



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

SAMULI JALAVA

Kriittisten venttiilien elinkaarisuunnittelu

MERENKULUN KOULUTUSOHJELMA
2021

Tekijä(t) Jalava, Samuli	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Huhtikuu 2021
	Sivumäärä 38	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Kriittisten venttiilien elinkaarisuunnittelu		
Tutkinto-ohjelma Merenkulun koulutusohjelma		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön aiheena oli edistää kriittisten venttiilien elinkaaren hallintaa. Tämä tukee laitoksen käyntivarmuutta ja selkeyttää laitetoimittajan laitekannan hallintaa.</p> <p>Opinnäytetyössä tehtiin päivitetty kenttälaitteiden huolto-ohje, joka tukee kenttälaitteiden elinkaarta. Työssä tutkittiin vikaantunutta venttiiliä, jonka jälkeen siitä tehtiin juurisyyanalyysi. Vikaantumisesta luotiin tämän jälkeen syy- ja seurauskaavio. Tämä vianetsintä malli otetaan osaksi venttiilien elinkaaren hallintaa. Päivitetään varastoivat laitteet ajan tasalle ja nämä syötetään laitetoimittajan työskentely alustalle, joka helpottaa laitekannan hallintaa.</p> <p>Opinnäytetyössä käytettiin kvalitatiivista tutkimusotetta. Työ oli tosiasioiden tutkimista ja keräämistä. Työssä käytettiin juurisyyanalyysia sekä syy- ja seurauskaavio työkalua avuksi vikaantuneen venttiilin tutkimisessa.</p>		
<u>Asiasanat</u> Venttiili, Elinkaari, Vikaantuminen, Varastointi, Prosessiteollisuus,		

Author(s) Jalava Samuli	Type of Publication Bachelor's thesis	Date April 2021
	Number of pages 38	Language of publication: Finnish
Title of publication Life cycle planning of critical valves		
Degree program Marine engineering		
Abstract Topic of this thesis was to develop the life cycle management of critical valves. This supports the reliability of the plant and clarify the device supplier's device base management. An updated field equipment maintenance manual was made in thesis, which supports the life cycle of field equipment. The defective valve was examined in the work, after which it was subjected to a root cause analysis. A cause-and-effect diagram of the failure was then created. This troubleshooting model is part of valve life cycle management. Equipment to be stored will updated, and these are fed to the equipment supplier's work platform, which facilitates devices management. A qualitative research method was used in this thesis. The work was to research and gather facts. In the work used root cause analysis and a cause-and-effect diagram tool to help investigate a defective valve.		
<u>Key words</u> Valve, Life cycle, Failure, Storage, Process industry		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 SELLUN VALMISTUS	7
2.1 Sulfaattikeitto	7
2.2 Keiton jälkeinen prosessi	7
3 VIRTAUKSEN SÄÄTÖÖN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	8
3.1 Venttiilityypit	8
3.2 Säätoventtiilit	8
3.3 Sulkuventtiilit	9
4 VIRTAUSTEKNISET OMINAISUUDET	9
4.1 Kaavat	9
4.2 Laminaarinen ja turbulenttinen virtaus	11
4.3 Kokonaispainehäviö	12
4.4 Kavitaatio	13
4.5 Flashing	14
4.6 Paineiskut	14
4.7 Mitoitus	15
5 SÄÄTÖPIIRI	16
5.1 Diagnostiikka	17
5.2 Field Device Manager	17
6 ELINKAAREN HALLINTA	17
6.1 Kunnossapito	17
6.2 Kriittisyyden määrittäminen	18
6.3 Vikaantuminen ja vianhakumenetelmät	19
7 TUTKIMUSMENETELMÄT	20
7.1 Juurisyy	20
7.2 Syy- ja seurauskaavio	21
8 TYÖ	22
8.1 Kenttähuolto-ohjeen luominen	22
8.2 Vikaantuneen venttiilin juurisyyn tutkiminen	23
8.2.1 Venttiilin tutkiminen	23
8.3 Syy- ja seurauskaavion luonti	26
8.3.1 Juurisyyn yhteenveto	30
8.4 Varastointikriittisyys	32
9 YHTEENVETO	34
LÄHTEET	

LITTEET

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä keskitytään venttiilien elinkaaren hallintaan ja niiden vikaantumiseen. Teoriaosuudessa käydään alkuun läpi sellunkeiton perusteet, koska työ tehdään asiakkaalle, jona toimii sellutehdas. Perehdytään erilaisiin venttiililyypppeihin ja käyttötarkoituksiin, virtausteknisiin ominaisuuksiin, säätöpiiriin ja elinkaaren hallinnan työkaluihin. Kerrotaan myös työssä käytetyt tutkimusmenetelmät. Tehdään asiakkaalle toimiva ja selkeä kenttähuolto-ohje tueksi kenttäkierroksille. Kenttähuoltokierrosten avulla pystytään havaitsemaan mahdollisia ennenaikaisia vikaantumisia ja löytämään huonokuntoisia kenttälaitteita. Kenttähuoltokierrokset ovat tärkeä osa laitteiden kunnossapitoa. Työssä tutkitaan vikaantunutta venttiiliä, käydään sen osat läpi ja luodaan syy- ja seurauskaavio vikaantumisesta, jolloin todellinen vianaiheuttaja pystytään löytämään. Toimivalla juurisyy menetelmällä pyritään poistamaan vikojen uusiutuminen ja se lisää prosessin käyttövarmuutta. Vikaantuneen venttiilin tutkiminen otetaan osaksi elinkaaren hallintaa. Opinnäytetyössä käydään läpi malli, miten sellutehtaan laitekannan varastointi on toteutettu. Tehdään päivitetty listaus varastoinnin määristä käymällä laitekanta läpi ja miettimällä varastoitavia määriä. Varastoinnin määrät on tarkoitus syöttää laitetoimittajan tietokantaan nykyisen excel taulukon sijaan. Tämä helpottaa laitekannan hallintaa. Työn lopputuloksen on tarkoitus auttaa sekä sellutehdasta että venttiilin toimittajaa.

2 SELLUN VALMISTUS

Sellu on puuhakkeista valmistettavaa paperimassaa. Sellua voidaan valmistaa joko kemiallisesti keittämällä, käyttämällä mekaanista tai kemimekaanista kuidutusmenetelmää. Tässä työssä käydään läpi vain kemiallisen massanvalmistuksen periaate. Kemiallisessa massanvalmistuksessa puuraaka-aineesta poistetaan lämmön ja kemikaalien avulla kuituja sitovaa ligniiniä, jotta hake kuituntuu helposti. Selluloosapitoiset kuidut pyritään pitämään pitkinä, ehjinä ja vahvoina. Sulfaattikeitto on massan yleisin valmistusmuoto. (Knowpulp 2019.)

2.1 Sulfaattikeitto

Sulfaattikeitossa keittokemikaaleina käytetään natriumhydroksidin (NaOH) ja natriumsulfidin (Na₂S) seosta eli valkolipeää. Näillä saadaan liuotettua mahdollisimman paljon ligniiniä ja mahdollisimman vähän selluloosaa. Sulfaattikeiton lämpötila ja keittoaika riippuu siitä, minkälainen kappa massalle halutaan. Kappaluku on massan ligniinipitoisuuden verrannollinen suure (Isotalo 2004, 62). Ligniini aiheuttaa massan ruskean värin keiton jälkeen. Valkaistavissa massalaaduissa ligniini pyritään poistamaan mahdollisimman tarkoin jo keitossa, koska valkaisukemikaalit ovat keittokemikaaleja kalliimpia. Ligniiniä ei kuitenkaan haluta poistaa liikaa, koska se lisää selluloosan liukenemistä, alentaa massan lujuuutta ja saantoa. Saannolla tarkoitetaan prosentuaalisesti saatua sellun määrää puusta. (Knowpulp 2019.)

2.2 Keiton jälkeinen prosessi

Keiton jälkeen prosessissa syntyy mustalipeää, joka koostuu reagoineesta valkolipeästä ja puusta liuenneista aineista. Mustalipeä pyritään erottamaan sellusta keiton jälkeisissä pesuvaiheissa. Pesemön ja haihuttamon kautta mustalipeä ohjataan soodakattilaan poltettavaksi. Soodakattilassa rikki ja natrium vapautuvat mustalipeästä ja ne otetaan talteen sopivina yhdistelminä. Mustalipeän sisältämä rikki pelkistetään natriumsulfidiksi. Osa rikkiyhdisteistä jää pelkistymättä. Mustalipeän muussa muodossa oleva natrium muodostaa poltossa hiilidioksidin kanssa natriumkarbonaattia. Kemikaalisula, joka sisältää natriumsulfidia, natriumkarbonaattia ja natriumsulfaattia

liuotetaan laihavalkoliipeään, jolloin syntyy viherlipeää. Viherlipeä johdetaan prosessoitavaksi keitossa uudelleen käytettävään muotoon. (Knowpulp 2019.)

3 VIRTAUKSEN SÄÄTÖÖN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

3.1 Venttiilityypit

Venttiilin valintaa vaikuttaa moni tekijä ja siksi jokainen venttiili valitaan tapauskohtaisesti käyttökohteen mukaan. Putkiston koko, putkistossa virtaavan aineen ominaisuudet, riittävät lujuus, tiiviys ja käytön kestävyys ovat yleisimpiä vaatimuksia venttiilille. Nykyään valmistajilla on olemassa venttiilisovelluksia, jotka auttavat löytämään käyttökohteeseen parhaiten soveltuvan venttiilityypin. Yleisimpiä venttiilityyppejä ovat luisti-, istukka-, pallo- ja läppäventtiilit. Venttiilit voidaan jakaa yleisesti sulk- ja säätöventtiileihin niiden käyttötarkoituksen mukaan. (Pulli 2016, 136.)

3.2 Säätöventtiilit

Säätöventtiileillä voidaan ja halutaan vaikuttaa putkistossa virtaaman nesteen virtausnopeuteen sekä paineeseen. Säätöventtiileiden ohjauksessa käytetään kehittyneitä antureita ja ohjelmistoja, jotka pystyvät reagoimaan nopeasti muutoksiin prosessissa. Anturit seuraavat ja säätävät venttiiliä sille asetetun normin tai raja-arvon mukaan. Säätöventtiilillä halutaan vaikuttaa esimerkiksi lämpötilaan, paineeseen tai säiliön nestepintaan. (Pulli 2016, 137.)

