

Antti Huovinen

Myymälän valaistuksenohjaus tavaratalossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

16.5.2014

Tekijä Otsikko	Antti Huovinen Myymälän valaistuksenohjaus tavaratalossa
Sivumäärä Aika	53 sivua 16.5.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkövoimatekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	suunnittelupäällikkö Jarmo Seppänen lehtori Tapio Kallasjoki
<p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli tehdä mallisuunnitelmat tavaratalon myymälän valaistuksen ohjaukseen ja tutustua eri valaistuksen ohjausjärjestelmiin. Esimerkkikohteena insinööriyössä tarkastellaan Anttila ja Kodin Ykkönen -tavarataloa.</p> <p>Työ toteutettiin tekemällä kolmella eri järjestelmällä toteutettavat valaistuksen ohjausratkaisut. Ensimmäinen toteutus tehtiin perinteisellä releohjatulla tavalla. Toisessa ratkaisussa toteutettiin valaistuksen ohjaukset KNX-järjestelmällä ja kolmannessa käytettiin DALI-järjestelmää valaistuksen ohjauksessa. Työssä esitetään tiedot järjestelmistä yleisesti, kerrotaan ohjauksien toiminnasta ja järjestelmien toteutuksesta. Työssä laadittiin eri ohjausjärjestelmille mallipiirustukset, joiden perusteella järjestelmä voidaan toteuttaa. Lopuksi järjestelmistä laadittiin suuntaa antavat kustannuslaskelmat, joiden perusteella voidaan arvioida eri järjestelmien kustannusvaikutus.</p> <p>Työn tuloksena esitetään miten tavaratalon myymälän valaistusta voidaan ohjata ja miten esitettyjen ohjaustapojen sähkösuunnitelmat voidaan laatia. Valaistuksen ohjausjärjestelmistä laadittiin mallipiirustukset, joita voidaan tulevaisuudessa hyödyntää myymälän valaistuksen ohjauksia suunniteltaessa.</p>	
Avainsanat	valaistuksen ohjaus, KNX, DALI

Author Title	Antti Huovinen Lighting Control in a Department Store
Number of Pages Date	53 pages 16 May 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Jarmo Seppänen, Director of planning Tapio Kallasjoki, Senior Lecturer
<p>The aim of this thesis was to carry out model plans of lighting control systems in a department store and study different lighting systems. Anttila and Kodin Ykkönen department stores are used example cases.</p> <p>The thesis was carried out by three different lighting control system solutions. The first part was implemented by a traditional relay control. The second part lighting control was implemented by the KNX system and in third part by the DALI system. The thesis presents data from systems in general, then describes operations and objectives of the control system implementation. In the final part of the thesis, calculations and comparisons of cost are carried out.</p> <p>The result of this thesis describes how the department store lighting can be controlled and how the control methods' electric plans can be drawn up. Model drawings were prepared about the lighting control system and these can be used for future planning of the store's lighting control.</p>	
Keywords	lighting controls, KNX, DALI

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Valaistuksen ohjausjärjestelmät	2
2.1	KNX-järjestelmästä yleisesti	2
2.2	DALI-järjestelmästä yleisesti	3
3	Mallikohteen suunnitelmien toteutus	4
3.1	Mallikohteesta yleisesti	4
3.2	Releillä toteutettu ohjaus	5
3.2.1	Valaistusjärjestelmän toteutus	5
3.2.2	Sähkönjakelu	6
3.2.3	Ohjauksien toiminta	8
3.2.4	Aikaohjelmat	9
3.2.5	Mallipiirustukset	9
3.3	KNX-järjestelmällä toteutettu ohjaus	18
3.3.1	Sähköjärjestelmän toteutustapa KNX-järjestelmällä	18
3.3.2	KNX-järjestelmän rakenne	19
3.3.3	KNX-järjestelmän ohjelmointi	23
3.3.4	KNX-järjestelmän mallipiirustukset	23
3.4	DALI-järjestelmällä toteutettu ohjaus	30
3.4.1	Sähköjärjestelmän toteutus DALI-järjestelmällä	30
3.4.2	DALI-järjestelmällä toteutettavat ohjaukset	31
3.4.3	DALI-järjestelmän rakenne	32
3.4.4	DALI-ohjelmointiparametrit	38
3.4.5	DALI-järjestelmän ohjelmointi	40
3.4.6	DALI-järjestelmän mallipiirustukset	40
4	Ohjausjärjestelmien kustannuslaskelmat	46
4.1	Kustannuslaskelmat	46
4.2	Releillä toteutettavan valaistuksenohjauksen kustannukset	47
4.3	KNX-järjestelmällä toteutettavan valaistuksenohjauksen kustannukset	48
4.4	DALI-järjestelmällä toteutettavan valaistuksenohjauksen kustannukset	49

5 Yhteenveto

50

Lähteet

52

Lyhenteet

DALI	Digital Adressable Lighting Interface; digitaalinen valaistuksen ohjausjärjestelmä
DIALux	valaistuslaskentaohjelma
EHS	European Home Systems Protocol; kodinlaitteiden ohjaukseen ja kommunikointiin tarkoitettu protokolla
EIB	European Installation Bus; kiinteistötekniikkaan tarkoitettu tiedonsiirtoväylä
ETS	Engineering Tool Software; ohjelmistotyökalu KNX-järjestelmän ohjelmointiin ja käyttöönottoon
IP	Internet Protocol; TCP/IP-mallin Internet-kerroksen protokolla
KNX	kansainvälinen kiinteistöautomaatiostandardi
lx	luksi; valaistusvoimakkuuden yksikkö lm/m^2
VAK	rakennusautomaatiojärjestelmän valvonta alakeskus
VOK	valaistuksen ohjauskeskus
TCP	Transmission Control Protocol; tietoliikenneprotokolla, jolla luodaan yhteyksiä tietokoneiden välille

1 Johdanto

Nykyään valaistuksen ohjaukseen kiinnitetään huomiota entistä enemmän, valaistusta ei haluta pitää turhaan päällä. Näkyvä valo tilassa, jossa ei oleskele ketään, saa miettimään, miksi tilaa valaistaan. Ilmastonmuutoksen konkreettisuus ja maapallon energiavarojen rajallisuus ovat herättäneet yksittäiset ihmiset, yritykset ja viranomaiset pohtimaan energiankulutuksen ympäristövaikutuksia. Valaistuksen osuus maailman kokonaissähkönkulutuksesta on noin 20 prosenttia [1]. Hyvin suunnitellulla valaistuksella ja valaistuksen ohjauksella on hyvä mahdollisuus vaikuttaa energiankulutukseen ja kustannuksiin.

Tässä insinööriyössä esitetään sähkösuunnitelmien malliratkaisut tavaratalon valaistuksen ohjaukseen eri ohjausjärjestelmillä. Malliratkaisut on tehty käyttäen perinteistä releillä toteutettua ohjausta ja älykästä väyläpohjaista ohjausta KNX sekä DALI -järjestelmää. Malliratkaisuissa esitellään käytettävä järjestelmä sekä esitetään ohjausratkaisun mallipiirustukset.

Insinööriyö toteutettiin insinööritoimisto Granlund Oy:lle. Granlund-konsernin muodostavat Granlund Oy Helsingissä ja Espoossa sekä tytäryhtiöt Lahdessa, Kuopiossa, Joensuussa, Tampereella, Vaasassa, Seinäjoella, Riihimäellä, Lappeenrannassa ja Pietarissa. Granlundilla työskentelee noin 500 talotekniikan sekä kiinteistö- ja energia-alan ammattilaista. Yritys on perustettu vuonna 1960.

2 Valaistuksen ohjausjärjestelmät

2.1 KNX-järjestelmästä yleisesti

KNX on kansainvälinen kiinteistöautomaatiostandardi, joka perustuu sen edeltäjiin EIB (European Installation Bus), EHS (European Home Systems Protocol) sekä BatiBus -standardeihin. KNX-laitteet noudattavat EN 50090-, EN 13321-1-, EN 13321-2- ja ISO/IEC 14543-3 -standardien mukaisia vaatimuksia. KNX-järjestelmä on laitevalmistajista riippumaton väyläpohjainen kiinteistöautomaatiojärjestelmä, jota voidaan käyttää monissa eri kiinteistöjen sovelluksissa. KNX tuotteiden standardinmukaisuutta ja toimintaa valvoo kansainvälinen KNX Association, joka toimii Brysselissä. KNX-tuotteiden valmistajia on yli sata; Tunnetuimpia näistä ovat ABB, Berker, Gira, Hager, Jung, Wago ja ThenbenTHS.

KNX-järjestelmällä voidaan ohjata useita eri kiinteistöjen järjestelmiä kuten esimerkiksi valaistusta, lämmitystä, hälytysjärjestelmiä, äänentoisto- ja kuvajärjestelmiä, kodinkoneita, säle- ja rullaverhoja sekä markiisisovelluksia. Myös energiankulutuksen seuranta ja ohjaus sekä valvomosovellukset on mahdollisia. [2.]

KNX-järjestelmän toiminta perustuu väylätekniikkaan, jossa tietoa siirretään ohjausväylän kautta ilman erillistä keskustietokonetta. Väylä on digitaalinen, kaksisuuntainen tiedonsiirtoratkaisu, joka yhdistää älykkäät mittaus- ja ohjauslaitteet, jotka antavat komentoja toimilaitteille. KNX-järjestelmässä voidaan tietoa siirtää väyläkaapelin, sähköverkon tai radioverkon kautta. Pienimmässä mahdollisessa KNX-järjestelmässä väylän voivat muodostaa vähintään kaksi väyläkaapelilla liitettyä laitetta ja virtalähde. Väylään liitettävissä laitteissa on omat mikroprosessorinsa. Anturit, kuten esimerkiksi painonapit, termostaatit, liiketunnistimet ja kellokytkimet lähettävät tietyn toimintaosoitteen sisältämiä sanomia väylään. Sanoman vastaanottavat toimilaitteet, kuten releet ja himmenninohjaimet. Toimilaitteet suorittavat lähetetyn sanoman toiminnan. [3, s. 25, 43.]

Ohjelmointi ja käyttöönotto KNX-järjestelmässä suoritetaan ETS-ohjelmistotyökalulla. ETS (Engineerin Tool Software) -ohjelmisto on valmistajasta riippumaton suunnittelu- ja käyttöönottotyökalu. Sen avulla voidaan ohjelmoida, suunnitella ja määritellä malli-

kohteessa käytettävä KNX-järjestelmä. ETS-ohjelmisto toimii tietokoneella, jossa on Windows -käyttöjärjestelmä. [2.]

2.2 DALI-järjestelmästä yleisesti

DALI (Digital Addressable Lighting Interface) on IEC 60929 mukaisesti standardoitu digitaalinen ohjausperiaate, joka mahdollistaa eri valmistajien elektronisten liitäntälaitteiden yhteensopivuuden käytettävän järjestelmän kanssa. Tällöin suunnittelijoilla, valaisinvälikäyttäjillä ja urakoitsijoilla on useita mahdollisuuksia käyttää eri valmistajien tuotteita. Järjestelmän tiedonsiirtoa ja asennusta on yksinkertaistettu mahdollisimman paljon, jolloin kaikki komponentit kommunikoivat keskenään paikallisesti yksinkertaisella tavalla ja häiriöttä. Käytettävällä ohjauskaapelilla ei ole erityisvaatimuksia, eikä siihen tarvitse asentaa mitään häiriösuojausta [4, s. 10 - 11]. DALI järjestelmä on kehitetty johtavien liitäntälaittevalmistajien (Helvar, Osram, Philips ja Tridonic) yhteistyönä tarjoamaan ratkaisuja valaistuksenohjauksien haasteisiin.

DALI-järjestelmän tiedonsiirrossa kaksisuuntainen digitaalinen signaali siirretään kaikkien järjestelmään kuuluvien laitteiden välillä käyttäen yksinkertaista johtoparia. Kaikki elektroniset liitäntälaitteet, ohjauspaneelit, anturit ja ohjelmointilaitteet liitetään samaan väylään. Valaisimeen tuodaan vaihe-, nolla- ja suojajohtimen lisäksi digitaaliväylän kaksi johdinta, jotka välittävän noin 16 voltin digitaalisignaalin. Ohjausvirtapiirillä ei ole napaisuutta, joten se yksinkertaistaa asennustyötä. DALI:n valonsäätötiedot välitetään liitäntälaitteille osoitteellista digitaalisignaalia käyttäen. Digitaalisen signaalin ansiosta kaikki valaisimet säätyvät ohjaimen ja valaisimien välisestä etäisyydestä riippumatta samalla tavalla. [5, s. 474.]

Ennen laitteiston käyttöönottoa DALI-järjestelmä tulee ohjelmoida. Ohjelmoinnissa toimilaitteille kerrotaan, mitä säätötoimenpiteitä ne suorittavat ja mitä valaisimia säätötoimenpiteet koskevat. Ohjelmointi tehdään valmistajasta ja järjestelmästä riippuen ohjauspainikkeilla, kaukosäätimellä tai tietokoneella.

3 Mallikohteen suunnitelmien toteutus

3.1 Mallikohteesta yleisesti

Tavaratalon mallikohteena tarkastellaan Kodin Ykköstä. Kodin Ykkönen on itsenäinen kodin ja sisustamisen erikoistavaraketju, joka kuuluu Keskon käyttötavarakauppaan. Kodin Ykkösen liikerakennukset koostuvat pääosin myymäläosasta, ulkomyymälästä, varastosta sekä toimisto- ja sosiaali-tiloista. Työhön liittyvät suunnitteluohjeet ja sähköjärjestelmän lähtötiedot on saatu Jarmo Seppäseltä [6]. Tässä insinööriyössä keskitytään myymälävalaistukseen ja sen ohjauksiin.

Myymälässä käytetään kolmenlaista valaistustapaa: T5-loisteputkivalaisimilla toteutettua yleisvalaistusta, kohdevalaisimilla valaistuja käyttötavaroita sekä kiinteissä kalusteissa olevia valaisimia. Yleisvalaistus toteutetaan sijoittamalla loistevalaisimet tasaisella jaolla koko myymälän alueelle. Yleisvalaistuksen valaistusvoimakkuuden taso on matalampi verrattuna ruokakauppoihin, jotta kohdevaloilla valaistavat tuotteet erottuvat paremmin. Kalustetussa myymälässä valaistusvoimakkuutena käytetään 300 lx metrin korkeudelta lattiasta ja 3 kk käyttönotosta. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon, että valaistusvoimakkuus on uusilla valaisimilla 25 % suurempi. Käytettävien valonlähteiden Ra-värintoistoindeksi tulee olla suurempi kuin 80, sekä väriämpötilan pitää olla 3 000 Kelviniä. [7, s. 1.]

Myymälätilasta tehdään myymäläsuunnitelmat, joista selviää eri myyntialueiden paikat sekä käytäväalueet. Näiden pohjalta kohde- ja kalustevalaistusmitoitetaan myymäläsuunnitelman vaatimien tarpeiden mukaisesti. Kohdevalaisimien teho on keskimäärin 10 W/m^2 ja kalustevalaisimien 2 W/m^2 [7, s. 1]. Käytettävät kohdevalaisimet ovat monimetalli- tai led-valaisimia sekä kalustevalaisimet ovat T5-loisteputkivalaisimia tai led-valaisimia. Kohdevalaisimien tyypit ja sijoitukset määritellään myymäläsuunnitelmien perusteella, kun taas kalustevalaistuksessa käytettävät valaisintyypit selviävät yleensä vasta toteutusvaiheessa, koska ne sisältyvät kalustetoimitukseen eivätkä sähköurakkaan.

Yleisvalaistuksen loisteputkivalaisimet asennetaan toteutuksesta riippuen uppoasennuksena alaslaskettuun kattoon, pinta-asennuksena ripustuskiskoon tai suoraan kosketinkiskoon. Sähkönjakelu toteutetaan kolmivaiheisilla kosketinkiskoilla koko myymälän alueella. Kosketinkiskot asennetaan erillisillä kiinnikkeillä kattopintaan tai ripustuskis-

koon tai ne ripustetaan vaijereilla. Kohdevalaisimet kiinnitetään kosketinkiskoihin ja ne suunnataan myyntialueille siten, että kohde saadaan valaistua ilman kiusahäikäisyä. Kalustevalaisimien syötöt toteutetaan virranottimilla kosketinkiskoista.

Valaistusta ohjataan normaalitilanteessa myymälässä aikaohjelmilla, jotka on määritelty kaupan aukioloaikojen mukaan. Aikaohjelmat toteutetaan rakennusautomaatiojärjestelmällä. Poikkeustilanteessa valaistus voidaan kytkeä päälle painiketaulun tai keskuk-sien käyttökytkimien avulla riippuen siitä, mikä valaistuksenohjausjärjestelmä on käytössä. Aikaohjelmien ideana on säästää energiaa ja välttää turhaan kohde- ja kalustevalaistuksen päällä pitämistä. Kaupan aukioloaikojen ulkopuolella myymälässä pidetään yleisvalaistusta päällä vain tarpeen mukaan ja tällöinkin yleisvalaistusohjauksella ohjataan vain osa valaistuksesta, esimerkiksi 1/3 päälle. Myymälän kohde- ja kalustevalaistus on päällä vain myymälän auki ollessa.

3.2 Releillä toteutettu ohjaus

3.2.1 Valaistusjärjestelmän toteutus

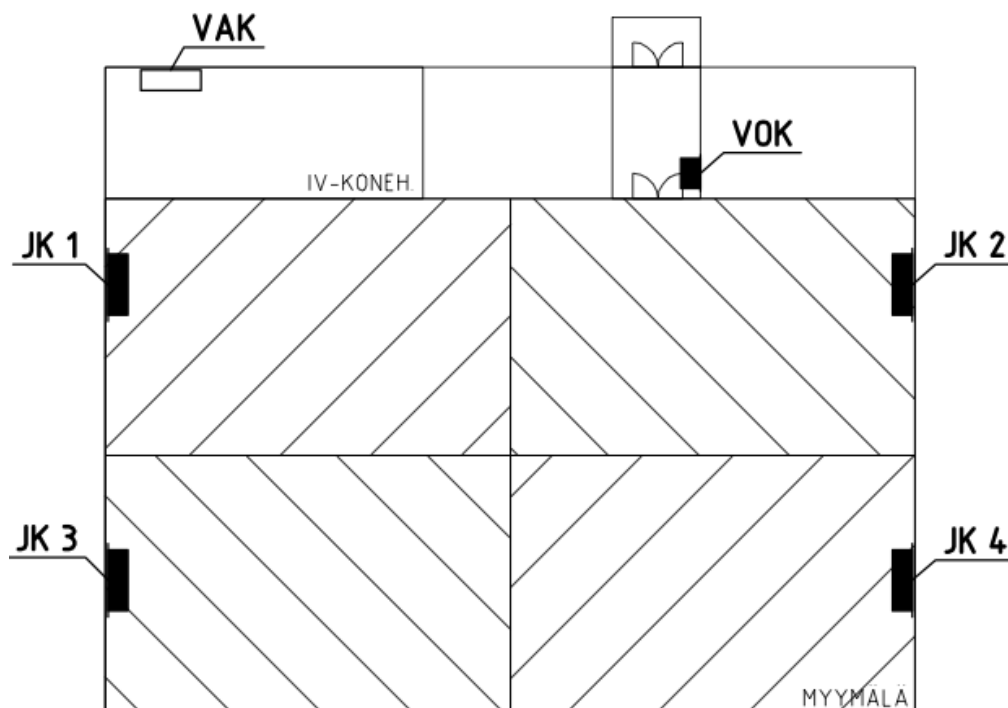
Mallikohteessa releillä toteutetussa valaistuksenohjauksessa myymälän yleisvalaistus koostuu alakattotyypistä riippuen ripustuskiskoihin asennettavista valaisimista tai alakattoon upotetuista valaisimista. Valaisintyypeinä käytetään yleisesti T5-loisteputkivalaisimia. Yleisvalaistus toteutetaan sijoittamalla valaisimet tasaisesti koko myymälän alueelle. Tilan valaistusvoimakkuudet lasketaan ja valaisimen valonjako tarkistetaan valaistuslaskentaohjelmalla, esimerkiksi DIALuxilla. (Valaistuksen valaistustekniset vaatimukset katso 3.1.)

Myymälään asennetaan kosketinkiskot kohde- ja kalustevalaistusta varten. Kosketinkisko on kolmivaiheinen, ja se asennetaan koko myymälän alueelle, jotta myymälän kohde- ja kalustevalaistus on mahdollisimman muuntojoustava. Kohdevalaisimina käytetään monimetalli- tai LED-valaisimia ja kalustevalaisimina T5-loisteputkivalaisimia tai led-valaisimia.

3.2.2 Sähkönjakelu

Myymälätilan sähkönjakelu toteutetaan kohteen koosta riippuen useasta eri keskuksesta. Tässä mallikohteen tarkasteltavan tavaratalon myymälässä on neljä jakokeskusta, joista kaikista syötetään myymälän valaistusta. Lisäksi releillä toteutettavassa valaistuksenohjauksessa käytetään valaistuksen ohjauskeskusta (VOK). VOK sijoitetaan keskeiseen paikkaan, josta myymälään normaalisti kuljetaan. Valaistuksen ohjauskeskuksessa sijaitsevat käyttökytkimet, joilla valaistusta voidaan ohjata. Oleellista on, että keskus sijoitetaan siten, että myymälään voidaan nähdä.

