

Tankomyllyn laakereiden voitelujärjestelmän uusiminen Kemin
kaivoksen rikastamolla

Toni Sakasan

Teollisuuden ja luonnonvaran osaamisalan opinnäytetyö
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Insinööri (AMK)

Kemi 2014

ALKUSANAT

Työn tekeminen on ollut aikaa vievää ja haasteellista. Kannuksesta ja työn eteenpäin viemisestä tahdon kiittää opinnäytetyöohjaajaani Tuomas Pussilaa, Outokumpu Chrome Oy:n kunnossapitoinsinööriä Mikko Leppälää ja suunnitteluinsinööriä Teuvo Pikkarais-ta.

Tahdon kiittää toimeksiantajaa Outokumpu Chrome Oy:tä ja Lapin Ammattikorkeakou-lua työn mahdollistamisesta. Tahdon myös kiittää perhettäni, ystäviäni ja etenkin avo-puolisoani tukemisesta ja avusta.

TIIVISTELMÄ

LAPIN AMMATTIKORKEAKOULU, Sähkötekniikka

Koulutusohjelma: Sähkötekniikka	
Opinnäytetyön tekijä(t): Toni Sakasan	
Opinnäytetyön nimi: Tankomylllyn laakereiden voitelujärjestelmän uusiminen Kemin kaivoksen rikastamolla	
Sivuja (joista liitesivuja):	92 (30)
Päiväys: 17.2.2015	
Opinnäytetyön ohjaaja(t): Pussila Tuomas (Lapin Amk) ja Pikkarainen Teuvo (Outokumpu Chrome Oy)	
<p>Opinnäytetyö tehtiin Outokumpu Chrome Oy:lle, Kemin kaivokselle. Opinnäytetyön aiheena oli rikastamon tankomylllyn laakereiden voitelujärjestelmän uusiminen. Uuteen voitelujärjestelmään suunniteltiin uudet koneikot ja instrumentoinnit. Vanha voitelujärjestelmä korvattiin uudella voitelujärjestelmällä tehtaan prosessin kannalta toimivaksi ja luotettavaksi prosessin osaksi.</p> <p>Työ rakentui uuden voitelujärjestelmän prosessi- ja instrumentointikaavion, toimintaselostuksen sekä laiteluettelon pohjalta. Järjestelmän instrumentointilaitteiden tekniset tiedot laadittiin laitemanuaaleista. Laitteiden tekniset tiedot olivat välttämättömiä instrumentointisuunnittelussa. Instrumentointisuunnittelun pohjana käytettiin tehtaan vanhoja instrumentointikuvia sekä luetteloita. Voitelujärjestelmän uusimisen hyötyjä ja syitä pohdittiin asiantuntijan avustuksella.</p> <p>Opinnäytetyö koostui teoria- ja käsittelyosuuksista. Teoriaosuudessa käsitellään perustietoa käsittelyosuuden pohjaksi. Suunnittelutyöhön liittyvät kaaviot ja luettelot sekä niiden sisällöt havainnollistettiin teoriaosuudessa, jonka jälkeen pureuduttiin työn käsittelyyn ja tuloksiin. Teoriaa käsiteltiin myös automaation perusteista tehtaan automaatiojärjestelmiin. Voitelujärjestelmän teoriassa käytiin lävitse laakereiden voitelun tarkoitus sekä uusien instrumentointi- ja toimilaitteiden toiminnat sekä niiden käytöt voitelujärjestelmässä.</p> <p>Työn tuotoksena olivat AutoCad-suunnitteluohjelmiston uudet instrumentointipiirikaaviot, layout-kuvat sekä Excel-ohjelmistolla tehdyt luettelot. Edellä mainitut valmistuneet suunnittelumateriaalit mahdollistivat instrumentointilaitteiden asennuksen rikastamon tankomylllyn tulevaan voitelujärjestelmään.</p>	
Asiasanat: Instrumentointipiirikaavio, automaatio, voitelujärjestelmä, tankomylly, instrumentointi- ja prosessipiirikaavio	

ABSTRACT

LAPIN UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Electrical Engineering

Degree programme: Electrical Engineering	
Author(s): Toni Sakasan	
Thesis title: Renovation of Lubrication system of Bearings of Rodmill in cocentrating plant in Kemi mine	
Pages (of which appendixes):	92 (30)
Date: 17 February 2015	
Thesis instructor(s): Pussila Tuomas MSc (Eng.) and Pikkarainen Teuvo (Outokumpu Chrome Oy)	
<p>The thesis was commissioned by Outokumpu Chrome Oy Kemi mine. The subject of the thesis was renovation of lubrication system of bearings of rod mill at concentrating plant. The new machine unit and instrumentation were designed to the new lubrication system. The earlier lubrication system was replaced by the new system to make the process operate as a functional and reliable part of the process.</p> <p>The work was based on new process and instrumentation circuit graph, description of operation and device list of lubrication system. Technical information of instrumentation devices of lubrication system was compiled from device data sheets. The technical information of the devices was necessary for the design of instrumentation. The old instrumentation layouts and lists were used as a basis of designing the new instrumentation. The benefits of the renovation of the lubrication system were analyzed with the consultant of the Outokumpu Chrome Oy.</p> <p>The thesis consisted of the theory and processing part. The theory part handles the basic knowledge to be used as the ground for the processing part. Involving graphs, lists and contents of the designing work were explained in theory part. Theory was processed also from basics of automation to automation systems of the factory. The meaning of lubrication of bearings and usage of devices in process and instrumentation circuit were gone through in theory of the lubrication system.</p> <p>The results of the thesis were instrumentation circuit graphs and layouts. They were designed by AutoCad designing program. Installation of the instrumentation devices was made possible by the foregoing designed materials. These designed materials will be installed into the lubrication system of the bearings of the rodmill in the future.</p>	
Keywords: Instrumentation circuit graph, automation, lubrication system, rodmill, instrumentation- ja process circuit graph	

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
2 OUTOKUMPU CHROME OY	8
3 AUTOMAATION PERUSTEITA	11
3.1 Säättöpiirit	11
3.2 Säättöteoria	14
3.3 Instrumentointi	15
4 RIKASTAMON TANKOMYLLYN VOITELUJÄRJESTELMÄ	17
4.1 Laakereiden voitelu	18
4.2 Taustoja ja syitä voitelujärjestelmän uusimiseksi	19
4.3 Toimintakuvaus ja automaatiojärjestelmäsäädöt	21
4.4 Voitelujärjestelmän uudet mittaukset	28
4.5 Voitelujärjestelmän uudet hammaspyöräpumput ja sähkömoottorit	35
5 INSTRUMENTOINTISUUNNITTELUN RAKENTUMINEN	39
5.1 Prosessi- ja instrumentointipiirikaavio (PI-kaavio)	39
5.2 Instrumentoinnin piiriluettelo	40
5.3 Instrumentointipiirikaavion rakenne	41
5.4 Tunnuskirjaimet instrumentointipiirikaaviossa	42
5.5 Instrumentointipiirikaavion otsikkotaulun nimiöt	44
6 AUTOCAD PIIRUSTUS INSTRUMENTOINTISUUNNITTELUTYÖKALUNA ..	45
7 KENTTÄSUUNNITTELU	50
7.1 Mittaus- ja automaatiojärjestelmä	50
7.2 Voitelujärjestelmän uudet kaaviot ja luettelot	53
8 POHDINTA	58
LÄHTEET	59
LIITTEET	61

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on tehty Outokumpu Chrome Oy:lle aiheena tankomyllyn laakereiden voitelujärjestelmän uusiminen. Outokumpu Chrome Oy:n rikastamon tankomyllyn tehtävä on jauhaa murskattu malmi ennen hienorikastusprosessia. Tankomyllyn jauhatusprosessi on hyvin yksinkertainen ja ympäristöystävällinen tapa toteuttaa tuotteeksi kutsuttua esirikastetta. Jauhatusmateriaalina käytetään tankomyllyn vuorauksia, hiiliterästankoja sekä vettä, jotka yhdessä jauhavat malmin tuotteeksi, joka on raekooltaan 1-2 mm (Kurtio 2012, 16.).

Tankomyllyn laakereiden voitelu vaatii erityistä valvontaa ja ohjausta. Järjestelmässä tullaan toisin sanoen tarvitsemaan automaatiota. Vanhassa voitelujärjestelmässä automaatiota ei ole lähes laisinkaan muutamaa instrumenttia lukuun ottamatta. Suurin syy kuitenkin tankomyllyn voitelujärjestelmän uusimiseen oli koneikon päivittäminen. Kyseinen toimenpide tulee säästämään rikastamon tehdasprosessia tankomyllyn huollon vaatimilta laitoksen suunnittelemattomilta pysäytyksiltä. Uusi koneikko mahdollistaa varaosien saamiseen ja laitteiston luotettavan käytön. Järjestelmän uusiminen tulee vaikuttamaan suuresti tankomyllyn toimivuuteen prosessissa.

Outokumpu Chrome Oy aloitti keväällä 2014 uuden rikastamon tankomyllyn voitelujärjestelmän suunnittelun. Toimittaja laati tarkan toimintaselostuksen voitelujärjestelmästä sekä PI-kaavion, jossa oli suunniteltu hydraulikkapiiri kone- ja mittauslaitteineen. Outokummulle jäi tehtäväksi viimeistellä PI-kaavio instrumentoinnin osalta, jota käsitellään opinnäytetyössä. Järjestelmän sähköistys- ja ohjelmointisuunnittelu sekä tarjouspyyntö ovat rajattu opinnäytetyöstä pois. Näin voidaan keskittyä yhteen sähkötekniikan aihealueeseen paisuttamatta opinnäytetyötä liikaa.

Opinnäytetyössä on keskitytty esittelemään tehtyjä instrumentointisuunnitelmia. Teoriaosassa käsitellään automaatiota laajemmin. Lisäksi käsitellään myös järjestelmän laitteita ja niiden toimintaa prosessissa. Opinnäytetyössä käsitellään teoriapohjaisesti automaatiota ja sen alalajeja ennen käsittelyosiota. Uusi voitelujärjestelmä vaati instrumentointisuunnittelulta uusien piirikaavioiden, -luetteloiden sekä layout-kuvien luomista. Piirikaaviot, piirilueletot ja layout-kuvat liittyvät toisiinsa, ja näin ne auttavat suunnitteluprosessissa. PI-kaavion instrumentoinnin tarkoitus on kuvata järjestelmän mittaukset

omilla piiripositioilla ja mahdollistaa näkyvyys toimilaitteiden ohjauksista. Kyseisten toimenpiteiden jälkeen esitellään luettelot, instrumentointipiirikaaviot ja layout-kuvat työjärjestyksen mukaan. Piiriluettelot tuovat järjestelmällisyyttä ja antavat tarkkoja tietoja piirikaavion lukijalle. On myös huolehdittava, että piiriluettelot ja instrumentointipiirikaaviot ovat synteessissä toisiinsa muokausvaiheessa ristiriitojen välttämiseksi.

Rikastamon tankomyllyn voitelujärjestelmä -osio sisältää voitelujärjestelmän hyödyt sekä yksityiskohtaiset tekniset tiedot voitelujärjestelmän ja sen laitteiden toiminnasta. Sen tarkoitus on antaa pohjaa sisällölle, jota kappaleessa 6 käsitellään. Opinnäytetyön 6.1 osiossa käsitellään Outokumpu Chrome Oy:n mittaus- ja automaatiojärjestelmiä. Osiossa 6.2 käsitellään työn aikaan saannoksia. Osiot yhdessä auttavat ymmärtämään järjestelmän toiminnan ja tarkoitusperän. Se avartaa lukijan mielen automaatiotekniikan olemassa olon tarkoitukseen.

2 OUTOKUMPU CHROME OY

Elijärven kaivos on Outokumpu Oyj:n tytäryhtiön Outokumpu Chrome Oy:n omistuksessa oleva ferrokromikaivos, joka sijaitsee Keminmaan kunnassa. Kaivoksessa tuotetaan erilaisten metallin valmistamiseen tarvittavaa ferrokromirikastetta. Ensimmäiset Elijärven ferrokromi löydöt tehtiin vuonna 1959. Kaivos avattiin vuonna 1964 ja kaivoksen tuotanto alkoi avolouhintana vuonna 1968. Vuosina 1999–2003 rakennettiin maanalainen kaivos, jonka kautta on malmi tuotu maan pinnalle vuodesta 2006. (Salmi, Vaara & Nikula 2014, 3.)

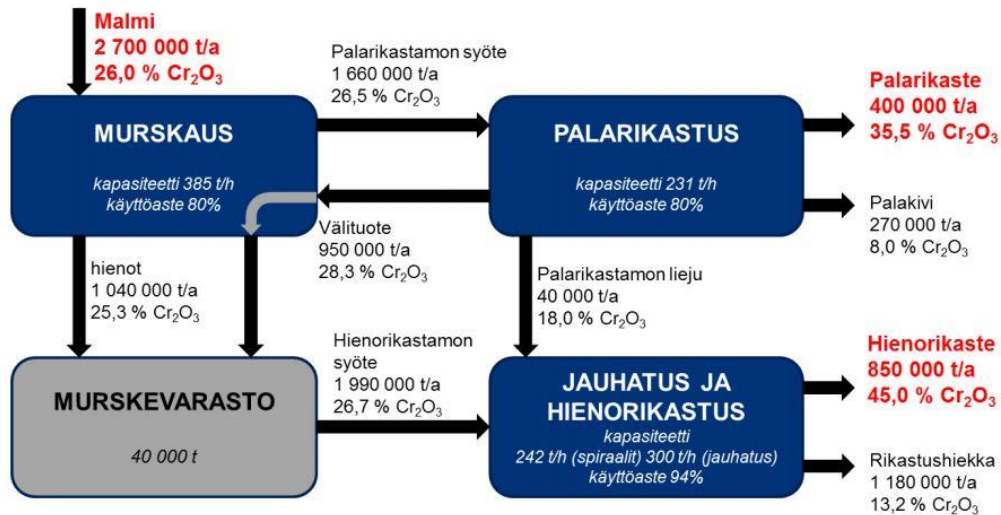
Kemin kaivoksella todetut malmivarat ovat yli 50 miljoonaa tonnia, jonka lisäksi on arvioitu 98 miljoonan tonnin mineraalivarantoja 1 km:n syvyyteen. Malmin muodostuma sekä syvyysjatkeet eivät ole vielä tiedossa. Seismisten mittauksien perusteella arvioivat malmiesiintymää useiden kilometrien syvyyteen. Kaivoksen rikastetuotanto kaksinkertaistetaan 2015 vuoteen mennessä, joka tarkoittaa 2,7 miljoonaa tonnia rikastamon syötettä vuotta kohden. (Salmi, Vaara & Nikula 2014, 3-4.)

Kemin kaivos koostuu pääosin maanalaisesta kaivoksesta, nostokoneesta, murskaamosta, palarikastamosta, jauhimosta ja hienorikastamosta (Liite 1). Keminmaan maaperästä nostettu malmi kulkee kyseisten tehdassekvenssien lävitse rikasteeksi, joka lähetetään Tornion ferrokromitehtaalalle. (Tuotantoprosessi Torniossa ja Kemin kaivoksella 2013, 1, hakupäivä 20.6.2014.)

Liitteessä 2 kuvataan Kemin kaivoksen prosessia. Maanalainen malmi nostetaan nostokoneen avulla maaperälle 600 metrin syvyydestä, jonka jälkeen se murskataan ja rikastetaan pala- ja hienorikasteeksi. Palarikaste tuotetaan palarikastamon raskasväliaineerottimilla eli erotusrummuilla, jotka erottelevat kromi-pitoisuudeltaan suuremman toisin sanoen painavamman malmin pienempipitoisesta eli kevyemmästä malmista. Kevyempää malmiä kutsutaan välituotteeksi, joka kulkeutuu palarikastamolta takaisin murskaamolle. Murskemalmi ja palarikasteen välituote kulkeutuu murskaamolta murskevarastoon. Murskemalmi sekä palarikasteen välituote hienonnetaan tankomyllyssä hienoksi jauhomaiseksi tuotteeksi. Tämän jälkeen hienorikasteesta erotellaan kromiitti spiraalierottimilla, joiden toiminta perustuu pelkkään painovoimaan. Kyseisen prosessin jälkeen valmis hienorikaste kuljetetaan suoraan ferrokromitehtaalalle tai hienorikastehalliin.

Kuvassa 1 esitetään malmin kulkua rikastusprosessissa. (Tuotantoprosessi Torniossa ja Kemin kaivoksella 2013, 1, hakupäivä 20.6.2014.)

Kemin kaivoksen materiaalitase tuotannon laajennuksen jälkeen



10.4.2014 9

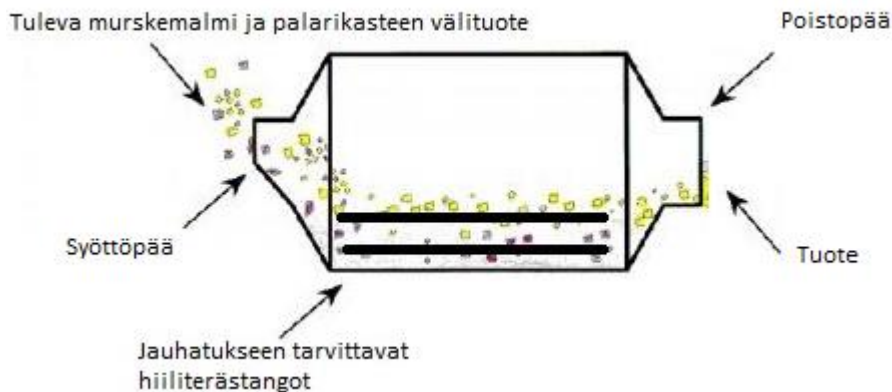
Kuva 1. Nostetun malmin kiertokulku murskaamalla ja palarikastamalla. (Salmi, Vaara & Nikula 2014, 9.)

Kemin kaivoksen rikastamon tankomylllyn (Kuva 2. **Tankomylly 2200: 3.2 x 4.5 m (560 kW), Wärtsilä 1969.** (Salmi, Vaara & Nikula 2014, 11.) tehtävä on jauhaa ferrokromia sisältävän murskemalmi ja palarikasteen välituote jauheeksi. Murskemalmia ja palarikastetta kutsutaan syötteenä, jonka raekoko on 6-35 mm ja tuotteen raekoko on 1-2 mm. Jauhettu tavara jatkaa matkaansa tankomylllyn jälkeen spiraalierottimiin ja jälkikäsittelyihin. (Kurttio 2012, 16.)



Kuva 2. Tankomylly 2200: 3.2 x 4.5 m (560 kW), Wärtsilä 1969.
(Salmi, Vaara & Nikula 2014, 11.)

Tankomylly on rumpumainen laite, jossa on syöttö- ja poistopää (Kuva 3). Tankomylly sisältää vuorauksia, vettä ja kestäviä hiiliterästankoja, jotka yhdessä tankomyllyn pyöriessä vaakatasossa kierroksia akselinsa ympäri jauhavat murskemalmista ja palarikasteen välituotteesta jauhetta. Jauheen saamiseksi tankomyllyn toiminta perustuu iskuihin, puristuksiin ja kiertoihin, joita tankomyllyn pyöriminen ja hiiliterästangot aiheuttavat. (Kurttio 2012, 13, hakupäivä 6.10.2014.)



Kuva 3. Tankomyllyn osien ja toiminnan esittely.

Tankomyllyn jauhatusprosessi on malmin mineraalien hienontamisen viimeinen vaihe, joka sijaitsee murskaamon ja hienorikastuksen välissä. Jauhatuksen tarkoituksena on saada malmimurske puhtaaseen jauhatusasteeseen, soveltavaan rikastusmenetelmän hienonnusasteeseen tai muuhun teknilliseen tai taloudelliseen tavoitteeseen. Rikastamisen onnistumisen perusedellytys nojautuu riittävään mineraalien erottumiseen, joka tapahtuu tankomyllyn jauhatusprosessissa. (Kurttio 2012, 13, hakupäivä 6.10.2014.)

3 AUTOMAATION PERUSTEITA

Automaatio tarkoittaa automaattisesti toisin sanoen itsestään toimivaa laitetta. Se ei tarvitse erikseen ihmisen ohjausta, sillä automaation ohjaus toimii instrumentoinnin eli mittauksien ja säätöjen perusteella. Mittauksilla mitataan suuretta kuten esimerkiksi vesiprosessissa vedenpinnan korkeutta pinnanmittausantureilla, jotka kertovat lähettimien avulla automaatiojärjestelmälle prosessin tilan, joka voi myös näkyä visuaalisesti paikallisella näytöllä tai tehtaan valvomon operaattoritietokoneen ruudulla. Säädöllä tarkoitetaan toimilaitteiden säätöpoikkeaman korjausta, joka voi johtua prosessin muuttuneesta tilasta, mittauslaitteiden tiedonsiirron hitaudesta, suurjännitteellisestä häiriöstä tai anturin mittausvirheestä. Mittauksiin perustuva säätö tapahtuu useimmiten tietokonepohjaisessa automaatiojärjestelmässä mikroprosessorissa, logiikalla tai tietokoneella, joiden avulla ohjataan ja valvotaan toimilaitteiden tilaa. (Outel 2014, hakupäivä 27.20.2014; Kippo 2008, 7, 35; Manninen 2013; Sivonen 2007, 6.)

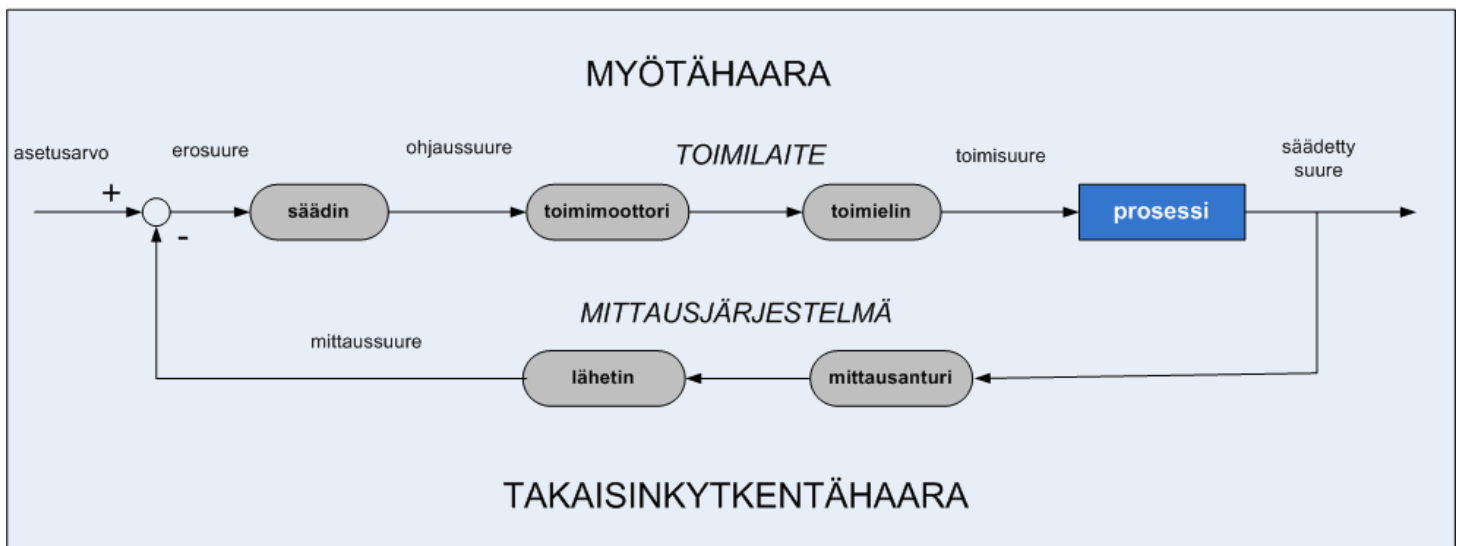
Automaatioon kuuluvat mittaus-, säätö- ja ohjaustekniikka. Mittaustekniikka perustuu antureiden ja erilaisten mittauslaitteiden lähettimien antamiin mittaussuureisiin, kuten paineeseen ja lämpötilaan. Mittaukset ovat oleellinen osa säätötekniikkaa. Säätötekniikka vaatii asetusarvon lisäksi mittaustiedon. Säätimen ohjausfunktio määräytyy systemaattisen mallin vastetarkasteluiden ja säätöparametrien pohjalta sekä toteuttaa korjauksen toimenpiteen toimilaitteelle, esimerkiksi venttiilin asennon muutos (0-100 %). Ohjaustekniikka perustuu toimilaitteen ohjaukseen, kuten venttiilin tilan määrittämiseen. Toimilaite vaikuttaa toimituureella prosessin tilaan. (Kippo 2008, 13, 21, 23; Manninen 2013.)

3.1 Säätöpiirit

Automaatiotekniikan laitteiden ohjauksessa ja toiminnassa käytetään säätöpiiriä. Sen avulla toimilaitteiden oloarvoja muutetaan prosessiin sopiviksi. Toisin sanoen säätöpiirin vaikutuksella toimilaite toimii halutulla tavalla prosessin virheettömän ja optimaalisen toiminnan kannalta. Säätöpiirin säätimen arvot asetetaan tietokoneelle käyttämällä laskettuja ja optimaalisia arvoja, joiden mukaan toimilaite käyttäytyy eri tilanteissa.

Automaatiotekniikan säätöpiiri koostuu säätimestä ja mittauksesta (Kuva 4). Säätimelle asetetaan tietty asetusarvo, jonka mukaisesti toimilaitteen on käyttäydyttävä. Mittauslaitteella mitataan prosessin tila. Prosessin tilan eli mittaussuureen avulla saadaan säätimessä asetusarvon ja oloarvon erotus, toisin sanoen säätöpoikkeama. Säätimen tehtävä on säätää erotusarvon avulla ideaalisessa tilanteessa oloarvo täysin samaksi kuin asetusarvo. Virhettä tapahtuu toimilaitteessa ja prosessissa. Tästä syystä oloarvoa ei voida saada täysin samaksi asetusarvon kanssa. Säätimeltä lähtee ohjaussuure, joka määrittää toimilaitteen toiminnan (esim. venttiilin säätöasento 0-100 %). Toimilaitte vaikuttaa prosessiin, josta saadaan säädetty suure. Tätä menetelmää kutsutaan negatiiviseksi takaisinkytkennäksi. (Kippo 2008, 35, 38.)

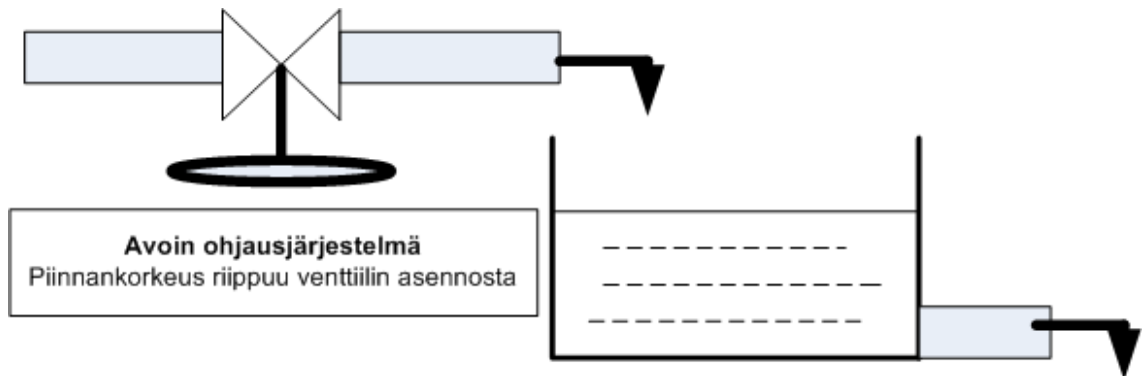
SÄÄTÖPIIRIN LAITTEET JA SIGNAALIT



Kuva 4. Negatiivinen takaisinkytkentä (Manninen 2013.)

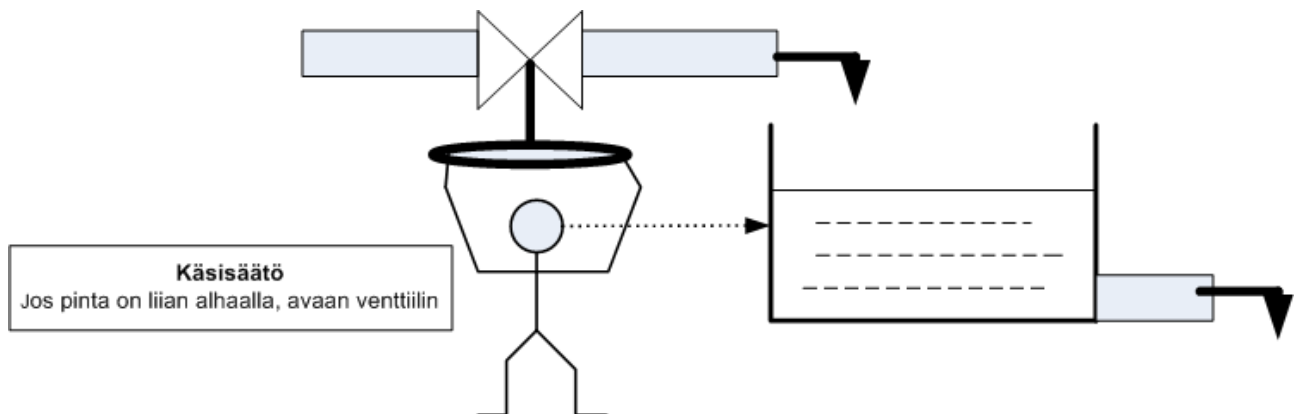
Avoimessa ohjausjärjestelmässä ei ole erillistä mittausta eikä säätöä, ainoastaan ohjaus (Kuva 5). Ohjaus syntyy toimilaitteelle ilman tietoa prosessin tilasta. Tästä syystä mittaussuure jää säätöpiiristä kokonaan pois, mukaan lukien säädin, joka laskisi asetus- ja oloarvon erotuksen avulla ohjaussuureen toimilaitteelle. Avointa ohjausta käytetään

yleensä järjestelmän ylös- ja alasajoissa, yksinkertaisissa järjestelmissä. (Kippo 2008, 27.)



Kuva 5. Avoin ohjausjärjestelmä (Manninen 2013.)

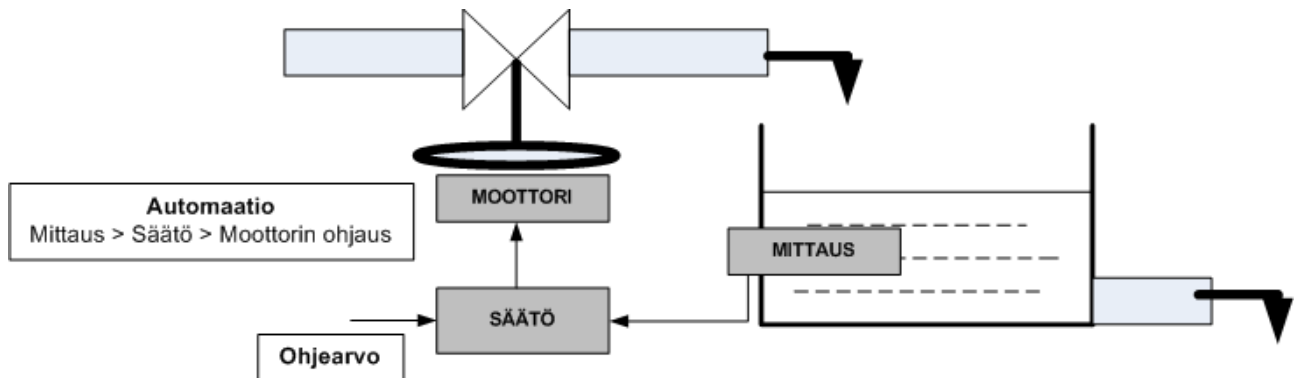
Käsisäädetyssä järjestelmässä ihminen toimii säätimenä (Kuva 6) Ihminen joutuu tässä tapauksessa säätämään ja ohjaamaan toimilaitetta määräajottain pitääkseen veden pinta halutulla korkeudella. Tässä tapauksessa ihmisen silmät toimivat mittauslaitteena, aivot säätönä ja kädet ohjauksena. (Manninen 2013.)



Kuva 6. Käsisäätö (Manninen 2013)

Venttiilin suunnasta tulevaa vettä säädetään säiliön pinnankorkeuden perusteella. Säiliössä pinnankorkeus muuttuu säiliön alajuoksutuksen mukaan. Ilman automaatiota toimilaitteet toimisivat avoimen ohjausjärjestelmän ja käsisäädön periaatteella. Automaatiota käytettäessä inhimilliset virheet poistuvat, mittaus ja säätö ovat tarkempaa sekä tiedon prosessointi ja ohjauksen reagointi nopeampaa. Dynaamisessa prosessissa, kuten alla

olevassa kuvassa, säätö ja ohjaus toimivat sulavasti tarkkojen mittauslaitteiden ja lähetimien pienien vasteaikojen avulla. (Manninen 2013; Kippo 2008, 24.)

