

AVOLOUHOSPUMPPAAMOIDEN AUTOMATISOINTI

Kinnunen Roope

Opinnäytetyö
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööri (AMK)

2020

Sähkö- ja Automaatiotekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Roope Kinnunen	Vuosi	2020
Ohjaaja	Ins. (YAMK) Marko Kukkola Ins. (YAMK) Aila Petäjajarvi		
Toimeksiantaja	Outokumpu Chrome Oy Gonzalo Ubal Garro		
Työn nimi	Avolouhospumppaamoiden automatisointi		
Sivu- ja liitesivumäärä	34 + 8		

Opinnäytetyön aiheen oli luoda suunnitelmat Kemin kaivoksen avolouhospumppaamoiden automaation ja parantaa näin toimintavarmuutta. Näiden suunnitelmien pohjalta voidaan toteuttaa Kemin kaivoksella avolouhospumppaamoiden automaatio, jolla pyritään parantamaan toimintavarmuutta ja turvallisuutta.

Opinnäytetyön kohteena olleet pumpput ovat täysin käsikäyttöisiä ilman valvontaa, automaatiolla tavoitellaan parempaa toimintavarmuutta ja lyhempiä vioista johtuvia seisonta aikoja. Opinnäytetyön tavoitteena olevat suunnitelma on toimivin ratkaisu avolouhospumppaamoiden parantamiseksi ja tulvimisen vähentämiseksi maanalaisessa kaivoksessa.

Työssä perehdyttiin avolouhospumppaamoiden ongelmiin ja niiden ratkaisuun. Opinnäytetyössä käsiteltyjen pumppaamoiden tämänhetkiset ongelmat selvitettiin, ongelmia ovat valvonnan ja ohjauksen puute. Lisäksi työssä tutkittiin eri vaihtoehtoja parantamaan toimintavarmuutta ja tulvimisen vähentämistä pumppaamoiden toimintahäiriöiden vuoksi.

Tuloksena saatiin kattavat suunnitelman avolouhospumppaamoiden automatisoinniksi. Näitä suunnitelmia voidaan hyödyntää myös muissa pumppaamoissa, joissa toimintavarmuutta halutaan parantaa.

Avainsanat

kaivosteollisuus, louhinta, pumppaamot, automaatio, Outokumpu Chrome Oy

Electrical and Automation Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Roope Kinnunen	Year	2019
Supervisors	Marko Kukkola, M.Eng Aila Petäjäjärvi, M.Eng		
Commissioned by	Outokumpu Chrome Oy Gonzalo Ubal Garro		
Subject of thesis	Automation of open pit flood pumping stations		
Number of pages	34 + 8		

The subject of this thesis was to create an automation plan of the open pit flood pump stations in Kemi Mine and thus increase their reliability performance. These plans will be the basis of the automation and to improve reliability and safety of the open pit pumps.

The pumps in question are fully manual and automation would improve control and lessen down time due to malfunction in the pumps or control system. In this thesis the aimed results are the best and most reliable way to improve the efficiency of open pit pump stations and to reduce flooding in the mine.

In this thesis the problems of the open pit flood pump stations were explored as well as the solutions to these problems. The main problems of the pumps subject to this thesis were found out and these were the lack of control and monitoring of the pumps. The ways to improve these problems were explored in this thesis to improve the operation security and to decrease flooding due to the malfunction of the pumps or the control devices.

The results of this thesis were comprehensive plans to automate the open pit flood pump stations These plans can also be used in other pumping stations to improve efficiency and reduce downtime.

Key words

Mining industry, mining, pumping stations, automation
Outokumpu Chrome Oy

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	7
2 OUTOKUMPU OYJ	8
2.1 Outokumpu Chrome Oy	9
2.2 Kemmin kaivos	10
3 AVOLOUHOSPUMPPAAMOT	13
3.1 Lähtötilanne	13
3.2 Tavoitteet ja suunnitelma	14
4 KAIVOKSEN OHJAUSJÄRJESTELMÄ	16
4.1 SIMATIC WinCC	16
4.2 Profinet/Profibus	17
5 LAITE JA KOJEVALINNAT	19
5.1 Siemens Simatic ET 200	19
5.2 Vegapuls WL 61	20
5.3 Carlo Gavazzi E38-2050	22
5.4 Sääsuojaus	23
5.5 Kojevalinnat	24
6 TARVITTAVAT MUUTOKSET JA UUDET LAITTEISTOT	26
6.1 Muutokset	26
6.2 Uudet laitteistot	26
7 KUSTANNUSARVIO	28
8 POHDINTA	30
LÄHTEET	31
LIITTEET	33

ALKUSANAT

Haluaisin kiittää Outokumpu Chrome Oy:tä mahdollisuudesta toteuttaa opinnäytetyö Kemin kaivoksella. Opinnäytetyö aiheesta haluan kiittää Juha Nevalaista ja Gonzalo Ubal-Garroa. Ohjauksesta ja avustuksesta opinnäytetyön toteutuksessa haluan kiittää Aila Petäjäjärveä ja Marko Kukkola. Lisäksi haluan kiittää koko Kemin kaivoksen kunnossapito-organisaatiota tästä ainutlaatuisesta mahdollisuudesta tutustua kaivoksen toimintaan ja toteuttaa opinnäytetyö kaivoksella.

01.12.2020

Roope Kinnunen

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

I/O	Input/Output
SCADA	Supervisory control and data acquisition
HMI	human-machine interface
IP	Internet Protocol
WinCC	Windows Control Centre
Profinet	Teollinen internetpohjainen kenttäväylä
Profibus DP	(Distributed Periphery) Perinteinen hajautettu kenttäväylä
Profibus PA	(Process Automation) Perinteinen prosessiautomaation kenttäväylä
Isokroninen	Samanaikainen
CPU	Central Processing Unit, suoritusyksikkö

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Outokumpu Chrome Oy, Kemin kaivos. Tässä opinnäytetyössä tavoitteena on Kemin kaivoksen kolmen avolouhospumppaamon automatisointi ja niiden liittäminen kaivoksen WinCC ohjausjärjestelmään. Työssä tarkastellaan Kemin kaivoksen avolouhospumppaamoiden toimintaa ja heikkouksia. Opinnäytetyössä tarkoituksena on parantaa pumppaamoiden käytettävyyttä, toimintavarmuutta ja parantaa sulamis- ja sadevesien hallittavuutta. Työ on ajankohtainen Kemin kaivokselle, sillä nykyinen järjestelmä on käsiikäyttöinen, eikä siitä saada diagnostiikkaa järjestelmään. Pumppujen toimintaa on yritetty parantaa eri keinoin, mutta näillä ei ole saavutettu haluttua hyötyä tai toimintavarmuutta.

Pumppaamoiden pääasiallinen tavoite on hallita tulvavesiä ja muita vuotovesiä keväästä syksyyn. Vanhat on-off käyttöiset pumppukäynnistimet vaihdetaan väyläohjattuihin I/O-asemallisiin käynnistimiin. Opinnäytetyössä keskitytään pumppujen automaatioon, keskusten suunnitteluun ja toiminnan varmistamiseen. Työn merkitys Kemin kaivoksen toimintaan on merkittävä, sillä keväisin syntyvien sulamisvesien pääsy kaivoksen maanalaisiin osiin tulee minimoida maanalaisten pumppaamojen lisäkuormituksen välttämiseksi.

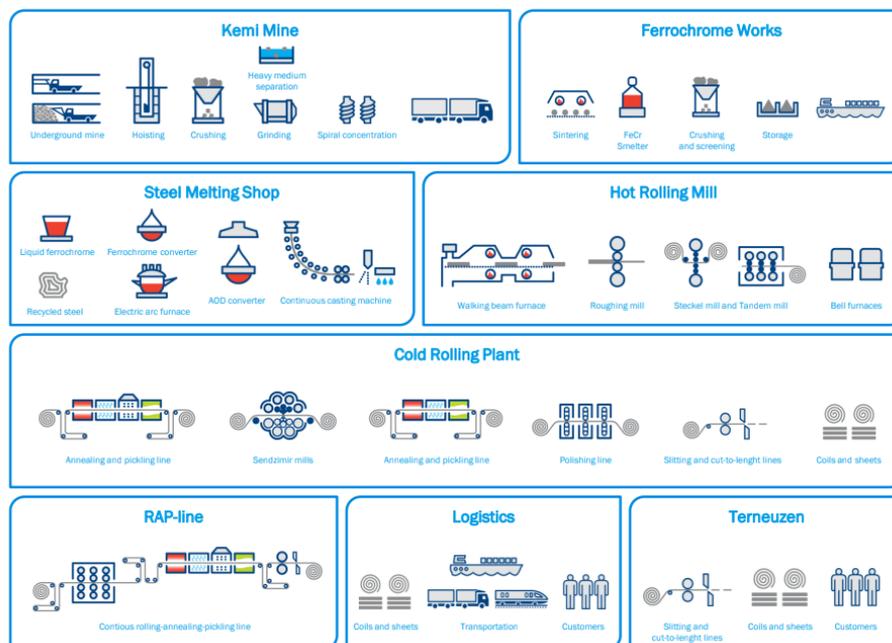
Tässä opinnäytetyössä käsitellään lisäksi pinnanmittauksen laitevalinnat ja pumppujen virranmittaus, WinCC käyttöikkunan suunnittelu ja käyttöikkunassa tarvittavien mittaustietojen ja käyttöpainikkeiden suunnittelu. WinCC on Kemin kaivoksella käytössä oleva toiminnan ohjausjärjestelmä, pumppujen vika- ja toimintatiedot liitetään järjestelmään helpottamaan vian havaitsemista ja pumppujen käyttöä.

Tässä opinnäytetyössä tullaan kuvailemaan avolouhospumppaamoiden automatisointi prosessista ja muutoksista nykyiseen järjestelmään. Raportin hyöty näkyy vähentyvissä valuma ja tulvavesissä kaivoksen maanalaisissa osissa. Lisäksi opinnäytetyössä tehtyjä piirikaavioita ja suunnitelmia voidaan hyödyntää myös tulevilla pumppaamoissa. Raportissa saatuja tuloksia voidaan hyödyntää tulevilla avolouhos- ja tulvapumppaamoissa, ja se voi antaa ideoita uusien pumppaamoiden suunnitteluun.

2 OUTOKUMPU OYJ

Outokumpu Oyj perustettiin 1914 ja aloitti toimintansa kupariteollisuudessa, kun Kusijärven kunnan Outokummun kukkulalta löytyi rikas kuparimalmio vuonna 1910. Tänä päivänä Outokumpu on yksi maailman johtavista ruostumattoman teräksen valmistajista. Outokumpu Oyj:llä on tuotantolaitoksia ympäri maailmaa, muun muassa Euroopassa ja Amerikassa. Outokummun tärkein tuote on ruostumaton teräs, Outokummun Tornion tehtaat on maailman integroiduin ruostumattoman teräksen tuotantoketju, tämä on esitetty kuviossa 1. Outokummun Tornion tehtaat on perustettu 1968 jolloin ferrokromisulatto aloitti toimintansa, samaan aikaan Outokumpu tutki ruostumattoman teräksen valmistuksen kannattavuutta. Vuonna 1976 Outokummun terässulatto aloitti toimintansa. Outokumpu ilmoitti vuonna 2004 keskittyvänsä ruostumattoman teräksen valmistukseen. Outokummun tavoitteena onkin olla vuoteen 2020 mennessä maailman johtava ruostumattoman teräksen valmistaja. (Outokumpu 2018.)

