

Heli Rosnell

PUUNKYLLÄSTYSLINJAN AUTOMATISOINNIN
TOTEUTUSSUUNNITELMA

Automaatiotekniikan koulutusohjelma
2018

PUUNKYLLÄSTYSLINJAN AUTOMATISOINNIN TOTEUTUSSUUNNITELMA

Rosnell, Heli
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2018
Ohjaaja: Suvela, Timo
Sivumäärä: 31
Liitteitä: 3

Asiasanat: modernisointi, painekyllästäminen, piirikaaviosuunnittelu

Tämä opinnäytetyö käsittelee painekyllästäjän yhden tuotantolinjan modernisointia. Kyseisen painekyllästäjän muut linjat ovat modernisoitu jo aiemmin. Modernisoinnin yhteydessä linjan ohjausjärjestelmä suunnitellaan korvattavaksi nykyisestä PC-pohjaisesta ohjauksesta ohjelmoitavan logiikan (*PLC, programmable logic controller*) ohjaukseen.

Tuotantolinjasta ei ollut olemassa ajantasaista dokumentaatiota ja tästä syystä työ sisälsi paljon kentällä tapahtuvaa kartoitustyötä. Kartoituksessa selvitin käytössä olevia moottoreita, venttiileitä ja putkilinjoja prosessivaihekohtaisesti. Työ eteni kartoitusvaiheesta virtauskaavioon, virtauskaaviosta PI-kaavioon ja PI-kaaviosta piirikaavioon.

Piirikaavio on modernisointisuunnitelman olennaisin dokumentti. Koska linjan keskukset komponentteineen vaativat uusimista, en ryhtynyt selvittämään vanhojen dokumentoimattomien keskusten kytkentöjä, vaan laadin kokonaan uudet piirikaaviot, huomioiden modernisoinnin yhteydessä tehtävät muutokset.

Tämän työn pohjalta on mahdollista ryhtyä viemään modernisointiprojektia eteenpäin, kun sen toteuttaminen tulee ajankohtaiseksi.

IMPLEMENTATION PLAN OF WOOD IMPREGNATION LINE'S AUTOMATION

Rosnell, Heli

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Automation

May 2018

Supervisor: Suvela, Timo

Number of pages: 31

Appendices: 3

Keywords: modernization, pressure treatment, circuit diagram planning

The purpose of this thesis was to create a modernization plan of a certain line in a pressure treatment plant. The other process lines of this plant have been modernized before. As a part of the modernization the line's operation system is to be replaced from current PC operation to PLC (*programmable logic controller*) operation.

There wasn't much documentation about the line and therefore this thesis included much on-field analysis work. I clarified which motors, valves and pipe lines were still in use. The analysis work proceeded from on-field work to a flow diagram, from flow diagram to a PI-diagram and from PI-diagram to a circuit diagram.

The circuit diagram is the most essential document of this thesis. Since the line's switchboards needed to be renewed, I didn't study the undocumented switchboards, but I designed new circuit diagrams, taking into account the modernization changes.

Based on this thesis, it's possible to drive the modernization project forward, when the implementation comes topical.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	KESTOPUU	6
2.1	Kestopuun käyttö	6
2.2	Suojausluokat.....	6
3	ERILAISIA KYLLÄSTYSPROSESSEJA	7
3.1	Kemikaalit.....	7
3.2	Bethell-prosessi.....	8
3.3	Lowry-prosessi.....	8
3.4	LOSP-prosessi.....	9
3.5	Boulton-prosessi	9
3.6	Rüping-prosessi.....	10
4	KYLLÄSTYSLINJA.....	10
4.1	Raportointia kyllästyslinjasta.....	10
5	KYLLÄSTYSPROSESSI	13
5.1	Selvitystyö.....	13
5.2	Prosessivaiheet	14
6	SUUNNITTELU	16
6.1	Virtauskaavio	16
6.2	PI-kaavio	17
6.2.1	PI-kaavion piirtäminen	18
6.2.2	Linjan mittaukset ja ohjaukset.....	19
6.3	Piirikaaviosuunnittelu	21
6.3.1	Jäsentelytapoja.....	22
6.3.2	Komponenttien kirjaintunnukset	24
6.3.3	Piirikaavion piirtäminen	25
6.3.4	Moottoriohjauskeskus, MK1	25
6.3.5	Automaatiokeskus AK1.....	26
6.3.6	Magneettiventtiilikeskus MVK1	27
6.3.7	Operointipaneli OP1	27
6.3.8	Luukkujen ohjaukotelot OP2 ja OP3	27
6.3.9	Kaapelointi	27
6.3.10	Yleistä piirikaaviosta.....	28
7	LOPPUPÄÄTELMÄT	29
	LÄHTEET	30
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö toteutettiin Power Instruments Oy:lle. Power Instruments Oy on porilainen vuodesta 2001 toiminut, 15 henkeä työllistävä sähkö- ja automaatioalan yritys. Toimipisteet sijaitsevat sekä Porissa, että Tampereella.

Power Instruments Oy:llä on asiakaskuntaa sekä julkisella, että yksityisellä sektorilla, teollisuuden eri aloilla. Palveluihin kuuluu suunnittelutyön lisäksi joustavasti myös asennustyötä ja konsultointipalveluita. Sähkö- ja automaatioprojektien lisäksi yrityksessä tehdään myös ohjelmistosuunnittelua.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia toteutussuunnitelma painekyllästämön kyllästyslinjan automaation modernisoinnista. Kyseisessä kyllästyksessä on kolme muutakin linjaa, joiden ohjausjärjestelmät oli jo aiemmin modernisoitu. Työtä hankaloitti se seikka, ettei tuotantolinjasta ollut olemassa ajantasaista dokumentaatiota.

Työ alkoi kyllästyslinjan toimintojen, laitteiston ja putkilinjojen hahmottamisella. Tämän perusteella pystyin laatimaan virtaus- ja PI-kaavion, joiden pohjalta tein piirikaavion linjan sähköistyksestä ja ohjauksista.

Opinnäytetyössä sivutaan hieman erilaisia kyllästysprosesseja, mutta pääpaino työssä kuitenkin on kohdelinjan kartoitustyöt ja sitä seurannut dokumentointi kaavioineen ja suunnitelmineen.

2 KESTOPUU

2.1 Kestopuun käyttö

Kestopuu on painekyllästettyä puuta. Paineekyllästämisen tapahtuu kyllästysylinterissä, jossa painevaihteluiden avulla puumateriaaliin ajetaan kyllästysainetta. Kestopuuta tarvitaan, kun rakenteellisin keinoin ei pystytä takaamaan riittävää suojausta puumateriaalille. Sääolosuhteet asettavat omat vaatimuksensa ulkorakentamisessa käytettävälle puutavaralle.

Paineekyllästys estää sekä hidastaa erilaisten sienten ja bakteerien aiheuttaman puun tuhoutumisen. Kestopuun käyttöikä on 3-5 kertaa pidempi kuin kyllästämättömän puun. (Puuinfon www-sivut 2017 (1))

Kestopuuta on saatavissa sekä vihreän, että ruskean värisenä. Suomessa käytettävät kyllästysaineet ovat kuparipohjaisia ja vihreä väri onkin kuparista peräisin. Ruskeaksi kyllästettyyn puuhun taas on lisätty kyllästysaineen lisäksi erillistä väriainetta. Kyllästettävä puumateriaali on yksinomaan mäntyä, joka on solukkorakenteeltaan kyllästykseen sopiva puulaji. (Puuinfon www-sivut 2017 (1))

2.2 Suojausluokat

Suomessa puuta kyllästetään suojausluokkiin NTR A ja NTR AB. NTR (Nordiska Trädskysrådet) on Pohjoismainen puunsuojausneuvosto jonka standardeihin kyllästämisen Suomessa perustuu. NTR:llä on myös suojausluokka B, mutta tähän luokkaan ei Suomessa kyllästetä. NTR:n standardien mukaan kyllästeen on imeydyttävä koko pintapuukerroksen läpi. Itse sydänpuu ei kyllästy, mutta se on laadultaan huomattavasti pintapuuta kestävämpää. (Puuinfon www-sivut 2017 (2))

Noin 70 % kestopuusta on AB-luokkaa, 30 % on A-luokkaa. Kyllästeaine molemmissa on sama, mutta A-luokan kestopuussa kyllästettä on enemmän.

