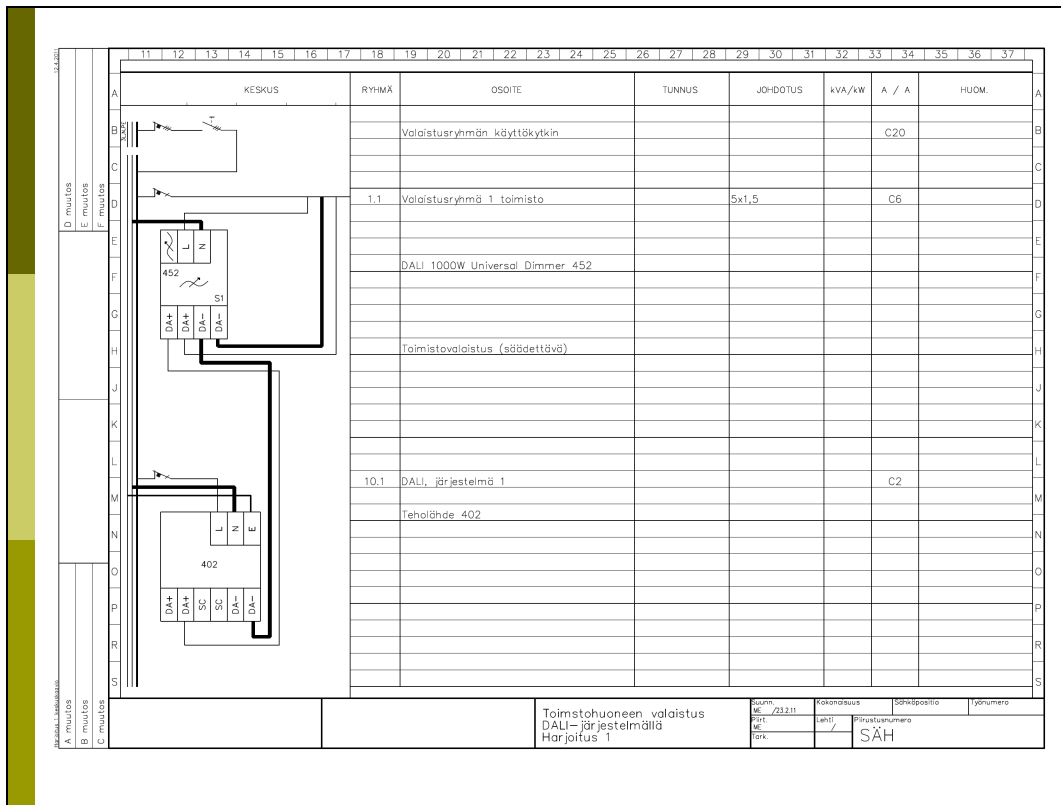
- ❑ Tietokannan tallentaminen tapahtuu valikosta File → Backup As...
- ❑ Ohjelma avaa valikon, jossa voit etsiä sopivan tallennuskansion.
- ❑ Voit tallentaa tietokannan esimerkiksi nimellä "Harjoitus 1" tai "Toimistohuoneen valaistus liukukytkimellä".
- ❑ Myöhemmin voit tallentaa painamalla yläpalkissa olevaa disketin kuvaa tai valitsemalla File valikosta Backup...



## Harjoitus 1 Offline – Toimistohuoneen valaistus

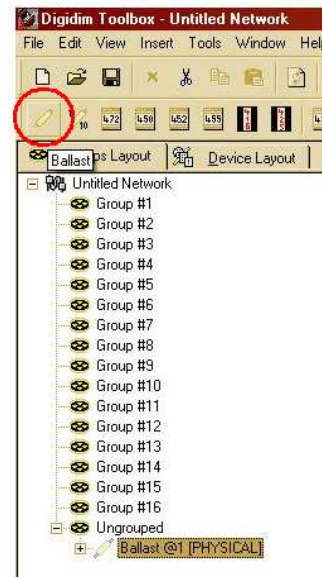
- ❑ Kun olet tallentanut tietokannan, ensimmäiseksi harjoitukseksi tulisi suunnitella seuraavan toimistohuoneen valaistus.
- ❑ Ohjaus tulisi suorittaa siten, että 2-osaisella liukukytkimellä 111 ohjattaisiin kahta loistevalaisinta siten, että toisella liukukytkimellä ohjattaisiin valaisinta 1 ja toisella liukukytkimellä valaisinta 2.
- ❑ Toimistoon tulisi myös suunnitella multisensori 312 läsnäolo-ohjaukseen siten, että kun huoneessa ei ole havaittu liikettä 10 minuuttiin multisensori laskisi valaistustason 25 %:iin ja 20 sekunnin kuluttua tästä, jos vielääkään ei ole havaittu liikettä, se sammuttaisi valot kokonaan. Kun taas huoneeseen tullaan multisensori asettaisi valaistustasoksi kummallekin valaisimelle 75 %.





