

# HÄTÄSEIS-PIIRIN VALIDOINTI AUTOKLAAVILLE

Anna Kylmä

Opinnäytetyö  
Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Insinööri (AMK)

2022

Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Insinööri (AMK)

---

|                                |  |       |      |
|--------------------------------|--|-------|------|
| <b>Tekijä</b>                  | Anna Kylmä                               | Vuosi | 2022 |
| <b>Ohjaaja(t)</b>              | Ins. (YAMK) Jukka Hietamäki              |       |      |
| <b>Toimeksiantaja</b>          | Agnico Eagle Finland Oy                  |       |      |
| <b>Työn nimi</b>               | Hätäseis-piirin validointi autoklaaville |       |      |
| <b>Sivu- ja liitesivumäärä</b> | 52 + 2                                   |       |      |

---

Opinnäytetyön aiheena oli hätäseis-piirin validointi autoklaaville. Työn toimeksiantajana toimi Agnico Eagle Finland Oy. Työn tarkoituksena oli tehdä esiselvitys nykyisestä hätäseis-piiristä. Esiselvitystä voidaan käyttää hyödyksi haettaessa CE-merkintää laitteistolle. Hätäseis-piirin validoinnilla pyrittiin kartoittamaan tämänhetkinen tilanne, jotta voidaan tehdä tarvittavat muutokset piiriin.

Työssä käsiteltiin koneturvallisuuden osalta lakeja, standardeja ja asetuksia, joiden perusteella laitteiston valinnat tulee suorittaa. Työn aluksi kartoitettiin nykyinen laitteiston ja ohjelmiston tilanne, jonka jälkeen kirjattiin ylös kehitysehdotukset, joiden mukaan hätäseis-piiristä saataisiin toimiva kokonaisuus hätätilanteiden varalle.

Hätäseis-piirin käyttö ja testaukset ovat olleet epävarmoja alueita, sillä moneen vuoteen ei ole tehty selvitystä, jonka perusteella tiedettäisiin mitä toimintoja painiketta painettaessa tapahtuu. Työtä varten haastateltiin yhtiön työntekijöitä ja heidän avullaan selvitettiin suurimmat riskit ja mahdolliset vaaratilanteet. Heidän avullaan on myös määritetty toiminnot, jotka tulee tapahtua painiketta painettaessa.

Autoklaavin hätäseis-piirin piirikaaviot eivät ole ajan tasalla, joten ne täytyy tarkastaa sekä korjata piirikaaviot vastaamaan nykytilannetta. Tällä hetkellä hätäseis-piirin toimintoja ohjaa järjestelmä, minkä vuoksi tulee päivittää hätäseis-piiri niin että sitä ohjaa järjestelmän sijaan turvapiiri.

Electrical and Automation Engineering  
Bachelor of Engineering

---

|                          |   |      |      |
|--------------------------|---|------|------|
| <b>Author</b>            | Anna Kylmä                                      | Year | 2022 |
| <b>Supervisor</b>        | Jukka Hietamäki, M.Sc. (Eng.)                   |      |      |
| <b>Commissioned by</b>   | Agnico Eagle Finland Oy                         |      |      |
| <b>Subject of thesis</b> | Emergency Stop Circuits Validation of Autoclave |      |      |
| <b>Number of pages</b>   | 52 + 2  |      |      |

---

The topic of the thesis was; Emergency stop circuits validation of autoclave. This thesis was made for Agnico Eagle Finland Oy. The purpose was to make feasibility study of the current emergency stop circuit at the area of autoclave. The feasibility study can be used when applying CE-marking for the equipment mentioned above. The validation of the emergency stop circuit was to clarify the current situation to know what changes should be made to the circuit.

The work includes laws, standards and regulations related to mechanical engineering. These define the choice of equipment for the emergency stop circuit. At the beginning of the work the situation with devices and software was examined. Then development proposals on how to make emergency stop circuit a functional entity were made.

Using emergency stop circuit or even testing it has been an uncertain area. Because nobody has been able to tell how it works. The company's employees have been interviewed so we could know worst risks and incidents and how to avoid them. The company also wanted to know how it should work and what should happen when pushing the button.

The circuit diagrams for the Autoclave emergency stop circuit are not up to date. These must be checked and corrected to reflect the current situation. At the moment the functions of emergency stop circuit are controlled by the regular system. It should be controlled by safety logic. This needs to be changed.

Key words

emergency stop circuit, autoclave

|   |    |
|---|----|
| SISÄLLYS  |    |
| 1 JOHDANTO .....  | 8  |
| 2 AGNICO EAGLE FINLAND OY .....                         | 10 |
| 3 AUTOKLAAVI .....                                      | 11 |
| 4 CE-MERKINTÄ .....                                     | 13 |
| 5 PAINELAITEDIREKTIIVIT JA PAINELAITETURVALLISUUS ..... | 14 |
| 6 KONETURVALLISUUS .....                                | 17 |
| 6.1 Pysäytysluokat .....                                | 18 |
| 6.2 Turvaluokat .....                                   | 18 |
| 7 ABB 800XA .....                                       | 22 |
| 8 OLEMASSA OLEVA HÄTÄSEIS-PIIRI .....                   | 25 |
| 8.1 Laitteisto .....                                    | 25 |
| 8.1.1 Mogas- venttiilit .....                           | 25 |
| 8.1.2 Xomox - venttiilit .....                          | 27 |
| 8.1.3 Neles- toimilaitteet .....                        | 28 |
| 8.1.4 Rotork-toimilaitteet .....                        | 30 |
| 8.1.5 Lämpötilan mittaus .....                          | 31 |
| 8.1.6 Virtausmittaus .....                              | 33 |
| 8.1.7 Calderat .....                                    | 36 |
| 8.2 Ohjelmisto .....                                    | 38 |
| 8.2.1 Turvareleet .....                                 | 40 |
| 8.3 Hätäseis-painikkeet .....                           | 41 |
| 8.4 Yleinen aluevalvonta .....                          | 43 |
| 9 KEHITYSEHDOTUKSET .....                               | 45 |
| 9.1 Hätäseis-painikkeen painaminen .....                | 45 |
| 9.2 Hätäseis-painikkeiden puutteet .....                | 46 |
| 9.3 Ohjelmisto .....                                    | 47 |
| 9.4 Yleinen aluevalvonta .....                          | 47 |
| 9.5 Testaukset .....                                    | 48 |
| 10 POHDINTA .....                                       | 49 |
| LÄHTEET .....   | 50 |



## ALKUSANAT

Haluan kiittää työn aiheesta ja ohjauksesta Agnico Eagle Finland Oy:n automaatio-osastoa. Lisäksi haluan kiittää sähköosaston työntekijöitä, jotka ovat avustaneet suuresti työn toteutuksessa. Haluan kiittää myös Lapin ammattikorkeakoulun opettajaa, Ins. (YAMK) Jukka Hietämäkeä, työni ohjauksesta.

Kittilässä 27.05.2022

*Anna Kylmä*

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

|      |  |
|------|--|
| CE   | Conformité Européenne,<br>eurooppalainen vaatimustenmukaisuus. |
| KK   | Kenttäkotelo   |
| I/O  | Input/Output   |
| HART | Highway Addressable Remote Transducer.                         |
| DVC  | Data Version Control   |

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia autoklaaville toteutetun hätäseis-piirin rakennetta ja toimintoja. Toimeksiantajana toimii Agnico Eagle Finland Oy. Aihe on toimeksiantajan kannalta merkittävä sekä turvallisuus- että tuotantonäkökulmasta. Tarkoituksena on saada ajankohtainen kokonaiskuva toiminnassa olevasta turvapiiristä, jotta se voidaan hyväksyttää ulkopuolisella taholla.

Työn tuloksena syntyy esiselvitys, jota toimeksiantaja voi käyttää hyödyksi haettaessa CE-merkintää laitteistolle. Selvityksestä käy ilmi, kuinka hätäseis-piiri täyttää tällä hetkellä sille asetetut vaatimukset. Hätäseis-piirin validoinnilla pyritään poistamaan epäselvyydet aktivoimisen aiheuttamista toimista, mikä vähentää vaaratilanteissa epäröintiä ja nostaa näin ollen myös työturvallisuutta.

Autoklaavi on painelaitedirektiivin alainen laite, joten kaikki alueen yllättävät tapahtumat tulee ottaa vakavasti. Autoklaavin hallitsematon pysäyttäminen voi aiheuttaa sisäisen keraamisen vuorauksen rikkoontumisen, josta aiheutuu pidempi tuotantokatkos ja sitä kautta huomattavia tuotannon menetyksiä. Toimeksiantaja on laitteen käyttäjä ja ylläpitäjä, joten on tärkeää, että hätätilanteessa hätäseis-piiriä käytetään epäröimättä. Piiriin kuuluvan laitteiston avulla autoklaavin laitteet pyritään pysäyttämään niin ettei se aiheuta vahinkoa työntekijöille tai prosessille.

Päätehtävänä on selvittää autoklaavin nykyisen hätäseis-piirin toiminta. Työssä tarkastellaan kaikki turvapiirin osat ja niiden väliset yhteydet, sisältäen laitetiedot jokaisesta laitteesta. Lähtötilannetta kartoittaessa syvennyttään nykyisen ohjelman toteutukseen, jota voidaan mahdollisesti hyödyntää runkona muutosehdotuksille. Ohjelman avulla saadaan selville kaikki turvapiirin vaikutuspiirissä olevat laitteet ja kuinka turvapiirin aktivoiminen vaikuttaa niiden ohjaukseen. Lisäksi kartoitetaan olemassa olevien painikkeiden sijainnit ja pohditaan, tulisiko niitä siirtää tai lisätä alueelle. Esiselvitys auttaa toimeksiantajaa varmistamaan, että hätäseis-piirin toiminta täyttää sille asetetut vaatimukset.



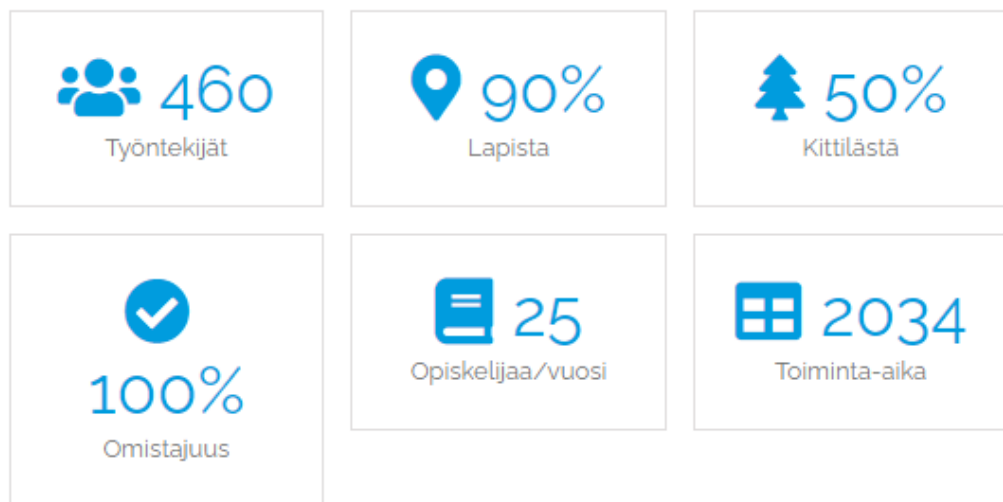
Opinnäytetyössä käydään myös läpi testausajankohdat, mutta virallisten testausten aikataulut ja toteutuksen suunnittelu jää toimeksiantajan vastuulle. Työn lopputuloksena syntyy selvitys siitä, kuinka olemassa oleva hätäseis-piiri toimii tällä hetkellä, ja mitä muutoksia hätäseispiiriin sekä sen ohjelmistoon voitaisiin tehdä. Lopuksi esitetään vielä omat ajatukset ja kehitysehdotukset.

## 2 AGNICO EAGLE FINLAND OY

Agnico Eagle Mines Limited on kanadalainen kaivosyhtiö, joka toimii Kanadassa, Meksikossa ja Suomessa. Malminetsintää yhtiöllä on kaikissa edellä mainituissa maissa ja lisäksi myös Yhdysvalloissa ja Kolumbiassa. Yhtiö on tuottanut jalometalleja vuodesta 1957. (Agnico Eagle Mines Limited 2021.)

Agnico Eagle Finland Oy on kanadalaisen Agnico Eagle Mines Limited-kullantuottajayhtiön tytäryhtiö. Kyseinen tytäryhtiö operoi Kittilässä kultakaivosta ja harjoittaa aktiivisesti malminetsintää sekä Suomessa että Pohjoismaissa. Agnico Eagle Finland Oy on perustettu vuonna 2010. Se on Kittilässä toimiva osakeyhtiö, jonka pääasiallinen toimiala on louhinta. (Agnico Eagle Finland 2021b.)

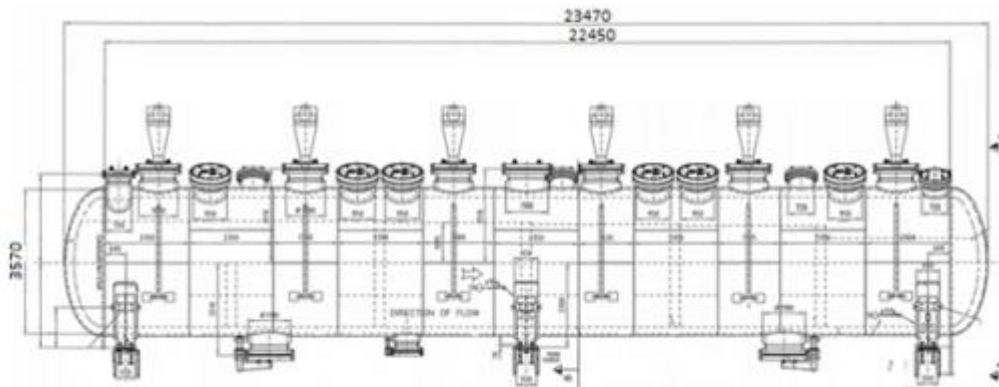
Agnico Eagle Finland Oy työllistää noin 500 henkilöä, joista noin 90% on Lapista ja peräti puolet Kittilästä (Kuva 1). Yhtiö työllistää vielä saman verran aliurakoitsijoita. (Agnico Eagle Finland 2021a.)



Kuva 1. Kittilän kaivos numeroina (Agnico Eagle Finland 2021a).

### 3 AUTOKLAAVI

Keskeisessä osassa opinnäytetyötä on autoklaavi. Autoklaavin tarkoitus on hapettaa pyriitti kullan ympäriltä korotetussa paineessa ja lämpötilassa käyttäen happea hapettimena. Sulfidien hapettuminen on eksoterminen reaktio, jossa muodostuu rikkihappoa, metallisulfaatteja ja alkuainerikkiä. Alkuainerikki häiritsee kullan liuotusta, joten hapettuminen sulfaatiksi on toivottavaa. Reaktio-olosuhteita kontrolloimalla voidaan pyriitti hapettaa käytännössä täysin sulfaattimuotoon. Autoklaavin sekoittimien tarkoitus on faasien sekoittaminen mahdollisimman homogeeniseksi eli dispergoida happikaasu lietteeseen ja estää kiintoaineen laskeutuminen säiliön pohjalle. Sekoittimet ovat raskastekoisia erikoissekoittimia autoklaavissa vallitsevien olosuhteiden vuoksi. Sekoittimet tarvitsevat toimiakseen paljon tehoa. (Tätilä 2021.) Alla havainnekuva autoklaavista (Kuva 2).



