



# TAMKin prosessiautomaatio- laboratorion kunnossapito- suunnitelma

Minka Taskinen

OPINNÄYTETYÖ  
Huhtikuu 2024

Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Automaatiotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma  
Automaatiotekniikka

TASKINEN, MINKA:  
TAMKIn prosessiautomaatiolaboratorion kunnossapitosuunnitelma

Opinnäytetyö 78 sivua, joista liitteitä 3 sivua  
Huhtikuu 2024

---

Opinnäytetyönä laadittiin Tampereen ammattikorkeakoulun prosessiautomaatiolaboratorioon kunnossapitosuunnitelma ja etsittiin vertaillen sopiva kriteerit täytävä kunnossapitojärjestelmä. Laboratoriossa ei ollut entuudestaan minkäänlaista ennakoivaa tai suunnitelmallista kunnossapitoa opetuslaitteistoille.

Kunnossapitojärjestelmälle määriteltiin aluksi kriteerit, jotka kunnossapitojärjestelmälle vaaditaan prosessiautomaatiolaboratoriossa. Näiden perusteella suoritettiin vertailu kahdeksan eri kunnossapitojärjestelmän väliltä. Vertailun perusteella selvitettiin tarkemmin kolmen järjestelmän väliltä järjestelmien sopivuus laboratorioon.

Kunnossapitosuunnitelma sisältää laitekartoituksen ja listauksen ennakkohuolto- toimista laitetyypeittäin. Prosessilaitteistojen laitteiden taulukoinnin jälkeen opinnäytetyössä on perehdytty kunkin laitetyypin huoltotoimenpiteisiin ja määritelty säännöllistä huoltoa tarvitseville laitteille huollot ja huoltovälit.

Opinnäytetyön tuloksena on konkreettinen kuva laitteista ja laitteiden kunnosta sekä tapa, jolla pitää kirjaa niistä. Opinnäytetyön tulos on hyödyksi prosessiautomaatiolaboratorion kunnossapidossa.

---

Asiasanat: kunnossapitosuunnitelma, kunnossapitojärjestelmä, kunnossapito

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Electrical Engineering  
Automation Engineering

TASKINEN, MINKA:  
Maintenance Plan for TAMK's Process Automation Laboratory

Bachelor's thesis 78 pages, appendices 3 pages  
April 2024

---

The purpose of this thesis was to create a maintenance plan for the process automation laboratory of the Tampere University of Applied Sciences. In addition, different maintenance systems were compared.

Initially, the criteria that the maintenance system must meet were defined. Based on the criteria was done a comparison between eight different maintenance systems. A more detailed analysis of three systems was carried out.

The maintenance plan included a device mapping and listing of advance maintenance activities by type of device. After tabulating the process equipment were familiarized with the maintenance procedures for each type of equipment. Maintenance and service intervals were defined for equipment in need of regular maintenance.

A concrete picture of the equipment and the condition of the equipment was created, as well as the way in which to keep track of them. The result of the thesis is useful in the maintenance of the process automation laboratory.

---

Key words: maintenance plan, maintenance system, servicing

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	KUNNOSSAPITO .....	8
2.1	Kunnossapitolajit.....	8
2.1.1	Ehkäisevä kunnossapito.....	10
2.1.2	Ennustava kunnossapito .....	10
2.1.3	Korjaava kunnossapito .....	11
2.1.4	RTF-laitteet.....	12
2.1.5	Parantava kunnossapito .....	13
2.2	Laitteiden viat ja kunnossapito .....	14
2.2.1	Lämpötila-anturit.....	14
2.2.2	Paineanturit ja painekeytkimet.....	17
2.2.3	Virtausmittaus.....	20
2.2.4	Ilmaisimet .....	25
2.2.5	Magneettiventtiilit.....	29
2.2.6	Säätöventtiilit .....	30
2.2.7	Sähkömoottorit .....	30
3	KUNNOSSAPITOJÄRJESTELMÄ .....	35
3.1	Kunnossapidon tietojärjestelmän toiminnot.....	36
3.2	Oikeanlaisen kunnossapitojärjestelmän valinta.....	38
3.2.1	Kriteerit prosessiautomaatiolaboratorioon .....	39
3.3	Kunnossapitojärjestelmien vertailu.....	40
4	KUNNOSSAPITOSUUNNITELMA.....	44
4.1	Kuntokartoitus .....	44
4.1.1	Kuntokartoituksen valmistelu.....	45
4.1.2	Kuntokartoituksen sisältö.....	45
4.1.3	Kuntokartoitusraportti .....	46
4.2	Kunnossapito-ohjelma.....	47
4.2.1	Huoltosuunnitelma.....	48
4.2.2	Ennakkohuollot.....	49
4.3	Varaosat.....	50
4.4	Kunnossapitohenkilöstön koulutus, resurssit ja turvallisuusnäkökohdat.....	50
5	KUNNOSSAPITO-OHJELMAN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS .....	52
5.1	Prosessit ja laitteiden huoltotarpeet .....	52
5.1.1	Festo prosessiautomaation harjoituslaitteisto.....	53
5.1.2	IO-link ympäristö.....	61

5.1.3 Valmetin vesiprosessi.....	62
5.1.4 Värähtelymittauslaitteisto.....	64
5.1.5 Logiikkaohjattu palikkakuljetin .....	66
6 YHTEENVETO JA POHDINTA.....	67
LÄHTEET.....	70
LIITTEET .....	76
Liite 1. Laiteluettelo.....	76
Liite 2. Huoltotoimenpideluettelo laitetyypeittäin .....	77
Liite 3. Laitteiden huoltoluettelo .....	78

## LYHENTEET JA TERMIT

AC-käyttö	Vaihtovirtakäyttö esimerkiksi kohteessa on taajuusmuuttaja ja oikosulkumoottori.
Hystereesi	Järjestelmän ominaisuus, joka hidastaa muutoksiin reagoimista.
Häiriöseisokki	Tuotanto on keskeytynyt suunnittelema- masti kohteessa olevan poikkeaman vuoksi.
Kohde	laitteisto, laite, komponentti, osa, toiminnallinen yksikkö tai järjestelmä
Maasulku	Sähkövirta on karannut maadoitukseen suunnittelema- tonta johdinta tai reittiä pitkin.
mA	virran yksikkö, milliampeeri
mV	jännitteen yksikkö, millivoltti
NTC-vastus	Negative Temperature Coefficient eli negatiivinen lämpötilakerroin, resistanssi laskee lämpötila nouse- tessa.
PI-kaavio	putkisto- ja instrumentointikaavio
Poikkeama	kohteen oire, häiriö, osittainen vika, vika tai huonontu- nut suorituskyky
PTC-vastus	Positive Temperature Coefficient eli positiivinen lämpöti- lakerroin, resistanssi kasvaa lämpötilan noustessa.
PT100-vastus	Vastusanturi, jossa PT viittaa platinalankavastukseen ja 100 viittaa sadan ohmin resistanssiin 0 °C lämpöti- lassa.
Viritys	Toimenpide, jolla saadaan mittari näyttämään haluttua näkymää, joka vastaa mitattavan suureen arvoa.

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aihe syntyi tarpeesta Tampereen ammattikorkeakoulun prosessi-automaatiolaboratorion opetuslaitteistojen suunnitelmallisempaan kunnossapitoon prosessilaitteiden osalta. Tarkoituksena oli siis kehittää kunnossapitosuunnitelma ja etsiä vertaillen sopivaa kunnossapitojärjestelmää laboratorioon.

Prosessiautomaatiolaboratoriossa nykyinen laitteiden kunnossapito perustuu korjaavaan kunnossapitoon. Kun laite rikkoutuu, laite vaihdetaan uuteen tai korjataan. Laboratoriossa ei ole minkäänlaista ennakoivan kunnossapidon suunnitelmaa entuudestaan. Käytännössä ei ole pidetty minkäänlaista kirjaa esimerkiksi, mitä laitteita prosessit sisältävät. Laitteiden kuntoa ei tarkastella yksityiskohtaisesti säännöllisin väliajoin. Tähän tarvittiin muutosta.

Hyvällä kunnossapidon avulla pystytään pitämään kirjaa ja historiatietoa yllä laitteen elinkaaren aikaisista tapahtumista ja huoltotoimenpiteistä. Tämä tarkoittaa sitä, että kyseessä ei ole ainoastaan laitteen parhaan toimintakyvyn ylläpitäminen elinkaarensa aikana.

Työssä käsitellään hieman kunnossapidon teoriaa eri kunnossapitolajien kautta. Perehdytään erilaisten prosessilaitteiden tyypillisiin vikatapauksiin ja huoltotoimenpiteisiin, jotta lukija saa kuvan prosesseissa esiintyvistä laitteista. Tutustutaan kunnossapitojärjestelmän toimintoihin ja ominaisuuksiin, joita järjestelmä voi sisältää. Standardien pohjalta käsitellään, mitä oikea oppiseen kunnossapitosuunnitelmaan kuuluu kirjata ja mitä se sisältää.

Työn loppu puolella esitellään prosessiautomaatiolaboratorion prosessilaitteistot ja niiden tärkeimmät huomiot sekä huoltoa tarvitsevat laitteet. Laite- ja huoltotoimenpideluetteloista selviää prosessilaitteet ja huoltotoimenpiteet. Huoltotoimenpideluettelo toimii toistaiseksi kirjanpitona huoltojen suorituksille. Tulevaisuudessa kunnossapitotoimenpiteet ja raportointi siirretään kunnossapitojärjestelmään, kun sellainen saadaan hankittua.

## 2 KUNNOSSAPITO

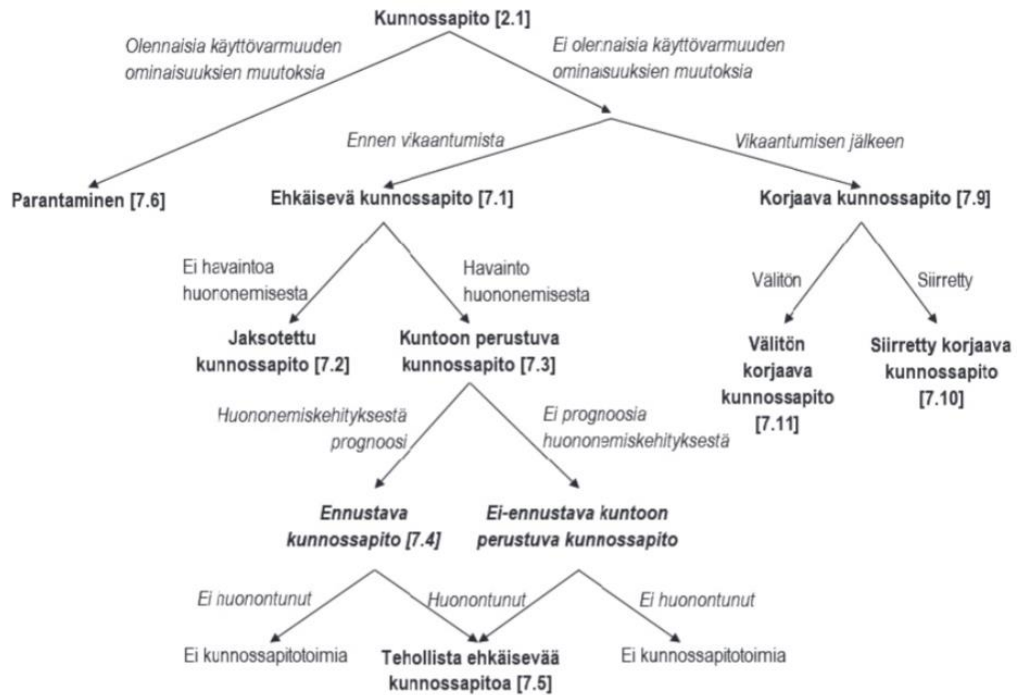
Teollisessa ympäristössä on asennetun laitekannan kuntoa tutkittu jo pitkään erilaisilla mittauksilla ja analyysillä. Kunnossapidon tavoitteena on tunnistaa laitteiston poikkeukselliset tapahtumat ja saada vika poistettua prosessista ennen tuotantohäiriöitä. (Tennilä 2023, 3.)

Tehokkaalla kunnossapidolla mahdollistetaan järkevät kunnossapitostrategiat, jolloin koneen suorituskyky pystytään pitämään mahdollisemman hyvänä. Vältetään suuremmilta korjaus- tai koneenvaihtoinvestoinneilta, valmistusprosessit pysyvät tehokkaina ja tuotannon toimivuus ei kärsi. Näin yrityksen kannattavuus ja kilpailukyky pysyvät yllä. Kunnossapito on kuitenkin yksi yrityksen suurimmista kustannuseristä. (Järviö yms. 2007, 13-14, 22.)

Kunnossapitoon liittyy myös koneiden turvallisuusnäkökohdat. Vaikka kone vielä toimii, mutta aiheuttaa mahdollista vaaraa tuotannolle tai koneen käyttäjälle, on ryhdyttävä koneen modernisointiin tai muutostöihin. Suunnitteluheikkouksien korjaaminen kuuluu yhtäläisesti kunnossapitoon. (Järviö yms. 2007, 13.)

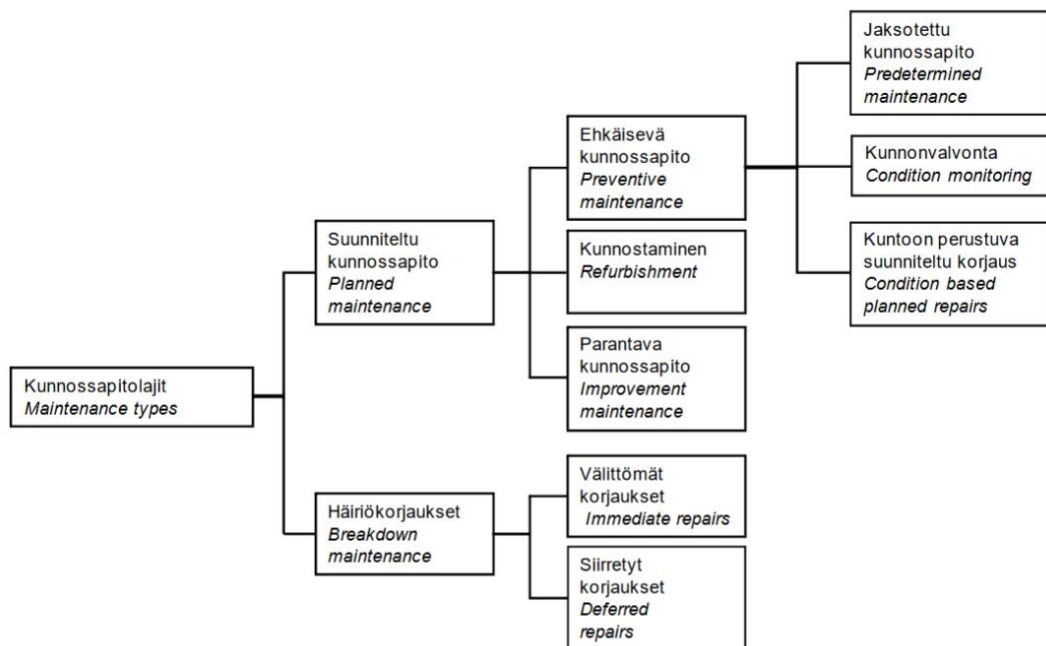
### 2.1 Kunnossapitolajit

SFS-EN 13306 jaottelee kuvassa 1 kunnossapidon lajit kolmeen pääluokkaan parantavaan, ehkäisevään ja korjaavaan kunnossapitoon. Ehkäisevä kunnossapito sisältää kaikki ennen vikaa tehtävät toimenpiteet ja korvaava taas vikaantumisen jälkeen tehtävät toimenpiteet. Parantaminen koskee käyttövarmuuden, kunnossapidettävyyden ja turvallisuuden parantamista (SFS-EN 13306 2017, 14).



KUVA 1. Kunnossapitolajit (SFS-EN 13306 2017, 25).

PSK 7501 jaottelee kunnossapitolajit hieman toisella tavalla kuvan 2 mukaisesti. Lajit menevät sen mukaan, ovatko ne suunniteltuja vai tuotantohäiriön jo aiheuttaneet. Näin ollen suunniteltuun kunnossapitoon sisältyy ehkäisevä kunnossapito, kunnostaminen ja parantava kunnossapito.



KUVA 2. Kunnossapitolajit (PSK 7501 2010, 32).

Seuraavaksi avataan tarkemmin keskeisiä kunnossapidon lajeja, jotta niiden tarkoitus ja erot tulevat selvemmin ilmi. Samalla avautuvat hieman puurakenteen muutkin haarat.

### **2.1.1 Ehkäisevä kunnossapito**

Ehkäisevässä kunnossapidossa on tarkoitus tehdä toimenpiteitä, jotka tapahtuvat suunniteltujen ajanjaksojen tai kriteerien mukaan. Tavoitteena on arvioida ja vähentää kohteen tilan heikkenemistä ja madaltaa vikaantumisen todennäköisyyttä. (PSK 6201 2022, 13.) Esimerkiksi koneen komponentteja vaihdetaan uusiin ennen vikaantumista määrätyin väliajoin, jotta ei tulisi tilannetta, jossa kone tai tuotanto pysähtyisi muodostaen häiriöseisokin (Järviö yms. 2007, 49).

Ehkäisevä kunnossapito sisältää säännöllisesti tehtäviä toimenpiteitä, kuten havainnoiden ja tarkkaillen vikaantumista nopeuttavia olosuhteita, liiallista pölyä tai ympäristön lämpötilan muutoksia, jotka voivat aiheuttaa ennenaikaista vikaantumista. Pidetään toimintaympäristö siistinä. Tehdään ennakkohuoltotoimenpiteitä kullekin laitteelle tyypilliseen tapaan esim. tarkistetaan koneen puhtaus, liitoski-  
reydet, voiteluöljyt ja öljynlisäykset. Testataan anturit ja tehdään määräaika-  
kalibroinnit. Koulutetaan koneiden käyttäjiä ja kunnossapitäjiä, jotta koneiden käyttö, tarkastukset ja huollot tehdään oikein. (Järviö yms. 2007, 67-68, 72.)

Ehkäisevä kunnossapidon toimenpiteitä voidaan tehdä suunnitellusti koneen käytössä tai seisokin aikana. Seisokissa kone tai prosessin osa on otettu pois käytöstä, jolloin päästää turvallisesti tekemään suuremmat ja vaativammat toimenpiteet. (Järviö yms. 2007, 72.)

### **2.1.2 Ennustava kunnossapito**

Ehkäisevän kunnossapidon piiriin kuuluva ennustava kunnossapito on yksi voimakkaimmin yleistyvistä ja kasvavista kunnossapidon osa-alueista. Kehitteillä on oppivia järjestelmiä, joilla on kyky analysoida dataa ja ennakoida vikoja. (Tennilä

2023, 3.) Ennustava kunnossapito perustuu ennusteisiin, joita saadaan toistuvasti tehtävistä analyyseistä, kohteen toimintakunnon tarkasteluista mittauksin ja niistä muodostuvista huononemista kuvaavista arvoista. (SFS-EN 13306 2017, 14.)

Tulevaisuudessa ennakoiva kunnossapito voi tarkoittaa järjestelmää, joka tarkastelee, analysoi ja muuttaa kerätyn datan ymmärrettävään muotoon sekä tekee toimenpide-ehdotuksia tämän pohjalta. Koneoppiminen, langattomuus, pilvipalvelut ja reaaliaikainen raportointi ovat tulevaisuuden sovelluksia ennustavalle kunnossapidolle. (Tennilä & Karttunen 2023, 28-29.)

Toisaalta tarvitaan myös perinteistä insinööriosaamista paikkaamaan järjestelmien heikkoja kohtia ja aistipohjaista ennakoivaa havainnointia. Siispä ennakoivuutta ei voida jättää täysin koneiden ja järjestelmien varaan tulevaisuudessa. (Tennilä 2023, 3.)

### **2.1.3 Korjaava kunnossapito**

Korjaavassa kunnossapidossa kone tai laite annetaan vikaantua tai mennä rikki, jonka jälkeen vasta korjaus-/huoltotoimenpiteet suunnitellaan ja suoritetaan. Tilanteen mukaan korjaustoimenpiteet suoritetaan välittömästi vian sattuessa tai siirretään myöhemmäksi odottamaan korjausta. (Manninen 2023.) Ideana on, että käytetään resursseja mahdollisemman vähän kunnossapidon ylläpitämiseen.

Korjaavan kunnossapidon toimenpiteisiin kuuluu muun muassa:

- Vian määrittäminen eli todetaan, että kohteessa on näkyvä vika tai piilevä vika, joka ei ole päälle päin havaittavissa.
- Tunnistetaan häiriö eli määritellään, mikä kohteessa on vikana.
- Paikannetaan vika ja rajataan vika-alue.
- Korjataan vika tai tehdään väliaikainen korjaus enne kuin vika on saatu täysin poistettua.
- Viimeisenä palautetaan kone toimintakuntoon. (Järviö yms. 2007, 49.)

Välittömät korjaukset tulevat aina yllättäen tai viiveellä poikkeaman havaittua, joten kunnossapidolliset toimet ovat aina suunnittelemtomia. Mahdolliset poikkeamat kohteessa on otettava käsittelyyn, koska ne voivat johtaa ajan kuluessa vikaan. Vika pahimmillaan aiheuttaa häiriöseisokin. (PSK 6201 2022, 27-28.)

Siirretty suunnittelemton korjaus suoritetaan myöhemmin tehtäväksi kohteen, tuotannon tai organisaation sen salliessa. Yleinen syy korjauksen lykkäämiselle on resurssipula. Korjattavat kohteet ovat yleensä sellaisia, ettei niillä ole välittömiä vaikutuksia tuotantoon tai turvallisuuteen aiheuttamalla häiriöseisokkia. (PSK 6201 2022, 28.)

#### **2.1.4 RTF-laitteet**

RTF lyhenne tulee englanninkielisistä sanoista "Run To Failure". Käsitteellä tarkoitetaan laitetta, jolle ei tehdä ennaltaehkäisevää huoltoa. Laitteen käyttöhenkilöstö seuraa laitteen käyntiä todeten laitteen olevan toimintakunnossa tai ei. (Järviö yms. 2007, 48.) Laite rikkouduttuaan korjataan tai vaihdetaan uuteen (Fiix n.d.).

Tätä kunnossapitostrategiaa käytetään laitteille, jotka eivät vaikuta tuotannon muihin laitteisiin tai aiheuta suuria tuotantomenetyksiä rikkouduttuaan (Saukonoja 2016, 10). Yleensä on kyse sellaisesta laitteesta, joka ei ole arvoltaan kovin suuri. Tällaisia laitteita on huomattavan paljon tuotantolaitoksissa esimerkiksi valaistuksessa käytettävät lamput eivät kuulu ehkäisevän kunnossapidon piiriin ja vasta rikkouduttuaan ne tullaan tyypillisesti vaihtamaan. (Järviö yms. 2007, 48.)