Hyvän säätöventtiilin ominaisuuksia

- Venttiilin asennon muutoksen tulee vaikuttaa prosessiarvoon tehollisesti ilman ”kuolleita” kohtia
- Vahvistuksen tulee olla mahdollisimman tasainen
- Äkilliset prosessiarvon muutokset suhteessa venttiilin asennon muutokseen eivät saa olla liian suuria
- Melutason ja kavitoinnin tulee pysyä sallituissa arvoissa

(Pulli 2016, 137)

3.3 Sulkuventtiilit

Sulkuventtiili nimensä mukaisesti sulkee nesteen tai kaasun virtauksen. Myös säätöventtiileillä pystytään sulkemaan virtaus, mutta jos venttiilin ainoa tehtävä on virtauksen sulkeminen tai vapauttaminen, niin ei ole taloudellisesti tai ominaisuuksiltaan kannattavaa käyttää tähän tarkoitukseen säätöventtiiliä.

4 VIRTAUSTEKNISET OMINAISUUDET

Nesteen virtauksessa on huomioitava monta eri tekijää. Putkistossa on virtausvastuksia, tapahtuu painehäviöitä, on lämpötilan vaihteluja ja korkeuseroja. On vältettävä kavitointia sekä materiaaleille haitallisia paineiskuja. Tässä käydään läpi virtaukseen vaikuttavia tekijöitä, jotka on otettava huomioon sekä yleisimpiä kaavoja.

4.1 Kaavat

Paine

$$p = \frac{F}{A}$$

p = paine

F = voima

A = poikkipinta-ala

Kaava 1. (Valtanen 2012, 230)

Tilavuusvirta

Putken poikkileikkauksen läpi aikayksikössä kulkevan aineen tilavuus

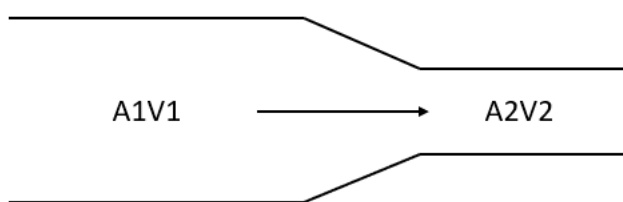
$$qV = A_1V_1 = A_2V_2 = \text{vakio}$$

qV = tilavuusvirta (m^3/s)

A = poikkipinta-ala

V = virtausnopeus

Kaava 2. (Valtanen 2012, 232)



Suuri poikkipinta-ala A_1 = Pieni poikkipinta-ala A_2
 Pieni virtausnopeus V_1 = Suuri virtausnopeus V_2

Kuva 1. Tilavuusvirta

Massavirta

$$qm = \frac{m}{t} = \frac{pV}{t} = pqV$$

qm = massavirta (kg/s)

m = massa

t = aika

pV = dynaaminen paine

qV = tilavuusvirta

Kaava 3. (Valtanen 2012, 232)

Bernoullin yhtälö

Bernoullin yhtälö perustuu siihen, että staattisen paineen, dynaamisen paineen ja hydrostaattisen paineen summa on vakio jokaisessa virtauskohdassa (Valtanen 2012, 232). Kun virtausnopeus kasvaa niin paine laskee ja kun virtausnopeus laskee, on näin paineen kasvettava, jotta kokonaisenergia säilyy. Se voidaan kuvata kaavalla

$$p_1 + pgh_1 + \frac{1}{2}pv_1^2 = p_2 + pgh_2 + \frac{1}{2}pv_2^2$$

$$p + pgh + \frac{1}{2}pv^2 = \text{vakio}$$

p = staattinen paine

$\frac{1}{2}pv^2$ = dynaaminen paine

pgh = hydrostaattinen paine

Kaava 4. (Valtanen 2012, 232)

Reynoldsin luku

Reynoldsin luvulla kuvataan nesteen virtauksen muuttumista laminaarisesta turbulenteiseksi. Reynoldsin luku määritellään yhtälöllä

$$Re = \frac{\rho v d}{\eta}$$

ρ = aineen tiheys

d = putken halkaisija

η = viskositeetti

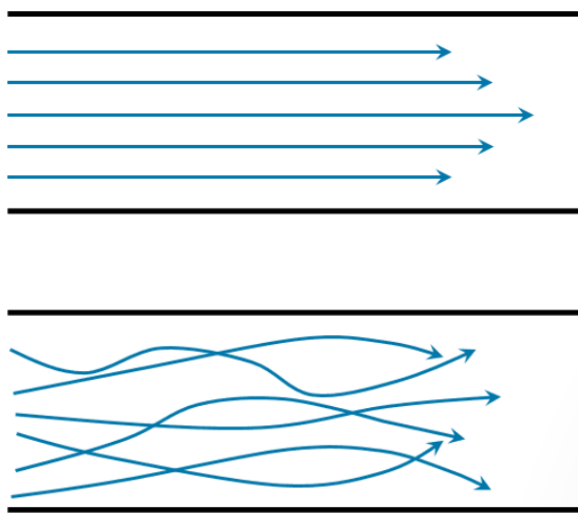
v = keskimääräinen nopeus

Kaava 5. (Valtanen 2012, 236)

4.2 Laminaarinen ja turbulenti virtaus

Laminaarisella virtauksella tarkoitetaan nesteen pyörteetöntä virtausta, jolloin neste liikkuu virtaviivaisesti. Tällöin yksittäisten nestehiukkasten liikkeet ovat ennustettavissa. Virtausnopeuden kasvaessa tietyn rajan yli laminaarinen virtauskenttä häiriintyy ja nestepartikkelit alkavat liikkua hallitsemattomasti. Tällöin virtaus muuttuu

turbulenttiseksi. Virtauksen muutosta laminaarisesta turbulenttiseksi voidaan kuvata parametrilla, jota kutsutaan Reynoldsin luvuksi. (Kirmanen ym. 2011, 8.) Turbulenttisessa virtauksessa menetetään enemmän energiaa kitkan voittamiseen ja painehäviö on näin suurempi. Kun Re on pienempi kuin 2000, virtaus on laminaarista, mutta kun $Re > 3000$, virtaus muuttuu pinnankarheudesta riippuen vähitellen turbulenttiseksi. Kun Re yli 4000 kutsutaan sitä täysin kehittyneeksi turbulenttivirtaukseksi. (Valtanen 2012, 236.)



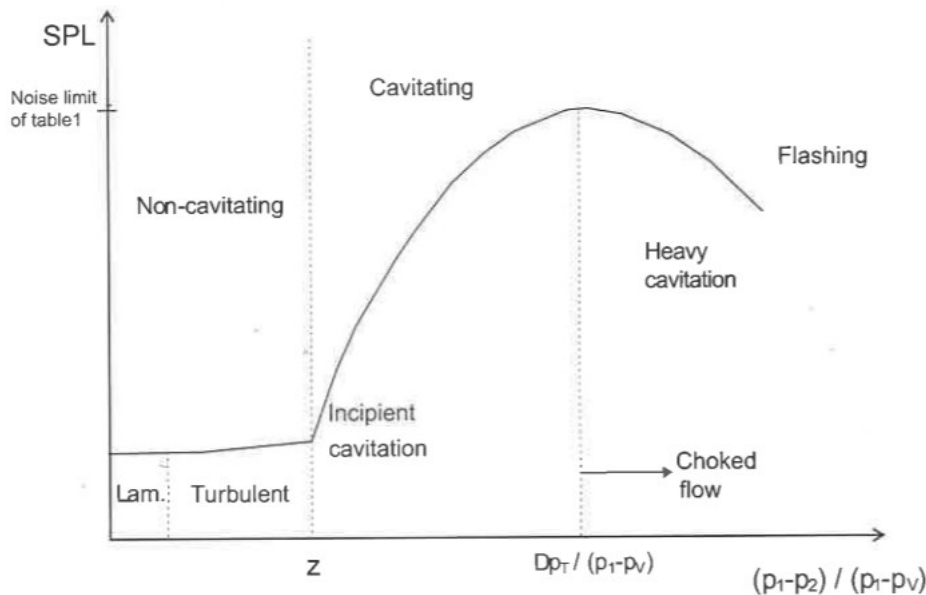
Kuva 2. Laminaarinen ja turbulenttinen virtaus (Simscale 2021)

4.3 Kokonaispainehäviö

Nesteen virratessa putkessa on siinä huomioitava eri vastuksia, joista koostuu kokonaispainehäviö. Kokonaispainehäviö koostuu kitkavastuksesta, kertavastuksista ja staattisesta vastuksesta. Virtaavan aineen nopeus, putken sisäpinnan karheus ja putken pituus tiedettäessä saadaan kitkavastus. Kertavastuksia on putkistoon lisättävä mutkat, ja venttiilit, jotka vaikuttavat virtaukseen kasvattaen painehäviöitä. Staattisella vastuksella tarkoitetaan putkilinja korkeuseroa, eli kuinka korkealle pumpun tulee pumpata nestettä. (Ruuskanen 2006.)

4.4 Kavitaatio

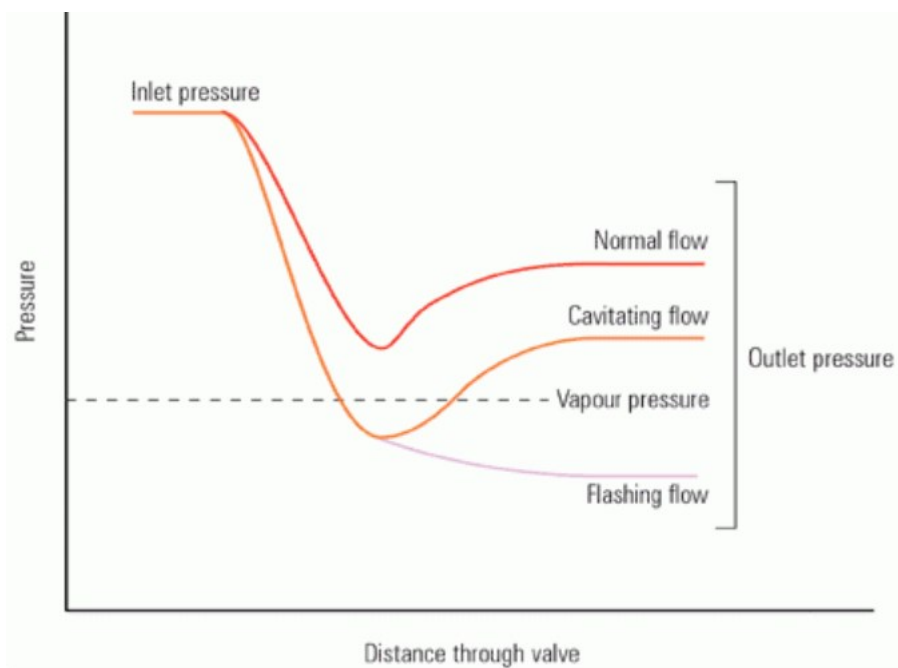
Kavitaatio on kaksivaiheinen ilmiö, joka esiintyy nesteissä tietyissä virtausolosuhteissa (Kirmanen ym. 2011, 47). Kavitaatiossa nesteen paine saavuttaa höyrystymispaineen, jolloin nesteessä alkaa erottumaan höyrykuplia, jotka joutuessaan tilaan jossa, paine jälleen ylittää höyrystymispaineen romahtavat kasaan aiheuttaen paikallisen paineiskun (Pulli 2016, 32). Paineiskut voivat olla erittäin voimakkaita ja kohdistuvat yleensä pienelle alueelle aiheuttaen vahinkoja putkissa, pumpuissa tai venttiileissä. Kavitaation aiheuttamien mekaanisten vaurioiden määrittäminen tietyissä virtausolosuhteissa on vaikeaa. Venttiilin materiaali, väliaine, putkilinjan asettelu ja mahdolliset kiintoaineet virtauksessa vaikuttavat kaikki kavitaation aiheuttamiin vaurioihin (Kirmanen ym. 2011, 50). Kuvasta 3 voidaan nähdä kavitaation ja äänen yhteys. Laminaarivirtauksessa ääni on hiljaista ja sitä ei tarvitse huomioida. Virtauksen kasvaessa yhä turbulenttisemmaksi voidaan havaita äänentason kasvavan voimakkaasti. Venttiilin kavitoidessa voimakkaasti siirtyy kavitaatio syöpyminen ja ääni tämän mukana kauemmaksi putkistossa. (Kirmanen ym. 2011, 52.)



