

10 kV kojeistojen elinkaaritarkastelu

Sami Suhonen

Opinnäytetyö

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Sami Suhonen	
Työn nimi 10 kV kojeistojen elinkaaritarkastelu	
Päiväys 26.11.2012	Sivumäärä/Liitteet 70+22
Ohjaaja(t) DI Risto Rissanen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Yara Suomi Oy, Siilinjärvi	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, missä vaiheessa elinkaartaan neljä eri 10 kV:n kojeistoa Yaran Siilinjärven kaivoksella ovat. Kojeeistoissa on käytössä vähäöljykatkaisijoita, joiden tuotetuen on laitetoimittaja määritellyt rajoitetuksi. Kojeeistoista puuttuu myös valokaarisuojaukset. Lisäksi suoja-releiden ikääntyminen alkaa tuoda ongelmia. Tavoitteena oli selvittää tarkasti uusimisen syyt sekä antaa jokaisesta kojeistosta uusinta- tai saneerausehdotus. Jokaiselle ehdotukselle laskettiin myös karkea kustannusarvio.</p> <p>Työssä tutkittiin runsaasti kojeistojen sähköpiirustuksia ja perehdyttiin kojeistoihin Yaran sähköti-loissa. Myös uusinnan syyt sekä nykyisten komponenttien tuotetuki selvitettiin tarkasti. Nykypäivän tarjolla oleviin komponentteihin ja ratkaisuihin oli myös perehdyttävä. Työssä selvitettiin uusien suoja-releiden liittämistapa automaatiojärjestelmään. Työn aikana käytiin paljon keskusteluja käyt-töhenkilökunnan sekä laitetoimittajien kanssa. Uusintaehdotuksia havainnollistamaan piirrettiin kojeistojen pääkaaviot sekä piirustukset valokaarisuojauksista AutoCAD-ohjelmalla.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin jokaisesta kojeistosta uusinta- tai saneerausehdotus sekä kullek-kin karkea kustannusarvio. Ehdotuksien ja kustannusarvioiden pohjalta voi toimipaikka alkaa tar-kemmin suunnitella kojeistojen uusimisen toteutusta. Karkeat kustannusarviot helpottavat myös uusinta-ajankohdan päättämistä.</p>	
Avainsanat 10 kV, kojeisto, valokaarisuojaus, vähäöljykatkaisija	
julkinen	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Sami Suhonen			
Title of Thesis Life Cycle Examination of 10 kV Switchgears			
Date	26 November 2012	Pages/Appendices	70+22
Supervisor(s) Mr. Risto Rissanen, M.Sc.			
Client Organisation/Partners Yara Suomi Oy, Siilinjärvi			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to clarify at which phase of the life cycle the four different switchgears in Yara's Siilinjärvi mine are. These switchgears use minimum oil circuit breakers whose product support is now limited. Switchgears also lack arc fault protection. In addition to this, the aging of protection relays is starting to cause problems. The aim was to clarify precise reasons for renewal and to give renewal or upgrade proposals for each switchgear. A cost estimate for each proposal was also done.</p> <p>Doing the thesis included a lot of examination of drawings and getting familiar with switchgears. Also the reasons for renewal and the product support for the components had to be clarified precisely. Components and solutions of the present system had to be studied. The thesis clarified how the protection relays are joined to automation system. All of these required a lot of discussion with the staff in the factory and manufacturers. The main diagrams of switchgears and arc protection drawings were made with the AutoCAD application to illustrate renewal proposals.</p> <p>The result of this thesis were renewal proposals for each switchgear together with cost estimates. On the basis of these, the client can now start planning the renewals more specifically. Cost estimates will also help to decide the implementation date.</p>			
<p>Keywords 10 kV switchgear, arc protection, minimum oil circuit breaker</p>			
public			

ALKUSANAT

Tämä työ tehtiin Yara Suomi Oy:n Siilinjärven toimipaikan kaivokselle. Haluan kiittää Siilinjärven toimipaikkaa ja työni ohjaajaa asiantuntija Kauko Lappalaista hyvästä aiheesta. Haluan kiittää koko toimipaikan henkilökuntaa, joka on auttanut minua työssäni ja etenkin sähköasentaja Arto Eskelistä kaikista neuvoista. Erityiskiitos kuuluu ABB:n asiakaspalvelupäällikkö Antti Tervoselle kojeistojen uusintaan liittyvistä perusteellisista neuvoista. Savonia-ammattikorkeakoulusta haluan kiittää työni ohjaajaa DI Risto Rissasta.

Työ oli erittäin opettavainen ja sitä tehtäessä tuli perehdyttyä monipuolisesti teollisuusympäristön sähkönjakeluun sekä tietenkin keskijännitekojeistoihin. Näihin kumpaankaan ei ole tarvinnut päivittäisessä sähkökunnossapidossa kovin paljon puuttua, joten oppi oli erittäin arvokasta. Työn aikana kokonaiskuva teollisuuden sähkönjake-
lusta selkeytyi huomattavasti.

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	8
2	YARA INTERNATIONAL ASA	9
2.1	Yara Suomi Oy.....	9
2.2	Yara Suomi Oy Siilinjärvi.....	9
3	KESKIJÄNNITEKOJEISTOT	10
3.1	Kojeistotyytit.....	10
3.2	Kokoojakiskojärjestelmät	11
4	KESKIJÄNNITEKOJEET JA -KAAPELIT	14
4.1	Katkaisijat	14
4.1.1	Katkaisutapahtuman pääpiirteet.....	14
4.1.2	Katkaisijarakenteet	14
4.1.3	Katkaisijan valinta.....	16
4.2	Erottimet.....	16
4.3	Mittamuuntajat	18
4.3.1	Jännitemuuntajat.....	19
4.3.2	Virtamuuntajat	22
4.4	Keskijännitekaapelit.....	25
5	RELESUOJAUS.....	27
5.1	Relesuojauksen vaatimukset	27
5.2	Selektiivisyys	27
5.4	Tärkeimmät suojarelelait.....	28
5.4.1	Ylivirtareleet.....	28
5.4.2	Yli- ja alijännitereleet	29
5.4.3	Suuntareleet	29
5.4.5	Vertoreleet.....	30
5.5	Suojareleistyksen toteutus	30
5.5.1	Sähkömekaaniset releet	30
5.5.2	Sähköstaattiset releet	30
5.5.3	Numeeriset releet	31
6	KAIVOKSEN SÄHKÖVERKKO	32
7	KOJEISTOJEN NYKYTILA.....	33
7.1	SA1B1	33
7.2	KAB2.....	36
7.3	KAB3.....	38

7.4 KAB4	39
8 VERKOSTOLASKENTA.....	40
8.1 Kaivoksen verkostolaskenta	40
8.2 Maksimi oikosulkuvirtalaskenta	41
9 UUSIMISEN SYYT.....	43
9.1 Vähäjytkatkaisijoiden elinkaari.....	43
9.2 Valokaarisuojauksen puuttuminen	44
9.3 Releiden ikääntyminen	46
9.3.1 Relekannan yhtenäistyminen.....	47
9.3.2 Releiden puuttuminen automaatiojärjestelmästä	48
10 UUSINTAEHDOTUKSET	49
10.1 KAB2 ja KAB3	50
10.3 KAB23	58
10.4 KAB4	61
10.4 SA1B1.....	65
11 YHTEENVETO	69
LÄHTEET	70

LIITTEET

- Liite 1 Kaivoksen 10 kV pääkaavio, johon merkattu tarkasteltavat kojeistot
- Liite 2 KAB2:n ja KAB3:n suunnitelmakuvat
- Liite 3 KAB23:n suunnitelmakuvat
- Liite 4 KAB4:n suunnitelmakuvat
- Liite 5 SA1B1:n suunnitelmakuvat
- Liite 6 SA1B1:n valokaarisuojauksen periaatekuva

1 JOHDANTO

Tämä työ on tehty Yara Suomi Oy:n Siilinjärven toimipaikan kaivoksen sähkökunnossapidolle. Opinnäytetyön tekeminen Yaralle oli luonnollinen valinta, koska olin menossa kolmatta kertaa harjoitteluun sinne.

Yaran kaivoksella on neljä sellaista kojeistoa, joiden jonkin tasoinen uusiminen alkaa olla pian ajankohtaista. Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää neljän eri kojeiston elinkaartilanne ja ehdottaa Yaran kannalta järkevin ratkaisu 10 kV kojeistojen mahdolliseen uusimiseen tai saneeraukseen. Tarkasteltavissa kojeistoissa on käytössä vähäöljykatkaisijoita, joiden ongelma on ikääntyminen. Vähäöljykatkaisijoita ei myöskään enää valmisteta, joten niiden uusiminen ei tule kysymykseen. Kojeeistoista puutuu myös valokaarisuojaus, joka on erittäin tehokas ja tärkeä suojausmenetelmä. Suojareiden ikääntyminen alkaa myös tuoda omat ongelmansa. Tarkoituksena on selvittää, mikä ratkaisu tulee pitkällä aikavälillä järkevimmäksi; uusia koko kojeistot vai saneerata ne. Saneeraus käsittäisi ainakin valokaarisuojauksen lisäämisen sekä suojareiden päivityksen sekä mahdollisesti katkaisijoiden päivityksiä. Vaihtoehtoja mietittäessä on oltava usinnasta hintatietoa sen verran, että onko hinta tärkein tekijä. Tämän jälkeen tekniset kysymykset ajavat valintoja vahvasti tiettyyn suuntaan. Näiden neljän eri kojeiston osalta voidaan päätyä erilaisiin ratkaisuihin, lähtötilanne kojeistoissa on kuitenkin melko erilainen.

Työssä annetaan jokaiselle neljälle kojeistolle uusintaehdotus ja sille karkea kustannusarvio. Toimeksiantaja pystyy tätä arviota hyödyntämään, tehdessään päätöksiä tulevista investoinneista ja niiden ajankohdista.

2 YARA INTERNATIONAL ASA

2.1 Yara Suomi Oy

Yara Suomi Oy on Yara International ASAn tytäryhtiö, joka tarjoaa viljelijöille ja metsänomistajille kattavan lannoitevalikoiman. Yaralla on Suomessa neljä tuotantolaitosta: Uudessakaupungissa, Harjavallassa, Kokkolassa ja Siilinjärvellä. Yara työllistää Suomessa lähes 900 henkilöä. Suomessa Yara on toiminut tällä nimellä vuodesta 2008 Yaran ostettua Kemira GrowHow'n. (Yara Suomi Oy 2012.)

2.2 Yara Suomi Oy Siilinjärvi

Siilinjärven tehtaiden päätuotteet ovat lannoitteet ja fosforihapot. Siilinjärvellä työskentelee omaa henkilöstöä noin 350 ja tämän lisäksi päivittäin noin 150 yhteistyökumppaneiden työntekijää. Siilinjärven toimipaikan tuotanto on käynnistetty vuonna 1969. Siilinjärvellä toimiva fosfaattikaivos on Länsi-Euroopan ainoa ja avolouhoksena se on Suomen suurin. Kaivokseen kuuluu avolouhos, rikastamo, korjaamo sekä konttori. (Yara Suomi Oy 2012.)

3 KESKIJÄNNITEKOJEISTOT

Prosessiteollisuudessa käytettävien keskijännitekojeistojen nimellisjännitteet ovat 3 ja 24 kV välillä. Suomessa käytössä olevilla jakelujännitteillä keskijännitekojeistojen jännitteet ovat yleensä 6 kV, 10 kV tai 20 kV. Kaivoksella käytettävä pääjakelujännite on 10 kV. Teollisuudessa valitaan yleensä jakelujännitteeksi 10 kV, jos moottorikäytöt sitä vaativat. Kaivoksella on viisi moottoria, joiden nimellisjännite on 10 kV. Nämä viisi moottoria pyörittävät tanko- ja kuulamyllyjä, joita käytetään malmin jauhatuksessa. Yleensä vain yli 1,0 MW moottorit käyttävät näin suurta jännitettä ja myllyjen moottorit ovatkin nimellisteholtaan 1,7 MW.

3.1 Kojeistotyypit

Kojeistot voidaan ryhmitellä ulkokuoren materiaalinsa perusteella joko metallikuorisiin tai eristysainekuorisiin kojeistoihin. Valtaosa jakelukojeistoista on kuitenkin metallikuorisia, ja ne voidaan jakaa seuraaviin kolmeen ryhmään:

1) metallikoteloidut kojeistot (metal clad)

Näissä kokoojakiskosto, katkaisija ja lähdön komponentit ovat omassa tilassaan ja kaikkien kojetilojen seinät ovat maadoitettua metallia.

2) tilakoteloidut kojeistot (compartmented)

Näissä kokoojakiskosto, katkaisija ja lähdön komponentit ovat myös omassa tilassaan, mutta kojetilojen seinissä on käytetty eristeainetta.

3) kennokoteloidut kojeistot (cubicle)

Kennokoteloidussa kojeistossa on yhteinen kaapelipäätte- ja pääkojetila sekä kokoojakiskotila on erotettu sulkulevyllä tai työskentelysuojalla. (ABB 2000 - 2007.)

Jos kojeiston eristeaineena on pääasiallisesti ilma, puhutaan ilmaeristeisestä kojeistosta. Jos eristysaineena käytetään eristyskaasua, joka on korkeammassa paineessa kuin normaali ilmanpaine, puhutaan kaasueristeisestä kojeistosta. Kaivoksen kojeistot ovat kaikki ilmaeristeisiä. (ABB 2000 - 2007.)

Kojeistot voidaan jakaa kahteen eri ryhmään myös kalustustavan mukaan: ulosvedettäviin ja kiinteään kalustuksen kojeistoihin. Ulosvedettävissä malleissa kytkinlaite on liikuteltavassa vaunussa. Liikuteltavalla vaunulla saadaan luotettava avausväli. Kiinteään kalustuksen kojeistoissa katkaisijat ovat asennettuna kiinteästi kiskostoihin. (ABB 2000 - 2007.)

3.2 Kokoojakiskojärjestelmät

Kokoojakiskon tehtävä on jakaa kojeiston virrat mahdollisimman järkevällä tavalla. Kokoojakiskosta voidaan käyttää joko nimitystä pääkisko tai apukisko sen mukaan, liitytäänkö siihen katkaisijalla vai pelkällä erottimella. Katkaisijalla liitytään pääkiskoon ja erottimella apukiskoon. Kojeistoa suunniteltaessa on valittava aina jokin kiskojärjestelmä. Valintaa tehtäessä on mietittävä muun muassa seuraavia asioita:

- Mikä on senhetkinen ja tuleva tarve liittää kiskojärjestelmään muuntajia ja johtoja?
- Kuinka normaalit sekä poikkeukselliset kytkennät toteutetaan?
- Kuinka huolto- ja korjastyöt suoritetaan?
- Onko kuormitusten ryhmittelylle tarvetta ja kuinka se toteutetaan?
- Kuinka luotettava ja käytettävä kojeistosta halutaan?
- Kuinka mahdollinen kiskovika vaikuttaa sähkönjakeluun?
- Kuinka järjestelmä rakenteellisesti toteutetaan ja paljonko se vie tilaa?
- Kuinka paljon järjestelmän rakennuskustannukset ovat? (Elovaara & Laiho 1999, 305.)

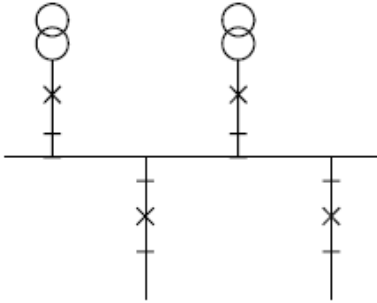
Kokoojakiskojärjestelmien perustyyppit ovat:

- kiskoton järjestelmä
- yksikiskojärjestelmä
- kisko-apukiskojärjestelmä
- kaksoiskiskojärjestelmä
- kaksoiskisko-apukiskojärjestelmä
- $1\frac{1}{2}$ -katkaisijajärjestelmä
- kaksikatkaisijajärjestelmä (duplex)
- rengaskiskojärjestelmä. (Elovaara & Laiho 1999, 305.)

Seuraavaksi on tarkemmin esitelty teollisuudessa ja etenkin Yrityksillä yleisimmin käytetyt kokoojakiskojärjestelmät. Kaivoksen 10 kV kojeistoissa on tällä hetkellä käytössä vain yksikisko- ja duplex-järjestelmät.

Yksikiskojärjestelmä

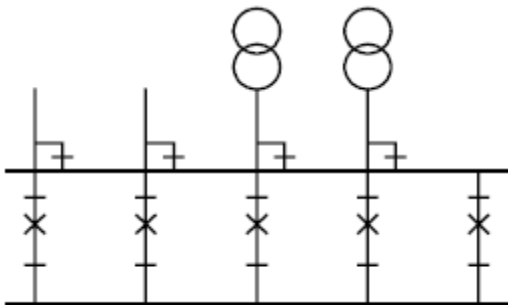
Yksikiskojärjestelmässä on nimensä mukaisesti vain yksi kisko. Tämä järjestelmä on halpa ja yksinkertainen, mutta samalla sen rajoitukset kiskostoon tehtäviin huoltoihin sekä kuormitusten ryhmittelyihin ovat suuret. Lisäämällä kiskostoon kiskokatkaisijoita voidaan tilannetta jonkin verran parantaa. Se onkin yleinen ja hyödyllinen lisäys yksikiskojärjestelmään. Kuva 1 esittää yksikiskojärjestelmää ilman kiskokatkaisijaa. (Elovaara & Laiho 1999, 305.)



KUVA 1. Yksikiskojärjestelmä (Rissanen 2010.)

Kisko-apukiskojärjestelmä

Kisko-apukiskojärjestelmän etu on, että siinä voidaan kiskokatkaisijan avulla korvata jokin muu katkaisija esimerkiksi huollon ajaksi. Tämä lyhentää käyttökeskeytyksiä, ja ne kestävät täten vain kytkentätoimenpiteen verran. Järjestelmä on yksikiskojärjestelmää paljon käyttövarmempi. Kuva 2 on periaatekuva kisko-apukiskojärjestelmästä. (Elovaara & Laiho 1999, 305.)

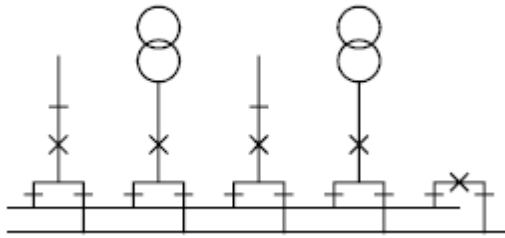


KUVA 2. Kisko-apukiskojärjestelmä (Rissanen 2010.)

Kaksikiskojärjestelmä

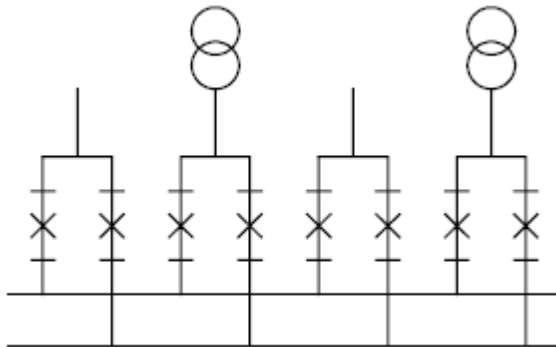
Kaksikiskojärjestelmässä on nimensä mukaisesti kaksi kiskoja, ja ne ovat molemmat saman katkaisijan takana. Kumpi tahansa kiskoista voidaan tehdä erottimilla jännit-

teettömäksi käytön aikana, mikä mahdollistaa huollon ilman käytön häiriintymistä. Järjestelmän huono puoli on, että katkaisijan huolto vaatii koko kentän ottamista jännitteettömäksi. Kuormituksia voidaan järjestellä tilapäisesti tai pysyvästi kahteen ryhmään. Tämä voi tulla kysymykseen, jos halutaan rajoittaa oikosulkutehoja tai pitää nykivä kuorma erillään normaalista kuormasta. Kuva 3 esittää kaksikiskojärjestelmän rakennetta. (Elovaara & Laiho 1999, 305.)



KUVA 3. Kaksikiskojärjestelmä (Rissanen 2010.)

Kaksikatkaisijajärjestelmä (dublex)



KUVA 4. Dublex-järjestelmä (Rissanen 2010.)

Dublex-järjestelmä (kuva 4) on erittäin varmakäyttöinen ja sen huoltojärjestelyt ovat todella helposti toteutettavissa. Toinen kisko voidaan tehdä käytön aikana jännitteettömäksi huoltoa varten ilman käytön katkeamista. Myös mikä tahansa katkaisija voidaan huoltaa käytön aikana. Dublex on kallis järjestelmä, koska esimerkiksi katkaisijoita ja mittamuuntajia tarvitaan lähes kaksinkertainen määrä. Suojaus on myös melko mutkikas toteuttaa. Hankintahintaa mietittäessä on kuitenkin muistettava, kuinka paljon dublex vähentää käyttökatoja ja niistä aiheutuvia tuotannon menetyksiä, jotka ovat teollisuudessa melko suuria. (Elovaara & Laiho 1999, 305.)

4 KESKIJÄNNITEKOJEET JA -KAAPELIT

4.1 Katkaisijat

Katkaisijoita käytetään sekä virtapiirin avaamiseen että sulkemiseen. Niiden ohjaus tapahtuu joko käsin tai automaattisesti esimerkiksi releen ohjaamana. Rele voi antaa automaattisen aukiohjauskäskyn esimerkiksi oikosulku- tai maasulkutilanteessa. Katkaisijoita voidaan ohjata myös kiinni automaattisesti. Tällöin kyseessä on jälleenkytkentäreleistys. Katkaisijat voivat sekä avata että sulkea oikosulkupiirin vaurioitumatta, vaikka kyseessä on moninkertainen virta katkaisijan nimellisvirtaan nähden. (Elovaara & Laiho 1999, 245.)

4.1.1 Katkaisutapahtuman pääpiirteet

Virtapiirin katkaisulle on normaalia, että virta ei katkea heti katkaisijan koskettimien avauduttua, vaan se jää kulkemaan vielä valokaaren kautta. Valokaarella on kuitenkin tärkeä tehtävä myös virran katkaisussa. Virran ollessa suuri johtaa valokaari virtaa hyvin. Tämä mahdollistaa koskettimien avautumisen niin etäälle toisistaan, että valokaaren sammuaessa avausväli kestää täyden jännitteen. Kun virta valokaareissa alkaa pienentyä, myös sen vastus kasvaa. Virran nollakohdassa valokaaren resistanssi kasvaa erittäin nopeasti. Tämä ilmiö tehostuu jos valokaarta vielä jäähdytetään, ja tällä tavoin valokaari muuttuukin nopeasti johteesta eristeeksi ja sammuu. (Elovaara & Laiho 1999, 246 - 247.)

4.1.2 Katkaisijarakenteet

Katkaisijat voidaan ryhmitellä valokaaren sammutusväliaineen perusteella seuraaviin ryhmiin:

- ilmakatkaisijat
- öljykatkaisijat
- vähäöljykatkaisijat
- paineilmakatkaisijat
- SF₆-katkaisijat
- tyhjökatkaisijat. (Elovaara & Laiho 1999, 250.)

Teollisuudessa keskijännitteillä eniten näistä käytetään vähäöljy-, SF₆- sekä tyhjökatkaisijoita. Tässä työssä perehdytään tarkemmin vain vähäöljy- ja tyhjökatkaisijoihin.

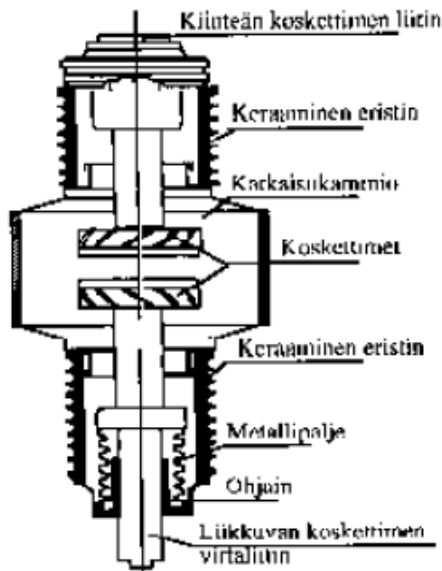
Vähäöljykatkaisija

Vähäöljykatkaisijoissa käytetään sammutusaineena erittäin pientä määrää öljyä. Valokaaren sammutus perustuu öljyn höyrystyessä syntyvään paineeseen ja siitä johtuvaan öljyn virtaukseen. Öljyn paine saattaa kohota jopa 10 MPa:iin saakka. Öljyn virtausta voidaan tehostaa pumppauslaitteilla sekä suuntaamalla öljyvirta joko valokaaren suuntaan tai poikittain. Vähäöljykatkaisijoita ohjataan jousimekanismin avulla ja ne virittyvät yleensä moottorin avulla. Kiinni- ja aukiohjaukselle on omat jousensa, ja aukiohjausjousi virittyy aina samalla, kun katkaisija ohjataan kiinni. Vähäöljykatkaisijoiden tyypillinen jännitealue on 7,2...123 kV. Vähäöljykatkaisijoita ei enää valmisteta ja niitä korvataan paljon SF₆- ja tyhjökatkaisijoilla. (Elovaara & Laiho 1999, 254.)

Tyhjökatkaisija

Tyhjökatkaisijat ovat rakenteeltaan hyvin yksinkertaisia. Niissä on vähän liikkuvia mekaanisia osia, ja niiden koskettimet eivät juuri kulu. Ne sopivat siis mainiosti kohteisiin, joissa katkaisutiheys on suuri. Tyhjökatkaisijoita käytetään enimmäkseen keskijännitteillä. (Aura & Tonteri 1993, 282.)

Tyhjökatkaisijan toiminta perustuu valokaaren katkaisukammiossa olevaan erittäin pieneen paineeseen, jossa ilman sähkölujuus on hyvä. Katkaisukammio imetään noin 10 - 12 Mpa:n tyhjööseen ja tällöin vaihtojännitelujuus on noin 40 kV. Tyhjökatkaisijan toiminnan ehdoton edellytys on, että katkaisukammiossa säilyy tyhjö. Tyhjökatkaisijassa on kaksi kosketinta, joista toinen on liikkuva ja sen liikerata on lyhyt, noin 16 mm. Katkaisuvalokaaren tyhjökatkaisijassa muodostaa elektrodeista höyrystynyt metalli. Virran ollessa alle 10 kA palaa valokaari liikkuen kosketinpinnoilla ja silloin koskettimet eivät juuri kulu. Mennessä 10 kA:n yli alkaa valokaari keskittyä tiettyyn kohtaan, minkä estämiseksi on syytä tehdä koskettimiin vinoja uria. Tällöin katkaisuvirran muodostaman magneettikentän ja valokaaren välinen voima pyörittää valokaarta kosketinvälissä eikä kosketin pääse kulumaan pelkästään yhdestä kohtaa. Kuva 5 esittää tyhjökatkaisijan katkaisukammiota sekä sen eri osia. (Aura & Tonteri 1993, 282.)



KUVA 5. Tyhjökatkaisijan katkaisukammio (Aura & Tonteri 1993, 282.)

4.1.3 Katkaisijan valinta

Katkaisijan valinnassa tärkeimmät sähköiset suureet ovat katkaisijan nimellisvirta, nimellisjännite, katkaisukyky ja sulkemiskyky. Nimellisvirta on virta, jonka katkaisija kestää kiinni ollessaan jatkuvasti kuormitettuna ja nimellisjännite sama kuin suurin sallittu käyttöjännite. Katkaisukyky ilmoittaa suurimman oikosulkuvirran, jonka katkaisija voi katkaista nimellisjännitteellään napaoikosulussa. Sulkemiskyky ilmoittaa kuinka suuren oikosulun omaavan piirin katkaisija pystyy sulkemaan. Tämän virran tulee olla noin 2,5-kertainen verrattuna symmetriseen katkaisuvirtaan. (Elovaara & Laiho 1999, 262.)

Kaikkien sähköisten ominaisuuksien lisäksi katkaisijan valinnassa on syytä ottaa huomioon, että katkaisija liittyy sähköisesti isompaan järjestelmään ja katkaisijan on täytettävä muitakin ehtoja vastatakseen tarkoitusta. Katkaisijan asennustapa tulee olla selvillä, koska voidaan esimerkiksi käyttää vaunukatkaisijoita, jolloin erillisiä erottimia ei lähtöön tarvita. Myös apukoskettimien määrä on hyvä tietää etukäteen muun muassa lukituksia ja asennonosoituksia varten. (Elovaara & Laiho 1999, 262-263.)

4.2 Erottimet

Erottimien kaksi päätehtävää teollisuudessa niin kuin muissakin sähköympäristöissä ovat muodostaa luotettava avausväli erotettavan virtapiirin ja muun laitoksen välille

sekä samalla tehdä laitoksen osa jännitteettömäksi turvallista työskentelyä varten. (Aura & Tonteri 1993, 285.)

Avausvälin on siis oltava erittäin luotettava näiden vaatimusten täyttämiseksi. Tämä tarkoittaa, että avausvälin on oltava näkyvä tai avausväli osoitetaan luotettavalla mekaanisella asennonosoituksella. Myös erottimen avausvälin jännitelujuus on oltava suurempi kuin muun eristyksen, eli esimerkiksi vaiheen ja maan välisen eristyksen. Kojeistoissa käytettäessä vaunukatkaisijoita, ei erillisiä erottimia tarvitse, koska veivattaessa katkaisija ulos kennostaan, syntyy luotettava erotus. (Elovaara & Laiho 1999, 263.)