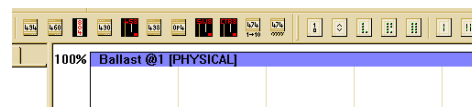
## Aloitetaan lisäämällä ballast eli elektroninen DALI-liitäntälaite (EL-si)

- EL-si lisätään napauttamalla sen kohdalla hiiren vasenta painiketta.
- EL-si vastaa harjoituksessa periaatteessa valaisinta.
- EL-si ilmestyy Groups Layout sarakkeen viimeiseen kohtaan Ungrouped
- Ungrouped tarkoittaa, että valaisinta ei ole vielä sijoitettu mihinkään ryhmään.
- Kaikki uudet lisätyt komponentit ilmestyvät aina ensin Ungrouped kohtaan, ellei ryhmää ole valittu aktiiviseksi ennen komponentin lisäämistä.



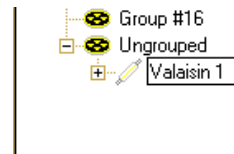
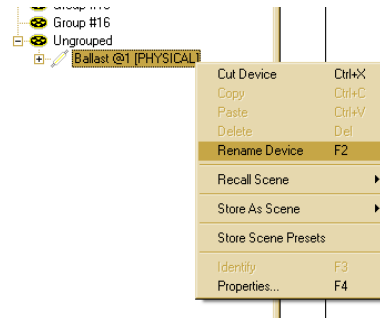
## Komponenttien muokkaaminen

- Kun EL-si on valittu, ilmestyy sille prosentuaalinen valotason asteikko sinisellä työpöydälle.
- 100 % tarkoittaa, että valaisimen valotaso on nyt täysillä.
- Klikkaamalla Ungrouped kohdasta lisättyä EL-siä, sille aukeaa oma ikkuna työpöydälle.
- Ikkunaa/ikkunoita voi järjestellä haluamaansa järjestykseen työpöydälle.



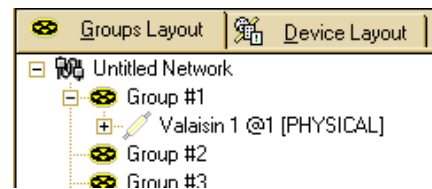
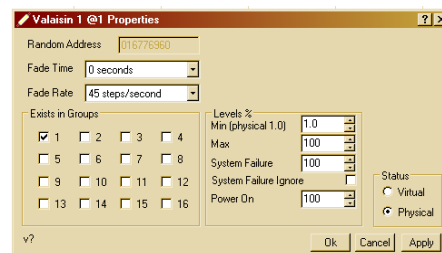
## Komponenttien muokkaaminen

- Komponentit kannattaa nimetä omalla tavallaan.
- Nimeäminen tapahtuu painamalla hiiren oikeaa Groups Layout sarakkeesta komponentin kohdalla ja valitsemalla Rename Device tai valitsemalla kyseinen komponentti sarakkeesta aktiiviseksi ja painamalla näppäimistön F2-näppäintä.
- Anna EL-sille nimeksi esimerkiksi "Valaisin 1" ja paina Enter-näppäintä.
- Lisää harjoitukseen toinen EL-si ja nimeä se "Valaisin 2".



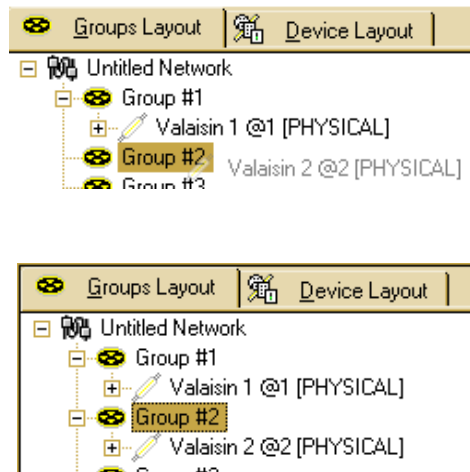
## Komponenttien lisääminen ryhmisiin

- Komponenttien lisääminen ryhmiin voidaan toteuttaa kahdella tavalla.
- Paina Groups Layout sarakkeesta kyseisen komponentin kohdalla hiiren oikeaa ja valitse Properties tai voit valita komponentin ja painaa F4-näppäintä.
- Kuristimen Properties eli ominaisuudet ikkuna avautuu, josta voi säätää sen ryhmiä, häivytystä, valotasoa ja sen tilaa fyysiseksi tai virtuaaliseksi.
- Valaisimen voi asettaa useampaankin ryhmään, joka on mahdollista tehdä vain tätä kautta.
- Merkkää valaisin kuuluvaksi ryhmään 1 ja paina Apply ja OK.
- Valaisin 1 siirtyi ryhmään 1. Painamalla ryhmän 1 vieressä olevaa + painiketta, saat näkyviin sen ryhmän kaikki komponentit. - painikkeella saat ne taas piilotettua.



