



KIILLETEHTAAN SÄHKÖKES- KUSTEN JA AUTOMAATIOJÄR- JESTELMÄN LAAJENNUSMAH- DOLLISUUDET

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Energiatekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Mikko Savolainen	
Työn nimi Kiilletehtaan sähkökeskusten ja automaatiojärjestelmän laajennusmahdollisuudet	
Päiväys 21.9.2014	Sivumäärä/Liitteet 49/6
Ohjaaja(t) Yliopettaja Harri Heikura ja yliopettaja Markku Kosunen	
Toimeksiantaja / Yhteistyökumppani(t) LKAB Minerals / Toimitusjohtaja Kari Laukkanen	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyö tehtiin LKAB Minerals Oy:n Siilinjärven kiilletehtaalle. Työssä etsittiin mahdollisuuksia automaatiojärjestelmän ja sähkökeskusten laajennuksille. Työssä otettiin huomioon prosessin laajennustarpeet, teknologian elinkaari ja turvallisuus.</p> <p>Opinnäytetyössä selvitettiin nykyisen tekniikan tilanne sekä etsittiin vaihtoehtoja automaatiojärjestelmän I/O- ja sähkökeskusten laajennuksille, jotka yhdistettiin kokonaisvaltaisiksi laajennusratkaisuiksi. I/O-laajennusvaihtoehtoiksi löydettiin kolme vaihtoehtoa. Vaihtoehdot ovat uusi keskitetty I/O, hajautetun I/O:n lisääminen tai taajuusmuuttajien ohjausten siirtäminen PROFIBUS DP -kenttäväylään. Sähkökeskusten laajennusvaihtoehtoja ovat nykyisten sähkökeskusten vaihtaminen suurempiin tai uuden pääkeskuksen hankkiminen.</p> <p>Työssä löydettiin kaksi kokonaisvaltaista laajennusratkaisua. Ratkaisuissa on huomioitu sähkökeskusten ja automaatiojärjestelmän laajennuksien vaikutukset toisiinsa. Laajennusratkaisusta tehtiin karkeat kustannusarviot. Ensimmäinen laajennusratkaisu on kokonaisvaltainen sähkö- ja automaatiouudistus, jossa uusitaan nykyiset sähkökeskukset ja automaatiojärjestelmän I/O. Toisessa laajennusratkaisussa hankitaan uusi pääkeskus, joka syöttää nykyistä C21-sähkökeskusta ja automaatiojärjestelmän I/O-laajennustarve toteutetaan hajautetulla I/O:lla.</p> <p>Laajennusratkaisujen toimenpiteitä on mahdollisuus tehdä myös osissa, jolloin kustannuksia voidaan jakaa eri vuosille ja laajennukset onnistuvat lyhyemmissä prosessin seisokeissa.</p>	
Avainsanat Automaatiojärjestelmä, I/O, sähkökeskus, pienjännitekojeisto	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Technology			
Author(s) Mikko Savolainen			
Title of Thesis The expansion possibilities of electrical power centers and automation system in a mica processing plant			
Date	21.9.2014	Pages/Appendices	49/6
Supervisor(s) Principal Lectures Harri Heikura and Markku Kosunen			
Client Organisation/Partners LKAB Minerals / Managing Director Kari Laukkanen			
<p>Abstract</p> <p>This thesis was made for LKAB Minerals Oy mica processing plant, which is operating in Siilinjärvi. The thesis explored possibilities to expand the electrical power centers and automation system. The thesis pays attention to requirements of process expansions, life cycle of technology and safety.</p> <p>The thesis solved the state of the current technology and searched solutions to expand the electrical power centers and automation system I/O. These solutions were combined to comprehensive expansion solutions. There were found three solutions to expand the automation system I/O. The solutions are renewing the centralized I/O, purchasing decentralized I/O or installing frequency converters by using a PROFIBUS DP field bus. The expansion options of electrical power centers are renewing the electrical power centers or purchasing a new main electrical power center.</p> <p>There were found two comprehensive solutions, which take into account the effects of electrical power centers and automation system expansions to each other. The cost estimates of the expansion solutions were made and presented in the thesis. The first expansion solution is a comprehensive electric and automation renewal, where existing electrical power centers and automation system I/O will be modernized. The second expansion solution is a smaller scale renewal, where the existent electrical power centers stay unchanged and the new electrical power center is feeding the existent electrical power center C21. In the second expansion solution, the automation system I/O expansion is implemented with the decentralized I/O.</p> <p>The operations concerning comprehensive solutions are possible to execute step by step. This means that there is a possibility to divide the costs for different years and the process shut downs are shorter.</p>			
<p>Keywords</p> <p>Automation system, I/O, electrical power center</p>			

ESIPUHE

Tämän loistavan opinnäytetyön aiheen tarjosivat minulle Kari Laukkanen ja Ari Juntunen, joten suuri kiitos heille. Työ opetti minulle todella paljon varsinkin sähkötekniikasta. Kiitoksen ansaitsevat myös opinnäytetyön työpaikkaohjaajat sähkötekniikan asiantuntija Kauko Lappalainen ja automaatioinsinööri Tero Auvinen sekä Savonia-ammattikorkeakoulun ohjaaja yliopettaja Harri Heikura ja toinen tarkastaja yliopettaja Markku Kosunen.

Kuopiossa 21.9.2014

Mikko Savolainen

SISÄLTÖ

SYMBOLILUETTELO	7
1 JOHDANTO	8
2 LKAB MINERALS AB	9
2.1 LKAB Minerals Oy Siilinjärvellä	9
3 METSO DNA -AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ	10
3.1 Metso DNA -rakenne	11
3.2 Metso DNA -solmut	12
3.2.1 PC-solmu	12
3.2.2 VME-solmu	12
3.2.3 ACN-solmu	12
3.3 I/O-liitännät.....	14
3.3.1 CIO-liitäntä	14
3.3.2 ACN I/O -tuoteperhe	15
3.4 Metso DNA PROFIBUS DP -liityntä.....	16
3.5 Automaatiokieli ja automaatiokielen sovellusohjelma	16
3.5.1 Automaatiokielen automaatio-sovellus.....	16
3.5.2 Automaatiokielen moduulit ja automaatiokohteet	16
4 PROFIBUS.....	19
4.1 OSI-malli	19
4.2 PROFIBUS-kommunikointi	19
4.2.1 RS485- ja optinen tiedonsiirto	20
4.3 PROFIBUS DP -topologia	21
5 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN I/O-LAAJENNUSVAIHTOEHDOT	21
5.1 Laajennusvaihtoehdot	22
5.1.1 Vaihtoehto 1	22
5.1.2 Vaihtoehto 2	23
5.1.3 Vaihtoehto 3	23
6 KIILLETEHTAAN SÄHKÖNJAKELU	24
6.1 Oikosulkusuojaus	26
6.1.1 Oikosulkuvirtojen laskeminen	26
6.1.2 Oikosulkupiirin komponenttien impedanssit.....	27

6.1.3	Alkuoikosulkuvirta	27
6.1.4	Sysäysoikosulkuvirta.....	27
6.1.5	Terminen oikosulkuvirta.....	28
6.1.6	Kiilletehtaan oikosulkuvirrat	28
6.2	Muuntaja.....	29
6.2.1	Muuntajan rakenne	30
6.2.2	Muuntajan toiminta	30
6.2.3	Muuntajan kilpiarvoista.....	30
6.2.4	Muuntajan häviöt ja hyötysuhde	31
6.2.5	3-vaiheinen tehomuuntaja	32
6.2.6	3-vaiheisen tehomuuntajan kytkennät	33
6.3	Loisteho ja loistehon kompensointi.....	34
6.3.1	Loistehon kompensointi	35
6.3.2	Loisteho ja loistehon kompensointi kiilletehtaalla.....	35
6.4	Yliaallot ja yliaaltojen suodattaminen.....	37
6.4.1	Yliaaltojen suodattaminen.....	37
6.4.2	Yliaaltovirrat kiilletehtaan sähköverkossa	37
7	SÄHKÖKESKUSTEN LAAJENNUSVAIHTOEHDOT	38
7.1	Laajennusvaihtoehdot	39
7.1.1	Vaihtoehto 1	39
7.1.2	Vaihtoehto 2	41
8	LAAJENNUSRATKAISUT.....	42
8.1	Laajennusratkaisu 1	43
8.1.1	Laajennusratkaisun 1 kustannusarvio	45
8.2	Laajennusratkaisu 2	45
8.2.1	Laajennusratkaisun 2 kustannukset	47
8.3	Laajennusratkaisujen vertailua ja projektin jatkaminen.....	47
	LÄHTEET	48
	LIITTEET.....	50-64

SYMBOLILUETTELO

Automaatiojärjestelmä

I/O = Input/Output, Tulo/Lähtö

CIO = Vanha I/O-tyyppi Valmet XDi -ajoilta

ACN I/O = Nykyinen Metso I/O -tyyppi

AI = Analog Input, Analogiatulo

AO = Analog Output, Analogialähtö

BO = Binary Output, Binäärilähtö

BI = Binary Input, Binääritulo

PROFIBUS-kenttäväylä

PROFIBUS = Avoin toimittajasta riippumaton kenttäväylästandardi

OSI-MALLI = Open Systems Interconnection Reference Model, Tiedonsiirtoprotokollien yhdistelmä seitsemässä kerroksessa, joka kuvaa kerrosten palvelujen tasoja.

DP-V0, DP-V1, DP-V2 = PROFIBUS DP -kommunikointitasot eri käyttötarkoituksiin.

Sähkökeskukset ja sähkötekniikka

C21, C21.1, C21.4, C21.104 = Sähkökeskusten tunnuksset

U_n = Nimellisjännite

I_n = Nimellisvirta

I_{cw} , I_{1s} = Terminen oikosulkuvirtakestoisuus

I_{pk} = Dynaaminen oikosulkuvirtakestoisuus

I_{th} = Ekvivalenttinen terminen oikosulkuvirta

i_s = Dynaaminen oikosulkuvirta

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin LKAB Minerals Oy Siilinjärven kiilletehtaalle. Opinnäytetyössä selvitettiin mahdollisuuksia automaatiojärjestelmän ja sähkökeskusten laajennuksiin. Selvitystyön tilaaja halusi selvyuden nykyisten sähkökeskusten ja automaatiojärjestelmän tilasta sekä varteenotettavia vaihtoehtoja näiden laajennuksiin ja modernisointiin.

Laajennustarpeeksi määriteltiin vuosittaiset pienet laajennukset ja viiden vuoden sisällä tapahtuva uuden tuotantolinjan rakentaminen. Vuosittaisiksi laajennustarpeiksi määriteltiin 2-3 uutta moottorilähtöä vuodessa ja uuden tuotantolinjan rakentamisen laitemäärän pohjana käytettiin vuonna 2009 toteutetun laajennuksen tietoja. Laitteiden lopullinen määrä ja lopullinen I/O-määrä riippuu prosessin tyypistä ja määräytyy lopulta prosessisuunnittelussa. Nykyinen järjestelmä on toteutettu täysin ns. perinteisellä I/O:lla, eikä kenttäväyliä ole vielä käytössä. Uudet moottorilähdöt on kannattavaa toteuttaa kenttäväylää käyttäen, jolloin moottorilähtöjen ns. perinteisen I/O:n tarve poistuu täysin. Myös automaatiolaitteet on mahdollista asentaa kenttäväylään, mutta tästä ei ole suurta hyötyä perinteiseen ratkaisuun verrattuna saneeraus tilanteessa.

Prosessin tuoman laajennustarpeen lisäksi työn lopputuloksissa on otettu huomioon sähkö- ja automaatioteknologian elinkaari sekä luotettavuus ja turvallisuus. Nykyisen Metso CIO -tyyppisen I/O:n varaosien saatavuus on jo tällä hetkellä rajoitettua ja vuoden 2017 jälkeen valmistaja ei enää sitoudu toimittamaan varaosia. Kiilletehtaan pääkeskus C21 on 29 vuotta vanha. Elinkaaren ja luotettavuuden takia pienjännitekojeistoon ei kannata enää tehdä isoja muutoksia tai lisätä siihen suurta kuormitusta. Myös pääkeskuksen oikosulkuvirtakestoisuus rajoittaa vanhan sähkökeskuksen kuormitusta, joka vaikuttaa oleellisena osana turvallisuuteen ja luotettavuuteen.

Sähkö- ja automaatiotekniikka liittyvät vahvasti toisiinsa ja lopulta laajennusratkaisut pitää ajatella yhteisenä kokonaisuutena. Työssä on käsitelty ensin automaatiotekniikkaa, sitten sähkötekniikkaa ja lopuksi nämä yhdistetään kokonaisvaltaisiksi laajennusratkaisuiksi.

Laajennusvaihtoehdoista tehtiin karkeat kustannusarviot. Uusista laitteistoista pyydettiin budjettitarjoukset ja työn osuuksien kustannusten arviointiin käytettiin pohjana toteutuneita kustannuksia aikaisemmista samalla toimipaikalla tehdyistä sähkökeskusten uudistuksista. Laajennusvaihtoehdoista on esitetty periaatteelliset automaatiojärjestelmän layout-kuvat ja sähkönjakelun pääkaaviot. Uusista mahdollisista sähkökeskuksista on esitetty kokoonpanopiirustukset. Kokoonpanopiirustuksissa ei ole otettu huomioon moottorilähtöjen fyysistä sijoittelua.

2 LKAB MINERALS AB

LKAB Minerals on ruotsalaisen LKAB:n tytäryhtiö. LKAB Minerals tuottaa mineraaleja teollisuuden tarpeisiin maailmanlaajuisesti. LKAB Minerals palvelee asiakkaitaan Euroopan, Yhdysvaltojen ja Aasian toimipisteiden kautta. Vuonna 1989 perustetulla on LKAB Mineralsilla on 360 työntekijää ja sen liikevaihto vuonna 2013 oli 192 miljoonaa euroa. Yhtiöllä on ISO 9001 ja ISO 14001 sertifikaatit. LKAB Mineralsin avainmineraalit ovat magnetiitti, kiille, huntiitti ja hydromagnesiitti. (LKAB Minerals 2014.)

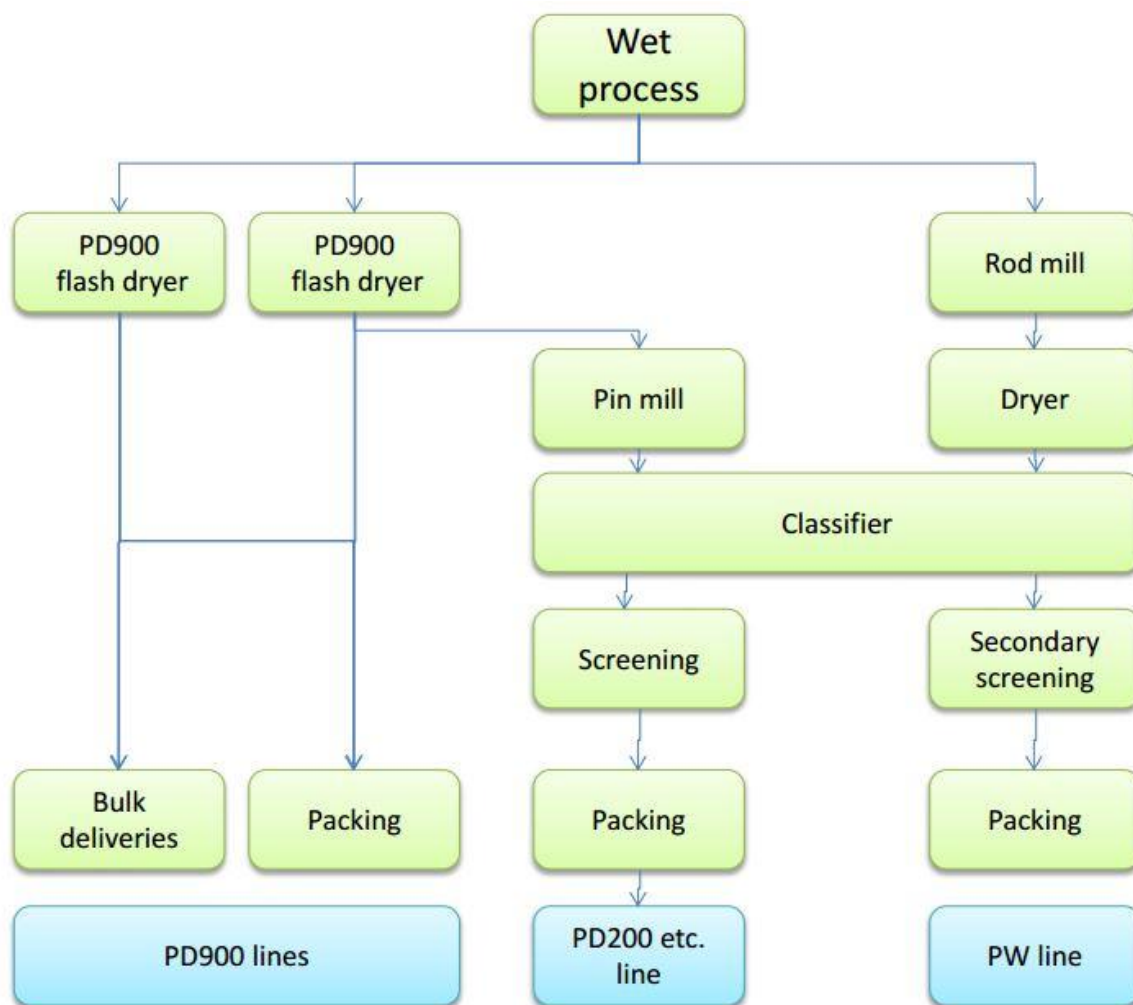
LKAB Mineralsin tuotteita käytetään mm. rakennusmateriaaleissa, maaleissa ja pinnoitteissa, öljy- ja energiateollisuudessa, valimoteollisuudessa, metalliteollisuudessa ja muoviteollisuudessa. (LKAB Minerals 2014.)

Kiillettä LKAB Mineralsin tuotantolaitokset tuottavat kaiken kaikkiaan 20 000 – 30 000 tonnia vuodessa. Kiilleteutannon kasvu on jatkuvasti noin 5-10 % vuodessa. (Laukkanen 2014.)

2.1 LKAB Minerals Oy Siilinjärvellä

LKAB Minerals Oy:n kiilletehdas sijaitsee Yara Suomi Oy:n kaivosalueella Siilinjärvellä. Kemira aloitti Siilinjärven kiilletehtaan toiminnan vuonna 1985. LKAB Minerals Oy osti kiilletehtaan toiminnan Kemira GrowHow:lta 1.12.2005. Siilinjärvellä tuotetusta kiilteestä vientiin menee noin 95 % ja Siilinjärvellä tuotettua kiillettä käytetään mm. muoviteollisuudessa, rakennusteollisuudessa ja maaleissa. Muoviteollisuudessa kiillettä käytetään muovin seosaineena ja se parantaa muovin murtolujuutta sekä lämmönkestoa. Siilinjärven kiillettä käytetään enimmäkseen autoteollisuuden muoveissa. Rakennusteollisuudessa kiillettä käytetään mm. seinälevyissä ja ruiskusementeissä. Kiille parantaa märkätalalevyjen ja tuulensuojalevyjen kosteuden kestävyttä ja murtolujuutta. Ruiskusementeissä kiille parantaa passiivisia palontorjuntaominaisuuksia. Maaleissa kiille estää maalin halkeilua ja suojaa täten paremmin korroosiolta. Kiillettä käytetään esimerkiksi merimaaleissa. (Laukkanen 2014.)

Siilinjärven kiilletehtaan raaka-aine tulee Yara Suomi Oy:n apatiittirikastamon rikastehiekka-
luokituksen alitteesta, jonka jälkeen kiille erotellaan muusta aineesta kellutuksessa ja seulomalla. Valmistaa kiillettä valmistetaan eri raekokoihin. Karkeaksi rikastettava kiille kuivataan heti flash-
tyyppisillä kuivaimilla ja hienommaksi haluttava jauhetaan tankomyllyllä hienommaksi ennen kuiva-
tusta tai tappimyllyllä kuivatuksen jälkeen. Kuivattu kiille kuljetetaan putkistoissa puhaltimien avulla
siiloihin ja hienommaksi haluttava kiille luokitellaan sopivaan kokoon ennen tätä. Kuvassa 1 on esi-
tetty kiilletehtaan yksinkertaistettu prosessi lohkoaviona.

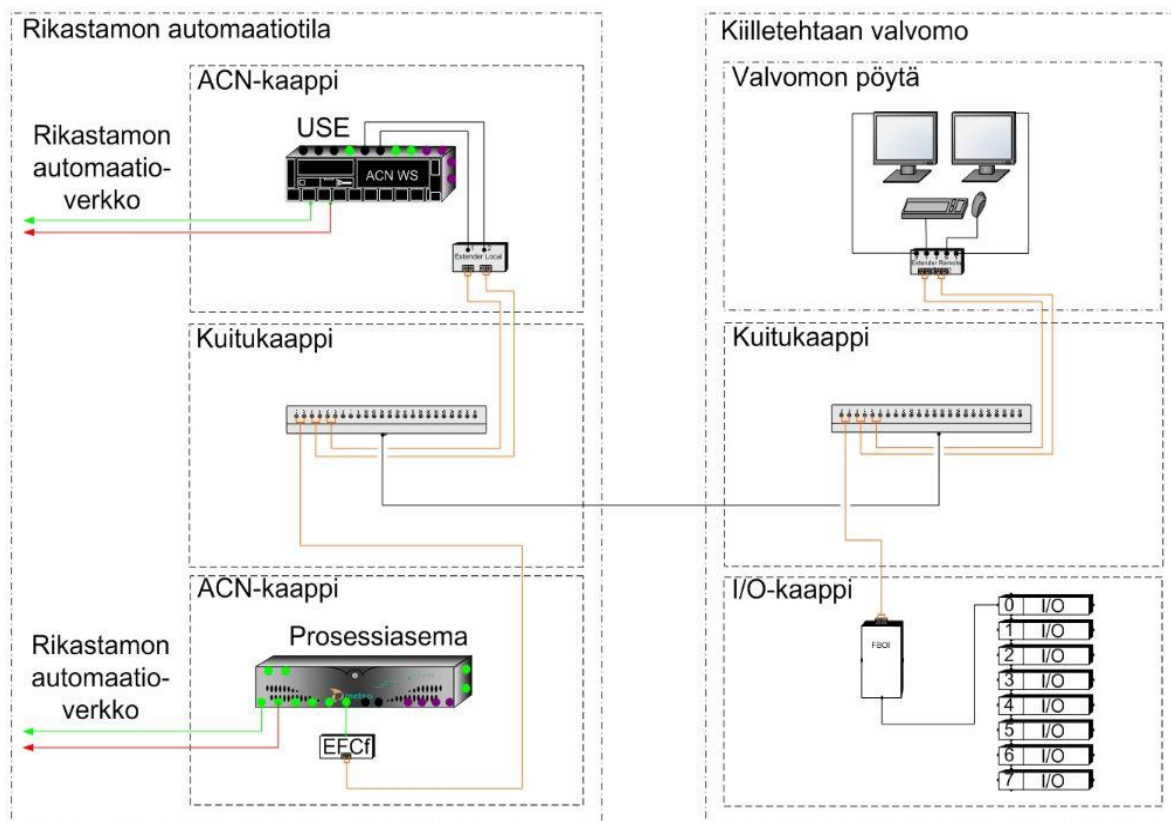


Kuva 1. Kiilletehtaan prosessi. (Laukkanen 2014.)

3 METSO DNA -AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

Kiilletehtaalla on käytössä Metso DNA -automaatiojärjestelmä. Kiilletehtaan automaatiojärjestelmä on osa Yara Suomi Oy:n rikastamon automaatiojärjestelmää. Kiilletehtaalla on kuitenkin oma prosessinohjauspalvelin, -I/O, -valvomo sekä operointipalvelin. Kiilletehtaan prosessia on mahdollisuus operoida myös rikastamon valvomosta. Kiilletehtaan periaatteellinen järjestelmärakenne on esitetty kuvassa 2.

Metso DNA on automaatiojärjestelmä, joka käsittää kaikki toiminnot liittyen prosessiin, koneisiin, käyttöihin, laatuun ja myös yksittäisten laitteiden kunnonvalvontaan. Järjestelmä on laajennettavissa pienestä järjestelmästä koko tuotantolaitoksen laaja-alaiseksi automaatiojärjestelmäksi. Metso DNA:han on liitettävissä Metson oman I/O:n lisäksi muiden valmistajien laitteistoja kenttäväylien ja standardi linkkien kuten OPC, Ethernet ja sarjaliikennelinkkien välityksellä. Raportointi työkalu sisältää raportoinnin lisäksi analysointi- ja yhteisötyökalut ja se on yksilöitävissä jokaiselle käyttäjälle erikseen. Metso DNA -automaatiojärjestelmään on integroitavissa turvallisuuteen liittyvä järjestelmä (TLJ) ja diagnostiikkatyökalut ovat käytettävissä niin laitteistojen kuin sovellustenkin kunnossapitoon. (Metso 2014.)



Kuva 2. Kiilletehtaan periaatteellinen järjestelmärakenne. (Savolainen 2014.)