Kuva 3. Kavitaatio ja melu (Kirmanen ym. 2011, 51)

4.5 Flashing

Flashing on ilmiö, jossa kavitaation toinen vaihe jää toteutumatta. Kun venttiilin ulostulopaine on alhaisempi kuin nesteen höyrystymispaine, ei jo muodostuneet höyrykuplat pääse romahtamaan ja neste poistuu venttiilistä kaksijakoisena seoksena. Tällöin neste ei kavitoi, koska kavitaation toinen vaihe, höyrystymispaineen ylitys jää toteutumatta. Tätä kutsutaan flashingiksi ja se on materiaaleille huomattavasti vähemmän vahingollista kuin kavitaatio. (Kirmanen ym. 2011, 48.)



Kuva 4. Kavitaatio ja Flashing (Engineering Toolbox, 2003)

4.6 Paineiskut

Paineiskut syntyvät nesteen äkillisestä virtausnopeuden muutoksesta. Paineiskut rasittavat putkistoja, venttiileitä ja pumppuja hyvin voimakkaasti ja voivat aiheuttaa suurta vahinkoa. Paineiskun syntymekanismi voi olla hyvinkin monimutkainen ja johtua monien tekijöiden yhteisvaikutuksesta (Pulli 2016, 45).

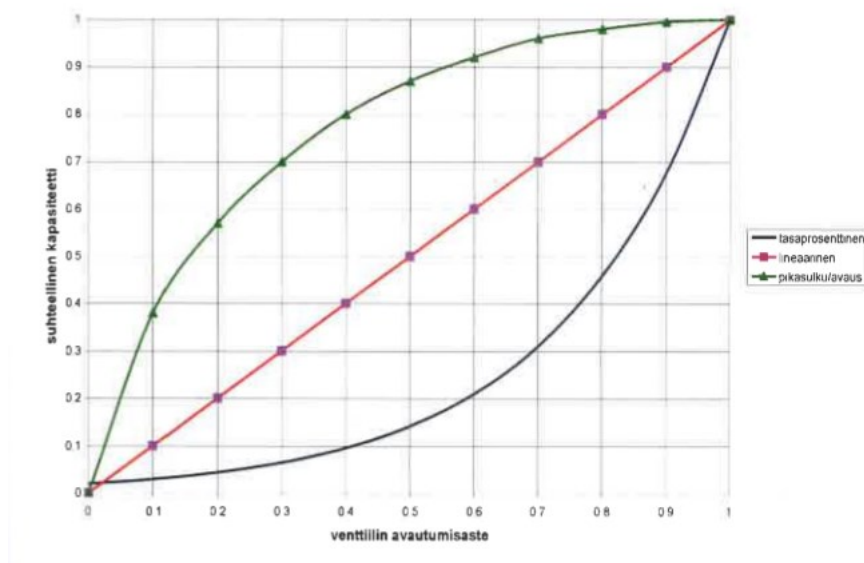
Yleisimpiä syitä paineiskuihin ovat

- venttiilin liian nopea sulkeminen
- väärällä hetkellä tai väärässä järjestyksessä tehty sulkeminen

- takaiskuventtiilin aiheuttama
 - pumpun äkillinen pysähtyminen
 - linjan täyttö liian suurella nopeudella
 - virtaustilassa tapahtuvat muutokset
 - kylmän ja kuuman väliaineen kohtaaminen
- (Pulli 2016, 45.)

4.7 Mitoitus

Onnistuneen venttiilin valinnan ja mitoituksen kannalta on tärkeää tuntea prosessi, johon venttiili tulee, siihen vaikuttavat tekijät ja tuleeko venttiili tavalliseen sulkutehtävään, pikasulku-/avaustehtävään vai säätötehtävään. Jos virtausolosuhteista tiedetään vähän, on venttiilin mitoittaminen hankalaa. Kun muutama virtaukseen vaikuttava tekijä tiedetään tarkkaan, saadaan valittua prosessiin parhaiten soveltuva venttiili (Kirmanen 2011, 19). Venttiililtä vaaditaan virtausteknisesti optimaalinen toiminta, riittävä lujuus paine- ja ulkopuolisia kuormituksia vastaan, tarpeeksi suuri kapasiteetti, tiiviys, prosessin kannalta vähäinen häiriö asennettaessa tai huollettaessa ja hyvä käytön kestävyys. Venttiilin sisäisen ominaiskäyrän avulla voidaan nähdä miten venttiilin asennon muutos vaikuttaa virtaukseen. Asennetun venttiilin ominaiskäyrä on riippuvainen putken painehäviöstä ja venttiilin ominaiskäyrästä, siksi useilla venttiilivalmistajilla on mitoitusohjelmia venttiilin mitoituksen helpottamiseksi. (Pulli 2016, 134.) Kuvassa 5 ei ole huomioitu putkistonpainehäviöitä. Voidaan havaita, että pikasulku/-avauksella lähes maksimi virtaama saavutetaan venttiilin pienellä avautumisella, lineaarisessa venttiilin asento ja virtaama vastaavat toisiaan, ja tasaprosenttisella samansuuruiset asennon muutokset aiheuttavat vakiosuuruisen prosentuaalisen muutoksen virtauksessa.



Kuva 5. Venttiilien ominaiskäyrä (Pulli 2016, 135)

5 SÄÄTÖPIIRI

Säätöpiiristä puhuttaessa tarkoitetaan yleensä kohdetta tai ilmiötä, josta ollaan kiinnostuneita ja tästä halutaan kerätä tietoa. Tietojen kerääminen tapahtuu mittaamalla. Lisäksi on tavoite mihin pyritään ja kerättyä tietoa verrataan tavoitteeseen. Jos mittaus ei ole tavoitteessa, on tehtävä korjaustoimenpide. (Frondeius 2005.) Järjestelmällä eli systeemillä tarkoitetaan yksikköprosessia tai sen osaa, jota halutaan mitata. Hyvin yleinen kohde on esimerkiksi venttiili, jonka asennosta halutaan kerätä tietoa. Jotta venttiiliä, ja sen käyttäytymistä voidaan tarkastella, tulee sille määrittää rajat. Järjestelmän sisäisiä olosuhteita kuvaa tilasuureet esim. virtausnopeus. Järjestelmän tulosuureilla tarkoitetaan ympäristön olosuhteita kuvaavia suureita, joiden muutokset aiheuttavat muutoksia järjestelmän tilaan. Putkessa virtaavan nesteen virtausnopeutta tai säiliön pinnankorkeutta voidaan pitää tulosuureena, koska se vaikuttaa venttiilin asentoon. Tulosuureta, jota voidaan järjestelmän toiminnan kannalta halutulla tavalla muuttaa, kutsutaan ohjaussuureeksi ja tulosuure, johon ei voida vaikuttaa on taas puolestaan häiriösuure. Säädön kohteena oleva lähtösuure on säätösuure. Kaikki toimet, jotka pyrkivät pitämään järjestelmän tilaa ja lähtösuureta ohjearvossa on säätämistä. (Savolainen & Vaitinen 2003, 11.)

5.1 Diagnostiikka

Nykyään kaikki kenttälaitteet sisältävät diagnostiikkaa ja kenttälaitteista saatavalla tiedolla pystytään parantamaan prosessin käyttöikä ja laitteiden elinkaarta. Tietoa prosessista ja kenttälaitteista saadaan kerättyä ns. älykkäiden kenttälaitteiden ansiosta. Älykkäissä kenttälaitteissa on mikroprosessori, ohjelma- ja datamuisti sekä liittimiä, jonka avulla laite voi suorittaa älykästä toimintaa ja käsitellä tietoa. Diagnostiikkatiedoksi voidaan laskea kaikki mikä vaikuttaa prosessiin. Laitteiden itsediagnostiikka on kehittynyt älykkyyden myötä ja kun tämä yhdistetään digitaaliseen kommunikointiin, on mahdollista rakentaa prosesseja, joissa kunnossapito ja ennakkohuolto on entistä tehokkaampia. Älykkään kenttälaitteen ja ohjausjärjestelmän välinen kommunikointi tapahtuu kenttäväylien avulla. Kenttäväylien kehittyminen on mahdollistanut digitaalisen tiedonsiirron, joka on mahdollistanut kenttälaitteiden älykkään kehittymisen. (Pihkala 2010, 12.) Kun esimerkiksi venttiilistä on tarpeeksi dataa ja voidaan nähdä huolto- ja vikaantumishistoria, on sille helpompi suunnitella huoltoa tai vaihtoa.

5.2 Field Device Manager

Field Device Manager on älykkäiden kenttälaitteiden hallintatyökalu, joka on olennainen osa Valmet DNA Explorer sovellusverkkoa. FDM mahdollistaa kenttälaitteiden, säätöpiirien ja ohjaussovellusten tehokkaan käyttöönoton, auttaa diagnostiikan keräämisessä ja kunnonvalvonnassa.

6 ELINKAAREN HALLINTA

6.1 Kunnossapito

Ennen kunnossapidon ymmärrettiin olevan vain vikojen korjaamista, nykyään tämä ajatus on muuttunut ja kunnossapidon on ymmärretty olevan paljon muutakin kuten tuottokyvyn ja laitteen toimintakunnon ylläpitämistä, säätämistä, säilyttämistä, huoltamista, korjaamista ja elinkaaren määrittämistä. Kunnossapito voidaan jaotella

ehkäisevään ja korjaavaan kunnossapitoon, ennakoivaan huoltoon, kuntoon perustuvaan huoltoon, huoltoon ja vikojen etsintään. (Järviö, Piispa, Parantainen & Åström 2007, 13).