From Chrome Ore to Stainless Steel



Kuvio 1. Outokumpu tuotantoprosessi (Outokumpu 2015)

Outokummun Tornion tehtaat on Outokummun suurin yksikkö, tehtaat käsittävät kaksi terässulattolinjaa, kuumavalssaamon, kylmävalssaamon ja RAP5-linjan, joka on integroitu kylmävalssaulinja. Lisäksi Tornion tehtaiden yhteydessä toimii kromikaivos. Keminmaassa toimiva kromikaivos on Euroopan alueen ainoa kromikaivos. Tornion tehtaiden tehdasalue kattaa 600 hehtaaria, josta 56 hehtaaria on rakennuksia. Tehtaat työllistävät yli 2000 henkilöä suoraan ja välillisesti työllistävä vaikutus on noin 8000 henkilöä. Kemin kaivoksen työntekijämäärä on noin 500 henkilöä. (Outokumpu 2015.)

2.1 Outokumpu Chrome Oy

Outokumpu Chrome Oy omistaa Kemin kaivoksen ja Torniossa toimivan ferrokromitehtaan. Outokumpu Chrome Oy on osa Outokumpu Oyj konsernia ja toimii Outokummun Tornion tehtailla Outokumpu Stainless Oy:n kanssa. Chrome huolehtii Tornion terästehtailla tuotettavan ruostumattoman teräksen tärkeimmän raaka-aineen kromin tuotannosta. Chrome Oy:n tehtävänä on louhia ja jatkojalostaa kromimalmista ferrokromia, jonka avulla teräksestä saadaan ruostumattonta. Ferrokromisulatolla lisätään Kemin kaivokselta tuotuun kromimalmiin eri mineraaleja, kuten kvartsia ja hiiltä. Lopputuloksena on ferrokromi, jota hyödynnetään Tornion tehtaiden tuotantoprosessissa tai myydään ulkomaille. Kuvassa 1 on esitetty Outokummun Torniossa sijaitseva ferrokromitehdas. (Outokumpu 2014.)



Kuva 1. Ferrokromitehdas Torniossa (Outokumpu 2014)

2.2 Kemin kaivos

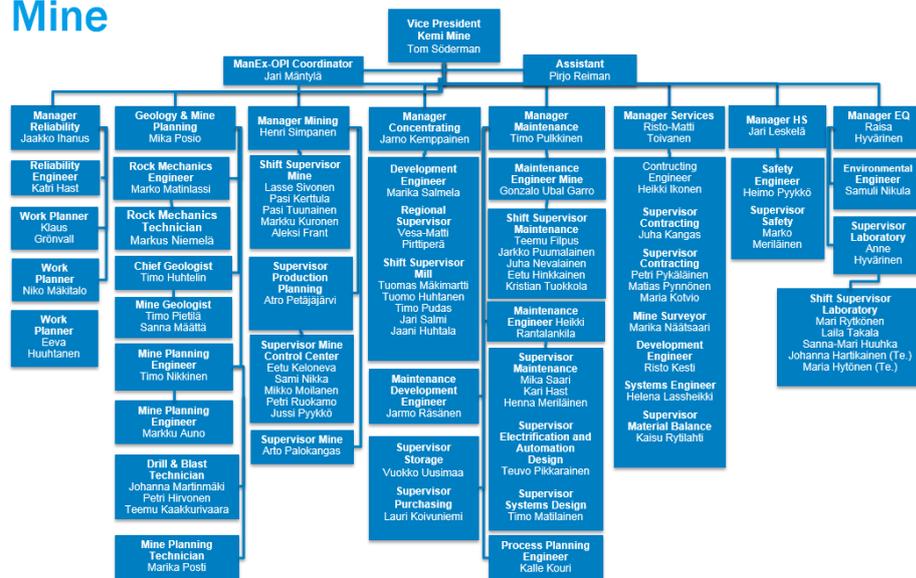
Keminmaan kunnan alueella sijaitseva Kemin kaivos, joka tunnetaan myös Elijärven kaivoksena, on avattu vuonna 1968. Elijärven alueelta löytyi kromimalmia vuonna 1959 ja Outokumpu aloitti valmistelemaan kaivostoimintaa vuonna 1964. Kemin kaivos on osa Outokummun Tornion tehtaiden integroitua teräksen valmistusketjua. Kemin kaivos tuottaa ruostumattoman teräksen tuotannossa tarvittavan kromirikasteen kaivoksessa louhitusta kromimalmista. Kemin kaivoksen avolouhinta saatettiin päätökseen vuonna 2005, maanalaisen kaivoksen louhinta aloitettiin vuonna 2003. Maanalainen kaivos ja 500-tason huoltopaikka valmistuivat vuonna 2005. Tämän jälkeen kaikki louhintatoiminta on siirretty maan alle. Kemin kaivoksen yhteydessä toimii myös kromimalmin rikastusprosessi, jossa louhittu malmi saatetaan Tornion Ferrokromi tehtaalla käsiteltävään muotoon. (Kaivosvastuu 2017.)

Kemin kaivoksella käytössä on pengerialouhintamenetelmä, jolla kromimalmi louhitaan kalliosta. Kemin kaivoksen maanalaisissa osissa sijaitsevat murskain, jolla

louhittu malmi murskataan esimurskeeksi ja kuljettimet, joilla malmi siirretään välivarastoon. Lisäksi maan alla sijaitsevat esimurskesiilot, joissa malmia välivarastoidaan ennen sen nostoa pinnalle. Nostotorni nostaa malmin 600 metrin syvyydestä pinnalle. Pinnalla malmi rikastetaan pala- ja hienorikasteeksi. Outokummun Kemin kaivoksen rikastusmenetelmä on painovoimaan perustuva. Kemin kaivoksen pituusleikkaus on esitetty kuviossa 4. (Outokumpu 2015.)

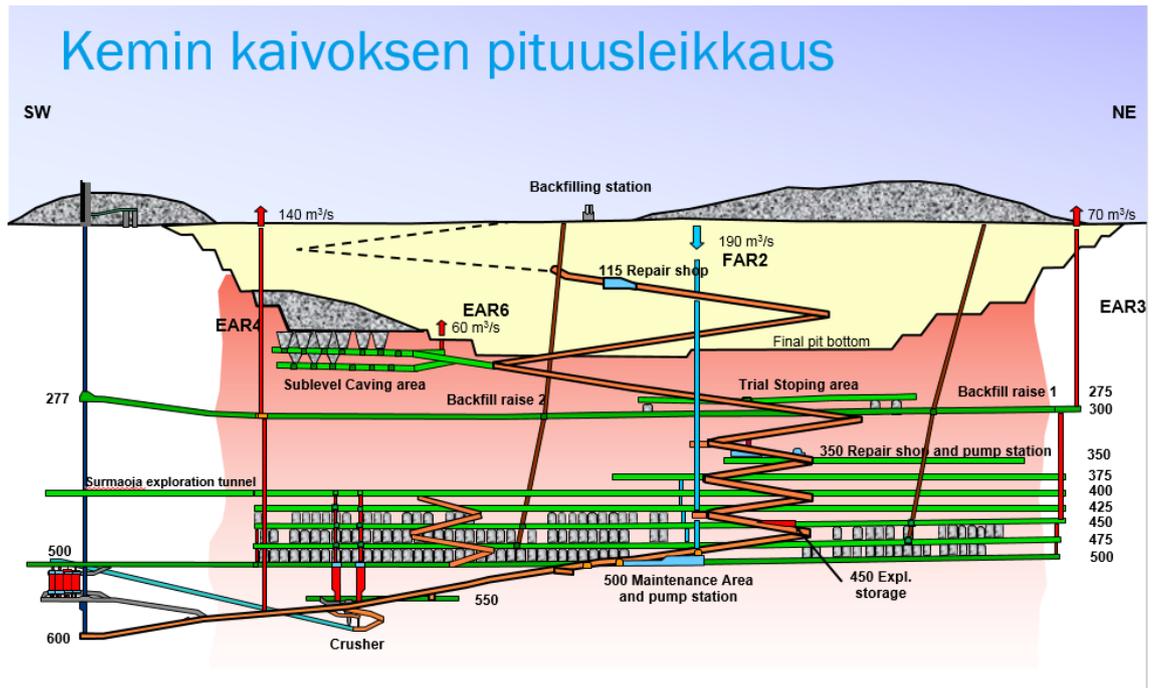
Vuonna 2018 Kemin kaivoksessa tapahtui merkittäviä organisaatiomuutoksia DeepMine-projektin edetessä siihen pisteeseen, että kaivoksen silloinen johtaja Jyrki Salmi siirtyi vastaamaan DeepMine-projektista ja Tom Söderman nimitettiin kaivoksen uudeksi johtajaksi. Kuviossa 2 on esitetty Kemin kaivoksen tämänhetkinen organisaatorakenne.

Kemi Mine



Kuvio 2. Kemin kaivoksen organisaatorakenne

Tämän hetkisten tietojen ja tutkimusten mukaan Kemin kaivoksella malmi- ja mieneraalivaroja olisi jopa 80 vuodeksi. Tällä hetkellä todennettuja malmivaroja on noin 50,1 miljoonaa tonnia, näiden lisäksi tutkimattomia malmivaroja on noin 80 miljoonaa tonnia. Kemin kaivoksen vuosittainen malmin louhintamäärä on 2,7 miljoonaa tonnia. Tästä louhitusta malmista saadaan noin 0,85 miljoonaa tonnia hienorikastetta ja noin 0,4 miljoonaa tonnia palarikastetta. (Salmi 2018.)



Kuvio 3. Kemin kaivoksen pituusleikkaus (Outokumpu 2015)

Tällä hetkellä meneillään oleva DeepMine-projekti lisää Kemin kaivoksen tuotanto aluetta tasolta 500 aina tasolle 1000 asti. Kemin kaivos saavutti 1000 metrin syvyyden kesällä 2017, tavoitteena DeepMine-projektilla on olla toimintavalmiudessa 2020-luvulla. Kemin kaivoksen pituusleikkaus, joka on esitetty kuviossa 3, havainnollistaa kaivoksen maanalaisten osien rakenteen. Uuden murskaamon ja nostotornin rakennus on määrä valmistua vuoden 2019 lopussa. Viimeisenä vaiheena DeepMine-projektissa on nostolaitteen asentaminen ja käyttöönotto, uudessa nostokoneessa on myös henkilökuljetukseen sopiva hissilaitteisto. Uuden nostolaitteen käyttöönotto on viimeisiä valmistuvia osia DeepMine-projektissa, suunnitelmien mukaan DeepMine olisi toiminta valmiudessa vuoden 2021 lopussa. (Salmi, J 2018.)