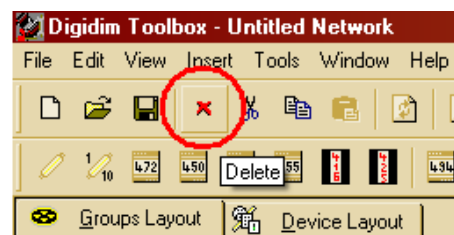
## Komponenttien lisääminen ryhmiin

- Lisätään toinen valaisin ryhmään 2, mutta huomattavasti yksinkertaisemmalla tavalla.
- Nappaa hiiren vasemmalla valaisimesta 2 kiinni ja siirrä se ryhmän 2 päälle ja vapauta hiiren näppäin.
- Valaisin 2 kuuluu nyt ryhmään 2.
- Tällä tavalla voit lisätä komponentin vain yhteen ryhmään.



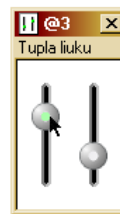
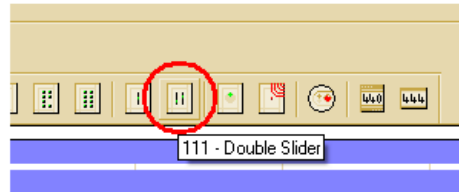
## Komponentin poistaminen

- Jos komponentti menee väärään ryhmään, voit raahata sen toiseen ryhmään.
- Jos haluat poistaa komponentin, valitse komponentti aktiiviseksi ja paina ylärivin punaista rastia.
- Voit myös poistaa komponentin valitsemalla sen aktiiviseksi ja painamalla näppäimistön Delete-näppäintä.
- Poistettu komponentti siirtyy Ungrouped ryhmään, josta se poistuu vasta, kun seuraavan kerran avaat tietokannan.



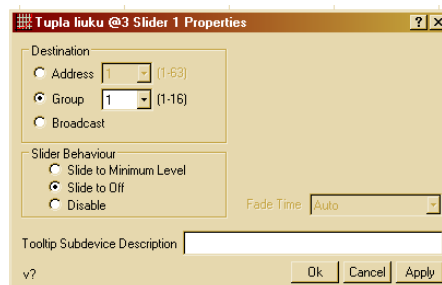
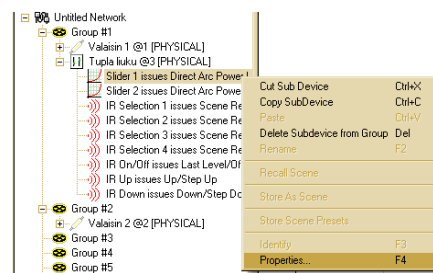
## 2-osaisen liukukytkimen 111 lisääminen

- Lisätään Liukukytkin 111 painamalla sen kuvaketta.
- Liukukytkin ilmestyy Ungrouped ryhmään. Siirrä se raahaamalla ryhmään 1.
- Voit valita lisättävän komponentin ryhmän myös suoraan painamalla halutun ryhmän ensin aktiiviseksi ja sen jälkeen vasta valitset komponentin.
- Nimeä komponentti haluamaksesi, esimerkiksi "Tupla liuku".
- Liukukytkin ohjaa nyt kaikkia sen kanssa samassa ryhmässä olevia valaisimia kummallakin liukukytkimellä.
- Voit kokeilla ottamalla kiinni hiirellä liukukytkimestä ja vetämällä sitä edestakaisin. Valaisimen 1 valaistustaso muuttuu nyt kummallakin liukukytkimellä. Tarkoituksena oli kuitenkin saada ohjattua toista valaisinta toisella liukukytkimellä ja toista toisella.



