

Jaakko Levomäki

## Piirikaaviomallit

Piirikaavioiden kehittäminen ja hakemistorakenteen  
laatiminen

## **Alkusanat**

Tämä insinööri työ on tehty Hepacon Oy:lle.

Haluan kiittää työnohjaajia ohjauksesta sekä käytännön neuvoista. Osoitan kiitokseni myös Hepaconin suunnittelijoille, joilta sain opastusta CADiE-ohjelman käyttöön.

Esitän kiitoksen avopuolisolleni, lapsilleni ja läheisilleni heidän tuesta ja kannustuksestaan tämän työn aikana.

Espoossa 30.5.2011

Jaakko Levomäki

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Jaakko Levomäki Piirikaaviomallit – piirikaavioiden kehittäminen ja hakemistorakenteen laatiminen 25 sivua + 8 liitettä 30.5.2011
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	rakennusten sähkö- ja tietotekniikka
Ohjaajat	Yliopettaja Torsti Viilo Projektipäällikkö Pekka Isoaho, Hepacon Oy
<p>Tämän insinööriyön tarkoituksena oli kehittää yritykselle lisää piirikaaviomalleja ja laatia niille hakemistorakenne. Tavoitteena oli yhtenäistää piirikaavioiden esitystapaa ja helpottaa piirikaaviomallien löydettävyyttä selkeän hakemistorakenteen avulla. Tarkoitus oli tehdä piirikaaviomalleista sellaiset, että niitä on helppo muokata ja niiden luettavuus on selkeää ja yhdenmukaista. Piirikaaviomallien avulla suunnittelijoiden piirikaaviosuunnittelua pyritään yhtenäistämään ja työskentelyä nopeuttamaan.</p> <p>Insinööriyössä on käytetty apuna yrityksen aikaisempia piirikaaviomalleja sekä eri projekteista löytyviä piirikaavioita. Niiden pohjalta on koottu piirikaavioiden yhtenäinen esitystapa ja kehitetty uudet piirikaaviomallit sen mukaan, että luettavuus säilyy. Piirikaaviomallit on tehty käyttäen piirikaavioiden piirtoon tarkoitettua CADiE-ohjelman sovellusta Pikasso. Hakemistorakenne on laadittu käyttäen Windows-käyttöjärjestelmän hakemistorakennetta.</p> <p>Kehittämäni piirikaaviomallit tuovat paljon uusia piirikaaviomalleja yrityksen käyttöön. Hakemistorakenne helpottaa piirikaaviomallien käytettävyyttä. Mallit on jaoteltu sen mukaan minkälaisia kytkentöjä ne sisältävät. Piirikaavioiden avulla saadaan keskusvalmistajalle oikeat lähtötiedot keskuksen valmistukseen. Piirikaavioiden avulla keskuksiin pystytään tekemään ohjausmuutoksia ja vikakorjauksia ylläpidon aikana.</p>	
Avainsanat	piirikaavio, hakemistorakenne

Author	Jaakko Levomäki
Title	The development of circuit diagrams and the creation of a directory structure
Number of Pages	25 pages + 8 appendices
Date	30 May 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	Electrical Engineering for Building Services
Instructors	Torsti Viilo, Principal Lecturer Pekka Isoaho, Project Manager
<p>The aim of this thesis was to develop new circuit diagram models for a company and to create a new directory structure for the diagrams. The goal was to unify the presentation of the circuit diagrams and make their localization easier with a clear directory structure. The purpose was to produce models that are easy to modify and whose intelligibility is consistent and clear. These circuit diagram models can speed up a designer's job and make their work more consistent.</p> <p>Earlier circuit diagram models of the company and circuit diagrams from various projects were utilized in the thesis. Based on them, a consistent presentation of the circuit diagrams was produced, and the new diagrams were developed so that they maintain their intelligibility. The circuit diagram models were made with an application of the CADiE software intended for circuit diagram drawing called Pikasso. The directory structure was created with the directory structure of the Windows operating system.</p> <p>The circuit diagram models created increase the number of models to be used by the company. The directory structure makes the use of the models easier. The models have been grouped according to their connections. Through the circuit diagrams, the electrical power center manufacturer has accurate information to make an electrical power center. In addition, with the help of the circuit diagrams, changes in the control concept, as well as repairs of the centers can be performed during maintenance.</p>	
Keywords	circuit diagram, directory structure,

## Sisällys

Lyhenteet, käsitteet ja määritelmät

1	Johdanto	1
2	Yritys	2
3	Piirikaaviot	2
3.1	Piirikaavion sisältö	3
3.2	Piirikaavion laadinta	4
3.3	Piirrosmerkit ja niiden tunnukset	5
3.4	Piirikaavioiden piirtäminen CADiE Pikasso-ohjelmalla	7
3.5	Piirikaavioiden vaatimukset	8
3.5.1	Tarjouslaskentavaihe	9
3.5.2	Asennusvaihe	9
3.5.3	Ylläpitovaihe	9
3.6	Piirien ohjaus ja mitoitus	9
4	Moottorikytkennät	10
4.1	Yleisimmät vaihtosähkömoottorityypit	11
4.1.1	Epätahtimoottorit	11
4.1.2	Oikosulkumoottorit	11
4.1.3	Tahtimoottorit	11
4.2	Taajuusmuuttajakäytöt	12
4.2.1	Taajuusmuuttaja pumppukäytössä	12
4.2.2	Taajuusmuuttaja puhallinkäytössä	13
4.2.3	Taajuusmuuttajan ohituskäyttö	13
5	Valaistuskytkennät	14
6	Lämmityskytkennät	15
6.1	Lämmityksen säätö	16
6.2	Suojaus	16
7	Muut kytkennät	16
8	Säätökaavioihin sopivat piirikaaviot	17

9	Työn tavoite	18
10	Työn toteutus	19
11	Jatkokehitys ehdotukset ja tulevaisuuden visiot	22
12	Pohdinta	23
	Lähteet	25

#### Liitteet

Liite 1. Hakemistorakenne

Liite 2. Piirustusluettelo

Liite 3. Esimerkki: mallipiirikaavio, moottorikytkentä

Liite 4. Esimerkki: mallipiirikaavio, valaistuskentä

Liite 5. Esimerkki: mallipiirikaavio, lämmityskytkentä

Liite 6. Esimerkki: mallipiirikaavio, muut kytkennät epäsuoramittaus

Liite 7. Esimerkki: mallipiirikaavio, muut kytkennät varavoima

Liite 8. Esimerkki: mallipiirikaavio ja säätökaavio

## Lyhenteet, käsitteet ja määritelmät

CAD	Tietokoneavusteinen suunnittelu (engl. computer aided design)
EMC	Sähkömagneettinen yhteensopivuus (eng. electromagnetic compatibility)
Erotuskytkin (Turvakytkin)	Odottamattoman käynnistyksen estämiseksi
Indikointi	Tilatieto, esim. moottorin käyntitieto
Kontaktori	Rele, joka ohjaa suuria päävirtapiirejä
IV-hätäseis	Ilmanvaihdon pysäytyskytkin
Rele	Sähkömekaaninen kytkin, jolla ohjataan korkeampia virtoja erillisen ohjausvirran avulla.
TZA	Jäätymisvaaratermostaatti
VAK	Valvonta-alakeskus
VOK	Valaistuksen ohjauskeskus

## 1 Johdanto

Tämän insinööriyön tarkoituksena on kehittää yritykselle lisää piirikaaviomalleja ja laatia niille hakemistorakenne. Tavoitteena on yhtenäistää piirikaavioiden esitystapaa ja helpottaa piirikaaviomallien löydettävyyttä selkeän hakemistorakenteen avulla. Tarkoitus on tehdä piirikaaviomalleista sellaiset, että niitä on helppo muokata ja niiden luettavuus on selkeää ja yhdenmukaista. Piirikaaviomallien tarkoituksena on nopeuttaa suunnittelijoiden työtä ja varmistaa yhtenäisten piirikaavioiden käyttö eri projekteissa. Tällä hetkellä yrityksellä on paljon erilaisia piirikaavioita, joita löytyy eri projektien alta. Olemassa olevien piirikaavioiden etsiminen on työlästä johtuen siitä, että niille ei ole luotu hakemistorakennetta, jossa mallipiirikaaviot olisivat helposti löydettävissä. Mallipiirikaavioille laaditaan hakemistorakenne, jossa eri piirikaaviot on jaoteltu sen mukaan, minkälaisia komponentteja ja lähtöjä ne sisältävät ja näin ollen helpottaa niiden löydettävyyttä.

Piirikaavioissa kuvataan erilaisten piirien kytkentää ja ohjausta kuten esimerkiksi valaistuksen, sähkömoottorien tai lämmityksen. Piirikaavio on kaikista sähköpiirustuksista yksityiskohtaisin ja esittää yksityiskohtaisesti järjestelmän, osajärjestelmän, asennuksen tai laitteen [1]. Piirikaavioiden tulisi sisältää vain komponentteja, joita kyseinen kytkentä tarvitsee. Niiden pitäisi olla helppolukuisia ja helposti muokattavissa.

Insinööriyön aihe on saatu toimeksiantona Hepacon Oy:stä. Hepacon Oy on talotekniikan konsultointi- ja suunnittelutoimisto. Yritys tarjoaa talotekniikan suunnittelua ja konsultointia kaikilla talotekniikan osa-alueilla kiinteistöjen koko elinkaaren aikana.



## **2 Yritys**

Hepacon Oy on talotekniikan konsultointiin erikoistunut yritys, joka on perustettu vuonna 1978. Hepaconissa työskentelee noin 40 henkilöä, jotka ovat jakautuneet LVI-, sähkö- ja rakennusautomaatio-osastoihin. Kaikki osastot tekevät suunnittelua ja konsultointia kaikkiin talotekniikan tarpeisiin. Osakkaita henkilöstöstä on merkittävä osa. Yritys kuuluu Suomen suunnittelu- ja konsulttitoimistojen liiton Skol ry:n jäseneksi. Yritys sijaitsee Helsingin Malmilla lähellä hyviä kulkuyhteyksiä. Yrityksen liikevaihto vuonna 2010 oli 3,5 milj. €.

Hepaconin toiminta-ajatus on auttaa luomaan asiakkaan toiveista ja tarpeista toteutuksen niin suurissa kuin pienissä projekteissa sekä palvelemaan heitä talotekniikan asiantuntijoina ja asiakkaan luottohenkilöinä. Yrityksen palvelut kattavat kaikki talotekniikan osa-alueet kiinteistön koko elinkaaren ajalta. Eväät siihen antaa jatkuva henkilöstön ja työkalujen kehittäminen sekä kattava yhteistyöverkosto.

Hepacon Oy:n suunnittelukohteita ovat esimerkiksi toimisto- ja liikerakennukset, teollisuuslaitokset, sairaalat, tieto- ja teleliikenteen keskussalit, varavoima- ja UPS-järjestelmät, koulut, päiväkodit, auditoriot, urheilusalit, jakeluasemat, EX- ja EMP-tilat sekä vankilat. Hankkeista moni on saneeraus- ja laajennuskohteita.

Hepaconin hyvistä asiakas suhteista kertoo ainakin se, että ensimmäiset yrityksen asiakkaat jo perustusvuodesta 1978 ovat edelleen heidän asiakkaitaan. [22]

## **3 Piirikaaviot**

Piirikaavion tehtävä on kuvata niin yksityiskohtaisesti piirin sisältämät komponentit, komponenttien väliset liitännät, liittimet, tunnuksset sekä sijaintiviitteet, että sen avulla voidaan tehdä tarvittavia muutoksia kytkentöihin. [1] Piirikaavioiden avulla voidaan laatia johdotuspiirustuksia ja taulukoita. Se antaa myös perustietoa koestukseen ja vianetsintään sekä käyttöön liittyvään toimintaan. [5] Huoltoa ja vikatilanteiden selvit-

tämistä varten piirikaaviot ovat välttämättömyys ja siksi niiden yksiselitteinen luettavuus on tärkeää.

Keskusvalmistajat käyttävät piirikaavioita apunaan keskusten suunnittelussa ja valmistamisessa, kun kohteessa käytetään yksilöllisesti räätälöityjä keskuksia. Niinpä asianmukaiset piirikaaviot jo suunnitteluvaiheessa nopeuttavat keskusvalmistajan toimintaa. Piirikaavioiden tulkitseminen on silloin helpompaa, kun luettavuus on selkeää ja yhdenmukaista.

### 3.1 Piirikaavion sisältö

Piirikaavion tulisi sisältää vain elementtejä, joita kyseessä oleva piiri tarvitsee toimiakseen. Piirikaavio voi esittää järjestelmää, osajärjestelmää, laitetta tai asennusta sähköteknisessä muodossa. Laitteiden ja komponenttien todellisia tyyppisiä ei välttämättä piirikaaviossa esitetä, vaan niille annetaan yksikkötunnukset ja standardin mukaiset liitintunnukset. Tyyppien esittämättä jättäminen johtuu siitä, että hyvin kilpailutettuna myös urakoitsija ja keskusvalmistaja varmistavat hintamarkkinoiden toimivuuden. Piirin sisältämien komponenttien todellista sijaintia, kokoa tai muotoa ei myöskään piirikaaviossa tarvitse esittää. [1]

Piirikaavio muodostuu seuraavista sähköteknisistä komponenteista [2; 3]:

- komponenttien piirrosmerkit
- komponenttien yksikkötunnukset ja liitännät
- riviliittimet ja niiden tunnukset
- piirikaavion sisäiset sijaintiviittaukset

Piirikaavio on yleensä jaettu kahteen osaan, jossa piirikaavion vasemmalla puolella sijaitsee pääpiirikaavio ja oikealla puolella sijaitsee ohjauspiirikaavio. Ne on yleensä rajattu pistekatkoviivalla. [3]

Pääpiirit esitetään piirikaaviossa niin, että piirin toiminta tulee ymmärretyksi yksikäsitteisesti. Pääpiiri voidaan esittää yksiviiva-, moniviiva- tai yhdistelmäesitystapaa käyttä-

en. [5] Pääpiirikaaviossa on esitetty keskuksen sisällä sijaitsevat komponentit ja liittimet, kuten sulakkeet, kontaktorit, releet ja riviliittimet sekä niiden väliset yhteydet.

Keskuksen ulkopuoliset komponentit ja kaapelityypit esitetään pääpiirikaaviossa, mutta ne on rajattu pistekatkoviivalla keskuksessa sijaitsevien komponenttien ja liitäntöjen alapuolella. Valvonnan alakeskus eli VAK voi olla myös piirretty pääpiirikaavioon katkoviivalla rajattuna. [3]

Pääpiirikaavio piirretään useasti paksummalla viivalla kuin oikealla puolella piirikaaviossa sijaitsevan ohjauspiirikaavio [1]. Viivapaksumuksia ei ole standardoitu, mutta luettavuuden kannalta edellä mainittu on suositeltavaa [5].

Ohjauspiirikaaviossa esitetään komponenttien kytkennät kosketintietoineen, johdotuksin, viitetunnuksin ja viittauksin.

### 3.2 Piirikaavion laadinta

Piirikaavion laadinnassa on hyvä ottaa huomioon piirin osien tarkoituksenmukainen ja selkeä sijoittelu. Näin piirikaavion lukeminen ja muokkaaminen jälkeenpäin on helpompaa ja yhdenmukaisuuden säilyttäminen vaivatonta [2]. Piirin toimintaa on näin ollen helpompi tulkita. Esimerkkinä voisi olla teollisuuslaitos, missä on yli 1000 moottoria. Siellä on tärkeää, että jokaiselle moottorille löytyy oma yksilöity piirikaavio, josta toiminta selkeästi löytyy.

