

Tommi Espo

Pilot tislauskolonnin käyttöönotto

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kemiantekniikka

Insinöörityö

4.5.2017

Tekijä(t) Otsikko	Tommi Espo Pilot tislaukolonnin käyttöönoton valmistelu
Sivumäärä Aika	26 sivua + 2 liitettä 4.5.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kemiantekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Lehtori Timo Seuranen
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena on päivittää Metropolian Leiritiellä prosessilaboratoriossa olevan panostislauslaitteiston automaation toiminnankuvaukset. Tämän on tarkoitus tukea automaatiotekniikan opiskelijoiden prosessiautomaation päivitysprojektia.</p> <p>Lähestymistavaksi valikoitui pohtia jokaisen prosessilaitteen ja -mittauksen roolia itsenäisenä. Näin pyrittiin määrittämään jokaiselle laitteelle toiminta-alue. Tämän jälkeen toiminnankuvaukset kytkettiin toisiinsa PI-kuvan avulla.</p> <p>Tuloksena saatiin luotua toiminnankuvaukset, joihin voidaan täydentää puuttuvat tekijät siinä vaiheessa kun koeajot saadaan suoritettua.</p>	
Avainsanat	Panostislaus, Toiminnankuvaukset

Author(s) Title	Tommi Espo Introduction of pilot distillation column
Number of Pages Date	26 pages + 2 appendices 4 May 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Process Engineering
Specialisation option	
Instructor(s)	Timo Seuranen, Senior Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to update the description of the automation of the batch irrigation equipment at the Metropolia Leiritie Process Laboratory. This is supposed to support the automation technology students' process automation upgrade project.</p> <p>The approach was chosen to consider the role of each process device and measurement as an independent one. This was done to determine the operating range for each device. Subsequently, the operation descriptions were interconnected by a PI drawing.</p> <p>As a result, activity descriptions were created that can be supplemented by missing factors at the time the test runs are completed.</p>	
Keywords	Batch distillation, Activity description

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tislaus	1
2.1	Tislauksen perusteet	1
2.2	Erilaisia tislautapoja	2
2.2.1	Flash-tislaus eli tasapainotislaus	2
2.2.2	Tislaus ylipaineessa	3
2.2.3	Tislaus alipaineessa	4
3	Tislauskolonnit	5
3.1	Välipohjatyypit	9
3.1.1	Seulavälipohja	9
3.1.2	Venttiilivälipohja	11
3.1.3	Kellovälipohja	11
3.2	Täytekappaleet ja kennopakkaukset	13
4	Metropolian tislauskolonne	15
5	Automaation ja laitteiston kartoitus	24
6	Suojaukset ja turvalogiikka	24
6.1	Toiminnankuvaukset	25
7	Yhteenveto	25
	Lähteet	26

Liitteet

Liite 1. Toiminnankuvaukset

Liite 2. PI-kuva

Lyhenteet

DA	Kolonni
EA	Lämmönsiirrin
FA	Säiliö
FIC	Säätävä virtausmittaus
FV	Virtauksensäätöventtiili
GA	Pumput
LI	Pinnan mittaus
PIC	Säätävä painemittaus
PV	Paineventtiili
TI	Lämpötilapiste
TIC	Säätävä lämpötilamittaus
XCV	Pikasulkuventtiili

1 Johdanto

Tämän työn tarkoituksena on suunnitella pilot-tislauskolonnin prosessiautomaation uusintaa ja käyttöönottoon liittyviä toimenpiteitä. Tähän liittyen päivitettiin laitteiston automaation toiminnankuvaukset ja piirrettiin PI-kuva, joka vastaa päivitettyjä toiminnankuvauksia.

Laitteiston alkuperäinen käyttötarkoitus on tarjota koulutusohjelmalle mahdollisuus sovellustutkimustoimintaan, reaaliaikaiseen prosessin simulointiin ja säätöön liittyviin ongelmanratkaisuihin. Laitteistoa on tarkoitus hyödyntää perusopetuksen laboratoriotöissä, joissa se tarjoaa mahdollisuuden monimutkaisempiin ja paremmin teollisuusympäristöä vastaaviin harjoitustöihin.

Laitteiston alkuperäisenä tarkoituksena on tarjota alueen alan yrityksille mahdollisuus tutkimus- ja opetuskäyttöön, sillä alkuperäisen hankintaesityksen mukaan vastaavaa vaativampaan operointiin soveltuvaa laitteistoa ei ole Uudenmaan alueella ole tarjolla. [1.]

Tässä työssä on tarkoituksena muokata olemassa olevasta laitteistosta ohjauksellisesti nykyaikaisempi niin, että se palvelee niin prosessi- kuin automaatiopuolen opiskelijoiden perusopetusta. Tätä tarkoitusta varten laitteiston automaatio on tarkoitus päivittää vastaamaan tämän päivän vaatimuksia niin käyttöliittymän kuin käyttölogiikankin osalta.

2 Tislaus

2.1 Tislauksen perusteet

Tislaus on menetelmä, jossa erotus perustuu aineiden erilaisiin höyrynpaineisiin (haihtuvuuteen). Tislaamalla on mahdollista erottaa toisistaan aineet, joiden höyrynpaineissa on riittävän suuri ero. Tislauksessa toisiinsa liuenneet nestemäiset jakeet saadaan jakautumaan kahteen tai useampaan jakeeseen. Tyypillisesti syöte jaetaan kahteen jakeeseen, joita kutsutaan ylitteeksi (tisle) ja alitteeksi (pohja).

Yksinkertaisimmillaan tislauksessa erotetaan kaksi toisiinsa liuennutta ainetta niin, että laitteisto koostuu kiehuttimesta, kolonnista ja lauhduttimesta. Tällöin tislattava neste lämmitetään kiehuttimessa, josta se höyrystyneenä nousee kolonniin jossa osa syötteestä lauhtuu ja putoaa takaisin kiehuttimeen ja osa jatkaa höyrynä lauhduttimeen, jossa se tiivistyy tisleeksi. [2, s. 47-49.]

Tämän seurauksena helpommin höyrystyvä komponentti rikastuu tisleeseen ja hankalammin höyrystyvä komponentti rikastuu pohjalle. Tämä jatkuu kunnes kaikki helpommin höyrystyvä aine on höyrystynyt. Tämä voidaan havaita siitä, että kiehuttimen lämpötila nousee. [2, s. 47-49.]

2.2 Erilaisia tislaustapoja

Tislaus on yksi käytetyimmistä erotusmenetelmistä prosessiteollisuudessa. Tislaus on varsinkin teollisessa mittakaavassa erittäin paljon energiaa kuluttava prosessi. Tästä johtuen siitä on kehitetty hyvin useita variaatioita, joiden tarkoituksena on suorittaa tarvittava erotus mahdollisimman tehokkaasti.

Ilmiönä tislaus perustuu aineiden erilaisiin höyrynpaineisiin, eli mitä suurempi on komponentin höyrynpaine, sitä helpommin se höyrystyy ja näin ollen tislautuu. Tästä seuraa se, että jos erotettavan seoksen komponenttien höyrynpaineet ovat lähellä toisiaan, tulee käytettävästä laitteistosta helposti monimutkainen, koska erottumiseen vaadittavia vaiheita on paljon.

2.2.1 Flash-tislaus eli tasapainotislaus

Höyrynpaineen määritelmän mukaan kiehumisen nesteessä alkaa samalla hetkellä, kun seoksen höyrynpaine saavuttaa ympärillä vallitsevan paineen arvon. Seoksen höyrynpaine on riippuvainen sekä komponenttien ominaisuuksista, että niiden mooliosuuksista nesteessä. Tasapaino tislauksessa seosta kuumennetaan paineastiassa. Kun seos siirretään paineenalennusventtiiliin kautta tislausastiaan, rikastuu höyryfaasi helpommin haihtuvan komponentin suhteen ja nestefaasi vastaavasti huonommin höyrystyvän komponentin suhteen. [3.]

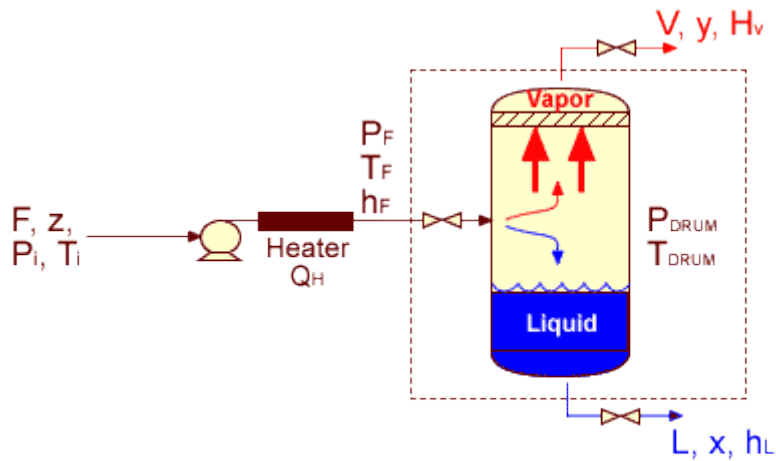


fig.1

Kuva 1. Flash-tislauksen periaate [3]

Kuvassa 1 syöttöä lämmitetään, jonka jälkeen se johdetaan paineenalennuksen kautta erotusastiaan, jossa erottuminen tapahtuu.

