

LAPPEENRANNAN-LAHDEN TEKNILLINEN YLIOPISTO LUT
School of Energy Systems
Energiatekniikka
Diplomityö

Toni Tuominen

Huoltoseisakkiprosessin kehittäminen venttiilihuollossa

Työn tarkastajat: TkT, dosentti Ahti Jaatinen-Värri
TkT Pekka Punnonen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT

School of Energy Systems

Energiatekniikka

Toni Tuominen

Huoltoseisakkiprosessin kehittäminen venttiilihuollossa

Diplomityö 2021

Tarkastajat: TkT, dosentti Ahti Jaatinen-Värri, TkT Pekka Punnonen

Ohjaaja: Jyrki Vilkkö

86 sivua, 21 kuvaa, 6 taulukkoa ja 3 liitettä

Hakusanat: Kehitys, Huoltoseisakki, Suunnittelu, Venttiilihuolto

Tämän diplomityön tavoitteena oli kehittää huoltoseisakkien suunnittelua Neleksen venttiilihuollossa. Huoltoseisakkien toteuttamiselle ei ollut olemassa konkreettista prosessia, jota voitaisiin hyödyntää suunnittelussa. Huoltoseisakkien toteuttamiselle haluttiin luoda systemaattinen prosessi, huoltoseisakkien laadun parantamiseksi.

Diplomityön runkona toimii kunnossapidon ja huoltoseisakkien teoreettinen käsittely kirjallisuuslähteiden perusteella. Kohdeyrityksen käytössä olevia toimintatapoja käsitellään rinnakkaisprojektin aineiston sekä kyselytutkimuksen avulla. Huoltoseisakin avaintekijöistä muodostettiin koonti, jossa on esitetty myös keinoja toiminnan kehittämiseksi.

Huoltoseisakkiprosessista muodostettiin projektikaavio, jonka avulla seisakkisuunnittelun työvaiheet ovat paremmin hahmotettavissa. Huoltoseisakkien toteutuksen hallitsemiseksi luotiin myös raporttipohja, joka hyödyntää kohdeyrityksen toiminnanohjausjärjestelmän tietoja huoltotöiden keräämiseksi yhteen.

ABSTRACT

Lappeenranta-Lahti University of Technology LUT
School of Energy Systems
Energy Technology

Toni Tuominen

Development of shutdown planning in valve service

Master thesis 2021

Examiners: D.Sc., docent Ahti Jaatinen-Värri, D.Sc. Pekka Punnonen

Supervisor: Jyrki Vilkkö

86 pages, 21 pictures, 6 tables and 3 appendix

Keywords: Development, Shutdown, Planning, Valve service

Objective for this thesis was to develop shutdown planning in Neles service center. The service center did not have an operating model for shutdown planning and a systematic planning process could facilitate the implementation of shutdown planning. The operating model was also intended to improve quality of shutdown execution.

The thesis is based on a literature review and theoretical discussion on maintenance and shutdown planning. Company's current policies in shutdown planning are reviewed through a parallel study and survey. Key elements for shutdown planning were summarized, and suggestions for development have been proposed.

The shutdown process was visualized with a process diagram describing the progress of the shutdown project. The implementation of shutdown planning was improved by report form, that utilizes company's work data from CRM-program. This makes it easier to manage service works from one place.

ALKUSANAT

Haluan kiittää Neles Finland Oy:ltä Jyrki Vilkkoa avusta diplomityön ohjauksessa sekä mahdollisuudesta toteuttaa opinnäyte työpaikallamme. Iso kiitos kuuluu myös David Andersonnille neuvoista sekä tiedoista, jotka hän on jakanut kanssani työn aikana.

Yliopistolta haluan kiittää diplomityön tarkastaneita Ahti Jaatinen-Värrä sekä Pekka Punosta. Lisäksi haluan kiittää kaikkia, jotka ovat olleet mukana matkassa valmistuessani diplomi-insinööriksi.

Vanhempani ovat olleet tukenani koko elämäni ajan.

Kiitos Juha ja Soile, että olette uskoneet minuun myös silloin kun en itse sitä ole tehnyt.

Päädyin Lappeenrantaan opiskelemaan useiden mutkien kautta ja tänä päivänä saan ylpeänä myöntää toteuttaneeni yhden unelmistani. Opiskeluvuoteni Lappeenrannassa ovat olleet unohtumattomat ja tulen aina muistelemaan näitä vuosia lämmöllä.