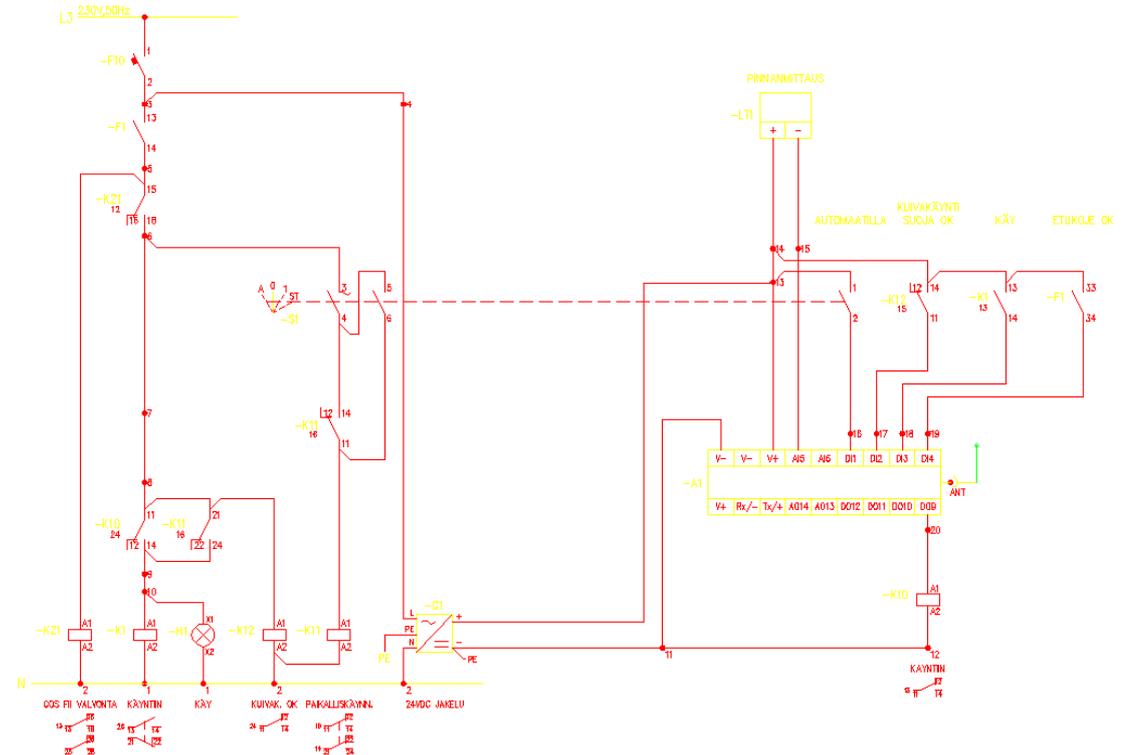
3 AVOLOUHOSPUMPPAAMOT

3.1 Lähtötilanne

Outokummun Kemin kaivoksen alueella sijaitsee useita pumppaamoita, joilla on eri tarkoituksia. Aina prosessiveden pumppauksesta, jäte- ja sulamisvesien poistoon. Osa pumppaamoista sijaitsee maanalaisessa kaivoksessa, näiden pumppaamoiden tarkoituksena on poistaa valumavesiä kaivoksen maanalaisista osista. Keväisin syntyvät sulamisvedet aiheuttavat ongelmia tulvimalla, näitä sulamisvesiä joudutaan pumppaamaan pois avolouhoksen ympäristöstä. Näin yritetään välttää kuormittamasta kaivoksen maanalaisia pumppaamoita.

Opinnäytetyön kohteena olevat kolme pumppaamo sijaitsevat Kemin kaivoksen maanpäällisellä alueella, jossa ne toimivat kevästä syksyyn sulamis- ja valumavesien poistopumppuina. Liitteessä 1 on nähtävissä pumppujen sijainti ja uusien laitteistojen asennuspaikat. Lähtötilanteessa kohdepumppaamot toimivat ilman automaatiota on huono, eikä niillä ole mitään valvontaa. Tästä johtuen vikojen havaitsemisessa voi olla pitkiäkin viiveitä, sillä pumpuista ei tule mitään diagnostiikkaa automaatiojärjestelmään. Havainnot pumppujen vikatilanteisiin perustuvat kokonaan silminnäkihavaintoihin, tästä johtuvan pienen havaintotaajuuden aiheuttamat valumavedet kuormittavat kaivoksen maanalaisia pumppaamoita ja aiheuttavat mahdollisia laiterikkoja myös kaivoksen maanalaisissa osissa.

Kaikki pumput toimivat käsikäyttöisesti ilman erillistä ohjausta tai valvontaa. Yksi pumppaamoista sijaitsee sideaineliettämön yhteydessä. Kaksi muuta pumppaamo sijaitsevat Pohjois-Vian Ankkalammen alueella, molemmissa päissä Ankkalampea olevissa pumppukaivoissa. Toinen Ankkalammen pumppaamoista on nimetty Ankkalammen kaivopumpuksi ja toinen puolestaan on Avo-ojan kaivopumppu. Liitteessä 7 on esitetty pumppujen järjestys ja pumppaukset. Sideaineliettämön yhteydessä oleva pumppu on kerääjäkaivon pumppu. Kerääjäkaivon pumpun yhteyteen on asennettu radiotaajuudella toimiva langaton ohjausjärjestelmä. Tämä järjestelmä ei tuottanut toivottua tulosta. Radiolähetinjärjestelmä oli liian epäluotettava ja joskus tietojen saannissa oli pitkiäkin viiveitä. Suurimman osan ajasta radiotekniikka ei toiminut ollenkaan. Radiotaajuus ohjausjärjestelmän ohjauskaavio on nähtävissä kuviosta 4.



Kuvio 4. Radiotaajuusohjauspiirikaavio

3.2 Tavoitteet ja suunnitelma

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda automaatio suunnitelma kolmeen Kemin kaivoksella sijaitsevaan tulvapumppuun, pumput ovat tällä hetkellä käsikäyttöisiä on-off-pumppuja. Tämä aiheuttaa ongelmia vedenpinnan hallinnan kanssa, kun veden määrä laskee liian alhaiseksi tai nousee liian korkeaksi. Koska pumppuilla ei ole mitään pinnanmittausta, ei voida tietää kunkin tulva-altaan pinnankorkeutta. Mikäli veden pinta nousee liian korkeaksi eikä pumppuja ole käynnistetty, seuraa siitä valumavettä kaivoksen maanalaisiin osiin. Liitteessä 7 on esitetty pumppujen PI-kaavio, josta pumppujen toiminta voidaan nähdä. Tämä taas kuormittaa turhaan kaivoksen maanalaisia pumppaamoita. Mutta jos vedenpinta pääsee laskemaan liian alhaiseksi, pumput käyvät niin sanotusti kuivina ja niillä on vaara palaa tai vaurioitua muilla tavoin. Tästä seuraa ylimääräistä työtä pumpunvaihdon ja uudelleen kytkemisen muodossa. Opinnäytetyön tavoitteena on automatisoida pumppaamot, tällä pyritään parantamaan toimintavarmuutta, sekä minimoimaan pumppujen turhaa käyttöä ja pidentää käyttöikä. Toisena päätavoitteena on

pumppujen häiriöiden havaintonopeuden kasvattaminen, jotta saadaan reaaliaikaista tietoa joka pumpun tilasta ja tulva-aitaiden veden pinnasta.

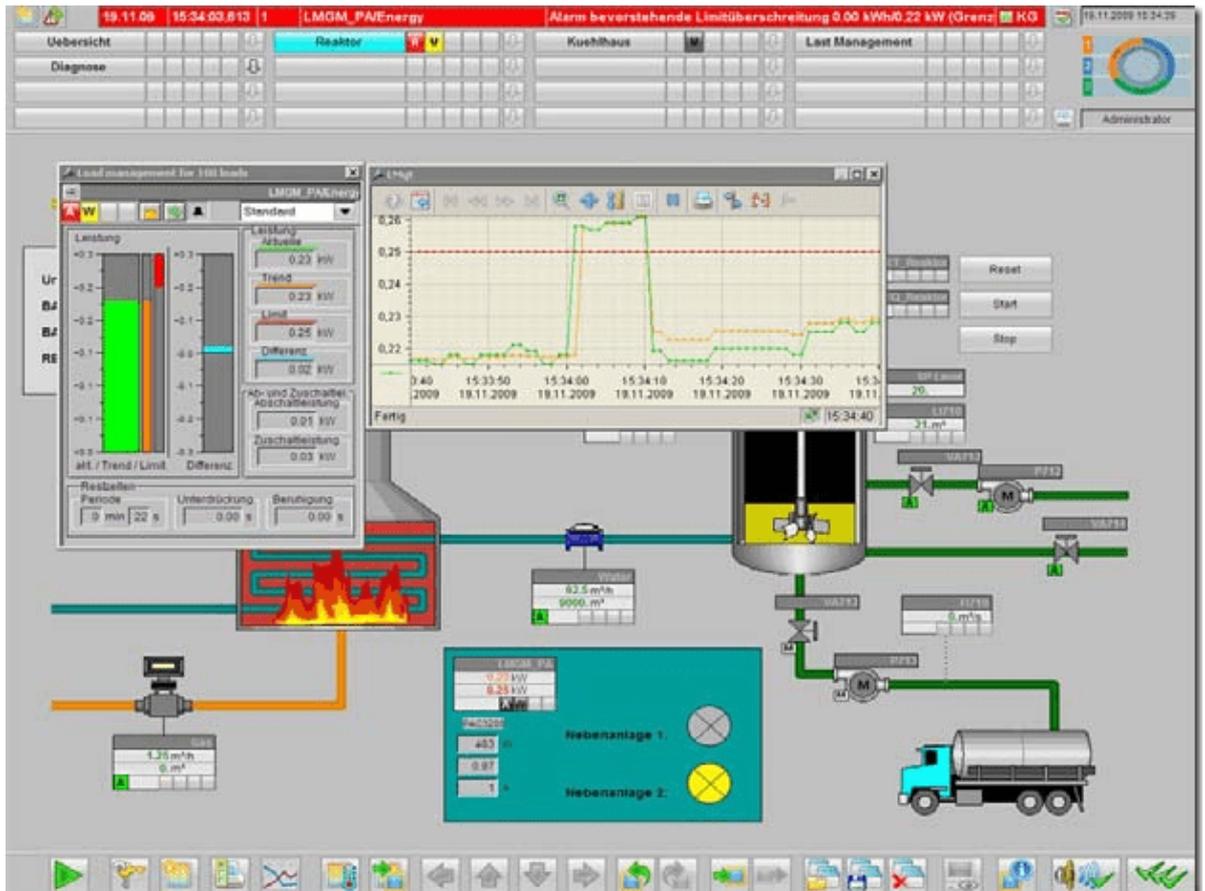
Työssä tarkoituksena on suunnitella tarvittavat I/O-asetat, tällä hetkellä ainoastaan Ankkalammen pumppaamolla on erillinen I/O-asema, mutta tämä korvataan uudella. Uuden I/O aseman tavoitteena on saada mahdollista laajennusvaraa tuleville pumppulisäyksille, sekä vaihtaa I/O-laite uudempaan ja kohteeseen paremmin soveltuvaan. Liitteissä 3–6 on esitetty uusien keskusten piirikaaviot. Lisäksi vanhassa I/O-asemakotelossa sisällä oleva valokuitupääte siirretään erilliseen Wlan-koteloon, johon sijoitetaan myös tukiasema langattomalle yhteydelle. Wlan-kotelosta tuodaan väyläyhteys kytkentäkuidulla I/O-asemalle, jossa se muunnetaan kuitumuuntimella kupariyhteydeksi Siemens ET 200S I/O-laitteelle. Kemin kaivoksella on käytössä kattava valokuituverkko, jonka kautta kaivoksen ohjausväylät ja -järjestelmät toimivat. Pumppaamoilla tällä hetkellä olemassa olevat käynnistimet jätetään käyttöön, mutta näiden toimintaan tehdään muutoksia.

