



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Niko Luoma

# Rakennusautomaatio – suunnitelmista toteutukseen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

12.11.2020

Tekijä Otsikko	Niko Luoma Rakennusautomaatio – suunnitelmista toteutukseen
Sivumäärä Aika	34 sivua + 2 liitettä 12.11.2020
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	Automaatiotekniikka
Ohjaajat	Myyntipäällikkö Waltteri Rantanen Lehtori Kristian Junno
<p>Insinööriyön aiheena oli rakennusautomaatioprojektin toteutus suunnitelmien saamisesta projektin luovutukseen ja dokumentoida projektin kulun aikana tapahtuvat automaatio-suunnitelmien muutokset. Työn tilaajana oli rakennusautomaation urakointia ja kehitystä tekevä yritys Fidelix Oy.</p> <p>Insinööriyön rakennusautomaatioprojekti toteutettiin Helsingissä sijaitsevaan uudiskerrostalokiinteistöön. Työssä esitellään kiinteistön automaatio-suunnitelmat säätökaavioittain ja verrataan toteutunutta automaatiojärjestelmää alkuperäisiin suunnitelmiin.</p> <p>Työn tavoitteena on dokumentoida mahdollisimman laajasti rakennusautomaatioprojektin kuluessa tapahtuvat muutokset alkuperäisiin suunnitelmiin. Dokumentoinnin tuloksena listataan säätökaavioittain asiat, joihin kannattaa kiinnittää huomiota, kun projektia ollaan aloittamassa. Listaus auttaa varsinkin uusia yritykseen tulleita projektinhoitajia huomioimaan ennakkoon mahdollisia suunnitelmien ongelmakohtia tai kiinnittämään huomiota asioihin, joita kannattaa lähteä selvittämään suunnittelijan kanssa.</p> <p>Automaatioprojekti saatiin vietyä päätökseen, ja toteutuksen aikana suunnitelmamuutoksia tuli paljon. Toteutuksen dokumentoinnista saatiin kerättyä kattava lista suunnitelmien muutoksia ja muita huomioitavia asioita. Uusi projektinhoitaja pystyy listauksen avulla toivottavasti ennakoimaan ainakin osan mahdollisista toteutuksessa tapahtuvista muutoksista tai ongelmista.</p>	
Avainsanat	Rakennusautomaatio, säätökaavio, suunnitelma, toteutus

Author Title	Niko Luoma Building Automation – from Plans to Execution
Number of Pages Date	34 pages + 2 appendices 12 November 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Automation Engineering
Instructors	Waltteri Rantanen, Sales Manager Kristian Junno, Senior Lecturer
<p>The purpose of this bachelor's thesis work was to execute a building automation project and document the changes that happened in the automation plans during the building automation project. The automation project was carried out for Fidelix Oy, which is a company specialising in building automation contracts and development. The goal of this thesis is to document the changes and challenges in automation plans as extensively as possible. The documentation is summarized as a list of important things to pay attention to, when an automation project is being started. This was made for every control diagram individually. This listing should help new project executives to anticipate and prepare for some of the possible changes or challenges in automation plans, which can occur during the project.</p> <p>The building automation project was executed in an apartment building situated in Helsinki. The thesis first presents the project automation plans for the apartment building, and then the changes in automation plans and challenges faced during execution are gone through one control diagram at a time.</p> <p>There were a lot of changes and challenges which happened during the execution of the building automation project. Every change and alteration in the plans and the automation project was gathered into a list form. The list can help inexperienced project executives to take notice of some challenges or point out possible places of revision in the automation plans.</p>	
Keywords	Building automation, control diagram, plans, execution

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Rakennusautomaatiojärjestelmä	2
2.1	Hallintotaso	2
2.2	Automaatiotaso	3
2.3	Kenttätaso	4
3	Rakennusautomaatiosuunnitelmat	5
3.1	Säätökaavion peruseriaatteet	5
3.2	Alakeskuskenttä	5
3.3	Sähkökeskuskenttä	6
3.4	Prosessikaaviokenttä	7
3.5	Automaatiosuunnitelmien kaapelointi ja kaapelityypit	9
3.6	Toimintaselostus	11
4	Esimerkkikohteen suunnitelmat	13
4.1	Järjestelmäkaavio	13
4.2	Lämmönjakopaketti	14
4.3	Keskitetty ilmanvaihtokone	15
4.4	Paketti-ilmanvaihtokone	17
4.5	Erilliset tulo- ja poistoilmakoneet	18
4.6	Perusvesipumppaamo	20
4.7	Erillispisteet	21
4.8	Asuntojen vedenmittaus ja huoneistonäytöt	21
5	Suunnitelmista toteutukseen	24
5.1	Toteutus	24
5.2	Toteutuksessa huomioitavia asioita	31
6	Yhteenveto	33
	Lähteet	34

## Liitteet

Liite 1. DDC-säätökaavion esimerkki

Liite 2. Esimerkkiprojektin säätökaaviot

## Lyhenteet

3G	Matkapuhelinteknologia.
AI	Analog In. Analoginen sisääntulo.
AO	Analog Out. Analoginen ulostulo.
DDC	Direct Digital Control. Suora digitaalinen säätö.
DI	Digital In. Digitaalinen sisääntulo.
DO	Digital Out. Digitaalinen ulostulo.
EC	Electronically commutated. Elektronisesti säädetty.
Ethernet	Lähiverkkotekniikka.
GSM	Digitaalinen matkapuhelinjärjestelmä.
I/O	Input/Output. Sisään- ja ulostulo.
IV	Ilmanvaihto.
LTO	Lämmön talteenotto.
LVIS	Lämmitys, vesi, ilmanvaihto ja sähkö.
OH	Ohjelmallinen hälytys.
PC	Personal Computer, tietokone.
RK	Ryhmäkeskus.
VAK	Valvonta-alakeskus.

## 1 Johdanto

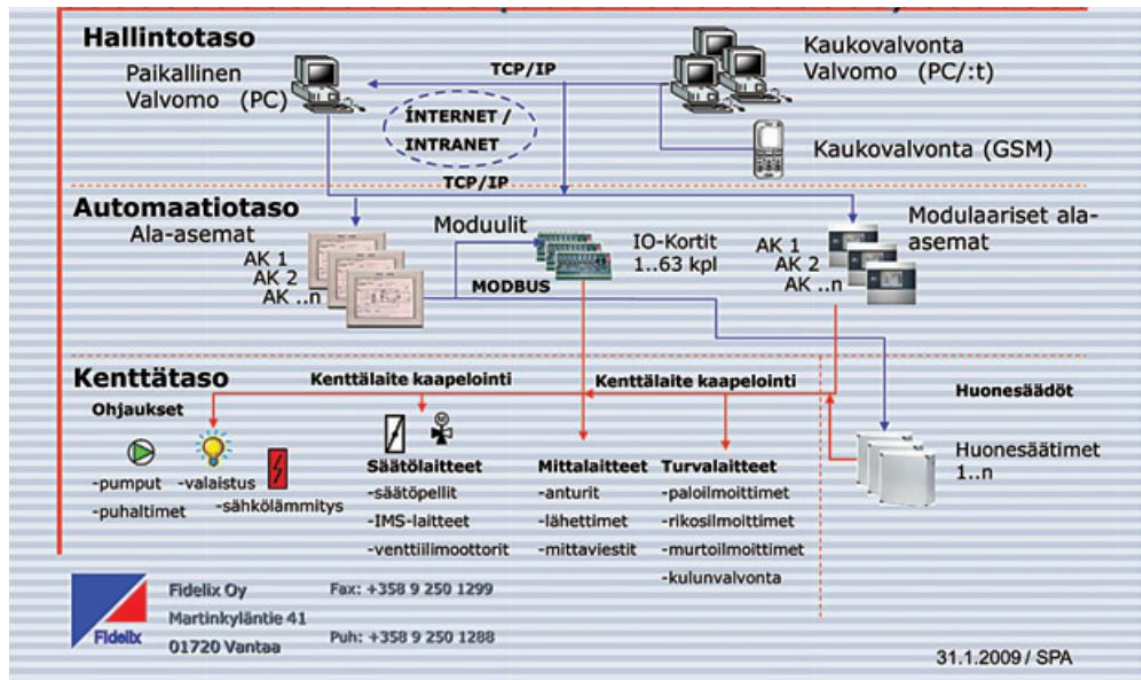
Rakennusautomaatioprojektissa kiinteistön LVIS-järjestelmiä ohjataan ja seurataan suunnittelutoimiston tekemien suunnitelmien mukaan. Insinööriyön aiheena oli tutkia yhden rakennusautomaatioprojektin toteutuksen aikana, millaisia muutoksia suunnitelmissa tapahtuu projektin kuluessa ja miten ne vaikuttavat projektin toteutukseen. Rakennusautomaatioprojekti toteutettiin Helsingissä sijaitsevaan uudiskerrostaloikiinteistöön. Kiinteistöksi valittiin sellainen, jossa automaatioon liitettävä osa LVIS-järjestelmistä on mahdollisimman kattava. Työn tilaajana oli rakennusautomaation urakointia ja kehitystä tekevä yritys Fidelix Oy.

Työn tavoitteena oli tuoda esille rakennusautomaatioprojektin toteutuksessa tapahtuneet suunnitelmien muutokset ja antaa yritykseen tuleville uusille projektinhoitajille kuva siitä, mihin asioihin suunnitelmissa kannattaa kiinnittää huomiota. Tarkoituksena on pystyä ennakoimaan sellaiset suunnitelmien muutokset, jotka aiheuttavat mahdollisesti projektin toteuttamisessa kiirettä tai turhaa työtä.

Työn alussa esitetään rakennusautomaation hierarkia sekä automaatiosuunnitelmien rakenne, merkinnät ja nimeämiskäytännöt. Luvussa 4 esitetään esimerkkinä käytetyn kerrostaloikiinteistön suunnitelmat säätökaavioittain ja luvussa 5 käydään läpi projektin toteutus säätökaavio kerrallaan. Luvussa keskitytään pääosin vain toteutusvaiheen aikana tapahtuneisiin säätökaavioiden muutoksiin ja ongelmiin.

## 2 Rakennusautomaatiojärjestelmä

Rakennusautomaatiojärjestelmä voidaan jakaa hierarkkisesti kolmeen päätasoon. Alimmalla tasolla hierarkiassa on kenttätaso, joka koostuu automaation kenttälaitteista. Keskimmaiseen tasoon kuuluvat valvonta-alakeskukset (VAK) sekä Input/Output-moduulit (I/O-moduulit). Ylimmällä tasolla on hallintotaso, johon kuuluvat erilaiset valvomot. [1, s. 93.] Hierarkia on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Rakennusautomaation hierarkiatasot [1, s. 94].

### 2.1 Hallintotaso

Rakennusautomaatiojärjestelmän hallintotaso tarkoittaa joko paikallisia tai etänä toimivia PC-valvomoita (Personal Computer), jotka toimivat tyypillisenä rajapintana käyttäjän ja automaatiojärjestelmän välillä [2, s. 13]. Valvomoissa pystytään reaaliaikaisesti seuraamaan automaatiojärjestelmien prosesseja ja reagoimaan mahdollisiin ongelma- tai hälytystilanteisiin. Tiedot hälytyksistä pystytään valvomoiden lisäksi lähettämään huoltoyhtiölle esimerkiksi tekstiviestinä, jolloin ongelmatilanteiden reagointi-aika pienenee.

Hallintotasolla pystytään myös keräämään prosessien mittauksia ja säätöjä graafisesti ja näin pystytään helposti toteamaan kiinteistöjen automaation oikea toiminta määrättyllä aikavälillä. Tarvittaessa pystytään muokkaamaan muun muassa prosessien asetusarvoja tai aikaohjelmia. Valvomoiden keräämästä datasta pystytään saamaan myös kiinteistön kunnossapidon kannalta tärkeää tietoa. [1, s. 93; 2, s.13.]

## 2.2 Automaatiotaso

Rakennusautomaatiojärjestelmän automaatiotasoa rakentuu alakeskuksista (VAK) ja siihen liittyvistä I/O-moduuleista. I/O-moduulit jakaantuvat digitaalisiin sisääntulo- (DI) ja ulostulomoduuleihin (DO) sekä analogisiin sisääntulo- (AI) ja ulostulomoduuleihin (AO) ja väylämuuntimiin. [1, s. 93.]

Alakeskus sisältää rakennusautomaatiota ohjaavan keskusyksikön, joka ohjaa kiinteistön automaatiota I/O-pisteiden välityksellä. Keskusyksikkö vastaa toimilaitteiden ohjauksen ja säätöjen hallinnoinnista anturien mittaustietojen mukaisesti.

DI-moduulit vastaanottavat kenttälaitteilta jännite- tai virtaviestejä, jotka muutetaan digitaaliseen muotoon epätosi (0) tai tosi (1). DI-viestejä ovat toimilaitteiden tilatiedot ja laitteiden tai antureiden hälytykset alakeskukselle. DO-moduulit lähettävät alakeskukselta digitaalisia ohjauksia kenttälaitteille. DO-viestit voivat olla esimerkiksi päälle/pois-käskyjä pumpuille, puhaltimille ja palopelleille. [1, s. 104–105.]

AI-moduulit vastaanottavat kenttätason antureilta mittaustietoja jännite-, virta- tai resistanssiviestinä. Anturin mittaustietojen arvot muutetaan alakeskuksessa muunnostaulukon avulla esimerkiksi lämpötilaksi tai virtaamaksi. AO-moduulit ohjaavat toimilaitteita portaattomalla jännite- tai virtaviestillä. Esimerkiksi ohjauksijännite välillä nolasta kymmeneen volttiin muutetaan puhaltimen säädöksi välillä 0...100 %. [1, s. 106–107.]

### 2.3 Kenttätaso

Rakennusautomaation hierarkian kenttätaso sisältää automaatiojärjestelmän toimilaitteet. Kenttätason toimilaitteet voidaan jakaa säätölaitteisiin, mittalaitteisiin, turvalaitteisiin ohjauksiin, sekä erillisiin huonesäätimiin. Kenttätaso on yhteydessä automaatiotasoon kenttälaitekaapeloinnilla, joka liitetään kenttälaitteesta alakeskuksen moduuliin. Säätölaitteet liitetään AO-moduuliin, mittalaitteet AI-moduuliin, ohjaukset DO-moduuliin ja turvalaitteet, pulssilaitteet sekä tilatiedot DI-moduuliin.

Huonesäädöt koostuvat omasta huonemoduulista, joka liitetään alakeskukseen yleensä väyläliitännällä. Huonemoduuliin voidaan kytkeä tarvittava määrä erilaisia toimilaitteita, ja moduuli ohjaa tilan automaatiota itsenäisesti. Tarvittavat mittaukset ja tilatiedot voidaan lähettää alakeskuksen näytölle tai huonesäätimen omalle näytölle.

### 3 Rakennusautomaatiosuunnitelmat

Rakennusautomaatiosuunnitelmien perustana toimivat säätökaaviot. Tässä luvussa esitetään säätökaavioiden peruseriaatteet, rakenne sekä kaapelointi.

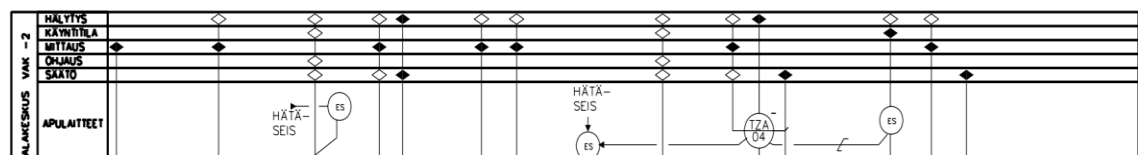
#### 3.1 Säätökaavion peruseriaatteet

Säätökaavio kuvaa rakennusautomaatiojärjestelmään liittyvät prosessit ja antaa perustiedot automaation toteutusta varten. Säätökaavioissa käytetyt piirrosmerkit ovat ennalta sovittuja, ja ne on esitetty standardeissa SFS-ISO 14617-5 ja SFS-ISO 14617-6. Lisäksi käytetään myös rakentamismääräyskokoelman osassa D4 esitettyjä piirrosmerkkejä. Ne konekohtaiset toiminnot, joita ei voi kuvata yksiselitteisesti piirrosmerkein, selitetään säätökaavioihin liitettyssä toimintaselostuksissa. [1, s. 180.]

Säätökaaviot esitetään yleisesti DDC-säätökaavioina (Direct Digital Control), jossa esitetään alakeskuksen pisteet [1, s. 180]. DDC-säätökaavio voidaan jakaa kolmeen osaan: alakeskusenttään, sähkökeskusenttään ja prosessikaaviokenttään. DDC-säätökaavion esimerkki on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 1.

#### 3.2 Alakeskusenttä

Alakeskusenttä sijaitsee säätökaavion ylälaudassa ja on yleensä rajattu laatikon tai taulukon sisään. Alakeskusentän esimerkki on esitetty kuvassa 2. Alakeskusentän vasemmalla reunalla määritellään, mihin rakennusautomaation alakeskukseen säätökaavion pisteet on liitetty. Seuraavassa sarakkeessa oikealle on kuvattu alakeskuksen pisteiden tyypit omilla riveillään. Pistetyyppejä ovat hälytys-, käyntitila-, mittaus-, ohjaus- ja säätöpisteet.



Kuva 2. Säätökaavion alakeskusenttä [1, s. 191].

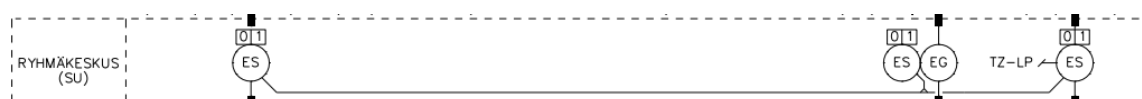
Alakeskukseen liitettävät pisteet on esitetty mustina ja valkoisina nelikulmioina. Mustat pisteet ovat fyysisiä pisteitä, eli prosessin piste on liitetty johtimella alakeskuksen I/O-moduuliin. Valkoiset pisteet ovat ohjelmallisia pisteitä, jotka määritellään alakeskuksen ohjelmaan. Ohjelmallisilla pisteillä ei ole fyysistä liityntää prosessiin. Esimerkkeinä tästä ovat puhaltimen ristiriitahälytys, mikä hälyttää, kun puhaltimen käyntitila ja ohjaus ovat eri arvoissa, tai paineen mittausarvon ylärajahälytys. Myös väyläpisteet esitetään monesti ohjelmallisina pisteinä kuten liitteessä 1. [1, s.180.]

Mahdolliset alakeskukseen liitettävät apulaitteet on esitetty omassa sarakkeessaan alimmaisena. Apulaitteet ovat toimilaitteiden ja alakeskuksen väliin liitettäviä laitteita. Apulaitteita ovat esimerkiksi turvalaitteet kuten hätäseispainike tai jäätymisvaaratermostaatti. Kenttäväylämuuntimet ovat myös apulaitteita. Yleisimpiä rakennusautomaatiossa käytettäviä väyläprotokollia ovat Mbus ja Modbus. Kuvassa 2 apulaitteina on jäätymisvaaratermostaatti (TZA-04) sekä ilmanvaihdon hätäseistoiminnon pakkolukitus alakeskuksen sisällä.

### 3.3 Sähkökeskuskenttä

Sähkökeskuskenttä sijaitsee alakeskusentän alapuolella ja siinä esitetään, mihin ryhmäkeskukseen säätökaavion laitteet on kytketty. Lisäksi kaaviossa näkyy, minkälaisia kytkimiä ja lukituksia säätökaavion laitteilla on ryhmäkeskuksessa.