Kuva 2. Autoklaavin havainnekuva (Kaisanlahti 2017).

Rikastetankeissa liete pumpataan autoklaavin syöttösäiliöön esiseulan läpi. Syöttösäiliöstä liete pumpataan autoklaaviin hydraulikäyttöisellä sylinteripumpulla. Sylinteripumppuja käytetään korkeapaineisissa järjestelmissä. Syöttölinjan paine on luonnollisesti korkeampi kuin paine autoklaavin sisällä. Autoklaavin säädettäviä parametrejä ovat lohko-kohtaiset happimäärät, pinta, paine, lämpötila ja syötön määrä. Pinnansäätöventtiilin kautta liete ohjataan puskusäiliöön, josta se etenee pesuun. Kuuma höyry kulkeutuu kaasupesuun paineensäätöventtiilin kautta. Tässä vaiheessa höyry pestään vedellä puhtaaksi ja puhdistettu höyry johdetaan piipuista ilmaan. (Tätilä 2021.)

Autoklaavin sisäosa on kokonaan vuorattu keraamisilla tiilillä, sillä autoklaavin sisällä käsiteltävä malmiliete on erittäin syövyttävää, muut osat ovat titaania kuten sekoittimet ja väliseinienrakenteet. Autoklaavin sisällä olevan keraamisen vuorauksen vuoksi autoklaavin alas- ja ylös-ajo kestävät useita tunteja. Liian nopeat lämpötilavaihtelut rikkovat vuoraukset. Höyryä käytetään autoklaavin lämmittämiseen ylösajossa. Jäähdytys sen sijaan tapahtuu jäähdytysvettä lisäämällä ja happimäärää laskemalla. (Tätilä 2021.)

## 4 CE-MERKINTÄ

Autoklaavin hätäseis-piiristä tehdään esiselvitys, jotta toimeksiantaja voi käyttää osia siitä hyödyksi haettaessa CE-merkintää laitteistolle. Selvityksessä yksilöidään hätäseis-piiriin kuuluvat laitteet.

CE-kirjainyhdistelmä tulee ranskan kielen sanoista Conformité Européenne, ja on suomeksi käännettynä eurooppalainen vaatimustenmukaisuus (Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2022). Tuotteen valmistaja tai valtuutettu edustaja pystyy CE-merkinnän avulla vakuuttamaan, että tuotetta koskevien EU-direktiivien ja asetusten olennaiset vaatimukset täyttyvät. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2022a.) CE-merkinnän ja muut säädösten edellyttämät merkinnät kiinnittää valmistaja (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2022b).

CE-merkintää voidaan hakea painelaitteen laitekokonaisuudelle. Laitekokonaisuuteen voi sisältyä yksi tai useampi säiliö, venttiilit ja varolaitteet sekä näitä yhdistävät putkistot. Laitekokonaisuuden luokitus määräytyy kokonaisuuteen kuuluvan korkeimman luokan omaavan painelaitteen mukaan. Luokituksen määrittämisessä ei kuitenkaan oteta huomioon varolaitteisiin sovellettavaa luokkaa. Laitekokonaisuuden luokka määrittää valittavan vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyn. Riskinarvioinnissa määritetään olennaiset turvallisuusvaatimukset, jotka otetaan arvioinnissa huomioon. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2022b.)

CE-merkintää voidaan hakea direktiivin alaisille tuotteille. Toisinaan riittää valmistajan vakuutus, mutta merkinnän saamiseksi voi olla tarpeen käyttää arviointilaitoksia, jotka ovat osoittaneet pätevyytensä ja ovat jäsenmaiden nimeämiä. Direktiivit asettavat joitakin vaatimuksia vaatimustenmukaisuuden osoittamiseen liittyen. Jotkin tuotteet tulee testauttaa ennen CE-merkintää, ja voidaan myös edellyttää tyyppitarkastusta ennen merkinnän tekoa. Ilmoitetut arviointilaitokset tekevät tyyppitarkastuksia. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2022.)

## 5 PAINELAITEDIREKTIIVIT JA PAINELAITETURVALLISUUS

Autoklaavi on painelaitelain alainen laite. Painelaitelaki, painelaitedirektiivi ja valtioneuvoston asetus painelaiteturvallisuudesta asettavat vähimmäisvaatimukset autoklaavin ja sen turvapiirin toiminnalle. Seuraavaksi käsitellään osia aiemmin mainitusta kokonaisuudesta, jotka määrittävät autoklaavin turvallisen käytön ehdot ja mitä ovat varolaitteet sekä kuinka niiden tulee toimia.

Painelaitelaki 16.12.2016/1144 määrittää luvussa 2 pykälässä 5 painelaitteiden yleisistä turvallisuusvaatimuksista seuraavasti: "Painelaitteessa on oltava riittävät käyttöturvallisuuden varmistavat laitteet ja laitejärjestelmät ja niiden on toimittava asianmukaisesti." (Painelaitelaki 16.12.2016/1144 luku 2, pykälä 5.)

Luvussa 3 Yleiset säännökset painelaitteiden vaatimustenmukaisuudesta ja valmistajan velvollisuuksista pykälässä 14, olennaiset turvallisuusvaatimukset, mainitaan seuraavaa: "Valittaessa tarkoituksenmukaisimpia menettelytapoja vaarat on pyrittävä poistamaan tai pienentämään niitä siinä määrin kuin kohtuudella on mahdollista. Sellaisten vaarojen varalta, joita ei voida poistaa, on toteutettava tarvittavat suojatoimenpiteet. Käyttäjille on tiedotettava jäljelle jäävistä vaaroista ja ilmoitettava, jos vaaran pienentämiseksi asennuksen tai käytön aikana on tarpeen tehdä erityistoimenpiteitä." (Painelaitelaki 16.12.2016/1144 luku 3, pykälä 14.)

Valtioneuvoston asetus painelaiteturvallisuudesta 29.12.2016/1549 luvussa 1 yleiset säännökset 3 § määrätään varolaitteista seuraavasti:

"Varolaitteita ovat:

- 1) varoventtiilit, murtokalvot, nurjahdustangot, ohjatut paineenalennusvarolaitteet ja muut painetta suoraan rajoittavat laitteet;
- 2) paine-, lämpötila- tai pintakytkimet ja muut rajoitinlaitteet, jotka joko aktivoivat korjaavan toimen tai aiheuttavat katkaisun ja lukituksen, sekä turvallisuuteen liittyvät mittaus-, valvonta- ja säätölaitteet." (Valtioneuvoston asetus painelaiteturvallisuudesta 29.12.2016/1549 luku 1, pykälä 3.)

Painelaitedirektiivin 2014/68/EU liitteessä 1 olennaiset turvallisuusvaatimukset luvussa 2 suunnittelu laitekokonaisuuksista luvussa 2.8 määritetään seuraavasti:

”Laitetekonaisuudet on suunniteltava siten, että

- yhdistettävät osat ovat käyttöolosuhteisiin soveltuvia ja luotettavia,
- kaikki osat sopivat ja liitetään asianmukaisesti yhteen.” (Painelaitedirektiivi 2014/68/EU liite 1, luku 2.8.) Painelaitteiden suojauksesta sallittujen rajojen ylittämisestä luvussa 2.10 määritetään suojalaitteista ja niiden yhdistelmistä:
  - a) varolaitteet sellaisina kuin ne on määritetty 2 artiklan 4 alakohdassa,
  - b) tapauskohtaisesti asianmukaiset valvontalaitteet kuten osoittimet tai hälyttimet, joiden avulla toteutetaan automaattisesti tai manuaalisesti toimenpiteet, joiden tarkoituksena on pitää painelaite sallittujen rajojen sisäpuolella. ” (Painelaitedirektiivi 2014/68/EU liite 1, luku 2.10.) 2 artiklan 4 alakohdassa määritetyt varolaitteet ovat samat kuin valtioneuvoston asetuksessa painelaiteturvallisuudesta 29.12.2016/1549 luvussa 1 pykälässä 3.

Varolaitteista määrätään painelaitedirektiivissä 2014/68/EU liitteen 1 luvussa 2.11. myös:

”Varolaitteiden on

- oltava siten suunniteltuja ja valmistettuja, että ne ovat luotettavia ja soveltuvat suunniteltuihin käyttöolosuhteisiin ja että laitteiden huoltoa ja testausta koskevat vaatimukset otetaan soveltuvin osin huomioon,
- oltava muista toiminnoista riippumattomia paitsi, jos muut toiminnot eivät voi vaikuttaa niiden varmuustoimintoon,
- noudatettava asianmukaisia suunnitteluperiaatteita, jotta sopiva ja luotettava suojaus saavutetaan. Näihin periaatteisiin kuuluvat erityisesti turvallinen vikaantuminen, varmennus, erilaisuus ja itsediagnostiikka” (Painelaitedirektiivi 2014/68/EU liite 1, luku 2.11.)

Luvussa 2.11.3 Lämpötilan valvontalaitteista määrätään: ”Näiden laitteiden reaktioajan on turvallisuussyistä oltava riittävä ja mittaustoiminnon kanssa yhteensopiva.” (Painelaitedirektiivi 2014/68/EU liite 1, luku 2.11.3.)

Tiettyihin painelaitteisiin kohdistuu erityisvaatimuksia. Kuten lämmitettyihin painelaitteisiin, joissa on ylikuumenemisen vaara. Painelaitedirektiivin 2014/68/EU liitteen 1 luvussa 5 määrätään seuraavasti: ”Toimitetaan tarvittavat suojalaitteet toimintaparametrien kuten lämmön syötön ja poiston ja tarvittaessa sisällön pinnankorkeuden rajoittamiseksi, jotta voidaan välttää paikallisesti tai

yleisestä ylikuumentumisesta aiheutuvat vaarat. ” (Painelaitedirektiivi 2014/68/EU liite 1, luku 5.)

Varolaitteita valittaessa on otettava huomioon autoklaavin aiheuttamat rajoitteet kuten korkea lämpötila. Laitteet tulee valita niillä perusteella, että ne kestävät autoklaavissa vallitsevia olosuhteita pidemmälläkin aikavälillä.



## 6 KONETURVALLISUUS

Opinnäytetyössä käsitellään autoklaavin hätäseis-piiriä, joten oleellisessa osassa ovat eri koneturvallisuuden standardit, jotka määrittävät kuinka piirin tulee toimia. Tässä luvussa käsitellään hätäpysäytystoiminnot, hätäpysäytyslaitteistot, pysäytysluokat, turvaluokat ja eri hätäseis-tyypit.

Koneturvallisuusstandardi SFS-EN ISO 13850 luvussa 3.1 määrittellään hätäpysäytystoiminto seuraavasti:

”Hätäpysäytystoiminto on toiminto, jonka tarkoituksena on

- torjua uhkaavia tai pienentää olemassa olevia henkilöihin kohdistuvia vaaroja koneisiin tai meneillään olevaan työprosessiin kohdistuvaa vahinkoa
- käynnistyä yhdellä ihmisen suorittamalla toimenpiteellä ” (SFS-EN ISO 13850, 2015 3.1. luku 3.1, 7.)

Standardissa SFS-EN ISO 13850 luvussa 3 määrittellään myös alaluvuissa 3.2 hätäpysäytyslaitteistosta että:

”hätäpysäytyslaitteisto

turvallisuuteen liittyvä ohjausjärjestelmän osa, joka suorittaa hätäpysäytystoiminnon” (SFS-EN ISO 13850, 2015 luku 3.2, 7.)

Lisäksi määritetään samassa standardissa luvun 3 alaluvussa 3.3 hätäpysäytyslaitteesta seuraavasti:

”hätäpysäytyslaite

hätäpysäytystoiminnon käynnistävä käsin vaikutettava elin” (SFS-EN ISO 13850, 2015 luku 3.3, 7.)

Hätäpysäytysvyöhykkeeksi standardissa SFS 13850 luvussa 3.6 määrittellään ”ennalta määritelty koneen alue, johon tietty hätäpysäytyslaite (-laitteet) vaikuttaa” (SFS-EN ISO 13850, 2015 luku 3.6, 7).

Koneturvallisuusstandardin SFS-EN ISO 13850 luvussa 4 kerrotaan turvallisuusvaatimuksista. Luvussa 4.1.1.1 määrittellään hätäpysäytystoiminnosta seuraavasti:

”Hätäpysäytystoiminnon tarkoituksena on torjua henkilöiden käyttäytymisestä tai odottamattomasta vaarallisesta tapahtumasta johtuvat todelliset tai uhkaavat

hätätilanteet.

Hätäpysäytystoiminto käynnistetään yhdellä ihmisen suorittamalla toimenpiteellä. ” (SFS-EN ISO 13850, 2015 luku 4.1.1.1, 8.) Luvussa 4.1.1.2 hätäpysäytystoiminnosta määrätään:

”Hätäpysäytystoiminnon on oltava saatavilla ja toimintakunnossa koko ajan. Sen on oltava koneen kaikkien toimintatapojen aikana ensisijainen muihin toimintoihin ja käyttötoimenpiteisiin nähden heikentämättä muita suojaavia toimintoja (esim. loukkuun jääneiden henkilöiden vapauttaminen, palontorjunta).

Kun hätäpysäytystoiminto käynnistetään:

- sen on pysyttävä käynnissä kunnes se kuitataan käsikäyttöisesti
- mikään hätäpysäytystoiminnon pysäyttämien toimintojen käynnistyskäsky ei saa aiheuttaa käynnistymistä. ” (SFS-EN ISO 13850, 2015 luku 4.1.1.2, 8.)

Yllä mainittujen standardilainauksen mukaan voidaan siis todeta, että hätäseis-toiminnot suunnitellaan hätätilanteissa ensisijaisiksi toimenpiteiksi, joita ei voida korvata eikä näihin vaikuttaa muiden laitteiden toiminnoilla.

## 6.1 Pysäytysluokat

Pysäytysluokkia on SFS 13850 standardin luvun 4.1.3 mukaan kaksi. Ensimmäinen mainituista pysäytysluokista on luokka 0, jolloin pysäytys tapahtuu katkaisemalla tehonsyöttö koneen toimilaitteisiin välittömästi. Toinen pysäytysluokka on luokka 1. (SFS-EN ISO 13850, 2015 luku 4.1.3, 10.)

Luokan 1 toimintaperiaatteena on, että liikkeiden ja toimintojen pysäytys tapahtuu säilyttäen tehonsyöttö toimilaitteille, joiden avulla koneisto ajetaan alas. Kun pysähtyminen on saatu aikaan, katkaistaan tehonsyöttö toimilaitteilta. (SFS-EN ISO 13850, 2015 4.1.3, 10.)

## 6.2 Turvaluokat

Hätäseis-toimintojen toinen määrittävä tekijä ovat turvaluokat, joista kerrotaan Koneturvallisuusstandardissa SFS-EN ISO 13849–1, jossa käsitellään turvallisuuteen liittyvien ohjauksjärjestelmien osia. Hätäseis-toimintoja

määritettäessä on otettava huomioon nämä standardin luvussa 6 eriteltyt viisi luokkaa B,1,2,3 ja 4. (SFS-EN ISO 13849-1, 2015 luku 6.1, 40.)