Myymälän valaistusta syöttävien jakokeskusten vaikutusalueet nähdään kuvasta 1. Kuvassa valaistuksenohjauskeskus VOK on sijoitettu takatiloihin johtavan käytävän myymälänpuoleiselle osalle. Ovelta voidaan havainnoida tilannetta, kun valaistuksen ohjauksia käytetään.



Kuva 1. Myymälän jakokeskusten vaikutusalueet

Valaistusryhmien syöttöjen ryhmittelyssä tulee huomioon ryhmäjohtojen pituudet ja oikosulkuvirtalaskelmilla tarkastetun syötön automaattisen poiskytkennän toimivuus. Oikosulkuvirtojen perusteella valitaan oikeat johdonsuojatyypit. Kun käytetään johdonsuojakatkaisijoita, mitoitus ei tehdä pelkästään nimellisvirran perusteella, koska va-

laisimien syttyessä tapahtuu noin millisekunnin kestävä korkea virtapiikki. Virtapiikin suuruus ei riipu liitälaitteen tehosta vaan sen rakenteesta [5, s. 459].

Kun tiedetään johdonsuojatyyppit, tarkastetaan valaisinvalmistajan ilmoittamista suositustaulukoista, kuinka monta valaisinta voidaan yhteen ryhmään asentaa. Esimerkiksi jos myymälän yleisvalaisimena käytetään Fagerhultin 1 x 54 W T5-loisteputkivalaisinta, nähdään taulukosta 1, että yleinen ryhmäkoko C16 A johdonsuojakatkaisijalla on 38 kpl.

Taulukko 1. T5-loistevalaisimen ryhmäkoot [5, s. 459]

T5 Teho	EL		EL valonsäätöön	
	Yleinen ryhmäkoko	Parhaalla liitälaitteella	Yleinen ryhmäkoko	Parhaalla liitälaitteella
1x14	47	122	46	150
2x14	22	47	20	78
3x14	44	47	34	47
4x14	42	47	26	47
1x21	47	86	46	120
2x21	22	47	20	60
1x28	47	86	26	83
2x28	22	47	20	48
1x35	22	86	32	76
2x35	22	47	18	34
1x24	44	103	47	150
2x24	20	53	38	52
1x39	44	61	45	76
2x39	20	32	20	32
1x49	22	56	32	48
2x49	20	30	18	32
1x54	38	47	26	76
2x54	20	26	20	32
1x80	20	30	20	38
2x80	16	20	15	20

Kun johdonsuojana käytetään B-tyypin 16 A johdonsuojakatkaisijaa, ryhmäkoko tulee pienentää noin puoleen ja C-tyypin 10 A johdonsuojakatkaisijalla noin 40 %. Tarkkaa mitoitusdataa tehtäessä tiedot tulee tarkastaa liitälaittevalmistajalta [5, s. 459]. Myymälän valaistusryhmien keskuksien lähdöt ovat kolmivaiheisia. Valaisimet kytketään tasaisesti kolmelle eri vaiheelle.

Myymälään asennettavien kosketinkiskojen ryhmien mitoittamisessa on otettava huomioon kohdevalaisimien ottamat syttymisvirtapiikit, sekä arvioitava kalustevalojen määrät. Releillä toteutettavalla ohjaustavalla kosketinkiskoissa olevat kohdevalaisimet sekä kosketinkiskoista virranottimilla syöttönsä saavat kalustevalot ovat kaikki samassa ohjauksessa, ja ne jaetaan tasaisesti kuormitukset huomioiden vaiheille L1, L2 ja L3.

3.2.3 Ohjauksien toiminta

Valaistuksenohjaus toimii normaalitilanteessa täysin automaattisesti. Valaistus on päällä määriteltyjen aikaohjelmien perusteella. Myymälävalaistuksessa käytetään seuraavia ohjauksia:

- myymälän yleisvalaistus 1/3
- myymälän yleisvalaistus 2/3
- kohde- ja kalustevalaistus.

Myymälän yleisvalaistusta ohjataan kahdessa osassa: 1/3 valaistus ja 2/3 valaistus. 1/3 valaistus tarkoittaa, että koko myymälässä joka kolmatta valaisinta ohjataan. Tarkoituksena on laskea yleisvalaistuksen valaistusvoimakkuustasoa tasaisesti koko myymälän alueella. 1/3 valaistusta käytetään, kun myymälässä työskennellään aukioloaikojen ulkopuolella. 2/3 valaistus tarkoittaa, että sillä saadaan myös loput valaisimet päälle yhtäaikaisesti, ohjausta ei käytetä erikseen normaalitilanteessa. Kohde- ja kalustevalaistuksella on oma yhteinen ohjaus, koska niiden sähköt otetaan samasta kosketinkistosta.

Valaistus kytkeytyy automaattisesti päälle aikaohjelmien mukaisesti rakennusautomaatiojärjestelmän valvonta alakeskuksen (VAK) ohjaamana. Muina aikoina tai poikkeustilanteessa, esimerkiksi vartijan käydessä paikalla, valaistus voidaan tarvittaessa kytkeä päälle valaistuksenohjauskeskuksesta (VOK). Valaistus voidaan kytkeä päälle myös jakokeskuksista K-0-A-kytkimellä, jos tilanne sitä vaatii. Keskuksissa on K-0-A-kytkimet yleisvalaistukselle sekä kohde- ja kalustevalaistukselle. Kytkimellä ohjataan kaikkia samantyyppisiä lähtöjä samanaikaisesti. Yleisvalaistuksessa on erikseen kytkettävissä 1/3 tai 2/3 valaistuksesta päälle omilla kytkimillään.

Normaalitilanteessa jakokeskuksessa oleva K-0-A-kytkin on automaattiasennossa samoin kuin VOK:in K-0-A-kytkin. Tällöin valaistus toimii automaattisesti aikaohjelmien mukaan. Jos halutaan myymälän valaistus päälle aikaohjelmien ulkopuolella, VOK:ssa oleva kytkin käännetään K-asentoon. Kytkin on muistettava kääntää takaisin A-asentoon, muuten valot eivät sammu aikaohjelmien mukaan.

3.2.4 Aikaohjelmat

Mallikohteen myymälävalaistukselle on kaksi eri aikaohjelmaa. Aikaohjelma 1 ohjaa yleisvalaistuksesta 1/3 osan päälle esimerkiksi tunti ennen liikkeen avaamista ja sammuttaa valaistuksen tunti liikkeen sulkemisen jälkeen. Aikaohjelma 2 ohjaa lisäksi 2/3 yleisvalaistuksesta sekä kohde- ja kalustevalaistuksen päälle kun liike avataan ja sammuttaa ne kun liike suljetaan.

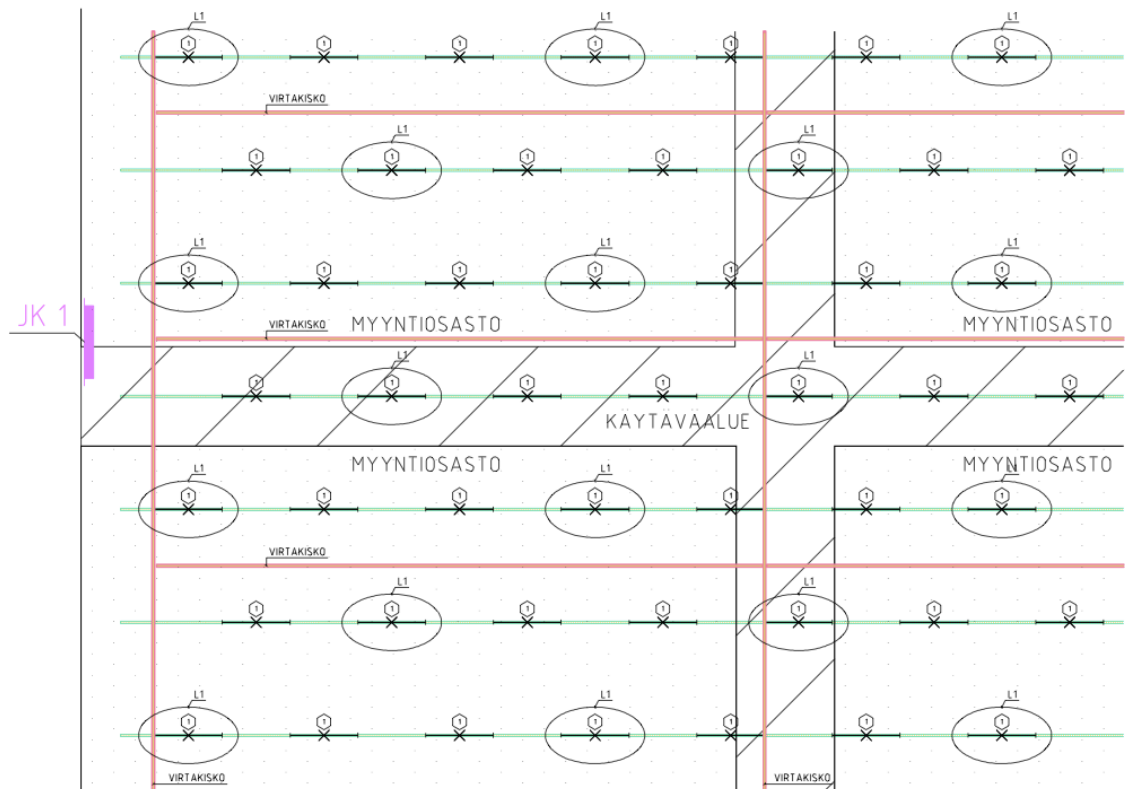
Aikaohjelmat toteutetaan rakennusautomaatiojärjestelmällä, valaistusta ohjataan rakennusautomaation valvonta alakeskuksesta (VAK). Aikaohjelmat määritetään rakennusautomaatiojärjestelmässä omille ohjauspisteille. Rakennusautomaatiojärjestelmän VAK:ssa olevat releyksiköt ohjaavat valaistuksen ohjauskeskuksessa olevia ohjauskontaktoreita, joilla taas ohjataan jakokeskusten apukontaktoreita. Rakennusautomaatiojärjestelmässä aikaohjelmat on määritelty vuosikalenteriin, jossa on huomioitu päivät jolloin kaupat eivät ole auki. Rakennusautomaatiojärjestelmässä huomioidaan valaistuksen päälläolo ilmanvaihdon säädössä, jotta valaisimien tuottama lämpö ei nosta kiinteistön lämpötilaa turhaan eikä valaisimien liitäntälaitteiden toimintalämpötila pääse nousemaan tarpeettomasti.

3.2.5 Mallipiirustukset

Mallipiirustuksissa esitetään otteita myymälän valaistuksen ohjauksen sähkösuunnittelun periaatesuunnitelmista. Kuvissa esitetään periaatteet, joilla releohjaustavalla toteutettavalla ohjausratkaisulla pystytään valaistusta ohjaamaan. Lisäksi esitetään toimintaa kuvaava selostus. Mallipiirustuksia ovat

- tasopiirustus
- ohjausjohtokaavio
- valaistuksenohjauskeskuksen piirikaaviot
- jakokeskuksen pääkaavio
- jakokeskuksen piirikaaviot.

Tasopiirustus

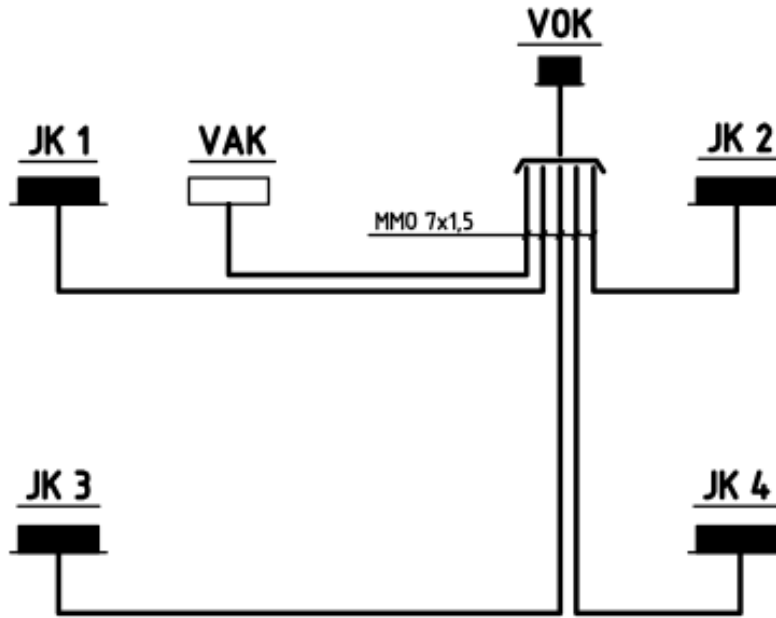


Kuva 2. Tasopiirustus

Myymälän sähköpisteiden tasopiirustus esitetään kuvassa 2. Tasopiirustuksessa on kuvitteelliseen myymäläpohjaan piirretty ripustuskiskot, kosketinkiskot ja valaisimet. Valaisimet on sijoitettu tasaisella jaolla myymälän alueelle. Kuvassa on korostettu ympäröimällä yleisvalaisimet, jotka kytketään L1-vaiheelle. Kun myymälän ”1/3 yleisvalaistus” -ohjausta käytetään, valaistus on silti tasainen koko myymälän alueella, vain valaistusvoimakkuustasoa lasketaan. Kosketinkiskot on sijoitettu käytäväalueille ja joka toiseen ripustuskiskon väliin. Kosketinkiskojen tarkempi sijoitus tulee tehdä myymäläsuunnitelmien tarpeiden mukaisesti.

Ohjausjohtokaavio

Releillä toteutettavan valaistuksenohjauksen ohjausjohtokaavio esitetään kuvassa 3. Valvonta alakeskukselta (VAK) kaapeloidaan valaistuksenohjauskeskukselle (VOK) ja jakokeskuksille (JK 1 – JK 4) ohjauskaapeli MMO 7x1,5.

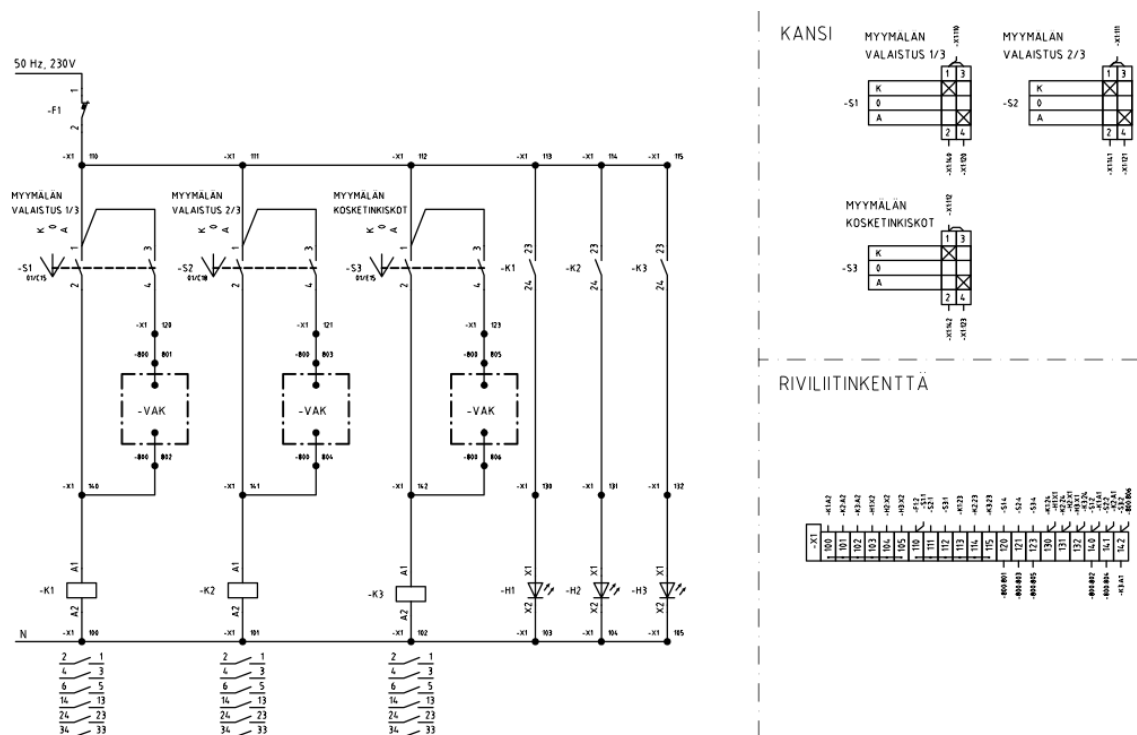


Kuva 3. Ohjausjohtokaavio

Valaistuksenohjauskeskuksesta hallinnoidaan valaistuksien ohjauksia. Kun myymälän valaistus halutaan kytkeä päälle aikaohjelmien ulkopuolella, käännetään keskuksen kannessa oleva kytkin käsis asentoon. Tässä mallikohteessa VOK ohjaa neljää jakokeskusta, joista kaikista syötetään myymälän valaistusta. VOK:lle on oma syöttö, joka voi tulla kiinteistökeskuksesta tai pääkeskukselta. VOK:ssa on vain kontaktoriohjauksia, joten sillä ei ole suurta sähkönkulutusta.

Valaistuksenohjauskeskuksen piirikaavio

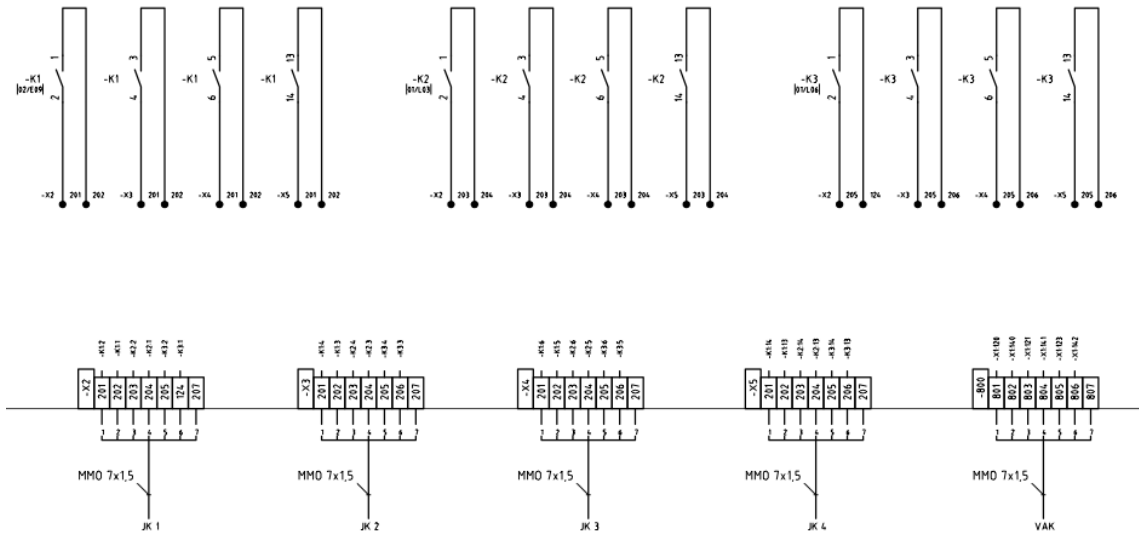
Valaistuksenohjauskeskuksen piirikaavio on esitetty kuvassa 4. Piirikaaviosta selviää ohjauksien toiminta. Siinä on kolme eri ohjausta: myymälän yleisvalaistus 1/3 ja 2/3 sekä myymälän kosketinkiskot. Kontaktori K1 ohjaa päälle ”1/3 yleisvalaistus”, kontaktori K2 ohjaa päälle ”2/3 yleisvalaistus” ja kontaktori K3 ohjaa päälle ”kosketinkiskot”. Keskukseen kannessa olevat kytkimet ja niiden koskettimien toiminta esitetään kuvan oikeassa ylälaudassa.



Kuva 4. Valaistuksenohjauskeskuksen piirikaavio 1 (2)

Tarkasteltaessa myymälän yleisvalaistuksen ohjausta, kontaktori K1 saa sähkönsä K-0-A-kytkimen asennosta riippuen suoraan tai VAK:n koskettimien kautta. VAK:n koskettimet sulkeutuvat aikaohjelmien mukaisesti. Kun kontaktori K1 on vetäenässä, sen koskettimet 23 - 24 sulkeutuvat ja merkkilamppu H1 palaa. Kontaktorin K1 neljä sulkeutuvaa kosketinta (1 - 2, 3 - 4, 5 - 6 ja 13 - 14) ohjaavat jakokeskuksissa olevia ohjausvirtapiirejä. Koskettimet esitetään tarkemmin kuvassa 5 (ks. seur. s.). Ohjauksien toiminnallinen ero on vain aikaohjelmien käytössä, ohjausvirtapiirit on muuten periaatteeltaan samanlaisia.

Huomioitavaa valaistuksen ohjauskeskuksessa on se, että jos sen syöttö katkeaa, myymälän valaistukset sammuvat. Vikatapauksessa myymälän valaistukset voidaan kytkeä päälle jakokeskusten K-0-A-kytkimillä.