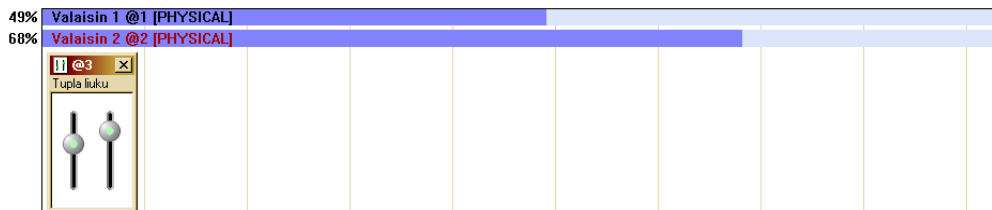
## 2-osaisen liukukytkimen 111 ominaisuudet

- Aikaisemmin asetimme valaisimille omat ryhmät. Nyt asetamme liukukytkimille omat ryhmät, joita ne ohjaavat.
- Valitse liukukytkin Groups Layout valikosta ja paina + nappulaa. Paina sitten hiiren oikeata kohdassa Slider 1 issues... ja valitse Properties.
- Liukukytkimen 1 ominaisuudet ikkuna avautuu, jossa voit valita mitä ryhmää kytkimen ohjaa. Voit myös vaikuttaa kytkimen käyttäytymiseen. Voit asettaa, että minimi arvo onkin valotason minimi taso eikä valot sammu kokonaan tai voit poistaa kytkimen käytöstä komennolla Disable. Valitse nyt kuitenkin Slide to Off eli valot sammuvat kokonaan, kun liuku on täysin alhaalla.
- Aseta kytkimeen oheiset asetukset.
- Tee liukukytkimelle 2 sama, mutta aseta se ohjaamaan ryhmää 2.



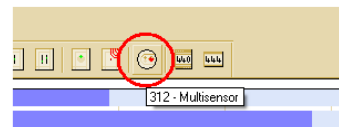
## Liukukytkimien testaus

- Testaa liukukytkimien toiminta hiirellä.
- Nyt liukukytkin 1 ohjaa valaisinta 1 ja liukukytkin 2 ohjaa valaisinta 2.
- Liukukytkin "Tupla liuku" ilmestyi nyt myös ryhmään 2.
- Ryhmiin 1 ja 2 voisi nyt lisätä lisää valaisimia ja kytkimet ohjaisivat automaattisesti niitä.



## Multisensorin 312 lisääminen

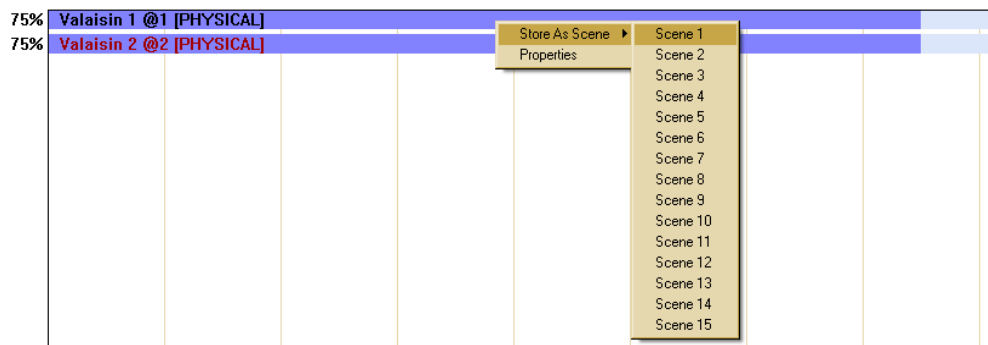
- Lisää multisensori yläpalkista ja jätä se Ungrouped ryhmään.
- Multisensorilla 312 pitäisi ohjata toimiston läsnäoloa energian säästämisen vuoksi.
- Tarkoituksena oli asettaa siten, että kun tilaan tullaan valaisimet menisivät automaattisesti päälle ja asettuisivat 75 %:n valotasolle.
- Toisena ehtona oli, että valaisimet asettuisivat 25 %:n valotasolle 10 minuutin kuluttua, jos se ei ole havainnut läsnäoloa.
- Kolmas ehto oli, että sensori sammuttaisi valot kokonaan ellei liikettä ole havaittu 20:een sekuntiin edellisestä ehdosta.





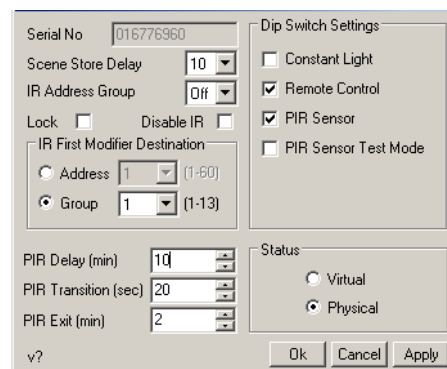
## Valaistustilanteet

- 75 % valaistustason asettamista varten sisään tullessa, meidän tulee asettaa valaisimille valaistustilanne eli Scene.
- Vedä hiirellä valotason sinistä palkkia siten, että ne asettuvat 75 %:iin.
- Tämän jälkeen paina sinisen palkin kohdalla hiiren oikeata ja valitse Store As Scene → Scene 1.
- Tee sama toiminto valaisimelle 2.
- Tee valaisimille vielä toiset valaistustilanteet, joissa asetat siniset valotason palkit 25 %:iin ja tallenna se Sceneen 2.