Piirikaaviossa komponentit sijoitetaan niin, että niiden kaikki tieto on luettavissa. Myös komponenttien ja riviliittimien viittaus tulisi olla sijoitettu niin, että ne eivät olisi johtojen tai toisten viittausten päällä. Komponentit, riviliittimet ja koskettimet merkitään yksilöllisin tunnuksin, joiden avulla saadaan viittaukset toimimaan.

Piiriviivat piirretään mahdollisimman suoriksi niin, että vältetään turhia risteämiä ja mutkia. Jos piiriviiva jatkuu seuraavalle lehdelle, pitää viittausten olla oikein, jotta käytettävä (CAD) ohjelma tekee automaattisesti viittaukset niin, että jokainen komponentti ja liitin saavat oikein olevat viitetunnukset. [19]

Piirikaaviot laaditaan yleensä A4-kokoisina. Ennen piirikaaviot tehtiin A3 kokoisiksi, koska piirrettiin käsin. Nyt laser-tulostuksen myötä on siirrytty käyttämään pienempää arkki kokoa.

### 3.3 Piirrosmerkit ja niiden tunnukset

Piirrosmerkillä pyritään esittämään komponentti sille tarkoitetulla standardoidulla piirrosmerkinnällä. Merkkejä saa muodostaa myös itse, mutta sen tarkoitus ja toiminta on selostettava jokaisessa merkin esiintymispaikassa.

Merkinnoissa noudatetaan seuraavia ohjeita:

- Tunnukset merkitään kojeen tai koskettimen vasemmalle tai yläpuolelle.
- Liittimeen tunnus merkitään sen oikealle tai yläpuolelle.
- Kaikki liitokset jotka on tarkoitettu käyttöpaikalla kytkemiseen ja jotka liittyvät koestukseen tai vianhakuun, esitetään piirrosmerkeillä ja tunnuksilla.
- Liittimien sijainti todellisuudessa voidaan myös esittää kaaviossa.
- Lyhyitä teknisiä tietoja voidaan esittää piirrosmerkin lähellä tai se voidaan esittää erillisessä taulukossa. [19]

Toimintatilan esittäminen piirikaaviossa:

- Koskettimet jotka on mekaanisesti kytketty yhteen, esitetään niin että niiden toimintasuunnat ovat keskenään samat. Suositeltavaa on, että toimintasuunta on alhaalta ylös, vasemmalta oikealle ja myötäpäivään. Jos kuitenkin toimintasuunta on poikkeava, on se syytä merkitä.
- Johdonsuojakatkaisimet, vikavirtasuojakytkimet ja magneettisella tai lämpösuojalla varustetut kytkimet piirretään yleensä kiinni-asentoon. Yrityksessä käytetään yleisesti esitystapaa, jossa johdonsuojakatkaisija on auki-asennossa.
- Kuormakytkimet ja kuormakatkaisijat piirretään auki-asentoon.

- Erotin piirretään auki-asentoon.
- Vaunukatkaisijat ja sen apukoskettimet piirretään erotus-asennossa (auki).
- Moniasentoinen kytkin piirretään nolla- tai SEIS-asentoon. Ilman nol-la-asentoa oleva kytkin esitetään niin, että kytkin on käännetty via-netsintää tai huoltoa varten tavanomaisempaan asentoon.
- Kontaktorit ja releet esitetään jännitteettömässä tilassa, eli pääkosket-timet auki-asennossa.
- Apukoskettimet esitetään pääkoskettimien asentojen mukaan joka kiinni tai auki.
- Koskettimet jotka toimivat ilman sähköä tai käsin ohjausta, esim. suo-jalaitteet tai rajakytkimet varustetaan tarvittaessa toimintakuvauksel-la. Se voi olla toimintakaavio tai jonkun toimielimen tarkennus piir-rosmerkillä. Se voi olla myös taulukko, tunnus tai huomautus.
- Painekytkimet piirretään normaalipaineessa eli 1,0 bar:n paineessa.
- Pinnankorkeuskytkimet esitetään alimman nestepinnan mukaan.
- Virtaus- ja nopeuskytkimet esitetään lepotilan mukaisesti.
- Häätä-seis kytkimet esitetään kiinni asennossa.
- Termostaatit esitetään yleensä nolla-asteen mukaan. [5]

Poikkeuksellisen toimintatilan esittäminen on aina erikseen selvitettävä. Pitää huolehtia siitä, että puuttuvat merkinnät eivät aiheuta turvallisuuden vaarantumista missään ti-lanteessa. [9]

Suurissa laitoksissa saatetaan poiketa yleisistä piirikaavion laadinta säännöistä. Näissä tapauksissa on hyvä noudattaa laitoksen omaa esitys- ja merkintätapaa, jotta yhtenäisyydet eri piirustusten välillä säilyisivät. Vanhoille käyttäjille ei tästä aiheudu haittaa, koska he ovat tapoihin jo tottuneet, mutta uudet käyttäjät saattavat joutua opettelemaan erilaisia esitys- ja merkitsemistapoja. Yleensä nämä merkitsemis- ja esitystavat ovat jossain määrin vanhoja. Käyttäjän onkin hyvä varmistua siitä, ovatko tulkinat paikkansa pitäviä. Sillä säästytään vaaratilanteiden syntymiseltä. [5]

#### 3.4 Piirikaavioiden piirtäminen CADiE Pikasso-ohjelmalla

CADiE Pikasso-ohjelmassa on monia tapoja piirtää, mutta tässä yksi insinööriyössä käytetyistä tavoista. Aloitetaan piirtäminen piirtämällä päävirtapiiri, joka sijoitetaan piirikaaviopohjan vasemmalle puolelle. Kannattaa pitää ohjelman SNAP- ja OSNAP-toiminto käytössä, jotta viivat ja liittimet kohtaisivat piirrettäessä. Myös pakotus 90-toiminto on hyvä pitää päällä, jotta viivat tulisivat suoraan.

Piirretään ensimmäiseksi jänniteviivat vaakasuoraan piirustuksen ylälaitaan niin, että tilaa jää teksteille ja mahdolliselle käyttökytkimelle. Sitten piirretään keskuksen puolelle tarvittavat kojeet pystysuoraan jänniteviivojen alapuolelle niin, että ne osuvat jonkun pystysuoran koordinaattinumeron kohdalle. Kun kojeet on sijoitettu, voidaan piirtää riviliittimet kojeiden alapuolelle. Sen jälkeen voidaan piirtää päävirtapiirin johtimet kojeelta kojeelle ja riviliittimille. Käyttökytkimen toimintataulukko tehdään valmiiksi omaan lokeroon, joka rajataan pistekatkoviivalla. Käyttökytkin sijoitetaan vaakasuorassa olevien jänniteviivojen oikealle puolelle yläreunaan. Nämä keskuksen kojeet rajataan pistekatkoviivalla omaksi lokeroksi. Keskuksen ulkopuoliset kojeet kuten moottori, taajuusmuuttaja ja turvakytkin piirretään keskusten kojeiden alapuolelle pystysuoraan niin, että johtimet kohtaavat. Sen jälkeen piirretään päävirtapiirin johtimet.

Ohjauspiiri piirretään piirikaavion oikealle puolelle rajattuna pistekatkoviivalla. Aloitetaan valitsemalla ohjaussulakkeen tyyppi. Se sijoitetaan ohjauspiirin vasempaan ylänurkkaan niin, että tilaa jää teksteille. Ohjaussulakkeesta piirretään johdintoiminnolla viiva oikeaan ylänurkkaan ja sijoitetaan sen päähän nuoli, jolle annetaan viittaustiedot seuraavalle lehdelle. Sen jälkeen voidaan piirtää piirin N (neutraali) johdin alkavaksi ohjauspiirin puolen vasemmasta alanurkasta N-symbolilla, josta johdintoiminnolla piir-

retään viiva oikeaan alanurkkaan ja päätetään nuolella, jossa on viittaukset seuraavalle lehdelle. On hyvä muistaa, että johdintoiminnolla viivaa piirrettäessä nuoli-, sulake- tai N-symbolilta ensimmäiselle kohtaavalle riviliittimelle on johdin määritelty säikeeksi (säie). Tämä saadaan aikaan johtimen ominaisuudet -toiminnolla.

Seuraavaksi voidaan piirtää ohjauspiirin tulevat riviliittimet, apukoskettimet ja kytkimet ylhäältä alaspäin niin, että kontaktorien ja apureiden kelat sekä kytkimen merkkilamppu ovat linjassa alimpina. Kun tarvittavat komponentit on piirretty, piirretään tarvittavat ohjauspuolen riviliittimet myös päävirtapiirin puolelle, pääpiirin riviliittimien oikealle puolelle. Kun kaikki johdotukset on piirretty, voidaan ajaa viitteiden hallinnasta automaattiset viitteet näkyviin.

### 3.5 Piirikaavioiden vaatimukset

Kiinteistön käyttäjän tarpeiden mukaan pitäisi laatia piirikaaviot niin, että saadaan riittävät tiedot keskusvalmistajalle. Kohteesta riippuu, kuinka suuri osuus käyttäjällä on suunnitteluvaiheessa. Asuin ja toimistokiinteistöissä ei välttämättä lopullinen käyttäjä ole tiedossa, jolloin rakennuttaja määrittelee vaatimukset suunnitelmille. Teollisuus kohteissa rakennuttaja on usein myös käyttäjä, jolloin saadaan tarkasti määriteltyä ja suunniteltua käyttäjän vaatimukset. [14]

Ongelmana on usein se, että riittäviä tietoja ei saada keskusvalmistajalle ajoissa. Jos halutaan varmistaa keskuksen oikea rakenne, oikeat toiminnot ja dokumentoinnin paikansa pitävyys on oikeiden tietojen lähettäminen keskusvalmistajalle välttämätöntä. Tällä säästytäisiin pitkälti työmaalla tapahtuvista keskusmuutoksista. [14]

Seuraavassa on luettelo asioista, jotka on hyvä sopia keskuksen valmistajan ja käyttäjän (tilaajan) kesken:

- ympäristöolot jotka vaativat erikoistarkastelua
- ympäristön lämpötila testi
- huollon asettamat vaatimukset
- valvonnan ja käytön vaatimukset
- oikosulkusulku- ja kosketussuojausmenetelmät

- osastoinnit
- toiminnan testaus asennuksen jälkeen [14].

### 3.5.1 Tarjouslaskentavaihe

Tarjouslaskentaa varten ei yleensä tarvitse laatia tarkkoja piirikaavioita, vaan riittävät ohjattujen lähtöjen mallipiirikaaviot [3].

### 3.5.2 Asennusvaihe

Asennusvaiheessa laaditaan lähtökohtaiset piirikaaviot suunnitteluvaiheessa laadittujen mallipiirikaavioiden pohjalta. Niihin merkitään laitetunnukset, riviliitintunnukset ja ryhmänumerot. Loppupiirustuksiin liitetään täydennetyt piirikaaviot rakennuskohteen ylläpitoa varten. [3]

### 3.5.3 Ylläpitovaihe

Piirikaaviot ovat tärkeitä dokumentteja rakennuksen ylläpidossa esimerkiksi vianetsintää, huoltoa tai ohjausmuutoksia varten. Muutosten yhteydessä tulisi piirikaaviot päivittää ja piirtää puhtaaksi heti tai määrävälein. [3]

## 3.6 Piirien ohjaus ja mitoitus

Piirien ohjauksen suunnittelussa pitää ottaa huomioon, että käyttöjä voidaan ohjata ohjausjärjestelmällä ja tarvittaessa suoraan kojeistosta tai paikallisohjauksella käsin. Jos paikalla on jatkuva miehitys, voidaan ohjauspaikan valinta tehdä käsin. [11]

Mitoituksessa pitää ottaa huomioon pääpiirin suojausmenetelmät sekä ohjauspiirien riittävä ohjausjännite. Pääpiiri pitää suojata oikosulku- ja ylivirtasuojauksella, joista tavallisimpia ovat sulakkeet tai katkaisijat. Moottori voidaan myös suojata lämpöreleellä tai moottorinsuojakytkimellä. Moottorin odottamattoman käynnistyksen estämiseksi paras ja turvallisin ratkaisu on käyttää erotuskytkintä (turvakytkin). Silloin voidaan estää moottorin käynnistys huolto-, korjaus tai muiden käyttötoimenpiteiden aikana. [11]



Ilmastoinnin hätäseis-painiketta käytetään vastaavasti ohjaamaan ilmanvaihtopuhaltimet pois käynnistä esimerkiksi tulipalon aikana. [11]

Yleisimpien komponenttien ohjausjännite on 230 V. Suositeltavaa on varustaa kojeisto erillisellä ohjausjännitemuuntajalla. Tällä saadaan rajoitettua ohjausjännitejakeluverkon oikosulkutehoa. Ohjausjännitemuuntajan mitoituksen suunnittelussa pitää olla tarkkana, sillä alimitoitus voi johtaa kontaktoreiden koskettimien hitsautumiseen, jos ohjaus-tehoa ei ole tarpeeksi. [11]

Ohjausjännitemuuntajan mitoituksessa voidaan käyttää seuraavaa sääntöä:

Ohjausjännitemuuntajan teho = Kahden suurimman kontaktorin yhteenlaskettu teho + kaikkien kontaktoreiden pitoteho.

Jos suuria kontakteja on paljon, on suositeltavaa pyöristää mitoitus-tehoa ylöspäin. [11]

#### **4 Moottorikytkennät**

Moottorikytkentöjä voidaan käyttää erilaisten ja erikokoisten moottorien ohjaamiseen ja käynnistämiseen. Niitä voivat olla esimerkiksi suoraan tai VAK:in kautta ohjattavat ja taajuusmuuttajan kautta säädettävät kytkennät. Yleisimmät talotekniikassa käytössä olevat moottorikytkennät ovat juuri taajuusmuuttajan kautta ohjattavat ja säädettävät moottorikäytöt. Niitä ovat esimerkiksi tulo- ja poistopuhallin sekä pumppukäytöt.

Moottorikytkennät voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään: suorat, vaihtuvat ja säädettävät moottorikäytöt.

Suorassa sähkökäytössä moottori on kytketty verkkoon suoraan kontaktori-kytkin ohjauksella.

Vaihtuvassa sähkökäytössä moottorin pyörimissuunta voidaan kääntää tai moottorin käynnistys suorittaa tähti-kolmiökäynnistyksellä. [11]

Säädettävään moottorikäytön ryhmään kuuluvat taajuusmuuttaja ja servokäytöt. Niillä saadaan ohjattua moottori käyntiin rajoittamalla käynnistysvirtaa ja säätämällä se oikealle kierrosnopeudelle. [11]

#### 4.1 Yleisimmät vaihtosähkömoottorityypit

Vaihtosähkömoottorityypit voidaan jakaa epätahtimoottori ja tahtimoottoreihin. Niissä staattorin toimintaperiaate on sama, mutta roottorin rakenne ja magneettikentässä liikkuminen erottavat ne toisistaan. [10]

##### 4.1.1 Epätahtimoottorit

Epätahtimoottorissa pääosat ovat staattori ja roottori. Staattori on moottorin osa, joka ei liiku, ja roottori taas osa, joka liikkuu magneettikentän vaikutuksesta. Epätahtimoottori on eniten käytetty sähkömoottorityyppi, ja sen etuna on sen huoltovapaus. Sillä on standardoitu mekaaninen rakenne ja näin ollen paljon valmistajia ja niiden toimittajia. Epätahtimoottoreita ovat yksi- ja kolmevaiheiset oikosulkumoottorit. [10]

##### 4.1.2 Oikosulkumoottorit

Oikosulkumoottori eli induktimoottori on yksinkertainen rakenteeltaan ja siksi suosittu moottorityyppi. Kolmivaiheinen oikosulkumoottori on tällä hetkellä käytetyin ja yleisin moottorityyppi teollisuudessa ja isoissa kiinteistöissä. Käytännössä siinä ei ole muuta kuluva osaa kuin laakerit. [13] Halvin ja yksinkertaisin tapa kytkeä oikosulkumoottori verkkoon on suora kytkentä. Silloin saadaan suuri käynnistysmomentti sekä käynnistysvirta, jonka vuoksi käynnistystapaa voidaan käyttää vain pienillä moottoreilla. [12]

##### 4.1.3 Tahtimoottorit

Tahtimoottorin roottorin hitauden ja pyörivän magneettikentän suuren nopeuden vuoksi moottori ei voi käynnistyä itse, kun siihen kytketään virta. Käynnistykseen on roottori saatettava vastaavaan nopeuteen kuin pyörivä magneettikenttä. Kun moottori käy, se pyörii samalla nopeudella kuin magneettikenttä.