Eroottimia ei ole tarkoitettu kuormitettujen virtapiirien avaamiseen eikä sulkemiseen. Se voikin olla erittäin vaarallista, ainakin jos virtapiiri on suuresti kuormitettu. Lyhyet kiskostot ja johdot voidaan vielä erottimella erottaa sekä katkaista muuntajan tyhjäkäyntivirta. Turvallisuussyistä erottimet täytyy pystyä lukitsemaan sekä auki- että kiinni asentoihin. Lukitseminen voi tapahtua joko sähköisesti tai mekaanisesti. Lukituksella voidaan estää esimerkiksi virrallisen erottimen aukiohjaus. Eroottimen on kiinni ollessaan kyettävä johtamaan normaalit kuormitusvirrat sekä oikosulkuvirrat. (Elovaara & Laiho 1999, 263.)

Oikein sijoitettuna erottimilla on helppo muuttaa kiskoston kytkentätilaa ja näin tehdä kiskoston joku osa jännitteettömäksi. Eroottimien auki- ja kiinniohjaus tapahtuu joko käsi-, paineilma- tai moottoriohjattuna. Kytkinlaitoksissa käytettävät erottimet voidaan jakaa kolmeen osaan:

- jännite-erottimet
- kuormanerotitimet
- varokekuormanerotitimet. (Aura & Tonteri 1993, 285.)

Jännite-erotin

Jännite-erottimia ei ole tarkoitettu muuhun kuin näkyvän avausvälin aikaansaamiseksi, eikä niillä siis ole virrankatkaisukykyä. Sisälle asennettavat jännite-erottimet on yleensä rakennettu valuhartsieristimien varaan. Koskettimien sivuille puristuu jousien voimasta molemmille puolille veitset erottimen ollessa kiinni-asennossa. (Monni 1998, 39.)

Kuormanerotin

Kuormanerotin on sekä kytkin että erotin samassa paketissa. Se pystyy siis myös katkaisemaan ja sulkemaan tietyn virran muttei kuitenkaan katkaisijan veroisesti. Voidaan myös sanoa, että kuormanerotin on katkaisijan ja erottimen välimuoto. Kuormanerotuksessa on kytkentäveitsien lisäksi vielä kipinäveitset sekä sammutuskammio. Kun kuormanerotin ohjataan auki, avautuvat pääveitset ensin ja virta alkaa kulkea kipinäveitsien kautta. Pian avautuvat myös kipinäveitset ja tämä synnyttää valokaaret sammutuskammioihin. Valokaaret kuitenkin sammuvat ennen kuin kipinäveitset ehtivät kokonaan ulos sammutuskammioista. Ohjattaessa kuormanerotin kiinni, sulkeutuvat pääveitset ensimmäisenä. (Monni 1998, 39.)

Jos katkaisijoiden määrää halutaan jossain vähentää, voidaan se tehdä sijoittamalla kuormanerotin oikein. Kuormanerotin vaaditaan muun muassa kuormitusvirran ($\cos\varphi = 0,7$) katkaisukykyä nimellisvirtaan saakka. (Aura & Tonteri 1993, 287.)

Varokekuormanerotin

Varokekuormanerotin on kuormanerotin täydennettynä vapaalaukaisulaitteella ja sulakkeilla. Jos yksikin sulake palaa, kuormanerotin ohjautuu laukaisulaitteiston ansiosta auki ja tästä seuraa kuormanerotin kaikkien napojen erottaminen. Erotuksessa on vielä estolaite, joka estää kiinniohjaamisen, jos yksikin palanut sulake on vaihtamatta. Varokekuormanerotinta käytetään katkaisijan korvaavana kytkinlaitteena sekä oikosulkusuojana esimerkiksi ennen muuntajaa. (Monni 1998, 39.)

4.3 Mittamuuntajat

Mittamuuntajat ovat erikoisrakenteisia muuntajia, joita käytetään virran tai jännitteen mittaukseen. Mittamuuntajien tehtävä on:

- muuntaa ensiöpiirin jännite- tai virta-arvo toisiopiiriin laitteille, eli mittareille ja releille sopivaksi
 - erottaa mittaussiipi päävirtapiiristä
 - suojata mittaussiipiä ylikuormittumiselta
 - mahdollistaa mittareiden sijoituksen kauemmaksi mitattavasta kohteesta
- (Aura & Tonteri 1993, 297)

Idealisella muuntajalla impedanssit ovat nollija ja raudan permeanssi on ääretön. Permeanssi tarkoittaa raudan magneettista johtavuutta. Todellisuudessa raudan

permeanssi ei ole ääretön, ja tämän vuoksi syntyy aina magnetoimisvirta. Se aiheuttaa virtamuuntajaan virtavirheen, jonka suuruus riippuu mitattavasta virrasta sekä virtamuuntajan toisiokuormasta. Muuntajien impedanssit taas aiheuttavat jännitehäviöitä, jotka aiheuttavat jännitemuuntajien virhettä. (Mörsky 1992, 85.)

Mittamuuntajien ominaisuuksia voidaan tutkia sovelletulla muuntajan sijaiskytkennällä. Näissä sijaiskytkennöissä virtamuuntajan toisiokäämi on lähes oikosulussa kun taas jännitemuuntajan toisiokäämi on lähes tyhjäkäynnissä. (Elovaara & Laiho 1999, 271.)

4.3.1 Jännitemuuntajat

Jännitemuuntajien ensisijainen tarkoitus on muuntaa ensiöpiirin jännite toisiopiirin kojeille sopivaksi ja samalla eristää piirit toisistaan. Jännitemuuntaja syöttää muunnettua jännitettä mittareille ja releille. (ABB 2000 - 2007.)

Jännitemuuntajilla on monia vaatimuksia, joita on esitetty useissa standardeissa. Standardi IEC 60044-2 (1997) määrittelee jännitemuuntajien tärkeimmiksi teknisiksi arvoiksi seuraavat:

- eristystaso
- mitoitustaajuus
- mitoitusensiöjännite U_{pn}
- mitoitusjännitekerroin
- mitoitustoisiojännite U_{sn}
- mitoitustaakka S_n
- tarkkuusluokka. (ABB 2000 - 2007.)

Mitoitusensiöjännite U_{pn} riippuu siitä kytketäänkö jännitemuuntaja 3-vaihe verkossa kahden vaiheen väliin vai maan ja vaiheen väliin. Kahden vaiheen väliin kytkettäessä kyseessä on pääjännite, esimerkiksi 10000 V. Maan ja vaiheen väliin kytkettäessä mitoitusensiöjännite on täten $10000:\sqrt{3}$ V. (ABB 2000 - 2007.)

Mitoitusjännitekertoimen ja mitoitusensiöjännitteen tulo kertoo suurimman ensiöjännitteen, jonka jännitemuuntaja kestää termisesti tietyn ajan. Tänä aikana muuntajan lämpötila ei saa ylittää sallittua arvoa eikä mittaustarkkuus saa heikentyä enemmän kuin normaalisti. Verkon maadoitus ja ensiökäämin kytkentätapa verkkoon vaikuttavat eniten jännitekertoimen suuruuteen. (ABB 2000 - 2007.)

Jännitemuuntajassa voi olla samalla sydämellä joko yksi tai kaksi toisiokäämiä. Mittauskäämiä voidaan käyttää vain mittaukseen, suojauskäämiä sekä suojaukseen,

että mittaukseen ja avokolmiokäämiä pelkästään maasulkusuojaukseen.(ABB 2000 - 2007.)



KUVA 6. Jännitemuuntajia ja suurjänniteputkivarokkeita SA1B1:ssä (Sami Suhonen 2012)

Suomessa käytetään keskijännitteillä jännitemuuntajien mitoitustoisiojännitteenä 100 V:a, jos jännitemuuntaja on kytketty kahden vaiheen väliin tai verkon tähtipisteen ja maan väliin. 200 V:n mitoitustoisiojännitettä käytetään vain, kun ensiöjännite on yli 220 kV:a. Jos jännitemuuntaja kytketään vaiheen ja maan väliin, on suositeltava mitoitustoisiojännite yleensä $100:\sqrt{3}$ V ja avokolmiokäämille $100:3$ V. Esimerkiksi merkintä "10 000: $\sqrt{3}$ / 100: $\sqrt{3}$ / 100:3 V" jännitemuuntajassa tarkoittaa, että ensiökäämi on kytketty maan ja vaiheen väliin ja toisiopuolella on mittaus- sekä avokolmiokäämi. Kuvan 6 alareunassa on kolme jännitemuuntajaa ja kuvan keskivaiheilla suurjänniteputkivarokkeita.(Elovaara & Laiho 1999, 281.)

Jännitemuuntajan mitoitustaakka muodostuu mittareiden ja releiden aiheuttamasta kuormasta nimellistoisiojännitteellä. Mitoitustaakka tarkoittaa suurinta kuormitusta, jolla jännitemuuntaja pysyy tarkkuusluokassaan. Nimellistaakkojen standardoituja

arvoja ovat 10, 15, 25, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400 ja 500 VA. Näistä alleviivatut ovat suositeltuja nimellistaakkoja. (ABB 2000 - 2007.)

Tarkkuusluokat määräytyvät mittaus- ja suojauskäämeillä eri perustein. Mittaus vaatii tarkempaa mittausta kuin suojaus. Molemmilla käämeillä tarkkuusluokkaan vaikuttavat kuitenkin sekä jännite- että kulmavirheet. Jännitevirhe lasketaan toisiojännitteen sekä toisioon redusoidun ensiöjännitteen avulla seuraavan kaavan mukaisesti:

$$f_u = \frac{u_2 - u'_1}{u'_1} * 100 \%$$

jossa f_u on jännitevirhe prosentteina, u_2 toisiojännite ja u'_1 toisioon redusoitu ensiöjännite. Kulmavirhe taas ilmoittaa ensiö- ja toisiojännitteen välisen kulmaeron. Jos kulmavirhe on positiivinen, on toisiojännitteen osoitin ensiöjännitteen osoitinta edellä. (Mörsky 1992, 90.)

Mittauskäämeille sallitut virheiden maksimiarvot on esitelty taulukossa 1 ja suojaus- ja avokolmiokäämeille sallitut virheiden maksimiarvot taulukossa 2.

TAULUKKO 1. Mittausjännitemuuntajien jännite- ja kulmavirheiden rajat (ABB 2000-2007.)

Tarkkuusluokka	Jännitevirhe ± %	Kulmavirhe ± min
0.1	0,1	5
0.2	0,2	10
0.5	0,5	20
1	1,0	40
3	3,0	-

TAULUKKO 2. Suojausjännitemuuntajien jännite- ja kulmavirheiden rajat (ABB 2000 - 2007.)

Tarkkuusluokka	Jännitevirhe ± %	Kulmavirhe ± min
3P	3,0	120
6P	6,0	240

Kippivärähtely on resonanssivärähtelyä, joka voi syntyä yksinapaisesti maadoitetun induktiivisen jännitemuuntajan sekä verkon kapasitanssien välille. Värähtely alkaa yleensä jonkin kytkentätoimenpiteen seurauksena ja häviää, kun kuormaa kytketään

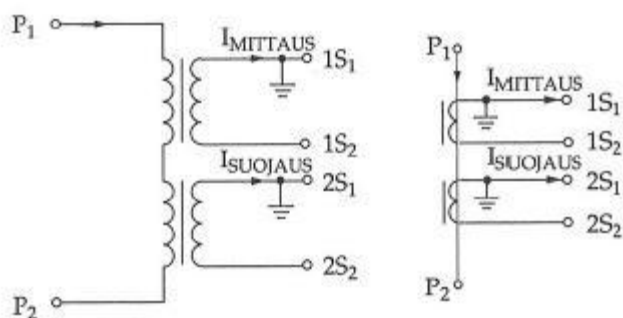
lisää. Kippivärähtelylle on ominaista, että vaihejännitteet vääristyvät voimakkaasti mutta pääjännitteet pysyvät normaaleina eli sinimuotoisina. Värähtelystä voi seurata laitoksen pitkäaikainen ylijännite ja jännitemuuntajan tuhoutuminen termisen ylikuormituksen takia. (ABB 2000 - 2007.)

Avokolmioon liitettyä vaimennusvastusta käytetään yleisimmin kippivärähtelyn vaimentamiseen. Mitoitettaessa vaimennusvastusta on pidettävä huolta, ettei maasulkutilanteessa ylitetä jännitemuuntajan termistä kuormitettavuutta. Vastuksen suuruus riippuu enimmäkseen rautasydämen rautamäärästä. (Mörsky 1992, 95.)

4.3.2 Virtamuuntajat

Virtamuuntaja eroaa normaalista muuntajasta siten, että sen ensiövirta riippuu ulkopuolisen kuorman ottamasta virrasta eikä toisiopuolen kuormitusvirrasta, mikä on tilanne normaalilla muuntajalla. Virtamuuntajia valmistetaan jännitemuuntajien lailla sekä mittaus- että suojaustarkoituksiin. Virtamuuntajan tehtävänä on muuntaa mitattavan piirin suojauksessa, mittauksessa ja valvonnassa tarvittava virta mittareille ja releille sopivaksi virraksi. Virtamuuntajan tulee myös eristää ensiö- ja toisiopiiri toisistaan. (Monni 1998, 42.)

Virran mittauksesta tekee jännitteen mittaukselta vaikeampaa se, että virta vaihtelee paljon enemmän kuin jännite. Normaali kuormitusvirta ja vikavirta voivat poiketa toisistaan kymmen- tai jopa satakertaisesti. Vikatilanteen ja normaalitilanteen jännitteiden suhde on taas usein alle yhden. Virran mittaukselta vaikeuttaa myös vikavirtojen tasakomponentti. (Mörsky 1992, 101.)



KUVIO 1. Virtamuuntaja, jossa erilliset mittaus- ja suojaussydämet, vasemmalle kytkentä, oikealla piirrosmerkki (Mörsky 1992, 101.)

Toisin kuin jännitemuuntajalla, virtamuuntajalla on yleensä kaksi sydäntä. Mittaus ja suojaus tarvitsevat erillisen sydämen, koska niiden vaatimukset ovat erilaisia. Muilta

osin virtamuuntaja on fyysisesti yhtenäinen kokonaisuus. Kuviossa 1 näkyvät erilliset mittaus- ja suojaussydämet, sekä kytkentänä että piirrosmerkkinä. (Mörsky 1992, 102.)

Virtamuuntajilla on monia vaatimuksia, joita on esitetty useissa standardeissa. Standardi IEC 60044-1 (1996) määrittelee virtamuuntajien tärkeimmiksi teknisiksi arvoiksi seuraavat:

- terminen (lyhytaikainen) mitoitusvirta I_{th}
- dynaaminen mitoitusvirta I_{dyn}
- eristystaso
- nimellisjännite
- mitoitustaajuus
- mitoitusensiövirta I_{pn}
- virta-alueen laajennuskerroin (ext %)
- mitoitustoisiovirta I_{Sn}
- mitoitustaakka S_n
- tarkkuusluokka
- mittarivarmuuskerroin F_s tai tarkkuusrajakerroin. (ABB 2000 - 2007.)

Terminen mitoitusvirta on suurin virran tehollisarvo ensiökäämissä, jonka virtamuuntaja kestää yhden sekunnin ajan vahingoittumatta toisiokäämit oikosuljettuna. Dynaaminen mitoitusvirta on suurin virta ensiökäämissä, jonka aiheuttamat voimat virtamuuntaja kestää vahingoittumatta (toisiokäämit oikosuljettuna). Dynaaminen mitoitusvirta on normaalisti 2,5-kertainen termiseen mitoitusvirtaan nähden. Virtamuuntajan standardoidut mitoitusensiövirrat ovat 10, 12.5, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60 ja 75 A sekä näiden kymmenpotenssikerrannaiset. Suositellut arvot on alleviivattu. Virtamuuntaja voi olla myös mitoitettu kahdelle eri ensiövirralle, jolloin virta-arvot merkitään esim 10 – 20 A. Tällöin virtamuuntajassa on vaihtokytkin virran valitsemiselle. Virtamuuntajan ensiövirtaa ei kannata valita liian suureksi vaan pysyä normaalin kuormitusvirran tuntumassa. Tämä varmistaa, ettei mittareiden ja releiden herkkyyds tuota ongelmia. (Mörsky 1992, 105 - 107.)

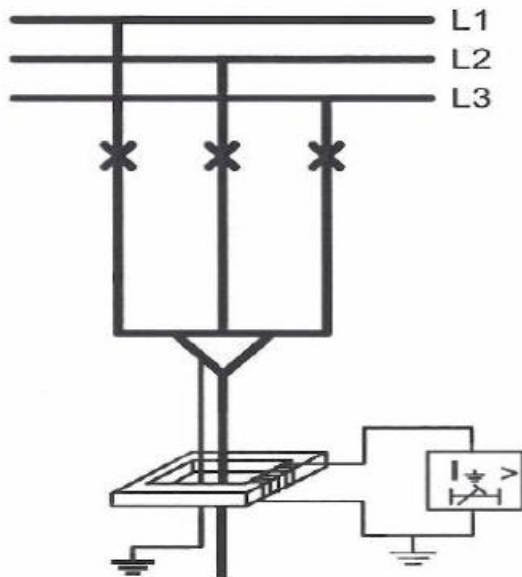
Mitoitustoisiovirran standardoidut arvot ovat 1, 2 ja 5 A, joista 1 A ja 5 A ovat suositeltuja arvoja. Pitkillä toisiopiireillä käytetään toisiovirtana 1 A:a, koska 5 A nostaisi toisiokaapelin kuluttamaa tehoa turhan suureksi. Lyhyillä toisiopiireillä käytetään taas 5 A:a, jotta oikosulkutilanteessa ylijännitteet eivät nouse toisiopuolella liian suuriksi. Mitä suurempi toisiovirta on, sitä pienemmäksi nämä jännitteet jäävät. (Mörsky 1992, 106.)

5 A toisiovirta on enimmäkseen käytössä vanhoilla sähkömekaanisilla releillä ja paljolti myös staattisilla releillä, koska niiden virranmittaus ei ole yhtä herkkä kuin nyky-

releillä. Nykyisin toisiovirta on enimmäkseen 1 A, koska nykyiset numeeriset releet mittaavat virtaa mA:n tarkkuudella, jolloin 5 A toisiovirran käytölle ei ole tarvetta. Lisäksi relekoestuksissa ei tarvita niin suuria virtoja 1 A:n toisiolla kuin 5 A:lla. Esimerkiksi I>> porrasettelu $10 \times I_n$ vaatii 1 A:lla 10 A:n syöttövirtaa, kun taas 5 A:lla pitäisi syöttää 50 A.

Mitoitustaakka tarkoittaa suurinta kuormitusimpedanssia, jolla virtamuuntajaa voidaan kuormittaa siten, että se pysyy myös tarkkuusluokassaan. Mitoitustaakka on tapana ilmoittaa näennäistehona, joka on siis impedanssin ja mitoitustoisiovirran neliön tulo. Standardoituja mitoitustaakan arvoja ovat 2.5, 5, 10, 15 ja 30 VA. (ABB 2000 - 2007.)

Kaapelivirtamuuntajat eroavat normaaleista virtamuuntajista siten, että niiden tarkoitus on valvoa vain maasulkuvirtaa. Ne pystyvät mittaamaan todella pieniä maasulkuvirtoja millä tahansa nimellisvirroilla. Kaapelivirtamuuntajia käytetään yleensä maasta erotetuissa verkoissa. Siellä niitä suositellaankin käytettäväksi aina, kun halutaan mitata maasulkuvirtoja. Kojeistojen kaapelilähdöissä on kaapeleiden nollavirran mitaukseen kätevä käyttää kaapelivirtamuuntajia. Kaapelivirtamuuntajien kuormitettavuus ei ole suuri, mutta pieni-impedanssisten numeeristen releiden kanssa siitä ei ole haittaa. Toisin kuin normaaleilla virtamuuntajilla, kaapelivirtamuuntaja mitoitetaan maasulkuvirran eikä normaalin kuormitusvirran mukaan. Kaapelivirtamuuntajien läpi viedään kaikki vaiheet sekä suojajohdin kuvion 2 mukaisesti. (Mörsky 1993, 126.)



KUVIO 2. Kaapelivirtamuuntaja

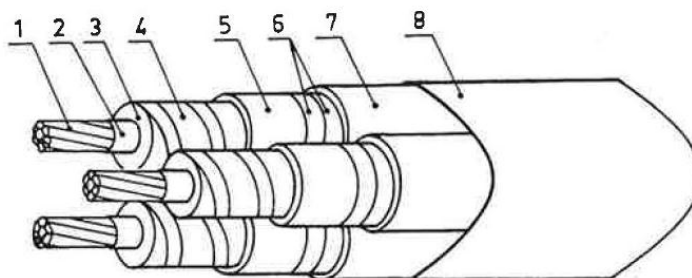
4.4 Keskijännitekaapelit

Voimakaapeli on johto, jonka vaipan sisällä on yksi tai useampi johdin. Vaippa on tehty kestäväksi kosteutta, mekaanisia kolhuja ja korroosiota. Suomessa käytetään vaihtosähkön siirtoon kaapeleita jopa 110 kV:iin saakka. Nykyiset muovieristeiset kaapelit ovat syrjäyttäneet paperieristeiset kaapelit, joiden valmistus lopetettiin 1980-luvulla. (Elovaara & Laiho 1999, 373.)

Kaapeli voi koostua johtimista, johdinsuojasta, johdineristyksestä, hohtosuojasta, kosketussuojasta sekä vaipasta, armeerauksesta ja korroosiosuojasta. Johtimien poikkipinnat ovat välillä 25...800 mm². Suurjännitekaapelit sekä suuremmat poikkipinnat ovat lähes aina alumiinia, johtuen sen halvemmasta hinnasta sekä keveydestä kupariin nähden. Kaivoksella eniten käytetyt keskijännitekaapelityypit on esitelty seuraavana. (Elovaara & Laiho 1999, 373.)

APYAKMM

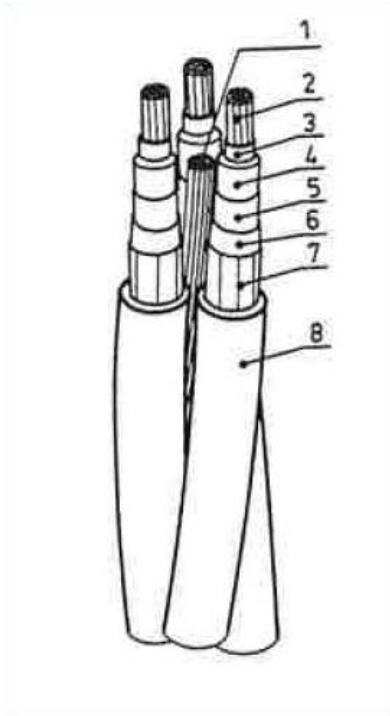
APYAKMM on paperieristeinen, alumiinijohtiminen ja alumiinivaippainen voimakaapeli. Sitä on käytössä kaivoksen sähkönjakelussa useita kilometrejä, vaikkei sitä ole valmistettu noin 30 vuoteen. Tarkasteltavien kojeistojen lähdeissä tämä on yleisin kaapelityyppi.



KUVA 7. 3-johtiminen APYAKMM-kaapeli, 1) alumiininen virtajohdin 2) nopipaperikerros 3) paperieristys 4) hohtosuoja 5) alumiinivaippa 6) korroosiosuojakerrokset 7) polyeteenivaippa 8) polyeteenivaippa (Elovaara & Laiho 1999, 376.)

AHXAMK-W

Alumiinivoimakaapeli AHXAMK-W, kutsumanimeltään ”viski”, on tarkoitettu kiinteään ulkoasennukseen. Se on kolmijohtiminen, PEX-eristeinen ja vesitiivis maakaapeli. Sillä ei ole erillistä kokoonpuristuvaa ulkovaippaa, koska se on tarkoitettu asennettavaksi maahan. Maan puristus tarvittaessa vastustaa dynaamisia oikosulkuvirtoja. Kaapelissa on puolijohtava nauha, joka paisuu joutuessaan tekemisiin veden kanssa. Tällä tavoin estetään veden pitkäaikainen eteneminen kaapelissa. AHXAMK-W:tä käytetään paljon paperieristeisen APYAKMM:n korvaavana kaapelina. (Reka 2012.)



KUVA 8. AHXAMK-W (Elovaara & Laiho 1999, 378.)

AHXCMK-WTC

Tämä ”teollisuus viskiksi” kutsuttu alumiinivoimakaapeli on tarkoitettu kiinteään sisä- ja ulkoasennukseen. Se eroaa AHXAMK-W:stä siten, että sen kaikki hohtosuojatut johtimet on ensin kerrattu yhteen, ja vasta sitten hohtosuojatut johtimet ympäröi yhteinen kosketussuoja sekä vaippa. Se siis muistuttaa enemmän perinteistä kaapelirakennetta kuin AHXAMK-W. (Reka 2012)

5 RELESUOJAUS

Sähköverkoissa on useita eri vikatilanteita, kuten oikosulkuja, maasulkuja, ylikuormituksia, yli- ja alijännitteitä. Näitä varten kytkinlaitokset on jotenkin suojattava ja suojaus tapahtuu suojuhareiden avulla. Releet tarkkailevat sähköverkon tilaa ja suorittavat kytkentöjä automaattisesti. Releet ovat kuitenkin vain osa tätä suojausta, ja suojaus tarvitsee myös toimiakseen myös mittamuuntajia, katkaisijoita, apuenergiälähteitä, hälytys- ja raportointikeskuksia sekä mittaus-, laukaisu- ja tiedonsiirtoyhteyksiä. (Mörsky 1993, 15.)

5.1 Relesuojauksen vaatimukset

Relesuojauksen on oltava selektiivistä, jotta terve osa verkosta jäisi releen toimimisen jälkeen jännitteelliseksi. Suojauksen on myös toimittava niin nopeasti, että sähkölaitteisto ei suuremmin kärsi ja ihmisille ei aiheudu vaaraa. Releiden täytyy suojata aukottomasti koko järjestelmä ja suojauksessa on pyrittävä mahdollisimman yksinkertaisiin ratkaisuihin. Relesuojauksen on parannettava käyttövarmuutta. Relesuojaus on myös voitava koestaa paikalla, jotta suojauksen toimiminen voidaan aina tarvittaessa todeta. (Mörsky 1993, 15.)

5.2 Selektiivisyys

Suojareleet ja katkaisijat, joita ne ohjaavat, muodostavat yhdessä suoja-alueita. Näitä voivat olla johdot, generaattorit, muuntajat tai moottorit. Jos suoja-alueet peittävät osaksi toisiaan, puhutaan aukottomasta suojauksesta. Jos suoja-alue kattaa pelkästään oman alueensa viat, puhutaan absoluuttisesti selektiivisestä suojauksesta. Selektiivisyys voi perustua joko aikaan tai virtaan. Selektiivisyys tarkoittaa sitä, että rele havaitsee vian ja toimii, kun vika on sen omalla alueella, mutta ei toimi, jos vika on muualla tai vikaa ei ole. Relesuojauksen yksi tärkeimmistä ominaisuuksista on rajata vika-alue mahdollisimman pieneksi. (Mörsky 1993, 15.)

5.4 Tärkeimmät suojarelelajit

Releet toimivat jonkin sähkövirtapiirissä tapahtuvan muutoksen vaikutuksesta. Rele havahtuu, kun suure, jota rele tarkkailee, sivuuttaa releen asetteluarvon. Rele toimii asetellun ajan kuluttua ja sen jälkeen antaa kytkentäkäskyn. Toiminta-ajaksi nimitetään sitä aikaa, joka kestää havahtumisesta kytkemiseen. Tärkeimmät suojarelelajit ovat:

- ylivirtareleet
- yli- ja alijännitereleet
- taajuusreleet
- tehoreleet
- suuntareleet
- epäsymmetriareleet
- vertoreleet (esimerkiksi differentiaalirele)
- distanssireleet
- aikareleet. (Mörsky 1993, 19-21.)

5.4.1 Ylivirtareleet

Ylivirtareleet suojaavat ylikuormitus- ja oikosulkutilanteilta. Ne voivat olla hetkellisiä ylivirtareleitä, vakioaikaylivirtareleitä, käänteisaikaylivirtareleitä tai lämpöreleitä. Hetkellinen ylivirtarele toimii heti virran ylittäessä releen asettelun. Vakioaikaylivirtarele on käytännössä aikareleen ja hetkellisen ylivirtareleen yhdistelmä, ja se toimii releeseen määritellyn ajan jälkeen. Toimintoaika ei siis riipu ylivirran suuruudesta. Hetkellisiä ylivirtareleitä ja vakioaikaylivirtareleitä käytetään enimmäkseen oikosulkusuojauksessa. Niiden asettelut tulee asettaa paljon nimellisvirtaa korkeammiksi, jotta ne eivät toimisi normaalien kuormituspiikkien yhteydessä. (Mörsky 1993, 35-37.)

Käänteisaikaylivirtarele toimii sitä nopeammin, mitä suurempi ylivirta on. Lämpörele tarkkailee kuormitusvirtaa ja päättää siitä suojatun kohteen lämpötilan ja toimii lämpötilan ylittäessä asettelun. Lämpöreleitä käytetään lähinnä generaattoreiden ja moottoreiden suojauksessa. (Mörsky 1993, 35-37.)