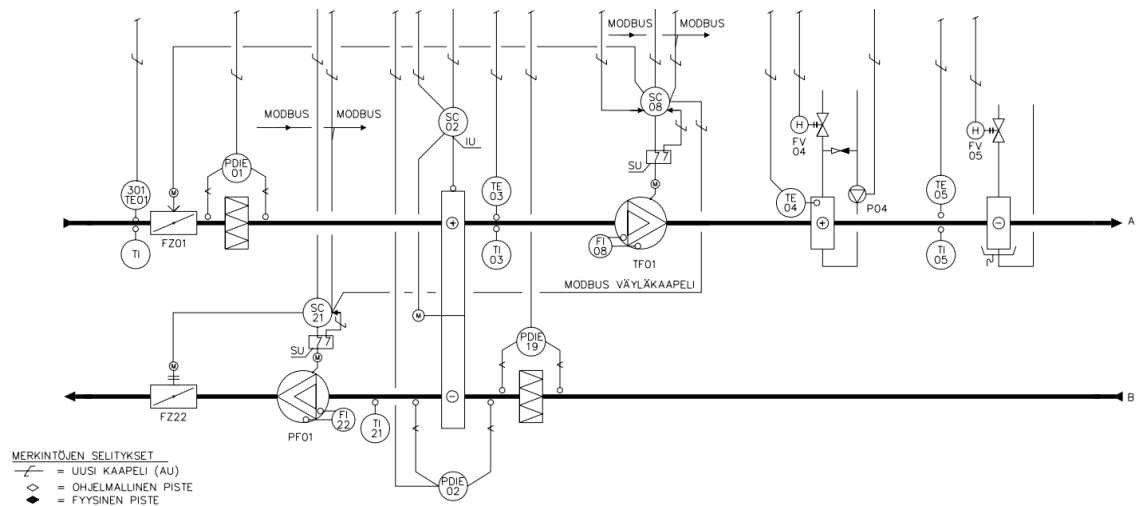
Kuvassa 3 on esitetty erään ilmanvaihtokoneen ryhmäkeskuskytkennät. Käsikytkimet on merkattu tunnuksella ES. Laatikossa olevat 0 ja 1 ilmoittavat käsikytkimen mahdolliset tilat. Eli tässä tapauksessa päällä (1) tai pois (0). Joissain tapauksissa tilavaihtoehtona voi myös olla automaatti (A), mikä tarkoittaa alakeskuksen ohjausta. Merkintä EG tarkoittaa virranvalvontarelettä. Se on erillinen sähkökeskuksessa oleva laite, jolla pystytään seuraamaan kohdelaitteen kuluttaman virran määrää. Tämän avulla pystytään tekemään tilaindikoiteja laitteille, joista sitä ei saada suoraan.



Kuva 3. Säätökaavion sähkökeskuskenttä [1, s. 191].

### 3.4 Prosessikaaviokenttä

Säätökaavion prosessikaaviokenttä esittää rakennusautomaation yhden prosessikokonaisisuuden rakenteen ja siihen kytketyt laitteet sekä anturit. Kuvassa 4 on esitetty tulo- ja poistoilmakoneen prosessikaaviokenttä.



Kuva 4. Säätökaavion prosessikaaviokenttä [1, s. 191].

Prosessikaaviokentän laitteet ja anturit on yleensä nimetty standardissa SFS-ISO 14617-6 esitettyjä kirjaintunnuksia tai rakentamismääräyskokoelmassa D4 esitettyjä lyhenteitä käyttäen. Yleisimmin käytettyjä kirjaintunnuksia on esitetty taulukossa 1 ja lyhenteitä taulukossa 2.

Kirjaintunnukset tulevat yleensä englannin kielen sanoista, kuten alarm (A, hälytys)), indication (I, indikointi), temperature (T, lämpötila) tai pressure (P, paine). Kirjaintunnuksia yhdistämällä pystytään esittämään mitattava mittaussuure ja anturin toiminnallisuus. Esimerkiksi tunnus TI tarkoittaa lämpötilan mittausta (T) ja indikointia (I). Yhdessä ne tarkoittavat paikallista lämpömittaria. Tunnus TE taas viittaa lämpötilamittauksen anturia. Kirjaintunnuksia voidaan käyttää myös useampaa kuin kahta. Esimerkiksi tunnus PDIEA tarkoittaa paine-eron anturia, jossa on näyttö sekä hälytys.

Laitteen kirjaintunnuksien jälkeen ilmoitetaan laitteen positio. Positio esitetään yleensä käyttäen kahta numeroa. Numeroinnissa ei ole käytössä yleistä standardia tai käytäntöä,

vaan se vaihtelee suunnittelijan ja suunnittelutoimiston mukaan. Esimerkiksi kuvassa 4 on peltimoottoreille annettu positiot FZ01 ja FZ22. Yleensä kuitenkin prosessin saman osan laitteilla on sama positio. Kuvassa 4 lämmön talteenoton laitteiden positio on esimerkiksi 02 ja lämmityspatterin laitteiden 04. Positio voidaan ilmoittaa myös käyttämällä kirjainlyhenteitä. Tällaisia on käytetty lukujen 4 ja 5 esimerkkikohteen suunnitelmissa. Kaukolämpöpaketin lattialämmityksen verkoston positiona on esimerkiksi käytetty lyhennettä LLV ja ilmanvaihtokoneen poistoilmakanavan positiona lyhennettä PPUH.

Taulukko 1. Rakennusautomaatiossa yleisimmin käytetyt kirjaintunnukset [3, s. 24].

Kirjaintunnus	Mittasuure	Lisämäärite	Toiminta
A			Hälytys
C			Ohjaus
D	Tiheys	Ero	
E	Sähkösuureet		Anturitoiminta
F	Virtaama	Suhde, murtoluku	
G	Suhde, asento, pituus		Tarkastelu
H	Käsiohjaus		
I			Osoitus
L	Pinnan korkeus		
M	Kosteus	Hetkellisesti	
P	Paine, alipaine		Testauskohdan yhteys
Q	Laatu	Yhtenäinen, kokonainen	Yhdistäminen, summaaminen
S	Nopeus, taajuus		KytKentä
T	Lämpötila		Lähetäminen
V	Käyttäjän valittavissa		Vaikuttaminen prosessiin venttiilillä, pumpulla, jne.
Z	Tapahtumien lukumäärä		Hätä- tai turvatoiminta

Laitteiden nimeämiseen voidaan käyttää myös kaksi- tai kolmekirjaimisia lyhenteitä, jotka tulevat suomen tai englannin kielen sanoista. Sääntökaavion laiteluettelossa on selvyyden vuoksi myös lueteltu kaikki sääntökaaviossa esiintyvät laitteet ja anturit. Lisäksi laiteluettelossa kerrotaan, kenen urakoitsijan hankintavastuulla laite on, kenelle kuuluu laitteen kytkentä sekä mahdolliset lisätiedot ja tarkennukset.

Taulukko 2. Yleisimpiä säätökaavioissa käytettäviä lyhenteitä [4, s. 9–11].

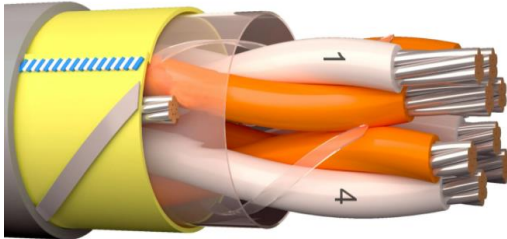
Lyhenne	Selite
KV	Kylmävesi
LV	Lämminvesi
LKV	Lämminkierto-vesi
KL	Kaukolämmitysvesi
LS	Lämmönsiirrin
P	Pumppu
V	Venttiili
VM	Vesimittari
TK	Tuloilmakone
PK	Poistoilmakone
F	Puhallin
TF	Tuloilmapuhallin
PF	Poistoilmapuhallin
SP	Säätöpelti
PP	Palopelti
RA	Rakennuttaja
RU	Rakennusurakka
PU	Putkiurakka
IU	Ilmastointiurakka
AU	Automaatiourakka

### 3.5 Automaatiosuunnitelmien kaapelointi ja kaapelityypit

Kaapeloinnin avulla rakennusautomaatiojärjestelmän kenttätaso, alakeskustaso ja hallintotaso yhdistetään toimivaksi kokonaisuudeksi. Prosessikaaviokentän laitteet yhdistetään alakeskuskentän säätöpisteisiin kaapeloinnilla, joka merkitään mustilla viivoilla. Jos laite on yhdistetty myös sähkökeskukseen, niin kaapelointi kulkee sähkökeskuskentän laitteiden kautta. Yleensä kaapeliviivaan merkataan 1-3 väkästä merkkeamaan onko kaapeli laitteen oma kaapeli, lisättävä kaapeli vai olemassa oleva kaapeli. Merkintä määrittää myös kenen urakoitsijan vastuulla kaapelointi on.

Kenttäkaapelointi yhdistää kenttälaitteet alakeskuksiin. Yleisimmät kaapelityypit ovat NOMAK-, KLMA- ja JAMAK-instrumentointikaapelit. Kaapelien rakenne on esitetty kuvissa 5, 6 ja 7. NOMAK-kaapelissa johtimet on kierretty pareiksi, ja kaikki johdinparit on

päällystetty alumiini-muovipinnoitteisella alumiininauhalla. Nauhan sisällä kulkee yksi yhteinen maadoitusjohdin. NOMAK-kaapelia on saatavissa 2–48 johdinparilla. Johdinparit ovat väreiltään oranssi ja valkoinen, ja parit on numeroitu välillä 1–48. NOMAK-kaapelia käytetään automaatiokaapeloinnissa hyvin yleisesti, mutta pääsääntöisesti ohjaus-, indikointi- ja mittauskaapelina. [5.]



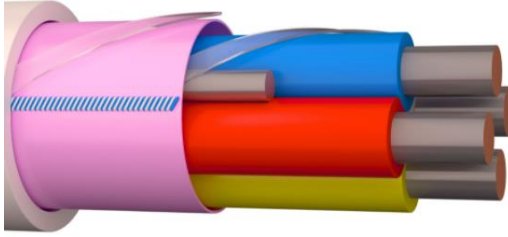
Kuva 5. Neliparinen NOMAK 4x2x0,5+0,5 -kaapeli. [6]

Kun tarvitaan lisää häiriösuojausta, käytetään kaapelointiin JAMAK-instrumentointikaapelia. JAMAK-kaapelissa jokainen johdinpari on suojattu omalla maadoitusjohtimella ja alumiinifoliolla, jonka päällä on numeroitu liimapolyesterinauha. NOMAK-kaapelin tapaan kaapelilla on myös yhteinen muovipäällysteinen alumiinifoliosuojaus ja maadoitusjohdin. JAMAK-kaapelia on saatavissa 2–24 johdinparisena, ja parien väri on punainen ja sininen. JAMAK-kaapelia käytetään yleensä laitteissa, joissa on säätöpiste, kuten puhaltimet ja taajuusmuuttajat. JAMAK-kaapelia voidaan käyttää myös herkille mittauspisteille ja väyläkaapelointiin. [7.]



Kuva 6. Kaksiparinen JAMAK 2x(2+1)x0,5+0,5 -kaapeli. [8]

Kolmas yleisesti käytetty instrumentointikaapeli on KLMA, jota voidaan käyttää korvaamaan kaksiparinen NOMAK-kaapeli. KLMA-kaapelissa on neljä umpinaista johdinta, jotka on merkitty värein punainen, sininen, keltainen ja valkoinen. Johtimien päällä on alumiinifolio ja tinattu maadoituslanka. [9.]



Kuva 7. KLMA 4x0,8+0,8 -kaapeli. [10]

NOMAK-, JAMAK- ja KLMA-kaapeleita käyttävät laitteet ja anturit toimivat pienoisjännitteellä, yleensä 12–36 V:n välillä. Jos tarvitaan suurempia jännitteitä, käytetään yleensä MMO-kaapelia. MMO-kaapeli soveltuu 230 VAC ohjauksiin. Esimerkiksi valaistuksen, sulanapidon tai pienjännitteisen toimilaitteen ohjaukseen. MMO-kaapelin rakenne on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. MMO 12x1,5 -kaapeli. [11]

Automaatiotason kaapeloinnissa käytetään CAT 6 -kaapelointia yhdistämään alakeskukset toisiinsa. Kaapeloinnin avulla alakeskusten välillä pystytään siirtämään muun muassa mittauspisteiden tietoja ja hälytyksiä.

### 3.6 Toimintaselostus

Toimintaselostus on tärkeä osa säätökaaviota. Toimintaselostuksessa esitetään säätökaavion laitteiston toiminta sanallisesti. Toimintaselostus jakautuu laitteiston mukaan eri osioihin, joista tärkeimpiä ovat laitteen ohjaus ja säädöt sekä mahdolliset lukitukset ja hälytykset. Laitteiden ohjaukset ja lukitukset määritellään toimintaselostuksessa joko

kiinteiksi tai ohjelmallisiksi (OH). Ohjelmalliset ohjaukset ja lukitukset tehdään automaatiojärjestelmän ohjelmassa, kun taas kiinteät ohjaukset ja lukitukset tapahtuvat joko itse laitteessa tai ryhmäkeskuksessa (RK). Ohjelmallinen ohjaus on esimerkiksi puhaltimen käyttö automaation aikaohjelmalla. Ryhmäkeskuksessa ohjattu toiminta on esimerkiksi vesikiertopumpun pakotettu käynti. [1, s. 181, 193.]

Toimintaselostuksen säätöosassa määritellään laitteiden säätöjärjestys, säätöjen asetusarvot tai mahdolliset säätökäyrät. Säätökäyrää käytetään määrittämään laitteen säädön arvo suhteessa johonkin määritettyyn mittaustietoon. Esimerkiksi lämmityksen säädössä käytetään paluuv veden tai - ilman lämpötilaa ja puhaltimen säädössä käytetään kanavan ilmamäärän tai paine-eron mittausta.

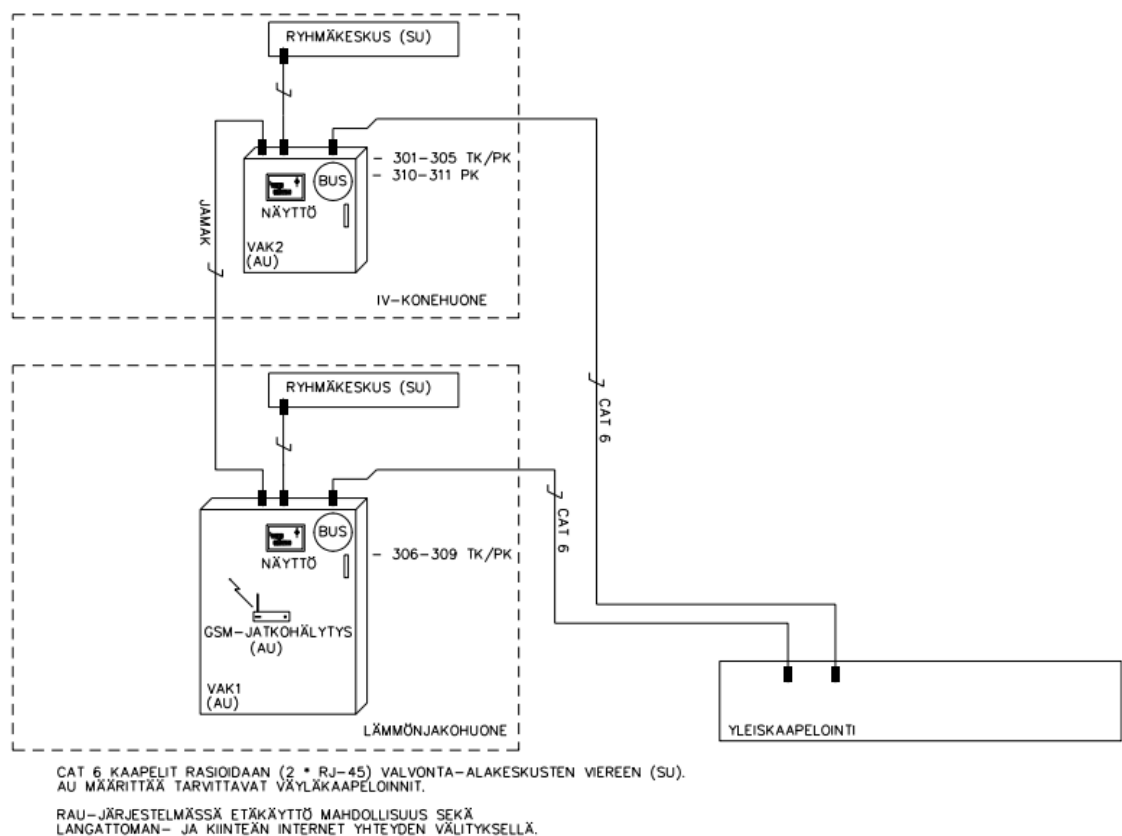
Hälytyksistä määritellään toimintaselostuksessa mahdolliset mittauksien ylä- tai alarajat sekä säätövirhe- ja ristiriitahälytykset. Säätövirrehälytykset määritellään laukeamaan, kun laitteen säätö poikkeaa mittauksesta esitetyn raja-arvon verran. Ristiriitahälytykset laukeavat, kun automaatiojärjestelmän ohjaus ei ole samassa tilassa kuin laitteelta saatava tilatieto. Lisäksi voidaan määritellä erilaisia turvatoimintoja, kuten ilmanvaihdon häätäseis, jolla voidaan pysäyttää kaikki automaatiojärjestelmään liitetyt puhaltimet.

## 4 Esimerkkikohteen suunnitelmat

Tässä luvussa käydään läpi esimerkkikohteen automaatiosuunnitelmat, joiden perusteella rakennusautomaatiourakan toteutussuunnitelmat toteutetaan. Esimerkkikohteenä käytetään 45:n asunnon kerrostalokiinteistöä, joka sisältää yleisimmät rakennusautomaation elementit. Kaikki esimerkkikohteen suunnitelmapiiirustukset on esitetty liitteessä 2.

### 4.1 Järjestelmäkaavio

Järjestelmäkaaviossa esitetään rakennusautomaation koko rakenne. Siinä tulee olla esitetty alakeskusten sijainti ja lukumäärä, tiedonsiirtoverkon rakenne, etäkäyttöyhteydet ja hälytysten siirto, syötöt järjestelmän eri osiin sekä mahdolliset hajautetut kenttäkotelot [1, s. 180]. Kuvassa 9 on esitetty esimerkkikohteen järjestelmäkaavio.



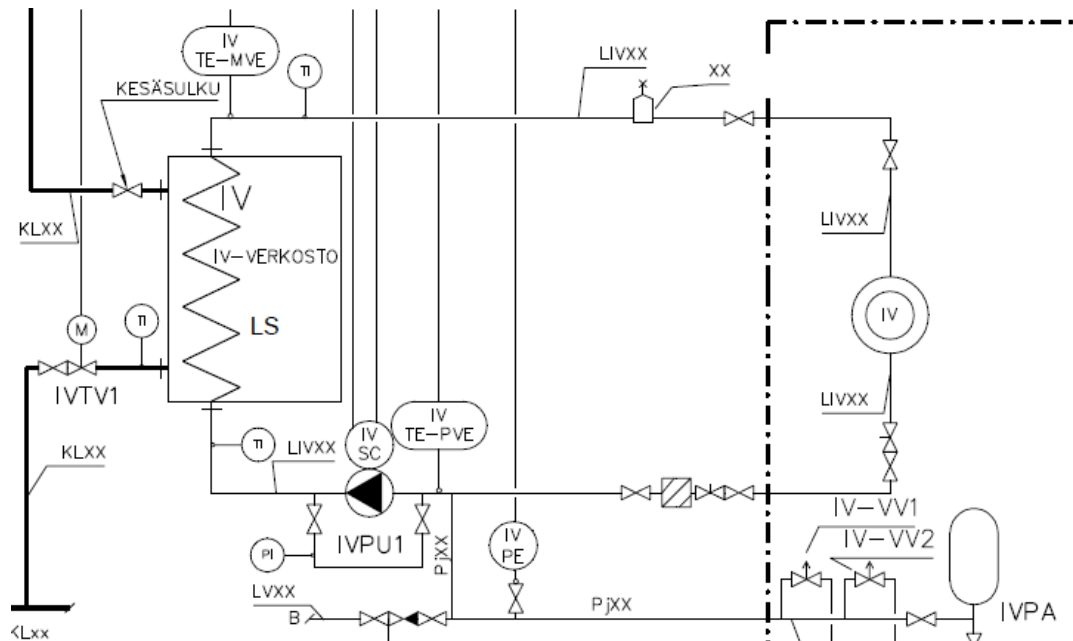
Kuva 9. Kerrostalon rakennusautomaation järjestelmäkaavio

Kaaviosta nähdään, että kiinteistön automaatiojärjestelmä koostuu kahdesta alakeskuksesta, joista toinen sijaitsee lämmönjakohuoneessa ja toinen ilmanvaihdon konehuoneessa. Molemmat alakeskukset saavat sähkönsyötön omalta ryhmäkeskukseltaan. Tietoliikennekaapelointi yhdistää alakeskukset toisiinsa ja yleiskaapelointiin. Jatkohälytykset siirretään VAK1:stä käyttäen GSM-yhteyttä. Kuvasta nähdään myös alakeskuksiin liitettävät IV-laitteet merkittynä numerotunnuksilla ja lyhenteillä TK/PK (tulo- ja poistokone) tai PK (poistokone).