AB-luokan kestopuu on tarkoitettu maanpinnan yläpuoliseen ulkorakentamiseen. Alle 48 mm sahatavara kyllästetään tähän luokkaan. Tunnuksena AB-luokalla on keltainen lipuke. A-luokan kestopuuta käytetään maa- ja vesikosketuksen, sekä erityistä tukeaa vaativissa ja kantavissa rakenteissa. 48mm ja sitä paksumpi sahatavara kyllästetään A-luokkaan. Tunnuksena A-luokan kestopuulla on valkoinen lipuke. (Puuinfon www-sivut 2017 (2))



Kuva 1. Kyllästettyä AB-luokan puutavaraa.

3 ERILAISIA KYLLÄSTYSPROSESSEJA

3.1 Kemikaalit

Suomessa kyllästäminen tapahtuu pääasiassa perinteisellä kyllästysmenetelmällä (Bethell-prosessi), kupariyhdisteitä kyllästeaineena käyttäen. Kuitenkin myös muunlaisia kyllästysprosesseja on olemassa.

Käytettävät kemikaalit määrittävät prosessityypin. Erilaisia prosessityyppejä ovat: Bethell-, Boulton-, Rüping-, Lowry-, LOSP-, OHT-prosessi. Kemikaalit ja prosessityyppi määrittävät laitevalinnat ja vaadittavat turvamenetelmät. Osa menetelmistä edellyttää ATEX-tiloja ja laitteita. (Boren, Väärä, 2012, 13)

3.2 Bethell-prosessi

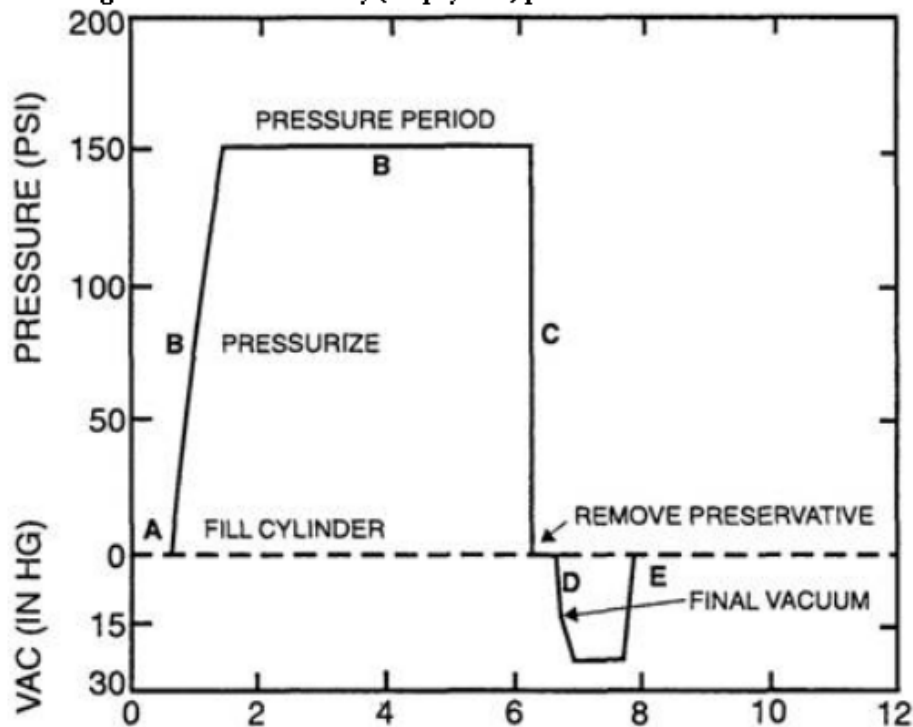
Bethell-prosessissa kyllästys aloitetaan imemällä sylinteriin alkutyhjö, jolloin myös puutavaran solukkoon muodostuu alipaine. Alkutyhjön jälkeen aloitetaan painevaihe. Paineistuksessa puun solukkoon imeytyy kyllästeainetta. Kun painevaihetta (n. 12 bar) on ylläpidetty tarpeeksi kauan tyhjitään sylinteri ja lopuksi imetään lopputyhjö, jotta ylimääräinen kylläste saadaan pois puusta. (Boren, Väärä, 2012, 14, 15) Bethell-prosessia kutsutaan myös nimellä täyssoluprosessi (*full cell process*). Prosessin on kehittänyt John Bethell 1838. Täyssoluprosessissa kaikki solukkuun muodostunut ilma saadaan korvattua kyllästeaineella. Täyssolumenetelmä on kaikista tehokkain kyllästysmenetelmä. (Mihilaka Foresty Servicen www-sivut)

3.3 Lowry-prosessi

Lowry-prosessi on Bethell-prosessin kaltainen, mutta siinä ei imetä lainkaan alkutyhjöä. Näin ollen ei puun solukkoon muodostu alipainetta ja tällöin myös puuhun imeytyvä kyllästämäärä jää vähäisemmäksi kuin Bethell-prosesissa. (Boren, Väärä, 2012, 14,15)

Lowry-prosessi on tyypiltään tyhjäsoluprosessi (*empty cell process*), nimitys on kuitenkin huono, koska solukko on kuitenkin osin täyttynyt kyllästeaineella. (Mihilaka Foresty Servicen www-sivut)

Treating schedule of the Lowry (empty cell) process.



Kuva 2. Lowry-prosessin kuvaaja. (Mihilaka Foresty Servicen www-sivut)

3.4 LOSP-prosessi

LOSP-prosesissa kyllästys tapahtuu Bethell- tai Lowry-metodilla, mutta kyllästeliuos ei ole vesi- vaan liuotinpohjainen. (LOSP = Light Organic Solvent-borne Preservative) LOSP-prosessi edellyttää ATEX-laitteistoa. (Boren, Väärä, 2012, 15,16)

3.5 Boulton-prosessi

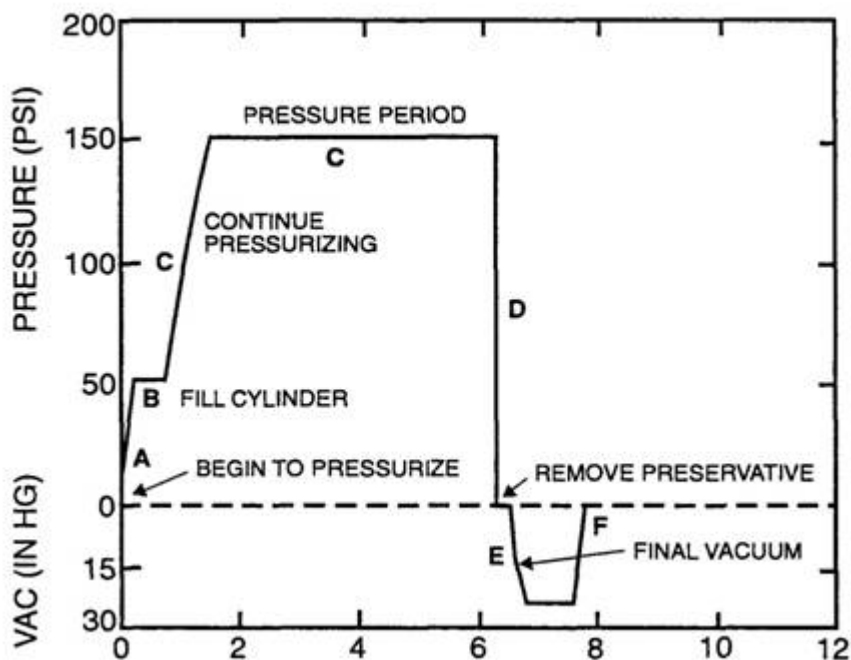
Boulton-prosessissa kyllästeaineena toimii kuuma öljy. Puutavaraa lämmitetään kuumalla öljyllä ennen varsinaista kyllästysprosessia. Lämmityksen jälkeen alipaineistuksella poistetaan puusta kosteutta ja kyllästeainetta. Tämän jälkeen tulee tehdä vielä erillinen kyllästysprosessi. (Boren, Väärä, 2012, 16)

Myöskin OHT (Oil Heat Treatment)-prosessissa käsittely nimensä mukaisesti tapahtuu kuumalla öljyllä. OHT-prosessia voi edeltää Boulton-käsittely

3.6 Rűping-prosessi

Rűping-prosessi on Bethell- ja Lowry-prosessien kaltainen, mutta siinä ei ole alkutyhjöö. Lowry- ja Rűping-prosesseja käytetään kreosoottiöljyillä, PCP:llä ja kreosyytti/PCP-seoksilla. Rűping-prosessi on myös niin kutsuttu tyhjäsolumprosessi (Mihilaka Foresty Servicen www-sivut)

Treating schedule of the Rueping (empty cell) process.