Suojauksen kannalta kojeistossa sattuvat viat ovat johtovikoja, jos ne sattuvat virtamuuntajista katsottuna johdon puolella, ja kiskovikoja, jos kiskon puolella. Teollisuuden keskijänniteverkoissa on selkeintä käyttää kiskosuojana ylivirtarelettä, koska tehon suunta on ennalta määrätty. Jokainen johtolähtö varustetaan myös ylivirtareleellä. Oikosulun tapahtuessa kiskossa toimii syöttävän katkaisijan ylivirtarele. Vian tapahtuessa johtolähtöjen puolella johtolähtöjen releiden havahduttua lukitaan syöttävän katkaisijan hetkellislaukaisu 100ms ajaksi. Jos johtolähdön katkaisija ei jostain

syystä tässä ajassa toimi, on varasuojana sitten tämä syöttökatkasijan viivästetty laukaisu. (Mörsky 1993, 207-212.)

5.4.2 Yli- ja alijännitereleet

Ylijänniterele toimii silloin, kun jännite ylittää sille asetetun arvon. Ylijännitereleitä käytetään enimmäkseen maasulkujen havaitsemiseen ja usein aikahidastettuina. Verkon nollajännitteen U_0 valvontaan käytetään yleensä vakioaikaylijänniterelettä ja sitä kutsutaan silloin nollajännitereleeksi. Sen havahtumisarvo on aseteltava riittävän pieneksi, jotta se havaitsisi myös suuriresistanssiset maasulut. (Mörsky 1993, 39.)

Alijänniterele toimii jännitteen alittaessa sille asetetun arvon. Alijännitereleitä käytetään joko kiskojännitteiden valvontaan ja etenkin suurten moottorien suojaukseen. Moottorien suojauksessa alijänniterele kytkee moottorin pois verkosta, jos jännite uhkaa laskea niin alas, että moottori pysähtyisi. Jos moottori jäisi kytketyksi ja jännite palaisi, syntyisi lähes oikosulkuvirtaa vastaava sysäysvirta. (Mörsky 1993, 38.)

5.4.3 Suuntareleet

Suuntareleet mittaavat jännitteen ja virran hetkellisarvoja suojattavasta kohteesta. Maasulun suuntarele mittaa hetkellisarvoja sekä nollajännitteestä että –virrasta. Maasulun suuntareleessä on muokkauselin, jossa se muodostaa mitattujen nollajännitteen ja –virran sekä niiden välisen vaihekulman suuruuteen verrannolliset suureet. Rele havahtuu, kun nollajännite ja –virta kasvavat asetellun suuruisiksi tai suuremmiksi ja tämän lisäksi nollajännitteen ja –virran välinen vaihekulma on toiminta-alueellaan. (Mörsky 1993, 40.)

5.4.5 Vertoreleet

Vertoreleet vertaavat suoja-alueidensa päissä mittaamia suureita. Vertailtavat suu-reet voivat olla itseisarvoja, vaihekulmia tai esimerkiksi virtojen suuntia. Vertoreleet soveltuvat suojaamaan muuntajia, generaattoreita, johtoja sekä kiskostoja. Jos vertorele ei käytä apujohtoyhteyksiä, sitä kutsutaan differentiaalireleeksi. Differentiaalisoijat ovat erittäin nopeita oikosulkusuojia. (Mörsky 1993, 46-49.)

Näiden lisäksi käytetään paljon apureleitä edellä mainittujen releiden täydentämiseksi. Apureleiden koskettimet toimivat varsinaisen releen koskettimien toimittua.

5.5 Suojareleistyksen toteutus

Kaikki edellä luetellut suojarelelajit voidaan toteuttaa sähkömekaniikan keinoin (sähkömekaaniset releet), elektroniikan avulla (sähköstaattiset releet) tai prosessorityyp-
pisesti (numeeriset releet). (Mörsky 1993, 21.)

5.5.1 Sähkömekaaniset releet

Sähkömekaaniset releet ovat vanhimpia suojareleitä ja saaneet nimensä siitä, että ne sisältävät liikkuvia osia. Sähkömekaaniset releet saavat kaiken tarvitsemansa energian mittamuuntajilta. Mekaaniset releet toimivat samalla periaatteella kuin mittarit: ne mittaavat sähkösuureen tehollisarvoja. Mekaanisissa releissä liikkuvat osat ovat hitaita eivätkä releet kykene mittaamaan vaihtosuureiden hetkellisarvoja. Toisaalta ne ovat kestäviä ja säännöllisesti huollettuna suhteellisen tarkkoja. Sähkömekaanisia releitä ei juuri enää valmisteta, mutta niitä on vielä runsaasti käytössä. (Mörsky 1993, 22.)

5.5.2 Sähköstaattiset releet

Staattiset eli elektroniset releet tulivat markkinoille 1960-luvun loppupuolella. Staattisissa releissä on käytetty yksittäisiä puolijohdekomponentteja sekä mikropiirejä. Toisin kuin mekaaniset releet, ne tarvitsevat apuenergiaa ja ottavat sen erillisestä apusähköliitännästä. Tämä on yleensä toteutettu erillisillä akustoilla, kojeistokohtaisilla tai keskitetyillä. Staattinen rele liitetään mittamuuntajan toisiopiiriin sovitusmuuntajan kautta, joka muuttaa virta- ja jännitesuureet elektroniikalle sopiviksi. Sovitusmuuntaja myös suojaa elektroniikkaa ylivirtojen ja -jännitteiden aiheuttamilta termisiltä ja dy-

naamisilta rasiuksilta. Sovitusmuuntaja estää myös häiriöiden pääsyn releelle, koska se muodostaa galvaanisen erotuksen mittauspiirin ja elektroniikan välille. Releeseen voidaan elektroniikkaa soveltamalla koota useita eri suojaustoimintoja. Kaivoksen vanhimmat suojarahleet ovat sähköstaattisia. (Mörsky 1993, 24 - 25.)

5.5.3 Numeeriset releet

Mikroprosessoritekniikan kehittyminen mahdollisti sen, että sitä alettiin hyödyntää myös suojarahleissa. Näin syntyivät mikroprosessorireleet eli numeeriset releet jotka tulivat markkinoille 1980-luvun lopulla. Numeerisissa releissa on käytössä sarjamuotoinen tietoliikenneväylä, joka mahdollistaa kaksisuuntaisen tiedonkulun. Rele voi lähettää mittaus-, tila- ja asetteluarvoja ylemmän tason automaatiojärjestelmään, ja sitä voidaan myös ohjata sieltä. Järjestelmästä voidaan muun muassa muuttaa releen asetteluarvoja, antaa kiinni- ja aukiohjauskäskyjä sekä tehdä kaukokuittauksia. Suojarahle toimii siis myös tiedonkeruuyksikkönä.

Numeerisen releen tunnusomaisin piirre on sen itsevalvontatoiminto. Rele siis valvoo omaa toimintakuntoaan eikä myös pysty aiheuttamaan virhetoimintaa. Numeeristen releiden monipuolisuuden vuoksi puhutaan usein kennoterminaaleista. Nykyaikaiset kennoterminaalit alkavat olla melko monimutkaisia, mikä tuo haastetta niiden käyttäjille ja kunnossapitäjille. (Mörsky 1993, 26 – 35.)

6 KAIVOKSEN SÄHKÖVERKKO

Kaivoksen sähköverkko on maasta erotettu teollisuusverkko. Valtakunnan verkkoon liittyminen tehdään SA1 pääsähköasemalla 40 MVA päämuuntajalla. Sen muuntosuhde on 110/10 kV. Päämuuntajan toisiojännitettä säädetään automaattisesti käämikytkimellä, jotta toisiojännite pysyisi mahdollisimman lähellä aseteltua jännitetasoa. Päämuuntaja syöttää kaivoksen pääkojeistoa SA1B11, joka jakelee sähkön eteenpäin seuraaville kojeistoille. Jakelujännite kaivoksella on 10 kV ja muita käytettäviä jänniteportaita ovat 690 V ja 400 V. Kaivoksen ja tehtaan puolen voimalaitoksen välillä on myös avolinjalla toteutettu varayhteys, jota voidaan hyödyntää valtakunnan verkon tai päämuuntajan ollessa syystä tai toisesta kylmänä. 1. liitteenä on kaivoksen 10 kV pääkaavio, johon on ympyröity tässä työssä tarkasteltavat kojeistot.

Kaivoksella on käytössä metsoDNA –automaatiojärjestelmä, joka mahdollistaa muun muassa sähkönjakelun automatisointia, ohjausta sekä tiedonkeruuta. Kaivoksen kenttäväylien siirtoteinä käytetään suojattua parikierrettyä kuparikaapelia sekä valokuitua. Kenttäväylän protokollana on Profibus DP. Valokuituverkon rakenne on rengasmainen. Kaivoksen 10 kV suojareleistä vain myllyjen ja SA1B1:n kondensaattorin releitä voidaan ohjata tästä automaatiojärjestelmästä. Muita 10 kV suojareleitä ohjataan paikallisesti. Myllyjen moottoreiden katkaisijoita voidaan ohjata auki sekä kiinni rikastamon ohjaamosta. Kondensaattoria taas ohjataan tehtaan puolen voimalaitoksesta, kompensoinnin tarpeen mukaan.

7 KOJEISTOJEN NYKYTILA

7.1 SA1B1

SA1B1 on Sähkölähteenmäki Oy:n valmistama ilmaeristeinen vaunukatkaisijakojeisto. Sen kokoojakiskostojärjestelmä on kaksikatkaisijajärjestelmä, eli dublex. Kojeistossa on 13 lähtöä, mikä tarkoittaa, että kenttiä on 26, koska kyseessä on duplex-järjestelmä. Jokaisessa kentässä on kaksi kennoa, kuten kuvasta 1. voidaan nähdä.

SA1B1 toimi ennen kaivoksella pääkojeistona, mutta uuden 40 MVA:n päämuuntajan tullessa tuli myös uusi pääkojeisto SA1B11. SA1B1:a syöttää nykyinen pääkojeisto SA1B11, kolmella rinnan olevalla AHXCMK-WTC 3x1x800 Al- kaapelilla. SA1B1 on siis alakojeisto ja sen lähdöt jakautuvat taulukon 3 mukaisesti. Taulukosta 4 selviää kojeiston teknisiä tietoja.

TAULUKKO 3. SA1B1:n lähdöt

01	jännitteenmittaus
02	avolouhos/varayhteys tehtaalta
03	syöttö (SA1B11)
04	rikastamo (KAB2)
05	sulkavan pumppaamo
06	Yarex-asema (YAB1)
07	hiva (KAB12)
08	omakäyttö
09	HIMU (KAB3)
10	kiskokatkaisija
11	tasausvarasto (KAB4)
12	avolinja musti
13	kondensaattori

TAULUKKO 4. SA1B1 -kojeiston tekniset arvot

Nimellisjännite	12 kV
Jakelujännite	10 kV
Nimellistaajuus	50 Hz
Terminen virtakestoisuus	31,5 kA/1s
Dynaaminen virtakestoisuus	80,0 kA
Kokoojakiskoston nimellisvirta	1600 A



KUVA 9. osa SA1B1-kojeistosta (Sami Suhonen 2012)

SA1B1:n jännitteenmittaus tapahtuu jännitteenmittauskentissä. Molemmilla kiskoilla on oma mittauksensa, joka käsittää jännitemuuntajat, erottimet, jännitemittarit sekä ali- ja ylijännitereleet. Erottimilla saadaan tarvittaessa jännitemuuntajat ja samalla koko mittaus- ja suojauspiiri erotettua kiskoista. Mittauskenno mittaa jokaisen vaiheen ja maan välistä jännitettä (vaihejännitettä) sekä jokaisen vaiheiden välistä jännitettä (pääjännitettä). Kennon kannessa on V-mittarin valintakytkin, josta voidaan valita mitattava jännite. Nollajännitteen mittaukselle on oma V-mittarinsa.

Jännitemuuntajat on suojattu 10 kV:n puolelta I kiskolla 6 A - ja II kiskolla 4 A suurjännitesulakkeilla. Nämä suojaavat jännitemuuntajia vain jännitemuuntajan sisäisissä vioissa. Jännitemuuntajan ensiöpuoli on kytketty tähteen ja tähtipiste maadoitettu. Toisiokäämejä on kaksi, joista toinen on myös tähtikytketty sekä tähtipiste maadoitettu. Toinen toisiokäämeistä on kytketty avokolmioon ja sitä käytetään maasulun aiheuttaman nollajännitteen mittaukseen. Jännitemuuntajien kippivärähtelyjä vaimennetaan 100 Ω vastuksella. Tätä nimitetään myös ferroresinanssin vaimennusvastukseksi.

Nollajännitettä valvoo vakioaikaylijänniterele SPAU 1K100 J3. Tämä rele on tarkoitettu maasta erotettujen, vastuksella tai kuristimella maadoitettujen verkkojen maasulkusuojaksi. SPAU 1K100 J3 on toisiorele ja se on yhdistetty mittauskentän jännitemuuntajaan. Releen mittauspiiri on liitetty 100 V nimellisjännitteeseen, joka on siis jännitemuuntajan nimellistoisiojännite. SPAU 1K100 J3 toimii maasulkusuojareleenä ja on aseteltu havahtumaan 30 V nollajännitteestä 1 s toimintahidastuksella.

Mittausjännitteen ylittäessä releeseen asetellun havahtumisarvon rele havahtuu ja aikapiiri alkaa juosta. Kiinteän toimintahidastuksen (250 ms) kuluttua havahtumiskosketin toimii. Aseteltavan toimintahidastuksen (0,2...6 s) kuluttua hidastetun portaan koskettimet toimivat ja toimintamerkki syttyy. Rele vaatii toimiakseen apusähköä ja sen rele saa kaivoksen pääakustolta (220 VDC), joka sijaitsee samassa rakennuksessa. Kaivoksen kaikki vanhemmat 10 kV suojareleet saavat sähkönsä samaiselta akustolta. Uudemmissa kojeistoissa on kojeistokohtaiset akustot suojareleille.

Alijännitettä kiskoissa valvoo vakioaika-alijänniterele SPAU 1F100 J3. Tämä rele on tarkoitettu tässä kojeistossa kiskoajännitteen valvontaan, mutta sitä voitaisiin käyttää myös moottorien alijännitesuojaukseen. SPAU 1F100 J3 on yksivaiheinen suojarele ja SA1B1:ssä ne on aseteltu havahtumaan $80\% * U_N$.

SA1B1:n kaikki hälytykset menevät kojeiston hälytyskeskukseen, josta lähtee vain yksi yhteinen hälytys järjestelmään ja se näkyy järjestelmässä vain 10 kV häiriönä. Tämän tarkempaa tietoa ohjaamoon ei mene. Kaivoksen uusissa kojeistoissa tilanne on toinen, koska kojeistot ovat yhdistettynä kenttäväylään ja hälytykset tulevat eriteltynä ohjaamoon saakka.

Kaivoksen kaikki vähäöljykatkaisijat ovat Strömbergin OSAM ja OSAN katkaisijoita. Näin on myös SA1B1:ssä. Ne ovat kolmivaiheisia sisäasennuksiin tarkoitettuja vähäöljykatkaisijoita, jotka runkorakenteesta riippuen soveltuvat joko kiinteästi asennettaviksi tai työntökatkaisijoiksi. Kaivoksella nämä kaikki ovat työntökatkaisijoita. Taulukosta 5 selviää katkaisijoiden teknisiä tietoja.

TAULUKKO 5. OSAM ja OSAN teknisiä tietoja

	OSAM 12 D 3	OSAN 12 D 1
nimellisvirta	800A	1250A
Dyn. rajavirta	50kA	88kA
Terminen rajavirta	20/3 a kA	32/3 a kA



KUVA 70. OSAM 12 D3 vähäöljykatkaisija edestä ja sivulta (Sami Suhonen 2012)

7.2 KAB2

KAB2 on Sähkölähteenmäki Oy:n valmistama ilmaeristeinen vaunukatkaisijakojeisto. Sekä KAB2 että KAB3 sijaitsevat samassa sähkötilassa rikastamolla ja sähkötilasta katsottuna näyttäisi siltä, että ne ovat samaa kojeistoa. Näin ei kuitenkaan ole, vaan kojeistoja erottaa erotin, jota pidetään normaalitilanteessa auki-asennossa. Molemmat kojeistot saavat syöttönsä SA1B1:lta. KAB2:sta syöttää kolme rinnan olevaa APYAKMM 3 x 240 -kaapelia ja KAB3:sta yksi APYAKMM 3 x 240 -kaapeli. Kojeston tekniset arvot selviävät taulukosta 6.

TAULUKKO 6. Kojeston tekniset arvot

Nimellisjännite	12 kV
Jakelujännite	10 kV
Nimellistaajuus	50 Hz
Terminen virtakestoisuus	31,5 kA/1s
Dynaaminen virtakestoisuus	80,0 kA
Kokoojakiskoston nimellisvirta	1250 A



KUVA 81. KAB3 ja KAB2 rikastamon 10 kV:n sähkötilassa (Sami Suhonen 2012)

KAB2:n kokoonpano on jonkin verran elänyt vuosien saatossa. Se on otettu käyttöön vuonna 1979 kun rikastamo on rakennettu. Tällöin jauhimossa oli vain kaksi myllyä; yksi tanko- sekä kuulamyly. Silloin kojeistoon kuului 12 kenttää, joista kaksi oli varakenttiä. Vuonna 1982 kun jauhimo laajeni, toisin sanoen rakennettiin 2. jauhimo, 10 kV myllyjen määrä nousi kahdesta neljään. Myllyjen moottoreiden määrä taas nousi viiteen, koska kuulamyly 2 pyörii kahdella moottorilla. KAB2:ta jouduttiin siis laajentamaan neljällä kentällä ja liki 30 vuotta KAB2 hoiti kaikkien myllyjen moottoreiden syötön. Vuonna 2008, APR-laajennuksen valmistuttua, kuulamyly 2:n moottorilähdöt siirrettiin KAB12 kojeistoon. Tämä siirto tehtiin, koska kojeistoa syöttävät kaapelit alkoivat olla ylikuormassa. Siitä lähtien KAB2:ssa on ollut kolme kenttää toimettomana. Katkaisijat ovat veivattu erotusasentoon ja ne näkyvät kuvassa 13 oikeassa laidassa. KAB2:n lähdöt selviävät taulukosta 7.

TAULUKKO 7. KAB2:n lähdöt

B2.1	erotin B2/B3
B2.2	tankomyly KA1640
B2.3	kuulamyly KA1660
B2.4	rikastamo 3 T8

B2.5	rikastamo 2 T7
B2.6	syöttö (SA1B1.4)
B2.7	rikastamo 1 T6
B2.8	muuntaja T5
B2.9	valaistus T4
B2.10	tankomylly KA1650
B2.11	muuntaja T3
B2.12	mittaus
B2.13	muuntaja T10

Kaikkien kolmen myllyn moottorien rinnalle on 10 kV sähkötilassa kytketty 750 kVar kondensaattoriparistot. Näiden tyypillisiä käyttökohteita ovat juuri suuret moottorit, joiden kuormitus muuttuu nopeasti ja jotka vaativat paljon loistehoa. Kuormat, jotka muuttuvat nopeasti, aiheuttavat syöttöjännitteeseen kuopan, joka riippuu verkon oikosulkutehosta sekä kuorman suuruudesta. Tätä ilmiötä voidaan hillitä kompensoimalla loistehoa paikallisesti kytketyillä kondensaattoreilla.

7.3 KAB3

KAB3 syöttää hienomurskaamaa ja Minelcoa eli ”Kiille” tehdasta. Sen lähdöt jakautuvat taulukon 8 mukaisesti.

TAULUKKO 8. KAB3:n lähdöt

B3.1	syöttö (SA1B1.9)
B3.2	Minelco T21
B3.3	HIMU T9
B3.4	pitkittäiskatkaisija B3/B2

7.4 KAB4

KAB4 on Strömbergin valmistama ilmaeristeinen MEKA-vaunukatkaisijakojeisto. Se sijaitsee kaivoksella risteysasemalla ja syöttää tasausvarastoa sekä karkeamurskaamoa. Siinä on vain kolme kenttää: yksi syöttö ja kaksi lähtöä. KAB4 saa syöttönsä SA1B1:ltä APYAKMM 3 x 240 -kaapelilla. Tämä kojeisto on muita heikommin kalustettu; siinä ei ole kuin yksi katkaisija, vaikka kenttiä on kolme. Syöttökentässä on erotin ja karkeamurskaamon lähdössä kuormanerotin. Tasausvarasto -lähdössä on OSAM 12D3 -vähäöljykatkaisija ja SPAJ 3A5 J5 -ylivirtarele. Kokoojakiskostona toimii 3x(50x10) mm² alumiinikiskot. Kojelistolla on leveyttä 2,9 m. KAB4 sijaitsee erittäin pölyisessä rakennuksessa, koska mursketta kuljettavat hihnakuljettimet ”risteävät” risteysasema rakennuksessa. Tämän vuoksi KAB4:ssa on ollut jonkin verran ongelmia pölyntymisen kanssa, koska pölyä kulkeutuu myös sähkötilaan. Kuva 12 on risteysaseman 10 kV:n sähkötilasta ja siinä näkyvät KAB4:n kaikki kentät.



KUVA 92. KAB4 risteysaseman 10 kV:n sähkötilassa (Sami Suhonen 2012)

8 VERKOSTOLASKENTA

8.1 Kaivoksen verkostolaskenta

Suunnittelutoimisto Pöyry Oyj on mallintanut kaivoksen verkon vuonna 2009 ja Pöyryn laskelmat oikosulkuvirtoineen olivat työtä tehtäessä käytettävissä. Moottorikuorimat eivät ole merkittävästi lisääntyneet vuoden 2009 jälkeen, joten laskentaa voidaan hyödyntää tarkastelussa. Laskelmien mukaan voidaan sitten arvioida, kestävätkö vanhat kojeistot näitä oikosulkuvirtoja nyt ja tulevaisuudessa. Myös uusia kojeistoja ja laitteita valitessa ovat suurimmat oikosulkuvirrat syytä olla selvillä.

Kaivosalueen jakeluverkossa sattuvissa vioissa vikapaikan oikosulkuvirta koostuu sekä kantaverkon että kaivosalueen omien moottoreiden syöttämästä oikosulkuvirrasta. Suurimmat oikosulkuvirrat on laskettu käyttäen IEC-60909-standardia. IEC-menetelmässä käytetään jännitelähdettä, joka on sijoitettu vikakohtaan. Tämän jännitelähteen arvo on verkon käyttöjännite kerrottuna jännitekertoimella c . IEC-60909-0 määrittelee jännitekertoimen c taulukon 9 mukaisesti. (ABB 2000 - 2007.)

TAULUKKO 9. IEC 60909- mukainen jännitekerroin (ABB 2000 - 2007.)

Nimellisjännite U_n	Maksimioikosulkuvirta c_{max}	Minimioikosulkuvirta c_{min}
➤ 1000 V	1,10	1,00

Kantaverkko

Laskennassa on käytetty kantaverkon syöttämänä vikavirtana ja taustaverkon impedanssiarvona alla olevia Fingrid Oyj:ltä saatuja arvoja.

Maksimilaskennassa: $I_k'' = 7,2 \text{ kA}$ ($R/X = 0,29$)

Moottorit

Epätahtimoottorit suurentavat oikosulkuvirtaa symmetrisissä vioissa alkuoikosulku-, sysäysoikosulku- ja katkaisuvirroissa. Verkkoon liitetyt myllyjen moottorit on mallinnettu laskentaan konekohtaisesti omilla kilpiarvoillaan. Suurjännitemoottorit otetaan yleensäkin tällaisissa laskuissa aina huomioon. Koska suurjännitemoottoreita on kai-

voksella vain viisi, voidaan ne mallintaa jokainen erikseen. (Teollisuusverkkojen oikosulkuvirrat 1998.)

Pienjännitemoottoreissa asia on hieman toisin. Pienjännitemoottorit mallinnetaan muuntajakohtaisina ryhminä. Näiden ryhmien kokonaisteho vastaa yksittäisten moottoreiden tehoja. IEC60909-0 -standardi antaa kaavan, jolla voidaan määrittää moottorin se rajateho, jolla se voidaan jättää huomioimatta. Käytännössä rajateho tulee teollisuudessa niin pieneksi, että kaikki moottorit on syytä huomioida. Taajuusmuuttajakäyttöiset moottorit tulee huomioida, jos ne kykenevät syöttämään vikapaikkaan vikavirtaa. Myös generaattorit vaikuttaisivat oikosulkuvirtoihin, mutta kaivoksella niitä ei ole. (Teollisuusverkkojen oikosulkuvirrat 1998.)

Kaapelit ja kiskosillat

Teollisuuden keskijänniteverkoissa kaapelipituudet ovat niin lyhyitä, etteivät ne suuresti vaikuta oikosulkupiirien impedansseihin. Kaapeleiden resistanssi- ja reaktanssiarvot ovat kuitenkin saatavilla valmistajien luetteloista. Kiskostot ovat pituudeltaan niin lyhyitä ja impedansseiltaan niin pieniä, ettei niitä tarvitse ottaa mallinnuksessa huomioon. (Teollisuusverkkojen oikosulkuvirrat 1998.)

8.2 Maksimi oikosulkuvirtalaskenta

Kaivoksella suurimmat oikosulkuvirrat ovat 3-vaiheisessa oikosulussa. Taulukkoon 3 on koottu tarkasteltuihin kojeistoihin vaikuttavat laskennalliset termiset ja dynaamiset oikosulkuvirta-arvot.

TAULUKKO 10. Kojestojen oikosulkukestoisuudet

kojeistotunnus	selite/sijainti	U[kV]]	Kojestojen kilpiarvot		Kojestojen lasketut arvot	
			Idyn[kA]]	Ith(1s)[kA]]	ip[kA]]	Ith(1s)[kA]]
SA1B1	alakojeisto	10,5	80	31,5	64,7	23,2
KAB2	rikastamo	10,5	80	31,5	61,5	22,7
KAB3	rikastamo	10,5	80	31,5	52,1	21,1
KAB4	tasausvarasto	10,5			51,9	21,1

Jotta kojeistojen oikosulkukestoisuus olisi riittävä, tulee lasketun sysäysoikosulkuvirran (i_p) arvo olla pienempi kuin kojeistoon leimattu dynaaminen kestoisuusarvo (I_{dyn}). Vastaavasti lasketun termisen ekvivalenttivirran I_{th} (1s) tulisi olla pienempi kuin kojeiston ilmoitettu vastaava terminen kestoisuusarvo. Luonnollisesti myös kojeistoihin asennettavien kojeiden (katkaisijat, erottimet, virtamuuntajat, kaapelit) on kestettävä lasketun suuruiset oikosulkuvirrat. KAB4:stä kilpiarvoja ei löytynyt itse kojeistosta eikä kuvista. Kojearkisto tullaan uusimaan kuitenkin kokonaan, joten uudet komponentit on helppo mitoittaa taulukossa esitettyjen laskettujen arvojen vaatimalle tasolle.

9 UUSIMISEN SYYT

9.1 Vähäöljykatkaisijoiden elinkaari

Kuten aiemmin on käynyt ilmi, on kaikissa neljässä kojeistossa käytössä vähäöljykatkaisijoita. Käytössä on kahta eri Strömbergin valmistamaa vähäöljykatkaisijatyyppeä; OSAM 12 D 3 ja OSAN 12 D 1. Suurin ongelma vähäöljykatkaisijoissa on se, ettei niitä ole enää valmistettu 80-luvun jälkeen ja varaosiakin on saatavilla vain rajoitetusti.

ABB on linjannut komponenteilleen neljä eri elinkaarivaihetta; active, classic, limited ja obsolete. Nämä tarkoittavat suomeksi: aktiivi, ylläpito, rajoitettu ja vanhentunut. OSAM ja OSAN kuuluvat rajoitettu elinkaarivaiheeseen. Tämä tarkoittaa, että katkaisijoihin löytyy vielä osin uusiakin varaosia, ja niitä voidaan myös tehdä sekä teettää. Varaosien saanti on kuitenkin kaikin tavoin melko rajoitettua ja ABB suosittelee, että ne korvattaisiin uusilla aktiivituotannossa olevilla tyhjö- tai SF6-katkaisijoilla. Yleisin korvaaja näille vähäöljykatkaisijalle on tällä hetkellä ABB:n VD4 -tyhjökatkaisija.

Tilanteessa, jossa nykyinen kojeisto halutaan säilyttää ja katkaisija vaihtaa, tulee käyttää jonkinlaista sovitetta tai kasettiratkaisua. SA1B1-kojeistossa on muutama vähäöljykatkaisija jo vaihdettu VD4 -tyhjökatkaisijoiksi ja niissä on käytössä edellä mainittu kasettiratkaisu. Toinen mahdollisuus on kiinteä A-vaunu sovite, jossa katkaisija tulee kiinteästi kiinni kiskoon. Kuvassa 13 on kasettiratkaisulla lisätty tyhjökatkaisija vanhaan kojeistoon.



KUVA 103. Kasettiratkaisu VD4 -tyhjökatkaisijalla, SA1B1 (Sami Suhonen 2012)

Vähäjännitykatkaisijat kiinnittyvät kiskoihin kuvan 16 mukaisella lattamaisilla liittimillä. Esimerkiksi tyhjökatkaisijoissa nämä liittimet ovat pyöreitä. Tämäkin seikka puoltaa katkaisijoiden päivitystä, koska pyöreät liittimet tuovat paremman ja varmemman liitoksen kiskoihin.