## Luokka B

Luokka B on perusluokka, jossa "Vian esiintyminen voi johtaa turvatoiminnon menettämiseen" (SFS-EN ISO 13849-1, 2015 luku 6.1,40). Tämän luokan "Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmät on vähintäänkin suunniteltava, rakennettava, valittava, koottava ja yhdistettävä asiaankuuluvien standardien mukaisesti käyttämällä tiettyä sovellusta vastaavia turvallisuuden perusperiaatteita siten, että ne kestävät – odotettavissa olevat käyttökuormitukset (esim. luotettavuus suhteessa kytkentäkykyyn ja -taajuuteen)

– käsiteltävien aineiden vaikutukset (esim. pesuaineet pesukoneissa) ja

– muut merkittävät ulkoiset häiriöt (esim. tärinä, sähkömagneettiset häiriöt, tehonsyötön katkeamiset tai häiriöt)" . (SFS-EN ISO 13849-1, 2015 luku 6.2.3, 41–42.)

## Luokka 1

"Luokassa 1 on luokkaa b parempi vikakestoisuus, joka saavutetaan pääasiassa komponenttien valinnalla ja soveltamistavalla" (SFS13849-1 luku 6.1, 40).

"Luokan 1 mukaiset turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmän osat on suunniteltava ja rakennettava käyttäen hyvin koeteltuja komponentteja ja noudattaen hyvin koeteltuja turvallisuusperiaatteita. Turvallisuuteen liittyvässä sovelluksessa "hyvin koeteltu komponentti on sellainen: jota on joko käytetty aikaisemmin laajasti ja josta on hyviä kokemuksia vastaavissa sovelluksissa, tai joka on valmistettu ja todennettu noudattamaan periaatteita, joilla osoitetaan komponentin sopivuus ja luotettavuus turvallisuuteen liittyvissä sovelluksissa. " (SFS-EN ISO 13849-1, 2015 luku 6.2.4, 42.)

"Luokissa 2,3 ja 4 parempi suorituskyky määritellyn turvatoiminnon suhteen saavutetaan pääasiassa turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän osan rakenteellisen parantamisen avulla. " (SFS-EN ISO 13849-1, 2015 luku 6.1, 40).

## Luokka 2

Luokassa 2 parempi turvallisuuskyky kuin aiemmissa luokissa "tämä saadaan aikaan tarkistamalla määräajoin, että tietyt turvatoiminnot suoritetaan." (SFS-EN ISO 13849-1, 2015 luku 6.1, 40.) Luokasta 2 määritetään standardissa SFS-EN ISO 13849-1 luvussa 6.2.5 seuraavasti:

"Luokan 2 turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmän osat on suunniteltava siten, että koneen ohjausjärjestelmä tarkistaa niiden toiminnot sopivin väliajoin.

Turvatoimintojen tarkistuksen on tapahduttava

- koneen käynnistyksen yhteydessä, ja
- ennen minkään vaaratilanteen alkamista, esim. uuden toimintajakson käynnistymistä, muiden liikkeiden käynnistymistä, välittömästi turvatoiminnon vaatimuksesta ja/tai määräajoin koneen toiminnan aikana, jos tämä osoittautuu tarpeelliseksi riskin arvioinnin ja kyseessä olevan käyttötoiminnan perusteella." (SFS-EN ISO 13849-1, 2015 luku 6.2.5, 43.)

## Luokka 3

Luokassa 3 on myös parempi turvallisuuskyky kuin aiemmissa luokissa perustuen myös ohjausjärjestelmän osan rakenteelliseen parantamiseen. Mutta toisin kuin luokassa 2 tämä saadaan aikaan "varmistamalla, että yksittäinen vika ei johda turvatoiminnon menettämiseen." (SFS-EN ISO 13849-1, 2015 luku 6.1, 40). Lisäksi tällaiset havaitaan kohtuudella luokassa 3. (SFS-EN ISO 13849-1, 2015, 6.1, 40).

Luvussa 6.2.6 "Luokan 3 mukaiset turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmän osat on suunniteltava siten, että yksittäinen vika missä tahansa näissä osissa ei johda turvatoiminnon menettämiseen. Jos on kohtuudella mahdollista, yksittäisen vian on paljastuttava turvatoiminnon seuraavan vaateen yhteydessä tai ennen sitä." (SFS-EN ISO 13849-1, 2015 luku 6.2.6, 45.) Kerrotaan myös toiminnoista, jotka ovat ominaisia luokan 3 järjestelmän käyttäytymiselle:

- "– turvatoiminnon jatkuva toiminta yksittäisen vian esiintyessä
- joidenkin, mutta ei kaikkien, vikojen havaitseminen
- turvatoiminnon mahdollinen menettäminen johtuen havaitsemattomien vikojen kerääntymisestä." (SFS-EN ISO 13849-1, 2015 luku 6.2.6, 45.)

## Luokka 4

Luokka 4 on kaikista luokista turvallisin. Luokka 4 eroaa luokasta 3 niin että viat pystytään havaitsemaan. "Luokassa 4 määritellään, miten järjestelmä kestää vikojen kertymistä" (SFS-EN ISO 13849-1, 2015 luku 6.1, 40.)

Standardin SFS-EN ISO 13849-1 luvussa 6.2.7 todetaan luokan 4 turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien suunnittelusta seuraavaa:

"– yksittäinen vika ei missään näissä turvallisuuteen liittyvissä osissa johda turvatoiminnon menettämiseen, ja

– yksittäinen vika paljastuu turvatoimintojen seuraavan vaateen yhteydessä tai ennen sitä, esimerkiksi välittömästi tehon päällekytkennässä tai koneen toimintajakson lopussa." (SFS-EN ISO 13849-1, 2015 luku 6.2.7, 46.) Luokan 4 järjestelmän käyttäytymisestä kerrotaan myös seuraavaa:

"– turvatoiminnon jatkuvat toiminta yksittäisen vian esiintyessä

– viat paljastuvat ajoissa turvatoiminnon menettämisen estämiseksi

– paljastumattomien vikojen keräytyminen otetaan huomioon." (SFS-EN ISO 13849-1, 2015 luku 6.2.7, 46.)

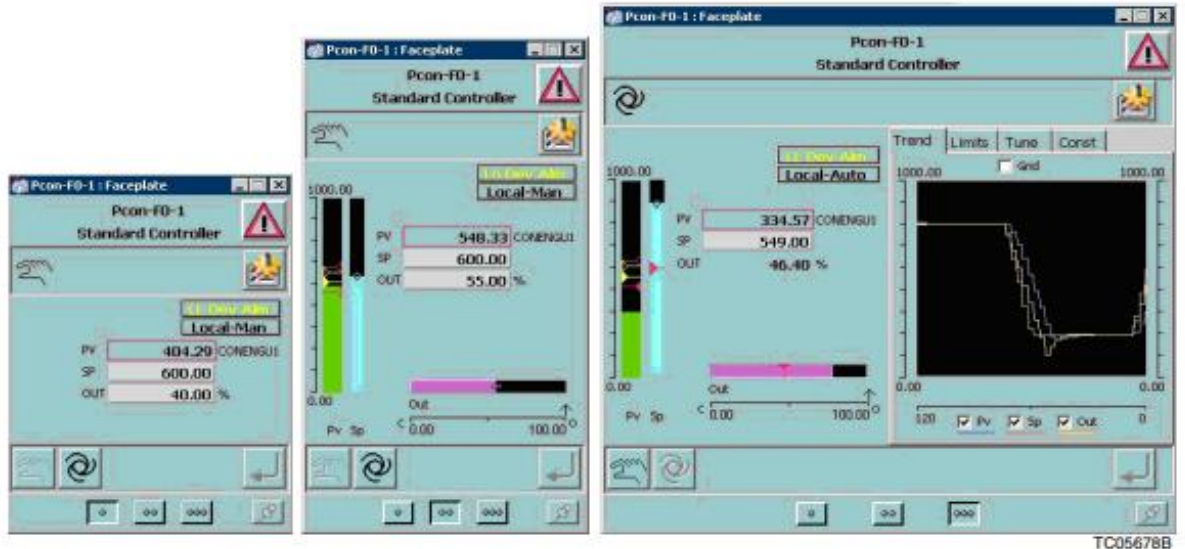
## 7 ABB 800XA

ABB:n 800xA- järjestelmällä on kolme käyttötarkoitusta. Ensimmäinen näistä kolmesta käyttötavasta on hajautettu ohjausjärjestelmä. Toinen käyttötapa on turvajärjestelmänä ja kolmas sähkönsyötön ohjausjärjestelmä. (ABB 2021.)

ABB turvajärjestelmään kuuluu hätäpysäytysjärjestelmä. Tämän järjestelmän tehtävänä on minimoida tai estää vakavat seuraukset, mikä auttaa välttämään henkilöihin kohdistuvia onnettomuuksia, ympäristövahinkoja ja laitteiden suuria vahinkoja ehkäisten näin ollen tuotannon menetyksiä. (ABB 2017, 2.)

ABB tarjoaa laajan joukon toimialakohtaisia kirjastoja, jotka sisältävät ohjausmoduuleita, toimilohkoja, tietotyyppejä ja graafisia elementtejä, mukaan lukien hätäseis-sovelluksen erityiset ominaisuudet. Nämä esitostatut ja turvallisuussertifioidut kirjastot lyhentävät suunnitteluun ja testaukseen kuluvaan aikaa samalla minimoiden projektiriskit. (ABB 2017, 2.)

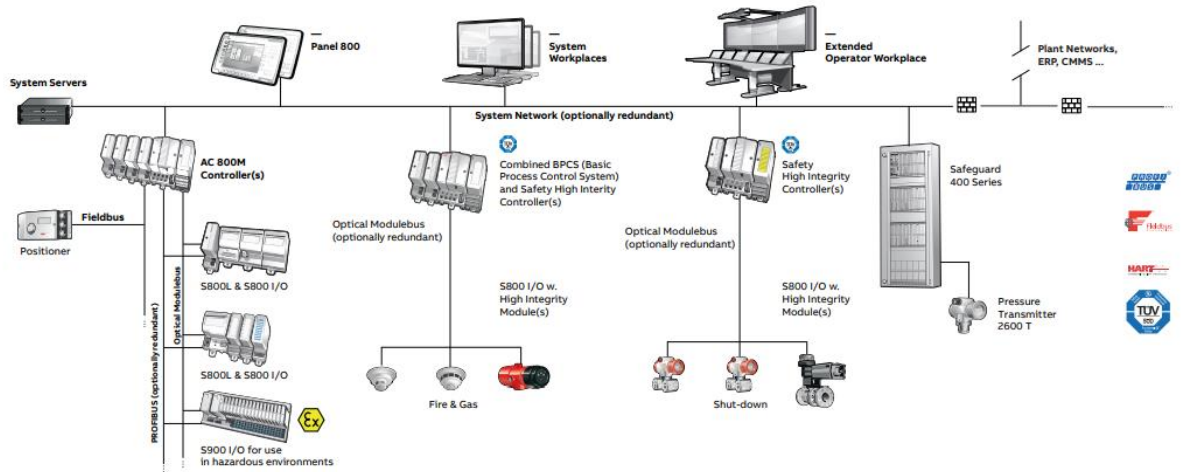
ABB 800xA järjestelmän muokattava graafinen ulkoasu auttaa operaattoreita ymmärtämään, millä alueella ja laitteella on tapahtunut ja mitä. Laajojen ohjausmoduulien ansiosta turvajärjestelmät saadaan erottumaan selkeästi normaalista prosessinäkymästä. (ABB 2017, 2.) Kuvassa 3 on esimerkki operaattorin näkymästä. Tässä näkymässä voidaan tarkastella eri tietoja laitteistolta erilaisissa näkymissä (faceplate) (Kuva 3). (ABB 2015, 16.) Näkymässä voidaan tarkastella laitteen toimintaa suppeassa, perus- tai laajennetussa näkymässä. Faceplaten kautta operaattori näkee, kuinka laite toimii. Kuvassa näkyvistä harmaista laatikoista pystytään tekemään säätöjä. SP- eli SetPoint-kohtaan asetetaan asetusrvo, johon laite pyrkii automaattiohjauksen ollessa käynnissä. Toinen säätövaihtoehto on käsiohjauksessa käytettävät prosentit, joiden mukaan laitetta voidaan myös ohjata. Faceplaten avulla voidaan myös tarkastella, kuinka laite on toiminut aiemmin esimerkiksi trendikäyriä tarkastelemalla.



Kuva 3. Operaattorinäköm (ABB 2015, 16).

Järjestelmästä löytyy operaattorinäköm, historiatiedot, kirjausominaisuudet, resurssien ja laitteistojen hallinta sovellukset ja instrumentit. Nämä ominaisuudet mahdollistavat ABB 800xA järjestelmän hyödyntämisen laajassa laitosautomaattoratkaisussa, mukaan lukien turvallisuusjärjestelmät. Järjestelmä tarjoaa luotettavaa ja reaaliaikaista tietoa prosessialueen laitteiston toiminnasta. Reaaliaikainen valvonta pienentää elinkaarikustannuksia. (ABB 2017, 4.)

ABB 800xA I/O- järjestelmä on kompakti, hajautettu ja joustava ratkaisu. Tämä helpottaa I/O-moduulien ja prosessikaapeloinnin asennuksia. S800 I/O- tuoteperheeseen kuuluvia kolmannen turvallisuusluokan I/O-moduuleja voidaan käyttää turvallisuusnäkökulmasta kriittisiin sovelluksiin. Näihin I/O- moduuleihin sisältyvät 4-20mA analogiatulot, 24Vdc:n digitaaliset tulot ja 24Vdc:n digitaaliset lähdöt. Digitaalisessa lähtömoduulissa on sekä jännitteisiä että jännitteettömiä lähtöjä. Jännitteettömiä lähtöjä käytetään tyypillisesti hätäseis-piireissä sekä räjähdysvaarallisissa tiloissa. Digitaaliset tulot noudattavat tapahtumakirjauksissaan paikallisesti asetettuja aika-asetuksia. Analogiset tulot tukevat HART-läpivientejä, mikä helpottaa kalibrointia ja seuranta sekä HART-laitteella integrointia. Alla olevassa kuvassa on esitettynä järjestelmäkaavio mahdollisista toiminnoista osana turvapiiriä (Kuva 4). (ABB 2017, 4.)



Kuva 4. ABB 800xA järjestelmän rakenne (ABB 2017, 4).

Agnico Eagle Finland Oy:n käytössä oleva automaatiojärjestelmä on ABB System 800xA. Prosessiohjaus toteutetaan tämän järjestelmän avulla. Suunnittelussa ja hankinnoissa tulee huomioida, että laitteet ovat yhteensopivia järjestelmän kanssa.



## 8 OLEMASSA OLEVA HÄTÄSEIS-PIIRI

Nykyisistä hätäseis-piirin piirikaavioista voidaan todeta eri venttiilien ja pumppujen toiminta painiketta painettaessa. Piirikaavioiden mukaan painiketta painettaessa sulkeutuvat syöttöpumppu 1 ja syöttöpumppu 2, sekä jäähdytysvesipumput 1 ja 2. Autoklaavin paine puretaan puskusäiliöön.

Jäähdytysvesipumpuilla 5195PWA16 ja 5195PWA17 on kahdennettu pumppaus toiminnan varmistamiseksi. Sähkölähdöt ovat väyläohjattuja taajuusmuuttajalähtöjä.