Kuva 3. Rűping-prosessin kuvaaja. (Mihilaka Foresty Servicen www-sivut)

4 KYLLÄSTYSLINJA

4.1 Raportointia kyllästyslinjasta

Kyllästämissä on neljä painekyllästyslinjaa; A, B, C ja D. Opinnäytetyössä tarkastelu- ja suunnittelukohteena on D-linja.

D-linjalla kyllästetään nykyään vain ruskeaksi värjättävää puutavaraa. Kyllästettävä puumateria on mäntyä. Linjalla puuta kyllästetään sekä A, että AB-luokkaan. Kyllästysaineena ACQ-kylläste, joka kuuluu C-tyyppin kyllästeaineisiin.

Kerralla kyllästettävän puutavaran määrä vaihtelee hieman riippuen puutavaran tyypistä. Kyllästyssylinterin maksimikertakyllästyskapasiteetti on hieman vajaa parikymmentä kuutiota.

Linjan kyllästyssylinterin molemmissa päissä on avattavat luukut, joten sylinterin lastaus ja tyhjennys on mahdollista suorittaa kummasta tahansa päästä.



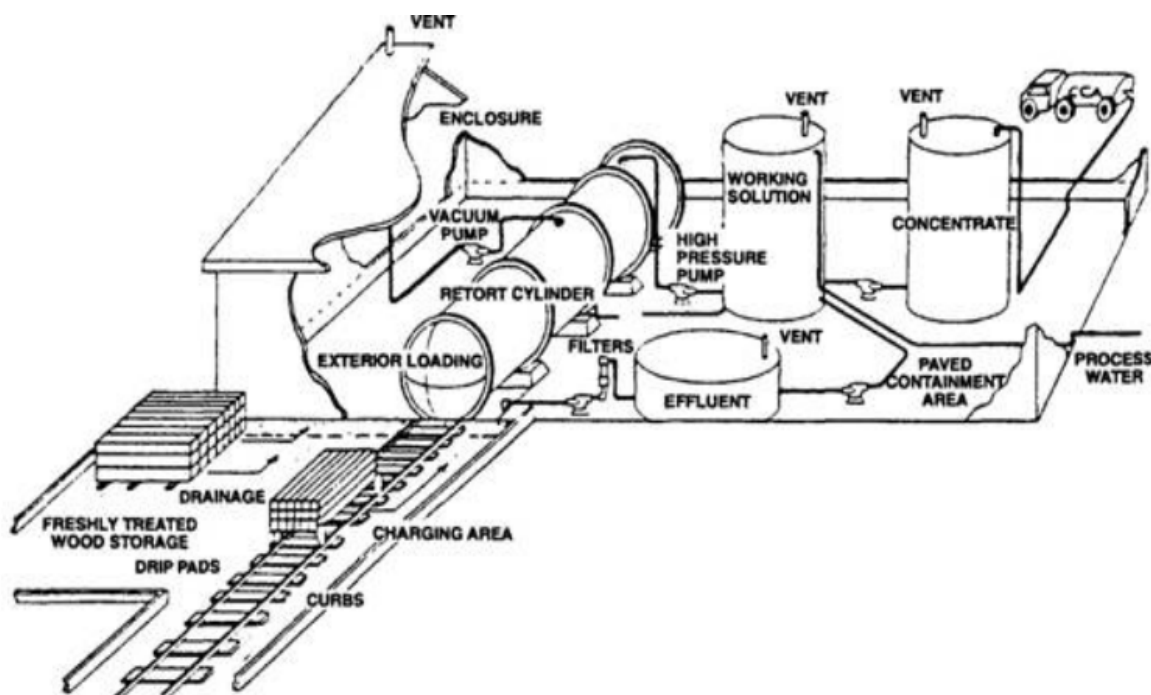
Kuva 4. Kyllästettyä puutavaraa sylinterissä.

Linjalla on aiemmin ollut viisi erillistä säiliötä; kaksi säiliötä valmiille käyttöliuokselle, kaksi säiliötä tihenteelle eli laimentamattomalle kyllästeaineelle ja kiinnityssäiliö, johon mm. alueen sadevesikaivosta ohjautuu vesi. Säiliöitä on sittemmin yhdistetty. Käyttöliuossäiliöt 1 (T300) ja 2 (T400) on yhdistetty putkella yhteen (Liite 1.). Myös tihennesäiliöt (T200 ja T210) ovat yhdistetty yhdeksi säiliöksi.

Käyttöliuoksen valmistamista ohjaa erillinen PLC (*ohjelmoitava logiikka*), kun itse prosessin toimintaa taas ohjaa PC-pohjainen laitteisto. Kyllästyslinjan modernisoinnin yhteydessä on koko linjan ohjaus on tarkoitus muttaa yhden PLC:n ohjaamaksi.

Käyttöliuokseen tulee tihenteen ja veden lisäksi homeenestoaainetta ja väriainetta kuutiometrin siirrettävistä muovisäiliöistä.

Alla on käsitteellinen kuva kyllästyslaitoksesta. Kuvasta käy ilmi kyllästyslaitoksen olennaiset säiliöt. Kuvassa kyllästeaineena CCA-kylläste, joka on kromikupariarseeniyhdiste. C-tyypin kyllästeessä tehoaineena on kupari, mutta kyllästysprosessi on samanlainen kuin CCA-kyllästettä käytettäessäkin.



Kuva 5. Kyllästyslaitoksen käsitteellinen kuva.
(Mihilaka Foresty Servicen www-sivut.)

5 KYLLÄSTYSPROSESSI

5.1 Selvitystyö

Kyllästyslinjasta ei ollut olemassa paljoakaan dokumentaatiota. Esimerkiksi piirikaaviota, virtauskaavioita tai PI-kaaviota ei ollut. Valvomon käyttöliittymä sekä eräänlainen manuaali, joka linjasta löytyi toimivat ohjenuorana selvitystyötä tehtäessä. Linjan sähkökeskuksia, -keskusten komponentteja tai kentällä olevia toimilaitteita tai toimielimiä ei oltu merkattu millään tavoin.

Käyttöliittymästä kävi ilmi mm. prosessin vaiheet ja niiden kesto sekä prosessikuvaaja. Käyttöliittymän prosessikaavio oli sinällään kuitenkin riittämätön esim. virtaus- tai PI-kaavion pohjaksi. Prosessikaavio oli tehty kyllästysprosessin kuvaamiseen, mutta linja oli aikanaan siirretty muualta nykyiseen sijaintiinsa ja tässä yhteydessä on linjan laite- ja säiliökokoonpano muuttunut. Myös osa putkistosta ja venttiileistä sekä toimilaitteista oli poistettu ajan saatossa käytöstä, mutta jätetty kuitenkin paikalleen.