Lappeenrannassa 21.11.2021

Toni Tuominen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYSLUETTELO

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

1	JOHDANTO	8
1.1	Tausta	9
1.2	Tavoite	9
1.3	Työn rakenne	10
1.4	Neles Finland Oy	10
1.5	Prosessiventtiilit	12
2	VENTTIILIHUOLTO	17
2.1	Vikaantumismekanismit	18
2.1.1	Kuluminen	18
2.1.2	Jumiutuminen	20
2.1.3	Korroosio ja eroosio	21
2.1.4	Kavitaatio	22
2.1.5	Flashing	24
3	KUNNOSSAPITO	27
3.1	Kunnossapitostrategia	28
3.1.1	Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito	28
3.1.2	Luotettavuuskeskeinen kunnossapito	30
3.2	Omaisuu den hallinnan strategia	33
3.2.1	Varastonhallinta	34
4	HUOLTOSEISAKKIPROSESSI	38
4.1	Huoltoseisakin suunnittelu	41
4.1.1	Aloit usvaihe	41
4.1.2	Suunnitteluvaihe	42
4.1.3	Toimeenpano- ja hallinnointivaihe	46
4.1.4	Päätösvaihe	47
4.2	Kriittisen polun metodi	50
4.3	Tehtäväsuunnittelu	53
4.4	Resurssien hallinta	56
4.4.1	Aikaan perustuvien resurssien suunnittelu	58
4.5	Kustannusten arviointi	59
5	HUOLTOSEISAKKI VENTTIILIHUOLLOSSA	61
5.1	Salesforce	61

5.2	Projekti	62
5.2.1	Huoltoseisakin alustus.....	63
5.2.2	Käytännöt aloituksessa.....	63
5.2.3	Käytännöt suunnittelussa	66
5.2.4	Käytännöt tarjousvaiheessa.....	66
5.2.5	Tilauksen käsittelyn, valmistuksen sekä toimituksen käytännöt	67
5.2.6	Käytännöt huoltokeskuksissa	68
5.2.7	Projektin päätöksen käytännöt	69
5.3	Kyselytutkimus.....	70
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	72
6.1	Avaintekijät huoltoseisakkiprosessissa	72
6.2	Päätelmät	76
7	YHTEENVETO	78
	LÄHTEET	80

LIITTEET

Liite I	RA-venttiilin osaluettelo ja räjäytyskuva
Liite II	RA-venttiilin vianmäärittäystaulukko
Liite III	Salesforce ServiceMax Huoltoseisakit -raporttipohja

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

Roomalaiset

C	vakio	-
d	halkaisija	m
h	entalpia	J/kg
p	paine	Pa, Bar
q_m	massavirta	kg/s
t	aika	s
v	virtausnopeus	m/s
x	suhde	-

Kreikkalaiset

ε	materiaalihäviö	m
ρ	tiheys	kg/m ³

Alaindeksit

cp	kriittinen polku (critical path)
f	neste
fg	kaksifaasinen
g	kaasu
i	indeksi
v	höyry (vapor)
vc	virtausaukko (vena contracta)

Lyhenteet

A	käytettävyys
CRM	Customer Relationship Management
EF	aikaisin aloitusajankohta (earliest starting time)
ES	aikaisin lopetusajankohta (earliest finish time)
LF	viimeinen lopetusajankohta (latest finish time)
LS	viimeinen aloitusajankohta (latest starting time)

PE tuotantotehokkuus
RQ laatutaso
S väliaika (slack time)

1 JOHDANTO

Prosessiteollisuus on hyvin pääomapainotteinen teollisuuden toimiala. Nykypäivänä prosessiteollisuuden tuotantolaitteet sisältävät monimutkaista teknologiaa, jota käytetään jatkuva-toimisesti. Laitteiden huollon tarpeellisuus on ilmeistä ja sillä on suuri merkitys luotettavuuden kannalta. (Sahoo, 2014, 1.)

Huoltoseisakki on suunniteltu tuotannon pysäytys, jonka aikana tuotannolle kriittisimmät laitteet huolletaan, jotta tuotantolaitoksen käytettävyys ja suorituskyky pysyisi hyvänä. Huoltoseisakin aikana, suuri määrä huoltotöitä pyritään aikatauluttamaan lyhyessä ajassa tehtäväksi, jotta tuotannon menetykset jäisivät mahdollisimman pieneksi. Huoltoseisakin aikana menetetty tuotantoaika pyritään saamaan takaisin estämällä ennaikaiset huoltopysäytykset ja parantamalla prosessien turvallisuutta, laatua sekä pidentämällä laitoksen elinkaarta. Huoltoseisakit ovat tyypillisiä prosessiteollisuudessa, mutta sille on myös olemassa erilaisia nimityksiä eri teollisuudenaloilla. (Al-Turki et al. 2017, 1.)