4 KAIVOKSEN OHJAUSJÄRJESTELMÄ

4.1 SIMATIC WinCC

WinCC on SCADA eli ohjaus- ja tiedonkeruujärjestelmä. SIMATIC WinCC on Siemens AG:n valmistama SCADA, jolla voidaan toteuttaa laajalti eri teollisuuden ja prosessien ohjausta ja HMI ratkaisuja. WinCC:tä voidaan soveltaa useisiin erilaisiin prosesseihin, niin teollisuudessa kuin omakotikäytössä, esimerkiksi:

- Ilmastointi ja lämmitys
- Materiaalin hallinta
- Vedenkäsittely- ja puhdistuslaitokset
- Elintarviketeollisuus
- Teräs- ja metalli teollisuus
- Muovi- ja kumiteollisuus
- Paperin tuotanto ja käsittely
- Rakennuspalveluiden hallinta ja kiinteistöjen hallinta.



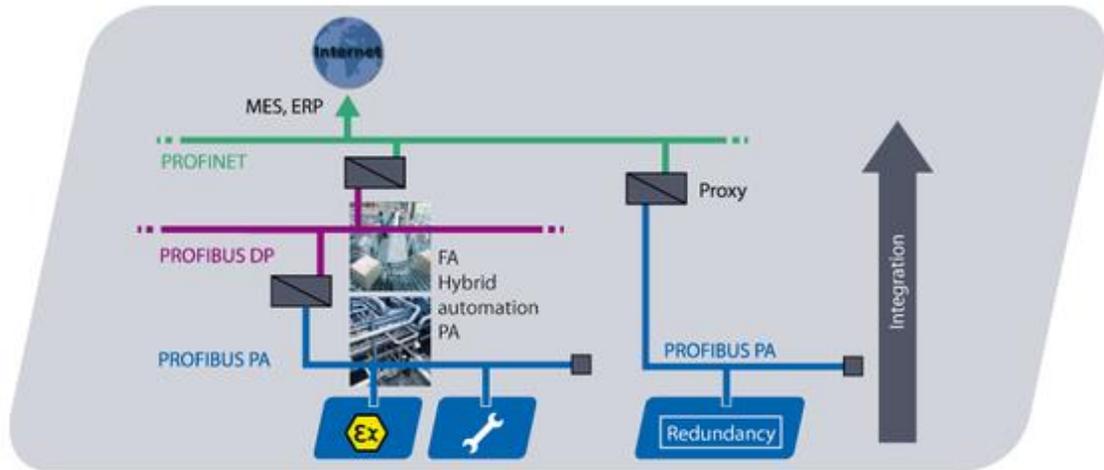
Kuvio 5. WinCC ohjausnäkö (Paganini 2016)

Siemens WinCC on helposti skaalattavissa pienistä prosesseista aina suuriin teollisuusprosesseihin. WinCC käyttöikkunan visuaalinen ja sen kautta helposti ymmärrettävät ohjaukset tuovat käytettävyyttä ja varmuutta tehtaan prosesseihin. WinCC:llä voidaan toteuttaa tehtaan prosesseissa pienen osan tiedonkeruu ja ohjaus, mutta tarvittaessa voidaan ohjelma skaalata ohjaamaan koko tehtaan prosesseja. Kuviossa 5 on nähtävissä esimerkki, miltä WinCC ohjausnäyttö voi näyttää. Tällöin toteutetaan useita eri käyttöikkunoita ja tasoja sillä tehdas- tai kaivosympäristössä eri osa-alueiden jakaminen ja erottaminen toisistaan visuaalisesti parantaa järjestelmän käytettävyyttä.

4.2 Profibus/Profinet

Profibus on maailma käytetyin kenttäväylä, Profibus-väylää hyödyntäviä laitteita on asennettu jo yli 58 miljoonaa vuoteen 2017 mennessä. Yli 10 miljoonaa näistä

laitteista on prosessiteollisuuden käytössä. Profibus hyödyntää yhtenäistä, standardoitua, sovellusriippumatonta tietoliikenneprotokollaa ja tukee kenttäväyläratkaisuja sekä tehtaiden prosessien automatisoinnissa, että liikkeenohjauksessa ja turvallisuuteen liittyvissä tehtävissä. (Profibus-Profinet 2019.)



Kuvio 6. Profibus integraatio (Profibus-Profinet. 2019)

Profibus ja Profinet ovat ytimeltään samankaltaisia avoimia kenttäväyliä, Profibus väylästä on saatavilla useita eri versioita. Profibus DP ja PA väylät täydentävät toisiaan lisäämällä mahdollisten käyttökohteiden määrää. Profibus DP väylää käytetään I/O- ja kenttälaitteiden välillä, eli niin sanotussa tehdasautomaatiossa. Profibus PA väylän pääasiallinen hyödyntämiskohde on puolestaan alemman tason kommunikaatiossa eli prosessiautomaatiossa (Process automation). Mutta nämä kaikki väylälaitteet voidaan yhdistää Profinetin avulla keskusohjausjärjestelmään tai suoraan internetverkkoon. Profinet on IP-pohjainen kenttäväylä, joka vastaa tehtaan ylemmän tason kommunikaatiosta. Kuviossa 6 on nähtävissä miltä tehdas tasolla Profibus-väylien integraatio yhteen voi näyttää. (Profibus-Profinet 2019.)

5 LAITE JA KOJEVALINNAT

5.1 Siemens Simatic ET 200

I/O laitteena ohjauksessa käytetään Siemens Simatic ET 200 -järjestelmää. ET 200 on Siemensin modulaarinen monikäyttöinen I/O-järjestelmä, joka soveltuu ATEX luokitukselta tilaluokkaan 2 asennettavaksi. ET 200 on Profinet- ja Profibus-yhteensopiva nykyaikainen teollisuuden I/O-järjestelmä. Järjestelmään on saatavilla Profibus ja Profinet turvallisuusyhteysmoduuleja, näillä lisätään järjestelmän turvallisuutta ja toimintavarmuutta. ET 200 -järjestelmän uudet rajapinta I/O-moduulit mahdollistavat isokronisen viestinnän erilaitteiden välillä. (Siemens AG 2012.)



Kuva 2 Siemens Simatic ET 200S (Siemens AG 2012)

Simatic ET200 -laitteisto on helposti skaalattavissa eri CPU yksiköiden ja moduulien avulla. ET 200 -laitteistoon on saatavilla useita erilaisia käyttömoduuleita aina perinteisistä I/O moduuleista pieniin moottorinkäynnistin moduuleihin 7,5 kW asti. ET 200 -järjestelmän integroituja CPU moduuleja voidaan käyttää suoraan sellaisinaan tai sitten hajautettuna järjestelmänä. ET 200 -järjestelmän CPU-yksiköt soveltuvat keskikokoisille ohjelmille ja vastaavat 314-sarjan CPU:ta. Kuvassa 2 on nähtävillä esimerkkikonfiguraatio Simatic ET200 -laitteistolle (Siemens AG 2012.)

5.2 Vegapuls WL 61

Pumppaamoille tullaan asentamaan mittalaitteita tarkkailemaan veden pintaa ja pumppujen käyntiä. Jokaiselle pumpulle tulee pinnanmittauslaite, jonka mittaus-tiedon avulla toteutetaan pumppujen käynnistys ja pysäytys veden pinnan nous-tessa ja laskiessa. Pinnanmittauksessa käytetään mikroaaltotutkaa Vegapuls WL 61, Vegapuls WL 61 -mikroaaltotutka on erityisesti suunniteltu soveltumaan jäte-vesien pinnanmittaukseen. Esimerkki malli Vegapuls WL 61 -mikroaaltotutkasta on nähtävissä kuvassa 3. (VEGA Grieshaber KG 2019.)



Kuva 3. Vegapuls WL 61 (VEGA Grieshaber KG. 2019)

WL 61 mikroaaltotutkassa esiintyviä etuja ovat seuraavat: mikroaaltotekniikan ansiosta mittaustulokseen ei vaikuta paineen muutokset, lämpötila, höyry tai sumu. Mittaussignaalin lähetys tapahtuu valitun signaalimuodon mukaan joko 2-johdo HART signaalilla tai täysin digitaalisesti käyttäen Profibus tai Fieldbus väylää. Vegapuls WL 61 mikroaaltotutkan tekniset tiedot listattu alla:

- Käyttöjännite = 9.6 – 35V DC
- Mittausalue = 15m
- Mittavirhe = ± 2 mm
- Kotelointiluokka = IP68
- Mittaussignaali = 4 – 20mA
- Toimintalämpötila = -40 - +80 °C

5.3 Carlo Gavazzi E38-2050

Uusittuihin pumppukäynnistinkaappeihin asennetaan virranmittaus jokaisen pumpun ensimmäiselle vaiheelle pumpun toiminnan ja kunnan tarkkailua varten. Virran mittauksessa käytetään Kemin kaivoksella muissakin kohteissa käytettyä Carlo Gavazzi E30-2050 virtamuuntajaa. Kyseinen virtamuuntaja on nähtävissä kuvassa 4. Kyseisen virtamuuntajan mittausalue on säädettävä ja muuntaa virran välille 4 – 20 mA. Tämä tulos sitten syötetään I/O-laitteelle, jolloin arvoa voidaan tarkkailla reaaliajassa ja arvosta voidaan tarkkailla pumpun tilaa sekä kuntoa. (Elfa Distrelec 2019.)



Kuva 4. Carlo Gavazzi E38-2050 (Elfa Distrelec 2019)

Säädettävän mittausalueen ansiosta E38-2050 virtamuuntaja soveltuu erittäin hyvin teollisuuden eri käyttökohteisiin. Lisäksi pumppaamoissa säädettävästä mittausalueesta on etua, mikäli kohteen pumppujen kokoa kasvatetaan tai pienennetään. Alla on listattu virtamuuntajan tekniset tiedot:

- Mittausalue = 0 – 50 AAC

- Ulostulo = 4 – 20 mADC
- Käyttöjännite = 24 VDC
- Virheraja @50Hz = $\pm 2\%$
- Käyttölämpötila = -20° - $+50^{\circ}\text{C}$

5.4 Sääsuojaus

Nykytilanteessa kaikki pumppaamojen keskukset on sijoitettu taivasalle, ilman suojaa erityisesti talvella ja keväällä pumppaamoiden keskuksille pääsy on hankalaa. Lisäksi keskusten sijainti sään armoilla lyhentää niiden käyttöikä ja altistaa ne mahdollisille toimintahäiriöille. Kaivosympäristön kuluttavuus ja alttius vaurioille on yksi syy, minkä vuoksi keskukset on hyvä suojata. Mahdollisina vaihtoehtoina harkittiin varastokonttia ja kalustamatonta puistomuuntamoaa.



Kuva 5 Scandic Container 8' varastokontti (Scandic Container 2019)

Varastokonttia ja muuntamokoppia vertailtaessa ilmeni eroja. Lopulta valintaprosessissa päädyttiin valitsemaan varastokontti sääsuojaksi tuleville pumppaamoiden keskuksille, tämä on nähtävissä kuvassa 5. Yhtenä suurimpana tekijänä varastokontin valinnassa oli sen siirrettävyyden helppous verrattuna kalustamattomaan puistomuuntamoon. Muuntamo on rakenteeltaan huomattavasti heikompi, tämä on ongelma kaivosympäristössä missä tuotteiden ja käytettyjen varusteiden kestävyys on erittäin tärkeää. Kaivosympäristö on erittäin vaativa, kaivoksissa toimii suuria koneita ja liikuteltava materiaali on raskasta.