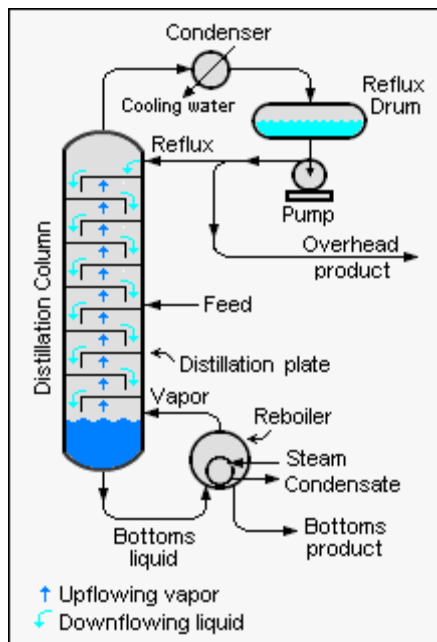
Flash-tislauksella saavutetaan erotus yhden tasapainoaskeleen avulla ja syöte jakautuu kaasu- ja nestevirraksi, joiden pitoisuudet syöttöaineiden suhteen riippuvat syötön lämpötilasta. Jos halutaan tarkempaa erotusta, joudutaan höyryfaasi tislaamaan uudestaan. Tämä tapahtuu niin, että höyryfaasi lauhdutetaan nesteeksi, joka sitten johdetaan uuteen flash-astiaan. Tällöin kaasufaasiin rikastuu enemmän kevyttä komponenttia.[3.]

2.2.2 Tislaus ylipaineessa

Koska monilla aineilla kiehumispisteet ovat verrattain matalia, on todettu erotuksen onnistuvan paremmin kun tislauksen painetta nostettaessa. Paineen noston seurauksena aineiden kiehumispisteet nousevat ja näin ollen niiden erottaminen tislaamalla on mahdollista. Esimerkiksi monilla kevyillä hiilivedyillä kiehumispisteet NTP-olosuhteissa ovat alle 0 °C :n, joten jos niitä haluaisi erottaa tislaamalla, pitäisi laitteisto rakentaa jäähdytysjärjestelmän ympärille. [3.]

Kun painetta nostetaan tarpeeksi, pysyvät kevyemmätkin hiilivedyt nestemäisinä kuumennettaessakin. Tällöin niiden erottaminen voidaan suorittaa tislaamalla normaaliin tapaan tislaukskolonnilla niin, että huipulla voidaan käyttää lauhduttamiseen jäähdytysvettä. Painetaso valitaan tislattavan aineen fysikaalisten ominaisuuksien mukaan niin,

että huipulla lämpötila on noin 40°C, jos tarkoituksena on lauhduttaa ylimeno jäähdytysvedellä. [10]



Kuva 2. Tislauskolonni, jossa tislaus tapahtuu ylipaineessa [5.]

Tämän kaltaisessa tislauksessa on tavoitteena, että saadaan maksimoitua höyryfaasin ja nestefaasin kontakti, jotta välipohjilta lähtevä höyry ja neste ovat tasapainossa. Pohjakolonneissa höyry voidaan joko vaihtoehtoisesti kuplittaa reikien läpi pohjalla olevaan nesteeseen (laskukanavalliset pohjat) tai vastavirtaan nestettä vastaan (laskukanavatomat pohjat). Erotuksen edellytyksenä on, että kolonnin huipulle palautetaan tislettä, joka sitten painovoiman vaikutuksesta valuu välipohjilla alaspäin ja kohtaa samalla höyrystyneen faasin, jolloin ideaalitulanteessa tapahtuu edellä kuvatun kaltainen siirtymä höyry- ja nestefaasin välillä. Tällöin kolonnin pohjatuote ja tisle puhdistuvat molemmat. [2.]

2.2.3 Tislaus alipaineessa

Alipainetislausta tarvitaan tilanteissa, jossa erotettavien faasien kiehumispisteet ovat niin korkeita normaaleissa tislausolosuhteissa, että kuumentaminen aiheuttaisi muutoksia syötteeseen. Tämä on mahdollista esimerkiksi raskaita hiilivetyjakeita tislattaessa. Jos raskaita hiilivetyjä yritettäisiin tislata normaaleissa paineolosuhteissa on mah-

dollista, että samalla alkaisi tapahtumaan myös ei-toivottuja reaktiota, koska tislautumiseen vaadittava lämpötila on niin korkea, että siinä alkaa jo tapahtumaan krakkautumista.

Tislauspaineen alentaminen siis helpottaa erotusta ja tätä kautta myös vähentää tarvittavaa kiehutustehoa. Tästä koituu säästöjä energiankulutuksen puolella. Tislauspaineen alentaminen kuitenkin kasvattaa kaasufaasin tilavuusvirtaa, koska paineen alentaminen laskee kaasun tiheyttä. Tästä seuraa se, että kolonnin halkaisijaa on kasvatettava verrattuna vastaavan kapasiteetin ylipaineekolonneihin. Lisäksi alipaineekolonneissa lauhdutusjärjestelmistä tulee monimutkaisempia.[3.]

3 Tislauskolonnit

Teollisessa käytössä olevat tislauskolonnit voidaan jakaa pohja-, täytekappale- ja kennopakkauskolonneihin. Näistä pohjakolonne eroaa kahdesta muusta siinä, että siinä kaasu- ja nestefaasit eroavat toisistaan selvästi jokaisella pohjalla. Täytekappale ja kennopakkauskolonneissa neste virtaa kolonnissa alaspäin täytekappaleiden tai kennopakkausten pinnalla ohuena kalvona, jolloin kaasulla on suuri kontaktipinta-ala. Faasit ovat kontaktissa koko pedin matkan ja eroavat toisistaan vasta kolonnin ylä- ja alaosissa.

Tislauskolonnin rakennetta mietittäessä pitää välipohjien erotuskyvyn lisäksi ottaa huomioon myös kunnossapitokustannukset. Kunnossapitokustannuksiltaan edullisimpana voidaan pitää seulavälipohjaa kuten Henry Z. Kisterin kirjasta ”Distillation Design” löytyvästä taulukosta voidaan todeta. Taulukko on esitetty kuvissa 3 ja 4.

TABLE 6.1 Comparison of the Common Tray Types

Type	Sieve tray	Valve tray	Bubble-cap tray	Dual-flow tray
Diagram	6.1c	6.3, 6.4	6.1a,b	6.1d
Tray action diagram	6.2b	6.2c	6.2a	
Capacity	High	High to very high	Moderately high	Very high
Efficiency	High	High	Moderately high	Lower than other types
Turndown	About 2:1. Not generally suitable for operation under variable loads	About 4-5:1. Some special designs achieve (or claim) 10:1 or more	Excellent, better than valve trays. Good at extremely low liquid rates	Low, even lower than sieve trays (10). Unsuited for variable load operation
Entrainment	Moderate	Moderate	High, about 3 times higher than sieve trays (4)	Low to moderate
Pressure drop	Moderate	Moderate. Early designs somewhat higher. Recent designs same as sieve trays	High	Low to moderate
Cost	Low	About 20 percent higher than sieve trays (11)	High. About 2-3 times the cost of sieve trays (10,11)	Low

Kuva 3. Eri välipohjatyypin ominaisuuksien vertailua, [6, s.266]

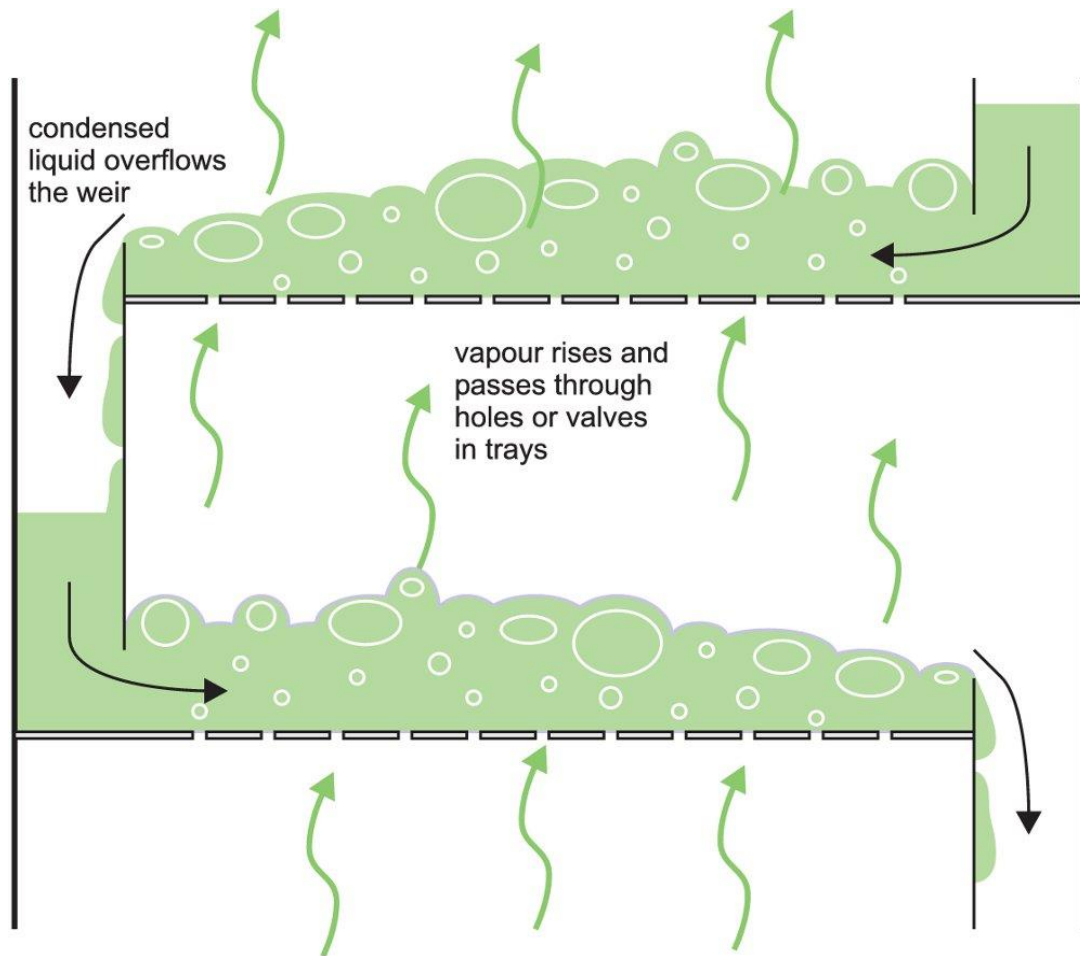
Kuvassa 3 on vertailutaulukko, jota voidaan käyttää apuna kun valitaan laitesuunnitteluvaiheessa erotuskolonneihin sopivia välipohjia. Taulukko on kaksiosainen, ja ensimmäisessä osassa vertaillaan eri välipohjatyypin fysikaalisia ominaisuuksia, kuten kapasiteettia, painehäviötä ja erotustehokkuutta.