#### 4.2 Lämmönjakopaketti

Lämmönjakopaketin tehtävä on säätää rakennuksen prosesseja, jotka tarvitsevat lämmitystä tai jäähdytystä. Esimerkkikohteessa tällaisia prosesseja ovat lämpimän käyttöveden säätö, lattialämmityksien säätö, asuntojen tuloilman lämmitysveden säätö ja patteriverkoston lämmityksen säätö. Kohteen lämmitysenergiana käytetään kaukolämpöä. Kaukolämmön vesi kiertää lämmönjakopaketissa ensiöpiirissä, josta lämpöenergia siirretään kohteen toisiopiireihin lämmönsiirtimien (LS) avulla. Siirrettävän lämpöenergian määrää säädetään moottoriventtileillä (TV). Jokaisen toisiopiirin tulo- ja paluulämpötiloja sekä verkostopainetta seurataan antureilla (TE ja PE). Kuvassa 10 on esitetty kohteen yhden toisiopiirin säätökaaviokuva. Esimerkkikohteen lämmönjakopiirustus kokonaisuudessaan on nähtävissä liitteessä 2.

Toimintaselostuksessa on selvitetty tarkemmin piirien venttiilien säädöt. Toisiopiirien säätö tapahtuu joko vakiosäädöllä tai kompensointisäädöllä. Lämpimän käyttöveden säädössä käytetään vakiosäätöä, joka pitää verkoston menoveden lämpötilan vakioarvossa 58 °C. Muiden toisiopiirien säädössä käytetään kompensointisäätöä ulkoilman lämpötilan suhteen. Kompensointisäädön arvot ilmoitetaan säätökaaviossa koordinaatistokäyrän avulla. Toimintaselostuksessa esitetään toisiopiirien säätöjen lisäksi järjestelmän hälytykset, historiaseurannan asetukset, kulutusmittaukset sekä seisonta-ajan säädöt.



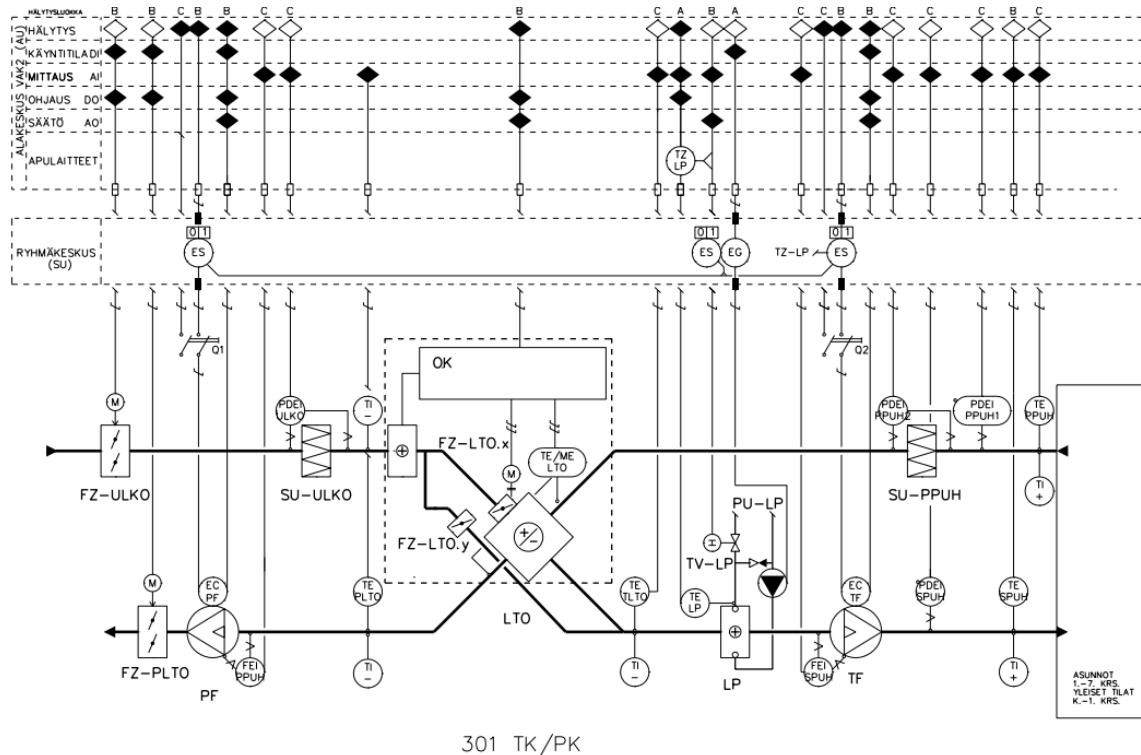
Kuva 10. Lämmönjakopaketin IV-verkoston toisiopiiri esitettyä säätökaaviossa.

### 4.3 Keskitetty ilmanvaihtokone

Esimerkkikohteessa olevan keskitetyn ilmanvaihtokoneen tehtävä on huolehtia asuntojen ilmanvaihdosta. IV-kone koostuu tulo- ja poistoilmakanavasta, joissa molemmissa on oma puhaltimensa ilman siirtämistä varten. Kanavat risteävät lämmöntalteenotossa (LTO), jossa lämpimästä poistoilmasta siirtyy tarvittaessa lämpöenergiaa tuloilmaan. Tuloilmaa lämmitetään lämmöntalteenoton lisäksi myös vesikiertoisella jälkilämmityspatterilla sekä kovimpina pakkasina LTO:n huurtumisen estämiseksi sähkökäyttöisellä esilämmityspatterilla. IV-koneen säätökaavio on esitetty kuvassa 11.

Automaatiojärjestelmä ohjaa IV-koneen tulo- ja poistoilmapuhaltimia. Puhaltimet ovat EC-puhaltimia, jotka eivät tarvitse erillistä taajuusmuuttajaa. Puhaltimelta on merkattu säätökaavioon ohjaus-, indikointi-, säätö- ja hälytyspisteet. Tämän lisäksi sekä ryhmäkeskuksen käsikytkimeltä ES että IV-koneessa olevan turvakytkimien Q1 tai Q2 virransyötön katkaisusta saadaan hälytykset.

LTO:ssa on oma ohjauskeskus, johon VAK kytketään. VAK säätelee LTO:n peltejä lämmitystarpeen mukaan ja antaa työselostuksen mukaan käyntiluvan sähkökäyttöiselle esilämmityspatterille. Lisäksi ohjauskeskukselta saadaan LTO:n hälytystieto.



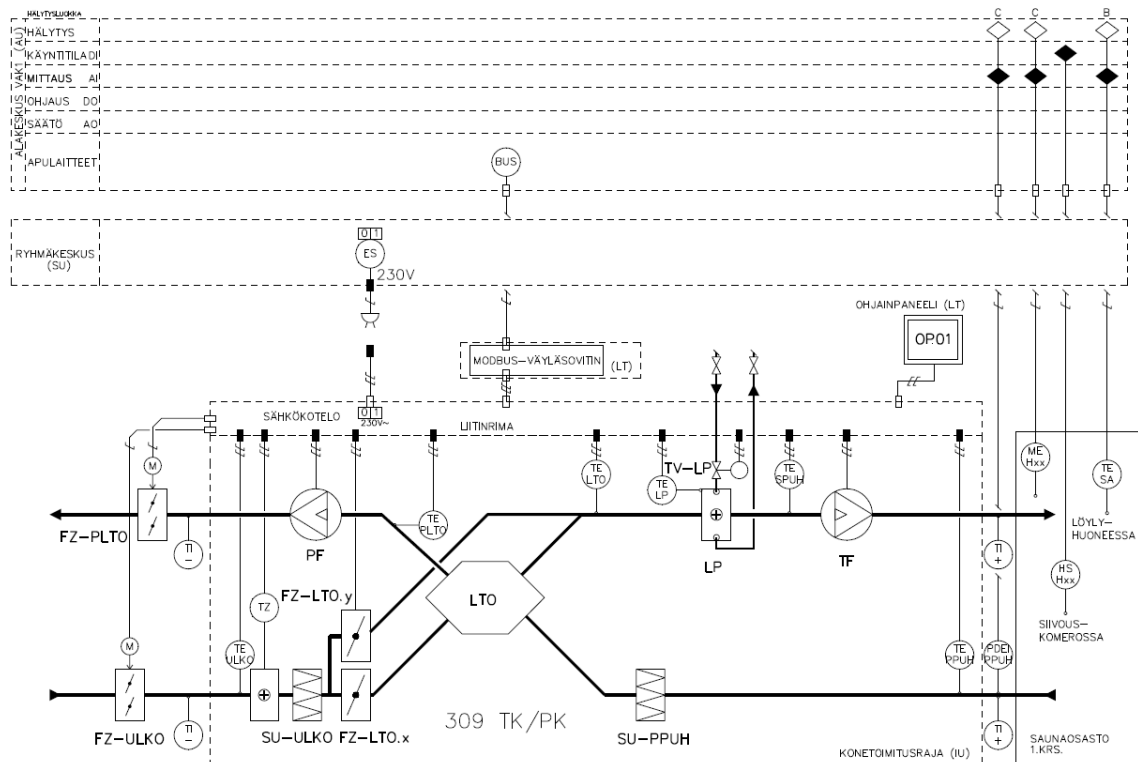
Kuva 11. Keskitetyn IV-koneen säätökaavio.

Tuloilman vesikiertoiseen lämmityspatteriin kytketään VAK:ssa sijaitseva jäätymsvaaratermostaatti (TZ). Jäätymsvaaratermostaatti on itsenäinen laite, johon liitetään lämmityspatterin moottoriventtiin säätö (TV-LP) ja lämmityspatterin paluulämpötila (TE-LP). Paluulämpötilan laskiessa laitteeseen asetellun rajan alapuolelle syntyy lämmityspatterin jäätymsvaarahälytys. Ryhmäkeskuksessa puhaltimilta katkeaa sähkö ja jäätymsvaarakytkin säätelee moottoriventtiiliä patterin lämpötilan nostamiseksi. Lämmityspatterin pumpun PU-LP käyntitilatieto kytketään alakeskukseen virranvalvontareleen avulla.

Tulo- ja poistoilmakanavien peltimoottorit (FZ) ohjataan auki, jos puhaltimet ovat päällä. Puhaltimien kierrosnopeuksia säädetään siten, että tulo- ja poistoilman kanavapaineet PDEI-SPUH ja PDEI-PPUH1 pysyvät annetussa asetusarvossaan. Ilmansuodattimien (SU) tilaa seurataan paine-eromittauksella ja kanavien lämpötiloja lämpötila-antureilla (TE).

#### 4.4 Paketti-ilmanvaihtokone

Keskitetyn ilmanvaihdon lisäksi esimerkkitilanteessa on käytössä yleisissä tiloissa erillisiä pieniä ilmanvaihtokoneita, eli niin sanottuja paketti-ilmanvaihtokoneita. Kokonaisuudessaan erillisiä ilmanvaihtokoneita on seitsemän. Ylimmän kerroksen asunnoissa yhteensä kolme ja näiden lisäksi porrastilassa, keuhotilassa, saunassa ja pesulassa. Saunatilän IV-koneen säätökaavio on esitetty kuvassa 12. Loput IV-koneiden säätökaavioista on esitetty liitteessä 2.

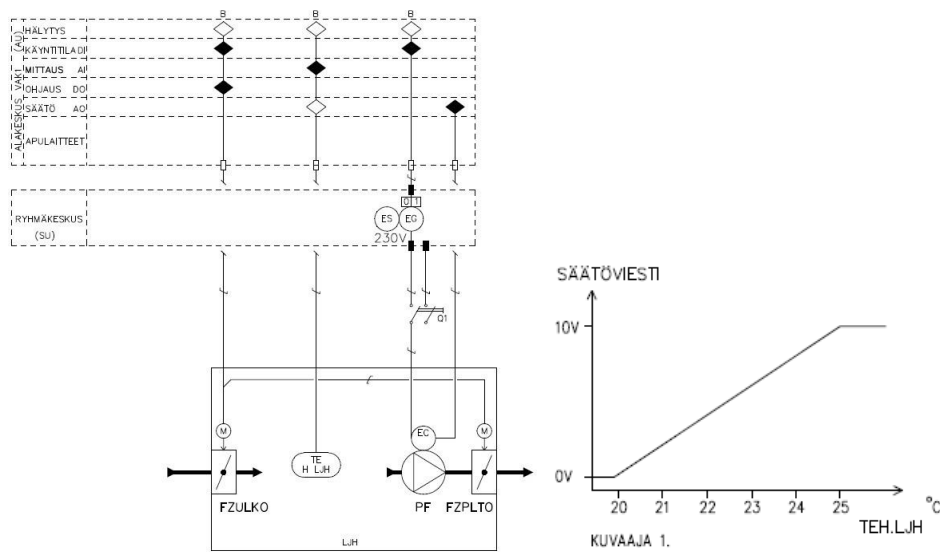


Kuva 12. Saunatilän paketti-ilmanvaihtokoneen säätökaavio.

Paketti-ilmanvaihtokoneiden toimintaa ohjataan alakeskuksesta sekä kohdetilassa olevalla ohjainpaneelilla. Asunnoissa IV-koneet liitetään myös liesikupuun, jonka avaaminen tehostaa koneen toimintaa. Saunatilassa ja pesulassa sijaitsevia IV-koneita tehostetaan, jos kosteusanturin (ME) mittaus nousee yli asetellun arvon. Saunatilän IV-konetta voidaan tehostaa myös siivouskomerossa sijaitsevalla lisäaikapainikkeella (HS). Jokaisen paketti-ilmanvaihtokoneen poistokanavaan asennetaan kanavapaineanturi PDEI-PPUH.

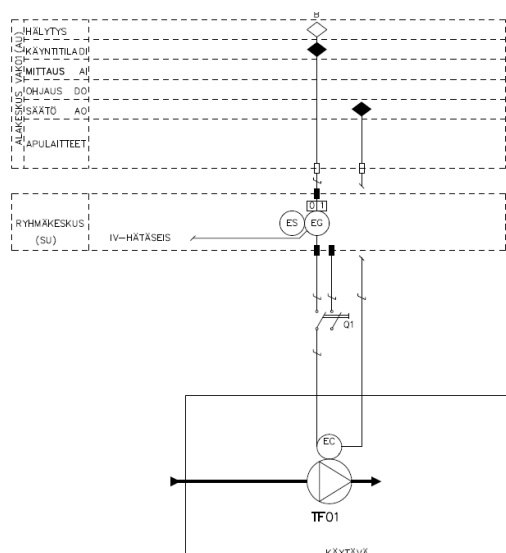


kosteus, niin puhallin käy minimiteholla. Poistopuhaltimen tilatieto saadaan ryhmäkeskukseen sijoitetun virranvalvontareleen avulla.



Kuva 14. Poistokoneen 311 säätökaavio ja säätökäyrä.

Poistokoneen 311 on myös EC-puhallin, ja sitä voidaan säätää suoraan ilman taajuusmuuttajaa. Säädön arvo määräytyy kuvan 14 kuvaajan mukaisesti lämmönjakuhuoneen lämpötilamittauksen (TEH-LJH) suhteen. Puhaltimen tilaindikointi saadaan jälleen ryhmäkeskuksen virranvalvontareleeltä. Puhaltimen käydessä peltimoottorit ohjataan auki.

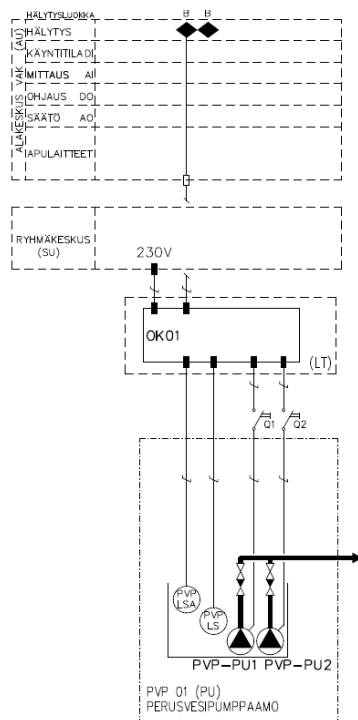


Kuva 15. Tulokoneen 321 säätökaavio.

Tulokonetta 321 säädetään vakionopeudella. Tilatieto saadaan virranvalvontareleeltä. Säättökaavioon on myös merkattu erikseen ryhmäkeskukselta tuleva IV-hätäseis -painikkeen tieto, joka katkaisee virran puhaltimelta.

#### 4.6 Perusvesipumppaamo

Perusvesipumppaamon toimintaa hallitsee pumppaamon oma ohjauskeskus OK01, johon VAK liitetään. Ohjauskeskukselta VAK:lle kytketään pumppujen PVP-PU1 ja PVP-PU2 yllilämpöhälytys sekä vedenpinnan yläraja-anturin hälytys PVP-LSA. Perusvesipumppaamon säättökaavio on esitetty kuvassa 16.



Kuva 16. Perusvesipumppaamon säättökaavio.

#### 4.7 Erillispisteet

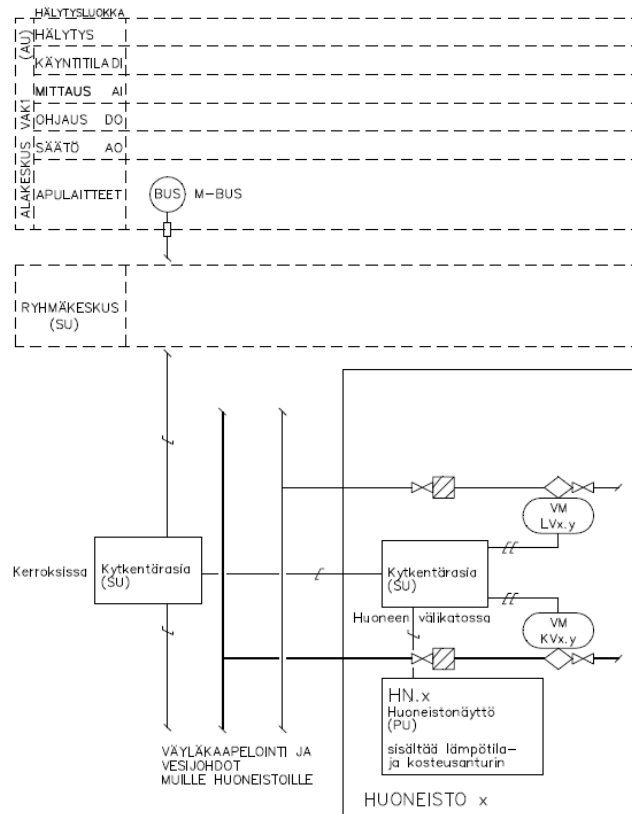
Erillispisteiden säätökaavioon on kerätty muihin prosesseihin kuulumattomat VAK:een liitettävät pisteet. Pisteet ovat yleensä esimerkiksi sähkön ohjaukset tai yksittäiset mitauspisteet, jotka eivät liity mihinkään prosessiin. Esimerkkikohteen erillispisteiden säätökaavio on esitetty liitteessä 2. Erillispisteohjaukset jakaantuvat ”koviin” vahvajänniteohjauksiin ja ”heikkoihin” heikkojänniteohjauksiin. Vahvajänniteohjaukset ovat 230 V:n ohjauksia ja heikkojänniteohjaukset 24 V:n ohjauksia. Esimerkkikohteessa kovia ohjauksia ovat rännien ja kaivojen sulanapidon ohjaukset, ulko- ja sisävalojen ohjaukset sekä pesulan ja kuivaushuoneen koneiden ohjaukset. Kovilla ohjauksilla on jokaisella oma kolmiportainen käsikytkin (ES) ryhmäkeskuksella. Heikkoja ohjauksia kohteessa ovat ovilukot ja kiuaskeskus. Heikot ohjaukset eivät kulje ryhmäkeskuksen kautta, vaan ne kaapeloidaan suoraan ohjattavalle laitteelle.

Indikointitietoja sähkökeskukselta saadaan ovilukkojen tilasta ja hälytyspisteiltä, kuten palovaroittimelta ja IV-hätäseispainikkeelta. Savunpoiston ohjauskeskukselta saadaan VAK:lle vikahälytys ja savunpoistoluukuilta saadaan avautumistieto.

Erillisiä lämpötilamittauksia TEH liitetään VAK:een kolmestatoista huoneistosta sekä kahdesta märkätilasta. Ryhmäkeskuksissa olevilta sähkömäärämittareilta EQ liitetään väylän avulla energiamittaukset alakeskukseen.