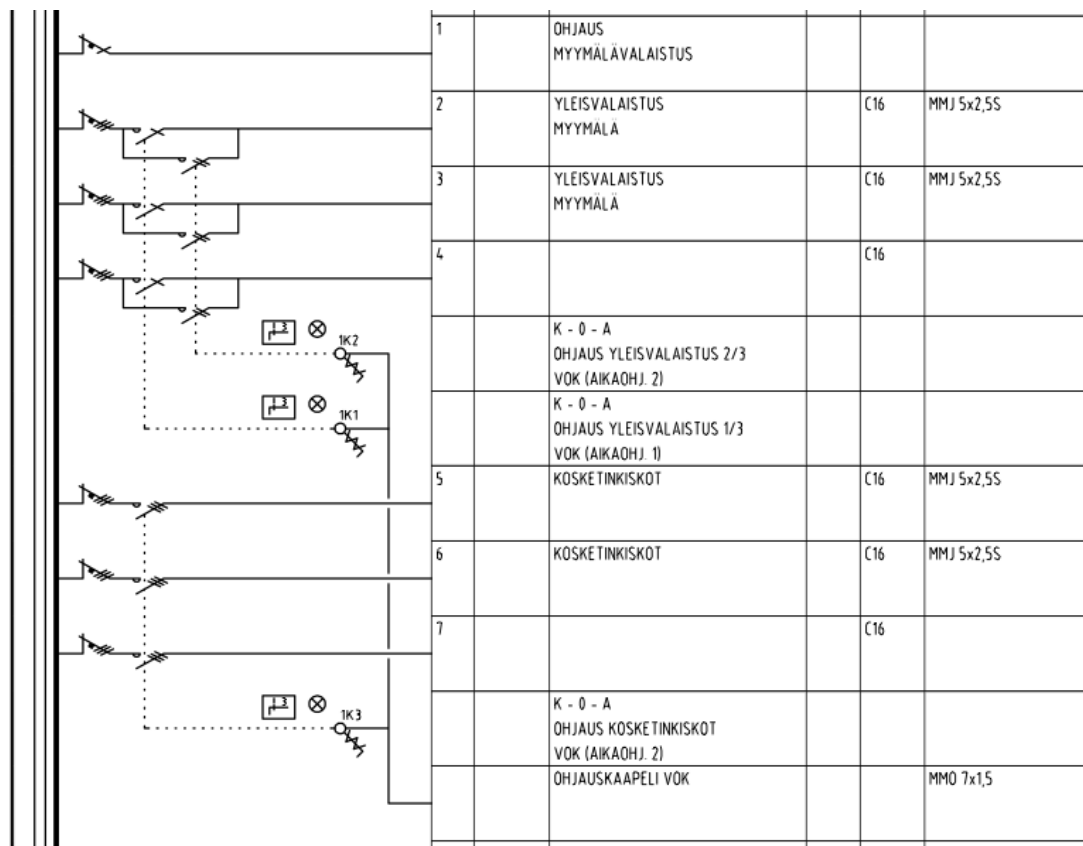


Kuva 5. Valaistuksenohjauskeskuksen piirikaavio 2 (2)

Valaistuksenohjauskeskuksen piirikaavion toinen sivu esitetään kuvassa 5. Piirikaaviossa esitetään keskukselta lähtevät kaapelit. Kuvassa nähdään samat kaapelit, jotka on esitetty myös ohjausjohtokaaviossa (ks. kuva 3). Valaistuksen ohjauskeskuksesta lähtee MMO 7 x 1,5 kaapelit jakokeskuksille (JK 1 - JK 4) ja valvonta alakeskukselle (VAK). Tarkasteltaessa esimerkiksi JK 1:lle lähtevää kaapelia, nähdään siinä olevan kosketintiedot kontaktorin K1 koskettimilta 1 - 2, kontaktorin K2 koskettimilta 1 - 2 ja kontaktorin K3 koskettimilta 1 - 2. Näillä kosketintiedoilla ohjaukset viedään valaistuksen ohjauskeskuksesta jakokeskusten ohjausvirtapiireihin. Jakokeskuksiin ei tule valaistuksen ohjauskeskukselta vierasta ohjausjännitettä.

Jakokeskuksen pääkaavio

Jakokeskuksen pääkaavio esitetään kuvassa 6. Pääkaaviosta nähdään, että valaistuslähdöt ovat kolmivaiheisia kontaktoriohjattuja lähtöjä. Yleisvalaistuksen lähdöille on päävirtapiirillä on oma kontaktori L1-vaiheelle sekä kontaktori L2 ja L3 -vaiheille. Kosketinkiskolähdöille on päävirtapiirillä oma kontaktori. Lähdöt on mallikuvassa suojattu C16 A johdonsuojakatkaisijalla ja ryhmäjohtona käytetään MMJ 5 x 2,5S kaapelia. Keskuksessa on valaistusohjauksia varten oma B10 A johdonsuojakatkaisija, joka toimii johdonsuojana ohjausvirtapiirille.

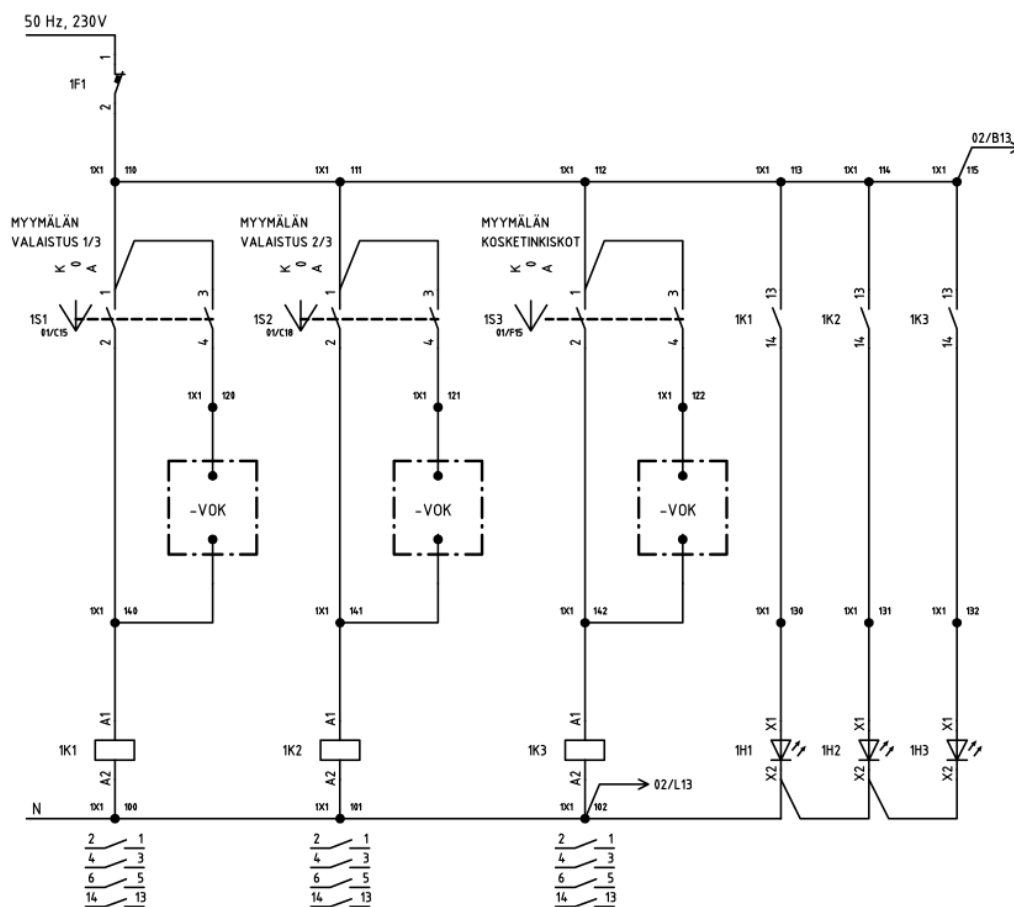


Kuva 6. Jakokeskuksen pääkaavio

Valaistuksenohjauksia varten keskuksessa on apukontaktorit 1K1, 1K2 ja 1K3. Apukontaktori 1K1 ohjaa myymälän ”1/3 yleisvalaistusta”, se saa ohjauksensa VOK:n kautta ja sen toiminta valitaan keskuksen kannesta olevasta K-0-A -kytkimestä. Apukontaktorit 1K2 ja 1K3 toimivat samalla periaatteella. Apukontaktorin ollessa vetäneenä, keskuksen kannessa oleva merkkilamppu palaa. Ohjausvirtapiirin toiminta selviää jakokeskuksen piirikaaviosta (kuva 7, ks. seur. s.). Pääkaaviossa esitetään lisäksi ohjauskaapeli MMJ 7 x 1,5, joka kaapeloidaan valaistuksenohjauskeskukselle.

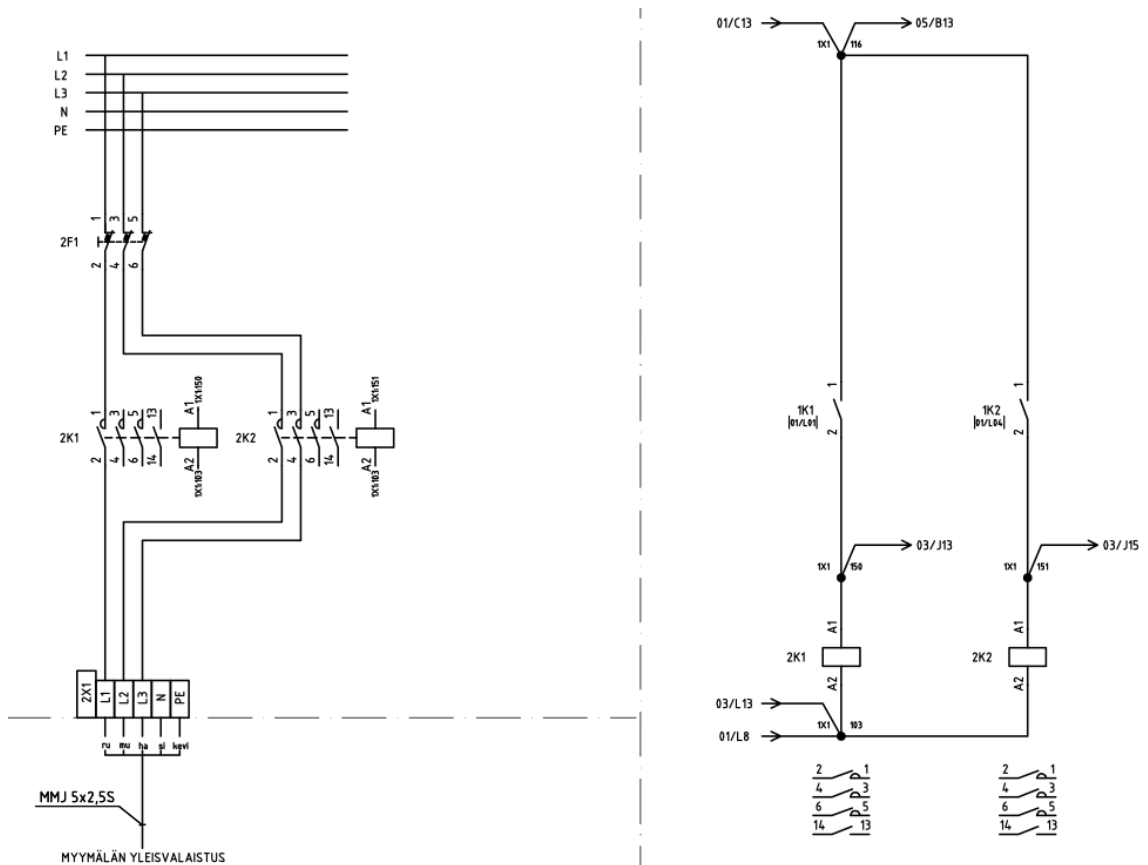
Jakokeskuksien piirikaaviot

Jakokeskuksen valaistuksen ohjausten apureleiden ohjauspiirikaavio esitetään kuvassa 7. Ohjauspiirikaaviosta selviää apureleiden toiminta. Apukontaktori 1K1 ohjaa myymälän "1/3 yleisvalaistuksen" päälle, 1K2 ohjaa myymälän "2/3 yleisvalaistuksen" päälle ja 1K3 ohjaa myymälän "kosketinkiskot" päälle. Tarkasteltaessa esimerkiksi apureleen 1K1 toimintaa, se saa sähkönsä kannessa olevan K-0-A-kytkimen asennosta riippuen suoraan tai VOK:n koskettimien kautta. Normaalitilanteessa käyttökytkin tulee pitää automaattiasennossa, jotta valaistukset toimivat tarkoituksen mukaisesti VOK:n ohjauksien mukaisesti.



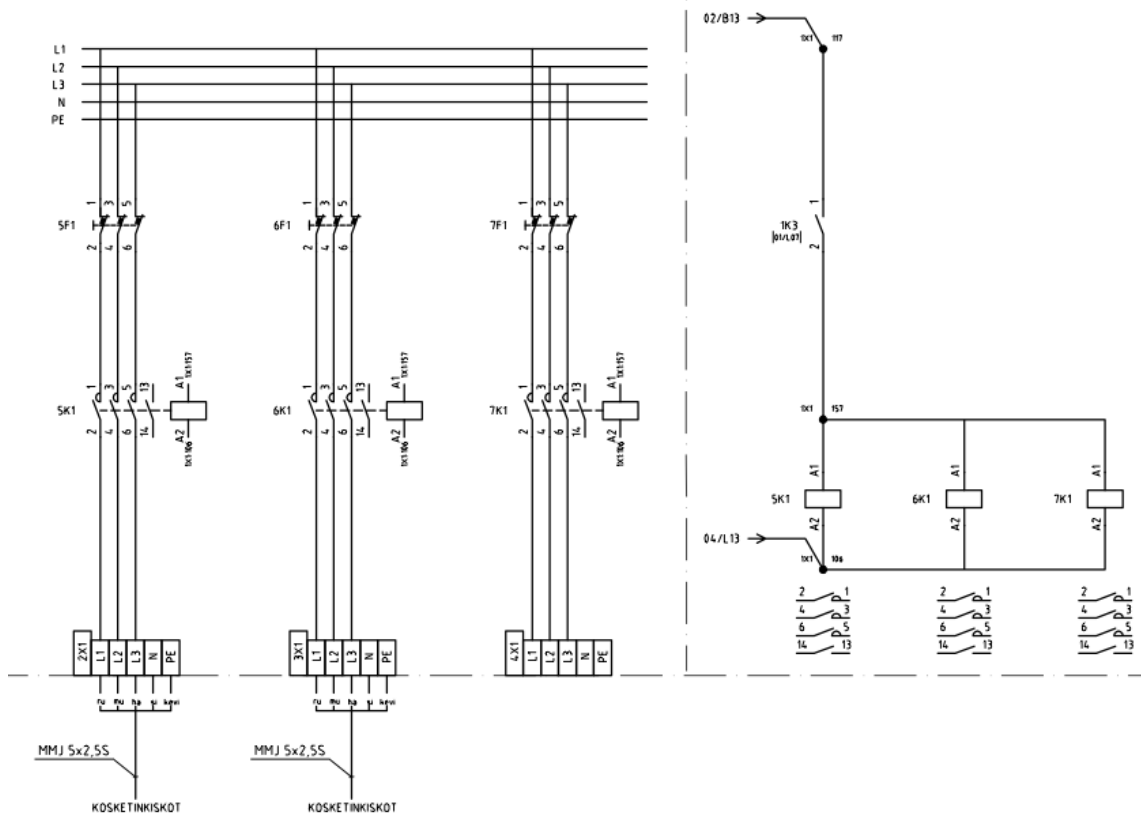
Kuva 7. Jakokeskuksen apureleiden ohjauspiirikaavio

Ohjausvirtapiiriä tarkasteltaessa nähdään, että esimerkiksi yleisvalaistuksen apukontaktorin 1K1 ollessa vetäneenä, sen koskettimet 1 - 2, 3 - 4 ja 5 - 6 sulkeutuvat ja ohjaavat pääpiirien kontaktorit päälle (kuva 8, ks. seur. s.), apukontaktorin 1K1:n koskettimet 23 - 24 sulkeutuvat ja merkkilamppu 1H1 palaa. Apukontaktorit 1K2 ja 1K3 toimivat samalla periaatteella kuin 1K1.



Kuva 8. Jakokeskuksen yleisvalaistuslähdön piirikaavio

Jakokeskuksen yleisvalaistuslähtöjen pääpiirikaavio ja ohjauspiirikaavio esitetään kuvassa 8. Päävirtapiirissä on oma kontaktori L1-vaiheelle sekä kontaktori L2 ja L3 -vaiheille. Ohjausvirtapiiriä tarkasteltaessa huomataan, että pääpiirin 2K1 kontaktoria ohjaa apurele 1K1 sulkeutuvilla koskettimilla (1 - 2), ohjaus on ”1/3 yleisvalaistus”, jossa ohjataan valaistusryhmän L1-vaihetta. Kontaktori 2K2 saa ohjauksensa apukontaktin 1K2 koskettimilta (1 - 2), ohjaus on ”2/3 yleisvalaistus”, jossa ohjataan valaistusryhmän L2 ja L3 -vaihetta. Piirikaaviossa on esitetty myös yleisvalaistusryhmän MMJ 5 x 2,5S syöttökaapeli.



Kuva 9. Jakokeskuksen kosketinkiskolähtöjen piirikaavio

Jakokeskuksen kosketinkiskolähtöjen pääpiirikaavio ja ohjauspiirikaavio esitetään kuvassa 9. Pääpiirin piirikaaviosta nähdään, että jokaisella ryhmälähdöllä on kontaktorinsa (5K1, 6K1 ja 7K1). Ohjausvirtapiiriä tarkasteltaessa huomataan, että pääpiirien kontaktoreita 5K1 - 7K1 ohjaa apurele 1K3 sulkeutuvilla koskettimilla (1 - 2). Apureleen 1K3 toiminta on esitetty kuvassa 7 (s. 15). Piirikaaviossa on esitetty myös kosketinkiskoryhmien MMJ 5 x 2,5S syöttökaapelit.

3.3 KNX-järjestelmällä toteutettu ohjaus

3.3.1 Sähköjärjestelmän toteutustapa KNX-järjestelmällä

Valaistusjärjestelmä

Tässä mallikohteessa KNX -järjestelmällä toteutetussa valaistuksen ohjausratkaisussa valaistusjärjestelmän toteutus tehdään samalla periaatteella kuin releohjausratkaisussa 3.2.1 on esitetty. Käytettävät valaistustavat, valaisimet sekä niiden mitoitus ja rakenteet toteutetaan samalla periaatteella. Erona releillä toteutettavaan järjestelmään on valaistuksen ohjauksien toteutus.

Sähkönjakelu

Sähkönjakelu toteutetaan samalla periaatteella kuin releohjausratkaisussa 3.2.2 on esitetty. Myymälässä on neljä eri jakokeskusta joista valaistusta syötetään. Valaistuksen ryhmien sähköiset mitoitus tehdään samoilla periaatteilla. Myymälään asennetaan kosketinkiskot koko myymälän alueelle kohde- ja kalustevalaistusta varten. Ero releillä toteutettavaan järjestelmään on siinä, että ei tarvita erillistä valaistuksenohjauskeskusta ja se, että keskuksiin tulevat ohjauskaapelit ovat väyläkaapeleita.

Ohjaukset

KNX-järjestelmällä toteutetulla valaistuksen ohjausratkaisulla valaistuksenohjaukset toimivat samalla periaatteella kuin releohjausratkaisussa 3.2.3 on esitetty. Myymälän valaistusta ohjataan seuraavilla ohjauksilla:

- myymälän yleisvalaistus 1/3
- myymälän yleisvalaistus 2/3
- kohde- ja kalustevalaistus.

Valaistus kytkeytyy automaattisesti päälle aikaohjelmien mukaan rakennusautomaatiojärjestelmän valvonta-alakeskuksen ohjaamana. Ero releillä toteutettuun ratkaisuun on siinä, että järjestelmässä ei tarvita erillistä valaistuksenohjauskeskusta. Valaistuksenohjauskeskuksen käyttökytkimet on korvattu KNX-järjestelmän painikkeilla, jotka

sijoitetaan keskeisille paikoille, josta myymälään kuljetaan. KNX-painikkeet ohjelmoidaan toimimaan siten, että myymälän valaistusta ei voi vahingossa sammuttaa painikkeesta liikkeen ollessa auki.

Valaistus voidaan tarvittaessa kytkeä päälle myös jakokeskuksista K-0-A-kytkimellä. Keskuksissa on K-0-A-kytkimet yleisvalaistukselle sekä K-0-A -kytkin kohde- ja kalustevalaistukselle. Kytkimellä ohjataan kaikkia samantyyppisiä lähtöjä samanaikaisesti. Yleisvalaistus on erikseen kytkettävissä 1/3 tai 2/3 -valaistuksesta päälle omilla kytkimillään.

Myymälän valaistusta ohjaa myös murtohälytinkeskus, joka sammuttaa myymälävalaistuksen kun hälytysjärjestelmä kytketään päälle. Jos kiinteistössä tapahtuu murtohälytys, tulee murtohälytinkeskukselta kosketintietona tieto KNX-järjestelmän tuloyksikköön ja se antaa ohjauksikäskyn väylään kytkeä kaikki myymälän valaistukset päälle.