ABB:n järjestelmästä saadun listauksen mukaan nähdään, mitkä venttiilit sulkeutuvat ja mitkä avautuvat, sekä lämpötila-antureiden, virtausmittausten, paineen- ja pinnansäädön venttiilien toiminnot. Näistä toiminnoista työn lopussa ovat liitteet 1 ja 2.

### 8.1 Laitteisto

Hätäseispiiriin kuuluu erikokoisia ja eri valmistajien tekemiä venttiileitä ja toimilaitteita. Käytössä on Mogasin, Xomoxin ja Calderan venttiileitä.

Toimilaitteina ovat Xomoxin omat toimilaitteet sekä Mogasin venttiileissä Rotorkin toimilaitteet ja Calderan venttiileillä käytössä ovat Fisherin toimilaitteet. Venttiilejä ohjataan toimilaitteiden avulla, joita ohjataan milliampeeriviesteillä. Kaikki venttiilit kiinnitetään laippojen väliin.

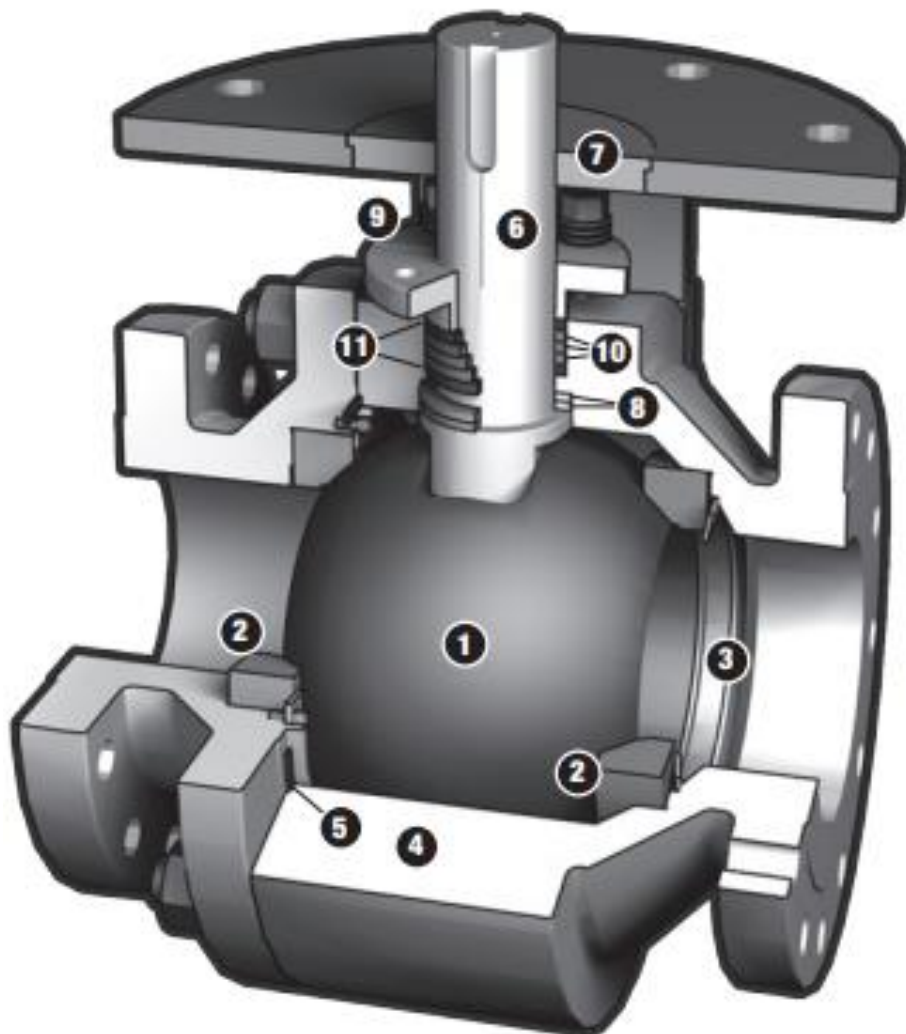
Piiriin kuuluu myös lämpötila-antureita ja lämpötilalähtimiä sekä virtausmittareita. Lisäksi piiriin kuuluu pinnan- ja paineensäätö venttiilit eli calderat, joiden avulla säädetään nimensä mukaan autoklaavin pintaa ja painetta.

#### 8.1.1 Mogas- venttiilit

Mogasin venttiilit ovat paineilmalla toimivia jousipalautteisia venttiilejä. Höyryventtiilin paineluokka on 16, mutta kaikkien muiden paineluokka on 40. Kaikki hätäseis-piiriin kuuluvat Mogasin venttiilit ovat laippakiinnitteisiä kelluvia palloventtiilejä.

Oikein käytettynä ja asennettuna palloventtiilit ovat luotettavia ja tiiviitä, jolloin niiden toiminta on tarkoituksen mukaista. Palloventtiilin toiminta perustuu sen sulkuelimenä toimivan, 90 astetta kääntyvään, palloon, jonka molemmin puolin ovat tiivisteet. Toisella puolen ovat ensisijainen ja toisella puolen toissijainen tiiviste. (Zappe, R. W. & Smith, P. 2004, 108–114). Kaikki Mogas-venttiilit avataan vastapäivään ja suljetaan myötäpäivään (Mogas Industries 2011. 1,2).

Palloventtiilin pallossa on alla olevan kuvan mukaisesti keskellä kanava, jonka läpi kiintoaine, väliaine tai höyry pääsee venttiilin auki ollessa kulkemaan (Kuva 5). Kun venttiili on asennettu oikein, kääntyy pallo poikittain, jolloin venttiili sulkeutuu tiiviisti. Taulukossa 1 on esitettyä venttiilin eri osat (Taulukko 1). (Mogas Industries 2011, 3.)



Kuva 5. Leikkauskuva Mogas-venttiilistä (Mogas Industries 2011,3).

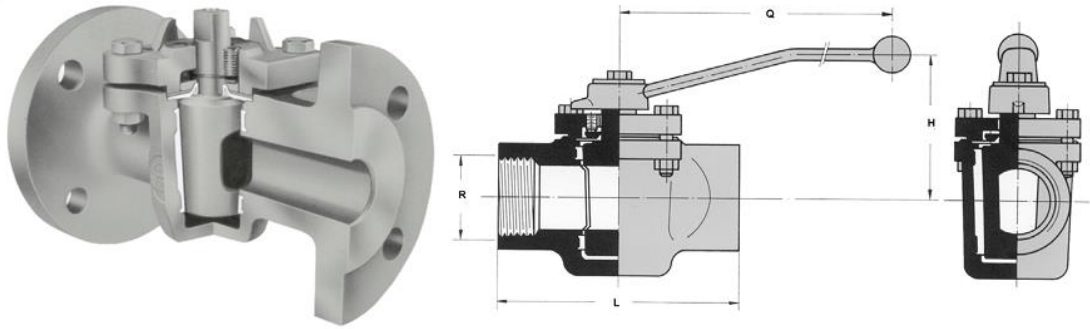
Taulukko 1. Venttiilin osataulukko (Mogas Industries 2011,3).

|    |                              |
|----|------------------------------|
|    |                              |
| 1  | Pallo                        |
| 2  | Tiiviste                     |
| 3  | Tiivisterengas               |
| 4  | Runko                        |
| 5  | Rungon tiiviste              |
| 6  | varsi                        |
| 7  | varren holkki                |
| 8  | sisempi varren tiiviste      |
| 9  | tiivisteiden laippa          |
| 10 | varsipakka                   |
| 11 | ekstruusiota estävät renkaat |

#### 8.1.2 Xomox - venttiilit

Autoklaavin syöttöpäässä on käytössä Xomox 127 ISO-venttiilejä. Nämä venttiilit ovat itsevoideltuja tulppaventtiilejä. Näissä venttiileissä on tulppa, joka pyörii holkissa, joka on lukittuna runkoon. Voitelu estää venttiilin jumittumisen, mutta pitää venttiilin kuitenkin tiiviinä estäen läpivuodon. Venttiilit on valmistettu kestämaan nesteitä, kaasuja ja lietteitä sekä korroosiota ilman kontaminaatiota. (Xomox International GmbH & Co 2002,3.)

Venttiilin toiminta perustuu säädettävään tulppaan. Kun tulppaa käännetään 90°, on venttiili täysin auki. Kun taas käännetään vastakkaiseen suuntaan, venttiili sulkeutuu (Zappe & Smith 2004, 108–114). Kuva 6 on käytössä olevista venttiileistä havainnekuva. Kuvasta poiketen näitä venttiileitä ohjataan toimilaitteen avulla.



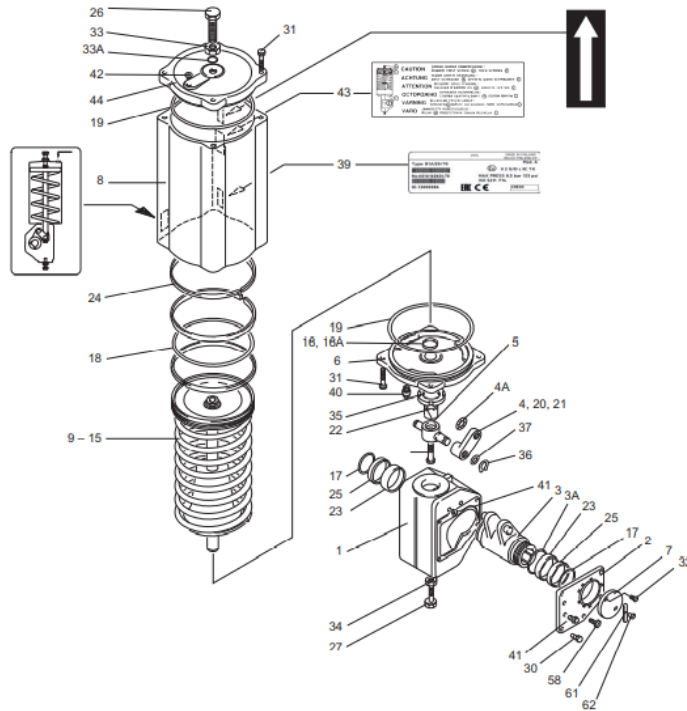
Kuva 6. Xomox 127 ISO (Xomox International GmbH & Co 2002,3,5).

### 8.1.3 Neles- toimilaitteet

Xomox-tulppaventtiileitä ohjataan Neleksen B1JU12/55 toimilaitetta. Nämä ovat paineilmalla toimivia jousipalautteisia toimilaitteita. Näitä venttiilejä voidaan käyttää kaikkien neljänneskiertoventtiilien toimilaitteena niin säätö kuin sulkusovelluksissa. Toimilaitteeseen suunniteltu vipu toimii niin, että toimilaitteen antama momentti ylittyy selvästi avauskulmalla  $0^\circ$ . Tässä tapauksessa näitä käytetään ohjaamaan yllä mainittuja tulppaventtiilejä. Toimilaitteen kuva (Kuva 7) sekä räjäytyskuva ovat seuraavaksi (Kuva 8). (Neles 2020,1.)

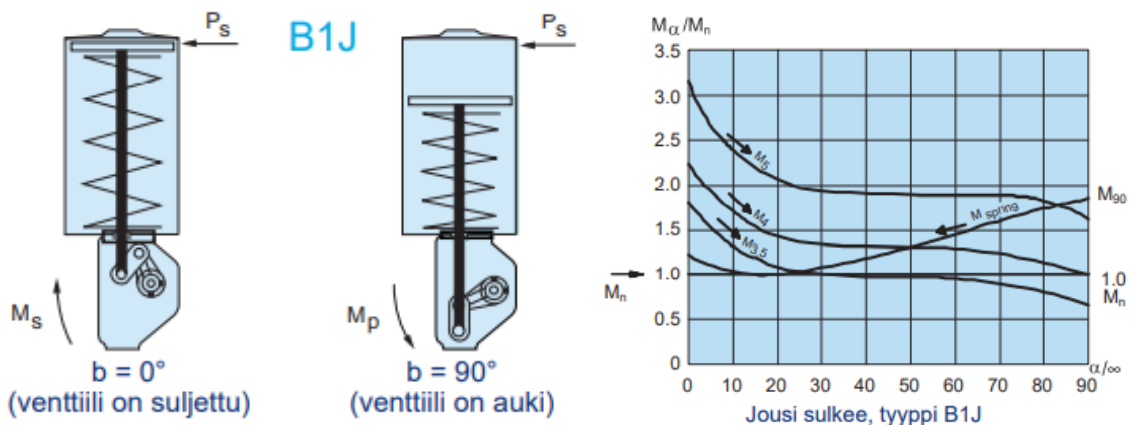


Kuva 7. Neles toimilaitte B1J (Neles 2020,1).



Kuva 8. Neles B1J toimilaitteen räjäytyskuva (Neles 2020,13).

Toimilaitteen vipumekanismi muuttaa männän lineaariliikkeen  $90^\circ$  (max  $98^\circ$ ) venttiin kiertoliikkeeksi. Alla olevassa kuvassa käyristä voidaan todeta toimilaitteen momentin ja avauskulman suhde (Kuva 9). Jousen aiheuttama momentti on kuvaajassa  $M_s$  ja paineilman momentti on merkittynä kuvaajaan  $M_p$ . (Neles 2020,6).



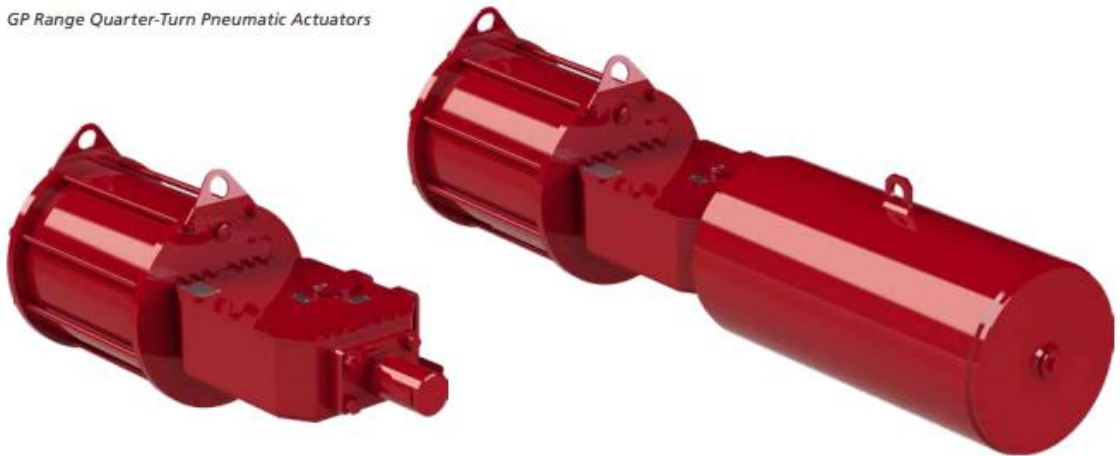
Kuva 9. Nelesin BJ1 tyyppin toimintaperiaate (Neles 2020,6).