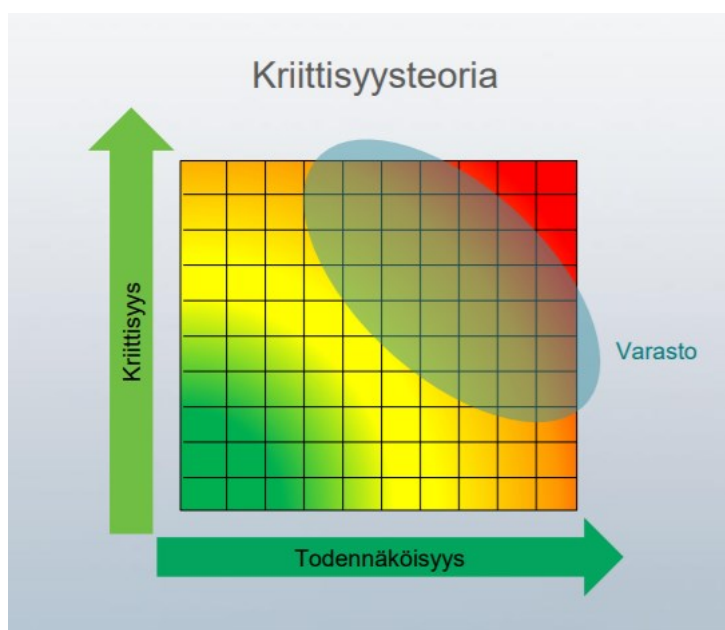
Korjaavassa kunnossapidossa kenttälaite tai sen osa on jo rikkoutunut tai todettu vialliseksi, kun se korjataan. Korjaavat kunnossapidot voivat olla joko suunniteltuja tai suunnittelemattomia. Ehkäisevässä kunnossapidossa pyritään vioittunut kenttälaite tai sen osa vaihtamaan ennen itse hajoamista. Aina laitteen rikkoontumista ei voi ennakoida, mutta ehkäisevällä kunnossapidolla pyritään odottamattomat rikkoontumiset minimoimaan ja siksi kunnonvalvonta on tärkeä osa ehkäisevää kunnossapitoa. Kenttälaitteiden kehittyneen diagnostiikan ansiosta on kunnonvalvonta helpottunut. Prosessissa tai sen laitteissa pystytään nykyään havaitsemaan pienimmätkin muutokset, jonka ansiosta vika voidaan havaita ja korjata ennen laitteen rikkoontumista tai prosessin pysäyttämistä. Kenttälaitteista kerättävän datan, vikaantumishistorian ja laite-toimittajien antamien huoltosuositusten avulla on laitteille helpompi suunnitella huoltoja ennen niiden vikaantumista. Huollot on yleensä suunniteltu ja jaksotettu käyttöiän, -määrän, -ajan tai rasittuvuuden perusteella. Huoltamalla laitteen toimintakykyä ja ominaisuuksia saadaan ylläpidettyä.

Kehittyneen diagnostiikan ansiosta prosesseista saadaan yhä enemmän tietoa, jolloin tehtaat pystyvät panostamaan myös ennakoivaan (predictive maintenance) ja kuntoon perustuvaan (condition-based) huoltoon, jossa seurataan laitteiden suorituskykyä ja kuntoa käytön aikana. Tällä pyritään vähentämään vikaantumisia ja huoltamaan laitteet suorituskyvyn laskiessa (Reliableplant 2019).

6.2 Kriittisyyden määrittäminen

Prosesseissa käytettävät kenttälaitteet luokitellaan kriittisyyden perusteella. Yleisimpiä luokitteluun vaikuttavia tekijöitä on turvallisuus, vaikutus ympäristöön, vikaantumisen todennäköisyys, vaikutus tuotannonmenetykseen, vaikutus lopputuotteeseen, varaosien saatavuus ja korjauskustannukset. On tietenkin laitos- ja yrityskohtaista miten kriittisyys loppujen lopuksi määritellään. Kriittisyysluokittelulla saadaan apua kunnossapitoon ja huoltojen suunnitteluun. Toimivassa kunnossapidossa saadaan

kriittisyysluokittelun avulla tarvittavia toimenpiteitä ja kunnossapidon resursseja kohdistettua oikeisiin kohteisiin. Laitteiden lukumäärän ja kriittisyysluokan mukaan voidaan määritellä mitä tuotannon laitteita tulisi löytyä varastosta niin että, vioittunut laite saadaan mahdollisimman nopeasti takaisin käyttökuntoon. Kun taas ei kriittisten laitteiden varaosat voidaan tilata vasta kun vika havaitaan koska laitteen rikkoontumisella ei ole vaikutusta tuotantoon. Kriittisyys määrittelee siis viasta toipumisen tavoiteajan (Räty 2020).



Kuva 6. Kriittisyysmalli (Räty 2020)

6.3 Vikaantuminen ja vianhakumenetelmät

Vikaantumisen on perinteisesti ajateltu johtuvan laitteen huonosta suunnittelusta tai kestävydestä. Näin ei kuitenkaan ole. Japanilaiset TPM:n (Total Productive Maintenance) kehittäjät tutkivat vikaantumista hyvin perusteellisesti. Heidän mukaansa vikaantumiselle on viisi pääsyitä: laitteita ei käytetä oikein, käyttäjien ja kunnossapitäjien ammattitaito keskittyy vain korjaamiseen, ikääntymisen myötä tapahtuvaa toimintakyvyn heikkenemistä ei havaita tai korjata, laitteen käyttöolosuhteet eivät ole optimaaliset tai laitteen suunnittelussa ei ole tarpeeksi huomioitu sen käyttöä ja käyttöolosuhteita. (Järviö ym. 2007, 61.) Laitteen vika ei synny itsekseen tai ilmesty tyhjästä. Jokaisella vialla on syntymä ja kehittymismekanismi. Vian perussyyn ja vikaantumisprosessin selvittämisen avulla voidaan jatkossa tehdä toimenpiteitä, joilla vastaavan

vian uusiutuminen voidaan estää. Tavallisimpia vianhakumenetelmiä on vika-analyysit, vikaantumisen selvittäminen, mallintaminen, perussyyn selvittäminen, materiaalianalyysit, suunnittelun analyysit ja vikaantumispotentiaalin kartoitus. (Järviö ym. 2007, 51.)

7 TUTKIMUSMENETELMÄT

Opinnäytetyössä tehdään asiakkaalle ohje venttiilien kenttätarkastuksille. Tämän jälkeen otetaan tutkittavaksi vikaantunut venttiili ja tehdään sille juurisyyanalyysi. Työ aloitetaan listaamalla venttiilin osat ja ne tutkitaan tarkoin. Osien listaamisen ja tutkimisen jälkeen mietitään mahdollisia syiden aiheuttajia ja tehdään tutkimustuloksista yhteenveto. Työ on tosiasioiden tutkimista ja keräämistä. Tämän jälkeen tehdään syy- ja seurauskaavio venttiilin vikaantumisesta. Syy- ja seurauskaavioita voidaan tarvittaessa luoda useita. Opinnäytetyössä kerrotaan, kuinka kriittisten laitteiden varastointi päivitetään laitetoimittajan tietokantaan tekemällä ensin varastoanalyysi sekä manuaalisesti että varastointiin erikoistuneen ohjelman avulla. Tuloksia tullaan vertailemaan keskenään ja käymään asiakkaan kanssa läpi ennen tietokantaan syöttöä.

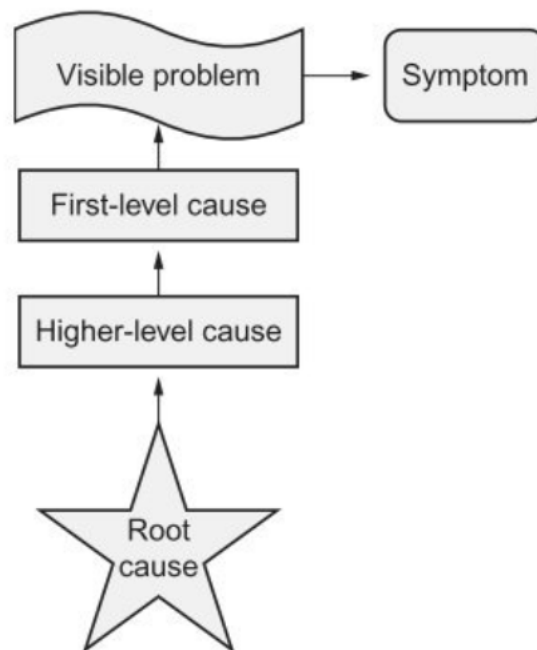
7.1 Juurisyy

Ongelman tai vian esiintyessä on sille aina jokin syy. Jotta voidaan löytää ratkaisu vian korjaamiseksi, on se ensin tunnistettava. Usein vian tunnistaminen on vaikeampaa kuin sen korjaaminen. Jos vika tai ongelma vain korjataan, on itse vian aiheuttaja yhä olemassa, joten siksi tulisi aina selvittää vian juurisyy. Juurisyy selvittämällä pyritään löytämään vian todellinen aiheuttaja, joka sitten voidaan poistaa. Ongelma on usein monien eri syiden tulos. Toiset syyt vaikuttavat toisiin luoden ongelman, joka sitten havaitaan. (Andersen & Fagerhaug 2006.)

Syyt voidaan jakaa seuraavasti:

- OIREET, nämä ovat merkkejä ongelman olemassaolosta
- ENSIMMÄISEN TASON SYYT, nämä syyt johtavat ongelmiin.