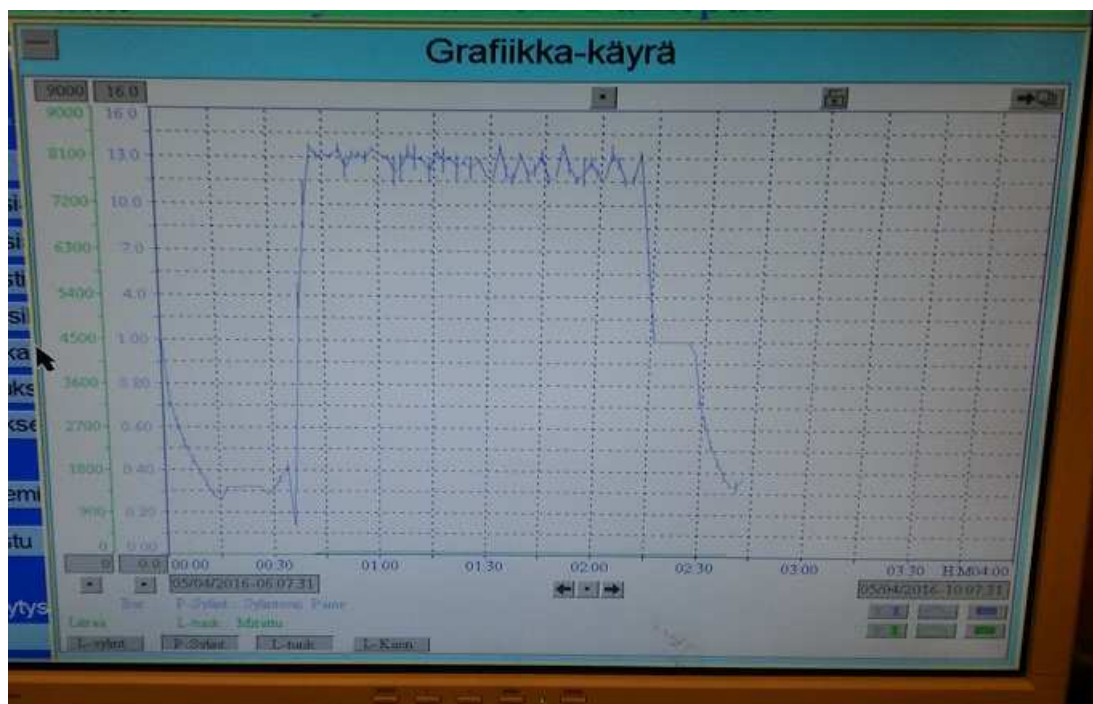
Useiden käyntien jälkeen prosessi laitteineen alkoi olla kattavasti hahmotettu. Seurasin prosessinkulkua sekä kentällä laitteiden toimintaa tarkkaillen, että myös käyttöliittymän vaiheita havainnoiden. Merkkasin pumppuja, venttiileitä ja säiliöitä keltaisella teipillä ja listasoin niille tunnuksen ja toiminnan. Tässä vaiheessa merkkamani positiot eivät olleet vielä samoja kuin suunnitteluvaiheessa käytetyt. Käytin kentällä pitkälti juoksevaa numerointia.

Eräs suurimpia kysymyksen aiheita oli käyttöliuoksen palautuminen säiliöihinsä tyhjennysvaiheen aikana. Palautukselle ei ollut erillistä poistopumppua. Selvisi kuitenkin, että alipainepumppua käytetään tuolloin alipaineen tuottamisen sijasta tuomaan ilmaa käyttöliuossylinteriin, jolloin tämä ilma painaa liuosta sylinteristä pois.

Seuraavassa kappaleessa prosessivaiheet käydään yksitellen läpi.

5.2 Prosessivaiheet

Kyllästysprosessi on aiemmin mainittu Bethell-prosessina tunnettu täyssoluprosessi. Alla paineen kuvaaja valvomon käyttöliittymästä. Kuvassa on menossa lopputyhjävaihe.



Kuva 6. Paineen kuvaaja.

Käyttöliuoksen valmistaminen:

Käyttöliuoksen sekoitusprosessi on oma erillinen prosessinsa joka ei valvomon käyttöliittymässä ollut seurattavissa. Käyttöliuosta valmistettaessa tihennettä, homeenesto- ja väriainetta pumpataan käyttöliiossäiliöön (T300&T400). Liuoksessa käytettävä vesi otetaan joko suoraan vesijohtoverkostosta (V001) tai pumpataan kiinnityssäiliöstä (T100), johon kyllästämöalueen sadevedet ohjautuvat. Yksi käyttöliuoserä riittää kolmesta neljään kyllästyserään.

Alkutyhjä:

Kun puutavara on lastattu kyllästysylinteriin (T500) ja luukut lukittu, aloitetaan tyhjän ajaminen tyhjöpumpulla (P7), joka on nesterengaspumppu. Pumppu

jäähdytetään jäähdytysväiliön vedellä. Jäähdytysväiliön pumppu (P7.1) käynnistyy automaattisesti tyhjöpumpun kanssa. Alkutyhjän aikana kyllästysväiliöön imetään n.0,3 barin suuruinen alipaine.

Täyttövaihe:

Kun alipaine on saavutettu, avautuu tyhjennys- / täyttöventtiilit (V501, V502) ja väiliö täyttyy alakautta käyttöväiuksesta, alipaineen voimalla. Tyhjöpumppu käy koko täyttövaiheen ajan, koska alipaine on pidettävä yllä koko tämän ajan. Tyhjösäiliö (T5) pintakytkiminen (LS50) valvoo, ettei tyhjöpumppuun pääse käyttöväiosta. Tyhjösäiliöstä pumpataan ylimääräistä nestettä kiinnitysväiliöön. Tyhjä imetään kyllästysväiliöön yläkautta. Samaa putkea pitkin tapahtuu myös paineistus, jolloin käyttöväiosta ajetaan väiliöön lisää.

Painevaihe:

Kun väiliö on täyttynyt käyttöväiuksesta ja täyttö-/tyhjennysventtiilit ovat sulkeutuneet, alkaa painepumpun (P8) ajama painevaihe. Painevaiheessa paine nousee n. 13 bariin. Paineenvapautusventtiili (V51) avautuu ja vapauttaa käyttöväiosta käyttöväiössäiliöön paineen noustessa korkeammaksi kuin haluttu kyllästyspaine on. Painevaihetta pidetään yllä n. 1,5-2h. Väiliöön ajettavan käyttöväioksen määrää mitataan virtausmittarilla (FIQ500).

Tyhjennysvaihe:

Kun puutavara on kyllästynyt, täyttö-/tyhjennysventtiilit avautuvat ja liuos palaa käyttöväiössäiliöihin; tyhjöpumppu pumppaa käyttöväiössäiliöön kautta ilmaa kyllästysväiliöön, tämä ilma painaa käyttöväiosta pois väiliöstä.

Lopputyhjä:

Wäiliöön tyhjentyä väiuksesta täyttö-/tyhjennysventtiilit sulkeutuvat ja tyhjöpumppu alkaa pumpata alipainetta. Väiliöön imetään suunnilleen alkutyhjän suuruinen alipaine, jotta puumateriaalissa oleva ylimääräinen kyllästeneste saadaan imettyä pois.

Ilmantasausvaihe:

Ilmantasausvaiheessa tyhjäpumppu pysähtyy ja sylinterin alipaine puretaan avaamalla ilmantasausventtiili.

Lopputyhjennysvaihe:

Lopputyhjennysvaiheessa lopputyhjössä puusta irronnut ylimääräinen kyllästeneste pumpataan pois lopputyhjennyspumppulla (P10) ja palautetaan käyttöliossäiliöihin. Sylinterin pohjassa on "kuppi" jonka tilaa anturi valvoo. Tämä varmistaa, ettei sylinterin ovia voi avata mikäli sylinterissä on vielä kyllästenestettä.

Sylinterin oviluukut toimivat hydraulikalla; lastausluiskaa, oven sulkeutumista ja sulkurengasta ohjataan sylinterin päädyissä olevista koteloista painonapein.

Kyllästetty puutavara vedetään kiskoja pitkin pois sylinteristä ja samalla kertaa uusi erä puutavaraa vedetään sisään sylinteriin.