Tahtimoottoreita käytetään koneiden rinnakkaiskäytössä, ne ovat mekaanisesti toisiinsa riippumattomia ja niiden pitää toimia tahdistettuina. [8]

## 4.2 Taajuusmuuttajakäytöt

Taajuusmuuttajakäytöt ovat yleistyneet taloteknisissä sovellutuksissa, joista yleisimmät ovat pumppu- ja puhallinkäytöt. Suurimmat hyödyt saadaan siitä, että taajuusmuuttajalla voidaan moottori käynnistää pienemmällä käynnistysvirralla ja ohjata sitä haluttuun kierroslukunopeuteen.

Tällä saavutetaan huomattavaa energiakustannussäästöä, kun puhallinta tai pumppua ei aina tarvitse käyttää moottorin nimellinopeudella. Rakenteellista säästöä syntyy, kun niitä syöttävät keskuksat saadaan yksinkertaistettua. [8]

Taajuusmuuttajan syöttämä jännite ei puhtaasti ole sinimuotoista, jolloin voi aiheutua lisääntyvissä määrin moottorin häviöitä, värinää ja melua. Näiden vaikutuksesta voi moottorin lämpötila nousta ja vaikuttaa myös laakereihin. Tämän vuoksi on moottori mitoitettava aina taajuusmuuttajan mukana tulevien ohjeiden mukaan. [8] Taajuusmuuttaja aiheuttaa häiriöylijältoja, jotka esiintyvät radiotaajuisina ja ei sinimuotoisina häiriöinä syöttö-, moottori- ja ohjauskaapeleissa. Tämän vuoksi taajuusmuuttajan kaapeloinnissa on syytä muistaa EMC-suojatun kaapelin käyttö ainakin moottorikaapelina. [8]

Lähtökohtaisesti useimmissa talotekniikan sovelluksissa riittää taajuusmuuttajan suora lähtö keskukselta, jota ohjataan valvonnan alakeskuksesta.

### 4.2.1 Taajuusmuuttaja pumppukäytössä

Vesikiertoiset lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmiä ohjataan yleensä huonekohtaisella 2-tieventtiilillä. Näiden säätäminen vaikuttaa verkoston virtaukseen ja näin myös paineeseen. Ohjaamaton pumppu nostaa pienissä virtauksissa verkoston paineen turhan suureksi ja johtaa energiahäviöihin ja meluhaittoihin. Pumpun hyötysuhde on ohjaamattomana huono.

Käytettäessä taajuusmuuttajaa ohjaamaan sekä säätämään pumpun kierroslukua saadaan hyötysuhde huomattavasti paremmaksi. Kun verkostossa virtaama pienenee, saadaan pumpun kierroslukua laskemalla paine pysymään vakiona verkostossa. Painanturi kannattaa tässä tapauksessa sijoittaa kuorman päähän, jotta saadaan tarkka verkoston virtaama. [8]

#### 4.2.2 Taajuusmuuttaja puhallinkäytössä

Taajuusmuuttaja käytöt tulo- ja poistopuhaltimissa ovat tällä hetkellä kasvamassa määrin rakennuksien perusratkaisu, kun halutaan vaihtelevaa ilmavirtaa. Kun säädetään puhallinmoottoria taajuusmuuttajan avulla, saadaan ilmavirrat melkein verrannollisesti lineaarisiksi nopeusohjeen mukaan. [8]

#### 4.2.3 Taajuusmuuttajan ohituskäyttö

Jossain tapauksissa katsotaan, että taajuusmuuttajan ohitus on tarpeellinen, jos halutaan varmistua moottorin jatkuva toimiminen taajuusmuuttajaan tulevan vian vuoksi. Ohituskytkentä voidaan toteuttaa joko ryhmäkeskuksessa tai sitten erilliselle taajuusmuuttajan läheisyyteen asennettavalla moottorinsuojakotelolla, jossa myös ohituskytkin sijaitsee.

Ohituskytkentää varten on lähtö varustettava tavanomaisella lämpösuojalla, joka asennetaan joko ryhmäkeskukseen tai moottorisuojakoteloon. Ohituskäytössä moottori käynnistyy nimellinopeudelle, ja sulakekoon on oltava tästä johtuen suurempi ohituskäytön lähdössä kuin taajuusmuuttajalähdössä. [8]

Ohituksessa voidaan käyttää myös pehmeäkäynnistintä, joka rajoittaa käynnistysvirtaa. Kuitenkin sulakkeen koko ja kaapelin koko (myös nousu) on mitoitettava niin, että ne kestävät ohituskäytön. [8]

## 5 Valaistuskytkennät

Valaistuskytkentöjä käytetään ohjaamaan ulkovaloja, porrasvaloja, käytävävaloja sekä erilaisten tilojen valaistusta. Tiloja voivat olla esimerkiksi myymälät, aulat, toimistot tai teollisuudessa käytettävät tilat.

Valaistusta ohjataan käsin ja automatiikan kautta tai yhteiskäytöllä. Käsin ohjauksessa tarkoitetaan painonappeja ja kytkinohjausta. Painonappeja voi sijaita erilaisissa tiloissa kuten portaissa tai käytävissä. Valonohjauskytkimiä voi olla esimerkiksi sisääntuloau-loissa tai suoraan keskuksen kannessa.

Automatiikalla tarkoitetaan valojenohjauksessa sitä, ettei valoja tarvitse kytkeä käsin päälle, vaan erilaiset automaattisesti toimivat kojeet tai keskuksat hoitavat sen erilais-ten käsin aseteltujen toimintojen avulla.

Kojeina voidaan käyttää liiketutkia tai hämäräkytkimiä. Valaistusta voidaan ohjata myös päälle VAK:in tai valaistuksen ohjauskeskuksen (VOK:in) kautta. Nämä ohjaavat ryh-mäkeskusten valaistuslähtöjä päälle erilaisten tilanteiden mukaan. Tilanteet voivat liit-tyä aikaohjelmaan, valaistuksen voimakkuuteen tai liikkeeseen.

Valoja ohjataan erilaisten releiden kautta, joita ovat kontaktorit, askelreleet ja aikare-leet. Kontaktorit ovat tarkoitettu isojen valaistusryhmien ohjaukseen toimimaan pääre-leinä niin, että niitä ohjataan kytkimellä suoraan tai sitten VAK:in tai VOK:in kautta. Jos käytetään useampia ohjaustapoja, tarvitaan lisäksi apureleitä. [14]

Tässä työssä keskitytään yleisimpiin ohjaustapoihin, joita ovat VAK, painonapit, liikeil-maisin, hämäräkytkin, kellokytkin, porrasvaloautomaatti tai näiden yhdistelmät. Apureleinä toimivat askelreleet ja aikareleet.

Seuraavassa esitetään erilaisten aikareleiden toiminnat [15]:

Päästöhidastettu aikarele

- Kosketin päästää, kun aikaviive on kulunut loppuun.
- Esimerkki: jäähdytyspuhaltimen ajastus.

#### Vetohidastettu aikarele

- Kosketin vetää, kun aikaviive on kulunut loppuun.
- Esimerkki: viivästetään laitteen käynnistystä, porrastetaan eri laitteiden käynnistykset.

#### Symmetrinen vilkkurele

- Releen kosketin vaihtaa tilaa jatkuvasti säädetyn ajan jälkeen.
- Esimerkki: hälytysvalon ohjaus.

#### Epäsymmetrinen vilkkurele

- Työ-/taukoreleen päälläolo- ja poissaoloaika ovat säädettävissä, molemmat erikseen.
- Esimerkki: kasteluautomaatti: kastelu käynnistyy kahdeksan tunnin välein ja kestää 30 min.

#### Tähtikolmioaikarele

- Tähtikolmiomoottorikäynnistimen ajastin.

#### Monitoimiaikarele

- Laaja-alainen ajastus, 50 ms-100 h.
- Parhaimmillaan 15 erilaista ajastustapaa.

## 6 Lämmityskytkennät

Lämmityskytkentöjä käytetään ohjaamaan erilaisia lämmityksiä päälle ja pois ja säätämään niitä haluttuun lämpötilaan. Tässä työssä käytetään oletuksena kaikissa sähkölämmityslähdöissä vikavirtasuojaa. Näitä lämmitysmuotoja ovat esimerkiksi lattialämmitys, saattolämmitys, sulanapitolämmitys ja kaikki muut lämmityskaapeli-asennukset. Myös lämmityskelmut tarvitsevat vikavirtasuojan. Ohjaus voidaan toteuttaa esimerkiksi termostaatin, kellokytkimen tai VAK:n kautta. [14]

Samoja vikavirtasuojalla varustettuja lähtöjä voidaan käyttää myös pistorasioiden ohjaukseen. Käyttökohteita voivat olla esimerkiksi auton lämmityspistorasiat tai pistotulppaliitännäiset lämmitykset.

## 6.1 Lämmityksen säätö

Yleisin sähkölämmityksen säätöön käytettävä koje on termostaatti. Termostaatilla saadaan huonekohtaisesti säädettyä sisälämpötilaa. Käytettäessä VAK-ohjausta asennetaan huonekohtaiset lämpötila-anturit. Termostaatteja on elektronisia ja mekaanisia. Uudempaa tekniikkaa edustavat mikroprosessori- ja kellotermostaatit. [14] Useasti kulkuteiden saattolämmityksissä käytetään lumi/jääanturia, joka säätää lämmitystä päälle vain silloin kulkuväylä on märkä tai jäinen. Tämä säästää energiaa verrattuna tavalliseen termostaatti säätöön.

Termostaatin nimellisvirta on yleensä 10 A, minkä vuoksi isompia kuormia pitää ohjata apureleen tai kontaktorin avulla. [14]

## 6.2 Suojaus

Standardissa SFS 6000 on esitetty uusimmat vaatimukset suojausmenetelmille. Lattia- lämmityskaapelit ja kattoihin asennettavat lämmityskelmut on varustettava enintään 30 mA vikavirtasuojilla. Muissa lämmityskaapeleissa on syytä käyttää myös vikavirtasuojia. Kaapelin ollessa peitetty huonosti johtavalla materiaalilla, esimerkiksi putkistoeristeellä saa mitoitusvirta vikavirtasuojalla olla enintään 300mA. [14]

## 7 Muut kytkennät

Muut kytkennät käsittävät tässä työssä mittauskytkennät ja varavoimakäytön, sekä kytkennät jotka eivät sovi muihin ryhmiin.

Mittauskytkentöjä ovat esimerkiksi suorat ja epäsuorat energian mittaukset. Suorassa mittauksessa virta kulkee energiamittarin (kWh) läpi. Epäsuorassa mittauksessa virta mitataan virtamuuntajien kautta. Energiamittareissa on useasti myös impulssilähtö, josta energian kulutus saadaan siirrettyä ulkoiseen rekisteriin. [17]

Varavoimakäytön tarpeellisuus kasvaa koko ajan, johtuen erilaisten sähkölaitteiden ja järjestelmien kasvusta. Myös muuttuvat sääilmiöt vaikuttavat sähkökatkoihin. Sähkökatkot voivat aiheuttaa tuotannollisia, taloudellisia ja jopa henkilövahinkoja. Kun näitä

vahinkoja halutaan välttää tai minimoida, tarvitaan varavoimaa. Jo suunnitteluvaiheessa kannattaa selvittää varavoiman tarve ja laajuus kyseessä olevaan kohteeseen. Varavoimaa ei pääsääntöisesti kannata suunnitella koko kohteen sähköihin, vaan riittää, että tärkeimmät sähkölaitteet ja järjestelmät ovat kytketty siihen. [16]

Niitä ovat valaistus, ilmastointi ja lämmönjakelu. Kiinteistöissä varavoimaan liitetään useasti myös poistumistievalaistus, savunpoistopuhaltimet, paloilmoitus- ja murtohälytinjärjestelmät. [16]

## **8 Säättökaavioihin sopivat piirikaaviot**

Säättökaaviot joista piirikaavioita laaditaan, liittyvät tässä työssä LVI-, IV- tai valaistuksenohjaukseen.

Ilmanvaihtoa ohjataan VAK:sta joko ryhmäkeskuksen tai taajuusmuuttajan kautta. Ohituskäytöissä ilmanvaihtokoneita ohjataan joko ryhmäkeskuksesta tai erilliseltä ohituskytkimeltä. Ryhmäkeskuksen kautta tapahtuu lämmityspumpulta tuleva lukitus tuloilmakoneelle, jos pumppu ei käy. Myös IV-hätäseis ja lämmityspatterin jäätymissuoja (TZA) kytketään ryhmäkeskuksen ohjauspiiriin. Nämä katkaisevat ohjauspiirin tulo- ja poistokoneilta. Ilmanvaihtoon liittyviä säättökaavioita on kuudella erilaisella puhallinkäytöllä ja neljällä erilaisella lämmöntalteenotolla. Ilman LTO:ta olevia säättökaavioita on kuusi.

Erilaisia puhallinkäyttöjä ovat; 1-nopeus, 2-nopeus, taajuusmuuttaja, taajuusmuuttajan ohitus ryhmäkeskuksessa, taajuusmuuttajan ohituskytkin sekä tuloilman lämmitys sähköpatterilla.

Erilaisia lämmöntalteenottotapoja ovat; "glykoli", "hyrrä", "kuutio" ja "kierto".

"Glykolissa" lämmöntalteenottona toimii nestekiertoinen LTO, jossa kiertävänä nesteenä on vesi-glykoli seos joka ei jäädy. Poistoilma kulkee lämmöntalteenottopatterin läpi lämmittäen sitä. Lämmennyt seos kulkee LTO-lämmityspatteriin luovuttaen lämpöä tuloilmaan.



”Hyrrässä” lämmöntalteenottona toimii pyörivä LTO, jonka toiminta perustuu pyörivään kiekkoon, jossa on reiät. Poistoilma kulkee kiekon ylemmän osan kautta lämmittäen sitä. Tuloilma taas kulkee kiekon alemman osan kautta vastaanottaen siitä lämpöä. Kiekko pyörii luovuttaen ja vastaanottaen lämpöä.

”Kuutiossa” lämmöntalteenottona toimii levylämmönsiirrin, jota myös kutsutaan LTO-kuutioksi. Se on alumiinilevyistä koottu kuutio, jossa tulo- ja poistoilma kulkevat vierekkäisissä solissa. Lämpö siirtyy alumiinilevyn läpi poistosta tuloilmaan.