Kun ennakkohuoltoja ei tarvitse tehdä, kunnossapitotiimillä riittää aikaa enemmän muihin kriittisempiin laitteisiin, jotka tarvitsevat suurempaa seurantaa. Parhaimmassa tapauksessa on kustannustehokkaampaa olla tekemättä ennakkohuoltoja ja vasta vian sattuessa ongelma otetaan käsittelyyn sekä hoitoon laitteen osalta. (Fiix n.d.)

### 2.1.5 Parantava kunnossapito

Parantava kunnossapito koostuu pääsääntöisesti kertaluonteisista investointitoistista. Parantava kunnossapito voidaan jakaa kolmeen pääryhmään. Ensimmäisessä ryhmässä alkuperäiset komponentit tai osat korvataan uudentyyppisillä osilla, mutta ei muuteta suorituskykyä. (Järviö yms. 2007, 51, 72.) Esimerkiksi vanha tasavirtamoottori vaihdetaan AC-käytöllä, kuten taajuusmuuttajalla ja oikosulkumoottorilla. AC-käytöllä on yleensä pienempi huollon tarve. (SolFox Oy n.d.)

Toinen pääryhmä muodostuu uudelleen suunnitelluista korjauksista, joilla parannetaan kohteen luotettavuutta. Tarkoitus ei ole parantaa suorituskykyä niinkään, vaan käytettävyys pysyy yllä varmemmin ja pidempään. (Järviö yms. 2007, 51.)

Luotettavuutta voidaan parantaa esimerkiksi muodostamalla redundanttisuus eli kahdentaminen. Yhden laitteen rinnalle laitetaan toinen samanlainen laite esimerkiksi lämpötila-anturin rinnalle toinen lämpötila-anturi mittaamaan samaa astiaa. Toinen voi toimia varalaitteena tai kummatkin anturit voivat suorittaa saman aikaisesti samaa toimintaa. Jos toinen antureista vaurioituu, toinen jatkaa vielä toimintaansa ja saadaan lämpötilamittaustulos astiasta. Tällä pidetään järjestelmän luotettavuutta yllä. (Heinonkoski n.d.)

Kolmanteen pääryhmään kuuluu modernisaatiot, joilla muutetaan kohteen suorituskykyä. Esimerkiksi tuotantolaitoksessa tulee ajankohtaiseksi muuttaa koneita ja samalla tuotantoprosessia tuottaakseen tuotetta, joka vastaa markkinoiden kysyntää. Kannattavaa ei ole tietyissä tapauksissa romuttaa täysin jo olemassa olevaa tuotantoa, vaan uudistaa vanhaa tuotantoprosessia parantamalla ja muokkaamalla koneita tehtävään sopivaksi. (Järviö 2007, 51.)

Hyvänä esimerkkinä modernisaatiosta toimii Stora Enson Oulun paperitehtaan muuntaminen pakkauskartonkitehtaaksi. Investointi sisälsi paperikoneen 7 tuotannonmuutoksen kraftlaineria valmistavaksi koneeksi. Kraftlaineria käytetään tyypillisesti aaltopahvipakkauksien pintakartonkina esim. elintarvike-, hedelmä- ja vihannespakkauksissa. (Stora Enso Oyj 2019.)

## 2.2 Laitteiden viat ja kunnossapito

Osiossa käsitellään tyypillisten prosessitekniikan laitteiden käytännön kunnossapitoa ja tyypillisimpiä vikatilanteita. Laitteiden toimintaperiaate on hyvä tuntea yleisellä tasolla, jotta vian syytä on helpompi lähteä etsimään.

Jokainen laite tarvitsee myös huoltotoimenpiteitä, jotta kunnossapitoa voidaan pitää yllä. Osiossa käsitellään yleisempiä laitteiden huoltosuunnitelmaan liittyviä huoltotoimenpiteitä. Monesti huoltotoimet ovat kullekin laitteelle täsmennettyjä, joten yksittäiset esimerkit ovat suuntaa antavia huoltotoimia laitetyypeille.

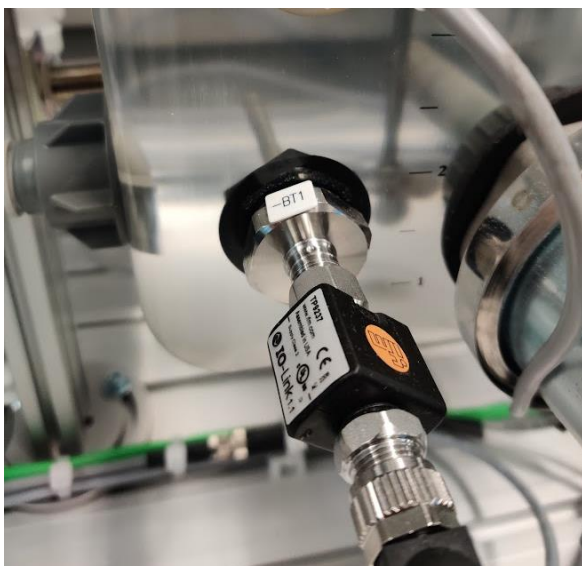
### 2.2.1 Lämpötila-anturit

Anturit ovat yleensä ottaen sähköisesti ja mekaanisesti erittäin luotettavia, jolloin huoltotarve on vähäinen. Oikean toimivuuden kannalta anturit tulee pitää puhtaina. (Heinonkoski 2013, 58.)

Lämpötilamittauksien tarkistus, testaus ja kalibrointi tehdään kalibraattorilla. Kalibroinnilla tarkoitetaan mittalaitteen vertaamista tarkempaan mittalaitteeseen eli kalibraattoriin. Kalibraattorin lukeman perusteella mittaussuure voidaan osoittaa lähes oikeaksi tai oikeaksi vertailemalla sovittua arvoa. Jos tarkistettavan mittarin tai mittauspiirin mittaustulos ei vastaa tarpeeksi kalibraattorin lukemaa, tehdään lähettimelle tarvittavat viritykset. (Heinonkoski 2013, 62, 66.)

#### **Vastusanturit**

Lämpötilan mittaus perustuu anturin vastuksen muutokseen, esimerkiksi PT100-, NTC- tai PTC-vastuksissa, jossa lämpötilan muutos ilmenee vastuksen muutoksena. Vastusarvon muutos on siis kalibroitu lämpötila-asteikolle. (Heinonkoski 2013, 56.) Kuvassa 3 nähdään säiliön sisälle ulottuva PT100-vastusanturi ja musta kuutionmallinen lähetinosa.



KUVA 3. PT100-anturi ja lähetin.

Tyypillisiä vastusantureiden vikatapauksia on listattu taulukkoon 1, jossa ensimmäisessä sarakkeessa on kerrottu vika, toisessa sarakkeessa vian mahdolliset syyt ja viimeisessä tarkistustoimenpide. Toimenpiteellä selvitetään, missä vika mahdollisesti on.

TAULUKKO 1. Analogisen (a) ja digitaalisen (d) lämpötilamittarin tyypilliset vikatapaukset (Heinonkoski 2013, 60).

Vika	Syy	Toimenpide
Osoitin ei liiku. (a) Näytössä ei tapahdu mitään. (d)	Ei jännitettä. Sulake on palanut. Muuntaja on viallinen.	Mittaa jännite. Mittaa sulake. Mittaa muuntaja ja tasa-suuntaussilta.
Osoitin lyö vasemmalle, näyttö alle 0:n. (a/d)	Oikosulku	Mittaa vastus.
Osoitin lyö oikealle, eli näyttö vähintään 100 %. (a/d)	Katkos	Mittaa vastus.
Näyttö katkoo. (a) Näytön kuva "katkeilee". (d)	Huono liitos	Puhdista ja kiristä liittimet.

PT100-anturin kalibrointi voidaan tehdä esimerkiksi jotakin Beamex:in kalibrointiin käytettävää laitetta käyttämällä. Tarvitaan kalibroitava anturi ja vertailuanturi sekä lämpötilan nostoon erillinen kalibrointiuuni. Testattava anturi ja vertailuanturi laitetaan uuniin ja nostetaan uuni ennalta määrättyyn lämpötilaan. Annetaan antureiden näyttämän rauhoittua. Lasketaan erotus. Jos erotus on tarkkuuden rajoissa, hyväksytään tulos. Liian suuri erotus tarkoittaa viallista anturia, joten anturi on uusittava. (Heinonkoski 2013, 65-66.)

Mittauspiirin kalibrointi tehdään anturin johdotusten ja kytkentöjen kanssa. Tämän avulla voidaan selvittää mahdolliset viat liittimissä ja virheelliset kytkennät. Kalibraattori kytketään kentällä mittauspiiriin ja mitatut lämpötila-arvot tarkistetaan kaikilla kalibrointipöytäkirjaan merkatuilla vastusarvoilla. Tarvittaessa viritetään mittauspiiri näyttämään taulukosta saatua lämpötilaa. (Heinonkoski 2013, 66.)

Anturi voidaan vaihtaa, jos huomataan sen olevan viallinen. On hyvä tarkistaa kytkentöjen kunto, kiristää ja puhdistaa liittimet kalibroitaessa sekä uusia testaus toiseen kertaan. Kalibrointi tulokset merkataan kunnossapitojärjestelmään seuraavia kalibrointikertoja varten. (Heinonkoski 2013, 66.)

### **Termoelementti**

Lämpötilan mittausta perustuu termoelementissä mV-jännitteen muutokseen. Lämpötilan muutos muuttaa jännitettä. Käytetään korkeiden lämpötilojen mittaamisessa. (Heinonkoski 2013, 61.)

Tyypillisiä termoelementtilämpötilamittareiden vikatapauksia on listattu taulukkoon 2, jossa ensimmäisessä sarakkeessa on kerrottu vika, toisessa sarakkeessa vian mahdolliset syyt ja viimeisessä tarkistustoimenpide.

TAULUKKO 2. Analogisen ja digitaalisen lämpötilamittarin tyypillisiä vikatapauksia (Heinonkoski 2013, 62).

Vika	Syy	Toimenpide
Mittari osoittaa huonelämpötilaa, vaikka prosessissa oleva mittauskohde on lämmin.	Linja poikki Oikosulku Anturi rikki Mittari rikki	Tutki virtapiiri ja sähkön syöttö. Mittaa vastus. Avaa anturi ja tarkista sen kunto. Syötä mittarille simulaattorilla mV-jännite.
Osoitin/näyttö maksimissa 100%.	Kompensointijohto väärinpäin	Käännä johtimet.
Osoitin/näyttö alle oikean arvon	Kompensointijohto väärinpäin	Käännä johtimet.
Väärä arvo, vaikka kaikki näyttää olevan kunnossa.	Maasulku tai eristysvika	Mittaa vastus ja oikosulkuvastus.

Termoelementit kalibroidaan samantapaisesti kuin PT100-anturi, mutta toimintaa tarkastellaan mV/mA-kalibraattorilla. Tarvitaan kalibroitava anturi ja vertailuanturi sekä kalibrointiuuni. Mitataan lämpötilat ja mV-jännitteet kalibraattorilla. Verrataan kalibroitavan anturin ja vertailuanturin arvoja. Kirjataan ylös lukemat ja analysoidaan kalibroitavan anturin kunto. (Heinonkoski 2013, 62, 66.)

Mittauspiiriä kalibroitaessa tarkistetaan termoelementti johdotusten ja kytkentöjen kanssa. Termoelementtian turin tilalle kytketään lämpötilakalibraattori. Lämpötilakalibraattori laitetaan syöttämään kutakin kalibroinnissa kirjattua arvoa ja luetaan lämpötila arvot. Tarvittaessa viritetään mittauspiiri. (Heinonkoski 2013, 66.) Tärkeintä kalibroitaessa on kalibroitavan anturin ja vertailuanturin tarkkuus toisiinsa nähden samassa lämpötilassa (Kumpulainen 2016, 11).

## 2.2.2 Paineanturit ja painekeytkimet

### Paineanturit

Painemittausantureita on monenlaisia eri mittausmenetelmillä varustettuina. Perinteisempiä ovat Bourdon-tyyppiset painemittarit, jossa paine muutetaan mekaanisen liikkeen kautta paineen osoittamiseksi. Useimmiten käytetään kuitenkin painemittareita, joissa on kenttäväyläliitynnät, joilla saadaan tietoa sähköisesti

joko analogisesti tai digitaalisesti siirrettyä järjestelmiin. (Heinonkoski 2013, 67-69.) Kuvassa 4 on Trafag'in paineanturi/-lähetin, joka on tarkoitettu paineen mittaukseen.



KUVA 4. Paineanturi.

Paineanturit ja -lähettimet oikein asennettuna, kalibroituina, viritettynä ja huollettuna ovat pitkäkestoisia, eivätkä tarvitse kovin usein korjausta tai huoltoa. Ennakkohuolto-ohjelma on kuitenkin hyvä olla. Ennakkohuolto voi sisältää seuraavallaisia toimenpiteitä:

- Tarkista vallitsevat ympäristöolosuhteet ja prosessin tila, jotta anturi on sopiva vallitsevaan asemaan.
- Tarkista mittauksella paineanturin ala- ja ylärajan toimivuus.
- Tarkista kalibrointi ja tarkastele edellisiä kalibrointeja, jotta tiedetään, onko mittaukset pysyneet samoissa arvoissa.
- Tee kalibrointi nousevalla ja laskevalla mittaussuurella.
- Viritä kalibroinnin jälkeen tarvittaessa.
- Tarkista tukokset ja vuodot. (Heinonkoski 2013, 69.)

Virhelähteitä, joita paineantureihin muodostuvat ovat tavallisesti ympäristön lämpötila, jota joudutaan kompensoimaan jollakin tavalla. Tärinä on myös yksi yleisimmistä syistä, joka rikkoo antureita ja muita herkkiä osia. Monesti myös mittausputkiston kunto, kuten likaisuus, vuodot ja muutokset vaikuttavat antureiden toimintaan huomattavasti. Mittauselinkin vanhetessaan muodostaa nollapistevirheen. (Heinonkoski 2013, 69.)

### **Painekytkimet**

Painekytkimiä käytetään paineen raja-arvon ilmaisemiseen. Rakenteeltaan kytkimet voivat olla samanlaisia kuin paineanturit. Paljon käytetyt painekytkimet sisältävät painekalvoa. Painekytkimien huolloissa on samoja ongelmia kuin muissa paineantureissa, mutta yleensä viat ovat helpompi paikantaa. (Heinonkoski 2013, 69.)

Tavallisia virhelähteitä ovat ylipainepiikit, jotka rikkovat anturin herkästi. Ympäriövä lämpötila tai sen muutos vaikuttavat paineanturin nollassoon ja vahvistukseen. Induktiiviset häiriökentät aiheuttavat yllättäviä hälytyksiä tai epäsäännöllisiä vikoja anturiin. Mittauselin vanhetessaan saattaa laueta ennen aikojaan hystereesin muutoksen vaikutuksesta eri kohdissa paineen nousun ja laskun aikana eli kytkimen havaintoraja on tällöin muuttunut. (Heinonkoski 2013, 71.)

Painemittausantureiden ja -kytkimien osia ei ole yleensä mielekästä korjata, jos osia ei ole helppo irrottaa. Tyypillisesti anturi tai kytkin vaihdetaan uuteen laitteeseen. Toisaalta paineanturit voivat olla hyvin kalliita, joten yksittäisiä osia voidaan etsiä, jos sellaisia on mahdollista saada. (Heinonkoski 2013, 71.)

Taulukkoon 3 on listattu tyypillisiä vikatapauksia analogiselle ja digitaaliselle paineenmittauslaitteelle. Ensimmäinen sarake sisältää vikatapauksen, toinen sarake mahdollisen syyn ja kolmas sarake toimenpiteen, jolla voidaan etsiä tai korjata vian todellinen syy.

TAULUKKO 3. Analogisen ja digitaalisen paineenmittauslaitteen tyypilliset vikatapaukset (Heinonkoski 2013, 71).

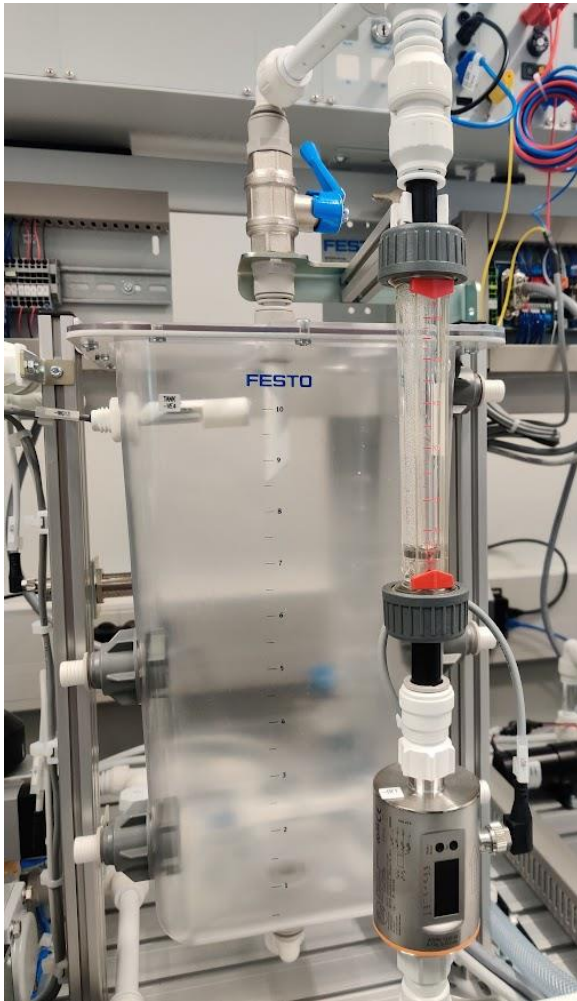
Vika	Syy	Toimenpide
Mittari osoittaa va-kiolukemaa, vaikka prosessissa olevassa mittauskoh-teessa tapahtuu paineen vaihtelua.	Linja poikki Oikosulku Anturi rikki Mittari rikki	Tutki virtapiiri. Mittaa virtapiirin vastus. Avaa anturi ja tarkista sen kunto. Syötä mittarille simulaattorilla mV-jännite/ mA-virta.
Osoitin/näyttö maksimissa 100 % tai yli	Anturi on jäänyt jumiin maksimiarvoonsa mahdollisen ylipaineen vuoksi. Impulssiputket eivät toimi oikein.	Uusi anturi tai mittausosa.  Impulssiputkien puhdistus
Osoitin/näyttö alle oikean arvon	Anturin mittaava osa on viallinen, ja se on uusittava. Impulssiputket tukossa	Uusi anturi tai mittausosa.  Impulssiputkien puhdistus
Väärä arvo, vaikka kaikki näyttää olevan kunnossa.	Maasulku tai eristysvika Mittalähetin viallinen	Mittaa vastus ja oikosulkuvastus mittauspiirissä. Tarkista mittausvahvistin.

Painemittaus kalibroidaan kytkemällä painepumpun tai painelähettimen tuottama paine kalibraattorin paineenmittausmoduulin ja lähettimen tuloon. Kalibraattorin sähkömittausliityntöihin kytketään lähettimen ulostulosignaali. Kalibraattorin näytöllä näkyy lähettimen sisäänmenopaine ja ulostulo sekä virheprosentti ja virhegraafi. Kalibrointitulokset on hyvä siirtää tietokantaan myöhempää tarkastelua varten. (Heinonkoski 2013, 73.)

### 2.2.3 Virtausmittaus

Virtausmittauksia toteutetaan monella erilaisella menetelmällä ja laitetyypeillä. Virtausmittaus on keskeinen mittaustyyppi prosessiautomaatiossa. Prosessiolot vaikuttavat suuresti virtausmittauslaitteiston tarkkuuteen ja luotettavuuteen, koska pienetkin muutokset prosessissa vaikuttavat mittaukseen. (Heinonkoski 2013, 77.) Kuvassa 5 on virtausmittari, joka koostuu lasiputkesta, jonka kautta

pumppu pumpkaa alhaalta ylöspäin vettä säiliöön. Tilavuusvirta voidaan lukea lasiputken asteikon avulla kelluvan uimurin kohdalta tai monitorilta.



KUVA 5. Tilavuusvirran mittaus.

Virtausmittareiden kunnossapito on melko vaikeaa, koska tuotanto joudutaan keskeyttämään kunnossapitotoimenpiteiden ajaksi. Varaosat ovat yleensä kalliita ja toimitusajat pitkiä. Usein kuitenkin virtausmittari on luotettava ja huoltovapaa sekä toimii pitkiäkin aikoja ilman korjaustarpeita oikein valittuna, kalibroituna ja huollettuna. (Heinonkoski 2013, 77-78.)

Ennakkohuolto-ohjelmassa tarkistuksiin kuuluu

- lähettimen ja mittauspiirin tarkistus ensimmäisenä, koska niiden tarkastus on helpompaa käytön aikana
- virtausmittauslähettimen sisään ja ulostulon simulointi eri asteikoilla sekä vikojen ja häiriöiden tarkastukset

- tarkistaa virtausmittarin prosessiyhteyden toimivuus käyttäen vertailumittaria
- tarkistaa virtausmittarin sähkön syötöt ja mittauspiirit, puhtaus ja kuluminen
- tehdä kalibrointi tarvittaessa. (Heinonkoski 2013, 82.)

### Magneettinen massamäärämittari

Magneettinen massamäärämittari soveltuu johtavien nesteiden mittaukseen. Mittari muodostaa putken eri puolilla olevien käämien avulla magneettikentän, jonka läpi nestemassa kulkee. Nesteeseen indusoitu magneettikentän aiheuttama jännite mitataan elektrodien avulla. Virtaus on verrannollinen jännitteen suuruuteen mitä suurempi virtaus sitä korkeampi jännite. Mittari on yleensä huoltovapaa. (Heinonkoski 2013, 83-84.) Kuvassa 6 on magneettinen virtausmittari, johon kuuluu erillinen lähetin tai laskentayksikkö.



KUVA 6. Magneettinen virtausmittari.

Kuvan 6 magneettinen virtausmittari on liitetty laskentayksikköön, josta voidaan lukea virtauslukema. Kuvassa 7 on kyseinen laskentayksikkö, johon tulee johdotus virtausmittarilta.



KUVA 7. Magneettisen virtausmittarin laskentayksikkö.

Mittari asennetaan samaan potentiaaliin putkiston kanssa maadoitusjohdoilla. Jos maadoitusjohtojen johtokyky ei ole tarpeeksi suuri, elektrodien kenttään syntyy häiriö ja mittarin ulostulosignaali vääristyy. Häiriöt syntyvät yleensä muista laitteista, kuten taajuusmuuttajista, muuntajista ja generaattoreista. Tyypilliset vikatilanteet ovatkin peräisin kaapeloinnista ja niiden liitoskohdista. (Heinonkoski 2013, 86). Taulukossa 4 on esitelty lisää tyypillisiä vikatapauksia.