3.1 Metso DNA -rakenne

Metso DNA koostuu lähiverkosta ja siihen liittyvistä palvelimista. Lähiverkko on toteutettu standardin IEEE 802.3 mukaisella 10/100 Mbit/s Ethernet-väylällä. Fyysisesti väylät ovat toteutettu joko koaksiaali-, pari- tai valokaapeilla. Verkkotopologia tehdään yleensä redundantisti ja palvelimet sekä I/O on mahdollisuus kahdentaa. Metso DNA:han liittyvät yleensä seuraavat palvelimet:

- Operointipalvelin (OPS)
 - Operaattori ohjaa prosessia ja saa tiedot prosessista operointipalvelimen kautta.
- Prosessinohjauspalvelin (PCS)
 - Metso DNA –automaatiojärjestelmä ohjaa prosessia prosessinohjauspalvelimen välityksellä. Prosessinohjauspalvelin suorittaa prosessin mittaukset ja ohjaukset erilaisten I/O-liityntöjen kautta. Myös vaativammat ylemmän tason säädöt suoritetaan prosessinohjauspalvelimella.
- Hälytyspalvelin (ALP)
 - Hälytyspalvelin kerää ja ylläpitää prosessista tulevia hälytystietoja. Hälytykset näytetään operaattorille operointipalvelimen kautta.
- Varmennuspalvelin (BU)
 - Järjestelmään tehtävät sovellusmuutokset siirretään kohdeasemille aina varmennuspalvelimen kautta. Varmennuspalvelimella on muistissa jokaisen järjestelmään liitetyn palvelimen sovellus ja konfiguraatio. Mahdollisen häiriön jälkeen varmennuspalvelin käynnistää toisen palvelimen lataamalla sille tarvittavan konfiguraation.
- Suunnittelupalvelin (EAS)

- Suunnittelupalvelimen kautta tehdään sovellusmuutokset, jotka ladataan prosessinohjauspalvelimille, varmennuspalvelimelle ja info-palvelimelle. Myös mahdolliset kenttälaitteiden parametroidit tehdään suunnittelupalvelimen kautta.
- Liityntäpalvelimet (LIS)
 - Liityntäpalvelimet ovat muihin järjestelmiin liittymistä varten.
- Diagnostiikkapalvelin (DIA)
 - Vianetsintä- ja huoltokäyttöön tarkoitettu palvelin. Palvelinta käytetään sovelluksien ja järjestelmän tutkimiseen.
- Reititinpalvelin (RTS)
 - Reititinpalvelin siirtää tietoa Metso DNA -verkon ja vanhemman prosessiväylän välillä.
- Info-palvelin (IA)
 - Info-palvelimelle kerätään prosessista tietoa myöhempää tutkimista varten. Suunnittelu-palvelimella valitaan info-palvelimelle kerättävät tiedot ja tallennusvälit.

(Metso 2009.)

3.2 Metso DNA -solmut

Solmu (Node) tarkoittaa tietokonejärjestelmää tarvittavine käyttöjärjestelmineen. Käytettävissä olevia solmuja on kolmenlaisia. PC-solmuja, ACN-solmuja ja VME-solmuja. (Metso 2007.)

3.2.1 PC-solmu

Aikaisemmin standardi PC-laitteistoja käytettiin mm. OPS-, BU- ja ALP-palvelimissa. Nykyisin PC-laitteistoja käytetään suunnitteluasemilla ja erilaisilla prosessissa käytettävissä kiinteissä tai liikuteltavissa prosessin valvomiseen tai kunnossapitoon tarkoitetuissa tietokoneissa. Myös erilaiset tablet-tietokoneet toimivat mukana pidettävänä järjestelmään liitettynä PC-solmuina.

3.2.2 VME-solmu

VME-solmut ovat vanhemman automaatiojärjestelmän (Damatic Xd) perua, mutta näitä on edelleen käytössä teollisuudessa ja ne ovat liitettävissä Metso DNA -lähiverkkoon RTS-palvelimien avulla. Tähän työhön liittyvässä automaatiojärjestelmässä ei enää VME-solmuja ole käytössä.

3.2.3 ACN-solmu

Metso ACN -perheeseen kuuluvat ACN SR1-, ACN CS- tai ACN MR- ja ACN RT -ohjaimet. ACN SR1 on kiskoon asennettava pieni ohjain, johon on liitettävissä pelkästään I/O. ACN CS tai ACN MR ovat kompakteja keskitetyksi tai kentälle asennettavia ohjaimia, joihin on liitettävissä kaikki kenttäväylät ja I/O. ACN RT on kehikkoon asennettava keskitetty ohjain, johon on myös liitettävissä kaikki kenttäväylät ja I/O. ACN-asemia käytetään myös liitettäessä kolmannen osapuolen laitteistoja Metso DNA -järjestelmään. (Metso 2014.)

Kehikkoon asennettava ACN on teollisuustietokone, joka asennetaan 19” kehikkoon ja solmun korkeus on 2U (Metso 2012). Kehikkoon asennettavaa ACN-asemaa on saatavilla kolmea erilaista mallia. ACN RT on kiintolevytön reaaliaikakäyttöjärjestelmällä varustettu malli, joka soveltuu prosessinohjauspalvelimeksi (PCS). ACN PO on SSD-levyllinen versio, joka soveltuu esimerkiksi varmennuspalvelimeksi (BU) tai käyttöliittymäpalvelimeksi (OPS). ACN AS sisältää RAID-kiintolevyjärjestelmän ja soveltuu trendi- ja tapahtuma-arkistoksi tai pieneksi suunnittelupalvelimeksi (EAS). Kuvassa 3 ACN PO. (Metso 2012.)

ACN PO -asema toimii kiilletehtaan käyttöliittymäpalvelimena, joka sijaitsee rikastamon automaatiotiilassa. Valokuituyhteyden ja PC-extendereiden avulla kiilletehtaan valvomossa on vain näytöt, näppäimistö ja hiiri.



Kuva 3. Kehikkoon asennettava ACN PO. (Metso 2012.)

Prosessinohjauspalvelimena käytettävän ACN RT:n maksimi I/O-kanava kapasiteetti määräytyy ohjelmankiertoaikojen perusteella, mutta maksimimäärä on kuitenkin 6000. Tyypillisesti maksimimäärä rajoittuu n. 2000 kpl I/O:ta. ACN RT:n ohjelmankiertoaika on valittavissa 20 ms – 64 s. I/O-kenttävyliä ohjaimeen on kytkettävissä 1-3 kpl, 1-6 kpl PROFIBUS DP -väyliä ja 1 kpl Foundation Fieldbus HSE -väylä. Kaiken kaikkiaan kenttävyliä yhdessä ACN RT -asemassa voi olla maksimissaan 7 kpl. (Metso 2011.)

Kiilletehtaan prosessinohjauspalvelimena käytetään ACN RT -asemaa. Asemaan on kytketty ainoastaan yksi I/O-väylä, eli asemassa riittää vielä kapasiteettia.

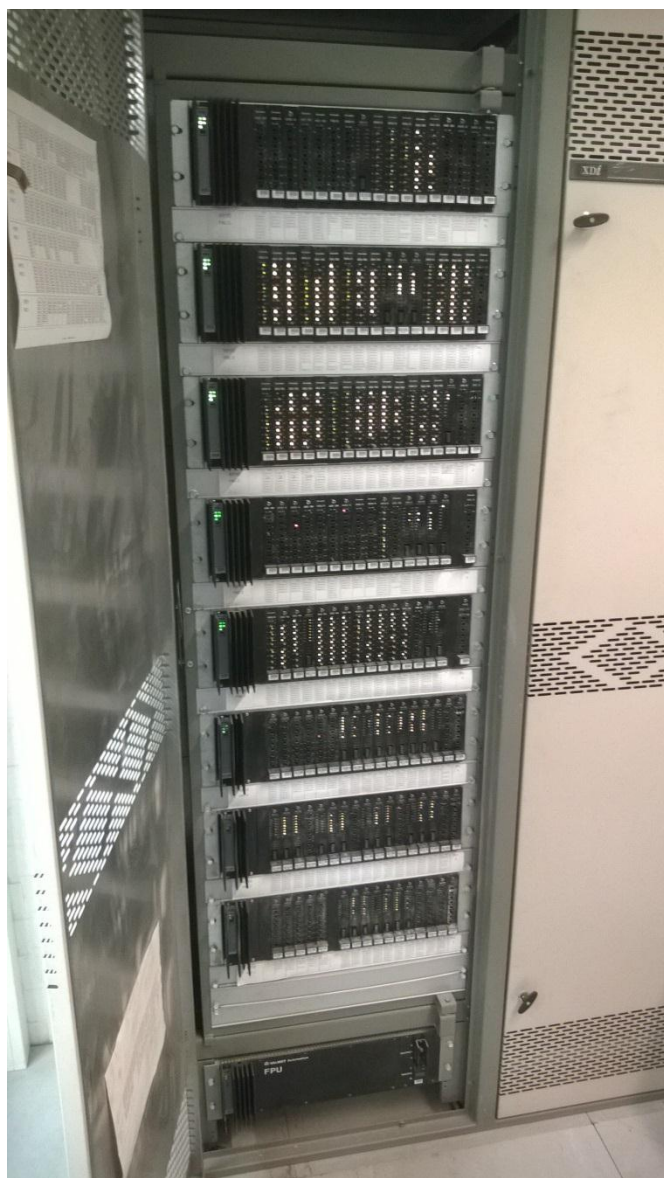
3.3 I/O-liitännät

Metso DNA -automaatiojärjestelmässä on käytettävissä kaksi valmistajan omaa I/O-tuoteperhettä. Nämä ovat vanhempi CIO-tyyppinen I/O ja nykyaikainen ACN I/O. Järjestelmään on kytkettävissä myös muiden valmistajien I/O-laitteistoja kenttäväylien ja standardi linkkien välityksellä.

3.3.1 CIO-liitäntä

Metso CIO (Centralized I/O) on keskitettyä vanhemman Damatic XDi -automaatiojärjestelmän I/O:ta. Tämän tyyppinen I/O on kuitenkin edelleen paljon käytetty ratkaisu teollisuudessa. CIO on kytkettävissä uudempaan ACN-tyyppiseen prosessinohjauspalvelimeen EFC-muuntimen välityksellä, joka muuntaa vanhemman I/O-väylän uudemaksi Ethernet-väyläksi.

Kiilletehtaalla on käytössä CIO-tyyppinen I/O, joka sijaitsee kiilletehtaan valvomossa ja se on kytketty valokuidulla rikastamon automaatiotilassa sijaitsevaan EFC-muuntimeen, joka puolestaan on kytketty prosessinohjauspalvelimen I/O-väylään. Kuvassa 4 on kiilletehtaan CIO-kaappi.

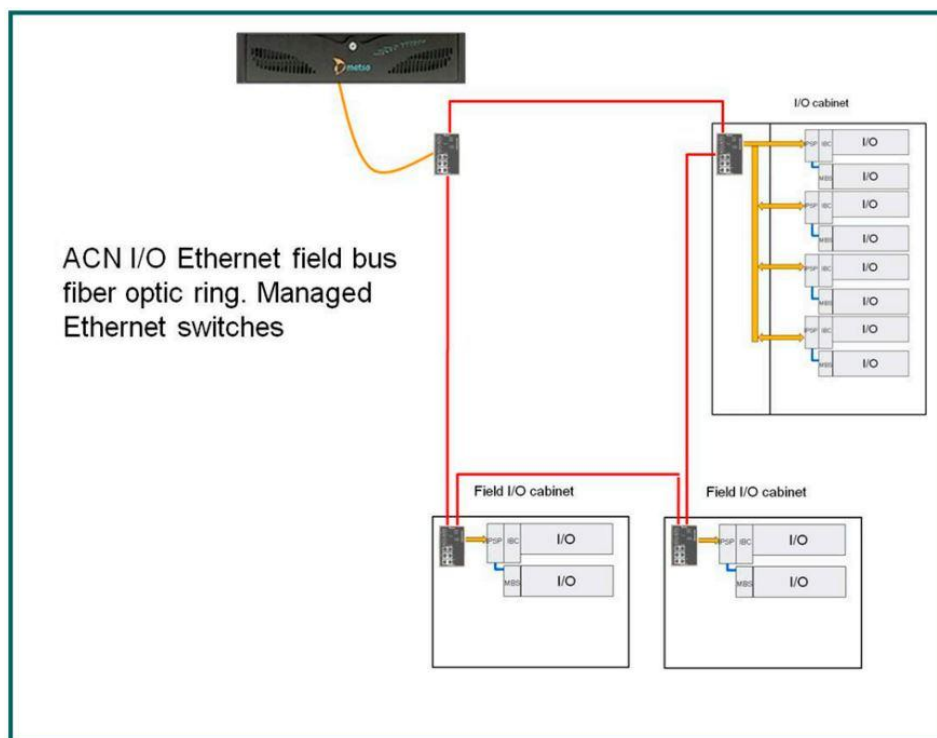


Kuva 4. Kiilletehtaan CIO-kaappi.

3.3.2 ACN I/O -tuoteperhe

ACN I/O -tuoteperhe on nimensä mukaisesti kytkettävissä ACN-prosessinohjauspalvelimeen. ACN I/O on asennettavissa keskitetysti tai hajautetusti. ACN I/O M80 -sarja sisältää kaikki tavanomaiset mittaus- ja ohjauskortit pienoisjännitteelle. ACN I/O M120 -sarja sisältää kortit suoraan korkeamman jännitteen mittaus/ohjaamista varten ilman välireileitä. (Metso 2011.)

ACN-prosessiaseman ja I/O-yksiköt yhdistävä kenttäväylä on standardi Ethernet-verkko. Kenttäväylä voidaan tehdä monella erilaisella väylätopologialla. Kuvan 5 tapauksessa on valokuidulla toteutettu rengastopologia. (Metso 2011.)



Kuva 5. Valokuidulla toteutettu rengastopologia. (Metso 2011.)

Yksi kenttäväylä voi sisältää maksimissaan 16 I/O-ryhmää. I/O-ryhmä sisältää jännitelähdeyksikön (IPSP), I/O-väylän kenttäväylään yhdistävän väyläohjaimen (IBC) ja maksimissaan 16 kpl I/O-yksiköitä (kortteja). I/O-väylä päätetään päätevastuksella. I/O-ryhmä on tehtävissä myös pareittain. Tällöin yhden IBC:n takana voi olla maksimissaan 32 kpl I/O-yksiköitä ja yhdessä kenttäväylässä voi olla maksimissaan 8 I/O-ryhmää. (Metso 2011.)

ACN I/O M80 -sarjaa voidaan käyttää nopeutta vaativissa sovelluksissa, koska kanavien vasteaika on 20 ms. Digitaalisen sisääntulon aikaleima saadaan 1 ms tarkkuudella esim. tapahtumien seuranta varten. Analogiset sisääntulo- ja lähtökortit ovat valittavissa Hart-ominaisuudella. (Metso 2011.) Kuvassa 6 on esitetty keskitetysti asennettu I/O-ryhmä. I/O-kortit liittyvät kentälle lähteviin liittimiin lattakaapeleilla.



Kuva 6. Keskitetysti asennettu ACN I/O M80. (Metso 2011.)

3.4 Metso DNA PROFIBUS DP -liityntä

PROFIBUS DP on liitettävissä ACN-prosessinohjauspalvelimelle SST:n PROFIBUS-liitäntäkortilla. Kortti tukee DP-master ja DP-slave -toimintoja sekä kaikkia standardin mukaisia väylänopeuksia 9,6 kbaudia – 12 Mbaudia. Liitäntäkortti asennetaan ACN:n PCI-korttipaikkaan verkkokorttien jälkeen vapaina oleviin liittimiin ja väyläkaapeli liitetään liitäntäkorttiin 9-nastaisella D-liittimellä. ACN RT hakee PROFIBUS-kortin konfigurointitiedot BU-solmussa sijaitsevasta laitteiston kuvaustiedostosta (Metso 2012, 105). Tarvittavat väyläparametrit määritellään SST-konfiguraatiossa (Metso 2010).

3.5 Automaatiokieli ja automaatiokielinen sovellusohjelma

Tämän työn lopputuloksiin liittyy olennaisena osana automaatiojärjestelmän sovellussuunnittelu. Jos I/O vaihdetaan uudempaan, pitää jokaisen I/O-moduulin omaavaan automaatiomoduliin määritellä uudemman tyyppinen I/O-moduuli. Myös kenttäväyläratkaisuissa jokainen I/O-liitäntäinen automaatiomoduuli pitää määritellä käyttämään kenttäväylän kanssa käytettävää moduulia.

3.5.1 Automaatiokielinen automaatio-sovellus

Automaatio-ohjelmisto eli automaatio-sovellus rakentuu automaatiomoduleista, joita voidaan ladata aktiveettien sovelluspalvelimille. Moduleja ovat esimerkiksi yksittäinen mittauspiiri, kokonainen sekvenssi-ohjelma tai näytöllä näkyvä kuva. Moduulit siirtävät tietoja keskenään ja muodostavat näin automaatio-sovelluksen. Automaatiokielinen moduulirakenne tekee sovellussuunnittelijalle mahdollisuuden oletusarvojen ja aiemmin tehtyjen sovellusten hyväksikäyttöön. (Metso 2010, 3.)

3.5.2 Automaatiokielen moduulit ja automaatiokohteet

Sovelluksen suunnittelu tehdään graafisella suunnitteluohjelmistolla. Graafisella suunnitteluohjelmistolla tuotetuista kuvista muodostuu automaatiokielinen ohjelma eli konfigurointimoduuli, joka lada-

taan sovelluspalvelimille. Automaatiomoduuleiksi kutsutaan graafisia kuvauksia sovellusohjelman osasta ja automaatiomoduulit sisältävät yleensä useita konfigurointimoduuleja. (Metso 2010, 5.)

Konfigurointimoduulit ovat toiminnallisia kokonaisuuksia ja automaatiokielen perusyksiköitä, jotka muodostavat automaatiokielen sovellusohjelman ja sitä kautta määrittelee koko Metso DNA:n toiminnan. Automaatiokielen sovellusohjelmisto muodostuu kytketyistä konfigurointimoduuleiden kokonaisuudesta. Konfigurointimoduulit muodostuvat porteista ja tietopisteistä sekä toimilohkoista, jotka sisältävät lausekekielistä logiikkaa, laskentaa ja vertailuja. (Metso 2010, 6.)

Dokumenttimoduulit ovat vain sovellusta tai automaatioverkkoa kuvaavia dokumentteja, eli dokumenttimoduuleista ei tehdä automaatiokielistä ohjelmaa (Metso 2010, 6).

Automaatiokohde on olemassa vain tietokantatyökalun tietokannassa, eikä sitä käsitellä moduulien tapaan. Automaatiokohteita ovat trendien kuva- ja kytkentätiedot ja niistä generoidaan konfigurointimoduuleja. (Metso 2010, 6.)

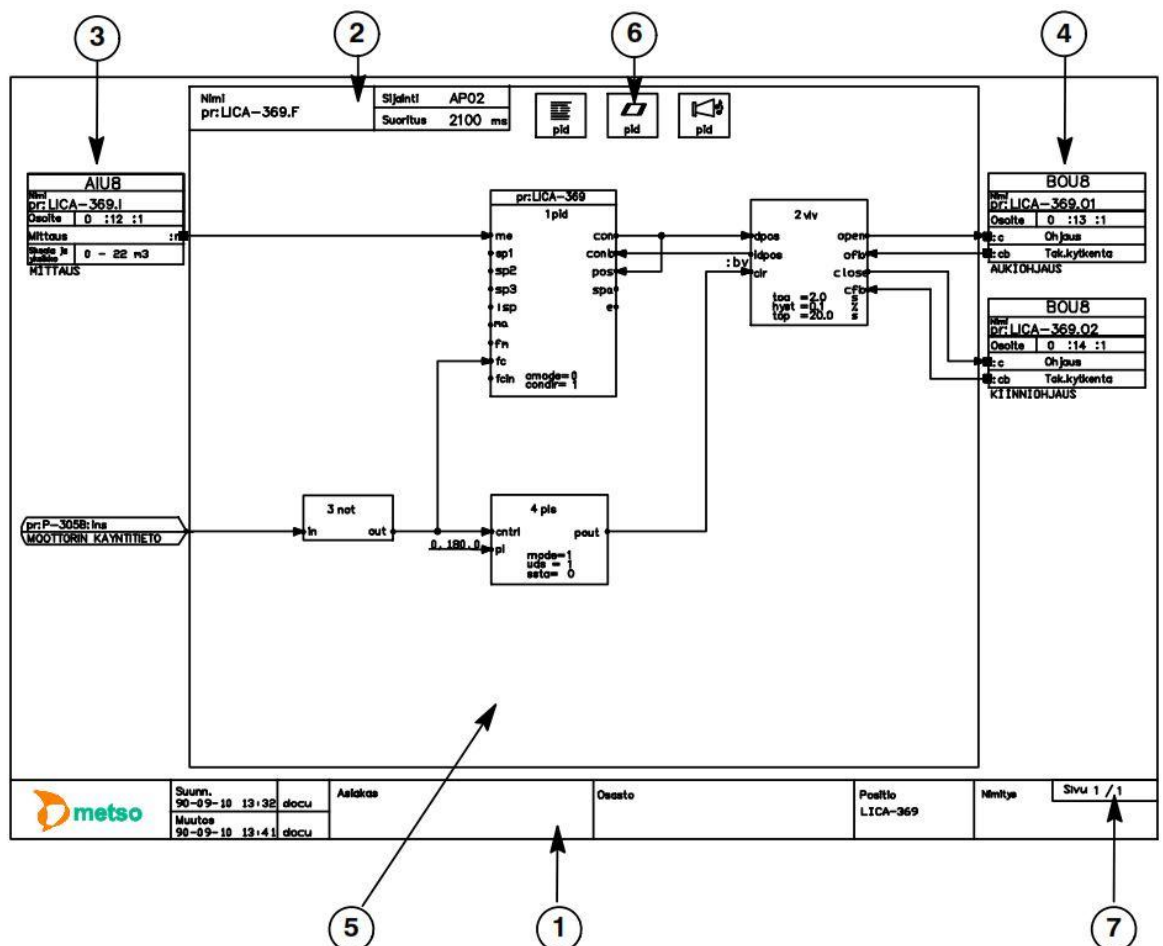
Tyyppimoduulit eli automaatiokielen tyypit jaetaan roolinsa perusteella kolmeen osaan. Nämä ovat tietotyypit, toimilohkotyypit ja nipputyypit.

- Tietotyypit
 - Alkeistyyppit ovat perustyyppejä esim. uns16, joka on 2-tavuinen etumerkitön kokonaisluku ja perustyypeistä johdettuja alkeistyyppejä.
 - Rakenteiset tyypit koostuvat muiden tyyppien jäsenistä, joiden jäsenet ovat palautettavissa tarvittaessa alkeistyypeiksi. Esimerkiksi mittautustieto ana:n jäsenet ovat perustyyppi float ja johdettu alkeistyyppi fails.
 - Taulukon tietorakenne muodostuu alkioista, jonka tyypit ovat samaa alkeistyyppiä tai rakenteista tyyppiä. Metso DNA:n automaatiokielessä voidaan käyttää 1-, 2,- tai 3-ulotteisia taulukoita.
 - Kiinteän kehystaulukon rakenteessa, tyyppin määräämässä kehyksessä on konfiguroitava ja ajon aikana muutettavissa oleva taulukko.
- Toimilohkotyypit
 - Toimilohkot ovat osa moduuleita ja ne kytketty moduulin toisiin osiin. Toimilohkot toteuttavat tietyn toimilohkolle määrätyn toiminnan, kuten moottorin käynnistämisen tai säätöalgoritmin (Metso 2010, 17). Toimilohkon jäsenet jaetaan niiden toiminnan perusteella tuloihin, lähtöihin ja konfigurointiparametreihin. Jäsenten tyypit ovat jotain tyyppimäärityksessä käsiteltyjä tyyppiä. Toimilohkoja yhdistetään toisiinsa tulojen ja lähtöjen välisillä kytkennöillä ja vain saman tyyppisiä signaaleja voidaan kytkeä keskenään. Useimpiin toimilohkoihin kuuluu myös konfigurointiparametreja, joita ei voi muuttaa sovelluksen toiminnan aikana, vaan ne määritellään sovellusta suunniteltaessa.
- Nipputyypit
 - Moduulien välinen tiedonsiirto hoidetaan porttien välityksellä, koska suora toimilohkojen välinen kommunikointi moduulien välillä ei ole mahdollista. Nipputyypisten portin jä-

senten avulla voidaan kerätä tietoa moduulin sisältä yhdeksi kokonaisuudeksi. Nippu-tyyppejä käytetään esimerkiksi valvomon ja prosessiohjauspalvelimen välisessä tiedon-siirrossa. (Metso 2010, 7-12.)

Kuvassa 7 on esimerkki automaatiomoduulista. Kuvan automaatiomoduulissa on esitetty eräänlainen pinnankorkeuden säätö. Kuvan 7 numeroille on selitykset seuraavassa listassa.

1. Automaatiomoduulin hallintaosa
 2. Toimintamoduulin hallintaosa
 3. Ulkoisten tulojen ja tulomodulien kytkentäkenttä
 4. Ulkoisten lähtöjen ja lähtömodulien kytkentäkenttä
 5. Toimilohkojen kytkentäkenttä
 6. Automaatiomoduuliin liittyvien valvomo- ja piirturinohjausmoduulien osa
 7. Sivu
- (Metso 2010, 22.)



Kuva 7. Automaatiomoduuli. (Metso 2010, 23.)

4 PROFIBUS

PROFIBUS on avoin ja toimittajasta riippumaton kenttäväylä standardi, joka soveltuu niin prosessi-, kappaletavara- ja kiinteistöautomaatioonkin. PROFIBUS mahdollistaa sekä nopeutta vaativat sovellukset, että monimutkaiset ja laaja-alaiset kommunikointitehtävät. Yleisesti PROFIBUS sisältää neljä prosessisovellusta eri käyttötarpeisiin. Nämä ovat PROFIBUS PA, PROFIBUS DP, PROFIdrive ja PROFI-safe. (PROFIBUS 2010.)

Perusteena PROFIBUS-kenttäväylän käyttöön ovat esim. alhaisemmat rakennuskustannukset, prosessilaitteista saatava tiedon määrä ja prosessilaitteiden laajennettavuuden joustavuus. Kiilletehtaalla ei tällä hetkellä ole käytössä PROFIBUS-kenttäväyliä, mutta samalla teollisuusalueella PROFIBUS DP -kenttäväyliä paljon käytössä ja niistä ollut hyviä kokemuksia. PROFIBUS DP -kenttäväylän käyttö on hyvä vaihtoehto esimerkiksi uusissa sähkökeskuksissa, jolloin moottorilähtöjen ohjaus- ja mittaus-signaalit voidaan suorittaa PROFIBUS DP -kenttäväylää käyttäen. Tämä vähentää huomattavasti kaapeloinnin tarvetta ja vähentää ns. normaalin I/O:n määrää.

4.1 OSI-malli

PROFIBUS-teknologia perustuu 7-kerroksiseen OSI-malliin (Open System Interconnection Reference Model). PROFIBUS käyttää kerroksia 1, 2 ja 7. Kerros 1 käsittää fyysisen tiedonsiirron, jotka PROFIBUS:ssa ovat kuparikaapeli (RS485 ja MBP)-, optinen- ja langaton tiedonsiirto. Kerros 2 käsittää kuvauksen väylän yhteysmenetelmästä sisältäen datan suojauksen. PROFIBUS käyttää isäntä-orja (master-slave) yhteysmenetelmää yhdistettynä valtuus menetelmään (token method). 7. kerros muodostaa rajapinnan käytettävään sovellukseen ja kuvaa sovelluksen ja tiedonvälityksen välistä yhteyttä. Itse prosessisovellus on 7. kerroksen yläpuolella ja ei kuulu OSI-malliin. (PROFIBUS 2010, 3.)

