

**SAVONIA**



OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN ALA

# SÄÄTÖLABORATORION PROSESSI-, INSTRUMENTOINTI- JA AUTOMAATIOSUUNNITTELU

TEKIJÄ

Ville Suomalainen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Ville Suomalainen	
Työn nimi Säätölaboratorion prosessi-, instrumentointi- ja automaatio suunnittelu	
Päiväys	28.4.2025
	26/6
Yhteistyötaho Savonia-ammattikorkeakoulu oy	
<p>Opinnäytetyön aihe saatiin Savonian Varkauden kampukselta, jossa vanha säätötekniikan opetuksessa käytetty säätölaboratorio oli purettuna varastoon ja myös siihen liittyvä suunnitteludokumentointi sekä automaatio oli vanhentunutta. Dokumentoinnista ei myöskään koululla ollut digitaalista versioita, joten niiden päivittäminen oli hankalaa. Tämän takia esille nousi suunnittelutyön modernisoinnista ja päivittämisestä. Alkuperäinen tavoite oli toteuttaa prosessi ja AEI-suunnittelu, eli suunnitteluun olisi sisällynyt myös sähkösuunnittelu piirikaavioiden osalta. Sähkösuunnittelusta kuitenkin luovuttiin projektin aikana.</p> <p>Opinnäytetyöprojektissa modernisoitiin ja päivitettiin suunnitteludokumentointi prosessi-, instrumentointi-, ja automaatio suunnittelun osalta laatimalla uudet prosessi- ja instrumentointi- eli PI-kaaviot sekä myös laboratorion prosessien automaatiopiireille, mittaus- ja säätöpiireille, toimintakaaviot. Nämä toteutettiin Comos-suunnitteluohjelmalla hyödyntäen Citrix-etäyhteyttä työn toteuttamiseen käytännöllisistä syistä etänä. Pohjana modernisoinnille käytettiin alkuperäisiä PI-kaavioita. Digitaalisten versioiden lisäksi kaavioita päivitettiin sellaisten puutteiden osalta, joita alkuperäisissä dokumenteissa ei ollut.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena syntyi modernit ja digitaaliset PI- ja toimintakaaviot säätölaboratorion molemmille prosesseille. Tätä dokumentointia on myös mahdollista päivittää tulevaisuuden tarpeiden mukaan. Uuden dokumentoinnin on tarkoitus olla apuna laboratorion uudelleen kasaamisessa sekä myös opetuskäytössä.</p>	
Avainsanat Prosessi ja instrumentointisuunnittelu, automaatio, mittaus- ja säätöpiirit, PI-kaavio	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	5
2	PROSESSI- JA INSTRUMENTOINTISUUNNITTELU .....	6
2.1	Prosessit ja instrumentit teollisuudessa .....	6
2.2	Erilaiset instrumentit.....	6
2.2.1	Mittalaitteet.....	6
2.2.2	Säätimet.....	7
2.2.3	Toimilaitteet.....	8
2.2.4	Venttiilit.....	8
2.3	PI-kaavio.....	9
2.4	Suunnittelussa huomioitavia asioita .....	10
3	AUTOMAATIO TEOLLISUUSPROSESSISSA.....	11
3.1	Automaatio teollisuudessa .....	11
3.2	Mittaus- ja säätötekniikka teollisuusprosesseissa.....	11
3.2.1	Häiriöt säätöpiireissä.....	12
3.2.2	Säätöpiirien kytkennät.....	12
3.3	Säätöpiirin viritys .....	14
4	SÄÄTÖLABORATORIO .....	15
4.1	Käyttötarkoitus ja prosessit .....	15
4.2	Instrumentit.....	16
4.2.1	Prosessin 1 instrumentit.....	16
4.2.2	Prosessin 2 instrumentit.....	16
4.3	Automaatiojärjestelmän toteutus säätölaboratoriossa .....	16
4.4	Yhteenveto alkuperäisestä suunnittelusta.....	16
5	SUUNNITTELUPROJEKTIN TOTEUTUS .....	18
5.1	Comos-suunnitteluohjelma.....	18
5.1.1	Ohjelman valinta projektiin.....	18
5.1.2	Projektin luonti ja rakenne.....	18
5.2	PI-suunnittelu .....	19
5.2.1	Prosessikaavio .....	19
5.2.2	Säätölaboratorion mittaus- ja säätöpiirit .....	21
5.2.3	Prosessikaaviosta PI-kaavio.....	21
5.2.4	Prosessien kuvaaminen PI-kaavioilla .....	22

5.2.5	Muutokset suunnittelussa .....	22
5.3	Mittaus- ja säätöpiirien toimintakaaviot .....	22
6	YHTEENVETO JA POHDINTA.....	24
	LÄHDELUETTELO .....	26
	LIITE 1: PROSESSIN 1 PI-KAAVIO .....	27
	LIITE 2: PROSESSIN 2 PI-KAAVIO .....	28
	LIITE 3: MITTAUSPIIRI.....	29
	LIITE 4: SÄÄTÖPIIRI .....	30
	LIITE 5: ON/OFF-VENTTIILI .....	31
	LIITE 6: PINTAHÄLYTYS.....	32

## KUVALUETTELO

Kuva 1.	PID-säätimen toiminta (Holopainen, n.d.) .....	7
Kuva 2.	Adaptiivisen säädön toimintaperiaate (Linnala, 2024, p. 55) .....	7
Kuva 3.	Säätöventtiilin rakenne (Holopainen, n.d.) .....	8
Kuva 4.	Kuvakaappaus keskeneräisestä prosessin 1 PI-kaaviosta (Suomalainen, 2025) .....	9
Kuva 5.	Prosessin 2 mittaus- ja säätöpiirejä (Suomalainen, 2025).....	11
Kuva 6.	Kaskadikytkentä esitettynä lohkokaaviona (Harju & Marttinen, 2000, p. 34).....	13
Kuva 7.	Myötäkytkentä esitettynä lohkokaaviona (Harju & Marttinen, 2000, p. 37).....	13
Kuva 8.	Säätölaboratorio (Linnala, 2025).....	15
Kuva 9.	Prosessin 1 alkuperäinen PI-kaavio (Anon., n.d.).....	17
Kuva 10.	Comos-tietokanta (Suomalainen, 2025).....	18
Kuva 11.	Projektin rakenne Comosissa (Suomalainen, 2025).....	18
Kuva 12.	Toimintakaavioiden sijainti projektissa (Suomalainen, 2025) .....	19
Kuva 13.	PI-kaavion pohja (Suomalainen, 2025) .....	20
Kuva 14.	Instrumenttien ja tarvikkeiden lisääminen (Suomalainen, 2025).....	20
Kuva 15.	PI-kaavion piirtäminen Comosissa (Suomalainen, 2025) .....	21

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on uudistaa prosessi-, instrumentointi- ja automaatiosuunnittelu kirjotushetkellä purettuna olevaan säätölaboratorioon Savonia-ammattikorkeakoulun Varkauden kampuksella. Laboratorio on tarkoitus kasata uudestaan ja hyödyntää opetuksessa lähitulevaisuudessa, sopivan paikan löytyessä kampukselta.

Koska nykyinen automaatio ja suunnittelu sekä näihin liittyvä dokumentaatio on yli 20 vuotta vanhaa, on tämä hyvä ajankohta suunnittelun uusimiselle sekä päivittämiselle nykyaikaiseen muotoon. Myös uudelleen kasaamista ajatellen uudistettu ja päivitetty dokumentaatio on avuksi. Toisaalta myös automaatio-ohjelmisto ja -laitteisto, esimerkiksi I/O-kortit, on tarkoitus päivittää nykyaikaisemmiksi, mutta se osio ei ollut osa tätä opinnäytetyötä.

Samalla on myös tarkoitus perehtyä syvemmin prosessi-, instrumentaatio- ja automaatiosuunnitteluun tämän opinnäytetyön teoriaosuudessa. Tämän työn avulla pääsikin hyvin harjoittamaan suunnitteluosaamista niin teorian, kuin käytännönkin kannalta. Suunnittelu toteutettiin Siemensin Comos-suunnitteluohjelmalla, joka on laajasti käytössä teollisuuden suunnittelussa, ja jota myös Savoniassa käytetään.

Opinnäytetyön tuloksena Savonia saa käyttöönsä modernin ja digitaalisen dokumentaation suunnittelusta, joka sisältää PI-kaaviot, mittaus- ja säätöpiirit sekä toimintakuvaukset näille automaatiopireille yhdessä Comos-projektissa. Tämä mahdollistaa myös mahdollisten muutosten päivittämisen kaavioihin myöhemmin, mikäli semmoisia laboratorioon joskus tehdään, ja jotka ovat myös tarpeellisia kuviin muuttaa.

## 2 PROSESSI- JA INSTRUMENTOINTISUUNNITTELU

### 2.1 Prosessit ja instrumentit teollisuudessa

Prosessi tarkoittaa sähköisiä ja mekaanisia ilmiöitä sisältävää järjestelmää, jossa voi tapahtua esimerkiksi nesteiden ja kaasujen virtausta tai kemiallisia reaktioita. Teollisuuden prosessi on itsessään laaja käsite, joka kattaa esimerkiksi paperiteollisuudessa paperintuotannon tai energiateollisuudessa voimalaitoksen. Osaprosessi taas tarkoittaa pienempää osaa, joka kuitenkin on myös prosessi itsessään. Tällainen voi olla esimerkiksi voimalaitoksella kattila tai polttoaineen käsittely. (Harju & Marttinen, 2000, p. 9)

Instrumentoinnilla puolestaan tarkoitetaan prosessissa esiintyviä mittaus- ja säätölaitteistoja. Näihin kuuluu esimerkiksi mittarit, säätimet, venttiilit sekä toimilaitteet. Mittarit voivat olla paikallisesti tai etänä valvomosta luettavia samoin, kuin venttiilit voivat olla sähköllä tai paineilmalla toimivia tai käsi-käyttöisiä. Näitä laitteita eli instrumentteja käytetään prosessin toteuttamiseen ja valvomiseen. (Harju & Marttinen, 2000, p. 9)

### 2.2 Erilaiset instrumentit

#### 2.2.1 Mittalaitteet

Mittaus on tärkeä osa prosessien säätöä ja valvontaa. Esimerkiksi energiantuotantoprosessissa lämpötila-, virtaus-, paine-, ja pinnanmittaus ovat merkittäviä mitattavia piirteitä. Mittaustapojakin löytyy useita ja mittaaminen voidaan suorittaa paikallisesti tai tulos voidaan ilmoittaa valvomoon. Usein käytetään molempia mittaustuloksen varmistamiseksi.

Lämpötilaa voidaan mitata esimerkiksi vastuslämpömittareilla ja termopareilla. Virtausta voidaan mitata muun muassa erilaisilla mittaustuloilla tai venturiputkella. Painetta mitattaessa voidaan verrata mitattavaa painetta tyhjiöön (absoluuttimittaus), ilmanpaineeseen (gauge-mittaus) tai johonkin toiseen paineeseen (paine-eromittaus). (Holopainen, n.d.)

Pinnankorkeutta voidaan mitata muun muassa pintakytkimillä, jotka voivat perustua johtokykyyn tai toimia uimurilla. Myös radioaktiiviseen säteilyyn perustuvaa radiometristä mittausta voidaan käyttää. (Holopainen, n.d.) Säteilyyn perustuvaa mittausta voidaan hyödyntää myös esimerkiksi voimalaitoksen kiinteän polttoaineen määrän mittaamiseen kuljettimessa, jolloin mittaustulos ilmoitetaan painona, ja puhutaankin polttoainevaa'asta.

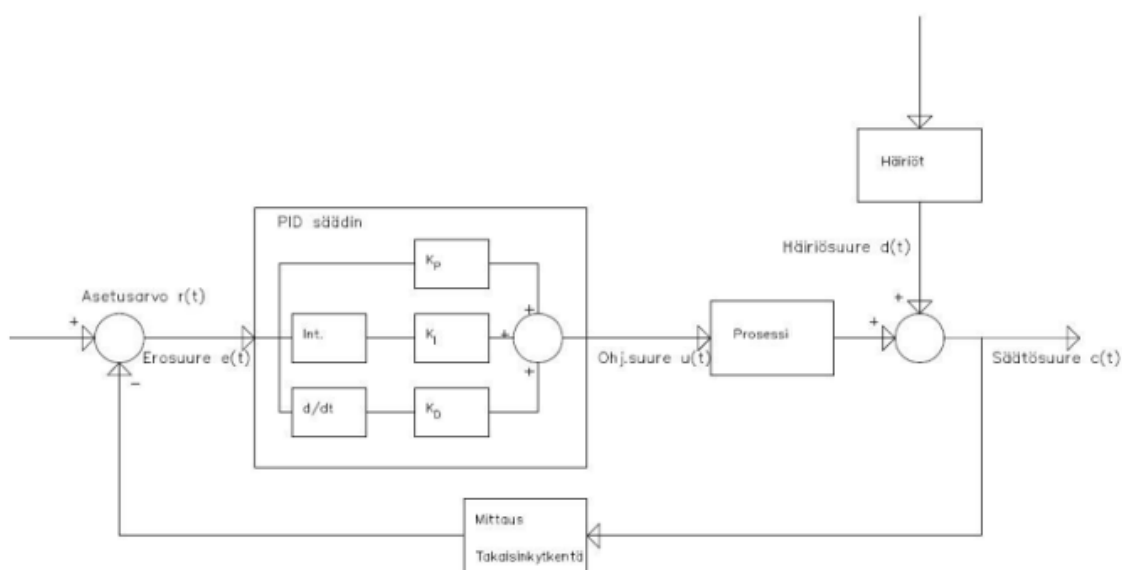
Mittauksissa on kuitenkin huomioitava, että mikäli kyse ei ole paikallismittauksesta, vaan sen on tarkoitus olla luettavissa valvomosta tai se on osa automaatiojärjestelmää (kaukokäyttö), voi mittaus vaatia erillisen anturin ja lähettimen. Esimerkiksi lämpötilan mittauksessa käytetään paljon PT100-anturia, jonka lisäksi tarvitaan lähetin. Anturi antaa lähettimelle tiedon, ja lähetin puolestaan muuttaa tiedon sellaiseen muotoon, jota automaatiojärjestelmä ymmärtää, esimerkiksi 4–20 mA (Holopainen, n.d.).