TABLE 6.1 Comparison of the Common Tray Types (Continued)

Type	Sieve tray	Valve tray	Bubble-cap tray	Dual-flow tray
Maintenance	Low	Low to moderate	Relatively high	Low
Fouling tendency	Low	Low to moderate	High. Tends to collect solids	Extremely low. Suitable where fouling is extensive and for slurry handling.
Effects of corrosion	Low	Low to moderate	High	Very low
Availability of design information	Well known	Proprietary, but information readily available	Well known	Some information available
Other				Instability sometimes occurs in large diameter (> 8 feet) columns
Main applications	Most columns when turndown is not critical	1. Most columns, 2. Services where turndown is important	1. Extremely low flow conditions 2. Where leakage must be minimized	1. Capacity revamps where efficiency and turndown can be sacrificed 2. Highly fouling and corrosive services
Share of the market (11)	25%	70%	5%	No information

Kuva 4. Eri välipohjatyypien vertailua, toinen osa, [6, s.267]

Kuvassa 4 on eritelty muita ominaisuuksia, joita tulee ottaa huomioon laitteistoa suunniteltaessa. Näitä huomioon otettavia tekijöitä ovat mm. taipumus likaantumiseen, suunnittelussa tarvittavan informaation saatavuus sekä yleisarvio kunnossapitotarpeesta sekä -kustannuksista suhteessa muihin välipohjatyyppeihin.



Kuva 5. Neste- ja kaasufaasien virtaus välipohjilla, [7.]

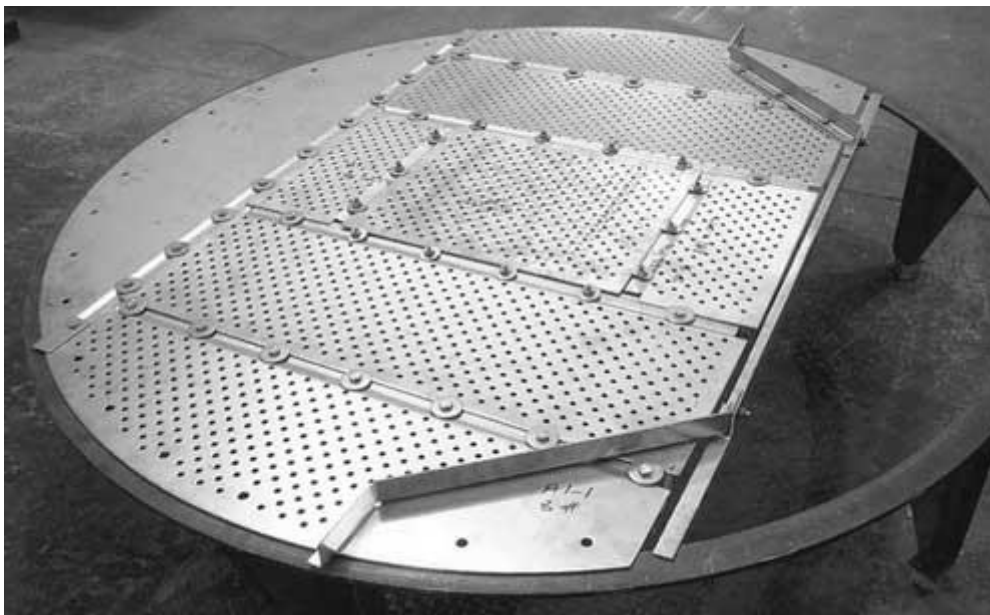
Kuvassa 5 on esitetty rakenne, jossa alaspäin virtaava neste muodostaa välipohjalle nestepatjan, jonka läpi kaasufaasi joutuu kulkemaan. Kaasun tasaiseen jakautumiseen pyritään vaikuttamaan erilaisilla rakenteilla, joilla yritetään ohjata faasit tehokkaasti kontaktiin toistensa kanssa ja nopeaan erottumiseen. Teollisuudessa suosituimpia pohjatyyppejä ovat seulapohja, kellopohja ja venttiilipohja.

3.1 Välipohjatyytit

Kun prosessisuunnitteluvaiheen jälkeen päätetään minkä tyyppisiä välipohjia laitteistoon asennetaan. Laitteistosuunnittelua ohjaa paljolti se, minkälaiset operointiolosuhteet prosessissa on ts. painetaso, virtausmäärät, lämpötilat, sekä minkälaista ainetta prosessiin syötetään.

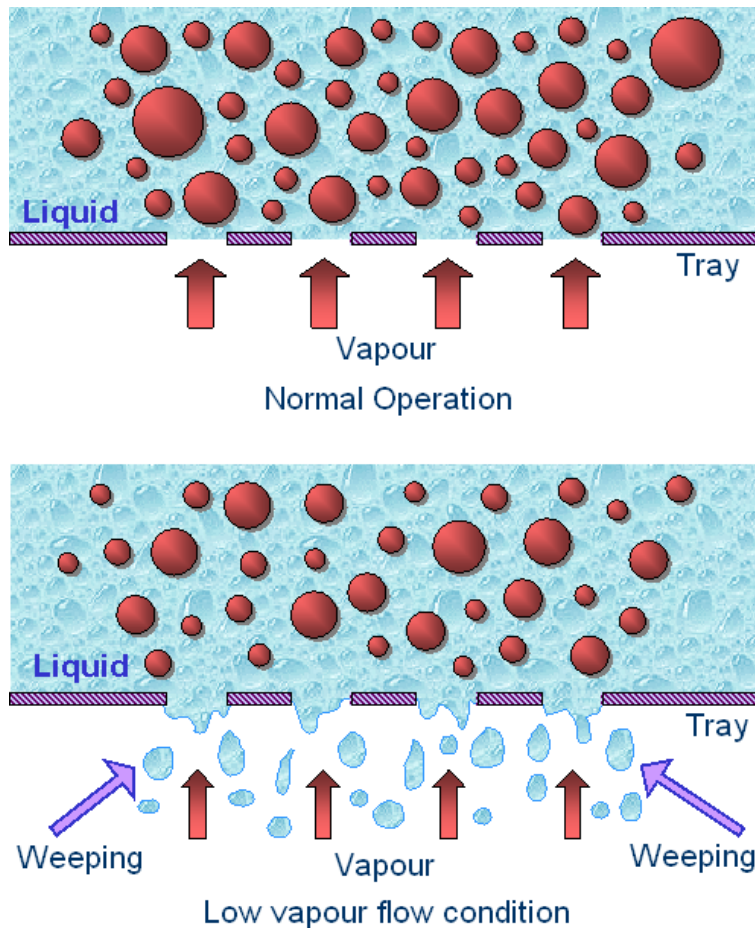
3.1.1 Seulavälipohja

Seulavälipohja on hyvä vaihtoehto, kun kolonnilta halutaan ennustettavuutta ja pieniä ylläpitokustannuksia. Ennustettavuus perustuu siihen, että markkinoilla on malleja, joita voidaan soveltaa seulavälipohjakolonnin mallintamiseen. Operatiivisessa mielessä seulavälipohjakolonne on kuitenkin varsin joustamaton. Jos operoinnissa ei saavuteta riittävää höyryvirtausta, niin nestefaasi pääsee virtaamaan välipohjien läpi liian helposti. Tämän seurauksena erotus heikkenee huomattavasti, koska kontaktiaika jää liian lyhyeksi. Seulavälipohjakolonne on toiminta-alueeltaan varsin kapea. Hyvänä puolena seulavälipohjalla pidetään sitä, että sillä ei ole taipumusta likaantua käytössä, joten sillä on mahdollista saavuttaa pitkiä käyntijaksoja.



Kuva 6. Seulavälipohja [8.]

Seulavälipohja on yksinkertaisin välipohjatyyppejä. Siinä on hyvin vähän mekaaniselle kulumiselle ja likaantumiselle arkoja osia. Se on halvin valmistaa ja pitää kunnossa, mutta haittapuolena on sen kapea toiminta-alue. Kapean toiminta-alueen takia se ei ole käytetyin välipohjatyyppejä.



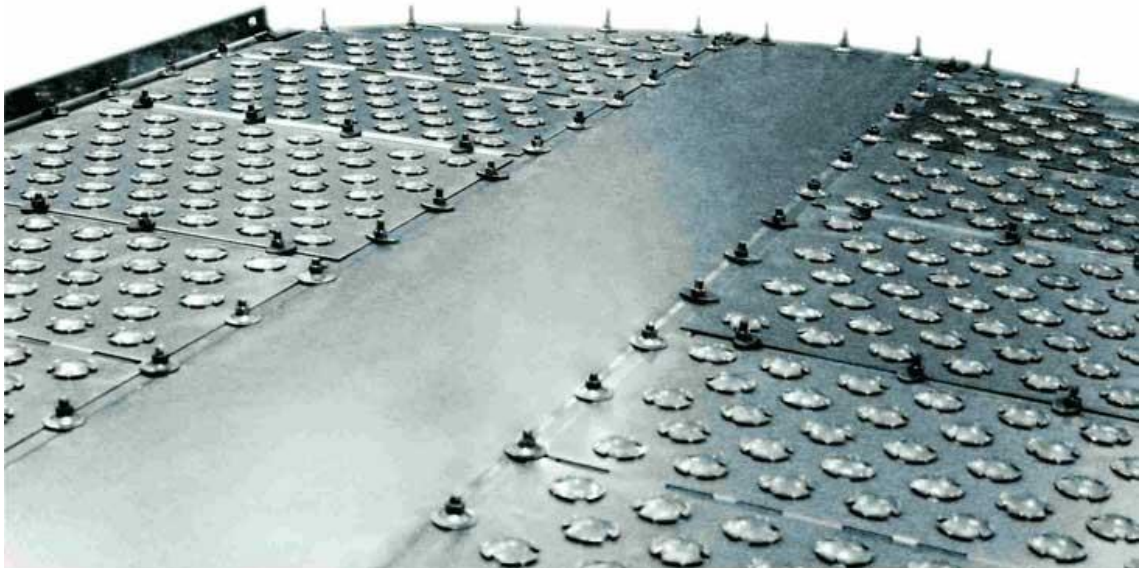
Kuva 7. Virtaus seulavälipohjalla [6.]