Taulukko 1. OSI-malli PROFIBUS-kenttäväylässä. (PROFIBUS 2010, 3)

7	Sovelluskerros	PROFIBUS DP -protokolla: DP-V0, DP-V1, DP-V2
	3,4,5 ja 6 kerrokset	Ei käytössä
2	Siirtokerros	FDL (Fieldbus Data Link): Isäntä-orja-periaate (master-slave principle), valtuus periaate (token principle)
1	Fyysinen kerros	Tiedonsiirto teknologia

4.2 PROFIBUS-kommunikointi

PROFIBUS-laitteet kommunikoivat käyttäen PROFIBUS DP (Decentralized Periphery) -protokollaa. Protokolla on sama kaikille PROFIBUS-sovelluksille ja se mahdollistaa syklisen ja asyklisen tiedonsiirron. Kommunikointitapa on isäntä-orja-kommunikointi (master-slave communication). Isäntä eli aktiivinen kommunikointisolmu (esim. PC, PLC, DCS) lähettää orjalle eli passiiviselle kommunikointisolmulle (esim. I/O, kenttäinstrumentti, moottorikäyttö) tiedonvaihto sanoman, johon väylälle yhdistetty orja vastaa. Orjalle lähetettävä sanoma sisältää esim. nopeusohjeen moottorikäytölle ja

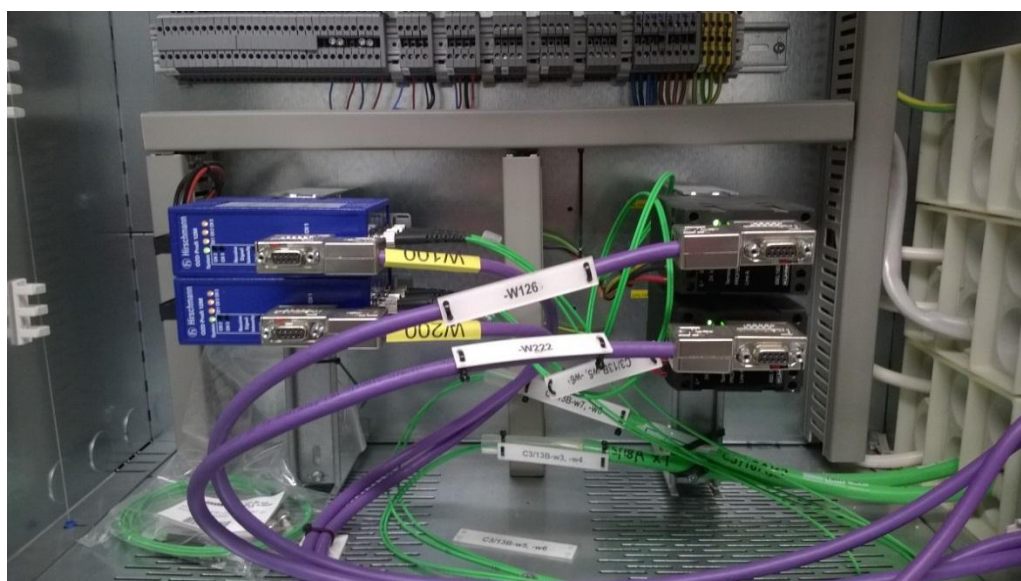
isännälle palaava sanoma sisältää esim. mitatun nopeustiedon. Väylän sykli tulee päätökseen kun kaikille väylälle yhdistetyille orjille on tehty kierto kysely. (PROFIBUS 2010, 9.)

PROFIBUS DP -kommunikointiprotokolla sisältää kolme kommunikointitasoa eri käyttötarkoituksiin. DP-V0 sisältää perustoiminnot kommunikointiprotokollasta. Tämä sisältää syklisen tiedonsiirron ja laite-, moduuli- ja kanavakohtaisen diagnostiikan. DP-V1 sisältää edellisen tason lisäksi asyklisen tiedonsiirron ja parametointi, operointi, monitorointi sekä hälytysten käsittely toiminnot ja nämä toiminnot ovat mahdollisia myös käytön aikaisesti. DP-V2 sisältää edellisten tasojen lisäksi toimintoja sähkökäyttöjen ohjaamiseen. Nämä toiminnot ovat orjien välinen kommunikointi, syklin synkronointi ja aikaleimat. Prosessiautomaatioissa käytettävä kommunikointitaso on yleisesti DP-V1 ja tämän tason asyklistä tiedonsiirtoa käytetään kentälaitteiden parametointiin. (PROFIBUS 2010, 9-10.)

4.2.1 RS485- ja optinen tiedonsiirto

RS485-tiedonsiirto on käytetyin tiedonsiirto teknologia PROFIBUS kenttäväylissä. RS485 soveltuu korkeaa tiedonsiirtonopeutta vaativiin kohteisiin, jotka eivät vaadi räjähdys-suojaa. RS485-tiedonsiirtonopeus on 9,6-12000 kbit/s ja nopeus on sama väylän kaikille laitteille. Kuparikaapelilla tehdyn väyläsegmentin maksimipituus on 1200 m, jolloin tiedonsiirtonopeus on maksimissaan 93,75 kbit/s. Asemia koko väylällä voi olla maksimissaan 126 kpl ja yhdessä segmentissä maksimissaan 32 kpl. (PROFIBUS 2010, 4.)

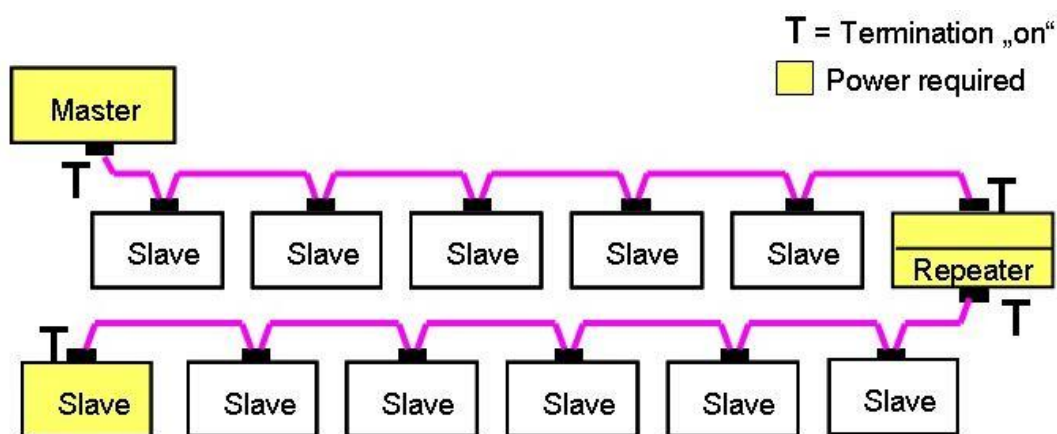
Optinen tiedonsiirto mahdollistaa pitkät tiedonsiirtomatkat (>15 km) ja se soveltuu kohteisiin, joissa ympäristö aiheuttaisi häiriöitä kuparikaapelilla tehtyyn väylään. RS485- ja optinen tiedonsiirto on mahdollista yhdistää muuntimilla. (PROFIBUS 2010, 5.) Eli orjalaitteet sisältävä väyläsegmentti voidaan viedä pitkänkin matkan päähän isäntä-asemasta ilman häiriöitä. Kuvassa 8 vasemmalla on 2 kpl OLM (Optical Link Module) muuntimia, joilla muunnetaan sähköinen RS485-signaali optiseksi signaaliksi.



Kuva 8. OLM:t vasemmalla ja aktiiviset päätevästukset oikealla.

4.3 PROFIBUS DP -topologia

Käytettäessä RS485-tiedonsiirtoa, topologian tyyppi on yleensä väylätopologia. Jos samaan väyläsegmenttiin halutaan enemmän kuin 32 asemaa, on käytettävä toistinasemia. Väyläsegmenttin molemmissa päissä on oltava jännitteellinen päätevastus. (PROFIBUS 2010, 6.) Päätevastus on yleensä kytkettävissä kenttälaitteessa tai väyläkaapelin liittimessä ja myös aktiiviset päätevastukset ovat mahdollisia, kuten kuvassa 8 on esitetty. Kuvan 9 väylätopologiassa käytetään laitteiden tai liittimien päätevastuksia, joten kunkin väyläsegmentin viimeisen ja ensimmäisen laitteen on oltava aina jännitteellinen.



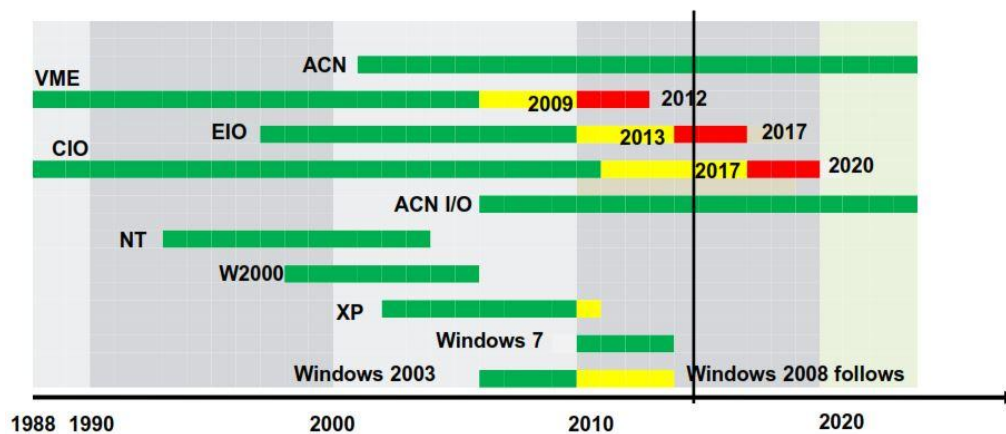
Kuva 9. Väylätopologia. (Felser 2013.)

5 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN I/O-LAAJENNUSVAIHTOEHDOT

Kiilletehtaan nykyiseen I/O-kaappiin on mahdollisuus lisätä enää muutamia I/O-kortteja ja käytettäessä 8 kanavaisia kortteja, on maksimi laajennusvara noin 70 kpl I/O-kanavia. Tämä määrä ei riitä esimerkiksi uuden tuotantolinjan ja jatkuvien ns. päivittäisten laajennuksien automatisointiin pitkäksi aikaa. Laajennusvaihtoehtoja lähdettiin tutkimaan prosessin laajennustarpeen mukaan huomioon ottaen myös tekniikan elinkaari sekä -käyttöolosuhteet.

Nykyinen CIO-kaappi sijaitsee kiilletehtaan valvomossa. I/O-kaappiin on kertynyt ajan saatossa paljon pölyä puhdistuksista huolimatta. Pölyongelman voisi ratkaista esimerkiksi tekemällä kaappi ylipaineiseksi suodattimen läpi puhaltavilla puhaltimilla, mutta tämä toisi lisää melua valvomoon. I/O-kaapin sijainti valvomossa ei ole myöskään paras mahdollinen, vaan kaapit sijoitetaan yleensä erillisiin lukittuihin automaatiotiloihin. Tällä estetään mm. asiattomien henkilöiden pääsy kaapissa olevaan tekniikkaan, joka lisää prosessin toimintavarmuutta ja henkilöturvallisuutta.

CIO-tyyppisen I/O:n elinkaari alkaa olla jo lopussa. Uusia CIO-kokonaisuuksia ei enää toimiteta, mutta tällä hetkellä on vielä mahdollisuus ostaa varaosia. Varaosien saatavuus on kuitenkin rajallista ja toimitusajat voivat olla pitkiä. Vuoden 2017 jälkeen valmistaja ei enää sitoudu toimittamaan varaosia. Kuvassa 10 on nähtävissä Metso-automatiojärjestelmän teknologian elinkaari. (Metso 2014, 2.)



Kuva 10. Metso-automatiojärjestelmän teknologian elinkaari. (Metso 2014, 2.)

CIO on mahdollista muuttaa ACN I/O:ksi muunnos adaptereita käyttämällä, jolloin vanha kaappi ja vanhat kierre- sekä kenttäliitokset voidaan säilyttää. Tämä tapahtuu vaihtamalla kaapin asennuslevy ja asentamalla kaapin takapuolelle adapterit. Kiilletehtaalla on käytössä kääntökehyskaappi, joka on asennettu seinää vasten. Valmistajan mukaan kyseiseen kaappiin ei voida tehdä I/O-päivitystä adaptereita käyttämällä. (Metso 2014.)

5.1 Laajennusvaihtoehdot

Automaatiojärjestelmän laajennusvaihtoehdoiksi löydettiin kolme vaihtoehtoa. Vaihtoehtojen tehokkuuteen vaikuttavat myös oleellisena osana päätös, milloin ja millä tavalla sähkökeskuksen laajennus aiotaan tehdä. Sopivat I/O-ratkaisut pitää siis miettiä kokonaisuutena mahdollisten sähkökeskusten modernisointien kanssa.

5.1.1 Vaihtoehto 1

Ensimmäisenä vaihtoehtona on vanhan CIO-tyyppisen I/O:n korvaaminen uudella ACN I/O:lla. Keskitetty I/O-kaappi sijoitetaan rakennettavaan erilliseen automaatiotilaan. Nykyisen CIO-kaapin tilalle asennetaan ristikytkentäkaappi, josta yhdistetään vanhat kentälle lähtevät kaapelit ja uudet I/O:lle menevät runkokaapelit. I/O on akkuvarmennettu ja ristikytkennät tehdään kierrelitoksilla, niin kuin ne ovat myös tällä hetkellä tehty. Tämä ratkaisu ei kuitenkaan yksin lisää I/O-määrää, vaan tämä ratkaisu toimii kokonaisratkaisuna sähkökeskusten saneerausissa tai yhdistettynä kumpaan tahansa seuraavaksi esiteltyyn vaihtoehtoon. Toisaalta CIO:n elinkaaren päättymisen takia tämä investointi on lähivuosina välttämätön. Mikäli kaikki moottorilähtöjen ohjaukset puretaan I/O-kaapista ja toteutetaan PROFIBUS DP -kenttäväylää käyttäen, on I/O-korttien kokoonpano seuraavanlainen: AI-kortteja 20 kpl, AO-kortteja 17 kpl, BI-kortteja 23 kpl ja BO-kortteja 14 kpl. Tämä kokoonpano sisältää jo I/O-reserviä ja tyhjiä korttipaikkoja jää kaappiin 54 kpl, joka tarkoittaa kapasiteettia yli 50 prosenttia kaapin maksimi määrästä.

Hyvät puolet:

- I/O-kaappi poistuu valvomosta
- Tuotannon luotettavuus parantuu huomattavasti.

Huonot puolet:

- Tämä on kaikkein kallein ratkaisu
- Vaatii prosessiin seisokin.

5.1.2 Vaihtoehto 2

Toisena vaihtoehtona on hajautetun I/O:n lisääminen. Hajautettu I/O-kaappi voidaan kalustaa tilanteeseen sopivalla määrällä I/O-kortteja ja laajentaa tarvittaessa. I/O-kaappi on tiivis ja jäähdytetty, joten se on mahdollista sijoittaa esimerkiksi tehdastiloihin. I/O on akkuvarmennettu ja korttikokoonpano on tällä hetkellä 10 kpl kutakin AI-, AO-, BI- ja BO-kortteja.

Hyvät puolet:

- Halpa, helppo ja nopea ratkaisu
- Ei vaadi muutoksia nykyiseen CIO-kaappiin
- Voidaan sijoittaa tehdastiloihin
- Käyttöönotto vaatii vain prosessiaseman uudelleenkäynnistämisen mittaisen seisokin.

Huonot puolet:

- Ei poista nykyisen CIO:n uusimistarvetta
- Kentälle asennettu I/O ei ole välttämättä se kaikkein käytännöllisin ratkaisu kunnossapidon kannalta.

5.1.3 Vaihtoehto 3

Kolmantena vaihtoehtona on taajuusmuuttajien ohjausten siirto PROFIBUS DP -väylään. Tämä vähentää nykyisestä CIO-kaapista I/O-kanavien määrää yli 150 kpl taajuusmuuttajien määrän ollessa tämän hetkinen 48 kpl. Tämä ratkaisu vähentää myös prosessia laajennettaessa normaalin I/O:n tarvetta, koska uudet taajuusmuuttajat lisätään jatkossa PROFIBUS DP -kenttäväylään.

Hyvät puolet:

- Laajennettavuuden helppous jatkossa
- Taajuusmuuttajakäytöistä on mahdollisuus saada enemmän informaatiota automaatiojärjestelmään
- Tukee mahdollista sähkökeskusten modernisointia.

Huonot puolet:

- Ei poista nykyisen CIO:n uusimistarvetta
- Kallis ratkaisu vapautuviin I/O-kanaviin nähden

- Työmäärältään iso
- Vaatii prosessiin seisokin
- Suorat moottorilähdöt jää edelleen normaalin I/O:n ohjattavaksi.

6 KIILLETEHTAAN SÄHKÖNJAKELU

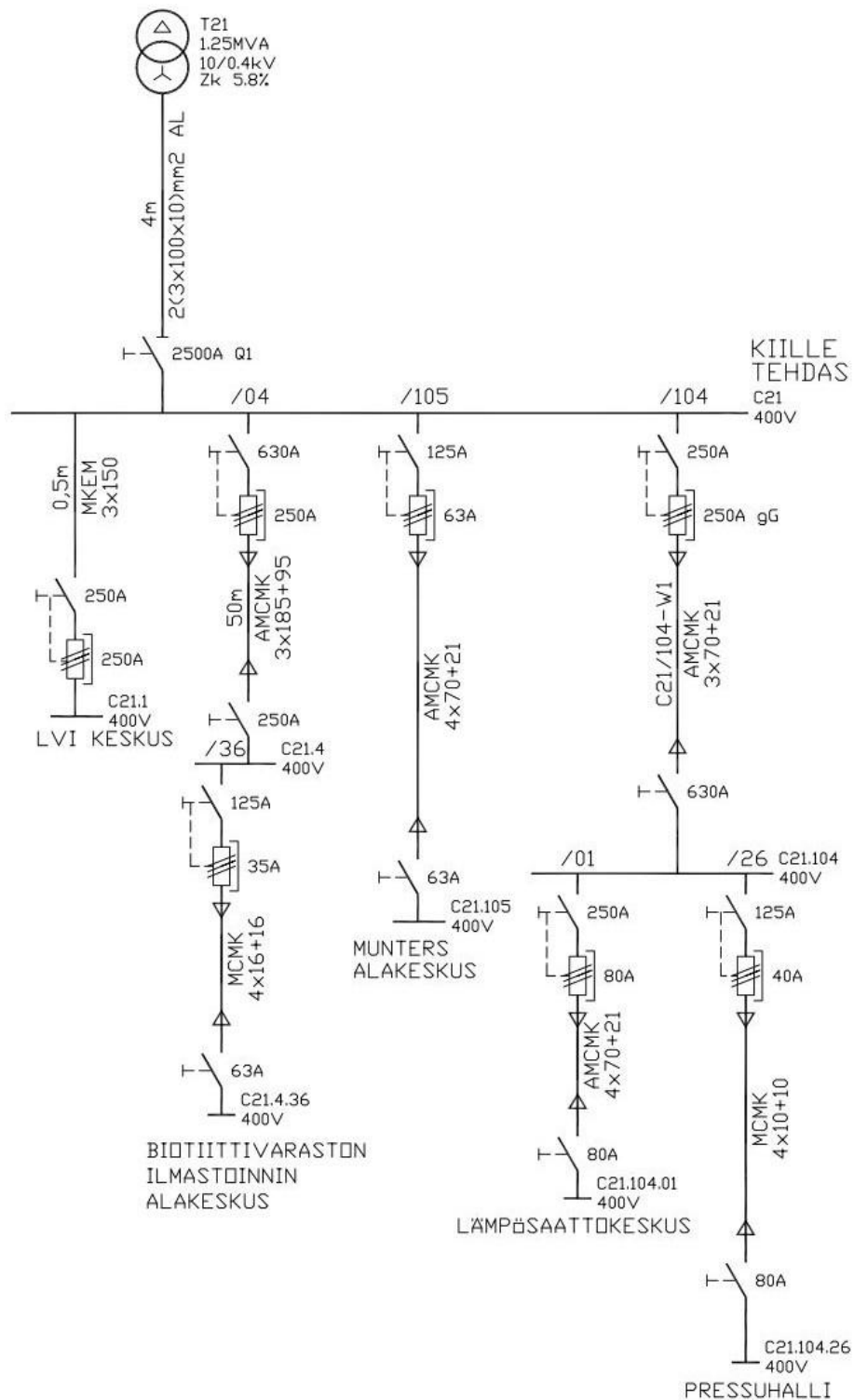
Kiilletehtaan pääkeskus C21 on Sähkö-Lähteenmäki Oy:n valmistama vuonna 1985 käyttöönotettu keskus. Keskus syöttää koko kiilletehtaan prosessi- ja kiinteistölaiteistoja. Taulukossa 2 on esitetty keskuksen C21 kilpiarvot.

Taulukko 2. C21-keskuksen kilpiarvot. (Yara Suomi Oy 2014.)

Type	LK
U _n	up to 690 V 0/50/60 Hz
I _n	up to 3150 A (4000 A)
I _{1s}	up to 32 kA 1 s; 50 kA with fuse
I _{pk}	up to 72 kA; 105 kA with fuse
Degree of protection	IP20, IP21, IP32, IP44
Surface treatment	Al-Zn, powder-coated with RAL 7035

Keskuksen termisen oikosulkuvirtakestoisuuden arvo I_{1s} ja sysäysoikosulkuvirtakestoisuuden arvo I_{pk} tulisi olla suurempi, kuin todelliset sähköverkolle lasketut vastaavat arvot. Suunnittelutoimisto Pöyry Finland Oy:n tekemän verkostomallinnuksen mukaan terminen oikosulkuvirta on 35,4 kA ja sysäysoikosulkuvirta on 85,3 kA, eli molemmat oikosulkuvirran arvot ovat tällä hetkellä suurempia kuin keskusvalmistajan ilmoittamat sallitut arvot. Tyypikilvessä ilmoitetut with fuse -arvot ovat isommat ja niitä voitaisiin käyttää jos keskuksen suojalaitteena toimisi katkaisija, joka suojaisi keskusta vikatapauksilta. Tällä hetkellä pienjännitekojeiston C21 kytkentälaitteena toimii erotin.

Kiilletehtaan rakennuksessa on myös Yara Suomi Oy:n biotiitti-prosessin laitteita ja biotiitti-prosessille on oma alakeskus C21.4, mutta joitakin biotiitin laitteita on myös kytketty C21-keskukseen. Pääkeskus C21 syöttää myös alakeskuksia C21.104, C21.105 ja LVI-keskusta C21.1. LVI-keskukseen C21.1 on kytketty muutamia kiilletehtaan prosessilaitteita tilanpuutteen vuoksi ja kiilletehtaalla on tällä hetkellä kaikkiaan n. 10 kpl vapaata moottorilähtöä. Kuvassa 11 on esitetty kiilletehtaan sähkönjakelun pääkaavio.



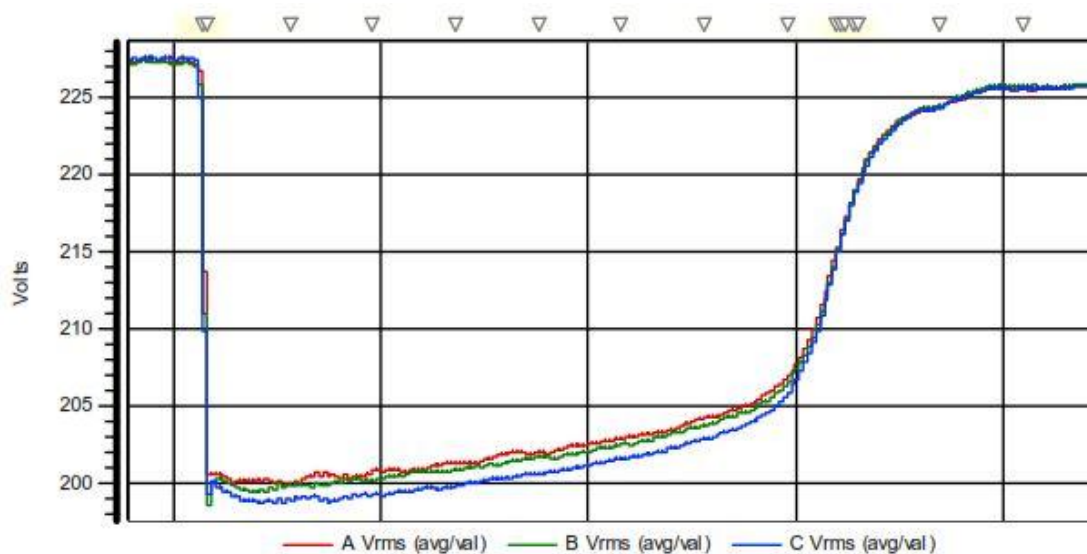
Kuva 11. Kiilletehtaan sähkönjakelu. (Yara Suomi Oy 2014.)

Prosessin tehokkain moottorikäyttö on kuulamylyn moottori 250 kW, joka on kytketty pääkeskukseen C21. Kuulamylyn oikosulkumoottorin käynnistys aiheuttaa jännitteenaleneman koko kiilletehtaan sähköverkkoon. Mikäli jännite alenee liikaa, voi prosessista pysähtyä muita moottoreita releiden ja kontaktoreiden päästämisen takia. Jännitteenalenemaa tutkittiin C21 kojeistoon mahdollisesti liittävä kuorman takia. Pienestä kuorman lisäämisestä ei havaittu merkittävää vaikutusta jännitteenaleneman suurentumiselle. Suhteellinen jännitteenalenema voidaan laskea esimerkiksi likiarvo-kaavalla osoitin-laskentateorian mukaan seuraavalla tavalla.

$$\Delta U_z = \frac{I}{I_N} (r_k * \cos\varphi + x_k * \sin\varphi) \quad (1)$$

jossa I on sähköverkon muun kuorman virran ja moottorin käynnistysvirran summa, I_N on muuntajan nimellisvirta, r_k on muuntajan suhteellinen oikosulkuresistanssi ja x_k on muuntajan oikosulkureaktanssi. (Hietalahti 2011, 74.) Jännitteenalenemaan vaikuttavat myös mm. kaapelin poikkipinta-ala ja pituus.