Aikaohjelmat

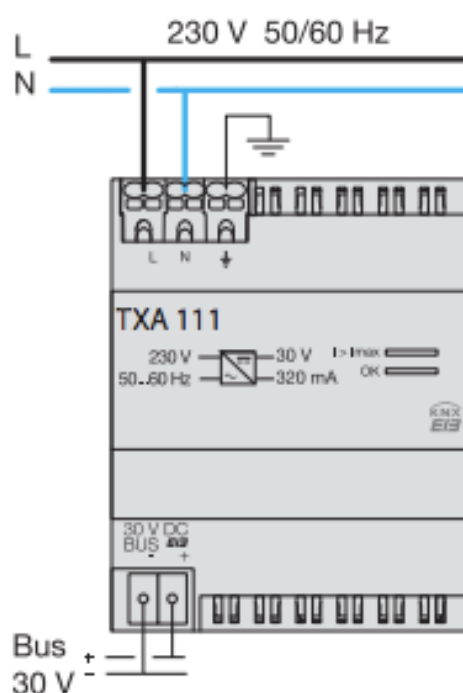
KNX-järjestelmällä toteutetussa valaistuksen ohjausratkaisussa aikaohjelmat toteutetaan samalla periaatteella kuin releohjausratkaisussa 3.2.4 on esitetty. Valaistus toimii automaattisesti aikaohjelmien mukaisesti. Aikaohjelmien ulkopuolella tai poikkeustilanteissa valaistusta ohjataan KNX-painikkeilla.

3.3.2 KNX-järjestelmän rakenne

KNX-järjestelmässä tiedonsiirtotienä toimii väyläkaapelointi. Mallikohteeseen toteutetaan yksi linja, johon käytettävät KNX-laitteet yhdistetään. Suunniteltaessa on otettava huomioon, että yhteen linjaan on mahdollista kytkeä 64 laitetta, ja että tehonlähteen ja väylälaitteiden välinen etäisyys voi olla maksimissaan 350 m. Jos KNX-järjestelmän rakenne tästä kasvaa, on tarkasteltava verkon kokonaisuutta ja lisättävä tarvittaessa virtalähteitä sekä linjayhdistimiä. Väyläkaapelina suositellaan käytettäväksi suojattua kaapelia, jossa on kaksi kierrettyä paria ja kaapelin läpimitta on 0,8 mm, esimerkiksi YCYM 2 x 2 x 0,8. Paikallisesti voidaan käyttää maakohtaisia kaapeleita kuten esimerkiksi KLMA 4 x 0,8 + 0,8.

Mallikohteessa KNX-järjestelmän komponentit koostuvat virtalähteestä, tuloyksiköstä, lähtöyksiköistä ja painikkeista. KNX-järjestelmän esimerkkilaitteina käytetään Hagerin valmistamia tuotteita. KNX-järjestelmän päälaitteet: virtalähde ja tuloyksikkö keskitetään yhteen myymälässä olevaan keskukseseen. Muissa keskuksissa on vain lähtöyksiköitä. Keskuskomponentit ovat DIN-kiskokiinnitteisiä laitteita, jotka asennetaan standardin EN 50 022 mukaisesti. Keskuksessa on varmistettava, että kaikki virtapiirit, jotka eivät ole pienjännitepiirejä SELV tai PELV, on erotettava KNX-järjestelmästä. [3, s. 25, 66, 77.]

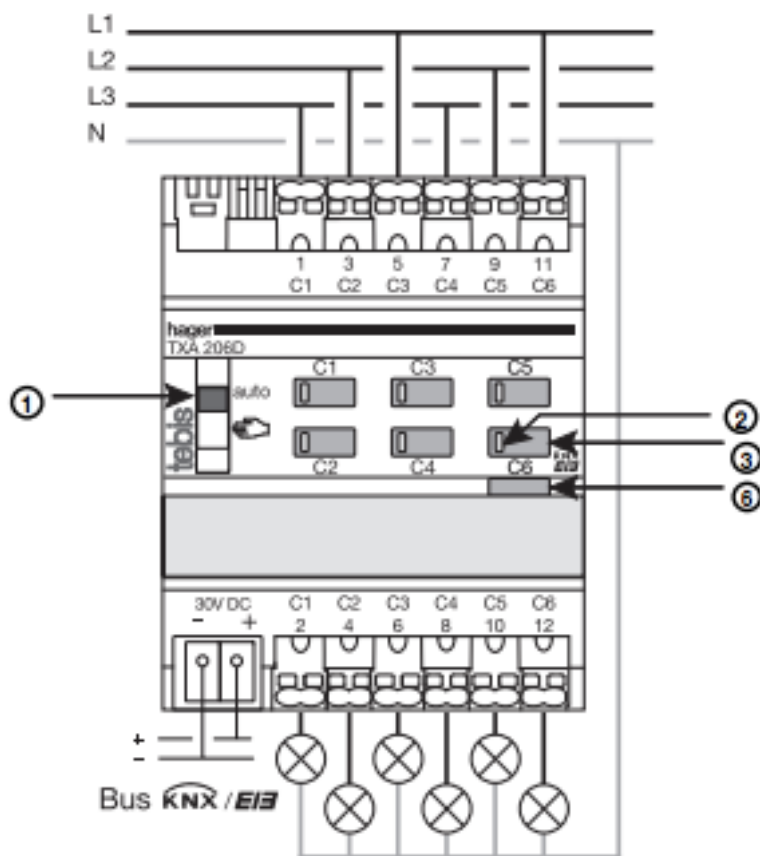
Virtalähde



Kuva 10. Hager TXA111 tehonlähde [9, s. 798]

Mallikohteen KNX-järjestelmän tehonlähteenä käytetään Hagerin TXA111 virtalähdettä, joka esitetään kuvassa 10. Virtalähteen nimellisvirta on 320 mA ja lähtöjännite on 30 V DC. Koska mallikohteessa käytetään vain myymälän valaistuksen ohjaukseen liittyviä komponentteja, riittää 320 mA:n virtalähde, koska väylässä olevien laitteiden määrä jää pieneksi [9, s. 798].

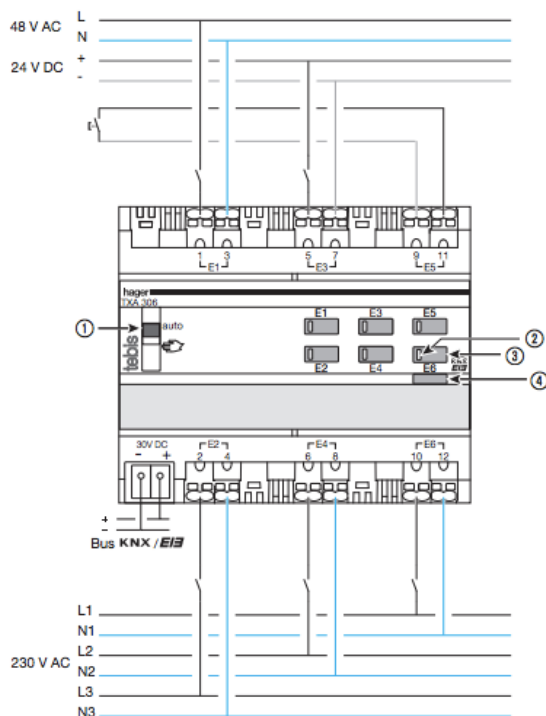
Lähtöyksikkö



Kuva 11. Lähtöyksikkö Hager TXA206A [9, s. 801]

Lähtöyksikkönä käytetään Hagerin neljäkanavaista TXA204A lähtöyksikköä. Kuvassa 11 esitetään kuusikanavainen lähtöyksikkö, sen kytkentä ja toimintaperiaate on samanlainen kuin neljäkanavaisella yksiköllä. TXA204A lähtöyksikössä on neljä sulkeutuvaa potentiaalivapaata kosketinta. TXA204A lähtöyksikön viimeinen kirjain viittaa sen kytkentävirrran suuruuteen. A-kirjain tarkoittaa, että sen kytkentävirta on 4 A, joten se sopii kontaktoreiden ohjaamiseen. Jos halutaan ohjata suoraan valaistuksen lähtöjä, tulee valita lähtöyksikkö käytettävän kuorman mukaan. Mallikohteessa tarvitaan kaksi lähtöä ohjauksia varten, toiset kaksi lähtöä jäävät varalle. [9 s. 801.]

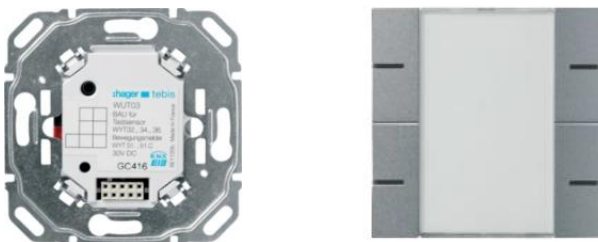
Tuloyksikkö



Kuva 12. Hager TXA306 tuloyksikkö [9, s. 799]

KNX-järjestelmään liitetään Hagerin TXA306 tuloyksikkö, joka esitetään kuvassa 12. Tuloyksikköön voidaan tuoda 6 kpl 24...230 V AC/DC tai potentiaalivapaita sisääntuloja muista järjestelmistä ohjauksia varten [9, s. 799]. Tässä mallikohteessa tuloyksikköön tuodaan ohjauksia rakennusautomaatiojärjestelmästä ja murtohälytinkeskukselta.

Painike



Kuva 13. Väyläliityntäyksikkö WUT03 ja painike WYT346 [10, s. 60, 64]

Mallikohteessa käytettävä KNX-painike esitetään kuvassa 13. Se sisältää väyläliityntäyksikön WUT03 sekä painikkeen WYT346. Painike on neljäosainen ja siinä on tilanilmaisu-LED (punainen/vihreä) sekä taustavalaistu merkintäkilpi. [10, s. 60, 64.]

3.3.3 KNX-järjestelmän ohjelmointi

KNX-järjestelmän ohjelmointi toteutetaan ETS-ohjelmistotyökalulla. ETS (Engineerin Tool Software) -ohjelmisto on valmistajasta riippumaton suunnittelu- ja käyttöönotto työkalu. Sen avulla voidaan ohjelmoida, suunnitella ja määritellä mallikohteessa käytettävä KNX-järjestelmä. ETS-ohjelmisto toimii tietokoneella, jossa on Windows-käyttöjärjestelmä. Tällä hetkellä uusin versio ETS-ohjelmistotyökalusta on ETS4, joka on julkaistu 2010. Ohjelmointityön voi tehdä sähkölaitteiston rakentanut sähköurakoitsija itse tai vaihtoehtoisesti voidaan käyttää KNX-järjestelmän ohjelmointiin ja käyttöönottoon erikoistunutta alan yritystä. KNX-järjestelmiin erikoistuneet ns. KNX Partner -sertifioidut yritykset on listattu KNX Finland -verkkosivuilla. [2.]

Ohjelmointityön helpottamiseksi on syytä laatia suunnitteluvaiheessa kohteesta KNX-toimintokortit, joissa esitetään ohjauksien tyyppi, käyttö, toimintaperiaate ja toteutus. KNX-toimintakortista on olemassa valmis esimerkkipohja, joka löytyy ST 701.31 ”sähköautomaatiototeutus KNX-järjestelmää käyttäen” ST-kortista. KNX-toimintakorttiin merkitään työn valmistuttua itselleluovutuksen ja toimintakokeen kuittaukset. Työn valmistuttua on erityisen tärkeää, että ETS-tietokanta ja -raportit arkistoidaan. [11, Liite 1.]

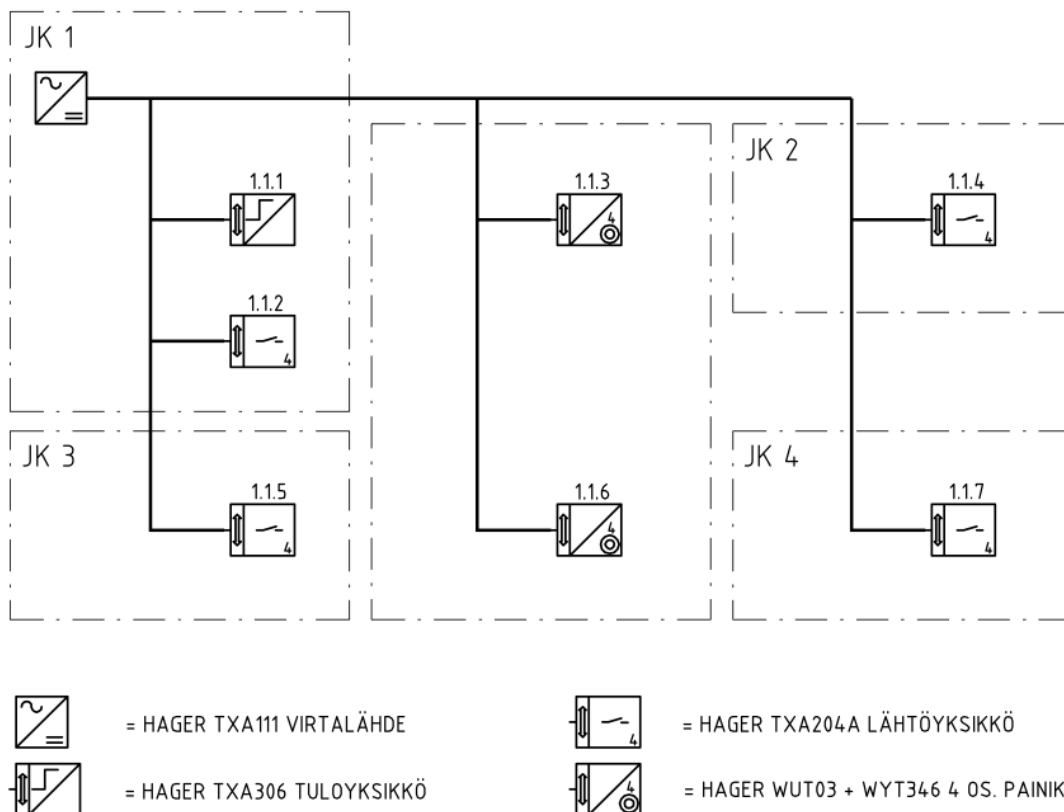
3.3.4 KNX-järjestelmän mallipiirustukset

Mallipiirustuksissa esitetään otteita myymälän valaistuksien ohjauksien sähkösuunnittelun periaatesuunnitelmista. Kuvissa esitetään periaatteet, joilla KNX-järjestelmällä toteutettavalla ohjausratkaisulla pystytään valaistusta ohjaamaan. Kuvien lisäksi esitetään toimintaa kuvaava selostus. Mallipiirustuksia ovat

- KNX-järjestelmäkaavio
- jakokeskuksen pääkaavio
- jakokeskuksen piirikaaviot.

KNX-järjestelmällä toteutetulla valaistuksenohjausratkaisulla tasopiirustus on periaatteeltaan samanlainen kuin releohjausratkaisussa 3.2.5 on esitetty.

Järjestelmäkaavio

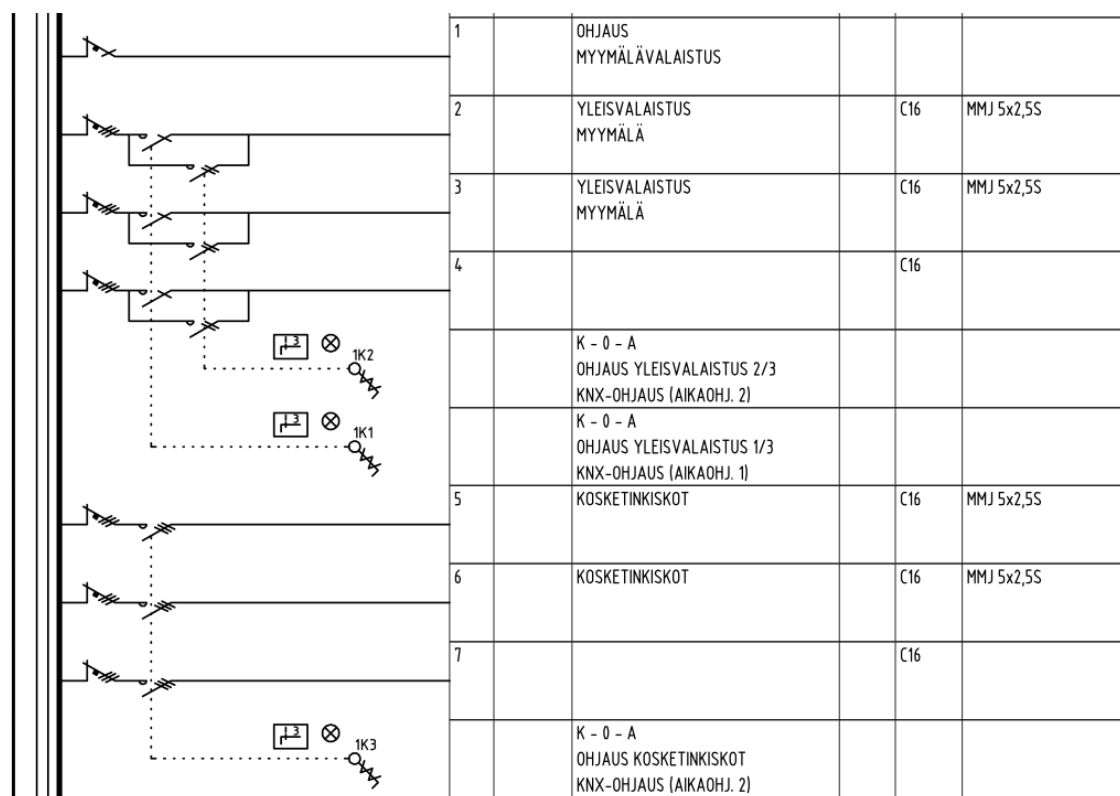


Kuva 14. KNX-järjestelmäkaavio

KNX-järjestelmäkaavio esitetään kuvassa 14. Kaaviossa esitetään mallikohteessa käytettävät KNX-laitteet. Laitteille on annettu yksilölliset osoitteet. Järjestelmäkaaviosta nähdään, että käytössä on vain yksi linja ja että komponentit on rajattu omille alueille, joissa ne sijaitsevat. JK 1:ssä sijaitsee virtalähde, tuloyksikkö ja lähtöyksikkö. Jakokeskuksissa JK 2 – JK 4 on neljäkanavaiset kytkinyksiköt ja muualla kiinteistössä on 2 kpl neljäosaisia painonappeja.

Jakokeskuksen pääkaavio

Jakokeskuksen pääkaavio esitetään kuvassa 15. Pääkaaviosta nähdään, että valaistuslähdöt ovat kolmivaiheisia kontaktoriohjattuja lähtöjä. Yleisvalaistuksen lähdöille on päävirtapiirillä oma kontaktori L1-vaiheelle sekä kontaktori L2 ja L3 -vaiheille. Kosketinkiskolähdöille on päävirtapiirillä oma kontaktori. Lähdöt on mallikuvassa suojattu C16 A johdonsuojakatkaisijalla ja ryhmäjohtona käytetään MMJ 5 x 2,5S kaapelia. Keskuksessa on valaistusohjauksia varten oma B10 A johdonsuojakatkaisija, joka toimii johdonsuojana ohjausvirtapiirille.

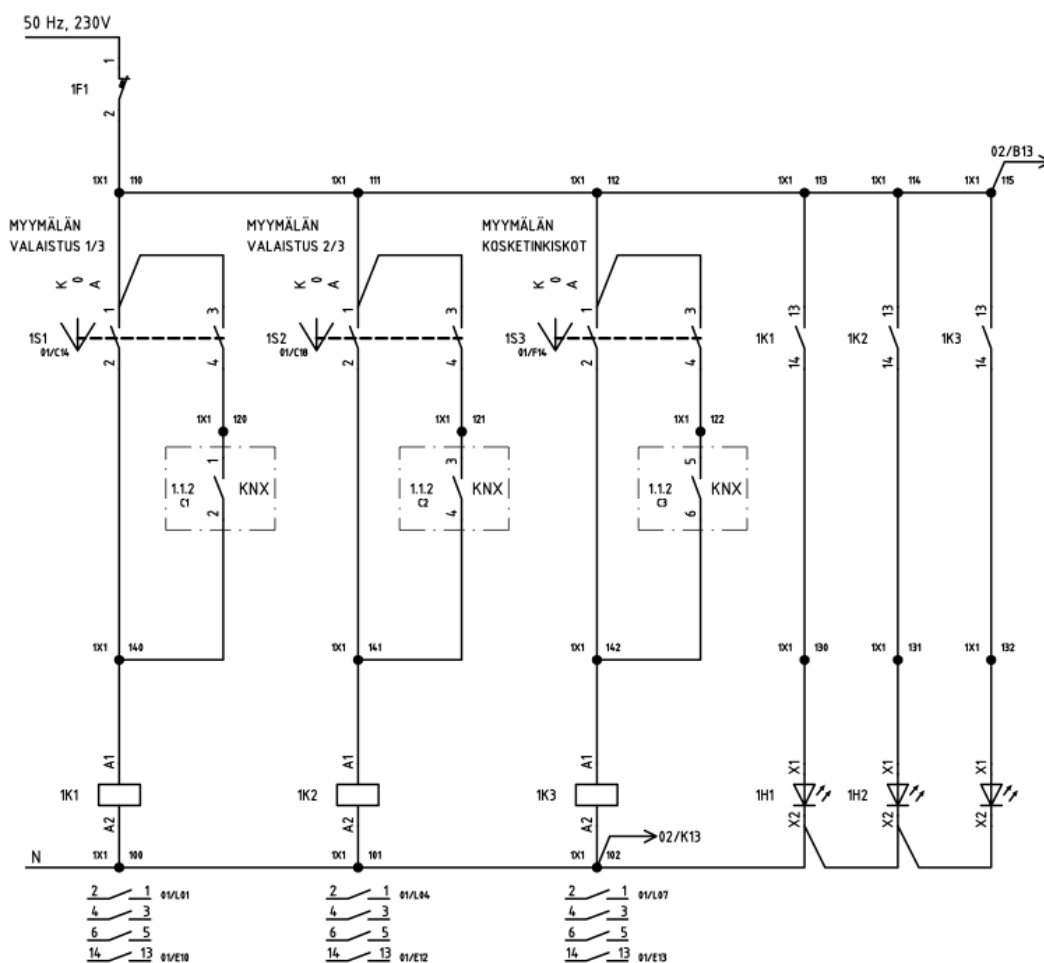


Kuva 15. Jakokeskuksen pääkaavio

Valaistusohjauksia varten keskuksessa on apukontaktorit 1K1, 1K2 ja 1K3. Apukontaktoreita ohjataan KNX-lähtöyksiköllä. Kytkeytyksikön ja ohjausvirtapiirin toiminta selviää jakokeskuksen piirikaaviosta. KNX-järjestelmän ohjaukset voidaan ohittaa tarvittaessa jakokeskuksien kannessa olevilla K-0-A-kytkimillä. Apukontaktorin ollessa vetäneenä, keskuksen kannessa oleva merkkilamppu palaa.