TAULUKKO 4. Magneettisen virtausmäärämittarin tyypilliset vikatapaukset (Heinonkoski 2013, 86).

Vika	Mahdollinen syy
Virtaus puolet todellisesta	Toinen signaalijohdin on maadoittunut tai avoin.
Virtaustulos virheellinen	Virtausputki ei ole täynnä. Huono maadoitus Virtauksessa esiintyy kavitointia tai kuplia. Virtausnesteen ominaisuudet ovat muuttuneet. Mittarin elektrodit ovat oikosulussa.
Väärän suuntainen virtaustieto	KytKentävirhe johdotuksessa Virtausmittari on asennettu väärinpäin.
Ei virtaustulosta, vaikka prosessissa on virtaus.	Prosessin venttiilit tai toimilaitteet estävät virtauksen.
Virtauslukema liian suuri	Elektrodit ovat likaantuneet. Prosessinesteen johtokyky on kadonnut tai heikentynyt. Prosessimaadoitus on viallinen. Neste ei kosketa elektrodeja tai nesteessä on epäpuhtauksia.

Magneettiset massamäärämittarit ovat luotettavia, koska ne eivät aiheuta painehäviöitä putkistossa, eivät kerää likaa itseensä ja kestävät hyvin korroosiota (Heinonkoski 2013, 84).

Huoltotoimenpiteet liittyvät suurimmaksi osaksi kaapelointeihin ja niiden liitoksiin. Huoltotoimenpiteet ovat seuraavanlaisia:

- Tarkista elektrodien puhtaus.
- Tarkista putkissa kulkevan nesteen puhtaus.
- Tarkista, että mittausputki on täynnä mittaustilanteessa.
- Tarkista maadoitukset, kaapelointi ja liitokset. (Heinonkoski 2013, 86-87.)

## 2.2.4 Ilmaisimet

### Mekaaniset kytkimet

Mekaaniset kytkimet toimivat rajakytkiminä. Sovelletaan muun muassa painekytkimellä paineenohjauksessa, mekaanisissa liikkeissä esimerkiksi kääntölaitteiden, venttiileiden ja siirtolaitteiden ääriasentojen ilmaisussa, hälytystoiminnoissa ja ohjauksessa. Käytetään paljon turvallisuuteen liittyvissä ylä- ja alarajoissa sekä muodostamaan varmennusta sähköisten mittausten rinnalle. (Heinonkoski 2013, 96.) Kuvassa 8 on mekaaninen kytkin, joka ilmaisee kannen asennon varmistaen kannen oikean asennon. Kytkin toimii turvamekanismina, kun kansi ei ole kiinni kannen alla olevia laitteita ei voida käyttää. Musta pyöreä osa on kosketuksissa kanteen.



KUVA 8. Mekaaninen kytkin.

Huoltoa varten on huomioitava, että kytkin kuluu ajan myötä. Kytkin sisältää vipuvarsia, jotka vääntyvät ja väsyvät. Korjaaminen ei yleensä kannata, koska kytkimet ovat halpoja ja tästä syystä on järkevää ostaa rikkoutuneen tai kuluneen tilalle uusi kytkin. Valinnan varaa on markkinoilla paljon. Mikrokytkimet ovat tarkempia kuin peruskytkimet. (Heinonkoski 2013, 96.)

Kuvassa 9 on kytkin, joka toimii ylärajakytkimenä. Kun säiliössä oleva vesi nostaa kelluketta ylöspäin, kytkin aktivoituu. Aktivointi saa sähköisen signaalin liikkeelle eli käytännössä hälytyksen liian korkeasta veden pinnankorkeudesta.



KUVA 9. Virtausanturi rajakytkimenä.

### **Sähköiset rajakytkimet**

Sähköiset rajakytkimet ovat tulleet osin korvaamaan mekaaniset rajakytkimet. Sähköiset ovat pitkäikäisempiä, varmempia ja nopeampia sekä kestävät haastavampia oloja. Niillä voidaan tunnistaa tietyn materiaalin sijainti tai ilmaista erilaisia materiaaleja. On olemassa induktiivisia ja kapasitiivisia kytkimiä. (Heinonkoski 2013, 98.)

Kapasitiiviset ja induktiiviset kytkimet ovat rakennettu ja valettu useimmiten vesitiiviiseen koteloon. Huollossa vaihdetaan kotelo tai kotelon päätyöosa elektroniikkoinen. Anturit sisältävät kotelon kiinnitysosineen. Kotelossa on tunnustelupää ja led-ilmaisoin osoittaen kytkimen toimintaa. (Heinonkoski 2013, 98-99.) Oheisesta kuvasta nähdään kapasitiivinen kytkin ja sen perässä pallomainen led-ilmaisoin. Kytkin on vesisäiliön ulkopuolella toimimassa alarajakytkimenä.



KUVA 10. Kapasitiivinen rajakytkin.

Huollossa etenkin, jos anturi vaihdetaan uuteen, on syytä tarkistaa kytkentäetäisyys ja havaittavien aineiden ominaisuudet, käyttölämpötila, koko, havahtumisaika ja hystereesi. Yhtä tärkeitä ovat kytkentätaajuus ja syöttöjännitteen tarkistukset, jotta ne ovat anturin vaatimusten mukaiset. (Heinonkoski 2013, 99.)

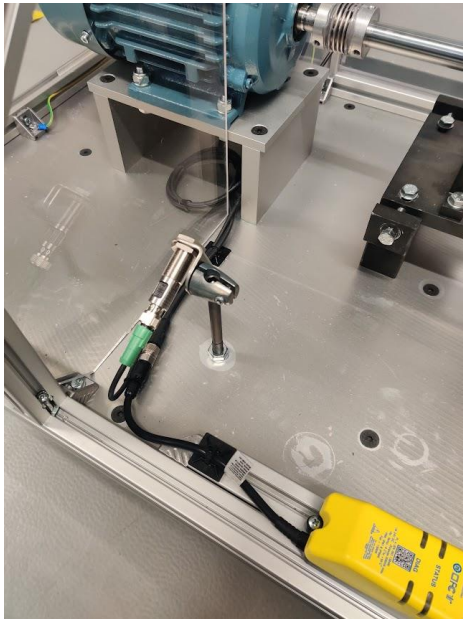
### **Infrapunakytkimet**

Käytetään kytkiminä turvarajoissa, liikkeen ilmaisimina ja mittalaitteina. Kunnossapidossa on perehdyttävä mittaus- ja asennustekniikkaan. Viritys on haastavampaa kuin muissa mittareissa. Harvemmin toisen valmistajan osat sopivat vastaavanlaisiin kytkimiin. Kytkimet ovat hintavia. (Heinonkoski 2013, 101-102.)

Infrapunakytkimen toiminta perustuu infrapunasäteilyn eli lämpösäteilyn havaitsemiseen. Infrapunakytkin havaitsee anturialueella olevan lämmön ja aktivoi kytkimen ohjelmointinsa mukaisilla kytkentätoiminnoilla. Huoltotoimiin kuuluu säännöllinen pölynpoisto linssin edestä tai itse linssin parempi puhdistus. (Surfer Mechanical Network 2022.)

Infrapuna-anturia voidaan käyttää erilaisiin sovelluksiin. Kuvan 11 infrapuna-anturi lähettää säteilyä moottorin akselin juureen, jossa on peilaava komponentti,

josta säteily kimpoaa takaisin anturiin. Kun moottorin akseli pyörii, infrapunapulsien avulla voidaan laskea moottorin pyörimisnopeus.



KUVA 11. Infrapuna-anturi.

### Ultraäänikytkimet

Ultraäänikytkin lähettää ultraääniaaltoja, jotka kimpoavat takaisin esimerkiksi veden pinnasta anturiin. Kimmonneet ultraääniaallot aktivoivat anturin, jolloin se mittaa veden etäisyyttä vertailutasosta. Huoltotoimenpiteisiin kuuluu anturin puhtaana pitäminen. (Smoot 2021.) Kuvassa 12 on ultraäänianturi, jolla mitataan alla olevan säiliön pinnan korkeutta.



KUVA 12. Ultraäänianturi pinnankorkeusmittaukseen.

## 2.2.5 Magneettiventtiilit

Magneettiventtiilejä käytetään paljon prosessi- ja koneautomaation pneumatiikan ja hydrauliiikan sekä muiden nesteiden ja kaasujen ohjaukseen. Venttiilit jaetaan liityntöjen ja kytkentäasentojen mukaan 2/2-, 3/2-, 4/2- ja 5/2-venttiileihin.

Rakenteellisesti magneettiventtiilissä on kaksi pääosaa, jotka ovat sähkömagneettinen sydänkappale ja venttiilipesä. Magneettikelalla saadaan liikevoima sydänkappaleen ylös vetoon. Magneettiventtiilit jaetaan suoratoimisiin ja esiohjatuihin. Esiohjatussa on pilot-kanava, joka avustaa venttiilin aukeamista. (Heinonkoski 2013, 105.)

Kuvassa 13 on takana harmaa toimilaite, jonka päällä on mustakeltainen venttiilin asennonosoitin ja etualalla näkyvä magneettiventtiili, joka ohjaa venttiilin auki tai kiinni paineilman avulla. Magneettikela on kiinni magneettiventtiilin vasemmassa päädyssä. Magneettikelan päällä on paineilman liityntäkappale.



KUVA 13. Magneettiventtiili.

Magneettiventtiilien huoltoa varten on huoltosarjoja, jotka sisältävät kuluviimpiin osiin vaihtokappaleet, kuten tiivisteet, kalvot, männänrenkaat, sulkulevyt, jouset ja kelat. Venttiilit ovat halpoja vaihtaa kokonaankin, joten kelan lisäksi voidaan koko venttiilipesä vaihtaa. Vaihdettaessa uuteen on hyvä tarkistaa painesuhde

venttiilin yli, painehäviö ja suurin paine-ero venttiilin yli. Tarkista myös toimintasuunta eli, onko venttiili auki vai kiinni jännitteettömänä. Ympäristöolot, jännite- syöttö, kelan kesto ja virtaavan aineen paine ja lämpötila on tarkistettava, jotta ne sopivat venttiilille. (Heinonkoski 2013, 104-105.)

### **2.2.6 Säätöventtiilit**

Prosessien ainevirtauksia säädetään yleensä portaattomasti säätöventtiileillä, joita ohjataan säätimillä, automaatio- ja logiikkajärjestelmillä. Venttiilit voidaan jakaa sulkuelimen mukaan läppä-, kalvo-, pallo-, segmentti- ja istukkaventtiileihin. Sulkuelin toimii virtauksen säätö- ja sulkuosana. Venttiilin ohjaukseen käytettävä voima voi olla sähköinen, pneumaattinen tai hydraulinen. Myös käsikäyttöiset venttiilit ovat yleisiä. (Heinonkoski 2013, 106, 108-109.)

Venttiilien kunnossapito on mekaanista ja huolellisuutta vaativaa. Venttiilin sulkuelimet, kara ja toimilaitteet vaurioituvat herkästi, jos käytetään liiallista voimaa. Venttiilit koestetaan venttiilin toimilaitteen kanssa, jolle tarvitaan käyttövoima ja säätötapa. Säätökäyrät ovat erilaisia eri venttiileille. (Heinonkoski 2013, 110-111.)

### **2.2.7 Sähkömoottorit**

Sähkömoottorit ovat tuotantolaitosten kulmakiviä, jotka muuntavat sähköenergiaa liike-energiaksi. Sähkömoottorit voidaan jakaa kahteen päätyyppiin, jotka ovat tasa- ja vaihtovirtamoottorit. Tasavirtamoottorit ovat yleensä pienempiä, tehottomampia ja yksinkertaisempia kuin vaihtovirtamoottorit. Toimintaperiaatteeltaan ne ovat myös hyvin erilaiset, mutta lähtökohtaisesti jokainen moottori sisältää kaksi perusosaa staattorin ja roottorin. (Lianfeng motors 2020.) Moottoreiden ohjaus tapahtuu tyypillisesti kauko-ohjauksella automaatiojärjestelmän kautta ohjaten taajuusmuuttajia, releitä ja kontaktoreita. (Heinonkoski 2013, 112.)

Sähkömoottorit ovat sähkömekaanisia laitteita, joten vikaantuminen johtuu sähköisistä, mekaanisista tai ulkoisista syistä. Sähköisiä vikoja aiheutuu moottorin

käämityksen kierros-, vaihe- tai maaokosulkutilanteista. Taajuusmuuttajakäytöt voivat aiheuttaa akselijänniteitä- ja virtoja, jotka vaurioittavat lähinnä laakereita. Mekaanisia vikoja ovat roottori-, staattori- ja laakerivauriot. Moottorissa voi ilmetä myös vaihde- ja tuuletinvaurioita, jos ne ovat integroitu moottoriin. (Halme & Parikka 2005, 9.)

Moottorin kytkentävikojen etsintä aloitetaan pää- ja ohjausvirtapiirikavioista. (Heinonkoski 2013, 114.) Alla on taulukoituna joitakin vikoja ja syitä vioille päävirtapiiriin ja ohjausvirtapiiriin liittyen. Päävirtapiirin viat saavat aikaan sulakkeiden, kontaktorien ja releiden laukeamisia sekä viat vaikuttavat moottorin pyörimiseen ja kuumenemiseen.

TAULUKKO 5. Päävirtapiirissä mahdollisia vikatapauksia ja syitä (Heinonkoski 2013, 114).

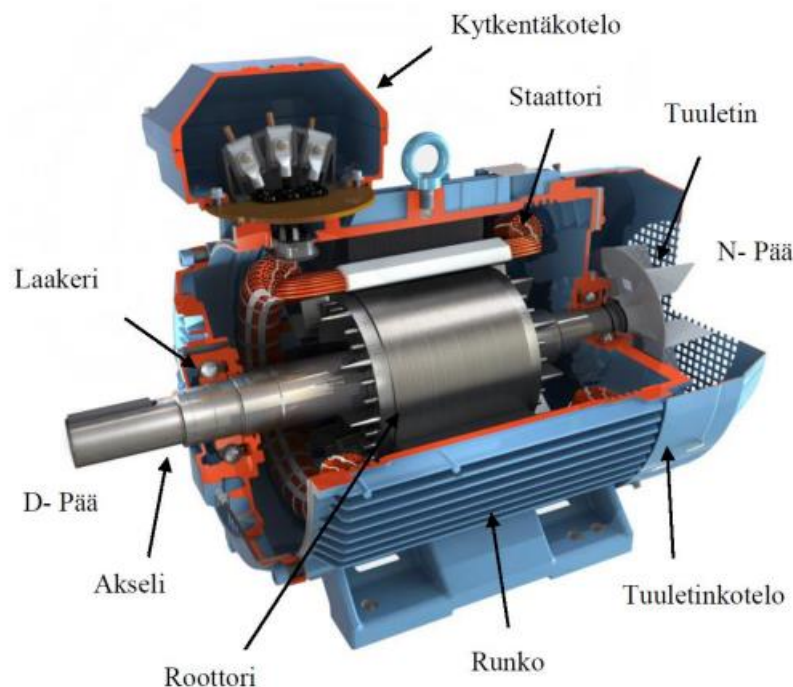
Vika	Syy
Moottorin pääsulakkeet ovat lauennet tai yksittäinen automaatti on lauennut.	Ylikuorma
Moottori kuumenee.	Ylikuorma
Moottori pyörii liian hitaasti.	Ylikuorma tai alijännite
Moottori pyörii väärään suuntaan.	3-vaihemoottorin johtimet ovat väärin päin.
Lämpörele toimii usein.	Ylikuorma tai alijännite

Ohjausvirtapiirin viat vaikuttavat moottorin toimintaan ja ohjaukseen. Ohjaussignaali ei toimi oikein, jolloin vaikutus voi näkyä moottorin suunnan tai nopeuden säätelyssä.

TAULUKKO 6. Ohjausvirtapiirissa mahdollisia vikatapauksia ja syitä (Heinonkoski 2013, 114).

Vika	Syy
Moottori ei toimi, vaikka ohjauspainonapeista painetaan.	Huono kosketus
Merkkilamput eivät toimi oikein, kun moottori pyörii.	Väärä kytkentä tai oikosulku
Moottorin kauko-ohjaus ei toimi.	Vialliset painonapit tai välireleet Virheellinen kytkentä

Sähkömoottoreiden yksi yleisimmistä moottorityypeistä on oikosulkumoottori, koska sillä on vähäinen huollontarve ja hyvä hyötysuhde. Rakenteeltaan se on hyvin yksinkertainen. (Salenius 2012, 6.) Alla olevassa kuvassa on esitelty oikosulkumoottorin rakenne, joka auttaa ymmärtämään moottorin sisäisten vikojen sijaintia. Staattorin ja roottorin välissä on ilmaväli, jotta roottori pääsee vapaasti pyörimään. Staattorissa ja roottorissa sijaitsevat käämitykset (Seppälänna 2014, 14).



KUVA 14. Oikosulkumoottorin rakenne (Seppälänna 2014, 15).

Esitellään seuraavaksi sähkömoottorin sisäisiä vikoja. Jaetaan viat syntypaikan ja alkuperän mukaan sähkömoottorin roottorin ja staattorin välille. Taulukoissa 7 ja 8 on esitelty vikatyypit ja näiden syyt.

TAULUKKO 7. Staattoreihin liittyvät vauriot (Halme & Parikka 2005, 11).

Vikatyypit	Vian mahdollinen aiheuttaja
Runkovärähtelyt	Magneettisen voiman epäsuhteellisuus, käämin liikkuminen urassa, syöttöjännitehäiriöt, ylikuormitus, virheelinen eristys, roottori-iskut
Staattorin maavirheet	Runko-oikosulku, eristehankauma, lämpösyklit, puutteellinen laminointi, höllät urakiilat, sähköshokki
Eristevaurio	Huollon tai asennuksen aikainen vaurio, liialliset käynnistykset, korkea tai matala ilmankosteus ja lämpötila
Staattorin kierrosoikosulku	Liiallinen lämpeneminen, äkillisesti nouseva syöttö, korkea kosteuspitoisuus, värähtelyt, epäpuhtaudet voitelusta
Staattorin vaiheoikosulku	Eristevaurio, korkea lämpötila, syöttöjännitehäiriöt, käämien löysä kiinnitys
Johteen siirtymä	Virheistä johtuvat shokkikuormitukset, toistuvat käynnistykset, käämien päiden värähtely
Sähköiset kytkentävauriot	Höllät liitokset, epäpuhtaudet, liiallinen värähtely

Laakereiden viat ovat jaoteltu roottorien vikatyyppeihin pyörimisluonteen vuoksi. Tyypillisiä roottorin vikaantumiseen johtavia syitä on dynaaminen tai staattinen epäkeskisyy eli jotkin roottorissa olevat rakenteet pääsevät liikkumaan epäsymmetrisesti toisiinsa nähden, eivätkä ole keskellä tarkoitetun olinpaikan keskipistettä. Myös linjausvirheet ovat vaikuttava tekijä ennenaikaiseen vikaantumiseen. Nämä vaikuttavat magneettisen voiman epäsuhteellisuuteen. (Halme & Parikka 2005, 9.)

TAULUKKO 8. Roottoreihin liittyvät vauriot (Halme &amp; Parikka 2005, 11).

Vikatyyppi	Vian mahdollinen aiheuttaja
Laakerivika	Puutteellinen eristys, virheellinen kuormitus, magneettisen voiman epäsuhteellisuus, ylikuumentuminen, puutteellinen voitelu, likainen voiteluaine
Rikkoutunut roottoritanko	Lämpösyklit, magneettisen voiman epäsuhteellisuus, suuret lyhytaikaiset liikkeet, negatiivinen syöttösykli
Roottorirungon vauriot	Virheellinen roottorin liike tai valmistus, lämpösyklit, ylikuormat
Laakereiden linjausvirhe	Puutteellinen tai väärä kytkentä, suuret laakerivälit, ylikuormat, virheellinen asennus
Roottoreiden linjausvirhe	Virheellinen asennus, laakerivaurio, magneettisen voiman epäsuhteellisuus
Laakerin puutteellinen voitelu	Ylikuumentuminen, tiivistevauriot, likainen voiteluaine
Roottorin mekaaninen tai lämpötekkinen epätasapaino	Päätyrenkaan liike, epäsymmetrinen "estyminen"

Moottoreihin on hyvä tehdä vuosittain vuosihuoltotoimenpiteet ja -tarkastukset. Tarkastuksiin kuuluu kytkentöjen, pulttien, akselitiivisteiden ja puhtauden tarkistus. Tarkistetaan, onko kytkennät ja pultit löystyneet. Akselitiivisteiden ja liitinkotelon kunto ja puhtaus tulisi olla moitteettomat. Ulkoiset suojaukset liikkuvien ja pyörivien osien ympärillä tulee olla hyväksyttävät. Tuuletin, joka jäähdyttää moottoria tarkistetaan puhtauden ja toimivuuden osalta, jotta moottorin ilmanvaihto toimii jäähdyttäen moottoria ja estäen ylikuumentumiselta. Laakerit tulee tarkistaa mahdollisilta vaurioilta ja rasvata. (Moes n.d., 4.)

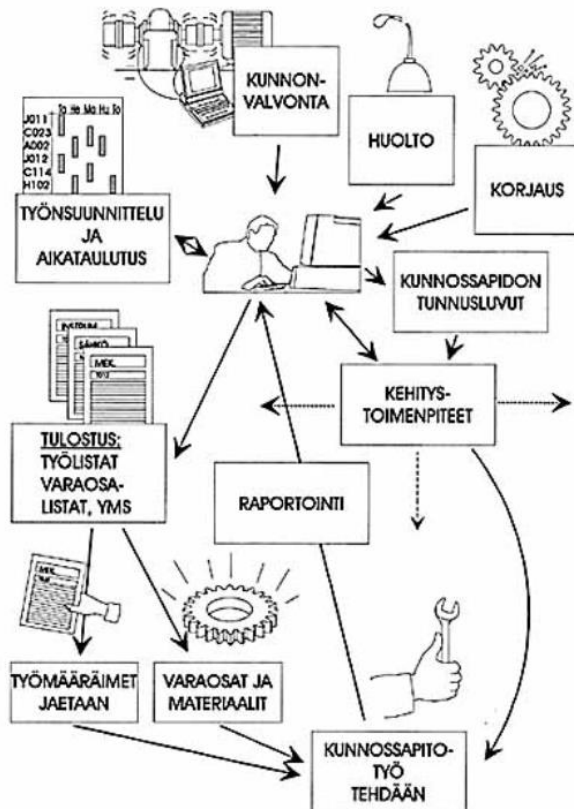
### 3 KUNNOSSAPITOJÄRJESTELMÄ

Kunnossapitojärjestelmä on suunniteltu tukemaan työsuunnittelua, ennakko-huoltoja ja kohteiden korjaamisia. Tietojärjestelmää voi seurata asentajat, työnjohto ja muut järjestelmään käsiksi pääsevät käyttäjät reaaliaikaisesti saamalla tietoa erilaisista laitteista ja tehdyistä sekä tulevista toimenpiteistä tuotantolaitoksessa. (Heinonkoski 2013, 225.)