”Kierrossa” lämmöntalteenotto tapahtuu säätämällä kiertoilmapeltiä siten, että poistoilmaa pääsee suodattimien kautta tuloilmaan. Haittana tästä on se, että osa hajuista ja kosteudesta palaa tuloilmaan. [18]

## 9 Työn tavoite

Työn ensisijaisena tavoitteena on yhtenäistää yrityksen piirikaavioiden esitystapaa. Työn tarkoituksena on kehittää piirikaaviomalleja ja laatia niille tarkoituksenmukainen hakemistorakenne, josta piirikaaviomallit olisivat helposti löydettävissä. Tavoitteena on tuoda piirikaaviomallit sähkösuunnittelijoiden käyttöön niin, että niistä olisi hyötyä jatkossa piirikaaviosuunnittelussa. Piirikaaviomalleista yritetään tehdä mahdollisimman helppolukuisia ja helposti muokattavissa olevia.

Piirikaaviomallien suunnittelussa otetaan huomioon yleisimmät talotekniikassa käytössä olevat piirikaaviot ja ne jaetaan piirikaavion sisältämien kytkentöjen mukaan hakemistorakenteeksi. Hakemistorakenteesta pyritään tekemään suhteellisen yksinkertainen, jotta sen tarkastelu ei olisi turhan vaivalloista ja aikaa vievää.

Hakemistorakenteeseen tulee myös yksi hakemisto, joka sisältää kaikki kytkennät sekä piirustusluettelon, jossa kytkennät on lueteltu sen mukaan mitä ne sisältävät. Hakemistorakenteeseen tulee myös pdf-hakemisto, josta ovat löydettävissä kaikki kytkennät pdf-formaatin mukaisesti. Tähän hakemistoon tulee myös piirustusluettelo.

Jaottelu tapahtuu seuraavien ohjeiden mukaisesti. Jaetaan piirikaaviot viiteen pääryhmään, johon kuuluvat moottori-, valaistus-, ja lämmityskytkennät sekä muut kytkennät. Viidentenä ryhmänä tehdään mallisäätökaavioihin sopivat piirikaaviot.

Nimensä mukaan kolme ensimmäistä pääryhmää sisältävät siis kaikki yleisimmät talotekniikassa käytettävät moottori-, valaistus-, ja lämmityskytkennät. Muut kytkennät ryhmä sisältää esimerkiksi mittauskytkennät ja varavoimakytkennät. Mallisäätökaavioihin sopivat piirikaaviot tulevat samoihin kansioihin säätökaavioiden kanssa.

Moottorikytkennät-hakemistoon tulevat 1-nopeus-, 2-nopeus-, suunnanvaihtaja-, taajuusmuuttajakytkennät. Näiden hakemistokansioiden alle tulee ohjaustapa, jonka alle vielä etuvaroketieto. Kaikkiin moottoripiirikaaviomalleihin teen indikointimahdollisuuden.

Valaistuskennät-hakemistoon tulevat 1- ja 3-vaihelähdöt ja näiden alle eri ohjaukseen liittyvät lähdöt. Kaikki tehdään yhdenlaisilla varokkeilla, jotka ovat johdonsuoja-kytkimillä toteutetut lähdöt. Niitä pystyy sitten käyttötarkoituksen mukaan vaihtamaan oikeanlaisiksi.

Lämmityskytkennät-hakemistoon tulevat myös 1- ja 3-vaihekytkennät sekä niille erilaiset ohjaukset. Vikavirtasuoja tulee kaikille lämmityskytkennöille, koska ensisijainen tavoite on tehdä niistä sopivia lämmityskaapeleille.

## **10 Työn toteutus**

Työn toteuttamisen aloitin hankkimalla sähkötekniiseen dokumentointiin ja piirikaavioihin liittyvää kirjallisuutta kirjastosta ja työpaikalta. Hain myös lähdetietoja verkosta. Keräämäni materiaalin avulla aloitin kokoamaan yleistä teoriaa piirikaavioista ja niiden laatimisesta.

Työpaikalla aloitin työn käytännön osuuden tutustumalla koneelliseen cad-piirtämiseen. Cad-ohjelman hallintaan ja opetteluun kului ennalta arvaamaton aika, sillä en ollut aikaisemmin piirtänyt kyseisellä ohjelmalla. Pyytäessäni sain hyviä neuvoja kokeneemmil-

ta suunnittelijoilta. Apu oli aina välillä tarpeen, kun jokin asia piirikaavioissa ei ohjelmallisesti toiminut.

Työpaikalla on yleisessä käytössä kaksi piirikaavioiden tekoon tarkoitettua ohjelmaa CADs- ja CADiE-ohjelmat. Yleisemmässä käytössä on kuitenkin CADiE-ohjelma, jolla työni oli tarkoitus tehdä, jotta piirikaaviomalleista olisi suurempaa hyötyä yritykselle ja sen suunnittelijoille.

CADiE sähkösuunnittelujärjestelmä on suomalainen, pitkän kehityskaaren kulkenut yhtenäinen sähkösuunnitteluun kehitetty tuoteperhe, jonka tehokkaaseen ja älykkääseen suunnittelutiedon hallintaan yhdistyy piirtorutiinien vaivattomuus.

CADiE sähkösuunnittelujärjestelmään kuuluu kolme toisiinsa joustavasti integroitua ohjelmistoa - Kessu, Pikasso ja Sähäkkä. [21]

Kehittämäni piirikaaviot on tehty käyttäen CADiE- ohjelman sovellusta Pikasso, joka on piirikaavioiden piirtoon tarkoitettu ohjelma. Aloitin piirikaaviomallien suunnittelun tutkimalla erilaisia esimerkkipiirustuksia joita löytyi kirjallisuudesta sekä yrityksen eri projekteista. Yrityksellä oli myös valmiina muutamia mallipiirikaaviota, joita lähdin kehittämään, sillä osa niistä oli tehty käyttäen vanhaa sovellusta. Valmiita mallisäätökaavioita löytyi myös, joihin oli tarkoitus laatia sopivat piirikaaviot. Apuna käytin myös lähteiden [4; 6; 7] piirikaaviomalleja ja piirrosmerkkejä.

Ensimmäiseksi mietin, miten jaottelisin erilaiset lähdöt. Päädyin seuraavanlaiseen rakenteeseen, jossa peruslähdöt on jaoteltu viiteen eri kategoriaan: moottori-, valaistus-, lämmitys- ja muut kytkennät. Yhteen ryhmään tarkoitus oli kerätä kaikki säätökaavioihin sopivat piirikaaviot.

Aluksi aloitin moottorikytkentöjen piirtämisen, joita käytetään yleisesti teollisuudessa ja kiinteistöjen LVI-laitteissa. Hahmottelin paperille erilaiset moottorikytkennät ja aloitin piirtämisen käyttäen vapaata ohjauspiirikaavio-esitystapaa niin, että pääpiiri esitetään mukana samalla sivulla. Aloitin piirtämällä 1-nopeus moottorinohjauslähdöt käsikäyttöillä eri etuvarokkeiden kanssa. Niistä lähdin muokkaamaan lähtöjä niin, että seuraavat lähdöt olivat käsi-automaattilähtöjä, jossa automaattipuolta ohjasi VAK.

Näistä kahdesta erilaisesta ohjaus tavasta lähdin muokkaamaan lähtöjä niin, että lopulta koossa oli myös 2-nopeus-, taajuusmuuttaja-, suunnanvaihtaja- ja taajuusmuuttajan

ohituskytkennät erilaisilla etuvarokkeilla. Tein myös piirikaaviosarjan, jossa samassa ohjauspiirissä oli lämmityspumppu, tulo- ja poistoilmakone taajuusmuuttajilla ja ilman niitä. Yhteensä moottorilähtöjä tuli 27. Moottorikytkennoistä on esimerkki *liitteessä 3*.

Seuraavaksi aloin hahmotella erilaisia valaistus-, lämmitys ja muita kytkentöjä paperille ja kirjaamaan niitä sen mukaan, minkälaisia ohjauksia ne sisältäisivät. Kun olin saanut paperiin tarpeeksi erilaisia ohjausvaihtoehtoja, aloitin piirtämisen Pikasso-sovelluksella.

Valaistuslähtöjä tuli erilaisten ohjauskojeiden ja keskusten sekä niiden yhdistelmien mukaan, niin että saatiin kokoon kymmenen erilaista ohjaustapaa. Kaikki valaistuslähdöt tehtiin 3- ja 1-vaiheisina. Valaistuslähtöjä tuli siis yhteensä kaksikymmentä erilaista. Porrasvaloautomaatti ohjauksessa on käytetty esimerkireleenä Lovato electricin TM LS- relettä. Siihen pystyy kytkemään maksimissaan 50 painikettä. Siinä on lisätoiminto, jolla valaistus pystytään kytkemään yhdeksi tunniksi päälle, kun painiketta painetaan 3-sekunnin ajan. Sitä voi käyttää esimerkiksi porrasvalojen tai autotallien valojen ohjaukseen. Valaistuslähdoistä on esimerkki *liitteessä 4*.

Lämmityskytkentöjä tein 3- ja 1-vaiheisina. Ohjaustapoina käytin kolmea perusohjausta, joita olivat ohjaus termostaatin, VAKin ja kellokytkimen kautta. Lämmityslähdöt ovat lähinnä tarkoitettu lämmityskaapeille, joita ovat lattialämmitys, saattolämmitys, sulanapito ja ikkunalämmitys. Kaikissa kytkennöissä on käytetty vikavirtasuojaa, joka on pakollinen nykyään kaikissa lämmityskaapelilähdoissä. Termostaattiohjauksessa on käytetty esimerkkinä Devireg 330 termostaatti, jolla pystytään kontrolloimaan lattialämmitystä, saattolämmitystä tai sulanapitoa [20]. Lämmityslähdoistä on esimerkki *liitteessä 5*.

Muut kytkennät-hakemistoon tein mittaukseen ja varavoimaan siirtymiseen liittyvät kytkennät. Mittaukseen liittyviin kytkentöihin tuli suora- ja epäsuora mittaus, joissa kummassakin impulssilähtö. Varavoimaan liittyvässä kytkennässä varavoimaan siirrytään, kun jännitevahti havaitsee jännitteen aleneman. Jännitevahtina on käytetty esimerkkinä Carlo Gavazzin jännitevahtia. Kun jännitevahti havaitsee jännitteen aleneman, se ohjaa normaaliverkon kontaktorin auki ja varavoiman kontaktorin kiinni. Samalla generaattorille menee käynnistystieto. Muiden kytkentöjen esimerkit ovat *liitteissä 6 ja 7*.

Viimeiseksi tein piirikaaviomalleja, jotka sopivat mallisäätökaavioihin, joita oli automaatio-osaston hakemistossa valmiina. Säätökaaviot olivat lähinnä ilmanvaihtoon liittyviä säätöpiirejä, joissa ilmanvaihtoon ja lämmitykseen liittyviä kojeita olivat puhaltimet, pumput, lämmöntalteenottokojeet ja säätöpellit. Säätöpiireihin liittyviä piirikaavioita tuli yhteensä 30, joissa jokaisessa on keskimäärin 4 sivua. Tarkempi sivumäärä selviää *liitteestä 2*, jossa on esitetty piirustusluettelo. *Liitteessä 8* on esimerkkinä mallipiirikaavio ja säätökaavio.

Piirikaaviomallien työn numeroksi valitsin 2011 ja jokaiselle piirikaavioille oman juoksevan piirustusnumeron alkaen luvusta P001. Tiedostojen nimet valitsin alkavaksi SAH-etukirjaimilla, jotka kertovat piirustuksen olevan sähköpiirustus. Laadin piirikaavioille hakemistorakenteen, jossa piirikaaviot oli jaoteltu sen mukaan, mitä erilaisia toimintoja ja komponentteja ne sisälsivät.

Seuraavassa luettelossa ovat piirikaavioiden piirustusnumerojaot:

P001-P099 Moottorilähdöt

P100-P199 Valaistuslähdet

P200-P299 Lämmityslähdöt

P300-P399 Muut

P400-P499 Säätökaavioihin

Tein hakemistorakenteesta sellaisen, ettei siinä ollut liikaa kansioita, jotta niiden selailu ei olisi hidasta ja vaivalloista. Tein myös erillisen yhden kansion, jossa olivat kaikki kehittämäni piirikaaviot ja piirustusluettelo, josta selvisi piirikaavioiden sisältö. Nimesin sen "kaikki"-kansioksi, jossa ovat piirikaaviomallit dwg- ja pdf-muodossa. *Liitteessä 1* on esitetty hakemistorakenne.

## **11 Jatkokehitys ehdotukset ja tulevaisuuden visiot**

Piirikaaviomalleja löytyy paljon erilaisia. Tässä työssä on keskitytty lähinnä yleisimpiin talotekniikassa käytettyihin piirikaavioihin ja säätökaavioihin liittyviin piirikaavioihin.

Tein hakemistorakenteesta sellaisen, että sitä on helppo muokata ja siihen on myöhemmin helppo lisätä uusia mallipiirikaavioita. Piirustusluettelosta on tehty myös sellainen, että siinä on tilaa uusille mallikaavioille. Hakemistorakenne on tehty niin, että suurin osa piirikaavioista sopii rakenteellisesti ja sisällöltään näihin viiteen eri hakemistoryhmään.

Ongelmia voi tulla siitä, miten saadaan säilytettyä jatkuvuus mallien esille tuonnissa, kun mallipiirikaavioita ja säätökaavioihin liittyviä piirikaavioita tulee uusia. Tähän liittyvä ratkaisu voisi olla säännöllisin väliajoin tehtävä kysely suunnittelijoille. Joku suunnittelija voisi myös ottaa vastuun siitä, että mallit päivitetään säännöllisin väliajoin.

Isoilla yrityksillä ja laitoksilla saattaa olla omat tavat piirikaavioiden laadinnassa ja merkinnöissä. Nämä isojen asiakkaiden mallit voisi myös kerätä tähän samaan hakemistoon. Tällä varmistettaisiin se että, suunnittelijan vaihtuessa mallit voitaisiin helposti löytää.

Tulevaisuudessa siirtyminen uusiin piirikaavio-ohjelmiin tuo omat haasteet mallipiirikaavioille. Uusissa ohjelmissa CADiE Pikasso-ohjelmalla piirrettyjen piirikaavioiden ominaisuudet eivät enää välttämättä toimi ja piirikaavioiden muokkaaminen on hankalaa. Tästä johtuen mallipiirikaavioiden kehitystyö tulevaisuudessa tulee jatkumaan.

## **12 Pohdinta**

Mallipiirikaavioita tuli käyttöön yhteensä 86 ja näihin liittyviä piirikaaviosivuja 193. Näistä 30 on säätökaavioihin liittyviä piirikaavioita ja piirikaaviosivuja 129. Piirikaaviomallien tekeminen ja niiden suunnittelu vei odottamattoman paljon aikaa. Piirikaavioiden koneellinen piirto tuotti alussa hankaluuksia, koska en ollut aikaisemmin tehnyt piirikaavioita Pikasso-ohjelmalla. Myös piirikaavioiden tarkastelu ja tulkitseminen otti oman aikansa, jotta niiden ymmärtäminen ja piirtäminen olisi jatkossa helpompaa. Oman työni ohella tutustuin pikkuhiljaa piirikaavioiden maailmaan ja niiden käyttötarkoitukseen. Työpaikalla oli käytössä myös toinen piirikaavioiden tekoon suunniteltu ohjelma, jota jouduin töitten puolesta käyttämään. Tämä sekoitti välillä itseäni, kun jouduin siirtymään ohjelmasta toiseen.