Prosessiteollisuuden laitteita valmistavan yrityksen rooli on muuttamassa merkitystään. Aikaisemmin tuotantolaitteiden loppukäyttäjänä toimivien yritysten palveluksessa työskenteli erilaisten laitteiden ammattilaisia, jotka muodostivat kunnossapito-organisaation. Tällä hetkellä eläköityvät ikäpolvet sekä organisaatioiden keventyminen on johtanut siihen, että erikoislaitteille ei välttämättä löydy asiantuntijaa kaikista kunnossapito-organisaatioista. Tämän johdosta yhä useammin laitetoimittajan puoleen käännyttään laitteiden säätämiseksi tai kuntoisuuden arvioimiseksi. Pystyäkseen vastamaan loppukäyttäjien odotuksia tulee laitetoimittajien kehittää omaa toimintaansa. Laitetoimittajien tulisi pystyä tarjoamaan kattavasti tukea ja palveluja jokaisen eri loppukäyttäjän tarpeiden mukaisesti.

1.1 Tausta

Työn aihe määritettiin yhteistyössä allekirjoittaneen sekä Neleksen Suomen huoltopäällikön kanssa. Huoltokeskus palvelee useita Neleksen tuotteiden loppukäyttäjiä Itä-Suomen alueella, joten saman vuoden aikana huoltokeskus saattaa olla mukana useassa huoltoseisakissa. Tämän lisäksi huoltokeskus tukee useiden tehtaiden kunnossapito- sekä projektitoimintoja, toimittamalla venttiilituotteita suunniteltuihin ja suunnittelemattomiin huoltotarpeisiin.

Venttiilihuollossa huoltoseisakin läpivieminen käsittää loppukäyttäjän kanssa kommunikoinnin, huoltotöiden suunnittelun, työnjohtamisen sekä raportoinnin. Huoltoseisakin suunnittelu- ja toteutusprosessia varten ei kuitenkaan ole ollut aikaisempaa ohjeistusta huoltokeskuksessamme.

Huoltoseisakkien toteuttamiseen haluttiin järjestelmällinen prosessi, jonka pohjalta huoltoseisakkien suunnittelu olisi paremmin toteutettavissa. Uusien ja vanhojen huoltoseisakkien dokumentaatiossa on havaittu myös puutteita, jotka parantaisivat seisakkisuunnittelua sekä toteuttamisesta. Huoltoseisakissa suoritettavien töiden seurantaan ei ollut olemassa kunnollista työkalua.

1.2 Tavoite

Tämän diplomityön tavoitteena on kehittää huoltoseisakkien suunnittelua Neleksen Lappeenrannan huoltokeskuksessa. Huoltoseisakkeja toteutetaan myös Neleksen Suomen muissa huoltokeskuksissa, joten tutkimustyön myötä saatavia tuloksia voitaisiin hyödyntää myös muissa huoltopisteissä. Lisäksi huoltoseisakin prosessimallin avulla olisi mahdollista kouluttaa uusia työntekijöitä huoltoseisakista suoriutumiseksi.

Työssä ei oteta syvällisesti kantaa huoltomenetelmiin, työskentelyturvallisuuteen eikä kustannusten määrittämiseen vaan huoltoseisakkia käsitellään kokonaisvaltaisena projektityönä.

Työn tilaajan toiveena oli, että huoltoseisakkien hallitsemiseen hyödynnettäisiin paremmin käytettävissä olevaa Salesforce CRM-ohjelmistoa.

Huoltoseisakkien parhaita toimintatapoja selvitettiin kirjallisuudesta ja tutkimustuloksista, joista etsitään vaihtoehtoisia keinoja huoltoseisakkien toteuttamiseksi sekä tehdään suosituksia kehitettävistä osa-alueista.

Huoltoseisakin hallitsemiselle haluttiin rakentaa myös työkalu, joka avustaa seisakin vetäjää suunnittelussa sekä kokonaisuuden johtamisessa. Tehokkaampi suunnittelu parantaa huoltoseisakkien laatua, jonka myötä kohdeyrityksessä on mahdollista saavuttaa kustannussäästöjä.