Muuntamonsuojakoppi vaatii myös erillisen valettavan betonilaatan, varastokontti taas helpomman liikuteltavuutensa vuoksi voidaan asettaa suoraan maahan, tai lekasoraharkoille. Myös muut asennukseen vaikuttavat tekijät, kuten varastokontin sisätilojen laajuus ja helppo muokattavuus vaikuttavat valintaan. Varastokonttiin tulevien koteloiden ja keskusten asennus on helppoa ja yksinkertaista seiniin kiinnitettävien C-kiskojen avulla. Liitteessä kahdeksan on esitetty suuntaa antava lay-out kuva keskusten sijoittelusta varastokontin sisään.

5.5 Kojevalinnat

Kojevalinnat toteutettiin käyttäen moottorikäyttöihin suunniteltuja valintataulukoita. Lisäksi Kemin kaivoksella aikaisempia kojevalintoja hyödynnettiin valittaessa kojeita. Lopulliset valinnat kontaktorille ja lämpöreleelle tehtiin Kemin kaivoksen jo olemassa olevien ja aikaisemmin käytettyjen osien perusteella. Lisäksi valinnoissa on hyödynnetty Kemin kaivoksen olemassa olevia pumppukeskuksia ja niissä käytettyjä komponentteja. Kojevalinta taulukot löytyivät ABB:n verkkosivuilta ja ovat liitteessä 2.

Nykyisissä pumppukäynnistimissä olevat komponentit ja niiden kokojen tarkistus toteutettiin käyttäen samaa liitteessä 2 olevaa kojevalinta taulukkoa ABB:ltä. Koska pumppukäynnistimissä olevat kontaktorit ovat eri mallisarjaa kuin kojevalintataulukon antamat tulokset. Kojevalintataulukon mukaan valittiin elektronisen lämpöreleen sijaan käyttöön mekaaninen lämpörele ABB TF65-47, jonka virta alue on 36 – 47 A. Kyseinen lämpörele on juuri oikean kokoinen pumppujen tehon

ollessa 22,5 kW ja käyntivirran 41 A. Lämpöreleellä haluttiin korvata käynnistimissä oleva $\cos \varphi$ tarkkailurele. Lämpöreleen TF65-47 esimerkki malli on nähtävissä kuvassa 6.



Kuva 6. ABB TF65-47 lämpörele (ABB 2020)

Näiden kojevalintojen lisäksi pumppukäynnistin koteloihin tullaan lisäämään myös 16 A kolmivaiheinen vikavirtasuojakytkin ja johdonsuoja-automaatti, josta saadaan sähkönsyöttö kolmivaiheyhdistelmäpistorasialle.

6 TARVITTAVAT MUUTOKSET JA UUDET LAITTEISTOT

6.1 Muutokset

Pääasialliset muutokset pumppukäynnistimiin ovat vanhojen ja käytöltään vähäiseksi jääneiden komponenttien korvaaminen varmempitoimisilla ja yleisemmillä komponenteilla. Käynnistimiin lisätään $\cos \varphi$ tarkkailureleen tilalle tavanomainen lämpörele, jonka tieto tuodaan logiikalle. Lisäksi osassa käynnistimistä ei alun perin ole ollut käyntivirran tarkkailua ja yhdessä käynnistimistä tarkkailu on tarpeettomasti asennettu kaikille vaiheille. Muutoksena asetetaan kaikkiin käynnistimiin virranmittauskela Carlo Gavazzi E38-2050, jokaisen käynnistimen ensimmäiselle vaiheelle liitteen kolme kuvan mukaisesti. Lisäksi aikaisemmin käytössä olleet $\cos \varphi$ releet korvattiin lämpöreleellä. Nämä haluttiin korvata, koska niistä saatu hyöty oli minimaalinen ja mahdolliset toimintavirheet haluttiin eliminoida.

Kerääjä-ojan ja avo-ojan käynnistimistä poistetaan radiotaajuusohjaimet ja kaikki niihin liittyvät laitteistot ja johdotukset. Nämä korvataan uusilla I/O-koteloilla, joiden avulla pumpput saadaan liitettyä kaivoksen ohjausjärjestelmään. Ankkalammen ja Avo-ojan pumppaamoille tulevat laitteistot asennetaan varastokontteihin. Kun taas Kerääjä-ojan pumpun käynnistin pysyy kaivossa, mutta I/O-laitteisto asennetaan liitteessä yksi näkyvän RK-nestekaasu rakennuksen seinälle. Lisäksi muut sijainnit varastokonteille ja pumppujen sijainneista on suuntaa antavasti esitetty liitteessä yksi.

6.2 Uudet laitteistot

Uudet laitteistot koostuvat Ankkalammella ja Avo-ojalla varastokontteihin asennettavista I/O-aseista ja Wlan-koteloista. Näiden lisäksi pumppukäynnistimet siirretään pumppukaivoista kontteihin parempaan sääsuojaan. Wlan-kotelo johon kuituyhteys I/O-asemalle tuodaan, sisältää kuitupäätteen ja tukiaseman puhelimien verkkoyhteyttä varten. Väyläyhteys I/O-asemalle tuodaan kuitupäätteeltä

suoraan. I/O aseman sisällä oleva Siemens OLM kuitumuunnin muuntaa kuituyhteyden kupariseksi. Yhteys pumppukäynnistimen ja I/O-aseman välillä toteutetaan parikaapeleilla. Ankkalammen ja Avo-ojan tapauksessa koska kaikki kotelot sijaitsevat varastokonteissa, jolloin koteloiden välinen yhteys voidaan toteuttaa käyttäen Nomak-kaapelia. Kerääjä-ojan pumppaamalla käynnistin jää kaivoon ja I/O-asema sijoitetaan nestekaasuaseman keskuksen yhteyteen, käynnistimen ja I/O-aseman välillä tulee käyttää maakaapelia esim. JAMAK ARM.

Lisäksi tullaan kontteihin asentamaan valaistus ja kolmevaiheystelmäpistorasia, josta saadaan käyttösähköä mahdollisiin muihin laitteisiin. Talvella riippuen ulkolämpötilasta joudutaan kontteihin mahdollisesti tuomaan lämmittimiä, jotta laitteiston toiminta myös kylmässä saadaan varmistettua. I/O-koteloihin tulee kaksi kappaletta 30 W lämmityselementtejä, joilla pyritään takaamaan Siemens ET-200S I/O-laitteen ja Siemens OLM-kuitumuuntimen toimintalämpötila myös talvella. Liitteessä kahdeksan on esitetty lay-out kuva varastokonttiin tulevien koteloiden sijoittelusta. Opinnäytetyössä käytettävä I/O-kotelo sisältää Simatic ET 200S -ohjauslaitteen ja valikoidut standardi tulo- ja lähtökortit. Yhteensä käytettävään laitteistoon tulee yksi DI-moduuli, yksi DO-moduuli ja kaksi AI-moduulia. Laitteistoon ei tule yhtään AO-moduulia, sillä käytettävässä sovelluksessa ei näitä vaadita vaan kaikki ohjaukset toimivat DI-moduulin kautta. Lisäksi nykypäivän teollisuudessa kasvava Ethernet tai muihin IP-väyliin liitettävät laitteet alkavat korvata nykyisin analogisia mittaus- ja toimilaitteita.

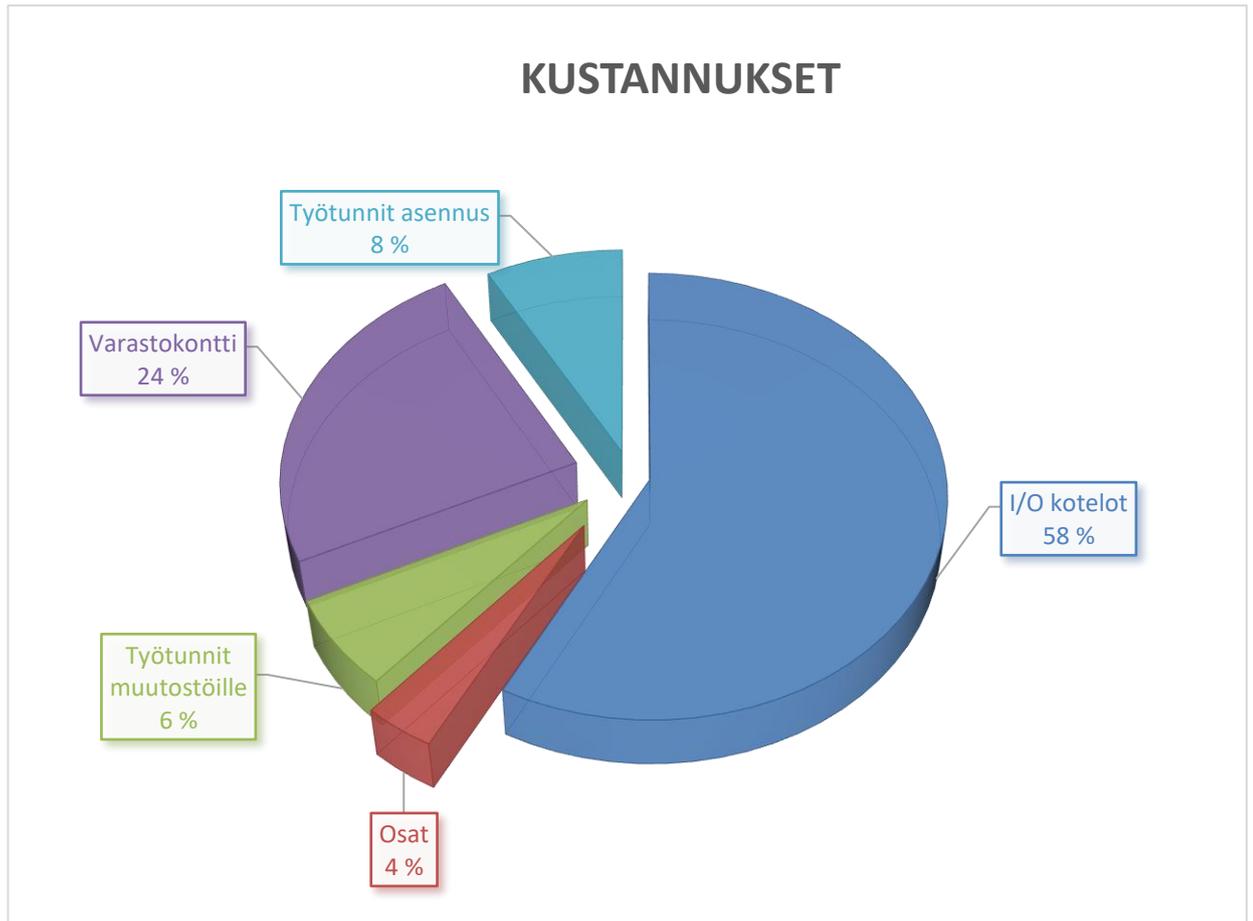
WinCC käyttöikkunan suunnittelussa hyödynnettiin jo olemassa olevia käyttöikkunoita ja PI-kaaviota, jossa näkyy molemmat altaat ja niiden väliset putkiyhteydet. Näiden lisäksi käyttöikkunaan tulee pinnanmittaus ja moottoreiden käyntivirtakunnon ja toiminnan tarkkailua varten. Avolouhospumppaamoiden ohjaussivu tullaan sijoittamaan muiden poistopumppaamoiden kanssa samaan käyttöikkunaan sopivalle paikalle.