Jakokeskuksen piirikaaviot

Myymälän valaistuksia syöttävien jakokeskuksien piirikaaviot on esitetty kuvissa 16 - 19. Piirikaaviot on periaatteeltaan samanlaisia kuin releillä toteutettavassa ohjausratkaisussa on esitetty. Ero on siinä, että ei käytetä erillistä valaistuksen ohjauskeskusta, vaan ohjaukset toteutetaan KNX-järjestelmän komponenteilla. KNX-ratkaisussa lähtöyksiköiden koskettimet on ohjausvirtapiireissä ohjaamassa valaistusta.

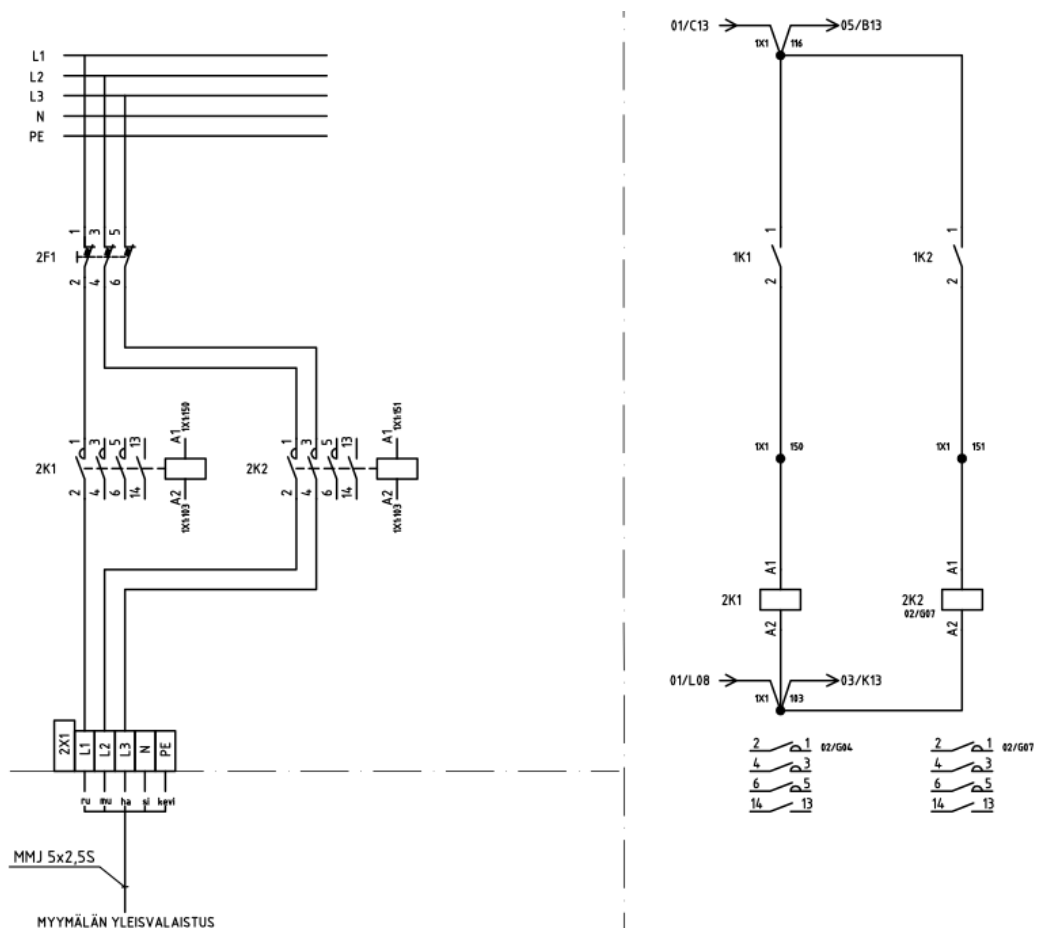


Kuva 16. Jakokeskuksen piirikaavio 1 (4)

Kuvassa 16 esitetään ohjausvirtapiirin piirikaavio. Ohjauspiirikaaviosta selviää apureleiden toiminta. Apukontaktori 1K1 ohjaa myymälän "1/3 yleisvalaistuksen" päälle, 1K2 ohjaa myymälän "2/3 yleisvalaistuksen" päälle ja 1K3 ohjaa myymälän "kosketinkiskot" päälle. Tarkasteltaessa esimerkiksi apureleen 1K1 toimintaa nähdään, että se saa sähkönsä kannessa olevan K-0-A-kytkimen asennosta riippuen suoraan tai KNX:n lähtöyksikön koskettimien 1 - 2 kautta. Lähtöyksikön järjestelmäosoite (1.1.2) ilmoitetaan

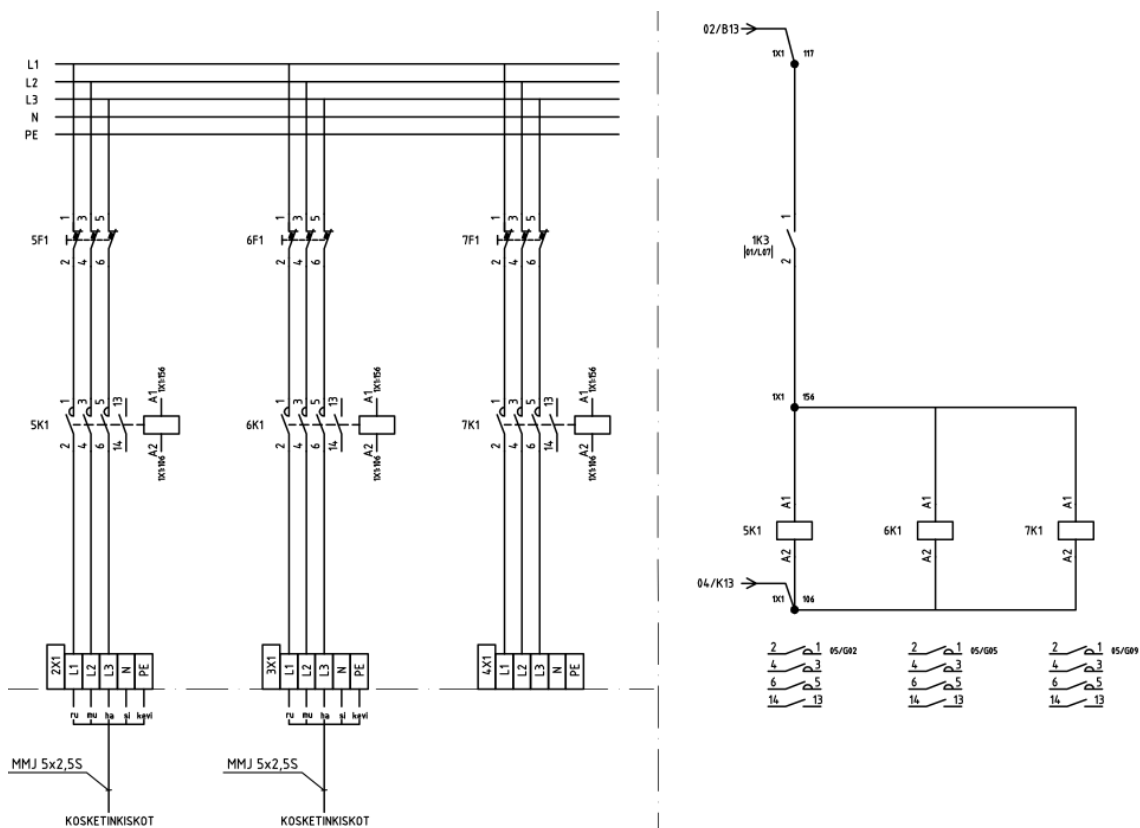
myös piirikaaviossa. Normaalitylanteessa käyttökytkin tulee pitää automaattiasennossa, jotta valaistukset toimivat tarkoituksen mukaisesti KNX-järjestelmän ohjaamina.

Ohjausvirtapiiriä tarkasteltaessa nähdään, että esimerkiksi yleisvalaistuksen apukontaktorin 1K1 ollessa vetäneenä, sen koskettimet 1 - 2, 3 - 4 ja 5 - 6 sulkeutuvat ja ohjaavat pääpiirien kontaktorit päälle (kuva 17).



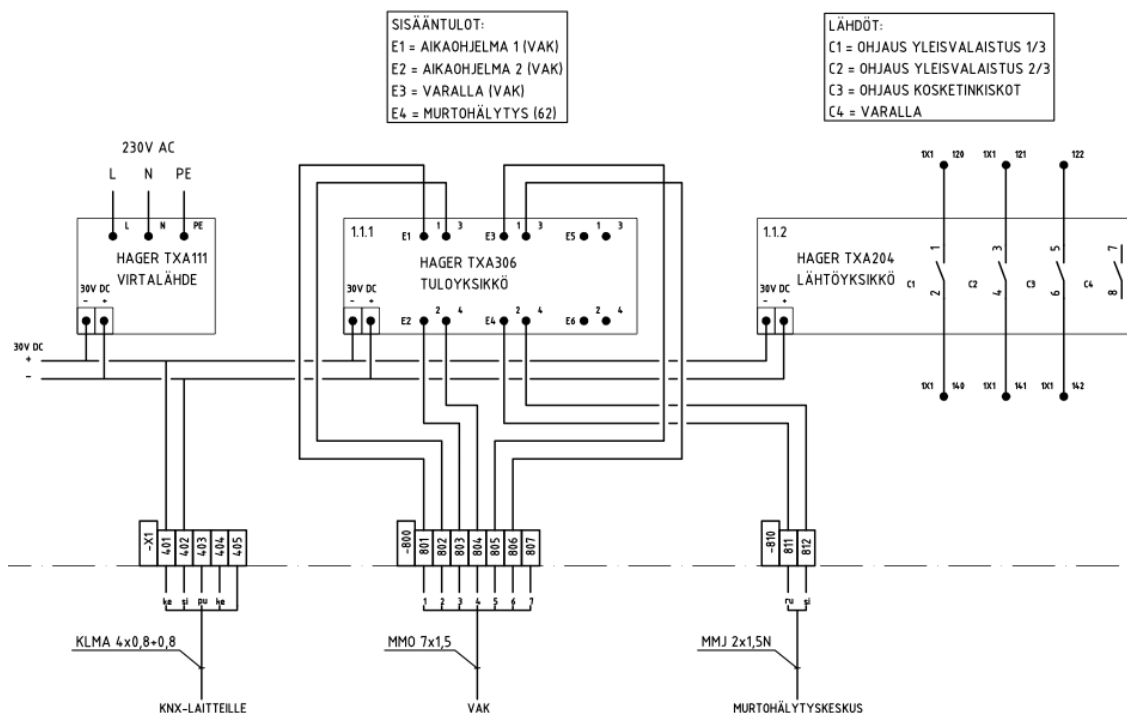
Kuva 17. Jakokeskuksen piirikaavio 2 (4)

Jakokeskuksen yleisvalaistuslähtöjen pääpiirikaavio ja ohjauspiirikaavio esitetään kuvassa 17. Päävirtapiirissä on oma kontaktori L1-vaiheelle sekä kontaktori L2 ja L3 -vaiheille. Ohjausvirtapiiriä tarkasteltaessa huomataan, että pääpiirin 2K1 kontaktoria ohjaa apurele 1K1 sulkeutuville koskettimilla (1 - 2), ohjaus on "1/3 yleisvalaistus", jossa ohjataan valaistusryhmän L1-vaihetta. Kontaktori 2K2 saa ohjauksensa apukontaktorin 1K2 koskettimilta (1 - 2), ohjaus on "2/3 yleisvalaistus", jossa ohjataan valaistusryhmän L2 ja L3 -vaihteita. Piirikaaviossa on esitetty myös yleisvalaistuslähden syöttökaapeli MMJ 5 x 2,5S.



Kuva 18. Jakokeskuksen piirikaavio 3 (4)

Jakokeskuksen kosketinkiskolähtöjen pääpiirikaavio ja ohjauspiirikaavio esitetään kuvassa 18. Pääpiirin piirikaaviosta nähdään, että jokaisella ryhmälähdöllä on kontaktorinsa (5K1, 6K1 ja 7K1). Ohjausvirtapiiriä tarkasteltaessa huomataan, että pääpiirien kontaktoreita 5K1 - 7K1 ohjaa apurele 1K3 sulkeutuvilla koskettimilla (1 - 2). Apureleen 1K3 toiminta on esitetty kuvassa 16 (s. 46). Piirikaaviossa on esitetty myös kosketinkiskoryhmien MMJ 5 x 2,5S syöttökaapelit.



Kuva 19. Jakokeskuksen piirikaavio 4 (4)

Jakokeskuksen KNX-komponentit esitetään kuvassa 19. Kuvassa on esitetty virtalähde, tuloyksikkö ja lähtöyksikkö. Laitteilla on yksilölliset osoitteet, jotka on esitetty myös KNX-järjestelmäkaaviossa (kuva 14, s. 24). Muissa myymälän keskuksissa on KNX-laitteina vain lähtöyksiköitä, muuten keskuksat ovat lähdöiltään ja ohjauspiireiltään samanlaisia keskenään. Virtalähde syöttää virtaa väyläkaapeleihin, joka yhdistää kaikki kiinteistön KNX-järjestelmän laitteet samaan verkkoon. Kentälle lähtevä kaapeli on esitetty piirikaaviossa ja se on KLMA 4 x 0,8 + 0,8.

Tuloyksikköön tulee aikaohjelmaohjaukset kosketintietona rakennusautomaatiojärjestelmän valvonta-alakeskukselta (VAK). Aikaohjelmia on kaksi, ja niiden toimintaan käytetään neljää johdinta. Loput kolme johdinta jää varalle, esimerkiksi kolmatta aikaohjelmaa varten. VAK:lta tuleva ohjauskaapeli on MMO 7 x 1,5. Tuloyksikköön tulee kosketintietona myös ohjaus murtohälytinkeskukselta MMJ 2 x 1,5 kaapelin välityksellä. Kuvassa on esitetty myös neljäkanavainen lähtöyksikkö, joka ohjaa koskettimillaan valaistuksen ohjausvirtapiirien apureleita (1K1, 1K2 ja 1K3). Koskettimet on kaapeloitu riviliittimiin, jotka on esitetty kuvassa 16 (s. 26).

3.4 DALI-järjestelmällä toteutettu ohjaus

3.4.1 Sähköjärjestelmän toteutus DALI-järjestelmällä

Mallikohteessa DALI-järjestelmällä toteutettava valaistuksen ohjausratkaisu perustuu ”Anttila ja Kodin Ykkönen -tavaratalot yleisvalaistusjärjestelmä” -ohjeeseen. Mallikohteen myymälän yleisvalaistus toteutetaan käyttäen Fagerhultin iTrack-kosketinkiskojärjestelmää sekä siihen liitettäviä T5-loisteputkivalaisimia. Valaisintyyppinä myymälän yleisvalaistuksessa käytetään Fagerhultin iTrack Line 1 x 54 W T5-loisteputkivalaisinta, joka on varustettu DALI-liitäntälaitteella ja -virranottimella. Yleisvalaistus toteutetaan sijoittamalla valaisimet tasaisesti koko myymälän alueelle. Valaisimen tehon riittävyys ja heijastimen tyyppi on varmistettava esimerkiksi DIALux-ohjelmalla. (Valaistuksen valaistustekniset vaatimukset katso 3.1.)

Yleisvalaistuksen lisäksi samaan kosketinkiskojärjestelmään asennetaan myös kohde- ja kalustevalaisimia. Kohdevalaisimet ovat monimetalli- tai LED-valaisimia ja kalustevalaisimet ovat T5-loisteputkivalaisimia tai LED-valaisimia. Kohdevalaisimien tyypit ja paikat voidaan määrittellä myymäläsuunnitelmien perusteella, kun taas kalusteissa olevien valaisimien tyypit selviävät yleensä toteutusvaiheessa, koska ne sisältyvät kaluste-toimitukseen. Kohdevalaisimien kokonaisteho on myymälässä keskimäärin 10 W/m^2 ja kalustevalaisimien 2 W/m^2 . Kohdevalaisimien syttymisvirrat on otettava suunnittelussa ja mitoituksessa huomioon. Kosketinkiskojen vaihejohtimilla on omat ohjauksensa. Myymälän yleisvalaistus kytketään L1-vaiheelle, kohdevalaistus kytketään L2-vaiheelle ja kalustevalaistus L3-vaiheelle. On huomattava, että L1 vaiheelle tulee aina jännite, koska DALI-valaisimille pitää tuoda suora sähkösyöttö. Kohde- ja kalustevalaistusta ei tule kytkeä vaiheelle L1, koska ne olisivat jatkuvasti päällä. [8.]

Myymälätilan sähkönjakelu toteutetaan kohteen koosta riippuen useasta eri keskuksesta. Tässä insinööriyön mallikohteen myymälässä on neljä jakokeskusta, joista kaikista keskuksista syötetään myymälän valaistusta. Myymälään asennetaan iTrack-kosketinkiskot koko myymälän alueelle. iTrack on 12-johtiminen kosketinkisko, jossa voidaan normaalin kolmivaihesyötön lisäksi kuljettaa myös muita signaaleja. Tässä kohteessa kiskossa kuljetetaan myös DALI-valonohjauksen ohjausvirtapiiri. iTrack on yhteensopiva useimpien valmistajien 3-vaihevirrannottimien kanssa, joten siihen voidaan asentaa myös tavallisella virranottimella varustettuja valaisimia ja muita laitteita. [5, s. 221.]

3.4.2 DALI-järjestelmällä toteutettavat ohjaukset

Valaistus toimii normaalitilanteessa täysin automaattisesti. Mallikohteen valaistuksenohjauksessa käytetään esimerkkinä DALI-järjestelmässä Helvarin Digidim tuotteita. Myymälän yleisvalaisimet ovat DALI-valaisimia ja niitä ohjataan DALI-järjestelmällä paikallisesti omilta osastoilta. Osastolla tarkoitetaan aluetta myymälässä, jossa on tietyn tyyppistä tavaraa myynnissä. Se on usein rajattu alue, jonka ympärillä tai reunalla on käytävä. Myymälän kohde- ja kalustevalaistukset ovat kontaktoriohjattuja lähtöjä, joita ohjataan keskuksiin asennettavilla Digidim releyksiköillä. Valaistusta ohjataan määriteltyjen aikaohjelmien mukaan. Aikaohjelmia on kaksi (päiväohjelma ja yöohjelma) ja ne toteutetaan rakennusautomaatiojärjestelmän (VAK) avulla. Aikaohjelmilla on kolmet eri voimassaoloajat (ma - pe, la ja su). Käyttäjä määrittelee näille tarkemmat ajat. Yleisvalaistusta himmennetään tai se sammutetaan eri tilanteissa. Yleisvalaistuksen ohjauksen ja säädön toiminta on esitetty tarkemmin kohdassa 3.4.4 DALI-ohjelmointiparametrit.

Myymälätila on jaettu osastoihin (esimerkiksi jalkineet, matot jne.), joista jokainen toimii omana ohjausalueenaan. Jokaiselle osastolle on sijoitettu Helvarin 312 Multisensarit, joilla ohjataan osaston alueella olevia loistevalaisimia. Liiketunnistimien määrät ja sijoitukset tarkentuvat myymäläsuunnitelman valmistuttua. Normaalisti määrä on noin 1 liiketunnistin per 45 - 55 m² myymäläpinta-alaa. Käytäväalueet on myös jaettu omiksi alueiksi, joissa liiketunnistimella ohjataan käytävän yleisvalaistukset kerrallaan päälle. Myymälätilaan asennetaan lisäksi DALI-painikkeita, joilla valaistusta voidaan ohjata poikkeustilanteessa. Painikkeet ohjelmoidaan toimimaan siten, että myymälän valaistusta ei voi vahingossa sammuttaa painikkeesta myymälän ollessa auki.