Anturit, kuten lähettimetkin, voivat olla analogisia tai digitaalisia (Heikura, 2019, p. 13). Analoginen tieto perustuu sähkövirtaan, joka tavallisesti on 4–20 mA. Digitaalinen tiedonsiirto taas toimii kenttäväylällä, joita ovat esimerkiksi Profibus tai Modbus. Analogisessa tiedonsiirrossa käytetään alarajana 4 mA, jotta se voidaan erottaa mahdollisesta viasta, jolloin virta olisi alle 4 mA.

## 2.2.2 Säätimet

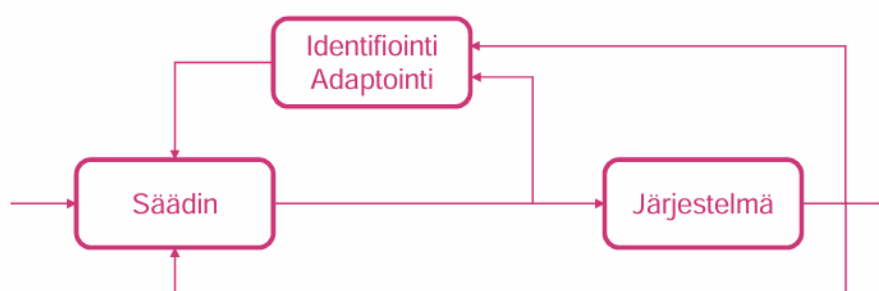
Säätimet toimivat säätöpiirissä mittauksen ja toimilaitteen välillä. Säätimen tehtävä on välittää oikea säätöohjaus toimilaitteelle, joka riippuu asetusarvosta sekä mittauspiiristä tulevasta tiedosta. Säättömenetelmiä ovat esimerkiksi adaptiivinen- ja sumea säätö, jotka kuuluvat kehittyneisiin säätömenetelmiin sekä yleisimpänä PID-säädin. (Holopainen, n.d.)

PID-säätimet (Proportional-Integral-Derivative) ovat nykyisin käytetyin säätömenetelmä. Rakenteeltaan se on yksinkertainen, mutta kuitenkin toimiva ratkaisu erilaisissa säätöpiireissä. Tätä säädintyyppiä voidaan soveltaa tarpeen mukaan erilaisiksi yhdistelmiksi, joita ovat esimerkiksi P, PI, PD. (Harju & Marttinen, 2000, p. 67) Säätimen P-osa tekee päätöksen, joka riippuu mittaustuloksen ja asetusarvon erosta, I-osa taas käyttää hyödykseen mittauksen edeltäviä arvoja ja D-osa tekee ennakointia perustuen mittaushetken erosuureen kulmakertoimeen (Holopainen, n.d.).



Kuva 1. PID-säätimen toiminta (Holopainen, n.d.)

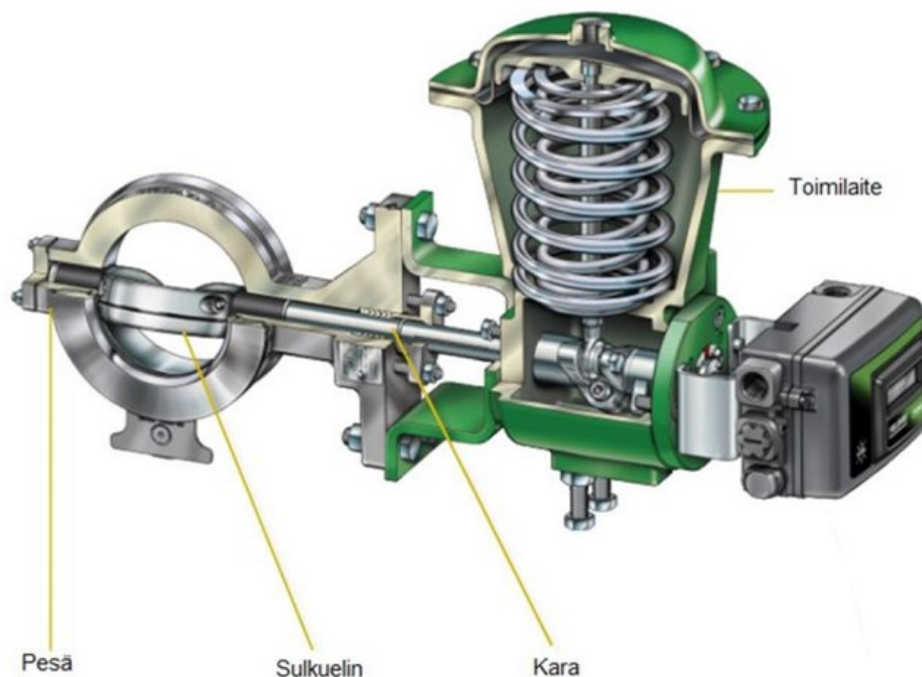
Kehittyneisiin säätömenetelmiin kuuluvat adaptiivinen- ja sumea säätö taas ovat hyödyllisiä silloin, kun PID-säätimet eivät riitä ominaisuuksiltaan, esimerkiksi erilaiset epälineaariset prosessit. Adaptiivinen säätö mahdollistaa parametrien muuttamisen tarpeen mukaan. Sumea säätö voi muun muassa mallintaa operaattorin tekemiä säätöjä ja se sopiikin tilanteisiin, kun prosessin mallintaminen on haastavaa perinteisin menetelmin. (Linnala, 2024, pp. 9-10, 27-31, 54)



Kuva 2. Adaptiivisen säädön toimintaperiaate (Linnala, 2024, p. 55)

### 2.2.3 Toimilaitteet

Toimilaite on säätöpiirissä se laite, joka muuttaa esimerkiksi nesteen tai kaasun virtausta prosessissa mittaustietoon ja asetusarvoon perustuen. Toimilaitteita ovat muun muassa sähkömoottorit, pumput, puhaltimet sekä venttiilien sähkötoimiset tai pneumaattiset toimilaitteet. (Harju & Marttinen, 2000, p. 16) Esimerkiksi veden virtauksen säätö tapahtuu seuraavasti: mittaussiiristä tuleva tieto välittyy säätimen kautta ohjauksena venttiin toimilaitteelle, joka muuttaa venttiin asentoa lisäten tai pienentäen virtausta.



Kuva 3. Säätöventtiilin rakenne (Holopainen, n.d.)

Silloin, kun käytetään pneumaattista toimilaitetta, voidaan tarvita myös erillinen asennoitin, joka parantaa säädön tarkkuutta. Sitä käyttämällä saadaan säätönopeus korkeammaksi ja toimilaitteen koko pienemmäksi. Asennoittimen toiminta perustuu säätimen signaalin eli paineviestin vahvistamiseen, jolloin saadaan enemmän voimaa toimilaitteelta säädön toteuttamiseen. (Heikura, 2019, p. 19)

PI-kaavioihin toimilaite piirretään aina erikseen. Esimerkiksi säätöventtiin voidaan piirtää sähkömoottoria tai pneumaattista toimilaitetta kuvaava merkki tai yleismerkki, jos toimilaitteen tyyppiä ei kuvaan tarkenneta. Myös puhaltimille ja pumpuille on tapana piirtää erikseen moottori.

### 2.2.4 Venttiilit

Venttiilien tarkoitus on säätää tai sulkea nesteen tai kaasun virtaus. Niitä voidaan käyttää esimerkiksi sulkuventtiileinä, joiden normaalit asennot ovat kokonaan auki tai kiinni tai erilaisiin prosessin säätöihin liittyvinä säätöventtiileinä, joilla virtausta säädetään prosessin vaatimuksiin sopivaksi. Joissain tilanteissa tarvitaan myös takaiskuventtiileitä estämään virtaus väärään suuntaan tai varoventtiileitä, joita käytetään estämään ylipaineen muodostumista.

Venttiileiden käyttötapoja on useita. On olemassa muun muassa käsikäyttöisiä, toimilaitteilla toimivia, jousikuormitteisia ja omavoimaisia venttiileitä. Omavoimaiset venttiilit soveltuvat esimerkiksi paineenalennus- tai lämpötilansäätöventtiileiksi (Oy Konwell Ab, n.d.). Jousikuormitteiset soveltuvat

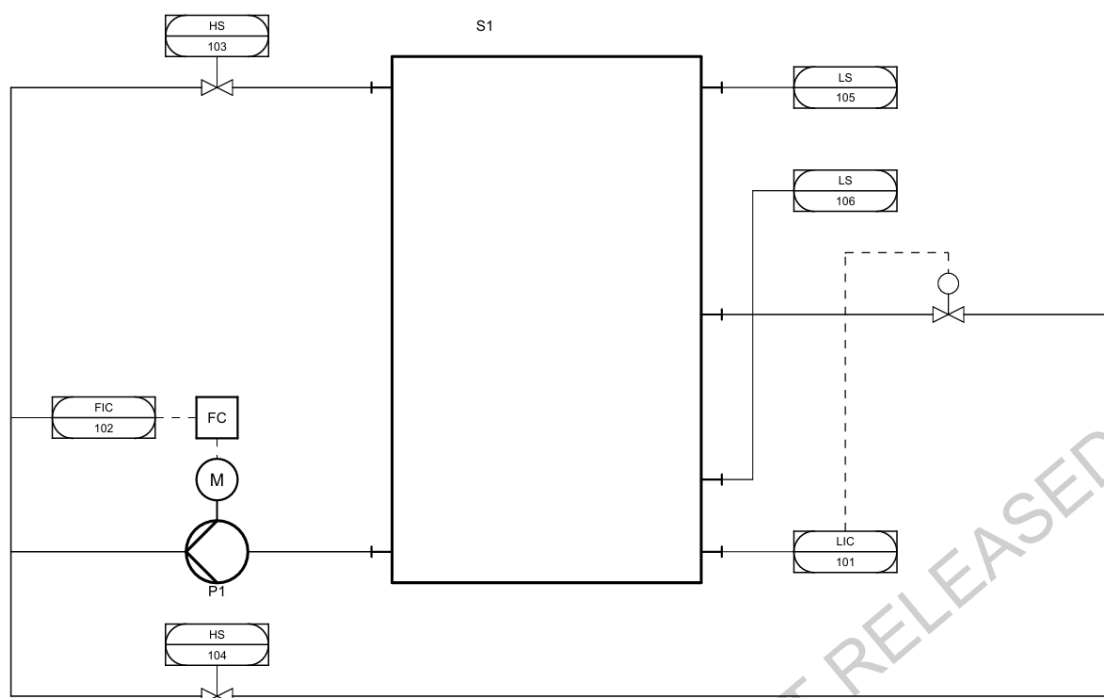
muun muassa varoventtiileiksi. Sulkuventtiileinä käytetään monesti toimilaitte- sekä käsikäyttöä yhdessä. Normaalissa tilanteessa venttiili saadaan suljettua ja avattua nopeasti valvomosta käsin, mutta käsikäyttö varmistaa sen, että se saadaan suljettua myös tilanteissa, joissa toimilaitetta ei voida käyttää, esimerkiksi sähkökatkon aikana. Säätoventtiilit puolestaan ovat usein vain toimilaitte-ohjattuja.

Myös venttiilien sulkutavoissa on useita vaihtoehtoja. Teollisuudessa käytetään esimerkiksi pallo-, läppä- ja istukkaventtiileitä. Erityyppisillä venttiileillä on vaikutusta virtauksen ja paineen käyttäytymiseen varsinkin silloin, kun venttiiliä käytetään säätämiseen. Esimerkiksi istukkaventtiilillä painehäviö on suurempi, kuin läppäventtiilillä. Toisaalta istukkaventtiili kestää hyvin suuria lämpötiloja ja paineita ja on tarkkasäätöinen, kun taas läppäventtiilin huonona puolena on kavitointiherkkyys pienillä virtauksilla silloin, kun se ei ole täysin auki. (Holopainen, n.d.)

### 2.3 PI-kaavio

Prosessi- ja instrumentointi-, eli PI-kaavio, on kuva, joka esittää prosessia tai osaprosessia. PI-kaavioon piirretään putkilinjat, niiden alku- ja loppupäät, sekä säiliöt, instrumentit ja mittaus- ja säätöpiirit. Myös putkikoot ja instrumenttien tunnuksat löytyvät PI-kaaviosta. Kaaviota, jossa ei ole mittaus- ja säätöpiirejä, kutsutaan prosessikaavioksi (Heikura, n.d., p. 2).

PI-kaavio on yhteistyötä prosessi- ja automaatio suunnittelun osalta. Prosessisuunnittelun tehtävänä on tuottaa kaavio, josta käy ilmi tarvittavat laitteet, säiliöt, putkistot sekä prosessivirrät siinä järjestyksessä, kuin ne prosessissa sijoittuvat. Automaatio suunnittelun kautta kaavioihin lisätään mittaus- ja säätöpiirit ja mittauspisteet ja -alueet. Mittaus- ja säätöpiireistä käy ilmi mihin ne vaikuttavat. (Heikura, n.d., p. 2)



Kuva 4. Kuvakaappaus keskeneräisestä prosessin 1 PI-kaaviosta (Suomalainen, 2025)

Kuvan 4 esimerkki on säätölaboratorion prosessin 1 PI-kaaviosta. Vaikka se ei täysin valmis olekaan tässä kuvassa, löytyy siitä PI-kaavioille ominaiset asiat. Kuvasta löytyvät vesisäiliö (S1), pumppu (P1) sekä sen moottori ja taajuusmuuttaja. Tässä prosessissa on käytössä kolme kahta erityyppistä venttiiliä: manuaalikäyttöiset kiinni-/auki-venttiilit HS-103 ja HS-104 sekä säätöventtiili, joka on osa pinnan mittaus- ja säätöpiiriä. Säätöpiirissä katkoviiva LIC-101:stä kuvastaa sähköistä signaalia mitauksen ja venttiiliin välillä. Muita instrumentteja prosessissa 1 ovat ylä- ja alapinnan hälytykset LS-105 ja LS-106 sekä pumppua ohjaava virtausmittaus ja -säätö FIC-102.

## 2.4 Suunnittelussa huomioitavia asioita

PI-suunnittelun vaatii tietämystä eri instrumenttien ja myös materiaalien osalta. On osattava valita ja suunnitella oikeat laitteet riippuen virtaavasta aineesta, lämpötilasta sekä paineesta. Painelaitelaki etenkin energiapuolella on oleellista ymmärtää. Painelaitelaissa on määritelty esimerkiksi ainevahvuudet paineluokittain.