ABB Oy:n tekemässä sähkölaatumittauksessa mitattiin jännitteenalenema kuulamyllyn käynnistytshetkellä. Koko sähköverkon vaihejännite tippui n. 30 V myllyn käynnistymisen seurauksena. Kuvaajasta 1 nähdään jännitteenalenema C21 kojeistosta mitattuna.



Kuvaaja 1. Tankomyllyn käynnistys. (Kesäläinen 2014, 4.)

6.1 Oikosulkusuojaus

Oikosulkusuojuksella on kaksi keskeistä tehtävää. Oikosulkusuojan on pystyttävä katkaisemaan suurin piirissä esiintyvä oikosulkuvirta ja poiskytkennän on tapahduttava ennen kuin suojalaitteen suojaamat piirit vaurioituvat. (D1 2006, 131.)

Riittävän suurta oikosulkuvirtaa tarvitaan, jotta suojaukset toimisivat luotettavasti. Toisaalta suuret oikosulkuvirrat aiheuttavat haasteita laitteistojen mitoituksessa, koska niiden on kestettävä suuria virtoja ja pystyttävä tekemään poiskytkennät turvallisesti. Teollisuusverkkojen oikosulkuvirrat ovat yleensä suuria tehokkaiden muuntajien ja verkossa pyörivien sähkömoottoreiden takia (Huotari 1998, 1).

6.1.1 Oikosulkuvirtojen laskeminen

Teollisuusverkkojen tarkkojen oikosulkuvirtojen määrittämiseen soveltuu Theveninin menetelmä, koska teollisuusverkkojen oikosulkuvirta määräytyy useiden eri oikosulkulähteiden syöttämien oikosulkuvirtojen summana. Theveninin menetelmässä korvataan kaikkien oikosulkulähteiden sähkö-

motoriset voimat yhdellä sähkömotorisella voimalla vikapaikassa. Theveninin menetelmän mukaan kolmivaiheinen oikosulkuvirta I_k voidaan laskea seuraavalla kaavalla.

$$I_k = \frac{cU_{nv}}{Z_r} \quad (2)$$

missä U_{nv} on verkon nimellisvaihejännite, Z_r on Theveninin jännitelähteen navoista mitattu impedanssi vikapaikan jännitetasoon redusoituna ja c on jännitekerroin. Laskettaessa Theveninin impedanssia Z_r korvataan kaikki vikavirtaa syöttävät lähteet ja verkon muut komponentit oikosulkuimpedansseillaan. Jännitekertoimen c käytetään 230/400 V sähköverkossa suurinta oikosulkuvirtaa laskettaessa kerrointa 1,00 ja pienintä oikosulkuvirtaa laskettaessa kerrointa 0,95. (Huotari 1998, 9.)

6.1.2 Oikosulkupiirin komponenttien impedanssit

Syöttävä verkko, tahtikoneet ja epätahtimoottorit ovat oikosulkuvirtaa syöttäviä komponentteja. Varsinkin sysäyoikosulkuvirtaa määritettäessä tulee ottaa huomioon myös moottoreiden syöttämä oikosulkuvirta, vaikka suurin osa oikosulkuvirrasta tulee sähköverkon ja generaattoreiden syöttämästä. Muuntajat, kuristimet, kaapelit ja kiskot ovat puolestaan oikosulkuvirtaa rajoittavia komponentteja. (Huotari 1998, 15.)

Sähköverkon oikosulkuvirtoja laskettaessa Theveninin menetelmällä, tulee oikosulkupiirin komponenttien impedanssit selvittää laskemalla. Esimerkiksi epätahtimoottorin eli oikosulkumoottorin oikosulkuimpedanssi Z_m lasketaan seuraavalla tavalla.

$$Z_m = \frac{1}{I_s/I_n} * \frac{U_n^2}{S_n} \quad (3)$$

missä U_n on moottorin nimellispääjännite, I_n on moottorin nimellisvirta, I_s on moottorin käynnistysvirta ja S_n on moottorin nimellinäennäisteho. (Huotari 1998, 19.)

6.1.3 Alkuoikosulkuvirta

Alkuoikosulkuvirtaa ei käytetä itsessään suojausten mitoituksessa, vaan sitä käytetään perusteena määritettäessä muita oikosulkusuureita. Alkuoikosulkuvirta on oikosulkuvirran vaihtovirtakomponentin tehollisarvo oikosulun syntyhetkellä. Alkuoikosulkuvirta on laskettavissa kaavalla 2 käyttäen komponenttien impedansseina alkuimpedanssiarvoja. (Huotari 1998, 23.)

6.1.4 Sysäyoikosulkuvirta

Sysäyoikosulkuvirralla i_s eli dynaamisella oikosulkuvirralla tarkoitetaan suurinta oikosulkuvirran hetkellisarvoa. Suurin oikosulkuvirran hetkellisarvo tapahtuu noin 10 ms oikosulun syntymisestä. Dynaamista oikosulkuvirtaa on käytettävä laitteistojen mekaanisen mitoituksen perusteena ja se voidaan laskea seuraavalla kaavalla.

$$i_s = k \sqrt{2I_k''} \quad (4)$$

jossa I_k'' on alkuoikosulkuvirran tehollisarvo ja k on sysäyskerroin. Sysäyskerroin k riippuu oikosulkupiirin reaktanssin X ja resistanssin R suhteesta. Sysäyskerroin k voidaan laskea seuraavalla kaavalla.

$$k = 1,02 + 0,98e^{-\frac{3R}{X}} \quad (5)$$

Jos oikosulkupiirin tarkkoja reaktanssin- ja resistanssin arvoja ei tiedetä, voidaan pienjännitteellä sysäykertoimena k käyttää taulukon 3 arvoja. (Huotari 1998, 23-24.)

Taulukko 3. Pienjänniteverkon sysäyskerroimen suhde alkuoikosulkuvirran tehollisarvoon. (Huotari 1998, 24.)

I_k''/kA	k	$\cos\varphi$
≤ 10	1,2	0,5
≤ 20	1,4	0,3
≤ 50	1,5	0,25
> 50	1,6	0,2

6.1.5 Terminen oikosulkuvirta

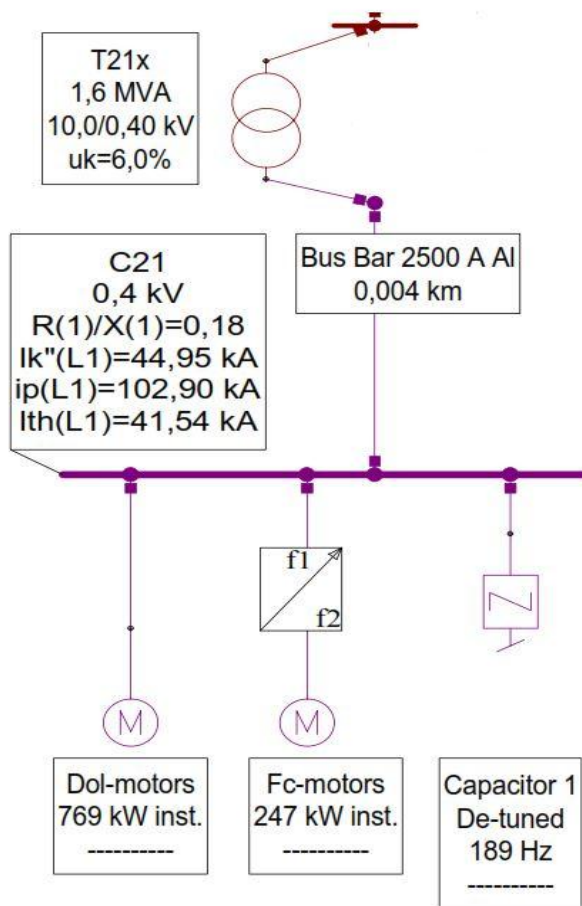
Sähköverkon laitteistojen terminen oikosulkukestoisuus mitoitetaan ekvivalenttisen termisen oikosulkuvirran mukaan, eli oikosulkuvirran aiheuttaman lämpenemän perusteella. Terminen oikosulkuvirta lasketaan oikosulkuvirran alkuarvon tehollisarvosta I_k'' yhden sekunnin mittaisesta oikosulusta keskimääräinen tehollinen oikosulkuvirran arvo I_{th} , joka kehittää johtimessa saman lämpömäärän kuin todellinen oikosulkuvirta. Tämän takia termisen oikosulkuvirtakestoisuuden merkintä on monesti I_{IS} . Ekvivalenttinen terminen oikosulkuvirta I_{th} lasketaan seuraavalla kaavalla.

$$I_{th} = I_k'' \sqrt{(m+n)t_k} \quad (6)$$

missä m on tasavirtatekijä, n on vaihtovirtatekijä ja t_k on vian kesto aika. Tasavirtatekijällä otetaan huomioon tasavirtakomponentin vaimeneminen, jonka arvo riippuu sysäyskerroimesta ja oikosulun kestoajasta. Vaihtovirtatekijällä otetaan huomioon vaihtovirtakomponentin vaimeneminen, jonka arvo riippuu oikosulkuvirran pysyvän arvon ja alkuarvon suhteesta ja oikosulun kestoajasta. (Huotari 1998, 29-30.)

6.1.6 Kiilletehtaan oikosulkuvirrat

Mahdollista muuntajan suurentamista varten teetettiin kiilletehtaan sähköverkkoon oikosulkuvirtalaskelmat suunnittelutoimisto Pöyry Finland Oy:llä. Kuvassa 12 on esitetty lasketut oikosulkuvirrat kiilletehtaan pääkeskuksella C21 käytettäessä 1,6 MVA muuntajaa.



Kuva 12. C21 oikosulkuvirrat 1,6 MVA muuntajalla. (Suomalainen 2014.)

6.2 Muuntaja

Kiilletehdasta syöttävä muuntaja on 1,25 MVA öljyeristeinen 3-vaihemuuntaja Dyn11-kytkennällä. Muuntajan ensiöjännite on 10 kV ja toisiojännite 400 V. Normaalilla kuormalla muuntaja on kuormitettu tällä hetkellä n. 60 % nimellisestä kuormasta ilman loistehon kompensointia ja n. 50 % nimellisestä kuormasta kompensoinnin kanssa. Muuntajaa ei voida kuormittaa nimellistehoon saakka yliaaltojen vuoksi.

Tämän selvitystyön alkuvaiheessa kiilletehtaan muuntajasta löydettiin lämpökuvauksissa vika, jonka takia muuntaja on vaihdettava. Tämä ajateltiin myös mahdollisuutena vaihtaa samalla isompi 1,6 MVA muuntaja, koska hintaero ei ollut paljoo 1,25 MVA muuntajaan verrattuna. Tämä ratkaisu olisi tukenut mahdollisesti tulevaa sähkökeskusten uudistusta ja isommalla muuntajalla jännitteenalenema olisi ollut pienempi esimerkiksi kuulamylyn käynnistyksissä. Suunnittelutoimisto Pöyry Finland Oy teki laskelmat isomman muuntajan oikosulkuvirroista. Pääkeskuksen C21 kilpiarvoissa ilmoitetut virtakestoisuusarvot olisivat kuitenkin ylittyneet isomman muuntajan oikosulkuvirta arvoilla, joten muuntajan suurentaminen ei onnistunut. Pääkeskuksen C21 tyyppikilvessä oli ilmoitettu myös with fuse -arvot, joita olisi mahdollisuus käyttää, jos kojeisto suojattaisiin esim. katkaisijalla ja valo-kaarisuojauksella. Tämä todettiin kuitenkin niin kalliiksi ratkaisuksi, ettei muuntajan isontaminen ollut tässä tapauksessa kannattavaa.

6.2.1 Muuntajan rakenne

Muuntaja rakentuu laminoiduista rautalevyistä valmistetusta yhteisestä rautasydäimestä, jonka ympäri on pyöritetty ensiö- ja toisiokäämitykset. Muuntajan muuntosuhde määräytyy käämitysten kierroslukujen mukaan. Jos ensiökäämissä N_1 on kierroksia enemmän kuin toisiokäämissä N_2 , on toisijännite ensiöjännitettä alempi. Jos käämityksien suhde on vastakkainen, on kyseessä jännitettä nostava muuntaja. (Hietalahti 2011, 13.)

6.2.2 Muuntajan toiminta

Muuntaja on tyhjäkäynnissä, kun toisiokäämi on virraton ja ensiökäämiin on kytketty vaihtojännite U_1 . Ensiökäämi ottaa verkosta tyhjäkäyntivirran I_0 , joka synnyttää magnetomotorisen voiman F_m . Magnetomotorinen voima F_m on ensiökäämityksen kierrosluvun N_1 ja tyhjäkäyntivirran I_0 tulo. (Korpinen 1998, 5.)

Magnetomotorinen voima kehittää sydänmateriaaliin magneettivuon ϕ , joka kulkeutuu sydänmateriaalissa molempien käämien läpi ja indusoi jännitteen toisiokäämiin. Magneettivoi ei kuitenkaan sulkeudu täydellisesti rautasydämen kautta, vaan osa vuosta oikaisee epämagneettisen aineen kautta. Tätä vuon osuutta kutsutaan hajavuoksi. (Hietalahti 2011, 15.)

Koska rauta on kyllästyvä materiaali, on kentänvoimakkuuden ja sitä kautta vuon ja vuontiheyden kasvattaminen edullista vain kyllästysalueen kynnykselle saakka. Jos halutaan tätä isompia vuontiheyden arvoja, tulee magneetivirtaa kasvattaa kohtuuttomasti, joka puolestaan lisää käämityksen kuparilankahäviöitä. (Hietalahti 2011, 7.)

Kun toisiokäämin napoihin kytketään kuorma, syntyy toisiopiiriin virta I_2 , joka saa aikaan magnetomotorisen voiman F_{m2} . Magnetomotorinen voima F_{m2} on toisiopiirin virran I_2 ja toisiopiirin kierrosluvun N_2 tulo. Tämä saa aikaan ensiökäämin ottamaan verkosta $I_2 \cdot N_2$ kumoavan lisävirran I_a , joka on suuruudeltaan:

$$I_a \cdot N_1 = I_2 \cdot N_2 \quad (7)$$

Toisiokäämin magnetomotorinen voima saa aikaan toision hajavuon, jota ensiökäämi ei voi kumota, koska se ei kulje ensiön läpi. Kuormitetun muuntajan ensiövirta on tyhjäkäyntivirran I_0 ja toision kuormitusvirran aiheuttaman lisävirran I_a summa. (Korpinen 1998, 6.)

6.2.3 Muuntajan kilpiarvoista

Muuntajan nimellisteho S_n ilmoitetaan näennäistehona. Näennäistehon yksikkö on voltiampeeri (VA). 3-vaihemuuntajan nimellisteho lasketaan

$$S_n = \sqrt{3} \cdot U_{2n} \cdot I_{2n} \quad (8)$$

Muuntajan ensiö- ja toisionimellisvirrat ilmoitetaan ampeereina, mutta tyhjäkäyntivirta I_0 ilmoitetaan yleensä prosentteina ensiönimellisvirrasta. Valmistajat ilmoittavat yleensä myös muuntajan oikosulkuimpedanssin Z_k suhteellisenä impedanssina. Oikosulkuimpedanssi voidaan laskea, kun tiedetään nimellisteho S_n ja nimellisjännitteet. (Korpinen 1998, 8.)

$$Z_k = \frac{Z_k\%}{100} * \frac{U_n^2}{S_n} \quad (9)$$

Määritettäessä impedanssi ensiöpuolelta, käytetään ensiöpuolen nimellisjännitettä ja vastaavasti toisiopuolen nimellisjännitettä, jos halutaan määrittää toisiopuolen oikosulkuimpedanssi. Muuntajan nimellisarvoissa ilmoitetaan myös muuntajan tyhjäkäyntihäviöt P_0 ja kuormitushäviöt P_k . (Korpinen 1998, 8)

6.2.4 Muuntajan häviöt ja hyötysuhde

Kuten muutkin sähkökoneet, eivät myöskään muuntajat voi toimia häviöttömästi. Muuntajan häviöt koostuvat tyhjäkäyntihäviöistä ja kuormitushäviöistä.

Tyhjäkäyntihäviöt P_0 eli rautahäviöt muodostuvat hystereesi- ja pyörrevirtahäviöistä. Koska tyhjäkäyntihäviöt riippuvat jännitteestä, mutta eivät kuormituksesta, pysyvät niiden suuruus vakiona (Korpinen 1998, 9). Hystereesihäviöt johtuvat raudan magneettisista ominaisuuksista. Kun magneetikentän suunta tai voimakkuus muuttuu, käännetään raudan magneettiset partikkelit eri asentoihin, joka vaatii energiaa. Hystereesihäviöt ovat suoraan verrannollisia magneettivuon vaihtelun taajuuteen seuraavasti.

$$P_{hy} = \eta * V * f * B_{max}^n \quad (10)$$

missä η on kokemusperäinen vakio, V on raudan tilavuus, f on vuon taajuus ja B_{max} on vuon tiheyden maksimiarvo ja n on kokemusperäinen eksponentti. Pyörrevirtahäviöt johtuvat muuttuvan vuon rautaa indusoivista pyörrevirroista (Hietalahti 2011, 11). Massiivisemmassa rakenteessa pyörrevirrat kasvavat, koska indusoitunut jännite ja siitä syntynyt pyörrevirta on verrannollinen vuon läpäisemään pinta-alaan. Tämän takia rautasydämessä käytetään toisistaan eristettyä levymäistä rakennetta, jotta raudan pinta-ala olisi pienempi. Pyörrevirtahäviöt levyrakenteisessa raudassa riippuvat taajuudesta ja vuon tiheydestä seuraavasti.

$$P_{fh} = \frac{V * \pi^2 * f^2 * d^2 * B_{max}^2}{6 * \rho} \quad (11)$$

missä V on raudan tilavuus, f on vuon taajuus, d on levyjen paksuus, B_{max} on vuon tiheyden maksimiarvo ja ρ on raudan johtavuus. (Hietalahti 2011, 12.)

Kuormitushäviöt P_k eli virtalämpöhäviöt syntyvät käämien resistiivisyyden takia. Muuntajan kilvessä ilmoitetut kuormitushäviöt tarkoittavat yleensä häviöitä nimelliskuormalla, joten kuormitushäviöt voidaan laskea kuormalle S kun tiedetään nimellisteho S_n seuraavalla tavalla.

$$P_k = \left(\frac{S}{S_n}\right)^2 * P_{kn} \quad (12)$$

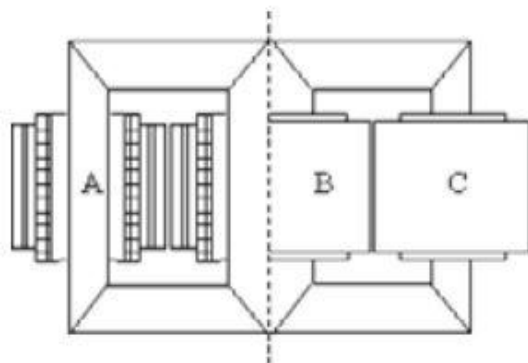
missä P_{kn} on kuormitushäviöt nimellisellä kuormalla. (Korpinen 1998, 9)

Kun tiedetään nimellisteho S_n , kuormituksen tehokerroin $\cos\varphi$, tyhjäkäyntihäviöt P_0 , ja kuormitushäviöt P_{kn} voidaan laskea muuntajan hyötysuhde η seuraavasti. (Hietalahti 2011, 27.)

$$\eta = \frac{S_n * \cos\varphi}{S_n * \cos\varphi * P_0 + P_{kn}} \quad (13)$$

6.2.5 3-vaiheinen tehomuuntaja

3-vaihemuuntaja rakentuu tyypillisesti kolmesta käämparista ja yhteisestä rautasydäimestä. Kolmi-vaihejärjestelmässä vaihejännitteet ovat 120 asteen vaihesiirrossa keskenään. Myös muuntajassa vuot ovat samassa 120 asteen vaihesiirrossa. Kuvassa 13 on esitetty kolmivaiheinen sydänmuuntaja, joka on yleisin muuntajatyyppe, koska se on jäähdytyksen kannalta helppo ja sen rakenne on yksinkertainen. (Korpinen 1998, 10.)



Kuva 13. 3-vaiheinen sydänmuuntaja. (Korpinen 1998.)

Tehomuuntajassa syntyvät häviöt lämmittävät muuntajan käämityksiä ja rautasydäntä, joten muuntajalle on järjestettävä jäähdytys. Muuntajassa syntyvä lämpö johdetaan ilmaan joko öljyn tai suoraan ilman välityksellä. Muuntajien nimitykset öljy- tai kuivamuuntaja johtuvat tästä. Kuivamuuntajassa lämpö siirtyy ympärillä olevaan ilmaan luonnollisesti tai lämmön siirtymistä voidaan avustaa puhaltimilla. Öljyjäähdytteinen muuntaja on yleisin muuntajatyyppe tehomuuntajissa. Öljymuuntajassa käämit ja rautasydän ovat upotettu muuntajaöljyyn, joka johtaa muuntajassa syntyvän lämmön ulkoseinämille. Yleensä jäähdytysrivoilla muotoiltu ulkoseinä siirtää lämmön muuntajaa ympäröivään ilmaan. Myös öljymuuntajan jäähdytystä voidaan lisätä puhaltimilla. (Korpinen 1998, 3.)

Muuntajan muuntosuhdetta muuttamalla pyritään minimoimaan sähköverkossa tapahtuvat jännitevaihtelut. Muuntosuhdetta vaihdetaan yleensä yläjännite-käämin kierroslukua muuttamalla, koska yläjännitepuolella virta on pienempi. Muuntosuhdetta muutetaan joko käämikytkimellä tai väliotto-kytkimellä. Käämikytkimellä jännitteensäätöä voidaan tehdä muuntajan ollessa jännitteellinen ja kuormassa, joten se soveltuu jatkuvaan jännitteen säätöön. Väliottokytkimellä jännitettä voidaan säätää vain muuntajan ollessa jännitteetön. (Korpinen 1998, 13.)

6.2.6 3-vaiheisen tehomuuntajan kytkennät

Kolmivaihemuuntajan käämien kytkennät ilmoitetaan kirjainsymboleilla ja tunnusluvulla. Käytettävät kytkennät ja niiden kirjainsymbolit ovat tähtikytkennässä joko Y tai y, kolmiokytkennässä joko D tai d, hakatähtikytkennässä joko Z tai z, tai kytkemättömässä kolmivaihekäämityksessä joko III tai iii. (Hietalahti 2011, 24.)

Ensimmäiseksi merkitty iso kirjain tarkoittaa yläjännitteen käämityksen kytkentää ja seuraava pienellä kirjaimella merkitty kirjain tarkoittaa alajännitteen käämityksen kytkentää. Jos kuitenkin tähti- tai hakatähtikäämityksen tähtipiste on kytketty liittimelle, merkitään kirjain N tai n heti kyseisen käämin merkinnän jälkeen. Kolmivaihemuuntajan kytkentä kuvaa muuntajan vinokuormitettavuuden. Kytkennöillä Dyn, Yzn, tai Dzn voidaan muuntajaa vinokuormittaa jatkuvasti 100 %, mutta jos kytkentä on Yyn, voidaan muuntajaa vinokuormittaa vain n. 10 %. (Hietalahti 2011, 24.)

Tunnusluvulla kuvataan kytkennästä aiheutuvaa ylä- ja alajännite piirien välistä vaihesiirtoa. Tunnuslukuina käytetään kuviteltua kellotaulun tuntilukemia. Tunnusluku saadaan alajännitevektorin osoittamasta tuntilukemasta, kun samanniminen yläjännitevektori osoittaa 12 kuvitteellisella kellotaululla. (Hietalahti 2011, 24.)

Kiilletehtaalla käytettävän muuntajan kytkentä Dyn11 tarkoittaa, että yläjännitepuoli on kytketty kolmioon, alajännitepuoli on kytketty tähteen sekä tähtipiste on tuotu liittimelle ja alajännitevektori osoittaa 11, kun samanniminen yläjännitevektori osoittaa 12. Eli alajännitteen vaihekulma on 30° yläjännitettä edellä. Kuvassa 14 on esitetty kolmivaihemuuntajan standardisoidut kytkennät.

Kytkentäryhmä IEC:n mukaan	Osoitinpiirros		Kytkentäpiirros		Toision Nollapiste
	Ylä- jännite	Ala- jännite	Ylä- jännite	Ala- jännite	
0	Dd 0				Ei saatavissa
	Yy 0				n. 10% kuormitettavissa.
	Dz 0				100% kuormitettavissa
5	Dy 5				100% kuormitettavissa
	Yd 5				Ei saatavissa
	Yz 5				100% kuormitettavissa
6	Dd 6				Ei saatavissa
	Yy 6				n. 10% kuormitettavissa
	Dz 6				100% kuormitettavissa
11	Dy 11				100% kuormitettavissa
	Yd 11				Ei saatavissa
	Yz 11				100% kuormitettavissa

Kuva 14. Kolmivaihemuuntajan kytkennät. (Trafomic 2014.)

6.3 Loisteho ja loistehon kompensointi

Käämityksiä sisältävät sähkölaitteet, kuten esimerkiksi moottorit ja kuristimet kuluttavat aina pätötehoa P ja loistehoa Q . Pätöteho on vaihtovirran teho, joka tekee itse työn. Loisteho kulutetaan käämin tekemän magneettikentän energian tekemiseen, jolloin magneettikenttään varautunut energia virtaa takaisin sähköverkkoon vaihtovirran pienentyessä nolatasoon. Loisteho ei siis tee todellista työtä, vaan se sykkii sähköverkossa edestakaisin. Loisteho lasketaan seuraavalla kaavalla.

$$Q = U * I * \sin\varphi \quad (14)$$

missä Q on loisteho, φ on käämiin vaikuttavan jännitteen U ja käämissä kulkevan virran I välinen kulma $^\circ$. (Kallio 2004, 17-18.)

Kun tiedetään pätöteho ja loisteho, muodostavat ne näennäistehon S (Kallio 2004, 18).

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (15)$$

Kuormituksen tehokerroin $\cos\varphi$ ilmoitetaan pätötehon ja näennäistehon suhteena.

$$\cos\varphi = P/S \quad (16)$$

Kaikki sähköverkon komponentit pitää siis mitoitaa näennäistehon mukaan. Eli mitä huonompi kuormituksen tehokerroin on, sitä järeämmäksi ja kalliimmaksi järjestelmä tulee. (Kallio 2004, 18.)