Seulavälipohjalla ylöspäin virtaava kaasu estää alaspäin virtaavaa nestettä kulkemasta välipohjan läpi. Ilmiötä kutsutaan englanninkielisellä termillä weeping, itkeminen. Tämä on seurausta siitä, että ylöspäin nousevalla höyryvirtauksella ei ole tarpeeksi paljon virtausnopeutta, jotta alaspäin virtaava neste ei tulisi välipohjan läpi. Kuvassa 7 on havainnollistettu ilmiötä. Tämä heikentää erottumista, koska kontaktiaika jää lyhyeksi.

Weeping on seurausta liian pienestä pohjankiehutuksesta, jolloin kolonnin pohjalla ei muodostu tarpeeksi kaasua tarvittavan massavirran aikaansaamiseksi.

3.1.2 Venttiilivälipohja

Venttiilivälipohjissa käytetään mekaanisia sulkuelimiä, jotka estävät nestettä virtaamasta välipohjan läpi. Kapasiteetiltaan, rakennus/asennuskustannuksiltaan ja paineroaikutuksiltaan venttiilivälipohja rinnastuu käytännössä yksi yhteen seulavälipohjaan. Venttiilivälipohja on hyvä valinta kun halutaan seulavälipohjaa parempaa energia- tehokkuutta ja laajempaa käyttöaluetta. Kunnossapitokustannuksiltaan venttiilivälipohja on jonkin verran suurempi kuin seulavälipohja, koska sen huoltaminen ja puhdistaminen on työläämpää. Sulkuelimet altistavat välipohjat korroosiolle, joten tämän tyyppisten välipohjien käyttäminen syövyttävissä olosuhteissa on harvinaisempaa kuin seulavälipohjien.



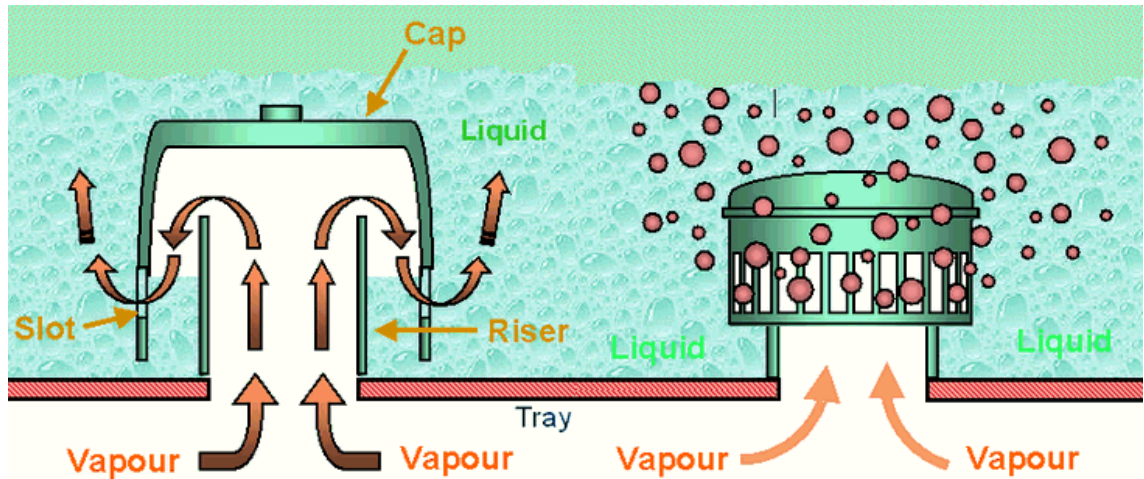
Kuva 8. Venttiilivälipohja [8.]

Kuvassa 8 nähdään sulkuelimet, jota estävät virtausta kulkemasta suoraan välipohjan läpi. Tästä seuraa se, että venttiilivälipohjalla moninkertainen toiminta-alue verrattuna seulavälipohjaan. [6, s. 266-267]

3.1.3 Kellovälipohja

Kellovälipohjassa rakenne, jossa välipohjan läpi nouseva kaasu kulkeutuu välipohjalla olevan nesteen pinnan alle ja näin joutuu kulkemaan nestepatjan läpi. Tämän seurauk-

senä kontakti kaasun ja nesteen välillä on täydellinen. Tämä välipohjatyyppi on selkeästi edellisiä parempi valinta silloin, kun kolonnissa on vaikeuksia ylläpitää riittävän suurta virtausmäärää. Toisaalta rakenteen monimutkaisuudesta seuraa korkeat hankintakustannukset, ja toisaalta rakenne on altis likaantumiselle, mistä syystä sitä ei kannata käyttää likaavien fluidien kanssa.



Kuva 9. Kellovälipohjan toimintaperiaate [8.]



Kuva 10. Kellovälipohja, [8.]

Kuvassa 10 esitetty kellovälipohja on kenties paras vaihtoehto silloin, kun virtausmäärät ovat pieniä, koska tässä välipohjatyyppissä kaasu purkautuu nestepatjan läpi. Se ei kuitenkaan ole kovinkaan yleinen, koska se on varsin herkkä likaantumaan ja näin ollen se tarvitsee paljon huoltoa. Se on mekaanisesta monimutkaisuudesta (verrattuna seu-lavälipohjaan) johtuen hankintahinnaltaan varsin kallis. [6. s. 266-267.]

3.2 Täytekappaleet ja kennopakkaukset

Tislauskolonnin täytteenä voidaan käyttää välipohjien sijasta myös täytekappaleita tai kennopakkauksia, jotka eroavat välipohjista siinä, että neste- ja kaasufaasit kulkevat koko ajan kontaktissa toistensa kanssa eli välillä ei tapahdu faasien erottumista. Tämän seurauksena tulee aineen siirrosta tehokasta. Täytekappale ja kennopakkauksissa on mahdollista, että tapahtuu kanavoitumista, mikä haittaa aineensiirtoa. Tämän estämiseksi on tapana laittaa muutaman metrin välein rakenteita, joiden tarkoituksena on ohjata ja uudelleen jakaa nestevirtausta.

Täytekappalekolonnien etuna vastaavalla kapasiteetillä mitoitettuun välipohjakolonniiin verrattuna on matalampi painehäviö. Lisäksi syövyttävissä olosuhteissa täytekappaleiden joukosta on mahdollista valita esimerkiksi keraamisia täytekappaleita, jolloin ne kestävät hyvin. [2, s.49.]

Kuvassa 11 on nähtävissä Pall-tyyppisiä täytekappaleita, joita käytetään esimerkiksi kun kaasuista puhdistetaan rikkiä ADIP-liuoksella.



Kuva 11. Metallisia Pall-renkaita, [9.]

Kuvan 11 mukaisia täytekappaleita käytetään mm. alipainetislauksessa. Toinen toteutus malli on kiinteästi pakattu peti, jossa rakenne muodostuu kennorakenteesta, kuva 12. Tällä on mahdollista saavuttaa täytekappaleita pienempi painehäviö, mutta ne ovat selvästi kalliimpia hankkia.



Kuva 12. Kennopakkaus, [10.]

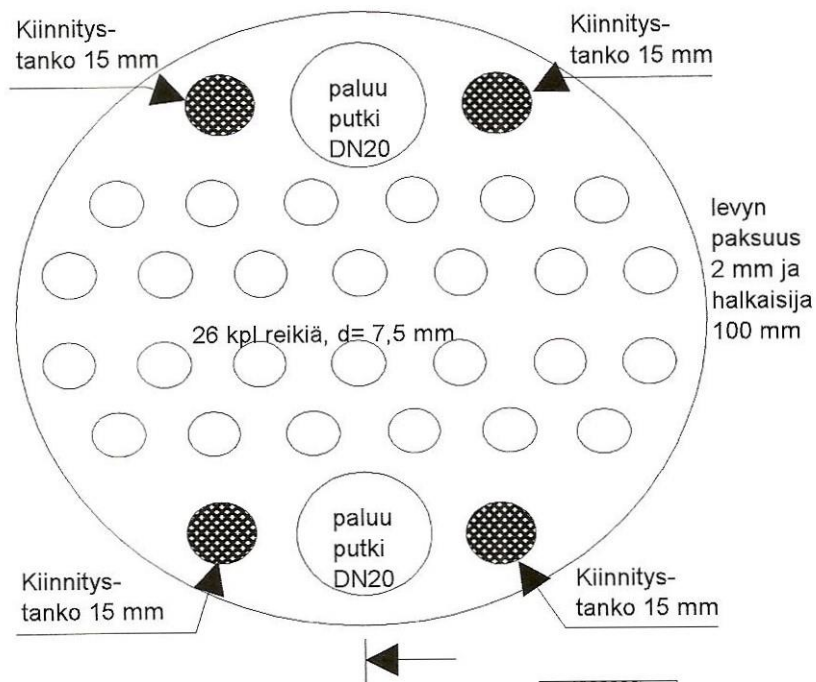
4 Metropolian tislaukolonni

Metropolian prosessilaboratoriossa oleva tislaukolonni on rakenteeltaan välipohjakolonni, jossa välipohjina on seulavälipohjia, joissa on 26 kappaletta halkaisijaltaan 7,5 mm:n reikiä. Välipohja on esitelty kuvassa 13.