Painelaitteilla onkin omat luokituksensa ja vaatimuksenmukaisuus on valmistajan vastuulla. Nämä painelaitteita koskevat lait ovat osa EU:n lainsäädäntöä ja painelaitedirektiiviä. Vaatimusten tarkoituksena on taata turvalliset painelaitteet koko EU/ETA-alueella. Kun valmistaja on vastuussa valmistusvaatimuksien täyttymisestä, on painelaitteen omistaja vastuussa määrätyistä tarkastuksista ja huolloista. (Holopainen, n.d.)

Myös putket ja putkitarvikkeet ovat määritelty painelaitelaissa. Esimerkiksi, kun aletaan suunnittelemaan jotakin prosessia, on osattava valita oikeanlaiset putket paineluokan ja materiaalin mukaan. Näihin valintoihin löytyy painelaitedirektiivistä taulukoita, joista voi katsoa prosessissa käytettävien aineiden ja paineiden mukaan sopivat putket. (Holopainen, n.d.)

Sama koskee myös instrumenttivalintoja. Instrumentointikin on hyvin samanlaista eri teollisuuden aloilla, mutta kuitenkin on syytä suunnitella ottaa huomioon ja tuntee suunniteltava prosessi (Heikura, 2019, p. 2). Suunnittelijan täytyykin tietää, esimerkiksi, minkälainen venttiili soveltuu mihinkin. Valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa käyttötarkoitus, virtaava aine, venttiiliin koko ja paino sekä tietysti myös lainsäädäntö (Honkanen, n.d.). Myös instrumenttien kiinnitystapa täytyy ottaa huomioon prosessia suunnitellessa. Laippaliitos ei välttämättä käy joka paikkaan, mutta toisaalta hitsattava venttiilikään ei ole paras ratkaisu kaikkialla. Instrumentoinnin yksityiskohdat, joita luvussa 2 esiteltiin, ovat kriittisiä ymmärtää PI-suunnittelua tehdessä, jotta varmistetaan prosessin toimivuus ja turvallisuus.

### 3 AUTOMAATIO TEOLLISUUSPROSESSISSA

#### 3.1 Automaatio teollisuudessa

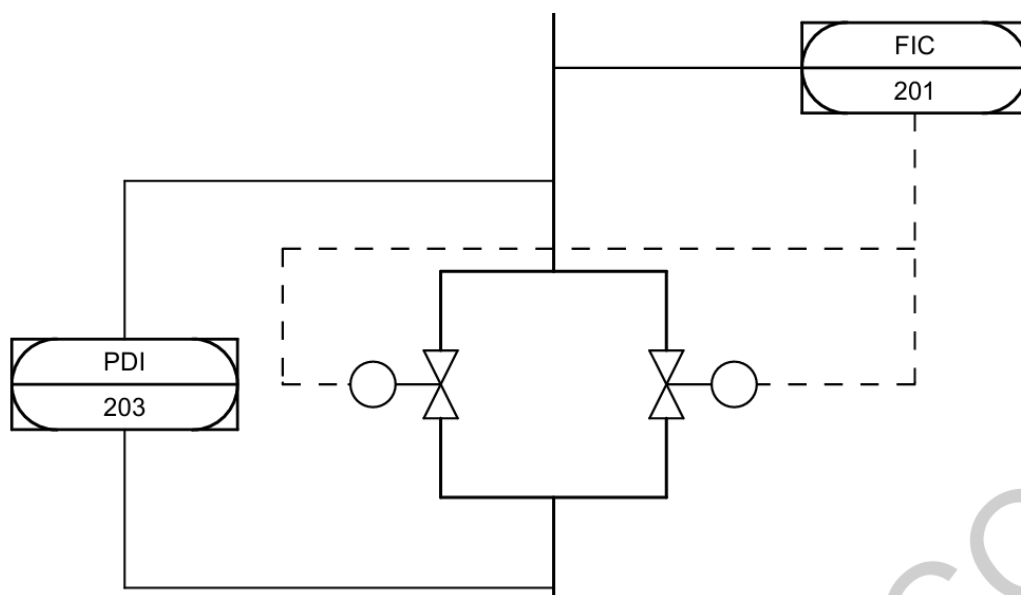
Teollisuudessa automaatiotekniikalla tarkoitetaan prosessien ja laitteiden hallintaa, ilman ihmisen toimintaa, eli automaattisesti. Esimerkiksi mitta-anturit ja toimilaitteet ovat osa automaatiojärjestelmän toteutusta. (Pajarinen, 2023, pp. 8-11)

Automaatiosta löytyy sovelluksia aina kotiautomaatiosta teollisuuden monimutkaisiin prosesseihin, kuten voimalaitoksiin. Voimalaitoksilla, ja muussakin prosessiteollisuudessa, automaatiota voidaan käyttää useassa eri järjestelmässä, esimerkiksi prosessien mittauksissa ja säädöissä, jotka ovat osa pääautomaatiota, ja erillisessä turva-automaatiossa, joka nimensä mukaisesti vastaa turvallisuudesta esimerkiksi pysäyttämällä prosessin häiriötilanteessa. (Holopainen, n.d.) Esimerkki turva-automaation toiminnasta voimalaitoksella on kattilan automaattinen alas-ajo savukaasupuhaltimen pysähtyessä.

#### 3.2 Mittaus- ja säätötekniikka teollisuusprosesseissa

Mittaus- ja säätötekniikka on olennainen osa prosessin onnistumista. Mittauksilla kerätään erilaista tietoa prosessin vaiheista, joita voidaan hyödyntää prosessin säätämiseen esimerkiksi venttiileiden ja pumppujen kautta (Linnala, 2024, p. 7). Säätöpiirien lisäksi on myös olemassa pelkkiä mittauspäijä, jotka eivät sisällä säätötoimintoja ja ovat näin ollen pelkästään informaation keräystä prosessista, kuten kuvassa 5 on nähtävissä paine-eromittaus PDI-203.

Säätöpiireissä käytetään takaisinkytkentää, jolla koitetaan estää eri häiriöiden vaikutus. Kuitenkin takaisinkytkentä itsessään voi aiheuttaa epästabiliia käyttäytymistä ja poistamisen sijaan vahvistaa säätöpiirin värähtelyä. Kun säätöpiiri on automaatiohjouksella, on takaisinkytkentä käytössä, eli piiri on suljettu. Käsiajolla piiri on avoin ja takaisinkytkentä ei siis ole tällöin käytössä. (Harju & Marttinen, 2000, p. 13)



Kuva 5. Prosessin 2 mittaus- ja säätöpiirejä (Suomalainen, 2025)

Luvussa 2.2 esiteltiin jo erilaisten instrumenttien merkitys säätöpiirissä muutamilla esimerkeillä. Säätöpiiri kokonaisuutena on siis säädettävä prosessi, mittaus sekä säädin ja itse säädön fyysisesti suorittava toimilaite (Harju & Marttinen, 2000, p. 13). Esimerkiksi säätölaboratorion prosessissa 1 (Kuva 4) säätöpiirejä ovat pinnansäätö LIC-101 ja virtauksensäätö FIC-102. LIC-101:ssä pinnankorkeuden mittaustietoon perustuen venttiilin asento muuttuu, joka näin vaikuttaa säiliöön virtaavan nesteen määrään ja tätä kautta säiliössä olevan nesteen pinnankorkeuteen. FIC-102:ssa puolestaan nesteen virtaus putkessa välittyy mittauksen kautta pumpun taajuusmuuttajalle, joka muuttaa pumpun nopeutta vaikuttaen näin nesteen virtausnopeuteen.

Kuvasta 5, joka on kuvakaappaus säätölaboratorion prosessin 2 PI-kaaviosta, on nähtävillä virtauksen mittaus- ja säätöpiiri, FIC-201, sekä paine-eromittaus, PDI-203. FIC-201:llä säädetään virtausta kahden venttiilin avulla perustuen virtausmittaukseen, kun taas PDI-203 on vain paine-eron mittaus-tieto.

### 3.2.1 Häiriöt säätöpiireissä

Säätöpiireissä esiintyy häiriöitä, jotka voivat johtua ulkoisista tekijöistä tai itse säätöpiiristä, esimerkiksi kohina ja muut sähköiset häiriöt mittauspiirissä, säiliössä olevan nesteen pinnan aaltoilun aiheuttama kuormitushäiriö tai säätöpiirin värähtely. (Harju & Marttinen, 2000, p. 19)

Värähtely saattaa aiheutua säätöpiiristä itsestään, esimerkiksi viallisesta toimilaitteesta tai säätimen huonosta v erityksestä, tai ulkopuolisesta lähteestä, esimerkiksi toisesta säätöpiiristä. Tämän testaaminen onnistuu säätimen käsiajolla. Jos värähtely loppuu, on säätöpiirissä itsessään vikaa, jolloin värähtely voidaan saada loppumaan virittämällä säädin uudestaan tai huoltamalla toimilaite. Värähtelyn jatkuessa käsiajolla, ei vika ole itse säätöpiirissä vaan sen aiheuttaa jokin ulkopuolinen lähde. Tällöin voidaan kokeilla jonkin toisen säätöpiirin virittämistä. (Harju & Marttinen, 2000, p. 19)

Sähköisten häiriöiden syntyyn vaikuttaa paljon itse laitteiden suunnittelu sekä käyttöolosuhteet ja häiriötekijät onkin otettava huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Sähköisiä häiriöitä syntyy esimerkiksi induktiivisesti eli sähkövirran synnyttämä magneettikenttä indusoi häiriöjännitteen mittauspiiriin. Tällaista häiriötä vastaan voidaan suojautua käyttämällä kierrettyä parikaapelia, jossa indusoivat virrat kumoavat toisensa magneettikenttien suuntien vastakkaisuuden takia. Häiriö voi johtua myös mittauspiirin laitteiden potentiaalien synnyttämästä maasil mukasta, jota voidaan ehkäistä esimerkiksi maadoittamalla tai käyttämällä kaapelia, jossa on maadoitettu suojavaippa. Suojavaipallinen kaapeli toimii myös induktiivisia häiriöitä vastaan. (Heikura, 2019, pp. 66-68)

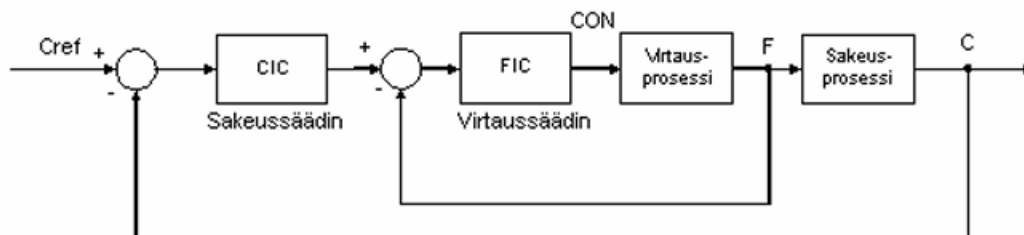
### 3.2.2 Säätöpiirien kytkennät

Säätöpiireissä voidaan käyttää erilaisia kytkentätapoja, joilla on omat ominaisuutensa. Näitä ovat muun muassa takaisinkytkentä, kaskadikykentä ja myötäkytkentä (Harju & Marttinen, 2000, pp. 32-36).

Takaisinkytkennässä käytetään yhtä ohjaussuureta yhden mittasuureen säätöön. Tämän kytkennän etuja on sen yksinkertaisuus ja helppo virittäminen sekä sen kyky poistaa säätövirheet niiden syistä riippumatta. Toisaalta tällä kytkennällä ei saavuteta parasta mahdollista suorituskykyä. (Harju & Marttinen, 2000, p. 32)

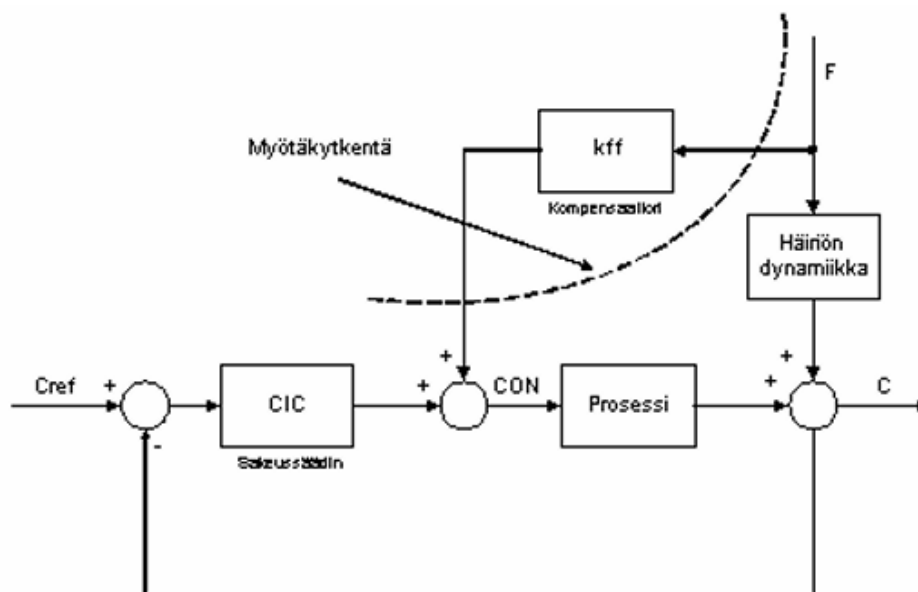
Kaskadikykennässä hyödynnetään useita ohjaussuureita yhdelle säädölle, jota voidaan myös nopeuttaa käyttämällä nopeammin reagoivaa apusäätäjää, esimerkiksi helposti viritettävää P-säädintä.

Kaskadikytkentä koostuu kahdesta sisäkkäisestä säädöstä, joka on esitetty kuvassa 6. Rakenteen ansiosta tällä kytkennällä saadaan poistettua sisemmän piirin häiriöt ennen prosessia. (Harju & Marttinen, 2000, p. 33)



Kuva 6. Kaskadikytkentä esitettynä lohkokaaviona (Harju & Marttinen, 2000, p. 34)

Myötäkytkentää voidaan käyttää silloin, kun kuormitushäiriö on mitattavissa ja ohjaussuure soveltuu kytkentään. Myötäkytkentä soveltuukin mitattavien häiriöiden vähentämiseen ja takaisinkytkennästä poiketen se ei aiheuta epästabiliutta. Toisaalta edellytyksenä tarkalle kompensoinnille voi säädettävän suureen ja ohjauksen välinen viive olla korkeintaan yhtä suuri, kuin häiriön ja säädön välinen viive. Tätä kytkentää voidaan myös käyttää yhdessä takaisinkytkennän kanssa, eikä säädintä tarvitse virittää uudelleen, silloin kun alun perin käytössä on ollut takaisinkytkentä. (Harju & Marttinen, 2000, p. 36) Kuvasta 7 näkyy myötäkytkentä yhdessä takaisinkytkennän kanssa.