#### 8.1.4 Rotork-toimilaitteet

##### GP-sarja

Rotork-toimilaitteet toimivat niin pallo-, läppä- kuin tulppaventtiileilläkin, joiden käyttö perustuu neljänneskierroksen kääntyvään sulkuelimeen. Toimilaitteet ovat jousipalautteisia ja ne voidaan koota toimimaan kumpaankin suuntaan. Jousipalautusmoduuli on turvallinen, sillä se voidaan irrottaa keskirungosta vasta, kun kaikki jousivoimat on vapautettu. Keskirungossa on paineenalennusventtiili. GP-sarjan keskirunkoa on saatavilla kymmenessä eri koossa. Pneumaattinen sylinteri voidaan kiinnittää kummalle tahansa puolelle. Tarvittaessa hätäseis-piiriin kuuluvan laitteen jousipatruuna voidaan asentaa kummallekin puolelle. Jäljempänä kuva GP-sarjan toimilaitteesta (Kuva 10). (Rotork plc 2020,4,5.)

*GP Range Quarter-Turn Pneumatic Actuators*

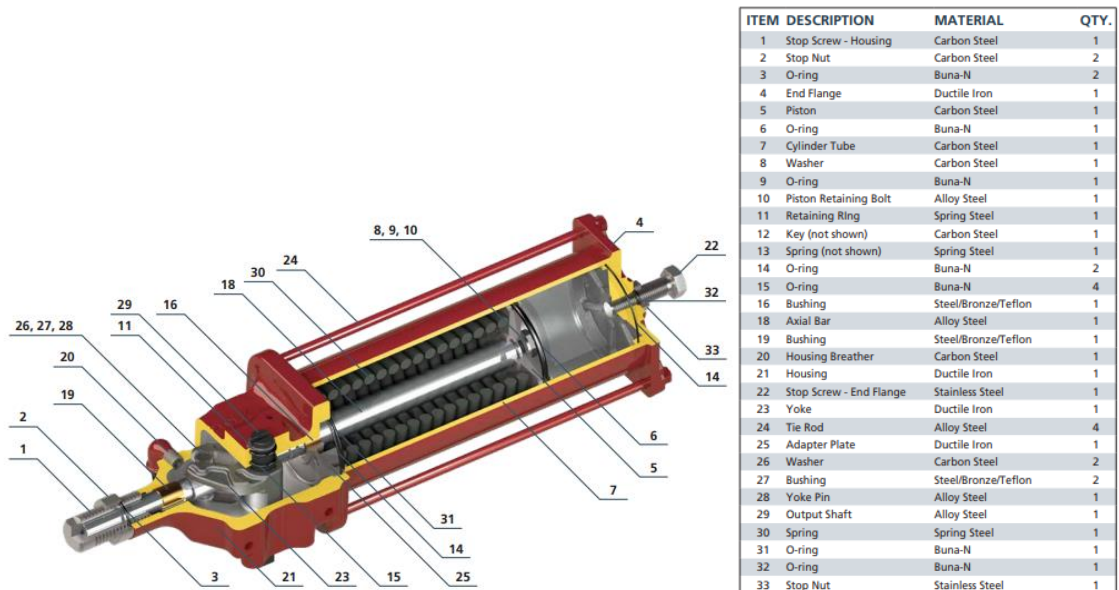


Kuva 10. Rotork GP-sarjan toimilaitte (Rotork plc 2020,5).

##### CP-S – sarja

Rotorkin CP-sarjan toimilaitteet ovat kompaktimman kokoisia. Näiden venttiilien kompakti mutta tehokas rakenne tuottaa yllättävän suuren vääntömomentin jopa alhaisissa paineissa. Nämäkin toimilaitteet ovat soveltuvat neljänneskierrostoimisiin venttiileihin. Venttiilin rakenne on turvallinen. Pneumaattisen sylinterin sisäpuolella olevat jouset ovat männän ja männän varren sisällä eliminoiden näin ollen jousivoiman tahattoman vapautumisen. Rakenne mahdollistaa pääsyn männän tiivisteeseen ilman että joudutaan

purkamaan jousipatruuna. Kuva 11 on toimilaitte ja luettelo toimilaitteen sisältämistä komponenteista. (Rotork plc 2021,5.)



Kuva 11. Rotork CP-sarjan venttiili ja taulukko komponenteista (Rotork plc 2021,8).

CP-sarjan modulaarinen rakenne mahdollistaa kokonaisten toimilaitteiden helpon konfiguroinnin erilaisiin sovelluksiin. Saman jousisäilön kanssa voidaan käyttää erilaisia jousia erilaisten vääntömomenttien ominaisuuksien saamiseksi, ja näitä voidaan tarvittaessa vaihtaa helposti. Käyttöpaine toimilaitteilla on 12bar asti ja vääntömomentin lähtö on 4 500Nm. Lämpötila-alueet ovat alla olevassa taulukossa listattuna (Taulukko 2). (Rotork plc 2021,5,6.)

Taulukko 2. Rotork CP-sarjan lämpötila-alueet (Rotork plc 2021, 8).

| Lämpötila-alueet Rotork CP-sarja |     |      |
|----------------------------------|-----|------|
| vakio                            | -30 | +100 |
| matala                           | -40 | +100 |
| erittäin matala                  | -60 | +100 |

### 8.1.5 Lämpötilan mittaus

Hätäseis-piiriin kuuluvat kaikkien kuuden lohkon lämpötilan mittaus. Kaikissa lohkoissa lämpötilan mittaus on suoritettu samalla tavalla käyttäen samoja

laitteita. Lämpötilan mittaukseen käytetään lämpötilamittareita ja lämpötila-antureita.

### Lämpötila-anturit

Käytössä ovat LappAutomaation Epic Sensors tuoteryhmän lämpötila-anturit (Kuva 12). Näiden lämpötila-antureiden mittaus perustuu vastusarvon muutokseen. Mittauselementtimateriaalina on platina. Platinan vastuslämpötilakerroin on positiivinen, joten lämpötilan noustessa elementin vastus kasvaa. Vastusarvo elementillä on  $100 \Omega$   $0^{\circ}\text{C}$ :n lämpötilassa. PT100 anturilla on pitkäaikainen stabiilius, joka tarkoittaa, että mittausarvon muutos on pienempi kuin  $0,2\Omega/0^{\circ}$  vuodessa. (LappAutomaatio 2022,4.)



Kuva 12. Lämpötila-anturit Epic Sensors PT100 (LappAutomaatio 2022,6,12).

### Lämpötilalähetin

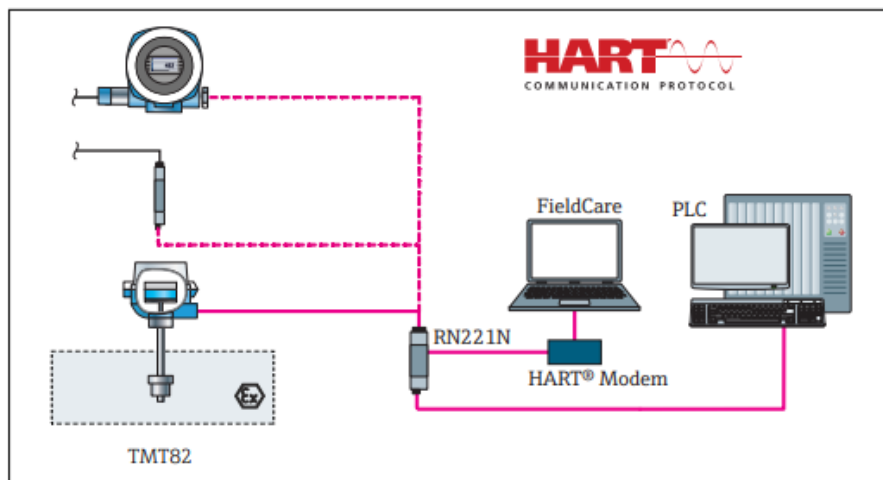
Lämpötilan mittaukseen käytettävä lämpötilalähetin on Endress Hauserin valmistama TMT82. Seuraavassa kuvassa esitettynä kyseinen lämpötilalähetin (Kuva 13).





Kuva 13. Endress Hauser TMT82 lämpötilalähetin (Endress Hauser 2021, 1).

Lämpötilalähetin on kaksijohtiminen laite, jossa on kaksi mittaustuloa ja yksi analoginen lähtö. Laitteen avulla voidaan siirtää myös vastus- ja jännitesignaaleja HART-tiedonsiirron ja 4-20mA virtaviestin avulla. Kuva 14 nähdään laitteen toimintaperiaate yksinkertaistettuna. (Endress Hauser 2021,3). Kuvasta poiketen lämpötila-anturina käytetään aikaisemmin mainittua LappAutomaation PT100 lämpötila-anturia.

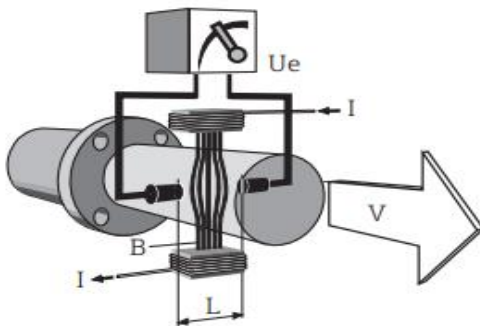


Kuva 14. TMT82 Lämpötilalähettimen toiminta (Endress Hauser 2021,3).

### 8.1.6 Virtausmittaus

Autoklaavin hätäseis-piiriin kuuluvia virtausmittauksia on viisi kappaletta. Nämä ovat lohkojen 2,3,4,5 ja 6 jäähdytysvesivirtauksien mittauksia. Lohkon 1 jäähdytysvesivirtausta ei ole mainittuna sillä se kuuluu käytännössä samaan lohko 2 kanssa, koska näiden lohkojen välillä ei ole väliseinää. Jäähdytysvesilinjojen koko on DN80 ja niiden paineluokka on 16.(Liite 2.)

Virtausmittaukseen käytetään Endress Hauserin Proline Promag 50P80-virtausmittaria. Virtausmittari on elektromagneettinen virtausmittari, jonka toiminta perustuu Faradayn induktiolakiin. Kuva 15 havainnollistettuna Faradayn induktiolain toiminta. Tämän mukaan magneettikentän läpi liikkuvaa johtimeen indusoituu jännite. Sähkömagneettisessa mittausperiaatteessa virtaava väliaine on liikkuva johdin. Indusoitu jännite on verrannollinen virtausnopeuteen, joka syötetään vahvistimelle kahden mittauselektrodin avulla. Virtausmäärän mittaukseen vaikuttaa putken koko, jossa virtausta mitataan. DC-magneettikenttä saadaan aikaiseksi tasavirralla, jonka napaisuus vaihtelee. (Endress Hauser 2017,3.)



Kuva 15. Faradayn induktiolaki (Endress Hauser 2017,3).

Faradayn induktiolain mukaan magneettikentän läpi kulkevassa johtimessa indusoituu jännite. Indusoitu jännite on verrannollinen virtausnopeuteen. Virtaustilavuus voidaan laskea putken poikkipinta-alan avulla. (Endress Hauser 2017,3.) Seuraavaksi kuvassa 15 esitettyjen lyhenteiden selitykset.

$$U_e = B * L * v$$

$$Q = A * v$$

$U_e$  = Indusoitu jännite

$B$  = magneettinen induktio (magneettikenttä)

$L$  = elektrodien etäisyys

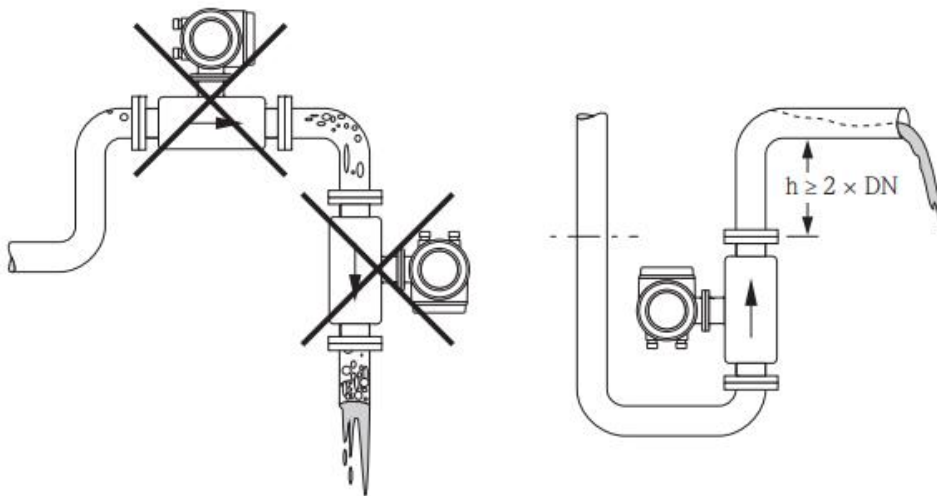
$v$  = virtausnopeus

$Q$  = tilavuusvirta

$A$  = putken poikkipinta-ala

$I$  = nykyinen vahvuus

Virtausmittarit tulee asentaa aina niin että mitattavassa kohdassa putki on täynnä eikä jää ilman tai kaasukuplien mahdollisuutta. Mittauslaitetta ei tule myöskään asentaa pumpun imupuolelle. Yllä mainitut seikat voivat vääristää mittaustulosta. Mittauslaite tulisi siis asentaa sellaiseen kohtaan linjastolla, jossa se on käytettäessä aina täynnä, jotta voidaan luottaa mittaustulokseen. Optimaalisin asennustilanne on silloin kun mittauslaite asennetaan pystysuoraan putkeen. Kuvassa 16 on esitettyä vasemmalla väärät asennuskohdat ja oikealla puolella optimaalisin asennuskohta (Kuva 16). (Endress Hauser 2017,13,15.)



Kuva 16. Virtausmittarin asennus (Endress Hauser 2017,13).

Kuva 17 on putkeen kiinnitettävä mittausputki ja taka-alalla seinään kiinnitettävä ohjauspaneeli. Nämä kytketään toisiinsa, jolloin virtausmittaria voidaan ohjata myös paikallisesti paneelin kautta.



Kuva 17. Endress Hauser PT100 (Endress Hauser 2017, 1).

### 8.1.7 Calderat

Autoklaavilla käytetään sekä pinnansäädössä että paineensäädössä Calderan valmistamia säätöventtiilejä. Näissä toimilaitteena toimivat Valvetekin toimilaitteet ja asennoittimena molemmissa venttiileissä on Fisher DVC 6010. Molemmat venttiilit ovat jousipalautteisia paineilmalla toimivia säätöventtiilejä, joita säädetään toimilaitteen ja asennoittimen avulla. (Agnico Eagle Finland 2022.)

Seuraavassa kuvassa koko venttiilipaketti, jossa harmaa alin osa on venttiili, sininen ylin osa toimilaitte ja pieni harmaa laatikko keskivaiheilla kuvaa on asennoitin, jonka toiminnasta kerrottu tarkemmin alempana (Kuva 18). Kuvasta poiketen kummankin Calderan venttiilin asennoitin on sijoitettuna seinälle, jolloin laitteen aiheuttama värinä ja muu liike ei häiritse asennoittimen toimintaa.



Kuva 18. Caldera venttiilikokonaisuus (Caldera Engineering 2016).

Calderan muodon avulla pyritään pitämään virtaus mahdollisimman tasaisena. Kun putkisto ja laitekoko määritetään oikein, se muodostaa riittävän ylipaineen. Tästä johtuva vastapaine estää lietteen kerääntymisen venttiiliin ja kuristimen

väliseen kuristusputkeen, jolloin virtaus säilyy tasaisena. (Agnico Eagle Finland 2022.)