Kohde- ja kalustevalaistus voidaan tarvittaessa kytkeä päälle myös keskuksista K-0-A-kytkimellä. Keskuksissa on 0-1-kytkin yleisvalaistukselle sekä K-0-A-kytkin kohde- ja kalustevalaistukselle. Kytkimillä ohjataan kaikkia samantyyppisiä lähtöjä samanaikaisesti.

Myymälän valaistusta ohjaa myös murtohälytinkeskus, joka sammuttaa myymälävalaistuksen kun hälytysjärjestelmä kytketään päälle. Jos kiinteistössä tapahtuu murtohälytys, tulee murtohälytinkeskukselta kosketintieto DALI-järjestelmän tuloyksikköön, joka ohjaa kaikki myymälän valaistukset päälle.

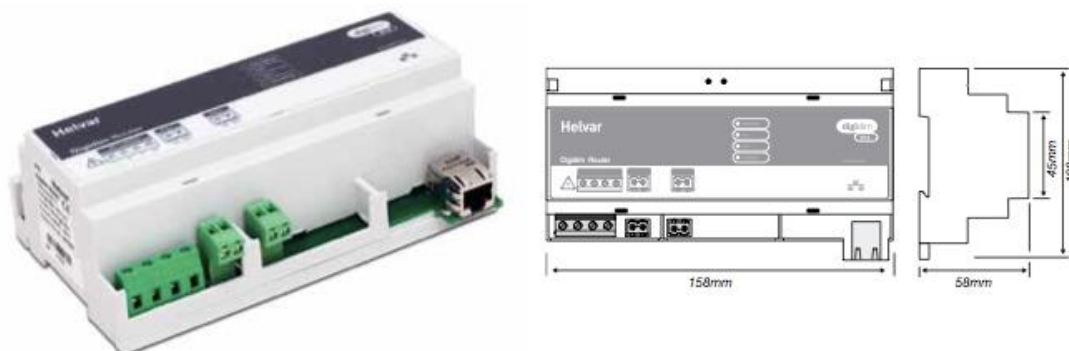
3.4.3 DALI-järjestelmän rakenne

DALI-järjestelmällä toteutettu valaistuksenohjausjärjestelmä perustuu Helvarin Digidim 910 -reitittimien käyttöön. Yksi reititin sisältää 2 kpl 250 mA:n DALI-virtalähdettä, joista molemmat muodostavat oman DALI-aliverkkonsa. Mallikohteessa jokaiseen myymälän jakokeskukseen asennetaan oma reititin, joka palvelee oman keskusalueensa DALI-aliverkkoa. Reitittimet yhdistetään toisiinsa ethernet-kaapeloinnilla tavallisen ethernet-kytkimen avulla. Tämä mahdollistaa kaikkien aliverkkojen yhteisen ohjauksen siten, että omat aliverkot eivät rajoita toimintaa. Toisessa aliverkossa olevat ohjauslaitteet voivat ohjata muissa aliverkoissa olevia valaisimia.

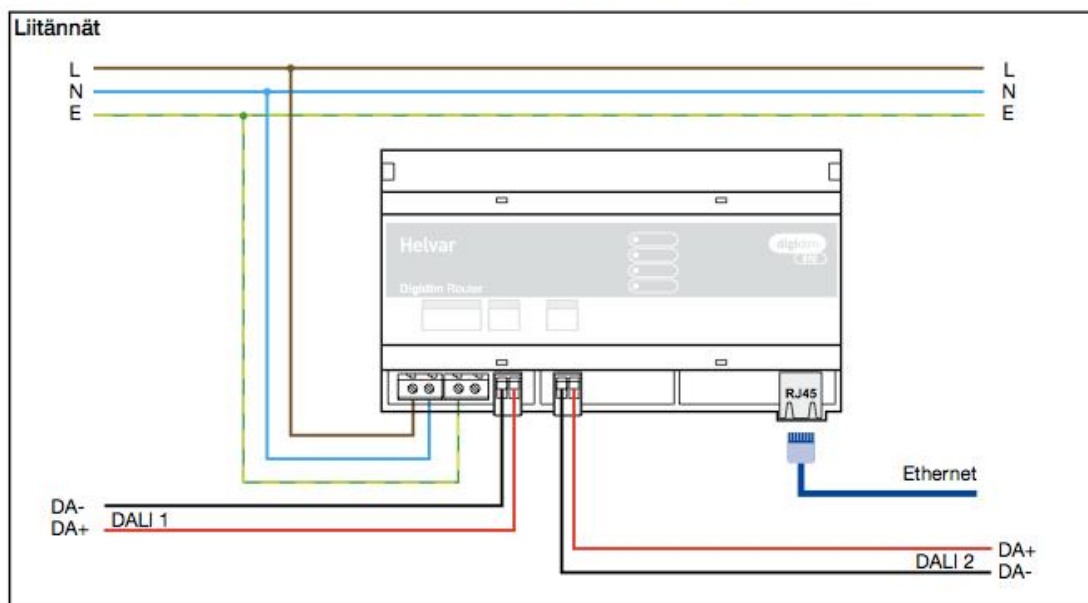
Sähkösuunnittelussa on otettava huomioon, että iTrack-kosketinkiskojen alueista ei tule niin suuria, että niihin asennettujen valaisimien ja ohjauslaitteiden virrankulutus ylittää 250 mA. Yksi aliverkko voi sisältää enintään 64 DALI-liitäntälaitetta ja niiden yhteenlaskettu virrankulutus ei saa ylittää 250 mA. Kuhunkin järjestelmään voidaan määrittää 16 ryhmää ja kuhunkin ohjattavaan laitteeseen voidaan ohjelmoida 15 valaistustilannetta. Suunnittelun kannalta merkittävin rajoite on virrankulutus. Yhden liitäntälaitteen virrankulutus on 2 mA, yhden Multisensorin 15 mA ja yhden modulaarisen kytkinpaneelin 10 mA. DALI-järjestelmän väylän maksimipituus on 300 metriä ja se voidaan toteuttaa millä tahansa verkkojännitteisellä kaksinapaisella verkkojännitekaapelilla. Häiriöalttiissa kohteessa suositellaan käytettävän suojattua parikierrettyä kaapelia. [12, s. 6.]

Mallikohteessa DALI-järjestelmä koostuu Helvarin Digidim 910 -reitittimistä, Imagine 942 -sisäänmenoyksiköstä, Digidim 312 Multisensoreista, Digidim 494 rele-yksiköistä, Digidim ohjausmoduuleista (painikkeet) ja valaisimista, joissa on DALI-liitäntälaitteet. Keskukseen asennettavat komponentit on DIN-kiskokiinnitteisiä.

Reititin



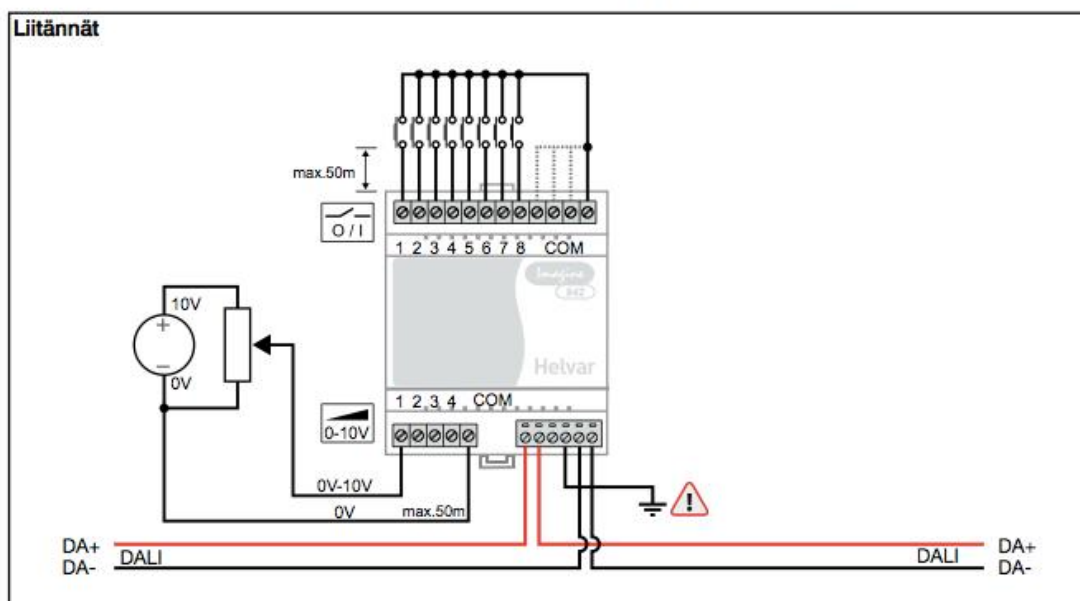
DIN-kiskoasennus 9U leveä, paino 265 g



Kuva 20. Helvar Digidim 910 -reititin [12, s. 12]

Helvar Digidim 910-reitin esitetään kuvassa 20. Digidim 910 -reititin käyttää normaalia Ethernet-protokollaa (TCP/IP) useiden DALI-verkkojen yhdistämiseen. Reitittimessä on kaksi DALI-verkkoa, mitkä mahdollistavat käyttää yhteensä 128:aa DALI-ohjauslaitetta ja kuormaliitintä. Mallikohteeseen asennetaan reitittimiä 1-2 kpl jokaiseen myymälän valaistusta syöttävään jakokeskukseen. [12, s. 12.]

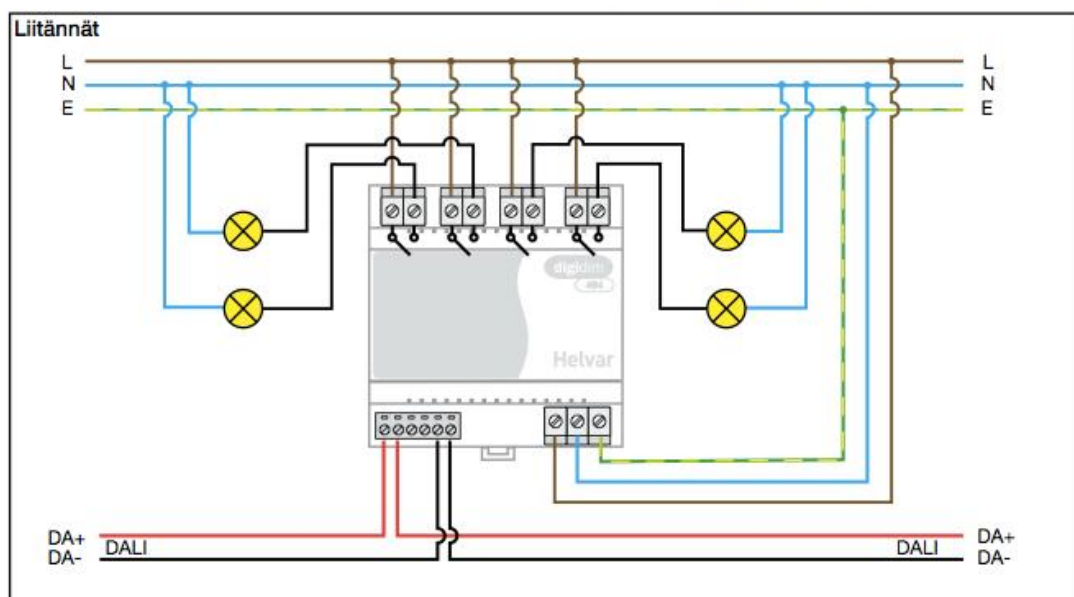
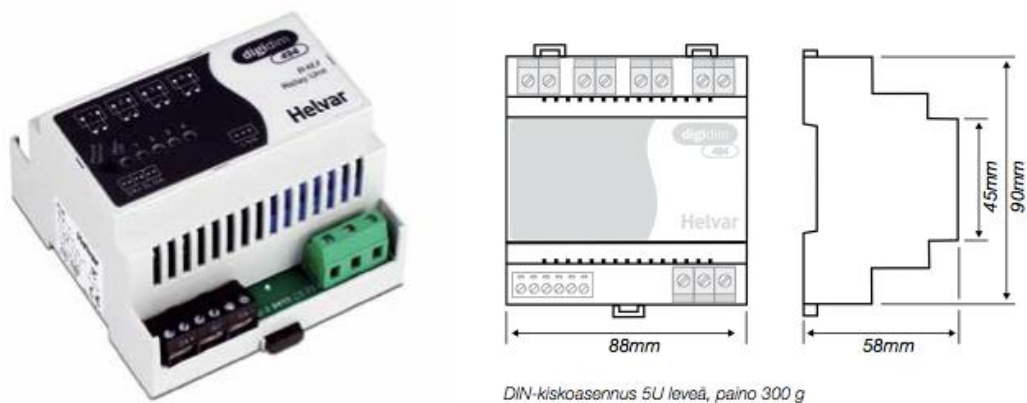
Sisäänmenoyksikkö



Kuva 21. Helvar Imagine 942 -sisäänmenoyksikkö [12, s. 55]

Helvar Imagine 942 -sisäänmenoyksikkö esitetään kuvassa 21. Sisäänmenoyksikkö on DALI-yhteensopiva laite, johon voidaan liittää kosketintiedolla ohjattavia Digidim -reititinjärjestelmään liitettäviä laitteita. Siinä on kahdeksan potentiaalivapaata sisäänmenoä, jotka voivat olla painonappi tai kytkintyyppisiä. Sisäänmenot voidaan myös määrittellä 0 - 10 V analogiselle ohjaukselle soveltuvaksi. Mallikohteessa sisäänmenoyksikköön otetaan kosketintiedot valvonta alakeskukselta (aikaohjelmat) ja murtohälytinkeskukselta (hälytys tai sammutus). [12, s. 55.]

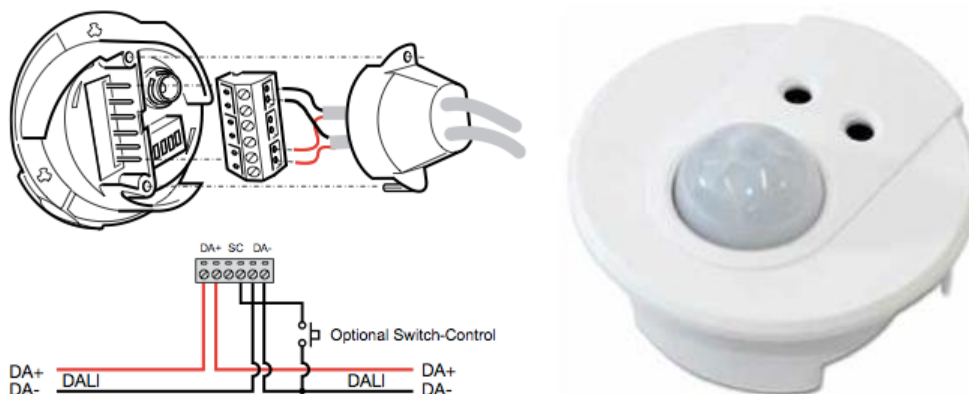
Relelyksikkö



Kuva 22. Helvar Digidim 494 -relelyksikkö [12, s. 21]

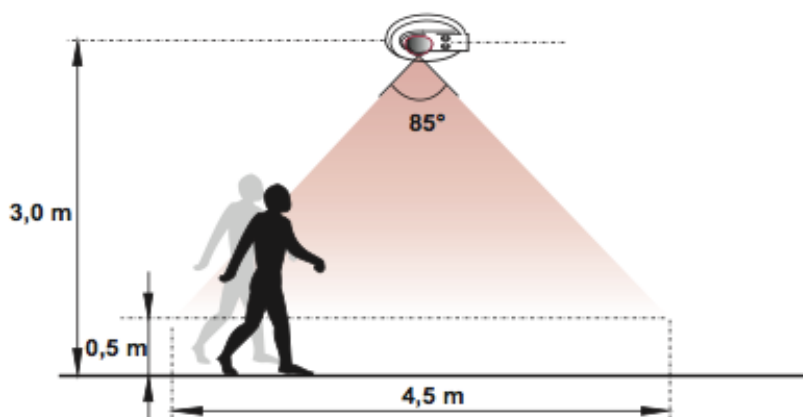
Helvar Digidim 494 -relelyksikkö esitetään kuvassa 22. Digidim 494 on nelikanavainen DALI-relelyksikkö jonka releet ovat sulkeutuvia ja potentiaalivapaita, ja niillä voidaan ohjata enintään 10 A:n resistiivisiä kuormia. Mallikohteessa relelyksiköllä ohjataan kohde- ja kalustevalaistuksen ohjausvirtapiirien apukontaktoreita. [12, s. 21.]

Multisensori



Kuva 23. Helvar 312 –Multisensori [13, s. 1]

Helvar Digidim 312 –Multisensori esitetään kuvassa 22. Multisensori on pienikokoinen laite jolla on useita ominaisuuksia, kuten vakiovalo-ohjaus, liiketunnistin, kauko-ohjaimen vastaanotin ja suorapainikeohjausliitäntä. Läsnaolotunnistustoiminto sisältää kolme ohjelmoitavaa valotilannetta. Mallikohteessa Multisensoria käytetään havaitsemaan liike myyntiosastoilla sekä käytäväalueilla. Multisensori sytyttää myyntialueella olevat DALI-valaisimet sekä säätää niitä määriteltyjen parametrien mukaan. [13, s. 1.]



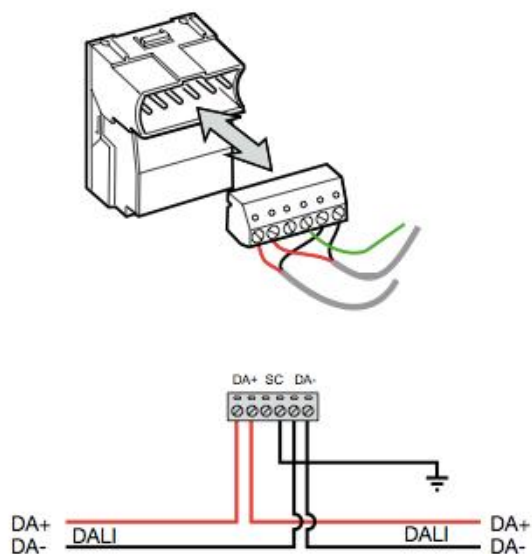
Kuva 24. Helvar 312 -Multisensorin valvonta-alue [13, s. 1]

Multisensorin valvonta-alue esitetään kuvassa 24. Se on 85 astetta kolmen metrin asennuskorkeudella ja kattaa 4,5 m alueen. Mallikohteessa multisensorin sijoittamisessa myyntialueelle on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, että se ei reagoi käytävällä liikkuvan henkilön liikkeeseen. Multisensorin valvonta-aluetta tulee tarvittaessa rajata. Multisensorin tulee havaita liike myyntialueella liikuttaessa.

Painikkeet

Henkilökunnan kulkureittien yhteyteen asennetaan painikkeet, joilla myymälän valaistusta voidaan ohjata kaupan aukioloaikojen ulkopuolella. Painikkeina käytetään Helvarin 13XX-painikemoduuleja, jotka ovat DALI-yhteensopivia käyttöliittymiä, joiden avulla järjestelmää voidaan ohjata. Kuvassa 25 on esitetty vaihtoehdot painiketypit.

Liitännät



Moduulit



Kuva 25. Helvar 13XX-painikemoduulit [12, s. 42]

Painikkeet on joko mustia tai valkosia. Kehyksiä on yksi- ja kaksiosaisia. Jokaisessa moduulissa on LED-merkkivalo ja infrapunavastaanotin.

Valaisimet

Myymän yleisvalaistuksessa käytetään Fagerhultin iTrack Line -valaisinta, jossa on DALI-liitäntälaite. Valaisin asennetaan suoraan iTrack-kosketinkiskoon iTrack-virranottimella. Valaisin esitetään kuvassa 26.



Kuva 26. Fagerhult iTrack Line -valaisin [5, s. 221]

3.4.4 DALI-ohjelmointiparametrit

DALI-järjestelmään tehdään kaksi aikaohjelmaa: päiväohjelma ja yöohjelma. Päiväohjelmalla tarkoitetaan aikaa, jolloin myymälä on auki ja yöohjelmalla aikaa jolloin myymälä on kiinni. Aikaohjelmat luodaan rakennusautomaatiojärjestelmällä, tieto tuodaan valvonta-keskukselta (VAK) Helvarin Digidim 942 sisäänmenoyksikköön.

Päiväohjelma:

- Käynnistyessään antaa käskyn ”käytäväalueet 95 %, osastot 20 %”.
- Myymäläosastoilla liiketunnistuksen sattuessa ko. osaston valaistuksen ohjaus 95 %:iin.
- Ohjaus säilyy 95 %:ssa 90 s ajan, jonka jälkeen himmennys 20 %:iin.
- Ohjaus säilyy 20 %:ssa 30 min ajan, jonka jälkeen sammutus.
- Käytäväalueilla ohjaus jatkuvasti 95 %.
- Kohde- ja kalustevalaistus päällä.