Kuva 7. Myötäkytkentä esitettynä lohkokaaviona (Harju & Marttinen, 2000, p. 37)

Kuvassa 7 näkyvä kompensointori on automaatiojärjestelmän lohko, jonka tehtävä on laskea mitattusta häiriöstä lisätermi säätimen ohjaukseen. Tällä tavoin kompensointori toimii siis säädön vahvistuskertoimena. (Harju & Marttinen, 2000, p. 38)

Muita kytkentätapoja ovat esimerkiksi suhdessäätö, kaksipuolinen säätö sekä valikoiva säätö. Suhdesäätöä voidaan hyödyntää prosesseissa, joissa tarvitaan useamman muuttujan välisen suhteen ylläpitoa, esimerkiksi annostelu- tai sekoitusprosesseissa. Suhdesäätöä voidaan käyttää esimerkiksi voimalaitoksen palamisilman ja polttoaineen syötössä, joiden suhde saadaan mittaamalla savukaasujen jäännöshappi. Tällaisessa tapauksessa suhde ei ole vakio, vaan muuttuva. Kaksipuoleisessa säädössä yhdellä säätimellä on useampi toimilaite esimerkiksi prosessissa, jossa käytetään sekä

lämmitystä että jäähdytystä. Tällöin lämmitystä ja jäähdytystä ohjaa sama säädin, mutta molemmille on omat toimilaitteensa. Valikoivassa säädössä puolestaan on yksi toimilaite, mutta useampi säädin. Tämä toimii siten, että toimilaitteelle valitaan suurempi ohjaus, joka voi esimerkiksi estää säiliön liiallisen täyttymisen. (Harju & Marttinen, 2000, pp. 39-41)

### 3.3 Säätopiirin viritys

Säätopiirin virityksellä saadaan paras mahdollinen hyöty automaatiojärjestelmästä ja se vaikuttaakin säätopiirin suorituskykyyn merkittävästi, jopa enemmän kuin esimerkiksi venttiilin ominaisuudet. Hyvässä säätopiirissä, jota virityksellä haetaan, on riittävä säädön tarkkuus, nopeus ja kuormitushäiriöiden kompensointikyky. Virituksen tavoitteina on myös saavuttaa riittävä epäherkkyys mittauskohinaa ja parametrien muutoksia kohtaan sekä ohjaussignaali halutaan saada käyttäytymään rauhallisesti. Tavoitteiden takia säätimen virityksessä joudutaan tasapainottelemaan prosessin ominaisuuksia ja vaatimuksia, jotta viritys saataisiin mahdollisimman optimaaliseksi. (Harju & Marttinen, 2000, pp. 149, 157)

Yksinkertaisesti ilmaistuna viritäminen on oikeanlaisten parametrien määrittämistä. Esimerkiksi PID-säätimen virituksen laajuus ja monimutkaisuus riippuu käytettävästä yhdistelmästä. Pelkälle P-säätimelle riittää yhden parametrin viritäminen, mutta PI- ja PID-säätimessä viritäminen on vaikeampaa, koska parametreja on kaksi tai kolme ja erilaisten parametriyhdistelmien määrä kasvaa toisella tai kolmannelle potenssilla; esimerkiksi, jos parametreilla on 100 eri arvoa, on niitä myös P-säätimessä 100, mutta PI-säätimessä yhdistelmiä on silloin 10 000 ( $100^2$ ) ja PID-säätimessä 1000 000 ( $100^3$ ). Viritystapojakin on monia, ja oikea viritys riippuukin siitä, kuinka säädettävä suure käyttäytyy ja minikäiset tavoitteet säädölle on asetettu. Jos säädin viritetään esimerkiksi nopeammin reagoivaksi, saattaa se samalla lisätä epästabiilisuutta. (Holopainen, n.d.)

Yksi tapa PID-säätimen viritukseen on Jong G. Zieglerin ja Nathaniel B. Nicholsin kehittämä analyttinen askelvastemenetelmä. Menetelmä edellyttää täydellistä askelvastekoetta, jossa ohjaukseen tehdään tasapainotilassa muutos ja muutoksesta johtuva järjestelmän käyttäytyminen tallennetaan. Kokeen avulla saadaan määritettyä parametrit viritystä varten. Viritys on onnistunut silloin, kun säätäminen onnistuu nopeasti ilman säätopiirissä tapahtuvaa liiallista värähtelyä. Alivireinen viritys tarkoittaa sitä, että värähtelyä ei juurikaan esiinny, mutta säätö on myös hidaskas, ja ylivireisessä säädössä puolestaan esiintyy värähtelyä merkittävästi. Jos värähtelyä ei esiinny, voidaan säädön vahvistusta kasvattamalla saada nopeutta lisää, ja puolestaan vahvistusta pienentämällä voidaan korjata värähtelyä. (Holopainen, n.d.)

## 4 SÄÄTÖLABORATORIO

### 4.1 Käyttötarkoitus ja prosessit

Säätölaboratorio on ollut aikaisemmin automaatioasiantuntijain opetuskäytössä. Tämä on sisältänyt muun muassa erilaisia mittaus- ja säätötekniikkaan liittyviä kokeiluja sekä säätöpiirien virittämistä esimerkiksi askelvastekokein. Laboratoriosta on säästetty kaksi erillistä prosessia, joissa kummasakin säiliöön on pumpattu vettä, sekä toteutettu virtaukseen, pinnankorkeuteen sekä paineeseen liittyviä mittauksia ja säätöjä. (Linnala, 2025)



Kuva 8. Säätölaboratorio (Linnala, 2025)

Ennen varastoon purkamista laboratorio on kuvan 8 mukaisesti ollut rakennettuna varastohyllylle luokahuoneeseen. Vasemmalla puolella kuvassa on prosessi 1 ja oikealla prosessi 2. Aikaisemmin laboratorio on sisältänyt neljä prosessia, mutta purkamisen yhteydessä on niistä säästetty kaksi eli kuvassa näkyvät prosessit 1 ja 2 (Linnala, 2025)

Toiminta molemmissa prosesseissa on samankaltainen. Molemmissa säiliöön virtaa vettä ja pumpulla vettä kierrätetään joko viemäriin tai takaisin säiliöön. Prosessissa 1 syöttöveden määrää ohjataan säätöventtiilillä ja kiertävän veden virtausta ohjataan pumpulla taajuusmuuttajan avulla. Sulkuventtiileillä voidaan valita, halutaanko vesi takaisin säiliöön vai viemäriin. Prosessissa 2 puolestaan syöttövedelle ei ole säätöpiiriä, vaan säätöventtiilillä ohjataan veden virtausta säiliön välillä. Myöskään pumpulle ei tässä prosessissa ole minkäänlaista säätöä. Tässäkin prosessissa on käytössä kaksi sulkuventtiiliä, toinen syöttövesi- ja toinen viemäriinjalle. Prosessien toiminnan tarkempi kuvaus on esitelty luvussa 5.2.4, jossa prosessien kuvaamiseen käytetään apuna liitteiden 1 ja 2 PI-kaavioita.

Myös laboratorion käyttötarkoituksen osalta on uusia suunnitelmia tulevaisuuden kannalta. Laboratoriota voitaisiin hyödyntää mittaus- ja säätötekniikan lisäksi myös muuhun prosessi- ja automaatio-opetukseen instrumentoinnin, automaatiojärjestelmien suunnittelun sekä logiikkaohjelmoinnin osalta. Se toimisi myös mallina Comos-ohjelman opetuksessa prosessisuunnittelussa. (Linnala, 2025)

## 4.2 Instrumentit

Laboratorion instrumentit ovat teollisuuskäyttöön tarkoitettuja mutta ne ovat jo vanhoja. Kuitenkin niistä käyttökuntoiset on tarkoitus hyödyntää, kun laboratorio kasataan uudestaan. Mahdollisesti uusittavia laitteita ovat pumppujen taajuusmuuttajat. Prosessissa 1 on ollut jo ennestään taajuusmuuttaja, mutta nyt myös prosessille 2 on lisätty sellaiselle optio ja tämä on lisätty myös PI-kaavioon.

### 4.2.1 Prosessin 1 instrumentit

Prosessissa 1 instrumentteja ovat yksi vesipumppu, P1, yksi säätöventtiili, kaksi manuaalikäyttöistä sulkuventtiiliä, HS-103 ja HS-104, sekä kaksi käsiventtiiliä. Käsiventtiilit toimivat sulkuventtiileinä pumpulle ja pinnankorkeuden näkölasille. Mittaus- ja säätöpiirien instrumentteja ovat virtausmittaus ja säätö, FIC-102, jolla ohjataan taajuusmuuttajan kautta vesipumppua ja pinnanmittaus ja -säätö, LIC-101, joka ohjaa säätöventtiiliä. Säätöpiirien lisäksi prosessi 1 sisältää säiliön ylä- ja alapinnan hälytykset.

### 4.2.2 Prosessin 2 instrumentit

Prosessi 2 sisältää vesipumpun, P2, kaksi säätöventtiiliä, kaksi manuaalista sulkuventtiiliä, HS-204 ja HS-205, ja myös pumpun ja näkölasin käsikäyttöiset sulkuventtiilit, kuten prosessissa 1. Säätöpiirejä prosessia on ainoastaan yksi, virtausmittaus ja -säätö, FIC-201, joka ohjaa säätöventtiileitä. Mittauspiireinä on virtausmittaus, FI-202, sekä säiliön ylä- ja alapinnan hälytykset, LS-206 ja LS-207.

## 4.3 Automaatiojärjestelmän toteutus säätölaboratoriossa

Säätölaboratoriossa on ollut käytössä National Instrumentin LabVIEW-automaatio-ohjelmisto, ja käytössä on myös kahdeksan Field Point I/O-korttia National Instrumentilta. Prosesseja on ohjattu tietokonettyöasemilta, joita on jokaisella prosessilla ollut yksi. Yhteys työasemien ja I/O-korttien välillä on toteutettu Ethernetillä.

Puolestaan instrumenttien ja I/O-korttien välinen yhteys on toteutettu analogisesti kenttäkotelon kautta I/O-korteille. Hälytykset ja rajatiedot puolestaan, esimerkiksi pintahälytykset, käyttävät digitaalisignaalia. (Linnala, 2025)

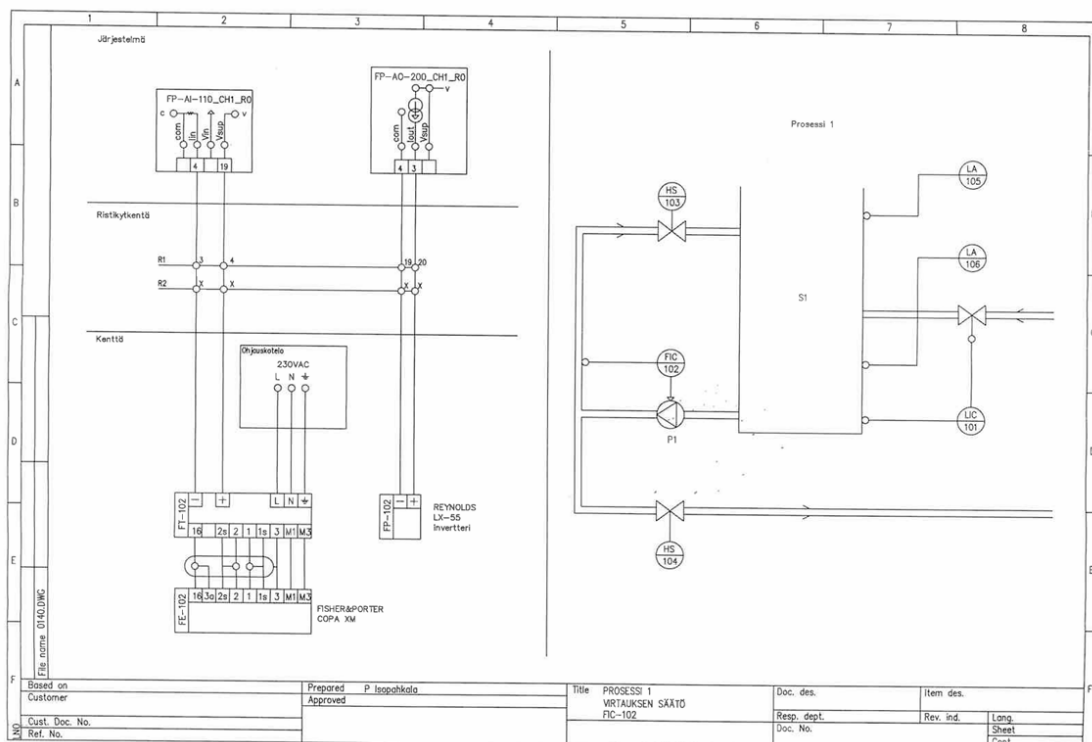
Uuden sijainnin ja suunnittelun lisäksi laboratorioon on suunnitelmissa myös uusia tai päivittää automaatiojärjestelmä ja I/O-kortit. Tämä nousi esille samalla, kuin prosessisuunnitteluprojektikin, mutta sen tutkiminen ja toteutus sisältyy toiseen opinnäytetyöprojektiin.

## 4.4 Yhteenveto alkuperäisestä suunnittelusta

Alkuperäisen suunnittelun dokumentit laboratorion sisälsivät PI-kaaviot ja näiden yhteydessä ohjausten piirikaaviot sekä instrumenttiluettelon. Näitä paperisia kuvia on hyödynnetty uusien suunnitteludokumenttien luomisessa, ja ne ovatkin olleet hyvä pohja työlle.