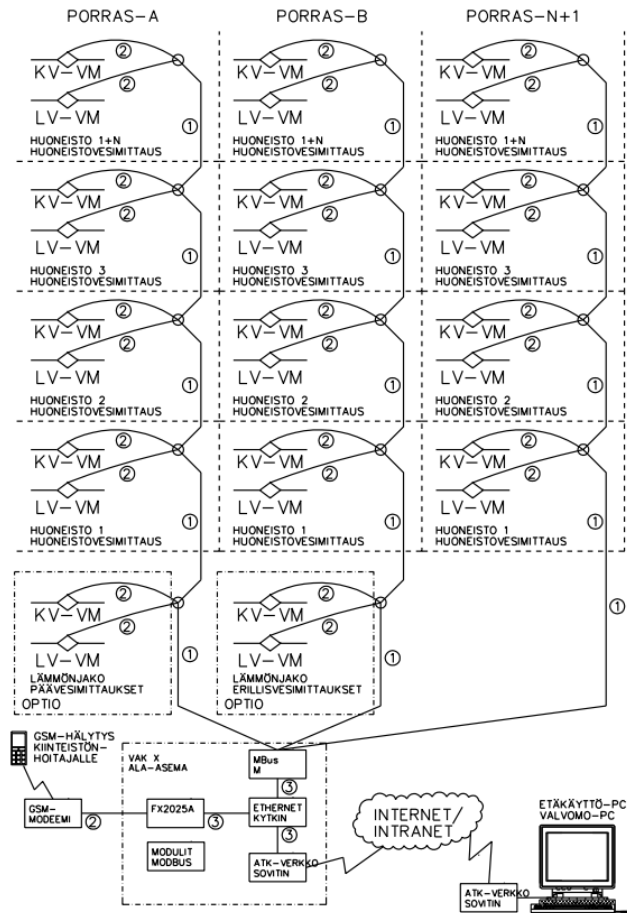
#### 4.8 Asuntojen vedenmittaus ja huoneistonäytöt

Vedenmittauksen säätökaavion mukaan jokaiseen asuntoon ja yleiseen tilaan tulee oma vesimittari lämpimälle ja kylmälle vedelle. Tämän lisäksi asuntoihin asennetaan huoneistonäyttö, joka mittaa tilan lämpötilaa ja kosteutta. Näyttöihin halutaan myös kummankin vesimittarin kulutuslukema. Tiedonsiirto tapahtuu Mbus-väylää käyttämällä. Säätökaavio on esitetty kuvassa 17.



Kuva 17. Vedenmittauksen ja huoneistonäyttöjen säätökaavio.

Säätökaaviossa esitetään vesimittareiden ja huoneistonäyttöjen asuntokohtainen kaapelointi. Laitteet kaapeloidaan asunnossa sijaitsevaan kytkentärasiaan ja rasiat yhdistetään kerroksissa väyläkaapelointiin. Koko rakennuksen väyläkaapelointia ei ollut esitetty säätökaavioissa, joten se tehdään Fidelix Oy:n oman vesimittarikaapelointiohjeen mukaisesti. Kaapelointiohje on esitetty kuvassa 18.



Kuva 18. Asuntojen vedenmittauksen kaapeloinnin ohje. [12]

## 5 Suunnitelmista toteutukseen

Tässä luvussa käydään läpi luvussa 4 esitetyn kerrostalokiinteistön rakennusautomaation toteutus keskittyen osa-alueisiin, jotka projektin edetessä poikkesivat luvun 4 suunnitelmista. Lisäksi esitetään projektin pohjalta tehty listaus, joka pyrkii auttamaan vastaavanlaisten projektien suunnitelmamuutoksien ennakointia ja vähentämään kiirettä.

### 5.1 Toteutus

#### Veto- ja laiteluettelot

Esimerkkiprojektin toteutuksen alussa säätökaavioiden pohjalta toteutettiin automaatiokaapeloinnin vetoluettelot sähköurakoitsijalle. Vetoluettelon toimituksella oli kiire, koska sähköurakoitsija tarvitsee yleensä automaatiokaapeleiden tiedot jo rakentamisen alkuvaiheessa. Jokaiselle kaapelille pitää määritellä kaapelin tyyppi, laitteen nimi, kaapelitunnus ja alakeskus, johon laite kaapeloidaan. Säätökaavion pisteet käytiin yksitellen läpi ja määritettiin kaapelikohtaisesti säätökaavion alakeskuskentästä fyysisten pisteiden määrä. Jokaista fyysistä pistettä kohden tarvittiin kaapelille yksi johdinpari. Jänniteviestiä käyttäville laitteille määritettiin kaksiparinen kaapeli: toinen pari jännitteelle ja maalle sekä toinen pari mittaustiedolle.

Pääsääntöisesti projektissa käytettiin kaksiparista NOMAK-kaapelia. Joitakin yksittäisiä kaapeleita toteutettiin KLMA-kaapelilla. Kaikki puhaltimet ja Modbus-väylät kaapeloitiin neliparisella JAMAK-kaapelilla säädön ja väylän häiriösuojauksen vuoksi. Vesimittareiden ja huoneistonäyttöjen Mbus-väylä kaapeloitiin kahdelle eri väylälle laitemäärän puolttamiseksi ja väylän toiminnan takaamiseksi. Kaapelointiin käytettiin kaksiparista NOMAK-kaapelia.

Erillispisteiden säätökaaviossa on paljon pisteitä, joiden kaapelointi kulkee sähkökeskuksen kautta. Nämä kannattaa kaapeloida isommilla kaapeleilla monen pienen sijaan. Kaapeloinnissa tulee huomioida, mitkä pisteet vaativat 230 V:n jännitteen. Projektin erillispisteissä indikoinnit sekä ovi- ja kiuasohjaukset kaapeloitiin 12-parisella NOMAK-kaa-

pelilla. Saattolämmityksen, valojen ja laitteiden ohjaukset olivat 230 V, joten ne kaapeloitiin 12-parisella MMO-kaapelilla. Kaapeleiden parien määrä laskettiin yläkanttiin, jotta mahdollisten muutoksien tai lisäpisteiden kytkemiseen ei tarvita uutta kaapelia.

Projektin laiteluettelo tehtiin käyttäen Fidelix Oy:ssä yleisesti käytettyjä toimilaitteita ja antureita. Säättökaavioiden laitelistauksien määrittelyä käytettiin rajaamassa laitevalintaa. Esimerkiksi lämpötila-, paine- ja kosteusantureille oli säättökaaviossa määritelty vaaditut mitta-alueet ja tarvitaanko integroitua näyttöä vai ei. Peltimoottoreille ei säättökaavioissa ollut määritelty ominaisuuksia, kuten vääntömomenttia tai toiminta-aikaa, joten ne oli selvitettävä suunnittelijalta.

### Järjestelmäkaavio

Järjestelmäkaavion toteutus on yleensä suoraviivainen, sillä alakeskusten määrä harvoin projektissa muuttuu. Toteutetun projektin tapauksessa muutoksia tapahtui lähinnä kaapeloinnissa. Alakeskukset toisiinsa yhdistävä JAMAK-kaapeli muutettiin CAT6-kaapeliksi, koska alakeskusten välinen kommunikointi tapahtuu Ethernetin välityksellä. GSM-jatkohälytys siirrettiin ylös IV-konehuoneeseen VAK2:een lämmönjakuhuoneessa olevan huonon 3G-yhteyden vuoksi. Yleiskaapeloinnin rasiointi tehtiin vain VAK2:lle, koska yhteys molempiin alakeskuksiin saadaan joka tapauksessa alakeskusten välissä olevaa Ethernet-kaapelia käyttäen. Erillispuhaltimet 302-309 liitettiin alakeskuksiin Modbus-väylää käyttäen, joka vaatii laitteiden ketjuttamisen sarjaan. Tämä oli erikseen neuvottava sähköurakoitsijalle, jonka vastuulla kaapelointi oli. Muutaman laitteen kohdalla ketjutus ei ollut järkevää niiden suuren etäisyyden vuoksi. Näissä tapauksissa puhaltimet liitettiin ketjuun alakeskuksen sisällä.

### Lämmönjakopaketti

Yleensä automaatioprojektin ensimmäisiä vaiheita on lämmönjakopaketin säätöventtiilien mitoitus ja venttiilien toimitus lämmönjakopaketin valmistajalle. Venttiilien mitoitus-tiedot merkitään lämmönjakopaketin säättökaavioon. Mitoitusta varten tarvitaan säätöventtiin suunniteltu virtaama sekä painehäviö. Alkuperäisissä suunnitelmissa mitoitus-tietoja ei ollut vielä täytetty, joten ne piti pyytää suunnittelijalta. Mitoitustietojen avulla

määritettiin venttiilit ja toimilaitteet käyttäen venttiilille suunniteltuja virtaama- ja painehäviöarvoja. Nämä hyväksyttiin suunnittelijalla ennen kuin ne lähetettiin lämmönjakopaketin valmistajalle. Venttiilien toimituksen kanssa on yleensä projektin alussa jo kiire, joten oikeiden venttiilien mitoitus tietojen ja hyväksyntöjen kanssa kannattaa olla ajoissa liikkeellä.

Lämmönjakopaketin suunnitelmiin lisättiin patterilämmitysverkosto, joka lisäsi toteutukseen 12 uutta pistettä ja neljä toimilaitetta. Lisäys ei kuitenkaan vaikuttanut alakeskuksen moduulien määrään. Lisäksi toisiopiirien pumpuilta poistettiin automatiikan säätö, koska pumpuissa oli sisäinen virtaaman säätö.

Suunnitelmiin merkatut päävesimittaukset KLVQ-KV ja KLVQ-LV, jotka oli määrä toteuttaa väyläliitynnällä, muutettiin pulssimittausta käytäviksi mittareiksi. Tämä oli positiivinen muutos, koska väylälaitteiden maksimimäärä väylämuuntimilla on rajoitettu maksimissaan 80:een ja vesimittareiden, huoneistomittausten ja sähkömittausten vuoksi oltiin jo lähellä tuota rajaa.

Toteutuksen aikana myös lämmönjakopaketin toimintaselostukseen tehtiin muutoksia. Lattialämmityksen säätökäyrässä oli liian korkea asetusarvon lämpötila kesälämpötiloille, joten käyrän asetusarvoa laskettiin 20 °C ulkolämpötilalla arvosta 30 °C arvoon 20 °C. Lisäksi lattialämmityksen säätökäyrään lisättiin ohjelmallinen poikkeutus automaatiojärjestelmään mitattujen asuntojen lämpötilojen mukaan. Asuntojen lämpötilan keskiarvon ollessa yli 23 °C poikkeutetaan lämmityksen käyrää alaspäin, ja keskiarvon ollessa alle 20 °C poikkeutetaan säätökäyrää ylöspäin.

#### Keskitetty ilmanvaihtokone

Ilmanvaihtokoneen säätökaavion prosessikentässä tulo- ja poistoilmapuhaltimet olivat merkitty EC-puhaltimiksi. Laitelistauksessa oli puhaltimille kuitenkin merkattu automaatiourakoitsijan toimittamat taajuusmuuttajat. Toteutuksessa päädyttiin käyttämään lopulta puhaltimia, joissa on integroitu taajuusmuuttaja. Erillisiä automaation toimittamia taajuusmuuttajia ei tarvittu. Lisäksi selvitettiin, halutaanko puhaltimesta erillinen väyläliityntä fyysisten pisteiden lisäksi. Väyläliitynnän kautta on mahdollista saada puhaltimilta

alakeskukselle esimerkiksi käyttötunnit, tehonkulutus, hetkellinen virrankulutus tai kilowattituntimittaus. Loppujen lopuksi väyläliityntää ei kuitenkaan toteutettu.

Ilmanvaihtokoneen tuloilman jälkilämmitys oli toteutettu vesikiertoisella lämmityspatterilla, jonka tehoa moottoriventtiili säätää. Venttiili pitää mitoittaa samalla tavalla kuin lämmönjakopaketin venttiilit ja hyväksyttää suunnittelijalla.

Ilmanvaihtokoneen säätökaavion toimintaselostuksessa saattaa olla joitakin toimintoja jäänyt kuvaamatta tai kuvattu virheellisesti. IV-koneen toimintoja saatetaan myös toteutuksen aikana karsia tai lisätä. Esimerkkiprojektissa IV-koneen huurtumisenesto oli määritelty alakeskuksen ohjaamaksi, mutta lopulta toteutettiin LTO:n omassa ohjauskeskuksessa. Sähkökäyttöiselle esilämmityspatterille lisättiin ohjelmallinen jäähdytys puhaltimien pysäytystilanteessa.

Lämmityspatterin pumpun tilatieto oli säätökaaviossa merkattu saatavan virranvalvontareleeltä. Tilatieto siirrettiin suoraan pumpulle toimintavarmuuden takaamiseksi. Peltimoottorien vääntömomenttia ei ollut merkattu säätökaavioon, joten se piti selvittää ilmanvaihtourakoitsijalta.

#### Paketti-ilmanvaihtokone

Esimerkkiprojektin Swegon-merkkiset paketti-ilmanvaihtokoneet kytkettiin Modbus-väylällä alakeskukseen. Kytkentä vaatii ilmanvaihtokoneeseen liitettävän väylämuuntimen, joka on lisävaruste. Väylämuuntimien toimittaminen oli laitetoimittajan, eli ilmanvaihtourakoitsijan vastuulla, ja tästä tiedotettiin ajoissa. Kuitenkin väylämuuntimien toimituksessa kului niin kauan aikaa, että väylän kytkentä ja testaus jouduttiin tekemään kiireessä.

Väyläkaapelointi oli ohjeistettu sähköurakoitsijalle tehtäväksi ketjutettuna laitteelta laitteelle, mutta osa koneista jouduttiin kuitenkin kaapeloimaan suoraan alakeskukselle. Tällöin erilliset laitteet liitettiin väylän jatkoksi alakeskuksen sisällä riviliittimillä. Väylät päätettiin 120  $\Omega$ :n päättövastuksella.

Modbus-väylän kommunikointi laitteen ja alakeskuksen keskusyksikön välillä vaatii, että alakeskus tietää, mitä rekistereitä haetaan laitteelta. Swegonin ilmanvaihtokoneelle oli saatavissa valmis Modbus-liitos alakeskukselle, mutta Swegonin Modbus-rekisterit oli päivitetty esimerkkiprojektin laitteissa uuteen versioon. Onneksi uudessa versiossa ei ollut tapahtunut suuria muutoksia vanhaan, mutta IV-koneiden käyttöönoton yhteydessä jouduttiin kuitenkin tekemään ylimääräistä testausta ja selvitystyötä.

Ongelmaksi laitteiden käyttöönotossa ilmeni myös, että asuntojen IV-koneita oli mahdollista ohjata liesikuvun avulla eri puhallustiloihin tarpeen mukaan. Tämän lisäksi suunnitelmien mukaan alakeskukselta pitää pystyä ohjaamaan IV-koneita. Tällöin IV-koneilla on kaksi mahdollisesti ristiriitaista ohjausta, joista jompikumpi toteutuu. Ohjauksen toteutuksessa päädyttiin lisäämään alakeskuksen säätökaaviokuvaan ylimääräinen ohituskytkin, jolla asukkaan liesikuvun ohjaus pystytään ohittamaan alakeskukselta. Kun ohituskytkin on pois päältä, asukas pystyy ohjaamaan IV-konetta.

#### Erilliset tulo- ja poistoilmakoneet

Erillispoistoja kohteessa oli kolme kappaletta. Yksi alapohjan tuuletukseen, toinen lämmönjakohuoneen yllämmönpoistoon ja kolmas hyökkäystien paineistukseen. Alapohjan tuuletuksen suunnitelmiin tuli muutoksena toteutukseen ainoastaan mittausanturien kaapelointien siirto yläkerroksen VAK2:sta kellarikerroksen VAK1:een. Puhaltimen käyntitilan seurantaan tarkoitettun virranvalvontareleen korvaamista kanavapaineen mittausanturilla pohdittiin, mutta muutosta ei kuitenkaan tehty. Paineanturi olisi ollut suoraviivaisempi tapa, koska sähköurakoitsijan kanssa oli vaikeuksia saada virranvalvontareleen asetukset määritettyä niin, että puhaltimen tilatieto pystyttiin luotettavasti lukemaan. Varsinkin säätörajan alapäässä tilatieto saattoi lähteä poukkoilemaan.

Lämmönjakohuoneen yllämmönpoistokoneen virranvalvontareleen kanssa oli samanlaisia ongelmia kuin alapohjan puhaltimen kanssa. Samoja asetuksia ei pystytty suoraan käyttämään, vaan virran alarajan arvot piti testata ja virittää erikseen. Peltimoottorien avautuminen ja sulkeutuminen sekä puhaltimen käynnistymis- ja sammumisrajaksi oli suunnitelmissa määritetty 20 °C. Tällöin lämpötilan heilussa 20 celsiusasteen molemmin puolin, puhallin ja pellit vaihtavat koko ajan tilaansa. Normaalisti tämän tyyppisille raja-arvoille määritellään käynnistymis- ja sammumisviiveet, hystereesi tai molemmat.

Käynnistymis- ja sammumisviive määrittää ajan, jonka aikana ohjattava laite ei voi vaihtaa tilaansa toiseen. Viive on yleensä sama molempiin suuntiin. Hystereesi taas määrittää jonkun ylityksen minkä mittausarvon on ylitettävä, jotta laitteen tila vaihtuu. Hystereesi voi toimia joko ylöspäin tai alaspäin. Alaspäin toimiessaan esimerkiksi 1 °C:een hystereesi sammuttaa puhaltimen vasta 19 °C:ssa. Lämmönjakohuoneen laitteilla päädyttiin käyttämään 10 minuutin käynnistymis- ja sammumisviivettä.

Hyökkäystien paineistuksen puhaltimen tehtävänä on luoda kerrostalon kellarikerrokseen ylipaine ja pakottaa tulipalotilanteessa porraskäytävän savu ylhäällä olevista savunpoistoluukuista ulos. Tulipalotilanteessa talon kaikki puhaltimet sammutetaan painamalla hätäseispainiketta. Suunnitelmiin oli määriteltä, että myös hyökkäystien puhallin pysäytetään hätäseispainikkeesta, vaikka näin ei saa olla. Puhallin muutettiin käymään aina vakiosäädöllä. Virranvalvontareleen säätämisessä ei ollut tässä tapauksessa ongelmia, koska puhallin käy jatkuvasti vakiosäädöllä.

Erillispoistojen kaapelointivaiheessa huomattiin myös, että sähköpiirustuksissa ja LVI-piirustuksissa oli käytetty puhaltimissa eri nimeämiskäytäntöä ja puhaltimien lukumäärä oli eriävä. Sähkösuunnitelmissa lämmönjakohuoneen poistopuhallinta ei ollut ollenkaan ja alapohjan puhaltimia oli kaksi. Kaapelointi saatiin korjattua, mutta puhaltimien nimeämiskäytäntö varmistui vasta toimintakokeiden yhteydessä.

#### Perusvesipumppaamo

Perusvesipumppaamon vikatilojen seuranta ja siitä seuraava hälytys on tärkeä rakennusautomaatiikan tehtävä. Pahimmassa tapauksessa esimerkiksi pinnankorkeuskytkimen tai pumppujen virheellinen toiminta aiheuttaa taloyhtiön kellarikerroksen tulvimisen. Suunnitelman mukaan hälytykset toteutettiin pinnankorkeuden ylärajahälytyksestä ja pumppujen lämpörehälytyksestä. Testaustilanteessa kuitenkin huomattiin, että jos pumppaamon ohjauskeskukselta katkeaa sähkönsyöttö, niin kumpikaan hälytys ei laukea eikä hälytykset välity eteenpäin alakeskukselle. Tämä on mahdollista korjata muuttamalla ohjauskeskuksen kytkentöjä, mutta nopeampi tapa oli lisätä alakeskukseen yksi lisähälytyspiste, joka laukeaa, kun sähköt keskukselta katkeavat. Lisäkaapelointia ei myöskään tarvittu, koska ohjauskeskuksen ja alakeskuksen välisessä neliparisessa NOMAK-kaapelissa oli käyttämätön johdinpari.

## Erillispisteet

Erillispisteiden toteutuksessa huomattiin, että LVI-suunnitelmissa ja sähkösuunnitelmissa oli automaatioon liitettävien pisteiden määrässä eroja. Sekä ulkovalaistuksessa että saattolämmityksissä oli merkattu suunnitelmiin eri määrä VAK-ohjattavia pisteitä. Toteutuksessa päädyttiin liittämään automaatioon vain sähkösuunnitelmissa mainitut valaistuksen ja saattolämmityksen pisteet. Lisäksi pesulan-, kuivaushuoneen ja ulko-ovien ohjaus päädyttiin liittämään Electroluxin varausjärjestelmään, jolloin näissä ei tarvittu liittämistä automaatiojärjestelmään. Saunan oviohjaus kytkettiin alakeskukseen ja sen ohjaus liitettiin kiukaan aikaohjelmaan.