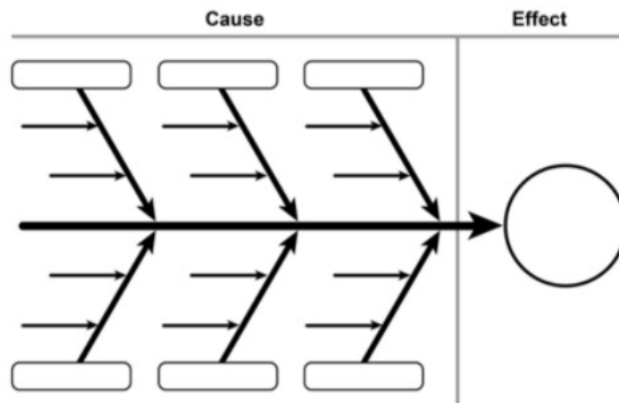
- KORKEAMMAN TASON SYYT, nämä eivät itsessään aiheuta ongelmia, vaan johtavat ensimmäisen tason syihin muodostaen linkkejä syy- ja seurauskaavioon, jotka lopulta aiheuttaa ongelman
- JUURISYY, laittaa syy- ja seurauskaavion liikkeelle aiheuttaen ongelman



Kuva 7. Juurisyyn tasot (Andersen & Fagerhaug 2006)

7.2 Syy- ja seurauskaavio

Työkaluna venttiilin juurisyyn tutkimisessa käytetään syy- ja seurauskaaviota. Syy- ja seurauskaavioita on monenlaisia ja tässä työssä käytetään ns. kalanruotokaaviota. Kalanruotokaavio on graafinen laatujohtamisen ja prosessinkehittämisen työkalu, jota käytetään usein syiden etsimisessä ja analysoimisessa. Kalanruotokaavion avulla pystytään ryhmittelemään venttiilin vikaantumiseen johtaneita syitä, jossa jokainen ruoto on oma vikansa. Kun näin on saatu luokiteltua eri vikoja, voidaan näihin piirtää lisää ruotoja, jotka kuvaavat miksi vika on syntynyt. Tämä auttaa ongelman ratkaisussa. Työkalu on Kaoru Ishikawan kehittämä ja sitä käytettiin ensimmäisen kerran 1960-luvulla. (Karjalainen 2007.)



Kuva 8. Kalanruotomalli (Mave 2019)

8 TYÖ

8.1 Kenttähuolto-ohjeen luominen

Asiakkaan toiveesta opinnäytetyössä luotiin päivitetty ja käytännöllinen ohje venttiiliyhdistelmien kenttätarkastuksille. Venttiilin ollessa linjassa kiinni rajoittaa se venttiilin tiiviste- ja muiden sisäisten pintojen tarkastuksen pois. On myös huomioitava, että venttiilin ollessa toiminnassa ei välttämättä venttiilin ajaminen auki ja kiinni asentoihin ole aina mahdollista. Ohjeen tekeminen aloitettiin kirjaamalla ylös kaikki asiat, jotka on mahdollista tarkistaa venttiilin ollessa linjassa kiinni. Ohjeessa käydään yksityiskohtaisesti läpi sekä asennoittimesta, toimilaitteesta ja venttiilistä tarkastettavat asiat. Ohjeeseen liitettiin mukaan kuva, jossa numeroidut kohdat osoittavat tarkastettavan kohteen selkeästi. Jokainen kuvassa osoitettu numero on selitetty ohjeessa.

Ohjeeseen listattiin seuraavia tarkastettavia asioita:

- Asennoittimen/rajakytkimen kiinnitys, sekä u-palkin tiukkuus
- Putkien/letkujen kiinnitys ja vuodot sekä jakotason vuodot
- Toimilaitteen ja venttiilin kiinnitys sekä palkin kunto
- Poksivuodot

- Laippojen vuodot
- Toimilaitteen ja sylinterin läpivuoto
- Muut mahdolliset vuodot ja kiinnitykset
- Venttiilin liikkuvuus (ajetaan, jos mahdollista)
- Toimilaitteen sylinterin ja kotelon välinen tiukkuus
- Yleinen siisteys

Voidaan siis huomata, että kentällä tehtävä tarkastus on suurimmaksi osaksi näkö- ja kuulohavainnoin tehtävä tarkastus, jolla pyritään varmistamaan, että kaikki osat ovat kunnolla kiinni ja toimintakuntoisina. Kenttähuolto-ohje on liitetty opinnäytetyön loppuun. LIITE 1

8.2 Vikaantuneen venttiilin juurisyyn tutkiminen

Työssä tutkitaan vikaantunutta palloventtiiliä. Tutkittava venttiili on ollut mustaliipeälinjassa säätöventtiilinä. Työ aloitetaan tutkimalla venttiilin osat huolellisesti ja kirjaamalla niissä havaitut viat ylös. Tämän jälkeen mietitään vian aiheuttajia ja tehdään tuloksista yhteenveto. Lopuksi luodaan vikaantumisesta syy- ja seurausanalyysi.

8.2.1 Venttiilin tutkiminen

Mustaliipeälinjassa toiminut säätöventtiili.

Venttiilin tyyppikoodi MA200LCGAS6SJKTTK. Alla eroteltuna merkkien tarkoitus.

MA	Täysaukkoinen palloventtiili, tiiviste tukirenkaalla
200	200mm virtausaukko
L	PN 25 paineluokka
C	Form C, DIN 2526, raised face, standard
GA	Standard
S6	Rungon materiaali C8FM
SJ	Pallo 316SS + HCr
K	Tiivistetyyppi K
T	Tiivistemateriaali 361SS

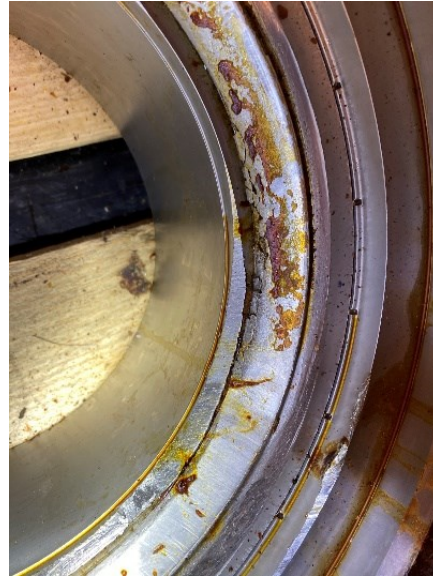
T Runkotiiviste PTFE
K Pulttien materiaali A2-70



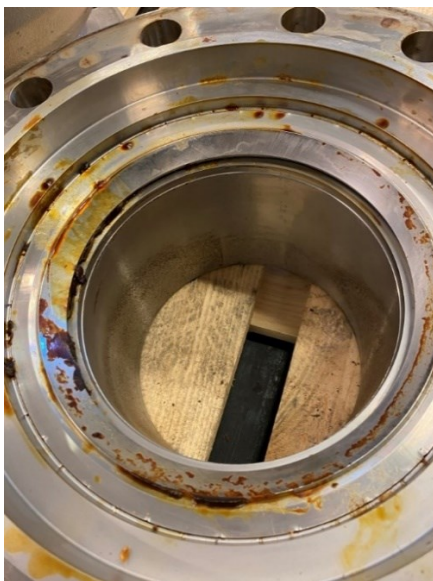
Kuva 9. Sulkuelin pahasti kulunut.



Kuva 10. Sulkuelimen pinnan suuren kuluman johdosta myös virtausaukon reuna taipunut.



Kuva 11. Rungon puoleinen tiivistein kuluminen aiheuttanut myös pesän virtausaukon reunaan suurta kulumaa.



Kuva 12. Rinnan puoleinen tiiviste hyvässä kunnossa. Tulopuolen virtauspinnassa normaalia kulumaa.

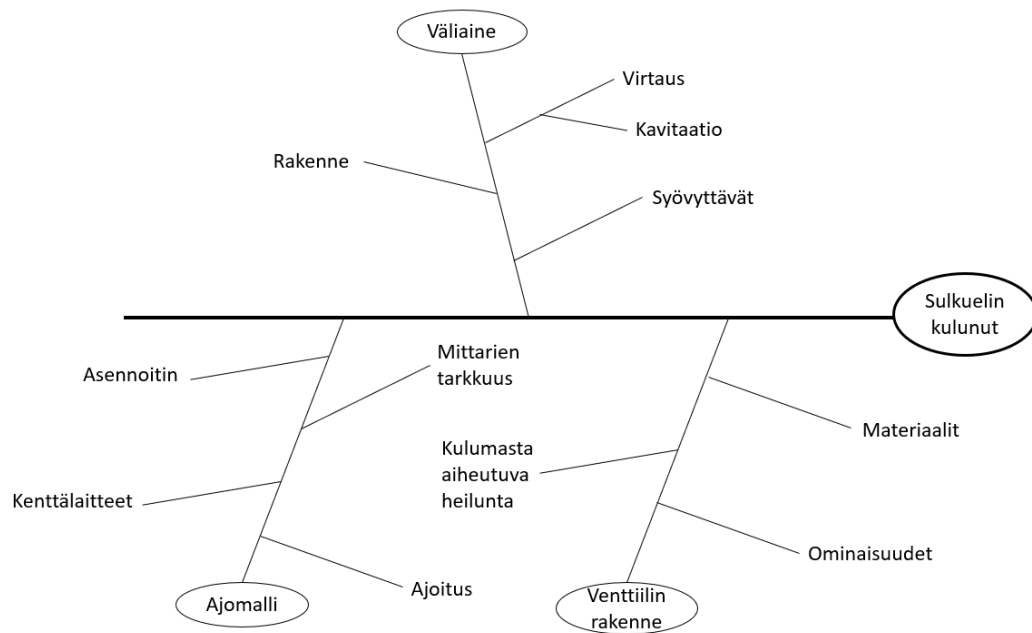


Kuva 13. Akseli ja poksi hyvässä kunnossa. Normaalista käytön kulumaa.

Kuvista voidaan nähdä sulkuelimen raju pinnan kuluminen. Myös rungon puoleinen tiiviste on pahoin kulunut mikä on aiheuttanut pesän virtausaukon reunan kulumisen. Sulkuelimen kulumisen perusteella voidaan todeta säädön olleen liian aggressiivista. Tarkoittaen että, kun venttiiliä on ajettu haluttuun asentoon niin venttiili ei ole asettunut haluttuun arvoon vaan on yrittänyt säätää itseään ``liian tarkasti`` mikä aiheuttaa sulkuelimelle edestakaisen liikkeen. Sulkuelimen kuluminen on tehnyt sille tilaa liikua rungon sisässä vapaammin, jolloin kuluminen on ollut suurempaa. Näin suuri pinnan kuluminen on ääripään esimerkki pitkään jatkuneesta sahausliikkeestä. Tämän kaltainen laaja venttiilin vaurioituminen tulisi havaita ennen kuin se aiheuttaa ongelmia prosessissa. Prosessilaitteille tehtävässä kenttähuoltotarkastuksessa olisi tämän kaltainen aggressiivinen säätö voitu havaita ja kuluminen olisi ollut estettävissä oikeilla toimenpiteillä. Venttiilin liian korkea säätöaste ja liikemäärä olisi voitu havaita diagnostiikkaa lukemalla. Ei vika välttämättä ole näin yksinkertainen ja syy- ja seurauskaavion avulla voidaan syyn aiheuttajaa miettiä yksityiskohtaisemmin.