1.3 Työn rakenne

Diplomityö koostuu neljästä kokonaisuudesta johdanto, teoria, empiirinen osio sekä loppupäätelmä. Johdannossa käsitellään yleisiä asioita, joiden tarkoituksena on perehdyttää lukija työn perusteisiin. Teoriaosiossa tutustutaan diplomityön kohdeyritykseen, venttiilituotteisiin sekä huoltoseisakkiprosessiin. Empiirisessä osiossa käsitellään seisakkisuunnittelun nykytila kohdeyrityksessä sekä käytössä olevat menetelmät. Loppupäätelmässä esitellään tutkimuksen lopputulos sekä kehityssuosituksia. Diplomityön tutkimusmenetelminä käytettiin haastattelujen ja keskustelujen lisäksi kohdeyrityksen luomaa aineistoa sekä aihetta käsittelevää tutkimuskirjallisuutta.

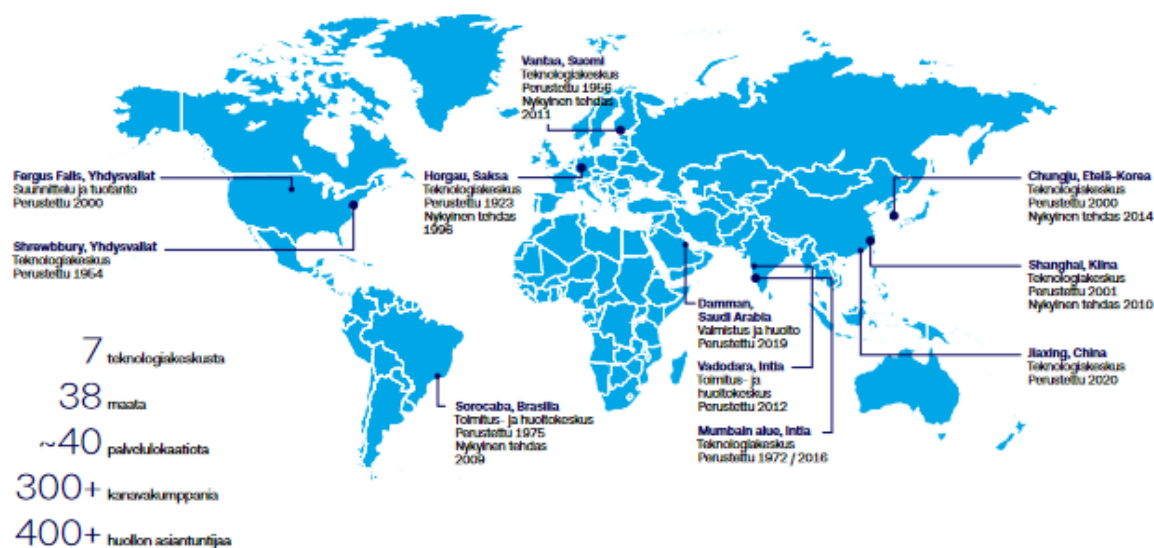
1.4 Neles Finland Oy

Neles Finland Oy on 1956 alun perin Suomessa perustettu metalliteollisuuden valmistusta, maahantuontia sekä maastavientiä harjoittava yritys. Yhtiö perustettiin E. Santasalo Oy:n sisaryhtiöksi, kun Neleksen perustajajäsen sekä toimitusjohtaja Antti Nelimarkka halusi perustaa oman yrityksen. Neleksen toiminta alkoi suurelta osin Santasalo Oy:n siivellä aliurakointityönä, jossa valmistettiin tuotantotehtaiden laitteiden osia. Ensimmäisiä tuotteita olivat

sähkömoottorien akselikytkimet, joita tarvittiin teollistuvan Suomen tehtaissa moottorin ja käytettävän laitteen välille. (Koskinen, 2003, 15–18.)

Neles on ajan myötä kehittynyt sellu- ja paperintuotannon venttiilimarkkinoiden globaaliksi toimittajaksi. Muita keskeisiä Neleksen tuotteiden markkinoita ovat öljy- ja kaasuteollisuus, petrokemianteollisuus sekä energiateollisuus. Neles on menestyksekkäästi kehittänyt uusia innovaatioita ja ratkaisuja prosessiteollisuuden virtauksensääntösovelluksiin ja vuosi 2021 on Nelekselle merkivuosi alansa innovaattorina. (Neles, 2020a, 10.)