Yöohjelma:

- Käynnistyessään antaa käskyn ”käytäväalueet + osastot 0 %”.
- Käytäväalueilla liiketunnistuksen sattuessa sytyttää käytäväalueen valot 30 min. ajaksi 50 % teholla.
- Osastojen liiketunnistimet pysyvät aktiivisina, liiketunnistuksen sattuessa syttyvät ko. osaston valot kuten päiväohjelmassakin ja lisäksi syttyvät käytäväalueen valot 30 min. ajaksi 50 % teholla.
- Kohde- ja kalustevalaistus pois päältä.

Kaikissa ohjausmuutoksissa on 3 sekunnin transiioaika (esimerkiksi muutos 20 %:sta → 95 %:iin kestää 3 sekuntia).

Henkilökunnan kulkureittien yhteyteen asennetaan kaksiosaiset painikkeet, josta valaistus voidaan kytkeä päälle ja pois. ON-painike antaa käskyn ”käytäväalueet 50 %”. OFF-painike antaa käskyn ”käytäväalueet + osastot 0 %”. Painikkeiden avulla voidaan ohittaa aikaohjaus erikoistilanteissa (esimerkiksi vartijan käydessä paikalla). Painikkeiden toiminta on estetty päiväohjelman ollessa päällä. Lisäksi järjestelmään asennetaan neljä ”master-painiketta” toimistotilojen yhteydessä olevaan ”laitetilaan”. Näiden painikkeiden toiminta-aikoja ei rajoiteta. Painikkeille tulee seuraavat toiminnot:

- käytäväalueet + osasto 100 %
- käytäväalueet + osasto 0 %
- päiväohjelma päälle
- yöohjelma päälle.

Murtohälytyskeskukselta tuodaan signaali DALI-järjestelmään. Hälytyksen sattuessa järjestelmä antaa käskyn ”käytäväalueet + osastot 100 %”. Valot palavat seuraavan aikaohjelman alkuun asti tai kunnes hälytys kuitataan, jolloin järjestelmä antaa käskyn ”käytäväalueet + osasto 0 %”.

3.4.5 DALI-järjestelmän ohjelmointi

DALI-järjestelmän ohjelmointi suoritetaan käyttämällä Helvarin Designer-ohjelmaa. Ohjelmisto toimii tietokoneella, jossa on Windows-käyttöjärjestelmä. Helvar Designer-ohjelmisto on tarkoitettu Helvar 910- ja 920-reititinjärjestelmien suunnitteluun, käyttöönnottoon ja ohjelmointiin. Ohjelma voidaan tehdä offline-tilassa, olemassa olevaa projektia voidaan hienosäätää ja täydentää offline-tilassa. Offline-tilassa tehdyt muutokset voidaan ladata laitteille. Järjestelmän tiedot voidaan suojata salasanasuojauksella ja ohjelmiston tietoja on mahdollista siirtää muihin Microsoftin ohjelmiin kuten Exceliin. Designer-ohjelmalla voidaan valvoa järjestelmää ja kerätä lokitietoja. Sen avulla voidaan tuottaa laitteiden toiminnan diagnostiset raportit ja helpottaa vian etsintää.

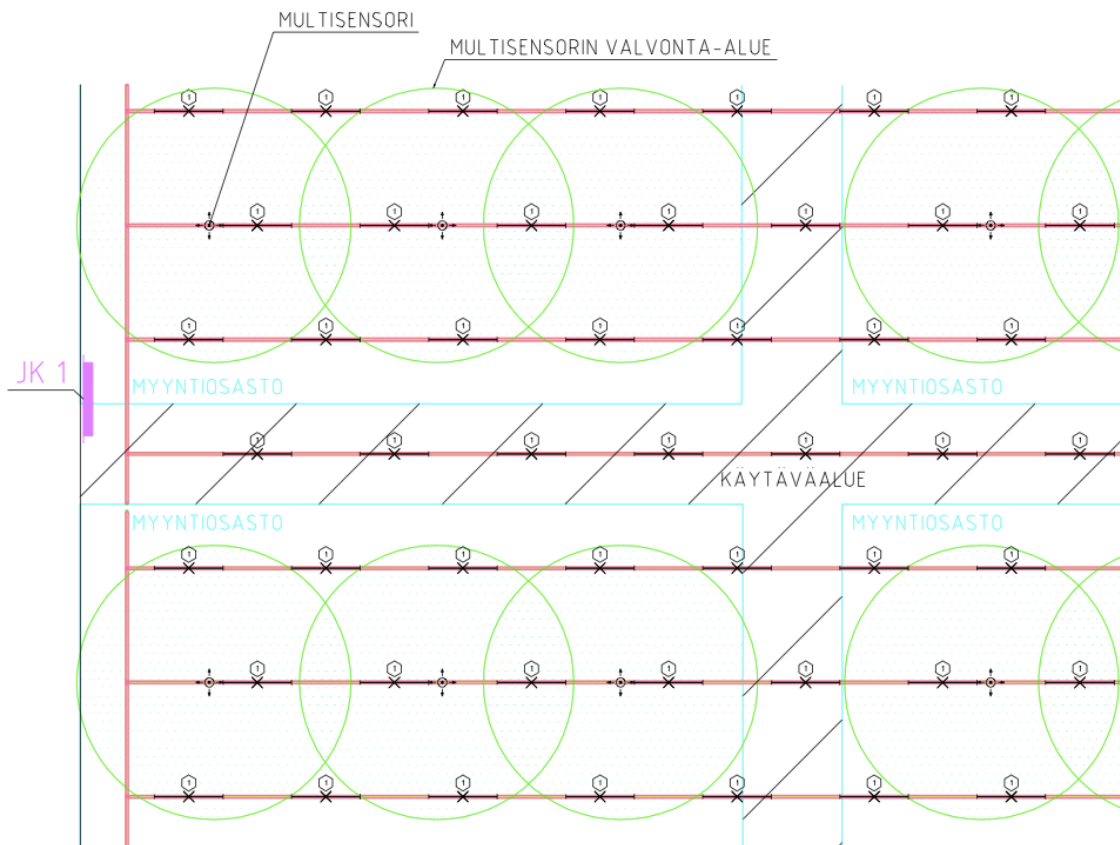
DALI-järjestelmän laitteiden käyttöönotto tehdään kertaluontoisesti, kun fyysiset laiteasennukset on saatu tehtyä. Käyttöönoton ensimmäisessä vaiheessa kaikki järjestelmän laitteet tunnistetaan, testataan, nimetään ja ryhmitellään. Ohjelmoinnin hienosäätö voidaan tehdä paikan päällä, kun todellinen tilanne selviää. Ohjelmointityön voi tehdä sähkölaitteiston rakentanut sähköurakoitsija itse tai se voi käyttää DALI-järjestelmän ohjelmointiin ja käyttöönottoon erikoistunutta alan yritystä. [12, s. 64-65.]

3.4.6 DALI-järjestelmän mallipiirustukset

Mallipiirustuksissa esitetään otteita myymälän valaistuksien ohjauksien sähkösuunnittelun periaatesuunnitelmista. Kuvissa esitetään periaatteet, joilla DALI ohjauksella toteutettavalla ratkaisulla pystytään valaistusta ohjaamaan. Kuvista esitetään myös toimintaa kuvaava selostus. Mallipiirustuksia DALI ohjauksella toteutettavassa ohjausratkaisussa ovat

- tasopiirustus
- jakokeskuksen pääkaavio
- jakokeskuksen piirikaaviot.

Tasopiirustus

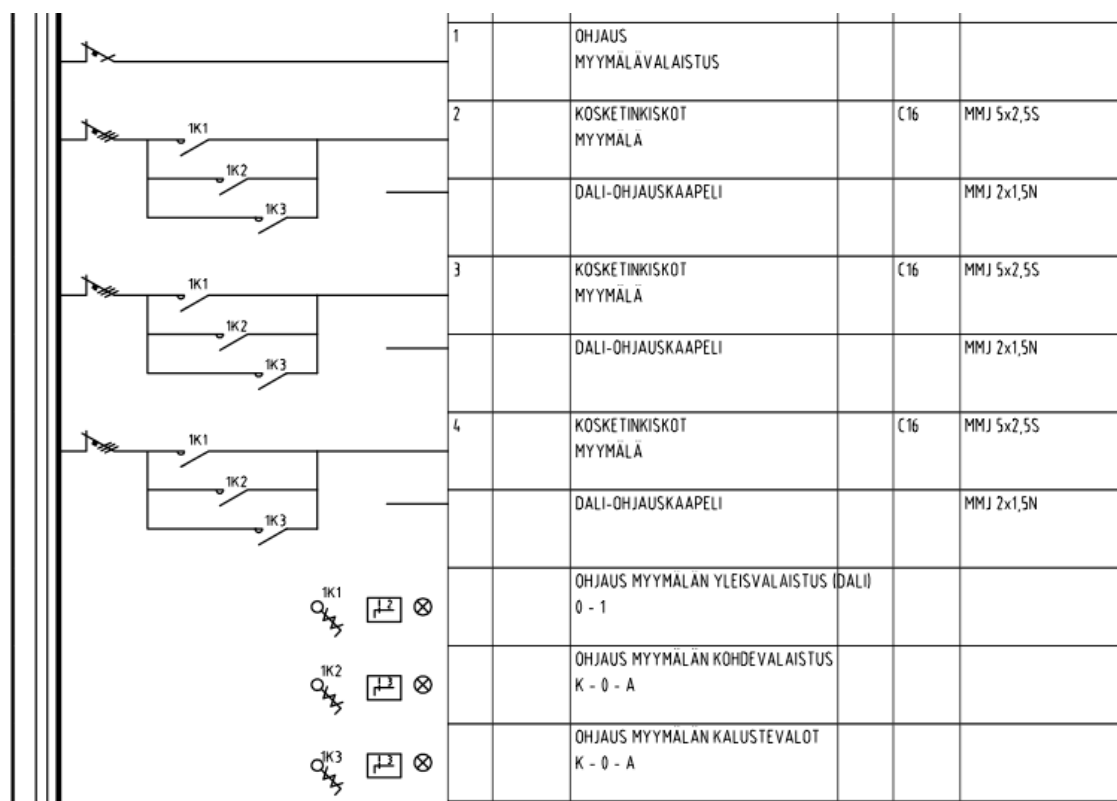


Kuva 27. Tasopiirustus

DALI ohjauksella toteutetun valaistuksenohjauksen tasopiirustus esitetään kuvassa 27, johon on tehty kuvitteelliseen myymäläpohjaan sähköpistekuva. Kuvassa on merkitty sinisellä värillä myyntiosastojen aluerajat sekä korostettu mustalla viivalla korostettu käytäväaluetta. Vihreällä ympyrällä on esitetty Multisensorin valvonta-alue. Tasopiirustukseen on punaisella värillä piirretty iTrack-kosketinkiskot, jotka kattavat käytännössä koko myymälän alueen. Valaisimet ja multisensorit kiinnitetään suoraan kosketinkiskoon. Kuvassa ei ole esitetty kohdevalaisimien paikkoja, koska tasopiirustus on havainnekuva, missä ei ole myymäläpohjaa taustalla.

Jakokeskuksen pääkaavio

Jakokeskuksen pääkaavio esitetään kuvassa 28. Pääkaaviota tarkasteltaessa nähdään, että kosketinkiskolähdöt ovat kolmivaiheisia kontaktoriorhjattuja lähtöjä, jossa kaikki vaiheet (L1, L2 ja L3) on ohjattuja. Lähdöt on mallikuvassa suojattu C16 A johdonsuojakatkaisijalla ja ryhmäjohtona käytetään MMJ 5x2,5S kaapelia. DALI ohjausvirtapiiriä varten jokaiselle kosketinkiskolähdölle on oma MMJ 2x1,5 syöttökaapeli. Keskuksessa on valaistusohjauksia varten oma B10 A johdonsuojakatkaisija, joka toimii johdonsuojana ohjausvirtapiirille.

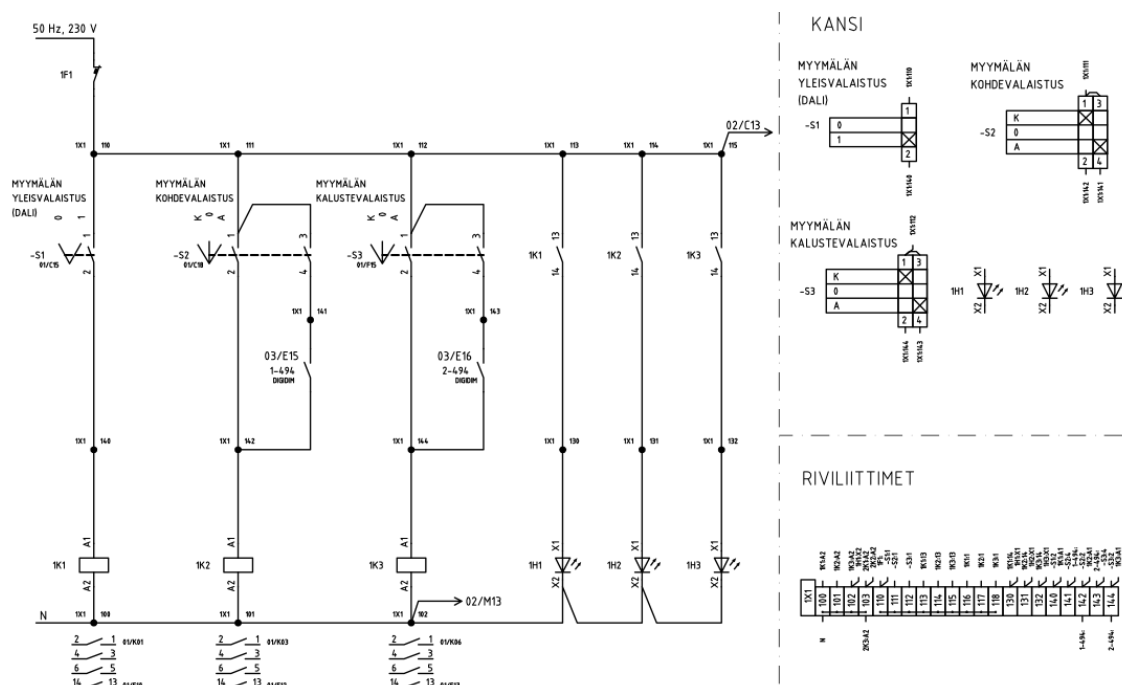


Kuva 28. Jakokeskuksen pääkaavio

Valaistuksenohjauksia varten keskuksessa on apukontaktorit 1K1, 1K2 ja 1K3. Apukontaktorin 1K1 ohjataan päälle/pois 0-1-kytkimellä, koska sen ohjaukseen kytketään vain DALI-valaisimia ja niillä tulee olla jatkuva sähkö. 1K2 ja 1K3 kontaktoreita ohjataan Digidim releyksiköllä. Ohjaukset voidaan ohittaa tarvittaessa keskuksen kannessa olevilla K-0-A-kytkimillä. Apukontaktorin ollessa vetäenäänä, keskuksen kannessa oleva merkkilamppu palaa. Releyksikkö ja ohjausvirtapiirin toiminta selviää jakokeskuksen piirikaavioista.

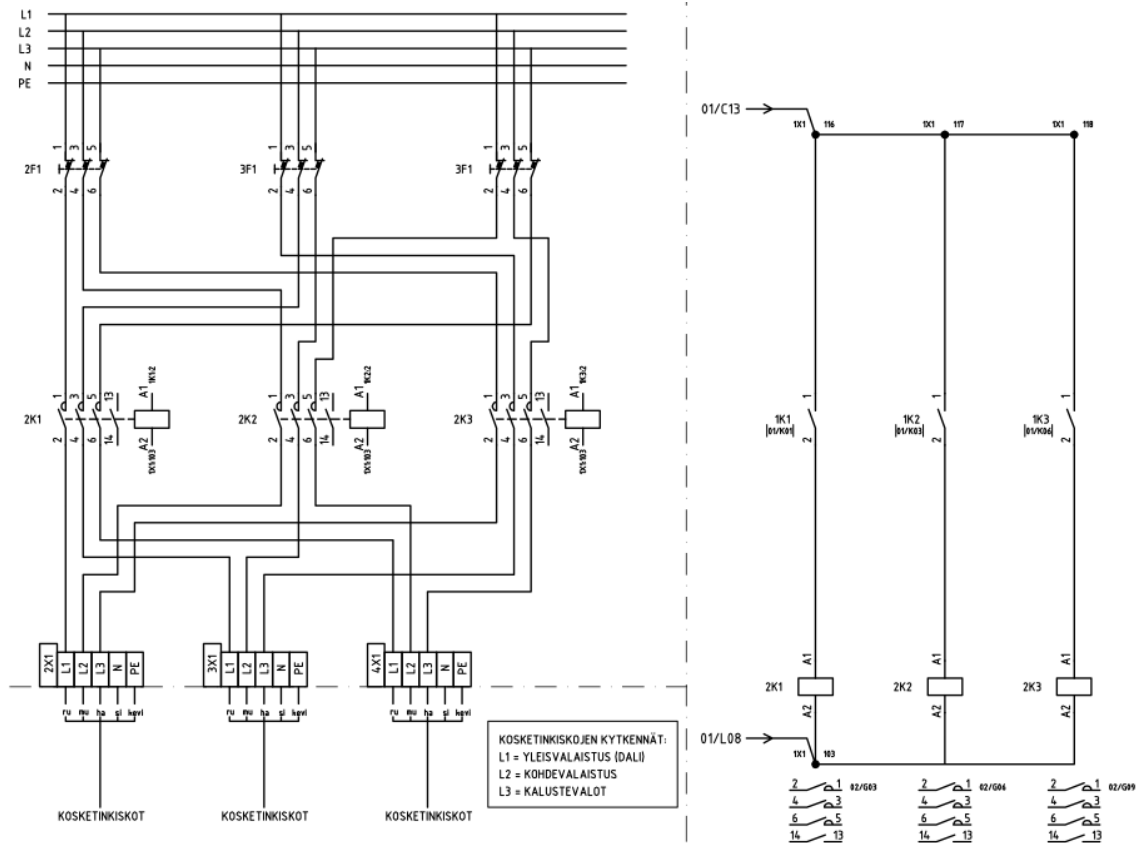
Jakokeskuksen piirikaaviot

Jakokeskuksen ohjausvirtapiirin piirikaavio esitetään kuvassa 29. Ohjauspiirikaaviosta selviää apureiden toiminta. Apukontaktori 1K1 ohjaa myymälän yleisvalaistusta. Yleisvalaisimet on DALI-valaisimia ja niille tulee suora sähkö koko ajan. Yleisvalaistus voidaan sammuttaa tarvittaessa yhteisesti 0-1-kytkimellä. Apukontaktori 1K2 ohjaa myymälän kohdevalaistusta ja 1K3 ohjaa myymälän kalustevaloja. Keskuksen kannessa on kolme käyttökytkintä ja merkkilamppua, ne on esitetty piirikaavion oikeassa yläkulmassa.



Kuva 29. Jakokeskuksen piirikaavio 1 (3)

Tarkasteltaessa esimerkiksi apureleen 1K2 toimintaa, se saa sähkönsä kannessa olevan K-0-A-kytkimen asennosta riippuen suoraan tai Digidim releyksikön sulkeutuvien koskettimien kautta. Normaalityltilanteessa käyttökytkin tulee pitää automaattiasennossa, jotta valaistukset toimivat halutulla tavalla DALI-ohjauksien mukaisesti. Kun apukontaktori 1K2 on vetäneenä, sen koskettimet 13 - 14 sulkeutuvat ja merkkilamppu H2 palaa. Kontaktori sulkeutuvat koskettimet 1 - 2 ohjaavat pääpiirien kontaktoria, joka kytkee sähköt kohdevalaistukselle.