Välipohjat ovat rakennepiirustusten perusteella laskukanavallista mallia, jotka on tuettu kolonnin sisälle kiinnitystangoilla.

Tislaukolonnin käyttöönottoa varten on katsottu tarpeelliseksi kartoittaa prosessiin liittyvien laitteiden ja automaation tila.

Kun verrataan Metropolia AMK:n tisluslaitteistoa niihin, joita käytetään teollisuudessa, voidaan todeta, että periaatteellisesta yksinkertaisuudesta huolimatta laitteistosta ei puutu mitään sellaista tekijää, mikä olisi välttämätön tislusprosessin ymmärtämisen kannalta. Näin sitä voidaan hyvin käyttää opetustarkoituksiin.



Kuva 13. Kolonnin välipohja, [1.]

Tislauslaitteisto koostuu:

- syöttösäiliöstä, FA01
- syöttöpumpusta, GA01
- tislauskolonnista, DA01
- pohjankiehuttimesta, EA01
- ylimenon lauhduttimesta ja säiliöstä, EA02 ja FA02
- huipunpalautuspumpusta, GA02
- ylitteen tuotepumpusta, GA03
- ylimenotuotteen varastosäiliöistä, FA03 ja FA04
- pohjatuote pumpusta, GA04
- pohjatuote varastosäiliöstä, FA05
- prosessin ohjaamisessa tarvittavasta mittauksista ja toimilaitteista

Syöttösäiliössä FA01 on sähköinen pinnanmittaus LI01, jolla nähdään syöttösäiliössä olevan syötteen määrä. Tätä tietoa tarvitaan, jotta kolonnin pohjankiehutinta täytettäessä saadaan mahdollisimman suuri osa syötteestä kolonniin.

Pohjankiehuttimen pinnanmittauspiirillä, LI02, voidaan tarkkailla ennen tislauksen aloittamista, paljonko syötettä kolonnissa on, ja tislauksen edistyessä, kuinka paljon alkuperäisestä määrästä on jäljellä.

Kolonnin pohjankiehutusta ohjataan piirillä TIC03, jonka lisäksi kolonnissa on lisäksi lämpötilapisteet TI01 ja TI05, joista toinen mittaa kolonnin pohjan lämpöä ja toinen kolonnin latvan lämpöä.

Kolonnin latvassa on painemittaus PI02, joka ohjaa paineensäätäjää PIC03.

Ylimenojärjestelmässä on lämpötilamittaus TI06, josta voidaan tarkkailla ylimenoon kertyvän nesteen lämpötilaa.

Ylimenon jäähdytysvesi järjestelmässä on virtaussäädin FIC01, jolla voidaan säätää jäähdytysveden virtaus halutuksi. Lisäksi jäähdytysvedessä on lämpötilamittaukset tulevalle ja lähtevälle jäähdytysvedelle.

Ylimenosäiliössä on pinnanmittauspiiri LIC03, jolla ohjataan tuotepumppua GA03, jolla tisle voidaan ottaa talteen ylimenon tuotesäiliöihin FA03 ja FA04. Tuotesäiliö voidaan valita pikasulkuventtiileillä XCV04 tai XCV05.

Tislauksen päätyttyä voidaan jäljelle jäänyt pohjatuote ottaa talteen pohjatuotesäiliöön FA05 pohjatuotepumpulla GA04.

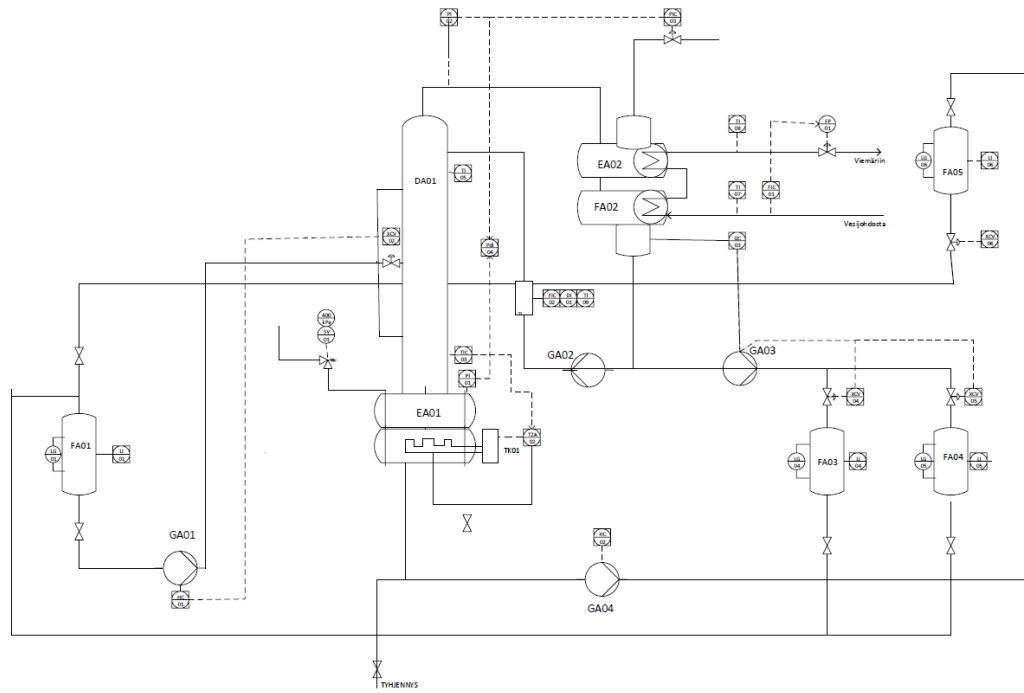
Laitteisto on panostoiminen eli sitä on tarkoitus ajaa niin, että syöttösäiliöstä ajetaan syöttöpumpulla syöte kolonnin pohjankiehuttimeen. Laitteistoa käyttöönotettaessa on varmistauduttava siitä, että huipun lauhdutus on käytössä ja kolonnin paineensäädin PIC03 on automaattilla ja sillä on sopiva asetusarvo.

Kun pohjankiehuttimeen on saatu mittauksen LI02 mukaan haluttu pinta, voidaan aloittaa kiehtaminen nostamalla TZA02-asetusarvoa. Tämän jälkeen jatketaan laitteiston tarkkailua. Kun pohjankiehuttimen lämpötila on noussut riittävästi, pitäisi kolonnin mui-

den lämpötila mittausten TIC03- ja TI05-arvojen muuttua. Kun on havaittavissa, että kolonnin ylimenoon alkaa kertymään tislettä, eli LIC03 alkaa näyttämään muutosta, voidaan aloittaa kolonnin huipunpalautus käynnistämällä pumppu GA02. Tämän pumpun käynnistäminen jäähdyttää kolonnin huippua. Tasapainon löytyminen vie hetken aikaa, jonka aikana on mahdollista, että pumppu joudutaan ajoittain sammuttamaan ylimenotuotteen vähyyden vuoksi. Kun sopiva huipunpalautus määrä löytyy, pitäisi ylimenoon kertyä tuotetta enemmän kuin huipunpalautukseen tarvitaan. Tällöin tulisi valita, kumpaan ylimenosäiliöön tuote halutaan varastoida, ja linjata se käyttöön avaamalla säiliö kohtainen XCV-venttiili. Tämän jälkeen ylimenon tuotepumppu GA03 voidaan laittaa päälle ja asettaa se automaatille pinnansäätäjän LIC03 perään. Jos parametrit on oikein valittu, tulisi nyt ylimenoon kertyä niin paljon tavaraa, että kolonniin riittää huipunpalautusta ja tästä ylimenevä osa siirtyisi pumpun GA03 paineistamana tuotesäiliöön.

Kun tislauksen alku lähestyy loppupistettään vähenee ylimenojärjestelmään kertyvä neste (jos pohjankiehutuksen asetusarvo ei ole liian suuri). Tämän seurauksena LIC03 ohjaa pumpun GA03 invertterin pois päältä ja tislauksen voidaan todeta loppuneen.

Lopuksi voidaan kolonnin pohjankiehutin tyhjentää pohjatuotepumpulla GA04 pohjatuotteen varastosäiliöön FA05. Varastosäiliöt on asennettu sellaiseen paikkaan, että ne on mahdollista tyhjentää painovoimaisesti joko takaisin syöttösäiliöön (opetuskäyttö) tai sitten analysoitavaksi irralliseen astiaan (tutkimuskäyttö)



Kuva 14. Prosessin PI-kuva, josta on poistettu ne osat, joita ei ole asennettu, ja lisätty ne signaalit, jotka pitäisi lisätä.



Kuva 15. Tislauslaitteiston syöttösäiliö, syöttöpumppu ja pohjankiehutin

Kuvassa 15 on nähtävissä syöttösäiliö, syöttöpumppu, kolonnin pohjatuotepumppu ja pohjankiehutin,(EA01), jonka vasemmassa reunassa on pohjankiehutinelementti.

Kuvissa 16, 17, ja 18 on nähtävissä kolonnin alaosa, jossa kiehutin ja kolonnin alaosan lämpötilan mittaus, kolonnin ylimenon jäähdytysjärjestelmä ja kolonnin ylimenotuotesäiliöt ja pohjatuotesäiliö.



Kuva 16. Kolonnin alaosa

Kuvassa 17 on nähtävissä mittausinstrumenttejä ja ylimenotuotteen keräyssäiliö FA02.