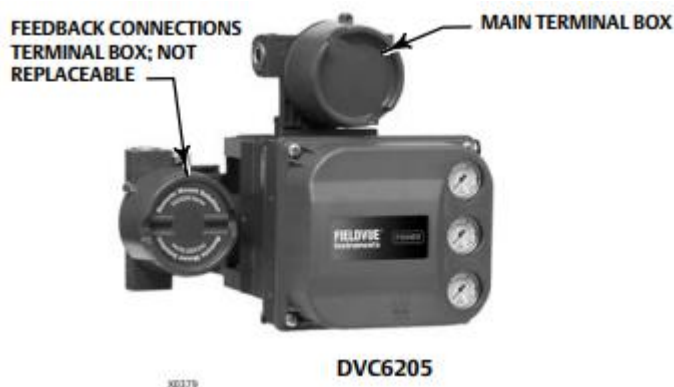
Calderat ovat säätöventtiilejä ja niiden toiminta eroa neljänneskierrosohjattavista venttiileistä, kuten aiemmin mainituista Mogas- palloventtiileistä tai Rotork-tulppaventtiileistä, siten että näitä venttiilejä voidaan nimensä mukaisesti säätää. Aiemmin mainituissa neljänneskierrosventtiileissä on kaksi asentoa, joko venttiilit ovat auki tai kiinni. Säätöventtiilin avulla voidaan säätää esimerkiksi virtausta halutun suuruisiksi asteikolla 0–100%. (Agnico Eagle Finland 2022.)

### Toimilaite

Toimilaite säätää venttiiliä paineilman ja jousen avulla. Toimilaitteen molemmin puolin on paineilma, jotta asennoittimen toiminta on varmempaa. Paineen säädössä käytettävän venttiilin turvasuunta on jousi avaa-toiminen ja pinnan säädössä eli lietecalderalla turvasuunta on jousi sulkee-toiminen. (Agnico Eagle Finland 2022.)

### Fisher DVC 6205

Fisherin DVC 6205 -asennoitin ohjaa toimilaitetta, joka ohjaa venttiiliä (Kuva 19). Pneumaattinen toimilaite on yhdistetty digitaaliseen paikantimeen. Paikannin on kaksitoiminen laite, joka käyttää HART-protokollaa tai 4-20mA viestintää ja sen avulla pystytään ajamaan myös online-diagnostiikkaa. (Agnico Eagle Finland 2022.)



Kuva 19. Fisher DVC 6205 asennoitin (Emerson 2021,66).

## 8.2 Ohjelmisto

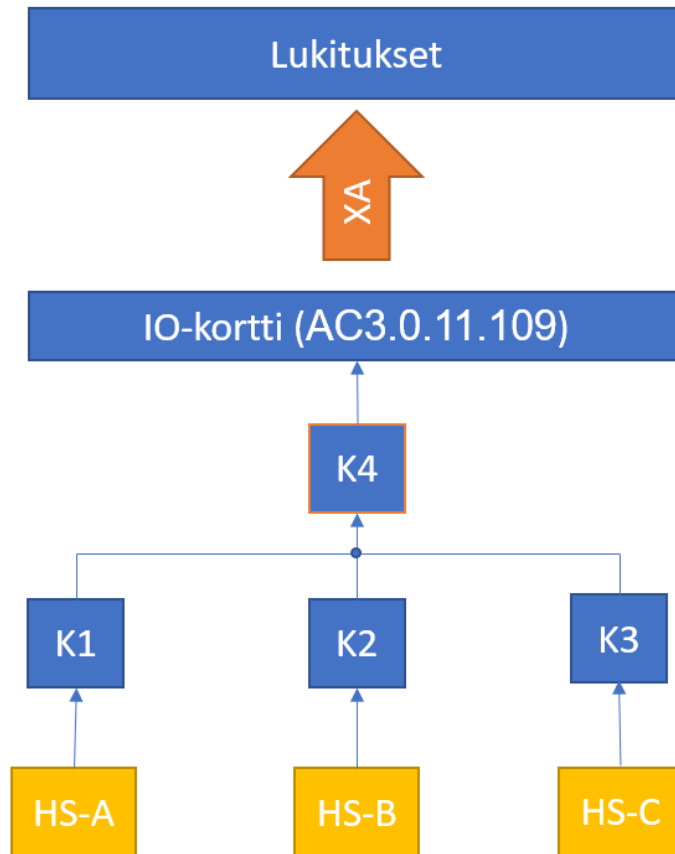
Valmiina olevan ohjelmiston mukaan autoklaavin kaksi syöttöpumppua pysähtyvät. Lisäksi myös jäähdytysvesipumput pysähtyvät, mikä on ristiriidassa sen suhteen, että tarkoitus olisi mahdollisuuksien mukaan jäähdyttää hallitusti, jotta keraamiset vuoraukset eivät hajoa, ja päästä purkamaan paine autoklaavista hallitusti. Ohjelman mukaan purku tapahtuu puskusäiliöön. (Onkalo 2021.)

Nykyisessä ohjelmassa on kolme painiketta, 3300-HS-0860A, 3300-HS-0860B ja 3300-HS-0860C. Painikkeita painettaessa tulee järjestelmään tieto, mitä painiketta on painettu, mutta se ei aiheuta toimenpiteitä. Ohjelmistossa painikkeet on kytketty kanaville Input 8–11. Tämä on nähtävissä seuraavassa taulukossa (Taulukko 3). (Tätilä 2022).

Taulukko 3. hätäseis-piirin painikkeiden inputit

|          |                                |   |
|----------|--------------------------------|---|
| Input 8  | Autoklaavi.IO.AK_3300_XA_0860  | Autoklaavi hätä-seis hälytys            |
| Input 9  | Autoklaavi.IO.AK_3300_HS_0860B | Autoklaavi hätä-seis Rikastamon valvomo |
| Input 10 | Autoklaavi.IO.AK_3300_HS_0860A | Autoklaavi hätä-seis +KK201             |
| Input 11 | Autoklaavi.IO.AK_3300_HS_0860C | Autoklaavi hätä-seis Ulko-ovi           |

Painikkeilta tieto menee turvareleille K1, K2 ja K3 kautta turvareleelle K4. Releeltä K4 tieto menee I/O-kortille AC3.0.11.109, josta tieto kulkeutuu eteenpäin 3300-XA-0860 kautta järjestelmään ja tämä käynnistää hätäseis-toimenpiteet. (Tätilä 2022). Tämä on havainnollistettu seuraavassa kuviossa (Kuvio 1). Kuviossa painikkeet ovat esitettyinä muodossa HS-A, HS-B ja HS-C.



Kuvio 1. Hätäseis-painikkeiden aiheuttamat toiminnot

800XA-järjestelmä ohjaa hätäseis-piirin määritellyt toiminnot. Toiminnoista on työn liitteenä liite 1 ja liite 2, joista käy ilmi venttiilien, lämpötilan säädön, virtauksensäädön sekä pinnan ja paineen säädön muutokset hätäseis-painiketta painettaessa. Järjestelmään tulee vain yksi signaali mitä tahansa hätäseis-painiketta painettaessa. Toisin sanoen nykyisen ohjelman mukaan 800XA-järjestelmä ohjaa venttiilien, lämpötilan, virranmittauksen ja Calderoiden toiminnot, eikä ole olemassa varsinaista turvapiiriä. (Tättilä 2022.)

Hätäseis-piiriin kuuluvia komentoja ovat tracking, normal, diffnormal ja priority CmdMan0. Normal -tilassa eli normaalissa tilassa laitteelle tulee joko tieto 1 true tai 0 false eli tuleeko laitteelle signaalia vai ei. Diffnormal -tilanteessa tämä kääntyy nimensä mukaisesti toisinpäin. Track -käsky voi olla jotain 0 ja 100 %:n väliltä. Tällöin operaattori ei pysty ohjaamaan laitteen toimintaa vaan se toimii vain järjestelmään asetetulla tavalla. Priority CmdMan0 -käsken mukaan syöttö katkeaa eli 0 -tila tarkoittaa, että esimerkiksi venttiili sulkeutuu. (Tättilä 2022.)

### 8.2.1 Turvareleet

Käytössä olevat turvareleet ovat Jokab Safety RT6 ja JSR2A. Tässä yhteydessä turvareleitä käytetään painikkeiden tilatiedon saamiseksi. Jokab Safety RT6 seurantaliittimenä toimivat s14 ja s34 (Kuva 20).



Kuva 20. Jokab Safet RT6 (STK-Tietopalvelut Oy 2022b.)

Jokab Safety JSR2A seurantaliittiminä toimivat s14 ja s24 (Kuva 21). Piirin on oltava ehjä, jolloin kortille tulee jännite. Kun painiketta ei ole painettu on tila normaali eli InNormal=true. Mikäli jotakin painiketta painetaan, avautuu kosketin, jolloin hätäseis-piiri aktivoituu.

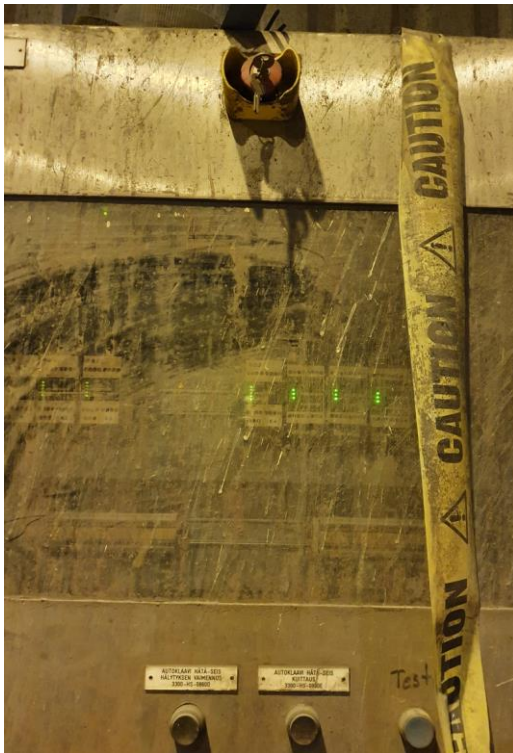




Kuva 21. Jokab Safety JSR2A (STK-Tietopalvelut Oy 2022a.)

### 8.3 Hätäseis-painikkeet

Hätäseis-painikkeita on kolme. Ensimmäinen hätäseis-painike sijaitsee vanhan valvomon vieressä eli autoklaavin kanssa samalla tasolla KK201-kenttäkotelossa (Kuva 22). Toinen painike sijaitsee toisessa päässä autoklaavin tasolla putkiston takana (Kuva 23). Kolmas painike sijaitse muutamaa kerrosta alempana portaikossa rikastamolalle saavuttaessa.

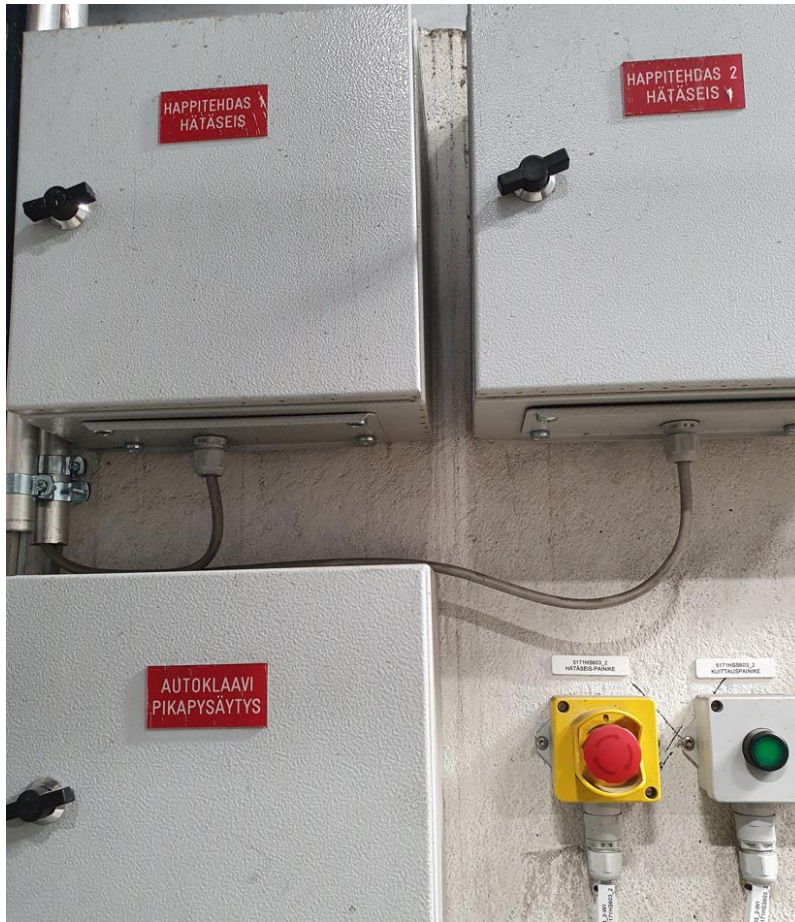


Kuva 22. KK201-kenttäkotelossa sijaitseva painike



Kuva 23. Hätäseis-painike autoklaavin tasolla putken takana

Portaikun alapäässä paloilmoitinkeskuksen vieressä olevien painikkeiden kannessa lukee happitehdas 1 hätäseis, happitehdas 2 hätäseis ja autoklaavin pikapysäytys. Näille on oma hätäseispainikkeensa portaikun alapäässä kaapeissa, mutta kuvan oikeassa alareunassa oleva painike ei kuulu tähän kokonaisuuteen (Kuva 24).



Kuva 24. Autoklaavin ja happitehtaan hätäseis-painikkeet portaikossa

#### 8.4 Yleinen aluevalvonta

Aluetta valvotaan kameravalvonnalla. Alueella on kiinteitä kameroita ja käännettäviä dome-kameroita, joiden avulla pystytään valvomaan koko aluetta. Kameroilla valvotaan syöttöpumppujen toimintaa, flash-tankin yläosaa, autoklaavin alaosa kahdella kameralla sekä autoklaavin tasoa kahdella eri kameralla, jotka ovat käännettäviä dome-kameroita.

Autoklaavialueelle kulku on rajoitettua rikastamon käynnissä olon aikana. Alueelle mentäessä tulee aina varmistaa valvomosta, onko kulku sallittua, jotta valvomo-operaattori tietää, ettei tee mitään säätöjä autoklaaviin, kun alueella työskennellään. Poistumisesta tulee myös ilmoittaa valvomoon, jotta heillä on tieto alueella työskentelevistä henkilöistä. Tästä ilmoitetaan radion välityksellä, soittamalla valvomoon tai käymällä valvomossa ennen alueelle siirtymistä. Alueella tulee olla kaikki rikastamolla vaaditut turvavarusteet kuten kypärä,

turvakengät, näkyvä suojavaatetus sekä kaasuilmaisin. Lisäksi tulee käyttää kasvot peittävää maskia. Käytössä voi olla moottoroitu kokokasvomaski tai kypärään kiinnitettävä visiiri.