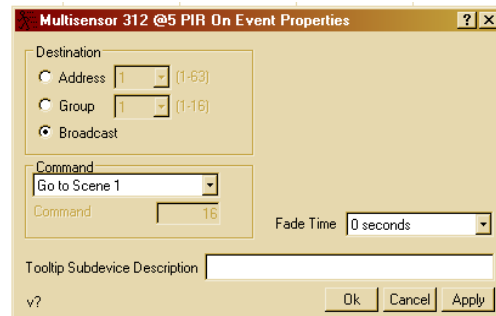
## Multisensorin 312 ominaisuudet

- Avaa multisensorin Properties valikko samoin kuin edellistenkin komponenttien.
- Asetetaan PIR Delay ajaksi 10 minuuttia. PIR Delay aika on se aika, joka kuluu kun multisensori vaihtaa valaistustilanteen, jos se ei ole huomannut tilassa liikettä.
- Kun PIR Delay aika on kulunut, valotaso tippuu minimitasolle (määrittelemääsi valaistustilanteeseen) vielä joksikin aikaa. Tämän valaistustapahtuman kesto määritetään kohtaan PIR Transition. Tämän ajan jälkeen valot sammuvat kokonaan. Laitetaan tähän kohtaan 20 sekuntia.
- PIR Exit aika tarkoittaa, että multisensori ei laita valoja takaisin päälle tämän ajan sisällä, jos sammutat ne manuaalisesti. Asetetaan PIR Exit ajaksi 2 minuuttia.
- Tästä valikosta voisi valita vakiovalo-ohjauksen "Constant Light", mutta ei valita vielä sitä tässä harjoituksessa. Remote Control eli kauko-ohjaus voi olla valittuna vaikka emme sitä käytäkään tässä harjoituksessa.
- PIR Sensor Test Mode on sensorin testausta varten, jolloin minuutit muuttuvat sekunneiksi.
- Kun olet laittanut oheiset asetukset, paina Apply ja OK.



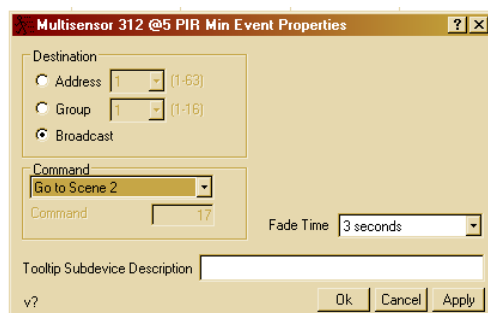
## Valaistustilanteiden asettaminen

- Avaa multisensorin alavalikot + painikkeella ja paina PIR On Event issues... hiiren oikealla ja valitse Properties.
- Command valikosta voit valita mitä multisensori tekee valaistukselle, kun tilaan astutaan. Valitaan Go to Scene 1, johon aikaisemmin asetimme 75 %:n valotason.
- Paina Apply ja OK



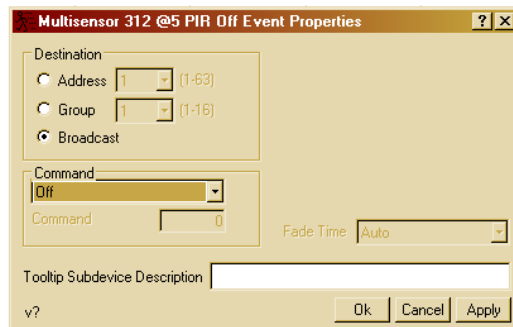
## Valaistustilanteiden asettaminen

- Avaa seuraavaksi multisensorin alavalikot + painikkeella ja paina PIR Min Event issues... hiiren oikealla ja valitse Properties.
- Tässä valikossa voit valita mitä tapahtuu, kun 10:een minuuttiin ei ole havaittu liikettä. Silloin valotason piti tippua 25 %:iin.
- 25 %:n valotaso talletettiin Sceneen 2, joten valitaan se Command listasta.
- Fade Time tarkoittaa aikaa, joka kuluu kun valaistustaso muuttuu haluttuun komentoon. Asetetaan siihen esimerkiksi 3 sekuntia.
- Paina Apply ja OK.



## Valaistustilanteiden asettaminen

- Avaa jälleen multisensorin alavalikot + painikkeella ja paina PIR Off Event issues... hiiren oikealla ja valitse Properties.
- Nyt voit valita mitä tapahtuu, kun 20 sekuntia edellisestä tapahtumasta on kulunut. Haluamme, että sensori sammuttaa valot kokonaan, koska oletamme, että tilassa ei ole enää ketään.
- Valitse Command valikosta Off ja paina Apply ja OK.