Järjestelmään voidaan esimerkiksi tehdä vikailmoituksia, jotka työnjohto tai vian merkitsijä asettavat suoraan työmääräyksenä hoidettavaksi vian hoitavalle asentajalle tai käyttäjäryhmälle. Työmääräys voidaan ajoittaa haluttuun ajankohtaan viikoille, päiville tai tunneille kiireellisyyden mukaan. (Heinonkoski 2004, 28.)

Hyvä ja ajantasainen kunnossapitojärjestelmä auttaa ennakkovalmisteluissa tulevaa kunnossapitotyötä varten. Kun seuraava kunnossapitotyö otetaan vastaan, asentaja voi katsoa kunnossapitojärjestelmästä työkohteen, huoltohistorian ja suoritusajat, varaosat, tarvikkeet ja työhjeet. Tämän perusteella voidaan suunnitella työn aloitusajankohta ja tarvittavat ulkopuoliset resurssit. Kunnossapitotyön edetessä asentaja tallentaa tietoa järjestelmään kirjaamalla tapahtumat ja tekemänsä huomiot. Työhistorialla on merkitystä seuraavaa huoltoa suunniteltaessa. (Heinonkoski 2013, 232-233.)

Alla olevassa kuvassa 15 visualisoidaan kunnossapitojärjestelmän kautta tehtävää toiminnanohjauksen hallintaa. Järjestämän käyttäjillä on suuri merkitys tiedon siirtämisessä järjestelmään, jotta esimerkiksi kuvassa esitellyt toiminnot voivat toimia sujuvasti. Myös tarvittavat tiedot koskien laitteistoa pysyvät ajan tasalla ja käytettävissä.



KUVA 15. Kunnossapidon hallintaa tietojärjestelmän kautta (Opetushallitus n.d.).

### 3.1 Kunnossapidon tietojärjestelmän toiminnot

Kunnossapitojärjestelmiä tarjoaa usea eri valmistaja, joten järjestelmän käyttöliittymä ja toiminnallisuudet voivat vaihdella hyvinkin paljon eri valmistajilla. Yhdistävä tekijänä on järjestelmän sisältö, johon sisältyy alla seuraavanlaisia osioita. Yritys valitsee ja päättää, mitä toiminnallisuuksia haluaa sisällyttää järjestelmäänsä. (Järviö yms. 2007, 221.)

*Posti* on käyttäjien välinen kommunikointipalsta työtilauksiin ja tilauskehotusten käsittelyyn ja hyväksyntään liittyen. Viestit ohjataan yleensä järjestelmän lisäksi käyttäjän työsähköpostiin. (Heinonkoski 2013, 225.)

*Kunnossapitokortisto* on tietokokoelma, jota pidetään kunnossapitojärjestelmän runkona (Järviö yms. 2007, 222). Kortisto sisältää koko tuotantolaitoksen tekniset tiedot prosessipaikkoineen ja laitteineen sekä varaosa- ja asiakirjatietoineen. Ylläpidetään kaikki tekniset tiedot laitoksen kunnossapidettävistä kohteista. (Heinonkoski 2013, 225.) Kortisto toimii yleensä hierarkkisesti eli hierarkiapuu alkaa

esimerkiksi tuotantolaitoksesta tai prosessista ja pidemmälle puussa mentäessä päästää tutkimaan toimilaitteen yksittäisiä osia. (Ruukonen 2014, 13.)

*Laitekortisto* sisältää laitekortteja, joihin lisätään laitteiden tiedot. Laitekorttiin kirjataan laitteen tunniste, nimi, paikka hierarkiassa, laitepaikka, yleistiedot, hankintatiedot, tekniset tiedot ja muut olennaiset tiedot. Laitetunnukset pysyvät samoina koko elinjakson ajan. Tietty pumpppu voidaan nimetä esim. tunnuksella PM001, jossa PM on lyhenne pumpusta ja numero kertoo prosessin osassa olevan pumpun järjestysluvun tai lukumäärän. Laitekortisto on osa kunnossapitokortistoa. (Opetushallitus n.d.)

*Kuvakortisto* sisältää sähköisten dokumenttien liitteet eri kunnossapitokohteista (Heinonkoski 2013, 225). Tällaisia voivat olla esimerkiksi laitteiden valmistajilta saadut kuvalliset käyttöohjeet tai laitteiden tekniset piirustukset. Dokumenttien hallintaan liittyen voi olla erillinen ohjelmisto kunnossapitojärjestelmän rinnalla, jotta voidaan dokumentteja hallita organisoidummin niille tarkoitetulla ohjelmistolla. (Järviö yms. 2007, 241-242.)

*Töiden hallinta* osiossa käsitellään työtilaukset ja vikailmoitukset jatkokäsittelyineen esimerkiksi kuormituksellisesti, työn jaollisesti ja työnvaiheistuksellisesti (Heinonkoski 2013, 225).

*Päiväkirja* on muistivihko, johon kirjataan päivittäin tuotannon ja kunnossapidon tapahtumat, mikä mahdollistaa tietyn päivän tapahtumiin palaamisen. Kirjoitukset tulevat helposti esille sähköisesti järjestelmään jokaiselle käyttäjälle luettavaksi. (Heinonkoski 2013, 226.)

*Huoltotöiden hallinta* eli käytännössä huoltokortisto, johon generoituu säännöllisesti toistuvat aikaan perustuen tehtävät kunnossapito- ja ennakkohuoltotyöt. (Heinonkoski 2013, 226.) Huollot voivat generoitua huoltotöiden hallintasivulle myös käyttömäärään perustuen. Laitteen käyttötietoja kerätään ja käyttöaika mitataan, jolloin tietyn lukuarvon ylittyessä huolto tulee suorittaa. (Pinja Tietopankki n.d.).

*Varaosakirjanpito* helpottaa ylläpitämään kirjaa varastossa olevien varaosien määrästä. Jokaisen varaosan käyttökohde, toimittaja sekä hinta on mainittuna. Parhaimmillaan varaosakirjanpito ilmoittaa, milloin varaosaa olisi tilattava, jotta pidetään varasto minimivarastosaldoissa. (Heinonkoski 2013, 226.)

*Hankinta* osio sisältää tarjouspyyntöjen ja tilausten laadinnan, toimitusten valvonnan ja vastaanoton sekä laskujen käsittelyn (Heinonkoski 2013, 226).

Kunnossapitojärjestelmällä voi olla muita liittyviä toisiin järjestelmiin esimerkiksi kunnossapidon kustannuslaskentoihin, kirjanpitoon, automaatiojärjestelmiin, loogikkajärjestelmiin, palkkajärjestelmää, projektinhallinta ja suunnittelujärjestelmiin. (Heinonkoski 2013, 226.)

### **3.2 Oikeanlaisen kunnossapitojärjestelmän valinta**

Kunnossapidonhallintaan kehitettyjä ja tarkoitettuja järjestelmiä on markkinoilla useita erilaisia. Tärkeää on kartoittaa, mikä sopisi palvelemaan juuri oman yrityksen ydinprosesseja. Järjestelmän valintaa tehdessä kannattavaa on ottaa kaikki järjestelmänkäyttäjät mukaan, kuten asentajat ja tuotannon työntekijät, kertomaan mielipiteitään järjestelmän tarpeita kohtaan. Tämä helpottaa käyttäjiä varsinaisessa käyttöönotossa, kun heillä on jo tietoa järjestelmän toiminnasta tai rakenteesta. (Pinja n.d., 11, 15.)

Järjestelmissä on eroja sekä ominaisuuksiltaan että käytettävyyden suhteen. Järjestelmän tulisi olla käyttöliittymältään selkeä ja tukea kunnossapidon hallintaa. Käyttäjiä helpottava personointi auttaa asentajia ja tuotannon työntekijöitä löytämään itselle kohdennetut tehtävät kuitenkin piilottamatta yleistä näkymää useammalta käyttäjäryhmältä. Järjestelmä voi tukea käyttäjien toimintaa esimerkiksi mobiilikäyttömahdollisuudella, mikä ei sido tietokoneen ääressä istumiseen kunnossapitotietoja kirjatessa. (Pinja n.d., 15.)

Tulevaisuutta silmällä pitäen järjestelmään tulisi jättää tilaa kasvulle. Myöhemmin voi olla tarvetta päivittää laajennusmahdollisuuksia kunnossapitojärjestelmään,

joten järjestelmätoimittajaan kannattaa pitää yhteys yllä. Ennen varsinaista järjestelmätoimittajan valintaa kannattaa selvittää heidän asiantuntevuutensa ja toimialatuntemuksensa, mikä auttaa kunnossapitojärjestelmän räätälöinnissä yrityksen tarpeisiin. (Pinja n.d., 16-19.)

### 3.2.1 Kriteerit prosessiautomaatiolaboratorioon

TAMKin prosessiautomaatiolaboratoriossa olevat laitteistot ja prosessit ovat tarkoitettu opetuskäyttöön ja siitä syystä ne ovat selkeitä ja yksinkertaisia kokonaisuuksia, eivätkä ole laitemäärältään kovinkaan suuria. Kunnossapitojärjestelmä, joka sopii laboratorioon voi olla hyvinkin yksinkertainen, mutta sen on sovittava myös opetuskäyttöön. Prosessilaitteiston ylläpitoa parantavat ominaisuudet tulisi olla helppokäyttöisiä ja selkeitä.

Ehdottomiin kriteereihin kuuluu laitekortisto, johon saadaan laitteet selkeästi kirjattua ja jäseneltyä. Laitekortiston tulisi sisältää asennus- ja huolto-ohjeet sekä datalehdet, joita laitteista on saatavilla sekä myös mahdolliset piirustukset helpottamaan uuden laitteen hankintaa. Kun internetistä etsiä dokumentteja, niitä ei välttämättä löydy enää myöhemmin, koska ne ovat saattaneet poistua laitteen ollessa vanhentunutta tuotantoa. Kätevämpää on saada ladattua eri tiedostot kunnossapitojärjestelmään, jotta ne löytyvät varmemmin ja nopeammin.

Laitteet tarvitsevat huoltoja. Tarvitaan siis huoltojen suunnitteluun, aikataulutukseen, ohjeistukseen ja seurantaan yksi selkeä osio. Huollot tulee olla jäsenelty omalle sivulleen, josta nähdään tulevat määräaikaishuollot ja -tarkastukset. Nähdään myös, mitkä huollot ovat myöhässä. Näiden lisäksi huoltohistoriaan tulisi päästä käsiksi, jotta nähdään, mitä kullekin laitteelle on tehty ja milloin.

Laitteen rikkoutuessa tai muuten virheellisesti toimiessa vika- ja häiriöilmoitusten kirjaaminen järjestelmään tulee olla omana toimintonaan. Näin pystytään tuomaan esille vialliset laitteet ja muistuttamaan paremmin korjaamis- tai uusimistarpeesta. Tähän liittyen myös päiväkirja- tai muistutusominaisuus voivat auttaa tärkeimpien huomioiden tuomisessa esiin.

Laitevarastoja prosessiautomaatiolaboratorion laitteille ei ole paljoakaan, mutta käyttämättä jääneet laitteet tulee lisätä järjestelmän varasto-ominaisuuteen. Näin saadaan kartoitusta ylimääräisinä lojuvista laitteista ja niiden mahdollisista sijainneista. Pidemmän päälle tämä ei välttämättä toimi, koska kirjaamiset voivat jäädä vähälle. Selkeät yksittäiset ylimääräiset laitteet tai varaosat olisi silti hyvä kirjata järjestelmään. Varasto-sivulle pitää pystyä merkata laitetoimittajien ja jälleenmyyjien tiedot.

Jos kunnossapitojärjestelmään on saatavilla mobiilisovellus tai selainversio, joka on optimoitu mobiililaitteelle, sellaisesta olisi hyötyä. Tämän avulla mobiililaitteella voi kirjata nopeat toimenpiteet järjestelmään, eivätkä jää vahingossa kirjaamatta. Mobiilisovellus laskee kynnyistä pitää yllä järjestelmätietoja.

### **3.3 Kunnossapitojärjestelmien vertailu**

Kunnossapitojärjestelmien vertailussa käytetään suurempien ja pienempien järjestelmäntarjoajien järjestelmiä, joita valikoitua kahdeksan kappaletta. Suurin osa ovat tunnettuja ja paljon käytettyjä monilla eri toimialoilla, mutta teollisuus on yksi suurimmista käyttäjäkunnista. Vertailussa haettiin aikaisemmin jo mainittujen kriteerien pohjalta ominaisuuksia, joita kunnossapitojärjestelmässä tulisi olla prosessiautomaatiolaboratorion tarpeeseen nähden. Kunnossapitojärjestelmät ja niiden ominaisuuksia on listattu taulukkoon 9. Taulukon tekeminen helpotti järjestelmien vertailussa.

Toiset järjestelmäntarjoajat tuovat sivuillaan enemmän tietoa järjestelmästä ja toiset vähemmän. Monet kunnossapitojärjestelmät ovat personoitavissa oman toimialan tarpeisiin, joten järjestelmäntarjoajalta kysymällä lisätietoja saadaan tarkempaa tietoa järjestelmän sopivuudesta omaan toimintaan. Suurimmilla palveluntarjoajilla on useita lisäosia, joita voidaan laajentaa tai integroida järjestelmään, jotta saadaan esimerkiksi vielä kokonaisvaltaisempi dokumentaation hallinta tai parempaa analytiikkaa huolloista tai tuotantolaitteista.

Yksinkertaisempia järjestelmiä vertaillussa ovat Mainiox CMMS ja Alldevice CMMS. Ne ovat vähiten ominaisuuksia sisältäviä ja sopivat pienempään toimintaan, joten hinnaltaan ovat varmasti halvempia kuin suuremmat järjestelmäntarjoajien järjestelmät. Näissä kahdessa järjestelmässä on huoltoihin ja niiden lisäämiseen liittyvät olennaiset asiat. Muita järjestelmien ominaisuuksia ovat esimerkiksi historia, tietyltä osin laitedokumenttienhallinta ja varastonhallinta. Järjestelmät ovat selainpohjaisia ja niihin on saatavissa erillinen mobiilisovellus.

Mainioxin ja Alldevicen internet-sivuilla on tuotu selkeästi esille käyttöliittymää ja kerrottu yksityiskohtaisesti järjestelmäosioista, joten niiden perusteella saadaan selkeä kuva sisällöstä. Mainiox CMMS ja Alldevice CMMS eivät täysin kumpikaan täytä kaikkia kriteereitä prosessiautomaatiolaboratorioon. Viisainta on valita kerralla edistyneempi järjestelmän, jotta kaikki tarvittavat ominaisuudet löytyvät myös tulevaisuuden tarpeisiin ja sopivat monipuolisesti opetuskäyttöön.

Wahti kunnossapito on lähinnä vain huoltoihin tarkoitettu alusta, joten ei välttämättä sovi ominaisuuksiltaan muuhun toimintaa kovin hyvin. Toisaalta Wahti kunnossapito on laajennettavissa muilla Instan järjestelmillä, joissa on enemmän laitoksen elinkaarenhallintaan liittyviä ominaisuuksia. Tätä ei kuitenkaan haeta.

Spotilla, VincitEAM ja Idus Online ovat jo monipuolisempia sekä edistyneempiä kunnossapitojärjestelmiä aikaisempiin verrattuna. Näistä löytyvät kaikki ominaisuudet, joita laboratorioon tarvitaan sekä vähän enemmänkin. Ominaisuuksista löytyvät kaikki samat toiminnot, mitä Mainiox CMMS ja Alldevice CMMS -järjestelmistä, mutta projektien hallinta- ja hankintaominaisuudet sekä töiden suunnitteluominaisuudet ovat selvästi kattavammat. Myös erilaisten dokumenttien säilyntä on paremmin jäsenneilty. Ominaisuuksiltaan Spotilla, VincitEAM ja Idus Online eivät eroa kovinkaan paljoa toisistaan, joten asiakastuki, käyttöliittymä ja käytettävyys sekä hinta tulevat näiden välillä ratkaisemaan.

MaintALMA ja Novi vaikuttavat olevan suunnattu päällepäin katsottuna isoille tuotantolaitoksille tai suuremmille kunnossapitojärjestelmää tarvitseville yrityksille. Näiden järjestelmäntoimittajat pystyvät vastaamaan suurten asiakkaiden tarpeisiin. Heidän internet-sivuillaan toisaalta sanotaan, että järjestelmät ovat sopivia pienemmillekin asiakkaille, joten variaatioita sisällöistä on varmasti saatavilla.

MaintALMA on suuri tietojärjestelmätoimittaja, joten monenlaisia järjestelmälaajennuksia on saatavilla keskittyen esimerkiksi dokumentaatioon tai projektien hallintaan. MaintALMA ja Novi sisältävät älykästä analytiikkaa ja prosessilaitteisiin liittyvää mittaustiedon seurantaa, mikä tekee järjestelmistä hyvin edistyneet. Asiakastuki on erinomainen, koska järjestelmäntarjoajat ovat suuria, jolloin resursseja on paljon tarjolla. Prosessiautomaatiolaboratorioon kannattaa kuitenkin katsoa aluksi jotain muuta kuin näitä järjestelmäntarjoajia, koska valinnan varaa on saatavilla astetta yksinkertaisemmista järjestelmistä.

Taulukosta 9 nähdään yksityiskohtaisempi tarkastelu eri kunnossapitojärjestelmien ominaisuuksista, joita kriteerien pohjalta on listattu ominaisuussarakkeeseen. Ominaisuus on ruksattu järjestelmän alta, jos se täyttyy.

#### TAULUKKO 9. Kunnossapitojärjestelmien vertailutaulukko.

Ominaisuus	MaintALMA	Novi	Spotilla			VincitEAM	Alldevice CMMS	Wahti kunnossapito	Idus Online
			(Professional)	Mainiox CMMS	Atmotics Oy				
1 Tarjoaja	Vitec	Pinja	Atmotics Oy	Mainiox	Vincit	Alldevice	Insta	Novotek	
2 Helpokäyttöinen, selkeä	x	x	x	x	x	x	x	x	
3 Huoltoaikataulu, huoltotiedot,	x	x	x	x	x	x	x	x	
4 Historia	x	x	x	x	x	x	x	x	
5 Vika- ja häiriöilmoitusten tekeminen	x	x	x	-	x	x	x	x	
6 Kone- ja laitekortistot	x	x	x	x	x	x	x	x	
7 Dokumentaatio ja dokumentointien	x	x	x	x	x	x	x	x	
8 Varastonhallintatoiminnot, varaosat	x	x	x	x	x	x	-	x	
9 Projektien hallinta, suunnittelu, edistyminen, toteuma	x	x	x	-	x	-	-	x	
10 Hankinnat, ostot	x	x	-	-	x	-	-	x	
11 Kustannuseuranta	x	x	-	x	-	-	-	x	
12 Huoltoyhtiöiden ja varaosaliikkeiden yhteystiedot	x	x	x	x	x	-	-	x	
13 Päiväkirja	x	x	x	-	x	-	-	-	
14 Muistutukset, hälytykset	x	x	x	x	x	x	x	x	
15 Personointityökaluja, suodattimia	x	x	x	-	x	x	x	x	
16 Integroitavissa muihin järjestelmiin	x	x	-	x	x	-	x	-	
17 Päivitettävyys	x	x	x	x	x	x	-	x	
18 Selainpohjainen	-	x	x	x	x	x	x	x	
19 Pilvipohjainen	-	pilv.palv.asiak	x	x	-	-	x	x	
20 Työpöytäpohjainen	x	-	-	-	x	-	x	-	
21 Mobiilikäyttö (selain/sovellus)	x	selain	selain/sovellus	sovellus	sovellus	sovellus	sovellus	sovellus	
22 Pienemmillä toimijoille sopiva	x	x	x	x	x	x	x	x	
23 Kokeiltavissa ilmaiseksi rajoitetun	-	-	x	x	-	-	-	-	
24 Lisäosia saatavilla	DocALMA, FieldALMA, ProjectALMA, EhsqAlma	Novi BI					Laajennet- tavissa		

Vertailussa päädyttiin valitsemaan tarkempaan tarkasteluun kolme järjestelmää, jotka olivat VincitEAM, Idus Online ja Spotilla. Nämä kolme vaikuttivat potentiaalisimmilta näistä kahdeksasta vertailussa olleesta järjestelmästä. Yhteyttä järjestelmäntarjoajiin otettiin heidän internet-sivujen kautta yhteydenottolomakkeella. Yhteydenottoviestissä kyseltiin järjestelmistä lisätietoja, joita ei mahdollisesti löytynyt internet-sivuilta esimerkiksi käytettävyydestä, ominaisuuksista ja hinnasta.

Spotillalta tuli viestiä saman päivän aikana ja VincitEAM:lta ja Idus Online:lta parin arkipäivän päästä.

Spotillan materiaali oli hyvin monipuolista. Vaikutti siltä, että heiltä annettiin kaikki mahdollinen materiaali, mitä oli saatavilla. Tämä antoi hyvin positiivisen kuvan ja aidosti avoimen kuvan kunnossapitojärjestelmän käyttöönotosta hinnoitteluun ja sisältöön. Spotillalla on saatavilla myös ilmainen kokeilujakso, jonka kautta on mahdollista kokeilla järjestelmää, mikä on suuri plussa.

Idus Online:n annettu materiaali oli vähäinen, mutta antoi kuvan siitä, millaisia eri järjestelmäsivustoja on käytettävissä milläkin hintatyypeillä. Tämä antoi samalla kuvaa järjestelmäominaisuuksista. Hintoja ei kuitenkaan määritelty eri hintatasoille. Viesti oli lyhyt ja pääpaino oli omatoimisesti etsiä ja koota tietoa järjestelmästä internet-sivujen avulla.

VincitEAM:sta ei annettu mitään uutta tietoa, mitä internet-sivulta ei olisi jo löytynyt. Minkään näköisiä hintatietoja tai osviittaa järjestelmän hinnoista ei ole saatavilla, eikä myöskään annettu. Todennäköisesti hinta räätälöityy sen mukaan, mitä järjestelmältä halutaan.