Tein piirikaavioita tasaisin väliajoin koko kevään 2011 töiden ohella. Piirikaavioita oli yrityksellä ennestään paljon, mutta ne olivat vaikeasti löydettävissä. Lähdin kehittämään näistä ja kirjallisuudesta piirikaaviomalleja yrityksen käyttöön. Valmiit piirikaaviot tulevat suunnittelijoiden käyttöön, helpottamaan heidän työtänsä ja yhtenäistämään piirikaavioiden esitystapaa. Piirikaaviot tehtiin niin, että niiden muokkaaminen olisi helppoa ja niiden tulkitseminen helpottuisi.

Piirikaavioiden työstäminen oli aikaa vievää, johtuen osaksi ohjelmasta, ohjelman käytöstä ja omasta kokemuksesta. Tämän työn avulla opin kuitenkin paljon piirikaavioista, ja piirtäminen on varmasti jatkossa helpompaa ja auttaa kehittämään työelämässä.

Mallipiirikaaviot otetaan käyttöön yrityksessä ennen kesää, heti kun olen siirtänyt hakemistorakenteen yrityksen verkkolevyille. Verkkolevy on näkyvässä koko yrityksen työntekijöille. Tämän jälkeen teen ohjeen hakemistorakenteesta ja piirustusluettelosta. Ohjeen avulla jokainen työntekijä voi löytää mallipiirikaaviot, ja lisätä omia piirikaaviomalleja hakemistoon ja piirustusluetteloon. Ohjeen lähetän sähköpostilla kaikille sähköosaston suunnittelijoille.

## Lähteet

- 1 Ruppia Erkki, Perkiö Tauno 1996. Sähkötekniinen dokumentointi. Helsinki: opetushallitus.
- 2 Pere Aimo 1998. Sähköpiirustus, 5. painos. Espoo: Kirpe Oy.
- 3 ST-esimerkit 4. 2004. Esimerkkipiirustukset toimisto- ja liikerakennus. Espoo: Sähkötieto ry.
- 4 Jumpponen Eino. 1999. Piirrosmerkkikirja, 3. painos. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 5 Sähköasennukset 2. 2006. Espoo: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry.
- 6 Rakennuksien ryhmäkeskusten vakiokytkennät enintään 400 V nimellisjännitteelle. 1992. Espoo: Sähkötieto ry.
- 7 Sähköpiirustusohjeet. 1984. Vaasa: Kymi-Strömberg Oy.
- 8 ST kortisto, ST 715.10. 2006. Espoo: Sähkötieto ry.
- 9 ST kortisto, ST 90.01. 1995. Espoo: Sähkötieto ry.
- 10 Tietämisen arvoista asiaa taajuudenmuuttajista. 2000. Danfoss. Laurens Grafisk.
- 11 SFS 16 Moottorikeskukset ja ohjelmoitavat ohjaukset. Vakiosovelluksia enintään 1000 V. 2003. Suomen standardisoimisliitto. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.
- 12 Sähkomoottorikäytöt ja asennukset. 1989. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- 13 Kallio, Raimo & Mäkinen Markku. 2004. Teollisuuden sähköasennukset. Helsinki: Otava.
- 14 Sähköasennukset 1. 2006. Espoo: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry
- 15 Pienjännitekojeet. Verkkodokumentti. Siemens Oy. ([http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden tuotteet ja ratkaisut/tuotesivut/pienjannitekojeet.htm](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/pienjannitekojeet.htm)). Luettu 05.03.2011.
- 16 Fingen. Verkkodokumentti (<http://www.fingen.fi/YLEINEN.htm>). Luettu 28.02.2011.
- 17 Energiamittarit. Verkkodokumentti. Schneider electric. (<http://ecatalogue.schneider-electric.fi/ProductGroup.aspx?groupid=33149&navid=24988&navoption=1>). Luettu 28.02.2011.












































- 18 Harju Pentti. Talotekniikan automaatio, mittaus ja säätö. Verkkodokumentti. ([http://www.penantieto-opus.fi/files/talotekniikan\\_automatio\\_oppikirja.pdf](http://www.penantieto-opus.fi/files/talotekniikan_automatio_oppikirja.pdf)). Luettu 24.02.2011.
- 19 Jumpponen Eino. Sähköpiirustuskirja. 1999. Espoo: Suomen sähkö- ja teleura-koitsijaliitto ry.
- 20 Termostaatit. Verkkodokumentti. Danfoss. [http://devi.danfoss.com/Finland/Professional/Products/Collection+Floor+Heating+Thermostats/iframe-Devireg\\_330.htm](http://devi.danfoss.com/Finland/Professional/Products/Collection+Floor+Heating+Thermostats/iframe-Devireg_330.htm)). Luettu 24.02.2011.
- 21 CadiE. Verkkodokumentti. Cad-Q. <http://www.cad-q.fi/index.php/tuotteet/talotekniikka/cadie-shksuunnitteluun/17611>
- 22 Yrityksen tiedot. Verkkodokumentti. Hepacon Oy. <http://www.hepacon.fi/index.php?page=yritys>

## Hakemistorakenne

- [-] Piirikaaviomallit
  - [-] Kaikki
    - dwg
    - pdf
  - [-] Lämmityskytkenät
    - [-] K-0-A
      - [-] 1-VAIHE
        - KELLOKYTKIN
        - TERMOSTAATTI
        - VAK OHJAUS
      - [-] 3-VAIHE
        - KELLOKYTKIN
        - TERMOSTAATTI
        - VAK OHJAUS
- [-] Moottorikytkenät
  - [-] 1-nop
    - [-] 0-1
      - Johdonsuojakatkaisija
      - Kahvavaroke
      - Kytkinvaroke
      - Moottorinsuojakytkin
      - Tulppavaroke
    - [-] K-0-A
      - Johdonsuojakatkaisija
      - Kahvavaroke
      - Kytkinvaroke
      - Moottorinsuojakytkin
      - Tulppavaroke
  - [-] 2-nop
    - [-] 0-1-2
      - Kytkinvaroke
      - Tulppavaroke
    - [-] A-0-1-2
      - Kytkinvaroke
      - Tulppavaroke
  - [-] KSK
    - [-] K-0-A
      - TULPAT
  - [-] LÄMMITYSPUMPPULÄHTÖ
    - [-] 0-A
      - TAAJUUSMUUTTAJA
    - [-] K-0-A
      - Johdonsuojakatkaisija
      - Kytkinvaroke
      - Tulppavaroke

- [-] Suunnanvaihtaja
  - [-] 1-0-2
    - Kytkinvaroke
    - Tulppavaroke
  - [-] A-0-1-2
    - Kytkinvaroke
    - Tulppavaroke
- [-] Taajuusmuuttaja
  - [-] 0-A
    - Kytkinvaroke
    - Tulppavaroke
  - [-] OHITUS
    - OHITUSKYTKIN
    - RK OHITUS
- [-] Muut
  - [-] ENERGIAMITTAUS
    - EPÄSUORA
    - SUORA
    - VARAVOIMA
- [-] Säätäreihin
  - Energiamittaus
  - [-] Huippumuri
    - K-0-A
    - RINNAN
    - SC
  - [-] TK
    - TK 1-NOPEUS
    - TK 1-NOPEUS SÄHKÖPATTERIT
    - TK 2-NOPEUS
    - TK SC
    - TK SC RK OHITUS
    - TK SC-OHITUSKYTKIN
  - [-] TK GLYKOLI
    - TK GLYKOLI 1-NOPEUS
    - TK GLYKOLI 2-NOPEUS
    - TK GLYKOLI SC
    - TK GLYKOLI SC RK OHITUS
    - TK GLYKOLI SC-OHITUSKYTKIN
  - [-] TK HYRRÄ
    - TK HYRRÄ 1-NOPEUS
    - TK HYRRÄ 2-NOPEUS
    - TK HYRRÄ SC
    - TK HYRRÄ SC RK OHITUS
    - TK HYRRÄ SC-OHITUSKYTKIN

- [-]  TK KIERTO
  -  TK KIERTO 1-NOPEUS
  -  TK KIERTO 2-NOPEUS
  -  TK KIERTO SC
  -  TK KIERTO SC RK OHITUS
  -  TK KIERTO SC-OHITUSKYTKIN
- [-]  TK KUUTIO
  -  TK KUUTIO 1-NOPEUS
  -  TK KUUTIO 2-NOPEUS
  -  TK KUUTIO SC
  -  TK KUUTIO SC RK OHITUS
  -  TK KUUTIO SC-OHITUSKYTKIN
- [-]  VALAISTUKSEN OHJAUS
  -  ULKOVALOT
- [-]  Valaistuskytkennät
  - [-]  1-vaihe
    - [-]  K-0-A
      -  AIKARELE
      -  HÄMÄRÄKYTKIN
      -  KELLOKYTKIN
      -  LIIKEILMAISIN
      -  PORRASVALOAUTO
      -  SYSÄRI
      -  VAK+LIIKEILMAISIN
      -  VAK+PAINONAPIT
    - [-]  SUORA
      -  HÄMÄRÄKYTKIN
      -  PORRASVALOAUTO
  - [-]  3-vaihe
    - [-]  K-0-A
      -  AIKARELE
      -  HÄMÄRÄKYTKIN
      -  KELLOKYTKIN
      -  LIIKEILMAISIN
      -  PORRASVALOAUTO
      -  SYSÄRI
      -  VAK+LIIKEILMAISIN
      -  VAK+PAINONAPIT
    - [-]  SUORA
      -  HÄMÄRÄKYTKIN
      -  PORRASVALOAUTO

Esim. tiedostoista TK KUUTIO 2-NOPEUS, vasemmalla piirikaavio, oikealla säätökaavio.



SAH-P423  
AutoCAD Drawing  
273 kt



TK KUUTIO 2N  
AutoCAD Drawing  
48 kt

# Piirustusluettelo

Sivu 1 / 8

HEPACON		SÄHKÖPIIRUSTUSLUETTELO		Työnro		Revisio	
Kohde		2011		2011		2011-P000	
HEPACON OY		MALLIPIIRIKAAVIOT		Piir.no		2011-P000	
Osoite		Päivä		Laadittu pvm:		Muutospvm:	
MALLIPIIRIKAAVIOT		Pvm		25.3.2011		25.3.2011	
Pirustuksen alku		Pvm		Lähtö:		Jäl.	
Pvm		Pvm		Tarkk./hyv.:			
Pvm		Pvm		Mittakaava		Tiedoston nimi	
Pvm		Pvm		Suunnitelma			
<b>YLEISET ASIAKIRJAT</b>							
PIIRIKAAVIO MALLIT							
<b>MOOTTORILÄHDÖT P001-P099</b>							
2011-P001	1-NOPEUS 3-VAIHE	0-1 MOOTTORILÄHTÖ	TULPPA				SAHP001.dwg
2011-P002	1-NOPEUS 3-VAIHE	0-1 MOOTTORILÄHTÖ	KYTKINVAROKE				SAHP002.dwg
2011-P003	1-NOPEUS 3-VAIHE	0-1 MOOTTORILÄHTÖ	KAHVAVAROKE				SAHP003.dwg
2011-P004	1-NOPEUS 3-VAIHE	0-1 MOOTTORILÄHTÖ	JOHDONSUOJAKYTKIN				SAHP004.dwg
2011-P005	1-NOPEUS 3-VAIHE	0-1 MOOTTORILÄHTÖ	MOOTTORINSUOJAKYTKIN				SAHP005.dwg
2011-P006	1-NOPEUS 3-VAIHE	K-0-A MOOTTORILÄHTÖ	TULPPA				SAHP006.dwg
2011-P007	1-NOPEUS 3-VAIHE	K-0-A MOOTTORILÄHTÖ	KYTKINVAROKE				SAHP007.dwg
2011-P008	1-NOPEUS 3-VAIHE	K-0-A MOOTTORILÄHTÖ	KAHVAVAROKE				SAHP008.dwg
2011-P009	1-NOPEUS 3-VAIHE	K-0-A MOOTTORILÄHTÖ	JOHDONSUOJAKYTKIN				SAHP009.dwg
2011-P010	1-NOPEUS 3-VAIHE	K-0-A MOOTTORILÄHTÖ	MOOTTORINSUOJAKYTKIN				SAHP010.dwg

Y 0707141-6  
AJK/ak.

Puhelin (09) 351 721  
Faksi (09) 351 72644  
etunimi.sukunimi@hepacon.fi  
www.hepacon.fi  
Viestiosoite: 010003

Hepacon Oy  
Malminkatu 23 A  
00700 HELSINKI  
C:\Documents and Settings\jarkko.Levakoff\Työkalut\Hepacon\m...  
C:\Documents and Settings\jarkko.Levakoff\Työkalut\Hepacon\m...

Puhelin: 14330001420718

## SÄHKÖPIIRUSTUSLUETTELO



Kohte  
HEPACON OY

Osalle  
MALLIPiIRIKAAVIOT

Työnro  
Pir\_nro  
Laadittu pvm: 25.3.2011  
Muutospvm:

2011


2011-P000


Laajitus:  
Tark./Hyy.:

Jal

Revisio

Piirustus N:o	Revisio	Revisio päiväys	Pvm	Piirustuksen sisältö	Mitakaava Sivumäärä	Tiedoston nimi	
2011-P011				2-NOPEUS	0-1-2 MOOTTORILÄHTÖ	TULPPA	SAHP011.dwg
2011-P012				2-NOPEUS	0-1-2 MOOTTORILÄHTÖ	KYTKINVAROKE	SAHP012.dwg
2011-P016				2-NOPEUS	A-0-1-2 MOOTTORILÄHTÖ	TULPPA	SAHP016.dwg
2011-P017				2-NOPEUS	A-0-1-2 MOOTTORILÄHTÖ	KYTKINVAROKE	SAHP017.dwg
2011-P021				TAAJUUSMUUTTAJA	0-A MOOTTORILÄHTÖ	TULPPA	SAHP021.dwg
2011-P022				TAAJUUSMUUTTAJA	0-A MOOTTORILÄHTÖ	KYTKINVAROKE	SAHP022.dwg
2011-P026				SUUNNANVAIHTAJA	1-0-2 MOOTTORILÄHTÖ	TULPPA	SAHP026.dwg
2011-P027				SUUNNANVAIHTAJA	1-0-2 MOOTTORILÄHTÖ	KYTKINVAROKE	SAHP027.dwg
2011-P031				SUUNNANVAIHTAJA	A-0-1-2 MOOTTORILÄHTÖ	TULPPA	SAHP031.dwg
2011-P032				SUUNNANVAIHTAJA	A-0-1-2 MOOTTORILÄHTÖ	KYTKINVAROKE	SAHP032.dwg
2011-P036				LÄMMITYSPUMPPULÄHTÖ	K-0-A	TULPPA	SAHP036.dwg
2011-P037				LÄMMITYSPUMPPULÄHTÖ	K-0-A	KYTKINVAROKE	SAHP037.dwg