Vaikka alkuperäiset kuvat ovatkin olleet pohjana ja lähteenä, joitakin puutteita niistä myös havaittiin laboratoriolaitteistoon paikan päällä tutustuesssa. Nämä puutteet on lisätty uusiin kuviin. Prosessin 1

vanha PI-kaavio sekä virtauksensäätö FIC-102 on nähtävissä kuvasta 9. Huomattavaa tässä kuvassa on, että instrumentit on piirretty paikalliskäyttömerkeillä, vaikka kuitenkin ne ovat yhteydessä automaatiojärjestelmään. Esimerkiksi tämä on korjattu modernisoinnin yhteydessä. Uusiin kaavioihin on myös lisätty molempiin prosesseihin näkölasin säiliön pinnankorkeuden varmistamiseksi ja käsi-venttiilit tälle näkölasille sekä pumpulle. Tarkemmin muutokset on esitelty luvuissa 5.2 ja 5.3.



Kuva 9. Prosessin 1 alkuperäinen PI-kaavio (Anon., n.d.)

Suunnittelun modernisoinnissa on käytetty pitkälti samaa mallia, kuin alkuperäisissäkin, mutta kuvia on myös tarkennettu sekä lisätty toimintakaaviot automaatiopiireille. Kaikki kaaviot ovat nähtävillä ja muokattavissa Comos-projektissa, ja kuvista on myös PDF-esimerkit sekä ne ovat myös raportin liitteinä. Piirikaavioista ja instrumenttiluettelosta ei tässä projektissa uusittu, koska etusijalla oli PI- ja automaatio suunnittelu, joka kuuluu energiatekniikan automaatio suuntautumiseen. Toisaalta laiteluettelon tekeminen on osa PI-suunnittelua, mutta mahdollisia instrumenttien uusimisia ei vielä tässä vaiheessa ole suunniteltu tarkemmin, joten senkään puolesta luetteloa ei voitu vielä uusia. Comos-projektiin on kuitenkin lisätty nykyisten instrumenttien saatavilla olevat tiedot, lähinnä valmistaja ja malli, joita voidaan myös tarpeen vaatiessa muuttaa, mikäli jokin instrumentti uusitaan.

## 5 SUUNNITTELUPROJEKTIN TOTEUTUS

### 5.1 Comos-suunnitteluohjelma

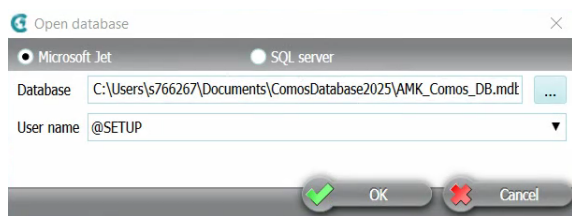
#### 5.1.1 Ohjelman valinta projektiin

Opinnäytetyön varsinainen suunnitteluprojekti toteutettiin Siemensin Comos-suunnitteluohjelmalla. Ohjelma valittiin siksi, että se on laajasti käytössä prosessisuunnittelussa sekä myös Savonia-ammattikorkeakoululla. Comos myös mahdollisti kaiken tarvittavan luomisen samaan projektiin tämän työn kannalta. Näin samaan projektiin saatiin sisällytettyä PI-kaaviot, instrumenttien tiedot sekä kuvaukset automaatiopiireistä (toimintakaaviot).

Muita vaihtoehtoja työn suorittamiseen olisi ollut esimerkiksi Vertex Systemsin ohjelma Vertex G4 PI. Tässä olisi kuitenkin joutunut käyttämään opiskelijalicenssiä, ja olemassa olevalla versiolla, johon tällainen lisenssi oli, ei olisi välttämättä koko työtä pystynyt suorittamaan. Comosin valintaan vaikutti myös sen kuuluminen opetussuunnitelmaan ja näin ollen Savonialta löytyi valmiina tarvittavat kirjastot kaavioiden toteuttamiseen. Savonialla Comos myös on käytettävissä Citrix-etäyhteydellä, mikä oli selvä etu, jotta projekti voitiin toteuttaa käytännössä kokonaan etänä.

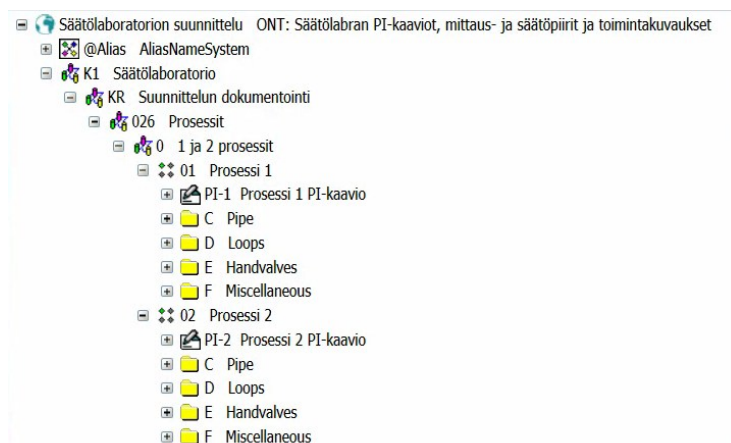
#### 5.1.2 Projektin luonti ja rakenne

Suunnittelutyötä varten Comosiin luotiin oma projekti, johon työ saatiin tallennettua. Tietokantana projektille käytettiin samaa, kuin opetuskätöissäkin. Comosista se löytyy nimellä ”ComosDatabase2025”. Valittu tietokanta ja sen polku näkyy kuvassa 10.



Kuva 10. Comos-tietokanta (Suomalainen, 2025)

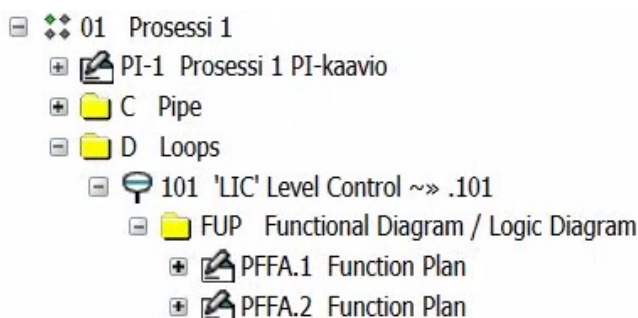
Comosissa projekti on nimellä ”Säätölaboration suunnittelu” ja sen kuvauksena ”ONT: Säätölaboran PI-kaaviot, mittaus- ja säätöpiirit ja toimintakuvaukset”. Projektin alta löytyy kansiorakenteet instrumenttien Alias-nimille (AliasNameSystem) sekä itse suunnittelutyölle (Säätölaboratio alirakenteineen).



Kuva 11. Projektin rakenne Comosissa (Suomalainen, 2025)

Kuvassa 11 näkyy lopullinen rakenne Comos-projektille. Pääkansioiden alta löytyy molemmille prosesseille omat kansiot, johon PI-kaaviot on tallennettu. Kaavioiden alla kansioissa on instrumentit ja muut objektit kuten putket. ”Pipe”-kansioista löytyy kaavioihin piirretyt putket, ”Loops’-kansiossa on mittaus- ja säätöpiirien instrumentit, ”Handvalves”-kansiossa on kaikki käytetyt venttiilit, vaikka nimi viittaakin käsiventtiileihin, ja ”Miscellaneous”-kansioista löytyvät pumppu sekä säiliö. ”Loops”-kansiossa instrumenttien alta löytyy vielä toimintakaaviot FUP-kansioista kuvassa 12 näkyvällä tavalla.

Vaikka projekti ei olekaan suuri, on selkeyden vuoksi suunnitteludokumentit lisätty myös Documents-valikosta löytyvään rakenteeseen ”Documentointi: Säätolabran suunnitteludokumentit”. Tämä sisältää ”Prosessi 1” ja ”Prosessi 2” nimiset alakansiot, joiden alta löytyvät kansiot PI- ja toimintakaavioille. Valikko näkyy kuvasta luvun 5.2.1 kuvista 13 ja 15 ”Units”- ja ”Locations”-valikoiden oikealta puolelta.



Kuva 12. Toimintakaavioiden sijainti projektissa (Suomalainen, 2025)

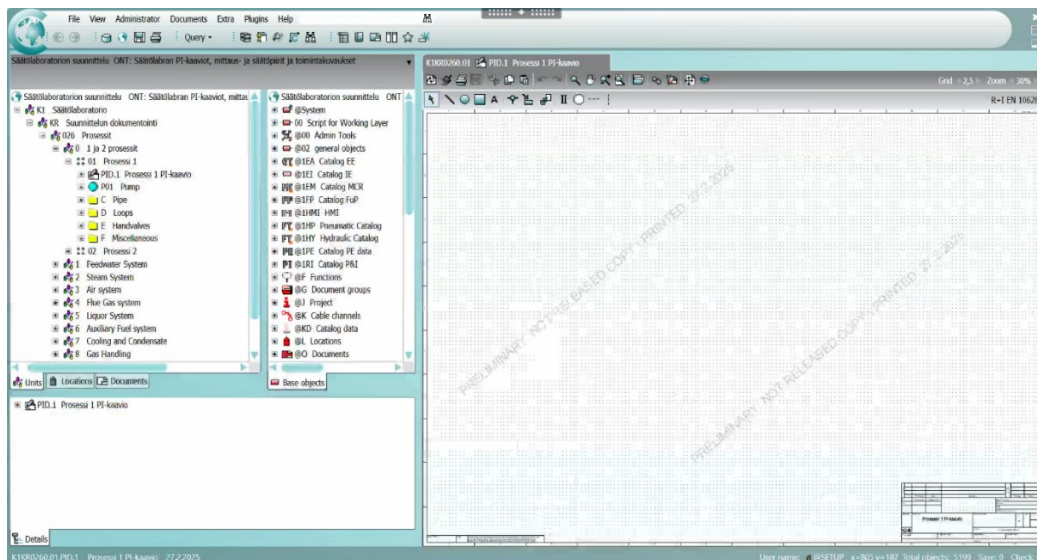
Koska Comos nimeää objektit käytössä olevan suunnittelustandardin mukaan, täytyi haluttuja nimiä varten luoda Alias-kansio suoraan projektin alle kuvassa 11 näkyvällä tavalla. Tähän kansioon luotiin Alias-nimi jokaiselle nimettävälle objektille, joka saatiin käyttöön lisäämällä se objektin asetuksista (properties). Alias-nimillä saadaan siis asiakkaan haluamat todelliset nimet Comos-ohjelman automaattisesti luomien nimien tilalle.

## 5.2 PI-suunnittelu

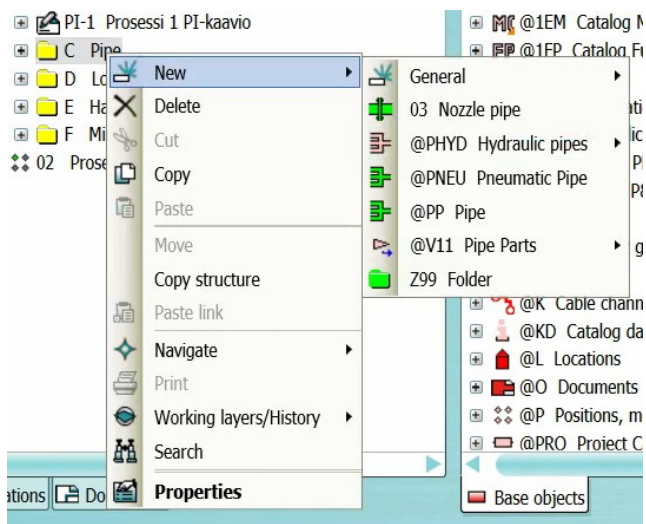
### 5.2.1 Prosessikaavio

Kun projekti oli luotu Comosiin ja projektin rakenne jokseenkin valmis, päästiin itse kaavioiden tekemiseen. PI-kaavioille löytyi Prosessi-kansioiden valikosta niille oma tiedostopohja, joka lisättiin kansioon, kuten yllä kuvassa 12 näkyy ”PI-1 Prosessi 1 PI-kaavio”.

Avaamalla PI-kaavion tiedosto, oikealle puolelle kuvan 13 mukaisesti avautui tyhjä pohja, jolle PI-kaaviota alettiin piirtämään. Vasemmalla puolella on projekti ja sen kansiot sekä sen oikealla puolella ennen kaaviota kirjasto, josta löytyi kaikki käytettävissä olevat objektit. Kirjastosta saatiin raahtua haluttu kohde suoraan kuvaan tai projektikansioon. Toinen ja helpompi tapa etsiä ja lisätä objektit oli lisätä ne suoraan niille varattuihin kansioihin kuten ”Pipe” ja ”Loops” kuvassa 14 näkyvällä tavalla.



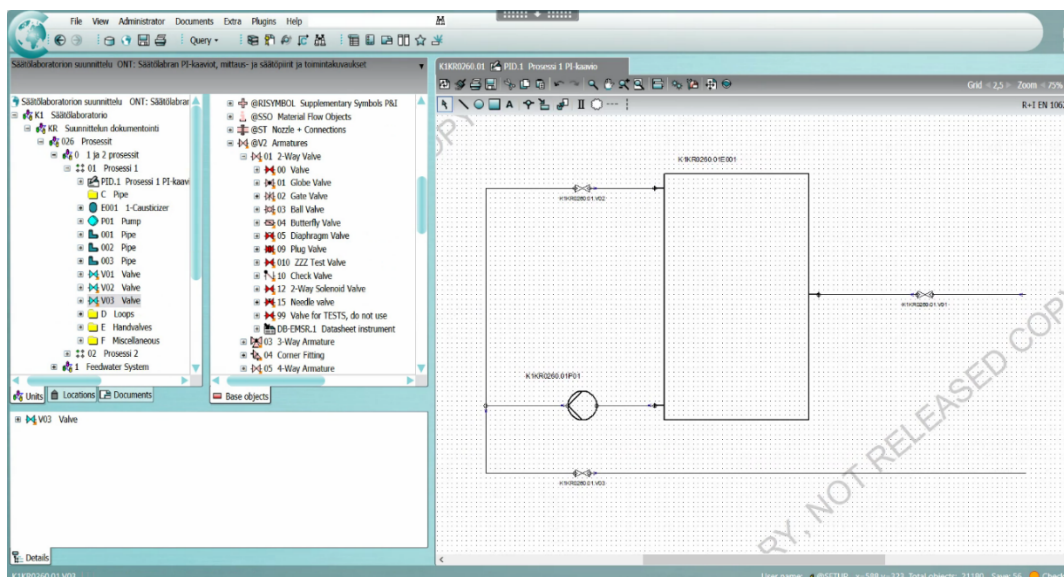
Kuva 13. PI-kaavion pohja (Suomalainen, 2025)



Kuva 14. Instrumenttien ja tarvikkeiden lisääminen (Suomalainen, 2025)

Jostain syystä Comos ei antanut lisätä putkia kirjaston kautta "Pipe"-kansioon vaan se piti tehdä toisena esitetyllä tavalla. Koska käytettävissä oleva kirjasto ja projektin rakenne on peräisin teollisuusyritykseltä, löytyi kirjastosta paljon sellaista, jota ei tähän projektiin tarvinnut. Tämän takia instrumenttien lisääminen suoraan kansioiden kautta oli myös helpompaa ja nopeampaa.