Kuva 17. Ylimenon lauhdutin, paineensäätöyksikkö ja ylimenotuotteen varastosäiliö



Kuva 18. Tuotteiden varastosäilöt

5 Automaation ja laitteiston kartoitus

Osana prosessin automaation nykyaikaistamista todettiin tarpeelliseksi kartoittaa nykyisin asennettuna oleva automaatio ja miettiä, minkälaisilla muutoksilla siitä saataisiin paremmin opetuskäyttöä tukeva.

Tätä varten luotiin uudet toiminnankuvaukset ja laadittiin ehdotus siitä, minkälaisia suojauslaitteistossa olisi hyvä olla jo olemassa olevien suojausten lisäksi. Sinällään laitteistossa ei ole turvallisuusmielessä vikaa vaan tarkoituksena on ainoastaan lisätä ja nykyaikaistaa turva-automaatiota niin, että se vastaisi logiikaltaan mahdollisimman hyvin teollisuudessa käytettävää logiikkaa.

Laiteturvallisuuden kannalta tärkeimmäksi yksittäiseksi muutokseksi aikaisempaan arvioitiin tarve kytkeä pumppujen käyntitieto tietoon pumppujen pikasulkuventtiilien asennosta. Tällä järjestelyllä on tarkoitus pyrkiä siihen, että pumppuja ei vahingossa tule käytettyä suljettua venttiiliä vastaan. Tärkein tarkoitus on huolehtia siitä, että kun laitteistoa operoidaan niin operoivat opiskelijat miettivät mitä laitteistolla on tarkoitus tehdä.

Päivitetyt toiminnankuvaukset löytyvät liitteistä. [Liite 1. s. 1-35].

Osana kartoitustyötä piirrettiin PI-kuvasta hahmotelma, jota voidaan käyttää pohjana kun piirretään toteutuneiden uudistusten pohjalta uudet PI-kuvat vastaamaan päivitettyä ohjausjärjestelmää.

6 Suojaukset ja turvalogiikka

Kuten aiemmin on todettu, ei laitteiston turvalogiikassa ole merkittäviä puutteita. Muutokset, joita tässä ehdotetaan, ovat ainoastaan täydentäviä lisäyksiä olemassa olevaan.

Laitteistoa suojataan ylipainetta vastaan mm. paineenalennusventtiilillä, PIC03, joka laskee kolonnin ylimenon painetta venttiilin PV03 kautta turvalliseen paikkaan. Kolonnin pohjankiehutinta EA01 suojataan ylipaineelta varoventtiilillä SV01, jonka avautumispaine on 400 kPa absoluuttista painetta. Lisäksi lämmityselementti TK01 on varus-

tettu ylikuumenemissuojauksella, jonka tarkoituksena on estää liiallinen kuumeneminen, josta seurauksena voisi olla laitteistovaurio.

Näiden olemassa olevien suojausten lisäksi esitetään, että automaatiouudistuksen yhteydessä lisättäisiin pumpuille GA01 ja GA03 sekä niiden virtauksen pikasulkuventtiileille XCV02 ja XCV04/XCV05 asentovahti, joka estää pumpun käynnistämisen, jos liittyvä venttiili ei ole avoinna.

6.1 Toiminnankuvaukset

Toiminnankuvauksissa on pyritty määrittämään jokaiselle laitteelle ja mittaukselle tehtävä. Tämän määrittelyn päämääränä on helpottaa jatkossa laitteiston ylläpitoa.

Jos toiminnankuvaukset ovat hyvin tehtyjä helpottaa se jatkossa niiden kunnossapidon suunnittelua. Näitä toiminnankuvauksia tulisi myöskin ylläpitää tehtyjen muutosten mukaisesti.

7 Yhteenveto

Insinööriyössä pyrittiin selvittämään pilot-tislauslaitteiston prosessiautomaation nykytilaa. Koska automaatiotekniikan opiskelijoilla on käynnissä projekti, jonka pyrkimyksenä on päivittää prosessinohjausjärjestelmä, päädyttiin luomaan laitteistolle päivitetty toiminnankuvaukset. Samalla piirrettiin prosessista PI-kuva hahmotelma, josta käyvät ilmi ne uudistukset, joita prosessin ohjaukseen kannattaa tehdä, jotta se jatkossa palvelisi parhaalla mahdollisella tavalla niin automaatiotekniikan kuin kemiantekniikankin opiskelijoiden tarpeita.

Työtä tehtäessä havaittiin prosessin automaatio ihan käyttökelpoiseksi, tosin joidenkin mittausten mitta-alueita tarkistettiin. Haasteeksi muodostuikin se, että alkuperäisen projektin kansio on hieman sekava ja siinä on jonkin verran puutteita. Jatkossa voisi olla ajatusta kasata kokonaan uusi dokumenttikansio, josta voisi jättää pois nykyisessä kansiossa olevat hankerahoituskokousten muistiot.

Lähteet

- 1 DistSim projektikansio. 1997. Metropolia AMK.
- 2 Männynsalo, Jarkko. 2014. Aineensiirtoprosessit, Aineensiirto3 - kurssimateriaali. Metropolia AMK.
- 3 DI Tamminen, Esa & työryhmä. 2013. Tislauksen perusteet. Nesteen sisäinen koulutusmateriaali.
- 4 Flash-tislauksen periaate. Verkkodokumentti. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich. <http://www.hyper-tvt.ethz.ch/gif/flashprocess.gif>. Luettu 27.4.2017.
- 5 Jakotislauksen periaate.
https://en.wikipedia.org/wiki/Distillation#/media/File:Continuous_Binary_Fractional_Distillation.PNG. Luettu 27.4.2017.
- 6 Kister, Henry Z. 1992. Distillation Design, McGraw.
- 7 Välipohjien toiminta periaate. Verkkodokumentti. University of York.
http://www.essentialchemicalindustry.org/images/stories/050_distillation/06-distillationF2.jpg. Luettu 27.4.2017.
- 8 Distillation columns. Verkkodokumentti. Wermac.
http://www.wermac.org/equipment/distillation_part2.html. Luettu 27.4.2017.
- 9 Kolonnin täytekappaleita. Verkkodokumentti. Boegger Industrial Limited.
<http://www.randompacking.org/img/five-metal-pall-rings.jpg>. Luettu 27.4.2017.
- 10 Kiinteä peti tislaukolonniin. Verkkodokumentti. Separationtechnology.com.
<http://separationtechnology.com/wp-content/uploads/2012/06/Structured-2.png>. Luettu 27.4.2017.

DI 01 EROTUSKOLONNIN HUIPUNPALAUTUKSEN TIHEYSMITTAUS.**PIIRIN TARKOITUS**

Piirillä on tarkoitus mitata kolonniin palautettavan ylitteen tiheyttä.

PIIRIN TOIMINTA

Piiri mittaa ylimesäiliöstä FA 02 kolonniin palautettavaa (massa)virtauksen tiheyttä. Mittaus on mallia Foxboro CFS10-03SAEBB, joka on monitoimimittaus ja mittaa samanaikaisesti useita eri suureita.

Lähetin CTFIS-PBEEGB

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

-

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

T109, F102

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

Yläraja(H)

Ylä-yläraja (HH)

Alaraja(L)

Ala-alaraja

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

-

FI 01, JÄÄHDYTYSVEDEN VIRTAUS.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä mitataan ylimenojärjestelmässä virtaavan veden määrää

PIIRIN TOIMINTA

Mitataan ylimenojärjestelmää jäähdyttävän vesikierron määrää. Jäähdytysvesikiertoa ohjataan virtaussäätimellä (venttiilillä) FV01

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

-

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

-

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

Yläraja(H)

Ylä-yläraja (HH)

Alaraja(L)

Ala-alaraja

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

-

FI(C) 02 EROTUSKOLONNIN HUIPUNPALAUTUS.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä on tarkoitus ohjata ylitteen palautusta erotuskolonneihin.

PIIRIN TOIMINTA

Piiri mittaa ylimesosäiliöstä FA 02 kolonneihin palautettavaa (massa)virtausta ja ohjaa pumppua GA02. Mittaus on mallia Foxboro CFS10-03SAEBB, Lähetin CTFIS-PBEEGB

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

-

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

T109, DI01

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

Yläraja(H) 85 %

Ylä-yläraja (HH) 90 %

Alaraja(L) 10 %

Ala-alaraja

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

-

FV 01, DA01, EA02 JÄÄHDYTYSVEDEN VIRTAUSSÄÄDIN.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä on tarkoitus ohjata jäähdytysveden virtausta ylimenojärjestelmään.

PIIRIN TOIMINTA

Piiri saa ohjauksensa piiriltä FIC01, laite on malliltaan Bürkert 2636-A-2-15, 0-SS-VA

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

-

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

- Asentotieto FIC01:lle ?

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

Yläraja(H) 85 %

Ylä-yläraja (HH) 90 %

Alaraja(L) 20%

Ala-alaraja 15%

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

-

GA 01, KOLONNIN DA01 SYÖTTÖ.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä on tarkoitus syöttää syöttöainetta kolonniin.

PIIRIN TOIMINTA

Syötetään syöttöpumpulla GA-01 syöttöainetta kolonniin. Syöttöpumpun toimintaa ohjataan inverterillä. Dinverter 1220037A, 0,37 kW

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

Käynnistysehdoksi asetettava XCV02:n auki-raja tieto

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto:

-

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

Yläraja(H)

Ylä-yläraja (HH)

Alaraja(L)

Ala-alaraja

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

Muutokset keltaisella

GA 02 EROTUSKOLONNIN HUIPUNPALAUTUSPUMPPU.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä on tarkoitus palauttaa ylitettä kolonniin.

PIIRIN TOIMINTA

Pumpulla palautetaan ylitettä kolonniin.

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

- Saa ohjauksensa FIC02:ita

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

-

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

~~Yläraja(H)~~ 85 %

Ylä-yläraja (HH) 90 %

~~Alaraja(L)~~

Ala-alaraja

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

-Muutokset keltaisella

GA 03 EROTUSKOLONNIN YLITTEEN TUOTEPUMPPU.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä on tarkoitus siirtää ylitettä tuotetta lopputuotesäiliöön.