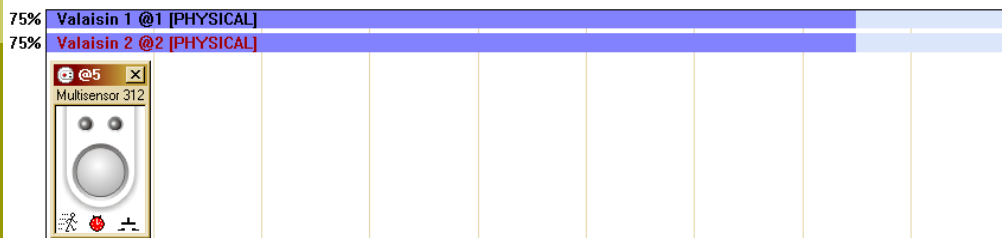
## Multisensorin 312 testaus

- Testataan multisensorin toiminta.
- Multisensori-ikkunassa pelkkä juokseva ukko tarkoittaa, että tilassa ei ole tällä hetkellä liikettä.
- Valaistustaso on silloin 0 % tai tässä tilanteessa se voi olla muutakin, riippuu mihinkä olet sen ennen multisensorin ohjelmoimista asettanut.



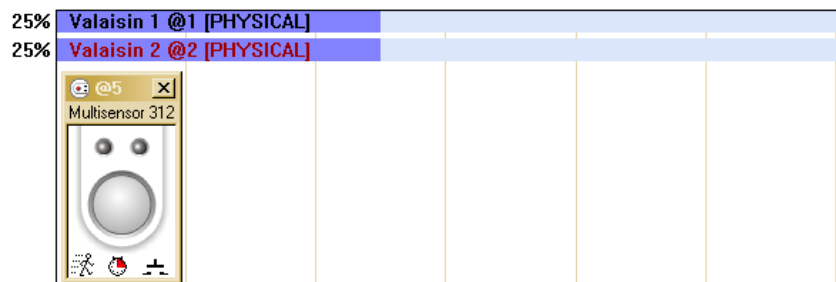
## Multisensorin 312 testaus

- Kun klikkaat juoksevaa ukkoa hiiren vasemmalla, keskelle ilmestyy punainen kello. Tämä' tarkoittaa, että sensori on havainnut liikettä tilassa ja asettamamme 10 minuutin ajastin on alkanut. Se pysyy kuitenkin niin kauan 10 minuutissa, kun sensori havaitsee liikettä.
- Valaisimien valotaso muuttuu nyt asettamaamme sisäntulovalaistustilanteeseen eli 75 %:iin.



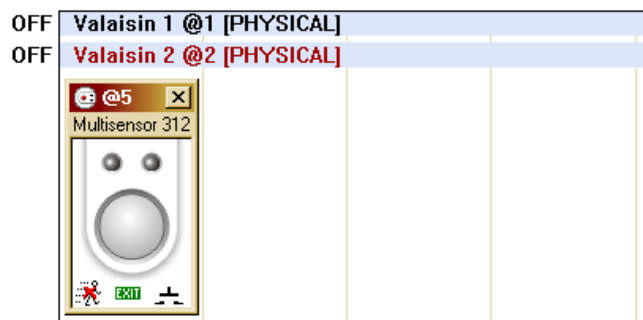
## Multisensorin 312 testaus

- Kun painat punaista kelloa hiiren vasemmalla, sensori asettaa tilanteen, jossa se ei ole havainnut liikettä kymmeneen minuuttiin. Kellossa näkyy punaisella, että aikaa on enää vähän jäljellä.
- Asetimme niin, että sensori laskee valotason 25 %:iin vielä 20:ksi sekunniksi.



## Multisensorin 312 testaus

- Kun painat vielä kerran kelloa, multisensori asettaa valaistustilanteen, joka on määritetty, kun tilassa ei ole havaittu liikettä reiluun 10:een minuuttiin. Asetimme siihen "Off" komennon eli valotasot menevät 0 %:iin.
- Keskelle ilmestyy EXIT teksti vihreällä pohjalla ja valotasot menevät nolille.



## Valmis tietokanta

- Harjoituksen 1 ehdot ovat nyt tehty. Seuraavaksi tietokanta liitetään DALI-järjestelmään. Muista tallentaa tietokanta disketin kuvasta.
- Seuraavaksi kun tietokanta on tallennettu, sulje DIGIDIM-toolbox-ohjelma.

## Tietokannan lataaminen DALI-järjestelmään

- ❑ Seuraavaksi liitämme DALI-oppimisympäristön tietokoneen sarjaporttiin. Liitä myös DALI-järjestelmän virtajohto pistorasiaan.
- ❑ Varmista, että DALI-järjestelmän pääkytkin on ON-asennossa ja paina vihreää kuittaushappia.
- ❑ Avaa sen jälkeen DIGIDIM-toolbox-ohjelma uudestaan.