KUVA 114. OSAN- ja VD4 -katkaisijan kiskoliittimet (Sami Suhonen 2012)

9.2 Valokaarisuojauksen puuttuminen

Valokaarioikosulku on kojeistovika, jossa jännitteisen osan sähköeristyskyky pettää. Valokaari kojeiston sisällä on pahin mahdollinen vikatilanne sähkönjakelussa. Se tekee eniten fyysistä tuhoa laitteisiin ja on myös vaarallisin vika käyttökäyttäjille. Valokaari on valtavan kuuma, aiheuttaa kojeistopaloja, tuottaa myrkyllisiä kaasuja

sekä rikkoo rakenteita paineiskun voimasta. Täten myös valokaarelta suojauminen tulisi olla tärkein prioriteetti turvallisuutta miettiessä. Tarkasteltavina olevissa neljässä kojeistossa ei ole yhtäkään valokaarisuojaa. Turvallisuuden kannalta olisi perusteltua saada vähintään valokaarisuojat jokaiseen kojeistoon, vaikkei mitään muita muutoksia tehtäisikään. (ABB 2000-2007.)

Kojeistojen suunnittelussa pyritään aina minimoimaan valokaaren syttymismahdollisuus. Kokonaan niitä ei taloudellisesti sekä järkevästi pystytä eliminoimaan, vaan kompromisseja on tämän asian suhteen tehtävä. Tämän takia on keskityttävä valokaaren tehokkaaseen sammutukseen. Valokaarten seurauksia voidaan minimoida virtateiden ja lähtöyksiköiden osastoinnilla, jotta valokaarivaurio rajautuu mahdollisimman pienelle alueelle. Tuhoja vähentää myös se kun varataan valokaaren aiheuttamalle paineelle purkaantumistie ja suunnataan se siten, ettei siitä ole vaaraa käyttökäyttäjille. Tämä tarkoittaa käytännössä purkaus luukkujen lisäystä kojeiston kattoon, josta paine pääsee turvallisimmin ulos. Kojeistoissa on myös käytettävä mahdollisimman vähän palokuormaa lisääviä materiaaleja. (ABB 2000-2007.)

Valokaari tekee sitä enemmän tuhoa, mitä pidempään se palaa. Tässä korostuu valokaaren tunnistaminen, joka valokaarisuojauksessa tapahtuu aina jonkinlaisella sensorilla, joita on kahta eri tyyppiä. Kuitukaapelisensori on pitkin kojeistoa kulkeva valokuitu silmukka, joka tunnistaa valoa koko pituudeltaan. Se voi kiertää vaikka koko kojeiston läpi tai vaikka pelkästään yhden kennon. Koko kojeiston läpi kiertävä kuitu muodostaa mahdollisimman täydellisen valokaarisuojauksen koko kojeiston suojausta ajatellessa. Kuitua voidaan käyttää myös säteittäisesti, jolloin kuitu on katkaistu päästään. Tällainen suojaamaton pää on erittäin herkkä valolle ja se onkin suojattava valolta erillisellä suojatulpalla, jotta virheellisiä laukaisuja ei pääsisi tapahtumaan. Toinen sensorityyppi on valoa keräävä linssityyppinen sensori. Sen etuina ovat helppo asennettavuus myös jo käytössä olevaan kojeistoon, sekä hyvä mekaaninen kestävyys. (ABB 2000-2007.)

Valokaarisuojauksen tehtävä on siis tunnistaa valokaari ja sammuttaa se mahdollisimman nopeasti. Palamisaika minimoidaan katkaisemalla virran kulku valokaareen. Perinteinen aikaselektiivisyyteen tai lukitukseen perustuva oikosulkusuojaus ei reagoi valokaariin riittävän nopeasti. Esimerkiksi syötön katkaisu voi kestää 400ms. Valokaaren palamisaika tulisi rajata alle 100ms:n, jotta suurilta vahingoilta vältyttäisiin. Puolenkin sekunnin valokaaren palamisaika saattaa aiheuttaa erittäin mittavat tuhot kojeistoissa. Alle 100ms:n palamisaika saavutetaan erillistä valokaarisuojausta käyttämällä ja tällöin tuhon laajuus alenee ratkaisevasti. (Vamp 2012)

Uudemmissa kaivoksen 10 kV kojeistoissa on käytetty valokaarisuojauksessa ABB:n REA10_ valokaarijärjestelmiä. Niissä on käytetty REA 101 valokaarireleitä sekä REA 107 valokaarirelelaajennusyksiköitä. REA10_- järjestelmä käy sekä pien- että keski-jännite kojeistojen suojaksi. REA 101 on valokaarirele, joka voi toimia joko itsenäisesti tai keskusyksikkönä laajennusyksiköille. Se voi myös toimia muiden REA 101 – keskusyksikköjen kanssa. REA 107 laajennusyksikön tehtävä on havaita valokaarisen omalla suojausalueellaan. Laajennusyksikön käyttö mahdollistaa suojausalueen suurentamisen ja sillä tavoin saadaan myös suojausalueita pienemmiksi. REA 107 yksikössä on tulot kahdeksalle linssityyppiselle sensorille. Valokaarisuojauksessa voidaan myös yhdistellä silmukkamaisia kuitukaapelisensoreita ja linssityyppisiä sensoreita, joka onkin yleinen tapa suojata kojeisto. (Valokaarirele REA 101 käyttöohje 1999)

9.3 Releiden ikääntyminen

Tällä hetkellä tarkasteltavissa kojeistoissa on enimmäkseen Strömbergin SPAJ sekä SPAU suojarleitä. Nämä sähköstaattiset suojarleet ovat yhtä vanhoja kuin tarkasteltavat kojeistot. Vain muutamia näistä releistä, on päivitetty ABB:n REF/REM 541/543 kennoterminaaleilla. Vanhoissa Strömbergin releissä on esiintynyt kaivoksella jonkin verran ongelmia. Määräaikaishuoltona tehtävissä suojarlekoestuksissa on paljastunut suojarlevikoja, muun muassa laukaisuajat eivät ole täyttäneet minimivaatimuksia. Jotkut suojarleistä taas ovat havahtuneet pelkästä laukaisuajan säätämisestä, joka tapahtuu potentiometriä säätämällä. Tämä johtunee kosketinpintojen hapettumisesta. Molemmat näistä ongelmista puoltavat erittäin paljon releiden uusintaa. Liian pitkät laukaisuajat ovat suuri riski turvallisuudelle. Myös yleinen suojaustasonousi huomattavasti releitä päivittäessä.



KUVA 125. Strömberg SPAJ 3A5 J3 –ylivirtarele kennon kanssa (Sami Suhonen 2012)

9.3.1 Relekannan yhtenäistyminen

Siilinjärven toimipaikalla on viime vuosina päädytty uusimaan 10 kV suojarleet ABB:n REF/REM 541/543-kennoterminaaleilla. Yhtenäinen relekanta on etu monessa asiassa, joten on viisasta jatkaa tällä linjalla. Laitekannan yhteneväisyys vähentää varaosien määrää, ja myös käyttöhenkilökunta hallitsee releiden käytön paremmin, kun ei tarvitse olla kokemusta monista erilaisista suojarleistä.

ABB:llä on myös uudempi versio RE_ -suojarleistä: RE_600-sarja. 600-sarjan yhteinen nimitys on Relion. 500-sarjan ja Relionin suurin ero on, että Relion on IEC61850 standardin mukainen. Näillä sarjoilla on myös hiukan toiminnallisia eroja, mutta teollisuusympäristössä ajatellen ei merkittävästi. Ongelma Relionissa Yrällä olisi, ettei se suoraan sovi Profibus DP -kenttäväylään IEC61850-standardin vuoksi. ABB valmistaa REF/REM 541/543-releitä vielä vuosia, joten täysi tuotetuki säilynee vielä noin 20 - 30 vuotta.



KUVA 136. ABB:n REF 541 kennotermiinaali kennon kannessa SA1B1:ssä (Sami Suhonen 2012)

ABB:n RE_ 54_ -kennotermiinaaleja on kolmenlaisia; REF, REM ja RET. REF on tarkoitettu ensisijaisesti keskijänniteverkon suojaukseen, mittaukseen ja valvontaan ja sitä voidaan käyttää yksikisko-, kaksikisko- ja dupleksijärjestelmissä. Kuvassa 16 on REF 541 kennotermiinaali kennon kannessa. REF soveltuu maasta erotettuun, sammutettuun tai osittain maadoitettuun verkkoon eli myös kaivoksen maasta erotettuun IT-järjestelmään. REF/REM 541- ,543- , ja 545 -kennotermiinaalit eroavat toisistaan vain digitaalitulojen ja -lähtöjen määrässä. RE_ 54_ -kennotermiinaalit tukevat kolmea eri sarjaliikenneprotokollaa: IEC_103, SPA ja LON. (Kennotermiinaali REF/REM 541,543,545 tuoteopas 2010.)

REM on konekennotermiinaali ja se on tarkoitettu pienten ja keskisuurten generaattoreiden ja tahtimoottoreiden sekä suurten epätahtimoottorien suojaukseen. REM soveltuu siis hyvin myllyjen moottorien suojaukseen. (Kennotermiinaali REF/REM 541, 543, 545 tuoteopas 2010.)

9.3.2 Releiden puuttuminen automaatiojärjestelmästä

Releiden lisäys automaatiojärjestelmään tuo sähkönjakeluun lisää käytettävyyttä. Siten saadaan jännitteen-, virran- ja tehonmittaus järjestelmään sekä katkaisijoiden tilatiedot, eli onko katkaisija auki- vai kiinni- tai erotusasennossa. Myös hälytykset saadaan yksityiskohtaisempina kuin pelkkä "10 kV häiriö". ABB:n kennotermiinaalit

antavat hälytykset yksityiskohtaisesti: paikan, ajan ja vikatiedon. Tämä nopeuttaa ja helpottaa vian etsintää.

10 UUSINTAEHDOTUKSET

Työssä on pohdittu kahta uusintavaihtoehtoa: joko lisätä kojeistoon valokaarisuojaus ja päivittää suojareleet tai uusia koko kojeisto. Mahdollisuus olisi vielä valokaarisuojauksen ja suojareleiden lisäksi vaihtaa katkaisijat ja käyttää kasettiratkaisua, mutta tämä ratkaisu alkaisi jo lähennellä uuden kojeiston hintaa, joten se ei olisi järkevää.

Suojareleitä päivitettäessä tai valittaessa relettä täysin uuteen kojeistoon on helppo tehdä valinta: relekannan yhtenäistämiseksi myllyjen moottoreille valitaan REM 543 ja kaikille muille katkaisijoille REF 543.

Kustannusarviot ovat melko karkeita. Työn tarkoituksena ei ole antaa tarkkaa kustannusarviota, vaan laittaa valittavat kokoonpanot jonkinlaiseen hintahaarukkaan. Hinnat ovat kuitenkin riittävän tarkkoja päätettäessä, mahtuuko uudistus jonkin vuoden budjettiin vai ei. Kustannusarvioita ei toimeksiantaja halunnut julkisiksi, joten ne ovat tästä raportista poistettu.

KAB2 ja KAB3 uusitaan tulevaisuudessa yhtä aikaa ja samalla tavalla. On lähes varmaa, että koko kojeistot joudutaan uusimaan. Kojestot uusitaan todennäköisesti muutaman vuoden kuluttua, heti kun kunnossapito saa investoinnilleen rahat. Tässä työssä esitellään kaksi tapaa uusia kojeistot. Ensimmäinen tapa on uusia ne siten, että ne pysyvät erillisinä niin kuin nytkin, eli kahdella eri syötöllä ja kojeistot kiskokatkaisijalla erotettuna. Toinen tapa on tehdä niistä yksi yhteinen kojeisto, joka kuitenkin vaatisi syötön vahvistamista. Itse kojeisto tulisi näin halvemmaksi, kun kiskokatkaisijakenttä jäisi pois, mutta toisaalta uuden syötön rakentaminen vaatii omat kustannuksensa. Syöttökaapelin vaihtaminen toisi sähkönjakeluun myös lisää varmuutta, koska kaapelit ovat vanhentuneita eivätkä siten enää kovin luotettavia. Molemmissa tavoissa on omat puolensa ja siksi esittelen kaksi eri vaihtoehtoa. Ensimmäistä tapaa käsiteltäessä puhun KAB2 ja KAB3 -uusinnasta, toisessa vaihtoehdossa puhutaan selvyuden vuoksi KAB23:sta, joka on siis kuviteltu tunnus kojeistolle.

Kojestojen apusähköön ei tarkemmin tässä työssä puututa, koska kaivokselle on tulossa omana investointinaan rakennuskohtaiset apusähköakustot. Työn rajaami-

seksi myös erillisten energiamittareiden lisääminen jää Yaran oman harkinnan vaaraan. Uudet suojareleet mittaavat kyllä energiankulutusta ja vievät tiedon järjestelmään, mutta aivan samaan tarkkuuteen kuin erilliset energiamittarit ne eivät pääse. Jos tarkka energianmittaus johonkin halutaan, on syytä lisätä kenttään erillinen kWh-mittari.

10.1 KAB2 ja KAB3

Uusintaehdotusta havainnollistavat suunnitelmapiirustukset pääkaaviosta sekä valokaarisuojauksesta löytyvät liitteestä 2.

Kojeisto ja kokoojakiskosto

Kojeistoksi valitaan ABB:n raskas metallikoteloitu ilmaeristeinen UniGear ZS1 -kojeisto, joka on IEC standardien mukainen. Tämä on Yaralla sekä kaivoksen että tehtaan puolella hyväksi havaittu kojeisto, ja se mahdollistaa vaunukatkaisijoiden käytön eli katkaisija voidaan veivata kojeistosta ulos erotusasentoon. Kiskojärjestelmäksi valitaan yksikiskojärjestelmä, aivan kuten vanhassakin kojeistossa. Kenttien määrän ratkaisee osittain käytössä oleva tila ja osittain raha. Tyhjiä kenttiä kannattaa joka tapauksessa hankkia mahdollisten laajennusten varalta. Toinen vaihtoehto olisi tehdä kojeistosta jatkettava, mutta varalähtöjä on hyvä olla valmiina eivätkä ne tee suurta lisäystä kokonaiskustannuksiin. Vanhojen kojeistojen poistuessa sähkötilaan jää noin 18 metriä leveä tila uusille kojeistoille. Uuden kojeiston tekniset arvot selviävät taulukosta 11.

TAULUKKO 11. Kojeiston tekniset arvot

Nimellisjännite	12 kV
Jakelujännite	10 kV
Syöksyjännitelujuus	75 kV
Vaihtojännitelujuus	28 kV
Nimellistaajuus	50 Hz
Terminen virtakestoisuus	31,5 kA/1s
Dynaaminen virtakestoisuus	80,0 kA
Kokoojakiskoston nimellisvirta	1600 A
Kiskomateriaali	kupari

UniGearin kenttien ollessa kapeampia kuin vanhan kojeiston, jää varakentille reilusti tilaa. Samalla kokoonpanolla ja kolmella 630 A varakentällä, UniGear veisi tilaa

$$3 * 80 \text{ cm} + 17 * 65 \text{ cm} = 13,45 \text{ m}$$

eli yli neljä metriä vähemmän kuin tämän hetkiset kojeistot.

Katkaisijat ja maadoituskytkimet

Katkaisijoiksi valitaan ABB:n VD4/P -tyhjökatkaisijoita. Ne ovat yleisiä vähäöljykatkaisijoiden korvaajia ja niitä on hankittu toimipaikalle sekä katkaisijapäivityksiin että uusiin kojeistoihin. VD4 -katkaisijakennojen leveydet määräytyvät katkaisijan nimellisvirran sekä vaihevälin mukaan. Kennojen leveydet voivat olla 650 mm, 800 mm tai 1000 mm. Katkaisijan nimi antaa paljon informaatiota itsestään. Esimerkiksi katkaisijan malli VD4/P 12.16.32 p210 on nimellisjännitteeltään 12 kV, sen nimellisvirta on 1,6 kA, nimellinen katkaisukyky on 31,5 kA ja vaiheitten välimatka on 210 mm. Myllyjen katkaisijat eroavat muista siten, että ne on varustettu alijännitekeloilla.

Molemmille syötöille sekä kojeistojen välissä olevalle kiskokatkaisijalle valitaan 1600 A nimellisvirran katkaisijat. Kiskokatkaisijan tulee olla vähintään kiskoston nimellisvirran suuruisen. Jokaiselle lähdölle ei aleta mitoittaa katkaisijaa erikseen kuormituksen mukaan, vaan valinta tehdään isoimman lähdön kuormituksen mukaan. 630 A katkaisija kattaa hyvin kojeistojen suurimman 2,5 MVA:n muuntajan kuormituksen, koska sen nimellisvirta 10 kV:n puolella on noin 144 A.

2,5 MVA:n muuntajan nimellisvirta I_{1N} ensiöpuolella on:

$$I_{1N} = \frac{S_N}{\sqrt{3} * U_{1N}} = \frac{2,5 \text{ MVA}}{\sqrt{3} * 10 \text{ kV}} = 144,34 \text{ A}$$

Maadoituskytkimiksi valitaan ABB:n EK6-maadoituskytkimet kaikille muille paitsi kiskokatkaisija kentälle. Maadoituskytkimienkin tyyppin valintaan vaikuttaa vaiheitten välimatka, joka on syöttökentissä suurempi. Kytkimiin tulee sähkömekaaniset lukot, jotka saavat sähkönsä apujännitelähteestä.

Suojareleet

Suojareleiksi valitaan ABB:n REF 543 kaikille muille lähdöille paitsi myllyjen moottoreille, joille tulee REM 543. Lähtöjen asetellut tulee lasketuttaa esimerkiksi Pöyry Oyj:llä. Suojareleiden liittäminen järjestelmään tehdään samoin kuin aiemmissa kaivoksen kojeisto uusinnoissa. Suojareleet liitetään järjestelmään siten, että kaikista suojareleistä saadaan teho-, jännite-, virta- ja tilatiedot metsoDNA:han ja pienillä muutoksilla myös suojareleiden ohjaamia katkaisijoita voitaisiin ohjata järjestelmästä. Tällaiseen ei kuitenkaan ole tarvetta, paitsi myllyillä. Myllyjen katkaisijat laitetaan ohjattavaksi suoraan järjestelmästä, kuten on tälläkin hetkellä. Paikallisesti niitä ei voida käynnistää ja pysäytys paikallisesti onnistuu vain hätä-seis -piiristä.

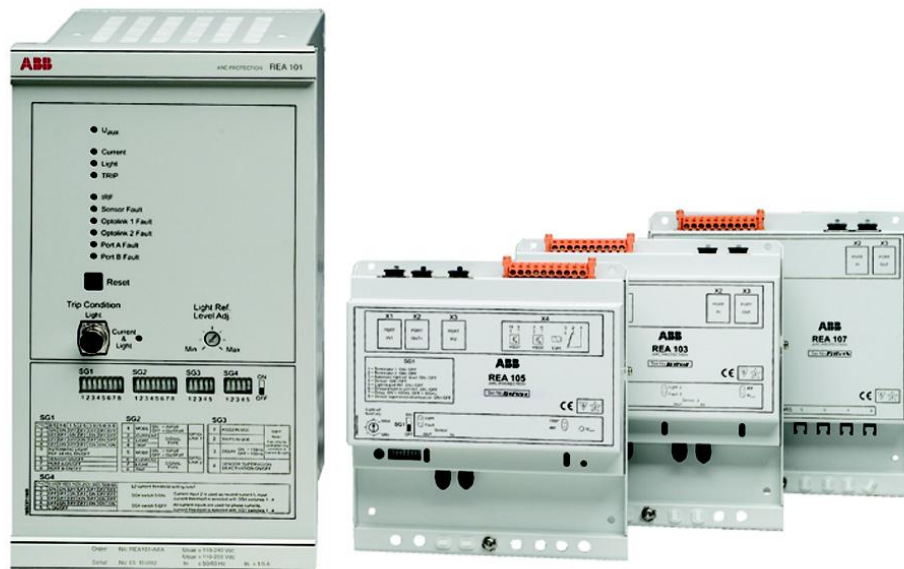
Valokaarisuojaus

Valokaarisuojaus toteutetaan ABB:n REA10_ valokaarijärjestelmällä. Releiksi valitaan jo aiemmin esiteltyjä REA 101 keskusyksiköitä, sekä REA 107 laajennusyksiköitä. Molempien kojeistojen syöttökenttiin tulee REA 101 -keskusyksiköt ja niiden välille luodaan yhteys optolink -liitännän avulla. REA 107 -laajennusyksiköitä ripotellaan noin joka viidenteen kenttään siten, että jokaiselle laajennusyksikölle tulee kahdeksan linssityyppistä sensoria. Sensorit sijoitetaan jokaiseen katkaisija- ja kaapelipäätealaan. Molemmat kojeistot varustetaan yhdellä omalla kuitukaapelisensorillaan ja ne kulkevat pitkin kojeistojen kokoojakiskotiloja yhtenäisinä silmukkoina ja tunnistavat valoa koko pituuksiltaan. Kuitukaapelisensorit asennetaan siten, että kiskokatkaisija jakaa suojausalueet. REA 101 -keskusyksiköt mittaavat virtaa jokaisessa vaiheessa ja vikavirtasignaali havahtuu heti jos yhdenkin vaiheen virta ylittää asetelluarvon. REA 101:ssä on kaksi IGBT-puolijohdelähtöä (HS01 ja HS02) katkaisijoiden aukiohjaamiseen. Näiden lisäksi on yksi kosketinlähtö (TRIP3). Näillä lähdöillä saadaan tarvittaessa avattua yhteensä kolme katkaisijaa. Kuvassa 19 näkyvät sekä REA 101 -keskusyksikkö että kaikki laajennusyksiköt.

REA 101 on varustettu katkaisijavikasuojaalla, joka on aina käytössä jos releen avainkytkin on Current&Light-asennossa. Tässä asennossa kytkintä on tarkoitus myös pitää. Katkaisijavikasuoja tarkoittaa, että joko HS02- tai TRIP3-lähtöjä on hidastettu tai molempia. Viiveen voi valita joko 100 ms tai 150 ms pitkäksi. REA 101 -keskusyksiköt antavat valokaaren havaitessaan auki ohjauskäskyn syöttävän katkaisijan suojareleelle. Jos ylivirtasignaali poistuu, ennen kuin valittu viiveaika on kulunut, ei viivästettyjä katkaisijoita laukaista. Katkaisijavikasuojan idea on siis, ettei se turhaan laukaista esimerkiksi ylemmän tason katkaisijaa, mutta on silti varasuojana, jos HS01:n ohjaama katkaisija ei jostain syystä toimi. (ABB REA 101 manuaali)

Laukaisun voi suorittaa vain REA101 -valokaarirele, REA107 -laajennusyksiköt voivat vain välittää laukaisukäskyn. Normaali tilanteessa KAB2:sta ja KAB3:sta tullaan syöttämään kahdesta eri syötöstä, jolloin kojeistojen välinen kiskokatkaisija on yleensä auki. Tällöin valokaaren sattuessa jommalla kummalla suojaus alueella, suojaus laukaisee vain sen syöttökatkaisijan, jonka alueella vika on. Samalla se lähettää toiselle REA 101 -keskussyksikölle ON/OFF-ylivirtatiedon optolink -signaalsiirtokuituyhteyttä pitkin. Tällä tavalla se kojeisto, jossa ei ole vikaa, jää jännitteelliseksi.

Tilanne jossa kiskokatkaisija on kiinni ja jännite tulee molemmista syötöistä ja valokaari sattuu toisella alueella, suojaus laukaisee oman syöttökatkaisijansa sekä kiskokatkaisijan. Tässä tapauksessa toinen kojeistoista, jossa ei ole vikaa, jää taas jännitteelliseksi. Jos taas kiskokatkaisija on kiinni ja jännite tulee vain toisesta syötöstä, riittää suojausten toimimiseen, että toinen keskussyksiköistä havaitsee vikavirran. Molemmat keskussyksiköt ohjaavat siis omaa syöttökatkaisijaansa HS01 laukaisulähdöillä, sekä kiskokatkaisijaa HS02 lähdöillä. Keskussyksiköt ohjaavat myös TRIP3 lähdöllä ylempiä omia syöttökatkaisijoitaan SA1B1:ssä, jos ylivirtasignaali ei poistu 100 ms kuluessa. Laukaisun tapahduttua sitten nähdään REA 101:n tai REA107:n light-toimintamerkeitä, minkä yksikön alueella vika on ollut. REA 101 -keskussyksikössä on kaksi laajennusporttia ja kumpaankin voidaan ketjuttaa viisi laajennusyksikköä. (ABB REA 101 manuaali)



KUVA 147. REA 101 -keskussyksikkö sekä REA 105-, 103- ja 107-laajennusyksiköt

Mittamuuntajat

Virtamuuntajat valitaan ABB:n TPU -sarjasta ja virtamuuntajan ensiövirta mitoitetaan ensisijaisesti kunkin lähdön nimellisvirran mukaan. Esimerkiksi syöttökentille, joiden katkaisijoiden nimellisvirta on 1600 A, valitaan TPU 45.33 virtamuuntajat. Sen muuntosuhde on $1000\text{-}1600/1/1$ A. Muuntajia syöttäville lähdöille nimellisvirta lasketaan muuntajan nimellistehon mukaan. Esimerkiksi Minelcon (T21) 1,25 MVA muuntajan nimellisvirta 10 kV:n puolella lasketaan seuraavasti.

1,25 MVA:n muuntajan nimellisvirta I_{1N} ensiöpuolella on:

$$I_{1N} = \frac{S_N}{\sqrt{3} * U_{1N}} = \frac{1,25 \text{ MVA}}{\sqrt{3} * 10 \text{ kV}} = 72,17 \text{ A}$$

Tälle voidaan valita TPU 40.23 virtamuuntajat, muuntosuhteella $75/1/1$ A. Muut muuntajalähdöt toteutetaan samalla kaavalla. Myllyjen moottoreiden lähdöille nimellisvirta lasketaan moottorin nimellistehon mukaan, mutta samalla täytyy ottaa huomioon, että näitä moottoreita saatetaan tulevaisuudessa vaihtaa hiukan suurempiin.

TPU -sarjan virtamuuntajat ovat valuhartsieristettyjä ja niitä on tarkoitus mittauksen ja suojauksen lisäksi käyttää myös virtakiskon tukieristiminä. Mitoitustoisiovirraksi valitaan 1 A eikä 5 A, koska numeeristen releiden tarkkuus riittää siihen hyvin.

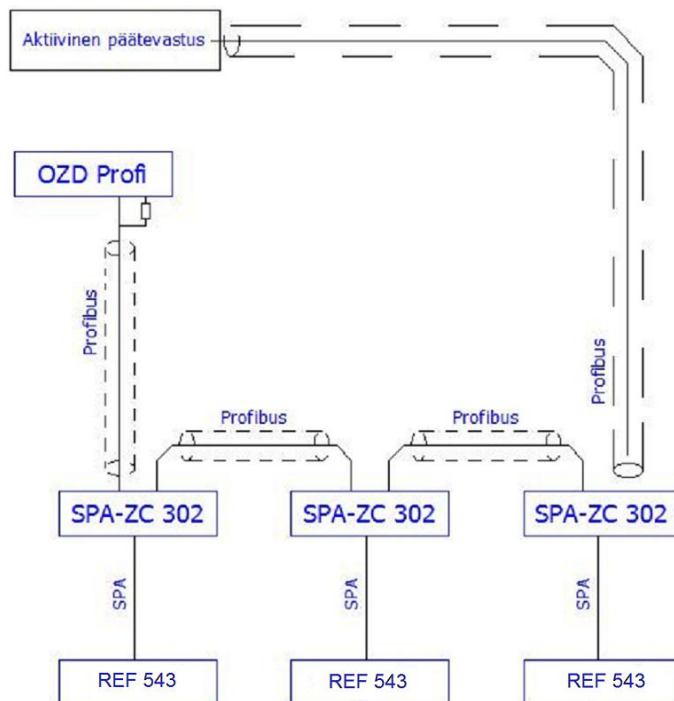
Jännitemuuntajiksi syöttökenttiin valitaan ABB:n TDC 4.0:a, joiden muuntosuhde on $10500/100$ V. Syöttökenttien jännitemuuntajat mittaavat kaapelien jännitettä. Mittauskenttään valitaan TJP 4.0 jännitemuuntajat, joiden muuntosuhde on $10500:\sqrt{3} / 100:\sqrt{3} / 100:3$ V. Jännitemuuntajan ensiökäämi on kytketty vaiheen ja maan väliin. Toisiokäämejä on kaksi; suojaus ja avokolmiokäämi. Suojuskäämi mittaa kiskon jännitettä ja avokolmiokäämi nollajännitettä. Nollajännitteen mittausta käytetään maasulun havaitsemiseen. Kojeiston muihin kenttiin jännitemuuntajia ei tarvita.

Kaapelivirtamuuntajat asennetaan jokaiseen syöttävään lähtöön sekä syöttökenttiin. Mittauskenttään, kiskokatkaisijakenttään sekä varakenttiin kaapelivirtamuuntajia ei tule. KAB2 syöttökenttään valitaan ABB:n KOKM 06J29 kaapelivirtamuuntaja ja muihin lähtöihin KOLMA 06D1 kaapelivirtamuuntajat. KAB2 syöttökentällä on oltava fyysisesti suurempi virtamuuntaja, koska syöttö tapahtuu kolmella rinnan olevalla kaapelilla, eikä KOLMA 06D1:n renkaan sisälle mahtuisi kaikki nämä kaapelit.