6 SUUNNITTELU

6.1 Virtauskaavio

Kun prosessin kulku ja putkilinjat oli selvillä, pystyin tekemään prosessista virtauskaavion (Liite 1). Virtauskaaviosta käy ilmi prosessin säiliöt ja niiden väliset putkiliitännät, pumput ja aineiden virtaussuunnat. Venttiilit ja pumppujen positiot käyvät ilmi PI-kaaviosta.

6.2 PI-kaavio

Kansallisia standardisoijatahoja jotka määrittävät PI-kaavioidenkin informaatioisällön ja piirto- sekä merkintätavat ovat PSK Standardisointi ja Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry.

PSK:n standardit perustuvat kansainväisiin ja eurooppalaisiin tuotestandardeihin. PI-kaavioita koskevat standardit kuuluvat PSK:lla ryhmään 36: Prosessikaaviot ja merkinnät. (PSK Standardisoinnin www-sivut 2018). Käytössäni ei ollut PSK:n standardeja vaan tutkin SFS:n alla mainittuja standardeja.

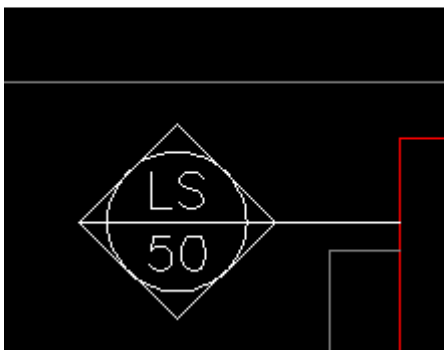
SFS-käsikirjaan Tekniset tuoteasiakirjat 22, osa 3 on koottu kaavioita koskevat standardit. Standardi 10628-2 käsittelee kaavioiden graafisia symboleja. Standardissa on runsaasti symboleita prosessiteollisuuden erilaisille laitteille ja säiliöille. Omassa työssäni en tarvinnut erikoisempia symboleita, vaan kyllästyksen PI-kaavioon riittivät CADS PI Standard-ohjelman symbolikirjastosta löytyvät tavallisimmat venttiili-, pumppu- ja säiliösymbolit. Standardissa SFS-ISO146114-6 käsitellään kaavioissa käytettäviä piirrosmerkkejä mittaus- ja ohjaustoimintojen osalta. Venttiilien ohjaustoimintaa ja signaalien kulun esittämistä on standardissa käsitelty erittäin yksityiskohtaisesti. Itselleni standardin olennaisin osuus oli mittasuureiden ja niiden toiminnan kirjainmääreet. Samaa asiaa käsitellään myös standardissa SFS-EN 1861. Käsikirjan standardeissa käsitelläänkin osin päällekkäisesti samoja aihealueita.

Instrumentoinnin tunnuskirjainten lisäksi merkintätavasta on luettavissa myös sijaintipaikka, eli onko mittaus vain paikallinen vai tulee tieto valvomoon. CADS PI Standard-ohjelmassa instrumentaation sijaintipaikkoja on käsitelty tarkkaan spesifioiden.

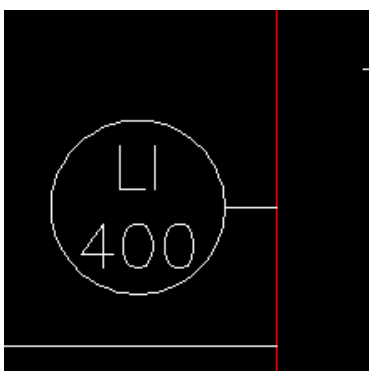
Kuvassa 7. näyky instrumentoinnin positio, josta voidaan päätellä sen käyttötarkoitus. Position kirjainyhdistelmä LS kertoo kyseessä olevan pinnankorkeuskytkin. Ensimmäinen kirjain kertoo mitattavan suureen, seuraavat kirjaimet määrittävät toiminnan. Ennen toiminnan määrittävää kirjainta saattaa olla lisämäärettä merkkäava apukirjain. (SFS-ISO 14617-6, 2004, 24)

Position numero identifioi kyseisen instrumentin. Tässä yhteydessä numero on peräisin säiliön positiosta, jonka pintaa valvotaan. Myös esim. juoksevaa numerointia olisi mahdollista käyttää.

Position piirroskehystä käy ilmi, että instrumentti on ohjelmoitavan logiikan ohjelmassa. Kuvassa 8. on paikallinen pinnanmittaus.



Kuva 7. Instrumentoinnin positio LS50.



Kuva 8. Instrumentoinnin positio LI004.

6.2.1 PI-kaavion piirtäminen

PI-kaavion (Liite 2) laatimiseen käytin CADS PI Standard-ohjelmaa, joka on SFS ja PSK-standardien mukainen. Kaaviossa esiintyvät säiliökokoonpanot saattavat vaikuttaa hieman erikoisilta koskien säiliöitä T200 ja T210 sekä T300 ja T400. Tihennesäiliöt T200 ja T210 on piirretty putkiyhteellä yhteen, koska ne ovat kentällä näin yhdistetty. Samoin kyllästysliuossäiliöt T300 ja T400 ovat yhdistetty yhdeksi säiliöksi. Alun perin linjalla on kyllästetty myös värjäämätöntä puuta ja siksi on ollut

kaksi erillistä käyttöliuossäiliötä. Molempiin säiliöihin kuitenkin tulevat omat venttiilit kuten kaaviosta näkyy.

Pumppujen positioinnissa käytin juoksevaa numerointia. Suurimmat säiliöt positioin alkaen säiliöstä T100 ja tilavuudeltaan pienehköt säiliöt ovat numeroitu juoksevasti T1-T5. T3 on olemassa oleva tihenteen mittaamiseen käytettävä mitta-astia. Modernisoinnin yhteydessä tihenteen mittaus toivotaan tapahtuvan ilman mitta-astiaa, pumpun virtausta kontrolloimalla. Tästä syystä kyseinen säiliö on supistettu suunnitelmasta pois. Venttiilit on positioitu säiliön mukaan joihin niiden putkilinja liittyy. Käsiventtiilit on merkitty tunnuksella HV ja automaatiolla ohjatut tunnuksella V.

Koska PI-kaavion positiointityyliin ei ollut minkäänlaista vaadetta, eikä käytössä ole mitään määriteltyä tyyliä position säiliöt ja laitteet mainitulla tavalla.

Tämän vaiheen lopputuloksena syntyi riittävän kattava kaavio, jonka pohjalta pystyin aloittamaan linjan piirikaaviosuunnittelun. Linjan venttiileitä ja pumppuja on ajan saatossa uusittu tarpeen mukaan ja tästä syystä kartoitustyössäni ei olekaan paneuduttu niiden uusimistarpeisiin. Halutut muutokset koskevat pitkälti linjan ohjaustoimintaa jota käsitelläänkin piirikaaviosuunnittelussa.

Linjalla on käytössä myös varoallas, johon käyttöliuossäiliöt tarvittaessa tyhjennetään. Varoaltaan käyttö on kuitenkin kyllästysprosessista erillinen, itsenäinen toimenpide, jonka vuoksi se on jätetty suunnitelmastani pois.