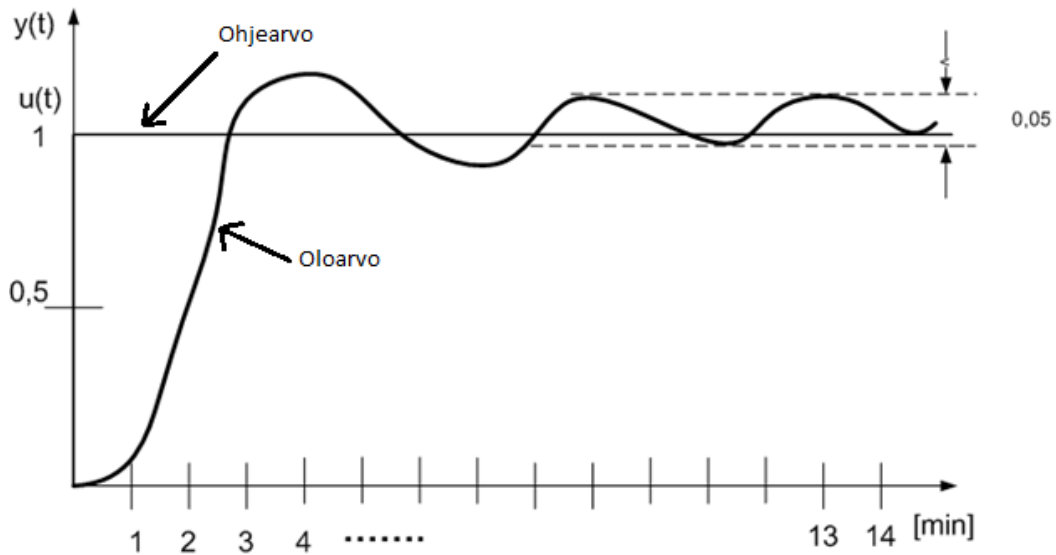


Kuva 7. Automaattinen ohjausjärjestelmä (Manninen 2013.)

Mittauksen avulla saadaan myös tietoon ylä- ja alarajat sekä hälytysrajat, jotka on määritetty automaatiojärjestelmän ohjelmaan, kuten tietokoneeseen. Järjestelmän saadessa nämä tiedot se antaa lukitus-käskyn kyseisen prosessisekvenssin toimilaitteelle ja hälytyksen valvomon päätteelle. Valvomon päätteissä esiintyy kunkin mittauksen kuvaajat ja tieto siitä, mitä mittauskohdetta lukitus tai hälytys koskee.

3.2 Säätöteoria

Säätötekniikalla pyritään pitämään prosessi optimaalisella ja halutulla tasolla. Kyseisellä periaatteella korjataan prosessissa tapahtuvat säätöpoikkeamat säätimen ja mittauksen avulla. Prosessin säätöpoikkeamat tulevat säätimen tietoon mittauslaitteiden saamien oloarvojen ja asetusarvojen erotuksesta. Tätä tilannetta kutsutaan säätöteoriaksi. Säätöteorian perusteena on säätää toimilaitteen jälkeinen oloarvo mahdollisimman samaksi kuin säätimelle tulevan asetusarvo.



Kuva 8. Askelvaste (Manninen 2013.)

Säätimessä on kolme osaa: vahvistus- (P), integrointi- (I) ja derivointisäätö (D). Näistä kolmesta osasta rakentuu PID-säädin. Erilaisten laskentamenetelmien avulla voidaan laskea PID-säätimelle liki oikeat vahvistus, integrointi ja derivointiarvot. Lopullinen viritys tapahtuu kokeellisesti. Näitä säätöpiirin säätöalgoritmeja ja säätöparametreja eli säätimen kertoimia säätämällä saadaan oloarvo seuraamaan mahdollisimman tarkasti ja nopeasti ohjearvoa. Säätimen ohjearvon perusteella määritellään toimilaitteen toimitusnopeus. (Manninen 2013; Kippo 2008, 38.)

3.3 Instrumentointi

Instrumentointi tarkoittaa laitteita, joiden avulla voidaan vaikuttaa säädöllä ja ohjauksella prosessin tilaan ja käyttäytymiseen. Instrumentointiin luetaan mittauslaitteet, kuten anturit ja lähettimet, sekä säädettävät ja ohjattavat laitteet: venttiilit, moottoriohjaukset. Instrumentointijärjestelmä on kokonaisuus, jonka yksittäisistä instrumenteista prosessi automatisoidaan. Se huolehtii prosessin optimaalisesta toiminnasta. (Sivonen 2007, 5; Kippo 2008, 43.)

Mittausten tehtävä on hakea tietoa prosessista. Mittausantureilta saadaan mittaussuure, joka on oloarvoon verrannollinen viesti. Kyseinen viesti tulkitaan skaalaamalla se au-

tomaatiojärjestelmän mukaiseksi arvoksi. Saatua mittaustietoa verrataan raja-arvoihin, joita voivat olla mm. hälytys-, ylä- ja alarajat. Jos raja-arvot saavutetaan, toteutuu kullekin raja-arvolle määritetyt toimenpiteet kuten hälytys tai lukitus. Toinen merkitys mittaukselle on oloarvon tuominen säätimelle, josta on käsitelty aiemmin pääotsikon alla. (Sivonen 2007, 6.)

4 RIKASTAMON TANKOMYLLYN VOITELUJÄRJESTELMÄ

Voitelujärjestelmän tehtäväkohteena on voidella tankomyllyn akselin syöttö- ja poistopään laakereita (Liite 3). Voitelun lisäksi sen tehtävänä on myös puhdistaa ja jäähdyttää laakereita. Kyseiset tehtävät vaativat voitelujärjestelmältä täsmällistä annostelukykä sekä luotettavaa toimivuutta korkeissa lämpötiloissa poistattamalla laakereiden pintojen epäpuhtauksia, kuten kulumispartikkeleita ja hapettumistuotteita. (Antila, Kajander, Malinen & Virtanen 2006, 235.)

Voitelujärjestelmä koostuu pääpiirteittäin voitelukierrosta, nostokierrosta, sivukierrosta sekä öljysäiliön puhtaasta ja likaisesta puolesta (Liite 3). Voitelu-, nosto- ja sivukierrolla on yksi sähkömoottori ja hammaspyöräpumppu jokaista kiertoa kohden, jonka avulla kierrot pumpaavat optimaalisen lämpöistä voiteluöljyä eri prosessin osaan. Voitelujärjestelmän toiminta perustuu voiteluöljyn kierrättämisestä voitelukierron kautta laakereille ja siitä paluulinjan kautta säiliön likaiselle puolelle. Ensimmäisenä voitelukierto pumpataan puhtaasta säiliöstä voiteluöljyä. Voitelukierto haaroittuu kahdelle eri laakerille, joihin se jakaa voiteluöljyn. Tämän jälkeen voitelu- ja nostokierron kiertänyt voiteluöljy laskee likaiseen säiliöön. Sivukierto pumpkaa öljyn likaisesta säiliöstä suodattimen ja jäähdyttimen kautta takaisin puhtaaseen säiliöön. Nostokierto paineistaa voiteluöljyn laakerin ja akselin välille. (Antila, Kajander, Malinen & Virtanen 2006, 235.)

Instrumentoinnin osalta järjestelmään kuuluu pinnan-, virtaus-, paine- ja lämpötilamittauksia sekä raja-antureita että paine-eroindikaattoreita. Näiden instrumenttien avulla automaatiojärjestelmä saa tietoon oloarvot, jonka jälkeen automaatiojärjestelmän säätimillä mahdollistetaan ohjausarvo sekä voitelujärjestelmän prosessikohtaiset hälytys-, ylä- ja alarajat. Säiliöiden voiteluöljyn pintaa ja lämpötilaa valvotaan antureilla. Voitelujärjestelmässä mitataan eri suureilla voiteluöljynkiertoa, kuten paine- ja virtausmittauksilla, joiden avulla valvotaan laakereiden voitelua. Molemmilla puolilla säiliötä ovat omat lämmittimet eli sähkövastukset, joiden tehtävänä on lämmittää voiteluöljy sopivan lämpöiseksi, sen viskositeetin parantamiseksi. Näin ollen öljyn suodattavuus, pumpattavuus sekä ilman ja veden erottuminen kohentuu. Voiteluöljyn jäähdytykseen käytetään jäähdytintä ts. lämmönvaihdinta jäähdyttämään sivukierrosta tulevaa öljyä. Voiteluöljyn laadun lisäämiseksi säiliön kannessa on ilmansuodatin, joka suodattaa epäpuhtaudet säiliön öljypinnan korkeuden vaihdella, minkä vaikutuksesta paine säiliössä kasvaa

tai pienenee. Ilmansuodatin poistaa paineistetusta tilasta ilmaa paineen ollessa korkea ja paineen ollessa matala se päästää ilmaa säiliöön. (Antila, Kajander, Malinen & Virtanen 2006, 235–236, 238.)

4.1 Laakereiden voitelu

Laakereiden voitelu on yksi yleisimmistä voideltavista kohteista teollisuudessa. Niiden säännöllisen ja teknisesti oikean voitelun avulla säästetään laitteiden tuotanto- ja kunnossapidon kustannuksissa sekä vältetään laitteiden käytön ongelmatilanteilta. (Strengell & Vihersalo 2006, 210.)

Tankomylly 2200 akselin laakerityyppinä käytetään liukulaakereita. Liukulaakeri on lieriön muotoinen komponentti, josta kansi ja pohja ovat avonaisia (Kuva 9). Laakerin sisään asetetaan tankomyllyn akseli, joka pyörii vapaasti laakerin sisässä voiteluöljyllä paineistettuna, akseli ja laakeri öljykalvolla erotettuna. (Strengell & Vihersalo 2006, 210.)



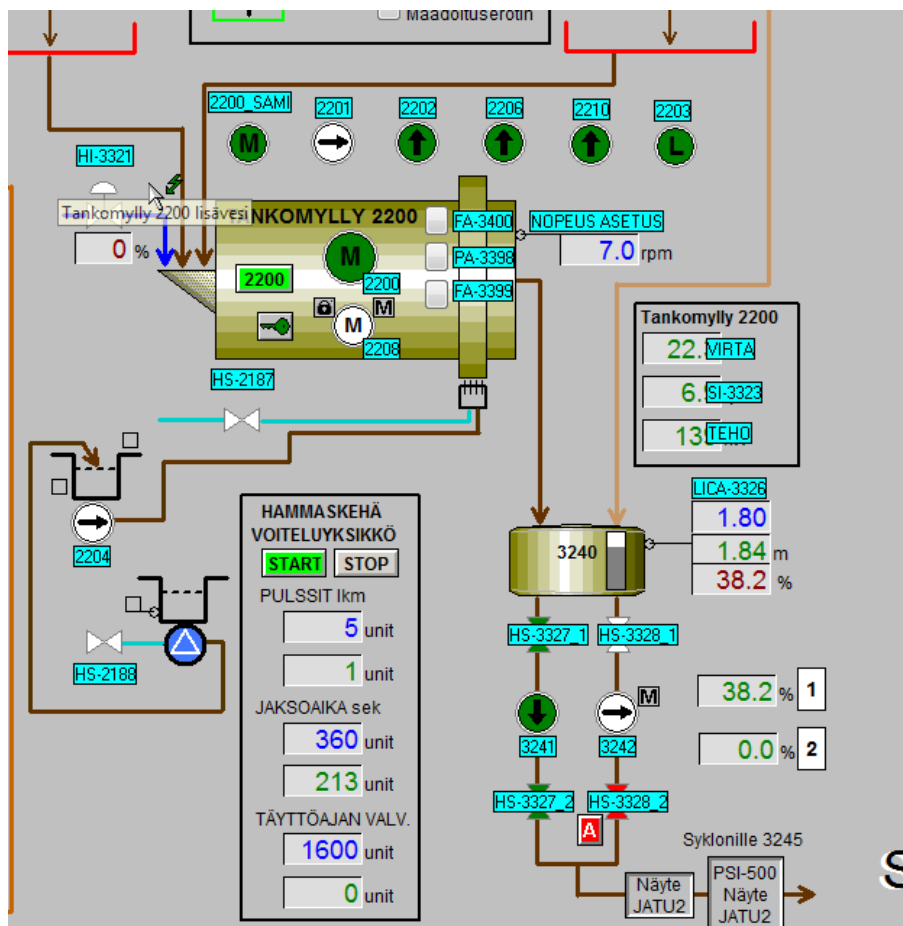
Kuva 9. Liukulaakeri (SKS Group 2014, hakupäivä 27.10.2014.)

Liukulaakeri toimii hydrodynaamisesti mitoitetuna nestevoitelualueella, siten että öljykalvo erottaa akselin ja laakerin. Liukulaakerille on laskentamenetelmä, jonka avulla voidaan mitoittaa liukulaakeri oikean kokoiseksi eri kojeelle, kuten turbiinille ja sähkömoottorille. (Strengell & Vihersalo 2006, 211.)

Voiteluaineen syöttö tapahtuu yleensä kuormattomalta puolelta laakerin sisäosiin voitelu-urien kautta. Voiteluaineelle on erilaisia syöttömahdollisuuksia: kylpyvoitelu akselin, ketjun, laipan tai huovan avulla. Menetelmät eivät kuitenkaan sovi kaikkiin nopeuksiin.

4.2 Taustoja ja syitä voitelujärjestelmän uusimiseksi

Voitelujärjestelmän laitteiston uusimisen tarve juontuu laitteiston vanhuudesta. Tankomylyn laitteisto on pääosin vuodelta 1968 ja kyseisestä syystä siinä alkaa olemaan paljon vikoja ja puutteita. Vikojen määrä kasvaa entisestään ja käytettävyys laskee, mikä vähentää tuotantoa. Laitteiston ikä myös vaikuttaa öljyn säilöntään: öljyä on vaikea pitää lämpimänä. Tästä johtuen öljyn alilämpö kasvattaa sen viskositeettia, jolloin voitelu on puutteellista, ja täten se estää myllyn käyttämisen. Myös järjestelmän iän myötä öljyvuootojen riski kasvaa. (Leppälä 28.10.2014, keskustelu.)



Kuva 10. Tankomylly 2200:n nykyinen voitelujärjestelmä.

Järjestelmän laitteiden ikä tuo ongelmia laitteiston huoltoon ja valvontaan. Vanhan voitelujärjestelmän huoltamisen osalta varaosien saanti on rajallista, sillä monia laitteiston varaosia ei enää valmisteta. Toistuvat viat ja huollot myös leikkaavat tuotantoa, sillä

voitelujärjestelmän huollon aikana koko hienorikastamon tuotanto on useimmiten pysäytettävä. (Leppälä 28.10.2014, keskustelu.)

Voitelujärjestelmän vajavainen diagnostiikka luo ongelmia valvontaan. Nykyisessä järjestelmässä (Kuva 10) mittaukset ovat puutteellisia ja täten vika jää huomioimatta tai sitä ei voida paikallistaa. Järjestelmässä ei myöskään ole minkäänlaisia säätöjä, joiden avulla voitaisiin ohjata järjestelmän toimilaitteita. Järjestelmä sisältää kytkintoimintoja ja muutamia mittauksia. Kytkintoiminnot ja mittaukset sisältävät nykyisessä automaatiojärjestelmässä hälytykset ja lukitukset. Kytkintoimintojen hälytysten ja lukitusten syystä tankomyllässä tapahtuu ennakoimattomia pysäytyksiä. (Leppälä 28.10.2014, keskustelu.)

Nykyiset instrumentointipositiot:

LIA-3392	Pinnanmittaus
LIA-3393	Pinnanmittaus
TSI-3396	Lämpötilakytkin
PS-3398	Painekytkin
FS-3399	Virtauskytkin
FS-3400	Virtauskytkin

Uuden järjestelmän myötä vanhat instrumentointilaitteet korvataan uusilla laitteilla. Uudessa järjestelmässä tulee olemaan enemmän mittauksia kuin vanhassa, eikä vanhoja positioita tulla käyttämään uuden järjestelmän mittauslaitteistossa. Vanhat positiot jäävät tyhjiksi.

Uudessa tankomyllyn voitelujärjestelmässä tavoitteena on saada kestävä ja luotettava laitteisto, joka johtaa suoraan parempaan hienorikastamon tuotantoon. Huollettavuus ja käynninaikainen seurattavuus kehittyy uusien komponenttien ja instrumentointilaitteiden vuoksi. Huollettavuus erityisesti kehittyy uusien komponenttien ja laitteiden myötä, sillä ne ovat saatavilla varaosina. Öljyn suodattavuuden seuraaminen on tehokkaampaa uusien paine-erokytkimien takia. Tästä seuraa laakereiden eliniän pidentyminen. (Leppälä 28.10.2014, keskustelu.)

Järjestelmä sijoitetaan parempaan ja puhtaampaan paikkaan. Näin ollen laitteet pysyvät puhtaampana ja käyttökunnossa. Se pidentää laitteiden elinikää. Öljy vuotoihin varaudutaan keruuastialla. (Leppälä 28.10.2014, keskustelu.)

4.3 Toimintakuvaus ja automaatiojärjestelmäsäädöt

Voitelujärjestelmän tehtävänä on kuljettaa öljyä tankomyllyn liukulaakereille. Öljyn kuljettamiseen tarvitaan putkistoa ja painetta luovan pumpun sekä sähkömoottorin. Öljy kulkeutuu monien eri komponenttien lävitse, kuten pumppujen, mittauksien, suodattimien ja erilaisten venttiilien sekä paineen kasvaessa liiaksi osa voiteluöljystä kulkeutuu painerajoittimien kautta takaisin säiliöön.

Alla olevissa kuvissa on esitetty voitelujärjestelmän osaprosessikaaviot. Osaprosessikaaviot ovat osia voitelujärjestelmän PI-kaaviosta ja niiden tehtävä on tarkentaa järjestelmän osaa, joka on hyvin tärkeää instrumentoinnin osalta. Kaavioissa on myös laitteiden tekniset tiedot, instrumentointi- ja konepositiot, jotka ovat hyvin oleellisia asentajille vianmäärittelyssä ja -haussa. Niiden avulla pystytään paikantamaan vika kentällä.

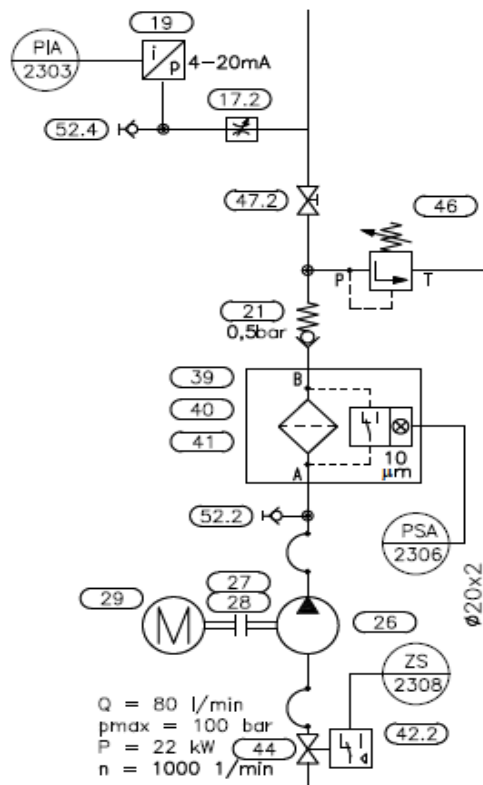
Tulen kertomaan jokaisen instrumentin ja mekaanisen laitteen toiminnan voitelujärjestelmässä, jotta toimintakuvauksesta tulisi kattava. Kyseiset komponentit on merkattu konepositioilla osaprosessikaavioon. Viittaan tulevassa tekstissä konepositioilla kaavioiden eri komponentteihin.

Osaprosessikaaviossa (Kuva 11) on kuvattuna tankomyllyn voitelukierto. Voitelukieron tehtävänä on voidella tankomyllyn laakereita pumppaamalla voiteluöljyä säiliön puhtaalta puolelta. Järjestelmä sisältää virtaus-, paine- ja paine-eromittauksia. Mittauksille asetetaan automaatiojärjestelmään hälytys- ja lukitusrajat mukaan lukematta paine-eromittauksia, jolle asetetaan ainoastaan hälytysraja.

Voitelukierron pumppu pos.22 käynnistyy seuraavilla ehdoilla:
1. sivukiertopumppu pos.30 käy
2. sivukierron paine OK
3. öljyn lämpötila ei hälytys-/lukitusrajalla
4. öljyn pinta OK
5. imuhana pos.43.1:n ollessa auki-asennossa

Taulukko 1. Voitelukierron pumpun käynnistys ehdot.

Nostokierron (Kuva 12) tehtävänä on paineistaa voiteluöljy tankomylllyn laakereiden ja akselin väliin, nostattamalla akseli öljyn varassa keskelle liukulaakeria. Tämän toiminnon nostopumppu saa aloittaa vasta voitelukierron saavuttaessa tilavuusvirtauksen 15 l/min. Nostokierron järjestelmän toiminta on samanlainen kuin voitelukierrossa. Nostokierron öljyn pumppaaminen tapahtuu saman puolen säiliöstä kuin voitelukierrossa.



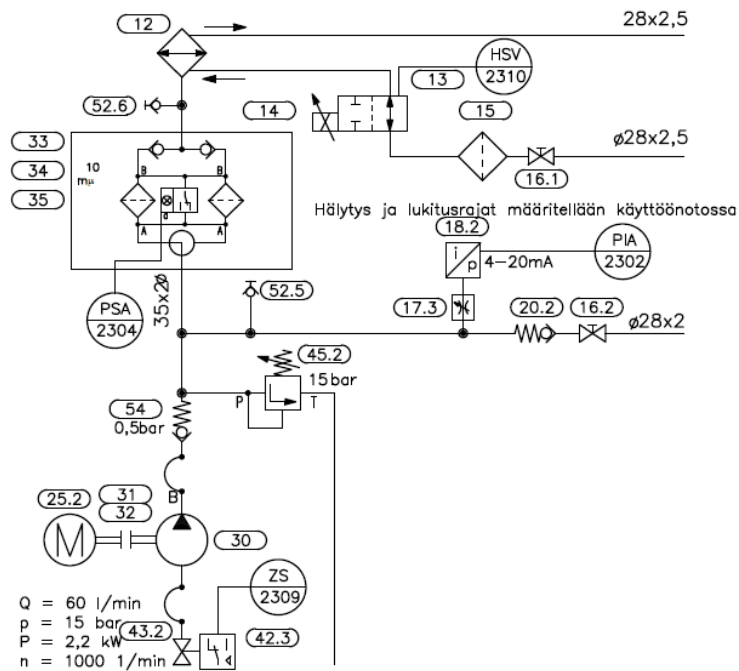
Kuva 12. Nostokierron osaprosessikaavio. Voitelujärjestelmän laitteiden piirrosmerkkejä (Liite 20).

Painelähettimen mittaussuureen ollessa 80 bar:ia, automaatiojärjestelmä antaa luvan käynnistää tankomyllyn. 80 bar:n paineessa tankomyllyn akseli on keskellä liukulaakereita.

Nostokierron pumppu pos.26 käynnistyy seuraavilla ehdoilla:
1. sivukierto pos.30 käy
2. sivukierron paine OK
3. voitelupumppu pos.22 käy
4. voiteluöljyn paine pos.18.1 OK
5. voiteluöljyn virtaukset pos.48.1-2 OK
6. öljyn pinta pos.8.1 OK
7. imuhanan ollessa auki-asennossa

Taulukko 2. Nostokierron pumpun käynnistysehdot.

Sivukierto (Kuva 13) pumppaa säiliön likaiselta puolelta tankomyllyn laakereilta tullutta paluuöljyä säiliön puhtaalle puolelle suodattimen ja jäähdyttimen lävitse. Sivukierron pumppu käy aina.



Kuva 13. Sivukierron osaprosessikaavio. Voitelujärjestelmän laitteiden piirrosmerkkejä (Liite 20).

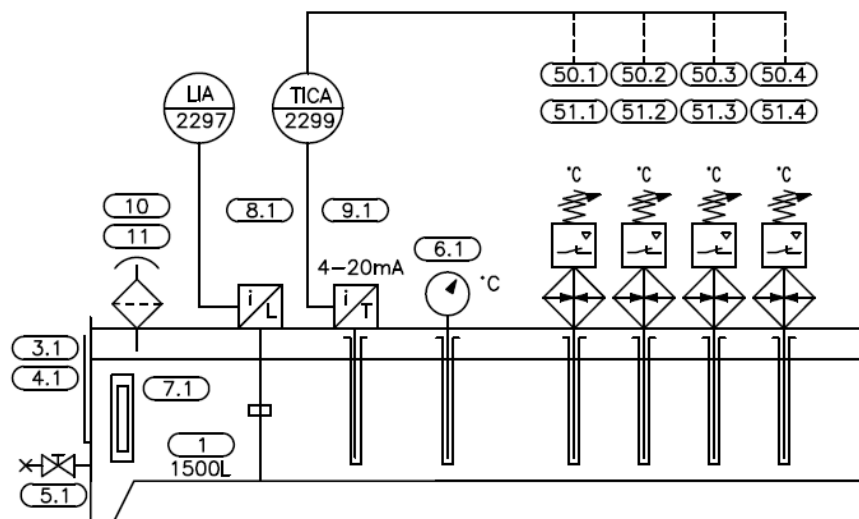
Sivukiertosuodatin pos.33 toimii järjestelmän työsuodattimena. Suodatin on kaksoisuodatin, jossa on valintaventtiili ja paine-erokytkimen elektroninen indikaattori. Indikaattorin hälyttäessä valintaventtiilin avulla käännetään öljynvirtaus likaiselta suodattimelta puhtaalle suodattimelle. Likaantunut suodatin on nyt mahdollista vaihtaa, kun se on käyttämättömänä järjestelmässä. Pumppujen käynnistyksessä automaatiojärjestelmään asetetaan hystereesiaika 30 sekuntia, jolloin paine-erokytkimet eivät aiheuta painepiikkien vuoksi hälytystä tuona aikana.

Vastaventtiili pos.54:n tehtävä on estää öljyn virtaus takaisin pumpulle, kun pumppu pysäytetään. Panielähtimellä pos.18.2 valvotaan sivukierron painetta. Öljyn paineen ala- ja ylärajalla automaatiojärjestelmä pysäyttää sivukierron pumpun.

Sivukierron pumppu pos.30 käynnistyy seuraavilla ehdoilla:
1. imuhanan ollessa auki-asennossa 43.2
2. öljyn pinta pos.8.2 likaisella puolella OK

Taulukko 3. Sivukierron pumpun käynnistysehdot.

Voitelujärjestelmän öljysäiliön puhtaalta puolelta (Kuva 14) pumpataan öljyä tankomyllyn laakereille voitelukierron pumpun avulla. Ennen pumppausta voiteluöljyn tulee olla optimaalisen lämpöistä sen viskositeetin kannalta. Tätä varten säiliössä (puhtaalla ja likaisella puolella) ovat lämmittimet ja lämpötilasäätimet, tässä tapauksessa lämpötilamittaukset, joilla ohjataan lämmittimiä päälle ja kiinni optimaalisen lämpötilan saavuttamiseksi (+45 °C). Lämpötila- ja pintamittaukset valvovat säiliön hälytys- ja lukitusrajoja. Pintamittauksen hälytys- ja lukitusrajat määritellään automaatiojärjestelmään käyttöönotossa koneikon tehdastestien jälkeen.



Kuva 14. Säiliön puhtaan puolen osaprosessikaavio. Voitelujärjestelmän laitteiden piirrosmerkkejä (Liite 20).

Pintalähttimellä pos.8.1 valvotaan säiliön puhtaan puolen pinnan korkeutta (Kuva 14). Öljyn pinnan laskiessa hälytysrajalle, automaatiojärjestelmä antaa hälytyksen valvomoon alhaisesta öljyn pinnasta. Öljyn pinnan laskiessa alarajalle, automaatiojärjestelmä käynnistää nostokierron pumpun sähkömoottorin ja pysäyttää tankomyllyn pyörimisen.

Lämpötilalähttimellä pos.9.1 valvotaan säiliön puhtaan puolen voiteluöljyn lämpötilaa:

Lämpötila alle + 43 °C:
1. voitelukierron pumppu pos.22 ja nostokierron pumppu pos.26 ei käynnisty
2. sivukierron pumppu pos.30 käynnistyy
3. kytketään lämmittimet pos.50 päälle
4. automaatiojärjestelmä antaa hälytyksen valvomoon alhaisesta lämpötilasta

Lämpötila + 45 °C:
1. voitelu- ja nostokierron pumput pos. 22 ja 26 voidaan käynnistää
2. kytketään lämmittimet pos.50 pois
3. ohjataan jäähdyttimen vesiventtiilin toimilaitetta pitämään säiliön voiteluöljyn lämpötilan + 45 °C:ssa

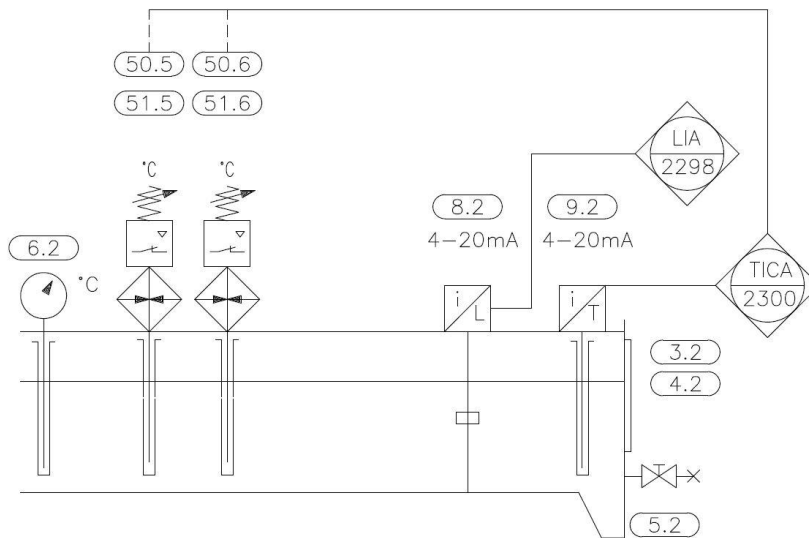
Lämpötila + 50 °C:

1. automaatiojärjestelmä antaa hälytyksen valvomoon korkeasta lämpötilasta

Lämpötila + 55 °C:

1. ohjausjärjestelmä pysäyttää tankomyllyn

Voitelujärjestelmän öljysäiliön likainen puoli (Kuva 15) toimii tankomyllyn laakereiden paluuöljyn säiliönä. Likaiselta puolelta pumpataan paluuöljy takaisin puhtaalle puolelle sivukierron pumpun avulla. Ennen pumppausta öljy lämmitetään optimaalisen lämpöiseksi sen viskositeetin parantamiseksi. Öljyn saavuttaessa oikea lämpötila sivukierron pumppu käynnistyy.



Kuva 15. Säiliön likaisen puolen osaprosessikaavio. Voitelujärjestelmän laitteiden piirrosmerkkejä (Liite 20).

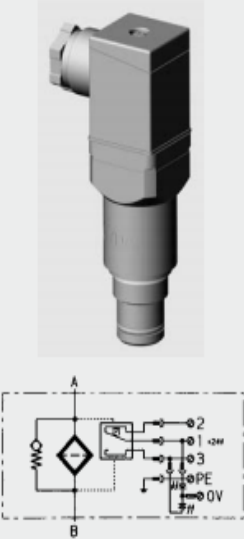
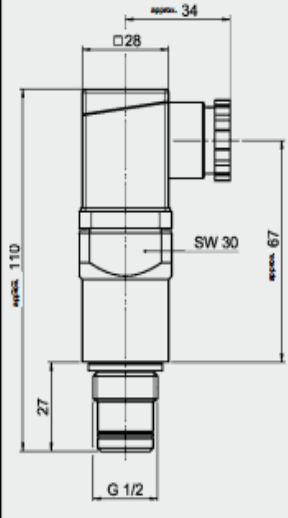
Lämpötilalähettimellä pos.9.2 valvotaan likaisen puolen lämpötilaa. Lämpötilamittauksella näytetään säiliön oloarvo. Automaatiojärjestelmässä ei ole lukitusta lämpötilalähetin pos.9.2:lle.

4.4 Voitelujärjestelmän uudet mittaukset

Prosessisuunnittelija on valinnut järjestelmän instrumentointilaitteet perusteluna kyseiseen kohteeseen parhaiten sopivan laitevaihtoehdon ja tilaajan varaosavaraston optimoinnin kannalta. Instrumentointilaitteet ovat mainittu suunnittelijan laiteluettelossa.

Paine-eroindikaattorilla on kaksi tapaa kytkeä kosketin: visuaalisesti ja elektronisesti. Fyysisesti eli kytkemällä konkreettisesti kosketin 1-asentoon ja elektronisesti silloin, kun tila näkyy järjestelmän ohjelmassa. Paine-eroindikaattori/kytkin kytketään logiikan DI -korttiin, sillä indikaattori toimii kytkimenä (tila on 1 tai 0). Kytkin antaa signaalin järjestelmälle paine-eron noustessa liian korkeaksi, josta seuraa hälytys järjestelmän valvomotietokoneisiin.