7 KUSTANNUSARVIO

Kustannusarvio on toteutettu hyödyntäen tarjoustietoja aikaisemmista koteloista, sekä aikaisemmin toteutetuista muutosprojekteista. Kuviossa 7 on esitetty kustannusten jakautuminen eri osa-alueisiin.

Suurimpana kustannuseränä on I/O-kotelot, joita tarvitaan kolme, I/O-kotelot sisältävät nimensä mukaisesti I/O-laitteen ja kuitumuuntimen (Siemens OLM) joilla pumppaamot liitetään kaivoksen ohjausjärjestelmään. Olemassa olevien pumpukäynnistimien muutostyöt koostuvat uusien osien asennuksesta ja käytöstä poistettavien komponenttien ja varusteiden poiskytkennästä ja poistosta. Kuviossa 7 on eritelty opinnäytetyöprojektin kokonaiskustannusten jakautuminen eri osien välille. Kuten kuviossa 7 on esitetty yli puolet projektin hinnasta, tulee I/O-koteloissa (58%). Niiden jälkeen varastokontit ovat suurin kuluerä 24%.

Laitteistojen asennustyön kestoa työtunneissa on hyvin vaikea arvioida, jolloin töiden määrästä tehdään arvio, joka pohjautuu samanlaisiin projekteihin ja niihin kuluneisiin työtunteihin. Samalla tavalla muutostyöhön vaadittavien työtuntien määrä on vaikea arvioida, samalla tavalla arvio muutostöistä perustuu vastaavansiin muutostyöprojekteihin.



Kuvio 7 Kustannusten jakautuminen

8 POHDINTA

Opinnäytetyö oli erittäin haastava, myöhäinen aloitusajankohta asetti opinnäytetyön toteutukselle kiireisen aikataulun. Omakohtainen kokemukseni automaation suunnittelussa ei olisi yksinään riittänyt opinnäytetyön toteutukseen, mutta onneksi sain tarvittavaa avustusta Outokumpun henkilöstöltä ja oman tutkimustyön avulla. Oma tietämykseni kyseisiin pumppaamoihin rajoittuu Kemin kaivoksella kesätöissä hankittuun kokemukseen. Kaivos on työympäristönä erittäin haastava ja pienikin virhe voi johtaa suuren vahinkoon. Tämän takia pumppaamot halutaan muuttaa mahdollisimman toimintavarmiksi, ilman mitään kompromisseja turvallisuuteen. Pumppaamoiden muuttaminen käsikäyttöisistä automaation alaisuudessa toimiviksi oli haastava ja suunnittelutyötä vaativa prosessi. Kaikki laitteet, joita uusiin keskuksiin ja koteloihin tulee, ovat testattu toiminnaltaan jossain Kemin kaivoksessa.

Suurimmaksi työksi opinnäytetyössä nousi eri piirikaavioiden ja muutoskuvien suunnittelu. Suunnitteluvaiheessa tuli ilmi, kuinka suuresta projektista loppujen lopuksi on kyse, kuvien suunnittelun ohella osaluetteloiden kokoaminen oli yksi suurimmista vaiheista. Näiden lisäksi selvitystyö liittyen eri osiin ja tuotteisiin kuten pinnamittauslaitteisiin vaati myös isomman osan ajasta kuin aluksi oletin.

Kustannusarviot opinnäytetyössä olivat erittäin haastavat toteuttaa, sillä ne sisältävät myös työtuntien arviointia. Tämä on erittäin haastavaa arvioida, varsinkin kun oma kokemukseni rajoittuu töiden tekemiseen. Uskon silti toteuttamani kustannusarvioin olevan tarkka arvio kyseisen projektin hinnasta. Suurimmaksi kuluueräksi osoittautuivat uudet laitteistot ja sääsuoijat.

Suuresta yrittämisestä huolimatta ei opinnäytetyön toteutus nopeammalla aikataululla onnistunut ja alkuperäinen arvio opinnäytetyöhön vaadittavasta ajasta oli erittäin tarkka. Jossain vaiheessa opinnäytetyötä vaikutti aika loppuvan kesken, mutta kuitenkin sisulla ja lujalla työllä onnistuin yli omien odotusteni toteuttamaan opinnäytetyön. Henkilökohtaisesti olen työhön tyytyväinen, se sisälsi kokonaan uuden alueen, johon ei koulussa ollut perehdytty paljoa. Työ oli erittäin antoisa ja uskon, että sen sisältämät tiedot hyödyttävät Outokumpua uusien pumppaamoiden suunnittelussa.

LÄHTEET

ABB 2020. Yrityksen WWW-sivut. Viitattu 16.11.2020. <https://new.abb.com>

Elfa Distrelec 2019. Tuotteet. Viitattu 2.5.2019. <https://www.elfa.se/en/current-transformer-50aac-carlo-gavazzi-e83-2050/p/15650862>

Kaiva.fi 2014. Kaivos- ja louhintatekniikka. Viitattu 2.5.2019 https://kaiva.fi/wp-content/uploads/2014/12/Kaivos-ja-louhintatekniikka-kaiva_fi.pdf

Kaivosvastuu 2017. Outokumpu Chrome Oy. Viitattu 14.3.2019. <https://www.kaivosvastuu.fi/yrityskortti/outokumpu-chrome-oy/>

Kukko-Liedes, P. & Marttala, K. 2014. Kemin kaivoksen malmivarat arvioitua suuremmat. Viitattu 14.3.2019. <https://yle.fi/uutiset/3-7028521>

Norelco 2019. Yrityksen WWW-sivut. Viitattu 4.4.2019. <https://norelco.fi/>

Outokumpu 2015. This is Outokumpu Tornio Site. Viitattu 28.3.2019

Outokumpu 2018. Outokummun historiaa. Viitattu 18.03.2019. <https://www.outokumpu.com/about-outokumpu/history-of-outokumpu>

Profibus-Profinet 2019. Yrityksen WWW-sivut. Viitattu 9.4.2019. <https://www.profibus.com/>

Saarela, J. 2018. Elijärven kaivoksen laajennus aikataulussa – 76-metristä nostotornia aletaan rakentaa vuodenvaihteen jälkeen. Viitattu 15.3.2019 <https://www.lapinkansa.fi/lounaislappi/elijarven-kaivoksen-laajennus-aikataulussa-76-metrissa-nostotornia-aletaan-rakentaa-vuodenvaihteen-jalkeen-2269869/>

Salmi, J. 2018. Kemin kaivoksen syventäminen - DeepMine hanke. Viitattu 19.3.2019. https://www.lisaakauppaa.fi/file/download&file_id=264/

Scandic Container Yrityksen WWW-sivut. Viitattu 1.4.2019. <https://www.scandic-container.fi/>

Siemens AG. 2012. Simatic ET 200. Viitattu 14.3.2019. https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/en/brochure_simatic-et200_en.pdf

Siemens AG 2017. SIMATIC WinCC V7. Viitattu 1.4.2019. <https://c4b.gss.siemens.com/resources/images/articles/dffa-b10453-00-7600.pdf>

Siemens AG 2019. SIMATIC WinCC V7- System overview. Viitattu 1.4.2019. <https://w3.siemens.com/mcms/human-machine-interface/en/visualization-software/scada/simatic-wincc/Pages/default.aspx>

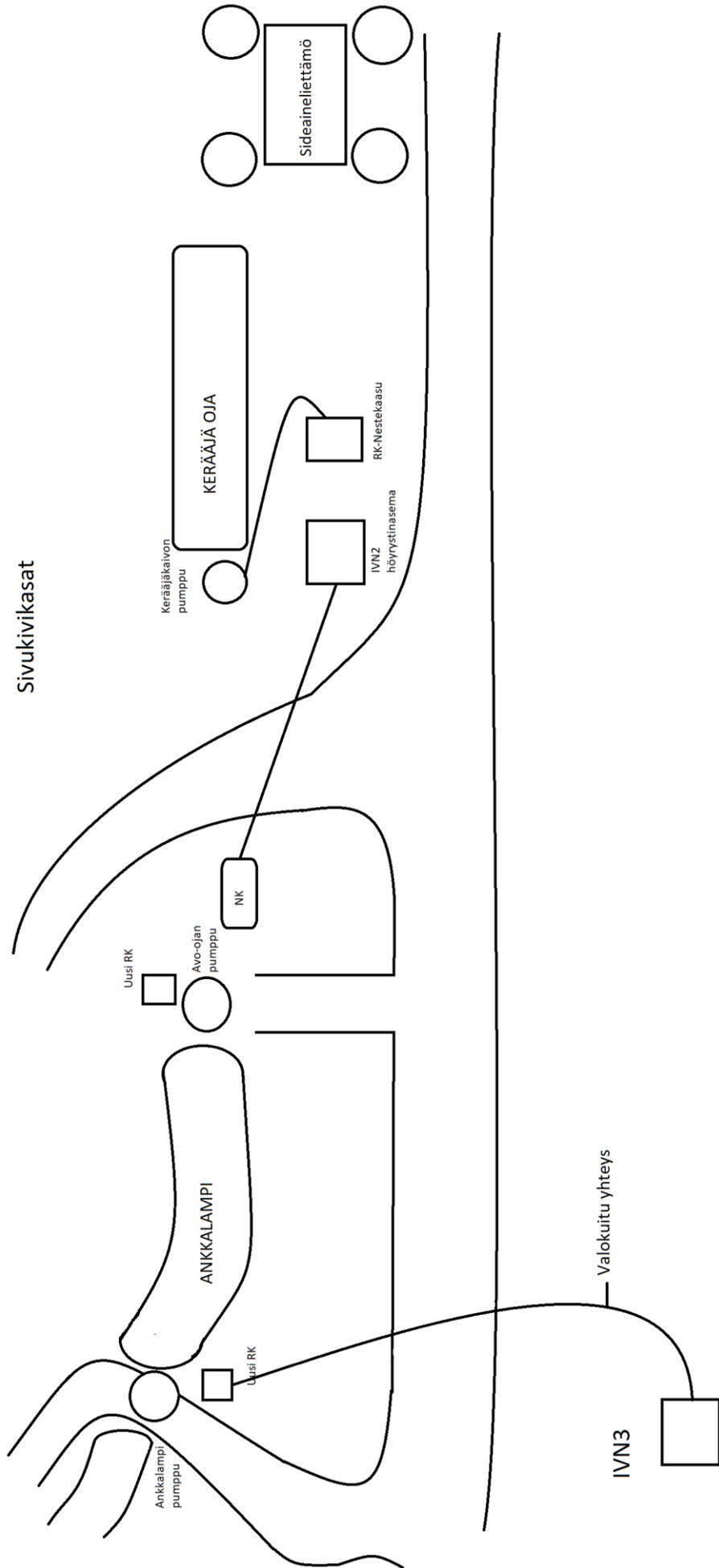
VEGA Grieshaber KG 2019. Operating instructions VEGAPULS WL 61. Viitattu 27.03.2019. <https://www.vega.com/DocumentDownloadHandler.ashx?documentContainerId=4908&languageId=2&fileExtension=pdf&softwareVersion=&documentGroupId=38061>

Yle Perämeri 2010. Kemin kaivoksessa riittää malmia jopa sadoiksi vuosiksi. Viitattu 15.3.2019. <https://yle.fi/uutiset/3-5709033>

LIITTEET

- Liite 1. Aluekuva
- Liite 2. Kojevalintataulukko
- Liite 3. Johdotuskaavio
- Liite 4. Ohjauspiiri
- Liite 5. I/O-kotelo jännitejakelu
- Liite 6. I/O-kotelo johdotuskaavio
- Liite 7. PI-Kaavio
- Liite 8. Varastokontti Lay-out kuva