Sähköurakoitsijan valitsemat sähkömäärämittarit käyttivät Mbus-väyläprotokollaa. Mittarien mittausryhmät oli sähkökeskuksissa rakennettu eri tavalla kuin automaatio-suunnitelmissa, joten ne piti tarkistaa jokaisen mittarin osalta sähkökeskuksen merkinnöistä. Erillisistä kolmestatoista asuntojen lämpötilan mittauksesta luovuttiin, koska huoneistonäytöistä saatiin väylän avulla samat mittaustiedot kaikista asunnoista. Märkätilojen lämpötilamittaukset toteutettiin säätökaavion mukaisesti.

Erillispisteiden kaapeloinnissa alakeskuksiin tehtiin joitakin muutoksia sen mukaan, kumpaan alakeskukseen kaapelointi oli helpompi toteuttaa. Tästä syystä erillispisteisiin käytettäviä indikointi- ja ohjauspisteitä varattiin ylimääräisiä kumpaankin alakeskukseen.

## Asuntojen vedenmittaus ja huoneistonäytöt

Esimerkkikohteen asuntojen vedenmittaus ja huoneistonäytöt toteutettiin Mbus-väylälaitteilla. Sähköurakoitsijalle toimitetussa kaapelointiohjeessa määriteltiin väyläkaapelointi tehtäväksi portaittain yhdellä runkoväylällä, joka haarautuu jokaiseen kerrokseen. Esimerkkiprojektin kerrostalossa oli 45 asuntoa yhdessä portaassa, joten väylälaitteita olisi tällöin tullut 135 kappaletta, koska jokaisessa huoneistossa väylälaitteita oli kolme kappaletta. Mbus-väylään saa kuitenkin liittää maksimissaan 80 laitetta, joten väylä oli jaettava osiin. Väyläkaapelointi toteutettiin lopulta siten, että 1–4 kerrokset kaapeloitiin omaan väylään ja 5–8 kerrokset omaansa. Kylmä- ja lämminvesimittari sekä huoneiston seinälle kiinnitettävä näyttö kaapeloitiin yhteiseen rasiaan asunnon kylpyhuoneen välikattoon ja rasiat kytkettiin ketjuttamalla runkoväylään.

Vedenmittauksen ja huoneistonäyttöjen testaamiseen oli varattu hyvin aikaa laitteiden suuren määrän vuoksi. Jokainen vesimittari pitää täsmäyttää eli tarkistaa, että lukema on sama mittarin näytöllä kuin alakeskuksessa. Näyttöihin kirjoitettavat tiedot on tarkistettava ja yleisesti varmistettava, että väylän kommunikaatio toimii. Testausvaiheessa huomattiin osan väylästä olevan oikosulussa ja joidenkin mittarien olevan irti väylästä. Koska kaapelointi kuului sähköurakkaan, kuului myös vian etsintä sähköurakoitsijalle. Tähän kului kuitenkin aikaa, joten oli hyvä, että testaus oli aloitettu ajoissa. Oikosulku johtui lopulta kaapelin sulamisesta hitsauksen yhteydessä, ja se korjaantui kaapelin vaihtamisella. Yksittäisten mittarien ongelmat johtuivat joko huonosta kontaktista rasiassa tai siitä, että väylämoduuli oli jostain syystä irrotettu vesimittarista.

## 5.2 Toteutuksessa huomioitavia asioita

Esimerkkiprojektin toteutuksen aikana esille tuli monia asioita, joita jouduttiin selvittämään joko suunnittelijoiden tai muiden urakoitsijoiden kanssa. Projektin toteutuksen helpottamiseksi olisi hyvä, jos jo säätökaavioiden läpikäynnillä näitä mahdollisia muutoksia huomataan ja päästään ajoissa ne selvittämään. Taulukossa 3 on listattu esimerkkiprojektin toteutuksena aikana esille tulleita epäselvyyksiä, suunnitelmapuutteita ja muita ennakointia tarvitsevia asioita. Taulukon asioita hyväksi käyttäen pystytään edesauttamaan projektin mahdollisten muutoksien ennakointia.

Taulukko 3. Rakennusautomaatioprojektin toteutuksessa huomioitavia asioita säätökaavioitain.

Vetoluettelo ja Laiteluettelo:	Vetoluetteloiden toimitus ajoissa.
	Varmistus epäselvistä pisteistä suunnittelijalta.
	Sähkökeskuksen kaapelointiin varaus lisäpisteille.
	Laitteiden määritykset tarkistettava säätökaavion laitelistauksesta.
	Epäselvät ja puuttuvat tiedot varmistetaan suunnittelijalta.
Järjestelmäkaavio:	Alakeskusten välinen kaapeli CAT6.
	GSM-jatkohälytyksen siirto tarvittaessa toiseen alakeskukseen, jos huono yhteys.
Lämmönjakopaketti:	Venttiilien mitoitus tiedot hyväksyttävä suunnittelijalla.
	Venttiililuettelon teko ajoissa.
	Onko päävesimittaukset väylä- vai pulssimittauksella.
Ilmanvaihtokone:	Taajuusmuuttajat vai EC-puhaltimet.
	Puhaltimien mahdollinen väyläliityntä.
	IV-koneen moottoriventtiin mitoitus ja hyväksyntä.
	Toimintaselostuksen mahdollisten epäselvyyksien varmistus suunnittelijalta.
	AU-laitteiden varmistus tarvittaessa suunnittelijalta tai IU:lta.
Paketti-ilmanvaihtokone:	Väyläkaapeloinnin ohjeistus sähköurakoitsijalle (ketjutus).
	Väylämuuntimien toimituksen varmistus IU:lta.
	Modbus-väylän lopetus 120 Ω:n vastuksella.
	Modbus-liitännän teko tarpeeksi ajoissa.
	Testaukseen varattava aikaa.
	Huomioitava mahdolliset ohjauksen ristiriidat.
Tulo- ja poistokoneet:	Hätäseis pysäytys muihin paitsi hyökkäystielle.
	Tilaindikoinnin testaus.
	Puhaltimien määrä varmistettava suunnittelijalta.
Perusvesipumppaamo:	Hälytys myös ohjauskeskuksen virrattomuudesta.
Erillispisteet:	Erillispisteiden läpikäynti SU:n kanssa erojen selvittämiseksi.
	Väyläprotokollien varmistus.
	Varautuminen ylimääräisiin pisteisiin.
Vedenmittaus ja huoneistonäytöt:	Väyläkaapeloinnin ja rasioinnin määritys sähköurakoitsijalle.
	Kun laitemäärä lähenee 80 kpl, alkaa tulla väylävirheitä.
	Väylän testaus ja vesimittareiden täsmäys ajoissa.

## 6 Yhteenveto

Rakennusautomaatioprojektin alussa saadaan kohteen automaatiosuunnitelmat, joiden perusteella urakan toteutusta lähdetään viemään eteenpäin. Mitä aikaisemmassa vaiheessa mahdolliset suunnitelmien puutteet tai mahdolliset muutokset pystytään huomaamaan, sitä vähemmällä työmäärällä toteutuksessa selvittää. Lisäksi muutoksien ennakointi vähentää projektien aikana kiireessä tehtävää työtä.

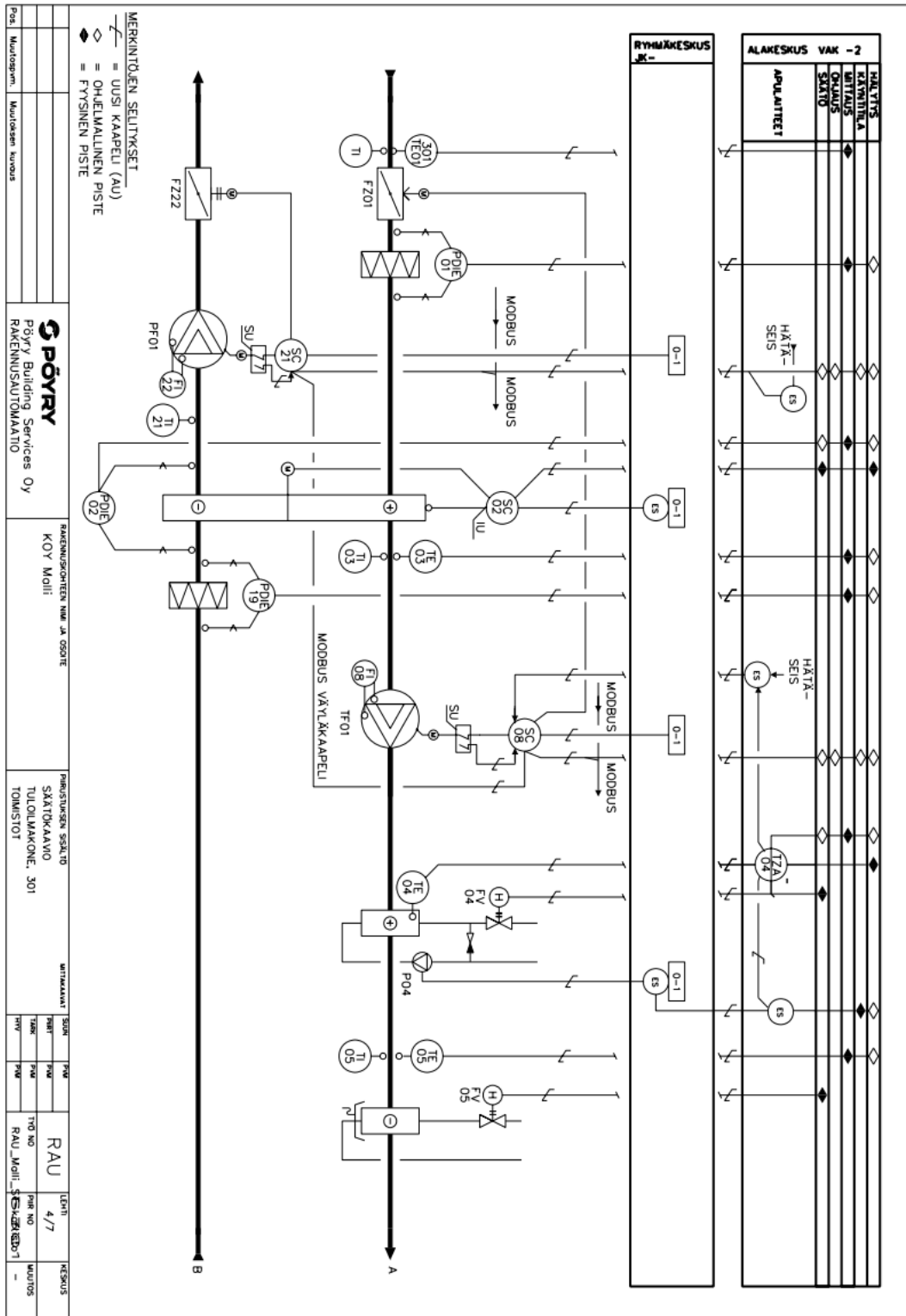
Insinöörityön tavoitteena oli toteuttaa rakennusautomaatioprojekti suunnitelmien saamisesta projektin luovutukseen, ja dokumentoida toteutuksen aikana tapahtuneet suunnitelmien muutokset. Toteutuksen aikana jokaiseen suunnitelmien säätökaavioon tuli jokin muutoksia, ja yhteensä suunnitelmien muutoksia tuli enemmän kuin olin osannut odottaa. Kaikki muutokset vaikuttivat joko enemmän tai vähemmän lisäävästi automaatioprojektin työmäärään. Muutoksien perusteella tehtiin taulukkomuotoinen lista säätökaavioittain, mitä rakennusautomaatioprojektin toteutuksessa kannattaa ottaa huomioon. Tämä toivottavasti auttaa yritykseen tulevia uusia projektinhoitajia huomioimaan näitä seikkoja jo projektin alussa.

Määritellyissä tavoitteissa onnistuttiin hyvin ja automaatiosuunnitelmien toteuttamisessa huomioitavia asioita pystyttiin dokumentoimaan riittävästi. Laajemman katsauksen aiheeseen saa varmasti, jos otetaan tarkasteltavaksi enemmän projekteja ja erilaisia kiinteistöjä. Tässä työssä saadut tulokset palvelevat kuitenkin riittävästi sellaisia projektihenkilöitä, joilla ei ole vielä kertynyt paljon kokemusta automaatioprojekteista.

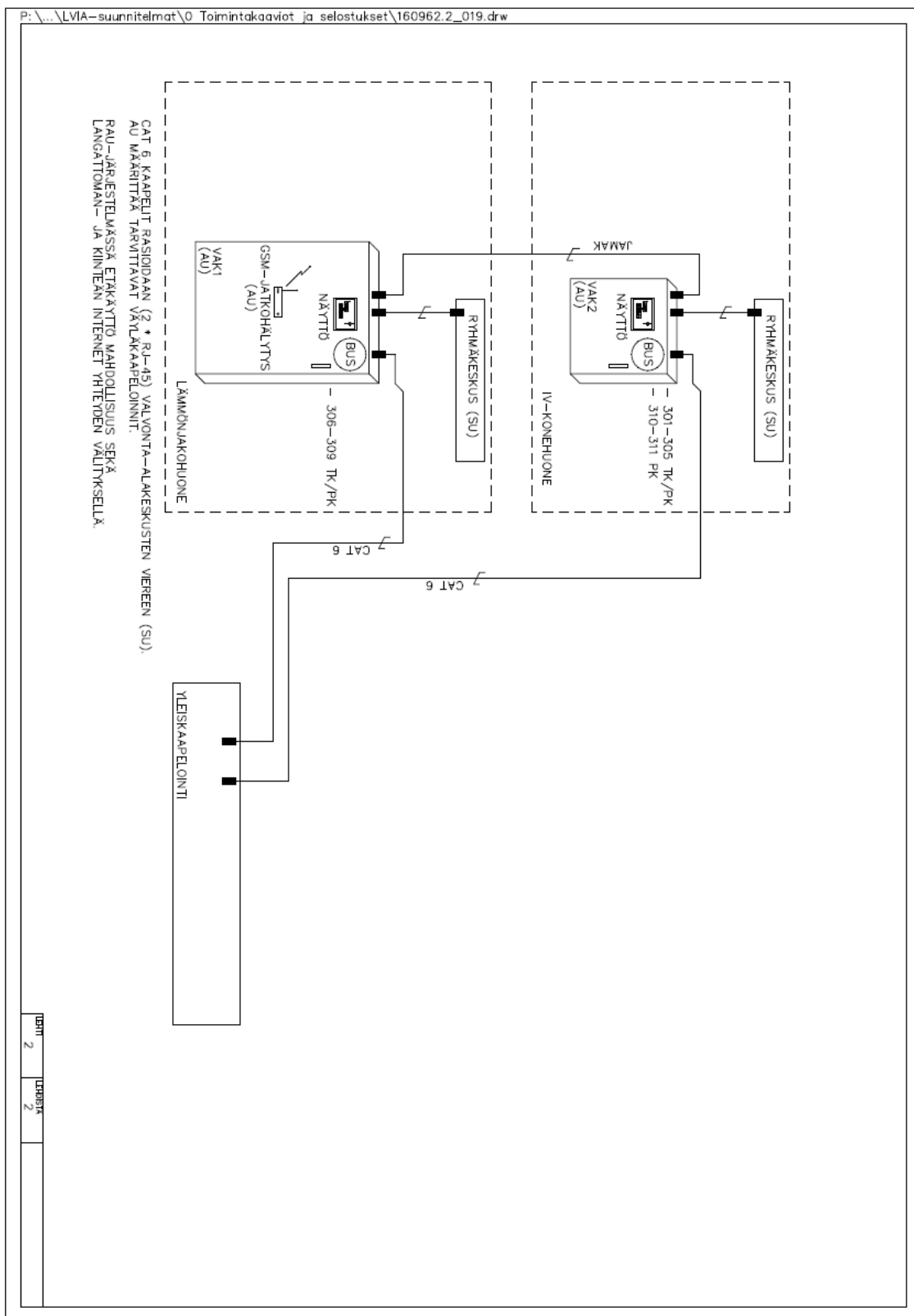
## Lähteet

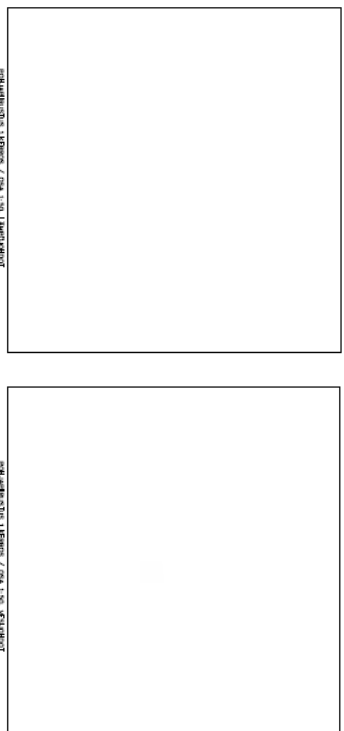
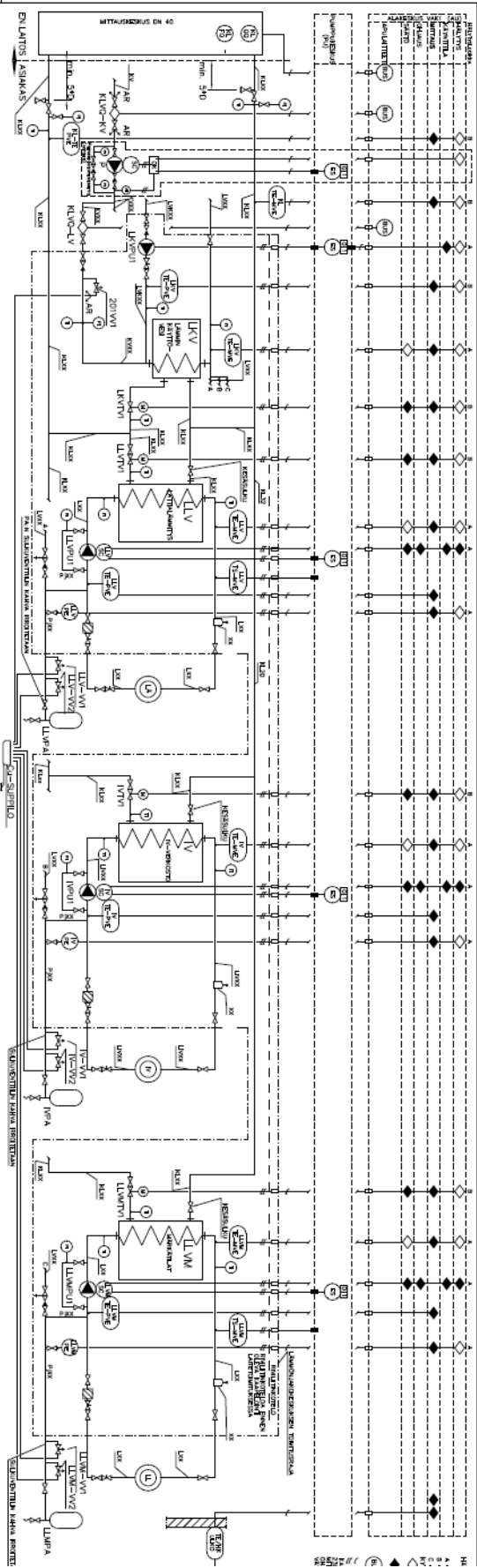
- 1 Härkönen, P. Mikkola, J. Piikkilä, V. Sahala, A. Sahlstén, T. Sandström, B. Sirviö, A. Spangar, T. Sulku, J. 2012. Rakennusautomaatiojärjestelmät. 3 painos. Espoo. Sähkötieto ry. 2012. ISBN: 978-952-231-059-0.
- 2 Bamberg, H. Tuomas, J. Laaksonen T. Piikkilä, V. Sahala, A. Sahlstén, T. Spangar, T. Sulku, J. 2008. Kiinteistöjen valvomojärjestelmät. Espoo. Sähkötieto ry. 2008. ISBN: 978-952-5600-93-3.
- 3 SFS-ISO 14617-6. Kaavioissa käytettävät piirrosmerkit. Osa 6: mittaus- ja ohjaustoiminnot. 2014. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 4 LVI-piirrosmerkit – Ohjeet. 1978. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D4. Helsinki: sisäministeriö.
- 5 NOVAK 4x2x0,5+0,5 instrumentointikaapeli. Verkkoaineisto. Finnparttia. <<https://www.finnparttia.fi/NOMAK-4x2x0505>>. Luettu 1.11.2020.
- 6 NOMAK-HF D. Verkkoaineisto. Prysmian Group. <<https://fi.prysmiangroup.com/node/10309>>. Luettu 1.11.2020.
- 7 KJAAM 4x(2+1)x0,5 instrumentointikaapeli. Verkkoaineisto. Finnparttia. <<https://www.finnparttia.fi/JAMAK-4x21x05>>. Luettu 1.11.2020.
- 8 JAMAK-HF D. Verkkoaineisto. Prysmian Group. <<https://fi.prysmiangroup.com/node/10307>>. Luettu 1.11.2020.
- 9 KLMA 4x0,8+0,8PK merkinantokaapeli. Verkkoaineisto. Finnparttia. <<https://www.finnparttia.fi/KLMA-4x0808PK>>. Luettu 1.11.2020.
- 10 KLMA-HF D. Verkkoaineisto. Prysmian Group. <<https://fi.prysmiangroup.com/node/10313>>. Luettu 1.11.2020.
- 11 MMO. Verkkoaineisto. Prysmian Group. <<https://fi.prysmiangroup.com/node/10255>>. Luettu 1.11.2020.
- 12 Järjestelmäkaavio, huoneistokohtainen vedenmittaus. Fidelix Oy. 2011.