Näistä kolmesta tarkemmin tarkastellusta järjestelmästä valinta kohdistuisi ensisijaisesti Spotillaan, toiseksi VincitEAM:han ja viimeiseksi Idus Online:en. Spotilla on kilpailukykyinen ja monipuolinen vaihtoehto, jolla on laajakäyttäjäkunta ja helppokäyttöiset ratkaisut kunnossapitoon. VincitEAM on hyvä kilpailija monipuolisuudellaan ja varmalla ammattitaidolla useamman kymmenen vuoden takaa. Järjestelmäkehitystä on ehditty tehdä kauan, joten se on varma ominaisuuksiltaan. Idus Online on myös kilpailukykyinen näiden kahden rinnalla. Ominaisuuksiltaan kilpailijoihin verrattuna pitkälti samaa tasoa.

Loppujen lopuksi kaikki kolme ovat hyvin samankaltaisia järjestelmiä. Jokaisesta löytyy yhtäläisiä ominaisuuksia ja jokaiseen on saatavilla helppokäyttöinen mobiilisovellus. Hinnassa ja käyttöliittymässä voivat esiintyä suurimmat erot.

## 4 KUNNOSSAPITOSUUNNITELMA

Kunnossapitosuunnitelmassa tulisi olla jäsenneily ja dokumentoitu kohteisiin suoritettavat kunnossapitotyöt sisältäen toimenpiteet ja menetelmäkuvaudet, joilla kohteen kunnossapidettävyys voidaan pitää yllä jatkossa. Suunnitelmaan kirjaetaan myös aikataulut, milloin esimerkiksi kohdetta tulisi huoltaa tai testata. Näiden lisäksi suunnitelmaan on hyvä kirjata jo olemassa olevat, selvitettävänä olevat ja hankittavat resurssit mahdollistamaan kohteiden kunnossapitoa. Kunnossapitosuunnitelma määrittelee strategian ja antaa suuntaviivat kunnossapitotoiminnan hallinnalle. (SFS-EN 13306 2017, 8, 10.)

Kunnossapitosuunnitelma olisi hyvä luoda jo tuotanto-omaisuuden suunnittelu- ja hankintavaiheessa. Monesti kunnossapidon osuus hankintavaiheessa ja laitteiston suunnitteluvaiheessa ei ole riittävä, vaikka tarjolla olisi lukuisia menetelmiä, joita voisi soveltaa hankintaprojektin eri vaiheissa. (Kortelainen yms. 2021, 96.)

### 4.1 Kuntokartoitus

Kuntokartoitus tulisi tehdä ennen lopullista kunnossapitosuunnitelmaa. Kuntokartoitus toimii pohjana kunnossapitosuunnitelmalle. Kartoituksen avulla saadaan kokonaiskuva teollisuuslaitoksen tai prosessin osan kunnosta. Kuntokartoitus aloitetaan yksittäisestä laitteesta ja jatketaan haluttuun kartoituskokonaisuuteen tai kokonaisen laitoksen kartoittamiseen. (PSK 6202 2003, 4, 15.)

Kartoituksen avulla kerätään lähtötietoja tarvittaviin kunnossapitotoimenpiteisiin, eikä vielä niinkään määritellä korjaustoimenpiteitä yksityiskohtaisesti. Kuntokartoituksen tavoitteena on siis saada selvitys ensisijaisista korjaustarpeista tai muista tarkemmista tutkimustarpeista. Samalla tehdään ennuste kustannuksista ja korjauksien ajoituksista. Tarvittaessa kuntokartoituksen aikana voidaan arvioida ympäristö- ja turvallisuusriskejä. (PSK 6202 2003, 3-4.)

#### 4.1.1 Kuntokartoituksen valmistelu

Kuntokartoituksen tekee lähtökohtaisesti ulkopuolinen taho, joka tilataan toteutamaan kuntokartoitus. On varmistettava, että kuntokartoittaja on kokenut ja koulutettu henkilö, jolla on oman alansa lisäksi perustietämys muilta tekniikan alueilta ymmärtääkseen suurempia kokonaisuuksia. Kuntokartoituksen suorittaa tästä syystä yleensä useamman henkilön työryhmä, joka sisältää asiantuntijoita useammalta osa-alueelta. (PSK 6202 2003, 7, 10.)

Kuntokartoituksen tilaaja käy tarkkaan kuntokartoituksen toimittajan kanssa kuntokartoituskohteiden laajuuden, tarkempia kuntotutkimuksia sisältävät kohteet ja lisäselvitykset. Tilaaja antaa kartoituksen tekijöille tarkistettavan kohteen laiteposiitiot, käyttötarkoituskuvauksen, prosessitiedot, käyttötiedot, vikahistorian, yleis-tiedot kunnossapitojärjestelmistä ja laitteiden ohjausjärjestelmistä sekä laitteelle tehdyt ja suunnitellut korjaukset. Kuntokartoituksen tekijät tutustuvat aineistoon tarkkaan enne kartoitusta. (PSK 6202 2003, 6.)

Ennen kuntokartoitusta voidaan tehdä käyttäjäkyselyitä ja haastatteluja prosessihenkilöstölle. Kyselyillä kerätään itse käyttäjien kokemukset järjestelmien kunnosta ja toimivuudesta. Ne auttavat kuntokartoittajien työtä etukäteen. (PSK 6202 2003, 9.)

#### 4.1.2 Kuntokartoituksen sisältö

Tilaaja päättää, mitä haluaa kuntokartoituksen sisältävän. Kuntokartoitus voi sisältää muun muassa seuraavia toimenpiteitä:

- kiireellisten korjausten vaativien vikojen erittelyn
- lyhyen aikavälin korjaustarpeiden ja korjausten kiireellisyysjärjestyksen määrittäminen laitteille ja järjestelmille
- maininta tarkempaa seuranta vaativista laitteista
- kohteiden laajempien uusimis- ja parannustarpeiden selvitys
- havainnot merkittävimmistä vahinkoriskeistä laitteissa ja järjestelmissä
- laitteiden tai prosessin turvallisuusanalyysin teko
- selvitys laitteiston yleisestä tilasta verrattuna vastaaviin laitteisiin

- käyttäjäkyselyjen avulla selvitys laitteistossa esiintyvistä ongelmista
- arvio eri rakenneosissa tapahtuvista vikaantumismekanismeista
- tarkempien kuntotutkimusten määrittäminen. (PSK 6202 2003, 7-8.)

Kohteet, jotka ovat ongelmallisia tarkastettavia esimerkiksi piilossa olevat rakenteet ja laitteistot, maassa tai muissa rakenteissa olevat putket tai kaapelit eivät kuulu kuntokartoitukseen tai kunnan tarkkaan selvitykseen. Näiden kanssa keskitytään ongelmien ja riskien tunnistamiseen sekä lisätutkimistarpeen arviointiin muun muassa kohteen näkyvien vaurioiden, iän, materiaalin ja olosuhterakenteen perusteella. (PSK 6202 2003, 11.)

Jokainen kuntokartoittaja täyttää omat lomakkeensa raporttia varten. Tilaajan on avustettava kuntokartoituksen suorituksessa teknistä apua antamalla ja tiedotettava tarvittavat informaatiot. (PSK 6202 2003, 9.)

#### **4.1.3 Kuntokartoitusraportti**

Raportissa kerrotaan arvio kartoitettavan kohteen nykytilasta, kunnosta ja korjaustarpeista. Ensin esitellään kohteen perustiedot ja ominaisuudet. Sen jälkeen käsitellään nykytilanne ja todetaan kohdekohtaiset havainnot sekä annetaan kuntoluokitus 1-4 väliltä. Arvosana 1 vastaa hyväkuntoista uuden veroista laitetta, 2 vastaa tyydyttävää laitteen kuntoa, 3 vastaa välttävässä kunnossa uusimis- tai korjaustarvetta lähivuosina tarvitsevaa laitetta, ja 4 vastaa huonokuntoista heti korjattavaa tai uusittavaa laitetta. Kuntoluokitus täytyy esitellä perusteluin. (PSK 6202 2003, 12-13.)

Toimenpide-ehdotukset kerrotaan viimeiseksi. Ne sisältävät toimenpiteiden kustannusennusteet, suositeltavan toteutusajankohdan ja hyötynäkökulman. Raportti jaetaan yleensä prosessikohteen mukaisesti toiminnallisiin osakokonaisuuksiin, joista eritellään sähkön, automaation, pneumatiikan, hydrauliiikan ja mekaniikan kuntokartoitusosuudet. (PSK 6202 2003, 12, 14.)

Lisätutkimukset kuuluvat kiireellisiin tutkimuksiin, jotka tehdään enne kunnossapitosuunnitelman laadintaa. Lisätutkimuksilla tarkoitetaan tarkempia mittauksia tai kuntotutkimuksia kohteeseen. (PSK 6202 2003, 15.)

Raportin sisällysluettelo voisi näyttää esimerkiksi alla olevan kuvan mukaiselta. Raportin sisältöä on itse päätettävissä sen mukaan, mitä on sovittu kuntokartoituksen sisältävän.

- 1 Yleistä
    - 1.1 Tuotantoprosessin kuvaus
    - 1.2 Tehtävän sisältö ja tavoitteet
    - 1.3 Työryhmä
  - 2 Yhteenveto
    - 2.1 Yleiskuvaus kohteen kunnosta
    - 2.2 Välitöntä korjausta vaativat kohteet
    - 2.3 Tarkastuksessa havaitut riskit
    - 2.4 Tarkastuksen epävarmuustekijät ja lisätutkimusta vaativat kohteet
    - 2.5 Toimenpiteet ja kustannusarvio
  - 3 Tarkastustulokset
    - 3.1 Toiminnalliset osakokonaisuudet kunto-  
luokituksineen
    - 3.2 Tarkastuskohteen turvallisuus
    - 3.3 Tarkastuskohteen energiatalous
    - 3.4 Käyttöolosuhteet
  - 4 Lisätutkimustarpeet
- Liitteet

KUVA 16. Kuntokartoitusraportin sisällysluettelo (PSK 6202 2003, 16).

## 4.2 Kunnossapito-ohjelma

Yksi kunnossapitosuunnitelman osa on kunnossapito-ohjelma, jolla käytännössä toteutetaan suunnitelman tavoitteita määrittelemällä kunnossapitotoimenpiteet ja niiden aikataulutus. Kunnossapito-ohjelmassa määritellään tarkasti esimerkiksi ennakkohuollot ja muut laitteiden huoltosuunnitelmat.

Kunnossapito-ohjelman rakentaminen kannattaa aloittaa keräämällä tietoa eri tietolähteistä. Tämä helpottaa huoltosuunnitelmien laadintaa yksityiskohtaisimmiksi

ja tilanteisiin sopiviksi parantamalla esim. laitteiden turvallisuutta ja vähentämällä laitteiston vikojen määrää. (Atmotics Oy 2023.)

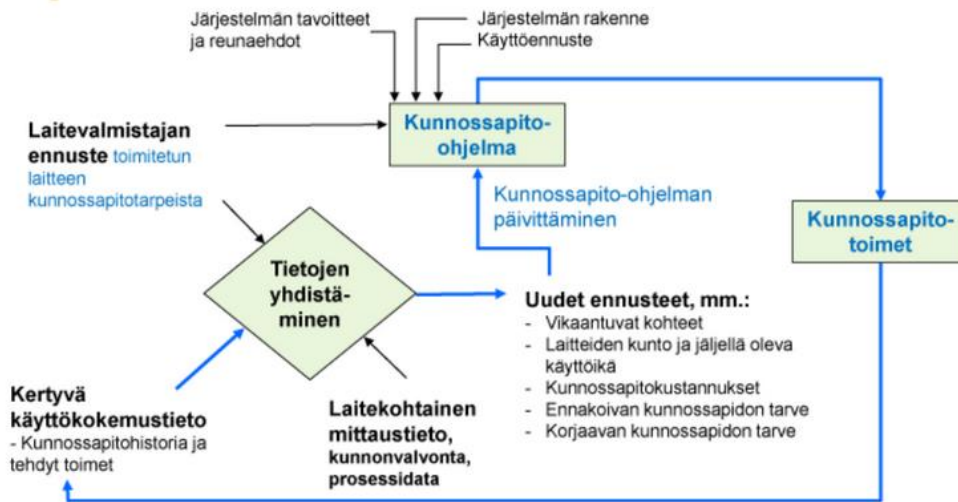
#### 4.2.1 Huoltosuunnitelma

Huoltosuunnitelmaa tehdessä on hyvä ottaa huomioon

- laitevalmistajien ilmoittamat huoltotoimenpiteet ja ennusteet tulevista vioista
- laitekohtaiset mittaustiedot, kunnonvalvonta ja prosessidata, joita saadaan mitattua esimerkiksi automaatiojärjestelmien kautta
- kertyvät käyttökokemukset ja kunnossapitohistoria, joista saadaan taustatietoa sekä huoltojen tarpeelle että ajoitukselle. (Kortelainen ym. 2021, 154.)

Toisaalta täytyy osata ottaa huomioon laitteen nykyinen kunto ja arvioitu jäljellä oleva käyttöikä. Onko laite kenties kriittisessä asemassa tuotannon kannalta ja kunto on alkanut rapistumaan, jolloin täytyisi huoltoväliä pienentää? Tällöin olisi otettava myös huomioon korjaavan kunnossapidon tarve ja puntaroida, onko parempi vaihtaa laite kokonaan uuteen vai jatkaa tihentyneitä huoltotoimenpiteitä. Kunnossapitokustannukset ovat asia, jota täytyy miettiä tarkkaan. (Kortelainen ym. 2021, 154.)

Oheisen kuvan 17 kaavio havainnollistaa kunnossapito-ohjelman suunnittelussa hyödynnettäviä eri tietolähteitä. On aina tärkeää osata sovelluskohtaisesti miettiä, millä tiedolla on suurin painoarvo. Kunnossapidon historiatieto, mittaustieto, järjestelmän käyttö ja käyttäjien tietoon pohjautuva suunnittelu voi olla käytännönläheistä ja yhteistyöllä muodostettua. Hiljaisella tiedon hyödyntämisellä on monesti suuri merkitys. (Kortelainen ym. 2021, 154.)



KUVA 17. Eri lähteistä yhdistävä kunnossapidon suunnittelu (Kortelainen ym. 2021, 154).

#### 4.2.2 Ennakkohuollot

Ennakkohuollot koostuvat pääsääntöisesti määräajoin tehtävistä huolto-, tarkastus-, mittaus- ja puhdistustöistä. Huoltoja suunnitellessa selvitetään, mitkä koneet ja laitteet tarvitsevat ennakkohuoltoa. Tämän jälkeen määritetään, mitä toimenpiteitä kullekin laitteelle tarvitsee tehdä. Lopuksi muodostetaan työn säännöllinen jaksotus. (Järviö yms. 2007, 233.)

Töitä voidaan jaksottaa kalenterin mukaan viikoittain, kuukausittain tai vuosittain tehtäväksi toimenpiteeksi, käyntimäärän mukaan tai tuotantomäärän perusteella. Kehittyneimmillään ennakkohuoltojärjestelmä osaa reaaliaikaisen kuntotiedon perusteella ajoittaa huollon parhaaseen mahdolliseen hetkeen. (Järviö yms. 2007, 233.)

Kalenteriin perustuvat ajoitukset ovat käteviä etukäteen valmistautuessa ja suunnitellessa tulevien viikkojen huoltoja. Toisaalta heikkouksena on se, että huoltoväli ja toimenpiteet määritellään keskiarvo-olosuhteisiin. Huoltoväli ei ota huomioon muuttuvia olosuhteita, joten kevyeen rasitukseen joutuvat koneet voidaan huoltaa liian usein, mutta raskaissa olosuhteissa olevat liian harvoin. Kalenteriin perustuvalla huoltojen jaksotuksella ei välttämättä päästä optimoituihin huoltoväleihin. (Järviö yms. 2007, 233.)

### 4.3 Varaosat

Varaosapolitiikka on keskeinen osa kunnossapitosuunnitelmaa. Varaosien hankintasuunnittelussa arvioidaan varaosien tarvetta ja sijoittamista kustannukset huomioon ottaen. (Heinonkoski 2013, 233-234.)

Varaosien tarvetta kartoittaessa jaetaan varaosat toiminnan ja tarkoituksen mukaan. Varaosat ovat yleensä hintavia, joten kaikkiin koneisiin ei ole syytä hankkia varaosia. On analysoitava, mitkä varaosat ovat toiminnankannalta välttämättömiä. On myös varauduttava toimitusvaikeuksiin ja -aikoihin. (Heinonkoski 2013, 234.)

Varaosat vievät paljon varastotilaa. Mahdollista on, että tavarantoimittaja sitoutuu pitämään varaosia varastossaan, kunnes varaosaa tarvitaan. Tuotantolaitoksella voi olla omia varastoja lähialueella tai itse tuotantolaitoksessa. (Heinonkoski 2004, 115). Pienempiä ja useasti tarvittavia varaosia voidaan säilyttää tuotantolaitoksen omissa varastotiloissa tai lähellä konetta. (Heinonkoski 2013, 234.) Varastokapasiteettiin vaikuttaa myös suuresti lähiseudun palvelukyky, laitetoimittajien ja valmistajien omat varaosatasot ja toimituskyky (Heinonkoski 2004, 114).

### 4.4 Kunnossapitohenkilöstön koulutus, resurssit ja turvallisuusnäkökohdat

Kunnossapitosuunnitelmaan voidaan sisällyttää kunnossapitohenkilöstön koulutusten suunnittelu. Koulutusten suunnittelulla ja toteutuksella taataan kunnossapitäjien ja koneiden käyttäjien turvallinen ja oikeaoppinen tapa toimia laitteiden kanssa. Koulutuksia olisi syytä olla tietyin väliajoin, jotta kunnossapito- ja käyttöhenkilöstön toimintakyky ja työskentely pysyy yhtenäisenä. Monesti kokeneiden harteille voi jäädä haastavimmat kunnossapitotoimenpiteet, joten olisi syytä myös uuden kunnossapitohenkilöstön oppia toimenpiteiden tekeminen. (Järviö yms. 2007, 79.)

Kunnossapitosuunnitelmaa tehdessä on hyvä miettiä, mitä resursseja on käytettävissä. Mitä ja kuinka paljon on syytä siirtää ulkopuolisille tahoille? Nykyään kunnossapito ei rajoitu pelkästään oman henkilöstön osaamiseen. Toisaalta riittävää ammattitaito ei välttämättä löydy omasta takaa varsinkin älykkäiden laitteiden lisääntyessä. Monet yritykset tarjoavatkin koneidensa kunnossapitopalveluita. Suuremmat kunnossapitotyöt voidaan ulkoistaa täysin ulkopuolisille urakoitsijoille ja pienemmät työt jäävät oman henkilöstön harteille. (Julin 2018, 7.)

Kunnossapitosuunnitelmassa olisi hyvä käsitellä erilaisia turvallisuusvaatimuksia- ja ohjeita, jotka koskevat kunnossapitotöitä. Taataan kunnossapitohenkilöstön työturvallisuus ja riittävä tietämys mahdollisista vaaratekijöistä kunnossapitotoimenpiteiden aikana. Etukäteen selvitettyt ja analysoidut riskiarvioinnit nopeuttavat kunnossapitotöihin ryhtymistä, kun erilaisten koneiden ja laitteiden turvallisuusriskit on otettu huomioon. (Tukes 2023.)

Hyvä olisi määritellä myös tarvittavat luvat ja erinäiset koulutukset tiettyihin kunnossapitotehtäviin. Myös jokaiseen työhön on määriteltävä oikeanlainen varustus. Tärkeää on, että kunnossapitohenkilöstöllä on pääsy helposti turvalliseen työntekoon perustuviin ohjeisiin ja asiakirjoihin. (Tukes 2023.)

## 5 KUNNOSSAPITO-OHJELMAN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

Suunnitellaan kunnossapito-ohjelma Tampereen ammattikorkeakoulun prosessi-automaatiolaboratorion suurimpiin opetuslaitteistoihin. Aloitetaan prosessilaitteiden kartoituksella ja listataan ne Excel-taulukkaan. Taulukkaan kirjataan laitteiden positio/sijainti, nimi, tuotekoodit, datalehdet ja linkit tuotteeseen valmistajien internet-sivuille. Näin saadaan laitteet ja niiden tarkemmat tiedot selville nopeasti linkkien kautta tai tarvittaessa etsitään tuote tuotekoodilla internetistä. Jos prosessilaitteelle ei löydy täysin samaa tuotetta internetistä, etsitään vastaavanlainen mahdollisuuksien mukaan. Liitteessä 1 on esimerkki laiteluettelon Excel-taulukon alkuosasta. Kokonainen Excel-tiedosto luovutetaan laboratoriovastaavan käyttöön.

Laiteluetteloiden jälkeen selvitetään eri laitteille tai laitetyypeille ominaiset ennakkohuoltotoimenpiteet ja määräaikaistarkastukset suunnitellusti tietyin väliajoin tehtäväksi. Ennakkohuoltolistat tehdään Excel-taulukkaan, johon kirjataan laitetyyppi, huoltotoimenpiteet, huoltoväli, huomiot, tehdyt huoltotoimet, suorituspäivämäärä, seuraava huoltopäivä ja työntekijän kuittaus. Taulukoita on kaksi erilaista versiota. Näiden Excel-taulukoiden alkuosat ovat liitteissä 2 ja 3. Excel-tiedostot luovutetaan kokonaisuudessaan laboratoriovastaavalle.

### 5.1 Prosessit ja laitteiden huoltotarpeet

Jokaisesta prosessikokonaisuudesta on lyhyt kuvaus, joka antaa kuvan prosessista ja sen toiminnasta. Kuvauksen lisäksi on eriteltyinä prosessin tai prosessin osan tärkeimmät huoltokohteet ja -toimet.

Suurin osa huolloista tulee suunnitella käytön mukaan, joten suoritusajankohdat voivat elää. Koska prosessi-automaatiolaboratorion prosessien käyttö ei ole ympäripäiväistä, voidaan huoltotoimenpiteitä suorittaa tarpeen vaatiessa tai yleensä vähintään vuoden välein tehtäväksi. Suunniteltuja huoltovälejä voidaan tulevaisuudessa pidentää, jos huoltotoimet tuntuvat liian usein tehdyiksi.

Monet laitteet ovat huoltovapaita hyvin pidettyinä, joten yleensä putsaus ja toiminnantarkistus riittää. Jotain laitteita ei edes kannata korjata tai huolto ei ole mahdollista kuin ulkopuolisen ammattilaisen toimesta. Mittareiden ja antureiden kalibrointi on monesti ammattilaisen tehtävä, koska tarvittavia laitteita kalibrointiin ei välttämättä löydy. Kalibrointikin tulee määritellä laitteen käytön ja seurannan mukaan (PSK 3401 2011, 6).