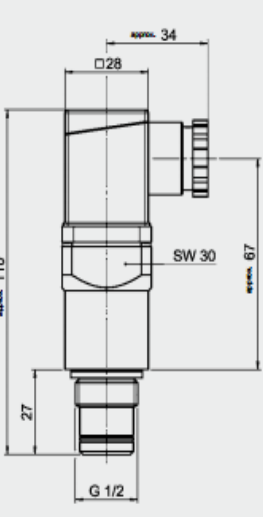
VD x D.x /-L...

	Type of indication	visual and electrical switch	
	Weight	250 g	
	Pressure setting / indication range	5 bar - 10% 8 bar \pm 10%	
	Permiss. operating pressure	420 bar	
	Permiss. temperature range	-30 °C to +100 °C	
	Connection thread	G 1/2	
	Max. torque	100 Nm	
	Switching type	N/C or N/O contacts, (change-over contacts)	
	Max. switching voltage	24, 48, 110, 230 V depending on type of light insert	
	Electrical connection	plug connection PG 11 socket to DIN 43650	
	Max. switching output at resistive load	60 W = 100 VA ~	
	Switching capacity	ohmic 3 A at 24 V = ohmic 0.03 to 5 A at max. 230 V ~	
	Protection class to DIN 40050	IP 65 (only if the plug is wired and fitted correctly)	
	Order example	VD 5 D.0 /-L24	

Kuva 16. Nostokierron Hydac-merkkinen paine-eroindikaattori/kytkin (Hydac, hakupäivä 30.6.2014.)

Tankomyllyn laakereiden voitelun nostokierron suodatinpatruunan indikaattori, mallia VD 8 D 1.X/-L24 (Kuva 16). Kyseinen tyyppi on tarkoitettu toimimaan 8 bar:n paineessa \pm 10 %:n tarkkuudella eli paine-eroindikaattori/kytkin kytkee koskettimensa NO-tilasta (normal open) kiinnitilaan, jolloin indikaattorin lähtösignaali on 1-tilassa. (Hydac, hakupäivä 30.6.2014.)

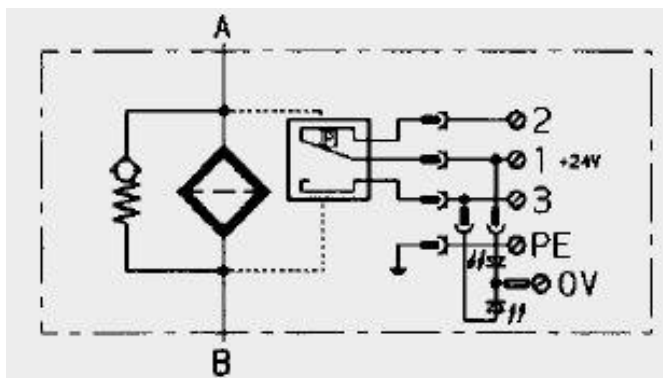
VM x D.x /-L...

	Type of indication	visual and electrical switch	
	Weight	150 g	
	Pressure setting / indication range	2 bar - 10% 5 bar - 10% 8 bar ± 10%	
	Permiss. operating pressure	210 bar	
	Permiss. temperature range	-30 °C to +100 °C	
	Connection thread	G 1/2	
	Max. torque	33 Nm	
	Switching type	N/C or N/O contacts (change-over contact)	
	Max. switching voltage	24, 48, 110, 230 V depending on type of light insert	
	Electrical connection	plug connection PG 11 socket to DIN 43650	
	Max. switching output at resistive load	60 W = 100 VA ~	
	Switching capacity	ohmic 3 A at 24 V = ohmic 0.03 to 5 A to max. 230 V ~	
	Protection class to DIN 40050	IP 65 (only if the plug is wired and fitted correctly)	
	Order example	VM 5 D.0 /-L24	

Kuva 17. Voitelu- ja sivukierron Hydac-merkkinen paine-eroindikaattori/kytkin (Hydac, hakupäivä 30.6.2014.)

Tankomyllyn laakereiden voitelujärjestelmän sivukierron ja voitelukierron suodatinpatruunoiden indikaattori, mallia VM 8 D.X/-L24 ja VM 5 D.X/-L24 (Kuva 17).

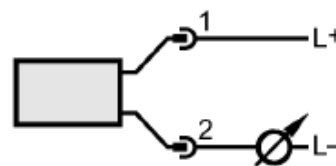
VM 8 D.X/-L24 on tarkoitettu toimimaan 8 bar:n paineessa ±10 %:n tarkkuudella. VM 5 D.X/-L24 on tarkoitettu toimimaan 5 bar:n paineessa -10 %:n tarkkuudella. (Hydac, hakupäivä 30.6.2014.)



Kuva 18. Paineindikaattorin/kytkimen kytkentäkuva. Logiikkakorttiin kytketään 1- ja 3-napa. (Hydac, hakupäivä 30.6.2014.)

Tankomyllyn laakereiden voitelujärjestelmän säiliön lämpötilaindikaattori/lähetin (Kuva 19), joka mittaa kyseisen säiliön öljyn lämpötilaa ja samalla mittauksen avulla

automaatiojärjestelmä säätää lämpövastuksien tilaa. Puhtaalla- ja likaisellapuolella on oma anturi.



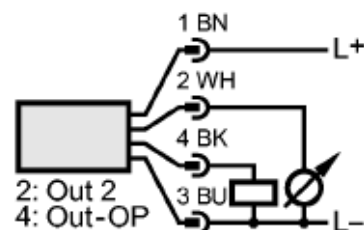
Kuva 19. IFM TA3437 Lämpötila-anturi. KytKentäkuva vieressä. (IFM Electronics, hakupäivä 30.6.2014.)

Lämpötilalähettimen lähtöviesti on analoginen 4-20 mA, ja mittausalue lämpöasteina on 0-100 °C, jonka tarkkuus vaihtelee $\pm 0,1$ ja $\pm 0,3$ välillä. Aineeseen koskeva osa on haponkestävää terästä, ja sen maksimilämpötila on 150 °C -astetta. Lämpötila-anturi mittaustuloksen avulla ohjauskeskus (logiikka) säätää säiliön lämpövastusten toimintaa. (IFM Electronics, hakupäivä 30.6.2014.)

Mitattava maks. lämpötila	150 °C (maks. 40 min)
Analoginen lähtösignaali	4-20 mA Rmax: 500 Ω
Mittausalue	0...100 °C
Sovellutus	Neste ja kaasut
Analogialähdön tarkkuus (vahvistuspoikkeama)	$\pm 0,1$ (60 °C) ja $\pm 0,3$ (0-100 °C)

Taulukko 4. Lämpötila-anturin mittaustiedot. (IFM Electronics, hakupäivä 30.6.2014.)

Tankomylyn laakereiden voitelujärjestelmän säiliön pintalähetin/pinnanmittausanturi (Kuva 20), joka mittaa kyseisen säiliön öljyn pinnan korkeutta. Puhtaalla ja likaisella puolella on oma anturi.



Kuva 20. IFM LK3124 Pinnanmittausanturi. KytKentäkuva vieressä. (IFM Electronics, hakupäivä 30.6.2014.)

Analoginen signaali on valittavissa anturin digitaalinäytöltä: virtaviesti 4-20 mA tai jänniteviesti 0-10 V, mittausalueella 40-585 mm. Pintamittari soveltuu veden ja öljyn mittauksiin. Pintamittarin mittaustarkeyttä on ± 2 %. Integroidulta digitaalinäytöltä voidaan ohjelmoida mittarin kytkinkäyttö, joka voi olla avautuva tai sulkeutuva kytkin. Pinnanmittausanturi on aktiivinen instrumentointilaite, joten se tarvitsee L+ ja L- napoihin erillisen jännitelähteen. (IFM Electronics, hakupäivä 30.6.2014.)

Analoginen lähtösignaali	4-20 mA / 0-10 V
*Mittauslämpötila (öljy)	0...70 °C
Sovellutus	Vesipohjaiset jäähdytysnesteet, öljyt, vesi, vedentapaiset aineet
Toistotarkkuus (%)	± 2
Lineaarisuuspoikkeama (%)	± 2
Mittausherkeyttä	$\pm 0,03$ mA / mm

Taulukko 5. Pinnanmittaus-anturin mittaustiedot. (IFM Electronics, hakupäivä 30.6.2014.)

Tankomylyn laakereiden voitelujärjestelmän voitelukierron hammaspyörävirtausmittari (Kuva 21). Mittarin käyttökohteena on voitelukierron haaroittuva voiteluputkiston virtausmittaus: voitelu syöttö- ja poistopuolen laakereille.

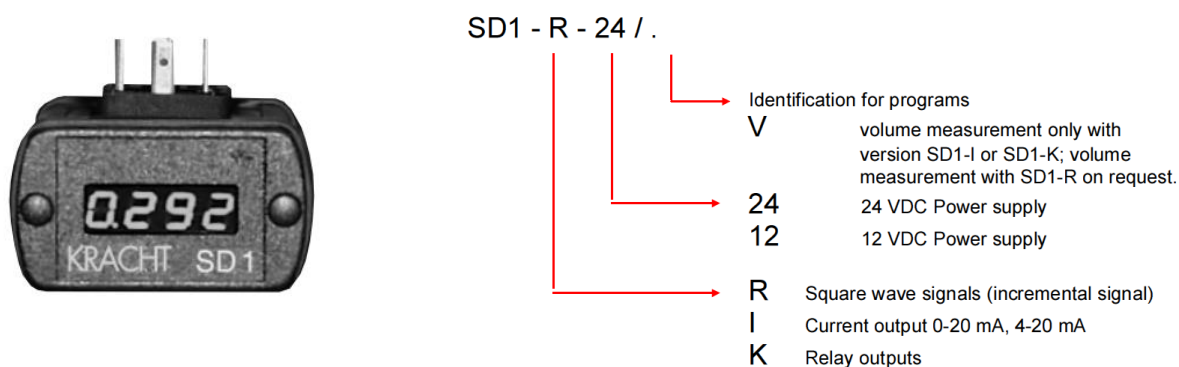


Kuva 21. Kracht VCA 2 FC R1 virtausmittari (Kracht 2006, hakupäivä 30.6.2014.)

Kuvan 22 lähettimen analoginen lähtöviesti on 4-20 mA ja mittausalue on 1-65 l/min. Automaatiojärjestelmässä virtausmittauksen tilavuusvirran yläraja on 18,5 l/min ja alaraja on 5 l/min. (Kracht, hakupäivä 30.6.2014.)

Käyttöjännite	12–30 VDC
Mittausalue	1-65 l / min
Mittariin vaikuttava maks. paine	160 bar
Hetkellinen maks. paine	200 bar
Suosittelunesteen lämpötila	– 10...+80 °C

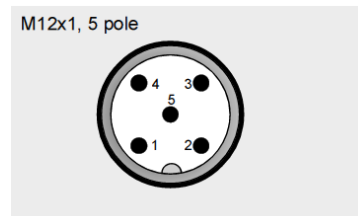
Taulukko 6. Virtausmittarin mittaustiedot. (Kracht, hakupäivä 30.6.2014.)



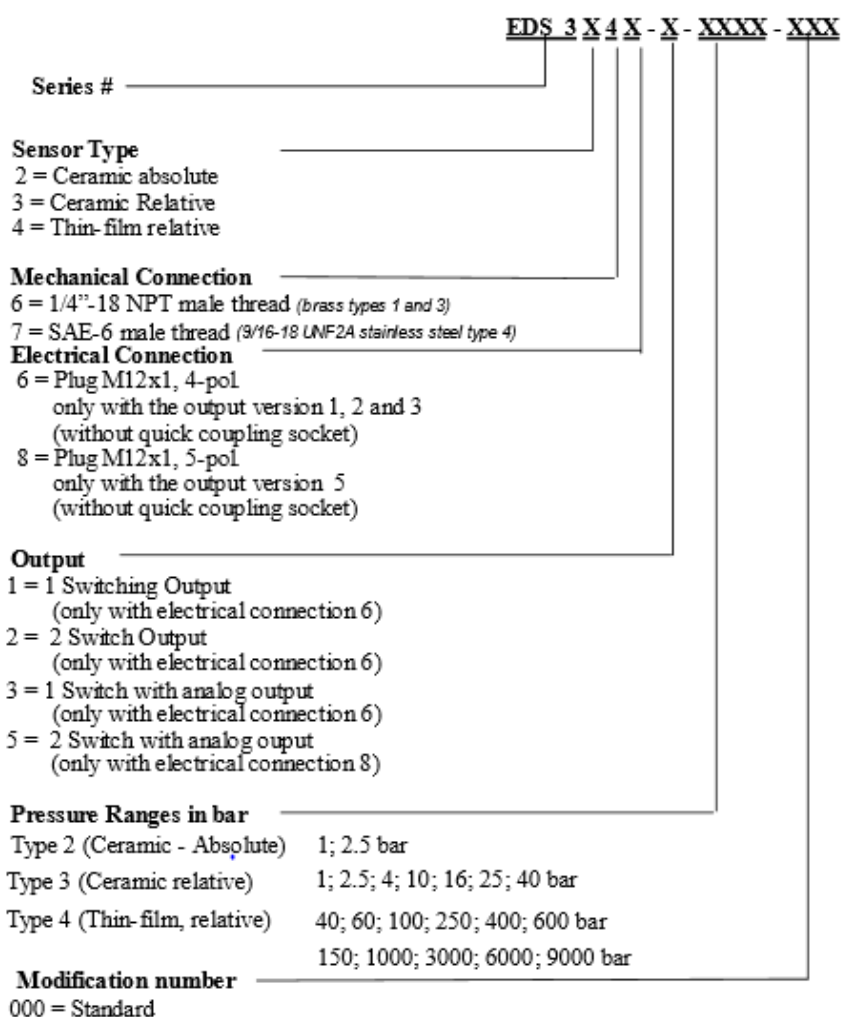
Kuva 22. Kracht SD1-I-24 virtausmittarin digitaalinäyttö ja lähetin. Kuvan vieressä tyyppikooditaulukko. (Kracht, hakupäivä 30.6.2014.)

Virtausmittarin digitaalinäyttö neljällä numerolla 0.000-9999 vaihteluvälillä. Lähtevä analoginen virtaviesti 0-20 mA/4-20 mA. Toimii virtausmittauksen lähettimenä ja paikallisena näyttönä 24 V tasajännitteellä (Kuva 22). (Kracht, hakupäivä 30.6.2014.)

Tankomylyn laakereiden voitelujärjestelmän paineanturi on integroitu lähettimellä, 4-numeroisella näytöllä ja ohjelmointi painikkeilla (Kuva 23). Paineanturin tehtävänä on vahtia voitelujärjestelmän putkiston painetta. Jokaisella kierrolla on oma paineanturi.



Pin	EDS
	33X8-5
1	+U _B
2	Analogue
3	0 V
4	SP 1
5	SP 2



Kuva 23. Paineanturi, tyypikooditaulukko ja kytkentänavat. (Hydac International, hakupäivä 30.6.2014; Hydac electronics, hakupäivä 4.12.2014.)

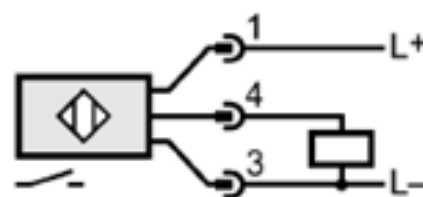
Voitelu- ja sivukierron paineanturi on Hydac-merkkinen, tyypiltänsä EDS 3348-5-0025-000 ja nostokierron paineanturi on Hydac-merkkinen, tyypiltänsä EDS 3348-5-0160-000. Paineanturi toimii ± 1 % tarkkuudella 1- bar:n mittausalueella. Analogia lähtösig-

naali on valittavissa: 4-20 mA tai 0-10 V. Voitelu- ja sivukierrossa käytetään paineanturi tyyppiä 3 ja nostokierrossa käytetään tyyppiä 4. Tyypit voidaan lukea yllä olevan tyyppikooditaulukon avulla. Paineanturi on aktiivinen instrumentointilaite, joten se tarvitsee oman virtalähteen. (Hydac International, hakupäivä 30.6.2014.)

Tarkkuus (ulostulo)	$\leq \pm 0,5 \%$
Toistotarkkuus	$\leq \pm 0,025 \%$
Lämpötilasta riippuva tarkkuus	$\leq \pm 0,017 \%$ / °F
Analoginen lähtösignaali	4-20 mA / 0-10 V
Suosittelun käyttölämpötila	-25 .. +80 °C
Käyttöjännite	18 .. 35 V DC

Taulukko 7. Paineanturin mittaustiedot. (Hydac electronics, hakupäivä 4.12.2014.)

Tankomylyn laakereiden voitelujärjestelmän induktiivinen anturi toimii rajakytkimenä (Kuva 24). Sen tehtävä on vahtia voitelujärjestelmän pumpun venttiilin asentoa (digitaalinen signaali 1=auki tai 0=kiinni) ja ilmoittaa siitä automaatiojärjestelmälle sulkeutuvalla kosketinlähdöllä. Jokaisella kierrolla on oma induktiivinen anturi.



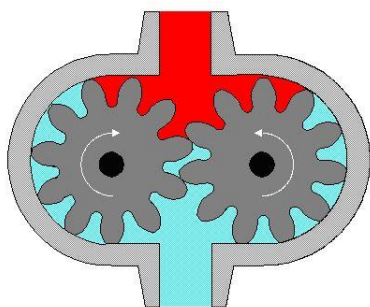
Kuva 24. IFM IGS204 Induktiivinen anturi. Kytkentäkuva vieressä. (IFM Electronics, hakupäivä 30.6.2014.)

Anturin toimintaetäisyys on 0-6,5 mm. Anturin M12 pistokeliitännät ovat kullatut ja sen IP-luokka on 67, joka täyttää suojausluokkavaatimukset myös uppoasennukseen. (IFM Electronics, hakupäivä 30.6.2014.)

4.5 Voitelujärjestelmän uudet hammaspyöräpumput ja sähkömoottorit

Rikastamon tankomylly 2200 voitelujärjestelmässä käytetään kahdenlaisia pumppuja; vinohammaspyöräpumppuja (Kuva 26) ja sisähammaspyöräpumppua (Kuva 28). Voitelu- ja sivukierrossa käytetään vinohammaspyöräpumppuja. Nostokierrossa käytetään sisähammaspyöräpumppua öljyn pumppaamiseen.

Vinohammaspyöräpumput ovat vakioilavuuspumppuja, jossa on kaksi tiiviisti kiinni olevaa ulkoisesti hammastettua vinohammaspyörää (Kuva 25). Molemmat hammaspyörät ovat sijoitettu rungon sisään. Vinohammaspyöräpumppussa on kaksi vastakkaista kanavaa; imu- ja painepuolen kanava. Pumppua käyttävä pyörimismomentti, tässä tapauksessa sähkömoottori, siirretään joustavan kytkimen avulla hammaspyörään. Öljy siirtyy hammasrattaan hampaiden lovista imupuolelta painepuolelle. Tiivis hammaspyörien välinen voima estää öljyn pääsyn takaisin imupuolelle. Pumppu ei heti synnytä painetta. Paine syntyy pumpun ja putken väliin putkistohäviöiden ja toimilaitteiden aiheuttamista kuormista. (Milocraft, 4, hakupäivä 12.10.2014.)

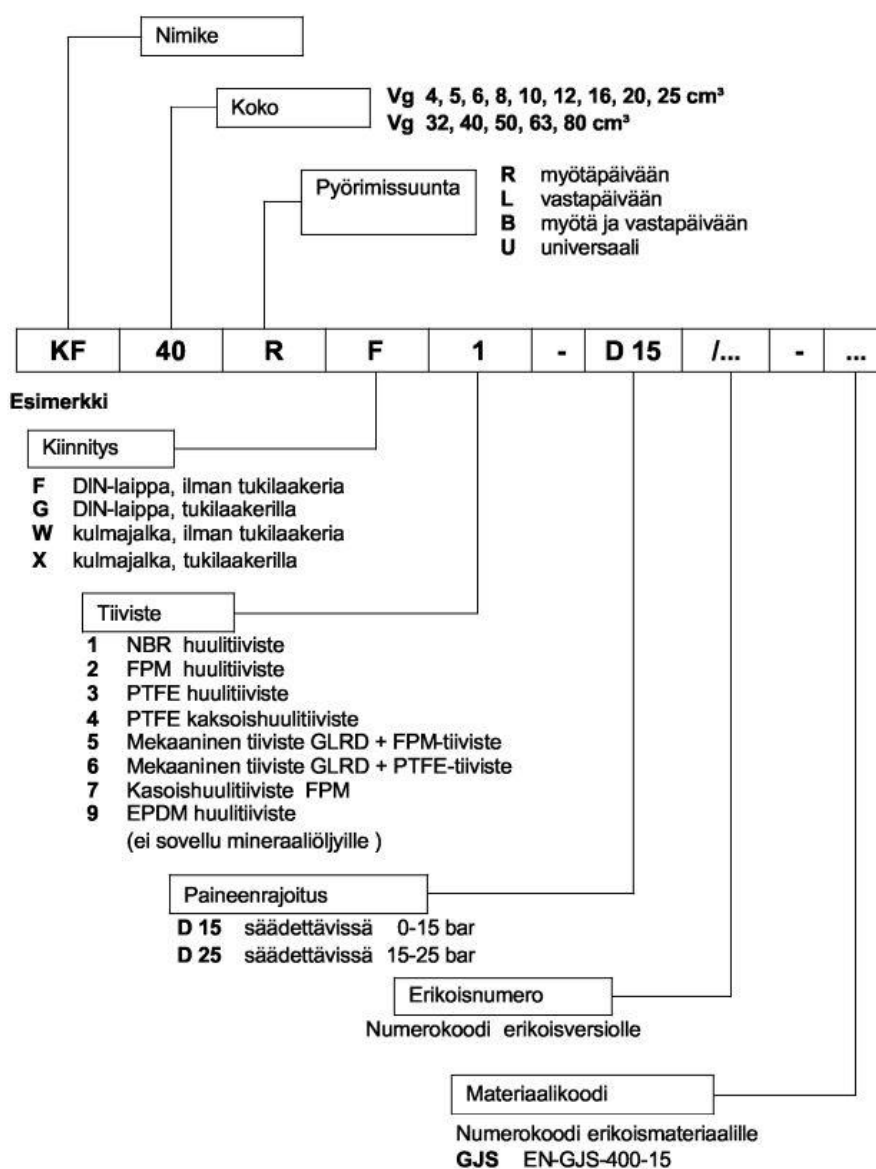


Kuva 25. Vinohammaspyöräpumpun toiminta. (Atlassian Confluence, 15, hakupäivä 12.10.2014.)

Rikastamon tankomylly 2200 voitelujärjestelmän voitelu- ja sivukierrossa käytetään Kracht-merkkistä vinohammaspyöräpumppua. Voitelukierron pumpputyypinä käytetään KF 40 RF1, jonka tilavuusvirta on 37 l/min. Sivukierron pumpputyypinä käytetään KF 63 RF1, jonka tilavuusvirta on 60 l/min. Tyyppikooditaulukosta (Kuva 27) nähdään kyseisen pumpputyypin tekniset tiedot.



Kuva 26. Kracht KF 40/63 RF1. (Milocraft, 1, hakupäivä 12.10.2014.)



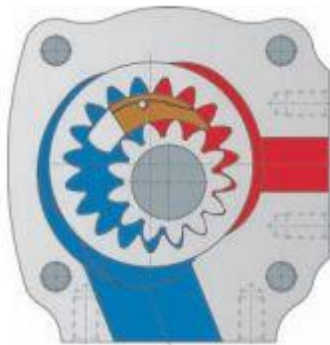
Kuva 27. Vinohammaspyöräpumpun tyyppikooditaulukko. (Milocraft, 6, hakupäivä 12.10.2014.)

Rikastamon tankomylly 2200 voitelujärjestelmän nostokierrossa käytetään Eckerle-merkkistä sisähammaspyöräpumpua. Pumpun tuotto on 80 l/min.



Kuva 28. Eckerle EIPC5-080RK23-1X. (Eckerle Industrie-Elektronik, 1, hakupäivä 15.10.2014.)

Kuvan sisähammaspyöräpumpu on gerator-tyyppinen pumpu (Kuva 29). Sen toiminta perustuu molempien hammaspyörien pyörimisliikkeeseen; sisempi hammaspyörä on pumpun voimallinen ja toiminnallinen osa, jonka mukana ulompi hammaspyörä liikkuu. Gerator-tyyppisessä pumpussa tapahtuu liukumista hammaspyörien välillä, sillä sisempi pyörä pyörii nopeampaa kuin ulompi. Tästä syystä ilmenee osittaista pyörien väljyyttä toisistaan. (Atlassian Confluence, hakupäivä 15.10.2014.)



Kuva 29. Sisähammaspyöräpumpun toiminta. (Eckerle Industrie-Elektronik, 2, hakupäivä 15.10.2014.)

Pumpun hammaspyörät kuljettavat pyörimisliikkeellä paineistetun öljyn sisemmän hammaspyörän siiven ja ulomman hammaspyörän hammaslovien väliseen tilaan. Hammaspyörän pyöriessä sisäkehän hampaiden päät työntyvät ulkokehän hampaiden loveen ja näin syrjäyttävät paineistetun öljyn. (Masino-Hydrokey Oy, 1, hakupäivä 15.10.2014.)

Sisähammaspyörät soveltuvat järjestelmille, joissa on pienet tilavuusvirrat ja suuremmat paineet. Niiden yksinkertainen rakenne mahdollistaa yli 300 bar:n paineenkeston hyvällä hyötysuhteella. Ainoita haittapuolia sisähammaspyöräpumpuissa on vakiokierrostilavuus (ei säädettävä), toiseksi ne vaativat aksiaali-kuormissa tukilaakerin.

(Atlassian Confluence 2009)

Järjestelmän uudet sähkömoottorit:



Kuva 30. 2,2 kW 1000 rpm 380-480v/660-690v, 3ph, 50hz, IP55. Valmistaja ABB. (Beta Power Engineering Ltd, hakupäivä 12.10.2014.)



Kuva 31. 22 kW 1000 rpm 380-480v/660-690v, 3ph, 50hz, IP55. Valmistaja ABB. (Beta Power Engineering Ltd 2011, hakupäivä 12.10.2014.)

5 INSTRUMENTOINTISUUNNITTELUN RAKENTUMINEN

Tässä osiossa käsitellään instrumentoinnin rakentumista. Instrumentointi sisältää tietoa mittauslaitteiden sijainnista, mittauslaitteiden teknisistä tiedoista, käytöstä automaatiojärjestelmässä (säätö, lukitus, hälytys), johdinten kytkennöistä, kommunikoivasta logiikkakortista sekä positioista. Edellä mainittuja instrumentoinnin osia käytetään kaavioiden ja luetteloiden instrumentointisuunnittelussa sekä niiden tulkinnaissa.

Instrumentointisuunnitteluun liittyy automaatiotekniikkaa, hydraulikkaa ja mekaniikkaa, joiden avulla järjestelmä pääsääntöisesti pyörii. Instrumentointisuunnittelijalla täytyy olla tietämystä kaikkien näiden yhteistoiminnasta ja käyttäytymisestä ennen suunnittelua. Tätä varten prosessi- ja instrumentointikaavio sekä toimintaselostus tehdään ennen instrumentointisuunnittelua alan ammattilaisen toimesta.

5.1 Prosessi- ja instrumentointipiirikaavio (PI-kaavio)

PI-kaavio (Liite 3) esittää prosessin teknisen toteutuksen, joka auttaa ymmärtämään prosessin toiminnan ja tarkoituksen. Tekninen toteutus pohjautuu yksityiskohtaiseen putkistojen ja toimilaitteiden kulkuun ja sijoitukseen. PI-kaaviossa on kuvattu kaikki prosessiin kuuluvat laitteet, kuten instrumentointilaitteet ja mekaaniset laitteet. Kaaviossa prosessin laitteet ovat havainnollistettu omin piirrosmerkein, tunnuksineen ja teknisine tietoineen (esim. lähettimen lähtösignaali), jotka antavat instrumentointisuunnittelijalle ja asentajalle perustiedot työn aloittamiseksi. Instrumentointisuunnittelija laatii PI-kaavioon mittaus- ja ohjausfunktiot. PI-kaavion avulla myös saadaan perustiedot yksityiskohtaisiin materiaaliluetteloiden laadintoihin sekä kustannusarvion tarkkaan laadintaan. (Jumpponen 2002, 205, 277.)

PI-kaavio suunnitellaan riittävän tilavaksi kokonaisuudeksi instrumentointia sekä muita tunnuksia ja tietoja varten. PI-kaavion piirrokset toisin sanoen symbolit piirretään mahdollisuuksien mukaan kooltaan ja sijainniltaan vertailukelpoisiksi keskenään. Tunnuksot ja merkintätiedot muodostetaan standardien mukaisesti sekä kirjoitetaan standardien mukaisella tekstikoolla. Käytettävät positiotunnuksot ja merkinnät muodostetaan yleisen standardin tai tehtaan yleisen käytännön mukaisesti. (Jumpponen 2002, 205–206.)

PI-kaaviota käytetään yleensä pohjana instrumentointilaitteiden johdotuspiirustuksia eli instrumentointipiirikaavioita laadittaessa. Instrumentointisuunnittelua tukee myös PI-kaavion suunnittelijan laatima toimintaselostus. Se sisältää yksityiskohtaisen kuvauksen prosessin toiminnasta ja kuinka toimittajan järjestelmä täyttää teknisen toimintaselosteen erittelyosan vaatimukset. Erittelyosaan kuuluu mm. yleiskatsaus, järjestelmän tehtävä, yleisrakenne ja toiminnot (prosessin lukitukset, hälytysrajat, säädöt) sekä mittauslaitteiden signaalityypit (analoginen tai digitaalinen). Alaotsikko ”3.3 Toimintakuvaus ja automaatiojärjestelmä” toimii voitelujärjestelmän toimintaselostuksena. (Jumpponen 2002, 205–206.)

5.2 Instrumentoinnin piiriluettelo

Instrumentoinnin piiriluetteloon kootaan kaikki instrumentointilaitteet, jotka sijaitsevat prosessissa (Liite 5). Prosessin instrumentoinnin piiriluetteloon kuuluvat mittaus-, säätö- ja kytkinlaitteet. Instrumentoinnin piiriluetteloon listatut laitteet ovat yksityiskohtaisesti instrumentointipiirikaavioissa. Instrumentoinnin piiriluettelo laaditaan PI-kaavion valmistumisen jälkeen.

Luettelossa olevat instrumentointilaitteet nimetään positio- sekä laitetunnuksella, jotka tulevat näkyviin instrumentointipiirikaavioon kyseisen mittauslaitteen kohdalle. Positio- sekä laitetunnusten kirjainmerkit valitaan instrumenttilaitteen toiminnan ja tyyppin perusteella. Positiotunnuksessa tulee myös ilmi mittauslaitteen hälytystoiminto automaatiojärjestelmässä, jos kirjainyhdistelmien perässä on A-kirjain (eng. alarm). Yleensä A-kirjain ilmaisee myös lukitusta.

Piiriluettelossa on kahden nimisiä positioita: laite- ja piiripositio. Molemmilla on laitekohtaisesti sama positiotunnusnumero, mutta eri kirjaintunnus. Instrumentointikaavion prosessipiirissä käytetään piiripositiota ja instrumentointipiirissä käytetään laitepositiota. Prosessipiirissä visualisoidaan mittauslaitteen indikaattorina ja mahdollisena hälytyksenä (A-loppuinen tunnus). Mittaus visualisoidaan instrumentointipiirikaaviossa pelkkänä lähettimenä. Säätö- ja kytkinpiireissä molemmissa käytetään samaa nimitystä.

Mittauslaitteiden avulla saadaan mittauskohteiden, kuten säiliöiden ja putkistojen suureelliset tilatiedot. Tilatietoja tarvitaan toimilaitteiden säädöissä sekä hälytys- ja ala/ylärajoilla. Toimilaitteiden ohjaus tapahtuu säätimellä joka on säädetty sovellusohjelmaan toimimaan mittauksen ja ohjattavan laitteen välille. Hälytysrajalla, esimerkiksi säiliön nesteen pinnan mittaukselle on säädetty hälytysraja, jolla se antaa hälytyksen valvomon näyttöpäätteelle. Ala/ylärajan tehtävä on lukita, sille osoitettu prosessisekvenssi. Alarajalla tarkoitetaan mitattavan suureen alhaisinta säädettyä rajaa. Sama logiikka pätee myös ylärajalla, mutta säädetty raja on mitattavan suureen korkeimman arvon kohdalla ja yläpuolella.

Positioiden merkitys näkyy myös vianhaussa. Positiotunnusten avulla paikannetaan kohde oikeasta piiriluettelosta. Vianhakuprosessissa ensimmäisenä etsitään oikean sarjan piiriluettelo, toisena etsitään instrumenttilaitteen positio piiriluettelosta ja sen jälkeen etsitään oikea piirustus piirustusluettelosta positiotunnuksella tai piirustusnumerolla. Instrumentointiluettelosta näkee laite- ja piiriposition lisäksi nimitarkenteen, laitteen nimen, laitteen tekniset- ja mittaussuureelliset tiedot sekä signaalityypin (analoginen/digitaalinen).