		<b>SÄHKÖPIIRUSTUSLUETTELO</b> Kohde <b>HEPACON OY</b> Osasto <b>MALLIPILIKAAVIOT</b>		Työnro <b>2011</b> Piir.no <b>2011-P000</b> Laadittu pvm: 25.3.2011 Muutospvm:		Revisio Jälj. Tark./hyv.:	
Piirustus N:o	Revisio	Revisio päiväys	Pvm	Piirustuksen sisältö	Mittakaava Suunnitelma	Tiedoston nimi	
2011-P038				LÄMMITYSPUMPPULAHTO K-O-A	3	SAHP038.dwg	
2011-P042				LÄMMITYSPUMPPULAHTO TAAJUUSMUUTTAJA KYKINVAROKE	3	SAHP042.dwg	
2011-P043				TAAJUUSMUUTTAJA RK OHTIUS TULPAT		SAHP043.dwg	
2011-P044				TAAJUUSMUUTTAJA OHTIUSKYTKIN		SAHP044.dwg	
2011-P050				KSK K-O-A		SAHP050.dwg	
<b>VALAISTUSLÄHDÖT P100-199</b>							
2011-P100				3-y. VALAISTUSLÄHTÖ K-O-A, VAK+PAINONAPIT JOHDONSUOJA		SAHP100.dwg	
2011-P101				3-y. VALAISTUSLÄHTÖ K-O-A, VAK+LIKEILMAISIN JOHDONSUOJA		SAHP101.dwg	
2011-P102				3-y. VALAISTUSLÄHTÖ K-O-A, PAINONAPIT SYSÄRI JOHDONSUOJA		SAHP102.dwg	
2011-P103				3-y. VALAISTUSLÄHTÖ K-O-A, LIKEILMAISIN JOHDONSUOJA		SAHP103.dwg	
2011-P104				3-y. VALAISTUSLÄHTÖ K-O-A, PAINONAPIT AIKARELE JOHDONSUOJA		SAHP104.dwg	

		<b>SÄHKÖPIIRUSTUSLUETTELO</b>		Työnro <b>2011</b> Revisio Piirruno <b>2011-P000</b>		
Kohde <b>HEPACON OY</b>		Laadittu pvm: 25.3.2011 Muutospvm:		Laadittu pvm: 25.3.2011 Muutospvm:		
Osalle <b>MALLIPIIRIKAAVIOT</b>		Laitilla:      JaL Tark./hyv.:		Laadittu pvm: 25.3.2011 Muutospvm:		
Piirustus N:o	Revisio	Revisio päiväys	Pvm	Piirustuksen sisältö	Mittakaava Sivumäärä	Tiedoston nimi
2011-P105				3-x. VALAISTUSLÄHTÖ K-O-A, PORRASVALOAUTOM. JOHDONSUOJA		SAHP105.dwg
2011-P106				3-x. VALAISTUSLÄHTÖ SUORA, PORRASVALOAUTO. JOHDONSUOJA		SAHP106.dwg
2011-P107				3-x. VALAISTUSLÄHTÖ K-O-A HÄMÄRÄKYTKIN JOHDONSUOJA		SAHP107.dwg
2011-P108				3-x. VALAISTUSLÄHTÖ SUORA, HÄMÄRÄKYTKIN JOHDONSUOJA		SAHP108.dwg
2011-P109				3-x. VALAISTUSLÄHTÖ K-O-A KELLOKYTKIN JOHDONSUOJA		SAHP109.dwg
2011-P110				1-x. VALAISTUSLÄHTÖ K-O-A, VAK+PAINONAPIT JOHDONSUOJA		SAHP100.dwg
2011-P111				1-x. VALAISTUSLÄHTÖ K-O-A, VAK+LIKEILMAISIN JOHDONSUOJA		SAHP101.dwg
2011-P112				1-x. VALAISTUSLÄHTÖ K-O-A, PAINONAPIT SYSÄRI JOHDONSUOJA		SAHP102.dwg
2011-P113				1-x. VALAISTUSLÄHTÖ K-O-A, LIKEILMAISIN JOHDONSUOJA		SAHP103.dwg
2011-P114				1-x. VALAISTUSLÄHTÖ K-O-A, PAINONAPIT AIKARELE JOHDONSUOJA		SAHP104.dwg
2011-P115				1-x. VALAISTUSLÄHTÖ K-O-A, PORRASVALOAUTOM. JOHDONSUOJA		SAHP105.dwg
2011-P116				1-x. VALAISTUSLÄHTÖ SUORA, PORRASVALOAUTO. JOHDONSUOJA		SAHP106.dwg
2011-P117				1-x. VALAISTUSLÄHTÖ K-O-A HÄMÄRÄKYTKIN JOHDONSUOJA		SAHP107.dwg




HEPACON		SÄHKÖPIIRUSTUSLUETTELO		2011		Revisio	
Kohde HEPACON OY		Työnro 2011-P000		Piiirno 2011-P000		Tiedoston nimi	
Osalle MALLIPIIRIKAAVIOT		Laadittu pvm: 25.3.2011		Muutospvm:		SAHP108.dwg	
		Laatija: Tarkk./HY.		Jal		SAHP109.dwg	
Piirustus N:o	Revisio	Revisio päiväys	Pvm	Piirustuksen sisältö	Mittakaava Suunnitelma		
2011-P118				1-V. VALAISTUSLÄHTÖ SUORA, HÄMÄRÄKYTKIN	JOHDONSUOJA	SAHP108.dwg	
2011-P119				1-V. VALAISTUSLÄHTÖ K-O-A KELLOKYTKIN	JOHDONSUOJA	SAHP109.dwg	
<b>LÄMMITYSLÄHDÖT P200-299</b>							
2011-P200				3-V. LÄMMITYSLÄHTÖ K-O-A, VAK OHJAUS	VIKAVIRTASUOJA	SAHP200.dwg	
2011-P201				1-V. LÄMMITYSLÄHTÖ K-O-A, VAK OHJAUS	VIKAVIRTASUOJA	SAHP201.dwg	
2011-P202				3-V. LÄMMITYSLÄHTÖ K-O-A, KELLOKYTKIN	VIKAVIRTASUOJA	SAHP202.dwg	
2011-P203				1-V. LÄMMITYSLÄHTÖ K-O-A, KELLOKYTKIN	VIKAVIRTASUOJA	SAHP203.dwg	
2011-P204				1-V. LÄMMITYSLÄHTÖ K-O-A, termostaatti	VIKAVIRTASUOJA	SAHP204.dwg	
2011-P205				3-V. LÄMMITYSLÄHTÖ K-O-A, termostaatti	VIKAVIRTASUOJA	SAHP205.dwg	
2011-P206							
2011-P207							
2011-P208							
2011-P209							

Y 0707141-6  
Akatek.Puhelin: (09) 351 721  
Faksi: (09) 351 72644  
etunimi.sukunimi@hepacon.fi  
www.hepacon.fi  
Virtauskatu 8, UusikaupunkiHepacon Oy  
Malminkatu 23 A  
00700 HELSINKI

C:\Documents and Settings\hanki\Local Settings\Temporary Internet Files\Content.IE5\Prvnsaco\ma

Pääty: 16.03.2011 09:11:16

		<b>SÄHKÖPIIRUSTUSLUETTELO</b> Kohte <b>HEPACON OY</b> Osasto <b>MALLIPIIRIKAAVIOT</b>		Työnro <b>2011</b> Piir_nro <b>2011-P000</b> Laadittu pvm: 25.3.2011 Muutospvm:		Revisio 	
Laadilija: JAL Tark./Hyv.:		Mittakaava Suomäkit		Tiedoston nimi			
Piirustus N:o	Revisio	Revisio päiväys	Pvm	Piirustuksen sisältö	Muut P300-399		
2011-P300				ENERGIAMITTARI	EPÄSUORAMITTAUS	4-NAP EROTIN	SAHP300.dwg
2011-P301				ENERGIAMITTARI	SUORAMITTAUS	4-NAP EROTIN	SAHP301.dwg
2011-P302				VARAVOIMA VÄLITOKONTAKTORI	JÄNNITEVAHTI		SAHP302.dwg
2011-P303							
2011-P304							
2011-P305							
<b>SÄÄTÖKAAVIOIHIN P400-499</b>							
2011-P400				ENERGIAMITTAUS	P300, P301		
2011-P401				HUIPPUMURI SC			SAHP401.dwg
2011-P402				HUIPPUMURI	K-O-A		SAHP402.dwg
2011-P403				HUIPPUMURIT RINNAN	2-NOP	2	SAHP403.dwg
2011-P404				TK 1-nopeus	IV-HÄTÄSEIS, JÄÄTYMISSUOJA	2 PUHALLINTA, 2 PUMPPUA	SAHP404.dwg
2011-P405				TK 1-nopeus SÄHKÖPATTERIT	IV-HÄTÄSEIS, JÄÄTYMISSUOJA	2 PUHALLINTA, 2 PUMPPUA	SAHP405.dwg

HEPACON		SÄHKÖPIIRUSTUSLUETTELO		Työnro 2011		Revisio	
Kohde HEPACON OY		Piirinumero 2011-P000		Laadittu pvm: 25.3.2011		Muutospvm:	
Osoite MALLIPUURIKAAVIOIT		Laatija: JAL		Tarkk./Hyv.:			
Piirustus N:o	Revisio	Revisio päiväys	Pvm	Piirustuksen sisältö	Mittakaava Suunnitelma	Tiedoston nimi	
2011-P406				TK 2-nopeus	IV-HÄTÄSEIS, JÄÄTYMISSUOJUA 2 PUHALLINTA, 2 PUMPPUA	SAHP406.dwg	
2011-P407				TK Glykoli 1-nopeus	IV-HÄTÄSEIS, JÄÄTYMISSUOJUA 2 PUHALLINTA, 3 PUMPPUA	SAHP407.dwg	
2011-P408				TK Glykoli 2-nopeus	IV-HÄTÄSEIS, JÄÄTYMISSUOJUA 2 PUHALLINTA, 3 PUMPPUA	SAHP408.dwg	
2011-P409				TK Glykoli 3c	IV-HÄTÄSEIS, JÄÄTYMISSUOJUA 2 PUHALLINTA(Sc), 3 PUMPPUA	SAHP409.dwg	
2011-P410				TK Glykoli 3c-ohituskytkin	IV-HÄTÄSEIS, JÄÄTYMISSUOJUA 2 PUHALLINTA(Sc), 3 PUMPPUA	SAHP410.dwg	
2011-P411				TK Glykoli 3c RK ohitus	IV-HÄTÄSEIS, JÄÄTYMISSUOJUA 2 PUHALLINTA(Sc), 3 PUMPPUA	SAHP411.dwg	
2011-P412				TK Hyrrä 1-nopeus	IV-HÄTÄSEIS, JÄÄTYMISSUOJUA 2 PUHALLINTA(Sc), 2 PUMPPUA, 1-HYRRÄ/Sc	SAHP412.dwg	
2011-P413				TK Hyrrä 2-nopeus	IV-HÄTÄSEIS, JÄÄTYMISSUOJUA 2 PUHALLINTA(Sc), 2 PUMPPUA, 1-HYRRÄ/Sc	SAHP413.dwg	
2011-P414				TK Hyrrä 3c	IV-HÄTÄSEIS, JÄÄTYMISSUOJUA 2 PUHALLINTA(Sc), 2 PUMPPUA, 1-HYRRÄ/Sc	SAHP414.dwg	
2011-P415				TK Hyrrä 3c-ohituskytkin	IV-HÄTÄSEIS, JÄÄTYMISSUOJUA 2 PUHALLINTA(Sc), 2 PUMPPUA, 1-HYRRÄ/Sc	SAHP415.dwg	
2011-P416				TK Hyrrä 3c RK ohitus	IV-HÄTÄSEIS, JÄÄTYMISSUOJUA 2 PUHALLINTA(Sc), 2 PUMPPUA, 1-HYRRÄ/Sc	SAHP416.dwg	
2011-P417				TK Kiertö 1-nopeus	IV-HÄTÄSEIS, JÄÄTYMISSUOJUA 2 PUHALLINTA, 2 PUMPPUA	SAHP417.dwg	
2011-P418				TK Kiertö 2-nopeus	IV-HÄTÄSEIS, JÄÄTYMISSUOJUA 2 PUHALLINTA, 2 PUMPPUA	SAHP418.dwg	

SÄHKÖPIIRUSTUSLUETTELO		2011		Revisio	
Piirustus N:o	Revisio päiväys	Pvm	Piirustuksen alabö	Mittakaava Suunnitelma	Tiedoston nimi
2011-P419			TK Kiertö Sc	IV-HÄTÄSEIS, JÄÄTYMISSUOJA PUMPPUJA	SAHP419.dwg
2011-P420			TK Kiertö Sc-ohituskytkin	IV-HÄTÄSEIS, JÄÄTYMISSUOJA PUMPPUJA	SAHP420.dwg
2011-P421			TK Kiertö Sc RK ohitus	IV-HÄTÄSEIS, JÄÄTYMISSUOJA PUMPPUJA	SAHP421.dwg
2011-P422			TK Kuutio 1-nopeus	IV-HÄTÄSEIS, JÄÄTYMISSUOJA 2 PUHALINTA, 2 PUMPPUJA	SAHP422.dwg
2011-P423			TK Kuutio 2-nopeus	IV-HÄTÄSEIS, JÄÄTYMISSUOJA 2 PUHALINTA, 2 PUMPPUJA	SAHP423.dwg
2011-P424			TK Kuutio Sc	IV-HÄTÄSEIS, JÄÄTYMISSUOJA 2 PUHALINTA(Sc), 2 PUMPPUJA	SAHP424.dwg
2011-P425			TK Kuutio Sc-ohituskytkin	IV-HÄTÄSEIS, JÄÄTYMISSUOJA PUMPPUJA	SAHP425.dwg
2011-P426			TK Kuutio Sc RK ohitus	IV-HÄTÄSEIS, JÄÄTYMISSUOJA PUMPPUJA	SAHP426.dwg
2011-P427			TK Sc	IV-HÄTÄSEIS, JÄÄTYMISSUOJA 2 PUHALINTA(Sc), 2 PUMPPUJA	SAHP427.dwg
2011-P428			TK Sc-ohituskytkin	IV-HÄTÄSEIS, JÄÄTYMISSUOJA 2 PUHALINTA(Sc), 2 PUMPPUJA	SAHP428.dwg
2011-P429			TK Sc RK ohitus	IV-HÄTÄSEIS, JÄÄTYMISSUOJA 2 PUHALINTA(Sc), 2 PUMPPUJA	SAHP429.dwg
2011-P430			Valaistuksen ohjaus ulkovalot	VAK	SAHP430.dwg

Työnro  
2011-P000

Piir\_nro  
2011-P000

Laadittu pvm:  
25.3.2011

Muutospvm:

Laatija:  
JaL

Tark./Hyv.:

Köndö  
HEPACON OY

Osasto  
MALLIPIIRIKAAVIOT



Y 0707141-9  
A-kat.