### 5.1.1 Festo prosessiautomaation harjoituslaitteisto

Feston opetuslaitteisto sisältää neljä asemaa eli suodatus-, sekoitus-, reaktio- ja pullotusaseman, joista kerrotaan erikseen lisää yksityiskohtaisemmin. Prosessilaitteiltaan asemat sisältävät hyvin paljon samalaisia laitteita, mutta tiettyjä eroavaisuuksia löytyy asemien väliltä. Asemia voidaan ohjata ja käyttää yhtenä kokonaisuutena tai yksittäin kierrättämällä vettä yhden aseman sisällä.



KUVA 18. Festo prosessiautomaation harjoituslinjasto.

#### Suodatusasema

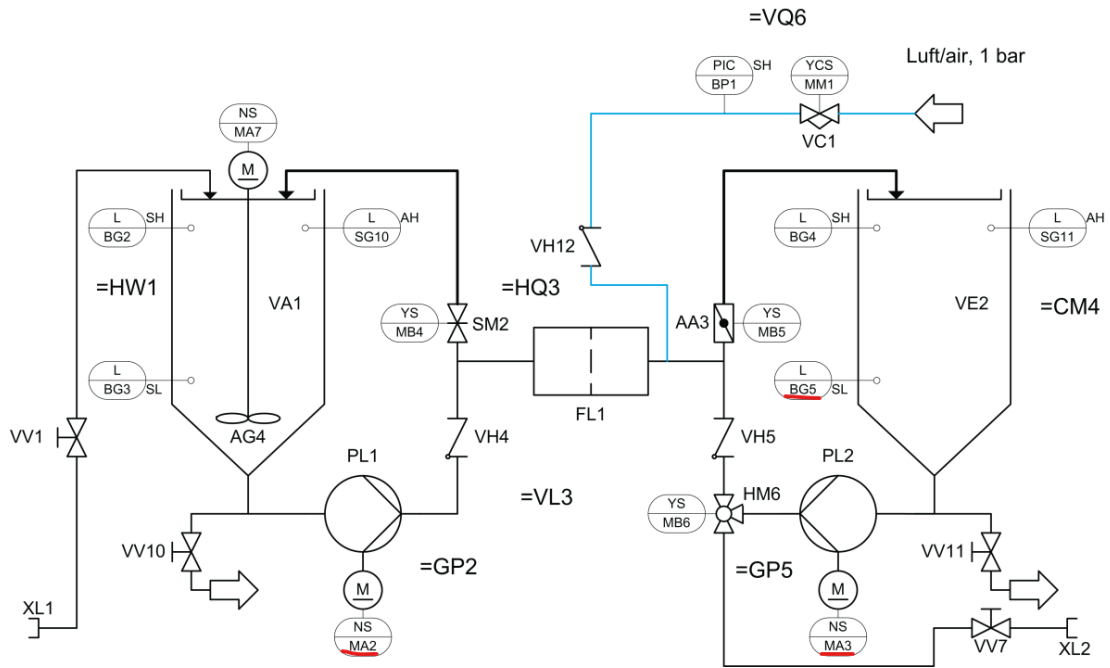
Suodatusasema on ensimmäinen osa Feston prosessiautomaation harjoituslinjastoja. Asema koostuu kahdesta säiliöstä ja niiden välisestä suodattimesta. Suodatusaseman tehtävä on suodattaa nestettä likavesisäiliöstä VE1 suodattimen FL1 kautta säiliöön VE2. Suodatin poistaa paineilman avulla vedestä suurimmat

hiukkaset. Vettä voidaan pumpata kiertovesipumppujen PL1 ja PL2 avulla. (Hel-  
mich 2020, 65.)



KUVA 19. Suodatusasema.

Kuvassa 20 on suodatusaseman PI-kaavio. Punaisella kuvaan on merkattu posi-  
tiot, jotka ovat väärin todellisiin prosessimerkintöihin verrattuna.



KUVA 20. Suodatusaseman putkisto ja instrumentointikaavio (Filtration Learning System 2019, 25).

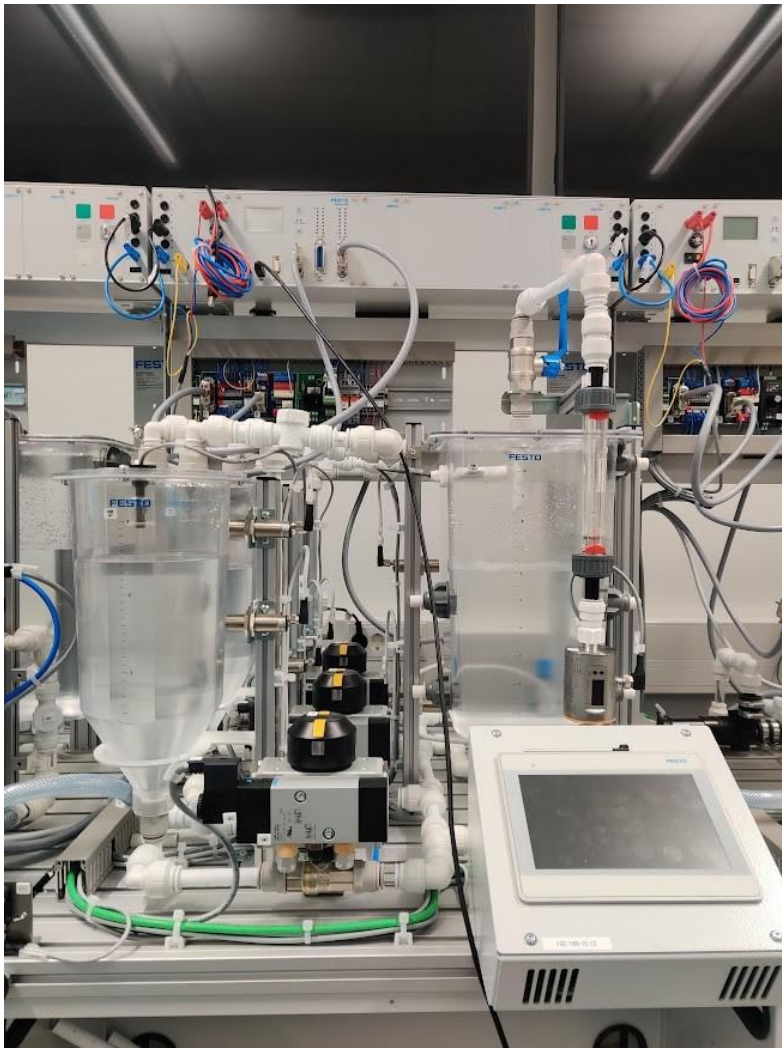
Taulukkoon 10 on korjattu punaisella olevat positiot prosessin mukaiseksi sarakkeeseen "Tunnus prosessissa". Kyseessä on virheellinen numerointi kaaviossa.

TAULUKKO 10. Korvaavat positiot väärille.

Laite	Tunnus PI-kaaviossa	Tunnus prosessissa
Kiertovesipumpun moottori	MA2	MA1
Kiertovesipumpun moottori	MA3	MA2
Kapasitiivinen läheisyysanturi	BG5	BG6

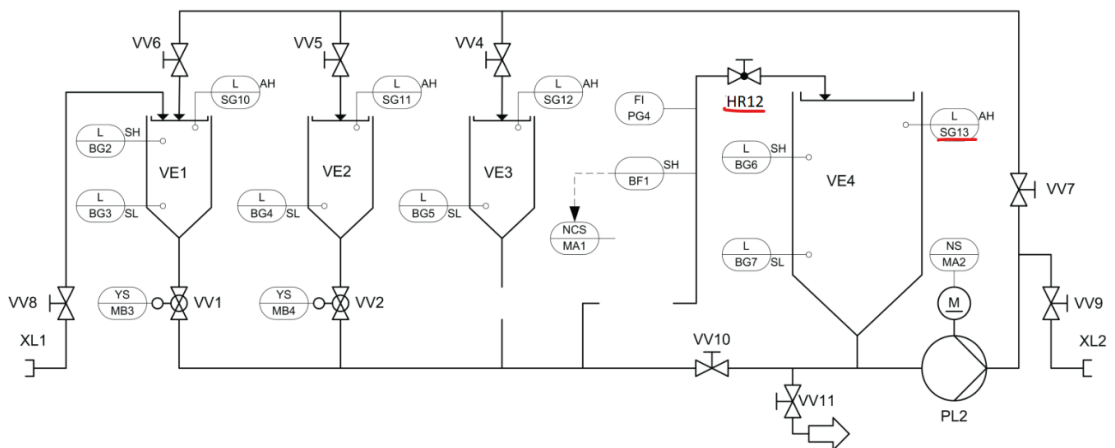
### Sekoitusasema

Sekoitusasema koostuu kolmesta pienemmästä varastosäiliöstä VE1, VE2 ja VE3 sekä yhdestä sekoitussäiliöstä VE4. Varastosäiliöstä venttiilien kautta sää- täen voidaan pumpata pumpulla PL1 vettä sekoitussäiliöön. Tilavuusvirtausta mi- tataan virtausanturilla BF1 pumppauksen aikana. Mittaus näkyy kuvassa 21 oh- jauspaneelin yläpuolella. Toisella pumpulla nestettä voidaan kierrättää varas- tosäiliöön tai seuraavalle asemalle. (Helmich 2020, 191.)



KUVA 21. Sekoitusasema.

Kuvassa 22 on sekoitusaseman PI-kaavio. Punaisella kuvaan on merkattu positiot, jotka ovat väärin todellisiin prosessimerkintöihin verrattuna.



KUVA 22. Sekoitusaseman putkisto ja instrumentointikaavio (Mixing Learning System 2019, 25).

Taulukko 11 sisältää korjaukset. Taulukkoon on korjattu punaisella olevat positiot prosessin mukaiseksi sarakkeeseen ”Tunnus prosessissa”. Merkinnoissa on käytetty väärä kirjaintunnuksia.

TAULUKKO 11. Korvaavat positiot väärille.

Laite	Tunnus PI-kaaviossa	Tunnus prosessissa
Sekoitussäiliön pinnankorkeusmittaus	SG13	WG13
Käsiventtiili	HR12	W12

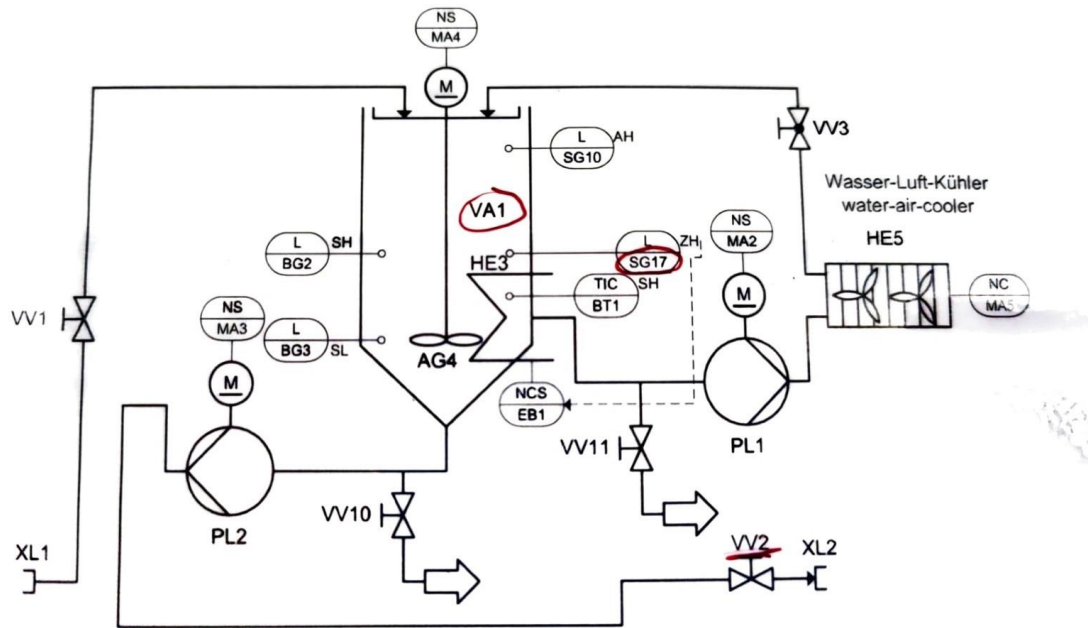
### Reaktioasema

Reaktioasema koostuu säiliöstä, jonka sisällä on vettä sekoittava propelli. Vettä lämmitetään HE3 lämmittimellä haluttuun pisteeseen asti, jonka jälkeen vesi jäähdytetään jäähdytyspiirin läpi. Jäähdytyspiiri koostuu jäähdytyspumpusta PL1 ja vesi-ilmajäähdyttimestä HE5. Pumpulla PL2 voidaan pumpata neste seuraavalle asemalle. (Helmich 2020, 235.) Alla on kuva reaktioasemasta.



KUVA 23. Reaktioasema.

Kuvassa 24 on reaktioaseman PI-kaavio. Punaisella kuvaan on merkattu positiot, jotka ovat väärin todellisiin prosessin merkintöihin verrattuna.



KUVA 24. Reaktioaseman putkisto ja instrumentointikaavio (Reactor Learning System 2019, 25).

Taulukko 12 sisältää korjaukset. Taulukkoon on korjattu punaisella olevat positiot prosessin mukaiseksi sarakkeeseen "Tunnus prosessissa". Käsiventtiili VV2 on merkattu virheellisesti PI-kaavioon punaisella, vaikka positio sekä kaaviossa että prosessissa on täysin oikein.

TAULUKKO 12. Korvaavat positiot väärille.

Laite	Tunnus PI-kaaviossa	Tunnus prosessissa
Tankin pinnankorkeusmittaus	SG17	SG11
Säiliö	VA1	VE1
Käsiventtiili	VV2	VV2

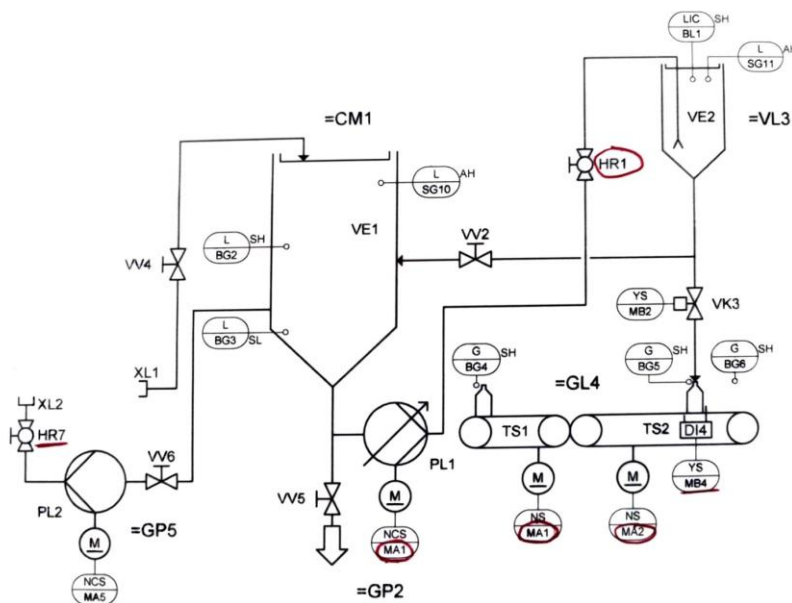
### Pullotusasema

Pullotusasema koostuu kahdesta säiliöstä eli varastosäiliöstä VE1 ja annostelusäiliöstä VE2. Pumpulla PL1 pumpataan vettä varastosäiliöstä annostelusäiliöön. Veden pintaa mitataan ultraäänianturilla. Annostelusäiliöstä lasketaan aikaohjatusti vettä magneettiventtiiliin kautta kuppeihin. Kuppien vesimäärään vaikuttaa venttiilin ohjausaika. Kuljetin liikuttaa kuppeja eteenpäin. (Helmich 2020, 276.)



KUVA 25. Pullotusasema.

Kuvassa 26 on reaktioaseman PI-kaavio. Punaisella kuvaan on merkattu positiot, jotka ovat väärin todellisiin prosessin merkintöihin verrattuna.



KUVA 26. Pullotusaseman putkisto ja instrumentointikaavio (Bottling Learning System 2019, 25).

Taulukko 13 sisältää korjaukset. Taulukkoon on korjattu punaisella olevat positiot prosessin mukaiseksi sarakkeeseen ”Tunnus prosessissa”. Virheellisesti kaksi moottoria on merkattu samalla positiolla ja numerointi sekä kirjainvirheitä on havaittavissa.

TAULUKKO 13. Korvaavat positiot väärille.

Laite	Tunnus PI-kaaviossa	Tunnus prosessissa
Pumpun PL1 moottori	MA1	MA1
Liukuhihnan TS1 moottori	MA1	MA31
Liukuhihnan TS2 moottori	MA2	MA32
Liukuhihnan TS2 kytkin	MB4	-
Käsiventtiili	HR1	W1

### Asemien huoltotoimenpiteet

Suurilta osin asemien laitteet ovat huoltovapaita ja hyvin vähäistä seurantaan vaativia. Yksittäisiä huomioitavia huoltotoimia tarvitsevat suodatusaseman suodatin ja reaktioaseman PT100-anturi. Suodatin tulisi vuosittain putsata tai vaihtaa tarvittaessa uuteen. PT100-anturin toiminnan tarkastus ja kalibrointi on tehtävä vähintään vuoden välein.

Muutamit huoltotoimet liittyvät yhteisesti kaikkiin asemiin. Säännöllistä puhdistusta pehmeällä, nukkaamattomalla liinalla tai harjalla tarvitsevat jokaisen aseman

- optiset anturit
- säiliöiden pinnat, joista optisen anturin säteily menee lävitse
- heijastavat pinnat optisen säteilyn heijastumisen mahdollistamiseksi
- läheisyysanturin aktiivinen pinta.

Jos prosessilaitteistoa ei käytetä pidempään aikaan, vesi tulee tyhjentää säiliöistä ja putkista sekä kuivata nukkaamattomalla liinalla. (Filtration Learning System 2019, 59.) Jos prosessilaitteisto on käytössä, säiliöiden vedenvaihto on hyvä tehdä vuosittain. Säiliöiden sisäpinnat pyyhitään puhtaaksi.

Putkiston kunto sisäpuolelta ja ulkopuolelta tulee tarkistaa parin vuoden välein. Kun vesi seisoo putkistoissa pidempiä aikoja, putkistojen reunamiin voi syntyä kasvustoa, mikä voi vaikuttaa veden kulkuun.

Erilaiset venttiilit, liittynät ja tiivisteet tarkistetaan viiden vuoden välein. Jos on mahdollista, avataan säätöventtiili ja tarkistetaan venttiilipesä, sulkuelin, tiivisteet, kara ja runko. Asemien yleissiisteyttä on hyvä ylläpitää jatkuvasti, mutta asemien putsaus pölyistä ja muista ylimääräisistä esineistä sekä roskista tehdään enintään vuoden välein.

### **5.1.2 IO-link ympäristö**

Prosessi on suhteellisen uusi, eikä vielä opetusikässä siitä syystä. Säiliöt ja osa laitteista on hyödynnetty vanhasta prosessista, joka seinällä on ollut ennen nykyistä.

Huomioitavia IO-link ympäristön huoltotoimia ovat säiliöiden päällä tai kyljessä olevien ultraääniantureiden ja kapasitiivisten antureiden puhdistus ja pyyhintä. Kuvan 27 vasemmassa reunassa nähdään tummemman harmaan värinen paineilmasuodatin. Suodatin on hyvä vuoden kautta kahden vuoden välein puhdistaa. Käyttö ei ole kovinkaan suurta, joten harvempikin huoltoväli voi sopia.

Paineilmasuodattimen oikealla puolella oleva ja korkean sekä pienemmän säiliön välissä olevat venttiilinohjaimet huolletaan viiden vuoden välein. Huoltotoimet ovat maltilliset, jos ei havaita normaalista poikkeavaa toimintaa.

Vesisäiliöiden vedenvaihto ja -täyttö tulee tehdä vuosittain. Alavesisäiliön päällä oleva pumppu ja pumpun moottori huolletaan viiden vuoden välein. Tarkistetaan kytkennät ja pulttien kireydet, tiivisteet, tuuletin sekä laakeriäänet ja tärinä. Laakerit rasvataan.



KUVA 27. Vesiprosessi.

### 5.1.3 Valmetin vesiprosessi

Vesiprosessissa on kolme säiliötä. Alasäiliö toimii varastosäiliönä, josta vettä pumpataan taajuusmuuttajaohjauksella keskisäiliöön ja yläsäiliöön. Opetuskäytössä keskisäiliön pinnankorkeutta tutkitaan ja säädetään. Yläsäiliöstä tulevalle vedelle aiheutetaan häiriötä keskisäiliön pinnankorkeuteen. Yläsäiliön vedenpintaa säädetään käsiventtiilillä ja uimurin ohjaamana magneettiventtiilillä. Keskisäiliön veden määrää säättää säätöventtiili ja mittaus tapahtuu virtauslähettimellä.

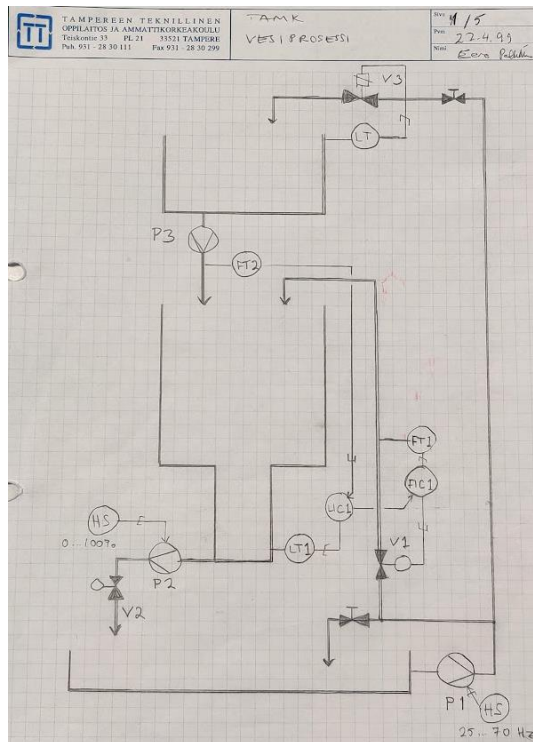
Prosessissa on kaksi säätöpiiriä sarjassa. Pääsäätöpiirinä toimii keskisäiliön pinnankorkeusmittaus, jossa on myös häiriönkompensointipiiri, joka kompensoi tu-

levassa veden määrässä yläsäiliöstä tulevan veden määrää. Keskisäiliön pinnan korkeuden apusäätöpiirinä toimii virtauslähettimen ja säätöventtiilin muodostama kytkentä, jotka säätelevät tulevan veden virtausta.



KUVA 28. Valmetin vesiprosessi.