6.3.1 Loistehon kompensointi

Loisteho kuormittaa sähköverkkoa turhaan ja sähköverkkoyhtiö perii kuluttajan liiallisesti tuottamasta loistehosta maksun. Loistehoa kannattaa siis kompensoida ja se onnistuu käyttämällä kompensointikondensaattoreita sähköverkossa. Kompensointi voidaan tehdä joko laitekohtaisesti, ryhmäkohtaisesti kojeryhmittäin, keskitetysti esim. pääkeskukseen asennettuna tai suurjännitekompensointi laitteiston suurjännitepuolella. (Kallio 2004, 19.)

Loistehon kompensoinnilla saavutetaan seuraavia hyötyjä:

- Kuluttajan ei tarvitse maksaa sähköverkkoyhtiölle korkeita loistehomaksuja. Yleensä sähköverkkoyhtiöt sallivat n. 15-25 % loistehon osuuden kuukauden ajalta mitatusta pätötehosta.
- Loiskomponentin pienentyessä koko sähköverkon pätötehon siirtokyky kasvaa.
- Kuormitusvirtojen pienentyessä kaapeleiden, kiskostojen ym. sähkönsiirto komponenttien lämpötilat tippuvat eli häviöt pienenevät.
- Sähköverkon jännitteenalenema pienenee.

(Kallio 2004, 20)

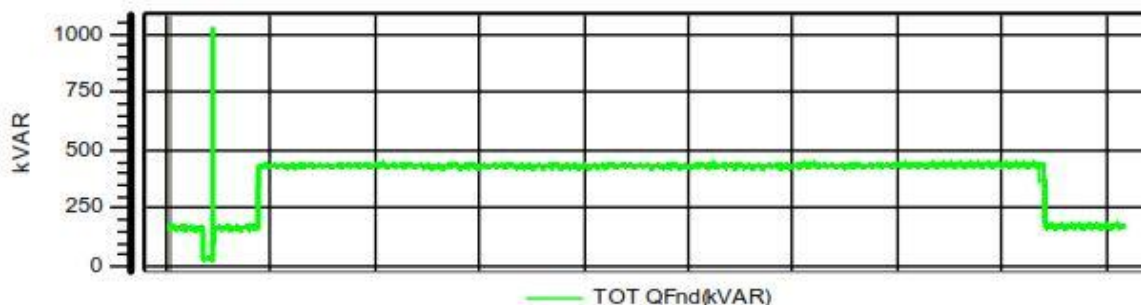
6.3.2 Loisteho ja loistehon kompensointi kiilletehtaalla

Kiilletehtaalla on estokelallinen Nokia Capacitors loistehon kompensointilaitteisto. Laitteiston kompensointiteho Q_n on 300 kVAr. Laitteisto on liitetty pääkeskukseen eli kompensointi on toteutettu keskitetysti. Kuvassa 15 on kiilletehtaan estokelallinen Nokian Capacitors kompensointilaitteisto.



KUVA 15. Kiilletehtaan kompensointilaitteisto.

ABB Oy:n tekemästä sähkölaatumittauksesta selviää nykyisen kompensoinnin riittävyys. Kompensoimatta jää 180 kVAR loistehoa nykyisellä kompensointilaitteistolla. Kuvaajasta 2 voidaan katsoa kiilletehtaan sähköverkon loistehon määrä sekä kompensoinnin ollessa päällä, että ilman kompensointia. Kompensoinnin poiskytkemisellä on myös noin 5 V vaihejännitettä alentava vaikutus. Perustaajuinen tehokerroin $\cos\phi$ on kompensoinnin kanssa 0,96 ja ilman kompensointia 0,8. Mittaushetkellä sähkökeskuksessa oli tyypillinen kuormitus. (Kesäläinen 2014.)



Kuvaaja 2. C21 loisteho kompensoinnin kanssa ja ilman kompensointia. (Kesäläinen 2014.)

6.4 Yliaallot ja yliaaltojen suodattaminen

Hajotettaessa vaihtovirran muoto komponentteihin on yhdessä jaksossa aina tasavirtakomponentti, virran perusaalto sekä harmoniset yliaallot. Kun perusaallon jaksonaika on T_1 ja taajuus f_1 , toisen yliaallon jaksonaika $T_2=T_1/2$ ja taajuus $f_2=2*f_1$. Kolmannen yliaallon jaksonaika on vastaavasti $T_3=T_1/3$ ja taajuus $f_3=3*f_1$. Taajuuden perusteella 50 Hz sähköverkossa harmoniset yliaallot ovat siis toisia (100 Hz)-, kolmansia (150 Hz)-, viidensia (250 Hz) yliaaltoja ja niin edelleen. (Kallio 2014, 25.)

Kun virtapiirissä olevien resistanssien ja induktanssien sekä kapasitanssien arvot pysyvät muuttumattomana, vaikka niiden lävitse kulkeva virta muuttuu, ovat virtapiirit lineaarisia. Tällöin virran perusaallot ja harmoniset yliaallot kulkevat tietyssä vaihesiirrossa toisiinsa sekaantumatta ja toisistaan riippumattomina. Kun taas virtapiirissä olevien resistanssien, induktanssien tai kapasitanssien arvot muuttuvat virran muuttuessa, ovat virtapiirit epälineaarisia. Epälineaarisissa virtapiireissä virran perusaalto ja harmoniset yliaallot eivät ole saman vaiheisia, vaan ne sekoittuvat toisiinsa. Tämä aiheuttaa virta- ja jännitekäyrien säröytymistä, joten niiden aaltomuoto ei ole enää sinimuotoista, eli sähkön laatu huononee. (Kallio 2014, 25.)

Yleisimmät harmoniset yliaallot sähköverkossa ovat kolmas ja viides yliaalto. Yleisesti 1-vaiheinen kuormitus aiheuttaa kolmatta yliaaltoa ja 3-vaiheinen kuormitus muita yliaaltoja. Yliaaltoja aiheuttavat sähköverkkoon mm. muuntajat, tasasuuntaajat, taajuusmuuttajat ja hakkurivirtalähteet. Yliaaltovirrat aiheuttavat mm. magneettikenttien kasvamista sähkölaitteistoissa ja kaapeloinneissa, energiahäviöitä sähkölaitteissa ja esimerkiksi muuntajaa ei voida kuormittaa nimellistehoon asti yliaaltoja sisältävässä sähköverkossa. (Kallio 2014, 25-26.)

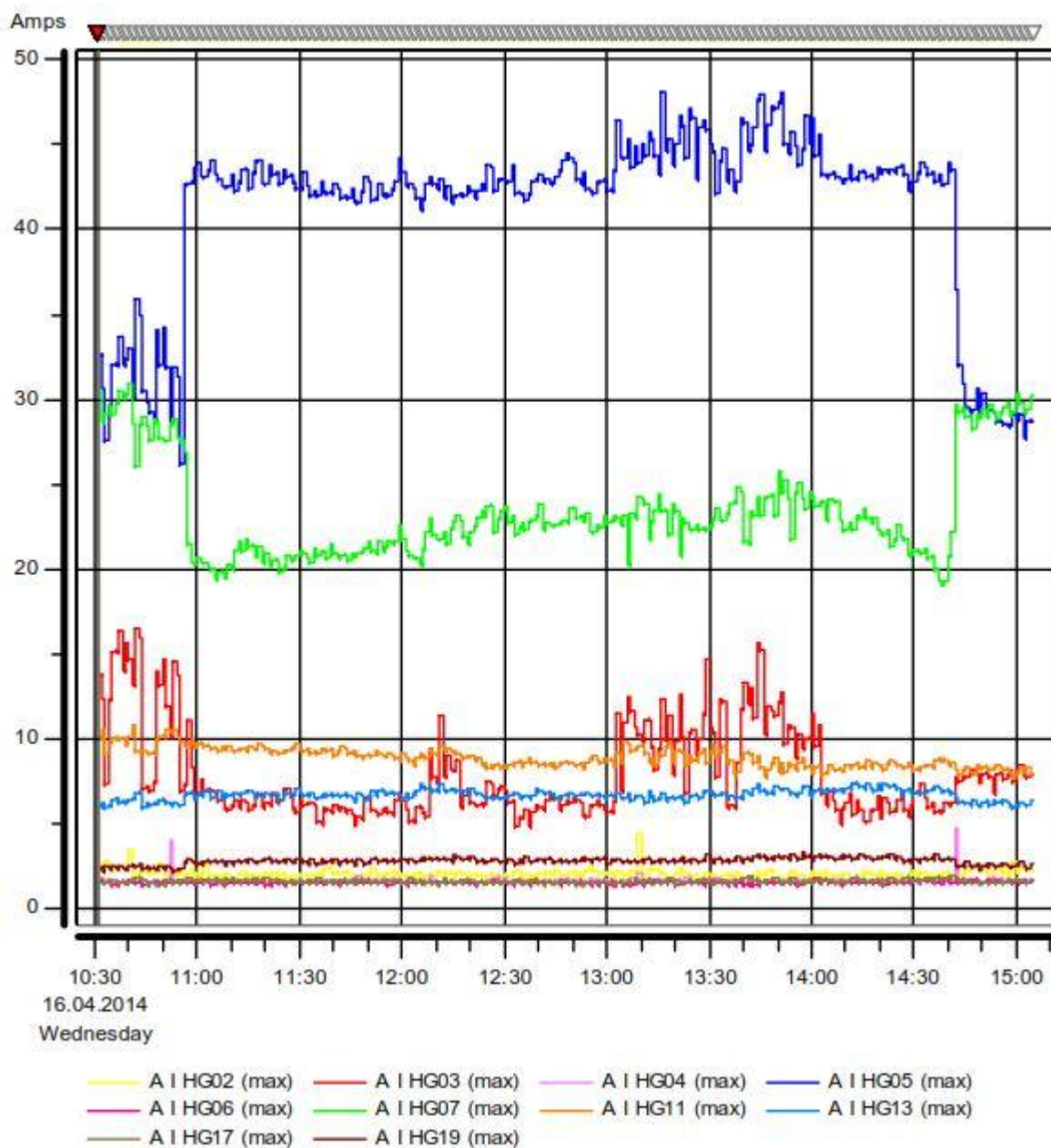
6.4.1 Yliaaltojen suodattaminen

Käyttämällä yliaaltosuodatinta tai estokelaparistoa voidaan yliaallot joko poistaa tai minimoida niiden syntymistä. Yliaaltosuodatin koostuu kondensaattorista ja sen kanssa sarjaan kytketystä kuristimesta. Tämä muodostaa sarjaresonanssiipiirin, joka suodattaa tietyn taajuuden sähköverkosta. Kondensaattorin ja kuristimen arvot valitaan esimerkiksi niin, että ne suodattavat yleisimmät yliaallot 5., 7. ja 11. Estokelaparistot puolestaan estävät sähköverkkoa joutumasta resonanssitilanteeseen. Kun kompensointikondensaattorin kapasitiivinen reaktanssi ja sähköverkon induktiivinen reaktanssi ovat yhtä suuret sekä sähköverkossa vaikuttaa joku resonanssin aikaansaava yliaaltovirta, syntyy sähköverkkoa rasittava virtaresonanssitilanne. Estokelaparistossa kondensaattorit ja kuristimet on kytketty sarjaan siten, että verkossa vaikuttavat harmoniset yliaaltovirrat eivät voi aiheuttaa virtaresonanssitilannetta. (Kallio 2014, 26.)

6.4.2 Yliaaltovirrat kiilletehtaan sähköverkossa

Kiilletehtaan sähköverkon yliaaltovirtoja tutkittiin sähkönlaatumittauksella. Voimakkaimmiksi yliaaltovirroiksi todettiin viides- ja seitsemäs yliaaltovirta sekä voimakkain säröytymä syntyy viidennessä yliaallossa. Kuvaajasta 3 voidaan tarkastella kiilletehtaan sähköverkon yliaaltovirtoja. Kuvaajasta voi-

daan myös nähdä estokelapariston poiskytkennän aiheuttama vaikutus yliaaltovirtoihin. (Kesäläinen 2014.)



Kuvaaja 3. C21 yliaaltovirrat. (Kesäläinen 2014.)

7 SÄHKÖKESKUSTEN LAAJENNUSVAIHTOEHDOT

Sähkökeskusten laajennusvaihtoehtoja lähdettiin tutkimaan prosessin tarpeiden, turvallisuuden ja kojeistojen elinkaaren perusteella. Prosessissa on ns. jokavuotista pienempää laajennustarvetta ja tarve on rakentaa myös lähivuosina uusi kokonainen tuotantolinja. Valtaosa kiilletehtaan moottoreista on pieniä alle 10 kW moottoreita, mutta muutamia isompiakin on käytössä. Laajennustarpeen selvittämisen tekee haastavaksi se, ettei ole vielä tiedossa minkä tyyppinen tuotantolinjojen laajennus tai rakennus tulevaisuudessa on kyseessä. Todellinen tehon tarve suuremmalle projektille tulee vasta prosessisuunnittelussa, mutta toisaalta on pystyttävä varautumaan myös pienempiin ns. jokavuo-

tisiin moottoreiden lisäyksiin. Laajennusvaraksi arvioitiin tietty määrä moottorilähtöjä, joista suurin osa on pieniä 2,2 kW ja 7,5 kW moottorilähtöjä.

Pääkeskus C21 ja LVI-keskus C21.1 ovat vuodelta 1985 ja alakeskukset C21.4 ja C21.104 ovat hie-
man uudempia. Kojeistoilla on sinänsä vielä elinkaarta jäljellä, mutta ABB Oy Arto Salaman mukaan
myös uudempiakin kojeistoja on vaihdettu. C21 kojeistoa rasittaa lisäksi kuulamylyn käynnistykset,
koska kuulamyly ei ole päällä jatkuvasti. Kuulamylyn käynnistyksissä kojeiston komponentit läm-
penevät ja värähtelevät, josta aiheutuu ennen pitkää mm. liitosten löystymistä ja heikkenemistä.

7.1 Laajennusvaihtoehdot

Varteenotettavia laajennusvaihtoehtoja löydettiin kaksi kappaletta. Ensimmäisessä vaihtoehdossa
uusitaan koko pääkeskus C21 ja alakeskukset C21.1, C21.4 ja C21.104. Toisessa vaihtoehdossa
hankitaan uusi pääkeskus, joka syöttää nykyistä C21-keskusta. Proessilaitteistoja ohjaavien kojeisto-
jen uudistuksiin pyydettiin budjettitarjoukset ABB:n valmistamista MSN-kojeistoista ja LVI-keskuksen
C21.1 uusimisesta pyydettiin budjettitarjous Caverion Suomi Oy:ltä. Molemmissa vaihtoehdoissa on
myös mukana muuntajan vaihto uuteen 1,6 MVA muuntajaan. Koska kiilletehtaalle vaihdetaan joka
tapauksessa uusi 1,25 MVA muuntaja, kannattaa mahdollisten keskusten modernisointien yhteydes-
sä ottaa tarkasteluun myös kahden muuntajan rinnankytkennän mahdollisuus. Tässä selvitystyössä
rinnankytkentää ei ole käsitelty.

Jos esimerkiksi pienehkössä laajennuksessa jää moottorilähtöjä puuttumaan muutamia kappaleita, ei
se automaattisesti tarkoita kaikkien kojeistojen vaihtoa. Näissä tapauksissa laajennuksen voi arvioida
sen hetkisen tilanteen mukaisesti ja selvittää mahdollisuutta esimerkiksi muokata nykyistä pääkes-
kusta niin, että siihen voisi kytkeä vielä yhden pienen alakeskuksen. Tätä ei otettu tarkemmin tutkit-
tavaksi tässä työssä, koska kyseinen ratkaisu ei poistaisi nykyisen kojeiston ikääntymisestä aiheutu-
via ongelmia. Tämän lisäksi lisäkuorma lisäisi myös sähköverkon oikosulkuvirtoja, eli ne menisivät
vielä enemmän yli nykyisen C21-kojeiston oikosulkuvirtakestoisuudesta.

7.1.1 Vaihtoehto 1

Ensimmäisessä vaihtoehdossa uusitaan muuntaja, kiskosilta, pääkeskus C21 sekä alakeskukset
C21.1, C21.4 ja C21.104.

Vaihtoehdossa 1 muuntajaksi valitaan 1,6 MVA öljyeristeinen kolmivaiheinen jakelumuuntaja, jonka
ensiöjännite on 10 kV ja toisiojännite on 400 V. Muuntajatilaan kannattaa selvittää nykyiset määrä-
ykset paloturvallisuuden ja esim. öljyvuodon varalta. Muuntajaan kytketään vaihe-eristetty kiskosilta
keskukselle C21.

Pääkeskukseen C21 otetaan kaikki nykyiset käytössä olevat moottorilähdöt sekä 1- ja 3-vaihesyötöt
ja tämän lisäksi keskukseen siirretään LVI-keskuksessa olevat prosessiin liittyvät moottorilähdöt.
Tämän lisäksi keskukseen otetaan moottorivaralähtöjä yhteensä 31 kpl ja varajohdonsuojakatkaisi-

joita 30 kpl. Moottorilähtöjen ohjaukset tehdään PROFIBUS DP -kenttäväylää käyttäen. Suoriin moottorilähtöihin asennetaan Siemens Simocode moottorin ohjaus- ja suojausjärjestelmä. Kuvassa 16 nähdään nykyaikainen Siemens Simocodella ohjattu suora moottorilähtö. Taajuusmuuttajat ovat erillisiä taajuusmuuttajia, koska suurin osa kiilletehtaan tämän hetkistä taajuusmuuttajakäytöistä ovat jo ABB ACS800 -tyyppisiä, eli ne voidaan yhdistää PROFIBUS DP -kenttäväylään lisäämällä niihin väylä adapteri. Muun tyyppiset taajuusmuuttajat korvataan ACS800 -tyyppisillä taajuusmuuttajilla. Taajuusmuuttajat sijoitetaan sähkötilan seinille ja kytkinvarokkeet toimivat taajuusmuuttajalähtöjen etukojeena C21-keskuksessa. Kuvassa 16 on esitetty kytkinvarokkeellinen moottorilähtö, johon kytketään taajuusmuuttajan syöttö. Keskuksen C21 nimellisvirta I_n on 3150 A, terminen oikosulkuvirtakestoisuus I_{cw} on 55 kA ja dynaaminen oikosulkuvirtakestoisuus I_{pk} on 110 kA. Keskuksen kaappirivit sijoitetaan kolmeen eri rivistöön ja ne kytketään toisiinsa yhteyskiskosillalla. Keskuksen C21 kokoonpanopiirustukset ovat esitetty liitteessä 2.



Kuva 16. Ylhäällä kytkinvarokkeella ja etukontaktorilla varustettu taajuusmuuttajalähtö. Alhaalla kytkinvarokkeella varustettu Simocode-ohjattu suora kontaktorilähtö.

LVI-keskus C21.1 pitää siirtää toiseen paikkaan suuremman pääkeskuksen C21 edestä. Tämän takia sähkötiloja pitää laajentaa. Sähkötiloja pitää laajentaa myös uusien taajuusmuuttajien takia, koska kaikki nykyisen sähkötilan seinät ovat jo täynnä. Nykyisen LVI-keskuksen syöttö on otettu suoraan C21-keskuksen kiskostosta. Uutta C21.1 LVI-keskusta syöttää C21-pääkeskukseen sijoitettu kytkinvaroke. LVI-keskukseen sijoitetaan jatkossa vain LVI-laitteet ja moottoreiden ohjaus toteutetaan TAC-järjestelmästä. Uuteen LVI-keskukseen varataan nykyisten moottorilähtöjen lisäksi 10 kpl varalähtöjä.

Uusi alakeskus C21.4 sijoitetaan nykyisen kojeiston tilalle ja se toteutetaan samalla periaatteella kuin pääkeskus C21. Suorien moottoreiden ohjaukseen käytetään siis Siemens Simocode moottorin ohjaus- ja suojausjärjestelmää ja taajuusmuuttajina toimivat erilliset ABB ACS800 -taajuusmuuttajat. Kojeistoon sijoitetaan nykyisten moottorilähtöjen lisäksi 3 kpl varalähtöjä. Keskuksen nimellisvirta I_n on

250 A, terminen oikosulkuvirtakestoisuus I_{cw} on 6,3 kA ja dynaaminen oikosulkuvirtakestoisuus I_{pk} on 10,7 kA. Keskuksen C21.4 kokoonpanopiirustukset ovat esitetty liitteessä 3.

Uusi alakeskus C21.104 sijoitetaan myös entisen kojeiston tilalle ja toteutetaan samalla periaatteella kuin pääkeskus C21. Nykyisten moottorilähtöjen lisäksi kojeistoon sijoitetaan 5 kpl varalähtöjä. Keskuksen C21.104 nimellisvirta I_n on 630 A, terminen oikosulkuvirtakestoisuus I_{cw} on 16 kA ja dynaaminen oikosulkuvirtakestoisuus I_{pk} on 32 kA. Keskuksen C21.104 kokoonpanopiirustukset ovat esitetty liitteessä 4.

Sähköverkon loistehon kompensointi toteutetaan keskitetyillä kojeistoon C21 kytketyillä estokelaparistoilla, joissa on 12-portaiset säätimet. Estokelaparistoja asennetaan 2 kpl, joista toinen on 300 kVAR ja toinen on 600 kVAR –paristo. Estokelaparistojen takia vaaditaan myös laajennusta sähkötilaan.

Hyvät puolet:

- Sähköturvallisuus parantuu
- Ratkaisu turvaa tuotannon vuosikymmeniksi eteenpäin sähkökojeistojen osalta.

Huonot puolet:

- Kallis ja massiivinen projekti
- Vaatii pitkähkön seisokin prosessiin.

7.1.2 Vaihtoehto 2

Toisessa vaihtoehdossa jätetään kaikki nykyiset kojeistot ja estokelaparisto ennalleen ja vaihdetaan uusi muuntaja sekä asennetaan uusi pääkeskus, mikä syöttää nykyistä C21-keskusta.

Toisessa vaihtoehdossa käytetään samanlaista 1,6 MVA muuntajaa, kuin vaihtoehdossa 1.

Uuteen pääkeskukseen sijoitetaan 31 kpl varalähtöjä ja 30 kpl johdonsuojakatkaisijoita. Tämän lisäksi uuteen pääkeskukseen sijoitetaan katkaisija, josta syötetään nykyistä C21-kojeistoa. C21-keskukseen asennetaan valokaarisuojaus. Katkaisijalähtö ja valokaarisuojaus lisää myös nykyisen C21-kojeiston turvallisuutta, koska katkaisijaan on aseteltavissa tarvittavat suojaukset mm. oikosulkutapauksia varten. Uuden pääkeskuksen varamoottorilähdöt varustetaan PROFIBUS DP -kenttäväylällä ja suorien lähtöjen ohjaukseen käytetään Siemens Simocode ohjaus- ja suojausjärjestelmää. Taajuusmuuttajalähdöissä on kytkinvarokkeet, mihin voi jatkossa liittää erilliset taajuusmuuttajat. Pääkeskuksen sijoitus tarvitsee sähkötilojen laajennuksen ja myös muuntajalta tuleva kiskosilta on oltava pidempi kuin nykyinen. Pääkeskuksen nimellisvirta I_n on 3250 A, terminen oikosulkuvirtakestoisuus I_{cw} on 55 kA ja dynaaminen oikosulkuvirtakestoisuus I_{pk} on 110 kA. Uuden pääkeskuksen kokoonpanopiirustukset ovat esitetty liitteessä 6.

Uuteen pääkeskukseen liitetään uusi 300 kVAR estokelaparisto, jolla kompensoidaan nykyinen loistevo teho kokonaan pois ja reserviin jää vielä n. 120 kVAR. Myös vanhan estokelapariston syöttö siirretään uuteen kojeistoon.

Hyvät puolet:

- Vaihtoehto on huomattavasti halvempi, kuin vaihtoehto 1
- Työmäärä on huomattavasti pienempi, kuin vaihtoehdossa 1
- Nykyisen C21-kojeiston suojaus parantuu katkaisijan ja valokaarisuojan ansiosta.

Huonot puolet:

- Tämä ratkaisu ei poista kuitenkaan nykyisten kojeistojen elinkaaresta aiheutuvia haittoja
- Asennusprojekti vaatii prosessiin seisokin.

8 LAAJENNUSRATKAISUT

Kokonaisvaltaisissa laajennusratkaisuissa on yhdistetty sähkökeskusten muutokset ja automaatiojärjestelmän I/O-muutokset yhteisiksi kokonaisuuksiksi. Esitetyissä ratkaisuissa kaikki toimenpiteet ovat oletettu tehtäväksi kerralla, mutta jos halutaan esimerkiksi jakaa kustannuksia eri vuosille on osa toimenpiteistä mahdollista tehdä erikseenkin. Esimerkiksi laajennusratkaisun 1 toimenpiteet voidaan jakaa eri vuosille seuraavalla tavalla. Ensimmäiseen projektiin tehdään muuntajan uusiminen, pääkeskuksen C21 ja LVI-keskuksen C21.1 saneeraus sekä rakennuslaajennukset, toiseen projektiin tehdään I/O-kaapin saneeraus ja kolmanteen projektiin alakeskusten C21.4 sekä C21.104 saneeraus. Erikseen tekeminen voi nostaa hieman kokonaiskustannuksia, mutta siitä on myös hyviä puolia. Hyviä puolia projektien jakamisesta on esimerkiksi se, että pienempiä projekteja on helpompi hallita ja asennuksiin on helpompi saada ammattitaitoista työvoimaa, sillä vuosiseisokkien aikaan työvoimaa on aina rajallisesti saatavissa. Pienemmät projektit myös varmistavat laajennusten tekemisen aina vuosiseisokin aikana, eikä pidempiä seisokkeja tuotantoon tarvita. Jaksotetut projektit ovat siis näiden syiden takia hyvin vartenotettava vaihtoehto. Toisaalta myös suuri projekti onnistuu hyvin johdettuna ja huolellisesti suunniteltuna lyhyessäkin ajassa. Esitetyissä kustannusarvioissa on esitetty erittelyt kustannuksista, joten niiden perusteella voidaan myös arvioida kustannukset erikseen jaetuille projekteille.

Projektien valmistelu kannattaa aloittaa välittömästi nykyisen dokumentoinnin kunnostamisella. Kiilletehtaalla on ollut vuosien varrella lukuisia koeajoprojekteja ym, joiden takia nykyinen dokumentointi ei vastaa täysin todellisuutta. Kiilletehtaalla on myös keskukseen kytkettyjä moottorilähtöjä, joiden takana ei kuitenkaan ole enää moottoreita. Nämä asiat kuntoon laittamalla tulevat laajennusprojektit helpottuvat huomattavasti ja dokumentointi pitäisi olla muutenkin tehtaan kunnossapidon takia kunnossa.