5.3 Instrumentointipiirikaavion rakenne

Instrumentointipiirikaavio sisältää kaksi vierekkäistä osaa: prosessi- ja instrumentointiosan (Liite 4). Instrumentointipiirikaavion tehtävänä on antaa prosessin yksityiskohtaisista teknisistä ratkaisuista tietoa. Liite 4:n osiossa 2(2) on luetteloitu instrumentointipiirikaavion eri osat.

Instrumentointipiirikaavion prosessiosio on PI-kaaviosta leikattu prosessin pala havainnollistamisen vuoksi. Instrumentointisuunnittelija laatii prosessiosion pohjalta tarvittavat mittaukset ja säädöt. Kyseiset instrumentit merkataan prosessiosioon omalla piiripositioilla eli kirjaintunnuksella ja numerosarjalla instrumenttia kuvaavan piirrosmerkin läheisyyteen. Tässä työssä piiripositiot ovat kehystetty ”ohjelmoitava logiikka”-piirrosmerkillä, joka ilmaisee instrumenttilaitteen liityntää automaatiojärjestelmään. Piiripositio yhdistetään sitä kuvaavan instrumentin piirrosmerkkiin yhdisteviivalla. Jos piirissä instrumenttilaitteella on mittaus automaatiojärjestelmän toimilaitteen säätöä

varten, instrumentti ja toimilaite yhdistetään katkoviivalla. Instrumentointipiirikaavion instrumentointiosiossa kuvataan prosessiosion instrumenttilaitetta laitepositiolla. Molemmat ovat samassa dokumentissa näkyvillä. (Jumpponen 2002, 374.)

Instrumentointipiirikaavio koostuu kolmesta eri osasta: keskus-, jakokaappi- ja kenttäosasta (Liite 4). Keskusosassa on kuvattu logiikka-aseman kortti. Kortissa on kerrottu kommunikoitavan instrumenttilaitteen laitepositio, aseman nimi, logiikkakorttitunnus, logiikkasovelluksen kanava (digitaalinen tai analoginen signaali) ja kortin liitinnumero (digitaalisella signaalilla yksi liitinpaikka, analogisella signaalilla kaksi liitinpaikkaa), jossa instrumenttilaite on kiinni. Logiikkakortin jälkeen tulee Phoenix-rima, joka on kytköksissä riviliitinrimaan ristikytkennällä. Keskukselta tuleva runkokaapeli kytkeytyy jakokaapin riviliitinrimaan, josta se jatkaa kentälle instrumenttilaitteen liittimiin. (Jumpponen 2002, 279.)

Instrumentointikaavion kaapeleille ja johtimille on esitetty omat tunnuksot, joiden avulla tunnistetaan runkokaapeli ja sen johtimet. Johtimien liitinpaikat tunnistetaan kaaviossa liitintunnuksilla, joihin johtimet ovat kytketty. (Jumpponen 2002, 279.)

5.4 Tunnuskirjaimet instrumentointipiirikaaviossa

Instrumentointilaitteiden piirrosmerkkejä täydennetään kirjaintunnuksilla. Kyseisissä kirjaintunnuksissa voi olla kaksi tai useampi kirjainta. Ensimmäinen kirjainta kuvaa instrumentointilaitteen esim. anturin mittaussuuretta (paine, lämpötila jne.). Muut kirjainta koodin kirjaimet ovat ns. lisämerkintöjä, joilla kuvataan instrumentointilaitteen erilaisia toimintoja (Taulukko 8, Taulukko 9). (Jumpponen 2002, 187.)

Instrumentointilaitteen kirjaintunnuksen sijoitetaan sitä esittävän kuvaan kohdistetun ympyrän sisään. Yleisesti instrumentointilaitteen ympyrän keskellä kulkee vaakasuorasti viiva, jonka päälle kirjaintunnuksen sijoitetaan. Ympyrän keskiviivan alle sijoitetaan instrumentointilaitteen tunnusnumero (SFS 4103/5.3). Kirjainta- ja numerotunnuksen muodostavat yhdessä laiteposition. (Jumpponen 2002, 187.)

Kirjain	Merkitys
D	tiheys
E	kaikki sähkösuureet, jolloin ympyrän ulkopuolella ilmaistaan sähkösuureen tunnuksilla I = virta, U = jännite jne.
F	Virtaus
G	pituus tai asento
H	käsiohjaus
K	aika tai aikaohjelma
L	pinnan korkeus
M	kosteus
P	paine
Q	laatu, esim. analyysi, johtavuus, sakeus, ympyrän ulkopuolelle merkitään analysoitava aine
R	ydinsäteily
S	nopeus tai taajuus
T	lämpötila
U	useita mittasuureita
V	viskositeetti
W	paino, voima
X	määrittelemättömät suureet
N, O ja Y	suunnittelijan valittavissa käytettäessä sellaisia suureita, joita ei ole kirjattu tunnuskirjain luetteloon. Suunnitteluvaiheessa niiden merkitys selitetään instrumentointikaavioon

Taulukko 8. Mittasuure, 1. kirjain. (Jumpponen 2002, 187–188.)

Kirjain	Merkitys
D	ero
F	suhde
H	käsikäyttö, korkea, ylä –lisäliite
I	indikaattori, mittaus
J	jaksottainen toiminta
L	matala, ala-
Q	integraiva tai summaava laskenta
T	lähetintöiminta
U	monitoiminta
V	venttiili, toimiyksikkö
X	määrittelemättömät toiminnot

Y	laskentatoiminta
Z	häätä- tai turvatoiminta, lukitus/suojaus, kyseiset toiminnot ovat nykyisin ohjelmoitu järjestelmän sovellukseen

Taulukko 9. Lisämääritelmämerkitys, 2. < x – kirjain. (Jumpponen 2002, 188.)

5.5 Instrumentointipiirikaavion otsikkotaulun nimiöt

Instrumentointipiirikaavion nimiökenttä sisältää tekijän, omistajan ja piirustuksen tietoa (Liite 4). Nimiökenttä sijaitsee instrumentointipiirikaavion alareunassa. Tekijät ja tehdastiedot sekä päivämäärä sijaitsevat kaavion vasemmassa alareunassa. Piirustuksen tunnistamiseen tarkoitetut tiedot, kuten tunniste- tai rekisteröintinumero eli piirustusnumero, piirustuksen nimi ja instrumentointilaitteen positio ovat sijoitettu kaavion oikeaan alakulmaan standardin SFS-ISO 7200 mukaisesti. Instrumentointipiirikaavion omistajan tai suunnittelijan/tekijän nimi voi olla normaalilla fontilla kirjoitettu nimi tai firman logo. (Jumpponen 2002, 84.)

Nimiökenttä koostuu myös lisätieto-osioista (Liite 4). Lisätieto-osiot sisältävät tulkintatietoja, teknisiä ja hallinnollisia tietoja. Tulkintatiedoissa voidaan havainnollistaa piirustuksen mittakaavaa todelliseen järjestelmään, mutta yleisesti instrumentointisuunnittelussa ne eivät ole olennaisia piirustuksen ymmärtämisessä ja siksi osiot on jätetty tyhjiksi. Tekniset tiedot sijaitsevat instrumentointipiirikaavion vasemmassa yläkulmassa. Kyseisessä osiossa ilmoitetaan instrumentointilaitteen nimike, tyyppi ja toimittaja sekä toiminta-alue. Hallinnollisissa tiedoissa ilmoitetaan instrumentointipiirikaavion valmistuspäivämäärä, muutostiedot, lehtien lukumäärätiedot, laatijan, tarkastajan ja hyväksyjän tunnustiedot. (Jumpponen 2002, 84.)

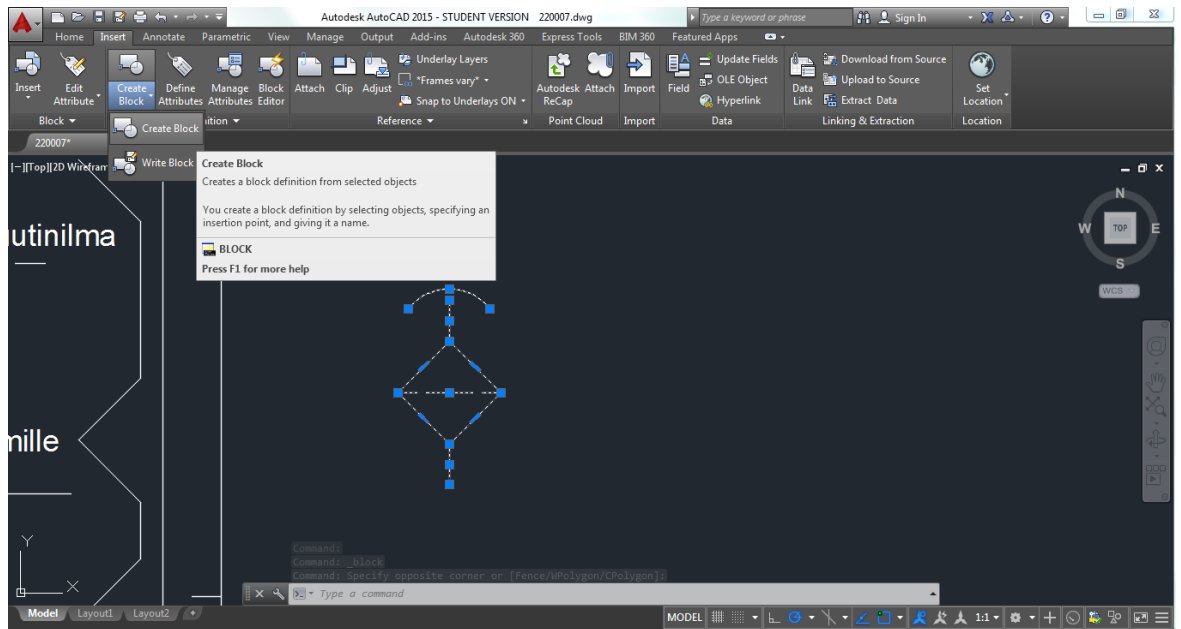
Instrumentointipiirikaavion piirustuksen nimiöissä olevia tietoja käytetään yleisimmin vianhaun ja huollon yhteydessä. Piirustuksen nimiöiden tiedot on luetteloitu instrumentointiluetteloon, jonka kautta löytyy oikea piirros.

6 AUTOCAD PIIRUSTUS INSTRUMENTOINTISUUNNITTELUKALUNA

AutoCAD on tietokonepohjainen tekninen suunnitteluohjelma. Suunnitteluohjelmana AutoCAD on hyvin tarkka kaksi- ja kolmiulotteiseen piirtämiseen, ja siten käsinpiirtäminen on loppunut lähes kokonaan teknisissä suunnittelutöissä. Suunnitteluohjelman työpöydälle piirrettävä geometria mitoitetaan ja mallinetaan tarpeen tullen täysin symmetriseksi sekä kooltaan tarkaksi, jopa 16 desimaalin tarkkuudella. AutoCAD:n lohkotyökalun tehtävänä on helpottaa suunnittelua ja piirtämistä. Lohko tallennetaan kerran symbolina lohkotietokantaan, josta symbolia voidaan käyttää piirtämättä sitä joka kerta uudestaan. (Joki-Korpela 2001, hakupäivä 26.10.2014.)

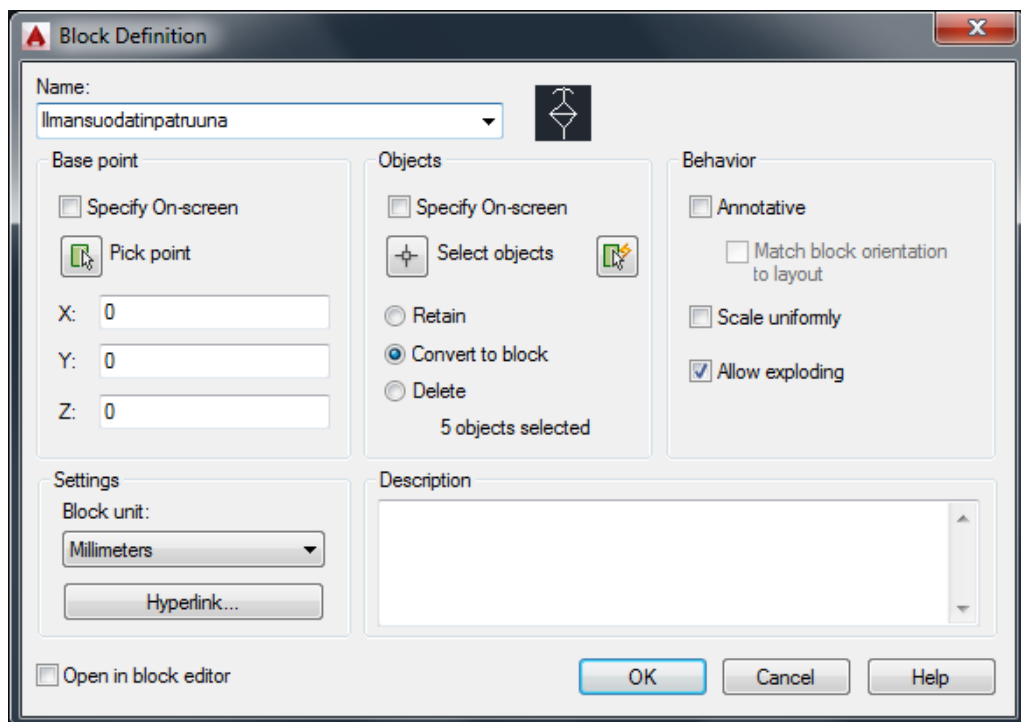
Seuraavassa kuvasarjassa käydään lävitse AutoCAD-suunnitteluohjelman lohkojen luontia. Kuvilla havainnollistetaan piirustuksen valintaa ns. maalaamista, piirustuksen lisäämistä lohkotietokantaan, lohkon tuontia tietokannasta suunnittelupöydälle ja lohkon muokkaamista. Kuvasarjojen ohjeet on selostettu vaiheittain.

Lohkon luomista varten täytyy olla valmis piirustus, josta luodaan symboli. Ensimmäisenä piirustus maalataan. Piirustus tallennetaan tietokantaan lohkona. Tämä tarkoittaa, että lohkon ääriviivat ovat yhtenäisiä ja kuva on yksittäinen symboli. Tallennuksen yhteydessä ohjelma pyytää lohkon tunnistetietoja, kuten nimeä ja kiinnityspistettä. Hyväksymällä tunnistetiedot, symboli siirtyy lohko-tietokantaan, josta se on nyt valittavissa. Lohkon valmistumisen jälkeistä muokkaamista voidaan toteuttaa ”Block Editor”-työkalun avulla. Työkalun avulla voidaan kääntää tai muuttaa lohkon ääriviivoja, lisätä tai poistaa niitä. Työkalulla voidaan myös valita uusi kiinnikepiste lohkolle.



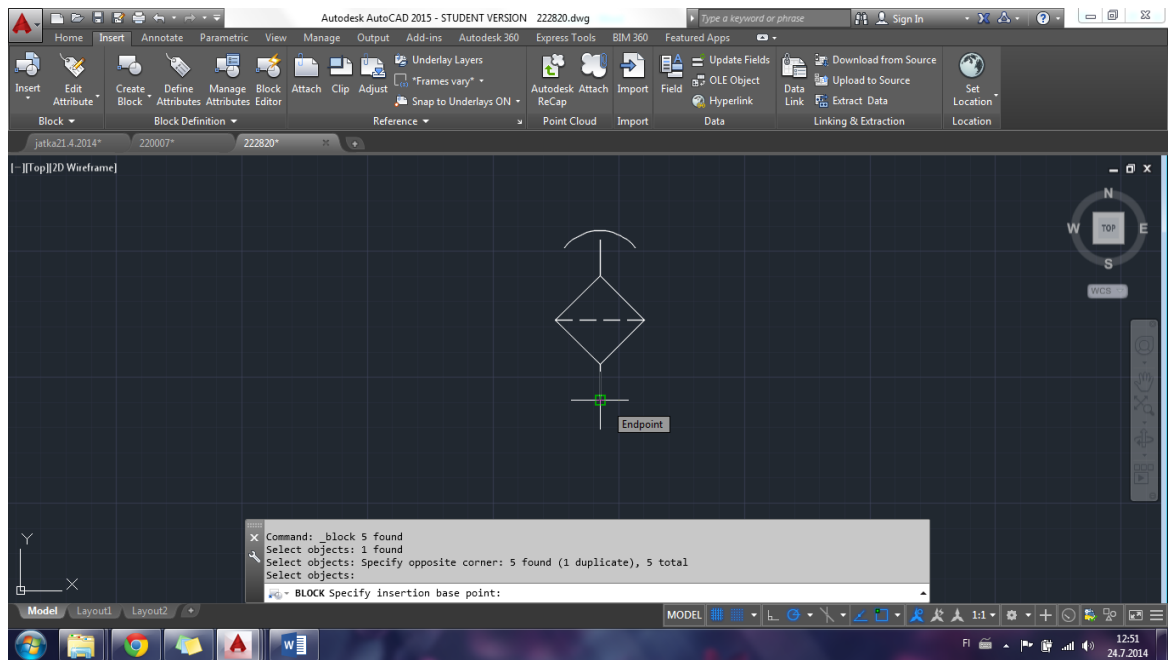
Kuva 32. Piirustuksesta luodaan lohko tietokantaan, ”Create Block”.

Yllä olevassa kuvassa (Kuva 32) malliksi on valittu säiliön ilmansuodatin, josta tehdään lohko. Piirustus maalataan kokonaan ja sen jälkeen valitaan lisäys lohkotietokantaan.



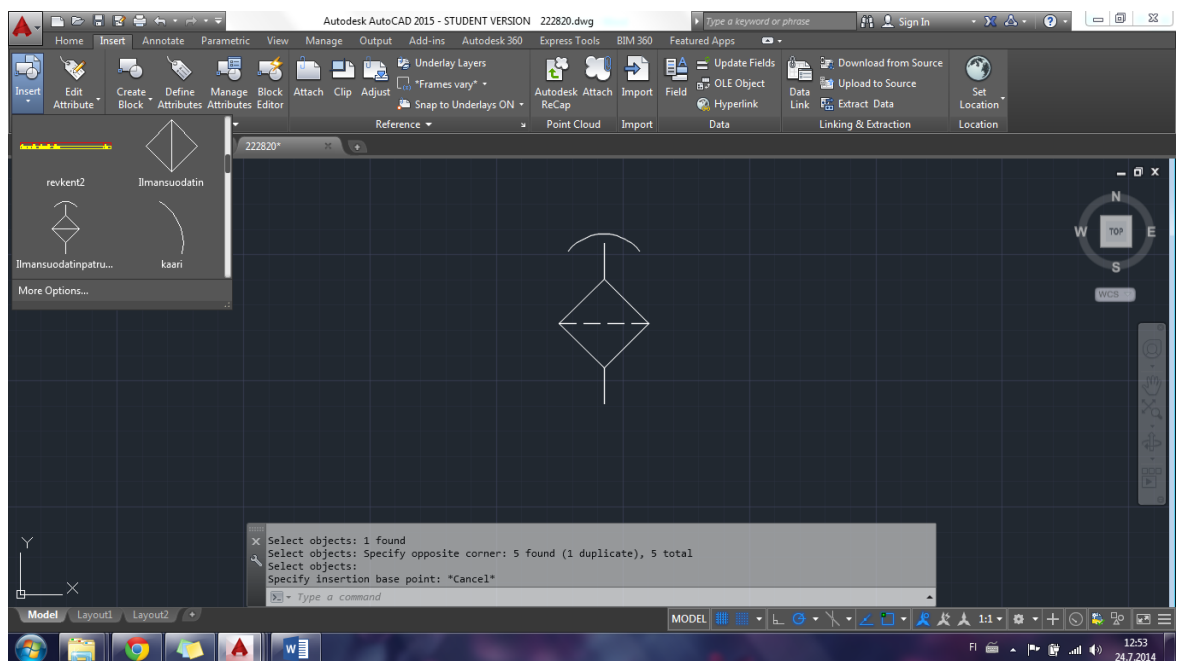
Kuva 33. Piirustuksen tunnistekaavio tallennusta varten. Valitaan lohkon kiinnityspisteen määrittäminen ”Pick point”-toiminnalla.

Kuvassa (Kuva 33) käsitellään lohkon tietojen täyttöä. Lohkon tiedot tallentuvat tunnistekaavion avulla lohkon tunnistamiseksi. Tässä vaiheessa voidaan vielä valita uudestaan piirustus ennen sen luontia kokonaiseksi symboliksi valitsemalla ”Select objects”.

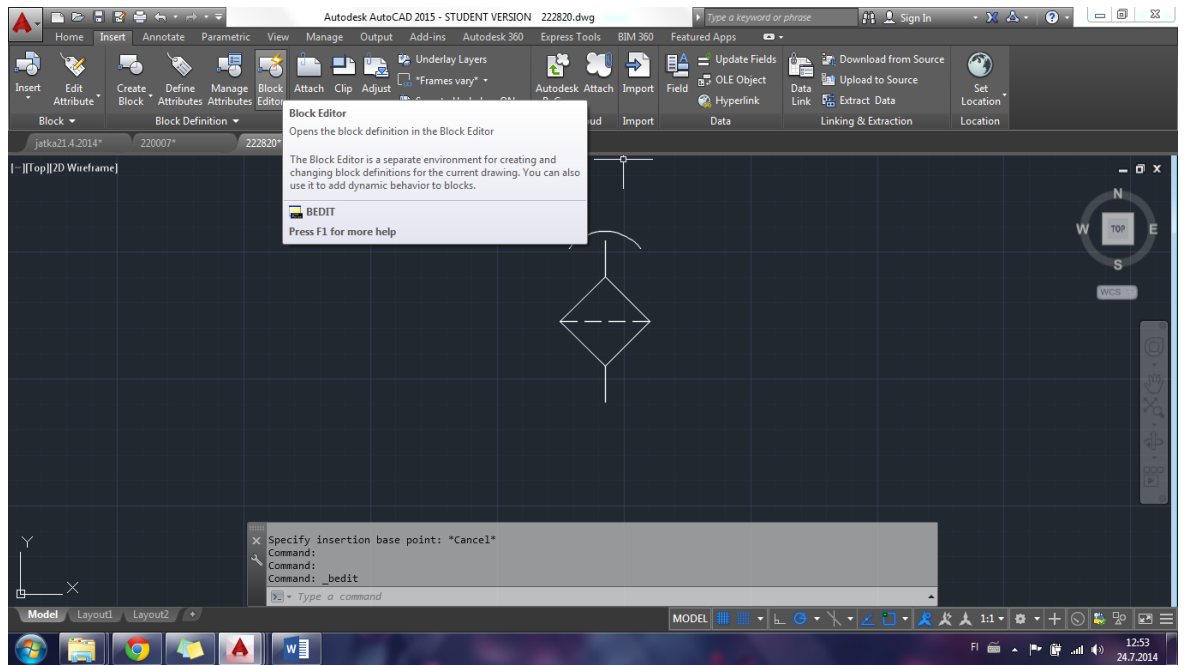


Kuva 34. Lohkon kiinnityspisteen valinta hiiren vasenta nappia painamalla.

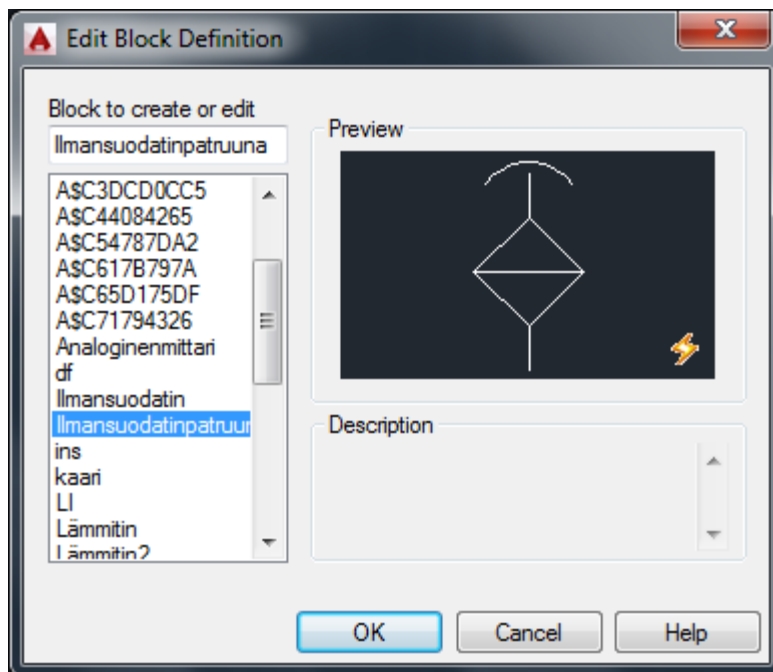
Kiinnityspisteen valinta (Kuva 34) on hyvin oleellinen osa lohkon luomista. Sen tarkoitus on asettaa symbolille kiinnityspiste eli kohta, josta se asetetaan työpöydälle.



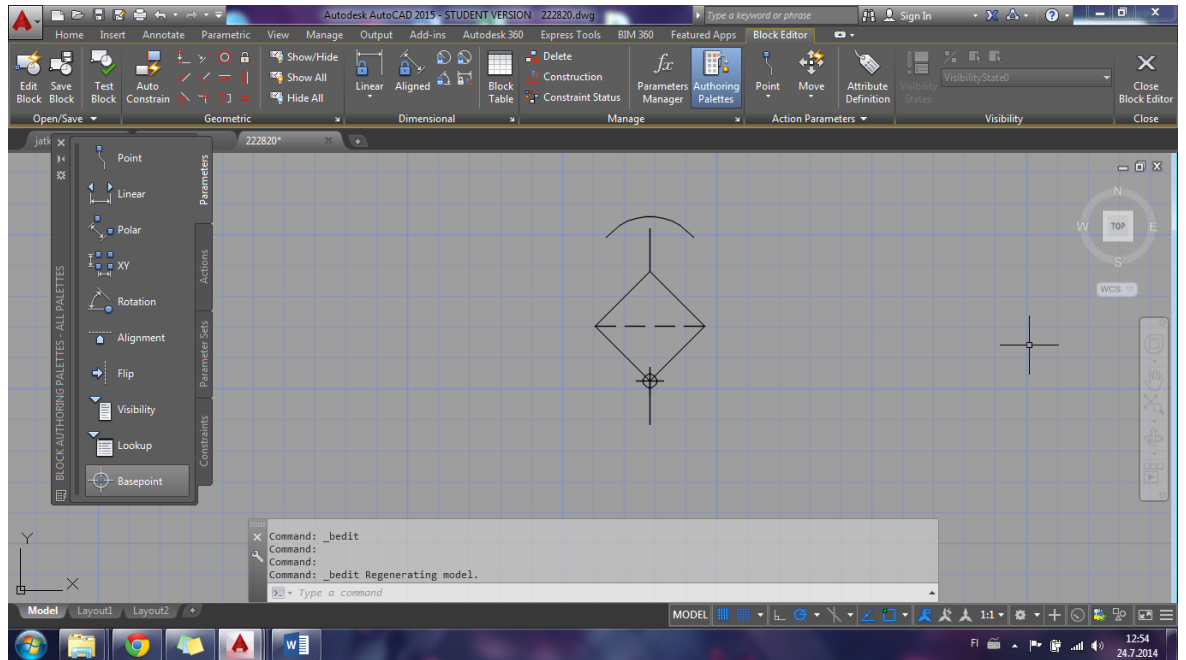
Kuva 35. Vasemmassa yläkulmassa on avattu lohkotietokanta, ”Insert”. Lohko voidaan nyt lisätä lohkokannasta piirustuspöydälle valitsemalla hiiren vasemmalla napilla.



Kuva 36. Lohkon muokkaamista varten valitaan "Block Editor".



Kuva 37. Lohkoluettelosta valitaan muokattava lohko.



Kuva 38. Tässä tapauksessa muutetaan lohkon kiinnityspistettä valitsemalla pikatyöpaletilta ”Basepoint”-toiminta, jonka jälkeen voidaan määrittää uusi kiinnityspiste.

Edellä olevilla AutoCad-suunnitteluvaiheilla työhön tehtiin instrumentointipiiri- ja osaprosessikaavioihin valmiit lohkot. Tämä toimenpide helpotti suunnitteluprosessia, sillä piirrosmerkkien liittäminen piirustuspöydälle lohkokannasta korvasi piirrosmerkkien uudelleen piirtämisen.

7 KENTTÄSUUNNITTELU

Tässä luvussa esitetään, kuinka tankomyllyn automaatio rakentuu. Automaatiota käsitellään mittaus- ja automaatiojärjestelmien pohjalta. Näiden asioiden avulla saadaan lukijalle käsitys instrumentoinnin hyödyistä tehtaan prosessin näkökulmasta sekä automaation kenttäsuunnittelun rakenteesta.

Toisessa kappaleessa käsitellään voitelujärjestelmän uusien kaavioiden ja luetteloiden suunnitteluprosessia ja toteutusta. Kappaleessa käydään järjestyksessä vaiheet työn etenemisestä ja valmistumisesta. Lopuksi esitellään valmistuneet instrumentointipiirikaaviot sekä layout-kuvat.

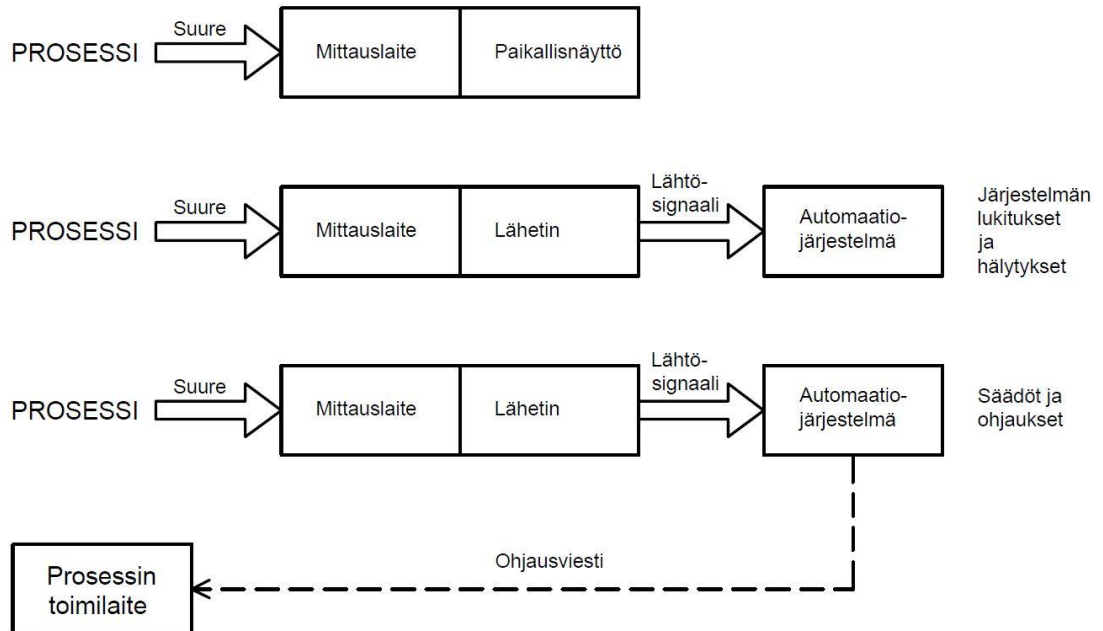
Mittausjärjestelmien ja automaatiojärjestelmän lohkokaaviot sekä instrumentointipiirikaaviot ja layout-kuvat ovat piirretty AutoCad-suunnitteluohjelmalla. Instrumentointipiirikaavioissa esitetään logiikkakortin tiedot, johdinparien numerot, runkokaapelin koko, riviliitinrimojen ja riviliittimien numerot sekä keskuksien, kaappien ja instrumentointilaitteiden nimet.

Tankomyllyn voitelujärjestelmän keskuksena toimii rikastamon ryhmäkeskus RK 4.2 ja automaatiojärjestelmänä keskuksen sisäinen logiikka-asema AS 5.6. Keskuksen sisässä olevia riviliitinrimoja ja liitäntäyksiköitä käytetään instrumentointilaitteiden johdinten ristikytkennöissä. Asema AS 5.6:n uusi riviliitinrima tulee olemaan X25, johon tulee kytkettyä kaikki tankomyllyn voitelujärjestelmän kentän instrumentointilaitteet. (Liite 8)

7.1 Mittaus- ja automaatiojärjestelmä

Rikastamon tankomyllly 2200 mittausjärjestelmässä on kahdenlaisia mittaustapoja. Ensimmäisessä mittaustavassa mittauslaite mittaa prosessista tulevan suureen ja näyttää sen paikallisessa analogisessa näytössä. Toisessa mittaustavassa mittauslaiteessa on integroitu lähetin, joka lähettää mitattavan tiedon automaatiojärjestelmälle. Viesti on sähköinen ja tyypiltään analoginen. Viestin suuruus vaihtelee 4-20 mA välillä. Viesti voi olla myös 0-10 V, joka on harvemmin käytössä. Analogisen lähtöviestin avulla au-

tomaatiojärjestelmä saa tietoonsa prosessin mittausuureen, joka muunnetaan säätimessä oloarvoksi.