## 9 KEHITYSEHDOTUKSET

Tällä hetkellä autoklaaville ja happilaitokselle on omat pikapysäytyspainikkeet. Painelaitevastaavalle toimitetun kyselyn mukaan ensisijaisen tärkeää on, että hapen syöttö katkaistaan, jonka jälkeen katkaistaan syöttö ja paineensäätöventtiilit avataan (Koistinen 2022).

Autoklaaville johtavan hapen sulku tulisi siis yhdistää osaksi hätäseis-piiriä. Näin ollen ei tarvita kahta erillistä painiketta, jotta hätätilanteessa toiminto sujuisi suunnitellusti.

### 9.1 Hätäseis-painikkeen painaminen

Hätäseis-painiketta painettaessa hapensyötön tulisi pysähtyä, minkä jälkeen syötön tulee pysähtyä ja paineensäätöventtiiliin aueta. Näin saatetaan autoklaavi paineettomaksi. Suurimpia riskejä autoklaavi alueella, jotka johtavat hätäseis-painikkeen painamiseen, ovat tulipalo, happi- tai titaanipalo tai reikä autoklaavissa, mikäli viimeksi mainittu tilanne ei ole hallittavissa. Vaaratilanteiksi luetaan myös autoklaavin hallitsemattomuus, muun muassa tilanne, jolloin autoklaavia ei voida operoida ABB:n kautta. (Leppänen & Koistinen 2022.)

Venttiileistä hapen syötön tulisi olla 0 % auki eli suljettuna. Kaasu- ja lietecaldera-venttiilit 100% auki ja jäähdytysvesien venttiilit 50% auki. Tällöin autoklaavi ehtii myös purkaa lietteen sekä kaasun. (Leppänen & Koistinen 2022.)

Nopea purku ja jäähdytys vaikuttavat autoklaavin sisäisiin tiilivuorauksiin. Ne elävät paineenvaikutuksesta ja lämpötilanmuutoksesta. Näin ollen tiilivuoraukset klaavin sisäosissa voivat rikkoutua liian nopean jäähdytyksen seurauksena. Hätäseis-painikkeen painamisen jälkeen autoklaavin tulisi purkaa paine kaasunpurkulinjaa pitkin Quenchiin ja varolinjan kautta höyry vapautuu piipusta taivaalle. (Koistinen 2022.) Autoklaaviin jäävä liete tulisi purkaa flash-tankille (Leppänen 2022).

Hätäseis-painiketta painettaessa ilmoitus tulee valvomoon ABB-järjestelmän kautta. Lisäksi ilmoitus voisi tulla myös painelaitevastaavalle ja vuoromestarille sekä autoklaavin operaattorille tekstiviestitse.

## 9.2 Hätäseis-painikkeiden puutteet

Hätäseis-painikkeiden sijainteja ei ole selkeästi merkittynä, eikä painikkeita ole nimetty paikan päällä. Painikkeiden sijainnin tulee olla vähintään alueella työskentelevien henkilöiden tiedossa hätätilanteiden varalta.

Hätäpysäytyslaitteista määrätään standardin SFS 31850 luvussa 4.3.1 seuraavasti: "Hätäpysäytyslaitteet on suunniteltava siten, että käyttäjä ja muut, joilla voisi olla tarve niiden käyttöön, voivat ne helposti tunnistaa ja vaikuttaa niihin. " (SFS13850 luku 4.3.1, 12). Tämän vuoksi hätäseis-painikkeisiin tulisi lisätä selkeät kyltit, joista käy ilmi mikä painike on kyseessä ja mihin se vaikuttaa.

Hätäpysäytyslaitteiden sijainnista määrätään SFS 31850 standardin luvussa 4.3.2 seuraavasti: "Hätäpysäytyslaitteet on sijoitettava siten, että ne ovat suoraan saavutettavissa ja että käyttäjä tai muut joilla voi olla tarve vaikuttaa niihin, voivat vaikuttaa niihin ilman vaaraa. " (SFS13850 luku 4.3.2, 12). Yksi painike tasolla on jäänyt osittain putkilinjan taakse, joten sille tulee miettiä uusi paikka ja siirtää painike helpommin havaittavaan ja saatavaan paikkaan. Tällöin voidaan painiketta painaa tarvittaessa turvallisesti kummassakin päässä autoklaavia.

Hätäpysäytyslaitteen hallintalimestä määrätään standardin SFS 31850 luvussa 4.3.6 että värin on oltava punainen ja mahdollisen taustan värin keltainen. Autoklaavilla käytössä olevat painikkeet ja taustavärikykset ovat painikkeissa oikein. Lisäksi määrätään seuraavaa:

"Hätäpysäytyslaitteita, joiden toimintavalmiiksi palauttamiseen (lukituksen poistoon) tarvitaan avainta, olisi vältettävä.

Jos hätäpysäytyslaitteen hallintaelimen voi vapauttaa ainoastaan käyttämällä avainta, on käsivammojen välttämiseksi koneen käyttöä koskevissa ohjeissa kuvattava avaimen oikea käyttötapa ja varoitettava, että avain olisi hallintaelimessä vain silloin, kun sitä vapautetaan lukituksesta. " (SFS 31850 luku 4.3.6, 13). Autoklaavin tasolla KK-201 kaapin kannessa sijaitsevassa painikkeessa on avain aina paikallaan. Avain tulisi ottaa pois ja käyttää vain silloin kun sitä käytetään lukituksen vapautukseen.

Painikkeista määrätään SFS 31850 standardin luvussa 4.5 Vahingossa hätäpysäytyslaitteeseen vaikuttamisen estäminen seuraavasti: "Suojakauluksen

käyttämistä hätäpysäytyslaitteen ympärillä pitäisi välttää, paitsi jos on tarpeen estää vahingossa vaikuttaminen ja muut keinot eivät ole käytännössä mahdollisia. ” (SFS13850 luku 4.5, 14). Tämän standardin mukaan tulee pohtia ovatko kaulukselliset painikkeet alueella tarpeen vai voitaisiinko ne vaihtaa kauluksettomiiin painikkeisiin.

### 9.3 Ohjelmisto

Ohjelmiston tämänhetkinen toiminta on kerrottuna aiemmin luvussa 7.2. Siellä käy ilmi että hätäseis-piiri toimii 800XA-järjestelmän ohjaamana.

Käsky niin kutsutuille hätäseis-toimenpiteille tulee järjestelmästä ei turvapiiristä. Turvapiiriä ei siis ole olemassa, jonka vuoksi sellainen tulisikin hätäseis-piirin vuoksi rakentaa. Ohjelmistoa tulisi kehittää niin että jäähdytysvesipumput eivät pysähdy hätäseis-painiketta painettaessa.

### 9.4 Yleinen aluevalvonta

Kameravalvonta kattaa lähes koko alueen, mutta toisen puolen vesi- ja höyryventtiilit jäävät katvealueelle. Tämän vuoksi olisi hyvä lisätä käännettävä dome-kamera syöttöpään seulatasolle, josta voisi pääsääntöisesti valvoa näitä venttiilejä, mutta myös tarvittaessa valvoa seulan toimintaa. Toinen autoklaavin alaosa kuvaavista kameroista on käännettävä ja toinen kiinteä kamera. Kiinteän autoklaavin alaosa kuvaavan kameran voisi vaihtaa käännettäväksi dome-kameraksi, jolloin sen avulla voitaisiin valvoa laajempaa aluetta kuten miehistöluukkuja.

Kulku on rajoitettua autoklaavin alueella, mutta kuljettaessa tulee vain tehdä ilmoitus valvomoon, jotta tieto on sen hetkellä valvomo-operaattorilla. Alueella työskentelevät henkilöt tulisi kirjata ylös. Yksi tapa olisi rajata kulkua niin että vain kulunvalvontatunnistetta käyttämällä pääsisi tasolle. Tämä on kuitenkin vaikea toteuttaa, sillä tasolle on useita eri reittejä. Kulunvalvonta voitaisiin toteuttaa vain kahdelle ovelle, joista pääsee autoklaavin tasolle, mutta autoklaavin tasolle pääsee myös kolmesta eri portaikosta, joissa ei ole ovea vaan alueelle on esteetön pääsy. Tämän vuoksi pitää kehittää jokin muu järjestelmä alueella

työskentelevien henkilöiden työturvallisuuden vuoksi. Valvomoon voitaisiin ottaa käyttöön kirjausjärjestelmä, johon kirjataan henkilöt, jotka menevät autoklaavin alueelle ja kun he poistuvat alueelta. Kirjausjärjestelmään voidaan myös lisätä päivämäärä ja kellonaika, jotta kulunvalvonta on aukottomampaa.

## 9.5 Testaukset

Testaukset voidaan suorittaa seisakin yhteydessä joko ennen alasajoa tai ylösajon yhteydessä. Testauksia voitaisiin suorittaa esimerkiksi joka toisessa seisakissa riippuen aikataulusta ja ajankohdasta mihin seisakki milloinkin sijoittuu. Tällä hetkellä pitkien seisakkien väli on kahdeksan kuukautta. Tällöin testauksien väliksi tulisi 16 kuukautta.

Testaukset tulisi suorittaa paineettomassa tilassa. Tämä mahdollistuu seisakin jälkeen ennen ylösajoa. Hätäseis-piirin testaukset ovat tärkeässä osassa työturvallisuutta. On tärkeää testata järjestelmää turvallisesti katkon jälkeen ennen kuin laitos on ajolla, jotta voidaan todeta piirin toimivan kuten sen kuuluukin toimia. Testaukset luovat varmuutta ja turvaa käytön aikaiseen hätäseis-painikkeen painamiseen.



## 10 POHDINTA

Työn aiheena oli autoklaavin hätäseis-piirin validointi. Tarkoituksena oli siis muodostaa esiselvitys tämänhetkisen hätäseis-piirin tilasta. Alueelta löytyvät painikkeet, mutta varmuutta siitä miten ne toimivat ja mihin laitteisiin vaikuttavat ei ole ollut.

Työtä aloittaessa ei kuitenkaan ollut täyttä ymmärrystä siitä mitä kaikkea se tulee pitämään sisällään. Alun perin ajatuksena oli käydä läpi laitteistoa, jonka jälkeen kertoa kuinka mikäkin laite piirissä toimii. Toteutusvaiheessa kuitenkin koin helpoimmaksi tutustua laitteiston manuaalien avulla, mutta myös paikan päällä käytiin laitteita tutkimassa.

Työn edetessä täytyi perehtyä konetekniikan asettamiin lakeihin, standardeihin ja direktiiveihin laitteistojen osalta. Lisäksi aiheen keskiössä oleva autoklaavi kuuluu painelaitelain piiriin, joten tämäkin toi omat haasteensa työtä suorittaessa. Konetekniikan osalta tuli paljon oppia ja uutta tietoa, jonka hyödyntäminen oli pääosassa työtä. Standardien lukemisen avulla opin ymmärtämään minkälaisia laitteita piirissä voidaan käyttää.

Painikkeet ja muu laitteisto on paikallaan. Yhden painikkeen paikkaa tulee muuttaa, mutta muutoin painikkeet ovat toimintakuntoisia. Painikkeiden osalta tulee myös harkita kauluksellisten painikkeiden käyttöä. Onko näille todella tarvetta. Ohjelmistoon on tehtävä muutoksia, jotta piiri toimii halutulla tavalla ja voidaan olla varmoja, että se toimii kuten sen kuuluukin toimia. Lisäksi tulee päivittää piirikaviot vastaamaan nykyistä tilannetta.

## LÄHTEET

ABB 2014. 800xA for DCI. Operation. Viitattu 11.3.2022.

[https://library.e.abb.com/public/090b6829303340aa813a983727370844/3BUA000129-510\\_A\\_en\\_800xA\\_for\\_DCI\\_5.1\\_Operation.pdf](https://library.e.abb.com/public/090b6829303340aa813a983727370844/3BUA000129-510_A_en_800xA_for_DCI_5.1_Operation.pdf)

ABB 2017. System 800xA High Integrity. Emergency Shutdown Solution. Viitattu 29.11.2021.

<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3BSE055220&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

ABB 2021. System 800xA – Saumatonta hallintaa. Viitattu 10.12.2021.

<https://new.abb.com/control-systems/fi/system-800xa>

Agnico Eagle Finland 2021a. Kestävä kehitys - Sidosryhmät. Viitattu 10.11.2021. <https://agnicoeagle.fi/fi/kestavyys/yhteistyosuhteet/>

Agnico Eagle Finland 2021b. Tietoa meistä. Viitattu 10.11.2021.

<https://agnicoeagle.fi/fi/tietoa-meista/>

Agnico Eagle Finland 2022. Intranet. Kittila Valve IOM\_All Valves\_Rev 0.

Viitattu 8.3.2022.

Agnico Eagle Mines Limited 2021. About Agnico. Viitattu 10.11.2021.

<https://www.agnicoeagle.com/English/about-agnico/default.aspx>

Caldera Engineering 2016. Ceramic-trimmed Severe Service Valves. Viitattu

8.3.2022. <https://www.calderaengineering.com/specialty-products/ceramic-lined-valves-components>

Emerson 2021. Fisher Fieldvue DVC6200 Digital Valve Controller. Viitattu

8.3.2022. <https://www.emerson.com/documents/automation/instruction-manual-fieldvue-dvc6200-hw2-digital-valve-controller-en-123052.pdf>

Endress Hauser 2017. Technical Information Proline Promag 50P, 53P.

Electromagnetic flowmeter. Viitattu 2.3.2022. [https://bdih-prod-assetcentralapi-assetcentral-rest-](https://bdih-prod-assetcentralapi-assetcentral-rest-srv.cfapps.eu10.hana.ondemand.com/files/DLA/005056A500261ED7B6EAB9320E2DE79F/TI00047DEN_1317.pdf)

[srv.cfapps.eu10.hana.ondemand.com/files/DLA/005056A500261ED7B6EAB9320E2DE79F/TI00047DEN\\_1317.pdf](https://bdih-prod-assetcentralapi-assetcentral-rest-srv.cfapps.eu10.hana.ondemand.com/files/DLA/005056A500261ED7B6EAB9320E2DE79F/TI00047DEN_1317.pdf)

Endress Hauser 2021. Technical Information iTEMP TMT82. Viitattu 28.2.2022.

[https://bdih-prod-assetcentralapi-assetcentral-rest-](https://bdih-prod-assetcentralapi-assetcentral-rest-srv.cfapps.eu10.hana.ondemand.com/files/DLA/005056A500261EEB9CA7251899A797BC/TI01010TEN_2421.pdf)

[srv.cfapps.eu10.hana.ondemand.com/files/DLA/005056A500261EEB9CA7251899A797BC/TI01010TEN\\_2421.pdf](https://bdih-prod-assetcentralapi-assetcentral-rest-srv.cfapps.eu10.hana.ondemand.com/files/DLA/005056A500261EEB9CA7251899A797BC/TI01010TEN_2421.pdf)

Koistinen, H. 2022. Agnico Eagle Finland Oy. Development Engineer.

Autoklaavin hätäseis-piirin validointi - Opinnäytetyö kysely.

[hannu.koistinen@agnicoeagle.com](mailto:hannu.koistinen@agnicoeagle.com) 10.1.2022. Tulostettu 7.2.2022.