### DDC-säätökaavioesimerkki



## Esimerkkiprojektin säätökaaviot



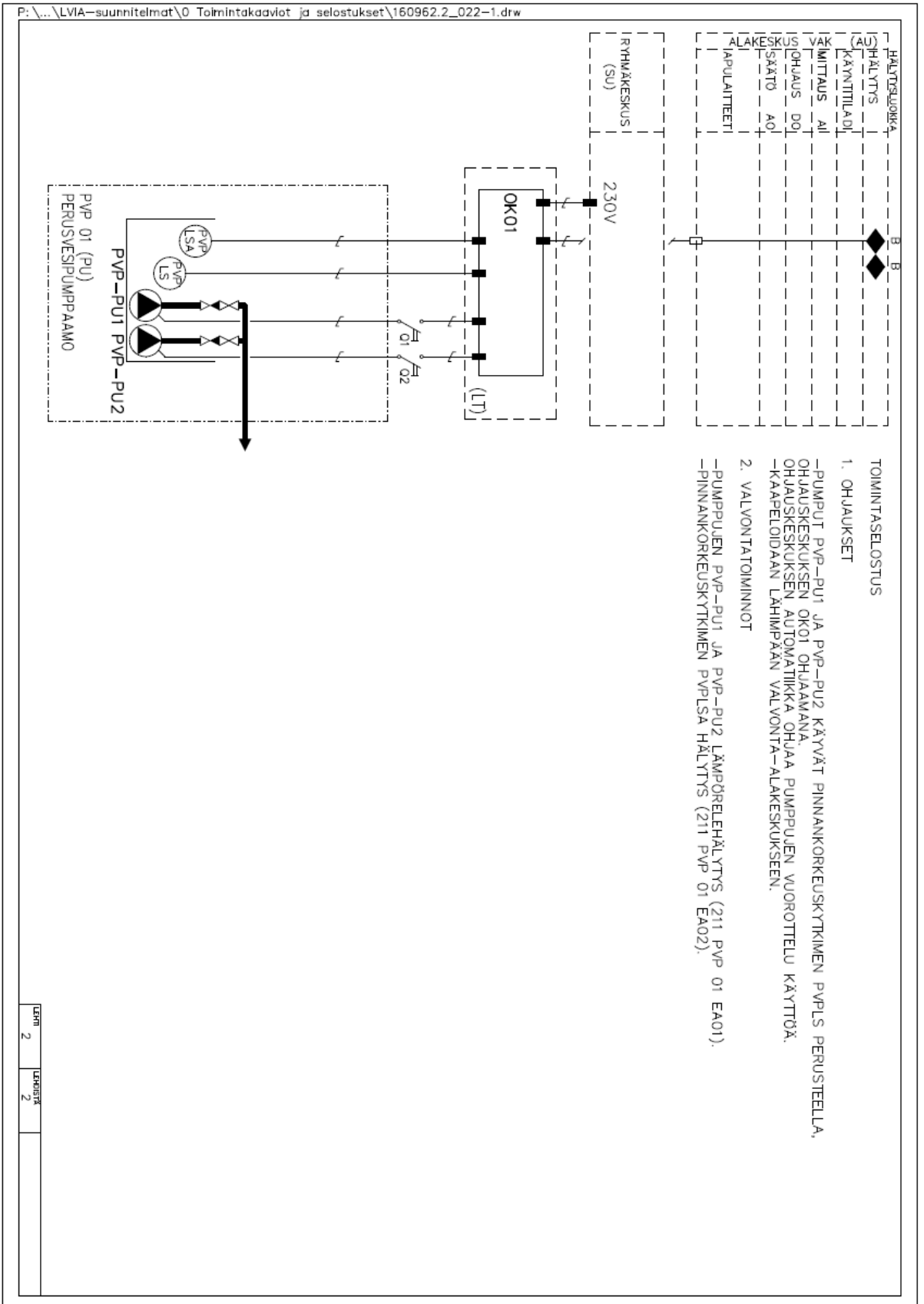


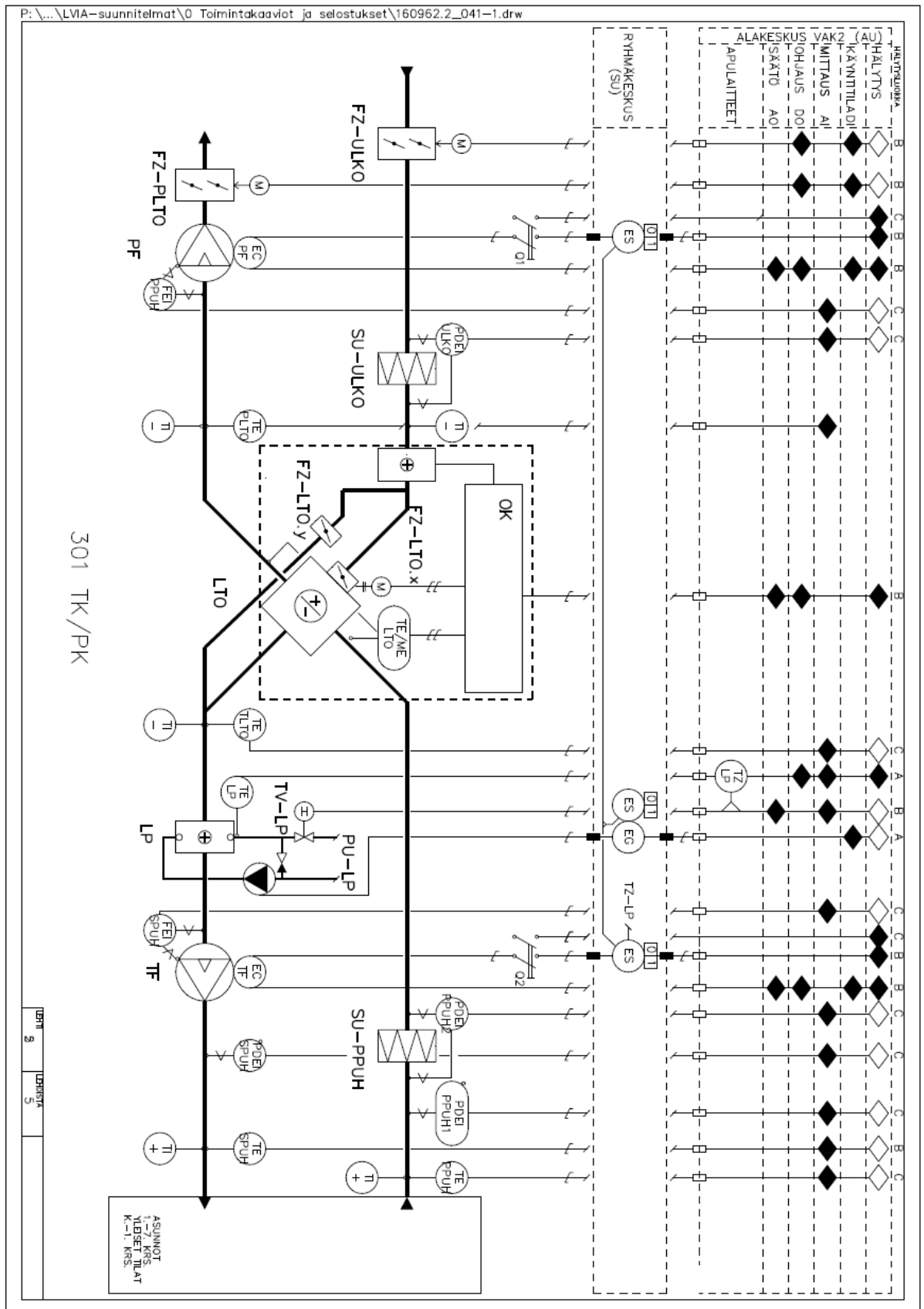
NUMERO	NIMI	MAITTUUS	SÄÄTIN	TRASSI	MAITTO
1	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
2	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
3	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
4	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
5	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
6	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
7	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
8	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
9	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
10	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
11	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
12	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
13	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
14	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
15	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
16	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
17	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
18	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
19	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
20	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
21	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
22	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
23	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
24	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
25	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
26	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
27	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
28	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
29	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
30	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
31	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
32	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
33	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
34	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
35	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
36	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
37	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
38	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
39	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
40	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
41	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
42	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
43	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
44	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
45	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
46	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
47	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
48	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
49	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
50	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				

NUMERO	NIMI	MAITTUUS	SÄÄTIN	TRASSI	MAITTO
1	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
2	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
3	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
4	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
5	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
6	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
7	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
8	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
9	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
10	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
11	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
12	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
13	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
14	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
15	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
16	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
17	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
18	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
19	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
20	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
21	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
22	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
23	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
24	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
25	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
26	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
27	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
28	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
29	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
30	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
31	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
32	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
33	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
34	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
35	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
36	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
37	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
38	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
39	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
40	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
41	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
42	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
43	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
44	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
45	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
46	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
47	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
48	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
49	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				
50	LAMPUNVALONVÄIKKÄ				

1 670 0 x 503 7 mm

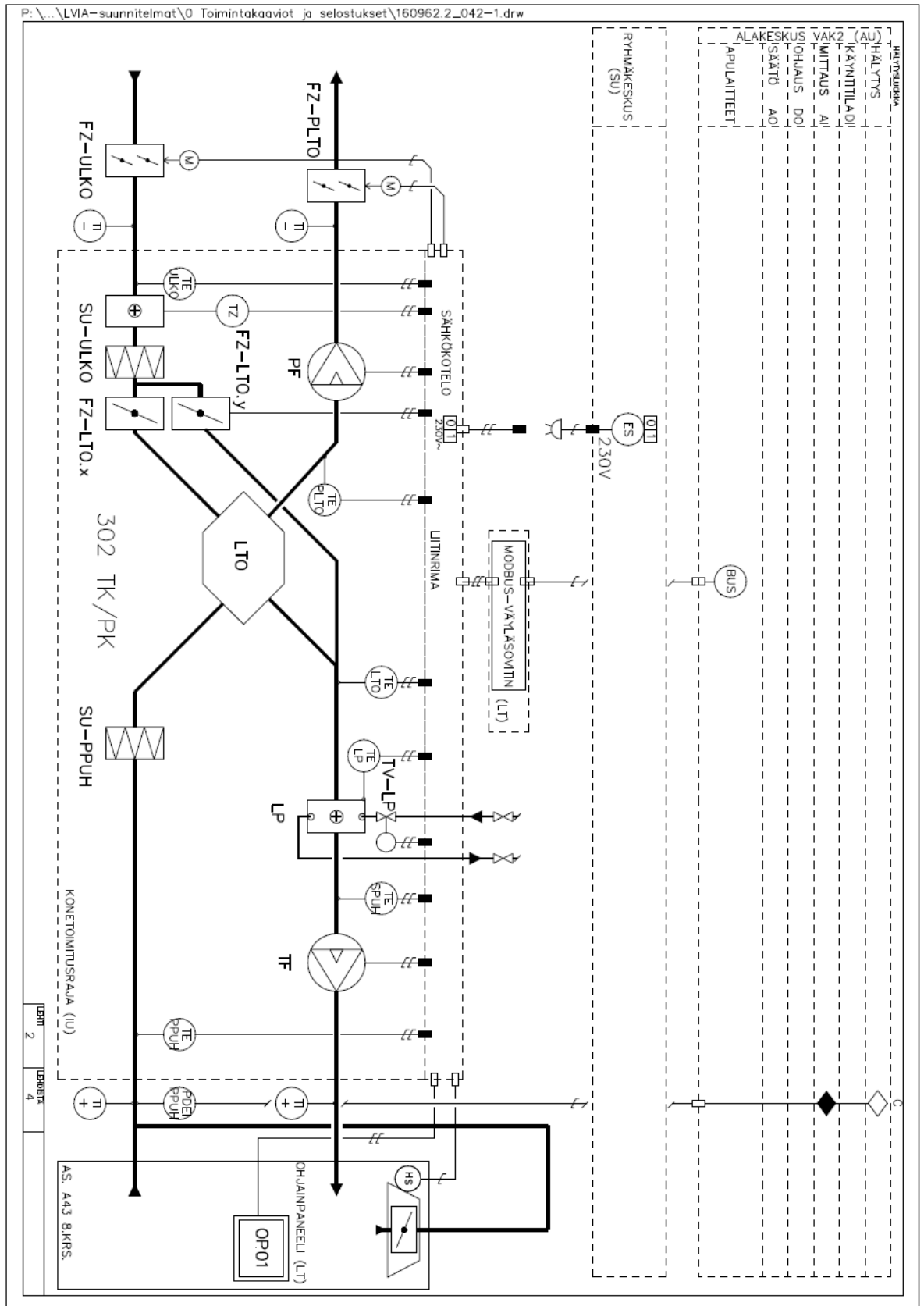












**TOIMINTASELOSTUS**

1. OHJAUKSET
  - ILMANVAIHTOKONE KÄY AINA, ILMANVAIHTOKONEEN TOIMINTAA OHJATAAN KONEEN OMALLA SÄÄTÖKESKUKSELLE. ASUKAS VOI TEHOSTAA KONEETTA OHJAUSPANEELISTA. HUUVA TEHOSTAA KONEETTA.
2. TOIMINTA KONEEN KÄYDÖSSÄ
  - 2.1 ILMAVIRRAN SÄÄTÖ
    - PUHALTIMIEN NOPEUDET SÄÄDETTÄVÄN KÄYTTÖPANEELISTA KÄYTTÖNOITO JA SÄÄTÖVAIHESSA
  - 2.2 LÄMPÖTILAN SÄÄTÖ
    - LÄMPÖTILASÄÄDIN PIITÄX TULOILMAN LÄMPÖTILAN (TE-SPUH) ASETUSARVOSSA (ESIM 21°C) SÄÄTÄMÄLLX LÄMMITSPÄTTERIN TERMOSTAATTIA.
3. VAROTOIMINNOT
  - (OH) = OHJELMALLINEN TOIMINTO
  - (RK) = RYHMÄKESKUKSESSA TOTEUTETTU KYTKENNÄKÄLINEN TOIMINTO
- PUHALTIMET (TE JA PF) PYSÄHTYVÄT JA SAADAAN HÄLYTYS JOS:
  - LÄMMITSPÄTTERIN JÄÄTYMSÄÄRÄ AKTIVOITU (OH)
  - PALOVAARA (TE-SPUH YL 50°C) AKTIVOITU (OH)
  - KÄIKKI RAKENNUKSEN TULO- JA POISTOILMAPUHALTIMET PYSÄHTYVÄT RAKENNUKSEN IV-HÄTÄSIS PAINIKKEESTA. (OH)
- KOJE PALAUTEAAN NORMAALIN KÄYNTIIN KUN HÄLYTYSILANNE POISTUU.
4. VALVONTA-ALAKESKUS (VAK) TOIMINNOT
  - KONEETTA VOIDAAN TEHOSTAA AIKAOHJELMALLA.
  - VALVONTA-ALAKESKUKSEEN OHJELMOIDAAN HÄLYTYS TOIMINNOT:
    - HÄLYTYS VÄYLÄMASTÄ, JOS VÄYLÄN KOMMUNIKAATIO KATKEAA.
    - HÄLYTYS KONEEN PYSÄHTYMISEX, JOS PUHALTIMEN NOPEUS 0%
    - TULOILMAN LÄMPÖTILAN (TE-SPUH) YLÄ- JA ALARAJAHÄLYTYS.
    - POISTOILMAN PÄINEEN (PDEI-PPUH) YLÄ- JA ALARAJAHÄLYTYS.
  - VÄYLÄLTÄ LUETAAN:
    - TULOILMAN LÄMPÖTILÄ JA -ASETUSARVO
    - POISTOILMAN LÄMPÖTILÄ
    - OHJAUKSEN TILÄ
    - PUHALTIMENOPEUDET
    - YHTEISHÄLYTYS (HÄLYTYSLUOKKA B)
  - VÄYLÄLLE KIRJOITETAAN:
    - TULOILMAN LÄMPÖTILÄN ASETUSARVO
    - OHJAUKSEN TILÄ
    - PYSÄYTYSOHJAUUS (IV-HÄTÄSIS, JNE.)

P: \\... \LVA-suunnitelmat\0 Toimintakaaviot ja selostukset\160962.2\_042-1.drw

160962	3	160962	4	
--------	---	--------	---	--



**TOIMINTASELOSTUS**

1. OHJAUKSET

ILMANVAIHTOKONE KÄY AINA LISÄAIKAPAINIKE HSH xx TEHOSTAA KONETTA 1...5 TUNNIKSI  
ILMANVAIHTOKONEEN TOIMINTAA OHAATAAAN KONEEN OMALLA SÄÄTÖKESKUKSELLÄ. VALVONTA—ALAKESKUS TEHOSTAA KONETTA VÄYLÄN KAUTTA.

2. TOIMINTA KONEEN KÄYDESSÄ

2.1 ILMAVIRRAN SÄÄTÖ

PUHALLTIMIEN NOPEUDET SÄÄDETTÄÄN KÄYTTÖANEBELUSTA KÄYTTÖNOOTTO JA SÄÄTÖVAIHEESSA.  
KOSTEUSANTURIN MEHXX ASETELLUN RAJA—ARVON (ESIM. YLÄ 70 %) TAI LISÄAIKAPAINIKKEEN (HSHxx) OLEESSA PAINETTUNA,  
ILMANVAIHTO TEHOSTUU, KUNNES KOSTEUS LASKEE ALLE ASETELLUN RAJA—ARVON TAI USAAIKAPAINIE EI OLE AKTIIVINEN.

2.2 LÄMPÖTILAN SÄÄTÖ

LÄMPÖTILASÄÄDIN PITÄÄ TULOILMAN LÄMPÖTILAN (TE—SPUH) ASETUSARVOSSA (ESIM 21°C) SÄÄTÄMÄLLÄ LÄMMITYSPATTERIN TERMOSTAATTIA.

3. VAROTOIMINNOT

(OH) = OHJELMALLINEN TOIMINTO  
(RK) = RYHMÄKESKUKSESSÄ TOJEUDETTU KTKKENNÄLLINEN TOIMINTO

PUHALTIMET (TF JA PF) PYSÄHTYVÄT JA SAADAAN HÄLYTYS JOS:

- LÄMMITYSPATTERIN JÄÄTÄMISVAARA AKTIIVOITU (OH)
- PALOVAARA (TE—SPUH YLI 50°C) AKTIIVOITU (OH)
- KAIKKI RAKENNUKSEN TUULO— JA POISTOLMAPUHALLIMET PYSÄHTYVÄT RAKENNUKSEN IV—HÄTÄSEIS PAINIKKEESTA. (OH)

KOLE PALAUTEAAN NORMAALIN KÄYNTIN KUN HÄLYTYSILANNE POISTUU.

4. VALVONTA—ALAKESKUS (VAK) TOIMINNOT

KONETTA VOIDAAN TEHOSTAA AIKAOHJELMALLA

PESULAN KOSTEUDEN MEHXX YLÄRAJAVALVONTA, HÄLYTYSRAJA ESIM. 85% VIIVE 30 min.

VALVONTA—ALAKESKUKSEEN OHJELMOIDAAN HÄLYTYS TOIMINNOT.

- HÄLYTYS VÄYLÄMASTA, JOS VÄYLÄN KOMMUNIKAATIO KATKEAA.
- HÄLYTYS KONEEN PYSÄHTYMISESSÄ, JOS PUHALTIMIEN NOPEUS 0%
- TUOLOILMAN LÄMPÖTILAN (TE—SPUH) YLÄ— JA ALARAJAHÄLYTYS.
- POISTOLMAN PAINEN (PDEI—PDUH) YLÄ— JA ALARAJAHÄLYTYS.