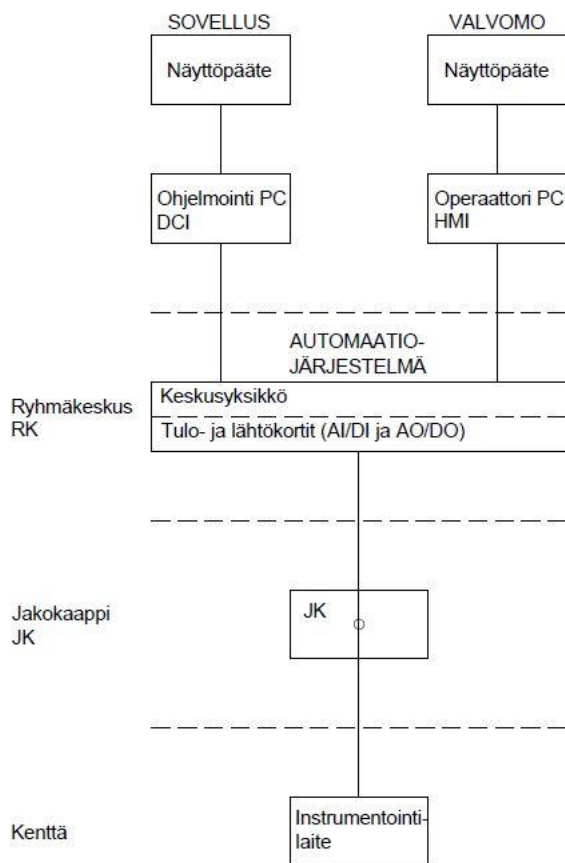


Kuva 39. Erilaisia mittausjärjestelmiä.

Keskimmäisessä mittaustavassa automaatiojärjestelmän ohjelmaan asetetaan prosessin lukitus ja hälytysarvot. Jotkin järjestelmän mittauslaitteiden lukitus ja hälytysarvot tehdään prosessin aikana testeinä, joten ne määritellään vasta järjestelmän ollessa valmiina ja käyttökunnossa. Alimmassa mittaustavassa prosessin mittauksista saadaan automaatiojärjestelmälle mittausuureellista tietoa prosessialueen oloarvoista. Tätä tietoa käytetään säädössä. Erotus säädetään säätimessä, jonka avulla ohjataan toimilaitetta. (Kuva 39)

Automaatiojärjestelmä (Kuva 40) koostuu keskusyksiköstä tulo- ja lähtökortteineen, järjestelmäosien välisistä väylistä, operaattori PC:stä ja ohjelmointi PC:stä. Kenttälaite-liittymät johdotetaan ryhmäkeskuksen logiikkakorteilta jakokaapin kautta instrumentointilaitteelle.

Kemin kaivoksen automaatiojärjestelmä on Siemens Simatic PCS7, joka koostuu loogiikkaosasta S7-400 ja operointijärjestelmästä WinCC. Järjestelmässä on kahdeksan prosessiasemaa (AS), joiden tehtävä on valvoa ja ohjata kaivoksen prosessialueita. (Leppälä 28.10.2014, keskustelu.)



Kuva 40. Automaatiojärjestelmän rakenne.

Tankomylyn voitelujärjestelmä toimii prosessiasemassa AS 5. Voitelujärjestelmän prosessoinnissa käytetään hajautettuja analogia- ja digitaalitulo- ja lähtökortteja, joiden tyyppi on ET-200, jotka ovat yhteydessä jakokaapille runkokaapelilla. Prosessiväylänä käytetään Ethernet- ja Profibus DP-väyliä. (Leppälä 28.10.2014, keskustelu.)

Ohjelmointi PC:n tarkoitus on tehdä ja viedä ohjelmointi logiikan keskusyksikölle, joka kommunikoi kentän mittauslaitteen kanssa ja prosessoi mittauslaitteen viestin. Ohjelmointi PC:llä tehdään sovellussuunnittelu. Sovellussuunnittelun osia ovat mittaukset,

säädöt ja ohjaukset ja lisäksi operointinäytöt WinCC:lle, jonka avulla operaattori pystyy lukemaan mittaustuloksia, saamaan hälytystietoja ja ohjaamaan toimilaitteita. Ohjelmointikielenä käytetään Simatic:n omaa ohjelmointikieltä Step 7:ää. (Leppälä 28.10.2014, keskustelu.)

7.2 Voitelujärjestelmän uudet kaaviot ja luettelot

Outokumpu Chrome Oy:n ulkoinen suunnittelufirma laati tankomylllyn voitelujärjestelmän PI-kaavion, joka sisälsi prosessi- ja instrumentointilaitteet, putkistolinjat sekä laiteluettelon ja toimintakuvauksen. Voitelujärjestelmän suunnittelussa työnäni oli merkitä positiot PI-kaavion instrumentointilaitteille, suunnitella ja piirtää instrumentointipiiri-kaaviot, luoda järjestelmän instrumentoinnin piiri- ja piirustusluettelo. Työtoimenkuvaani myös kuuluivat keskuksen, jakokaapin, automaatiojärjestelmän ja jännitejaon layout-kuvat.

Työjärjestys:

1. PI-kaavion tutkiminen
2. Instrumentoinnin piiriluettelon laatiminen
3. Piirustusluettelon laatiminen
4. Oman suunnitteluluettelon laatiminen
5. Instrumentointipiirikaavioiden suunnittelu ja piirtäminen
6. Keskus layout
7. Jakokaappi layout
8. Automaatiojärjestelmän layout
9. Jännitejako layout

PI-kaavion (Liite 3) tutkiminen alkoi uuden voitelujärjestelmän toimintakuvauksen lukemisella ja prosessiin tutustumisella. Toimintakuvauksen avulla sain tietooni voitelujärjestelmän ja prosessilaitteiden toimintaperiaatteet järjestelmässä. Voitelujärjestelmän mekaanisen toiminnan tutustumisen jälkeen aloin tutkimaan instrumentoinnin kokoonpanoa ja tehtävää prosessissa: hälytykset, lukitukset ja säädöt. Instrumenttien tiedot sain järjestelmän laiteluettelosta. Tiedoista ilmeni laitteen merkki, tyyppi sekä tekniset tiedot, joiden avulla sain internetistä yksityiskohtaiset manuaalit laitetta kohden.

Instrumentoinnin piiriluettelon (Liite 5) osalta yksityiskohtaiset manuaalit olivat huomattavan tärkeitä. Niistä selvisi instrumentointilaitteen signaalityyppi (digitaalinen tai analoginen), mittausalue ja mittauslaitteen tarkka tyyppi. Signaalityypin tiedolla valitaan oikea logiikkakortti instrumentille. Mittausalueen avulla määritetään automaatiojärjestelmään hälytys-, lukitus- ja säätöarvot. Tarkkoja tyyppitietoja tullaan tarvitsemaan laitteistohuoltojen varaosien tilaamiseen.

Instrumenttien positiotunnuksiin varasin vapaita positionumeroita rikastamon ajan tasalla olevasta instrumentoinnin piiriluettelosta. Positiotunnuksen numeron eteen kirjoitin instrumentointilaitteen mittaussuureen, tyyppin ja toiminnan kirjaintunnusyhdistelmän, eli position. Instrumentoinnin piiriluettelon (Liite 5) piiripositio on PI-kaavion instrumentointilaitteen positiotunnus, jossa ilmenee mahdolliset hälytykset ja säädöt. Laitepositio kuvaa instrumentointipiirikaavion instrumentointilaitteen toimintaa sähkötekniikan näkökulmasta, kuten lähetin (T), joka lähettää analogisen mA-viestin automaatiojärjestelmälle.

Piirustusluettelossa (Liite 6) on luetteloituna voitellujärjestelmän instrumentointilaitteiden piirikaaviot nousevassa numerojärjestyksessä. Piirustusluettelon tehtävä on auttaa löytämään piirustusnumeron avulla oikea instrumentointipiirikaavio huoltotöissä sekä suunnittelussa. Työhöni varattiin vapaat piirustusnumerot Kemin kaivoksen instrumentointisuunnittelijan opastuksella.

Instrumentointipiirikaavioiden suunnittelun ja piirtämisen apuna käytin omaa suunnitteluluetteloa (Liite 7). Siihen olen merkannut instrumentointilaitteelle varatun logiikkakortin kanavan osoitteen, sijainnin ja nimen, positiotunnuksen, logiikkakortin liitinnumeron, keskuksen ja jakokaapin riviliitinpaikan sekä runkokaapelin johdinparin numeron. Näitä hyödyntämällä oli helppo piirtää instrumentointipiirikaavio keskukselta kentälle. Suunnitteluluetteloa tarvittiin instrumentointipiirikaavion keskuksen logiikkakortti-kentässä. Sen avulla pystyin täyttämään logiikkakortin signaalityyppi-, osoite- ja liitinnumerotiedot. Riviliitinpaikkojen tietoja tarvittiin keskuksen ja jakokaapin runkokaapeliparien kytkentä pisteissä. Runkokaapelin jokaisella johdinparilla on oma parinnumero. Logiikkakortin liitinnumero vastaa samaa liityntäyksikön liitinnumeroa. Keskuksen rimaliittimen liitinnumero vastaa samaa jakokaapin riviliitinnumeroa.

Logiikkakortin kanavien osoitteet valitsin ohjelmointi PC:n ”prosessiasema AS 5.6” - osoiteluettelosta. Se sisälsi prosessiaseman jokaisen logiikkakortin käytettyjen kanavien osoitteet numerojärjestyksessä. Käytin vanhasta A4-logiikkakortista kaksi vapaata osoitetta ja loput uudet osoitteet varasin uuteen AI-logiikkakorttiin A10. Osoitteiden avulla selvitettiin keskuksen vapaat logiikkakortti A4:n liitinpaikat (Liite 7). Varmistin vielä A4:n kanavien käytettävyyden keskuksen omasta instrumentoinnin piiriluettelosta. Sama päti myös muiden käytössä olevien logiikkakorttien kohdalla.

Tehtaan standardin mukaan liitäntäyksikön nimi on sama kuin logiikkakortin osoite ja keskuksen riviliitinriman numero on sama kuin jakokaapin riviliitinrima.

Lisäsin uuden AI-logiikkakortin Outokummun automaatiojärjestelmän layout-kuvaan (Liite 9). Kuvasta näkyy logiikan kokoonpano; virtalähde, CPU (keskusyksikkö) sekä logiikkakortit. Jokaisen komponentin kohdalla lukee sille osoitettu tyyppikoodi. Jokaiselle laitteen tyyppikoodille on määritelty omat laitekohtaiset tiedot.

Uusi logiikkakortti A10 on tyyppiltään 6E57331-7KF02-0AB0 (Liite 12). Se on passiivinen kortti, joka tarvitsee ulkoisen jännitelähteen. Kortissa on 20 liitintä ja kahdeksan kanavaa (CH) eli paikat kahdeksalle instrumentointilaitteelle. Kortissa on valittavissa 2- ja 4-johdotus. Opinnäytetyössä käytetään 4-johdotusta analogiakortin A10:n kohdalla, sillä kaikki siihen liitettävät analogiset instrumentointilaitteet ovat kaikki aktiivisia. 2-johdotusta tarvitaan passiivisissa instrumentointilaitteissa. Kortissa on myös valittavissa virta- ja jännitemittaus. Liite 12:ssa on logiikkakortin virtamittauskuva, joka on valittu työhön sopivaksi.

Jokaisella instrumentointilaitteella on oma johdinparinnumero (Liite 7). Runkokaapelin johdinparinnumerot on valittu nousevassa numerojärjestyksessä luettelon ensimmäisestä instrumentointilaitteesta viimeiseen. Jakokaapilta kentälle johdinten numerointi on jokaisen instrumentointilaitteen kohdalla numero 1. Syy tähän on, ettei tällä välillä ole kuin yksi riviliitinrima. Runkokaapelin tunnus juontuu sen kohteesta (keskukselta kentälle päin). Toinen osa tunnuksesta tarkoittaa järjestysnumeroa.

Instrumentointipiirikaaviot sisältävät voitelujärjestelmän prosessi- ja instrumentointiosan (Liite 5). Vasemmalla puolella kaaviota on prosessiosa ja oikealla puolella on instrumentointiosa. PI-kaavio on ”pilkottu” viiteen eri prosessiosaan. Prosessiosassa on instrumentointi- ja toimilaitteet, mekaaniset laitteet sekä putkistoelementit. Instrumentointilaitteiden positiot ovat kehystetty ”ohjelmoitava logiikka”-lohkolla. Prosessiosassa on samat tekniset tiedot näkyvillä kuin PI-kaaviossa sekä konepositiot. Mahdolliset ohjaukset näkyvät katkoviivalla instrumentointi- ja toimilaitteen välillä. Teknisesti tämä tarkoittaa toimilaitteen automaatiojärjestelmän säädön alaisen ohjauksen toimintaa instrumentointilaitteen mittaussuureen avulla.

Instrumentointipiirikaavioiden teossa täytyi huomioida keskuksen, jakokaapin ja kenttälaitteiden tunnukset sekä logiikkakortin kytkentätiedot.

Seuraaville laitepositioille on valmistuneet instrumentointipiirikaaviot liitteissä:

Analogiset (sisääntulo) pinnanmittaukset (Liite 13)

LT-2297
LT-2298

Analogiset (sisääntulo) lämpötilamittaukset- ja säädöt (Liite 14)

TIC-2299
TIC-2300

Analogiset (sisääntulo) painemittaukset (Liite 15)

PT-2301
PT-2302
PT-2303

Digitaaliset (ulostulo) paine-eromittaukset (Liite 16)

PS-2304
PS-2305
PS-2306

Digitaaliset (sisääntulo) induktiiviset rajakytkimet (Liite 17)

ZS-2307
ZS-2308
ZS-2309

Analoginen (ulostulo) magneettiventtiili (Liite 18)

HSV-2310

Analogiset (sisääntulo) virtausmittaukset (Liite 19)

FT-2311

FT-2312

Aktiivi-analogiset instrumentointilaitteet vaativat erillisen jännitelähteen, joka sijoitetaan keskukseen. Kytkeä kutsutaan täten 4-johdinkytkennäksi. Yksi laitteen liittimistä liitetään jännitelähteen positiiviseen napaan. Kaksi muuta liittintä (analoginen virtaviesti ja nollapotentiaali) kytketään logiikkakortin positiiviseen ja negatiiviseen napaan. Passiivi-analogiset instrumentointilaitteet liitetään 2-johdinkytkennällä logiikkakortin positiiviseen ja negatiiviseen napaan. Passiiviset instrumentointilaitteet toimivat kortin jännitesyötöllä.

Analogisissa kytkennöissä täytyy aina olla kaksi johdinta logiikkakortille: meno ja paluu. Digitaalisissa riittää vain meno- tai paluujohdin. Analogiset instrumentointilaitteet vaativat tyypistä (aktiivinen tai passiivinen) riippuen erillisen virtalähteen. Digitaaliset instrumentointilaitteet vaativat logiikkakortista (sisääntulo tai ulostulo) riippuen potentiaalilin. Sisääntuloissa tarvitaan ulkoinen jännitelähde, ulostuloissa 0-potentiaalikytkentä laitteen miinusnavasta.

Keskuksen layout-kuvaan (Liite 8) lisäsin uuden A10 logiikkakortin AS5.6:lle, X25-nimisen riviliitinriman sekä A10 phoenix-liityntäyksikön. X25 riviliitinrimaan tulee kaiken kaikkiaan 48 riviliitintä. A10 phoenix-liityntäyksikköön liitetään kaikki A10-logiikkakortilta tulevat johtimet järjestyksessä. Phoenix-liityntäyksiköltä johtimet jatkavat eri rimaliittimien kautta eri kenttäkohteisiin. Jakokaapin layout-kuvaan (Liite 10) lisäsin päävirtakytkimen, 48 riviliitintä sekä aktiivisille mittauslaitteille 2 A:n automaattisulakkeita. Jännitejako layout-kuvassa (Liite 11) näkyy jokaisen voiteluajajärjestelmän aktiivisten mittauslaitteiden jännitejako ja sulakkeet.

8 POHDINTA

Outokumpu Chrome Oy:llä oli projektityö tankomyllyn laakereiden voitelujärjestelmän koneikon uusimiselle. Projektityö mahdollisti automaattiosisältöisen opinnäytetyöni. Tämä antoi mahdollisuuden soveltaa Lapin ammattikorkeakoulussa opittuja jaksojen sisältöjä tehtaan projektisuunnittelussa.

Työ antoi valtavasti tietoa työelämästä ja sen erilaisista haasteista. Se sisälsi paljon ammattisanastoa, työn suunnittelua ja erilaisten ongelmatilanteiden ratkaisemista.

Opinnäytetyön projektin tehtävänä oli suunnitella instrumentointikaaviot- ja luettelot sekä layoutit. Kyseiset tehtävät opastettiin minulle projektin alussa. Projektin lopuksi minun täytyi palauttaa ne valmiina Outokumpu Chrome Oy:lle, joka sovittiin ensimmäisessä opinnäytetyöpalaverissa.

Opinnäytetyö oli hyvin kattava ja sisälsi koulussa opittuja asioita, joita pystyin soveltamaan työelämässä. Opinnäytetyön tekeminen oli hyvin opettava kokemus, joka myös antoi itsevarmuutta tulevaa ammattia varten. Systemaattisuus ja tarkkuus ovat kohonneet opinnäytetyön myötä.

LÄHTEET

- Luonnossa ja luonnosta -kaivosseminaari. Ammattiopisto Lappia 2014.
- Tuotantoprosessi Torniossa ja Kemin kaivoksella 2013. Hakupäivä 20.6.2014.
<http://www.outokumpu.com/SiteCollectionDocuments/Tornio_animaatioprintti_versio.pdf>
- Kurttio, Kari 2012. Rikastustekniikan opettamisen kehittäminen, Hakupäivä 6.10.2014.
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/40224/Kurttio_Kari.pdf?sequence=1>
- Joki-Korpela, Risto 2001. Tietokoneavusteinen suunnittelu / AutoCAD. Laudaturseminaari, Tietojenkäsittelytieteen laitos, Joensuun yliopisto. Hakupäivä 26.10.2014.
<<http://cs.joensuu.fi/~rjokik/la.htm#3>>
- Antila, Kari & Kajander, Kristiina & Malinen, Raimo & Virtanen, Ismo 2006. Teollisuusvoitelu, Kunnossapitoyhdistys ry, Voitelulaitteet ja -järjestelmät.
- Strengell, Kari & Vihersalo, Jarmo 2006. Teollisuusvoitelu. Koneiden voitelu. Kunnossapitoyhdistys ry.
- Jumpponen, Eino 2002 Sähköpiirustuskirja, Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto.
- Milocraft Oy 2014 Hammaspyöräpumput KF, Käyttö- ja huolto-ohjeet. Hakupäivä 12.10.2014.
<<http://www.milocraft.fi/datafiles/userfiles/File/huoltoohjeet/KF%20480%20k%C3%A4ytt%C3%B6-%20ja%20huolto-ohje.pdf>>
- SKS Group 2014. Asiakaskohtaiset pronssilaakerit ja vakiopronssilaakerit. Hakupäivä 27.10.2014.
<http://www.sks.fi/www/_Content236FD7&id=2E6529A473573381C2257BDB00445F1A>
- Atlassian Confluence 2009. Hakupäivä 15.10.2014.
<<https://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/9.+Hydrauliikkapumput>>
- Masino-Hydrokey Oy 2010. Hakupäivä 15.10.2014.
<http://www.masino.fi/wpcontent/uploads/2013/06/0202_sisahammaspyorapumput.pdf>
- Eckerle Industrie-Elektronik 2014. Hakupäivä 15.10.2014.
<http://www.camel555.com.tw/upload_files/imported/pdf/EIPC-5.pdf>
- Outel 2014. Hakupäivä 18.10.2014.
<<http://www.outel.fi/automaat.htm>>
- Kippo, Asko K 2008. Automaatiotekniikan perusteet.
- Manninen, Markku 2013. Säättöteorian perusteet-kurssi. Lapin Amk, Kemi.
- Hydac 2013. Hakupäivä 30.6.2014.
<<http://www.hyprox.fi/datasheets/VM5D0LED.pdf>>
- IFM Electronics 2012. TA3437 Lämpötila-anturit. Hakupäivä 30.6.2014.
<<http://www.ifm.com/products/fin/ds/TA3437.htm>>
- IFM Electronics 2012. LK3124 Pintavahti. Hakupäivä 30.6.2014.
<<http://www.ifm.com/products/fin/ds/LK3124.htm>>
- Kracht 2006. Volume counter VCA 2 FC R1. Hakupäivä 30.6.2014.
<http://www.processpumpsales.com/images/kracht/Volume_Counter_VCA_2_FC_R1.pdf>
- Kracht 2006 SD 1 Operating Instructions. Hakupäivä 30.6.2014.
<<http://www.milocraft.fi/datafiles/userfiles/File/huoltoohjeet/SD1%20GB.PDF>>
- Hydac International 2013. Electronic Pressure Switch EDS 3300. Hakupäivä 30.6.2014.
<<http://www.hydac.com/fileadmin/pdb/pdf/PRO000000000000000000000018068020011.pdf>>
- IFM Electronics 2003. IGS204 Induktiiviset anturit. Hakupäivä 30.6.2014.

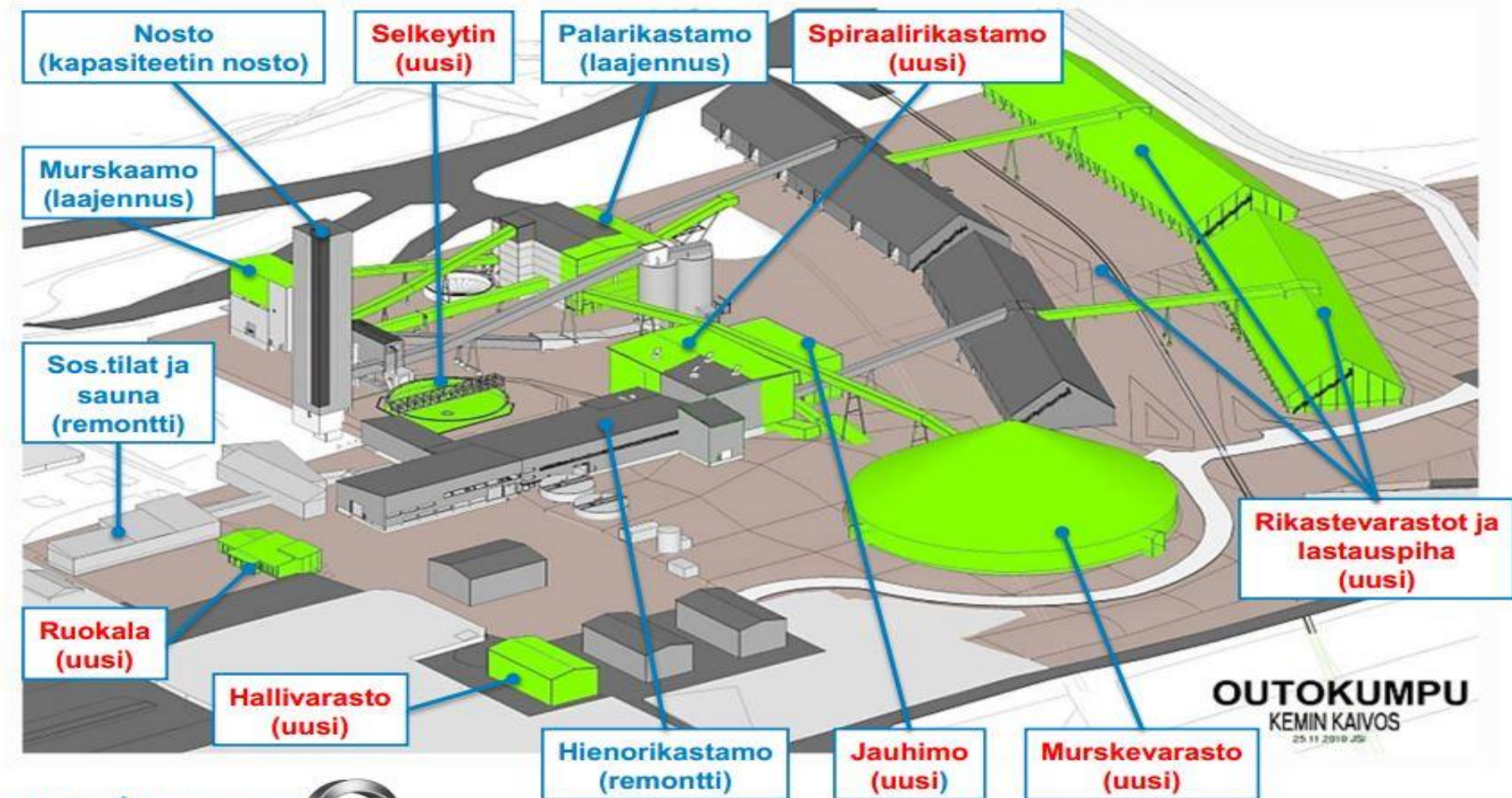
<<http://www.ifm.com/products/fin/ds/IGS204.htm>>
Beta Power Engineering Ltd 2011. Hakupäivä 12.10.2014.
<<http://www.beta-power.co.uk/Products.asp?CID=37>>
Sivonen, Markku 2007. AEL, Teollisuuden instrumentointi, rakenne ja suunnittelu.
Leppälä, Mikko, Rikastamon kunnossapitojohtaja, Outokumpu Chrome Oy.
Keskustelu 28.10.2014.
Hydac Electronic Pressure Switch EDS 3000 2002. Hakupäivä 4.12.2014.
<https://pubweb.bnl.gov/~kirk/MERIT/2005_Nov18/Data_sheets/EDS3000%20US%20Manual.pdf>

LIITTEET

- Liite 1. Kemin kaivoksen rikastamoalue
- Liite 2. Kemin kaivoksen prosessikaavio
- Liite 3. Voitelijärjestelmän prosessi- ja instrumentointikaavio
- Liite 4. Instrumentointipiirikaavion osien erittely ja kuvaus
- Liite 5. Voitelijärjestelmän instrumentoinnin piiriluettelo
- Liite 6. Piirustusluettelo
- Liite 7. Oma suunnitteluluettelo
- Liite 8. Keskus layout
- Liite 9. Automaatiojärjestelmä layout
- Liite 10. Jakokaappi layout
- Liite 11. Jännitejako layout
- Liite 12. Uusi analogiasisäntulokortti
- Liite 13. Pinnanmittaus instrumentointipiirikaavio
- Liite 14. Lämpötilamittaus- ja säätö instrumentointipiirikaavio
- Liite 15. Painemittaus instrumentointipiirikaavio
- Liite 16. Paine-eromittaus instrumentointipiirikaavio
- Liite 17. Induktiivinen rajakytkin instrumentointipiirikaavio
- Liite 18. Magneettiventtiilin ohjaus instrumentointipiirikaavio
- Liite 19. Virtausmittaus instrumentointipiirikaavio
- Liite 20. Instrumentointipiirikaavion piirrosmerkkejä

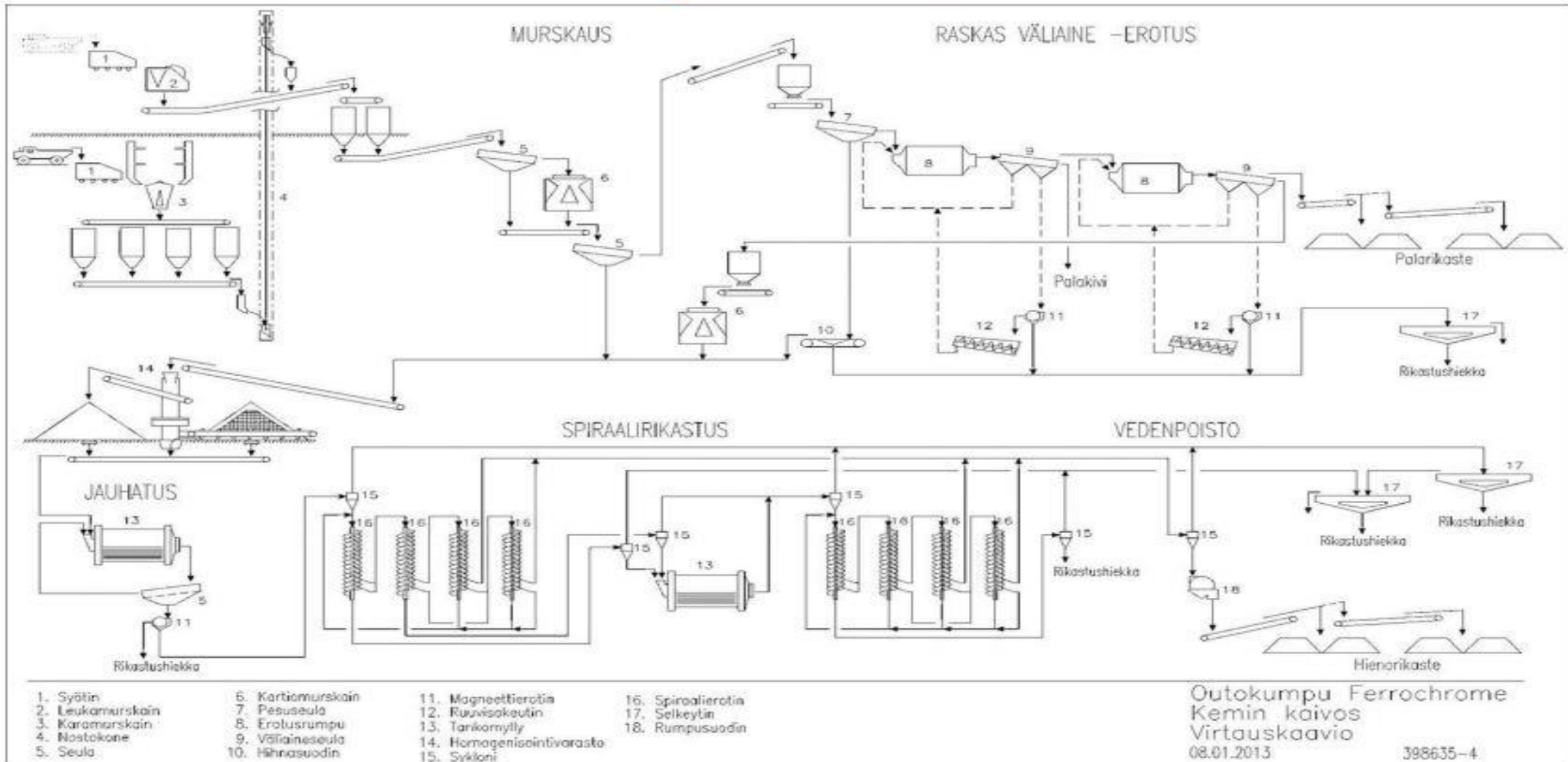
Liite 1

Kemin kaivoksen rikastamoalue

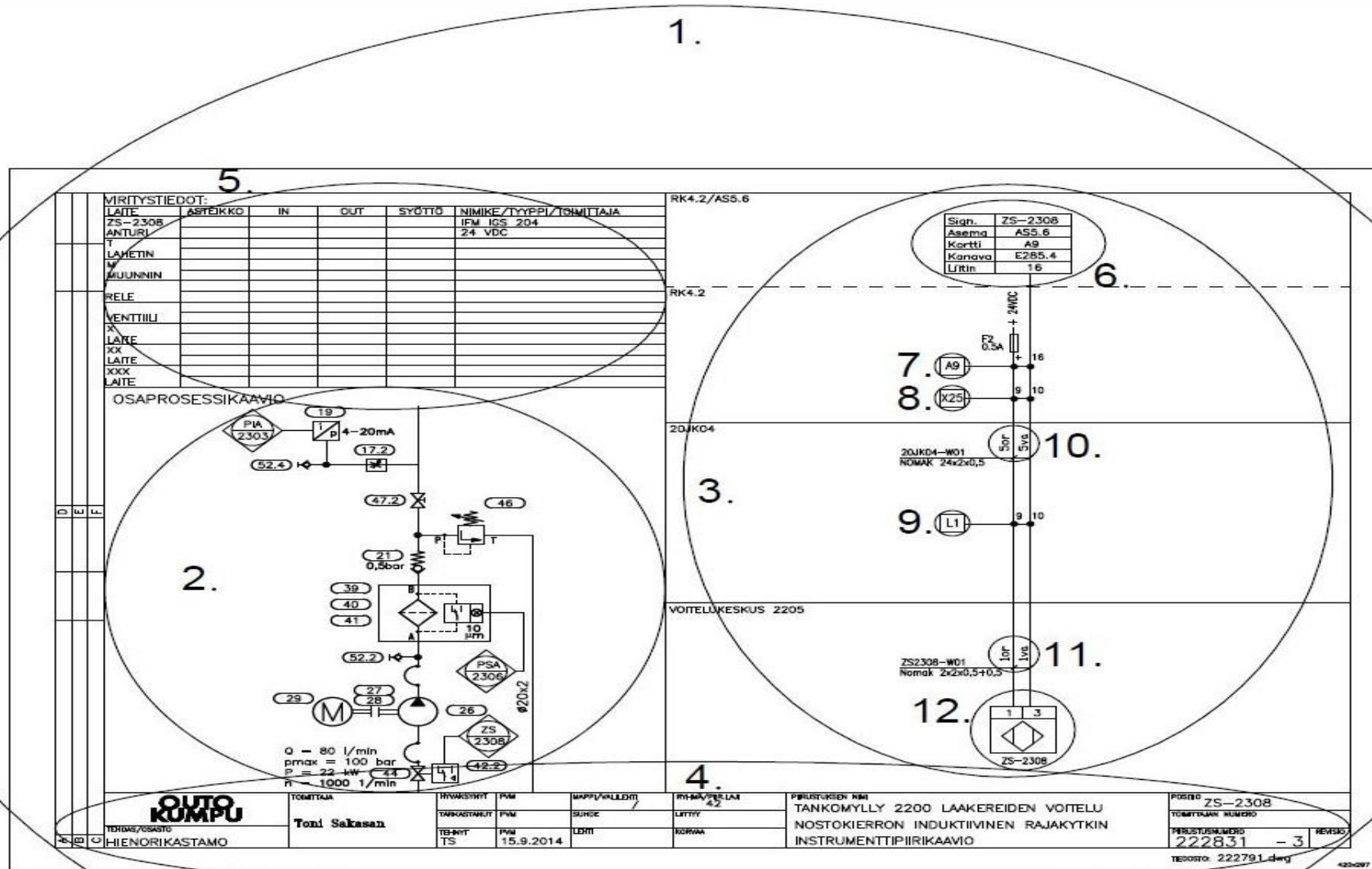


Liite 2

Kemin kaivoksen prosessikaavio



Liite 4 1(2)