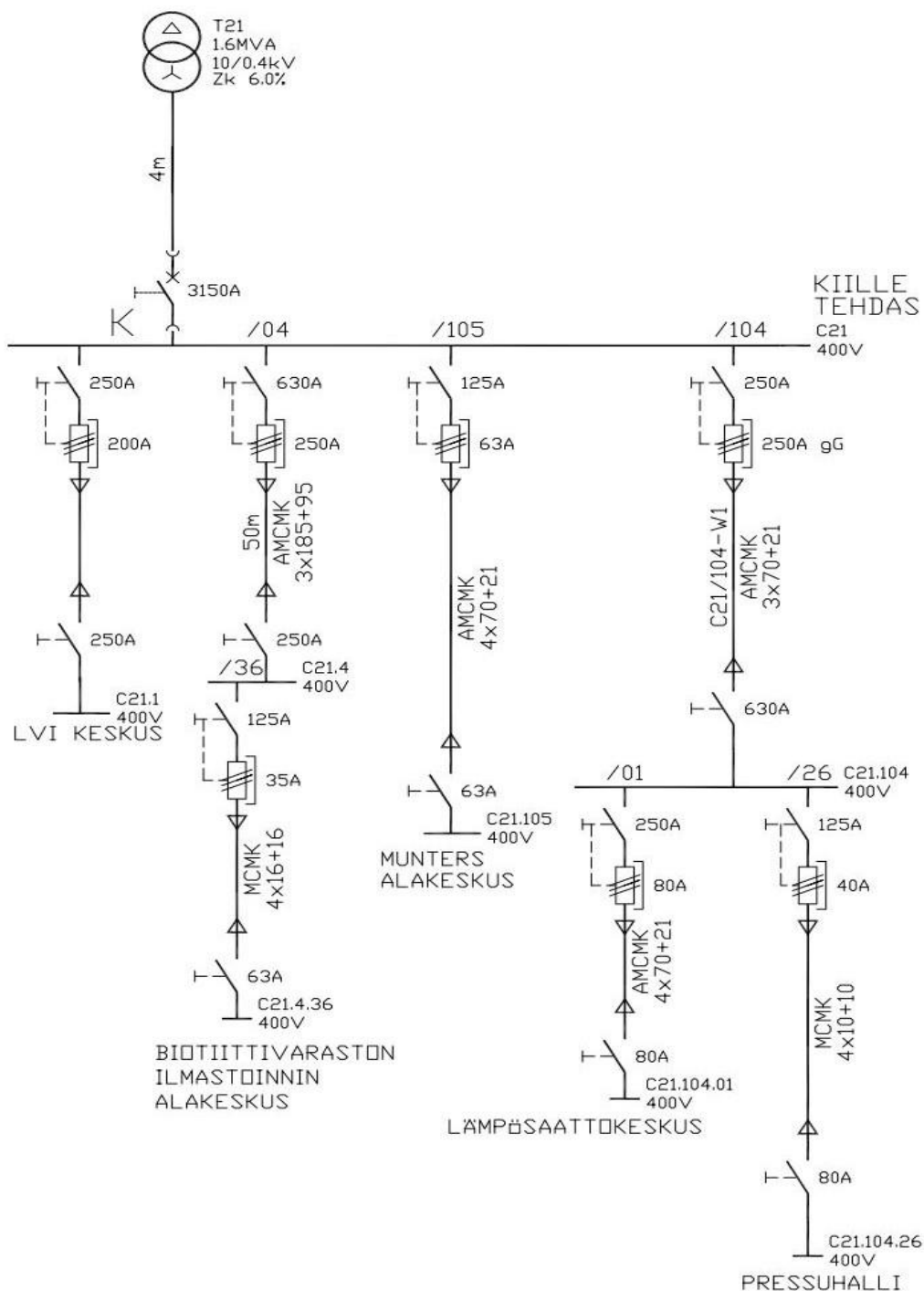
Mikäli sähkökeskusten laajennusprojekti tehdään ilman varsinaista tuotantolinjojen laajennusta, kannattaa se aloittaa kuitenkin eräänlaisella prosessisuunnittelulla. Kyseisessä prosessisuunnittelussa kannattaa käydä tarkasti läpi, minkä tyyppisiä ja suuruisia laajennuksia prosessiin aiotaan tulevai-

suudessa tehdä. Tämän tiedon perusteella sähkökeskuksiin varattavien varalähtöjen määrät ja tehot voisi arvioida tarkemmin, jolloin myöhemmin tehtävät tuotantolinjojen laajennusprojektit olisivat helpompia.

Kustannusarvioissa ei ole otettu huomioon rakennuksien laajenuksista ja LVI-laitteistojen lisästarpeista aiheutuvia kustannuksia. Kustannusarvioissa on käytetty hintojen lähteenä laitetoimittajien ja urakoitsijoiden budjettitarjouksia, edellisten samalla toimipaikalla tehtyjen sähkökeskusten saneerauksien hintatietoja ja arvioituja hintoja. Hintojen lähteet on ilmoitettu kustannusarvioiden erittelyissä.

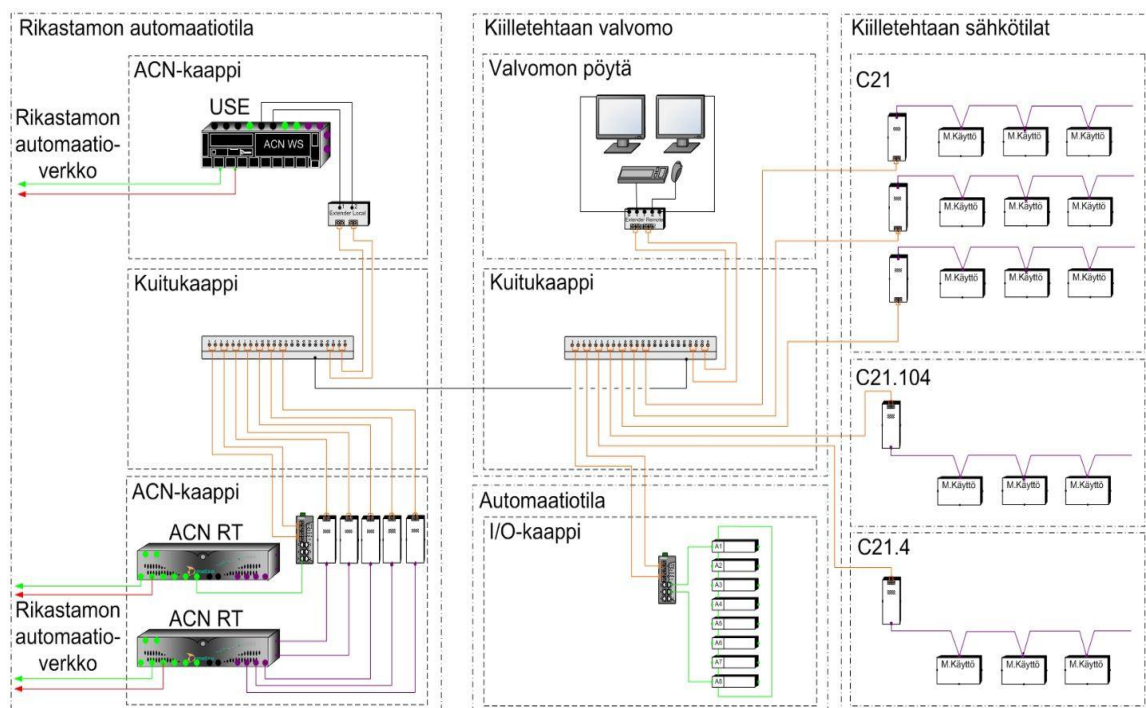
8.1 Laajennusratkaisu 1

Tässä laajennusratkaisussa yhdistetään I/O-laajennusvaihtoehto 1 ja sähkökeskusten laajennusvaihtoehto 1, eli kyseessä on kokonaisvaltainen sähkö- ja automaatio uudistus. Tämä ratkaisu on suositelluin vaihtoehto, koska tämä ratkaisu nostaa sähkökeskusten ja automaatiojärjestelmän luotettavuuden vuosikymmeniksi eteenpäin. Tämän ratkaisun ansioista normaalin I/O:n tarve pienenee, koska sähkökeskuksissa käytetään PROFIBUS DP -kenttäväylää. Tällöin yksi keskitetty I/O-kaappi riittää tehtaan tarpeisiin hyvin ja samalla myös kaikki vanhat taajuusmuuttajat uusiutuvat ACS 800 -tyyppisiin taajuusmuuttajiin. Tässä ratkaisussa kiilletehtaan sähkönjakelun pääkaavio pysyy lähes entisellään. Erona on isompi muuntaja, C21-etukojeena katkaisija ja kytkinvaroke syöttää C21.1-alakeskusta. LVI-keskus C21.1 joudutaan siirtämään uusiin laajennettuihin sähkötiloihin. Myös uudet estokelaparistot sijoitetaan uusiin sähkötiloihin. Kuvassa 17 on uusi kiilletehtaan sähkönjakelun pääkaavio.



Kuva 17. Laajennusratkaisun 1 mukainen kiilletehtaan sähköjakelun pääkaavio. (Savolainen 2014.)

I/O-kaapin ja prosessiaseman välinen I/O-kenttäväylä toteutetaan jo olemassa olevalla valokuituyhteydellä sekä kuitumuuntimilla rikastamon automaatiotilan ja kiilletehtaan valvomon välillä. Myös sähkökeskusten PROFIBUS DP -kenttäväylät toteutetaan valokuituyhteyksien ja OLM-muuntimien avulla. Kiilletehtaan nykyiseen prosessiasemaan lisätään 3 kpl 2-kanavaisia PROFIBUS DP -kortteja. Prosessiaseman liitettävyyden ja teho riittäisi liittämään kaikki PROFIBUS-väylät ja I/O-kenttäväylän nykyiseen prosessiasemaan, mutta koska PROFIBUS-väyliä asennetaan 5 kpl on ne kuitenkin järkevä sijoittaa omaan prosessiasemaan. PROFIBUS DP -väylät kytketään siis uuteen ACN RT - asemaan, joka sijoitetaan rikastamon automaatiotilaan. Kiilletehtaan automaatiojärjestelmän rakenne on täten kuvan 18 mukainen.



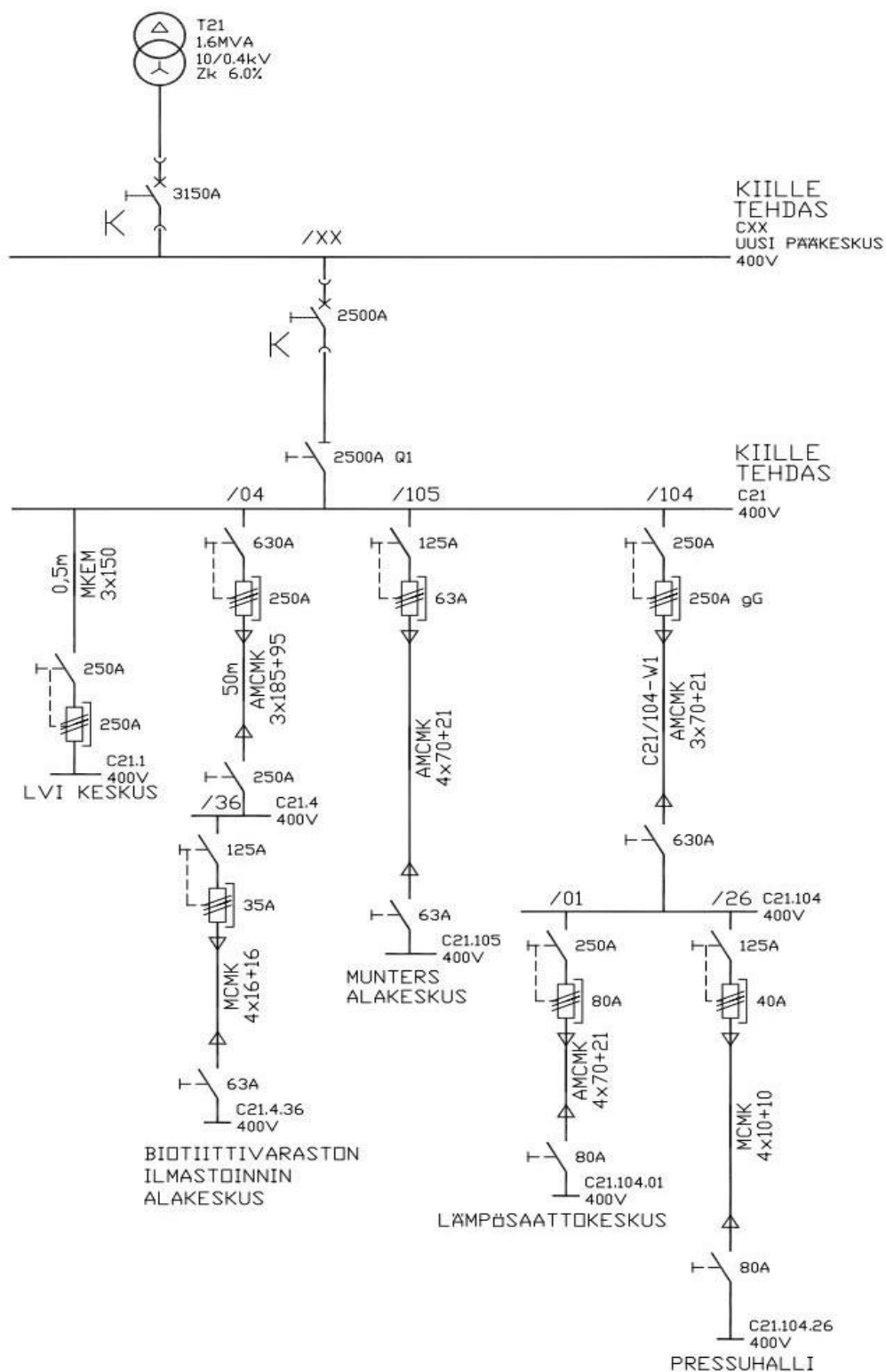
Kuva 18. Laajennusratkaisun 1 mukainen järjestelmärakenne. (Savolainen 2014.)

8.1.1 Laajennusratkaisun 1 kustannusarvio

Laajennusratkaisu 1 on epäilemättä kaikkein kallein ratkaisu. Kustannusarvio ratkaisulle 1 on (POISTETTU) euroa. Kustannukset ovat eritelty liitteessä 1.

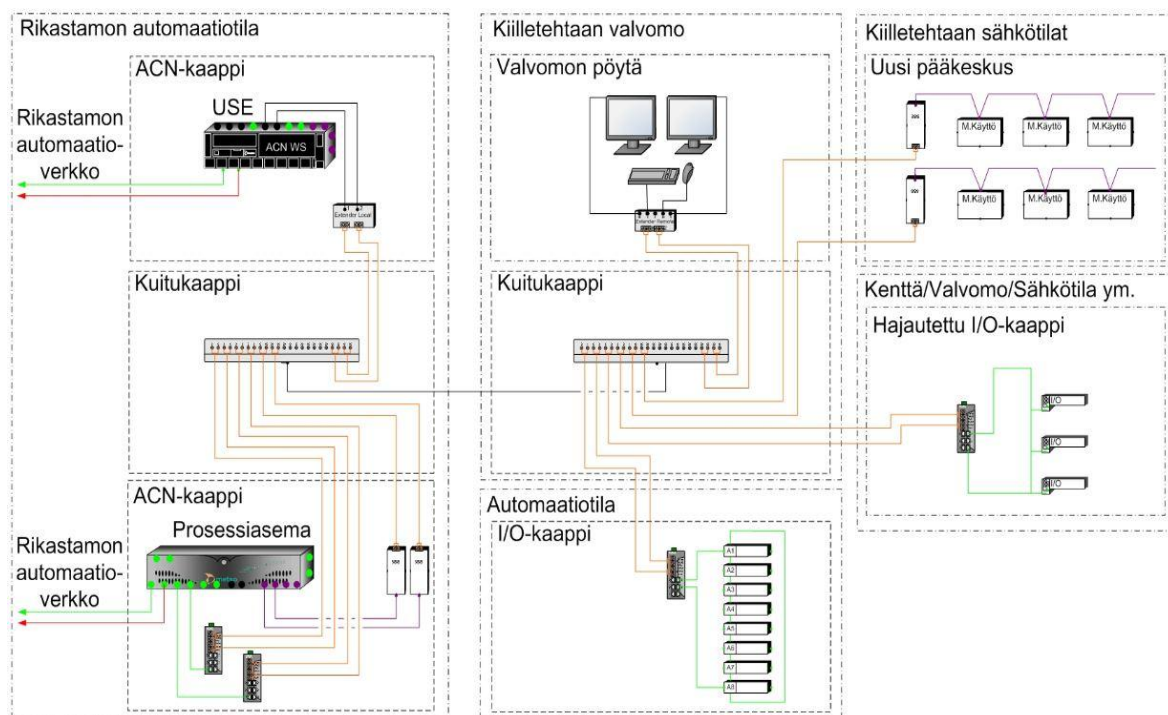
8.2 Laajennusratkaisu 2

Toisessa laajennusratkaisussa yhdistetään automaatiojärjestelmän I/O-laajennusvaihtoehto 2 ja sähkökeskusten laajennusvaihtoehto 2. Eli tässä ratkaisussa kaikki nykyiset sähkökeskukset jää ennalleen ja hankitaan uusi sähköpääkeskus, joka syöttää nykyistä C21-keskusta ja sitä kautta kaikkia kiillehtaan sähkölaitteita. Tämä ratkaisu on halvempi kuin ratkaisu 1 eikä se hankaloita tulevaisuudessa tapahtuvaa vanhojen kojeistojen saneerausta. Uuteen pääkeskukseen on varattu varamoottorilähdöt prosessin laajennuksia varten. Uusi pääkeskus tarvitsee sähkötiloihin laajennuksen, jonne sijoitetaan myös uusi estokelaparisto. Tähän ratkaisuun sisältyy myös nykyisen I/O-kaapin uusiminen, koska sen elinkaari on joka tapauksessa päättymässä. Suuremman I/O-määrän tarve on tässä ratkaisussa hajautetun I/O-kaapin hankkiminen, joka voidaan sijoittaa esimerkiksi kentälle tai uusiin laajennettuihin sähkötiloihin. Tässä ratkaisussa I/O-määrän lisääntymistarpeisiin toimisi myös taajuusmuuttajien ohjausten siirtäminen PROFIBUS DP -kenttäväylään, mutta se jätettiin pois korkeamman hinnan takia. Laajennusratkaisun 2 mukainen kiillehtaan sähkönjakelun pääkaavio on kuvan 19 mukainen.



Kuva 19. Laajennusratkaisun 2 mukainen kiilletehtaan sähköjaka- luvun p4kaavio. (Savolainen 2014.)

Uuden s4hkokeskuksen PROFIBUS DP -liit4nt4 ja molempien I/O-kentt4v4ylien liit4nt4 prosessiase- maan toteutetaan jo olemassa olevien valokuitujen avulla. PROFIBUS DP -liit4nt44n tarvitaan OLM- muuntimet ja I/O-kentt4v4yliin tarvitaan kuitumuuntimet. Laajennusratkaisun 2 j4rjestelm4rakenne on kuvan 21 mukainen.



Kuva 21. Laajennusratkaisun 2 mukainen järjestelmärakenne. (Savolainen 2014.)

8.2.1 Laajennusratkaisun 2 kustannukset

Laajennusratkaisu 2 on huomattavasti halvempi kuin ratkaisu 1. Laajennusratkaisun 2 kustannusarvio on (POISTETTU) euroa. Kustannukset ovat eritelty liitteessä 5.

8.3 Laajennusratkaisujen vertailua ja projektin jatkaminen

Molemmat laajennusratkaisut ovat isoja investointeja, mutta niillä saavutetaan prosessiin laajennettavuutta ja luotettavuutta. Lisäksi laajennusratkaisulla 1 saavutetaan koko sähkö- ja automaatiotekniikan modernisointi, mikä lisää turvallisuutta ja prosessin luotettavuutta vuosikymmeniksi eteenpäin. Laajennusratkaisulla 2 saadaan mukavasti laajennettavuutta ja myös prosessin luotettavuus ja turvallisuus kasvavat pienjännitepuolelle tulevien katkaisijoiden ja valokaarisuojauksen ansiosta. Laajennusratkaisu 2 ei poista kuitenkaan vanhoille kojeistoille tekniikan elinkaaresta aiheutuvia haittoja tulevaisuudessa.

Kun laajennusprojektiin käytettävä budjetti on selvillä, voidaan aloittaa perusteellinen esisuunnittelu.

LÄHTEET

- D1 Käsikirja rakennuksien sähköasennuksista. 2006. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. Oikosulkusuojaus. s131. [Viitattu 2014-08-09]
- Felser Max. 2013. PROFIBUS Manual. Network topology. Kuva. [Viitattu 2014-05-13] Saatavissa: http://profibus.felser.ch/en/index.html?maximale_anzahl_stationen.htm
- Hietalahti Lauri. 2011. Muuntajat ja sähkökoneet. [Viitattu 2014-06-04] Saatavissa: Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu. Opistotien kirjasto.
- Huotari Kari. 1998. Teollisuusverkkojen oikosulkuvirtojen laskeminen. Opetusmoniste. [Viitattu 2014-08-09] Saatavissa: https://noppa.lut.fi/noppa/opintojako/bl20a0500/luennot/teollisuusverkkojen_oikosulkuvirrat.pdf
- Kallio Raimo. 2004. Teollisuuden sähköasennukset. [Viitattu 2014-07-03] Saatavissa: Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu. Opistotien kirjasto.
- Kasten Ulfves/ABB Oy. 2014. Budjettitarjous. Julkaisematon
- Kesäläinen Ilkka/ABB Oy. 2014. Sähkölaadun analysointi raportti. [Viitattu 2014-06-18] Julkaisematon.
- Korpinen Leena. 1998. Sähkövoimatekniikkaopus. Luku 9. [Viitattu 2014-06-04] Saatavissa: http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/9muuntajat_ja_sahkolaitteet.pdf
- Laukkanen Kari. 2014. Sähköpostihaastattelu. [Viitattu 2014-07-03] Julkaisematon.
- LKAB Minerals. 2014. About. Overview. [Viitattu 2014-04-18] Saatavissa: <http://lkabminerals.com/en/About-Minelco/Overview/>
- LKAB Minerals. 2014. Applications. Mineral applications. [Viitattu 2014-04-18] Saatavissa: <http://lkabminerals.com/en/Applications/>
- LKAB Minerals. 2014. Minerals. Industrial minerals. [Viitattu 2014-04-18] Saatavissa: <http://lkabminerals.com/en/Minerals/>
- Metso Automation Oy. 2007. Koulutusmateriaali. Yleistä. [Viitattu 2014-04-19] Julkaisematon.
- Metso Automation. 2009. Koulutusmateriaali. Metso DNA CR Arkkitehtuuri ja laitteisto. [Viitattu 2014-04-18] Julkaisematon.
- Metso Automation. 2010. Koulutusmateriaali. Profibus DP-liityntä. [Viitattu 2014-04-21] Julkaisematon.
- Metso Automation Oy. 2010. Metso manuaalit. Automaatiokieli. [Viitattu 2014-06-13] Julkaisematon.
- Metso. 2011. Process automation system. ACN RT High performance industrial controller. Capacity. [Viitattu 2014-4-20] Saatavissa: [http://www.metso.com/Automation/ip_prod.nsf/WebWID/WTB-110927-2256F-FEBD0/\\$File/E8725_EN_03-ACN%20RT.pdf](http://www.metso.com/Automation/ip_prod.nsf/WebWID/WTB-110927-2256F-FEBD0/$File/E8725_EN_03-ACN%20RT.pdf)
- Metso. 2011. Process automation system. Automated process. ACN I/O M80. [Viitattu 2014-04-21] Saatavissa: [http://www.metso.com/Automation/ip_prod.nsf/WebWID/WTB-110927-2256F-6B3B0/\\$File/E8381_EN_03-ACN-IO-M80.pdf](http://www.metso.com/Automation/ip_prod.nsf/WebWID/WTB-110927-2256F-6B3B0/$File/E8381_EN_03-ACN-IO-M80.pdf)
- Metso. 2012. Metso manuaalit. ACN:n liityntäkortit. s105 [Viitattu 2014-04-22] Julkaisematon.
- Metso. 2012. Metso manuaalit. ACN RT-, ACN PO- ja ACN AS-SOLMUT. [Viitattu 2014-04-20] Julkaisematon.
- Metso. 2014. Process automation system. Automated process. ACN controller node family. [Viitattu 2014-04-19] Saatavissa: http://www.metso.com/Automation/ip_prod.nsf/WebWID/WTB-110929-2256F-ECF01?OpenDocument#.U1KIVfkqakF

Metso. 2014. Process automation system. Automated process. ACN I/O. [Viitattu 2014-04-20] Saatavissa: http://www.metso.com/Automation/ip_prod.nsf/WebWID/WTB-110929-2256F-C9E0E?OpenDocument#.U1P8zvqakH

Metso. 2014. Process automation system. Metso DNA. [Viitattu 2014-04-18] Saatavissa: http://www.metso.com/Automation/ip_prod.nsf/WebWID/WTB-110201-2256F-1D04D?OpenDocument#.U1EJH_kqakE

Metso. 2014. Räkki I/O -> ACN I/O adapterit. [Viitattu 2014-08-09] Julkaisematon.