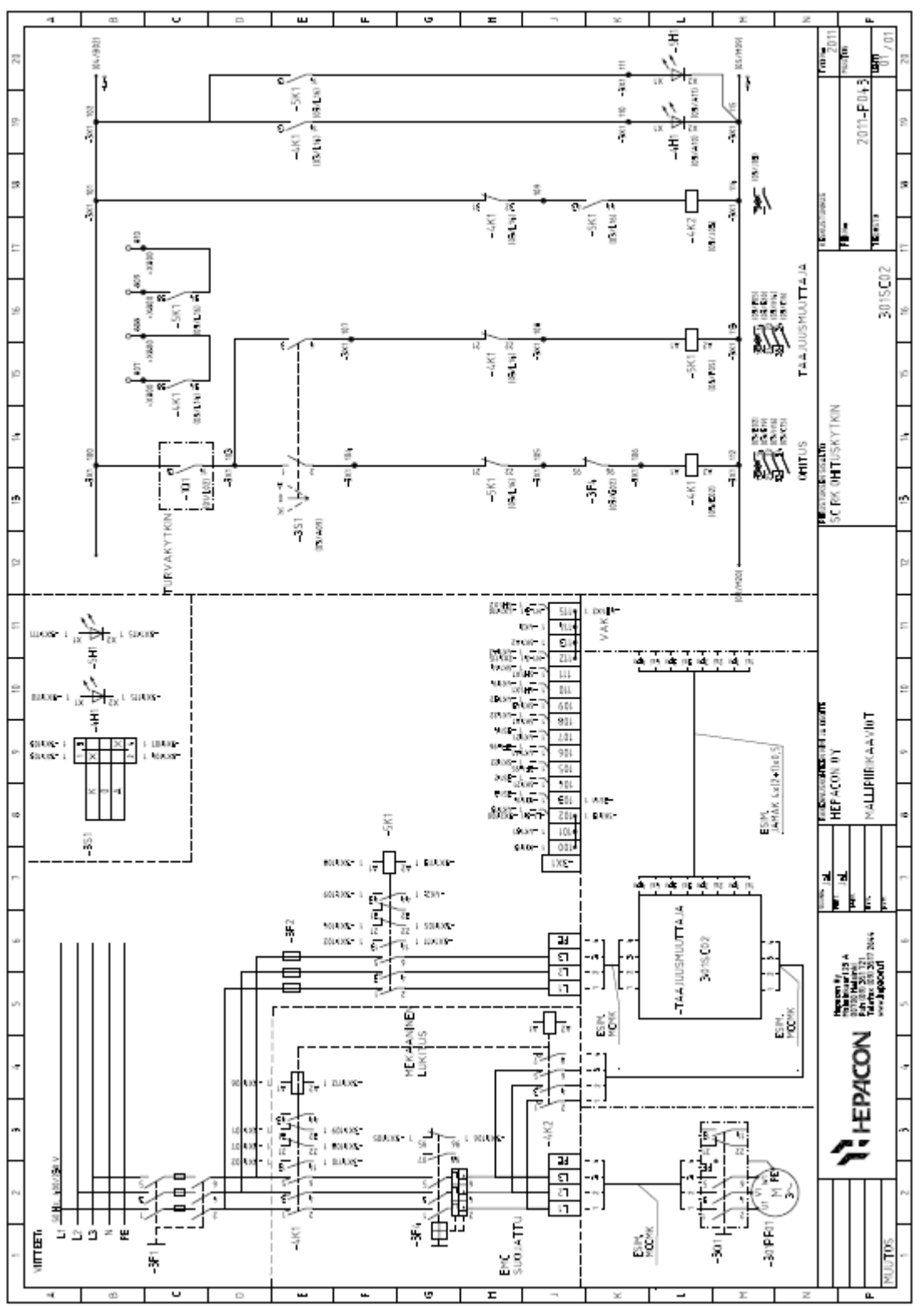
Puhelin (09) 351 721  
Faksi (09) 351 72644  
etunimi.kuorim@hepacon.fi  
www.hepacon.fi  
viestikotki@hepacon.fi