LIITE 1



LIITE 2

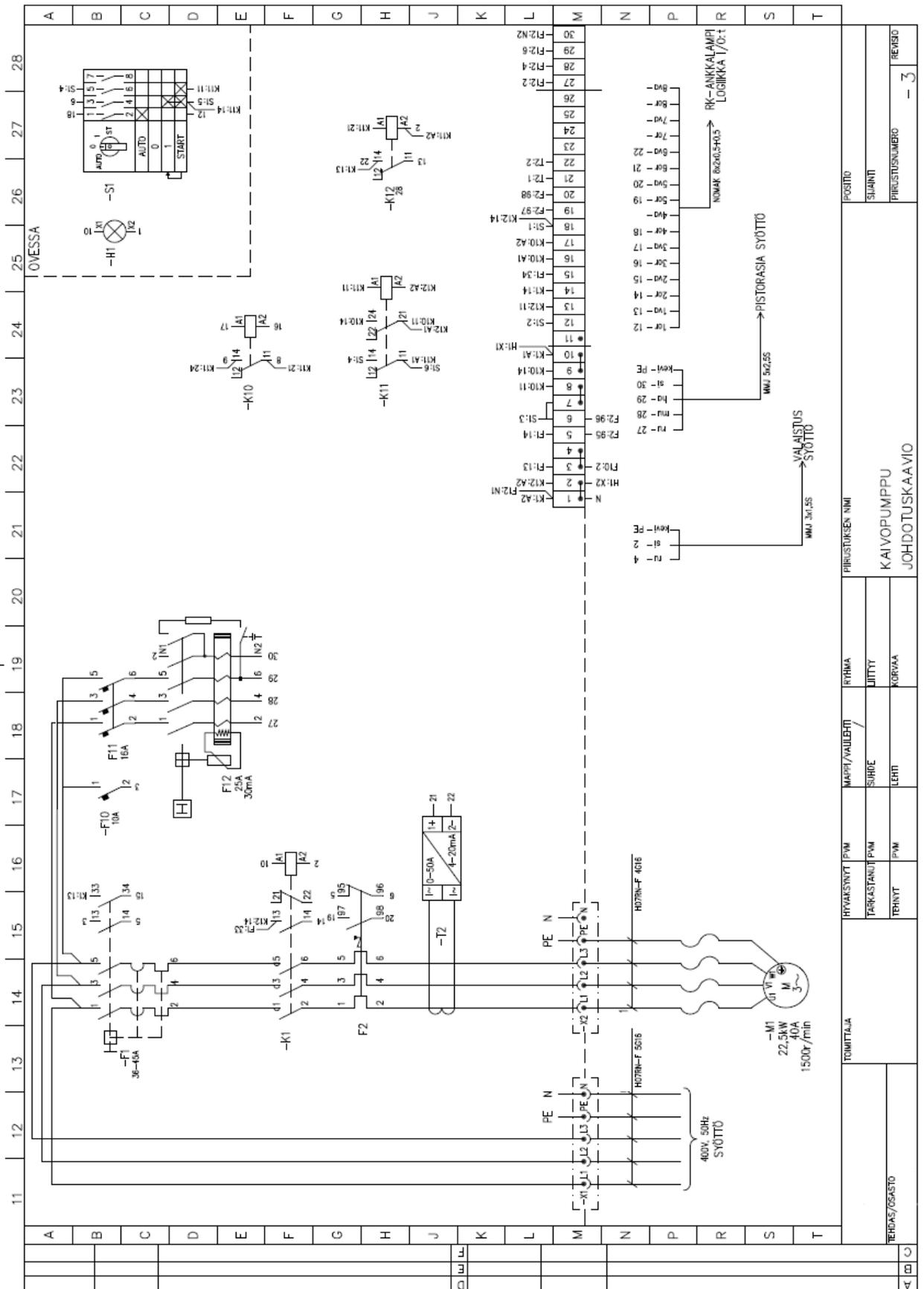
Valintataulukot

Moottorikäyttöjen kojevalintataulukko, 400 V, 80 kA

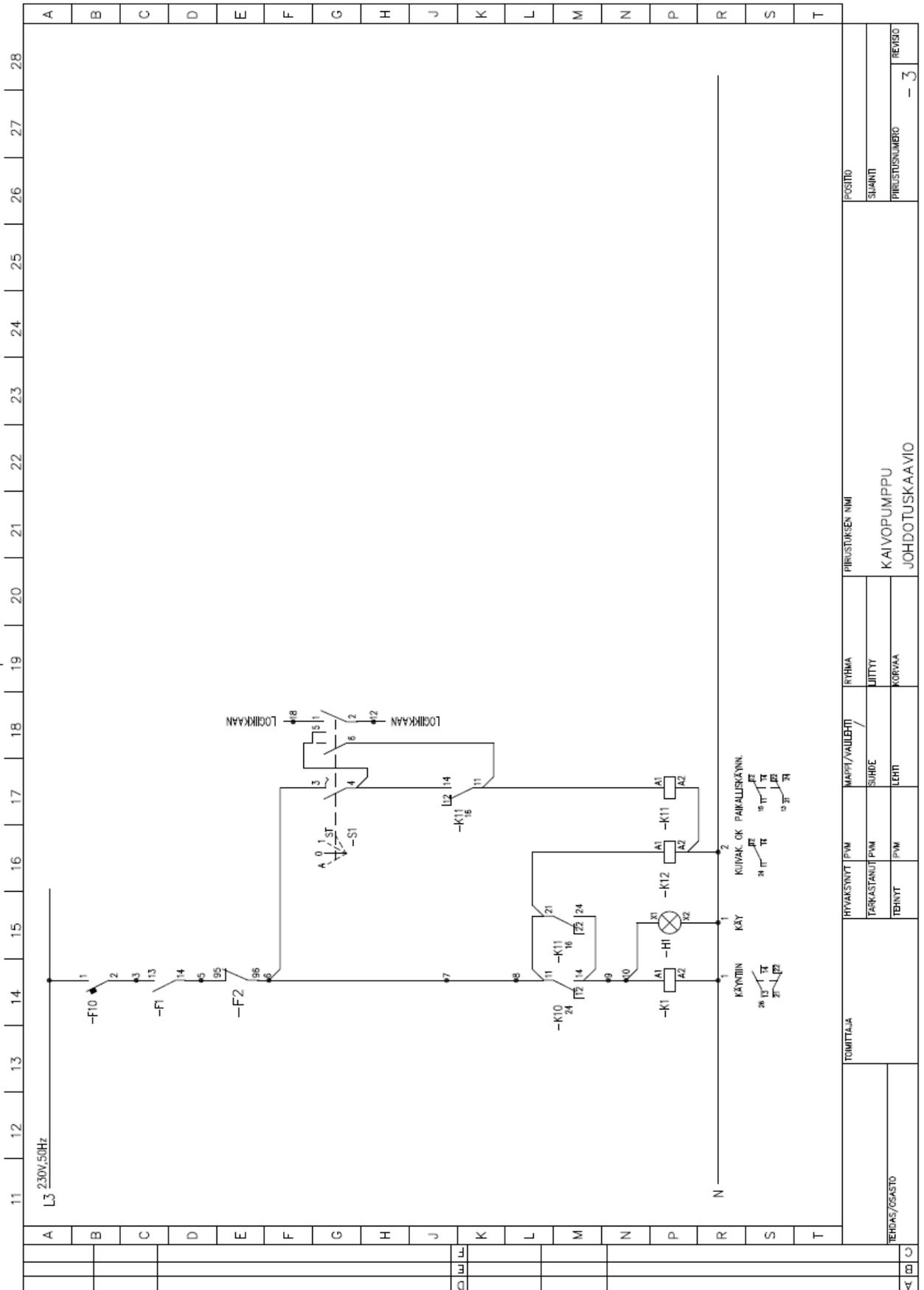
Huom! Mitoitus riittävä seuraavalle tehoportaalte 200 kW asti.

Moottorit ABB					Keskukseen kojeet						Sulake		
P	In / [A] 400V 50Hz /				Kontak-	Lämpörele						OFA_	
	Moottorin kierr. [r/min]				tori-		Asettelualue / Moottorin kierr. [r/min]				Kytkin-		
[kW]	750	1000	1500	3000	tyyppi ²⁾	Tyyppi	750	1000	1500	3000	varoke ²⁾	[A]	
0,09	0,53	-	-	-	A9	TA25TU	0,4-0,63	-	-	-	OS 32D12	2aM	
0,12	0,63	0,59	-	-			0,4-0,63	0,4-0,63	-	-		2aM	
0,18	0,9	0,75	0,72	-			0,63-1,0	0,63-1,0	0,63-1,0	-		2aM	
0,25	1,18	0,92	0,83	0,7			1,0-1,4	0,63-1,0	0,63-1,0	0,63-1,0		2aM	
0,37	1,6	1,25	1,12	0,93			1,3-1,8	1,0-1,4	1,0-1,4	0,63-1,0		2aM	
0,55	2,4	1,78	1,45	1,33			1,7-2,4	1,3-1,8	1,3-1,8	1,0-1,4		2aM	
0,75	2,7	2,4	1,9	1,7			2,2-3,1	1,7-2,4	1,7-2,4	1,3-1,8		4aM	
1,1	3,35	3,3	2,55	2,4			2,8-4,0	2,8-4,0	2,2-3,1	2,2-3,1		4aM	
1,5	4,5	4,1	3,4	3,3			3,5-5,0	2,8-4,0	2,8-4,0	2,8-4,0		6aM	
2,2	5,9	5,4	4,8	4,5			4,5-6,5	4,5-6,5	3,5-5,0	3,5-5,0		10aM	
3,0	7,8	6,9	6,5	6			6,0-8,5	6,0-8,5	6,0-8,5	4,5-6,5		10aM	
4,0	10	8,7	8,6	7,4			A12	7,5-11	7,5-11	7,5-11		6,0-8,5	16aM
5,5	13,4	11,9	11,1	10,5			A16	13-19	10-14	10-14		7,5-11	16aM
7,5	18,1	15,4	14,8	13,9	A26	13-19	13-19	13-19	13-19	20aM			
11	25	23	22	20	A30	18-25	18-25	18-25	18-25	32aM			
15	29	31	29	27	A40	TA75DU	22-32	22-32	22-32	22-32	OS 63 D12	40aM	
18,5	36	36	37	33	A50		29-42	29-42	29-42	29-42		50aM	
22	45	43	42	40	A63		36-52	36-52	36-52	29-42		63aM	
30	60	59	56	53	A75	TA80-/ -110DU	45-63	45-63	45-63	45-63	OS 125 D12	80aM	
37	74	69	68	64	A95		65-90	65-90	65-90	60-80		100aM	
45	90	82	83	79	A110		65-90	65-90	65-90	65-90		125aM	
55	104	101	98	95	A145	E200DU	60-200				OS250D03P	160aM	
75	140	140	135	131	A185							200aM	
90	167	163	158	152	A210	E320DU	100-320				OS400D03P	200aM	
110	202	199	193	194	A260							250aM	
132	250	238	232	228	A300							315aM	
160	305	280	282	269	AF400	E500DU	150-500				OS630D03P	355aM	
200	395	355	349	334	AF460							500aM	
250	470	450	430	410								630aM	
315	605	565	545	510	AF580	E800DU	250-800				OS800D03P	800aM	
355	680	635	610	580	AF750							800aM	