Liite 4 2(2)

1.	Instrumentointipiirikaavio
2.	Prosessiossa
3.	Instrumentointiossa
4.	Nimiökenttä
5.	Lisätieto-osio
6.	Logiikkakortti
7.	Phoenix-rima (liitäntäyksikkö)
8.	Keskuksen riviliitinrima
9.	Jakokaapin riviliitinrima
10.	Runkokaapelin johdinparinumero
11.	Jakokaapin ja instrumentointilaitteen välinen johdinparinumero
12.	Instrumentointilaitte

Liite 5

Rivi	Piirikaavio tehty	Piirin positio Vanha	Piirin positio Uusi	Piirin nimi	Laitetunnus/Muuttuja	Prosessitiedot										Instr. Laitetiedot											
						Väliaine	Suunnittelu Paine bar	Suunnittelu Lämpötila C	Normivirtaus m3/h	Tiheys kg/dm3	DN	PN	Materiaali	Mittausalue	Laatu	Laitetyyppi / Mittaustapa	Yhde	Asennus tyypokuva	Tyyppi	DN	PN	KOTELO	AI	AO	DI	DO	
																											Putki
1			LIA-2297	Tankomyly 2200, laakereiden voitelun puhtaan säiliön pintavahti	LT-2297									40-585	mm	Pintalähetin			IFM LK3124					1			
2			LIA-2298	Tankomyly 2200, laakereiden voitelun likaisen säiliön pintavahti	LT-2298									40-585	mm	Pintalähetin			IFM LK3124					1			
3			TICA-2299	Tankomyly 2200, laakereiden voitelun puhtaan säiliön lämpötilamittaus	TE-2299			0-120						0-100	°C	Lämpötila-anturi			IFM TA3437					1			
4			TICA-2300	Tankomyly 2200, laakereiden voitelun likaisen säiliön lämpötilamittaus	TE-2300			0-120						0-100	°C	Lämpötila-anturi			IFM TA3437					1			
5			PIA-2301	Tankomyly 2200, laakereiden voitelun voitelukierron painelähetin	PT-2301		25							0-2,5	bar	Painelähetin			Hydac EDS 3348-5-0025-000					1			
6			PIA-2302	Tankomyly 2200, laakereiden voitelun sivukierron painelähetin	PT-2302		25							0-2.5	bar	Painelähetin			Hydac EDS 3348-5-0025-000					1			
7			PIA-2303	Tankomyly 2200, laakereiden voitelun nostokierron painelähetin	PT-2303		160							0-16	bar	Painelähetin			Hydac EDS 3348-5-0160-000					1			
8			PSA-2304	Tankomyly 2200, laakereiden voitelun sivukierron suodatinpatruunan paine-erokytkin	PS-2304											Paine-erokytkin			Hydac VM 8 D.X/-L24							1	
9			PSA-2305	Tankomyly 2200, laakereiden voitelun voitelukierron suodatinpatruunan paine-erokytkin	PS-2305											Paine-erokytkin			Hydac VM 5 D.X/-L24							1	
10			PSA-2306	Tankomyly 2200, laakereiden voitelun nostokierron suodatinpatruunan paine-erokytkin	PS-2306											Paine-erokytkin			Hydac VD 8 D 1.X/-L24							1	
11			ZS-2307	Tankomyly 2200, laakereiden voitelun voitelukierron imuhanan rajakytkin	ZS-2307											Rajakytkin			IFM IGS204							1	
12			ZS-2308	Tankomyly 2200, laakereiden voitelun nostokierron imuhanan rajakytkin	ZS-2308											Rajakytkin			IFM IGS204							1	
13			ZS-2309	Tankomyly 2200, laakereiden voitelun sivukierron imuhanan rajakytkin	ZS-2309											Rajakytkin			IFM IGS204							1	
14			HSV-2310	Tankomyly 2200, laakereiden jäähdytyskierron magneettiventtiili	HX-2310											Magneettiventtiili			Sauter VR6 2F 300								1
15			FIA-2311	Tankomyly 2200, laakereiden voitelun voitelukierron vasen virtausmittaus	FT-2311				0,06-3,9					1-65	l/min	Virtausmittaus			Kracht VCA 2 FC R1					1			
16			FIA-2312	Tankomyly 2200, laakereiden voitelun voitelukierron oikea virtausmittaus	FT-2312				0,06-3,9					1-65	l/min	Virtausmittaus			Kracht VCA 2 FC R1					1			

Liite 6

Doknumero	Nimi	Laat.pvm	Positio_01
text	text	date	
DOC_NO	DOC_NAME	DSG_DATE	
222900	HR, LIA-2297, Tankomyllly 2200 laakereiden voitelu, Puhtaan säiliön pinnanmittaus	15.9.2014	E-RIK-HR-2200
222901	HR, LIA-2298, Tankomyllly 2200 laakereiden voitelu, Likaisen säiliön pinnanmittaus	15.9.2014	E-RIK-HR-2200
222902	HR, TICA-2299, Tankomyllly 2200 laakereiden voitelu, Puhtaan säiliön lämpötilamittaus	15.9.2014	E-RIK-HR-2200
222903	HR, TICA-2300, Tankomyllly 2200 laakereiden voitelu, Likaisen säiliön lämpötilamittaus	15.9.2014	E-RIK-HR-2200
222904	HR, PIA-2301, Tankomyllly 2200 laakereiden voitelu, Voitelukierron painemittaus	15.9.2014	E-RIK-HR-2200
222905	HR, PIA-2302, Tankomyllly 2200 laakereiden voitelu, Sivukierron painemittaus	15.9.2014	E-RIK-HR-2200
222906	HR, PIA-2303, Tankomyllly 2200 laakereiden voitelu, Nostokierron painemittaus	15.9.2014	E-RIK-HR-2200
222907	HR, PSA-2304, Tankomyllly 2200 laakereiden voitelu, Sivukierron suodatinpatruunoiden kytkin	15.9.2014	E-RIK-HR-2200
222908	HR, PSA-2305, Tankomyllly 2200 laakereiden voitelu, Voitelukierron suodatinpatruunan kytkin	15.9.2014	E-RIK-HR-2200
222909	HR, PSA-2306, Tankomyllly 2200 laakereiden voitelu, Nostokierron suodatinpatruunan kytkin	15.9.2014	E-RIK-HR-2200
222910	HR, ZS-2307, Tankomyllly 2200 laakereiden voitelu, Voitelukierron imuhanan rajakytkin	15.9.2014	E-RIK-HR-2200
222911	HR, ZS-2308, Tankomyllly 2200 laakereiden voitelu, Nostokierron imuhanan rajakytkin	15.9.2014	E-RIK-HR-2200
222912	HR, ZS-2309, Tankomyllly 2200 laakereiden voitelu, Sivukierron imuhanan rajakytkin	15.9.2014	E-RIK-HR-2200
222913	HR, HSV-2310, Tankomyllly 2200 laakereiden voitelu, Jäähdytyskierron magneettiventtiili	15.9.2014	E-RIK-HR-2200
222914	HR, FIA-2311, Tankomyllly 2200 laakereiden voitelu, Voitelukierron syöttöpään virtausmittaus	15.9.2014	E-RIK-HR-2200
222915	HR, FIA-2312, Tankomyllly 2200 laakereiden voitelu, Voitelukierron purkupään virtausmittaus	15.9.2014	E-RIK-HR-2200
222916	HR, Jakokotelo 20JK24, Tankomyllly 2200 laakereiden voitelu	15.9.2014	E-RIK-HR-2200

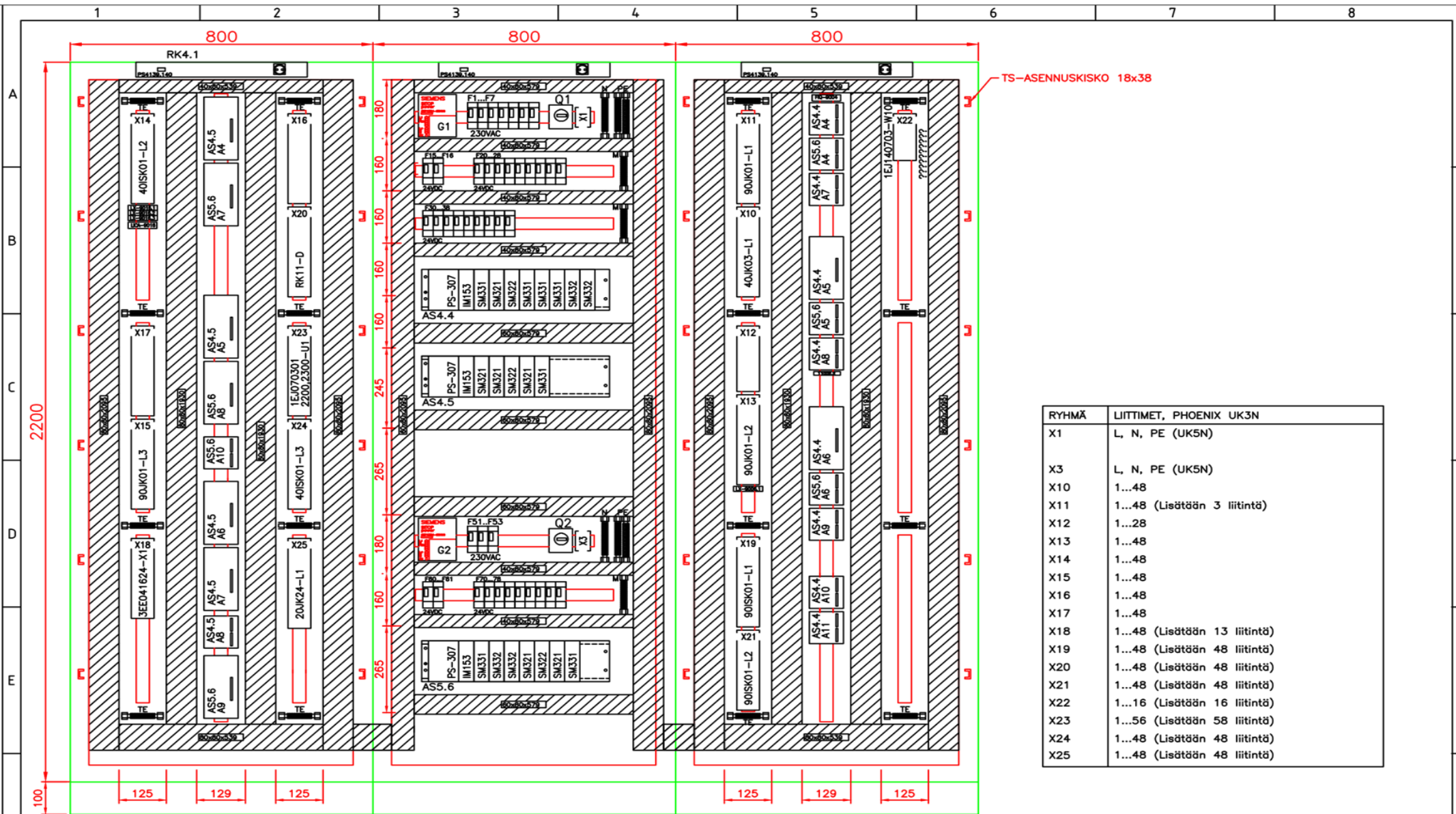
Liite 7

DI -kortti A9	Nimi	Positio	Logiikkakortin kanava/liityntäyksikkö	X25/L1	Runkokaapelin johdinpari nro
285.0	Sivukierron suodatinpatruunan paine-erokytkin	PSA-2304	12	1;2	1
285.1	Voitelukierron suodatinpatruunan paine-erokytkin	PSA-2305	13	3;4	2
285.2	Nostokierron suodatinpatruunan paine-erokytkin	PSA-2306	14	5;6	3
285.3	Voitelukierron induktiivinen rajakytkin	ZS-2307	15	7;8;9	4, 5
285.4	Nostokierron induktiivinen rajakytkin	ZS-2308	16	10;11;12	6,7
285.5	Sivukierron induktiivinen rajakytkin	ZS-2309	17	13;14;15	8, 9

AI -kortti A4	Nimi	Positio	Kortin kanava/liityntäyksikkö	X25/L1	Runkokaapelin johdinpari nro
582	Likaisen säiliön lämpötilasäätö	TICA-2300	8;9	24;25	15
588	Puhtaan säiliön lämpötilasäätö	TICA-2299	16;17	22;23	14

AI -kortti A10	Nimi	Positio	Kortin kanava/liityntäyksikkö	X25/L1	Runkokaapelin johdinpari nro
688	Puhtaan säiliön pintavahti	LIA-2297	2;3	16;17;18	10, 11
690	Voitelukierron painemittaus	PIA-2301	4;5	26;27;28	16, 17
692	Sivukierron painemittaus	PIA-2302	6;7	29;30;31	18, 19
694	Nostokierron painemittaus	PIA-2303	8;9	32;33;34	20, 21
696	Voitelukierron syöttöpään virtausmittaus P2	FIA-2311	12;13	35;36;37	22, 23
698	Voitelukierron syöttöpään virtausmittaus P3	FIA-2312	14;15	38;39;40	24, 25
700	Likaisen säiliön pintavahti	LIA-2298	16;17	19;20;21	12, 13

AO -kortti A5	Nimi	Positio	Kortin kanava/liityntäyksikkö	X25/L1	Runkokaapelin johdinpari nro
580	Sivukierron magneettiventtiili	HS-2310	6;7	41;42	26

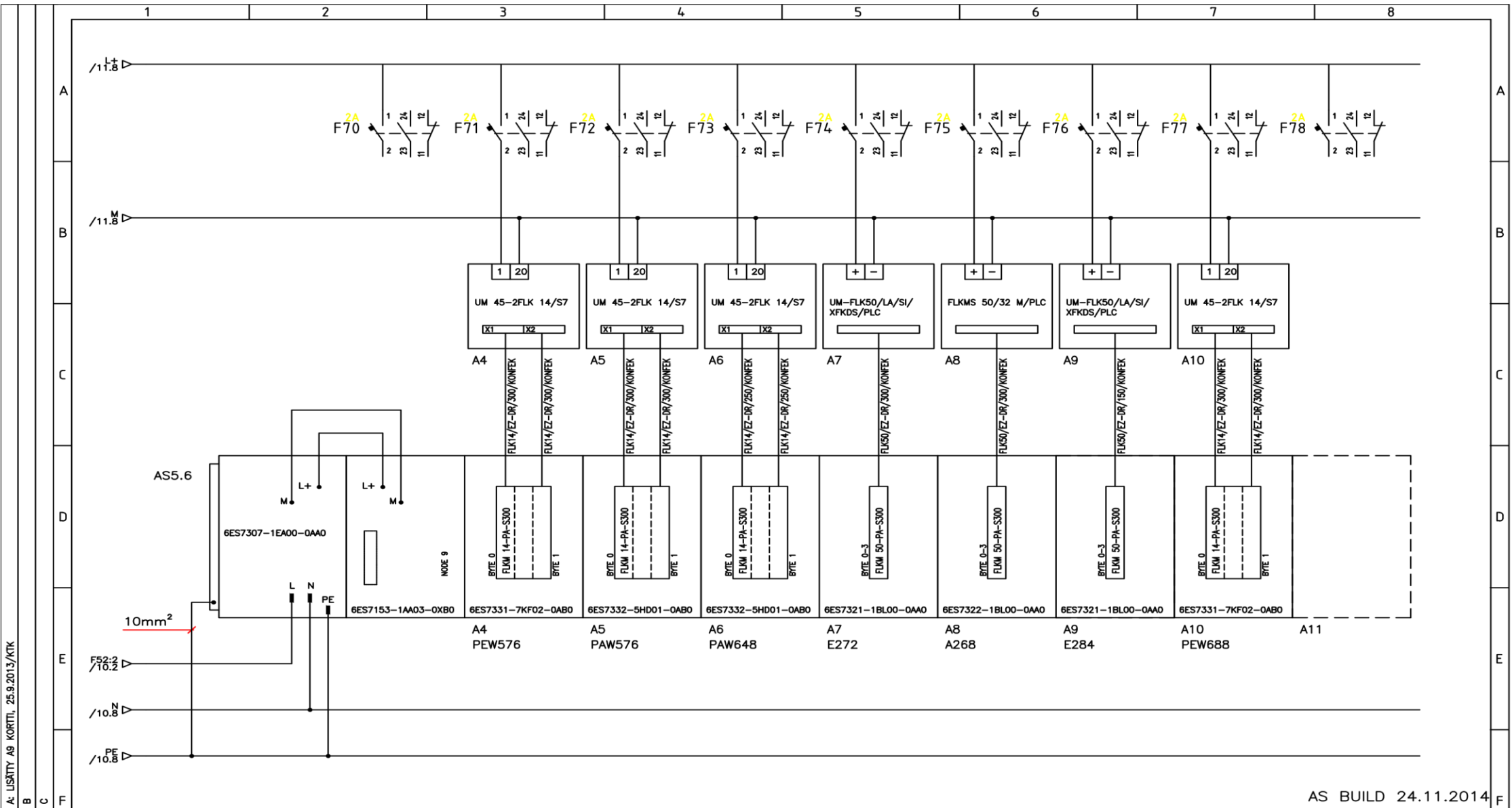


TS--ASENNUSKISKO 18x38

RYHMÄ	LIITTIMET, PHOENIX UK3N
X1	L, N, PE (UK5N)
X3	L, N, PE (UK5N)
X10	1...48
X11	1...48 (Lisätään 3 liittintä)
X12	1...28
X13	1...48
X14	1...48
X15	1...48
X16	1...48
X17	1...48
X18	1...48 (Lisätään 13 liittintä)
X19	1...48 (Lisätään 48 liittintä)
X20	1...48 (Lisätään 48 liittintä)
X21	1...48 (Lisätään 48 liittintä)
X22	1...16 (Lisätään 16 liittintä)
X23	1...56 (Lisätään 58 liittintä)
X24	1...48 (Lisätään 48 liittintä)
X25	1...48 (Lisätään 48 liittintä)

MUUTOS
 A: Liitty AS5.6 / A9, 24.9.2013/KTK
 B
 C
 D
 E
 F

SIEMENS		PIIRUSTUS NO:	OUTOKUMPU		AUTOMAATIOKAAPPI RK4.2	PVM. 09.12.2002	AS BUILD 24.11.2014 F	
TEHDAS/OSASTO	OSKe/ HR		Sijoituskuva		SUUN. JYLö		RK4.2	
PROJEKTI					TARK.	c.2550.0005	222697	Rev. A Lehti 2
1	2	3	4	5	6	7	8	LL.



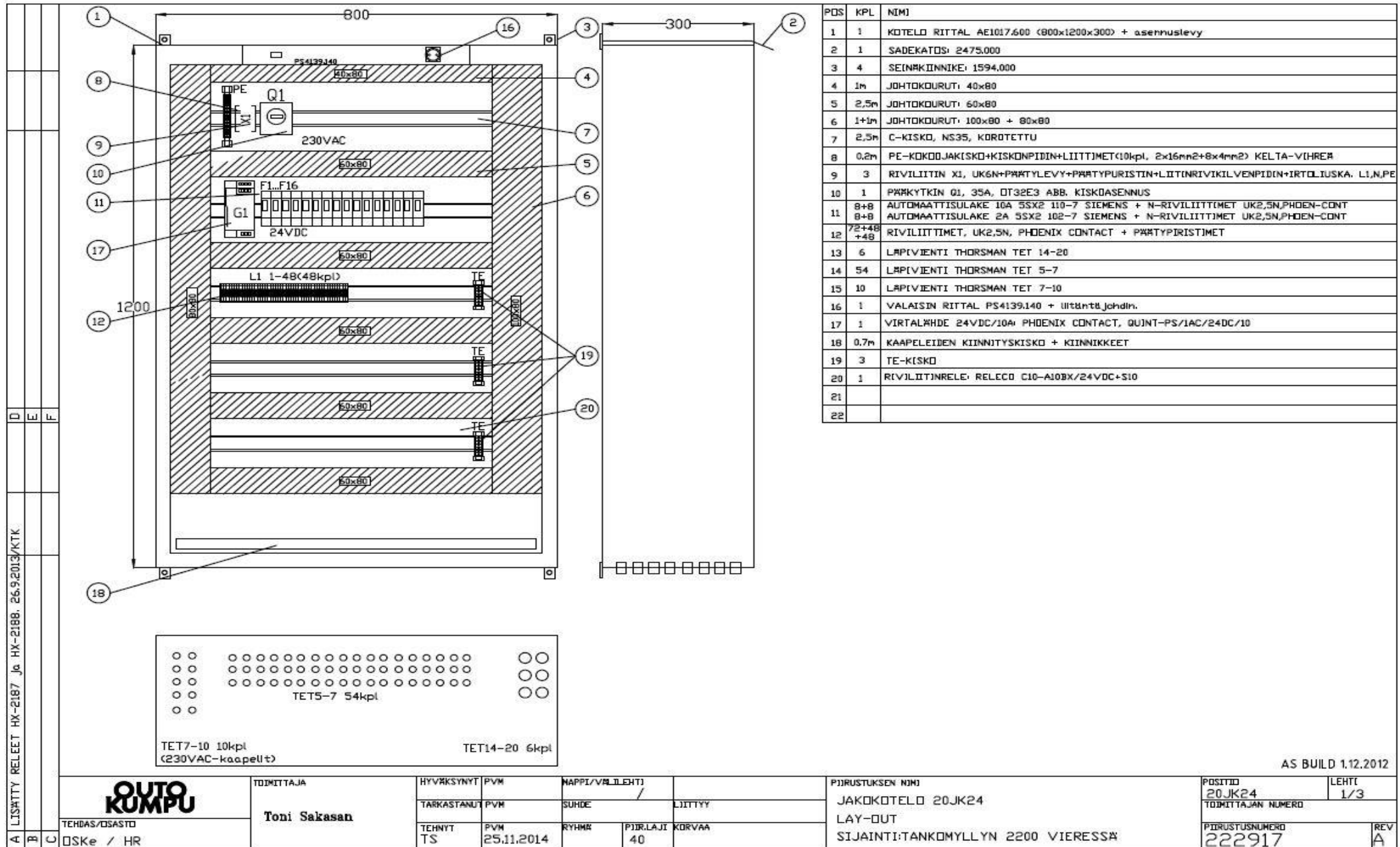
AS BUILD 24.11.2014

SIEMENS		PIIRUSTUS NO:	OUTO KUMPU		AUTOMAATIOKAAPPI AS5.6 KEHIKKO Virtapiirikaavio		PVM. 25.02.2003		
TEHDAS/OSASTO	OSKe/ HR				SUUN. JYL8				RK4.2
PROJEKTI							TARK.	C.2550.0005	
1		2					HYV.	222706	
								Rev. A	Lehti 12
									LL.

MUUTOS

AUTOCAD 2000 Windows

Liite 10



AS BUILD 1.12.2012

OUTO KUMPU

TOIMITTAJA

Toni Sakasan

HYVÄKSYNYT

PVM

TARKASTANUT

PVM

TEHNYT

PVM

25.11.2014

NAPPI/VÄLILEHTI

SUHDE

RYHMÄ

PIIRILAJI

KORVAA

40

PIIRUSTUKSEN NIMI

JAKOKOTELO 20JK24

LAY-OUT

SIJAINTI:TANKOMYLLYN 2200 VIERESSÄ

POSITIO

20JK24

TOIMITTAJAN NUMERO

PIIRUSTUSNUMERO

222917

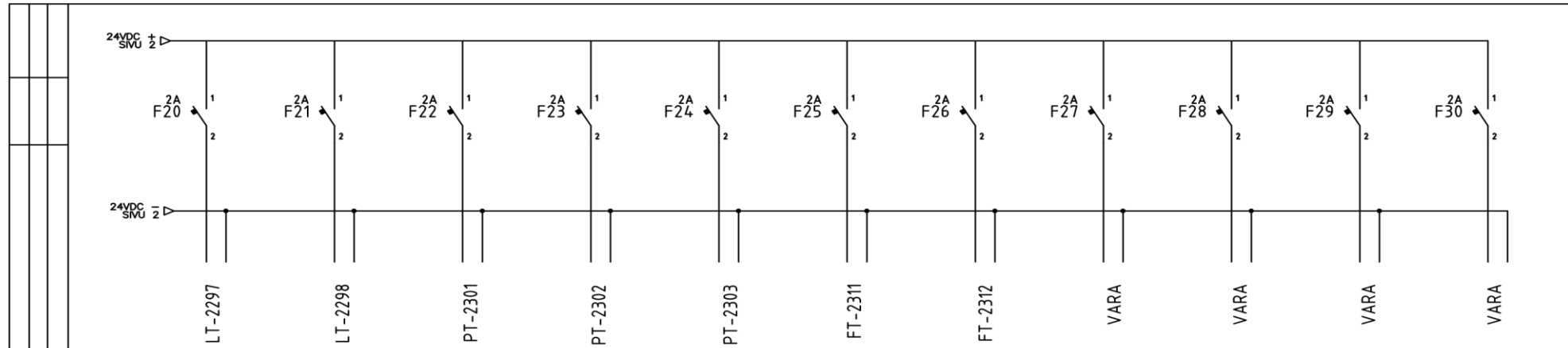
LEHTI

1/3

REV

A

Liite 11

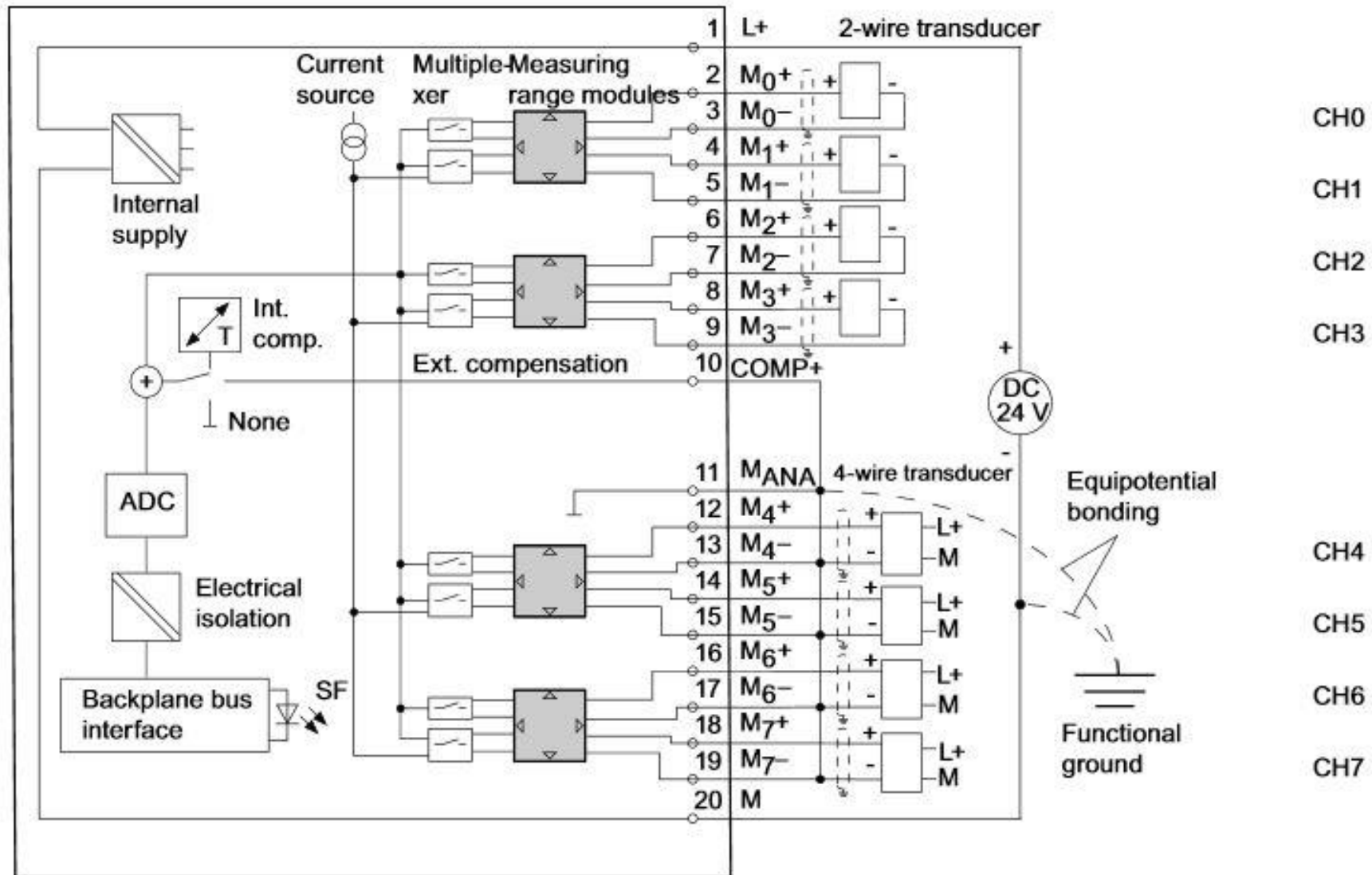


D E F

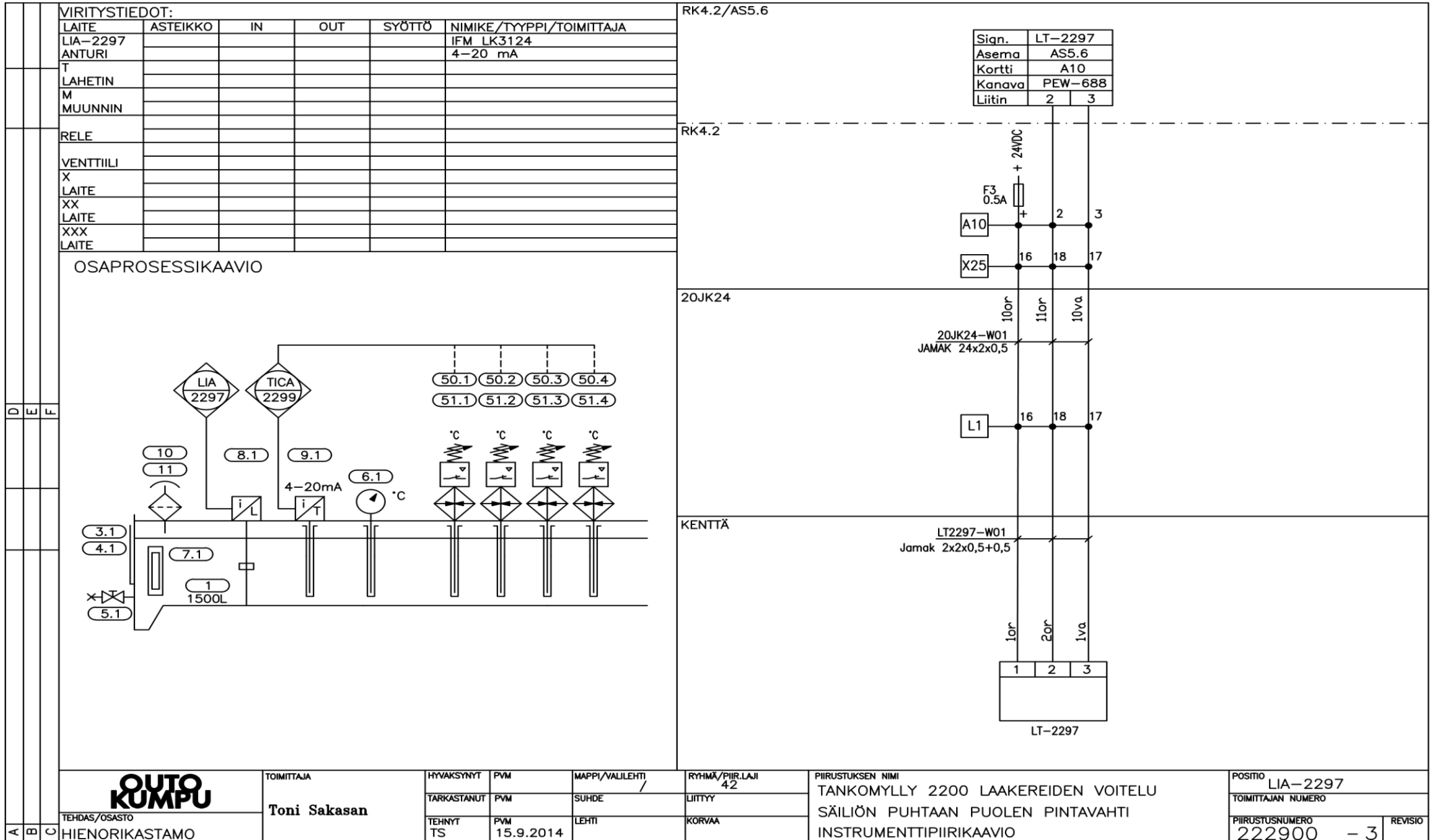
	TOIMITTAJA	HYVAKSYNYT	PVM	MAPPI/VALILEHTI	RYHMA	PIIRUSTUKSEN NIMI	POSITIO
	Oy Kalottkonsult Ab	TARKASTANUT	PVM	SUHDE	LIITTY	JAKOKOTELO 20JK24	20JK24
		TEHNYT	PVM	LEHTI	KORVAA	JÄNNITEJAKELU 24VDC	TOIMITTAJAN NUMERO
OSKe / HIENORIKASTAMO	KTK	10.02.2011	3/3		SIJAINTI: TANKOMYLLYN 2200 ALLA	PIIRUSTUSNUMERO	REVISIO
						222918 - 3	