6.2.2 Linjan mittaukset ja ohjaukset

Kuten PI-kaaviosta käy ilmi on linjalla useita mittauksia. Linjalla on neljä pinnan mittausta. Kaksi mittauksista on paikallisia nestepinnanosoittimia. LI400 osoittaa käyttöliuossäiliön pinnankorkeutta ja LI004 käyttöliuossäiliön sisällä olevan tiivisteveesisäiliön pinnankorkeutta. PLC:lle tulevat pinnan mittaukset LI300 ja LI100

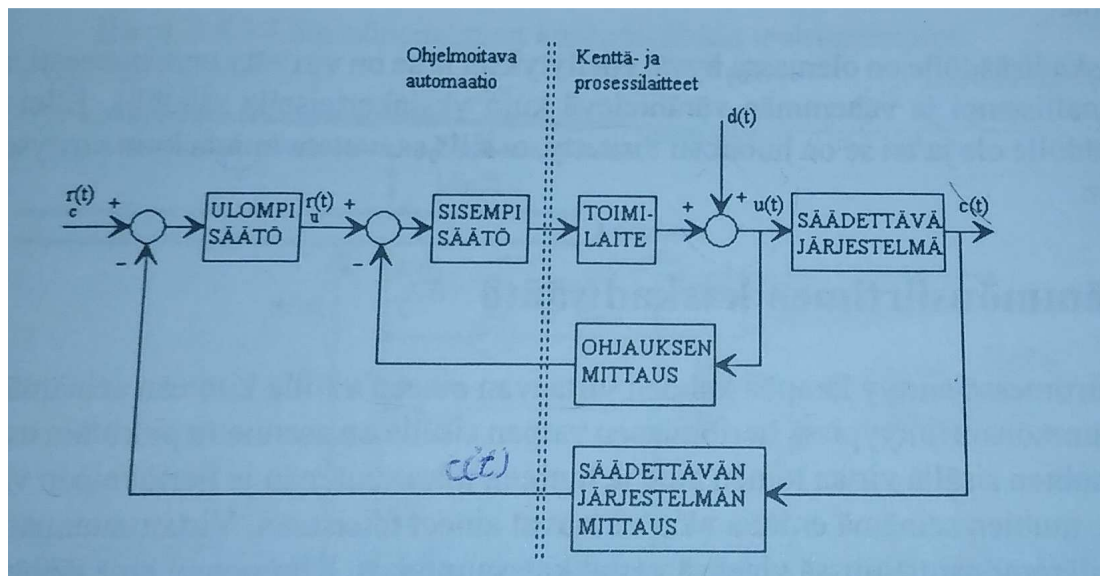
ovat pintatutkien arvoja. Käyttöliuossäiliössä on paikallisen mittauksen lisäksi pintatutka. Toinen pintatutka on kiinnitysvesisäiliössä.

Pintakytkimiä on kolme kappaletta. Kaksi kytkimistä sijaitsee kyllästysylinterissä (LS500 ja LS501), ylä- ja alapintarajoina. Kolmas pintakytkin, LS50, valvoo tyhjösäiliön tilaa.

Kyllästysylinterissä on painelähettimen PT500 lisäksi myös paikallinen painemittari PI500.

Virtausmittauksia on kaksi kappaletta, positoilla FIC212 ja FIQ500. FIC212 mittaa sekä tihennesäiliöstä, että kiinnityssäiliöstä tulevaa virtausta, koska ne kulkevat samassa putkilinjassa. Venttiilein ohjataan kummasta säiliöstä nestettä virtaa. Molemmissa, sekä tihenne-, että kiinnitysvesisäiliön putkilinjassa on myös oma pulssilähtöinen virtausmittari (FQ100, FQ210) ennen säätöventtiiliä V212. Virtausmittari FIC212, pulssilähtöiset mittarit FQ100 ja FQ210 sekä säätöventtiili V212 muodostavat kaskadisäätöpiirin tihenteen ja kiinnityssäiliöön virtaukselle.

Kaskadisäätö muodostuu perättäisistä säätöpiireistä, sisemmästä ja ulommasta piiristä. Ulompi piiri vastaa varsinaisesta säädöstä ja sisempi piiri säätää järjestelmän ohjaussuuretta. Kaskadisäädössä ulompi säätö vertaa säätösuureen mittausta annettuun ohjearvoon ja muodostaa näistä saatavan erosuureen perusteella ohjearvon säädettävän järjestelmän ohjaukselle. Sisemmän järjestelmän erosuure saadaan ulomman järjestelmän ohjearvosta ja järjestelmän ohjauksen mittauksesta. (Savolainen, Vaitinen, 2007, 45) Kuvassa 9. on kaskadisäädön lohkoakaavio. Tässä tapauksessa ulompana piirinä toimii pulssilähtöisen virtausmittarin (FQ100 / FQ210) määritelty virtaustilavuus per pulssi. Sisempi säätö on säätöventtiilin V212 ohjearvo, joka ohjaa virtausmäärän pysymään ohjearvon mukaisena.



Kuva 9. Kaskadisäätö. (Savolainen, Vaitinen, 2007, 45)

Virtausmittaus FIQ500 on paineistuspumun P8 pumppaama lios. Pumpun ohjearvoa säädetään taajuusmuuttajalla. Taajuusmuuttajan ohjearvo tulee PLC:ltä ja oloarvo tuodaan myös PLC:lle.

Vesijohtoverkosta tulevaa vesimäärää, sekä homeenesto- ja väriainemäärää kontrolloidaan pulssilähtöisin virtausmittarein (piirikaaviossa termi pulssilaskuri) FQ001, FQ10 ja FQ20.

Venttiilit ovat pääasiassa on-/off-tyyppisiä magneettiventtiileitä, muutamaa käsi- ja yhtä säätöventtiiliä (V212) lukuottamatta. Käsi-venttiilit on posioitu HV (hand valve)-alkuisilla tunnuksilla.

6.3 Piirikaaviosuunnittelu

Linjan sähkökeskukset ovat alkuperäisiä ja vaativat uusimista. Modernisointia ei ole mahdollista toteuttaa vain muokkaamalla olemassa olevia keskuksia, koska komponentit ovat vanhoja, eikä keskuksista ole dokumentaatiota. Järkevin vaihtoehto oli laatia kokonaan uudet suunnitelmat.

Modernisoinnin yhteydessä olisi tarkoitus toteuttaa seuraavat muutokset:

- PC-pohjainen ohjausjärjestelmä PLC-pohjaiseksi
- käyttöliuoksen valmistaminen pois erillisen PLC:n ohjauksesta
- operointipaneli käyttöliuoksen valmistamisen yhteyteen
- tihenteen annosteluun käytetty mitta-astia pois
- taajuusmuuttajaohjaus painepumpulle
- merkkivalo indikoimaan liuoksesta varoaltaassa

PI-kaavion pohjalta, jossa olen jo huomioinut haluttuja muutoksia, pystyin aloittamaan piirikaavion tekemisen.

Linjalle tulee suunnitelmassani seuraavat keskuksat ja ohjauskotelot:

- moottorilähtökeskus MK1
- automaatiokeskus AK1
- magneettiventtiilikaappi MVK1
- käyttöliuoksen sekoittamisen kotelo OP1
- sulkuluukun 1 ohjauskotelo OP2
- sulkuluukun 2 ohjauskotelo OP3

6.3.1 Jäsentelytapoja

Standardi SFS-EN 81346-1 esittää yleisperiaatteet järjestelmien jäsentelylle siten, että minkä tahansa järjestelmän kohteille pystytään muodostamaan yksiselitteinen viitetunnus. "Järjestelmä: sellaisten toisiinsa liittyvien kohteiden joukko, joita pidetään määrättyssä yhteydessä kokonaisuutena ja ympäristöstään riippumattomina." (SFS-EN 81346-1, 2010, 12)

"Sijainti: aiottu tai toteutettu tila." Sijainnilla siis tarkoitetaan tilaa, joka muodostaa kohteen. "Puhuttaessa kohteen sijaintinäkökannasta tarkoitetaan rajattuja tiloja

kohteen sisällä eikä tilaa, jonka kohde itse täyttää järjestelmässä.” Kohde voi olla esim. huone, alue tai paikka ohjauskaapin sisällä. (SFS-EN 81346-1, 2010, 12, 17) Standardin mukaan fyysistä sijaintia esim. MK1 ei varsinaisesti voisi pitää sijaintina joka pitää sisällään komponentteja, vaan kyseessä olisi kohde, kuten myös komponentit itse ovat kohteita, joita tietystä näkökannasta tarkastellaan.

“Viitetunnus: tietyn kohteen tunniste, joka on muodostettu suhteessa järjestelmään, jonka osa kohde on...” (SFS-EN 81346-1, 2010, 13) D-linjan piirikaaviossa järjestelmänä siis pidettäisiin kohdelinjaa itseään, eli järjestelmä olisi D. D:tä ei kuitenkaan voisi itsessään pitää viitetunnuksena seuraavassa kappaleessa ilmi käyvästä syystä.