LIITE 3

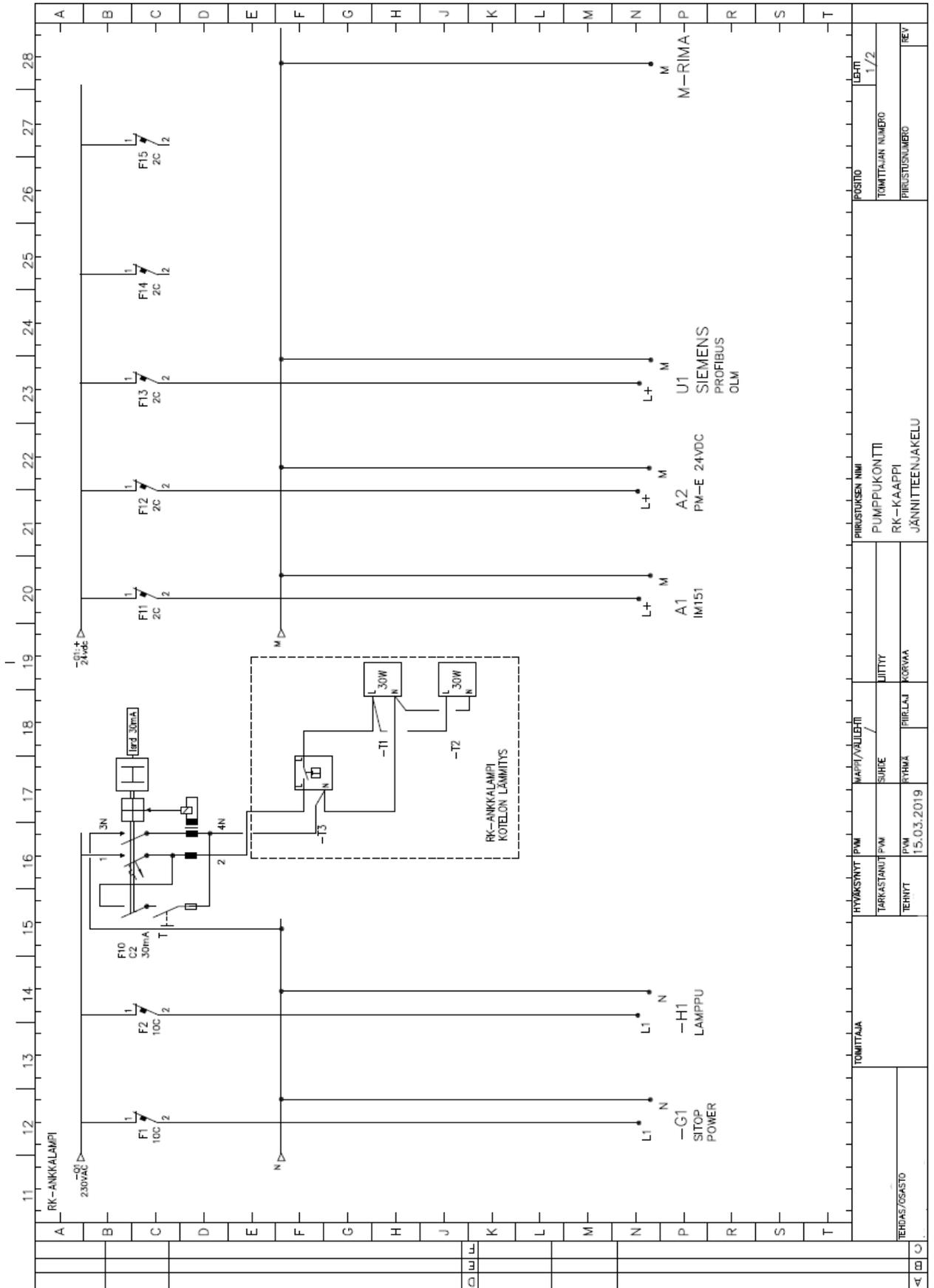


LIITE 4

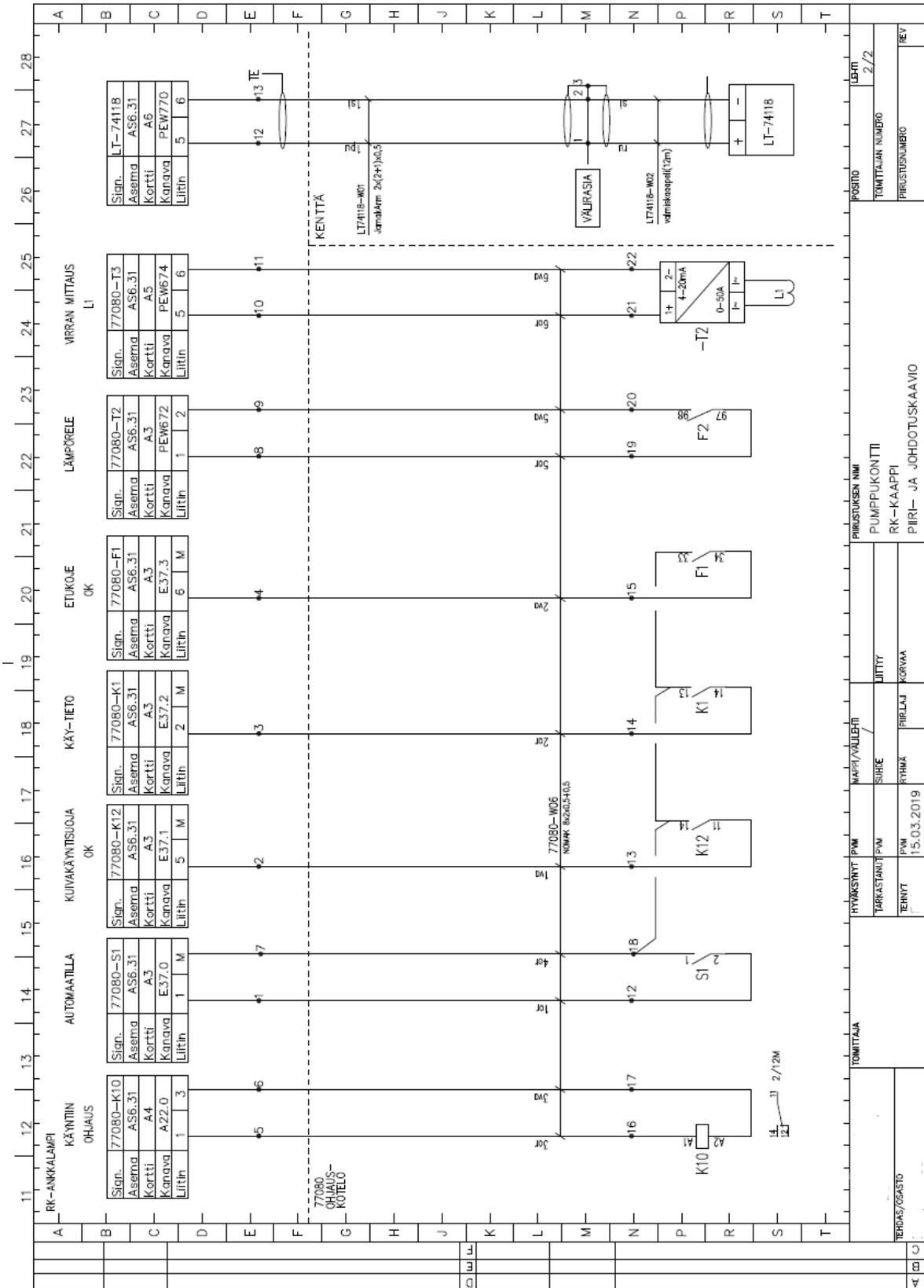


TEHDAS/OSASTO		TOMITTAJA		HYVÄKÄYTY PVM		MAAPPI/VÄLILEHTI		RYHMÄ		PIIRUSTUKSEN NIMI		POSITO	
				TARKASTAJAN/PVM		SUHDE		JÄITYT		KAIVOPUMPPU		SILAINTI	
				TÄHTÄYTY PVM		LEHTI		KORVAA		JOHDOTUSKAAVIO		PIIRUSTUSNUMERO	
										- 3		REVISIO	

LIITE 5

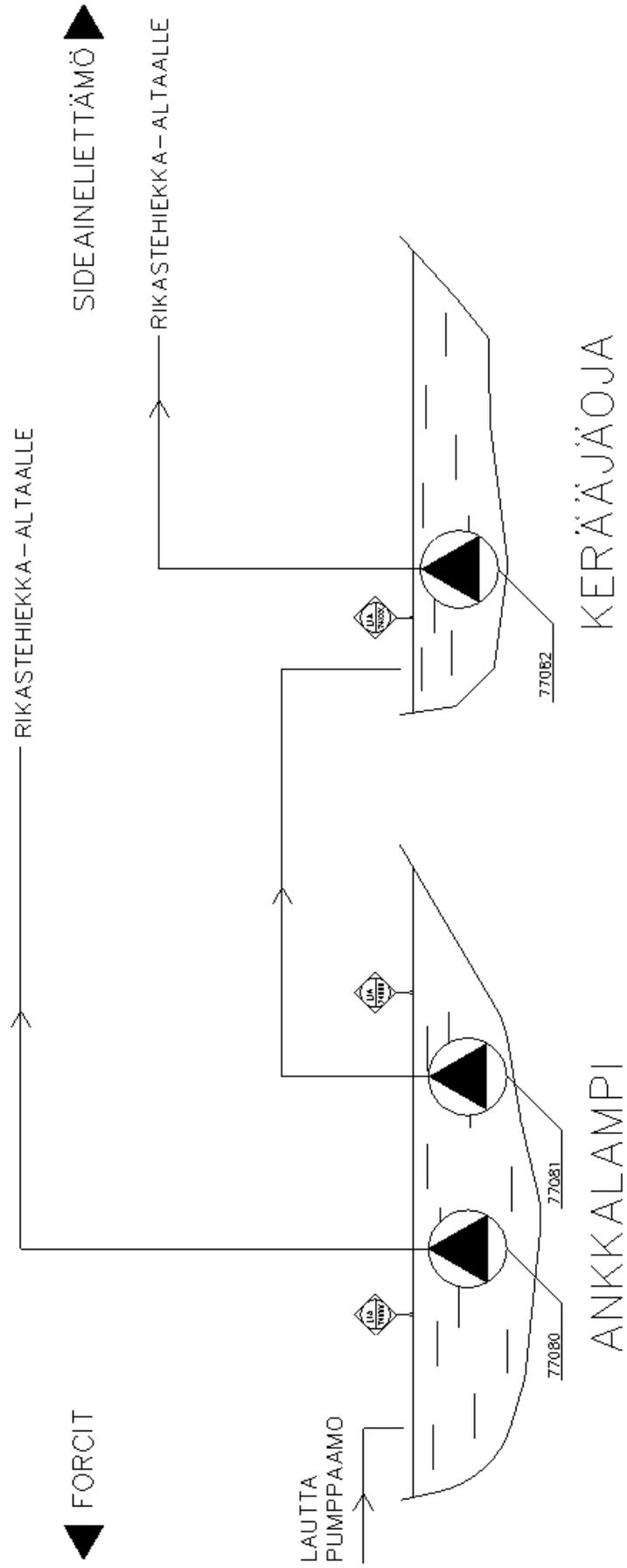


LIITE 6



287420 CAD-OHJELMAN NIMI +VERSIO:

TIEDOSTO:



LIITE 8