PROFIBUS. 2010. PROFIBUS System Description. Technology and application. [Viitattu 2014-05-13] Saatavissa: <http://www.profibus.com/nc/download/technical-descriptions-books/downloads/profibus-technology-and-application-system-description/display/>

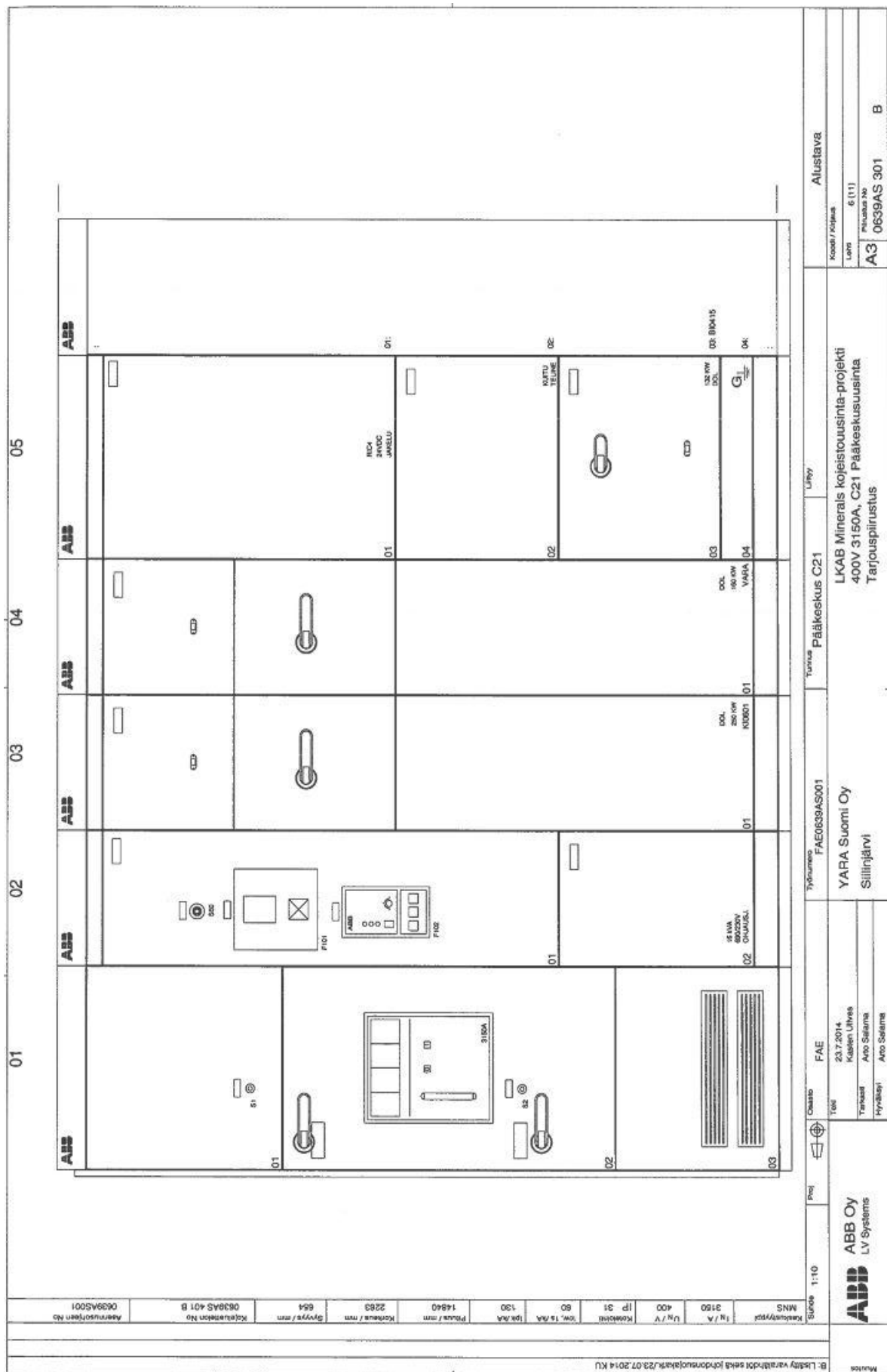
Suomalainen Jukka/Pöyry Finland Oy. 2014. Sähköpostikeskustelu. [Viitattu 2014-08-09] Julkaisematon.

Trafomic. 2014. Kolmivaihemuuntajien osoitin- ja kytkentäpiirrokset. Kuva. [Viitattu 2014-06-04] Saatavissa: <http://www.trafomic.fi/muuntaja>

Yara Suomi Oy. 2014. Piirikaaviot. [Viitattu 2014-06-18] Julkaisematon.

LIITE 1: LAAJENNUSRATKAISU 1 KUSTANNUSARVIO (POISTETTU)

LIITE 2: LAAJENNUSRATKAISU 1 C21 KOKOONPANOPIIRUSTUKSET



B-Laitteistön valmistaja on ilmoittanut tämän piirustuksen päivämäärän 23.07.2014 KU

06	07	08	09	ABB			
				ABB			
01: EK, 50-101	01	01: PRK-F171	01	01: K0654	01	01: K0654	
	02	02: PRK-F172	02	02: K0667	02	02: K0754, 1	
	03	03: B0461	03	03: B0461	03	03: B0476	
	04	04: K0655	04	04: K0655	04	04: K0658	
	05	05: K0674	05	05: K0674	05	05: K0636	
	06	06: K0791_L0	06	06: K0791_L0	06	06: K0791	
	07	07: K0664	07	07: K0664	07	07: K0662	
	08	08: K0782	08	08: K0782	08	08: K0663	
	09	09: K0663	09	09: K0663	09	09: K0614	
	10	10: K0675	10	10: K0675	10	10: K0740	
	11	11: K0701	11	11: K0701	11	11: K0616	
	12	12: K0672	12	12: K0672	12	12: K0613	
	13	13: ETUKONE	13: K0667	13: K0667	13	13: B0465	
	14	14: K0661	08: K-SILTANOST	14: K0661	14	14: K0665	
	15	15: K0643	15: K0643	15: K0643	15	15: K0656	
	16	16: K0753	16: K0753	16: K0753	16	16: K0693	
	17	17: K0617	17: K0617	17: K0617	17	17: K0696	
	04	04: C21-04	08: C21-04	04: C21-04	18	18: K0663	

ABB ABB ABB ABB	ABB ABB ABB ABB	ABB ABB ABB ABB	ABB ABB ABB ABB	ABB ABB ABB ABB	ABB ABB ABB ABB	ABB ABB ABB ABB
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Suure 1:10	MNS	Keuhasyöpyli	1 / A 3150	UN / V 400	Kaarehtil. IP 31	60 0.8 KA	100 1.4 KA	130 1.4 KA	130 1.4 KA	130 1.4 KA	130 1.4 KA	130 1.4 KA	130 1.4 KA	130 1.4 KA	130 1.4 KA	130 1.4 KA	130 1.4 KA	130 1.4 KA	130 1.4 KA	130 1.4 KA	
ABB Oyj LV Systems	ABB Oy LV Systems	ABB Oy Siltinjärvi	YARA Suomi Oy Siltinjärvi	YARA Suomi Oy Siltinjärvi	YARA Suomi Oy Siltinjärvi	YARA Suomi Oy Siltinjärvi	YARA Suomi Oy Siltinjärvi	YARA Suomi Oy Siltinjärvi	YARA Suomi Oy Siltinjärvi	YARA Suomi Oy Siltinjärvi	YARA Suomi Oy Siltinjärvi	YARA Suomi Oy Siltinjärvi	YARA Suomi Oy Siltinjärvi	YARA Suomi Oy Siltinjärvi	YARA Suomi Oy Siltinjärvi	YARA Suomi Oy Siltinjärvi	YARA Suomi Oy Siltinjärvi	YARA Suomi Oy Siltinjärvi	YARA Suomi Oy Siltinjärvi	YARA Suomi Oy Siltinjärvi	YARA Suomi Oy Siltinjärvi

B: Lähetyt varahoidet sekä johdonosajaksit/23.07.2014 KU

10 11 12

MNS

Keskustyyppi

In / A

1150

U / V

400

Katsointi

IP 31

1cm, 1A, 6A

80

130

223

554

0639AS 401 B

0639AS001



ABB Oy
LV Systems

Proj

Quasi FAE

Team
23.7.2014
Kasten Ulves
Arto Sallana
Hyökoy

Yhteisö
YARA Suomi Oy
Sillinjärvi

Yönlukmo
FAE0639AS001

Turnus
Pääkeskus C21

Liity

Koodi / Nimes
Alustava

ABB	ABB	ABB	ABB	ABB
AXL1 <input type="checkbox"/> 0.18 kW DOL	AXL1 <input type="checkbox"/> 0.18 kW DOL	AXL1 <input type="checkbox"/> 0.18 kW DOL	AXL1 <input type="checkbox"/> 0.18 kW DOL	AXL1 <input type="checkbox"/> 0.18 kW DOL
01: K0647	02: K0717	03: K0654	04: K0667	05: K0660
06: B0467	07: K0660	08: B0468	09: K0643	10: K0642
11: K0677	12: K0668	13: K0636	14: K0641	15: K0668
16: K0638	17: K0662	18: K0638		

ABB	ABB	ABB	ABB	ABB
AXL1 <input type="checkbox"/> 0.18 kW DOL	AXL1 <input type="checkbox"/> 0.18 kW DOL	AXL1 <input type="checkbox"/> 0.18 kW DOL	AXL1 <input type="checkbox"/> 0.18 kW DOL	AXL1 <input type="checkbox"/> 0.18 kW DOL
01: K0671.1	02: K0679	03: K0731	04: K0686	05: B0412.0
06: B0412.0	07: K0781	08: K0602	09: K0712	10: K0643
11: K0610	12: K0606	13: K0725	14: B0475	15: B0462
16: B0465	17: K0668			

ABB	ABB	ABB	ABB
AXL1 <input type="checkbox"/> 0.18 kW DOL	AXL1 <input type="checkbox"/> 0.18 kW DOL	AXL1 <input type="checkbox"/> 0.18 kW DOL	AXL1 <input type="checkbox"/> 0.18 kW DOL
01: K0674.1	02: K0666	03: K0649	04: K0660.1,2
05: B0412	06: K0647	07: K0668	08: K0668
09: K0681	10: K0630.1	11: K0630.2	12: K0631.2
13: K0632.1	14: K0632.2	15: K0633.1	16: K0633.2

Lehti 8 (11)
Pinalus No
A3 0639AS 301 B

Alustava

ABB		ABB		ABB		ABB		ABB	
01: Komp.1	01: K0752.1	01: K0752.1	01: K0752.1	01: K0752.1	01: K0752.1	01: K0752.1	01: K0752.1	01: K0752.1	01: K0752.1
02: Komp.2	02: K0797	02: K0797	02: K0797	02: K0797	02: K0797	02: K0797	02: K0797	02: K0797	02: K0797
03: K0678	03: K0648	03: K0648	03: K0648	03: K0648	03: K0648	03: K0648	03: K0648	03: K0648	03: K0648
04: K0756.1	04: K0807	04: K0807	04: K0807	04: K0807	04: K0807	04: K0807	04: K0807	04: K0807	04: K0807
05: K0756.1	05: K0696	05: K0696	05: K0696	05: K0696	05: K0696	05: K0696	05: K0696	05: K0696	05: K0696
	06: K0710	06: K0710	06: K0710	06: K0710	06: K0710	06: K0710	06: K0710	06: K0710	06: K0710
	07: K0711	07: K0711	07: K0711	07: K0711	07: K0711	07: K0711	07: K0711	07: K0711	07: K0711
	08: K0808	08: K0808	08: K0808	08: K0808	08: K0808	08: K0808	08: K0808	08: K0808	08: K0808
	09: K0674	09: K0674	09: K0674	09: K0674	09: K0674	09: K0674	09: K0674	09: K0674	09: K0674
	10: K0671	10: K0671	10: K0671	10: K0671	10: K0671	10: K0671	10: K0671	10: K0671	10: K0671
	11: K0752	11: K0752	11: K0752	11: K0752	11: K0752	11: K0752	11: K0752	11: K0752	11: K0752
	12: K0754	12: K0754	12: K0754	12: K0754	12: K0754	12: K0754	12: K0754	12: K0754	12: K0754
	13: K0652	13: K0652	13: K0652	13: K0652	13: K0652	13: K0652	13: K0652	13: K0652	13: K0652
	14: K0677	14: K0677	14: K0677	14: K0677	14: K0677	14: K0677	14: K0677	14: K0677	14: K0677
	15: K0811	15: K0811	15: K0811	15: K0811	15: K0811	15: K0811	15: K0811	15: K0811	15: K0811
	16: K0612	16: K0612	16: K0612	16: K0612	16: K0612	16: K0612	16: K0612	16: K0612	16: K0612
	17: K0615	17: K0615	17: K0615	17: K0615	17: K0615	17: K0615	17: K0615	17: K0615	17: K0615
	18: K0615	18: K0615	18: K0615	18: K0615	18: K0615	18: K0615	18: K0615	18: K0615	18: K0615

Koodi / Kojinau	Alustava
Lehti	9 (1.1)
Plussus No	A3
Plussus No	0639AS 301
	B

Tyyppi	Tumus	Pääkeskus C21	Lisäy
LKAB Minerals kojeistousinta-projekti 400V 3150A, C21 Pääkeskusuinta Tarjouspiirustus			
Työnumero	FAE0639AS001	YARA Suomi Oy Siilinjärvi	

Osasto	FAE	23.7.2014
Tekijä	Katariina Ullas	
Tarkastaja	Anto Salama	
Hyväksyjä	Anto Salama	

ABB LV Systems
MNS Keskustyyppi 1N/A 3150 UN/V 400 IP 31 Iow, 1s /A 60 Ipk /A 130 Ipk /A 130 Fluus /mm 14840 Karkaus /mm 2263 Pyyys /mm 654 Kojalueton No 0639AS 401 B Asemuustieteen No 0639AS001

B: Lisäy varahitit sekä johdonsuojakark/23.07.2014 KU

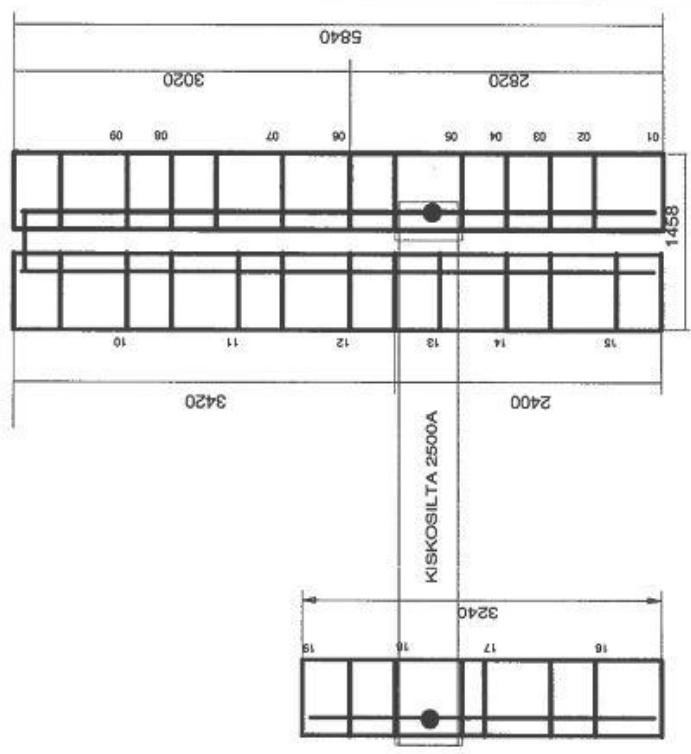
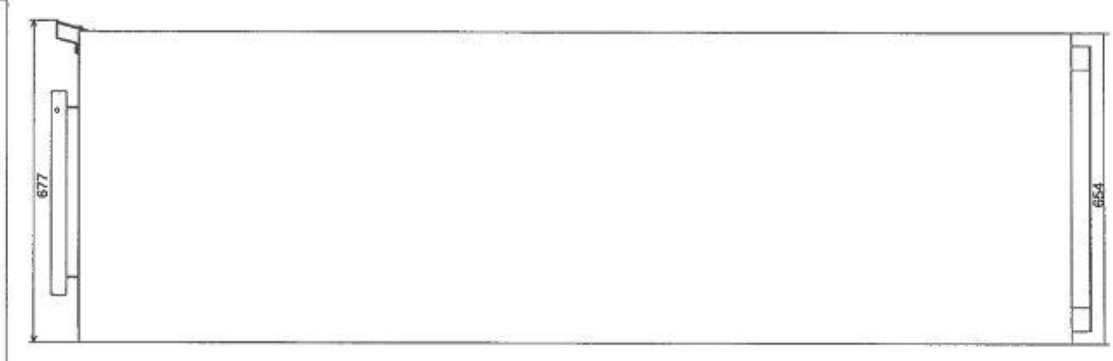
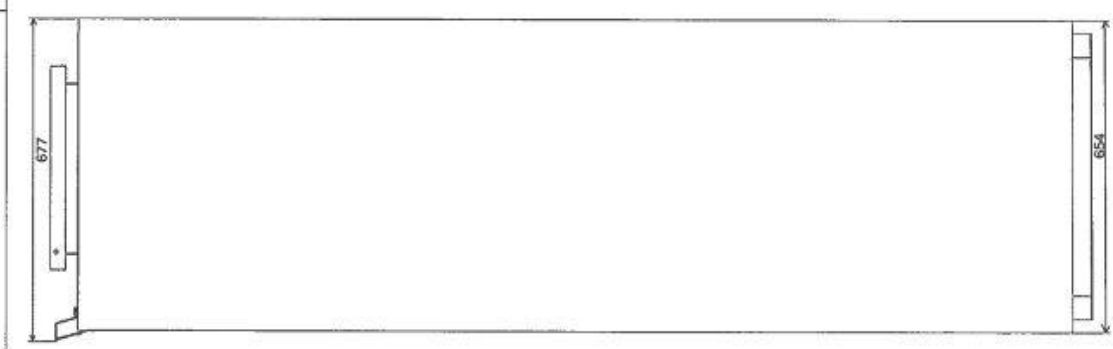
16 17 18 19

ABB	ABB	ABB	ABB	ABB	ABB	ABB
01: VARSA 5.5 kW TM	01: VARSA 5.5 kW TM	01: VARSA 5.5 kW TM	01: VARSA 5.5 kW TM	01: VARSA 5.5 kW TM	01: VARSA 5.5 kW TM	01: VARSA 5.5 kW TM
02: VARSA 11.5 kW DOL	02: VARSA 11.5 kW DOL	02: VARSA 11.5 kW DOL	02: VARSA 11.5 kW DOL	02: VARSA 11.5 kW DOL	02: VARSA 11.5 kW DOL	02: VARSA 11.5 kW DOL
03: VARSA 11.5 kW DOL	03: VARSA 11.5 kW DOL	03: VARSA 11.5 kW DOL	03: VARSA 11.5 kW DOL	03: VARSA 11.5 kW DOL	03: VARSA 11.5 kW DOL	03: VARSA 11.5 kW DOL
04: VARSA 11.5 kW DOL	04: VARSA 11.5 kW DOL	04: VARSA 11.5 kW DOL	04: VARSA 11.5 kW DOL	04: VARSA 11.5 kW DOL	04: VARSA 11.5 kW DOL	04: VARSA 11.5 kW DOL
05: VARSA 5.5 kW TM	05: VARSA 5.5 kW TM	05: VARSA 5.5 kW TM	05: VARSA 5.5 kW TM	05: VARSA 5.5 kW TM	05: VARSA 5.5 kW TM	05: VARSA 5.5 kW TM
06: VARSA 5.5 kW TM	06: VARSA 5.5 kW TM	06: VARSA 5.5 kW TM	06: VARSA 5.5 kW TM	06: VARSA 5.5 kW TM	06: VARSA 5.5 kW TM	06: VARSA 5.5 kW TM
07: VARSA 5.5 kW TM	07: VARSA 5.5 kW TM	07: VARSA 5.5 kW TM	07: VARSA 5.5 kW TM	07: VARSA 5.5 kW TM	07: VARSA 5.5 kW TM	07: VARSA 5.5 kW TM
08: TLTA 30.0 kW TR028	08: TLTA 30.0 kW TR028	08: TLTA 30.0 kW TR028	08: TLTA 30.0 kW TR028	08: TLTA 30.0 kW TR028	08: TLTA 30.0 kW TR028	08: TLTA 30.0 kW TR028
09: VARSA 37.0 kW DOL	09: VARSA 37.0 kW DOL	09: VARSA 37.0 kW DOL	09: VARSA 37.0 kW DOL	09: VARSA 37.0 kW DOL	09: VARSA 37.0 kW DOL	09: VARSA 37.0 kW DOL
10: VARSA 37.0 kW DOL	10: VARSA 37.0 kW DOL	10: VARSA 37.0 kW DOL	10: VARSA 37.0 kW DOL	10: VARSA 37.0 kW DOL	10: VARSA 37.0 kW DOL	10: VARSA 37.0 kW DOL
11: VARSA 37.0 kW TM	11: VARSA 37.0 kW TM	11: VARSA 37.0 kW TM	11: VARSA 37.0 kW TM	11: VARSA 37.0 kW TM	11: VARSA 37.0 kW TM	11: VARSA 37.0 kW TM
12: VARSA 37.0 kW TM	12: VARSA 37.0 kW TM	12: VARSA 37.0 kW TM	12: VARSA 37.0 kW TM	12: VARSA 37.0 kW TM	12: VARSA 37.0 kW TM	12: VARSA 37.0 kW TM
13: TLTA 58kW TR028	13: TLTA 58kW TR028	13: TLTA 58kW TR028	13: TLTA 58kW TR028	13: TLTA 58kW TR028	13: TLTA 58kW TR028	13: TLTA 58kW TR028

MNS	3150	In / A	400	Un / V	IP 31	kommod	60	130	1840	2283	854	0639AS 401 B	0639AS501
Äännopeus No													

Suure 1:10	Proj	Osasto	FAE	Työnro	Tunnus	Liity	Koodi / kplaus
				FAE0639AS001	Pääkeskus C21	Pääkeskus C21	A3
ABB LV Systems	ABB Oy	YARA Suomi Oy	YARA Suomi Oy	LKAB Minerals kojeistousinta-projekti			
	Sittinjärvi	Sittinjärvi	Sittinjärvi	400V 3150A, C21 Pääkeskusuusinta			
Maksu	Tehty	23.7.2014	Kasinen Uljas	Tarjouspiirustus			
	Tekijät	Ano Salama	Ano Salama	A3 0639AS 301			
	Hänkijät	Ano Salama	Ano Salama	B			

Muutos																		
Keskityypit	1N / A	3150	400	IP 31	Kokoonn	100, 15 / A	80	130	14840	Pituus / mm	2283	Kokous / mm	654	Syvyys / mm	0639AS 401 B	Kokouksen No	0639AS001	Asennuksen No



B: Lisätty varaväihdi sekä johdonpuoleiset/23.07.2014 KU

ABB
ABB Oy
 LV Systems

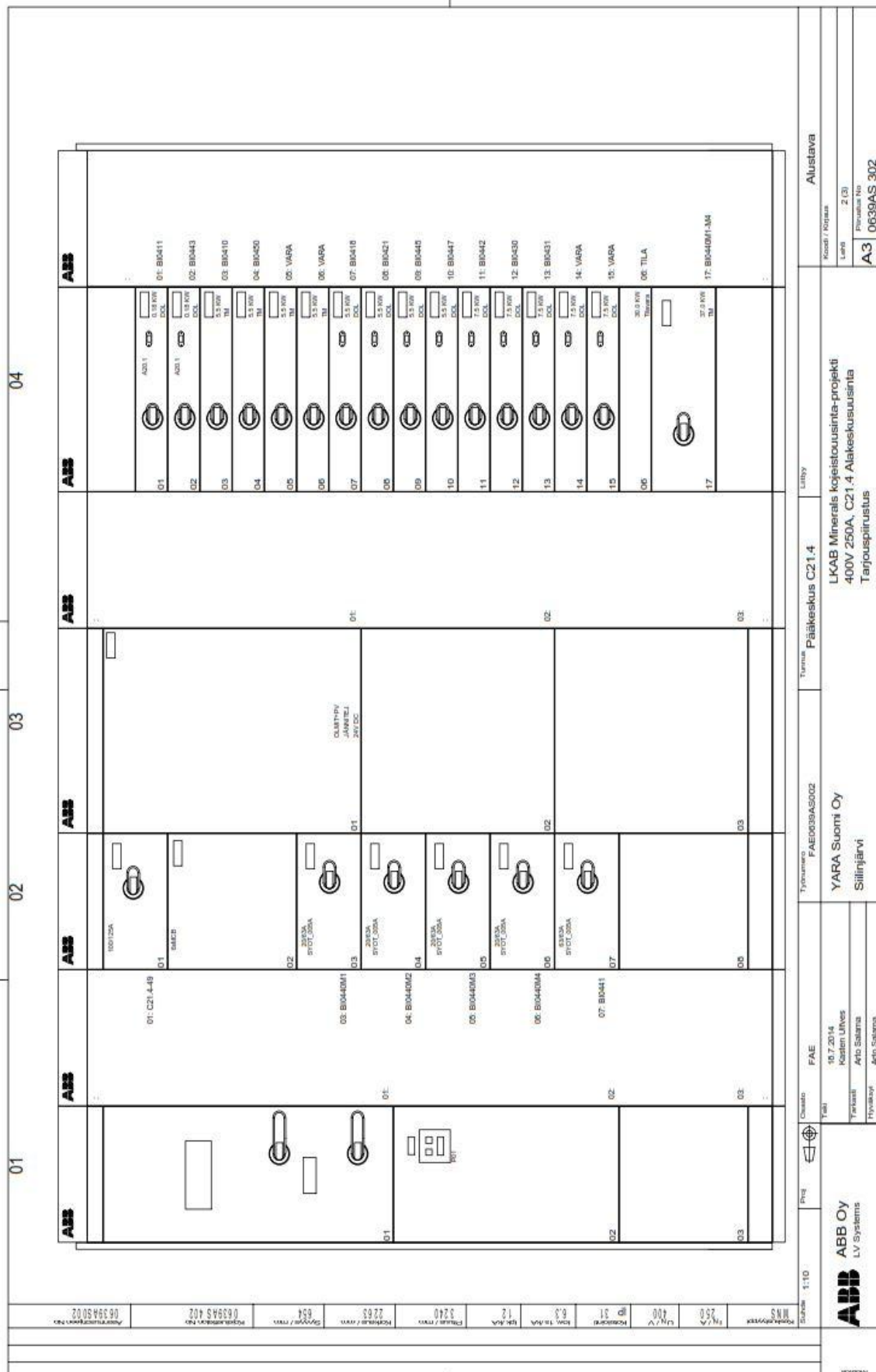
Proj: Proj
 Osoite: FAE
 Tiedot: 23.7.2014
 Käsittellyt: Kari Uusvesi
 Tarkastet: Arto Sallinen
 Hyväksyt: Arto Sallinen

Työnumero: FAED0639AS001
YARA Suomi Oy
 Siilinjärvi

Tuotus: Pääkeskus C21
 LKAB Minerals kokeistousintä-projekti
 400V 3150A, C21 Pääkeskussuunita
 Tarjouspiirustus