Väyläsovittimet ja liittyminen järjestelmään

Liittyminen järjestelmään on käytettävyyden kannalta tärkeimpiä uudistuksia. Kaivoksella on käytössä Profibus DP -kenttäväylä ja kaikki uudet suojarahitukset tulevat lisäämään väylän kautta metsoDNA -automaatiojärjestelmään. Myllyjen katkaisijoita pystytään tälläkin hetkellä ohjaamaan kiinni ja auki ohjaamosta, mutta mitään mittaus- ja ohjauksia ei mene. Ohjaukset on toteutettu perinteisesti I/O -ohjauksilla, ilman väylää.

REM- ja REF -kennotermiinit käyttävät muun muassa SPA väylää ja liittyäkseen Profibus DP -väylään, vaatii se erillisen väyläsovittimen käyttöä. Jokaiselle suojarahitelle tulee siis oma väyläsovittimensa SPA-ZC 302-BA, joka sijoitetaan samaan kabinon kuin suojarahite. Suojarahitteet liitetään takapaneelinsa RS-232 portista SPA väylää pitkin väyläsovittimeen. Väyläsovittimet ketjutetaan toisiinsa Profibus DP -kuparikaapelia käyttäen ja kaapelin toinen pää päättyy aktiiviseen päätevastukseen ja toinen kuitumuuntimeen. Kuitumuuntimiksi sopii esimerkiksi OZD Profi 12M G12. Kuitumuuntimesta jatketaan kytkentäkuiduilla kuitupäätepaneelille, joka sijoitetaan erilliseen kuitukaappiin, mielellään samaan sähkötilaan. Siitä se voidaan jatkaa runkokuituna rikastamon yläkerrassa sijaitsevaan järjestelmä huoneeseen ja muuttaa käänteisessä järjestyksessä Profibus DP -kuparikaapeliksi. Tämä kaapeli sitten liitetään Metson prosessiasemaan ja yhteys suojarahiteilta järjestelmään on valmis.



KUVIO 3. Periaatekuviokuva suojarahiteiden Profibus-kaapeloinnista kojeiston sisällä (Sami Suhonen 2012)

Kustannukset [poistettu]

Yhteenveto

KAB2- ja KAB3-uusinnan oleellimmat komponentit selviävät taulukosta 12 ja kojeiston lähdöt taulukosta 13. KAB2:n syöttökentän sijainti on valittu siten, että se sattuu nykyisten syöttökaapeleiden kohdalle.

TAULUKKO 12. KAB2- ja KAB3-uusinnan komponentteja

komponentti	tyyppi	kpl / m
suojarele	ABB REF 543 KM127BAAA-003 Multi	17 kpl
suojarele	ABB REM 543 CM212AAAA-003	3 kpl
katkaisija	ABB VD4/P 12.16.32 P210	3 kpl
katkaisija	ABB VD4/P 12.06.32 P150	16 kpl
maadoituskytkin	ABB EK6 (210mm)	3 kpl
maadoituskytkin	ABB EK6 (150mm)	17 kpl
valokaarisuoja	ABB REA 101	2 kpl
valokaarisuoja	ABB REA 107	5 kpl
silmukka	valokuitu	42 m
valosensori	valosensori	40 kpl
virtamuuntaja	ABB TPU 43.13 1000- <u>1600</u> /1/1 A	9 kpl
virtamuuntaja	ABB TPU 40.23 100- <u>200</u> /1/1 A	33 kpl
virtamuuntaja	ABB TPU 40.23 75/1/1 A	6 kpl
virtamuuntaja	ABB TPU 40.13 150/1/1 A	9 kpl
kaapelivirtamuuntaja	ABB KOKM 06J29	1 kpl
kaapelivirtamuuntaja	ABB KOLMA 06D1	16 kpl
jännitemuuntaja	ABB TJP 4.0	3 kpl
jännitemuuntaja	ABB TDC 4.0	2 kpl
väyläsovitin	ABB SPA-ZC 302-BA	20 kpl

TAULUKKO 13. KAB2 ja KAB3 uusintaehdotuksen kentät

B 3.1	syöttö SA1B1/09
B 3.2	Minelco T21
B 3.3	HIMU T9
B 3.4	kiskokatkaisija
B 2.1	mylly 1640
B 2.2	mylly 1660

B 2.3	kalsiittirikastus T8
B 2.4	apatiittirikastus T7
B 2.5	syöttö SA1B1/04
B 2.6	apatiittirikastus T6
B 2.7	muuntaja T5
B 2.8	valaistus T4
B 2.9	tankomylly 1650
B 2.10	muuntaja T3
B 2.11	mittaus
B 2.12	muuntaja T10
B 2.13	vara
B 2.14	vara
B 2.15	vara
B 2.16	vara

10.3 KAB23

Uusintaehdotusta havainnollistavat suunnitelmapiirustukset pääkaaviosta sekä valokaarisuojauksesta. (ks. liite 3)

Uusimalla KAB2 ja KAB3 yhdeksi uudeksi kojeistoksi, säästettäisiin komponenttien määrässä ja sitä kautta hinnassa. Vähintään yhden kentän hinta jäisi pois. On myös mahdollista, että Yara ottaisi KAB3:lle oman mittauskentän, jos päädyttäisiin pitämään kojeistot erillään. Tällöin kojeistojen uusiminen yhtenäisenä toisi säästöjä kahden kentän verran. Säästö voitaisiin käyttää syötön uusimiseen. Ainoa järkevä syy kojeistojen eriyttämiselle on se, että syöttökaapelit ovat yksin liian pieniä molempien kojeistojen kuormalle. Jos syöttökaapeli vaihdetaan poikkipinnaltaan suurempaan, ei tätäkään syytä jää.

Kojeistojen yhtenäistäminen ei toisi suuria kokonaismuutoksia. Merkittävimmät ovat kiskokatkaisijakentän poisjääminen, valokaarisuojauksen yksinkertaistuminen sekä syöttökaapelin vahvistuminen.

Syöttökaapelointi

Uusi syöttökaapeli tulisi nykyiseltä pääkojeistolta SA1B11:ltä, kentästä 04. Siinä on 1600 A katkaisijalla sekä REF 543 -suojareleellä varustettu lähtö vapaana. Kaapeliksi valitaan AHXCMK-WTC 3 x (3 x 1 x 800 + 35), jonka kuormitettavuus ilman korjauskertoimia maahan asennettuna on 2085 A (+65°C). Korjauskertoimet huomioiden kuormitettavuus on 1485 A ja tehonsiirtokapasiteetiksi tulee 27,0 MVA (10,5 kV). Tämä kattaa hyvin yhdistetyn KAB23-kojeiston kuormituksen, ja varaa jää hyvin myös tehon kasvulle. Tarkkoja tietoja Yaralla käytetyistä tehoista ei ole lupa julkaista. Kaapelointi sisältää syöttökaapelit, maadoituksen, ohjauskaapelit ja kaapelinsuojan. Maadoituksen hoitavat 3 x 50 Cu maadoitusjohtimet. Kaapeloinnin maahan asentamista selventää kuvio 2. Uuden syöttökaapelin kuormitettavuus lasketaan seuraavasti.

AHXCMK-WTC 3 x (3 x 1 x 800 Al / 35 Cu)

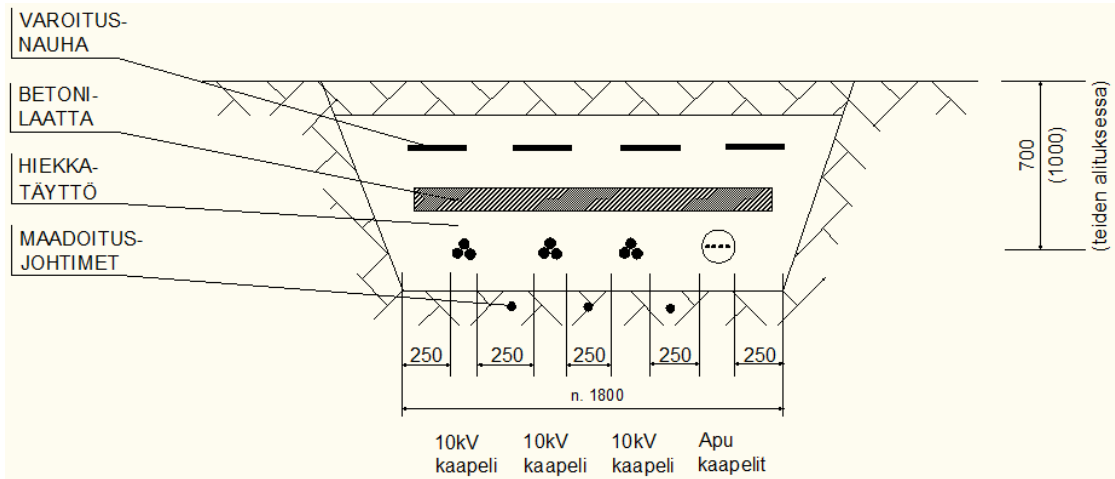
kuormitettavuus ilman korjauskertoimia	2085 A
--	--------

Korjauskertoimet

- asennussyvyys 1000 mm	0,98
- kolmen eri kaapelipinon vapaa välimatka 250 mm	0,79

- betonilaatta >10 cm kaapeleiden yläpuolella	1,00
- maan lämpöresistiivisyys puolikuiva hiekka, 1,2 K m/W	0,92
- maan lämpötila (+15°C)	1,00

kuormitettavuus korjauskertoimien jälkeen 1485 A
(Prysmian 2012.)



KUVIO 4. Periaatekuviokuva uuden syötön asennuksesta maahan (Sami Suhonen 2012)

Tällä hetkellä KAB2:ta syöttävät kolme rinnan olevaa APYAKMM 3 x 240 -kaapelia. Nämä voisivat jäädä varasyötöksi toiseen syöttökentistä. KAB3:n nykyinen syöttö (APYAKMM 3 x 240 -kaapeli) jäisi turhaksi.

Valokaarisuojaus

Kiskokatkaisijan poisjääminen tekee valokaarisuojauksesta yksinkertaisemman, koska toinen valokaarisilmukka jää pois. KAB23:ssa yksi sensorikuitusilmukka voi kiertyä siis koko kiskoston. Linssityyppiset sensorit sijoitetaan jokaiseen katkaisija- ja kaapelipäätekennoon. REA101-valokaarireleet tulevat sekä syöttöön että varasyöttöön, koska molemmille on saatava virranmittaus. Normaalisessa käyttötilanteessa varasyötön katkaisija on kuitenkin auki-asennossa. Molemmat keskusyksiköt ohjaavat omaa syöttökatkaisijaansa HS01-laukaisulähdöllä sekä toista syöttökatkaisijaa HS02-laukaisulähdöllä, koska syöttö voi joskus tulla molemmista suunnista. Keskusyksiköt ohjaavat myös TRIP3-lähdöllä ylempiä omia syöttökatkaisijoitaan, jos ylivirtasignaali ei poistu 100 ms kuluessa. Tällöin syötön keskusyksikkö ohjaa SA1B11/04-katkaisijaa ja varasyötön keskusyksikkö SA1B1/04-katkaisijaa. KAB23:n valokaarisuojausta selventää liite 3.

Kustannukset [poistettu]**Yhteenveto**

Varasyöttökentän sijainti on valittu siten, että se sattuu nykyisten syöttökaapeleiden kohdalle. Kahdesta uusintavaihtoehdosta toteutetaan todennäköisemmin tämä. Yksi kokonainen kojeisto on monelta osalta selkeämpi kokonaisuus ja syötön uusiminen toisi sähkönjakeluun varmuutta vuosikymmeniksi eteenpäin. KAB23:n lähdöt selviävät taulukosta 14 ja komponentit taulukosta 15.

TAULUKKO 14. KAB23 uusintaehdotuksen kokoonpano

B 23.1	syöttö SA1B11/04
B 23.2	Minelco T21
B 23.3	HIMU T9
B 23.4	mylly 1640
B 23.5	mylly 1660
B 23.6	kalsiittirikastus T8
B 23.7	apatiittirikastus 2 T7
B 23.8	apatiittirikastus T6
B 23.9	varasyöttö SA1B1/04
B 23.10	muuntaja T5
B 23.11	valaistus T4
B 23.12	tankomylly 1650
B 23.13	muuntaja T3
B 23.14	mittaus
B 23.15	muuntaja T10
B 23.16	vara
B 23.17	vara
B 23.18	vara
B 23.19	vara

TAULUKKO 15. KAB23:n uusintaehdotuksen komponentteja

komponentti	tyyppi	kpl / m
suojarele	ABB REF 543 KM127BAAA-003 Multi	16 kpl
suojarele	ABB REM 543 CM212AAAA-003	3 kpl
katkaisija	ABB VD4/P 12.16.32 P210	2 kpl
katkaisija	ABB VD4/P 12.06.32 P150	16 kpl
maadoituskytkin	ABB EK6 (210mm)	2 kpl
maadoituskytkin	ABB EK6 (150mm)	17 kpl
valokaarisuoja	ABB REA 101	2 kpl
valokaarisuoja	ABB REA 107	5 kpl
silmukka	valokuitu	40 m
valosensori	valosensori	38 kpl
virtamuuntaja	ABB TPU 43.13 1000- <u>1600</u> /1/1 A	6 kpl
virtamuuntaja	ABB TPU 40.23 100- <u>200</u> /1/1 A	33 kpl
virtamuuntaja	ABB TPU 40.23 75/1/1 A	6 kpl
virtamuuntaja	ABB TPU 40.13 150/1/1 A	9 kpl
kaapelivirtamuuntaja	ABB KOKM 06J29	2 kpl
kaapelivirtamuuntaja	ABB KOLMA 06D1	15 kpl
jännitemuuntaja	ABB TJP 4.0	3 kpl
jännitemuuntaja	ABB TDC 4.0	2 kpl
väyläsovitin	ABB SPA-ZC 302-BA	19 kpl

10.4 KAB4

Uusintaehdotusta havainnollistavat suunnitelmapiirustukset pääkaaviosta sekä valokaarisuojauksesta (ks. liite 4).

KAB4:n kohdalla on järkevintä uusia myös koko kojeisto kerralla. Kenttien vähäisen lukumäärän vuoksi se ei myöskään ole kovin mittava investointi verrattuna kaivoksen muihin kojeistoihin. Kojesta ja kokoojakiskosta mitoittaessa tulee huomioida syöttävän kaapelin sallittu jatkuva kuormitettavuus. APYAKMM 3 x 240 -voimakaapelin kuormitettavuus maahan asennettuna on noin $345 A^5$ (Monni 1998, 140). Tätä kaapelia ei Yaralla ole aikomus tässä vaiheessa vaihtaa, joten kojeisto ja komponentit voidaan mitoittaa syöttökaapelin kuormitettavuutta silmällä pitäen.

Kojeisto ja kokoojakiskosto

Kojeistoksi valitaan tuttu UniGear ZS1, vaikka sen pienin valittavissa oleva nimellisvirta onkin 1250 A. KAB4-kojeistoon riittäisi kuormituksen perusteella hyvin esimerkiksi 630 A:n kokoojakiskosto. UniGear valitaan, koska KAB4 syöttää karkeamurskaamon pientä 10 kV:n kojeistoa, jossa on oma katkaisija. Tällaisessa tilanteessa jossa syötetään vielä 10 kV:n kojeistoa, on Yaran linjaus, että valitaan aina UniGear ZS1. Jos KAB4 syöttäisi pelkästään esimerkiksi muuntajalähtöjä, voisi kevyemmän kojeiston valita. Hyvänä vaihtoehtona olisi tällöin ilmaeristeinen UniSec kojeisto, joka on hinnaltaan paljon halvempi kuin UniGear. Hyvänä puolena UniGearin valinnassa on, että jos tulevaisuudessa on tarve lisätä huomattavasti kojeiston kuormitusta, onnistuu se sitten pelkällä syöttökaapelin vaihdolla. Kenttiä kojeistoon tulee neljä, nykyisen kolmen sijaan. Sähkötilassa on noin 3 m tilaa kojeistolle ja katkaisijakennot ovat näillä virroilla (630 A - 1250 A) 65 cm leveitä, joten sinne mahtuu hyvin myös neljän eli mittauskenttä. Valittavan kojeiston tekniset arvot selviävät taulukosta 16.

TAULUKKO 156. KAB4 UniGear tekniset arvot

Nimellisjännite	12 kV
Jakelujännite	10 kV
Nimellistaajuus	50 Hz
Terminen virtakestoisuus	31,5 kA/1s
Dynaaminen virtakestoisuus	80,0 kA
Kokoojakiskoston nimellisvirta	1250 A
Kiskomateriaali	kupari

Katkaisijat ja maadoituskytkimet

Katkaisijoiksi valitaan tuttuun tapaan ABB:n VD4/P -tyhjökatkaisijoita. Syöttökatkaisijan nimellisvirta mitoitetaan kokoojakiskoston nimellisvirran mukaan, eli 1250 A. Jokaiseen kenttään sijoitetaan katkaisija, toisin kuin asia tällä hetkellä on. Muut kuin syötön lähdöt kalustetaan 630 A katkaisijalla. Maadoituskytkimiksi tulevat ABB:n EK6 -maadoituskytkimet.

Suojareleet

Suojareleiksi valitaan REF 543 -kennoterminaalit. Releiden asettelut on lasketettava uusiksi esimerkiksi Pöyry Oyj:llä. Releet liitetään myös automaatiojärjestelmään.

Valokaarisuojaus

Valokaarisuojaus toteutetaan samalla periaatteella kuin aiemmissa ehdotuksissa. Syöttökenttään sijoitetaan REA 101 -keskusyksikkö ja virranmittaus otetaan jokaisen vaiheen virtamuuntajalta. REA 107 -laajennusyksikkö sijoitetaan kolmanteen kenttään. Yksi valokaarisilmukka tulee kiertämään koko kokoojakiskostilan ja jokaiseen katkaisija- ja kaapelipäätetilaan asennetaan linssityyppinen sensori. Sensoreita tulee siis yhteensä kahdeksan. Valokaaren sattuessa keskusyksikön HS01 kosketin ohjaa KAB4 syöttökatkaisijan auki, ja jos vika ei jostain syystä poistu 100 ms:ssa, ohjaa kosketin HS02 SA1B1/11 katkaisijan auki, joka syöttää KAB4 kojeistoa. Jos ylivirtasignaali poistuu ennen viiveajan kulumista, ei viivästettyä katkaisijaa laukaista.

Mittamuuntajat

Virtamuuntajat valitaan samoin perustein kuin KAB2 ja KAB3 kojeistoissa. Kunkin lähdön virtamuuntajat valitaan lähdön kuormituksen mukaan ABB:n TPU -sarjasta. Esimerkiksi Tasausvaraston virtamuuntajiksi valitaan ABB:n TPU 40.23 100-200/1/1A, koska muuntajan T13 nimellisvirraksi tulee 10 kV:n puolella noin 144 A.

2,5 MVA:n muuntajan nimellisvirta I_{1N} ensiöpuolella on:

$$I_{1N} = \frac{S_N}{\sqrt{3} * U_{1N}} = \frac{2,5 \text{ MVA}}{\sqrt{3} * 10 \text{ kV}} = 144,34 \text{ A}$$

Jännitemuuntajaksi syöttökenttään valitaan ABB:n TDC 4.0, jonka muuntosuhde on 10500/100 V. Se mittaa syöttökaapelien jännitettä. Mittauskenttään valitaan TJP 4.0 jännitemuuntajat, joiden muuntosuhde on 10500: $\sqrt{3}$ / 100: $\sqrt{3}$ / 100:3 V. Kojeston muihin kenttiin jännitemuuntajia ei tarvita. Syöttökentän sekä lähtevien kenttien kaapeleihin valitaan KOLMA 06D1 -kaapelivirtamuuntajat.

Väyläsovittimet ja liittyminen järjestelmään

Jokaiselle suojarielelle tulee oma väyläsovittimensa SPA-ZC 302-BA, joka sijoitetaan samaan kennoon suojarieleen kanssa. Suojarieleet liitetään takapaneelinsa RS-232 portista SPA väylää pitkin väyläsovittimeen. Väyläsovittimet ketjutetaan toisiinsa Profibus DP -kuparikaapelia käyttäen ja kaapelin toinen pää päättyy aktiiviseen päätevastukseen ja toinen kuitumuuntimeen. Nämä molemmat voidaan sijoittaa mittauskennoon. Kuitumuuntimeksi valitaan OZD Profi 12M G12. Tämän vuoden (2012) vuosiseisokissa on vedetty kuituyhteys rikastamon yläkerran järjestelmähuoneesta risteysasemalle. Tätä yhteyttä voidaan hyödyntää KAB4 suojarieleiden liittämässä järjestelmään. Muuten kuituyhteys jouduttaisiin erikseen rakentamaan. Kuituyhteys muutetaan järjestelmätilassa taas Profibus DP -kuparikaapeliksi. Tämä kaapeli sitten liitetään Metson prosessiasemaan ja yhteys suojarieiltä järjestelmään on valmis.

Kustannukset [poistettu]

Yhteenveto

KAB4 kohdalla olisi kojeiston uusinnan yhteydessä syytä harkita sähkötilan jäähtymisen ja ylipaineistuksen lisäämistä. Ylipaine sähkötilassa poistaisi jatkuvan pölyongelman. KAB4:n uusinnan lähdöt selviävät taulukosta 17 ja komponentit taulukosta 18.

TAULUKKO 167. KAB4 uusintaehdotuksen kokoonpano

B 4.1	tasausvarasto T13
B 4.2	syöttö SA1B1/11
B 4.3	karkeamurskaamo
B 4.4	mittauskenttä

TAULUKKO 178. KAB4 uusinnan komponentteja

komponentti	tyyppi	kpl / m
suojarele	ABB REF 543 KM127BAAA-003 Multi	4 kpl
katkaisija	ABB VD4/P 12.12.32 P150	1 kpl
katkaisija	ABB VD4/P 12.06.32 P150	2 kpl
maadoituskytkin	ABB EK6 (150mm)	4 kpl
valokaarisuoja	ABB REA 101	1 kpl
valokaarisuoja	ABB REA 107	1 kpl
silmukka	valokuitu	10 m
valosensori	valosensori	8 kpl
virtamuuntaja	ABB TPU 43.23 1000- <u>1250</u> /1/1 A	3 kpl
virtamuuntaja	ABB TPU 40.23 100- <u>200</u> /1/1 A	6 kpl
kaapelivirtamuuntaja	ABB KOLMA 06D1	3 kpl
jännitemuuntaja	ABB TJP 4.0	3 kpl
jännitemuuntaja	ABB TDC 4.0	1 kpl
väyläsovitin	ABB SPA-ZC 302-BA	4 kpl

10.4 SA1B1

Saneerausehdotusta havainnollistavat suunnitelmapiirustukset pääkaaviosta ja valokaarisuojauksesta sekä periaatekuva valokaarisuojauksesta on esitelty liitteissä 5 ja 6.

SA1B1 dublex-kojeistoa Yara ei ole valmis kokonaan uusimaan, koska dublex nostaisi uusittavien katkaisijoiden ja virtamuuntajien lukumäärän ja sitä kautta hinnan lähes kaksinkertaiseksi normaaliin kojeistoon nähden. Turvallisuuden kannalta suositeltavaa on kuitenkin lisätä valokaarisuojaus koko kojeistoon sekä käytettävyyden kannalta uusia vanhat Strömbergin suojareleet. Kolme näistä vanhoista releistä onkin jo vaihdettu ABB:n REF 541 -kennoterminaaleihin vuonna 2009. Nämä on liitetty myös Profibus DP -kenttäväylään ja aina järjestelmään saakka, joten yhteys järjestelmään on sähkötilassa valmiina. Uusittavien releiden liittäminen järjestelmään on siis jatkossa helppoa. SA1B1:n saneeraus tuo kojeiston kokonaan uusimiselle reilusti tarvittavaa lisäaikaa. Jos vähäöljykatkaisijat aiheuttavat tulevaisuudessa ongelmia, voidaan niitä vaihtaa tyhjökatkaisijoihin kasettiratkaisua käyttämällä.

Valokaarisuojauksen lisääminen

Valokaarisuojauksen asentaminen saneeruksena on hiukan erilainen projekti kuin vain valita uusi kojeisto, jossa sellainen on jo valmiina. Saneeruksissa on myös huomioitava, että kuitukaapelisensorin lisäys vaatii aina koko kojeiston kylmäksi. Linssejä sen sijaan pystyy lisäämään milloin vain. Jos valokaarisuojaukseen käytetään kuitusilmukoita, on ainut mahdollinen saneerausajankohta vuosiseisokki. Näin on toki lähes kaikissa tämän tason muutostöissä, kuten myös tämän kojeiston suoja-releiden vaihdossa.

Valokaarisuojaus tehdään ABB:n REA10_ -valokaarijärjestelmällä. REA 101 -keskusyksiköitä tulee kaksi, ja ne sijoitetaan molempien kiskojen syöttökenttiin. REA 101:n välille luodaan yhteys optolink -liitäntän avulla. Linssityyppisiä sensoreita tulee jokaiseen katkaisijakennoon eli yhteensä 26 kpl. SA1B1:ssä ei katkaisijalle ja kaapelipääteelle ole erillistä kennoa kuten esimerkiksi UniGearissa, joten sensoreiden määrä on puolet UniGeariin nähden. REA 107 -laajennusyksikköön pystyy liittämään kahdeksan sensoria, joten REA 107 -laajennusyksiköitä tulee kojeistoon neljä, kaksi kummallekin kiskolle. Ideana olisi lisätä sensorit jokaiseen kenttään ja kattaa niiden mahdolliset katvealueet kuidulla. Kuitusilmukat kiertäisivät tietenkin myös kokoojakiskotilat. Kahteen REA 101 releeseen saadaan liitettyä yhteensä neljä kuitusilmukkaa. Yhden kuitusilmukan maksimipituus on 60 m. Yhdessä kennossa tai tilassa silmukan on kuljettava vähintään 10 cm:n matka, jotta valokaaren tunnistus olisi riittävä. Virran mittaus otetaan normaalisti syöttökatkaisijoilta. Keskusyksiköt asennetaan kennojen kansiin, jossa muutkin suoja-releet sijaitsevat. Laajennusyksiköt asennetaan kennojen sisälle.

Kuitukaapelisensorit asennetaan siten, että kiskokatkaisija jakaa suojausalueet. Molempien keskusyksiköiden HS01-laukaisulähdöt ohjaavat oman kiskostonsa syöttökatkaisijaa sekä HS02-laukaisulähdöt kiskokatkaisijaa. Jos vika ei poistu 100 ms:n aikana, TRIP3-kosketinlähde ohjaa kojeistoa syöttävän katkaisijan auki pääkojeisto SA1B11:ssä.

I-kiskon kuitukaapelisensori on paljon II-kiskon sensoria pidempi, koska se joutuu matkaamaan lähes koko sähkötilan poikki kokoojakiskosillan mukana. Keskusyksiköiden välinen optolink-yhteys sekä laajennusyksiköiden väliset ketjutukset kulkevat myös sillan mukana. Valokaarisuojauksen rakennetta selventävät liitteet 5 ja 6. Valokaarisuojat liitetään sähkötilassa olevaan apusähköön. Valokaarisuojauksen vaatimat komponentit on lueteltu taulukossa 19.

TAULUKKO19. SA1B1:n valokaarisuojauksen vaatimat komponentit

komponentti	kpl/m määrä
ABB REA 101	2 kpl
ABB REA 107	4 kpl
kuitusilmukka	53 m
linssityyppinen sensori	26 kpl

Suojareleiden päivitys

SA1B1:n suojareleiden päivitys tapahtuisi samalla kun valokaarisuojauksen lisäys. Vanhat Strömbergin releet on jo uusittu kolmeen lähtöön, joten uusittavaksi jäisi enää yksitoista relettä. Yhdestoista rele on mittauskenttää varten, koska mittauskentissä on molemmilla kiskoilla omat suojauksensa. Suojareleiksi valitaan ABB:n REF 543-kennoterminaalit, jotka kattavat suojaustoiminnoillaan tarvittavat toiminnot. Suojareleiden päivitys vanhoista Strömbergin releistä ABB:n kennoterminaleihin on asennuksiltaan helposti toteutettavissa. Tärkeää on kuitenkin hyvä suunnittelu ja käyttöönotossa tapahtuva suojarelekoestus. Sen puutteellinen toteutus voi jättää eitoivottuja puutteita relesuojaukseen.