Viitetunnus muodostetaan kohteille. Viitetunnus voi olla yksi- tai monitasoinen. Yksitasoinen viitetunnus ei sisällä ylemmän tai alemman tason kohteiden viitetunnuksia. Monitasoinen viitetunnus koostuu yhteen liitetystä yksitasoisista viitetunnuksista. Viitetunnus voidaan siis antaa jokaiselle osakohteelle, mutta ei kuitenkaan ylimmälle hierarkiatasolle. (SFS-EN 81346-1, 2010, 13, 29.) Puurakenteessa ylin taso olisi tässä tapauksessa D. Se ei kuitenkaan toimi viitetunnuksena mikäli sitä tarkastellaan järjestelmänä. Mikäli koko kyllästämöä tutkitaan järjestelmänä voidaan tällöin D-linjalle antaa viitetunnus.

Kohteen etumerkki (=, -, +, #) riippuu siitä mistä näkökannasta sitä tarkastellaan:

= kohdetta tarkastellaan toimintänäkökannasta

- kohdetta tarkastellaan tuotenäkökannasta

+ kohdetta tarkastellaan sijaintinäkökannasta

kohdetta tarkastellaan muista näkökannoista

(SFS-EN 81346-1, 2010, 30)

Mikäli esimerkiksi moottorinsuojakytkintä M7F1 tarkastellaan sijaintinäkökannasta olisi sen tunnus SFS-EN 81346-1 mukaan yksitasoisena viitetunnuksena +M7F1 ja monitasoisena viitetunnuksena +MK1+M7F1. Toiminnallisesta näkökannasta

tarkastellen ko. kytkimen monitasoinen viitetunnus olisi -MK1-M7F1=F1. Tällöin =F1 viittaa kytkimen suojaavaan toiminnallisuuteen.

Tämä SFS:n julkaisema eurooppalaiseen standardiin perustuva viitetunnusjärjestelmä on todennäköisesti erittäin hyvä isoja monikaappisia ja -lokeroisia sähkökeskuksia suunniteltaessa. Kuitenkin pidän tämän järjestelmän soveltamista D-linjan piirikaavioon turhan spesifinä. CADS Electric-sähkösuunnitteluohjelma toki mahdollistaa erilaisten tunnustapojen ja viitetunnusten käytön, riippuen siitä miten määritellään kokonaisuus ja miten sijainti. Kokonaisuus voi esim. olla yksi sähkökeskus ja sijainnit sen sisällä immateriaalisia numeroituja sijainteja, esim. sijainti 001 jännitejako.

Käytin piirikaaviossa helposti luettavaa ja ymmärrettävää tyyliä, jossa kokonaisuus on D-linja, sijainnit ovat sähkökeskuksia ja ohjauskoteloita tai kenttäsiijainteja, eli koteloimattomina D-linjalla. Komponenttien viitetunnukset pysyvät yksilöllisinä tällä tavoin piirrettynä, vaikka tapa ei olekaan yhtä spesifi kuin Standardin SFS-EN 81346-1 esittämä jäsentely. Komponenttitunnukseksi muodostuu näin ollen esim. em. moottorinsuojalle tunnus: =D+MK1-M7F1. Mielestäni tunnus on yksiselitteinen.

6.3.2 Komponenttien kirjaintunnukset

Standardi SFS-EN 81346-2 määrittää kohteille kirjainkoodiluokat joiden mukaan kohteet voidaan tyypittää tehtävän tai tarkoituksen mukaan. Luokitusta voidaan soveltaa kaikille tekniikan alojen kohteille. Esimerkiksi kirjaintunnusta E voidaan käyttää sähkölämmittimille, -pattereille, erilaisille valaisimille ym. Kirjainta F taas usein käytetään suojakomponenttien määrittämisessä. Q on katkaisijoiden ja tehopiirien kontaktorien tunnuskirjain. X-kirjainta puolestaan ohjeistetaan käytettäväksi mm. liitinrimojen, liittimien ja pistorasioiden tunnuksissa. (SFS-EN 81346-2, 2009, 8, 12, 14, 15)

Monelta osin olen käyttänyt suunnittelussa näitä em. standardin kirjainkoodeja. Aivan puhtaasti tätä standardia en kuitenkaan ole noudattanut, vaan paikoin olen käyttänyt

kirjainkoodeja jotka olen havainnut muutoin melko vakiintuneiksi työskennellessäni piirikaavioiden parissa. Esimerkiksi ohjelmoitavan logiikan suhteen standardi ohjeistaa käyttämään kirjainkoodia K. Olen kuitenkin havainnut tässä yhteydessä käytettävän paljon kirjainkoodia A ja olenkin sitä itse myös käyttänyt. Antureiden suhteen ohjeistetaan käytettäväksi kirjainkoodia B. Suunitelmassani olen esim. rajakytkinten kohdalla käyttänyt kirjain yhdistelmää LS (limit switch). Pumppujen kohdalla taas standardi suosittaa kirjainta G. Olen kuitenkin käyttänyt tarkoitukseen melko vakiintunutta P-kirjainta.

6.3.3 Piirikaavion piirtäminen

Aiemmin modernisoidun C-linjan piirikaaviosta oli apua. D-linjan suunnitelmaan valikoitui sama Schneider Electricin PLC kuin C-linjallakin. Myös jännitejakoon otin mallia C-linjan piirikaaviosta.

Seuraavissa kappaleissa on keskus-/koteloکوhtaisesti kerrottu kunkin tarkoituksesta.

6.3.4 Moottorihjauskeskus, MK1

Pääjännitejako on toteutettu samoin kuin C-linjalla: pääkytkimen Q0 takana on kaksi kontaktoria Q1 ja Q2 (tehopiirien kontaktoreille annetaan standardin mukaan Q-kirjaintunnus, kun taas apukontaktorit merkitään K.lla) joiden kelat ovat kytketty turvareleeseen K99. Kontaktorien Q1 ja Q2 takana ovat moottorien jännitesyötöt. Q1.n takana ovat käyttöliuoksen valmistukseen käytetyt moottorit ja Q2.n takana kyllästysprosessin moottorit. Kullakin moottorilla on moottorinsuojakytkin ja oma ohjauskontaktori. Olen positioninut moottorit juoksevilla numeroilla, aloittaen käyttöliuoksen valmistuksen moottoreista. Moottoreiden etukojeet on positionoitu tunnuksin joista käy ilmi kohde ja etukojeen tyyppi. Esimerkiksi M7F1 on moottorin seitsemän moottorinsuojakytkin. Kontaktorit on positionoitu K-kirjaimella ja tarkemmin moottorikohtaisesti esim. M7K1.

Moottorikeskukseen tulee yksi kappale taajuusmuuttajia, T8. Tästä syystä keskukseen tulee myös tuuletin, poistamaan liiallista lämpöhävikkiä, jonka taajuusmuuttaja tuottaa. On myös mahdollista, että myöhemmin taajuusmuuttajia tulee lisää, mikäli tarpeelliseksi katsotaan.

Moottorikeskuksesta lähtee 230 VAC automaatiokeskukselle AK1. Myös virtausmittareiden sekä kompressorin ja hydraulikoneikon syötöt tulevat moottorikeskukselta.

6.3.5 Automaatiokeskus AK1

Automaatiokeskuksen keskeisimpiä komponentteja ovat turvarele ja PLC, toki keskuksessa on paljon muutakin.

Turvareleeksi valitsin Phoenix Contactin PSR-SPP- 24UC/ESAM4/3X1/1X2/B releen. Rele on 24 VDC syöttöjännitteellä, koska modernisoinnin yhteydessä pyritään pitkälti käyttämään 24:ää voltia 230 voltin sijaan, niissä kohdin kuin mahdollista. Phoenix Contactin turvarelevalikoima on erittäin laaja. Valintaan vaikutti myös se, että yrityksessä käyteään paljon ko. valmistajan turvareleitä. Turvapiiri on toteutettu kaksikanavaisena. Turvapiirin HS- ja reset-painikkeet sekä merkkivalo on suunnitelmassani positioitu 99-tunnuksella, jota toisinaan saatetaan käyttää turvakomponenttien positointiin.