Neleksen toiminta on kehittynyt useiden yritysostojen ja järjestelmällisen kehittämisen kautta globaaliksi toimijaksi. Myynti- ja palvelutoiminta ulottuu nykyisin Euroopasta Yhdysvaltoihin kuten myös Kiinaan, Intiaan, Lähi-itään sekä Etelä-Amerikkaan. (Neles, 2020a, 10.) Kuvassa 1 on esitetty Neleksen globaalien toimintojen alueet.



Kuva 1. Yhteenveto Neleksen globaalista toiminnasta. (Neles, 2020a, 13.)

Nykyäänä Neleksen toiminta käsittää 500 000 venttiilitoimitusta vuosittain. Yhteensä Neleksen venttiileitä on 7 miljoonaa kappaletta eri asiakkaitten laitekannoissa. Neles on mukana 150 huoltoseisakissa vuosittain ja venttiilikunnostuksia tehdään 20 000 vuodessa. (Neles, 2020a, 9.)

Neleksen missiona on tuottaa markkinoidensa parasta palvelua ja osaamista, jotka luovat eniten arvoa asiakkailleen. Neles pyrkii toiminnallaan ratkaisemaan ympäristöhaasteita kestävillä ratkaisuilla edistämällä tuottavuutta, energiatehokkuutta sekä tarjoamalla kattavasti huollettavia laitteita. Neleksen strategia rakentuu kuuteen eri osa-alueeseen seuraavasti,

- Myynti- ja toimitusketju
- Asennettu laitekanta ja palvelutarjonta
- Jatkuva innovaatio- ja kehitystyö
- Toimialakokemukseen perustuva teknologiaosaaminen
- Luotettava kumppanuus
- Asiakasyhteistyö

Näiden avulla Neles vastaa jatkuvaan materiaalin kasvavaan kysyntään, turvallisuuteen, luotettavuuteen, ympäristöhaasteisiin sekä lisääntyvän automaation ja digitalisaation mahdollisuuksiin. (Neles, 2020a, 14.)

1.5 Prosessiventtiilit

Venttiileiden avulla voidaan säätää ja ohjata nesteen tai kaasun virtausta putkistossa, ja siksi niitä tarvitaan useissa eri sovelluksissa. Prosessiventtiileitä käytetään tuotantolaitoksissa ja tehtaissa prosessien ohjaamiseen ja ne ovat tuotannon sekä turvallisuuden kannalta kriittisiä laitteita. Kuvassa 2 on esitetty Neleksen venttiiliyhdistelmä, joka koostuu venttiiliohjaimesta, toimilaitteesta sekä varsinaisesta venttiilistä.

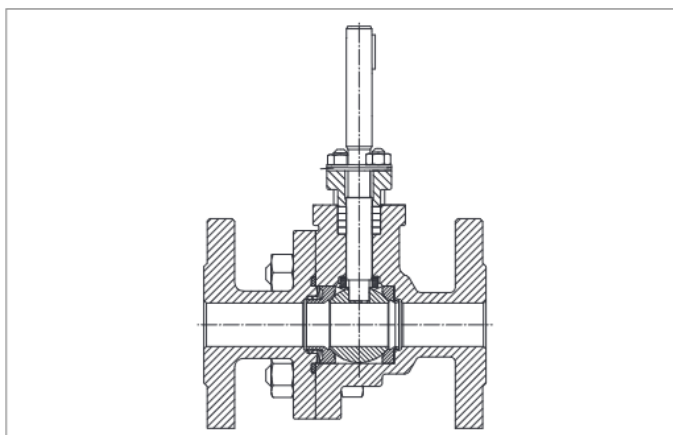


Kuva 2. Nelesin venttiiliyhdistelmä. (Neles, 2020a, 8.)

Kontrollointielementti on mekanismi, jonka avulla pyritään vaikuttamaan johonkin suureen. Toimilaite ja venttiili muodostavat kontrollointimekanismin, jossa toimilaite on kytkettynä venttiiliin akselin välityksellä (Crabtree, 2018, 1.). Venttiiliä liikutetaan toimilaitteen avulla, mikä on usein ohjattu pneumaattisesti tai sähköisesti. Venttiilin tarkoituksena on avata, sulkea tai säätää nesteen tai kaasun virtausta putkessa. Venttiiliohjaimen kautta paineilma ohjataan toimilaitteeseen. Venttiiliohjaimella saadaan käyttäjälle tietoa venttiilin asennosta ja liikkeistä, ympäristön olosuhteista sekä toimintakunnosta. (Neles, 2020a, 8.)