LappAutomaatio 2022. Epic Sensors Lämpötila-anturituotteet ja palvelut. PT100 Lämpötila-anturit. Viitattu 28.2.2022.  
[https://www.epicsensors.fi/fileadmin/user\\_upload/PDF/2019/catalogues/FI-cat/EPIC-SENSORS-katalogi-FI.pdf](https://www.epicsensors.fi/fileadmin/user_upload/PDF/2019/catalogues/FI-cat/EPIC-SENSORS-katalogi-FI.pdf)

Kaisanlahti, S. 2017. Työturvallisuuden parantaminen rikastamon kunnossapidossa. Diplomityö. Viitattu 29.4.2022.  
<http://jultika.oulu.fi/files/nbnfioulu-201711303214.pdf>

Leppänen, R. 2022. Agnico Eagle Finland Oy. Metallurgist. Autoklaavin hätäseis-piirin validointi - Opinnäytetyö kysely. rina.leppanen@agnicoeagle.com 18.1.2022. Tulostettu 7.3.2022.

Mogas Industries 2011. Valves for metals & minerals. Solutions for the Autoclave Industry. Viitattu 25.2.2022. <https://www.mogas.com/en-us/resources/media-centre/public/documents/brochures/brochure-autoclave>

Neles 2020. Pneumaattinen sylinteritoimilaitte. B1-sarja. Viitattu 7.3.2022.  
<https://www.neles.com/globalassets/saleshub/imported---all-documents/6b20fi.pdf>

Onkalo, J. 2021. Ases Oy. Automaatioinsinöörin haastattelu 2.12.2021.

Painelaitedirektiivi 2014/68/EU.

Painelaitelaki 16.12.2016/1144.

Rotork plc 2020. GP and GH Range. Viitattu 2.3.2022.  
<https://www.rotork.com/uploads/documents-versions/45597/1/pub011-001-00-1120.pdf>

Rotork plc 2021. CP Range. Viitattu 2.3.2022.  
<https://www.rotork.com/uploads/documents-versions/45914/1/pub013-001-00-0921.pdf>

SFS-EN ISO 13849-1, 2015. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet. Viitattu 10.1.2022  
<https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/410492.html.stx>

SFS-EN ISO 13850, 2015. Koneturvallisuus. Häätäpysäytys. Suunnitteluperiaatteet. Viitattu 10.1.2022  
<https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/404432.html.stx>

Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2022. CE-merkintä. Viitattu 29.4.2022.  
<https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/ce-merkinta/>

STK-Tietopalvelut Oy 2022a. Turvarele - JSR2A 24 VDC - ABB Jokab Safety. Viitattu 19.4.2022. <https://www.sahkonumerot.fi/3589004>

STK-Tietopalvelut Oy 2022b. Turvarele - RT6 230VAC 10-026-05 - ABB Jokab Safety. Viitattu 19.4.2022. <https://www.sahkonumerot.fi/3589015/id/158187/>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2022a. CE-merkintä. Viitattu 27.4.2022. <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/ce-merkinta>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2022b. Painelaitteiden suunnittelu, valmistus ja vaatimustenmukaisuuden arviointi. Viitattu 27.4.2022. <https://tukes.fi/-/painelaitteiden-suunnittelu-valmistus-ja-vaatimustenmukaisuuden-arvioin-1>

Tättilä, P. 2021. Agnico Eagle Finland Oy. Automation Engineer. Kullan rikastus – Sovellettu seminaari 1.

Tättilä, P. 2022. Agnico Eagle Finland Oy. Automation Engineer. Haastattelu ohjelmiston toiminnasta 7.4.2022.

Valtioneuvoston asetus painelaiteturvallisuudesta 29.12.2016/1549.

Xomox International GmbH & Co 2002. Tuflin Two Way Plug Valves. Viitattu 28.2.2022. [https://www.induchemgroup.com/contentFiles/dataSheets/Xomox%20\(GmbH\)%20Sleeved%20plug%20valve.pdf](https://www.induchemgroup.com/contentFiles/dataSheets/Xomox%20(GmbH)%20Sleeved%20plug%20valve.pdf)

Zappe, R. W. & Smith, P. 2004. Valve selection handbook: Engineering fundamentals for selecting the right valve design for every industrial flow application. 5th ed. Amsterdam ; Boston: Elsevier : Gulf Professional Pub. Viitattu 24.2.2022

## LIITTEET

- Liite 1. Autoklaavin hätäseis-piirin venttiilit
- Liite 2. Autoklaavin hätäseis-piiriin lämpötila- ja virtausmittaukset sekä pinnan ja paineensäätö

## Liite 1. Autoklaavin hätäseis-piirin venttiilit

## Autoklaavin hätäseis-piirin venttiilit

| Positio | Toiminto | Laittekuvaus                                | Valmistaja     | Venttiilin tyyppi                  | DN    | PN   | Liitännätapa    | Toimiläite (tyyppi)     | Rajapaketti |
|---------|----------|---|----------------|------------------------------------|-------|------|-----------------|-------------------------|-------------|
| HV0801  | Kiinni   | Autoklaavi syöttölinja 1 venttiili 1        | Komox/ries     | 127-150                            | DN100 | PN40 | Laiipojen välin | BIJU12/55               | OX3K05HDN   |
| HV0802  | Kiinni   | Autoklaavi syöttölinja 1 venttiili 2        | Mogas / Rotork | I-A 4 300# x DIN 100MM PN40 RFF    | DN100 | PN40 | Laiipojen välin | ROTORC GP-085C-335A/C2  | OX3K05HDN   |
| HV0803  | Kiinni   | Autoklaavi syöttölinja 2 venttiili 1        | KOMOK/ries     | 127-150                            | DN100 | PN40 | Laiipojen välin | BIJU12/55               | OX3K05HDN   |
| HV0804  | Kiinni   | Autoklaavi syöttölinja 2 venttiili 2        | Mogas / Rotork | I-A 4 300# x DIN 100MM PN40 RFF    | DN100 | PN40 | Laiipojen välin | ROTORC GP-085C-335A/C2  | OX3K05HDN   |
| HV0811  | Kiinni   | Autoklaavi lohko 1 hapensulkuventtiili      | Mogas / Rotork | PL-NI 4 300# X DIN 100MM PN40 RFF  | DN100 | PN40 | Laiipojen välin | ROTORC GP-085C-335A/C   |             |
| HV0812  | Auki     | Autoklaavi lohko 1 ves/höyry sulkuventtiili | Mogas/rotork   | PL-NI 3 300# X DIN 80MM PN40 RFF   | DN80  | PN40 | Laiipojen välin | ROTORC GP-0855-280A/C2  |             |
| HV0831  | Kiinni   | Autoklaavi lohko 2 hapensulkuventtiili      | Mogas / Rotork | PL-NI 3 300# X 80 MM PN40 RFF      | DN80  | PN40 | Laiipojen välin | ROTORC GP-0855-280A/C2  |             |
| HV0832  | Auki     | Autoklaavi lohko 2 ves/höyry sulkuventtiili | Mogas / Rotork | PL-NI 3 300# X DIN 80MM PN40 RFF   | DN80  | PN40 | Laiipojen välin | ROTORC GP-0855-280A/C2  |             |
| HV0851  | Kiinni   | Autoklaavi lohko 3 hapensulkuventtiili      | Mogas / Rotork | PL-NI 1.5 300# X DIN 40MM PN40 RFF | DN40  | PN40 | Laiipojen välin | ROTORC GP/S-055-200 A/B |             |
| HV0852  | Auki     | Autoklaavi lohko 3 ves/höyry sulkuventtiili | Mogas / Rotork | PL-NI 2 300# X DIN 50MM PN40 RFF   | DN40  | PN40 | Laiipojen välin | ROTORC GP/S-055-200A/   |             |
| HV0901  | Auki     | Autoklaavi purkulinja venttiili 1           | Mogas / Rotork | PL-NI 8 300# X DIN 200MM PN40 RFF  | DN200 | PN40 | Laiipojen välin | ROTORC GP-130C-585/C    |             |
| HV0902  | Auki     | Autoklaavi purkulinja venttiili 2           | Mogas / Rotork | PL-NI 8 300# X DIN 200MM PN40 RFF  | DN200 | PN40 | Laiipojen välin | ROTORC GP-130C-585/C    |             |
| HV0911  | Kiinni   | Autoklaavi lohko 4 hapensulkuventtiili      | Mogas / Rotork | PL-NI 1.5 300# X DIN 40MM PN40 RFF | DN40  | PN40 | Laiipojen välin | ROTORC GP/S-055-200 A/B |             |
| HV0912  | Auki     | Autoklaavi lohko 4 ves/höyry sulkuvent      | Mogas / Rotork | PL-NI 2 300# X DIN 50MM PN40 RFF   | DN50  | PN40 | Laiipojen välin | ROTORC GP/S-055-200A/   |             |
| HV0931  | Kiinni   | Autoklaavi lohko 5 hapensulkuventtiili      | Mogas / Rotork | PL-NI 1.5 300# X DIN 40MM PN40 RFF | DN40  | PN40 | Laiipojen välin | ROTORC GP/S-055-200 A/B |             |
| HV0932  | Auki     | Autoklaavi lohko 5 ves/höyry sulkuventtiili | Mogas / Rotork | PL-NI 2 300# X DIN 50MM PN40 RFF   | DN50  | PN40 | Laiipojen välin | ROTORC GP/S-055-200A/   |             |
| HV0951  | Kiinni   | Autoklaavi lohko 6 hapensulkuventtiili      | Mogas / Rotork | PL-NI 1.5 300# X DIN 40MM PN40 RFF | DN40  | PN40 | Laiipojen välin | ROTORC GP/S-055-200 A/B |             |
| HV0952  | Auki     | Autoklaavi lohko 6 ves/höyry sulkuventtiili | Mogas / Rotork | PL-NI 2 300# X DIN 50MM PN40 RFF   | DN50  | PN40 | Laiipojen välin | ROTORC GP/S-055-200A/   |             |
| HV1007  | Kiinni   | Puskusäiliö höyryventtiili                  | Mogas / Rotork | PL-NI 2 300# X DIN 50MM PN16 RFF   | DN50  | PN16 | Laiipojen välin | ROTORC GP/S-055-200A/   |             |
| HV1009  | Kiinni   | Puskusäiliö jäähdytysventtiili              | Mogas / Rotork | PL-NI 2 300# X DIN 50MM PN40 RFF   | DN50  | PN40 | Laiipojen välin | ROTORC GP/S-055-200A/   |             |

Liite 2. Autoklaavin hätäseis-piiriin lämpötila- ja virtausmittaukset sekä pinnan ja paineensäätö

Autoklaavin hätäseis-piiriin vaikuttavat lämpötilamittaukset

| Track-komento                      | Yksikkönumero | laitekuvas                   | valmistaja     | tyyppi                        | content type     |
|------------------------------------|---------------|------------------------------|----------------|-------------------------------|------------------|
| AK_3300_TTC_0815A,Track= true + 0% | 5163TTC0815   | Autoklaavi lohko 1 lämpötila | Lapp Automatio | WH-15X3-D/H-G 1" 3220-4-ACB-X | Lämpötilamittari |
| AK_3300_TTC_0815B,Track= true + 0% | 5163TTC0815   | Lämpötilamittari             | Endress Hauser | TMT82-1014/1C3                | Lämpötilalähetin |
| AK_3300_TTC_0835A,Track= true + 0% | 5163TTC0835   | Autoklaavi lohko 2 lämpötila | Lapp Automatio | WH-15X3-D/H-G 1" 3220-4-ACB-X | Lämpötilamittari |
| AK_3300_TTC_0835B,Track= true + 0% | 5163TTC0835   | Lämpötilamittari             | Endress Hauser | TMT82-1014/1C3                | Lämpötilalähetin |
| AK_3300_TTC_0855A,Track= true + 0% | 5163TTC0855   | Autoklaavi lohko 3 lämpötila | Lapp Automatio | WH-15X3-D/H-G 1" 3220-4-ACB-X | Lämpötilamittari |
| AK_3300_TTC_0855B,Track= true + 0% | 5163TTC0855   | Lämpötilamittari             | Endress Hauser | TMT82-1014/1C3                | Lämpötilalähetin |
| AK_3300_TTC_0915A,Track= true + 0% | 5163TTC0915   | Autoklaavi lohko 4 lämpötila | Lapp Automatio | WH-15X3-D/H-G 1" 3220-4-ACB-X | Lämpötilamittari |
| AK_3300_TTC_0915B,Track= true + 0% | 5163TTC0915   | Lämpötilamittari             | Endress Hauser | TMT82-1014/1C3                | Lämpötilalähetin |
| AK_3300_TTC_0935A,Track= true + 0% | 5163TTC0935   | Autoklaavi lohko 5 lämpötila | Lapp Automatio | WH-15X3-D/H-G 1" 3220-4-ACB-X | Lämpötilamittari |
| AK_3300_TTC_0935B,Track= true + 0% | 5163TTC0935   | Lämpötilamittari             | Endress Hauser | TMT82-1014/1C3                | Lämpötilalähetin |
| AK_3300_TTC_0955A,Track= true + 0% | 5163TTC0955   | Autoklaavi lohko 6 lämpötila | Lapp Automatio | WH-15X3-D/H-G 1" 3220-4-ACB-X | Lämpötilamittari |
| AK_3300_TTC_0955B,Track= true + 0% | 5163TTC0955   | Lämpötilamittari             | Endress Hauser | TMT82-1014/1C3                | Lämpötilalähetin |

Autoklaavin hätäseis-piiriin virtausmittaukset

| Track-komento                | Yksikkönumero | laitekuvas                  | valmistaja     | tyyppi                     | DN   | PN   | Liitäntätapa     |
|------------------------------|---------------|-----------------------------|----------------|----------------------------|------|------|------------------|
| FIC_0833,Track := true; + 0% | 5163FIC0833   | ak lohko 2 jäähdytysvirtaus | Endress Hauser | Promag 50P80- ECOARACOAEBW | DN80 | PN16 | Laiipojen väliin |
| FIC_0853,Track := true; + 0% | 5163FIC0853   | ak lohko 3 jäähdytysvirtaus | Endress Hauser | Promag 50P80- ECOARACOAEBW | DN81 | PN17 | Laiipojen väliin |
| FIC_0913,Track := true; + 0% | 5163FIC0913   | ak lohko 4 jäähdytysvirtaus | Endress Hauser | Promag 50P80- ECOARACOAEBW | DN82 | PN18 | Laiipojen väliin |
| FIC_0933,Track := true; + 0% | 5163FIC0933   | ak lohko 5 jäähdytysvirtaus | Endress Hauser | Promag 50P80- ECOARACOAEBW | DN83 | PN19 | Laiipojen väliin |
| FIC_0953,Track := true; + 0% | 5163FIC0953   | ak lohko 6 jäähdytysvirtaus | Endress Hauser | Promag 50P80- ECOARACOAEBW | DN84 | PN20 | Laiipojen väliin |

Autoklaavin pinnan ja paineensäätö

| Positio  | Track-komento   | Yksikkönumero | laitekuvas         | valmistaja | tyyppi                     | content type |
|----------|-----------------|---------------|--------------------|------------|----------------------------|--------------|
| PI/C0904 | Tracking + 100% | 5163PIC0904   | Autoklaavi paineen | Yokogawa   | EIA530AEC8SN DNS0, YOKOGAW | Painemittaus |
| LIC0964  | Tracking + 100% | 5163LIC0964   | Autoklaavi pinta   | berthold   | 0-4000KPA TITAN CAP 5M     | Painemittaus |