KUVA 18. SPA-ZC-302-väyläliityntämoduli, SA1B1 (Sami Suhonen 2012)

Suojareleen diagnostiikan saaminen järjestelmään vaatii releen liittämistä kenttäväylään. Koska REF-kennoterminaalit eivät tue suoraan Profibus DB -kenttäväylää,

on käytettävä väyläsovittimia. SA1B1:n aiemmat kolme REF-suojarelettä on lisätty järjestelmään, joten reitti järjestelmään on valmiina. Väyläsovittimet toteutetaan kahdella eri lenkillä, kummallekin kiskolle omansa. Väyläsovittimiksi valitaan SPA ZC 302 –BA, jotka ketjutetaan Profibus DP –kuparikaapelilla. Toinen pää liitetään kuitumuuntimeen ja toinen pää päätevastukseen. Kuitumuuntimet ja päätevastukset sijoitetaan kummankin kiskon mittauskenttään. Kuitumuuntimilta yhteys jatkuu kytkentäkuiduilla sähkötilassa sijaitsevaan kuitupäätepaneeliin, joka on erillisessä kuitukaapissa. Siitä se jatkaa matkaansa runkokuitukaapelina ja samalla liittyy kaivoksen rengasmaiseen valokuituyhteyteen. Siitä se etenee rikastamon yläkerrassa sijaitsevaan järjestelmähuoneeseen ja siellä se muutetaan käänteisessä järjestyksessä Profibus DP -kuparikaapeliksi. Tämä kaapeli sitten liitetään Metso-prosessiasemaan ja yhteys suojareleeltä järjestelmään on valmis. Kuvassa 18 näkyy SPA-ZC-302 väyläliityntämoduli, joita on SA1B1:ssä kolmessa eri lähdössä.

Kustannukset [poistettu]

Yhteenveto

SA1B1:n relesaneerauksen käytettävät komponentit selviävät taulukosta 20.

TAULUKKO 20. SA1B1:n relesaneerauksen vaatimat komponentit

komponentti	kpl/m määrä
REF 543 KM127BAAA-003 Multi	11 kpl
SPA ZC 302 –BA -väyläsovitin	11 kpl
Profibus DB -kuparikaapeli	60 m
OZD Profi 12M G12 -kuitumuunnin	2 kpl
päätevastus	2 kpl

11 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli selvittää missä vaiheessa elinkaartaan ovat kaivoksen neljä eri kojeistoa. Selvityksen pohjalta jokaisesta kojeistosta tehtiin joko uusinta- tai saneeraus ehdotus. KAB2:lle ja KAB3:lle annettiin kaksi eri uusintavaihtoehtoa. SA1B1 oli ainut kojeisto, joka nähtiin järkevimmäksi pelkästään saneerata. Kaikista kojeistoista piirrettiin AutoCAD-ohjelmalla uusintaehdotusten mukaiset pääkaaviot sekä valokaarisuojaukset havainnollistamaan ehdotuksia. Työn tulokset selkeyttävät ja kokoavat uusinnan tarpeen syitä toimeksiantajalle. Uusintaehdotukset ovat nyt Yaran käytettävissä kustannusarvioineen, ja uusimisien tarkempi esisuunnittelu on tulevaisuudessa helpompi aloittaa. Karkeita kustannusarvioita Yara voi hyödyntää päättäessään investoinneista ja niiden ajankohdista.

Uusinnat ovat mittavia sekä rahallisesti että ajallisesti, joten samanaikaisesti kojeistoja tuskin uusitaan tai saneerataan. Uusinnat tehdään vuosiseisokin aikaan, jotka kestävät kaivoksella noin 7 vuorokautta. Tämä on erittäin lyhyt aika, ja yhden kojeiston uusinnassa tai saneerauksessa riittää varmasti haastetta yhdelle seisaukselle. Kojesteiden uusinta on myös kallista, ja usean kojeiston rahojen saanti samalla vuodelle ei varmasti ole yhtä helppoa.

Uusintojen myötä saadaan kaikkiin näihin neljään kojeistoon valokaarisuojaukset sekä uudet suojareleet. Täten sähköturvallisuus, sähköverkon suojaus sekä käytettävyyden paranevat huomattavasti. Uusittaessa kojeistoja kokonaan on myös kaikkien komponenttien tuotetuki taattu useaksi vuosikymmeneksi eteenpäin.

LÄHTEET

ABB. 2000 - 2007. *Teknisiä tietoja ja taulukoita-käsikirja*. ABB.

Aura L., Tonteri A. J. 1993. *Sähkölaitostekniikka*, 1. painos, Porvoo: WSOY:n graafiset laitokset.

Elovaara J., Laiho Y. 1999. *Sähkölaitostekniikan perusteet*, 4. painos, Helsinki: Otatieto.

Kennoterminaali REF 541/543/545 tuoteopas. ABB. [viitattu 7.8.2012] Saatavissa: [http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/f9eb02a6dff44160c12577c90029b8bd/\\$file/ref54_tob_755512_fid.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/f9eb02a6dff44160c12577c90029b8bd/$file/ref54_tob_755512_fid.pdf)

Monni M. 1998. *Sähkölaitosasennukset*, 5.-6. painos, Helsinki: Oy Edita Ab.

Mörsky J. 1992. *Relesuojaustekniikka*, 2. painos, Hämeenlinna: Otatieto.

Prysmian. Kaapelien kuormitettavuuden korjauskertoimet [viitattu 10.10.2012]. Saatavissa: http://www.prysmian.fi/energy/product_info/capacity_land.html

Reka Kaapeli. Yrityksen www-sivut. [viitattu 19.10.2012] Saatavissa: <http://www.reka.fi/products>

Rissanen, R. 2010. Teollisuuden sähköasennukset ja verkot. Luentomoniste. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu.

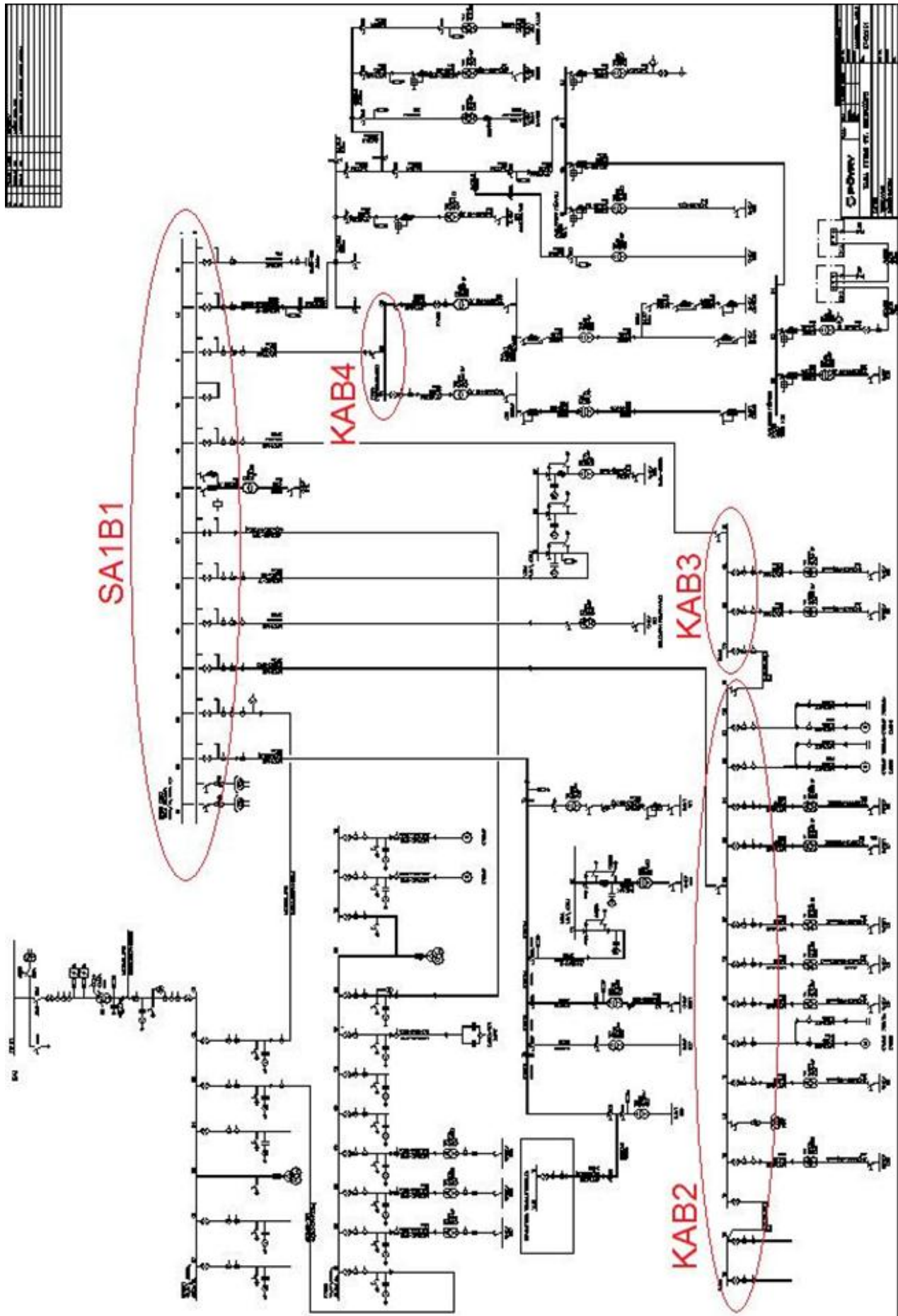
Teollisuusverkkojen oikosulkuvirrat [viitattu 12.10.2012]. Saatavissa: http://www.google.fi/url?q=https://noppa.lut.fi/noppa/opintojako/bl20a0500/luennot/teollisuusverkkojen_oikosulkuvirrat.pdf&sa=U&ei=QTX0T4fpJMTvsgbO9-ikBQ&ved=0CBAQFjAA&usq=AFQjCNF8rup1zU9q7qrNb50xBVRdSzmQ6Q

Valokaarirele REA 101 käyttöohje. ABB. [viitattu 7.8.2012]. Saatavissa: [http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/scot229.NSF/VerityDisplay/09F6A55963022C00C2256EF20033DFF7/\\$File/REA101FId.pdf](http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/scot229.NSF/VerityDisplay/09F6A55963022C00C2256EF20033DFF7/$File/REA101FId.pdf)

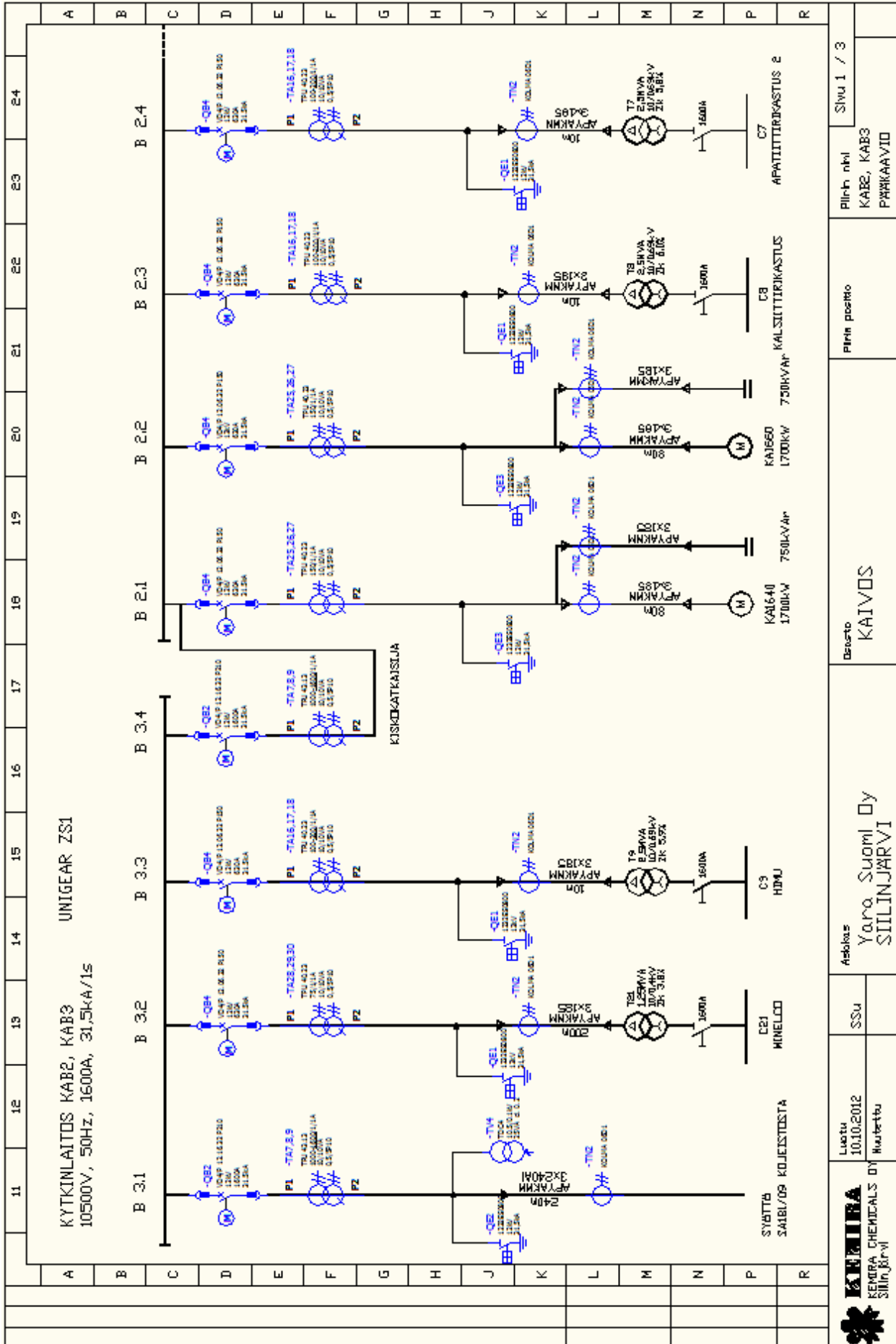
Vamp Oy. Yrityksen www-sivut. [viitattu 24.10.2012] Saatavissa: <http://www.vamp.fi/Suomeksi/Tuotteet/Valokaarisuojaukset/Default.aspx>

Yara Suomi Oy. Yrityksen www-sivut. [viitattu 11.10.2012]. Saatavissa: <http://www.yara.fi/about/index.aspx>

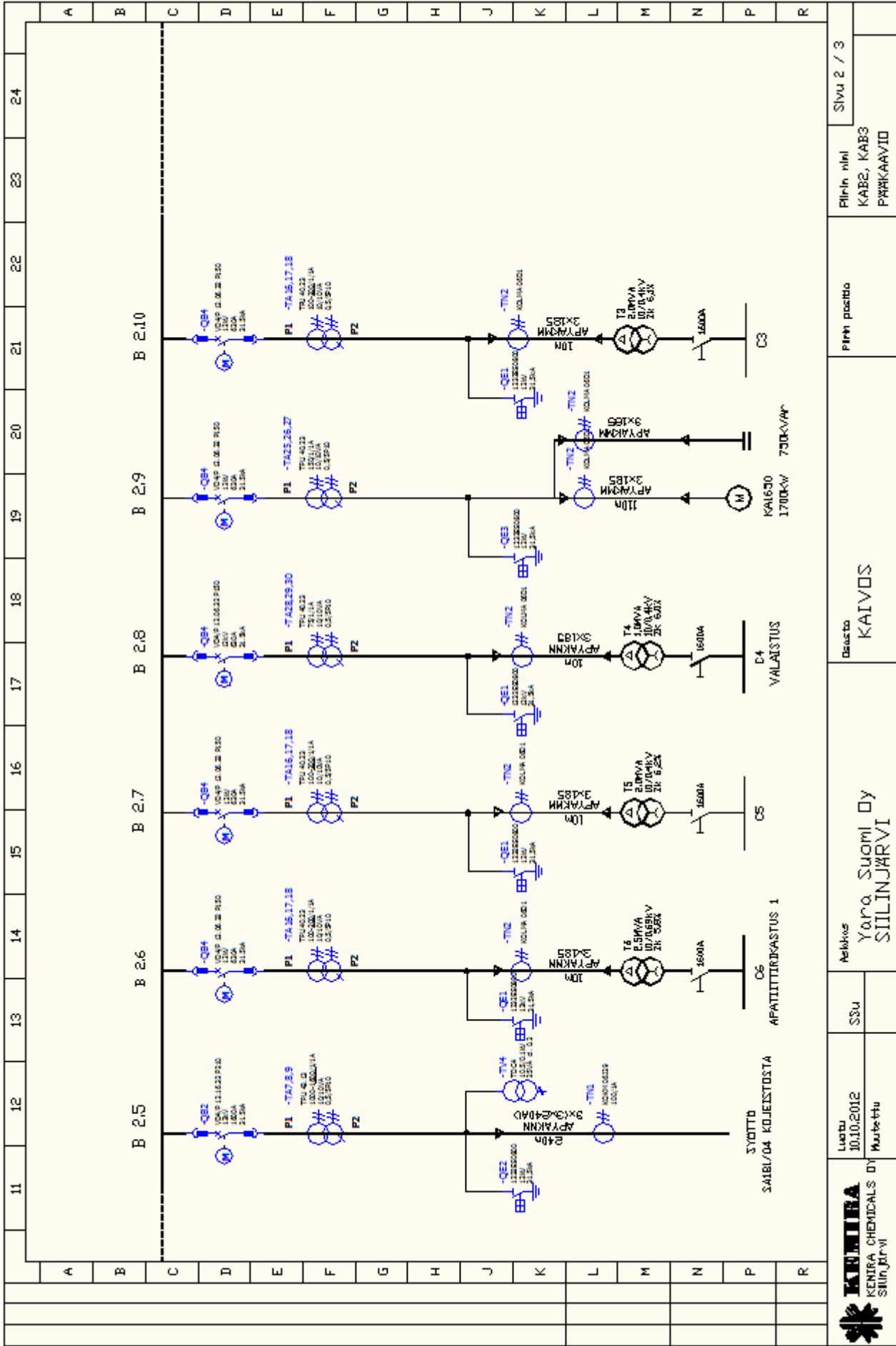
KAIVOKSEN 10 KV PÄÄKAAVIO, JOHON MERKATTU TARKASTELTAVAT KOJEISTOT




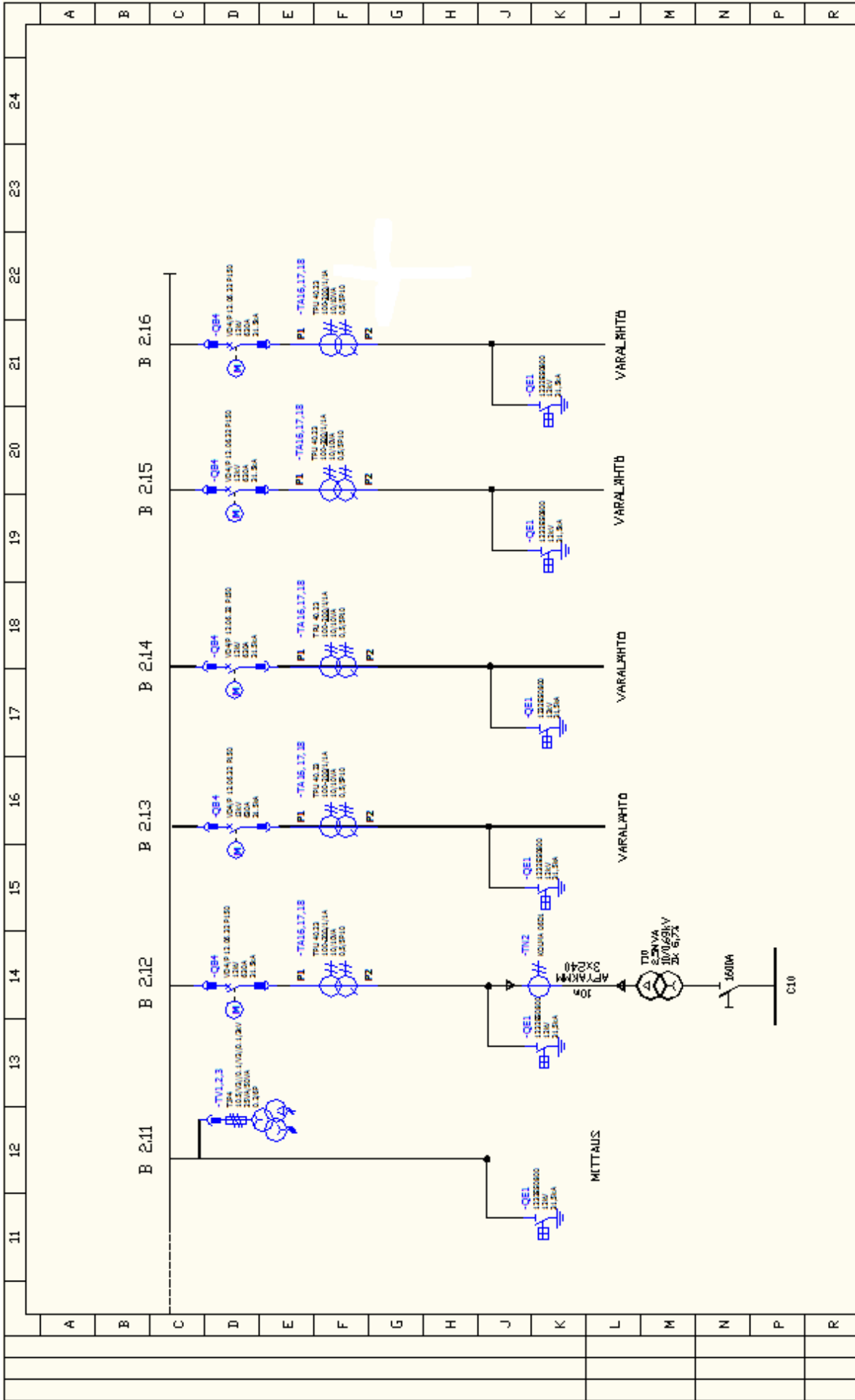
KAB2:N JA KAB3:N SUUNNITELMAKUVAT



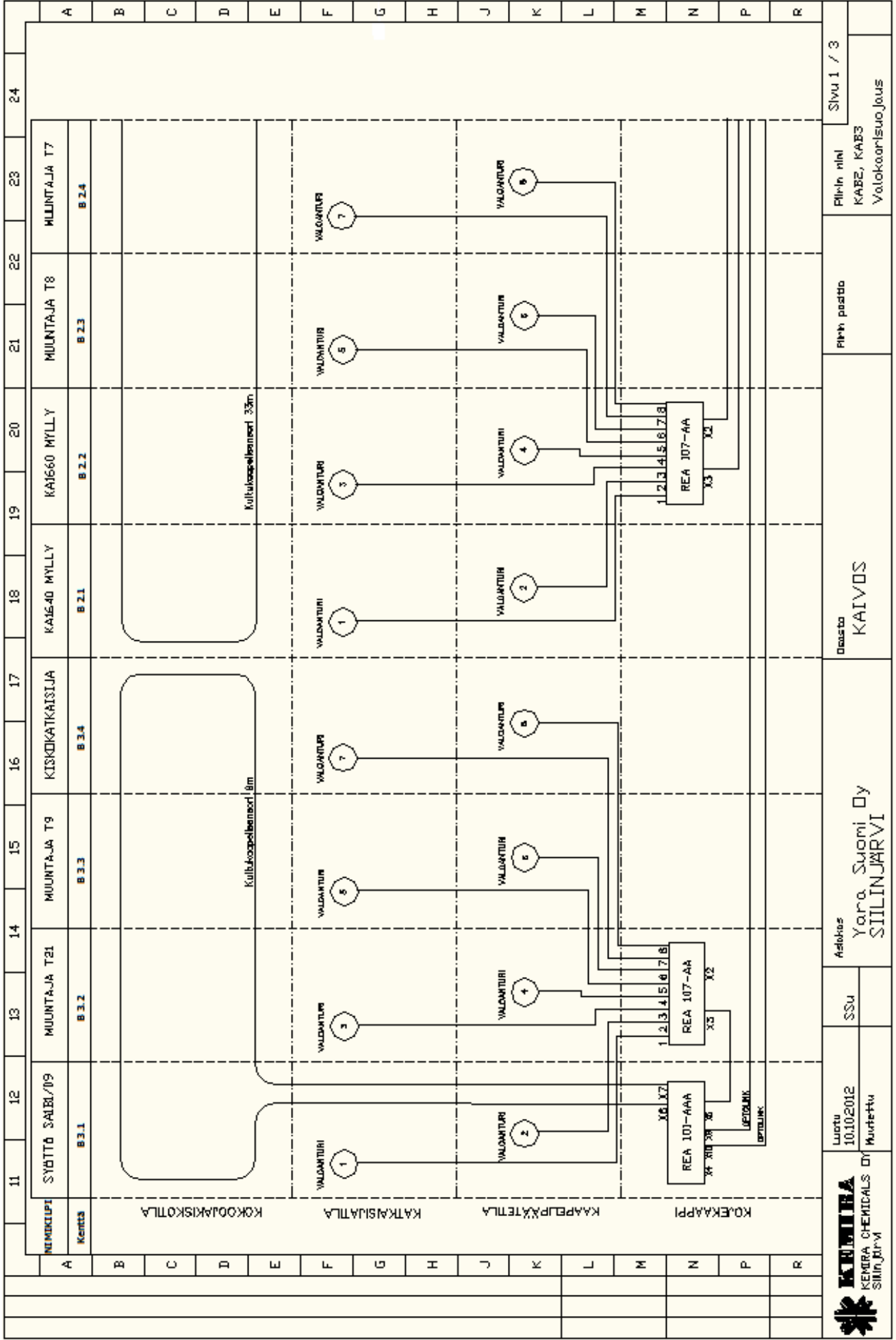
 KEMIRA KEMIRA CHEMICALS OY Siltä, Järvi	Luotu 10.10.2012 Muutettu	SSu	Asiakas Yara Suomi Oy SIILINJÄRVI	Osasto KAIVOS	Piiri poisto	Piiri nimi KAB2, KAB3 PMKAAVIO	Sivu 1 / 3



 KEMIRA KEMIRA CHEMICALS OY Siilinjärvi		Luotu 30.10.2012 Muuttettu	SSu	Tekijä Yoro, Suomi Oy SIILINJÄRVI	Osoite KAIVOS	Puhelin KABB, KAB3 PPKKAVID	Sivun nro 2 / 3
---	--	----------------------------------	-----	---	------------------	-----------------------------------	--------------------



 KEMIRA KEMIRA CHEMICALS OY Siilinjärvi	Luotu 10.10.2012 Muutettu	SSu	Aloitteus Yara Suomi Oy SIILINJÄRVI	Osa-kohta KAIVOS	Piiri-osa-kohta KAIVOS	Piiri-nimi KAB2, KAB3 PÄÄKAAVIO	Sivun nro 3 / 3
---	---------------------------------	-----	---	---------------------	---------------------------	---------------------------------------	--------------------