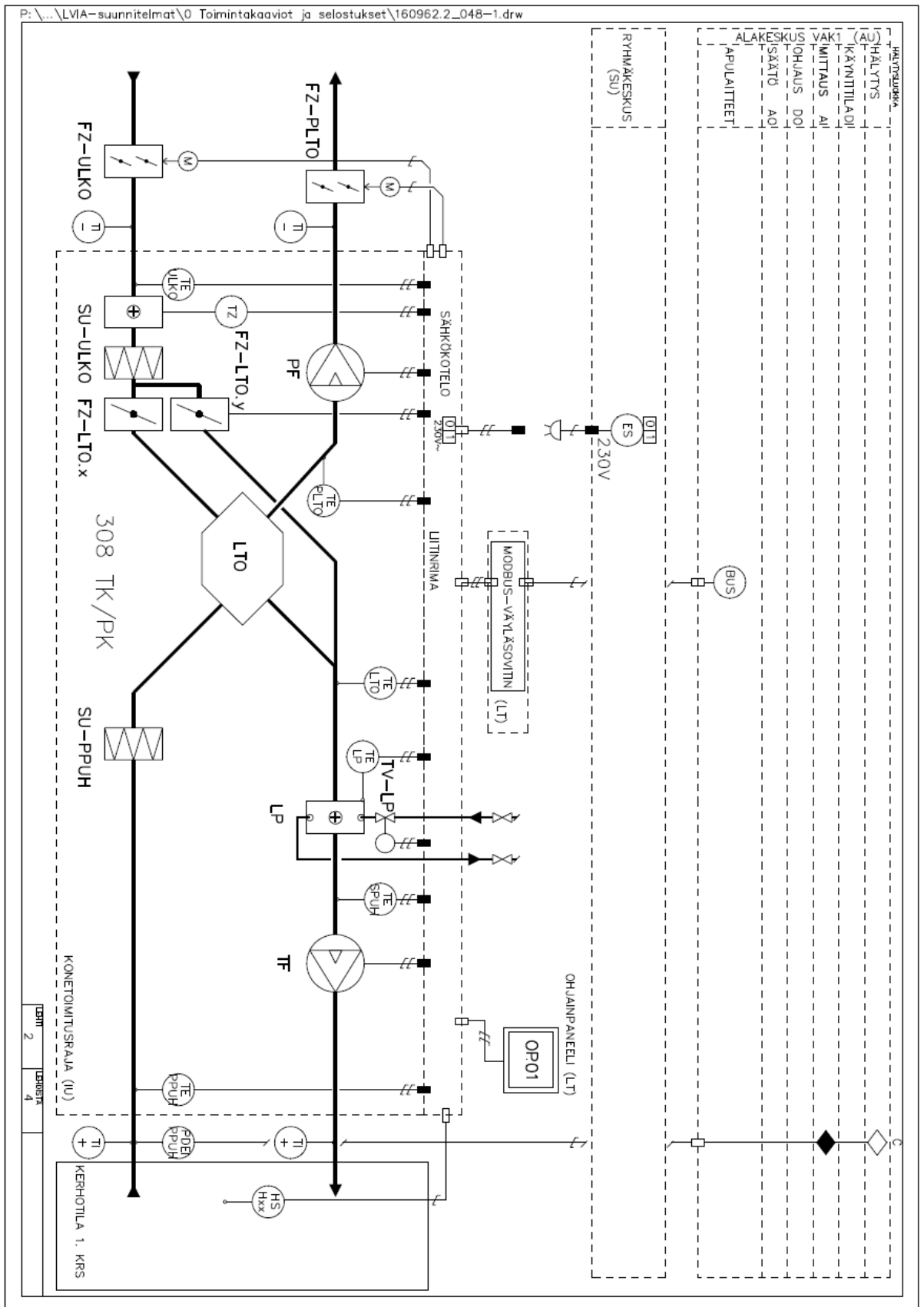
VÄYLÄLTÄ LUETAAN:

- TUOLOILMAN LÄMPÖTILA JA — ASETUSARVO
- POISTOLMAN LÄMPÖTILA
- OHJAUKSEN TILA
- PUHALTIMIEN NOPEUDET
- YHTEISHÄLYTYS (HÄLYTYSLUOKKA B)

VÄYLÄLE KIRJOITETAAN:

- TUOLOILMAN LÄMPÖTILAN ASETUSARVO
- OHJAUKSEN TILA
- PYSÄHTYSOHJAUS (IV—HÄTÄSEIS, JNE.)

Ositt.	3	Ositt.	4
--------	---	--------	---



**TOIMINTASELOSTUS**

1. OHJAUKSET

LÄMMÄNVAIHETUKONE KÄY AINA LISÄKÄYRÄPAININE HSH xx TEHOSTAA KONETTAA 1-5 TUNNIKSI  
LÄMMÄNVAIHETUKONEEN TOIMINTAA OHJATAAN KONEEN OMALLA SÄÄTÖKESKUKSELLE. VALVONTA-ALAKESKUS TEHOSTAA KONETTAA VÄYLÄN KAUITTA.

2. TOIMINTA KONEEN KÄYDESSÄ

2.1 LÄMMÄNVAIHETUKONEEN SÄÄTÖ

PUHALTIMIEN NOPEUDET SÄÄDETTÄÄN KÄYTTÖPANEELISTA KÄYTTÖNOJOTTO JA SÄÄTÖVAIHTESSA.

2.2 LÄMPÖTILAN SÄÄTÖ

LÄMPÖTILASÄÄDIN PITÄÄ TUULOILMAN LÄMPÖTILAN (TE-SPUH) ASETUSARVOSSA (ESIM 21°C) SÄÄTÄMÄLLÄ LÄMMITYSPATTERIN TERMOSTAATTIA.

3. VAROTOIMINNOT

(OH) = OHJELMALLINEN TOIMINTO

(RK) = RYHMÄKESKUKSESSÄ TOTEUTETTU KYTKENNÄKÄINEN TOIMINTO

PUHALTIMET (TE JA PE) PYSÄHTYVÄT JA SAADAAN HÄLYTYS JOS:

- LÄMMITYSPATTERIN JÄÄTYMISVAIKKAUKSIA (OH)
- LÄMMÄNVAIHETUKONEEN TUULOILMAN SÄÄTÖNOJOTTO (OH)
- KAIKKI RAKENNUKSEN TUULO- JA POISTOILMAPUHALTIMET PYSÄHTYVÄT RAKENNUKSEN IV-HÄTÄSIS PAINIKKEESTA. (OH)

KOLE PALAUTEITAN NORMAALIN KÄYNTIN KUN HÄLYTYSKÄINEN POISTUU.

4. VALVONTA-ALAKESKUS (VAK) TOIMINNOT

KONETTAA VOIDAAN TEHOSTAA AIKAOHJELMALLA.

VALVONTA-ALAKESKUKSEEN OHJELMOIDAAN HÄLYTYS TOIMINNOT.

- HÄLYTYS VÄYLÄMÄSTÄ JOS VÄYLÄN KOMMUNIKAATIO KATKEAA.
- HÄLYTYS KONEEN PYSÄHTYMISESSÄ JOS PUHALTIMIEN NOPEUS 0%
- TUULOILMAN LÄMPÖTILAN (TE-SPUH) YLÄ- JA ALARAJOIHÄLYTYS.
- POISTOILMAN PAINEN (PDEI-PPUH) YLÄ- JA ALARAJOIHÄLYTYS.

VÄYLÄLTÄ LUETTAAN:

- TUULOILMAN LÄMPÖTILAN JA -ASETUSARVO
- POISTOILMAN LÄMPÖTILAN
- OHJAUKSEN TILA
- PUHALTIMIEN NOPEUDET
- YHTIESHÄLYTYS (HÄLYTYSLUOKKA B)

VÄYLÄLLE KIRJOITETAAN:

- TUULOILMAN LÄMPÖTILAN ASETUSARVO
- OHJAUKSEN TILA
- PYSÄYTYSOHJAUUS (IV-HÄTÄSIS, JNE.)

LOIN	3	LOIN	4	
------	---	------	---	--

P:\... \LVIA-suunnitelmat\0 Toimintakaaviot ja selostukset\160962.2\_048-1.drw



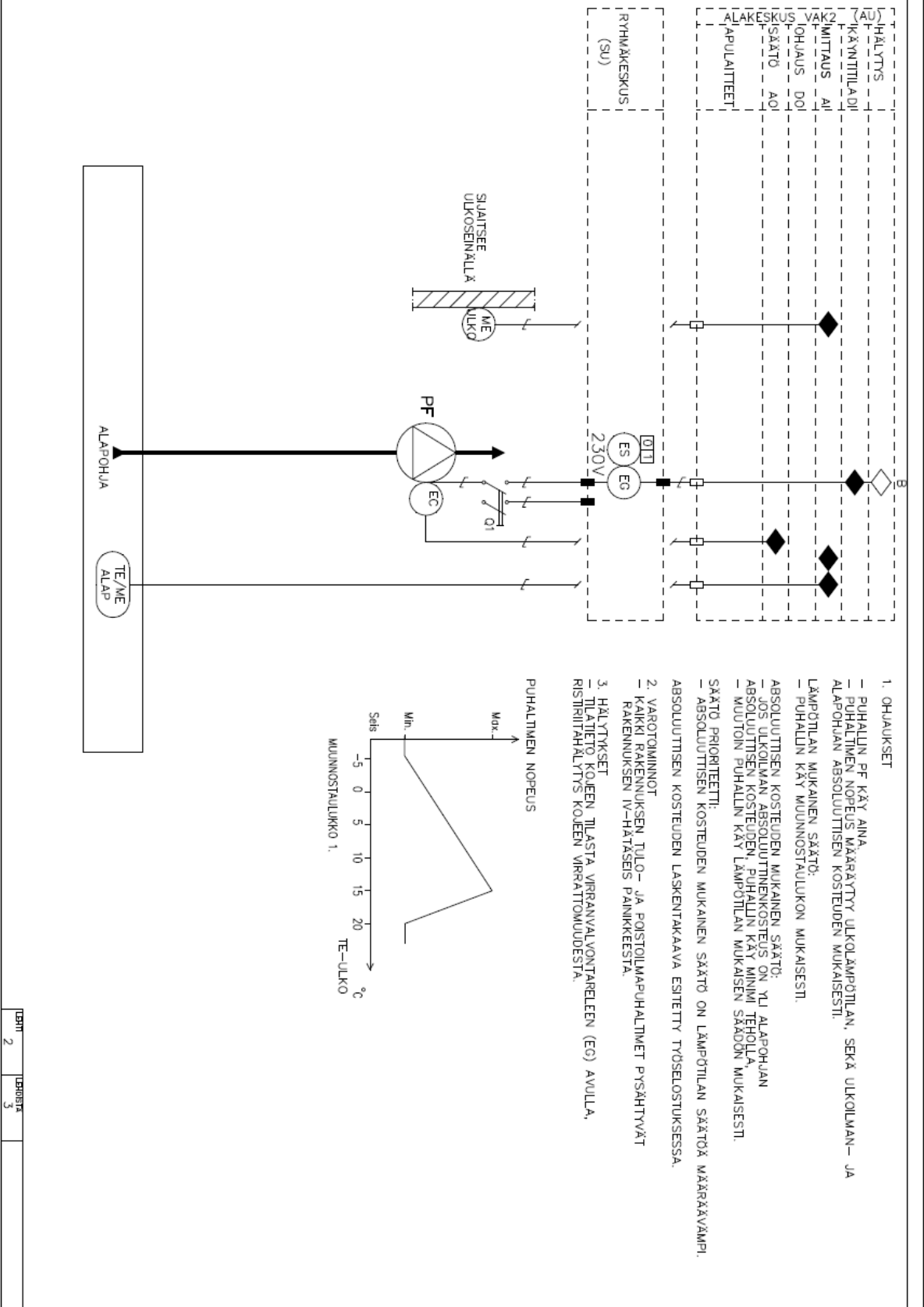
**TOIMINTASELOSTUS**

1. OHJAUKSET
  - ILMANVAIHTEKONE KÄY AINA.
  - ILMANVAIHTEKONEEN TOIMINTAA OHJATAAN KONEEN OMALLA SÄÄTÖKESKUKSELLA. VALVONTA-ALAKESKUS TEHOSTAA KONETTA VÄYLÄN KAUITTA.
2. TOIMINTA KONEEN KÄYDESSÄ
  - 2.1 ILMAVIRRAN SÄÄTÖ
    - PUHALTIMIEN NOPEUDET SÄÄDETYÄN KÄYTTÖPANEELISTA KÄYTTÖNOITO JA SÄÄTÖVAIHESSA.
  - 2.2 LÄMPÖTILAN SÄÄTÖ
    - LÄMPÖTILASÄÄDIN PITÄÄ TUULOILMAN LÄMPÖTILAN (TESPUH) ASETUSARVOSSA (ESIM 21°C) SÄÄTÄMÄLLÄ LÄMMITYSPATTERIN TERMOSTAATTIA.
  - 3. VAROTOIMINNOT
    - (OH) = OHJELMALLINEN TOIMINTO
    - (RK) = RYHMÄKESKUKSESSA TOTEUTETTU KYTKENNÄKÄINEN TOIMINTO
4. VALVONTA-ALAKESKUS (VAK) TOIMINNOT
  - KONEtta VOIDAAN TEHOSTAA AIKAOHJELMALLA.
  - LÄÄKÄKAPAINIKE HSHXX TEHOSTAA KONETTA 1-5 TUNNIKSI, KUN LÄÄKÄKAPAINIKE PALAUTETAAN 0-ASENTOON.
  - SÄÄTÖOHJELMA PALAUTTAA KONEEN OSATEHOILLE ASETELLUN VIIVEEN (2h) KULUTTA.
  - SÄÄTÖOHJELMA KÄYNNISTÄÄ TEHOSTUSTILAN LÖYLYHUONEEN LÄMPÖTILAN TENHX NOUSTUA YLÄ RAJA-ARVON 60 °C.
  - SÄÄTÖOHJELMA PALAUTTAA KONEEN OSATEHELLO VIIVEEN (2h) KULUTTUA KIUKAAN AIKAOHJELMAN POIS PÄÄLTÄ MENOSTA.
  - LÖYLYHUONEEN LÄMPÖTILAN TENHX YLÄRAJAVALVONTA, HÄLYTYSRAJA 120 °C.
  - PEUSUJAN KOSTEUDEN MEXXX YLÄRAJAVALVONTA, HÄLYTYSRAJA ESIM. 85% VIIVE 30 min.
  - HÄLYTYS KIUKAAN LAMPEAVATTOMUUDESTA.
  - HÄLYTYS JOS LÖYLYHUONEEN LÄMPÖTILA TESA EI OLE NOUSSUT YLÄ 60 °C 60 MINUUTTIA KIUKAAN AIKAOHJELMAN PÄÄLLE OHJAUkseSTA.
- VALVONTA-ALAKESKUKSEEN OHJELMOIDAAN HÄLYTYS TOIMINNOT:
  - HÄLYTYS VÄYLÄVASTA, JOS VÄYLÄN KOMMUNIKAATIO KATKEAA.
  - HÄLYTYS KONEEN PYSÄHTYMISessä, JOS PUHALTIMIEN NOPEUS 0%.
  - TUULOILMAN LÄMPÖTILAN (TESPUH) YLÄ- JA ALARAJAHÄLYTYS.
  - POISTOILMAN PAINEEEN (PDEIPUH) YLÄ- JA ALARAJAHÄLYTYS.
- VÄYLÄLTÄ LUETTAAN:
  - TUULOILMAN LÄMPÖTILA JA -ASETUSARVO
  - POISTOILMAN LÄMPÖTILA
  - OHJAUKSEN TILA
  - PUHALTIMINOPEUDET
  - YHTIESHÄLYTYS (HÄLYTYSLUOKKA B)
- VÄYLÄLLE KIRJOITETAAN:
  - TUULOILMAN LÄMPÖTILAN ASETUSARVO
  - OHJAUKSEN TILA
  - PYSÄHTYSOHJAUUS (IV-HÄTÄSEIS, JNE.)

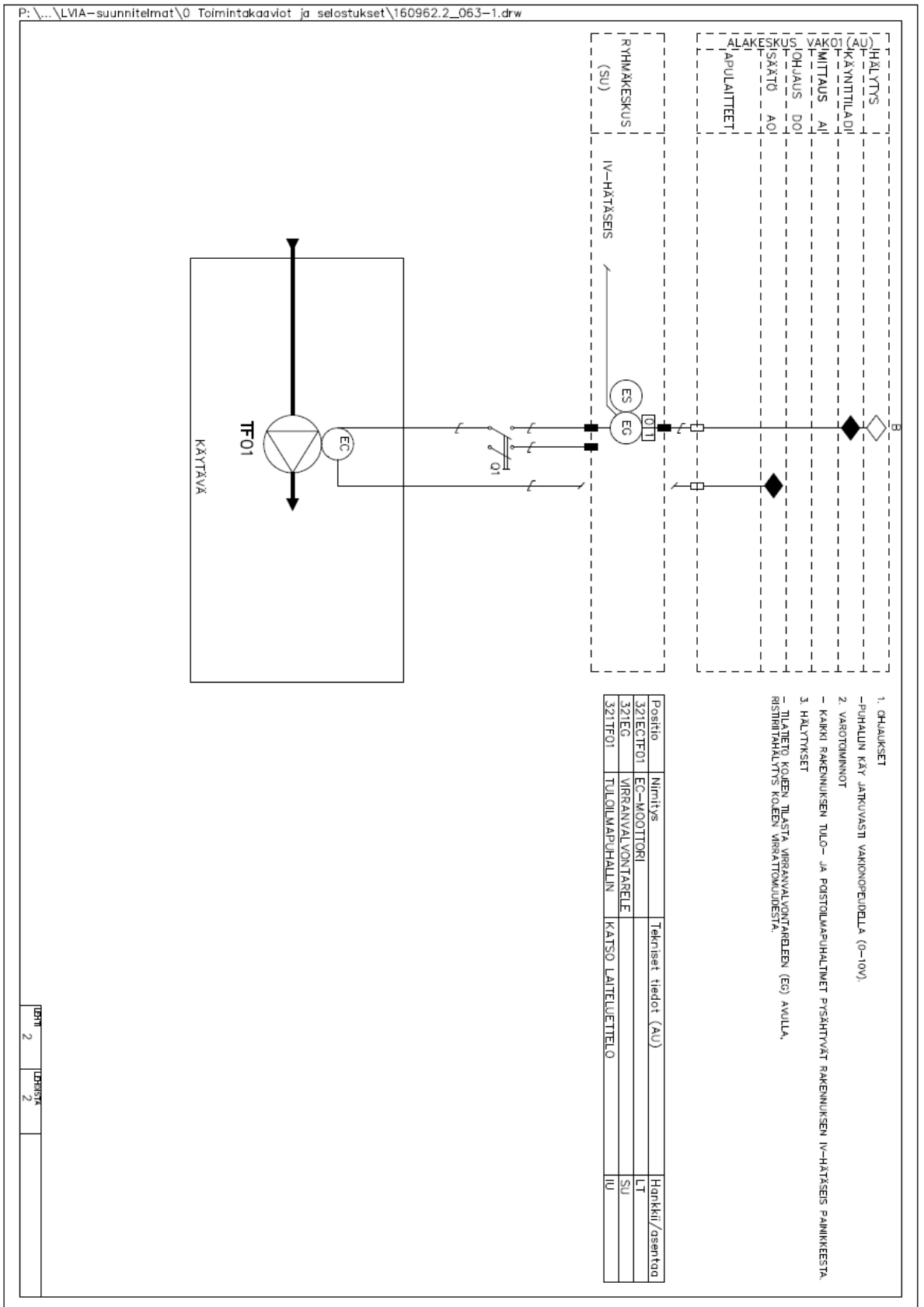
P: \\... \LVA-suunnitelmat\0 Toimintakaaviot ja selostukset\160962.2\_049-1.drw