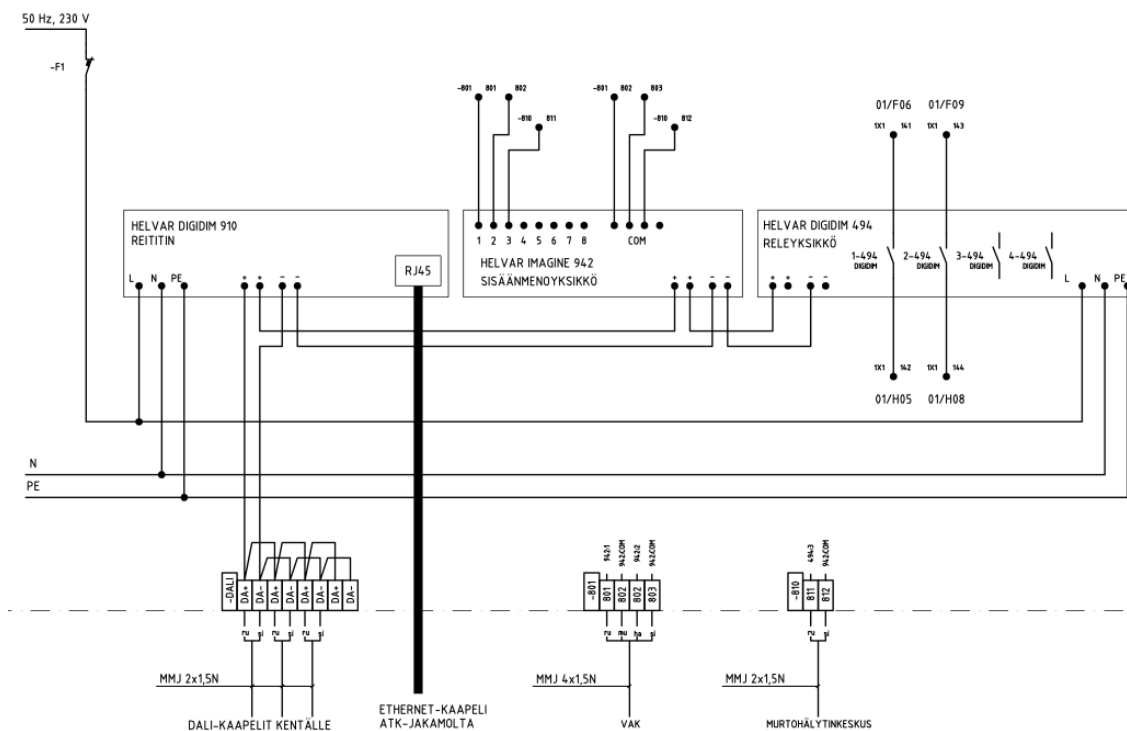


Kuva 30. Jakokeskuksen piirikaavio 2 (3)

Jakokeskuksen kosketinkiskolähtöjen pääpiirikaavio ja ohjauspiirikaavio esitetään kuvassa 30. Päävirtapiirissä on omat kontaktorit L1, L2 ja L3 -vaiheille. Kontaktori 2K1 ohjaa kosketinkiskoille kytkettävää L1 vaihetta, 2K2 ohjaa vaihetta L2 ja 2K3 ohjaa vaihetta L3. Vaihejohtimien järjestystä vaihdetaan tarkoituksenmukaisesti, jotta myymälän valaistuksen kuormitus jakautuu mahdollisimman tasaisesti. Huomioitavaa on, että kosketinkiskolle lähtevät L1, L2 ja L3 -vaiheet kytketään oikein kosketinkiskoihin, koska myymälässä koko yleisvalaistus valitaan kosketinkiskosta vaiheittomella L1-vaiheelle, kohdevalot L2-vaiheelle ja kalustevalot L3-vaiheelle.

Ohjausvirtapiiriä tarkasteltaessa huomataan, että pääpiirin 2K1 kontaktoria ohjaa apukontaktori 1K1 sulkeutuvilla koskettimilla (1 - 2), ohjaus on tyyppiä ”myymälän yleisvalaistus”, jossa ohjataan valaistusryhmän L1 vaihetta. Kontaktorit 2K2 ja 2K3 ohjaavat myymälän kohde- ja kalustevalaistusta samalla periaatteella, molemmilla on omat erilliset ohjaukset ja ne on kytketty omille vaiheilleen.

Myymälän kosketinkiskolle lähtee MMJ 5 x 2,5S syöttökaapelit. DALI virtapiirin syöttökaapelit on esitetty kuvassa 31 (ks. seur. s.).



Kuva 31. Jakokeskuksen piirikaavio 3 (3)

Jakokeskuksessa sijaitsevat DALI-järjestelmän komponentit esitetään myös piirikaaviossa ja ne esitetään kuvassa 31. Kuvassa esitetään yhden myymälän jakokeskuksen komponentit, muissa myymälän jakokeskuksissa on vain releyksiköt ja reitittimet. Myymälään tulee yksi Digidim sisäänmenoyksikkö, johon johdetaan aikaohjelmatiedot rakennusautomaatiojärjestelmästä sekä hälytystieto murtohälytinkeskukselta. Sisäänmenoyksikkö sijoitetaan jakokeskukseen, joka on lähimpänä rakennusautomaatiojärjestelmän valvonta-alakeskusta (VAK). Digidim 494 releyksikkö ohjaa myymälän kohde- ja kalustevalaistusta. Piirikaaviossa on esitetty lisäksi kentälle lähtevät kaapelit. Kosketinkiskoille lähtevät DALI-ohjausvirtakaapelit kaapeloidaan MMJ 2 x 1,5N kaapelilla, VAK:lle lähtevä kaapeli on MMJ 4 x 1,5N:llä ja murtohälytinkeskukselle lähtevä kaapeli on MMJ 2 x 1,5N. Reitittimelle tuleva ethernet-kaapeli kaapeloidaan kerrosjakamolle, jossa kytkimen avulla yhdistetään reitittimet samaan verkkoon.

4 Ohjausjärjestelmien kustannuslaskelmat

4.1 Kustannuslaskelmat

Kustannuslaskelmat perustuvat sähkö-, tele- ja automaatiotuotteiden toimittajan SLO Oy:n internet-sivustoilla oleviin hintoihin [14]. Hinnat on kuluttajahintoja, eikä niissä ole huomioitu sähköurakoitsijoiden saamia alennuksia. Valaisimien ja kosketinkiskojen hinta perustuu Fagerhult Oy:lta saatuihin tietoihin [15]. Fagerhultilta saadut hinnat on valmistajan suositushintoja.

Kustannuslaskelmissa on laskettu esimerkkinä noin 4000 m²:n kokoisen myymälän valaistusjärjestelmän kustannukset. Valaistusta syötetään myymälässä neljästä keskuksesta. Kustannuslaskelmassa huomioidaan koko myymälä, mutta lasketaan vain yhden keskusalueen kustannukset. Yksi keskusalue kattaa noin 1000 m²:n kokoisen alueen.

Laskelmat on laadittu mallipiirustuksissa esitetyistä ratkaisuista. Järjestelmien hintoja ei voida suoraan vertailla keskenään, koska valaistusjärjestelmät ja valaistuksen ohjaukset eivät ole keskenään samanvertaisia. Releillä toteutettua ratkaisua ja KNX-järjestelmällä toteutettua ratkaisua voidaan vertailla hieman tarkemmin, koska näissä valaistusjärjestelmä ja sähkönjakelu on myymälässä samanlainen. DALI-järjestelmällä toteutetussa valaistuksen ohjausratkaisussa myymälän yleisvalaisimet on säädettäviä ja sähkönjakelu on toteutettu koko myymälän alueella kosketinkiskoilla. Releillä toteutetussa ja KNX-toteutetussa järjestelmässä myymälässä on tavalliset valaisimet asennettuna ripustuskiskoon ja kohde- ja kalustevalaistusta varten on omat erilliset kosketinkiskot. Kustannuslaskelman perusteella voidaan karkeasti vertailla eri järjestelmien kustannuksia.

Yleisvalaistuksen valaisimena käytetään releillä toteutetussa ratkaisussa ja KNX-järjestelmällä toteutetussa ratkaisussa Alppilux AM154A 1 x 54 W -valaisinta, joka asennetaan ripustuskiskoon. Kohde- ja kalustevalaistukselle on oma kosketinkisko, jonka tyyppinä käytetään Nordic Aluminium XTS-sarjan kosketinkiskoa. DALI-järjestelmässä käytetään Fagerhultin tuotteita, jolloin koko myymälän alueelle asennetaan iTrack kosketinkiskot, joihin asennetaan suoraan iTrack Line 1 x 54 W -valaisimet. Kohde- ja kalustevalojen kustannuksia ei oteta laskelmassa huomioon, koska niiden määrä on

kaikissa ohjausratkaisussa sama. Laskelmassa on otettu huomioon valaistusjärjestelmään liittyvät tarvikkeet: keskuksissa olevat järjestelmäkomponentit ja kaapeloinnit. Kustannuslaskelmissa ei huomioida asennustyön osuutta, pois lukien KNX ja DALI -järjestelmien ohjelmointityöt, jotka on itse arvioitu.

4.2 Releillä toteutettavan valaistuksenohjauksen kustannukset

Mallipiirustuksissa esitetyn releillä toteutettavan valaistuksenohjauksen kustannukset on laskettu yhden jakokeskuksen alueen syöttämälle alueelle, joka on n. 1000 m² myymäläpinta-alaa. Järjestelmän kustannukset esitetään taulukossa 2. Taulukossa on esitetty käytettävien sähkötarvikkeiden määrät ja kustannukset. Määrät ovat arvioita, eivätkä perustu mihinkään toteutuneeseen kohteeseen. Kustannusarviossa ei ole huomioitu jakokeskuksissa olevia lähtöjen komponentteja (kontaktorit, johdonsuojat, käyttökytkimet jne.), koska niiden määrät ovat kaikissa ohjausratkaisuissa lähes samat. Valaistuksen ohjauskeskuksen hinnasta on taulukossa huomioitu vain neljännesosa, koska myymälässä on neljä keskusta ja se palvelee kaikkia näitä.

Taulukko 2. Releillä toteutetun järjestelmän kustannukset 1 000 m² alueella.

Releillä toteutettu ohjaus			
Tuote	Määrä [kpl]	Hinta [€]	Yhteensä [€]
Valaisin Alppilux AM154A	120	105	12600
Ripustuskisko Meka MEK 70	390	9,05	3530
Ripustuskiskotarvikkeet MEKA	100	5	500
Kosketinkiskot Nordic Aluminium XTS	240	22,5	5400
Kosketinkiskotarvikkeet Nordic Aluminium	75	10	750
Valaistuksenohjauskeskus (VOK)	0,25	500	125
Valaisimien kaapelointi (MMJ 5x2,5S)	100	3,71	371
Kosketinkiskojen kaapelointi (MMJ 5x2,5S)	75	3,71	278
Ohjauskaapelit (MMO 7x1,5)	95	3,98	378
Hinta yhteensä:			23932

Taulukossa esitetyn kustannusarvion perusteella voidaan karkeasti arvioida, että releillä toteutetun valaistuksenohjauksen hinta ilman asennusta on noin 25 €/m² myymäläpinta-alaa.

4.3 KNX-järjestelmällä toteutettavan valaistuksenohjauksen kustannukset

Mallipiirustuksissa esitetyn KNX-järjestelmällä toteutettavan valaistuksenohjauksen kustannukset on arvioitu samalla periaatteella kuin kohdan 4.2 releillä toteutetussa ratkaisussa. KNX-järjestelmässä ei ole erillistä valaistuksen ohjauskeskusta, vaan ohjaukset toteutetaan jakokeskuksissa olevilla KNX-järjestelmän komponenteilla. KNX-järjestelmällä toteutetun järjestelmän kustannukset n. 1 000 m² alueella esitetään taulukossa 3. Taulukossa on esitetty KNX-komponentteja, joiden hinnasta on huomioitu vain neljäsosa, koska ne palvelevat koko valaistusjärjestelmää ja sijoitettuna yhteen myymälän keskukseen. (Laskelmissa huomioitu n. ¼ koko myymälän pinta-alasta.)

Taulukko 3. KNX-järjestelmällä toteutetun järjestelmän kustannukset 1 000 m² alueella.

KNX-järjestelmällä toteutettu ohjaus			
Tuote	Määrä [kpl]	Hinta [€]	Yhteensä [€]
Valaisin Alppilux AM154A	120	105	12600
Ripustuskisko Meka MEK 70	390	9,05	3530
Ripustuskiskotarvikkeet MEKA	100	5	500
Kosketinkiskot Nordic Aluminium XTS	240	22,5	5400
Kosketinkiskotarvikkeet Nordic Aluminium	75	10	750
Hager TXA111 virtalähde	0,25	621	155,25
Hager TXA206A lähtöyksikkö	1	538	538
Hager TXA306 tuloyksikkö	0,25	571	143
Hager WTU03 väyläliityntäyksikkö	2	177	354
Hager WYT340 painike	2	124	248
Valaisimien kaapelointi (MMJ 5x2,5S)	100	3,71	371
Kosketinkiskojen kaapelointi (MMJ 5x2,5S)	75	3,71	278
KNX-väyläkaapelointi (KLMA 4x0,8)	300	0,99	297
Ohjauskaapelit (MMO 7x1,5)	20	3,98	80
Ohjelmointityöt	24	70	1680
Hinta yhteensä:			26923

Taulukossa esitetyn kustannusarvion perusteella voidaan karkeasti arvioida, että KNX-järjestelmällä toteutetun valaistuksenohjauksen hinta ilman asennusta on noin 30 €/m² myymäläpinta-alaa.

4.4 DALI-järjestelmällä toteutettavan valaistuksenohjauksen kustannukset

Mallipiirustuksissa esitetyn DALI-järjestelmällä toteutettavan valaistuksenohjauksen kustannukset on arvioitu samalla periaatteella kuin kohdan 4.2 releillä toteutetussa ratkaisussa. DALI-järjestelmässä ei ole erillistä valaistuksen ohjauskeskusta, vaan ohjaukset toteutetaan jakokeskuksissa olevilla DALI-järjestelmän komponenteilla. DALI-järjestelmällä toteutetun järjestelmän kustannukset n. 1 000 m² alueella esitetään taulukossa 4. Taulukossa on esitetty Digidim sisäänmenoyksikkö, jonka hinnasta on huomioitu vain neljäsosa, koska se palvelee koko järjestelmää sijoitettuna yhteen myymälän keskukseen. (Laskelmissa huomioitu n. ¼ koko myymälän pinta-alasta.)

Taulukko 3. DALI-järjestelmällä toteutetun järjestelmän kustannukset 1 000 m² alueella.

DALI-järjestelmällä toteutettu ohjaus			
Tuote	Määrä [kpl]	Hinta [€]	Yhteensä [€]
Fagerhult iTrack Line 1 x 54 W -valaisin	120	180	21600
Fagerhult iTrack kosketinkiskot	390	26	10130
Fagerhult iTrack liitäntätarvikkeet	100	30	3000
Helvar Digidim multisensori	22	367	8083
Helvar Digidim 910 -reititin	2	1560	3120
Helvar Digidim 494 -releyksikkö	1	424	424
Helvar Digidim 942 -sisäänmenoyksikkö	0,25	409	102
Helvar Digidim painike	2	248	496
Kosketinkiskojen kaapelointi (MMJ 5x2,5S)	100	3,71	371
DALI väyläkaapelointi (MMJ 2x1,5N)	100	1,34	134
Ohjauskaapelit (MMO 7x1,5)	20	3,98	80
Ethernet-kaapeloinnit (CAT 6)	150	0,845	127
Ohjelmointityöt	40	70	2800
Hinta yhteensä:			50467

Taulukossa esitetyn kustannusarvion perusteella voidaan karkeasti arvioida, että DALI-järjestelmällä toteutetun valaistuksenohjauksen hinta ilman asennusta on noin 50 €/m² myymäläpinta-alaa.

5 Yhteenveto

Insinööriyössä tehtiin mallisuunnitelmat tavaratalon myymälän valaistuksenohjauksille kolmella erityyppisellä ratkaisulla. Valaistuksen ohjausjärjestelminä käytettiin perinteistä releillä ja valaistuksen ohjauskeskuksella toteutettua ohjausjärjestelmää sekä väyläpohjaisilla KNX- ja DALI-järjestelmillä toteutettua ohjausjärjestelmää. Työssä on esitetty periaatteita suunnitteluun ja mitoitukseen sekä käsitelty järjestelmiä yleisesti. Mallipiirustukset on esitetty sillä tarkkuudella, että järjestelmien ohjauksien periaatteet selviävät.

Releillä toteutettavan ohjausratkaisun etuna on sen yksinkertaisuus, edullisuus ja se, että siinä ei vaadita sähköurakoitsijalta erityisosaamista. Releillä toteutetussa ratkaisussa valaistuksen ohjauksiin käytetään erillistä valaistuksen ohjauskeskusta. Valaistuksen ohjauskeskusta käytettäessä on huonona puolena se, että valaistuksen ohjaukset ovat yhden ohjaussulakkeen varassa. Kun valaistuksen ohjauksessa käytetään erillistä ohjauskeskusta, tulee ohjaussulakkeen sijainti merkitä huolellisesti ja opastaa huoltohenkilökunta toimimaan oikein vikatilanteissa. Valaistukset on mahdollista kytkeä tarvittaessa käsikäytölle myymälän keskuksista.

KNX-järjestelmällä toteutettu valaistuksen ohjausratkaisu on kustannuksiltaan lähellä releillä toteutettavan ratkaisun tasoa. KNX-järjestelmän etuna ovat sen asennuksiin liittyvät seikat. KNX-järjestelmässä ei tarvita erillistä valaistuksen ohjauskeskusta ja keskuksien ohjauskaapeleina voidaan käyttää heikkovirtakaapeleita, joissa tieto vietään väylässä KNX-laitteille. KNX-järjestelmällä ei ole vastaavaa ohjaussulakeongelmaa kuin releillä toteutetussa ratkaisussa. KNX-järjestelmässä haasteet ovat järjestelmän ohjelmoinnissa ja sen muutoksien tekemisessä tulevaisuudessa. Ohjelmointityö vaatii aina erityistä osaamista ja ohjelmistotyökalua. Nykyään Suomessa on kuitenkin useita sähköurakoitsijoita, jotka pystyvät työn hoitamaan.

DALI-järjestelmällä toteutettua valaistusohjausta ei tule verrata suoraan releillä tai KNX-järjestelmällä toteutettuun ratkaisuun, koska DALI-järjestelmällä haetaan valaistuksen ohjauksiin omanlaista miellyttävyyttä, valaistuksen säädettävyyttä ja sen kautta energiatehokkuutta. DALI-järjestelmällä yleisvalaistuksen valaistusvoimakkuutta voidaan säätää, eikä myymälän yleisvalaistusta tarvitse ylimitoitaa. DALI-järjestelmän toteutuksessa käytettiin koko myymälän alueelle asennettavaa kosketinkiskojärjestel-

mää, johon liitetään yleisvalaisimet sekä kohde- ja kalustevalaisimet. Kustannuksiltaan DALI-järjestelmä on malliratkaisun mukaan toteutettuna näistä kallein järjestelmä. DALI-järjestelmä on mahdollista toteuttaa myös samalla periaatteella kuin KNX-järjestelmällä tehty ohjaus ratkaisu, jossa valaistusta ohjataan releyksikoilla. Tässä insinööriyössä ei kuitenkaan esitetä sen toteutusta.

Tässä insinööriyössä esitettyjä mallipiirustuksia voidaan hyödyntää sähkösuunnittelussa. Esitettyjä ratkaisuja ja malleja on helppo soveltaa ja tarvittaessa yksinkertaistaa. Piirikaaviot on esimerkiksi laadittu sillä periaatteella, että jokaisella ohjauksella on omat apukontaktorit. Piirikaavioita on halutessaan mahdollista yksinkertaistaa ja ohjata pääpiirin kontaktoreita suoraan ja samalla vähentää kontaktoreiden määrää. Mallisuunnitelmien mukaisilla ratkaisuilla valaistusohjaukset ovat kuitenkin toteutettavissa. Insinööriyössä ei käsitellä KNX- ja DALI-järjestelmien ohjelmointiin liittyviä asioita kovin syvästi. Tähän asiaan kannattaa perehtyä tarkemmin, kun järjestelmiä toteutetaan. DALI-järjestelmän tuomat energiansäästöt kannattaa arvioida vertailtaessa eri järjestelmien kannattavuutta.

Lähteet

- 1 International Energy Agency. Energy efficiency: Lighting. Verkkodokumentti. <<http://www.iea.org/topics/energyefficiency/lighting/>>. Luettu 27.3.2014
- 2 KNX Finland verkkosivut. KNX ammattilaisille. Verkkodokumentti. <<http://www.knx.fi/index.php?k=220417>>. Luettu 15.1.2014
- 3 KNX käsikirja asuntojen ja rakennuksien ohjauksiin. 2006.
- 4 DALI AG. DALI Manual. 2001. Verkkodokumentti. <http://www.dali-ag.org/c/manual_gb.pdf>. Luettu 11.3.2014.
- 5 Fagerhult indoor lightning solutions. Luettelo 2013-2014
- 6 Seppänen, Jarmo. 2014. Asiakkuuspäällikkö, Granlund Oy, Helsinki. Keskustelu 3.2.2014.
- 7 Suuronen, Jari. 2008. Ruokakesko Oy. Valaistus- ja lampputaulukko.
- 8 Lindholm, Sami. 2013. Anttila Oy. Anttila- ja Kodin Ykkönen -tavaratalojen yleisvalaistusjärjestelmä.
- 9 UTU:n verkkosivut. Tekniset tiedot KNX-laitteet. Verkkodokumentti. <<http://www.utu.eu/sites/default/files/attachments/knx-tekniset-tiedot-11fi0211.pdf>>. Luettu 10.2.2014.
- 10 UTU:n verkkosivut. KNX-väyläohjaustuotteet. Verkkodokumentti. <http://www.utu.eu/sites/default/files/attachments/12fi0477_kat_tebis_knx_kallysto_web.pdf>. Luettu 10.2.2014.
- 11 Sähköinfo. 2012. ST-kortti 701.31. Sähköautomaatiototeutus KNX-järjestelmää käyttäen.
- 12 Helvarin verkkosivut. Valaistusjärjestelmien tuotteet. Verkkodokumentti. <<http://helvar.fi/downloads/product-documentation/catalogues>>. Luettu 18.2.2014.
- 13 Helvarin verkkosivut. Digidim 312 Multisensor datalehti. Verkkodokumentti. <http://www.helvar.fi/sites/default/files/product_datasheets/Helvar_312_Multisensor_Datalehti_Issue04_fi.pdf>. Luettu 18.2.2014.

- 14 SLO Oy. Verkkosivusto. Verkkodokumentti. <<http://www.slo.fi>>. Luettu 18.3.2014.
- 15 Linna, Maria. 2014. Fagerhult Oy. Re: iTrack-järjestelmän hintatietoja [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Antti Huovinen. Lähetetty 19.3.2014.