Sivu 1 / 3

Piiri nimi
KAB2, KAB3
Valokaisusuojeus

Piiri postio

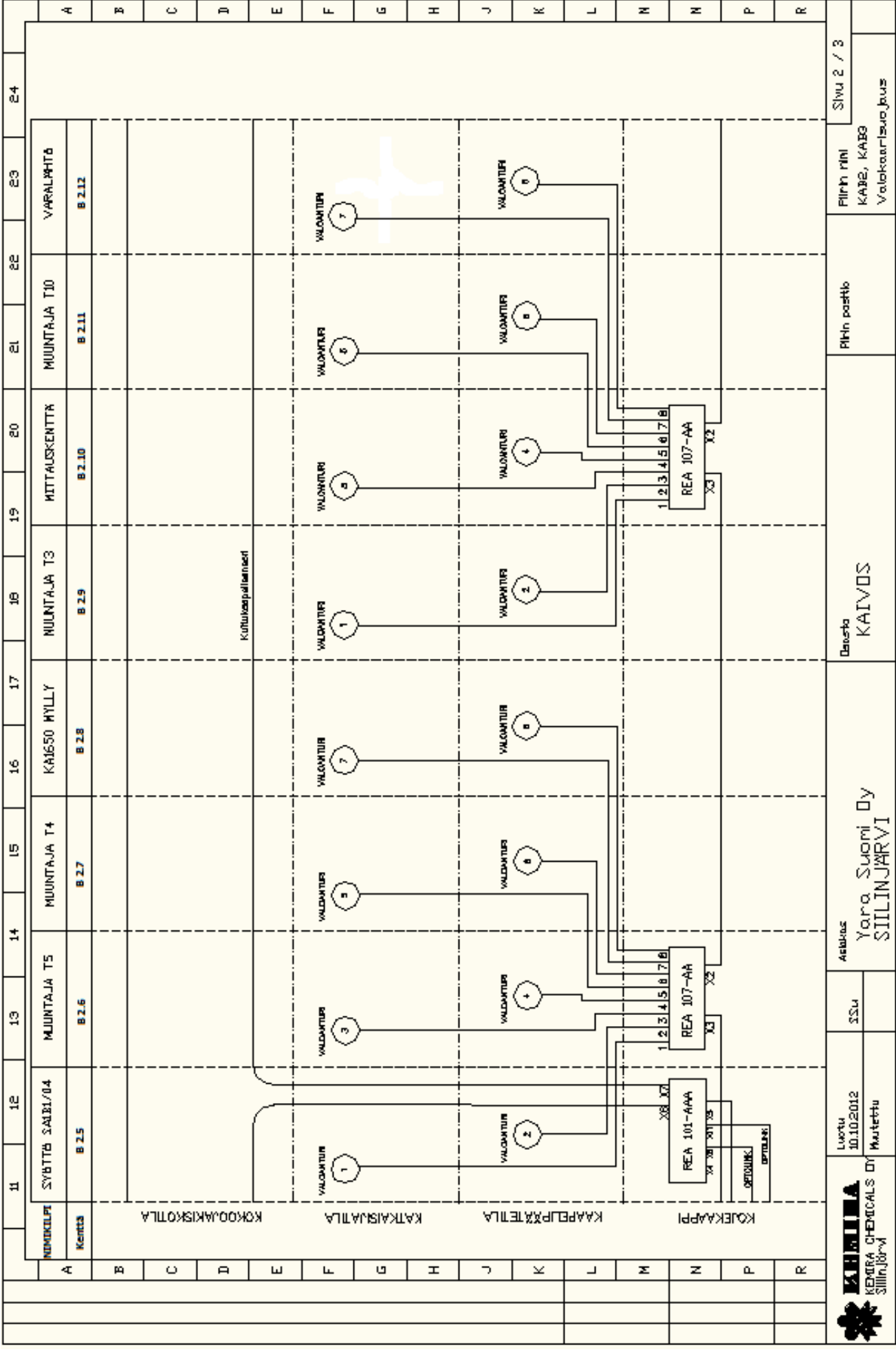
Dausta
KAIVDS

Asiakas
Yara Suomi Oy
SIILINJÄRVI

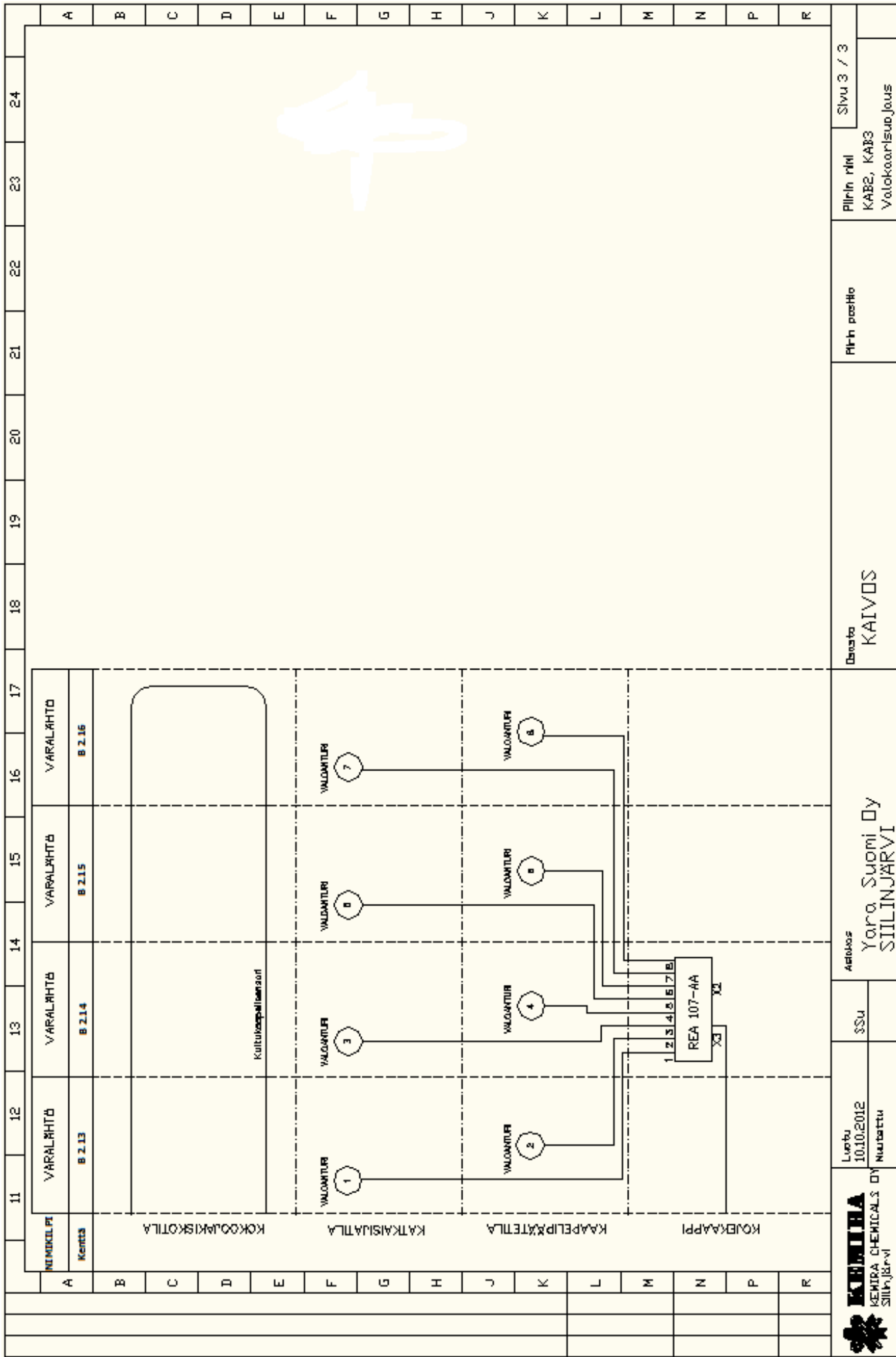
SSSu

Luuu
10.10.2012
Kuvattu

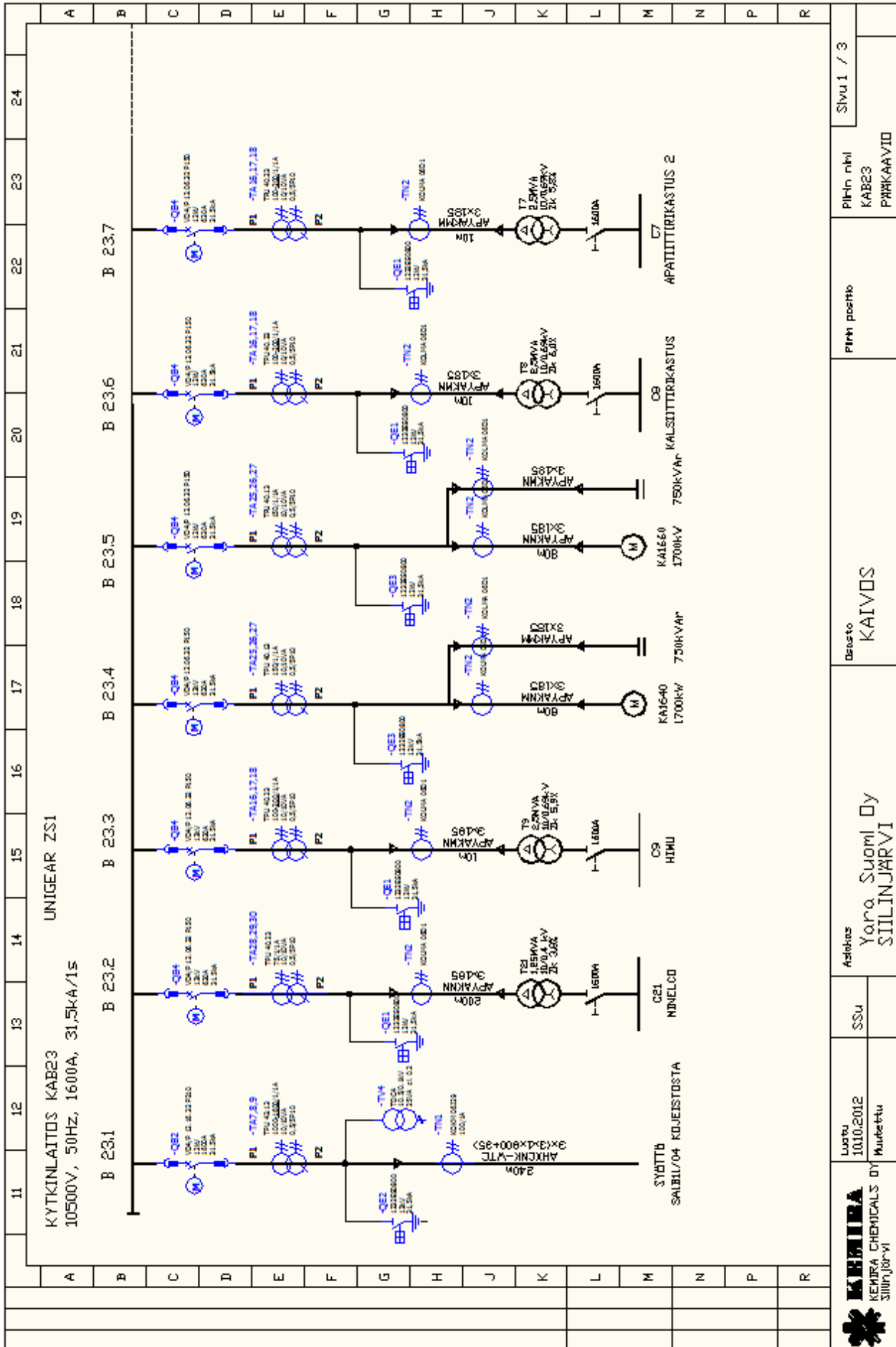




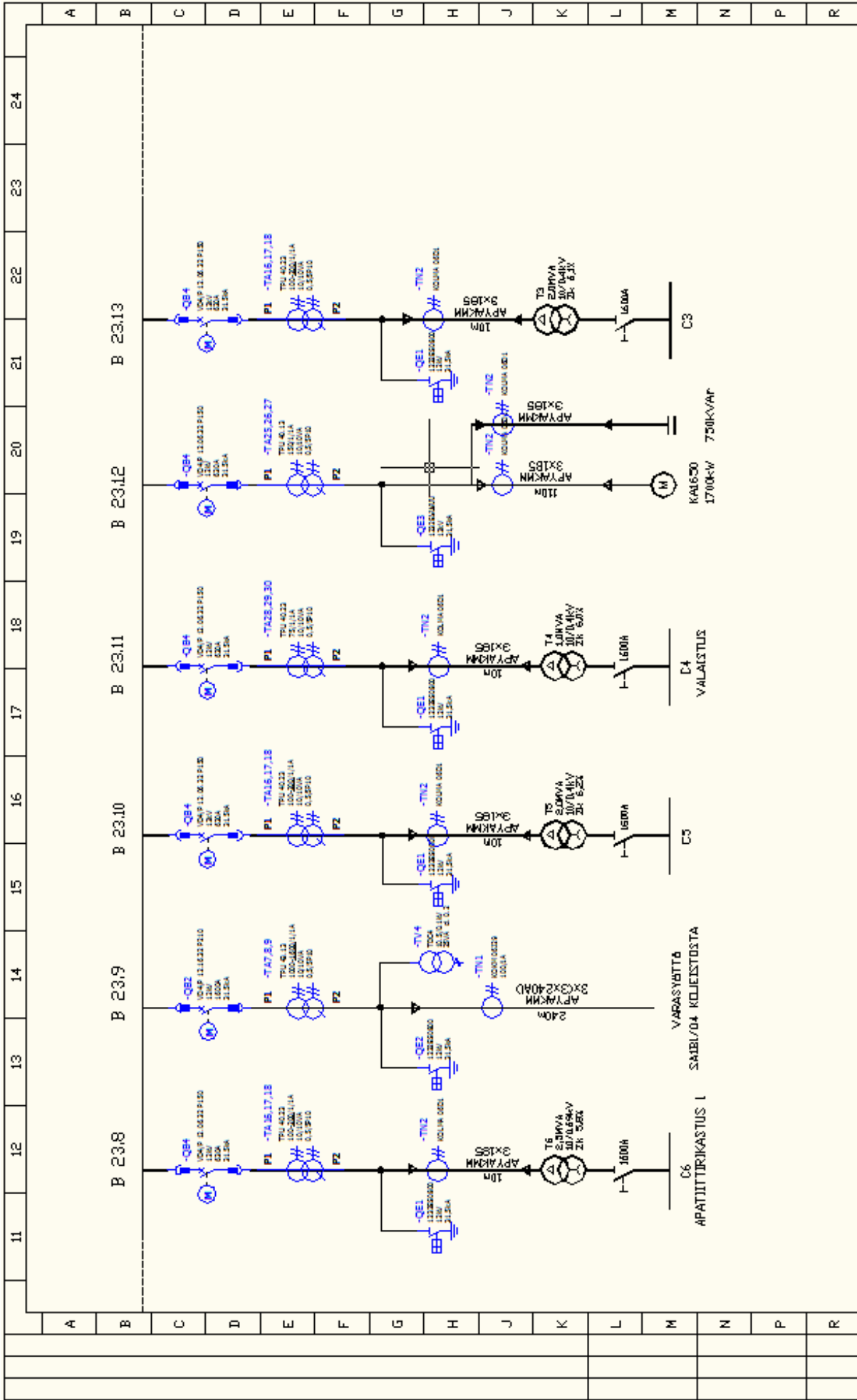
KEMIRA KEMIRA CHEMICALS OY Sillinjärvi	Luovutettu 10.10.2012	SSSU Muutettu	Asukkaas Yara Suomi Oy SILLINJÄRVI	Osoite KAIVOS	Rikkin postiohje	Rikkin nimi KABB, KABG Valokaukaisuohjeus	Sivut 2 / 3
--	--------------------------	------------------	--	------------------	------------------	---	-------------



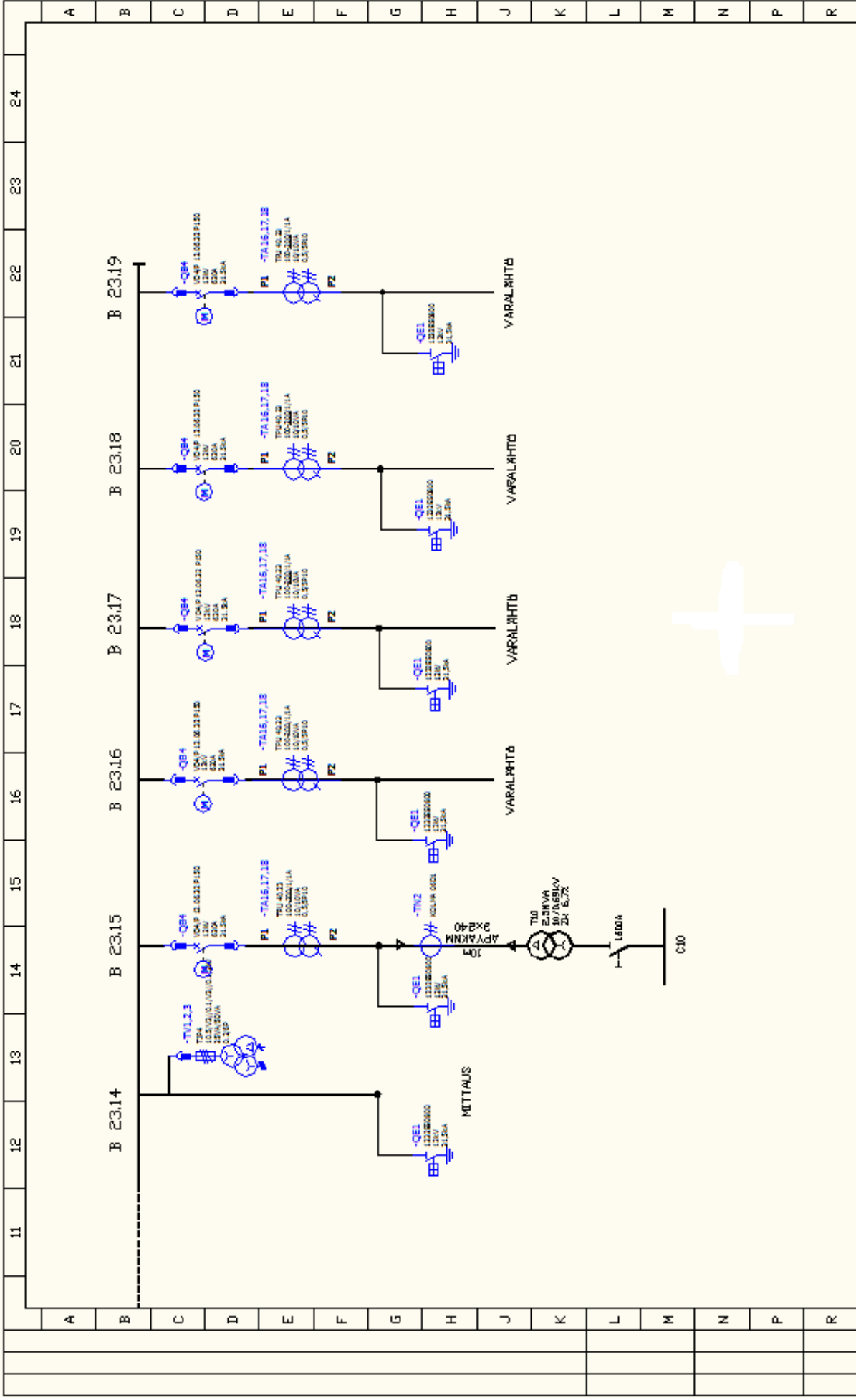
KAB23:N SUUNNITELMAKUVAT



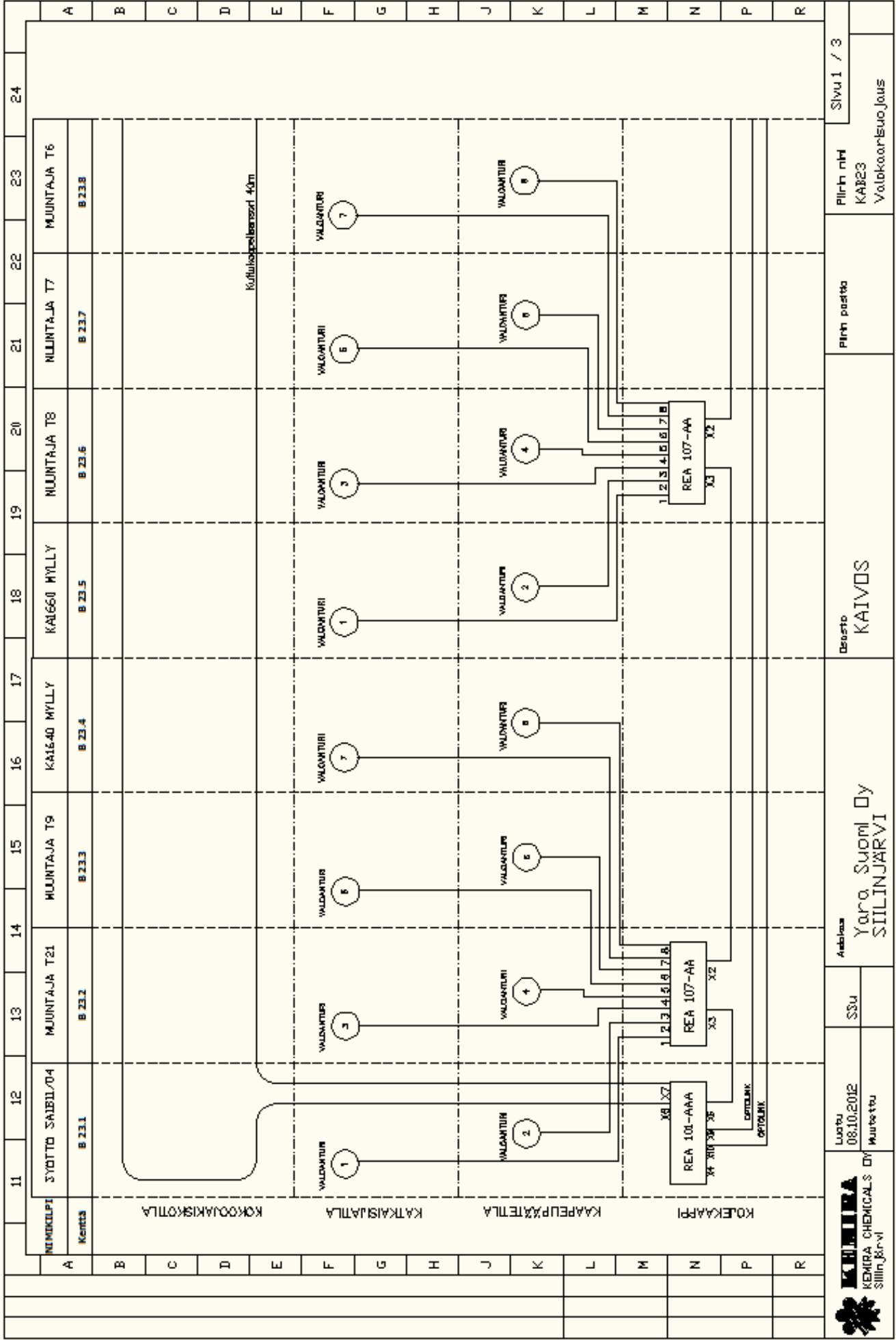
 KEMIRA CHEMICALS OY Siilinjärvi	Luoja 10.10.2012 Muutettu	SSU	Asiakas Yara Suomi Oy SIILINJÄRVI	Esasto KAIVOS	Piiri poistio	Pihiri nimi KAB23 PIRKKA/VIO	Sivut 1 / 3
--	---------------------------------	-----	---	------------------	------------------	---------------------------------------	----------------



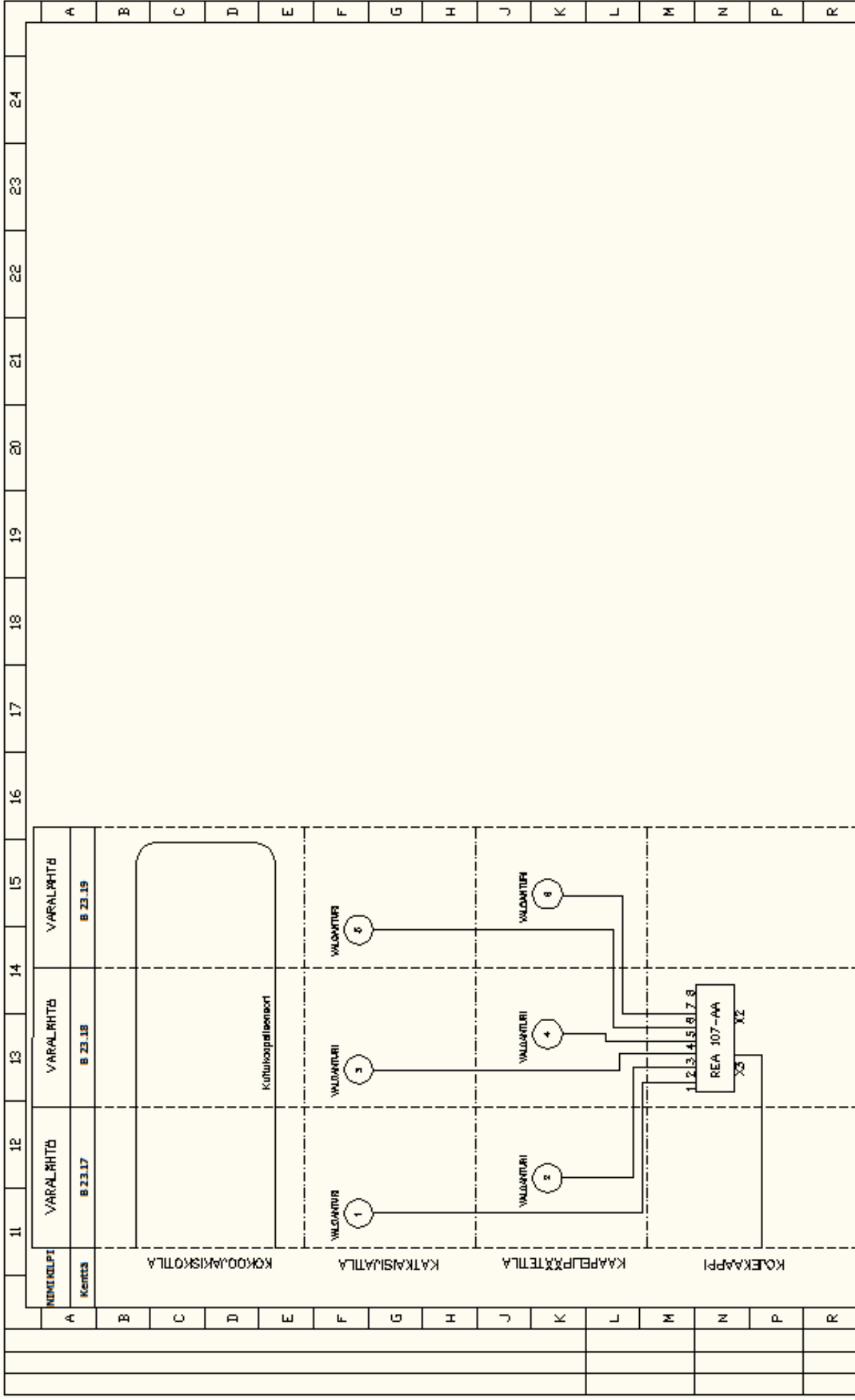
KEMIRA KEMIRA CHEMICALS OY Siilinjärvi	Luotu 10.10.2012	SSu	Asiakas Yara Suomi Oy SIILINJÄRVI	Daosto KAIIVOS	Piirin postio KAIIVOS	Piirin nimi KAB23 PWRKAAYIO	Sivu 2 / 3
	Muokattu						



 KEMIRA KEMIRA CHEMICALS OY Sillinjärvi	Luotu 10.10.2012	SSu	Asioitus Yara Suomi Oy SILLINJÄRVI	Osoite KAIVOS	Piiriin postio KAIVOS	Piiriin nimi KAB23 PARKKAUSIO	Sivuu 3 / 3
	Muutettu						

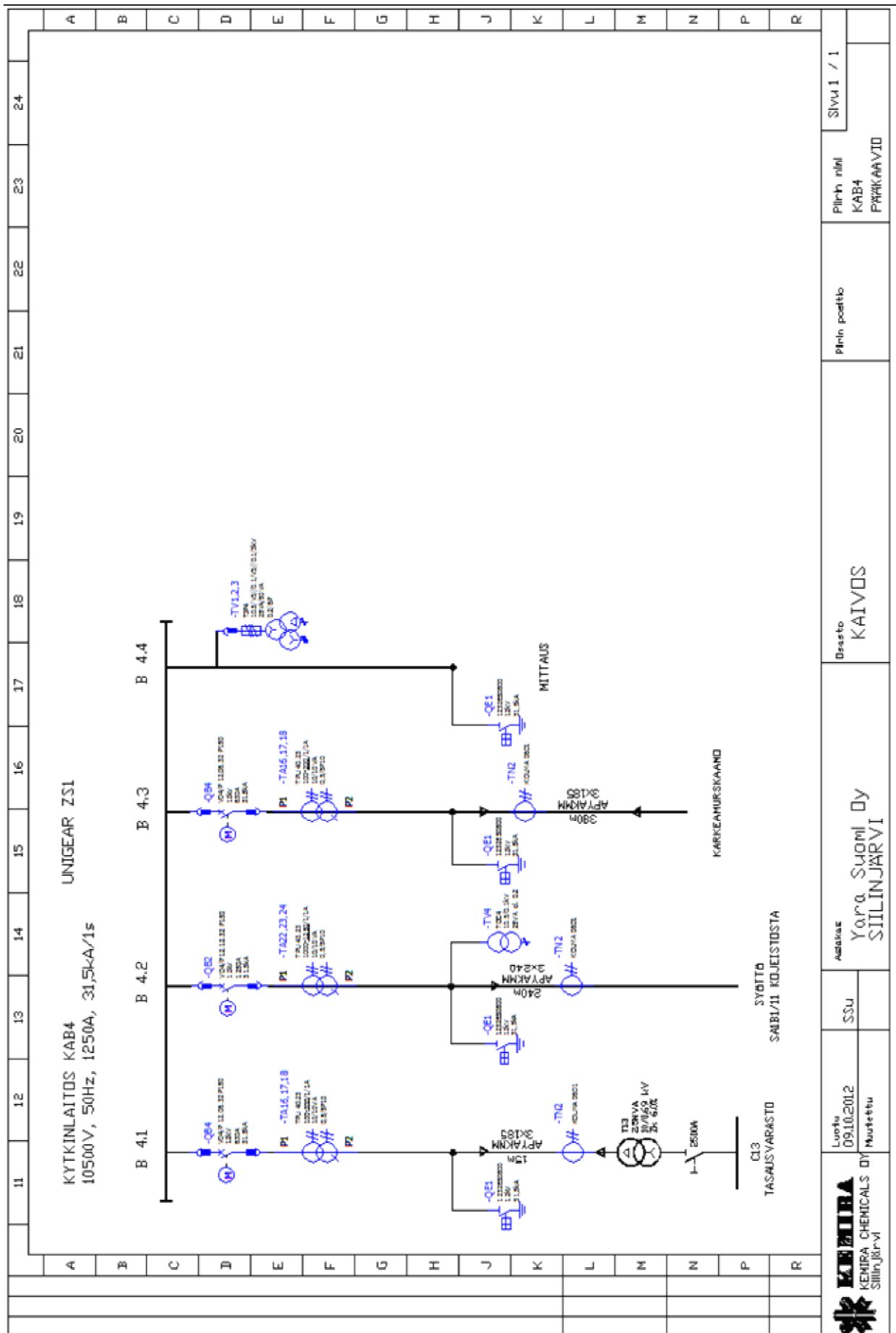


	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
	MIKKELIPI VARASYBTÖ SAIB1	MUUNTAJA T5	MUUNTAJA T4	KAI650 MYLLY	MUUNTAJA T3	MITTAUSKENTTÄ	MUUNTAJA T10	VARALÄHTÖ								
A	Kenttä B 23.9	B 23.10	B 23.11	B 23.12	B 23.13	B 23.14	B 23.15	B 23.16								
B	KOKKOAJAKISKOTILA															
C																
D																
E	Kulttuuripalvelusosi															
F	VALONTURI 1	VALONTURI 3	VALONTURI 5	VALONTURI 7	VALONTURI 1	VALONTURI 3	VALONTURI 5	VALONTURI 7	VALONTURI 1	VALONTURI 3	VALONTURI 5	VALONTURI 7	VALONTURI 9	VALONTURI 11		
G																
H																
J	VALONTURI 2	VALONTURI 4	VALONTURI 6	VALONTURI 8	VALONTURI 2	VALONTURI 4	VALONTURI 6	VALONTURI 8	VALONTURI 2	VALONTURI 4	VALONTURI 6	VALONTURI 8	VALONTURI 10	VALONTURI 12		
K																
L																
M																
N																
P																
R																
	ASIAKAS YARA SUOMI OY SIIJINJÄRVI				Omnisto KAIIVOS				Pölyn nosto				Pölyn nro KAB23 Valokoorisuojous			
	Lueku 08.10.2012 Mauretti				SSU				Slvu 2 / 3							
	 KEMIRA KEMIRA CHEMICALS OY Siijinjärvi															