TIEDOSTO: 222918.dwg

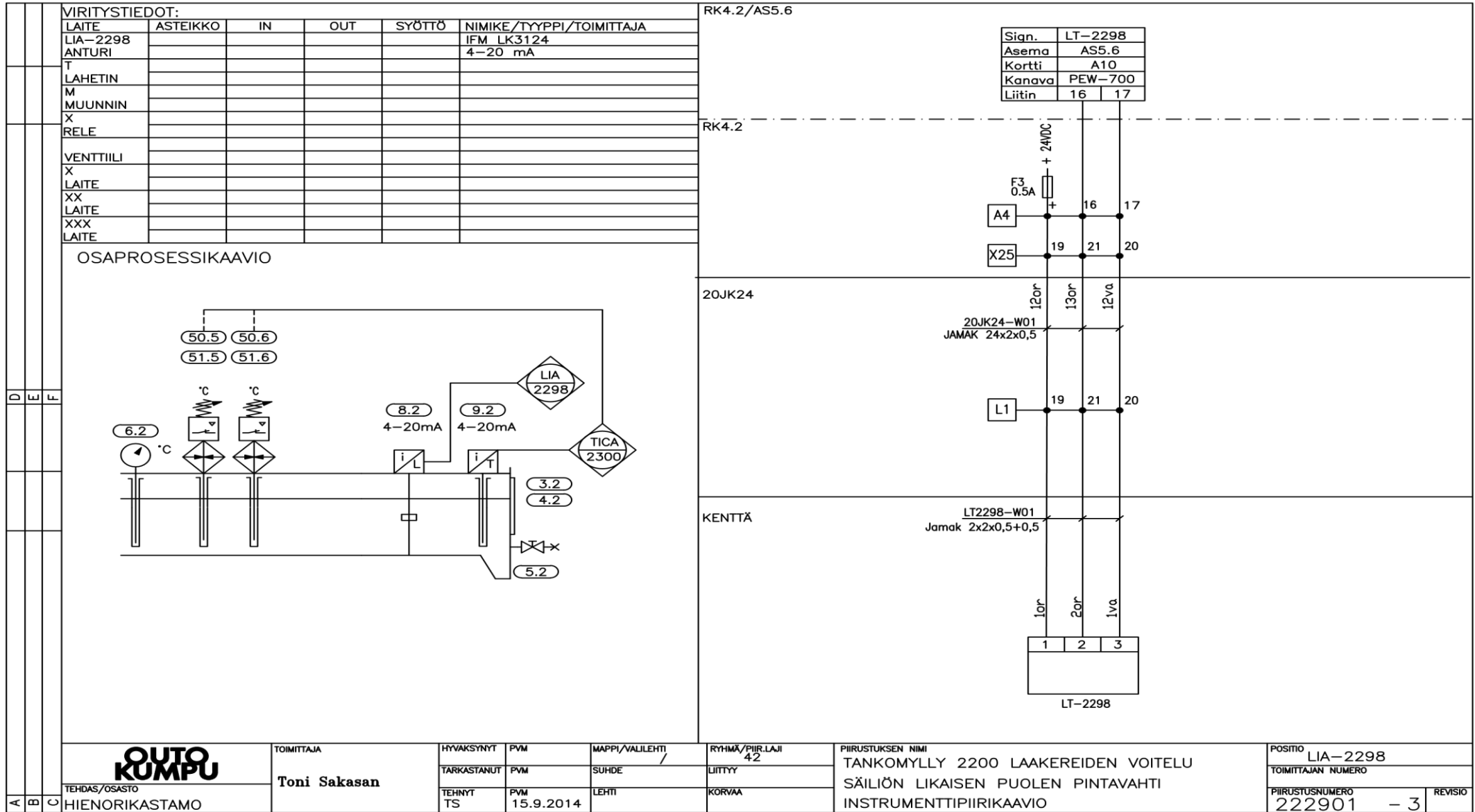
Liite 12



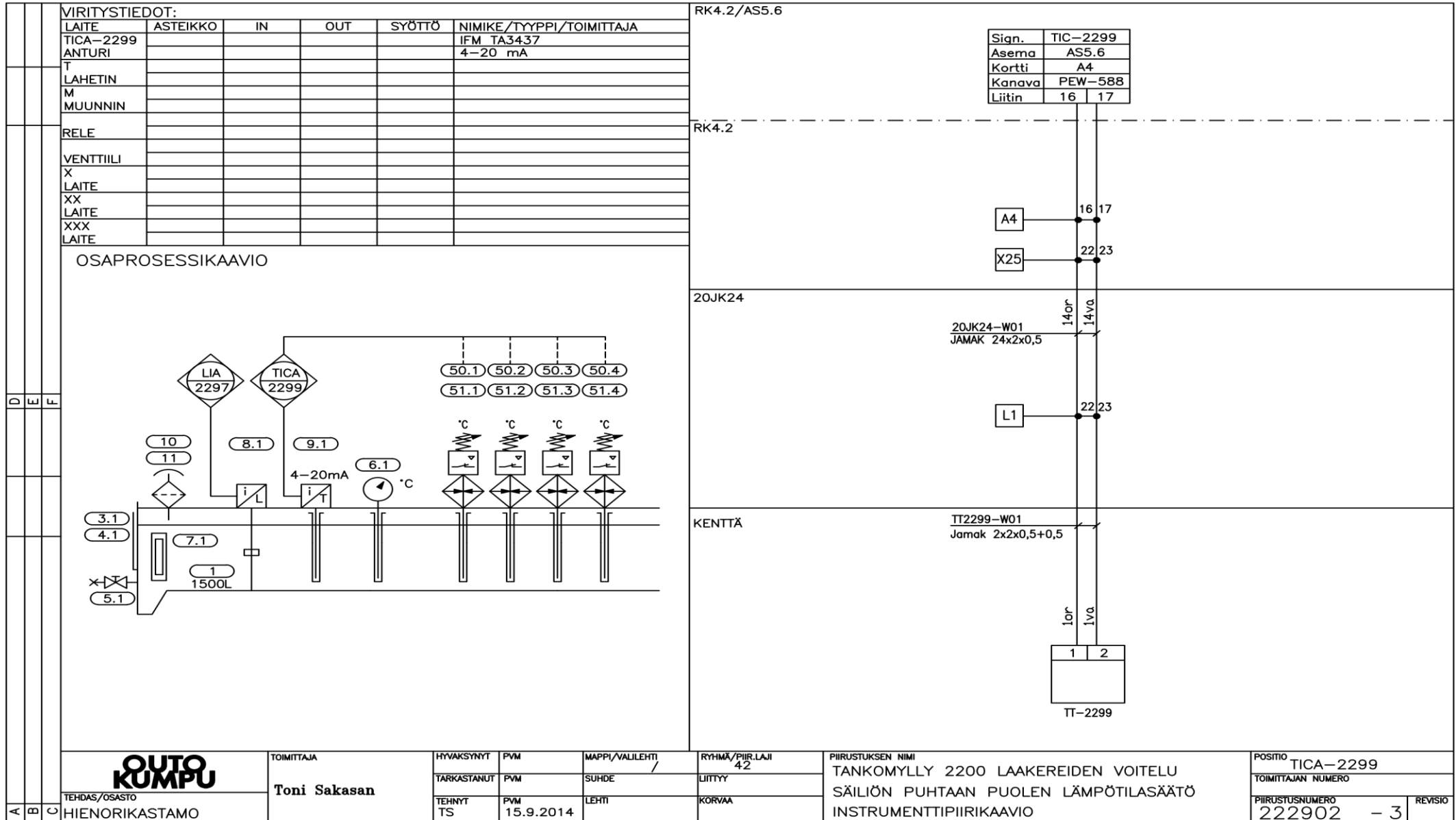
Liite 13 1(2)



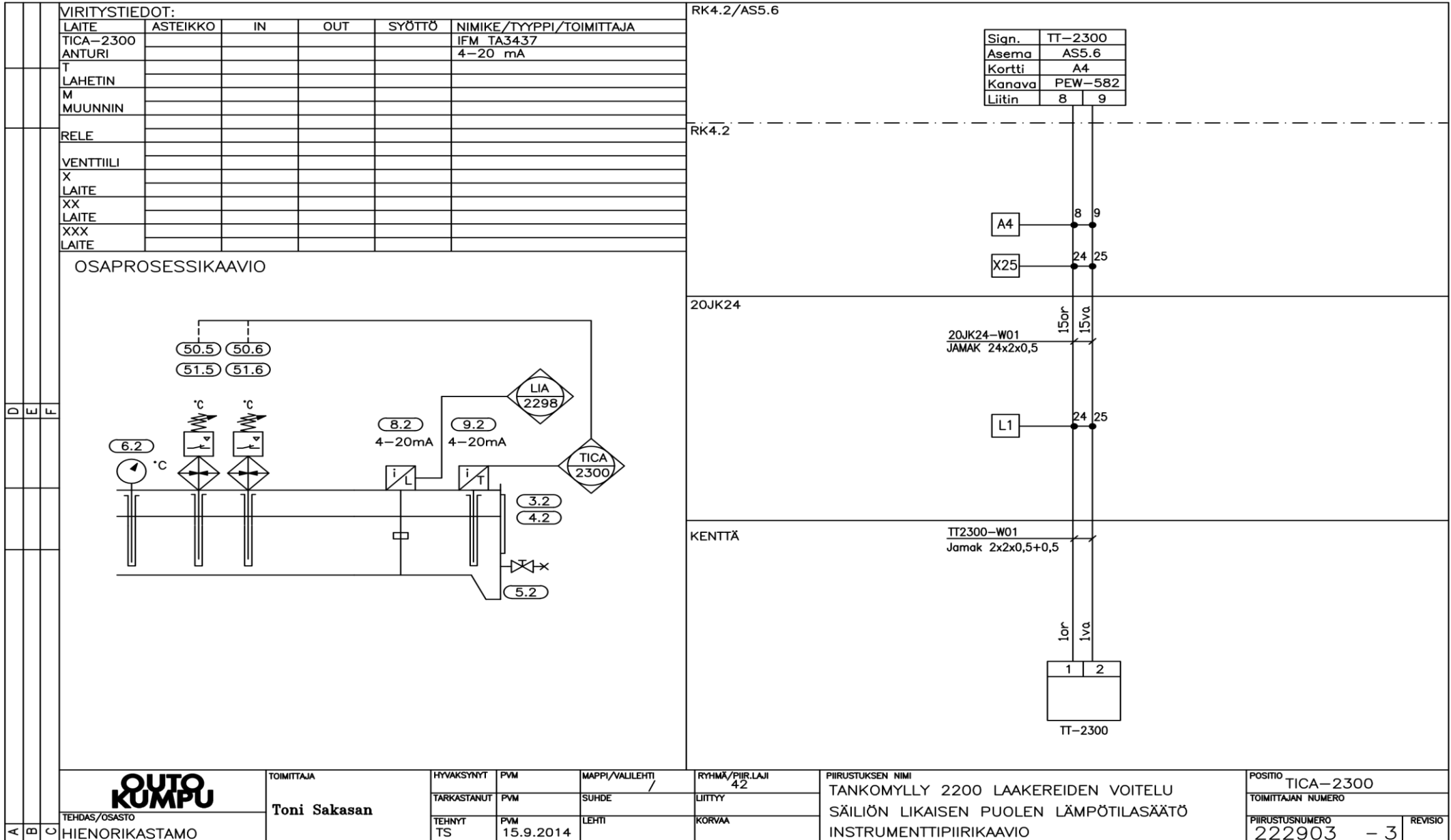
Liite 13 2(2)



Liite 14 1(2)



Liite 14 2(2)



Liite 15 1(3)

VIRITYSTIEDOT:

LAITE	ASTEIKKO	IN	OUT	SYÖTTÖ	NIMIKE/TYYPPI/TOIMITTAJA
PIA-2301					HYDAC EDS 3348-5-25-000
ANTURI					MAX 25 bar
T					
LAHETIN					
M					
MUUNNIN					

RK4.2/AS5.6

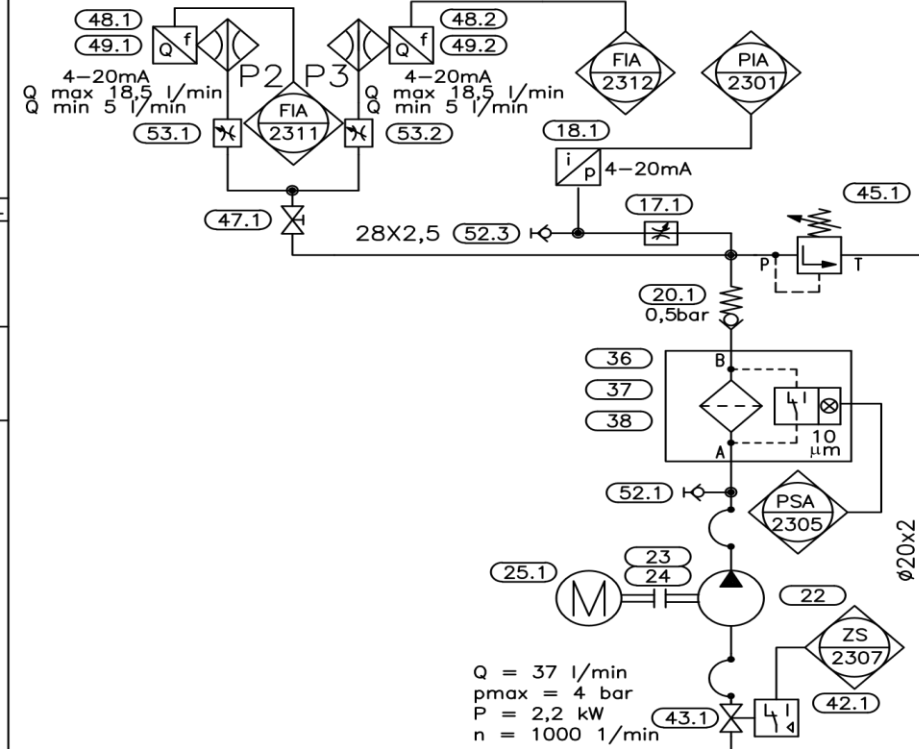
Sign.	PT-2301
Asema	AS5.6
Kortti	A10
Kanava	PEW-690
Liitin	4 5

RELE

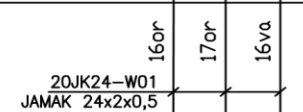
RK4.2

VENTTIILI	
X	
LAITE	
XX	
LAITE	
XXX	
LAITE	

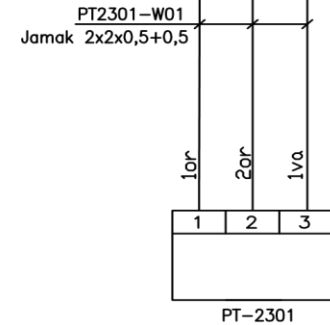
OSAPROSESSIKAAVIO



20JK24



KENTTÄ



OUTO KUMPU

TOIMITTAJA
Toni Sakasan

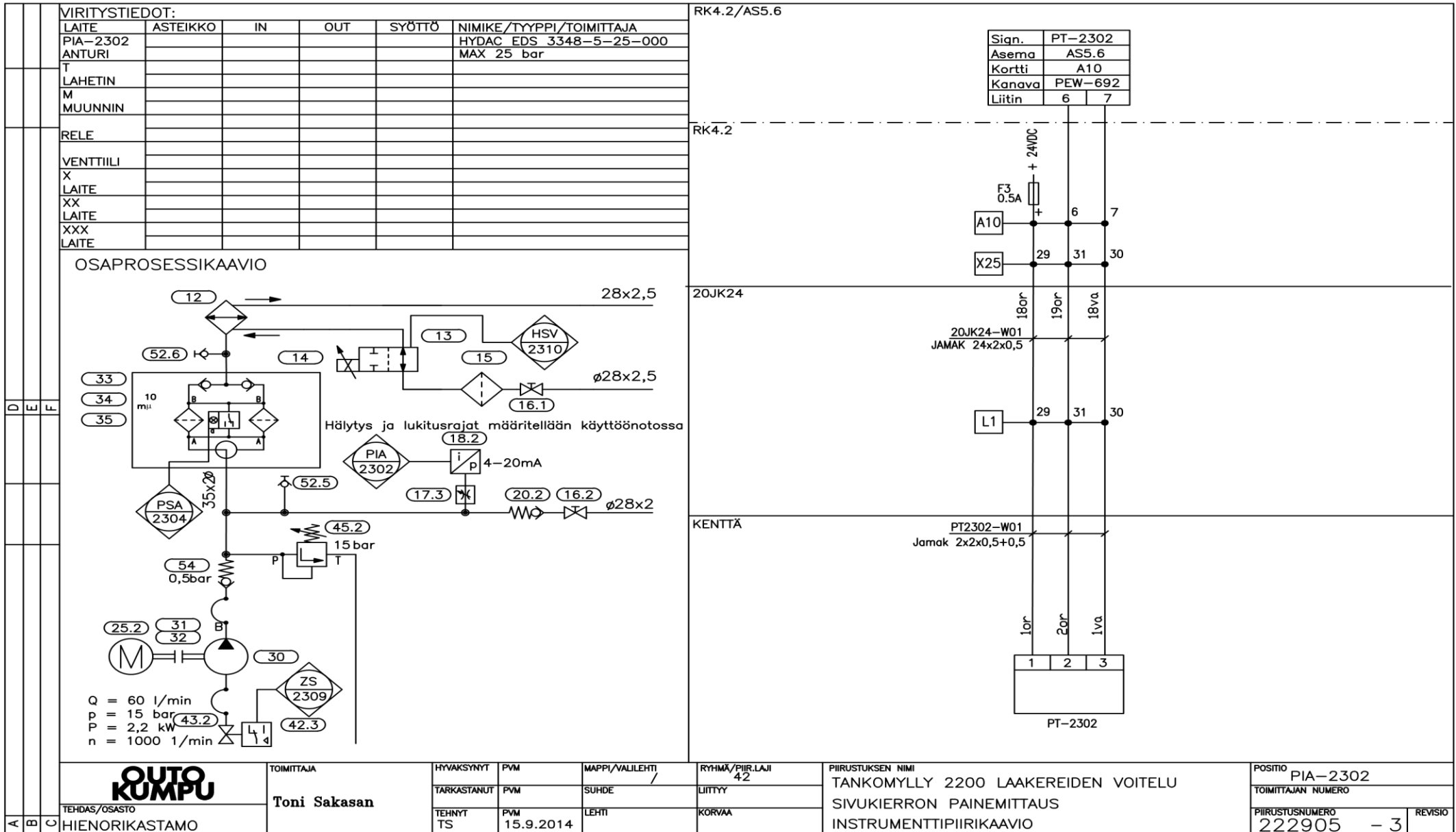
HYVAKSYNYT	PVM	MAPPI/VALILEHTI
TARKASTANUT	PVM	SUHDE
TEHNYT	PVM	LEHTI
TS	15.9.2014	

RYHMÄ/PIIR.LAJI	42
LIITTYY	
KORVAA	

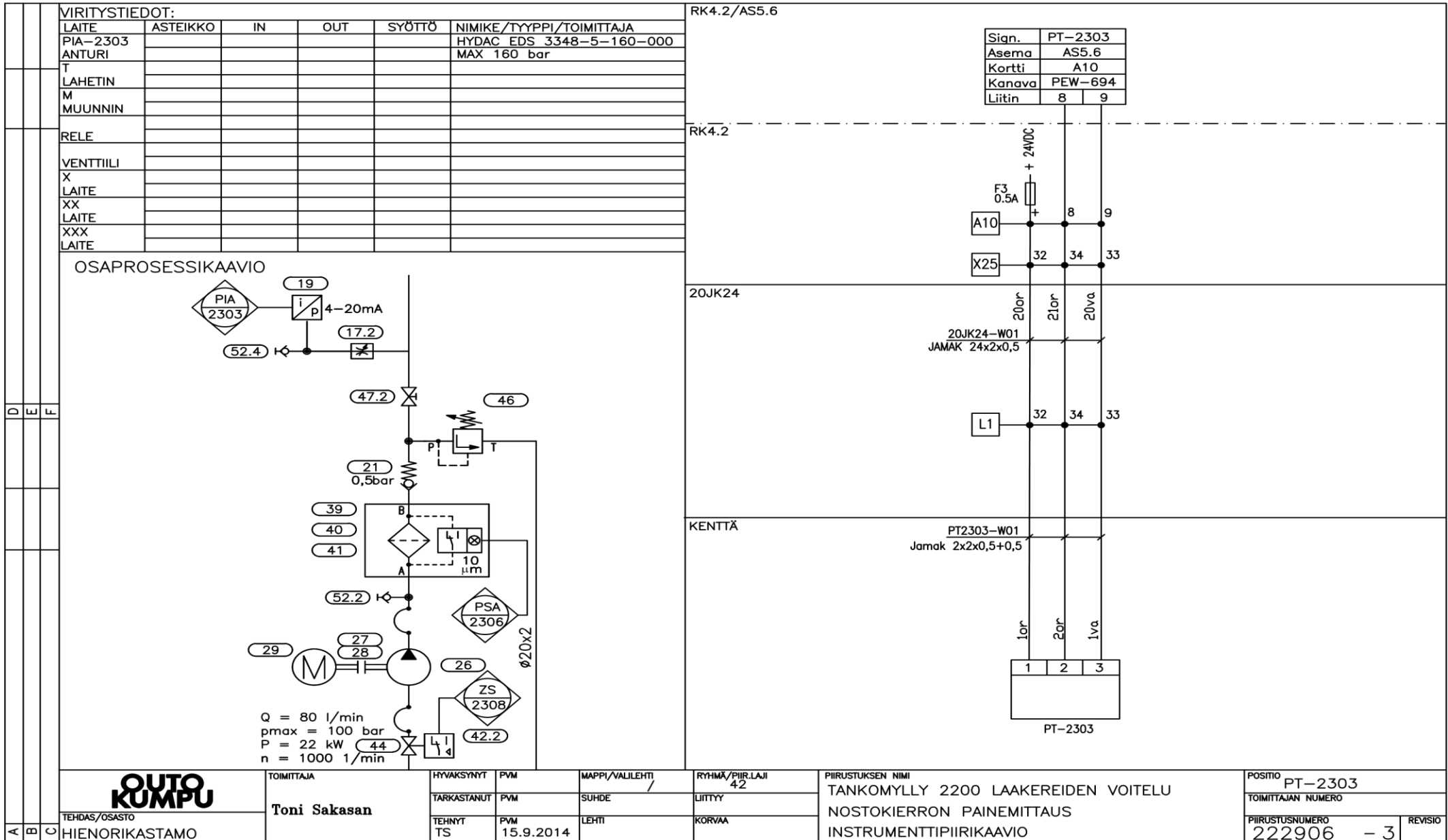
PIIRUSTUKSEN NIMI
 TANKOMYLLY 2200 LAAKEREIDEN VOITELU
 VOITELUKIERRON PAINEMITTAUS
 INSTRUMENTTIPIIRIKAAVIO

POSITIO	PIA-2301
TOIMITTAJAN NUMERO	
PIIRUSTUSNUMERO	222904 - 3
REVISIO	

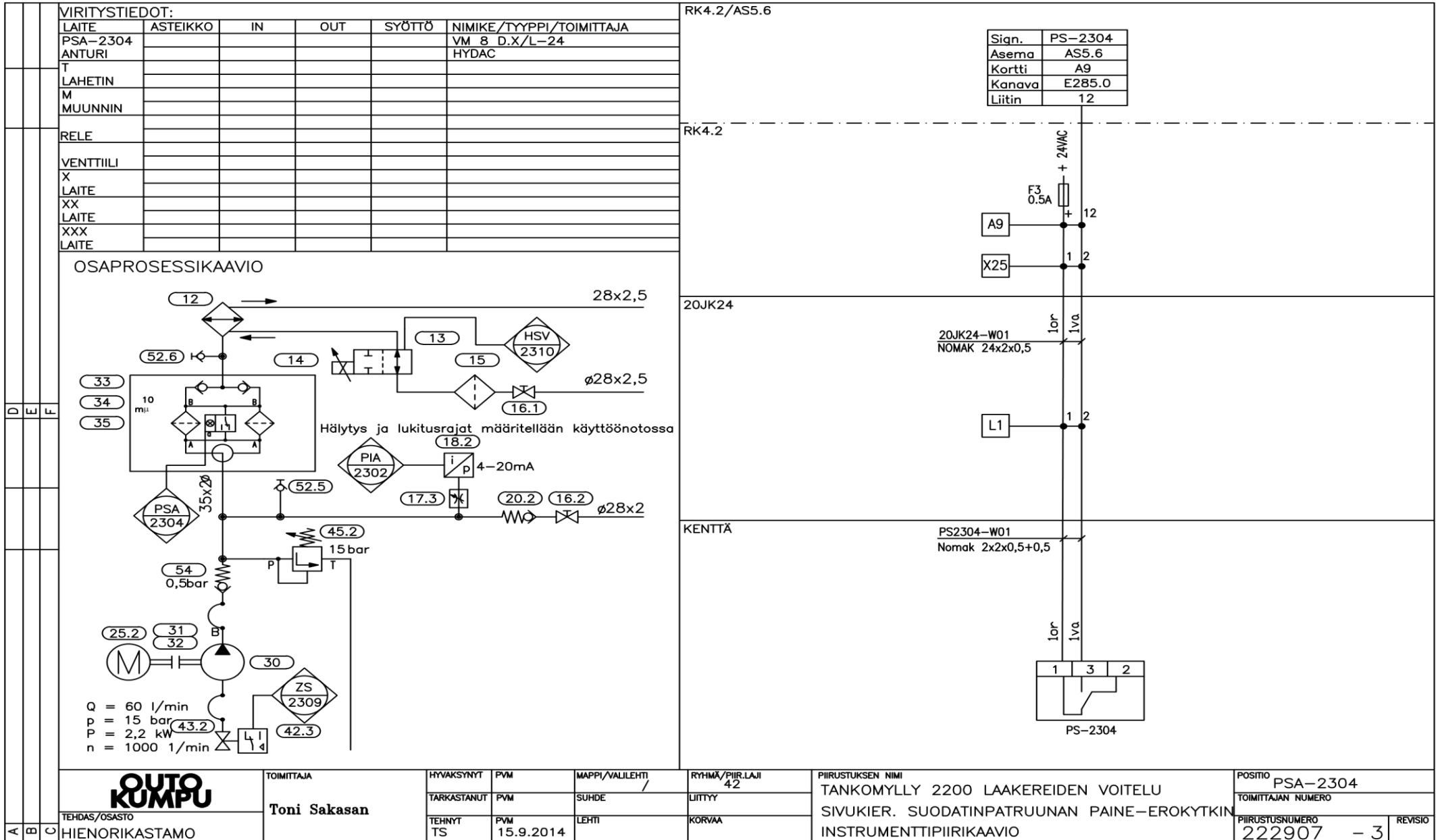
Liite 15 2(3)



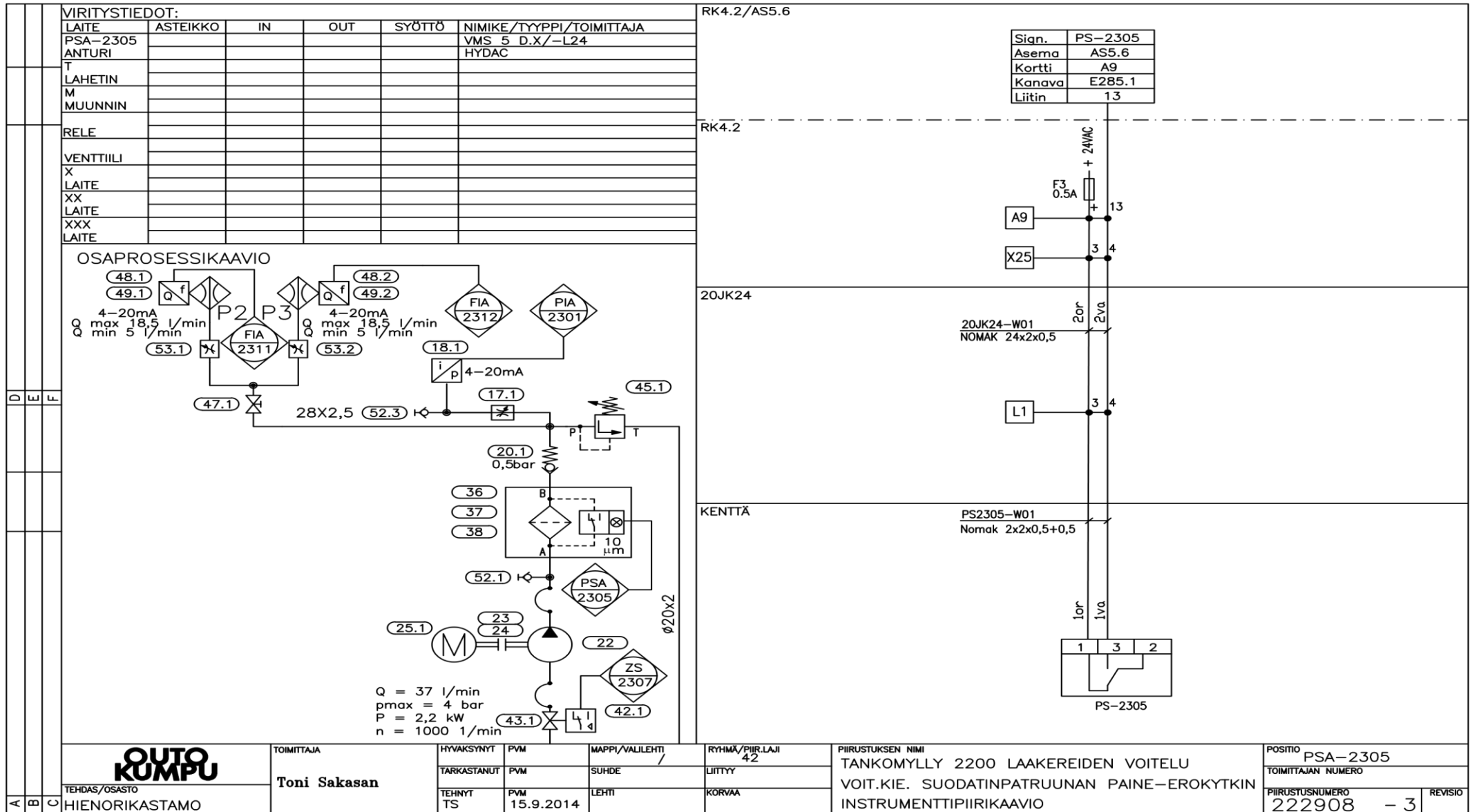
Liite 15 3(3)