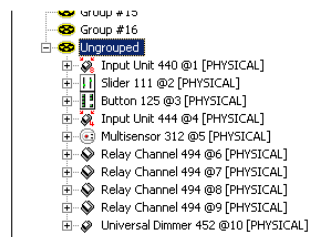
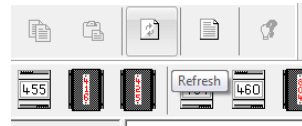
## Online-tila

- ❑ Avaa ohjelma suoraan Online-tilassa valitsemalla "Use Online with COM1" ja paina Continue.
- ❑ Ohjelma alkaa lataamaan kaikki havaitsemansa DALI-oppimisympäristön komponentit automaattisesti.



## Online-tila

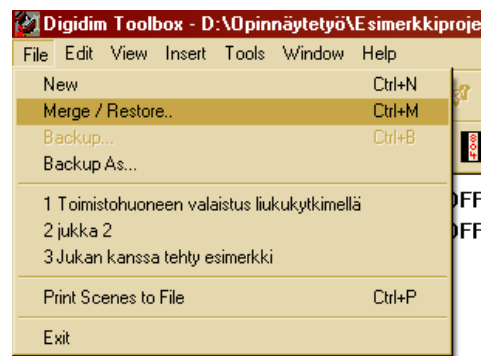
- Online-tila on nyt auki ja voisit tehdä muutoksia suoraan DALI-järjestelmään.
- Muutokset päivittyvät DALI-järjestelmään sitä mukaa mitä niitä teet.
- Kaikki DALI-järjestelmän komponentit ilmestyvät Ungrouped ryhmään.
- Työpöydälle avautuu myös releyksikön neljä kanavaa ja himmentimen siniset palkit.
- Jos komponentteja on muissa ryhmissä kuin Ungrouped ryhmässä, **POISTA** ne tässä vaiheessa valitsemalla ne aktiiviseksi ja painamalla Delete-näppäintä. Ne siirtyvät Ungrouped ryhmään.



OFF	Relay Channel 494 @6 [PHYSICAL]		
OFF	Relay Channel 494 @7 [PHYSICAL]		
OFF	Relay Channel 494 @8 [PHYSICAL]		
OFF	Relay Channel 494 @9 [PHYSICAL]		
OFF	Universal Dimmer 452 @10 [PHYSICAL]		

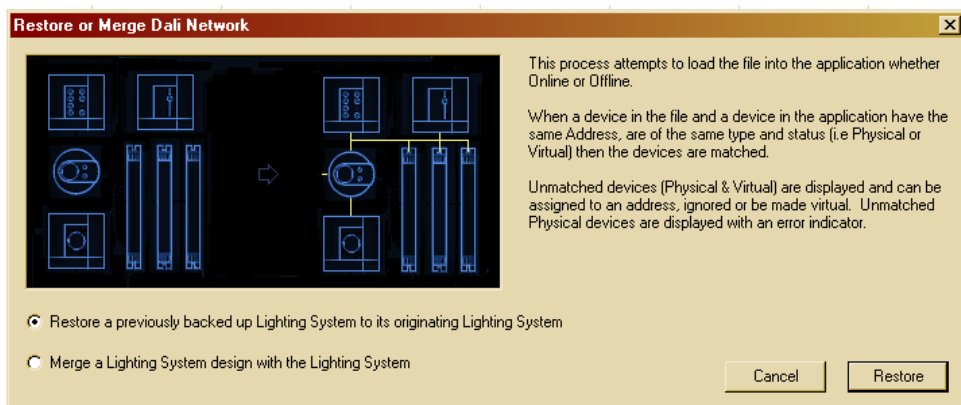
## Tietokannan lataaminen DALI-järjestelmään

- Valitse File valikosta Merge/Restore..
- Restore toiminnolla voit avata jo tehdyn tietokannan tietokoneeltasi ja muokata sitä.
- Merge toiminnolla voit yhdistää valmiin tietokannan DALI-järjestelmään.



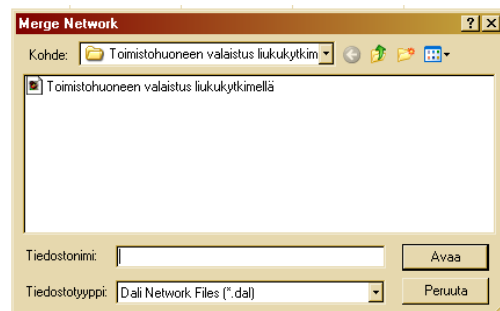
## Merge/Restore

- Seuraavanlainen ikkuna avautuu.
- Restore toiminto on sama kuin muiden ohjelmien avaa toiminto. Sillä voit avata jo luodun tietokannan muokkausta varten.
- Valitse kuitenkin Merge toiminto, jolla voimme ladata tietokannan DALI-järjestelmään.