11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	R
<p>KEMIRA KEMIRA CHEMICALS OY Siilinjärvi</p>														
<p>Luotu: 08.10.2012 Muutettu:</p>														
<p>SSU</p>														
<p>Asiakas: Yarva Suomal Oy SIILINJÄRVI</p>														
<p>Urakoitsija: KAIVOS</p>														
<p>Riippuvuus: KAB23 Valokoristeluosasto</p>														
<p>Sivu 3 / 3</p>														

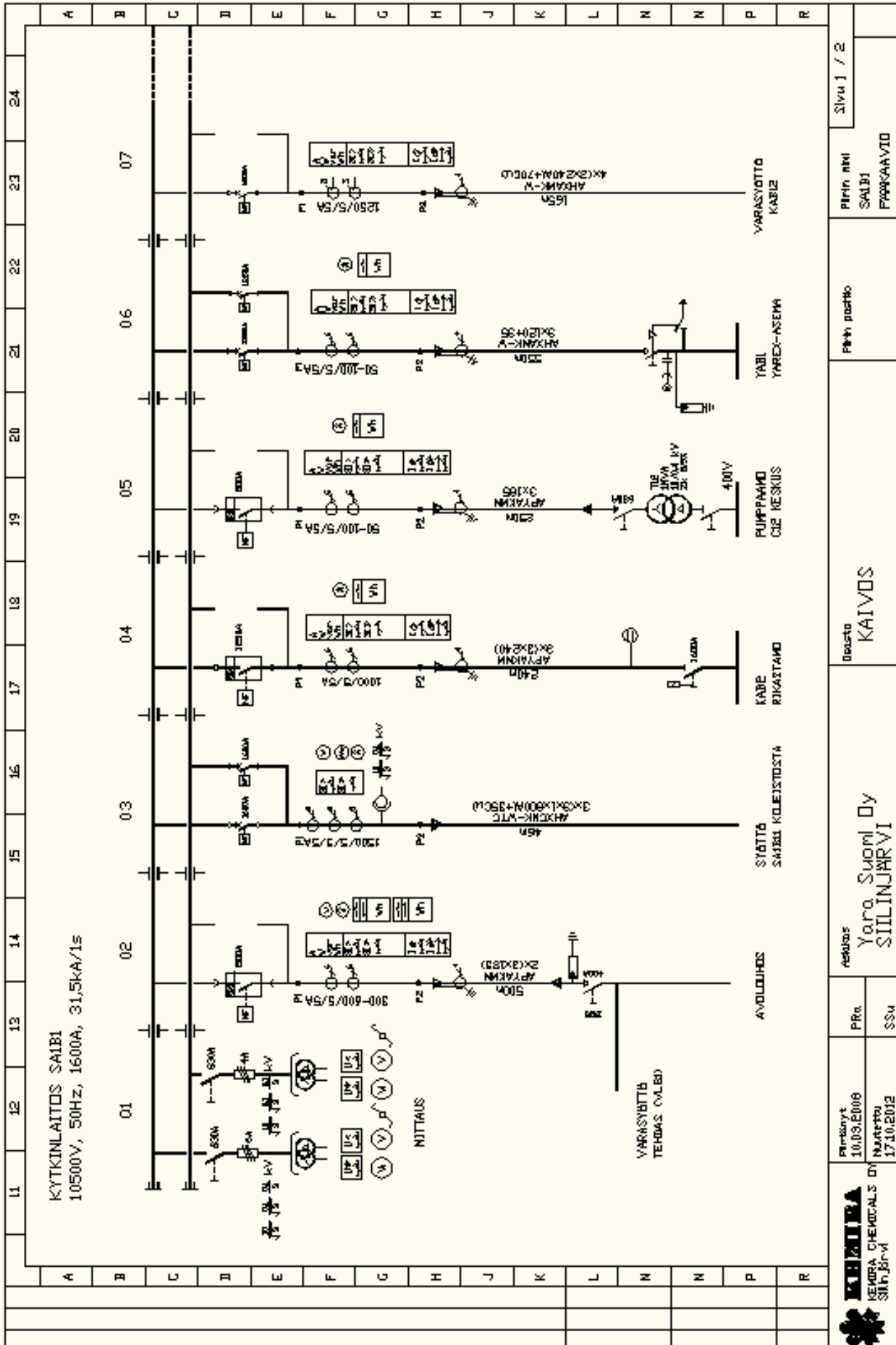
KAB4:N SUUNNITELMAKUVAT

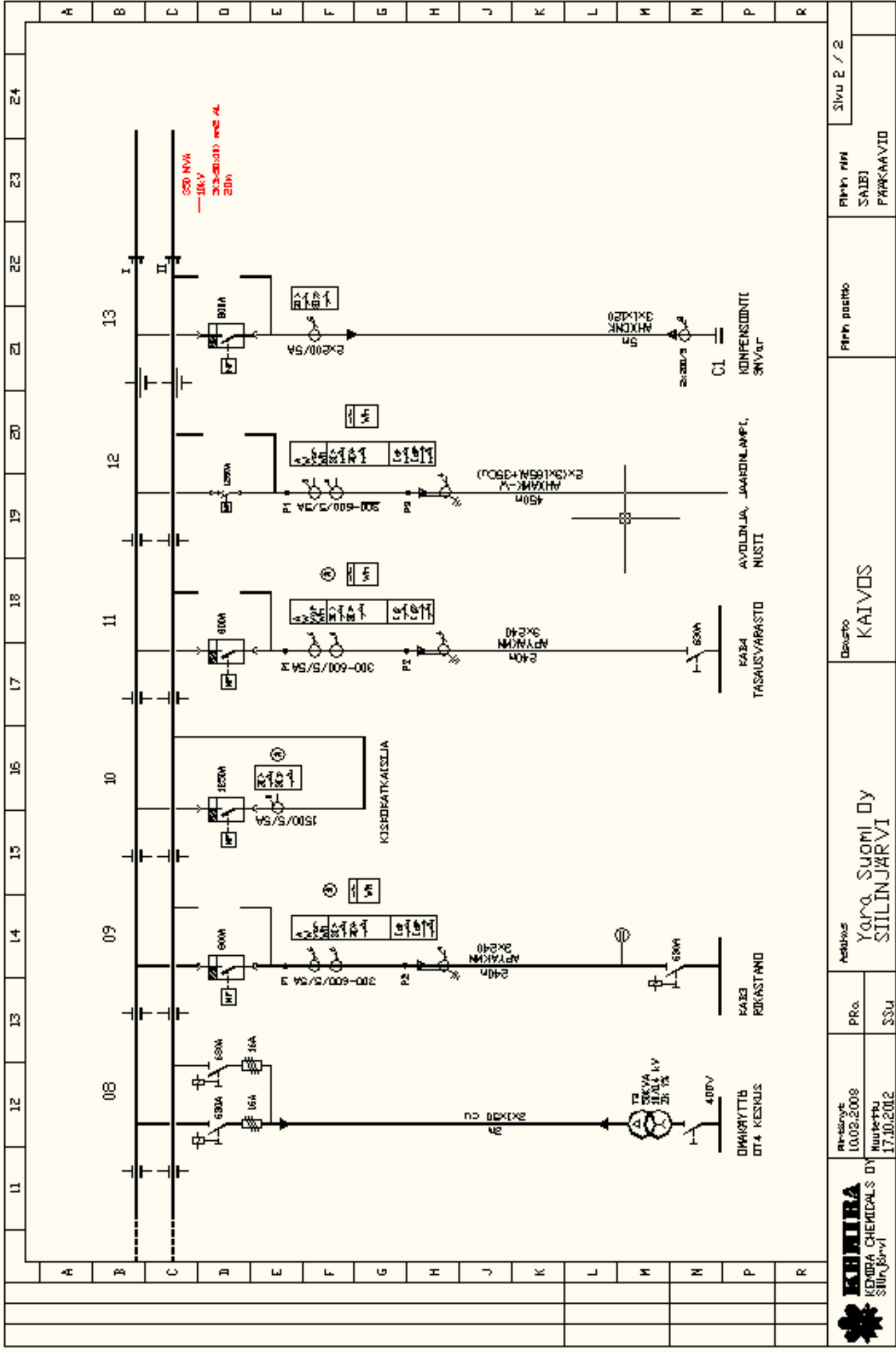


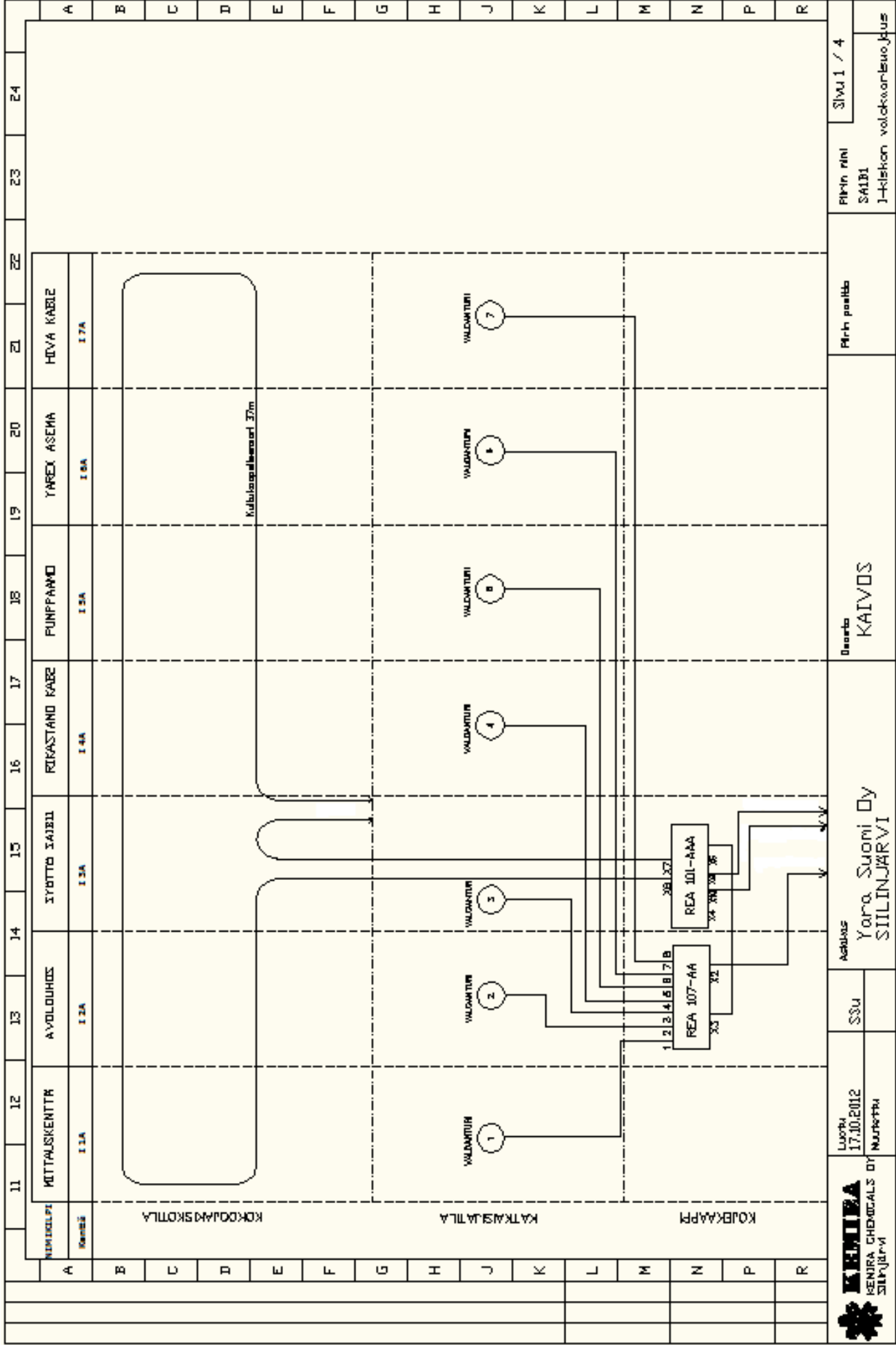
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P
R	Sivu 1 / 1												
Piih'n nimi KAB4 PÄHKÄÄYD													
Piih'n postito													
Desseto KAIVOS													
ADAKAS Yöp'g. Suomi Oy SIILINJÄRVI													
Luoktu 09.10.2012 Muokattu													
SSU													
KEMIRA CHEMICALS OY Siilinjärvi													

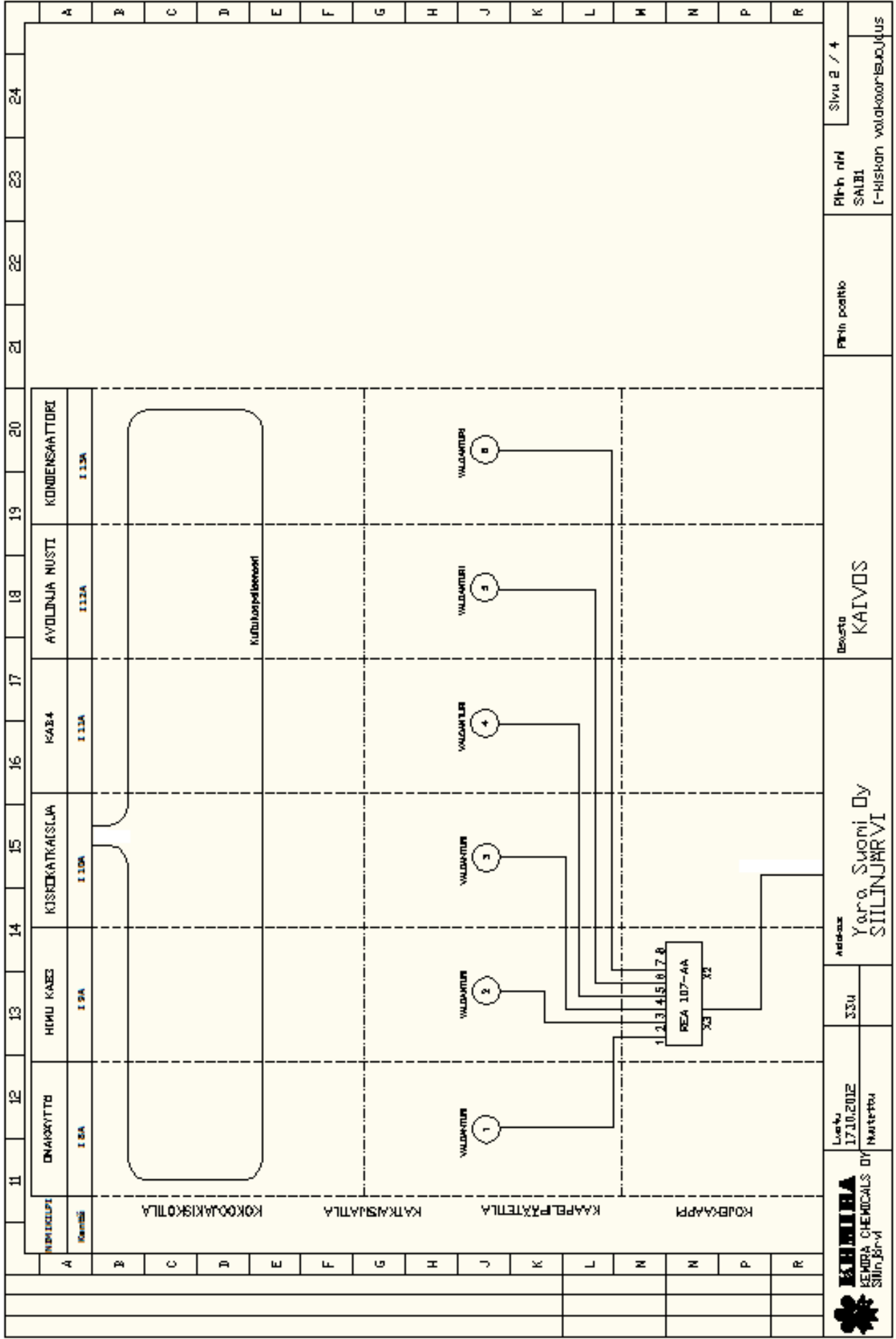
										11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
										<p>VIENNINEN Käyttö</p> <p>TASAUUSVARASTO B 4.1</p> <p>SYBTITTA SAIEB/VI B 4.2</p> <p>KARKEMURSKAAMO B 4.2</p> <p>KOTTALUSKENTTA B 4.4</p>												<p>Maasto KAIIVOS</p>		<p>Piiri ja pituus KAIIVOS Valokointisuusalue</p>		<p>Sivu 3 / 3</p>	
										<p>Lupa nro 09.10.2012 Muutettu</p>		<p>SSU</p>		<p>Asiantuntija Yrjö Suomi Oy SIILINJÄRVI</p>													

SA1B1:N SUUNNITELMAKUVAT









Luehu
17.10.2012
Näytetty

334

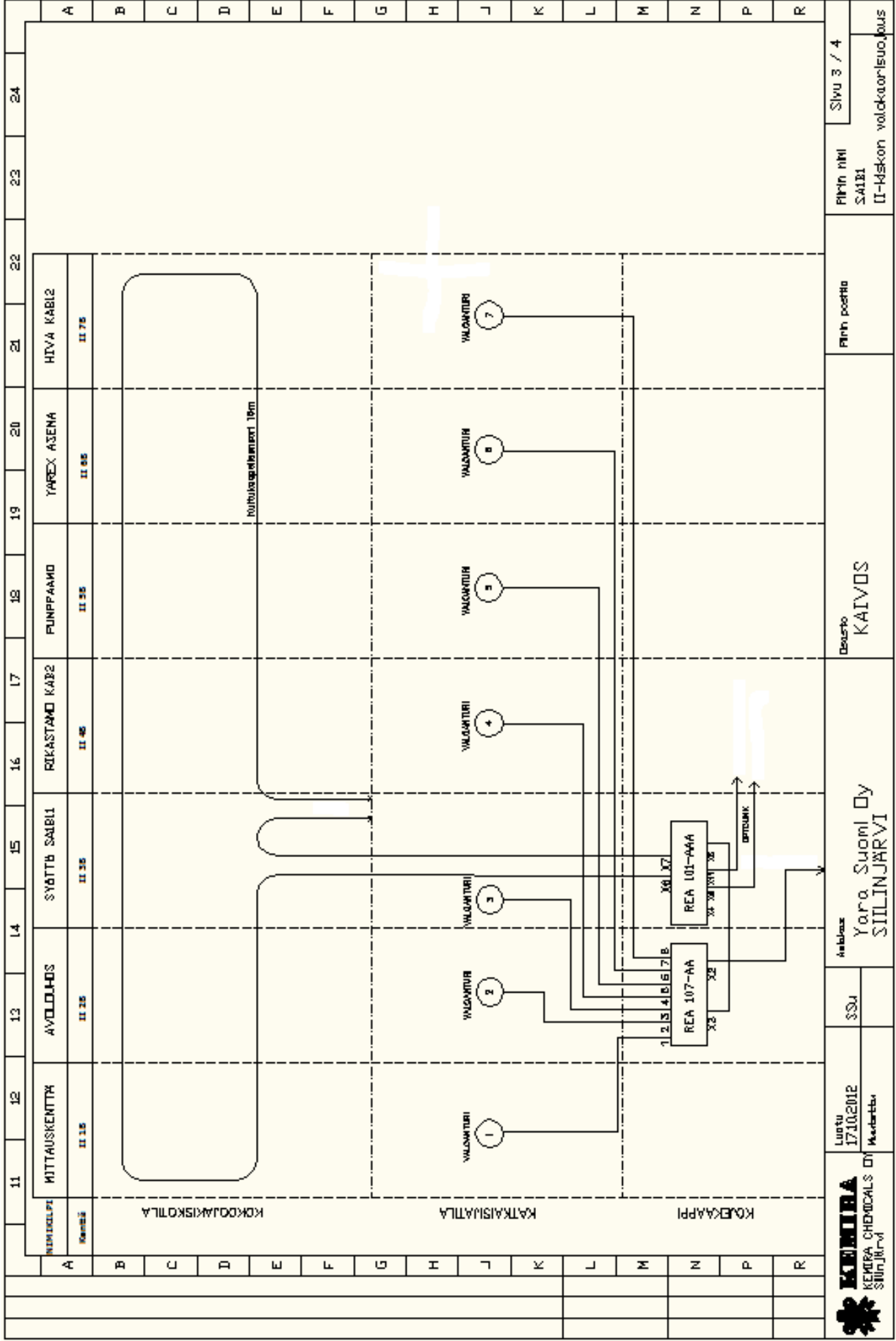
Address
Yara Suomi Oy
SIILINJÄRVI

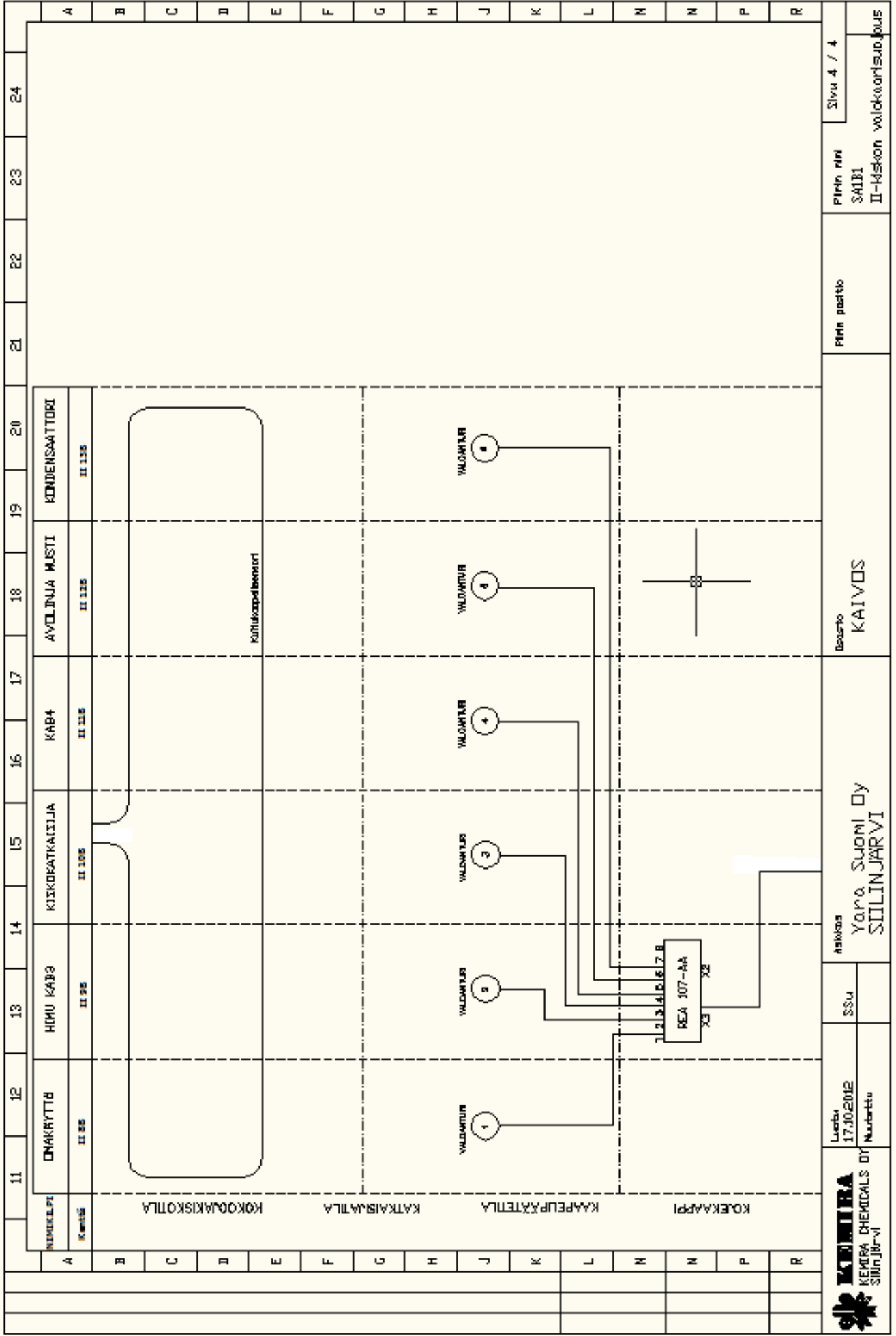
Bevasto
KATVOS

Pih'n postio

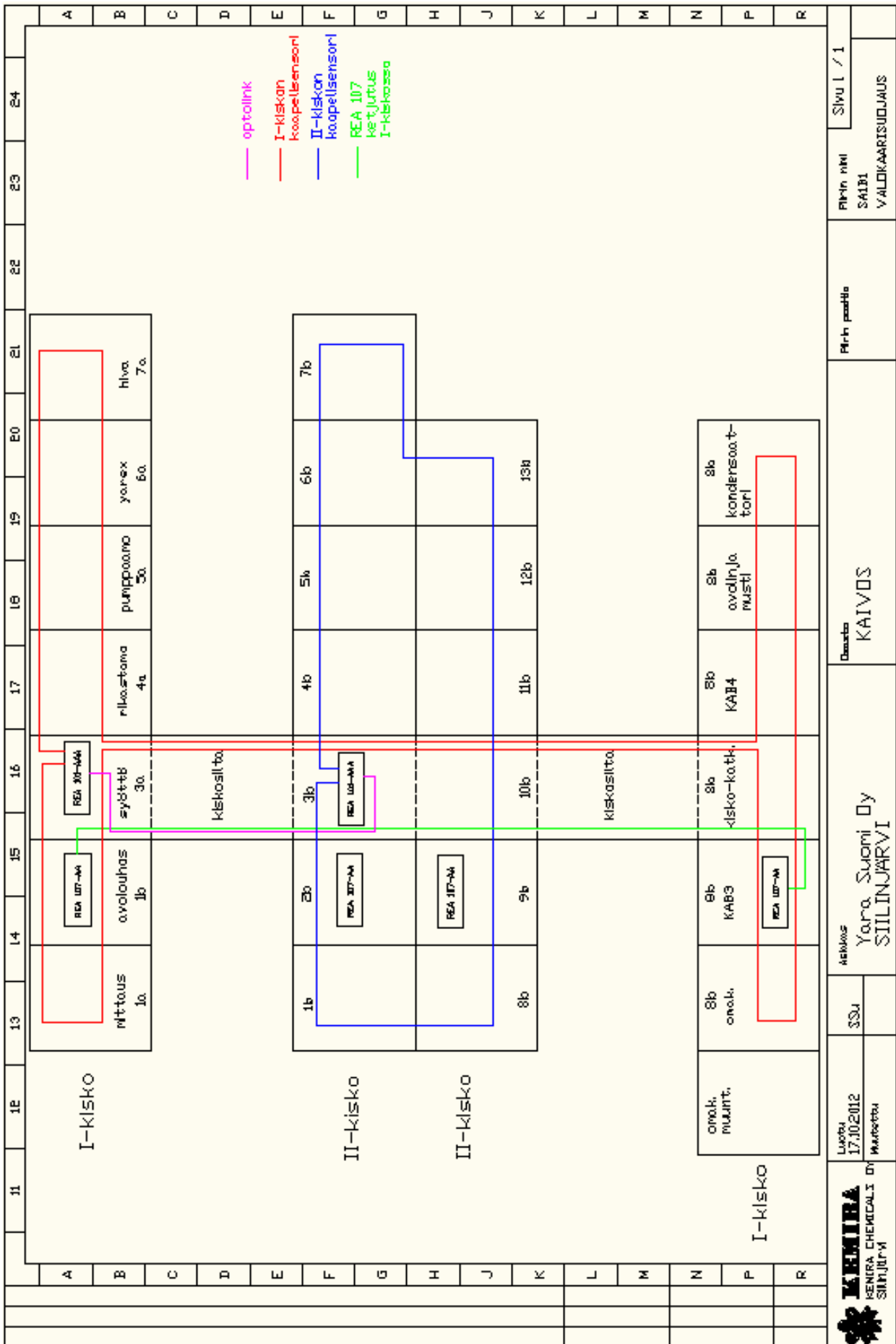
Pih'n nrid
SALBI
(-Hiskin valdantori) SALBI

Sivu 2 / 4





SA1B1:N VALOKAARISUOJAUKSEN PERIAATEKUVA



RY:n nimi
SA1B1
VALOKAARISUOJAUUS

RY:n postiosoite

Maasto
KAIVOS

Asiakas
Yara Suomi Oy
SIILINJÄRVI

SSU

Luo-
17.10.2012
Matti