Ensimmäiseksi kaavioon lisättiin säiliö ja kaikki putket, jotka piirrettiin virtaussuunnan mukaisesti. Tämän jälkeen etsittiin venttiilit ja pumput, jotka lisättiin putkilinjoihin. Erilaiset toimilaitteet ja moottorit venttiileille ja pumpuille saatiin lisättyä suoraan halutun kohteen asetuksista tai valikosta samaan tyyliin kuin kuvassa 14 putketkin. Toisin sanoen ensimmäiseksi piirrettiin prosessikaavio.



Kuva 15. PI-kaavion piirtäminen Comosissa (Suomalainen, 2025)

Kuvassa 15 näkyvät nimet kaavioissa ovat standardin mukaisia nimiä ennen Alias-nimien lisäämistä. Kuvassa 15 ei myöskään vielä näy toimilaitteita eikä mittaus- ja säätöpiirien instrumentteja, mutta ne ovat nähtävillä kuvasta 4 sekä valmiista kaavioista liitteissä 1 ja 2. Säätöventtiileille käytettiin toimilaitteen yleistä piirrosmerkkiä. Myöskään venttiilien tyypejä ei tässä projektissa kaavioihin eroteltu, vaan siinäkin käytettiin venttiilin yleispiirrosmerkkiä. Viimeinen asia oli mittaus- ja säätöpiirien lisääminen. Tietysti tämän jälkeenkin sai lisättyä ja muutettua esimerkiksi putkia, mutta helpompaa oli ensin saada ainakin käsitys siitä, millainen prosessikaavion rakenne tulee kokonaisuudessaan olemaan.

Myös jälkikäteen muokkausta ajatellen Comos on järkevä ohjelma projektille. Koska instrumentit ovat lisätty projektikansioihin, voidaan niitä esimerkiksi putkilinjan muuttamista varten poistaa kaaviosta ja myöhemmin lisätä uudestaan nopeasti. Tällä tavoin esimerkiksi säätöventtiili toimilaitteineen ja Alias-nimineen säilyy tallessa, eikä niitä tarvitse etsiä ja lisätä alusta alkaen.

Piirtäessä kaavioita, Comos lisäsi virtaussuunnat automaattisesti putkiin, mikä ei kuitenkaan näy PDF-tallenteissa. PDF-kuvista virtaussuunta täytyy päätellä pumpun suunnasta sekä mihin putket menevät. Syöttövesi- ja viemäriinjoja on ilmaistu tekstillä kaavioissa.

## 5.2.2 Säätölaboratorion mittaus- ja säätöpiirit

### 5.2.3 Prosessikaaviosta PI-kaavio

Kun prosessin rakenne pumppuineen ja venttiileineen oli valmis, eli prosessikaavio oli valmis, voitiin lisätä tarvittavat mittaus- ja säätöpiirit. Tämä lähti oikeanlaisten mittausinstrumenttien valinnoista. Piirit valittiin käyttäen apuna vanhoja kaavioita.

Mittaus- ja säätöpiirien lisääminen kaavioihin tapahtui samalla tavalla, kuin muidenkin instrumenttien. Kun instrumentit oli saatu kaavioihin, yhdistettiin ne Comosin connection-toiminnolla mittauspis-teisiin putkiin tai säiliöön ja mikäli kyseessä oli säätöpiiri, myös säädettäviin instrumentteihin. Mittaus- ja säätöpiirien myötä syntyi valmiit PI-kaaviot.

#### 5.2.4 Prosessien kuvaaminen PI-kaavioilla

Valmiista PI-kaavioista voidaan päätellä prosessien kulku. Vaikka prosessit periaatteeltaan ovatkin samankaltaisia, kuten jo luvussa 4.1 todettiin, on niissä kuitenkin eroja etenkin mittaus- ja säätöpiirien osalta.

Prosessissa 1 (liite 1) syöttöveden määrää säiliöön voidaan muuttaa säätöventtiilillä, jonka toiminta perustuu LIC-101-säätöpiiriin mittaustietoon veden pinnankorkeudesta säiliössä. Lähtevä putkilinja säiliön alareunassa haarautuu pumpun jälkeen takaisin säiliölle sekä viemärille. Virtauksen säätöpiiri FIC-102 mittaa virtausta säiliölle menevässä haarassa ja tällä mittaustiedolla säädetään pumpun kierroksia taajuusmuuttajan avulla. Säätöpiirien lisäksi säiliön vedenpinnan korkeudesta on myös sekä ala- että ylärajan hälytykset. Varmistukseksi myös näkölasista voidaan pinnankorkeutta tarkkailla. Säiliölle ja viemärille menevissä putkilinjoissa on HS- eli ON/OFF-venttiilit, joilla linjat voidaan avata tai sulkea. Mikäli automaatiojärjestelmä hälyttää säiliön ylärajasta, voidaan viemäriin avata automaattisesti, jotta säiliö ei tulvi yli. Samalla voidaan myös sulkea säiliöön takaisin vievä linja tämän nopeuttamiseksi tai, jos säiliö halutaan tyhjentää.

Prosessissa 2 (liite 2) syöttövesilinjan veden virtausta ei voida muuttaa, mutta se voidaan sulkea HS-venttiilillä. Puolestaan virtauksen säätö FIC-201 mittaa virtausta pumpun jälkeen takaisin säiliöön vievässä haarassa, ja mittaustietoa käytetään virtauksen säätämiseen kahden säätöventtiilin avulla. Säätöventtiilien molemmien puolin on mittauspisteet, joista mitataan paine-eroa PDI-203 paine-eromittauksella. Tässäkin prosessissa on ylä- ja alapinnan hälytykset ja myös viemäriin HS-sulkuventtiili, joka tarpeen tullen voidaan avata tulvimisen estämiseksi. Samalla voidaan myös sulkea syöttövesilinja vastaavanlaisella venttiilillä. Myös tässä prosessissa pinnankorkeus voidaan tarkastaa näkölasista.

#### 5.2.5 Muutokset suunnittelussa

Digitaalisen version lisäksi PI-kaavioihin on tehty muitakin päivityksiä. Vanhoista kuvista puuttui kokonaan näkölasit, joista voidaan tarkkailla säiliöiden pinnankorkeutta. Sen lisäksi sekä näkölaseille että pumpuille on kaavioihin lisätty käsisulkuventtiilit. Nämä muutokset havaittiin paikan päällä Varhauksen kampuksen varastossa, jossa laboratorion tarvikkeet ja laitteet ovat.

Lisäksi viemäriinjojen sulkuventtiilien oletusarvoiksi on määriteltä kiinni, eli se näkyy kaaviossa mustana, ja pumpuille on piirretty taajuusmuuttajat. Prosessin 2 taajuusmuuttajan viereen on lisätty teksti osoittamaan, että taajuusmuuttaja on optio. Myös putkilinjojen kohteet, jotka eivät näy kuvissa, on osoitettu teksteillä sekä selvennykseksi myös näkölasit.

Myös mittaus- ja säätöpiirien instrumentteihin tuli joitakin muutoksia piirrosmerkkien ja nimien osalta. Piirrosmerkit vaihdettiin paikallismittauksista kuvaamaan automaatiojärjestelmään kytkettyjä instrumentteja. Pintahälytyksien nimi alkuperäisissä kuvissa oli LA, mutta johtuen Comosissa käytössä olevasta standardista nimeksi tuli LS.

#### 5.3 Mittaus- ja säätöpiirien toimintakaaviot

Vanhoista suunnitteludokumenteista puuttuivat kokonaan mittaus- ja säätöpiirien toimintakaaviot tai ainakaan niitä ei ollut saatavilla. Nämä toteutettiin uuteen projektiin ja ne löytyvät Comos-projektista "Loops"-kansioista instrumenttien alta, kuten jo luvussa 5.1.2 kuvassa 12 esitettiin. Lisäksi erilaisista toimintakaavioista on kaikista tallennettu yksi PDF-kuva ja ne löytyvät liitteistä 3–6.

Säätöpiireissä, kuten LIC-101, on mittauspiirin ja säätöpiirin kaaviot erikseen (liitteet 3 ja 4). Mittauspiireissä on pelkästään mittauspiirin kaavio. Kaaviot tehtiin myös HS- eli ON/OFF-venttiileille ja pinnanhälytyksille (LS). Kaavioiden rakenne on yksinkertainen: vasemmalla puolella on tulopuoli eli input, keskelle tulevat toimilohkot, esimerkiksi säätöpiirissä PID-säädin ja mittauspiirissä AIND- ja ALARM-toimilohkot, ja oikealla puolella on lähtöpuoli eli output. Yläreunassa kaaviota on HMI-kenttä (human machine interface), jossa esitetään ohjausjärjestelmän käyttöliittymän toiminnot. Säätölaboratoriossa tämä oli toteutettu PC-pohjaisella LabVIEW-ohjelmistolla.

Mittauspiirien toimintakaavioissa (liite 3) on AIND-toimilohko ja ALARM-toimilohko. Signaali kulkee AIND-toimilohkon kautta ja lähtösignaali on liitetty piirin ulostulon lisäksi myös ALARM-toimilohkoon. AIND-toimilohkon tulo- ja lähtösignaalit ovat analogisignaaleja kuten myös lähtösignaalista HMI-kenttään kulkeva mittaustieto. ALARM-toimilohkon ulostulot ovat digitaalisia ja ne menevät sekä ulostuloihin että HMI-kenttään.

Säätöpiirien kaavioissa (liite 4) toimilohkoina on pelkästään PID-säädin, johon tulee ja josta lähtee analogisignaali. Säätimelle tulee myös HMI-kentältä käsi- ja automaattiajon valinta ja asetusarvo. HMI-kenttään viedään mittaesarvo (PV) ja säätimen ulostulo (OP).

ON/OFF-venttiilien kaavioissa (liite 5) signaalit ovat puolestaan kaikki digitaalisignaaleja. Tulopuolelta signaalit menevät VALVE- eli venttiilitoimilohkon automaattiaukaisulle sekä -sululle. HMI-kentältä tulee käsi- ja automaattiajon valintesignaalit sekä käsiajon auki- ja kiinnikäskyt. Lähtösignaalista HMI-kentälle menee tilatieto venttiilin asennosta.

Pintahälytyksien kaavioissa (liite 6) ei ole ollenkaan toimilohkoja, vaan digitaalisignaali kulkee suoraan tulopuolelta lähtöpuolelle ja siitä lähtee HMI-kentälle hälytystieto.

Toimintakaavioiden luomisessa Comos oli taas hyvä valinta. Kaavioiden piirtäminen onnistui samaan tyyliin, kuin PI-kaavioidenkin ja riitti, kun jokaiselle erilaiselle piirille loi kaavion ja kopioi sen muille samanlaisille piireille. Näihin piireihin Comos myös muutti nimet oikeiksi, joten se onnistui varsin helposti. Tämä vähensi työmäärää merkittävästi. Koska tuleva automaatiojärjestelmä ja sen toteutus ei ollut vielä tiedossa, ei toimintakaavioita voitu tehdä täydellisesti. Esimerkiksi PID-säätimestä puuttuu parametrien tiedot, eli nyt toimintakaavioissa onkin kuvattuna vain perustoiminnot, mutta ohjausjärjestelmän suunnitteluvaiheessa ne tulee täydentää vastaamaan haluttua toimintaa.

## 6 YHTEENVETO JA POHDINTA

Kokonaisuudessaan projekti oli onnistunut. Comosia käyttäen säätölaboratorion PI-kaaviot saatiin modernisoitua ja päivitettyä sekä automaatiopiireille saatiin alustavat toimintakaaviot tehtyä. Comos-projektin myötä on tulevaisuudessa helppo lähteä päivittämään dokumentaatiota esimerkiksi siinä vaiheessa, kun uusi automaatiojärjestelmä on ajankohtainen tai, jos laboratorion prosesseihin halutaan lisätä esimerkiksi mittauksia ja säätöjä. Tämän projektin tuloksena Savonia-ammattikorkeakoulu saa tässä opinnäytetyössä luodun Comos-projektin käyttöönsä.

Alun perin tavoitteet tälle työlle olivat prosessi- ja AEI-suunnittelu eli sisältäen myös jonkin verran sähkösuunnittelua, vaikka pääosassa olivatkin PI-kaaviot ja automaatio-suunnittelu. Piirikaaviot ajateltiin toteuttaa, mikäli ne koetaan tarpeellisiksi ja järkeviksi aikataulun kannalta. Toisaalta energiatekniikan opintoihin ei sisältynyt sähkösuunnittelu, joten päätettiin jättää se osa-alue pois osittain sen takia ja osittain myös aikataulun takia. Kuitenkin tärkeimmät kohdat eli PI-kaaviot ja automaatio-suunnittelu toteutuivat niiltä osin, kuin sen hetkisillä tiedoilla oli mahdollista, joten projektia voidaan pitää onnistuneena.

Vaikka lopulta projekti sujuikin hyvin ja yllättävän nopealla tahdilla, oli siinä tietysti myös haasteita. Haasteita toi muun muassa juuri Comos. Vaikka se opetussuunnitelmaan kuuluikin, oli sen käyttö aikaisemmin jäänyt vähäiseksi eikä aiemmin myöskään sen käytöstä etäyhteyden kautta ollut varmuutta, joka tietysti osaltaan vaikutti sen opetteluun vähyyteen. Kuitenkin heti tämän projektin alussa sain siihen lisää tarvittavaa opetusta, jonka jälkeen se sujuikin varsin hyvin.