PIIRIN TOIMINTA

Pumpulla siirretään tuotetta haluttuun lopputuotesäiliöön.

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

- Saa ohjauksensa pinnan säätöpiiriltä LIC03
- Vaatii käynnistykseen AUKI-tiedon joko XCV04:ltä tai XCV05:ltä

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

-

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

Yläraja(H) 85 %

Ylä-yläraja (HH) 90 %

Alaraja(L) 20%

Ala-alaraja 15%

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

- Muutokset keltaisella

GA04, KOLONNIN DA01 POHJATUOTEPUMPPU.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä pumpataan kolonnin pohjatuote pohjatuotesäiliöön FA05.

PIIRIN TOIMINTA

Pohjatuotepumpulla siirretään kolonnin pohjatuote varastosäiliöön FA05.

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

-

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

-

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

~~Yläraja(H)~~

Ylä-yläraja (HH)

~~Alaraja(L)~~

Ala-alaraja

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

-

LG 01, SÄILIÖN FA01 PINTA.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä mitataan säiliön FA01 pinnankorkeutta

PIIRIN TOIMINTA

Mitataan säiliön FA 01 pinnankorkeutta lasiputkella josta voidaan katsoa säiliön pinta.

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

-

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto:

-

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

Yläraja(H)

Ylä-yläraja (HH)

Alaraja(L)

Ala-alaraja

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

-

LG 04, SÄILIÖN FA03 NÄKÖLASI.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä on tarkoitus tarkkailla manuaalisesti lopputuotesäiliön, FA03, pinnankorkeutta

PIIRIN TOIMINTA

Näkölasilla on mahdollista tarkkailla säiliön pinnankorkeutta manuaalisesti.

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

-

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

-

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

~~Yläraja(H)~~

Ylä-yläraja (HH)

~~Alaraja(L)~~

Ala-alaraja (LL)

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

-

LG 05, LOPPUTUOTESÄILIÖN FA04 NÄKÖLASI.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä on tarkoitus tarkkailla manuaalisesti säiliön FA 04 pinnankorkeutta

PIIRIN TOIMINTA

Näkölasilla on mahdollista tarkkailla säiliön pinnankorkeutta manuaalisesti.

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

-

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

-

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

Yläraja(H)

Ylä-yläraja (HH)

Alaraja(L)

Ala-alaraja (LL)

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

-

LG 06, SÄILIÖN FA05 NÄKÖLASI.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä on tarkoitus tarkkailla manuaalisesti pohjatuotesäiliön, FA05, pinnankorkeutta

PIIRIN TOIMINTA

Näkölasilla on mahdollista tarkkailla säiliön pinnankorkeutta manuaalisesti.

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

-

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

-

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

Yläraja(H)

Ylä-yläraja (HH)

Alaraja(L)

Ala-alaraja (LL)

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

-

LI 01, SÄILIÖN FA01 PINTA.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä mitataan säiliön FA01 pinnankorkeutta

PIIRIN TOIMINTA

Mitataan säiliön FA 01 pinnankorkeutta kapasitiivisellä pinnanmittauksella (Labko SA / FEP). Säiliön pinnankorkeutta ei tarvitse säätää, koska panostoimisessa prosessissa tälle ei ole tarvetta.

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

LI- mittauksen ylittäessä 80% tulee ylärajahälytys (H). Mittauksen ylittäessä 90% tulee ylä-ylärajahälytys (HH). Mittauksen ollessa >99% lukitustieto säätöpiirille XCV06, ohjaus kiinni.

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

-

Lukitustieto:

- Säätöpiirille XCV06, kun säiliön pinta ylittää 99%.

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

Yläraja(H) 80 %

Ylä-yläraja (HH) 90 %

Alaraja(L) 20%

Ala-alaraja 15%

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

-Muutokset merkitty keltaisella

LI 02, VAIHTIMEN EA01 PINNANKORKEUS.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä mitataan kiehuttimen EA 01 pinnankorkeutta.

PIIRIN TOIMINTA

Mitataan kiehuttimen EA 01 pinnankorkeutta kapasitiivisellä pinnanmittauksella (Labko SA / PFA). Säiliön pinnankorkeutta ei tarvitse säätää panostoisessa käytössä.

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

LI- mittauksen ylittäessä 80% tulee ylärajahälytys (H). Mittauksen ylittäessä 90% tulee ylä-ylärajahälytys (HH). Poistettu lukitustieto, ei tarvita panostoisessa prosessissa.

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

-

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

Ylärajaja(H) 85 %

Ylä-ylärajaja (HH) 90 %

Alarajaja(L) 20%

Ala-alarajaja 5%

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

-Muutokset keltaisella

LI 04, SÄILIÖN FA03 PINTA.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä mitataan säiliön FA03 pinnankorkeutta

PIIRIN TOIMINTA

Mitataan säiliön FA 03 pinnankorkeutta kapasitiivisellä pinnanmittauksella (Labko SA / FEP). Säiliön pinnankorkeutta säädetään piirin XCV04 avulla.

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

LI- mittauksen ylittäessä **85%** tulee ylärajahälytys (H). Mittauksen ylittäessä **90%** tulee ylä-ylärajahälytys (HH).

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

- Ohjausjärjestelmään

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

Yläraja(H) **85 %**

Ylä-yläraja (HH) **90 %**

Alaraja(L)

Ala-alaraja

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

Muutokset keltaisella

LI 05, SÄILIÖN FA04 PINTA.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä mitataan säiliön FA04 pinnankorkeutta

PIIRIN TOIMINTA

Mitataan säiliön FA 04 pinnankorkeutta kapasitiivisellä pinnanmittauksella (Labko SA / FEP). Säiliön pinnankorkeutta säädetään piirin **XCV05** avulla.

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

LI- mittauksen ylittäessä 85% tulee ylärajahälytys (H). Mittauksen ylittäessä 90% tulee ylä-ylärajahälytys (HH).

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

- **Ohjausjärjestelmään**

Lukitustieto:

- Pinnankorkeudensäätöpiirille XCV05_kun pinta >90 %.

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

Yläraja(H) 85 %

Ylä-yläraja (HH) 90 %

Alaraja(L)

Ala-alaraja

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

-Muutokset keltaisella

LI 06, POHJATUOTESÄILIÖN FA05 PINTA.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä mitataan säiliön FA05 pinnankorkeutta

PIIRIN TOIMINTA

Mitataan säiliön FA 05 pinnankorkeutta kapasitiivisellä pinnanmittauksella (Labko SA / FEP).

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

LI- mittauksen ylittäessä 80% tulee ylärajahälytys (H). Mittauksen ylittäessä 90% Tulee ylä-ylärajahälytys (HH).

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

- Ohjausjärjestelmään

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

Yläraja(H) 85 %

Ylä-yläraja (HH) 90 %

Alaraja(L)

Ala-alaraja

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

-Muutokset keltaisella

LIC) 03, SÄILIÖN FA02 PINTA.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä säädetään säiliön FA02 pinnankorkeutta

PIIRIN TOIMINTA

Mitataan säiliön FA 02 pinnankorkeutta kapasitiivisellä pinnanmittauksella (Labko SA / PFA). Säiliön pinnankorkeutta säädetään piirin GA03 avulla. Pitää olla varmistus, että joko XCV04 tai XCV05 on avoinna kun pumppu GA03 käynnistyy.

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

LI- mittauksen ylittäessä 80% tulee ylärajahälytys (H). Mittauksen ylittäessä 90% tulee ylä-ylärajahälytys (HH).

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

- Pinnankorkeudensäätopiirille LIC 03

Lukitustieto:

- Pinnankorkeudensäätopiirille GA03, kun pinta <50%

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

Yläaraja(H) 85 %

Ylä-yläaraja (HH) 90 %

Alaraja(L) 20%

Ala-alaraja 15%

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

-Muutokset keltaisella

PI 01, VAIHTIMEN EA01 PAIN.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä mitataan kiehuttimen EA 01 painetta.

PIIRIN TOIMINTA

Mitataan kiehuttimen EA 01 painetta WEGA BAR20EXXGV112FDAX painemittarilla.

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

-

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

- Paine-ero mittaukselle PdI 04

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

Yläraja(H) 240 kPa

Ylä-yläraja (HH) 250 kPa (ylipainetta), 350 kPa (abs.)

Alaraja(L) -

Ala-alaraja -

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

-Muutokset keltaisella

PI 02, KOLONNIN DA01 PAINNE.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä mitataan kolonnin DA 01 painetta.

PIIRIN TOIMINTA

Mitataan kolonnin DA 01 painetta WEGA BAR20EXXGV112DFAX paineanturilla.

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

PI02- mittauksen ylittäessä **230 kPa** tulee ylärajahälytys (H). Mittauksen ylittäessä **245 kPa** tulee ylä-ylärajahälytys (HH). Mittauksen ollessa **>255 kPa** suojaustieto säätöpiirille PIC03.

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

- Paine-ero mittaukselle PdI04
- Suojaustieto PIC03 -piirille

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

Yläraja(H) 230 kPa

Ylä-yläraja (HH) 245 kPa

Alaraja(L) 20%

Ala-alaraja 15%

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

-Muutokset keltaisella

PIV 03, DA01, FA02, EA02 PAINEENSÄÄTÖ.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä on tarkoitus säätää järjestelmän painetta.

PIIRIN TOIMINTA

Piiri toimii vain asennoittona, varsinainen mittaus tulee säätöpiirin PI02:sta. Venttiili on malliltaan Bürkert 2000-A-2-13, 0-EE-VA

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

-

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

- Asentotieto PI02:lle
- Tieto ohjausjärjestelmään kun avautuu
- Tieto ohjausjärjestelmään kun avoinna >80%. tämän jälkeen venttiilin asennolla ei ole enää vaikutusta paineen laskuun, koska virtausaukon pinta-ala ei juurikaan enää kasva

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

Yläraja(H) 80 %

Ylä-yläraja (HH) 90 %

Alaraja(L) -

Ala-alaraja -

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

-Muutokset keltaisella

SV 01, VAIHTIMEN EA01 SUOJAUS.