PI-kaavioon (kuva 29) on piirretty kolme säiliötä ja niihin liittyvät putkistot. Putkistoissa on käsin säädettäviä venttiilejä ja paineilmalla säädettäviä säätöventtiilejä. PI-kaavio sisältää myös mittauspisteet ja pumput veden kiertoon liittyen.



KUVA 29. Vesiprosessin PI-kaavio.

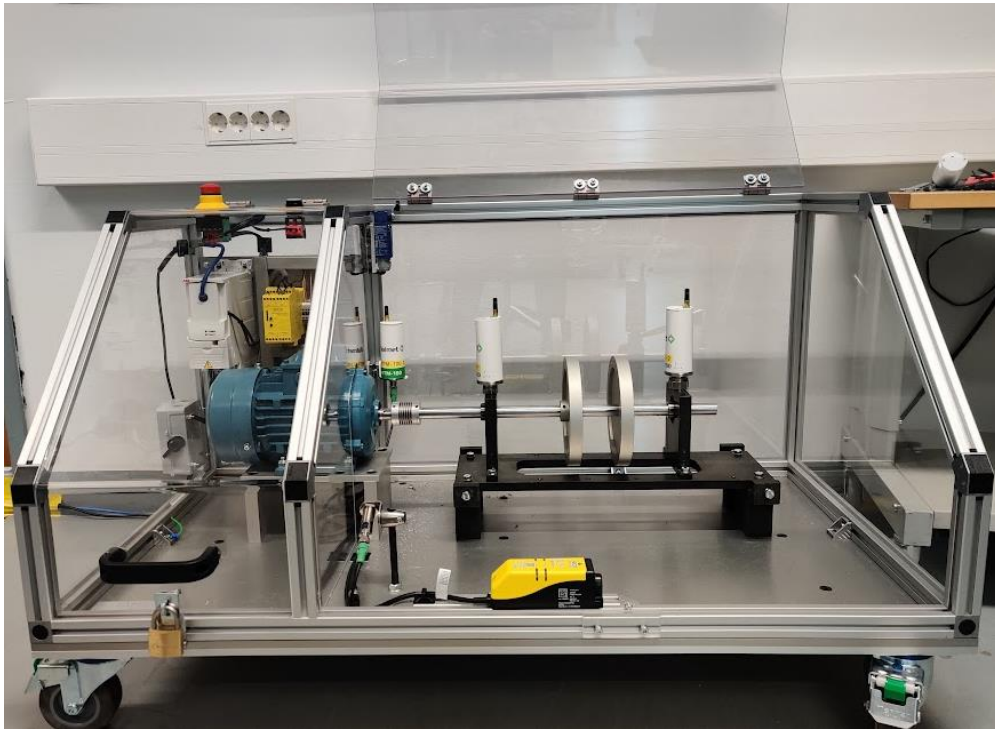
Prosessilaitteistossa pumppu P3 on toimimaton. Pumpun tilalle on ostettava uusi pumppu tilalle. Yleisesti vesiprosessin kolme pumpppua huolletaan viiden vuoden välein. Tarkistetaan kytkennät ja pulttien kireydet, tiivisteet, tuuletin sekä laakeriäänet ja tärinä. Laakerit rasvataan.

Mittareiden, lähettimien ja venttiileiden kunto ja oikeanlainen toiminta tulee tarkistaa vuoden välein. Taajuusmuuttajan huolto tehdään kolmen vuoden välein. Taajuusmuuttajan huoltoon kuuluu pölyjen poisto eli puhdistus, toiminnantarkistus, aistinvarainen tarkistus, liittimien kireys ja kunto. Jäähdytyspuhaltimen on toimittava moitteettomasti. Harvemmin voidaan tehdä sähköiset mittaukset taajuusmuuttajalle ja taajuusmuuttajaohjatulle pumpulle P1.

#### 5.1.4 Värähtelymittauslaitteisto

Laitteisto on suunniteltu simuloimaan teollisuuden koneissa esiintyviä vikoja. Tutkittavia vikoja ovat esimerkiksi laakerin kuulan, sisä- ja ulkokehän viat sekä koneen epätasapaino ja linjausvirheet. Laitteistolla vikoja simuloidaan pyörivien

massojen avulla. Opetuskäytössä laitteistolla tehtävät mittaukset esittelevät kunnonvalvonnan perusmittauksia. Mittauksia suoritetaan Valmet Maintenance Pad -kunnonvalvontajärjestelmällä.



KUVA 30. Värähtelymittauslaitteisto.

Tärinäanturit tulee kalibroida ja virittää kolmen vuoden välein, jotta antureiden tarkkuus pysyy yllä. Samoin taajuusmuuttajan huolto tehdään kolmen vuoden välein. Taajuusmuuttajan huoltoon kuuluu pölynpoisto eli puhdistus, toiminnantarkistus, aistinvarainen tarkistus, liittimien kireys ja kunto. Jäähdytyspuhaltimen toiminta tarkistetaan.

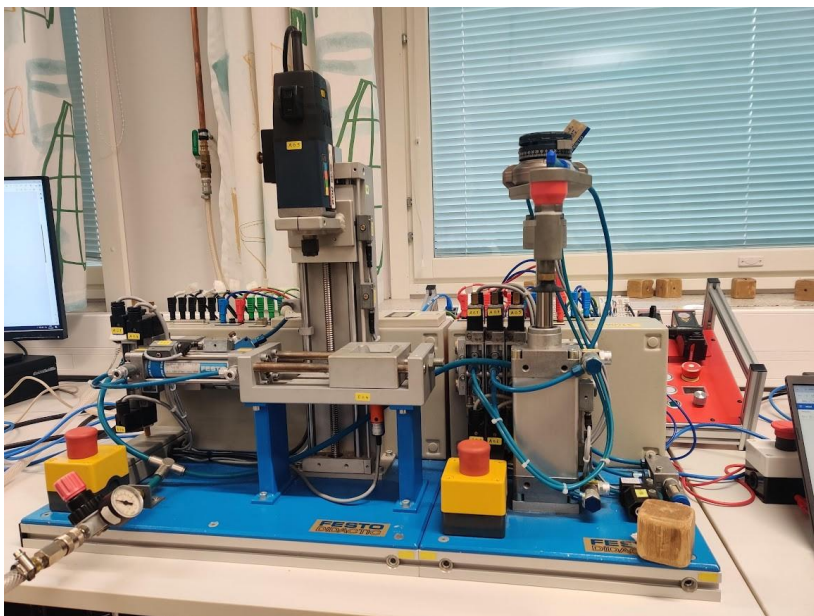
Moottorin toiminta voidaan tarkastaa taajuusmuuttajan huollon yhteydessä. Moottorin huoltotoimissa tarkistetaan kytkentöjen ja pulttien kireys sekä akselitivisten kunto. Tehdään tuulettimen puhdistus, laakerien rasvaus ja kunnontarkistus. Tarkasta mahdolliset laakeriäänet, melu ja tärinä. Häätäseisäkytkimen testaus tehdään useamman kerran vuodessa.

### 5.1.5 Logiikkaohjattu palikkakuljetin

Opetuslaitteisto on logiikkaohjelmoitava, jonka on tarkoitus seurata seuraavaa toimintasarjaa:

- Imu käynnistetään ja palikka kiinnittyy tartuntavarteen.
- Varsi kuljettaa palikan porauskelkan päälle.
- Varsi lasketaan palikan ollessa kiinni imuun.
- Varren ollessa alhaalla imu sammuu ja palikka jätetään kuljettimelle.
- Kuljetin siirtyy poran alle.
- Pora laskeutuu ja aloittaa poraamisen palikkaan samanaikaisesti puhallin menee päälle.
- Kun pora on päässyt loppuun, pora nousee ylös.
- Kuljetin vie palikan tartunta varren alle.
- Imu palautetaan päälle ja palikka tarttuu varren imuun.
- Varsi nousee ylös ja vie palikan varren lähtö asentoon kääntyen.
- Imu poistetaan viimeiseksi.

Laitteisto sisältää kytkimiä ja rajalähettä, jonka avulla tunnistetaan varren, kuljettimen, poran tai palikan asema. Anturit ovat magneettisinduktiivisia, joiden huoltoon kuuluu antureiden puhdistus vuosittain. Laitteiston osien liikuttamiseen käytetään magneettiventtiilejä ja niiden keloja, joiden kunnontarkastus ja huolto tehdään viiden vuoden välein.



KUVA 31. Palikkakuljetin.

## 6 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda kunnossapitosuunnitelma Tampereen ammattikorkeakoulun prosessiautomaatiolaboratorioon ja etsiä sopivaa kunnossapitojärjestelmää pitämään yllä prosessilaitteiden tietoja ja huoltoja sekä toimia opetuskäyttöön sopivana. Kattavalla teoriapohjalla liittyen laitteiden kunnossapitoon, kunnossapitosuunnitelmaan ja -järjestelmään pyrittiin luomaan vankka kuva, mitä kaikkea ne todellisuudessa sisältävät suuremmassa mittakaavassa.

Teoreettisesti kunnossapitosuunnitelma sisältää paljon enemmän huomioitavia asioita, joita työssä ei otettu huomioon. Suunnitelma rajautui lähinnä ennakkohuoltojen, kunnossapito-ohjelman ja -kartoituksen ympärille. Kunnossapitokartoitus tehtiin lähinnä silmämääräisesti, joten sen laajempia tutkimuksia laitteistoille ei tehty. Laitteet katsottiin läpi ja kirjattiin Excel-taulukoihin.

Laiteluettelon muodostamisessa esiintyi monenlaisia vaikeuksia. Osa prosessilaitteistojen laitteista olivat vanhaa tuotantoa, jonka vuoksi internetistä ei löytynyt joko itse laitetta tai minkäänlaisia teknisiä tietoja siihen liittyen. Harvemmin laitteen kylkeen on kirjattu niin paljon tietoja, että vastaavaa laitetta voisi etsiä muista laitemalleista tai valmistajilta. Varsinkin Valmetin vesiprosessin laitteet olivat erikoisia ja vanhoja, joten vastaavanlaisten laitteiden etsintään olisi tarvittu enemmän aikaa. Joidenkin laitteiden arvokilvet tai kyljessä olevat tiedot olivat vaikeassa paikassa, jolloin taitteesta ei saanut tarvittavia tietoja etsiäkseen laitetta internetistä.

Laitetaulukoihin lisättiin linkit internet-sivulle tai suoraan laitteen datalehteen. Excel-taulukoiden linkit eivät ole kuitenkaan pitkässä juoksussa järkeviä, koska linkit voivat lopettaa toimintansa, mikä kävi jo osan kanssa. Tämän takia kaikki PDF-tiedostot tulisi olla tallennettuina tiedostoina säilössä.

Laitetaulukoiden pohjalta muodostettiin lista eri laitetyypeistä. Laitetyyppien avulla rakennettiin ennakkohuoltotoimet kullekin tyyppille. Lähtökohtaisesti jokainen huoltotoimenpide pitää aina tehdä valmistajan ja laitekohtaisten huolto-ohjeiden mukaisesti. Ennakkohuoltotoimenpidetaulukot eivät käsittele täysin laitekohtaisia

huoltotoimenpiteitä ja ovat lähinnä yleispäteviä. Monet laitteet ovat kuitenkin hyvin vähäistä ylläpitoa vaativia, joten huoltotoimenpiteet ovat minimaalisia monissa laitteissa. Suunniteltuja huoltovälejä kannattaa seuralla ja puntaroida ajan kuluessa tarkemmin, mikäli huoltoväli on liian lyhyt. Liian useasti tehtävät huoltotoimet ovat ajanhukkaa.

Laitteille voidaan tehdä joitain huoltotoimenpiteitä useammin kuten puhdistusta, mutta toisia harvemmin, mikä täytyy ottaa huomioon. Huoltolistoja ja -toimenpiteitä voidaan täydentää ja muokata tarpeen vaatiessa. Tarkemmat huoltotoimenpiteet ja huomiot tulisi kirjata jokaiselle laitteelle erikseen.

Osassa laboratorion prosessilaitteistoissa ei ollut tunnuksia, joten tulevaisuudessa laitteille on keksittävä yhdenmukaiset tunnuksset ja merkata ne myös laitteisiin. Tunnuksen puuttuessa osa laitteista täytyi sijainnin avulla määrittellä taulukkoon. Prosessilaitteistokokonaisuuksille tulee myös antaa yksiselitteiset nimitykset, joita käytetään laitteistoista.

Kunnossapitojärjestelmän etsintä aloitettiin hakemalla internetistä kunnossapitojärjestelmiä. Vertailuun otettiin tunnettuja ja ei niin tunnettuja, kehittyneempi ja vähemmän kehittyneempiä järjestelmiä, jotta vertailusta saatiin monipuolinen. Pienen tutustumisen jälkeen muodostettiin kriteerit, joita kunnossapitojärjestelmässä on oltava laboratorio- ja opetuskäyttöä ajatellen. Kunnossapitojärjestelmien vertailussa oli mukana kahdeksan erilaista järjestelmää. Järjestelmistä karsiutui kolme, joiden järjestelmäntarjoajiin otettiin yhteyttä lisäselvitystä varten.

Vertailusta teki haastavaa se, että kaikkien järjestelmäntarjoajien sivuilla ei ollut luetteloituna kaikkia ominaisuuksia. Olisi pitänyt ottaa yhteyttä laajemmin eri järjestelmäntarjoajiin kysymällä lisää järjestelmistä. Järjestelmät olivat päällisin puolin samankaltaisia, mutta toisaalta erilaisia, joten vertailu oli haastavaa. Huomattiin kuitenkin, että suuremmilla toimijoilla on suuremmat ja laajemmat järjestelmät ja lisäosia oli saatavilla laajentamista varten. Pienemmät toimijat tarjosivat hyvin yksinkertaisia palveluita. Sopiva kunnossapitojärjestelmä tuli olla siltä väliltä.

Kun kunnossapitojärjestelmää aiotaan hankkia, selvittämiseen täytyy käyttää aikaa enemmän kuin pari viikkoa. Täytyy tietää, mitä ominaisuuksia järjestelmältä tarkalleen vaaditaan ja mitä tulevaisuudessa voitaisiin tarvita.

Opinnäytetyön avulla on tehty taustatyötä mahdollista kunnossapitojärjestelmän hankintaa varten prosessiautomaatiolaboratorioon. Seuraavaksi tulisi jatkaa keskustelua hinnan ja yhteistyökuvioiden kanssa eri kunnossapitojärjestelmien välillä. Laboratorio tarvitsee järjestelmän, jolla voidaan hallinnoida ja seurata prosessilaitteistoja, mutta samalla hyödyntää sitä opetuskäyttöön.

## LÄHTEET

Alldevice. n.d. Kunnossapidon hallintaohjelmisto, joka on oikeasti helppo käyttää. Verkkosivu. Viitattu 23.3.2024. <https://www.alldevicesoft.com/fi/>

Angela. 2021. Mikä on maasulku? Dreiy Engineering -verkkosivu. Viitattu 28.3.2024. <https://www.dreiy.com/fi/2021/12/10/maasulku-vs-oikosulku-erot/>

Atmotics Oy. n.d. Huolto, kunnossapito ja kenttätyönohjaus. Spotilla-verkkosivu. Viitattu 23.3.2024. <https://www.spotilla.com/>

Atmotics Oy. 2023. Miten laatia hyvä ja yksinkertainen ennakkohuoltosuunnitelma. Spotilla-blogi 14.3.2023. Viitattu 21.2.2024. <https://blog.spotilla.com/fi/miten-laatia-ennakkohuoltosuunnitelma>

Fiix & Rockwell Automation. n.d. Run-to-failure (RTF) maintenance. Verkkosivu. Viitattu 14.2.2024. <https://fiixsoftware.com/maintenance-strategies/run-to-failure-maintenance/>

Halme, J. & Parikka, R. AC-servomoottori – rakenne, vikaantuminen ja havainnointimenetelmät. Tutkimusraportti. [http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/prognos/prognos/pdf/servomoottori\\_rakenne\\_vikaantuminen&havainnointi.pdf](http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/prognos/prognos/pdf/servomoottori_rakenne_vikaantuminen&havainnointi.pdf)

Heinonkoski, R. n.d. Luotettavuus. Opetushallitus. Kone- ja prosessiautomaation kunnossapidon -verkko-oppimateriaali. Viitattu 8.2.2024. <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/koneautomaatio/luotettavuus.html>

Heinonkoski, R. 2013. Kone- ja prosessiautomaation kunnossapito. Helsinki: Opetushallitus

Heinonkoski, R. 2004. Koneautomaation kunnossapito. 2. uud. painos. Helsinki: Opetushallitus.

Helmich. J. & Ebel. F. 2019. Festo Bottling Learning System. Ladattava PDF-tiedosto. [https://www.festo.com/de/en/p/mps-r-pa-204-complete-system-id\\_PROD\\_DID\\_8079868/?page=0&tab=SUPPORT\\_PORTAL&documentTypeGroup=USER\\_DOCUMENTATION&documentTypes=](https://www.festo.com/de/en/p/mps-r-pa-204-complete-system-id_PROD_DID_8079868/?page=0&tab=SUPPORT_PORTAL&documentTypeGroup=USER_DOCUMENTATION&documentTypes=)

Helmich. J. & Ebel. F. 2019. Festo Filtration Learning System. Ladattava PDF-tiedosto. [https://www.festo.com/de/en/p/mps-r-pa-204-complete-system-id\\_PROD\\_DID\\_8079868/?page=0&tab=SUPPORT\\_PORTAL&documentTypeGroup=USER\\_DOCUMENTATION&documentTypes=](https://www.festo.com/de/en/p/mps-r-pa-204-complete-system-id_PROD_DID_8079868/?page=0&tab=SUPPORT_PORTAL&documentTypeGroup=USER_DOCUMENTATION&documentTypes=)

Helmich. J. & Ebel. F. 2019. Festo Mixing Learning System. Ladattava PDF-tiedosto. [https://www.festo.com/de/en/p/mps-r-pa-204-complete-system-id\\_PROD\\_DID\\_8079868/?page=0&tab=SUPPORT\\_PORTAL&documentTypeGroup=USER\\_DOCUMENTATION&documentTypes=](https://www.festo.com/de/en/p/mps-r-pa-204-complete-system-id_PROD_DID_8079868/?page=0&tab=SUPPORT_PORTAL&documentTypeGroup=USER_DOCUMENTATION&documentTypes=)

Helmich. J. & Ebel. F. 2019. Festo Reactor Learning System. Ladattava PDF-tiedosto. [https://www.festo.com/de/en/p/mps-r-pa-204-complete-system-id\\_PROD\\_DID\\_8079868/?page=0&tab=SUPPORT\\_PORTAL&documentTypeGroup=USER\\_DOCUMENTATION&documentTypes=](https://www.festo.com/de/en/p/mps-r-pa-204-complete-system-id_PROD_DID_8079868/?page=0&tab=SUPPORT_PORTAL&documentTypeGroup=USER_DOCUMENTATION&documentTypes=)

Helmich. J. 2020. Prozess Automation. FESTO MPS PA System 204 Stations Filtration, Mixing, Reactor, and Bottling. Esslingen: ADIRO Automatisierungstechnik. Harjoituskirja opinnäytetyön tekijän käytettävissä.

Insta Group Oy. n.d. Teollisuuden tuotteet ja ohjelmistot. Verkkosivu. Viitattu 23.3.2024. <https://www.insta.fi/palvelut/automaatio-ja-sahkoistys/teollisuuden-tuotteet-ja-ohjelmistot>

Insta Group Oy. n.d. Wahti-tuoteperhe. PDF-esite. Viitattu 23.3.2024. [https://5798945.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/5798945/Materiaalipankki/Esitteet/Insta\\_Wahti-tuoteperhe\\_2023.pdf?hstc=128275923.49d4fe11103223660eb8e1794a26bad1.1710944838583.1710944838583.1710944838583.1&hssc=128275923.1.1710944838583&hsfp=449150993&hsCtaTracking=99d34e93-3e69-4402-8b96-fd7441be12e4%7C7723d479-a668-4602-b75a-443d41ea1652](https://5798945.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/5798945/Materiaalipankki/Esitteet/Insta_Wahti-tuoteperhe_2023.pdf?hstc=128275923.49d4fe11103223660eb8e1794a26bad1.1710944838583.1710944838583.1710944838583.1&hssc=128275923.1.1710944838583&hsfp=449150993&hsCtaTracking=99d34e93-3e69-4402-8b96-fd7441be12e4%7C7723d479-a668-4602-b75a-443d41ea1652)

Julin, V. 2018. Kunnossapidon kehittäminen pienissä ja keskisuurissa yrityksissä. Tuotantotalouden diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö. Viitattu 21.2.2024. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/25592/Julin.pdf?sequence=4>

Järviö, J. Piispa, T. Parantainen, T. & Åström, T. 2007. Kunnossapito. 4. uud. painos. Helsinki: Kunnossapitoyhdistys ry.

Kortelainen, H., Komonen, K., Laitinen, J., Valkokari, P. & Hanski, J. 2021. Tietämysperusteinen elinjakson hallinta. 1. painos. Ilmainen tilattava PDF-opus. Helsinki: Kunnossapitoyhdistys Promaint ry. Viitattu 19.2.2024. <https://www.promaint.net/lehti/ladattavat-opukset/>

Kumpulainen, A. 2016. Mittalaitteiden kalibrointi. Automaatiotekniikan koulutusohjelma. Hämeen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 29.2.2024. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/107336/Kumpulainen\\_Ami.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/107336/Kumpulainen_Ami.pdf?sequence=1)

Lianfeng motors. 2020. Mikä on tasavirtamoottorin ja vaihtovirtamoottorin ero? Verkkosivu. Viitattu 14.3.2024. <http://fi.lfacmotor.com/news/what-is-the-difference-between-dc-motor-and-ac-33085281.html>

Mainiox Oy. n.d. Mainiox kunnossapito-ohjelma. Verkkosivu. Viitattu 23.3.2024. <https://mainiox.fi/>

Manninen, J. 2023. Mitä on korjaava kunnossapito? Aneo-blogi 4.2.2023. Viitattu 13.3.2024. <https://www.aneo.fi/fi/kunnossapito/mita-on-korjaava-kunnossapito>

Moves Oy. n.d. Oikosulkumoottoreiden käyttö- ja huolto-ohjeet. Käyttöönotto- ja huolto-ohje. Viitattu 14.3.2024. [https://www.laakerikeskus.fi/wp-content/uploads/2016/11/moves\\_moottoreiden\\_k\\_ytt\\_-\\_ja\\_huolto-ohje.pdf](https://www.laakerikeskus.fi/wp-content/uploads/2016/11/moves_moottoreiden_k_ytt_-_ja_huolto-ohje.pdf)

Novotek Oy. n.d. Idus Online. Verkkosivu. Viitattu 23.3.2024. <https://www.novotek.fi/etusivu/ratkaisut-ja-tuotteet/kunnossapito/idus-online/>

Opetushallitus. n.d. Kunnossapito – menestystekijä. Perusteet. Luku 4. Kunnossapidon tietojärjestelmät. Verkko-oppimateriaali. Viitattu 15.2.2024.