Energiatekniikalla automaatio-opintoihin ei kuulunut varsinaista automaatio-suunnittelua, vaan se keskittyi pääosin neuroverkkoihin ja kehittyneisiin säätöjärjestelmiin, joten toimintakaaviot olivat melko uutta asiaa. Mutta toisaalta prosessi- ja instrumentointipuolelta oppia on tullut aikaisemmin varsin hyvin, joten siitä oli helppo lähteä liikkeelle raportissa ja tähän myös lähdetietoja löytyi hyvin muun muassa aikaisempien kurssien materiaaleista. Myös PI-kaavioista ja niiden piirtämisestä on aikaisemmin jonkin verran ollut opetusta, joten aivan uutta se ei ollut.

Työtä tehdessä ja varsinkin raporttia kirjoittaessa oli ongelmana myös se, että laboratoriossa ei itse koskaan tullut käytyä ja oikeastaan tällaisesta laboratorion en ennen tätä projektia tiennytkään. Tämän takia ei oikeastaan paljoakaan ollut tietoa, mitä kaikkea laboratoriossa on voinut tehdä ja mihin sitä on käytetty. Tämä myös tavallaan harmittaa, koska uudet suunnitelmat laboratorion käytön osalta kuulostavat hyviltä ja siitä olisi hyötyä automaatio-opiskeluun.

Vaikka projekti alussa hieman arveluttikin juuri automaatio-osaamisen takia, oli tämä kokonaisuudessaan järkevä valinta, koska työssä pääsi oppimaan niin teorian, kuin käytännönkin kautta prosessi-, instrumentointi- ja automaatio-suunnittelun perusteita, joista varmasti on hyötyä myös työelämässä tulevaisuudessa. Lisäksi Comosin käyttö projektin työkaluna auttoi sen käytön oppimisessa. Lyhyet, mutta tehokkaat opetushetket työn ohjaajan kanssa ja tallenteet Comos-opetuksesta auttoivat työn alkuun saamisessa sekä myös myöhemmässä vaiheessa kohdatuissa ongelmissa.

Vaikka itse suunnittelutyö olikin pitkälti vanhojen dokumenttien tarkastelua ja niiden pohjalta tekemistä, asiaa kuitenkin pääsi miettimään prosessiteollisuuden kautta esimerkiksi, miten asiat vaikuttavat toisiinsa ja miten ne toimivat muun muassa säätöpiirien osalta. Sen suhteen säätölaboratorio on prosessina hyvä oppimisen kannalta, sillä se on suhteellisen yksinkertainen, josta kuitenkin käy ilmi

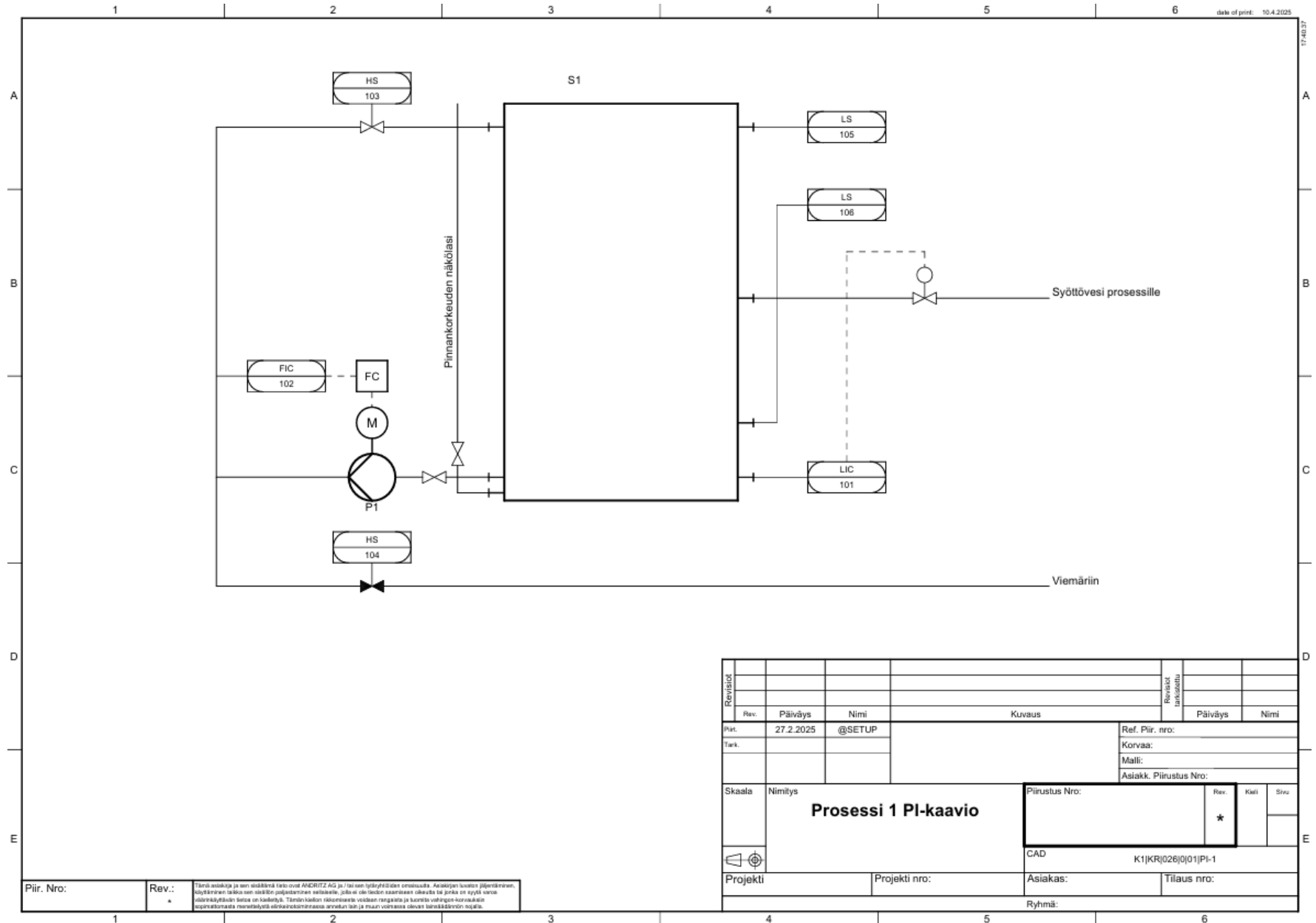
säätöpiirien vaikutus ja mihin niitä voidaan hyödyntää. Vaikka itse laboratoriotta ei tullut käytettyäkään, sen miettiminen teoriassa kaavioita tehdessä ja raporttia kirjoittaessa auttoi syventämään kuvaa prosesseista.

Kokonaisuudessaan olen tyytyväinen työn tulokseen ja myös sen tekeminen osoittautui mielenkiintoiseksi. Vaikka alussa mietityttiin, kuitenkin oli hyvä päätös ottaa työ vastaan, kun ajattelee sen mahdollistavaa oppimista ja kehittymistä, josta voisi olla hyötyä työelämässä. Tiivistettynä tästä työstä sai oppia prosessi-, instrumentointi- ja automaatio suunnitteluun sekä Comos-ohjelman perusteisiin. Toisaalta jäi harmittamaan piirikaavioiden tekemisestä luopuminen, mutta toisaalta työn pääkohdat tulivat täytettyä eli PI- ja automaatiopiirien toimintakaaviot onnistuivat.

## LÄHDELUETTELO

- Anon., n.d.. Prosessi 1 Virtauksen säätö FIC-102. [Kuvat].
- Harju, T. & Marttinen, A., 2000. Säätötekniikan Koulutusmateriaali. s.l.:Suomen Automaatioseura ry.
- Heikura, H., 2019. Prosessi-, instrumentointi- ja automaatiotekniikka, Energian tuotannon instrumentointi, s.l.: Savonia-ammattikorkeakoulu.
- Heikura, H., n.d.. Prosessi-, instrumentointi- ja automaatiotekniikka, PI-kaaviot ja niiden merkinnät, s.l.: Savonia-ammattikorkeakoulu.
- Holopainen, P., n.d.. Automaatiojärjestelmät, Turva-automaatio prosessiteollisuudessa, s.l.: Savonia-ammattikorkeakoulu.
- Holopainen, P., n.d.. Automaatiojärjestelmät, Voimalaitosautomaatio yleisesti, s.l.: Savonia-ammattikorkeakoulu.
- Holopainen, P., n.d.. Mittaus- ja säätötekniikka, Lämpötilan mittaus, s.l.: Savonia-ammattikorkeakoulu.
- Holopainen, P., n.d.. Mittaus- ja säätötekniikka, Paine- ja paine-eromittaus, s.l.: Savonia-ammattikorkeakoulu.
- Holopainen, P., n.d.. Mittaus- ja säätötekniikka, PID-säädin, s.l.: Savonia-ammattikorkeakoulu.
- Holopainen, P., n.d.. Mittaus- ja säätötekniikka, Pinnanmittaus, s.l.: Savonia-ammattikorkeakoulu.
- Holopainen, P., n.d.. Mittaus- ja säätötekniikka, Säätötekniikan perusteet, osa 1, s.l.: Savonia-ammattikorkeakoulu.
- Holopainen, P., n.d.. Mittaus- ja säätötekniikka, Säätötekniikan perusteet, osa 2, s.l.: Savonia-ammattikorkeakoulu.
- Holopainen, P., n.d.. Mittaus- ja säätötekniikka, Virtausmittaus, s.l.: Savonia-ammattikorkeakoulu.
- Holopainen, P., n.d.. Painelaitelainsäädäntö, Painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien suunnittelu ja valmistus sekä vaatimustenmukaisuuden arviointi, s.l.: Savonia-ammattikorkeakoulu.
- Holopainen, P., n.d.. Painelaitelainsäädäntö, Painelaitteiden suunnittelu ja valmistus, s.l.: Savonia-ammattikorkeakoulu.
- Honkanen, T., n.d.. Höyrykattila- ja voimalaitosprosessit, Höyrykattiloiden apulaitteet, s.l.: Savonia-ammattikorkeakoulu.
- Linnala, M., 2024. Digitaalinen säätö ja logiikat, Lunetomoniste, s.l.: Savonia ammattikorkeakoulu.
- Linnala, M., 2024. Kehittyneet säätöjärjestelmät, Luentomoniste, s.l.: Savonia-ammattikorkeakoulu.
- Linnala, M., 2025. Labra. Yksityissäköpostiviesti 25.2.2025. s.l.:s.n.
- Linnala, M., 2025. Oppari. Yksityissäköpostiviesti 14.4.2025. s.l.:s.n.
- Linnala, M., 2025. Oppari. Yksityissäköpostiviesti 3.4.2025. s.l.:s.n.
- Linnala, M., 2025. Oppari. Yksityissäköpostiviesti 6.4.2025. s.l.:s.n.
- Oy Konwell Ab, n.d.. konwell.fi. Verkkosivu. <https://www.konwell.fi/fi/tuotteet/hoyry-ja-lauhde/teollisuusventtiilit/omavoimaiset-venttiilit> [Haettu 3. 3. 2025].
- Pajarinen, J., 2023. Automaatio- ja systeemitekniikan perusteet, Luento 1, s.l.: Aalto-yliopisto

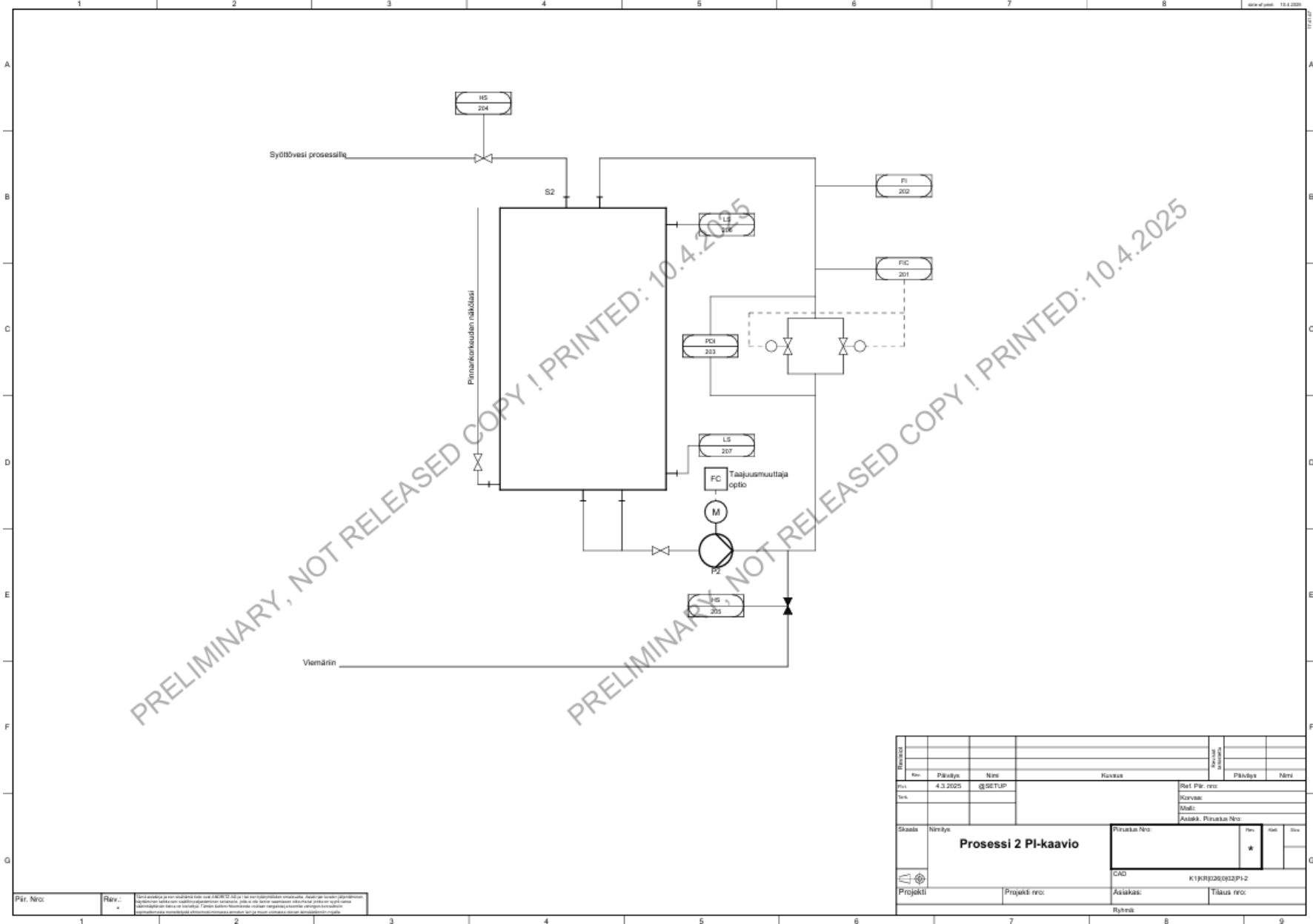
LIITE 1: PROESSIN 1 PI-KAAVIO



Piir. Nro: Rev.: \* Tämä asiakas ja sen sisältö on omistettu ANDRITZ AG:lle ja / tai sen tytäryhtiöiden omistukselle. Asiakkaan luottamukselliset tiedot ja muut asiakas erikseen ilmoittamat tiedot on pidettävä salaisena ja niitä ei saa levittää ilman asiakkaan kirjallista lupaa. Tämän kaavion sisältöä ei saa kopioida, jäljentää, levittää tai muuten julkistaa ilman asiakkaan kirjallista lupaa.