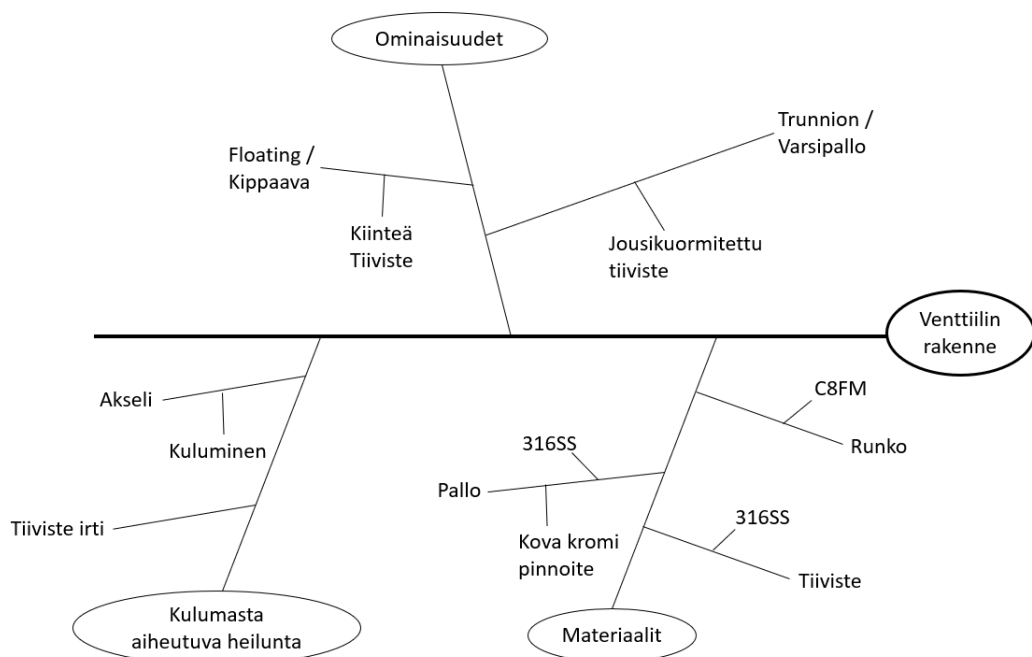
8.3 Syy- ja seurauskaavion luonti

Syy- ja seurauskaavion tekeminen aloitetaan käyttämällä hyväksi vikaantuneen venttiilin tutkimisesta saatuja tietoja. Venttiiliä tutkimalla todettiin sulkuelimen kuluneen rajusti, joka on siis syytä valita kalanruodon pääksi eli ongelmaksi, johon etsitään juurisyytä.



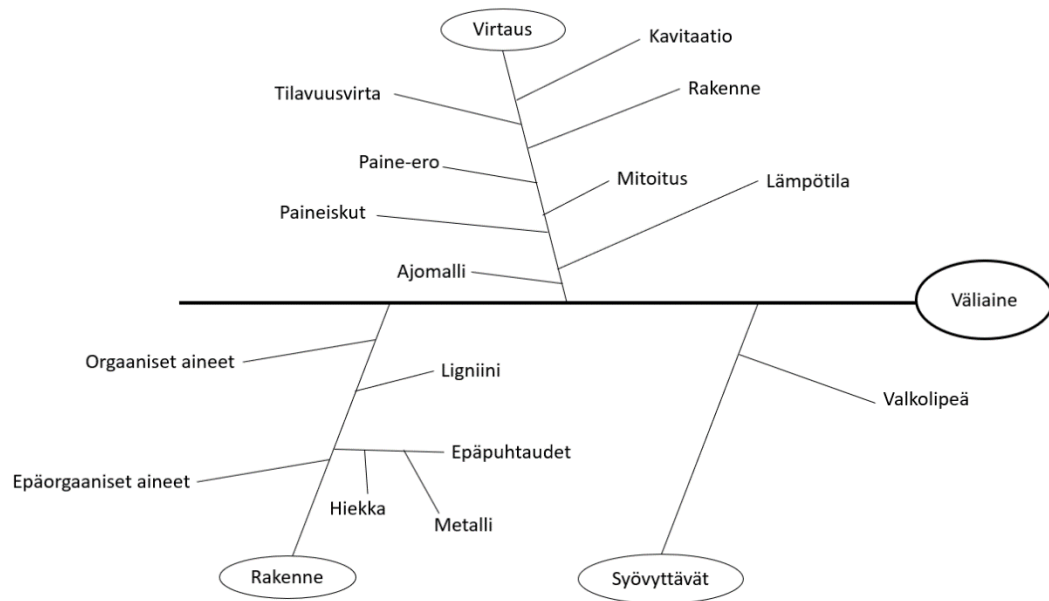
Kuva 14. Syy- ja seurauskaavio sulkuelimen kulumisen.

Kaavioon on mietitty mahdollisia syiden aiheuttajia. Tästä emme vielä pysty päättämään kulumiseen johtaneita syitä, vaan on syy- ja seurauskaavion syitä tutkittava yksityiskohtaisemmin. Teemme siis jokaisesta syyn aiheuttajasta oman syy- ja seurauskaavion, jonka avulla pystymme sulkemaan osan tekijöistä pois.



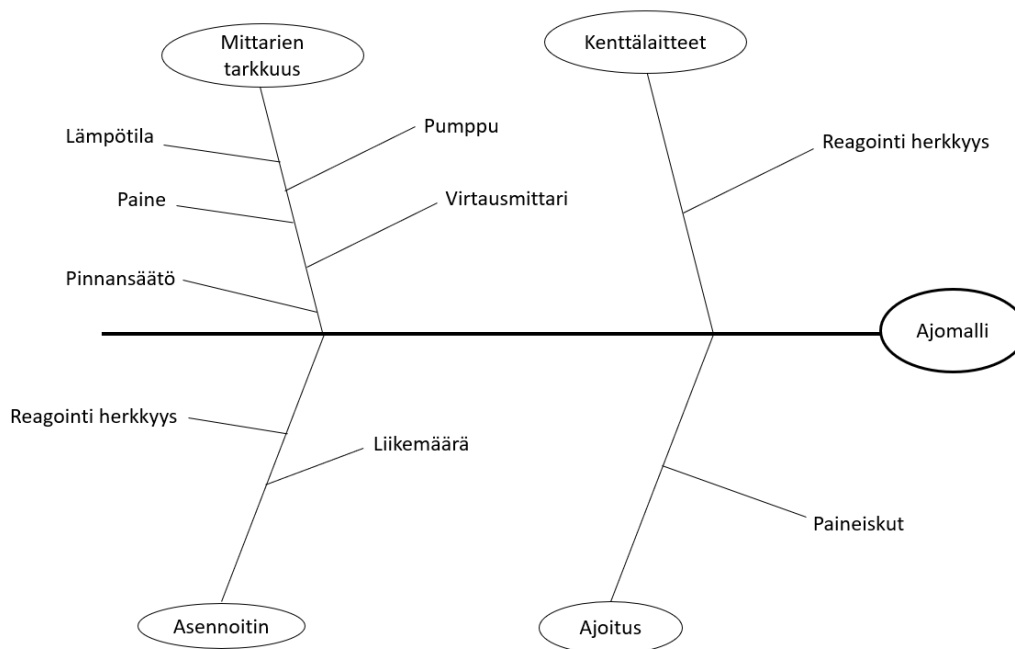
Kuva 15. Syy- ja seurauskaavio venttiilin rakenne.

Yksityiskohtaisemmalla syy- ja seurauskaaviolla venttiilin rakenteesta pystytään jo sulkemaan tekijöitä pois. Kuvista voitiin nähdä akselin ollen hyvässä kunnossa ja tiivisteiden paikoillaan. Venttiilin materiaalit ovat ominaisuuksiltaan sopivia mustaliipeälinjaan. Pallo ja tiiviste ovat hapon ja emäksen kestävästä tyypin 316 terästä. Pallossa käytettävä kova kromipinnoite antaa pallolle kulutusta ja korroosiota kestävä pinnan. Rungossa käytettävä CF8M materiaali on haponkestävää ruostumatonta terästä. Linjassa käytettävä venttiili on ominaisuuksiltaan kippaava pallo. Tällöin sulkuelin pääsee liikkumaan rungon sisällä, koska sitä ei ole tuettu kuten varsipalloa vaan toimii vain akselinsa varassa. Kippaavalla pallolla varustettua venttiiliä suljettaessa väliaineen massa painaa pallon tiivistettä vasten tehden tästä tiiviin. Paine-eron on oltava tarpeeksi suuri, jotta pallo painautuu kunnolla tiivistettä vasten, muuten pallo jää ns. keltumaan eikä tiivistä kunnolla. Väliaineen suuren massan vuoksi paine-ero voi myös olla liian suuri, jolloin pallo painautuu tiivistettä vasten haluttua kovemmin. Vikaantunutta venttiiliä tutkiessa huomattiin että, venttiilin ajoasento on mahdollistanut pallon eli sulkuelimen hankauksen tiivistettä vasten. Kuluminen vuoksi sulkuelin on päässyt liikkumaan huomattavasti normaalia enemmän, joka on edesauttanut kulumisen kehitystä yhä aggressiivisemmaksi. Linjassa käytettävän venttiilin ominaisuuksia tulee miettiä, sillä varsipalloa käytettäessä ei sulkuelimen pinnan kulumisen olisi vaikuttanut pallon liikkuvuuteen. Varsipallo on käyttöakselinsa lisäksi tuettu myös pallon pohjasta, jolloin pallo ei pääse liikkumaan, vaan pallon sulkeutuessa jousikuormitteiset tiivisteet painautuvat venttiiliä vasten tehden tästä tiiviin. Sulkuelin ei siis olisi päässyt kulumisen vuoksi hakkaamaan tiivistettä vasten muuttaen kulumista yhä aggressiivisemmaksi.



Kuva 16. Syy- ja seurauskaavio väliaine.

Pystyimme kuvan 15 syy- ja seurauskaavion kohtia tutkimalla toteamaan, että venttiilin materiaalit sopivat yhteen väliaineena käytettävän mustalipeän kanssa. Materiaalien pinnoilla ei ollut merkkejä syöpymisestä, joka olisi ollut havaittavissa pistekorrosiona. Epäpuhtauksista johtuvaa kulumista ei voida sulkea pois ja se on voinut edesauttaa sulkuelimen pinnan kulumista, mutta ei ole vian todellinen aiheuttaja. Kavitaatioissa aiheutuu paikallisia ja tilapäisiä jännityksiä. Jännityksien tapahtuessa toistuvasti aiheuttaa se pintaväsymismurtumaa ja pinnan materiaalin irtoamista eikä kulumina olisi tasaista kuten kuvissa. Mustalipeä on normaalissa lämpötilassa 20 °C kiinteää, lämpö tekee mustalipeästä juoksevampaa ja siksi sen käyttölämpötila on korkea n. 100 °C (Knowpulp 2019). Käyttölämpötila ei silti ole lähellä venttiilin materiaalien lämmönkestävyyttä, joten lämpötila ei ole yksi syyn aiheuttajista. Venttiilin materiaalit soveltuvat jopa 250 °C lämpötiloihin, valittaessa erikoisrakenteita venttiileihin päästään 450 °C käyttölämpötiloihin. Aikaisemmin todettiin venttiilin ajoasennon mahdollistaneen sulkuelimen hankauksen. Kulumisen perusteella venttiiliä ajetaan käyttämättä koko virtauskapasiteettia. Väliaine painaa tällöin sulkuelintä tiivistettä vasten ja säätöliike kuluttaa sulkuelimen pintaa. Venttiilin uudelleen mitoittamisella tämän kaltaisen kulumisen voitaisiin välttää.