Koodi / Nimi: Ailustava
 Lent: 11 (11)
 Pivatus No: 0639AS 301
A3 **B**

LIITE 3: LAAJENNUSRATKAISU 1 C21.4 KOKOONPANOPIIRUSTUKSET



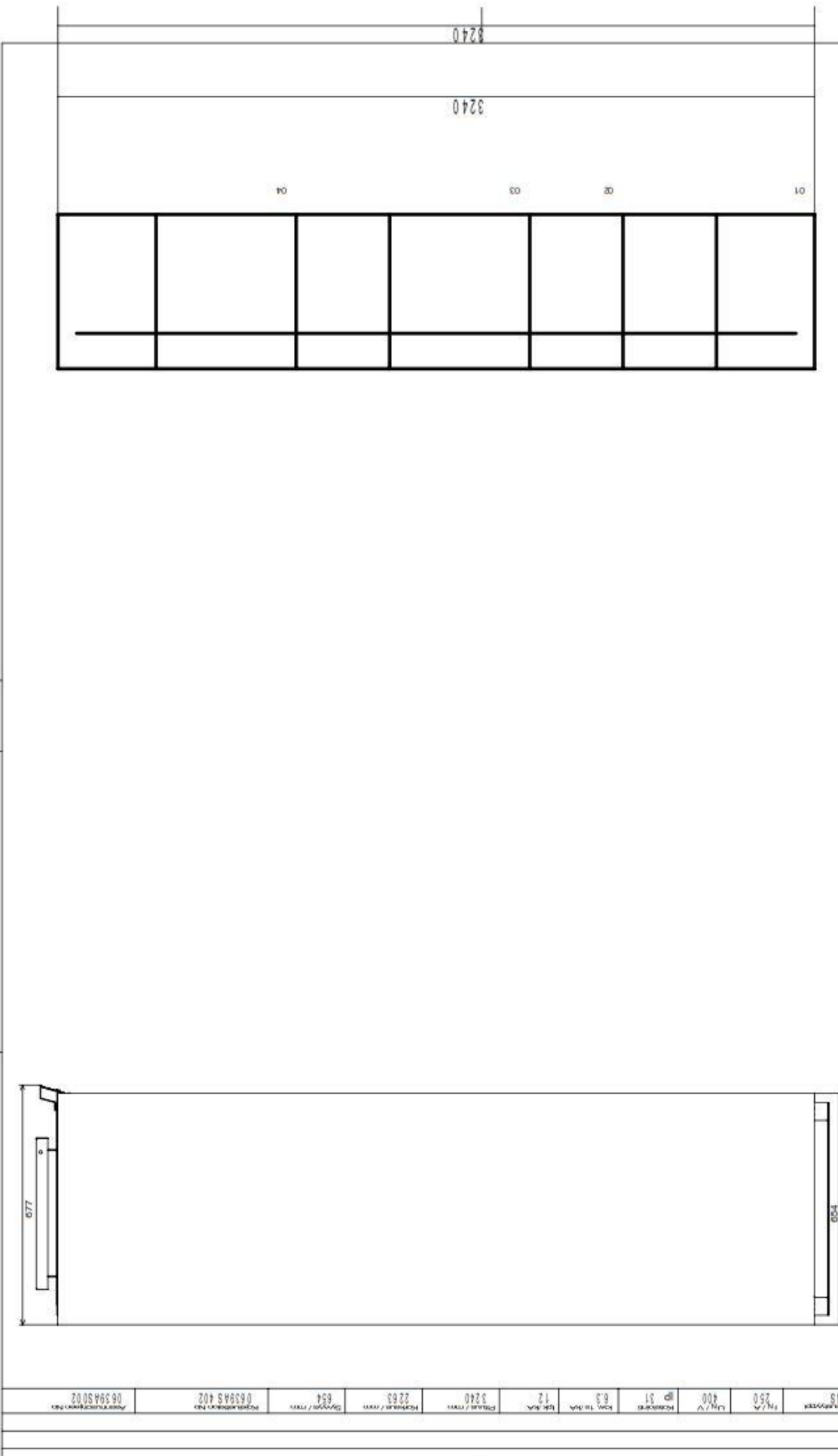
Alustava
 Kassa / Kassa
 Laji 2 (B)
 Pöytäkirja
 A3
 063945 302

Lähtö
 Työnumero FAE063945002
 YARA Suomi Oy
 Sillinjärvi

Tuurna
 Päätöksen C21.4
 LKAB Minerals kokeistousinta-projekti
 400V Z50A, C21.4 Alakeskuksinta
 Tarjouspiirustus

Quanto
 FAE
 19.7.2014
 Kari Uusvaara
 Antti Salama
 Antti Salama

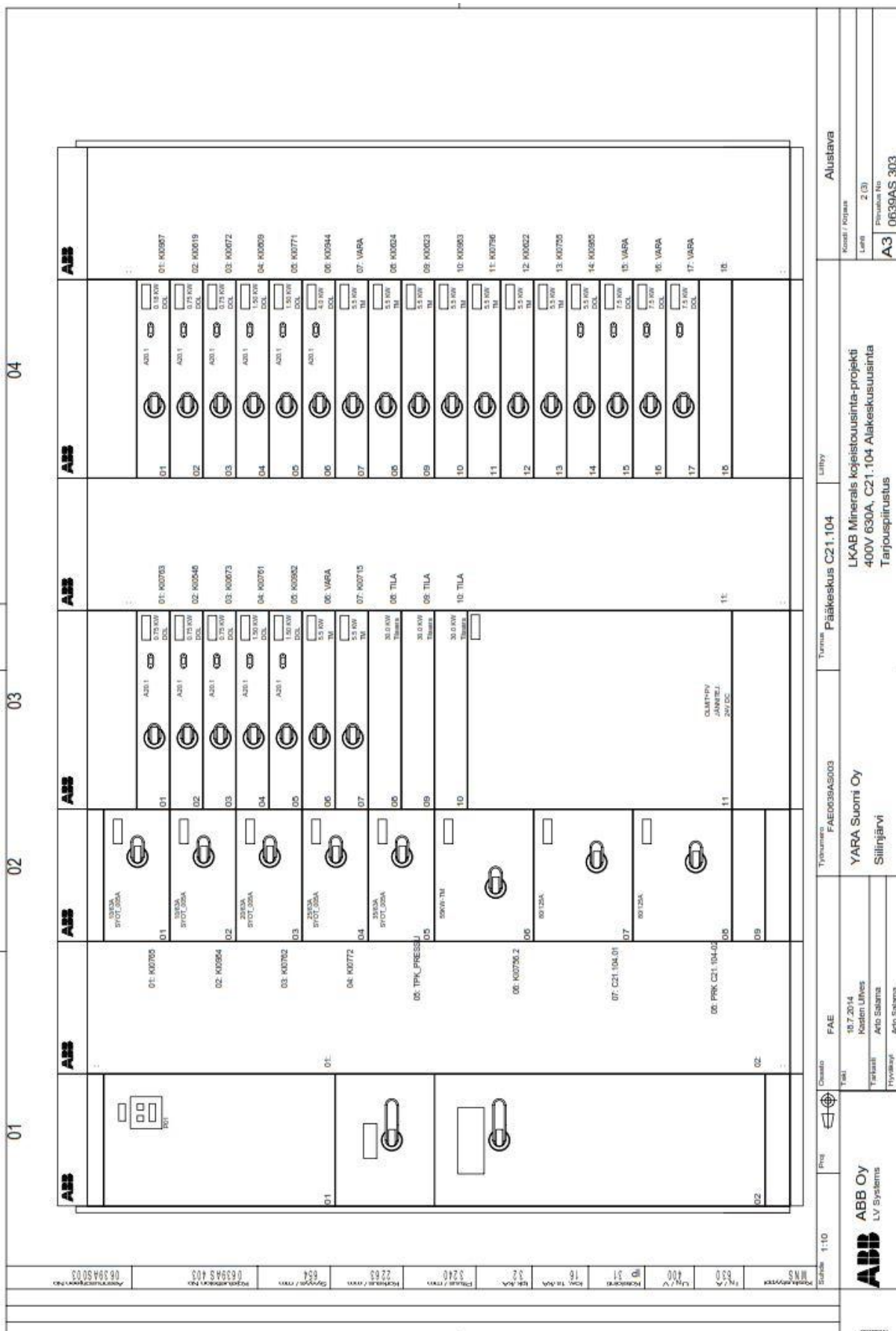
ABB
 LV Systems
 Helsinki

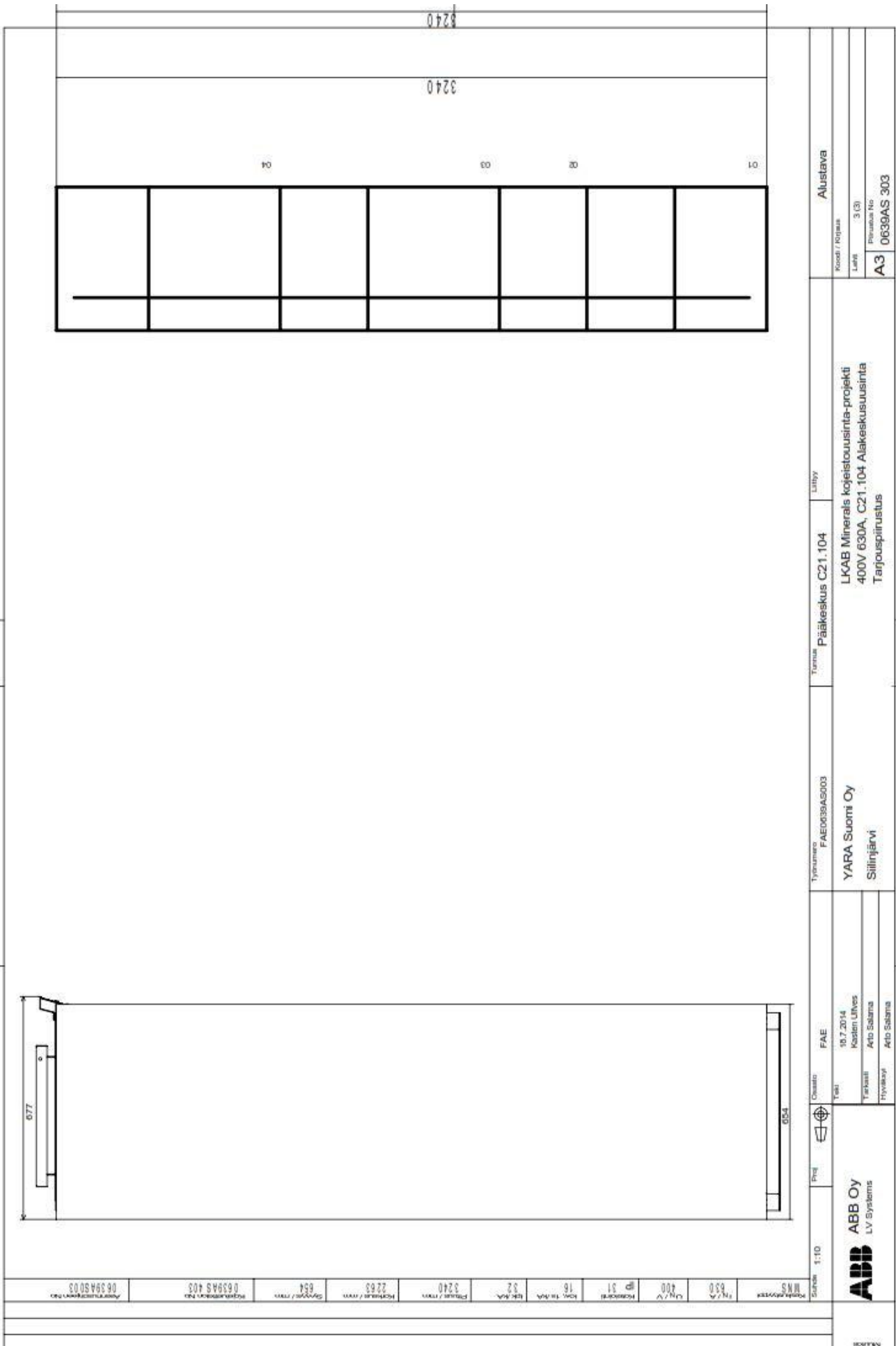


Asennusohjeiden no.	0639AS 402
Projektin nimi	0639AS 402
Siivoksi / mm	654
Korkeus / mm	2263
Pituus / mm	3240
Ulk. kva	12
Kw. to. kva	6.3
Korkeus	ip 31
U/V	400
U/V	250
MNS	

ABB Oy LV Systems	Proj.	Osaisto FAE Työnumero FAE0039AS002	Tuusula Pääkeskus C21.4 Liitty	Alustava Koodi / Kohtaus Latti 3 (3) Piirustuksen No. A3 0639AS 302
YARA Suomi Oy Siilinjärvi		LKAB Minerals kokeistuousintä-projekti 400V 250A, C21.4 Alakeskusuusintä Tarjouspiirustus		
Testi 10.7.2014 Kestien Urives Tarkast. Arto Sabana Hyväksy. Arto Sabana				

LIITE 4: LAAJENNUSRATKAISU 1 C21.104 KOKOONPANOPIIRUSTUKSET





Alustava	
Koodi / Riippuu	
Latti	3 (3)
Prosessin No	
A3	0639AS 303

Työnumero: FAE0039AS003

YARA Suomi Oy
Siilinjärvi

Tuote: Pääkeskus CZ1.104

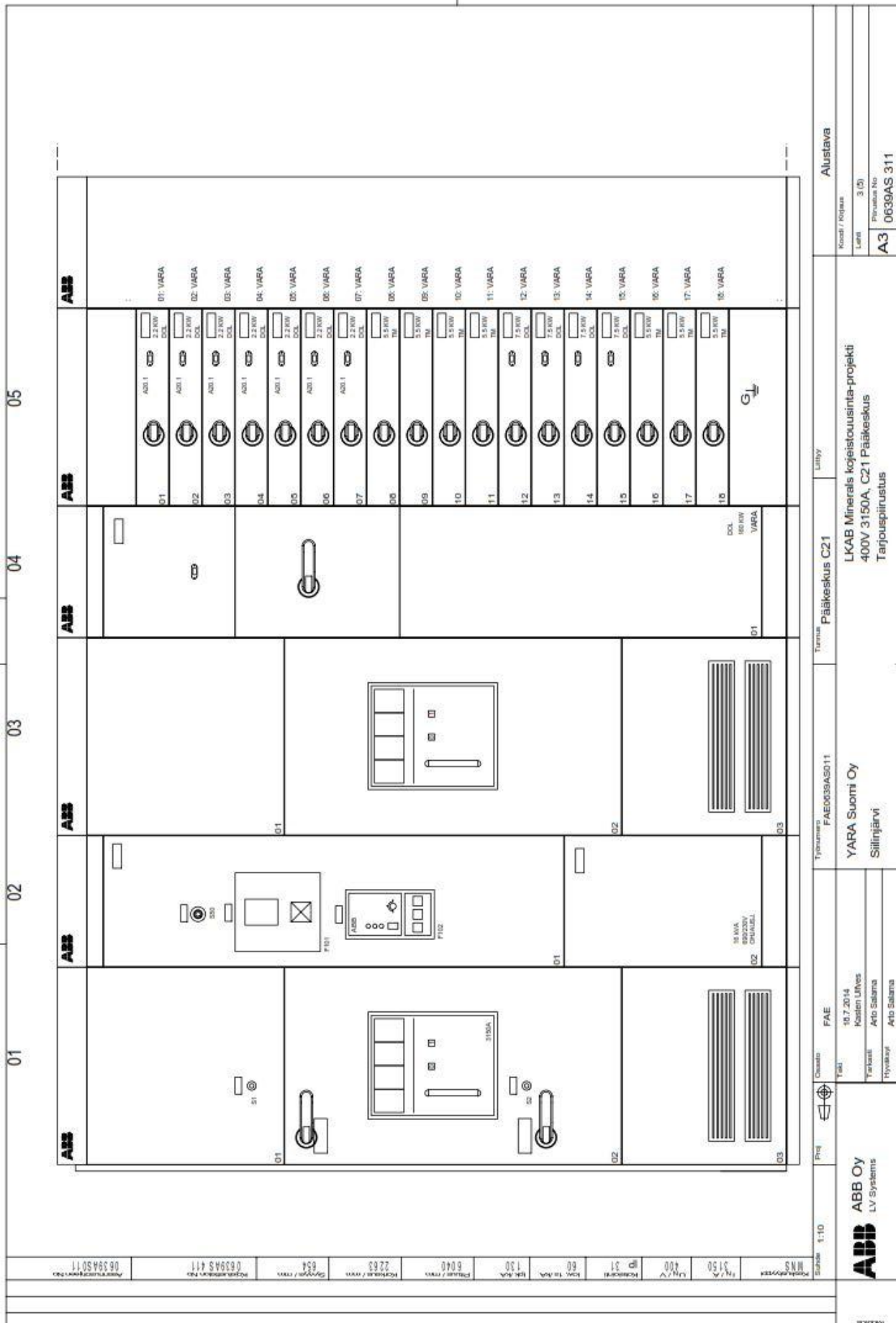
Lisäy:

LKAB Minerals kojelousasennus-projekti
400V 630A, CZ1.104 Alakeskusuusinta
Tarjouspiirustus

ABB	ABB Oy	LV Systems
Proj	ABB Oy	LV Systems
Scale	1:10	
Proj	FAE	
Created	10.7.2014	
Drawn	Kaartin Ulves	
Checked	Arto Salama	
Approved	Arto Salama	
Rev	0	
Material	Al	
Section	16	
Height	32	
Width	3240	
Weight	2263	
Material	654	
Order No.	0639AS 403	
Part No.	0639AS 403	
Project No.	0639AS003	

LIITE 5: LAAJENNUSRATKAISU 2 KUSTANNUSARVIO (POISTETTU)

LIITE 6: LAAJENNUSRATKAISU 2 UUSI PÄÄKESKUS KOKOONPANOPIIRUSTUKSET



Alustava

Kuusi / Kuusa

Lata 3 (0)

0639AS 311

LKAB Minerals kehitösuunnitelma-projekti
400V 3150A, C21 Pääkeskus
Tanjouspiirustus

Pääkeskus C21

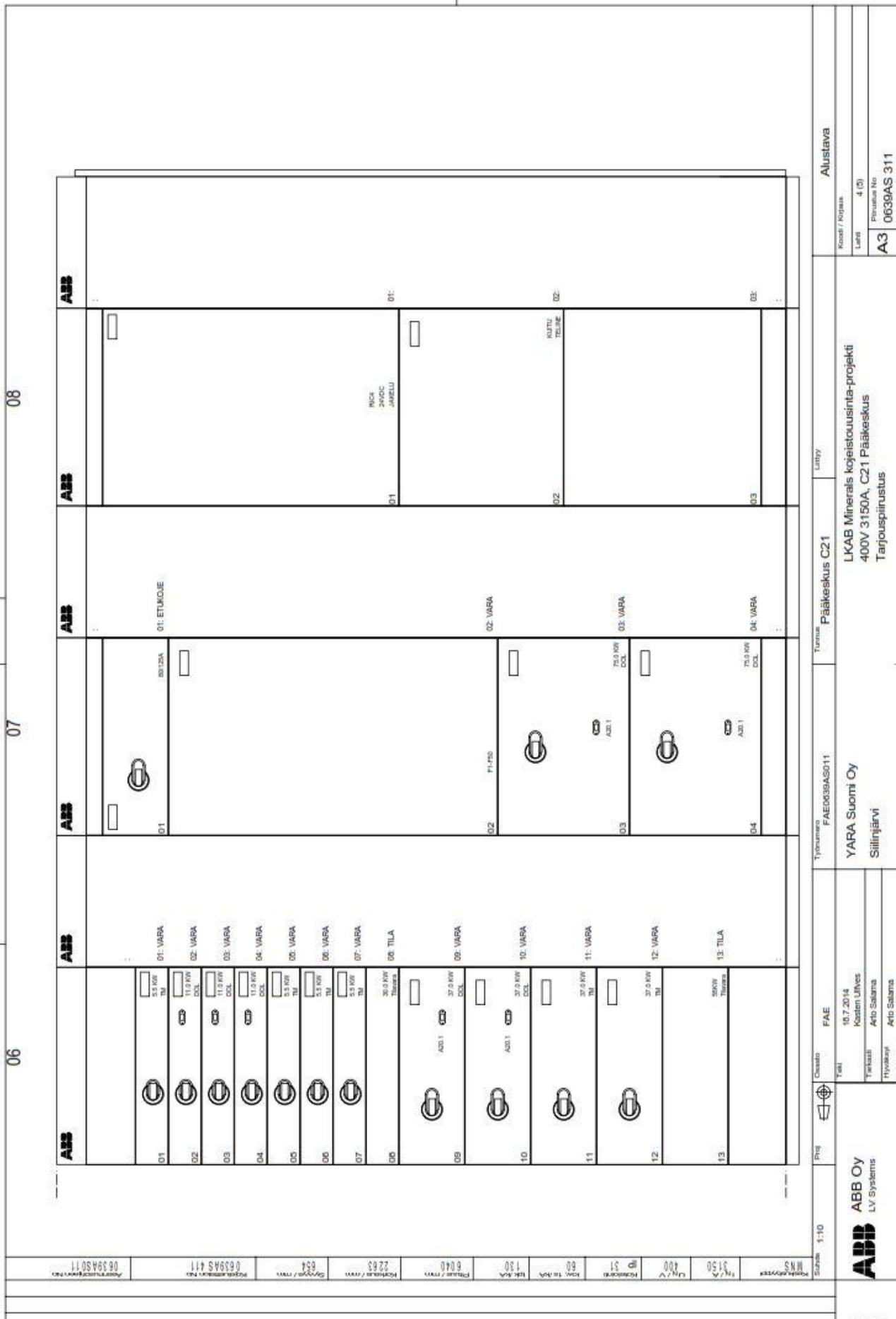
YARA Suomi Oy
Sillinjärvi

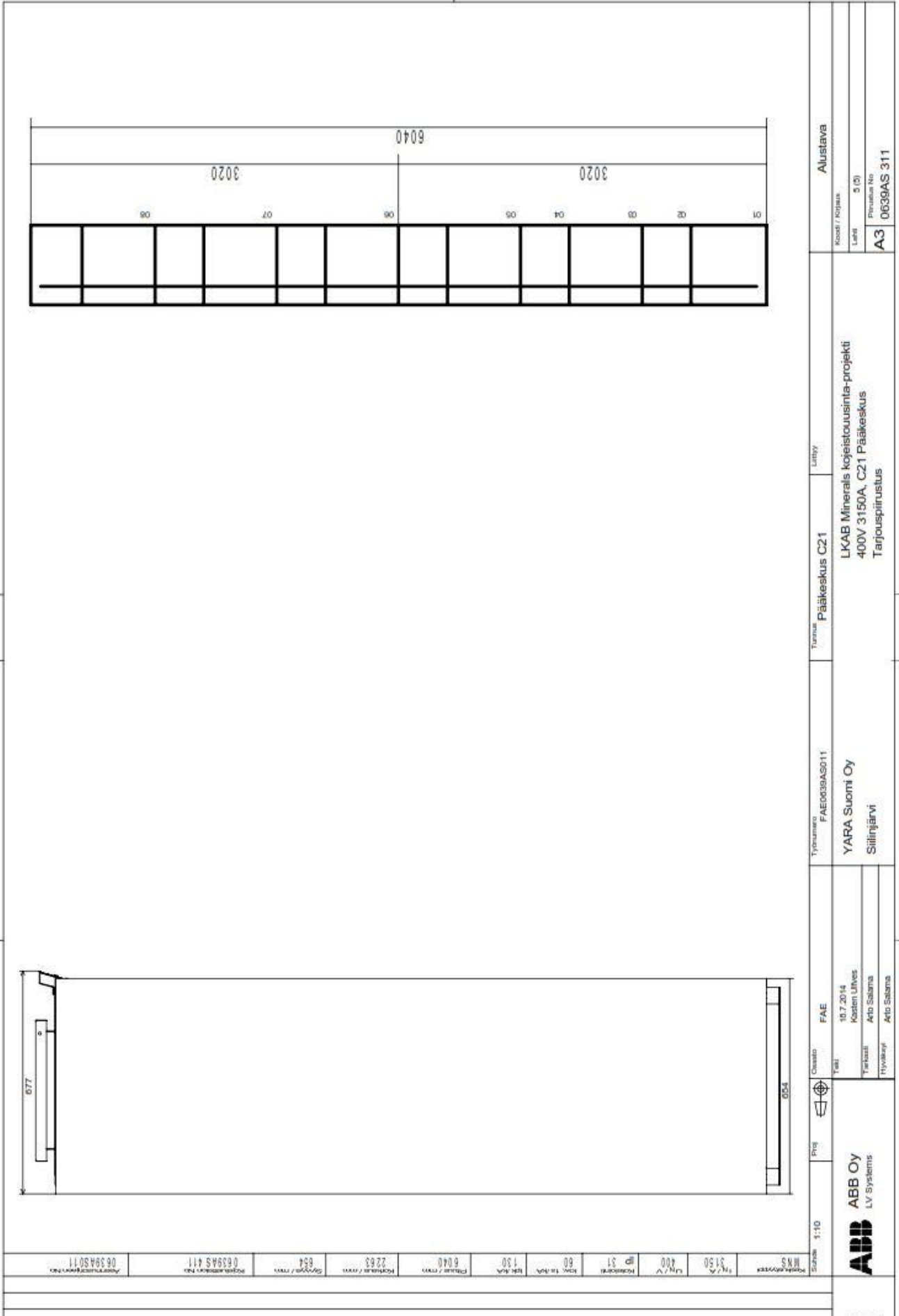
10.7.2014
Kostin Liiwes
Anto Salama

ABB OY
LV Systems

ABB LV Systems

ABB





0639AS 11	0639AS 411	0639AS 311	0639AS 311
-----------	------------	------------	------------

ABB LV Systems	Proj 110	Objekti FAE	Yhteisnumero FAE0039AS011	Tuennä Pääkeskus C21	Lisäy LKAB Minerals kojeistovisointi-projekti 400V 3150A, C21 Pääkeskus Tarjouspiirustus	Alustava
Teki 10.7.2014 Rostin Ulves			YARA Suomi Oy Siilinjärvi		Koodi / Nimi	
Tarkast. Arto Salama			Lisäy 400V 3150A, C21 Pääkeskus Tarjouspiirustus		Luokka	3 (3)
Hyväksy Arto Salama			Lisäy 400V 3150A, C21 Pääkeskus Tarjouspiirustus		Alustava	