Hepacon Oy  
Malminkatu 23 A  
00700 HELSINKI

C:\Documents and Settings\kari\My Documents\Kuva\logon\hepaco no

Plussify 14.03.2010 07:16

**Esimerkki mallipiirikaavio moottorikytkentä**



HEPACON OY  
MALLIPiIRIKAAVIO

2011-01-3  
2011-01-3

3015C02

5C PK OHJUSKYTKIN

TAAJUUSMUUTTAJA

OHJUSKYTKIN

2011-01-3

2011-01-3

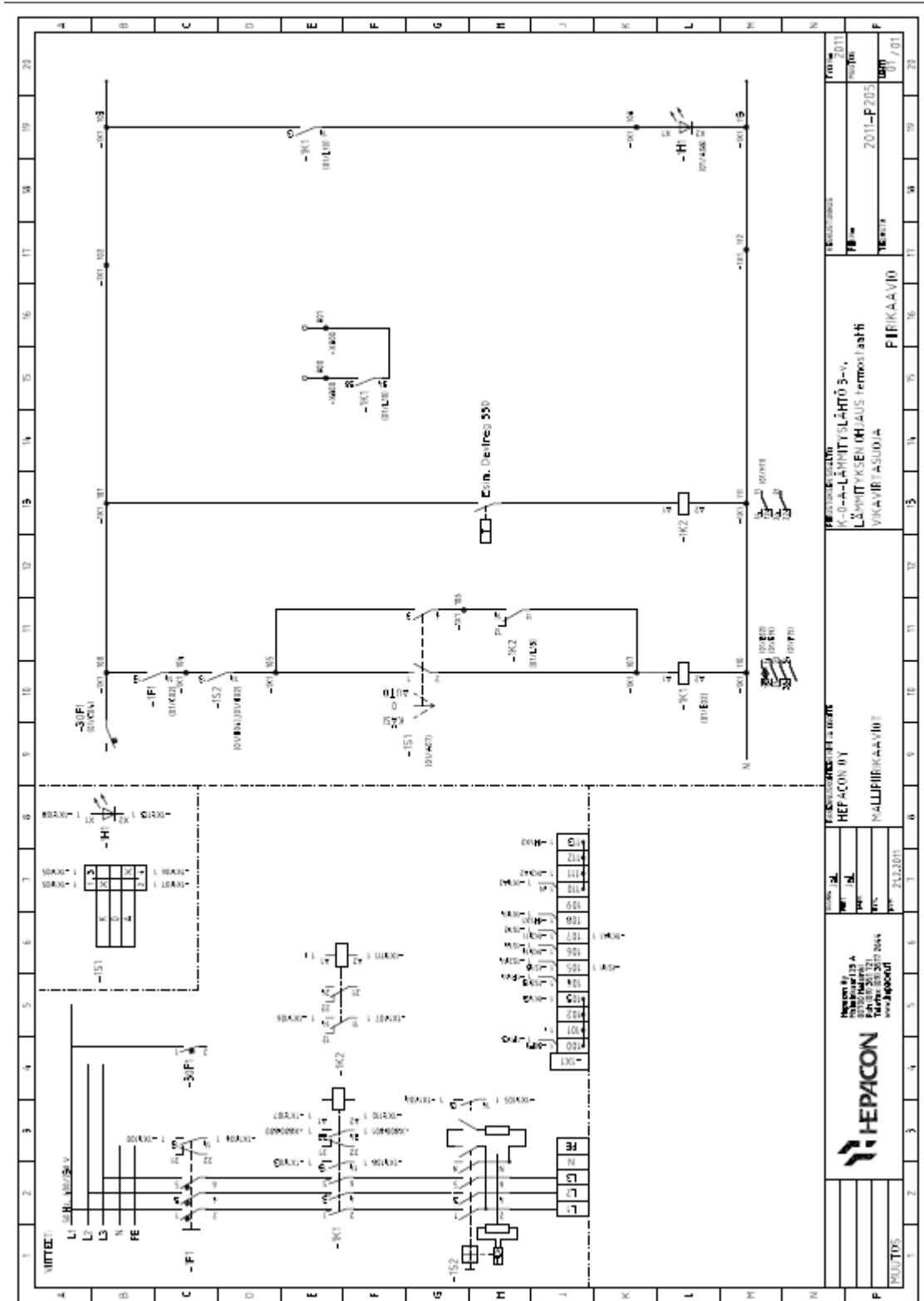
2011-01-3

2011-01-3

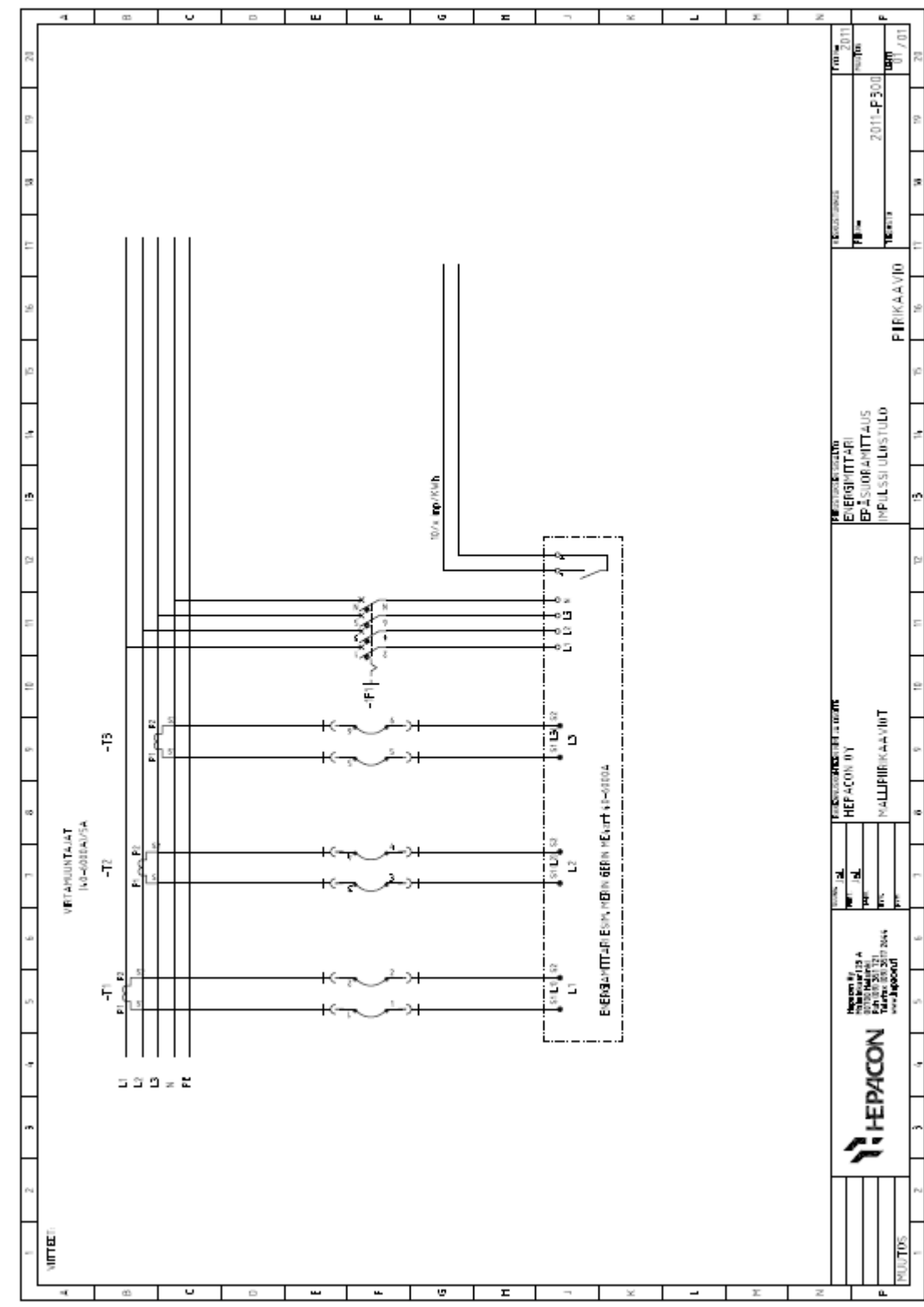
2011-01-3



**Esimerkki mallipiirikaavio lämmityskytkentä**

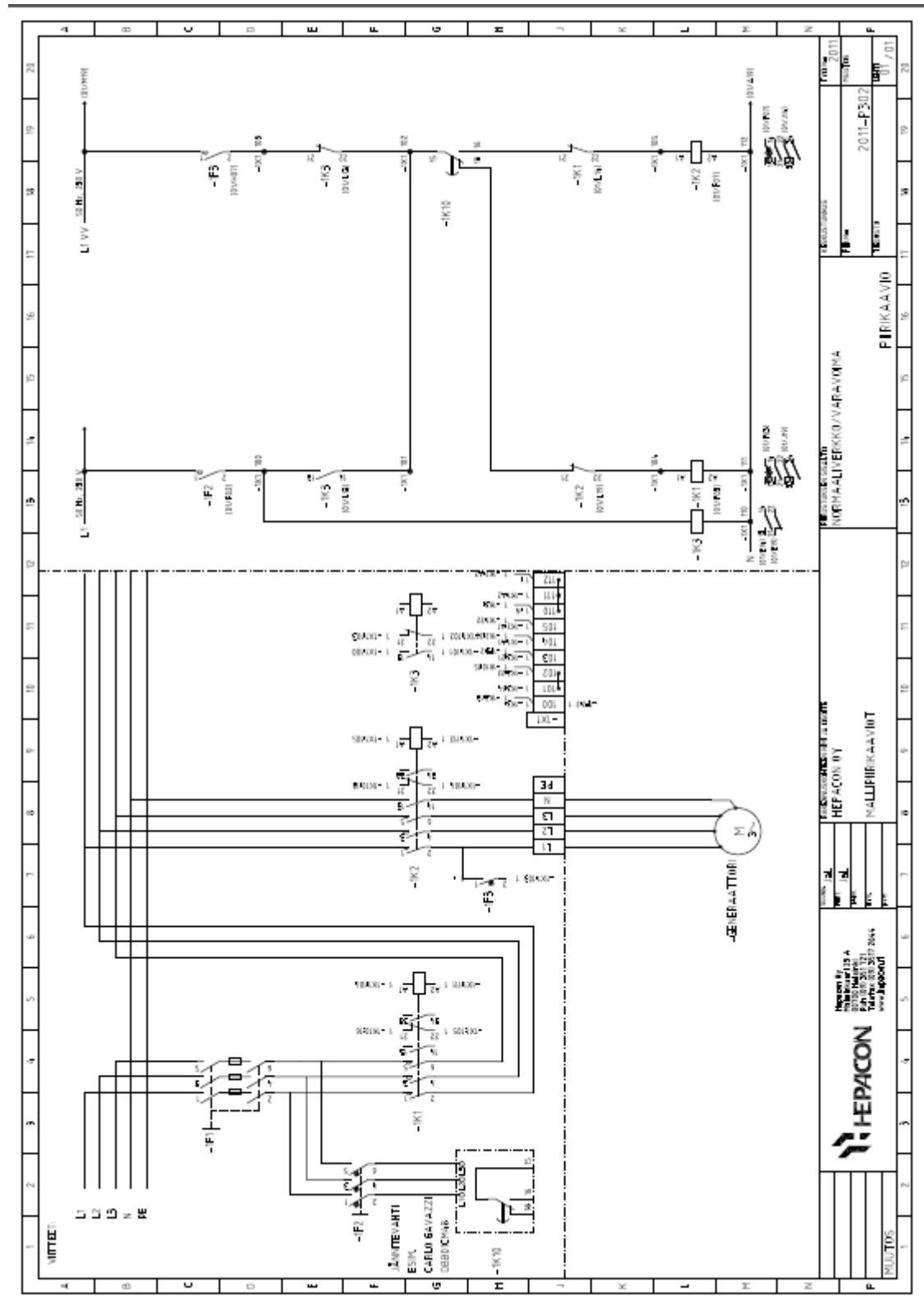


### Esimerkki mallipiirikaavio muut kytkennät epäsuoramittaus





### Esimerkki mallipiirikaavio muut kytkennät varavoima

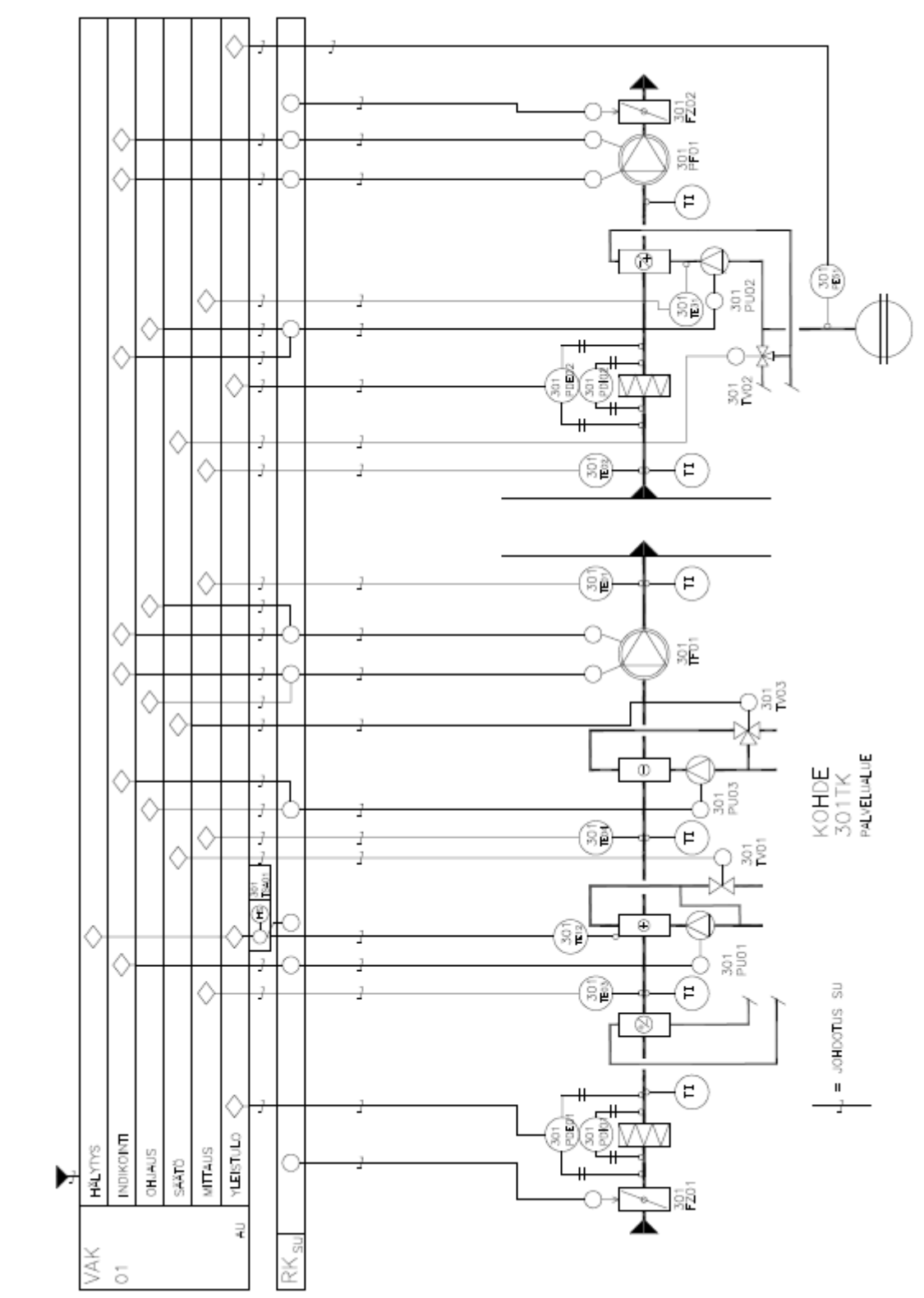


HEPACON Oy  
MALLIPIIRIKAAVIO  
2011-F302

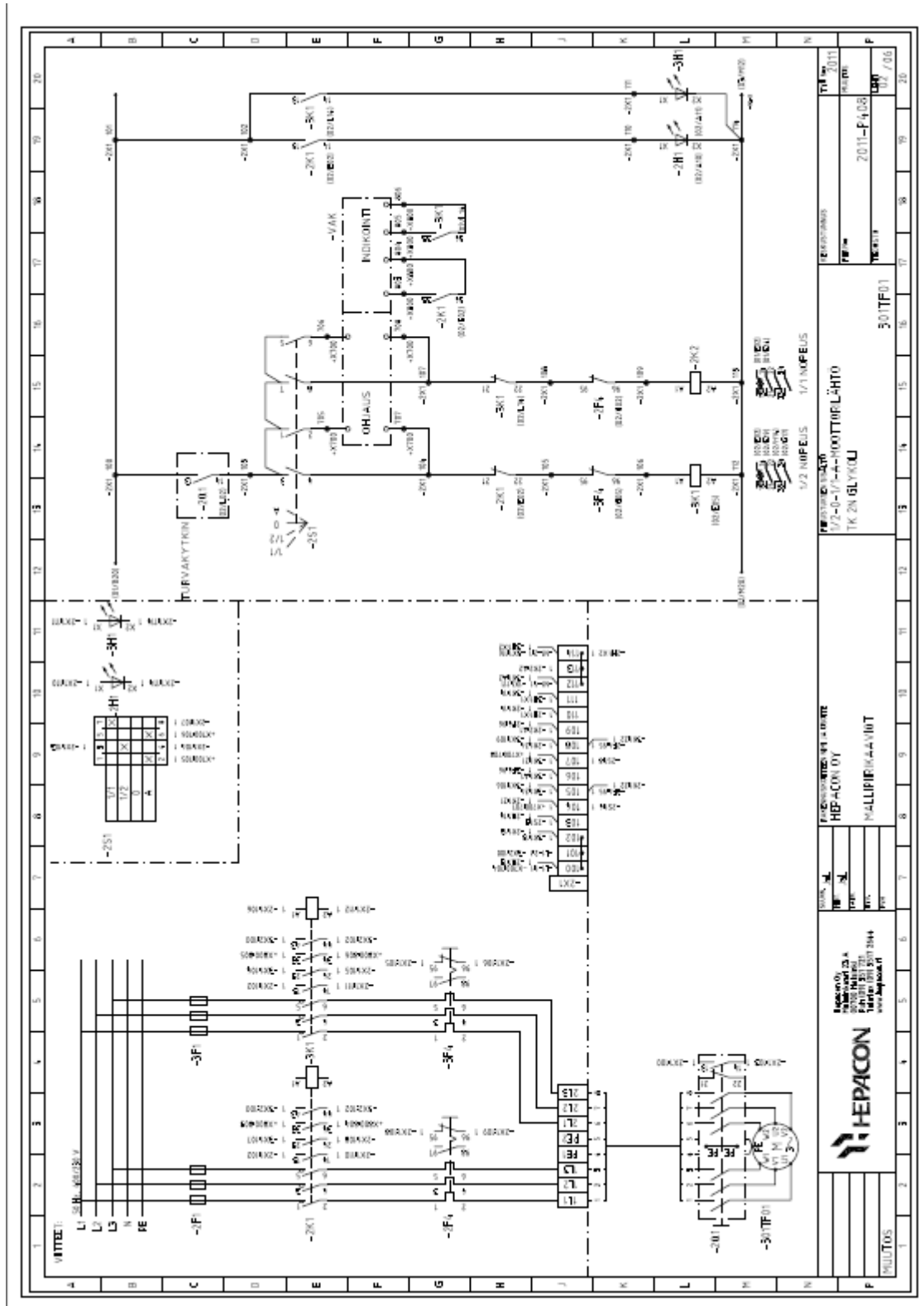
HEPACON Oy  
MALLIPIIRIKAAVIO  
2011-F302

HEPACON Oy  
MALLIPIIRIKAAVIO  
2011-F302

### Esimerkki mallipiirikaavio ja säätökaavio







HEPACON OY  
MALLIKIINEN

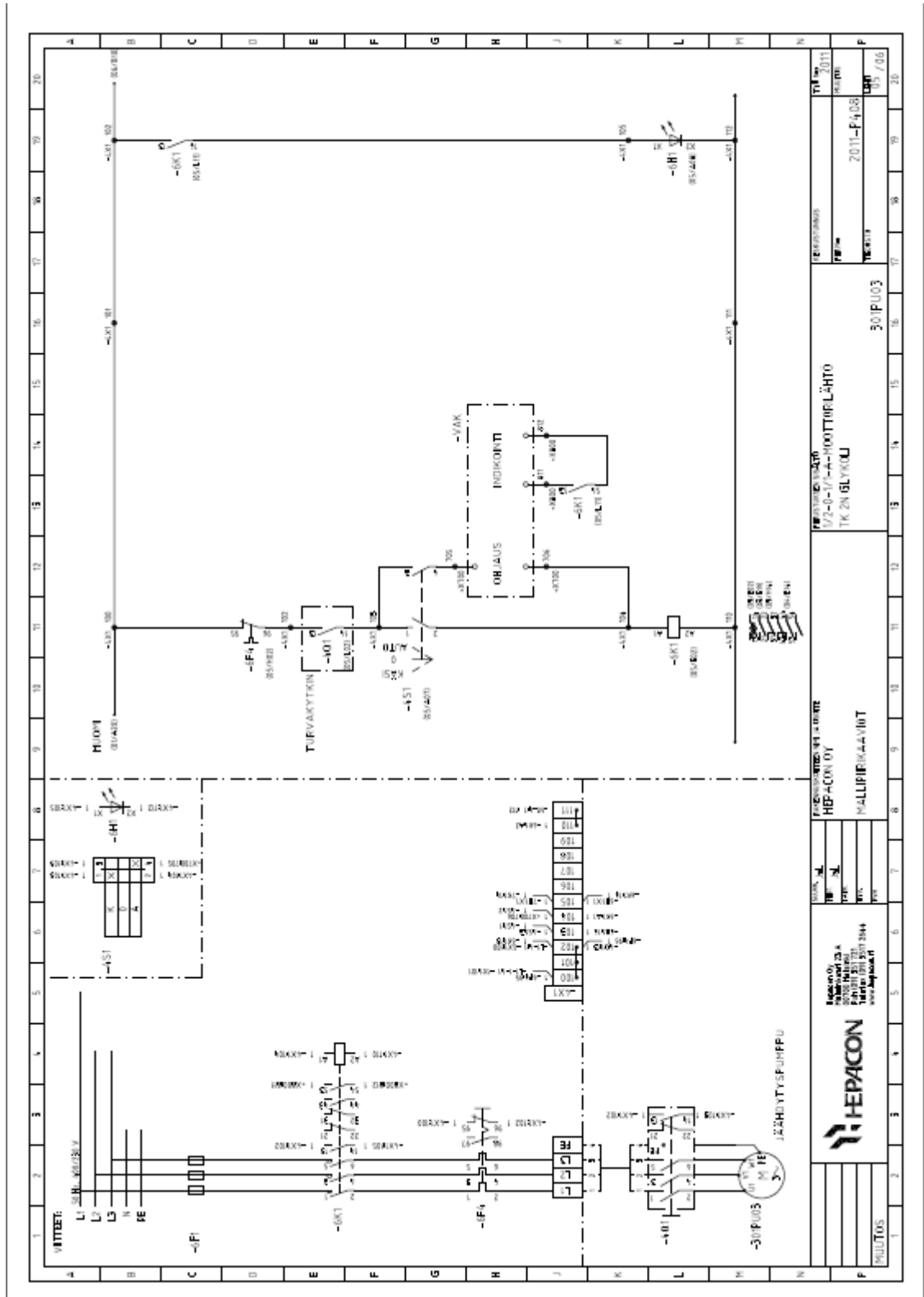
HEPACON OY  
MALLIKIINEN

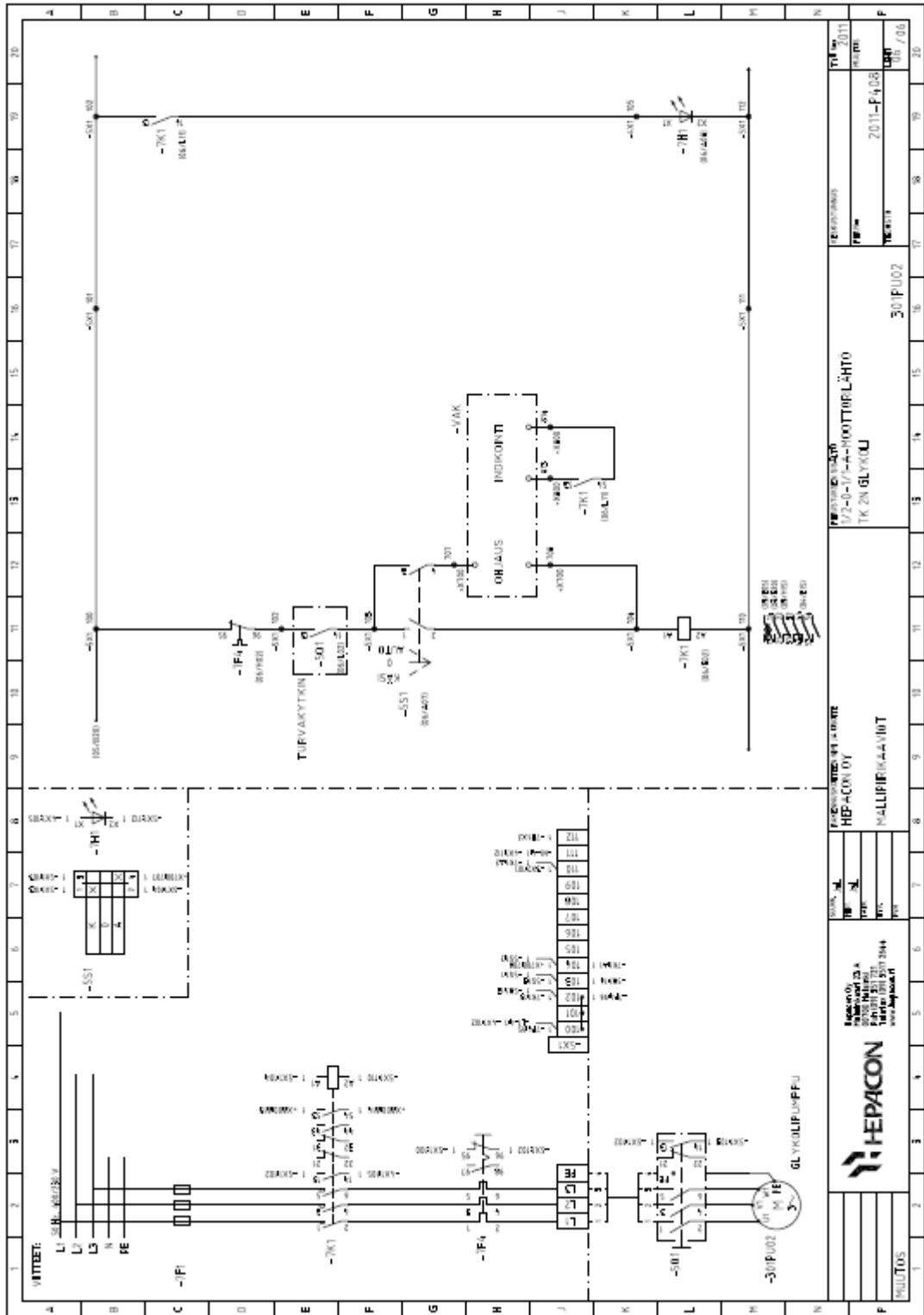
HEPACON OY  
MALLIKIINEN

HEPACON OY  
MALLIKIINEN









HEPACON OY Keskuskuja 4 00500 Helsinki Puhelin: 09 2511 2000 Faksi: 09 2511 2001 www.hepacon.fi		PROJEKTIN NIMI + OY HEPACON OY		PROJEKTIN NIMI MALLIRAKENNUS		PROJEKTIN NIMI 30IP02		PROJEKTIN NIMI 2011-F406		PROJEKTIN NIMI 00 / 06	
MALLITUS		MALLIRAKENNUS		MALLIRAKENNUS		MALLIRAKENNUS		MALLIRAKENNUS		MALLIRAKENNUS	