Kuva 17. Syy- ja seurauskaavio ajomalli.

Sulkuelimen pinnan kulumisen on voinut saada alkunsa myös paineiskusta. Iskun vaurioittaessa sulkuelimen pintaa on se päässyt liikkumaan rungon sisässä vapaammin, jolloin sulkuelimen liike ja pinnan kulumisen on muuttunut yhä voimakkaammiksi. Syy- ja seurauskaaviossa mainitaan reagoitiherkkyys, joka on otettava huomioon yhtenä mahdollisen vian aiheuttajana. Jos asennoitin on saanut liian tarkkaa tietoa sulkuelimen säätöön vaikuttavalta virtausmittarilta (tähän on voinut vaikuttaa myös säiliön pinnakorkeuden mittaus) ja reagoi liian pieniin muutoksiin linjastossa on sulkuelimen liikemäärä ollut suuri ja tehnyt paljon pientä ja sahaavaa säätämistä. Tämä on hangannut sulkuelimen pintaa tiivisteeseen, jolloin sulkuelin päässyt liikkumaan vapaammin aiheuttaen aggressiivisen kulumisen.

8.3.1 Juurisyyn yhteenveto

Saimme juurisyyn rajattua muutamaan eri vaihtoehtoon. Oli juurisyyn mikä tahansa edellä mainituista, se on mahdollistanut välyksen kasvamisen sulkuelimen ja tiiviste-pintojen välillä. Tämä aiheuttaa sulkuelimelle ylimääräistä liikkumatilaa, mikä painerojen ja liikkeen myötävaikutuksesta nopeuttaa kulumista. Kulumiseen vaikuttaa huomattavan monta eri tekijää, joita tulee huomioida ja prosessi pitää tuntea tarkasti ennen kuin todellinen juurisyyn voidaan löytää. Johtopäätöksiä voidaan kuitenkin tehdä

löydetyistä juurisyistä. Kuten aiemmin todettiin, kelluva pallo vaatii ominaisuuksiltaan linjassa oikean paine-eron toimiakseen. Paine-eron ollessa liian suuri, voisi se aiheuttaa kulumaa sulkuelimessä ja tiivisteissä, jonka seurauksena sulkuelin pääsee liikkumaan vapaammin. Myös paineiskujen todettiin olleen yksi mahdollinen kulumisen aiheuttaja, jolloin sulkuelin myös pääsisi liikkumaan vapaammin. Jos paine-ero linjastossa on kelluvalle pallolle liian suuri tai ei paineiskuilta voida välttyä, venttiilin vaihto ominaisuuksiltaan parempaan varsipalloon poistaisi tai hidastaisi ongelman syntyä, jossa sulkuelin pääsee kulumisen vuoksi liikkumaan haluttua enemmän nopeuttaen kulumista. Koska kulumisen on voinut johtua myös liian aggressiivisesta säädöstä, on syytä tarkastaa säätöön vaikuttavien mittareiden toimivuus, asennoittimen reagointiherkyys ja piirin säätöherkyys. Diagnostiikkaa lukemalla voidaan tulkita asennoittimen liikemäärä, venttiilin ajoasento, liikkellelähtökuormat ja huojunta, jolloin tiedetään, tekeekö venttiili tarpeetonta työtä tai ajetaanko venttiiliä käyttämättä sille tarkoitettua virtauskapasiteettiä, jolloin venttiilin uudelleen mitoitus on aiheellinen. Juurisyyanalyysi on erinomainen työkalu vikojen etsintään, kun sitä käytetään oikein ja siihen käytettävät resurssit kohdistetaan oikein. Tulee aina miettiä kenttätarkastuksien yhteydessä havaitussa vioissa tai jo vikaantuneen venttiilin kohdalla kannattaako juuri kyseisestä vikaantumisesta aloittaa juurisyyn hakeminen. Jos vikaantuminen on yksittäinen ja satunnainen tai on venttiili/kenttälaitte jo elinkaarensa päässä, jolloin vikaantuminen on odotettavissa niin on selvää, ettei tällöin kannata vikaantumista lähteä enempää tutkimaan. Oikein kohdistetuilla juurisyyn tutkimisilla voidaan estää vikoja uusiutumasta, jolloin säästytään tuotannonmenetyksiltä, ylimääräisiltä kustannuksilta ja työltä. Tuotannolle kriittisille kenttälaitteille olisi juurisyyn tekeminen usein aiheellista, koska vikaantuminen saattaa aiheuttaa prosessin alasajon ja näin ollen suuret tuotannonmenetykset. Vioittuneen kenttälaitteen tutkiminen on kustannuksiltaan huomattavasti alhaisempaa kuin se että prosessissa sama kenttälaitte vioittuu samasta syystä uudelleen aiheuttaen jälleen tahattoman prosessin alasajon ja mittavat tuotannonmenetykset, vaikka tämä olisi ollut vältettävissä vikaantuneen laitteen tutkimisella ja vianaiheuttajan poistamisella.

8.4 Varastointikriittisyys

Työssä verrataan sellutehtaan laitekantaa laitetoimittajan varastointiin ja päivitetään se. Tämän jälkeen pystytään varastoinnin määrät syöttämään tilauskannan kanssa samalle alustalle. Tämä helpottaa laitekannan hallintaa, kun mahdollisimman moni asia on samalla pohjalla. Opinnäytetyössä käydään läpi vain keittämön alueella sijaitsevat kriittisiksi määritellyt läppäventtiilit. Tämä toimii esimerkkinä, miten varstoanalyysi tullaan toteuttamaan. Opinnäytetyön jälkeen tämä tullaan toteuttamaan sekä manuaalisesti että varastointiin erikoistuneen ohjelman avulla tehtaan venttiileille, toimilaitteille ja asennoittimille. Tämän kaltainen varastoinnin listaus on jo kertaalleen tehty manuaalisesti excel pohjalle. Työn tarkoitus on saada päivitetty listaus varastoitavista laitteista sekä saada varastoivat tuotteet tilauskannan kanssa samalle alustalle. Työ aloitettiin käymällä läpi keittämön venttiilit. Keittämöllä on 276 läppäventtiiliä, joista on sellutehtaan kriittisyysluokittelun mukaan luokiteltu 100 kriittisiksi. Kriittisen venttiilin hajotessa on tärkeää, että viasta toipuminen kestäisi mahdollisimman vähän aikaa. Oikein tehdyllä varastoinnilla pyritään tämä aika minimoimaan.

Valve Type	Kpl	Keittämöllä kriittisiä	%	Varastossa
L12A080AA	10			
L12A100AA	25			
L12A150AA	48	1	2 %	1
L12A200AA	25		0 %	
L12A250AA	17		0 %	
L12A300AA	6		0 %	
L12A350AA	1		0 %	
L12A400AA	5	1	20 %	1
L12A500AA	3		0 %	
L12A600AA	4		0 %	
LW7LBA100AAJA	6		0 %	
LW7LBA150AAJA	3		0 %	
LW7LBA200AAJA	5		0 %	
LW7LBN250AAJA	7	2	29 %	1
LW7LBA300AAJA	7		0 %	
LW7LBA400AAJAT/L	3		0 %	
LW8MBA200AACAT	19	19	100 %	1
LW8MBA250AACAT/M	17	15	88 %	1(erikois)
LW8MBA300AACAT/M	10	10	100 %	1(erikois)
LW8MBA350AACAT/M	52	52	100 %	2(erikois)
L1CMA700AAJB/J	1		0 %	
L1CMA800AAJB/J	2		0 %	
Yhteensä	276	100		

Kuva 18. Nykyinen varastointi (vain kriittiset läppäventtiilit).

Taulukosta nähdään läppäventtiilien lukumäärä sekä kuinka moni niistä sijaitsee keittämön alueella ja on määritelty kriittisiksi. Vain nämä on huomioitu tässä varastoanalyysissä. Kun lähdetään miettimään varastoitavia laitteita, niiden määriä ja varastointipaikkaa vaikuttaa siihen moni eri tekijä. On huomioitava samanlaisten laitteiden/venttiileiden määrä laitoksella, venttiilin kriittisyys prosessille, laitteen toimitusaika sekä hinta. Asiakkaalle varastoinnista koituu aina kuluja, joten on tärkeää, että pyritään välttämään turhaa varastointia, kuten laitteiden, joiden hajoamisella ei ole vaikutusta prosessiin. Varaston kulut pyritään pitämään matalina mutta silti on pystyttävä toipumaan kriittisen laitteen vioittuessa mahdollisimman nopeasti. Vikaantuneen laitteen takia pysähdyksissä oleva prosessi on kustannuksiltaan huomattavasti suurempi taloudellinen menetys kuin varastoinnista koituvat kulut. Kuvasta voimme nähdä nykyisen varastointitilanteen kriittisten läppäventtiilien kohdalla. Venttiilit, joita laitoksella on paljon, niin sijaitsee vastaava tuote Raumalla. Kun taas venttiilit, joita on lukumäärällisesti vähemmän tai ovat hinnaltaan suurempia (erikoisventtiilit) niin ovat varastoitu Helsingin varastolle. Kriittisyysastetta tarkastellessa on syytä miettiä tulisiko jotain venttiileitä varastoida myös Raumalle tai olla useampi kappale. Tähän vaikuttaa venttiilin hinta ja sen saatavuus. Tämän kaltainen laitekannan läpikäynti tullaa tekemään kaikille venttiileille, toimilaitteille ja asennoittimille. Manuaalisen laitekannan läpikäynnin ja ohjelman avulla saatujen varastointimäärien tuloksia vertaillaan keskenään. Tämän avulla saadaan päivitetty ja selkeä kuva mitä laitteita ja varaosia tulisi olla missäkin varastoituna, varaston pysyessä kohtuullisena niin kooltaan kuin kustannuksiltaan tukien kuitenkin mahdollisimman kattavasti laitoksen käyntivarmuutta. Tulokset käydään läpi asiakkaan kanssa. Tämän jälkeen on päivitetty versio varastopalveluista.