PIIRIN TARKOITUS

Varojärjestelmällä suojataan järjestelmää ylipaineelta.

PIIRIN TOIMINTA

Suojataan laitetta ylipaineelta, varon laukeamispaine on 3 bar ylipainetta (400 kPa, abs).
Varoventtiilin valmistaja on Bailey 7838-1b, $p_{av} = 3 \text{ bar}$

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

-

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

-

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

Yläraja(H)

Ylä-yläraja (HH)

Alaraja(L)

Ala-alaraja (LL)

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

-

TI 01, VAIHTIMEN EA01 LÄMPÖTILA.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä mitataan kiehuuttimen EA 01 lämpötilaa.

PIIRIN TOIMINTA

Mitataan kiehuuttimen EA 01 lämpötilaa Pt100, Autrol AUMT102 Eex ia IIC T4 lämpömittarilla.

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

-

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

-

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat: (HH)

Ylä-yläraja (H)

Alaraja(L)

Ala-alaraja (LL)

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

-Mitta-alue 0 - 200 °C, vaikka vedellä riittäisi vähempikin

-Muutokset keltaisella

TI 03, KOLONNIN DA01 POHJAN LÄMPÖTILA.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä mitataan kolonnin DA 01 pohjan lämpötilaa.

PIIRIN TOIMINTA

Mitataan kolonnin DA 01 lämpötilaa Pt100 Bürkert A-ST20-T12B-100-ST-G anturilla.

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

TI03- mittauksen ylittäessä 130°C tulee ylärajahälytys (H). Mittauksen ylittäessä 140°C tulee ylä-ylärajahälytys (HH). Mittauksen ollessa $>85\%$ (145°C) suojaustieto säätöpiirille TZA02, joka katkaisee lämmityksen.

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

- TZA02

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

Yläraja(H) 130°C

Ylä-yläraja (HH) 140°C

Alaraja(L) -

Ala-alaraja -

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

- Mitta-alue $0-200^{\circ}\text{C}$, vaikka vedellä riittäisi vähempikin

- Muutokset keltaisella

TI 05, KOLONNIN DA01 LATVAN LÄMPÖTILA.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä mitataan kolonnin DA 01 latvan lämpötilaa.

PIIRIN TOIMINTA

Mitataan kolonnin DA 01 lämpötilaa Pt100 Autrol AUMT102 Eex ia IIC T4-anturilla.

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

-

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

- Ohjausjärjestelmään, mitta-alue 0 - 200 °C

Lukitustieto:

- .

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

Yläraja(H) 85 %

Ylä-yläraja (HH) 90 %

Alaraja(L) 20%

Ala-alaraja 15%

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

-

-Muutokset keltaisella

TI 06, SÄILIÖN FA02 LÄMPÖTILA.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä mitataan säiliön FA02 lämpötilaa

PIIRIN TOIMINTA

Mitataan säiliön FA 02 lämpötilaa (Pt100) Bürkert A-ST20-T12B-100-ST-G lämpötilaanturilla. Säiliön lämpötilaa säädetään ohjaamalla ylimeno järjestelmää jäähdyttävää jv kiertoa ohjaavaa FV01:stä.

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

-

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

-

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

Yläraja(H)

Ylä-yläraja (HH)

Alaraja(L)

Ala-alaraja

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

†

TI.07. JÄÄHDYTYSVEDEN TULO.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä mitataan FA02:lle / EA02:lle tulevan jäähdytysveden lämpötilaa

PIIRIN TOIMINTA

Mitataan ylimenojärjestelmään tulevan jäähdytysveden lämpötilaa, Bürkert A-ST20-T12B-100-ST-G

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

TI mittauksesta saadaan tieto ohjausjärjestelmään

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

- Ohjausjärjestelmään

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

~~Yläraja(H)~~

Ylä-yläraja (HH)

~~Alaraja(L)~~

Ala-alaraja

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

↓

TI 08. JÄÄHDYTYSVEDEN PALUU

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä mitataan FA02:lta / EA02:lta palaavan jäähdytysveden lämpötilaa

PIIRIN TOIMINTA

Mitataan ylimenojärjestelmästä palaavan jäähdytysveden lämpötilaa, Bürkert A-ST20-T12B-100-ST-G

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

TI 08 mittauksesta saadaan tieto ohjausjärjestelmään

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

- Ohjausjärjestelmään

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

Yläraja(H)

Ylä-yläraja (HH)

Alaraja(L)

Ala-alaraja

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

-

TI.09 EROTUSKOLONNIN HUIPUNPALAUTUKSEN LÄMPÖTILA.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä on tarkoitus mitata kolonniin palautettavan ylitteen lämpötilaa.

PIIRIN TOIMINTA

Piiri mittaa ylimenosäiliöstä FA 02 kolonniin palautettavaa (massa)virtauksen lämpötilaa. Mittaus on mallia Foxboro CFS10-03SAEBB, joka on monitoimimittaus ja mittaa samanaikaisesti useita eri suureita.

Lähetin CTFIS-PBEEGB

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

-

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

FI02, DI01

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

Yläraja(H)

Ylä-yläraja (HH)

Alaraja(L)

Ala-alaraja

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

↓

TK 01, VAIHTIMEN EA01 LÄMPÖELEMENTTI.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä lämmitetään kiehutinta EA 01.

PIIRIN TOIMINTA

Lämpöelementillä lämmitetään kolonnin pohjan kiehutinta. Lämpöelementti on RONI,
DEEXE-12000-2.1-4000-70

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

-Lämpöelementin toimintaa ohjaa kolonnin pohjan lämpötilaa mittaava lämpötilan mittaus
TI(C)03.

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

-

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat: (HH)

Ylä-yläraja (H)

Alaraja(L)

Ala-alaraja (LL)

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

↓

TZA 02, VAIHTIMEN EA01 LÄMPÖMITTAUS Pt100 (suojaus).

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä lämmitetään kiehutinta EA 01.

PIIRIN TOIMINTA

TZA 02:lla suojataan kolonnia ylikuumentumiselta.

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

-

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

↳ Ohjausjärjestelmään

Lukitustieto:

↳ TIC03

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat: (H) 130 °C

Ylä-yläraja (HH) 140 °C

Alaraja(L)-

Ala-alaraja (LL)-

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

↳ Muutokset keltaisella

XCV 02, KOLONNIN DA01 SYÖTTÖ.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä on tarkoitus säätää syöttöaineen pääsyä kolonniin.

PIIRIN TOIMINTA

XCV 02 venttiilillä on mahdollista katkaista syöttö kolonniin tarvittaessa.

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

☞ Jos avoinna, tulisi tämän estää kolonnin pohjan lämmitys, jotta vältetään käänteiseltä paine-erolta ja tästä seuraavasta väärän suuntaisesta virtauksesta.

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto:

-

Lukitustieto:

☞ GA01 käynnin esto, jos KIINNI

☞ TK01 vaihtimen EA01 lämpöelementin toiminnan esto jos AUKI

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

Yläraja(H)

Ylä-yläraja (HH)

Alaraja(L)

Ala-alaraja

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

☞ Muutokset keltaisella

XCV 04, SÄILIÖN FA03 SULKUVENTTIILI.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä säädetään tuotteen virtausta säiliöön FA03

PIIRIN TOIMINTA

Mitataan säiliön FA 03 pinnankorkeutta kapasitiivisellä pinnanmittauksella (Labko SA / FEP). Tuotteen pääsyä säiliöön säädetään venttiilillä XCV04.

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

-Jos sekä XCV04, että XCV05 ovat kiinni tulee pumpun GA03 käynnistyminen olla estettyä

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

-Auki -raja tieto pumpun GA03 ohjauspiiriin

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

Yläraja(H)

Ylä-yläraja (HH)

Alaraja(L)

Ala-alaraja

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

-Muutokset keltaisella

XCV 05, SÄILIÖN FA04 SULKUVENTTIILI.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä säädetään tuotteen virtausta säiliöön FA04

PIIRIN TOIMINTA

Mitataan säiliön FA 04 pinnankorkeutta kapasitiivisellä pinnanmittauksella (Labko SA / FEP). Tuotteen pääsyä säiliöön säädetään venttiilillä XCV05.

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

~~-Jos sekä XCV04, että XCV05 ovat kiinni tulee pumpun GA03 käynnistyminen olla estettyä~~

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

~~-Auki~~ -raja tieto pumpun GA03 ohjauspiiriin

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

~~Yläraja(H)~~

~~Ylä-yläraja (HH)~~

~~Alaraja(L)~~

~~Ala-alaraja~~

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

~~-Muutokset keltaisella~~

XCV 06, SÄILIÖN FA05 SULKUVENTTIILI.

PIIRIN TARKOITUS

Piirillä säädetään tuotteen virtausta säiliöstä FA05

PIIRIN TOIMINTA

Mitataan säiliön FA 05 pinnankorkeutta kapasitiivisellä pinnanmittauksella (Labko SA / FEP). Tuote voidaan palauttaa syöttösäiliöön venttiilillä XCV06.

LUKITUKSET, OHJAUKSET JA KÄYNNISTYSEHDOT

-

RYHMÄOHJAUKSET

-

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN

Mittaustieto

-

Lukitustieto:

-

PIIRIN HÄLYTYKSET

Hälytysrajat:

Yläraja(H)

Ylä-yläraja (HH)

Alaraja(L)

Ala-alaraja

OHJAUSPAIKKA

Valvomo

HÄIRIÖOHJEET

-

KOMMENTIT

-