PLC on Schneider Electricin M340-sarjaa. Digitaalitulo ja -lähtökortteja on yksi kappale kumpaakin. Analogiatulo/-lähtökortteja kaksi kappaletta.

Keskuksessa on kaksi virtalähdettä, T1 ja T2. T1:ltä saadaan jännite PLC:n korteille, 24 voltin ohjauksiin, Ethernet-kytkimelle ja operointipanelille. T2 on venttiilien kelojen ohjaukseen. Mahdollisten keloilta tulevien ylijännitepiikkien vuoksi on niillä oma virtalähde. Keloilla on myös estodiodit ylijännitepiikkejä estämään. Magneettiventtiilit sijaitsevat omissa magneettiventtilikeskuksessa.

6.3.6 Magneettiventtiilikeskus MVK1

Magneettiventtiilien ohjaukset ovat keskitetyksi tässä keskuksessa. Keskukseen tulee paineilmasyöttö ja sieltä lähtevät paineilmaohjaukset kentällä oleville venttiileille. Hydrauliikkaventtiilit sijaitsevat hydraulikoneikossa.

6.3.7 Operointipaneli OP1

OP1 on käyttöliuoksen sekoittamista varten. OP1:ssä on operointipaneli, HMI1, josta pystytään operoimaan liuoksen valmistusta, joko manuaalisesti tai automaatiolla. Valinnat tapahtuvat operointipanelin painikkeista. Kotelossa ei ole fyysisiä painikkeita. Koteloon tulee 24VDC syöttö HMI:tä varten, sekä ethernet-liitäntä sille.

6.3.8 Luukkujen ohjauskotelot OP2 ja OP3

Sylinterin päätyjen luokkuja ohjataan päädyissä olevista painikekotelosta. Kotelossa on painikkeet lastausluiskalle, oviluukulle ja sulkurenkaalle, jotka toimivat hydraulisynterien vaikuttamina. Kotelossa on myös merkkivalo joka indikoi varoaltaassa olevasta liuoksesta. (Normaalisti varoaltaan tulisi olla tyhjä.)

6.3.9 Kaapelointi

Kaapelityypeissä olen pyrkinyt valikoimaan kulloiseenkin tarkoitukseen soveltuvimman. Digitaalisignaalit olen merkinnyt kaapeloitavaksi Nomak-instrumentointikaapelilla. Analogiasignaalit taas Jamak-kaapelilla, joka soveltuu suojauksensa vuoksi paremmin häiriöherkkiin signaaleihin. Signaalikaapelina on paikoin myös Ölflexiä, mikäli kaapelointiympäristö on haastavampi kuin Nomak-kaapelille soveltuu. 230 voltin ohjaukset olen merkinnyt MMO-kaapelilla. Moottorien kaapelointiin olen suunnitellut MCMK ja taajuusmuuttajalliseen moottoriin taas

MCCMK.ta joka sisältää taajuusmuuttajakäytöissä vaadittavan häiriösuojan. Keskuksen MK1 syöttö on hyvin järeä ja se onkin merkitty AMCMK-voimakaapelilla suoritettavaksi. Niissä kohdin joissa perus asennuskaapeli on soveltuva on MMJ.tä.

6.3.10 Yleistä piirikaaviosta

Osa instrumenteista on tyypittämättä. Tyypittämättömien instrumenttien suhteen voidaan kuitenkin todeta kytkennän tapahtuvan kuten piirikaavioon on merkitty. Keskuksen tyyppisiä ei ole valittu koska tähän toimeen voidaan ryhtyä layout-suunnittelun yhteydessä, mikäli modernisointi päädytään toteuttamaan.

Komponenttien ja kaapelien mitoituksessa olen huomionnut kuormituksen, jolle ne joutuvat ja mitoitus on suoritettu hieman yläkanttiin.

Piirikaavio on liitteenä 3.

7 LOPPUPÄÄTELMÄT

Projektin suorittaminen piti sisällään erilaisia vaiheita, joista toiset haasteellisempia kuin toiset. Haastavimmaksi koin kentällä tehtävän selvitystyön. Putkilinjojen ja laitteiden merkkamattomuus, sekä dokumentaation puuttuminen tuottivat paljon päänvaivaa. Minulla ei myöskään ollut lainkaan aiempaa kenttäkokemusta, joten ehkä jonkinlaista kynnystä tuotti oikeanlaisen ja loogisimman työotteen lyötyminen. Työn suorittaminen venyi melkolailla. Kuitenkin tänä aikana työkokemus lisääntyi, josta oli hyötyä eritoten piirikaaviosuunnittelussa.

Katson opinnäytetyön toteutuneen alkuperäisen määrityksen mukaan, vaikka jossain vaiheessa ainakin itse koin tarvetta työn rajaamiselle suppeammaksi. Vaikka jokaista suunnitelman laitetta ei olekaan tyypitetty, tarjoaa piirikaavio kuitenkin pohjan jatkoetenemiseen. Kustannusarvio voidaan laskea, kun selvitetään vielä puuttuvat komponentit ja selvitetään hinnat tarjouspyynnöin. Toki myös kustannuslaskelman olisi voinut ottaa osaksi työtä, mutta tällöin työ olisi paisunut isommaksi.

Tuleva näyttää millä aikajänteellä modernisointi tullaan mahdollisesti toteuttamaan, mutta joka tapauksessa kartoitus- ja suunnittelutyöt ovat olleet tärkeitä toimenpiteitä tehdä, jotta projekti voisi edetä toteuttamistasolle asti.

Työn suorittaminen on ollut mielenkiintoinen kokemus, jota tehdessä on koulutuksen ja työkokemuksen pohjatiedoista ollut paljon apua, mutta myös paljon uutta tietoa on tullut vastaan. Voinkin todeta projektin olleen monella tapaa opettavainen kokonaisuus.

Liitteet 1 ja 2 ovat luottamuksellisia ja jätetään julkaisematta.

LÄHTEET

Puuinforon www-sivut (1), Hyvä tietää kestopuusta -julkaisu Viitattu 1.12.2017.
<http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Hyv%C3%A4%20tiet%C3%A4%C3%A4%20kestopuusta%20WEB.pdf>

Puuinforon www-sivut (2), Paineekyllästetty puu, opas ammattilaiselle -julkaisu Viitattu 3.12.2017. <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/painekyllastetty-puu-opas-ammattilaisille.pdf>

Boren, H., Väärä, T. Puun modifiointiklusteri. Loppuraportti. Kymenlaakson ammattikorkeakoulun julkaisuja. Sarja B. Nro 84. Kotka 2012.

Mihilaka Forestry Servicen www-sivut. Viitattu 23.1.2018
<http://timber.lk/PRASERVATION/Wood-preservation-process/index.html>

PSK Standardisoinnin www-sivut. Viitattu 1.4.2018 <https://psk-standardisointi.fi/standardit/>

Suomen Standardisoiimisliitto SFS ry. 2015. SFS-käsikirja 22-3. Tekniset tuoteasiakirjat. Osa 3: Kaaviot. Helsinki.SFS

Suomen Standardisoiimisliitto SFS ry. 2004. SFS-ISO 14617-6. Kaavioissa käytettävät piirrosmerkit. Helsinki.SFS.

Savolainen, J., Vaitinen, R. 2007. Sääätötekniikan perusteita. 2007. Suomen Robotiikkayhdistys Ry.

Suomen Standardisoiimisliitto SFS ry. 2010. SFS-EN 81346-1. Teollisuuden järjestelmät, asennukset ja laitteet sekä teollisuustuotteet. Jäsentelyn periaatteet ja viitetunnukset. Osa 1. Perussäännöt. Helsinki. SFS

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2009. SFS-EN 81346-2. Teollisuuden järjestelmät, asennukset ja laitteet sekä teollisuustuotteet. Jäsentelyn periaatteet ja viitetunnukset. Osa 2: Kohteiden luokittelu ja luokkia vastaavat koodit. Helsinki. SFS.