Revisioid									
Rev.	Päiväys	Nimi	Kuvaus				Revisioid tarkistettu	Päiväys	Nimi
Pat.	27.2.2025	@SETUP					Ref. Piir. nro:		
Tark.							Korvaa:		
							Malli:		
							Asiak. Piirustus Nro:		
Skala	Nimitys	<b>Prosessi 1 PI-kaavio</b>				Piirustus Nro:	Rev. *	Keli	Sivu
						CAD K1 KR 026 01 PI-1			
Projekti	Projekti nro:	Asiakas:		Tilaus nro:		Ryhmä:			

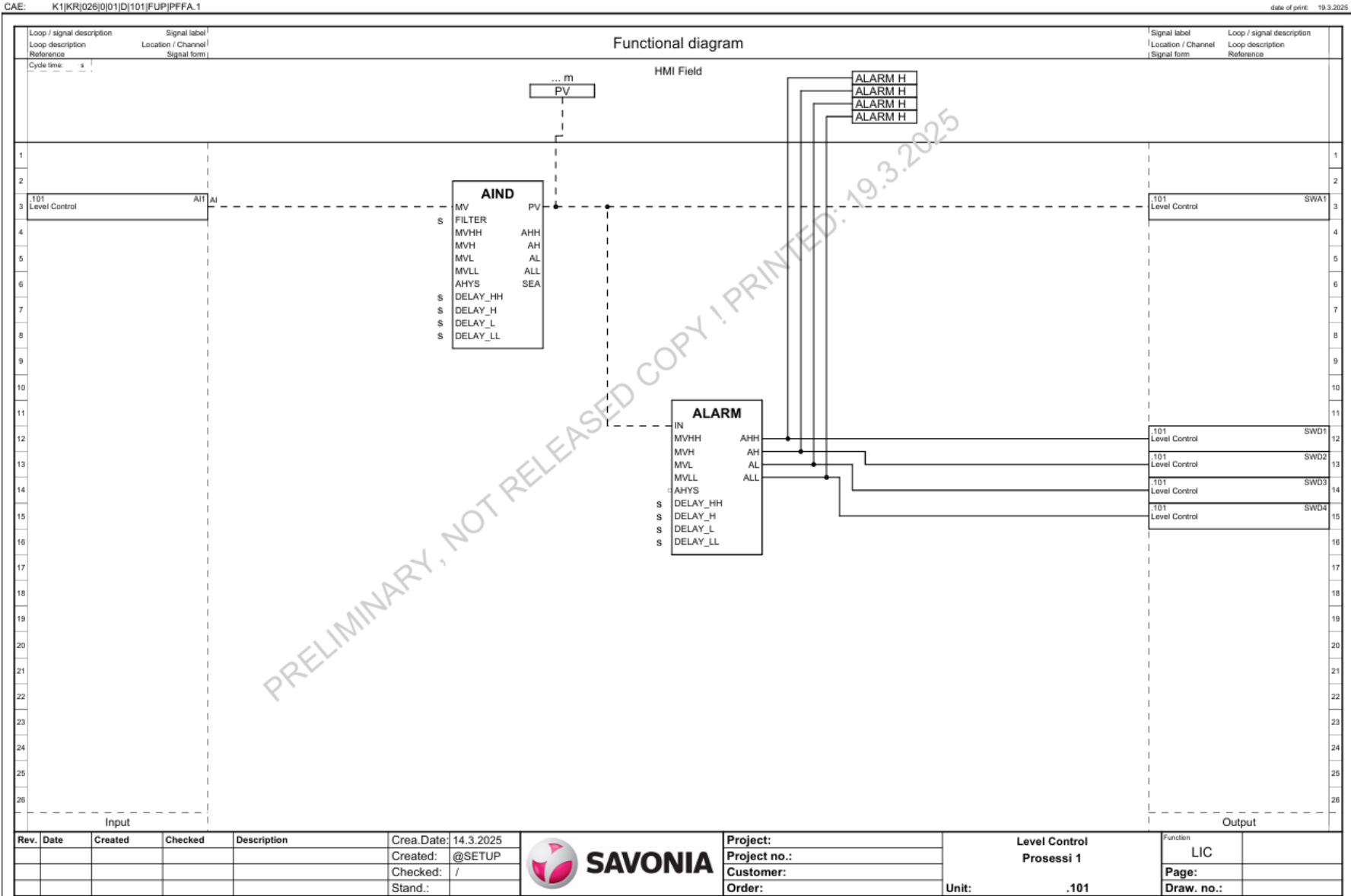
LIITE 2: PROESSIN 2 PI-KAAVIO



Pär. Nro:	Rev.:	Yksityiskohtainen kuvaus muutoksista

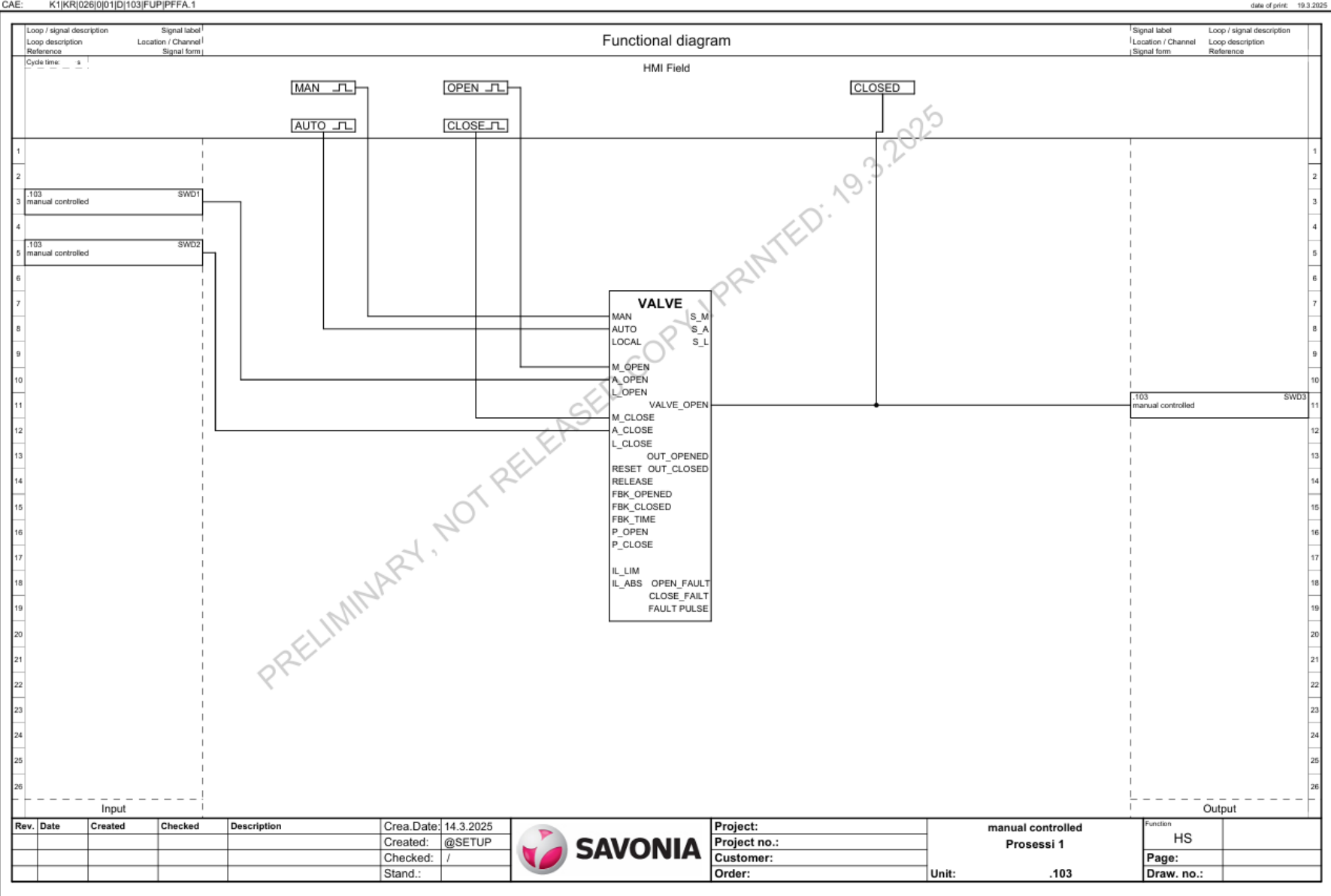
Nimi:		Päiväys:		Nimi:		Päiväys:		Nimi:	
Päiväys: 4.3.2025		@SETUP		Käsitelty Pär. nro:		Päiväys:		Nimi:	
Projekti:		Projekti nro:		Asiakas:		Tilaus nro:		Ryhä:	
Prosessi 2 PI-kaavio		Päiväys: *		Käsitelty Pär. nro:		Päiväys:		Nimi:	
CAD		K1JUN2025022P12		Asiakas:		Tilaus nro:		Ryhä:	

LIITE 3: MITTAUSPIIRI





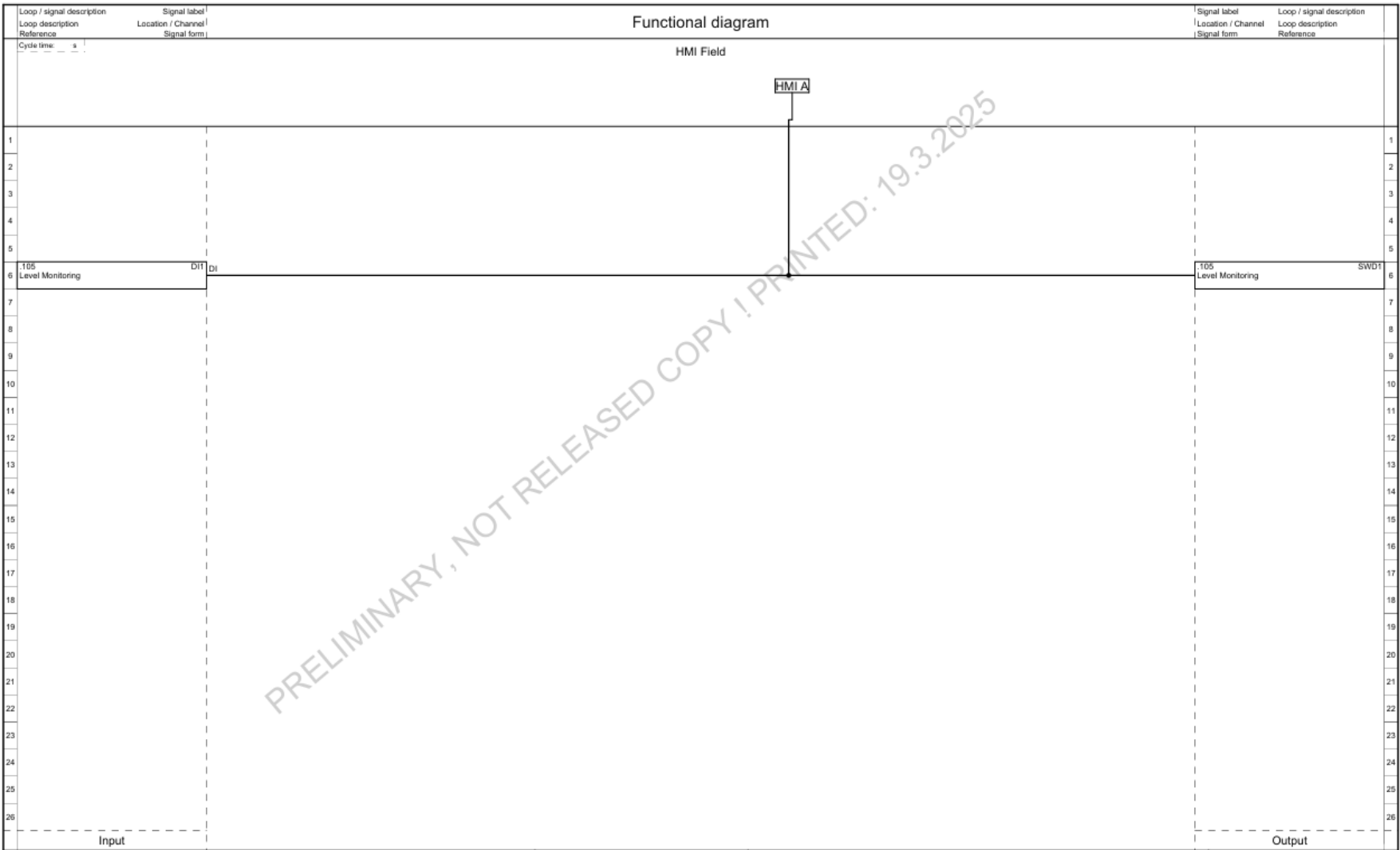
LIITE 5: ON/OFF-VENTTIILI



LIITE 6: PINTAHÄLYTYS

CAE: K1|KR|026|0|01|D|105|FUP|PFFA.1

date of print: 19.3.2025



PRELIMINARY, NOT RELEASED COPY! PRINTED: 19.3.2025

Rev.	Date	Created	Checked	Description	Crea. Date: 14.3.2025		Project:	<b>Level Monitoring</b> <b>Prosessi 1</b>	Function	LS
				Created: @SETUP	Project no.:				Page:	
				Checked: /	Customer:				Draw. no.:	
				Stand.:	Order:		Unit: .105			