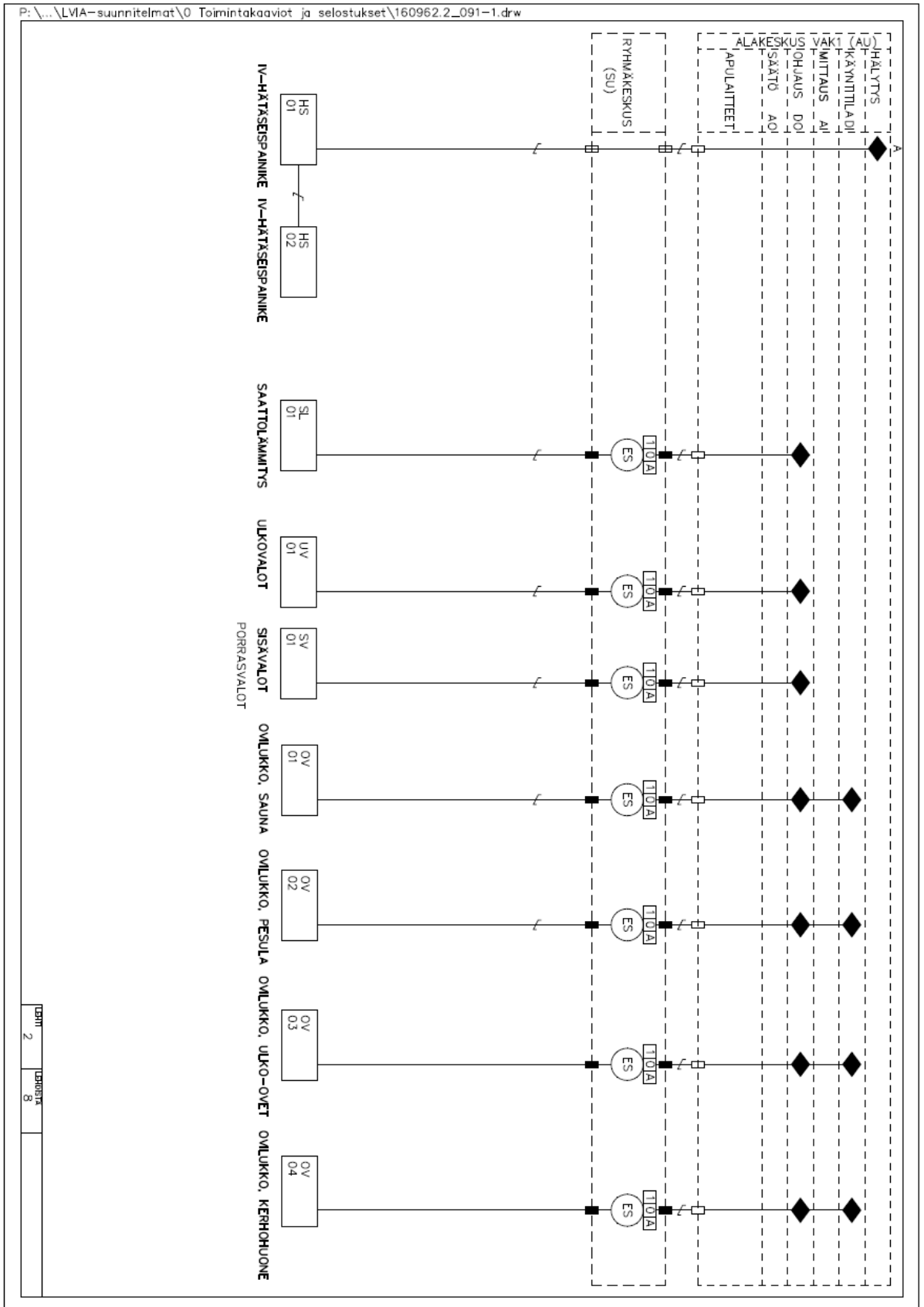
OHJ	3	OHJOKS	4	
-----	---	--------	---	--

P:\... \LVIA-suunnitelmat\0 Toimintakaaviot ja selostukset\160962.2\_061-1.dwg

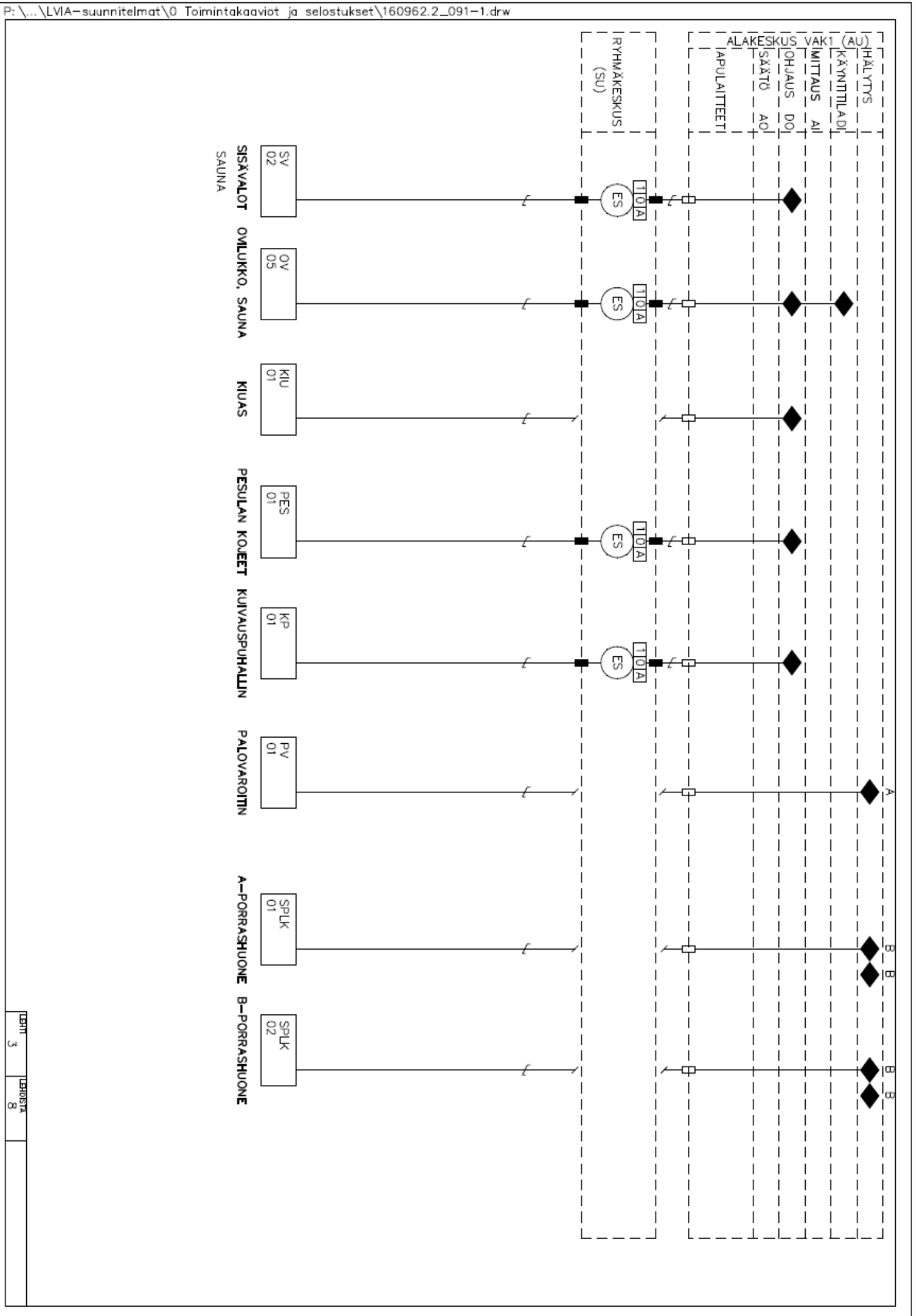




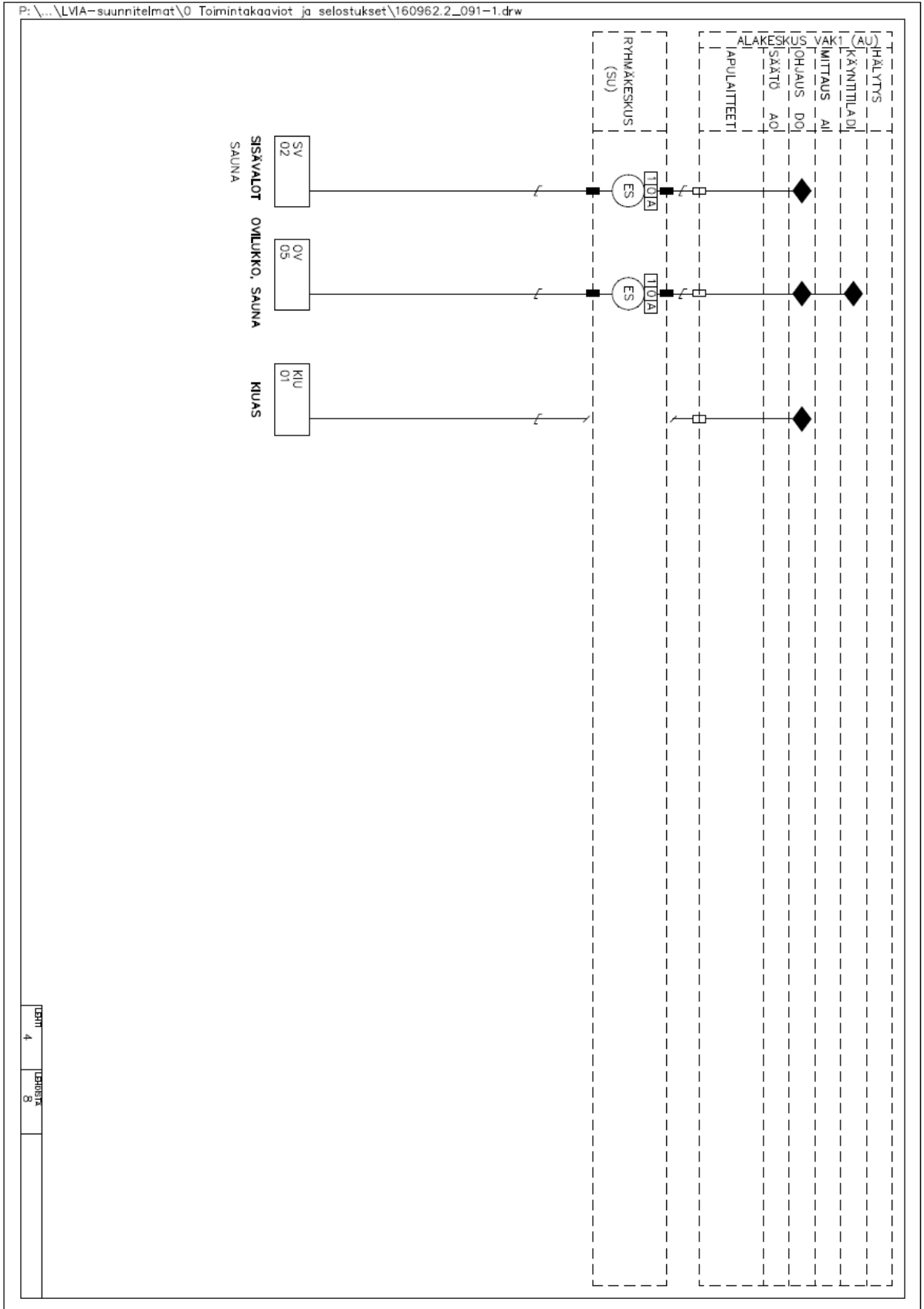


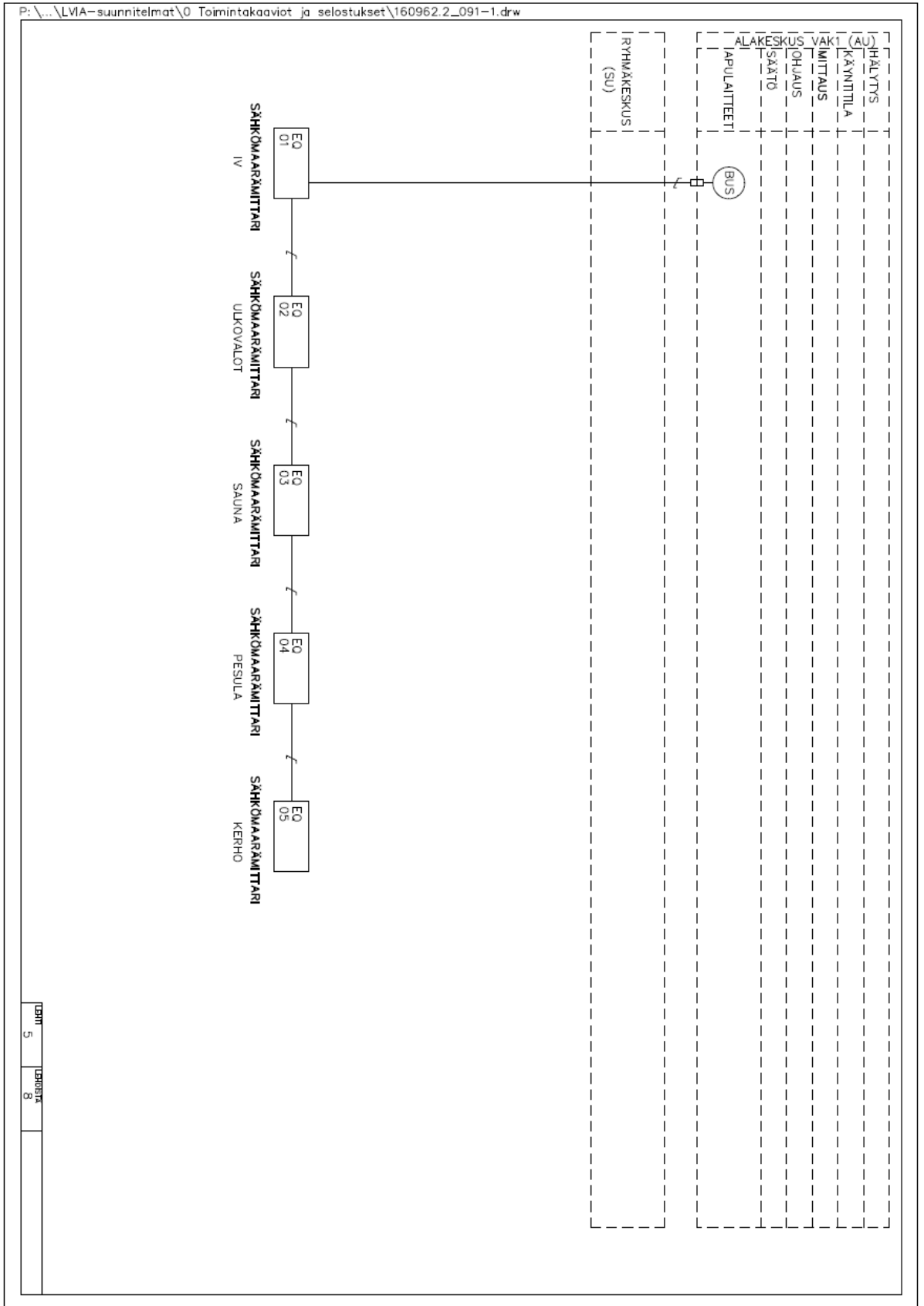


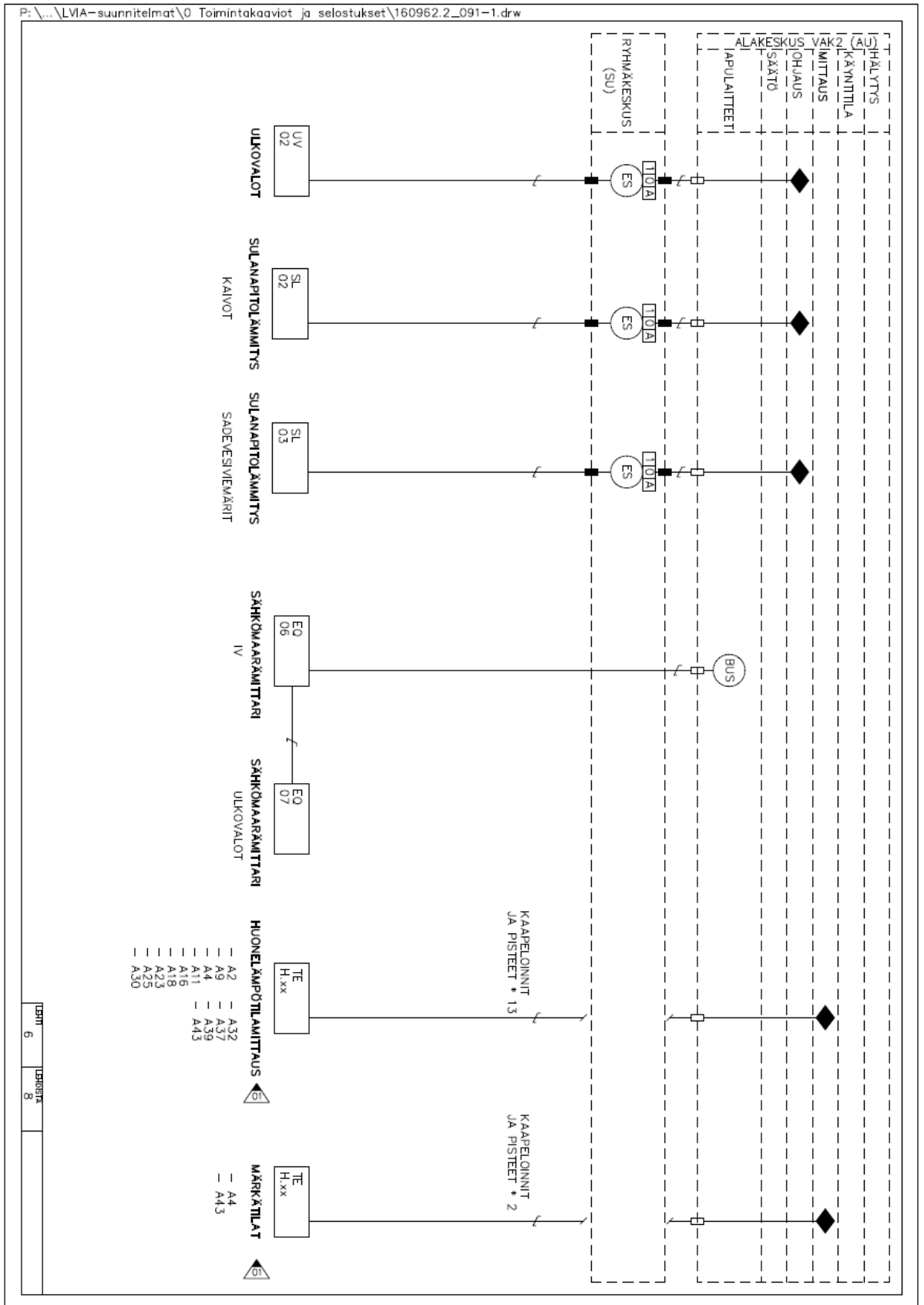
P:\... \LVIA-suunnitelmat\0 Toimintakaaviot ja selostukset\160962.2\_091-1.drw



LEPPI 3  
LEPPISTÄ 8







P:\... \LVIÄ-suunnitelmat\0 Toimintakaaviot ja selostukset\160962.2\_091-1.drw


TOIMINTASELOSTUS

1. ULKO- JA NUMEROVALOT

OHJELMA SYTTÄÄ ULKOVALOT, KUN VALOISUUS (HK-ULKO) ON VIVEEN (ESIM. 10 MIN) AJAN ALITTANUT SYTTÄSRAJAN RAJA-ARVON (ESIM. 80 LUX). ULKOVALOT SAMMUVAT, KUN VALOISUUS (HK-ULKO) ON VIVEEN (ESIM. 10 MIN) AJAN YLITTÄNYT SAMMUTUSRAJAN RAJA-ARVON (ESIM. 120 LUX). AIKAOHJELMA ESTÄÄ ULKOVALOJA PALAMASTA HALUTTUNA AIKANA.

OHJELMA SYTTÄÄ NUMEROVALOT, KUN VALOISUUS (HK-ULKO) ON VIVEEN (ESIM. 10 MIN) AJAN ALITTANUT SYTTÄSRAJAN RAJA-ARVON (ESIM. 80 LUX). NUMEROVALOT SAMMUVAT, KUN VALOISUUS (HK-ULKO) ON VIVEEN (ESIM. 10 MIN) AJAN YLITTÄNYT SAMMUTUSRAJAN RAJA-ARVON (ESIM. 120 LUX).

2. SISÄVALOT

SISÄVALOT PÄÄLLE/POIS AIKAOHJELMAN MUKAAN. 

3. SULANAPIIDOT

SULANAPIIDOKSIKAMMITUKSET PÄÄLLÄ ULKOLÄPPTILAN OLESSA +x °C...- x°C VÄLILLÄ. 


4. OVILUKOT

OVILUKOT KIINNI/AUKI AIKAOHJELMAN MUKAAN. JOKAISELLE OVELLE OMA AIKAOHJELMA.

5. KUUS

AIKAOHJELMA OHJAA KUUSTA.

6. PESULAN KOJEET

PESULAN KOJEET PÄÄLLE/POIS AIKAOHJELMAN MUKAAN. 

7. HÄLYTYSKSET

- IV-HÄTÄSEIS HÄLYTYS

- SPLK01, A-PORRASHUONE LUUKKU AUKI HÄLYTYS

- SPLK01, VIKA/HUOLTO HÄLYTYS

- SPLK02, B-PORRASHUONE LUUKKU AUKI HÄLYTYS

- SPLK02, VIKA/HUOLTO HÄLYTYS

OSI 7	OSI 8
-------	-------