<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet.html>

Pinja. n.d. Kunnossapitojärjestelmä (CMMS) Novi by Pinja. Verkkosivu. Viitattu 23.3.2024. <https://pinja.com/fi/palvelut/valmistava-teollisuus/kunnossapitojarjestelma-novi>

Pinja. n.d. Kunnossapitojärjestelmän ostajan opas. Pinja. Ladattava pikaopas. Viitattu 15.2.2024. <https://blog.pinja.com/kunnossapitojarjestelman-ostajan-opas>

Pinja. n.d. Maint RTM Running Time Maintenance. Pinjan Tuotetietopankki. Viitattu 5.2.2024. <https://knowledge.pinja.com/rtm>

PSK 3401. 2011. Kalibroinnin hankinta ja suorittaminen teollisuudessa. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry. Viitattu 26.3.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://psk-standardisointi.fi/standardit/>

PSK 6201. 2022. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry. Viitattu 6.2.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://psk-standardisointi.fi/standardit/>

PSK 6202. 2003. Prosessiteollisuuden kuntokartoitus. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry. Viitattu 31.1.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://psk-standardisointi.fi/standardit/>

PSK 7501. 2010. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry. Viitattu 6.2.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://psk-standardisointi.fi/standardit/>

Ruokonen, V. 2014. Tuotantolaitoksen kunnossapidon kehittäminen. Kone- ja tuotantotekniikka. Saimaan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 15.2.2024. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/86255/Ruokonen\\_Ville.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/86255/Ruokonen_Ville.pdf?sequence=1)

Salenius, V. 2012. Sähkökoneiden vikaantumisen havainnointi. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Insinööriyö. Viitattu 14.3.2024. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/39580/Salienius\\_Vili.pdf](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/39580/Salienius_Vili.pdf);

Saukonoja, R. 2016. Kunnossapidon valmistautuminen investoinnin käyttöönottoon. Automaatiotekniikka. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 14.2.2024. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/121338/saukonoja\\_ritjo.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/121338/saukonoja_ritjo.pdf?sequence=1)

SFS-EN 13306. 2017. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Viitattu 30.1.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

Smoot, J. 2021. Ultraääniantureiden ymmärtäminen. DigiKey. Verkkosivu. Viitattu 13.3.2024. <https://www.digikey.fi/fi/articles/understanding-ultrasonic-sensors>

Solfox Oy. n.d. Control Techniques ja KB Electronics tasavirtakäytöt. Verkkosivu. Viitattu 8.2.2024. <https://www.solfox.fi/tuotteet/taajuusmuuttajat-ja-sahkokaytot/tasavirtakaytot/>

Stora Enso Oyj. 2019. Stora Enso muuntaa Oulun paperitehtaan pakkauskartonkitehtaaksi. Verkkosivu. Viitattu 8.2.2024. <https://www.storaenso.com/fi-fi/newsroom/regulatory-and-investor-releases/2019/5/stora-enso-muuntaa-ou-lun-paperitehtaan-pakkauskartonkitehtaaksi>

Surfer Mechanical. 2022. Mikä on infrapuna-induktiokytkmien periaate. Verkkosivu. Viitattu 13.3.2024. <https://fin.surfermechanical.com/news/Mik%C3%A4-on-infrapuna-induktiokytkimen-periaate-85011>

Tennilä, J. Karttunen, J-P. 2023. Ennakoivan kunnossapidin kasvavat markkinat. Promaint: Kunnossapidon ja tuotannon erikoislehti 4/2023, 26. <https://www.yumpu.com/fi/document/read/68555305/promaint-lehti-4-2023>

Tennilä, J. 2023. Ennustavaa kunnossapitoa. Promaint: Kunnossapidon ja tuotannon erikoislehti 4/2023, 3. <https://www.yumpu.com/fi/document/read/68555305/promaint-lehti-4-2023>

Tukes. 2023. Käyttö ja kunnossapito. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Verkkosivu. Viitattu 22.2.2024. <https://tukes.fi/prosessiturvallisuusjarjestelma/kaytto-ja-kunnossapito>

Vincit Solutions Oy. n.d. VincitEAM on kunnossapitojärjestelmä, joka tehostaa liiketoimintaasi. Verkkosivu. Viitattu 23.3.2024. [https://vinciteam.fi/?\\_gl=1%2Azmymes%2A\\_up%2AMQ..&qclid=CjwKCAjwkuqvBhAQEiwA65XxQDcH3360dpE-suoxEB5g5K0mhx2xGy6YaWKWjozS2Fw8p\\_0yYzNAxnhoCYWEQAvD\\_BwE](https://vinciteam.fi/?_gl=1%2Azmymes%2A_up%2AMQ..&qclid=CjwKCAjwkuqvBhAQEiwA65XxQDcH3360dpE-suoxEB5g5K0mhx2xGy6YaWKWjozS2Fw8p_0yYzNAxnhoCYWEQAvD_BwE)

Vitec ALMA Oy. n.d. Vitec ALMA – teknisen alan tietojärjestelmätoimittaja. Verkkosivu. Viitattu 23.3.2024. <https://www.vitec-alma.com/>

## LIITTEET

## Liite 1. Laiteluettelo

## Filtration Station

Prosessin osan tekniset tiedot

Prosessin osa	painelima (bar)	veden käyttöpaine puitoksissa (bar)	Käytöanjännite	Virta (A)	Teho (W)	Input	Output	Ainput	Aoutput	Painejärje- stelmän toiminta- alue (bar)	Paineantu- rin mittausal- ue (bar)	Paineantu- rin signaali (V)	Sähköisiä nä- ytä 24-pin IEE
Suodatusasema		6	0,5 24 V DC		4 <100		4	4	1	1 0..2	0..10	0..10	15-pin ISO

## Laitteet, datalehdet ja valmistajan verkkosivut

## Höyryt

Postio	Laite	Valmistaja	Tuotetyyppi	Tuotenumero	Festo Datasheet	Linkki	Valmistajan datalehti	sivu	Lisätieto
--------	-------	------------	-------------	-------------	-----------------	--------	-----------------------	------	-----------

## Pumput

Postio	Laite	Valmistaja	Tuotetyyppi	Tuotenumero	Festo Datasheet	Linkki	Valmistajan datalehti	sivu	Lisätieto
1 PL1	Pump: CM30P7-1-kiertovesipumppu	Spiflow - Johnson Pump	CM30P7-1-kiertovesipumppu	10-24504-04	170712	<a href="https://ip.festo.com/johnson-pump-marine-r">https://ip.festo.com/johnson-pump-marine-r</a>		31	
2 PL2	Pump: CM30P7-1-kiertovesipumppu	Spiflow - Johnson Pump	CM30P7-1-kiertovesipumppu	10-24504-04	170712	<a href="https://ip.festo.com/johnson-pump-marine-r">https://ip.festo.com/johnson-pump-marine-r</a>		31	

## Anturit

Postio	Laite	Valmistaja	Tuotetyyppi	Tuotenumero	Festo Datasheet	Linkki	Valmistajan datalehti	sivu	Lisätieto
1 B02	Capacitive proximity sensor	Bernstein	KCB-M18P6/010-KL/P8V	6607905597	690588	<a href="#">Search 6905</a>	BERNSTEIN-complete-r	43	
2 B03	Capacitive proximity sensor	Bernstein	KCB-M18P6/010-KL/P8V	6607905597	690588	<a href="#">Search 6905</a>	BERNSTEIN-complete-r	43	
3 B04	Capacitive proximity sensor	Bernstein	KCB-M18P6/010-KL/P8V	6607905597	690588	<a href="#">Search 6905</a>	BERNSTEIN-complete-r	43	
4 B05	Capacitive proximity sensor	Bernstein	KCB-M18P6/010-KL/P8V	6607905597	690588	<a href="#">Search 6905</a>	BERNSTEIN-complete-r	43	
5 SG10	Floater switch, lateral installation	Gems Sensors Controls	LS-7N Single-point level Switch		691282	<a href="https://www.gemsensors.com">https://www.gemsensors.com</a>	131-133		09007868151232.pdf (rs-online.com)
6 SG11	Floater switch, lateral installation	Gems Sensors Controls	LS-7N Single-point level Switch		691282	<a href="https://www.gemsensors.com">https://www.gemsensors.com</a>	131-133		09007868151232.pdf (rs-online.com)
7 SP1	Pressure sensor	Festo	SPAU-PI0R-H-G18FD-L-PNLC-PNVBA-M8U	8001221	8001221	<a href="#">Pressure sensor SPAU3.1-2</a>			
8 BL100/K110	Light barrier	Festo	SOE-TB-R-PNLC-T	8075665 R					Light barrier SOE-TB-R-1-2

## Venttiit

Postio	Laite	Valmistaja	Tuotetyyppi	Tuotenumero	Festo Datasheet	Linkki	Valmistajan datalehti	sivu	Lisätieto
1 Analoginen painemittari	Start-up valve with filter control valve	Festo	D-TP-PW-LFR-MICRO	540691	540691	<a href="#">Microsoft Word - 540691_gb.doc (festo-didactic.com)</a>			
2 QB8/B06	Quarter turn actuator (Terminale)	Festo	DFD-40-SP-90-RD-F0607	8047615		<a href="#">Quarter turn Quarter turn actuators QF 1-2</a>			
3 MB5/QM2	Air solenoid valve	Festo	VSMC-FC-M52-MD-G14-F8-1B2	577295		<a href="#">Air solenoid Air solenoid valve VSMC 1-2</a>			
4 B08/B06	Position indicator (Sensor box)	Festo	SRBC-CA3-YR90-MW-22A-1W-C2P20	3482805		<a href="#">Sensor box 3 Sensor box SRBC-CA3.1-1-2</a>			
5 B08/B06	Butterfly valve	interApp/Festo	VZAV-L-50-16-S8P16-HIEP200-V5-V3-E	8062082		<a href="#">VZAV (Festo.com) Butterfly valve unit KVZA... (Festo FI)</a>			
6 MB6/QM3	Solenoid valve (magneettiventtiili)	Festo	VSMC-FC-M52-MD-G14-F8-1B2	577295		<a href="#">Solenoid valv Solenoid valve VSMC-FC-M52-MD-G14-F8-1B2   Festo FI</a>			
7 MB6/QM3	Quarter turn actuator DFD0	Festo	DFD-10-SP-90-RD-F03	8047613		<a href="#">8047613 Semi-rotary drive DFD10-SP-90-RD-F03   Festo TW</a>			
8 MB6/QM3/HE3	Ball valve actuator unit VZBA	Festo	DN15, PN40		4046082	<a href="https://www.festo.com/f/en/a/1014787?c=167E163A58B9C9eRangeAneSp2020h7E163ACC_Valve_Fu">https://www.festo.com/f/en/a/1014787?c=167E163A58B9C9eRangeAneSp2020h7E163ACC_Valve_Fu</a>			
9 MB6/QM3	Position indicator (Sensor box)	Festo	SASF-S2-B-F-A34	559627	4046082	<a href="#">Position mdi Position indicator SASF-S2-B-F-A34   Festo AE</a>			
10 B09	Gate valve unit	Festo	VZKA-FW-CP-90-H2SE-R2-SA	559627		<a href="#">Festo - VZKA https://docplayer.net/71185-141</a>			
11 B07	Pneumatic linear drive	Festo	DLR-90-S0-A	551678	187480	<a href="https://docplayer.net/76202778-5re-90-91">https://docplayer.net/76202778-5re-90-91</a>			Ei löydy
12 B07/B09	Bi-directional wafer style knife gate valve for general	Orbinox	E806, G1S400, AISI304, EPDM, 16bar, DN50, Actuator: BARE SHAFT			<a href="https://www.orbinox.com">https://www.orbinox.com</a>			Ei ole täysin vastaava
13 MB4/QM1	Solenoid valve (magneettiventtiili)	Festo	VSMC-FC-M52-MD-G14-F8-1B2	577295	577295	<a href="#">Solenoid valv Solenoid valve VSMC-FC-M52-MD-G14-F8-1B2   Festo FI</a>			
14 QM4/MB1	Solenoid valve (magneettiventtiili)	Festo	CPE10-M18M-SL-47	196627	196627	<a href="#">Solenoid valv Solenoid valve CPE10-M18M-SL-47   Festo GB</a>			

## Muut

Postio	Laite	Valmistaja	Tuotetyyppi	Tuotenumero	no.	Linkki	Valmistajan datalehti	sivu	Lisätieto
1 MA7	Suokasteajan moottori	Dunkermotoren	GR42/25	5018800740		739208	<a href="#">Gesamtdatensatz_2023/24 GR42/25/241 Drive-motoren - ABE Store</a>		
2 AG4	Porkunselokotin	Laboratoriumdscounter	R1381			739208	<a href="#">Vastavaa: R1381 Propeller stirrer, 3-bladed - laboratoriumdscounter.nl</a>		
3 Filtration Station - XD2	digital I/O terminal (Syslink)	Festo				8025736	<a href="#">Microsoft Word - 8025736_en_v2.0_LP8038746_Digital_IO_Terminal_SysLink_A4.doc (festo-didactic.com)</a>		
4 Filtration Station - XD3	Analog I/O terminal	Festo				8025737	<a href="#">Microsoft Word - 8025737_en_v2.0_LP8038746_Analog_IO_Terminal_A5.doc (festo-didactic.com)</a>		
5 Filtration Station - QA4	Motor controller	Kalaja	D-73553 A/Hdorf			541150	<a href="#">Microsoft Word - 541150_en_v2.0_Motor_controller.doc (festo-didactic.com)</a>		
6 Filtration Station -	Starting current limiter	Phoenix Contact				150768	<a href="#">Search 150768   Festo FI</a>		
7 QN1	Proportional-pressure regulator (säädin)	Festo	VPPE-3-1-1/8-2-010-E1	507771	507771	557771	<a href="#">Proportional Proportional-pressure r-1-2</a>		
8 FL1	Filter	-	-	-	-	696660	<a href="#">GRE-1/4 Exhaust flow control valve -   164-165</a>		Ei löydetty esimerkiksi tuotetta

## Liite 2. Huoltotoimenpideluettelo laitetyypeittäin

Ennakkohuollot laitetyypittäin nro	Laitetyypit / Huoltotoimenpide	Huoltoväli	Huomio	Päivämäärä	Seuraava huoltoaika	Lisätieto
	<b>Pumput</b>	5a	Huolletaan 3kk tai vuoden välein			
	<b>Kiertovesipumppu</b>					
	1 Tiivisteiden tarkastus					
	2 Tarkista epätavallinen melu ja tärinä					
	3 Tarkista laakerit ja voitele					
	4 Tarkista mahdolliset vuodot					
	5 Tarkista jalustan ja kiinnityspulttien kireys					
	6 Tarkista akselin kohdistus					
	<b>Anturit &amp; Mittarit</b>					
	<b>Lämpötila-anturit</b>	a	Huollot, tarkastukset ja Vikoja voi ilmetä sulakkeessa,			
	1 Puhtaus					
	2 Tarkista ja kiristä liittimet ja kytkennät					
	3 Toiminnan tarkastus ja testaus					
	4 Kalibrointi kalibraattorilla ja tarvittavat viritykset					
	<b>Tärinäanturit</b>		Tarvitsee vähäistä huoltoa.			
	1 Kalibrointi					
	<b>Paineanturit, -mittari</b>	a	Vanhetessaan mittauselin			
	1 Tarkista, onko ympäriolosuhteet muuttuneet tai prosessin tila					
	2 Tarkista mittausputkiston kunto, kuten tärinä, likaisuus, tukokset ja vuodot					
	3 Tarkista paineaturin ala- ja ylärajan toimivuus mittaamalla					
	4 Tee kalibrointi ja viritä tarvittaessa					
	<b>Virtausmittari</b>	a	Herkkiä monille tarkkuutta			Venttiiliin pitäisi olla
	1 Minimoi tärinä ja muu mekaaninen rasitus/kuluminen putkistossa					
	2 Varmista, että mittausputkisto on täynnä käytettäessä					
	3 Tarkista lähetin ja mittauspiiri					
	4 Simuloi lähettimen sisääntulo ja ulostulo eri asteikolla					
	5 Mittauksen prosessiyhteiden tarkistus käyttäen vertailumittaria					
	6 Tarkista sähkön syötöt ja mittauspiirit					
	7 Tarkista mittarin puhtaus ja kuluminen					
	8 Kalibrointi					
	9 Tarkista eristykset, suojaukset ja vuodot					
	<b>Rotametri</b>	a				
	1 Tarkista likaantuminen, korrosio, mekaaniset kulumat ja tiiviyt					
	2 Tarkista mittausputki ja näytön vauriot					
	3 Tarkista kytkennät ja pulttien kireys					
	<b>Magneettinen massamäärämittari</b>	a	Yleensä huoltovapaa.			Luotettavia, ei aiheuta
	1 Tarkista elektrodien puhtaus					
	2 Tarkista putkissa kulkevan nesteen puhtaus					
	3 Mittausputki oltava täynnä mittaustilanteessa					
	4 Tarkista maadoitukset ja kaapelointi sekä liitokset					
	<b>Ultraäänianturi</b>	a	Jos tarvetta paremmalle			
	1 Puhdista, takista toiminta					

## Liite 3. Laitteiden huoltoluettelo

Prosessilaitteistojen huolto- ja kunnossapitotoimenpiteiden tehtäväluettelo

FESTON LINJASTO										
Suodatusasema (Filtration Station)										
nro	Positio/sijainti	Laitte	Laitetyyppi	Huoltotoimenpiteet	Tehdyt huoltotoimet	Huomio	Huollon aikaväli	Huolto suoritettu (pvm.)	Kulutus	Lisätieto
<b>Pumput</b>										
1	PL1	Circulation pump	Pieni kiertovesipumppu	Tiivisteiden tarkastus			5a			
2	PL2	Circulation pump	Pieni kiertovesipumppu	Tiivisteiden tarkastus			5a			
<b>Anturit &amp; Mittarit</b>										
1	BG2	Capacitive proximity sensor	Kapasitiivinen anturi	Puhdistus, tarkista			a			
2	BG3	Capacitive proximity sensor	Kapasitiivinen anturi	Puhdistus, tarkista			a			
3	BG4	Capacitive proximity sensor	Kapasitiivinen anturi	Puhdistus, tarkista			a			
4	BG6	Capacitive proximity sensor	Kapasitiivinen anturi	Puhdistus, tarkista			a			
5	SG10	Float switch, lateral installation	Kytin	Puhdistus, tarkista			a			
6	SG11	Float switch, lateral installation	Kytin	Puhdistus, tarkista			a			
7	BP1	Pressure sensor	Paineanturi	Tarkista, onko			a			
8	BL100/KF100	Light barrier	Infrapuna-anturi/kytyn	Puhdistus			a			
<b>Venttiilit</b>										
1	-	Start-up valve with filter control valve	Säätöventtiili	Tarkista venttiilin pesä,			5a			Venttiili, jossa anu
2	BG8/BG6	Quarter turn actuator	Toimilaitte	Sähköisten kytkentöjen			5a			
3	MB5/QM2	Air solenoid valve	Magneettiventtiili	Tarkista tiivisteet,			5a			
4	BG8/BG6	Position indicator (Sensor box)	Venttiilin asennon osoitin	-						
5	BG8/BG6	Butterfly valve	Säätöventtiili	Tarkista venttiilin pesä,			5a			
6	MB6/QM3	Solenoid valve	Magneettiventtiili	Tarkista tiivisteet,			5a			
7	MB6/QM3	Quarter turn actuator DFPD	Toimilaitte	Sähköisten kytkentöjen			5a			
8	MB6/QM3/HE3	Ball valve actuator unit VZBA	Toimilaitte	Sähköisten kytkentöjen			5a			
9	MB6/QM3	Position indicator (Sensor box)	Venttiilin asennon osoitin	-						
10	BG9	Gate valve unit	Säätöventtiili	Tarkista venttiilin pesä,			5a			
11	BG7	Pneumatic linear drive	-	-						
12	BG7/BG9	Bi-directional wafer style knife gate valve for general	Säätöventtiili	Tarkista venttiilin pesä,			5a			
13	MB4/QM1	Solenoid valve	Magneettiventtiili	Tarkista tiivisteet,			5a			
14	QM4/MB1	Solenoid valve	Magneettiventtiili	Tarkista tiivisteet,			5a			
<b>Huut</b>										
1	M47	Sekoittajan moottori	Servomoottori	Laakereiden vaihto		Huoltovapaa, tarki	5a			
2	AG4	Potkuritsekoitin	-	-						
3	QN1	Proportional-pressure regulator (säädin)	Säädin	Testaus			a			
4	FL1	Filter	Suodatin	Puhdistus/tarkistus/vai			a			
5	XD2	digital I/O terminal (Syslink)	-	-						
6	XD3	Analog I/O terminal	-	-						
7	QA4	Motor controller	-	-						
8	-	Starting current limiter	-	-						
<b>Sekoitusasema (Mixing Station)</b>										
nro	Positio/sijainti	Laitte	Laitetyyppi	Huoltotoimenpiteet	Tehdyt huoltotoimet	Huomio	Huollon aikaväli	Huolto suoritettu (pvm.)	Kulutus	Lisätieto
<b>Pumput</b>										
1	PL1	Circulation pump	Pieni kiertovesipumppu	Tiivisteiden tarkastus			5a			
2	PL2	Circulation pump	Pieni kiertovesipumppu	Tiivisteiden tarkastus			5a			
<b>Anturit &amp; Mittarit</b>										
1	BG2	Capacitive proximity sensor	Kapasitiivinen anturi	Puhdistus, tarkista			a			
2	BG3	Capacitive proximity sensor	Kapasitiivinen anturi	Puhdistus, tarkista			a			
3	BG4	Capacitive proximity sensor	Kapasitiivinen anturi	Puhdistus, tarkista			a			
4	BG5	Capacitive proximity sensor	Kapasitiivinen anturi	Puhdistus, tarkista			a			
5	SG10	Float switches, overflow protection	Kytin	Puhdistus, tarkista			a			
6	SG11	Float switches, overflow protection	Kytin	Puhdistus, tarkista			a			
7	SG12	Float switches, overflow protection	Kytin	Puhdistus, tarkista			a			
8	SG13	Float switch, lateral installation	Kytin	Puhdistus, tarkista			a			
9	BF1	Variable area flow sensor	Virtausanturi/-mittari	Minimoi tärinä ja muu			a			
10	BF1	Flow sensor, magnetic-inductive	Virtausanturi/-mittari	Minimoi tärinä ja muu			a			