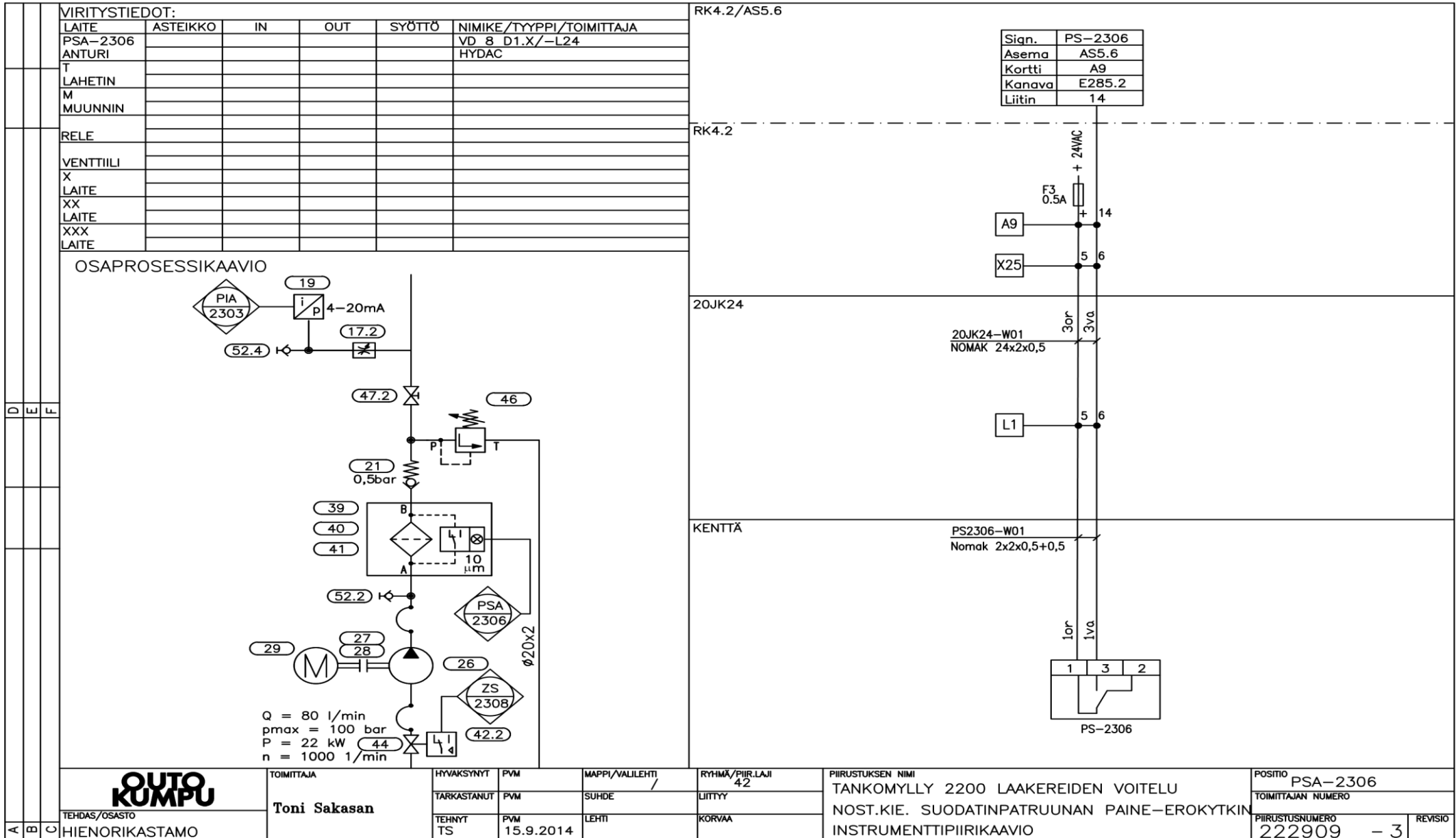
Liite 16 1(3)



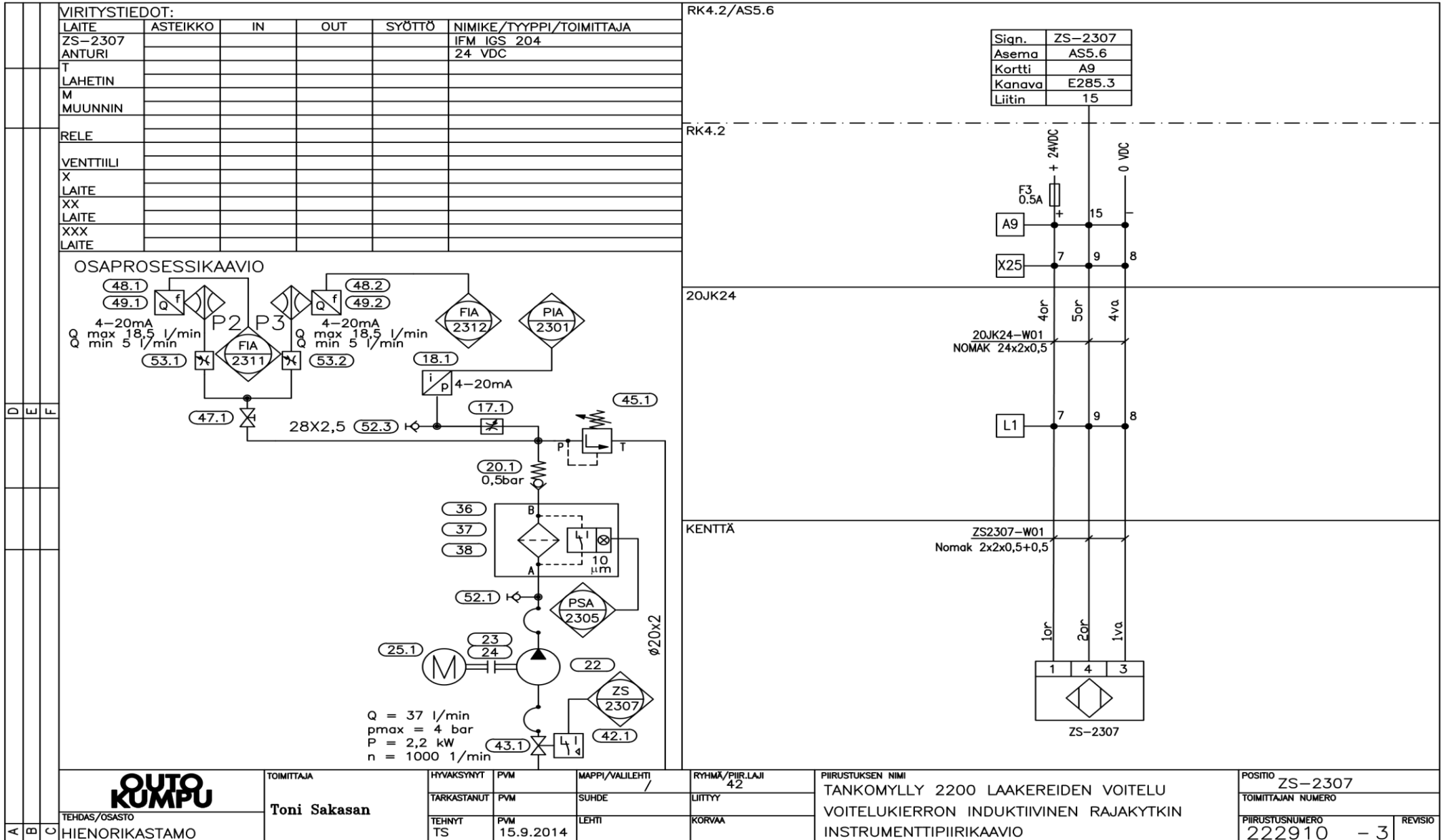
Liite 16 2(3)



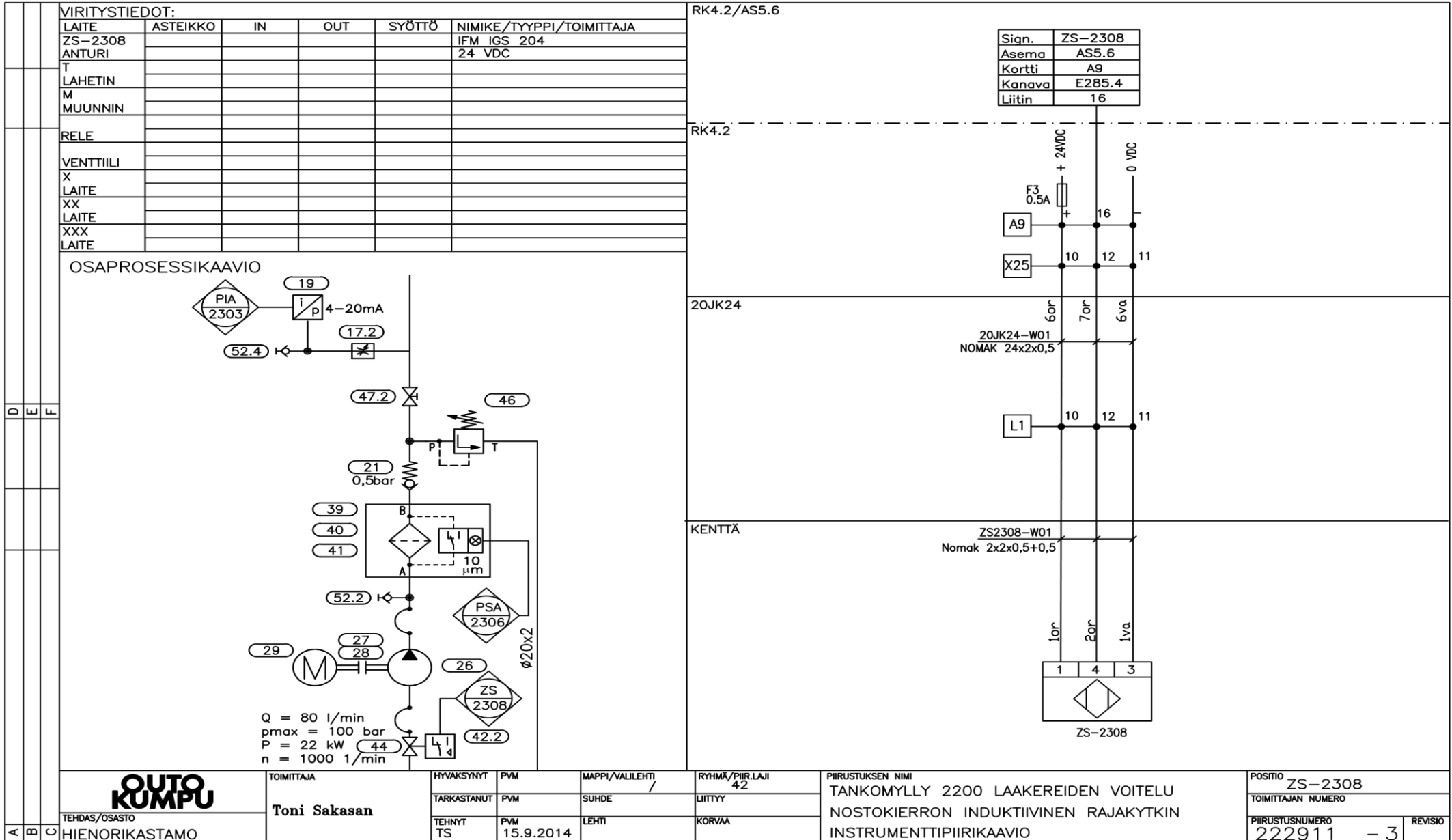
Liite 16 3(3)



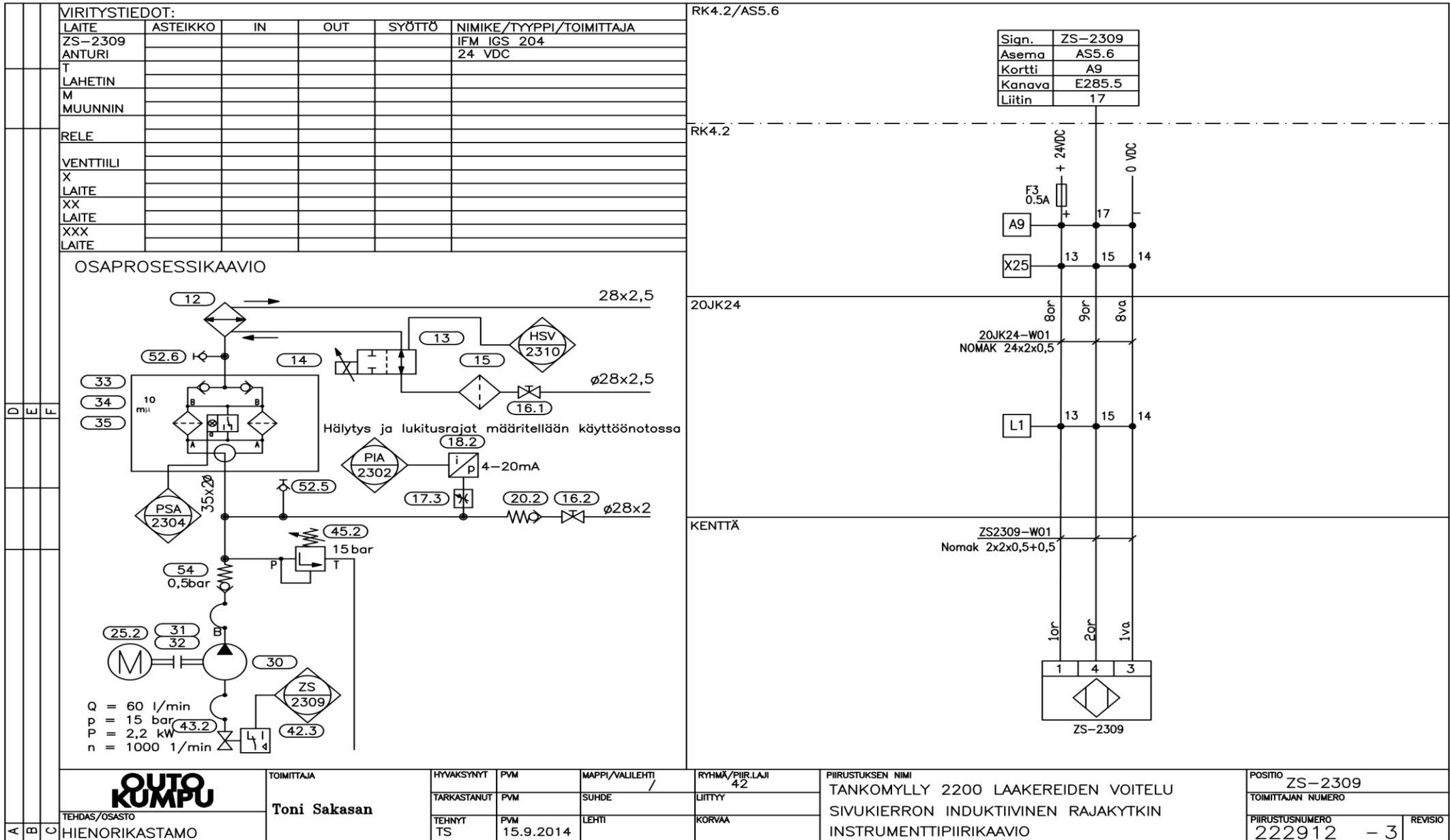
Liite 17 1(3)



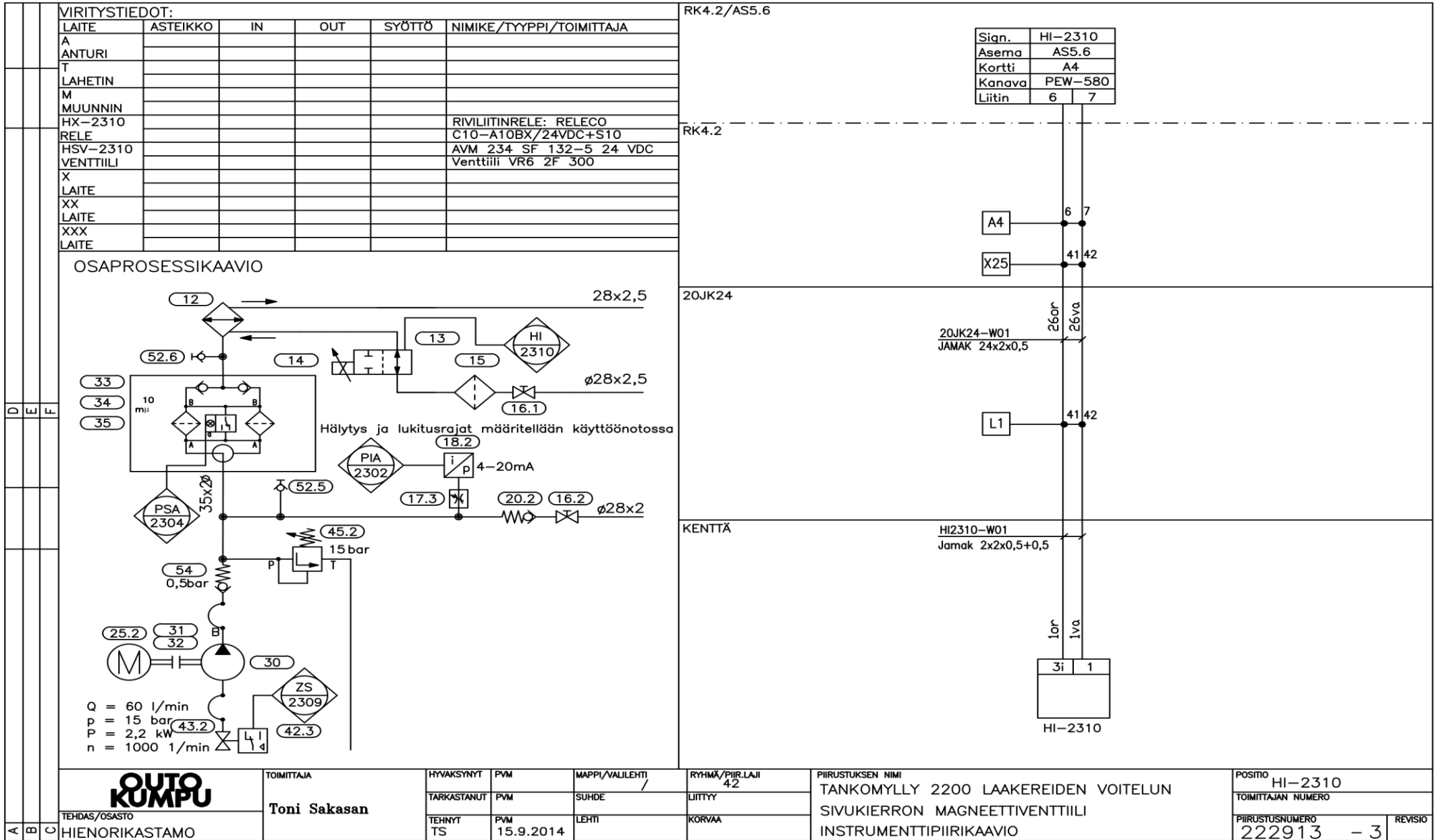
Liite 17 2(3)



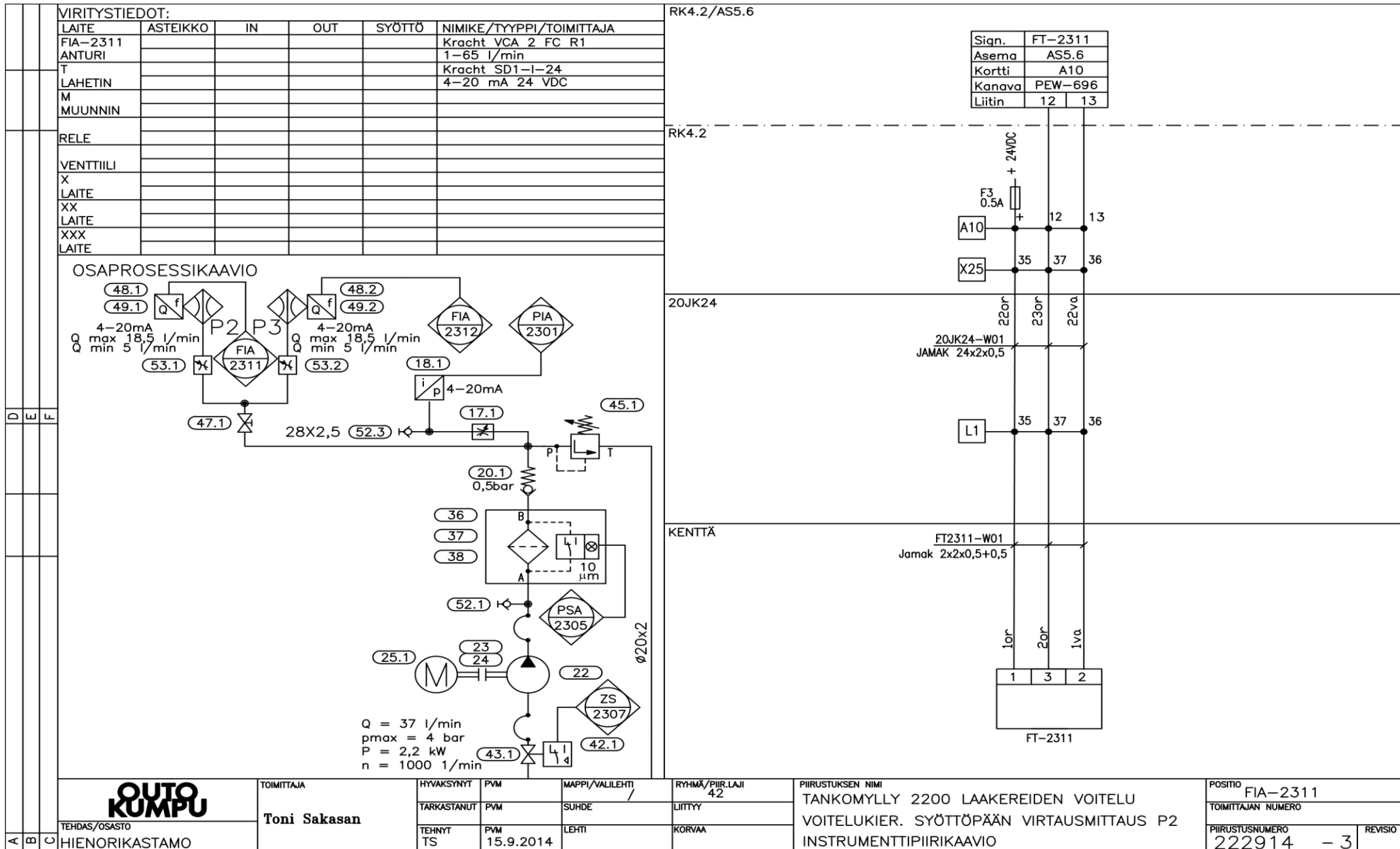
Liite 17 3(3)



Liite 18



Liite 19 1(2)



TEHDAS/OSASTO
HIENORIKASTAMO

TOIMITTAJA
Toni Sakasan

HYVÄKSYNYT	PVM	MAPPI/VALILEHTI	RYHMÄ/PIIR.LAJI
TARKASTANUT	PVM	SUHDE	LIITTY
TEHNYT	PVM	LEHTI	KORVAA
TS	15.9.2014		

PIIRUSTUKSEN NIMI
**TANKOMYLLY 2200 LAAKEREIDEN VOITELU
VOITELUKIER. SYÖTTÖPÄÄN VIRTAMITTAINEN P2
INSTRUMENTTIPIIRIKAAVIO**

POSITIO
FIA-2311

TOIMITTAJAN NUMERO

PIIRUSTUSNUMERO
222914 - 3

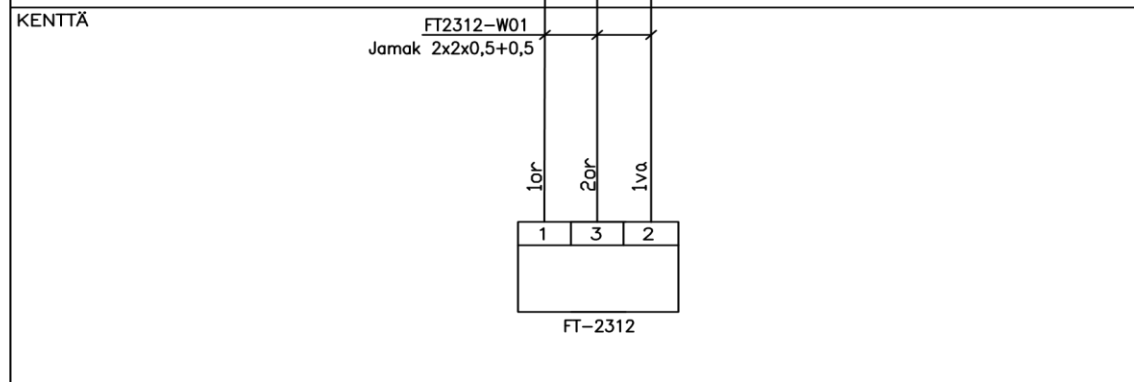
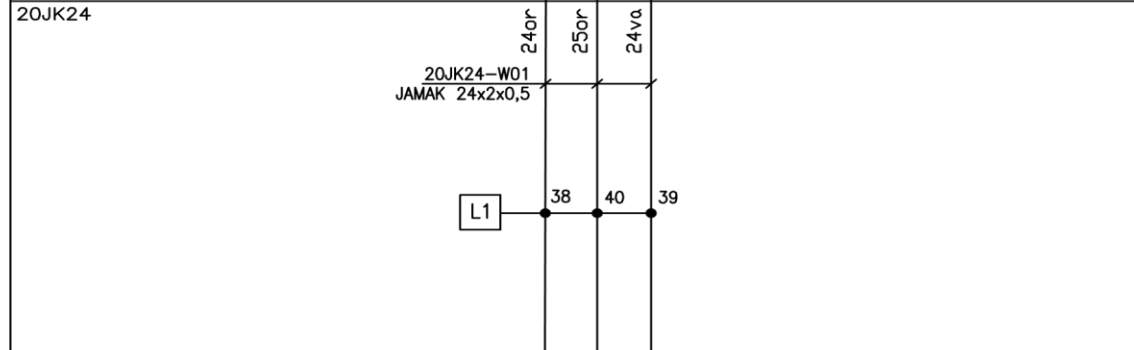
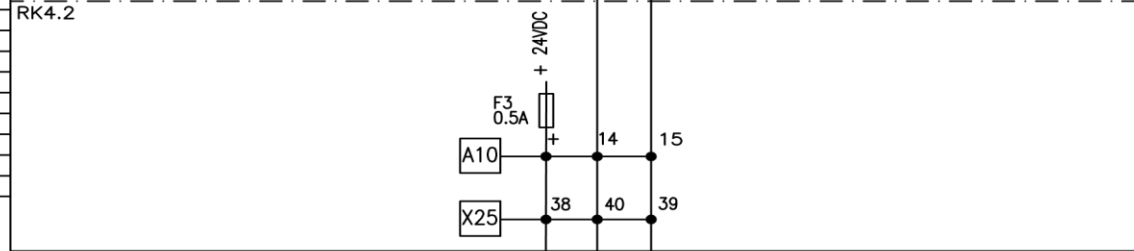
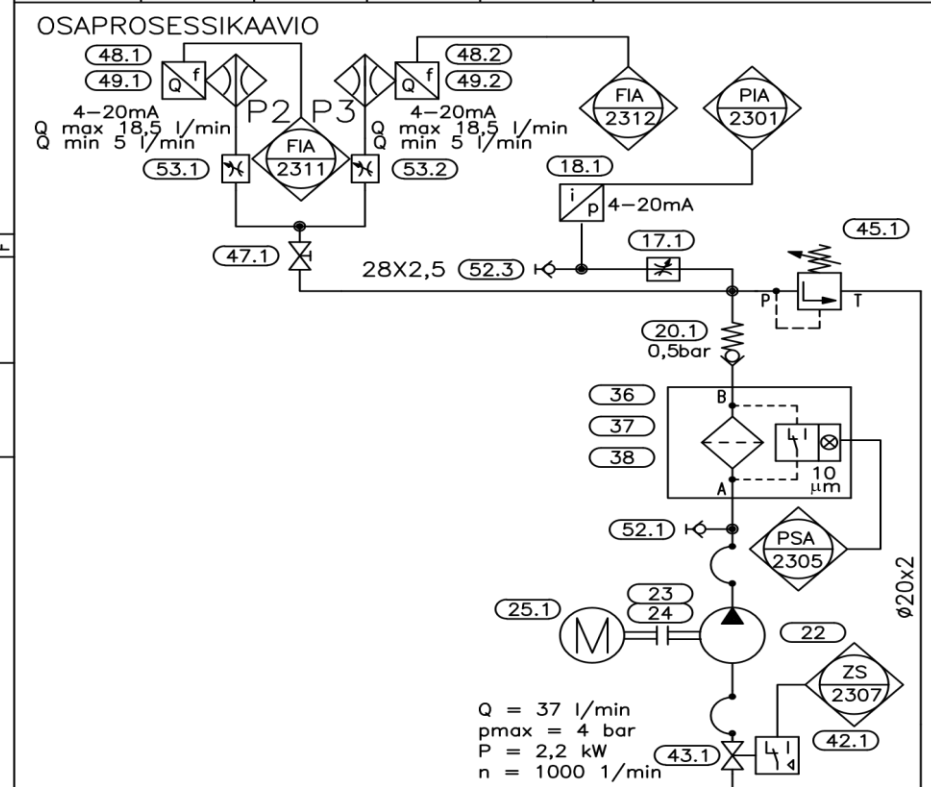
REVISIO

TIEDOSTO: 222914.dwg

Liite 19 2(2)

VIRITYSTIEDOT:					
LAITE	ASTEIKKO	IN	OUT	SYÖTÖ	NIMIKE/TYYPPI/TOIMITTAJA
FIA-2312					Kracht VCA 2 FC R1
ANTURI					1-65 l/min
T					Kracht SD1-I-24
LAHETIN					4-20 mA 24 VDC
M					
MUUNNIN					
RELE					
VENTTIILI					
X					
LAITE					
XX					
LAITE					
XXX					
LAITE					

RK4.2/AS5.6		
Sign.	FT-2312	
Asema	AS5.6	
Kortti	A10	
Kanava	PEW-698	
Liitin	14	15

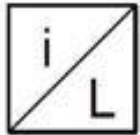


	TOIMITTAJA	HYVÄKSYNYT	PVM	MAPPI/VALILEHTI	RYHMÄ/PIIR.LAJI	PIIRUSTUKSEN NIMI	POSITIO
	Toni Sakasan	TARKASTANUT	PVM	SUHDE	42	TANKOMYLLY 2200 LAAKEREIDEN VOITELU	FIA-2312
	TEHDAS/OSASTO	TEHNYT	PVM	LEHTI	KORVAA	VOITELUKIER. PURKUPÄÄN VIRTAAUSMITTAUS P3	TOIMITTAJAN NUMERO
HIENORIKASTAMO		TS	15.9.2014			INSTRUMENTTIPIIRIKAAVIO	PIIRUSTUSNUMERO
							222915 - 3
							REVISIO

Liite 20 1(2)



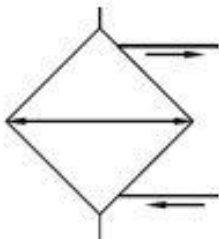
Paineenmittaus



Pinnanmittaus



Lämpötilamittaus



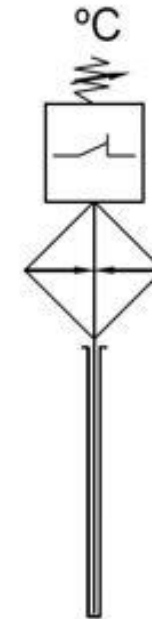
Jäähdytin



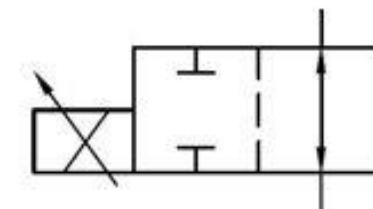
Kuristin



Käsiventtiili

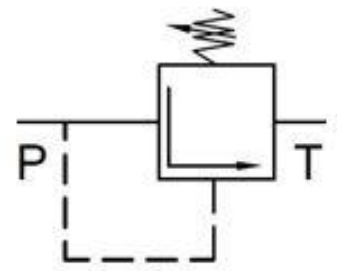


Lämmitin/lämmitysvastus

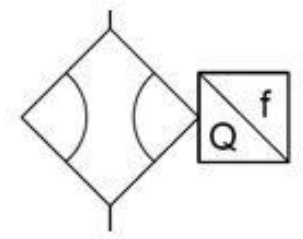


Magneettiventtiili

Liite 20 2(2)



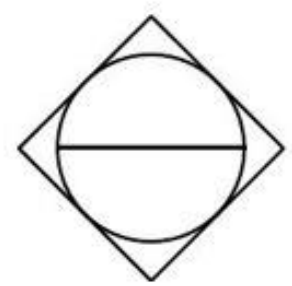
Paineenrajoitin



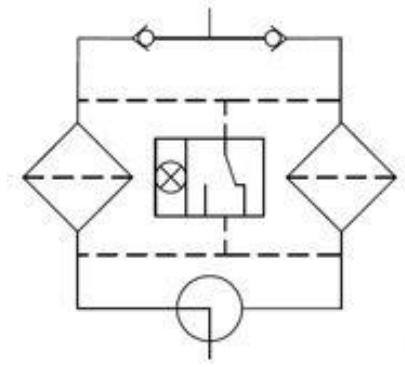
Virtausmittaus



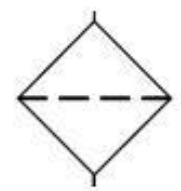
Vastaventtiili



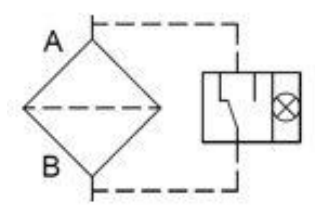
Ohjelmoitava logiikka, valvomo-ohjaus



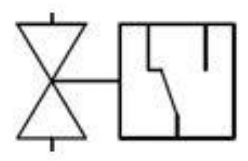
Rinnakkaissuodattimet paine-ero kytkimellä + vastaventtiilit



Suodatin



Suodatin paine-ero kytkimellä



Venttiili rajakytkimellä (vasen venttiili, oikea rajakytkin)