9 YHTEENVETO

Työssä luotiin kenttähuolto-ohje selkeyttämään kenttälaitteiden tarkastuskiertoja. Kenttähuolto-ohjeesta tuli selkeä. Kenttähuoltokierroksilla saadaan tärkeää tietoa venttiileiden toimintakunnosta, siksi on tärkeää, että jokainen kierroksen tekijä osaa tehdä tarpeelliset havainnot tarkastettavista laitteista. Kenttähuolto-ohjeen tueksi suunnitellaan kierroksella havaittujen vikojen kirjaus- ja raportointitapa. Tästä tulee selvitä laitepositio, siinä havaitut viat ja puutteet, vian vakavuus ja laitteen kunto. Tämä helpottaa laitteen huollon suunnittelussa. Pidetään laitetoimittajan listaus ajan tasalla kirjaamalla kierroksilla havaitut viat myös tänne.

Opinnäytetyössä esitelty vikaantuneen venttiilin juurisyy hakeminen otetaan osaksi elinkaaren hallintaa ja tämän käynnistäminen katsotaan aina tapauskohtaisesti jokaisen venttiilin kohdalla. Kriittisen venttiilin vikaantuessa tulisi juurisyy hakeminen käynnistää aina. Tämän avulla pyritään välttämään saman syyn aiheuttama prosessin alasko eli vian uusiutuminen. Juurisyy hakemisen tulisi käynnistyä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa venttiilin vioittuessa. Mitä enemmän tietoa vioittuneesta kohteesta ja siihen johtaneista syistä saadaan, niin sitä selkeämpi on lähteä luomaan vikaantumista syy- ja seurauskaaviota.

Varastoanalyysin avulla saadaan päivitetty ja ajantasainen lista varastoitavista kenttälaitteista. Sen päivittäminen laitetoimittajan käyttöalustalle tekee kenttälaitteiden elinkaaren hallinnasta sujuvampaa. Kriittisyyttä huomioiva varastointi tukee tuotantolaitoksen käytinvarmuutta.

Opinnäytetyön jälkeen lähdetään laajentamaan tämänhetkistä venttiililistauksesta saatavaa tietoa. Listaukseen tullaan lisäämään jokaiselle venttiilityypille korvaava venttiili.

LÄHTEET

- Andersen, B & Fagerhaug, T. 2006. Root Cause Analysis: Simplified Tools and Techniques. 2. painos. Milwaukee: ASQ Quality Press. Viitattu 17.03.2021.
<https://www.vlebooks.com/Vleweb/Product/Index/2041262?page=>
- Engineering Toolbox. 2003. Controls valve and cavitation. Viitattu 27.01.2021.
https://www.engineeringtoolbox.com/control-valves-cavitation-d_490.html
- Frondelius, L. 2005. Säättöpiirijattelu. Viitattu 02.02.2021.
<https://moodle.keuda.fi/kansiot/kao-lf/saato/saato/piiri/index.htm>
- Häkkinen, P. 2002. Laivan putkistot. 6. painos. Otaniemi.
- Isotalo, K. 2004. Puu- ja sellukemia. 3. painos. Opetushallitus.
- Järviö, S., Piispa, T., Parantainen, T. & Åström, T. 2007. Kunnossapito. 4. painos. Hamina: Kotkan kirjapaino ab.
- Karjalainen, T. 2007. Yhdistä ideointityökaluilla luovan ajattelun eri ulottuvuudet – Aivoriini, ryhmittelykaavio sekä kalanruokaavio. Viitattu 17.03.2021.
<http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/luova-ajattelu/>
- Kirmanen, S. 2011. Flow Control Manual. Vantaa: Metso Automation Inc.
- Knowpulp. 2019. Sellunkeitto. Viitattu 18.02.2021. https://www.know-pulp.com/www_demo_version/suomi/pulping/cooking/1_process/1_principle/frame.htm
- Knowpulp. 2019. Soodakattilan osaprosessit. Viitattu 01.04.2021. http://www.know-pulp.com/www_demo_version/suomi/pulping/recovery_boiler/5_auxiliary_systems/frame.htm
- Mave. `Thinfilm`. Mave weblog. 24.09.2019. Viitattu 17.03.2021. <http://thinfilm-mave.blogspot.com/2019/04/thin-pahkinankuossa-arviointi-5.html>
- Pihkala, J. 2010. Prosessisuureiden mittaustekniikka. Helsinki: Juvenes Print.
- Pulli, M. 2016. Virtaustekniikka: Vedensiirtojärjestelmien toiminnallinen suunnittelu nykyaikaisin menetelmin. Tampere: Tammertekniikka.
- Reliableplant. 2019. Predictive maintenance. Viitattu 29.04.2021 <https://www.reliableplant.com/Read/12495/preventive-predictive-maintenance>
- Ruuskanen, R. 2006. Putkiston mitoitusharjoitus. Satakunnan ammattikorkeakoulun pumpput ja putkistot kurssi 2018.
- Räty, J. 2020. Venttiilien elinkaarisuunnittelu. Luento Prosessiventtiilien laajennusta elinkaaresta 05.02.2020.

Savolainen, J. & Vaittinen, R. 2003. Säätötekniikan perusteita. Saarijärvi: Gummerus Kirjapaino Oy.

Simscale. 2021. What is laminar flow. Viitattu 28.02.2021.

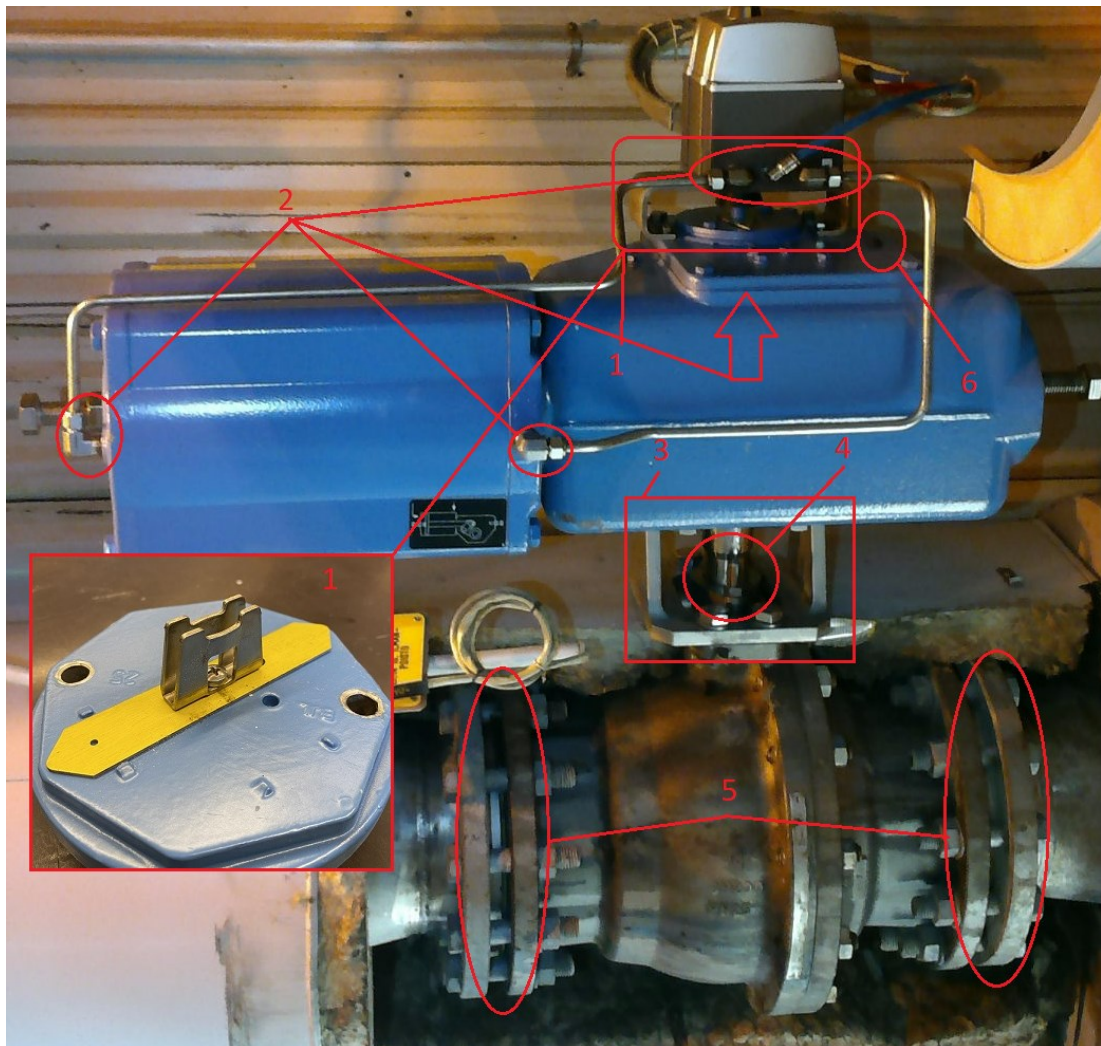
<https://www.simscale.com/docs/simwiki/cfd-computational-fluid-dynamics/what-is-laminar-flow/>

Standard S-389GB. Metso Automation. Flow Control. 2017

Valtanen, E. 2012. Tekniikan Taulukkokirja. Genesis Oy.

Kenttähuolto-ohje

1. Asennoittimen/rajakytkimen kiinnitys, kokeile myös osoitinkannen U-palkin tiukkuus
2. Putkien/letkujen kiinnitys ja vuodot sekä jakotason vuodot
3. Toimilaitteen ja venttiilin kiinnitys sekä palkin kunto (halkeamat yms.)
4. Poksivuodot (kiristä tarvittaessa, tasaisesti molemmin puolin)
5. Laippojen vuodot
6. Toimilaitteen ja sylinterin läpivuoto (raota tai poista kumitutti ja kuuntele vuotaako sylinteri koteloon)
7. Toimilaitteen sylinterin ja kansien kunto ja tiiveys
8. Muut mahdolliset vuodot ja laitteen kiinnitykset (näkö- ja kuulohavainnot, kokeile käsin)
9. Venttiilin liikkuvuus, aja jos mahdollista (takeltelut, välykset, akseli lähtee liikkeelle toimilaitteen kanssa samanaikaisesti sekä venttiili lähtee liikkeelle akselin kanssa samanaikaisesti)
10. Yleinen siisteys, puhdista tarvittaessa (helpompi tarkastaa, löytää vikoja, vähentää kulumista ja lisää käyntivarmuutta)



11. Sylinterin ja kotelon välinen kiinnitys (pytty vinossa, jos löysällä)