## Merge

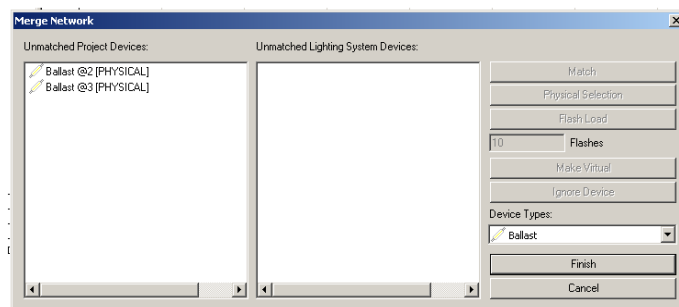
- Merge toiminto avaa Merge Network ikkunan.
- Valitse hakemistosta äskettäin tekemäsi tietokanta (.dal) ja paina avaa.
- Ohjelma kysyy haluatko tallentaa edellisen tietokannan. Vastaa tähän NO.





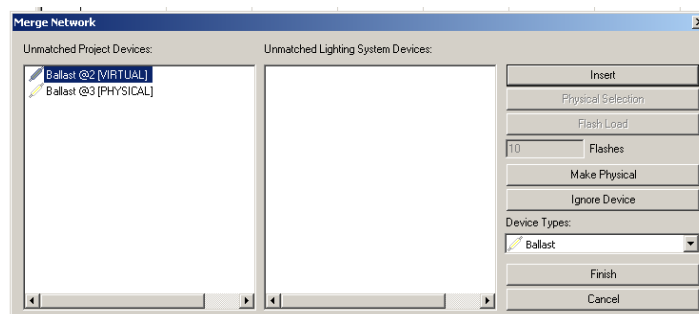
## Merge

- Seuraavanlainen ikkuna avautuu.
- Jos käytössäsi ei ole oikeita valaisimia, muuta EL-sien tilaksi tässä ikkunassa virtuaalinen. Valitse EL-si ensin aktiiviseksi ja paina Make Virtual näppäintä.



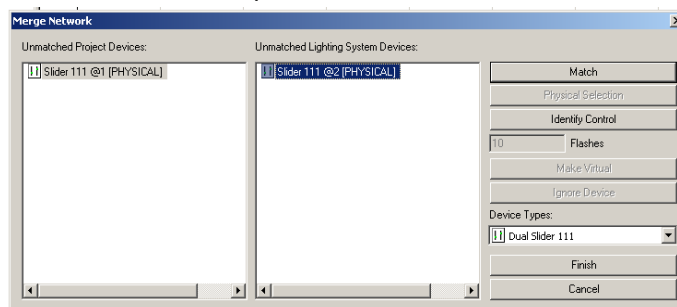
## Merge

- Kun olet muuttanut EL-sien tilan oikeaksi, valitse se aktiiviseksi ja paina Insert. Tee samoin toisellekin EL-sille.



## Merge

- Seuraavaksi ohjelma kysyy liukukytkimen 111 sopivuutta. Tässä kohdassa sinun täytyy ensin painaa Slider 111 @1 aktiiviseksi Unmatched Project Devices ikkunasta ja sitten Slider 111 @2 aktiiviseksi Unmatched Lighting System Devices ikkunasta. Jonka jälkeen Insert-näppäin muuttuu Match-näppäimeksi. Paina Match-näppäintä. Näin ohjelma ymmärtää, että on kyse samasta liukukytkimestä DALI-järjestelmässä ja tietokannassa.
- Ohjelma kysyy samaa myös multisensorin 312 kohdalla. Toimi sen kohdalla samoin kuin liukukytkimenkin kanssa



## Lataaminen valmis

- Ohjelma avaa seuraavaksi työpöydän, jossa näkyy tekemäsi tietokanta yhdistettynä DALI-komponentteihin.
- Voit kokeilla vetelemällä DALI-salkun liukukytkimä edestakaisin, jolloin toolbox-ohjelman virtuaalisten valaisimien valotasopakit liikkuvat.
- Multisensorin toiminnan voit testata peittämällä sensorin ja odottelemalla asetettujen aikojen kulumista. Voit myös nopeuttaa testausta asettamalla PIR Sensor Test Mode päälle multisensorin Properties valikosta, jolloin minuutit muuttuvat sekunneiksi. Muista kuitenkin vaihtaa Test Mode pois päältä testauksen päätyttyä.