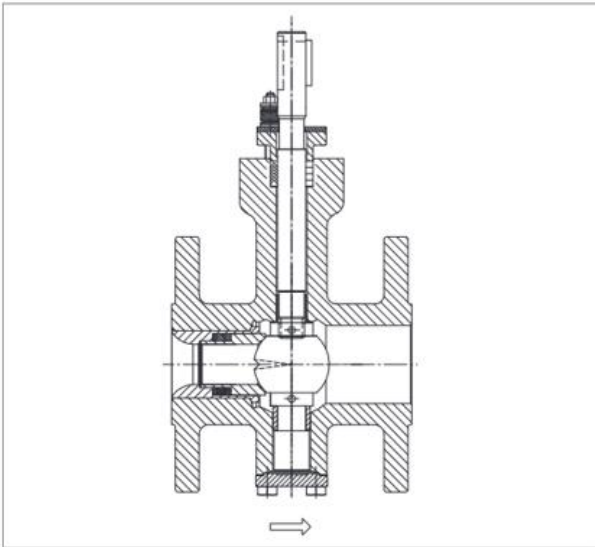
Virtaavien väliaineiden ominaisuudet vaihtelevat suuresti riippuen toimialasta. Väliaineet saattavat olla myrkyllisiä, syttyviä, radioaktiivisia, syövyttäviä tai jopa räjähtäviä. Väliaineet voivat olla yksifaasisia kuten vesi tai öljy tai sitten koostua useammista faaseista. Käytössä olevat putkistot saattavat vaihdella 1 mm sisähalkaisijasta useisiin metreihin. Fluidien lämpötila ja paine saattaa vaihdella suuresti. Erilaisia käyttökohteita varten on kehitetty soveltuvia venttiileitä, mutta yksikään yksittäinen venttiilityyppi ei ole käyttökelpoinen kaikissa sovelluksissa. (Crabtree, 2018, 1.)

Kuvassa 3 on esitetty Neleksen valmistaman tiivistetuetun palloventtiilin rakenne. Akselin vetokappale on vapaasti liitettynä venttiilin sulkuelimessä olevaan uraan. Vetokappaleen tarkoituksena on välittää toimilaitteen tuottama momentti sulkuelimelle. Tiivistetuettujen venttiilien tiiveys perustuu putkiston paine-eroon, joka pakottaa pallon jättöpuolen tiivistettä vasten. Palloventtiileitä on sovelluksista riippuen metalli- sekä pehmeätiivisteisiä. (Neles, 2020b, 3.)



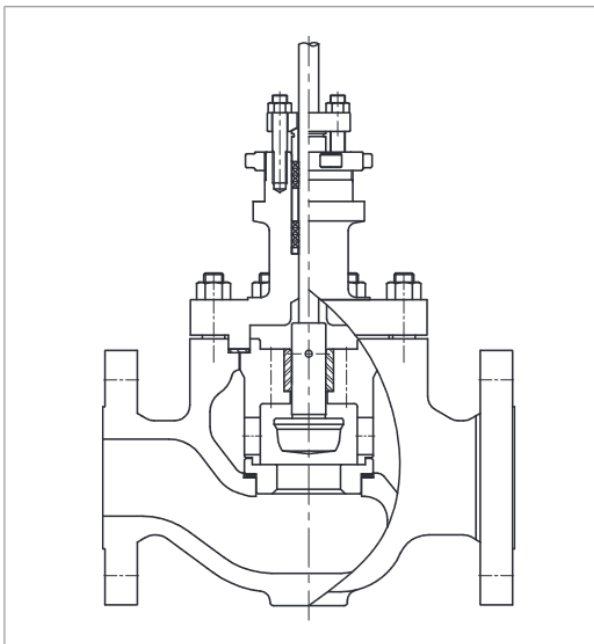
Kuva 3. Neles M1-sarjan palloventtiili. (Neles, 2020b, 3.)

Kuvassa 4 on esitetty Neleksen epäkeskeisen kiertoistukkaventtiilin rakenne. Istukan tiiviste on liitetty venttiilirunkoon väljällä lattakierrerakenteella, jotta tiivisteiden paikkaa on mahdollista säätää. Venttiilin tiivistys perustuu istukan kiertymiseen tiivistettä vasten, jolloin sulku ja tiivistyselimen välille muodostuu pintapaine. Venttiili on metallitiivisteinen ja venttiili on tarkoitettu kohteisiin, joissa tarvitaan suurta säätötarkkuutta. (Neles, 2021a, 3.)



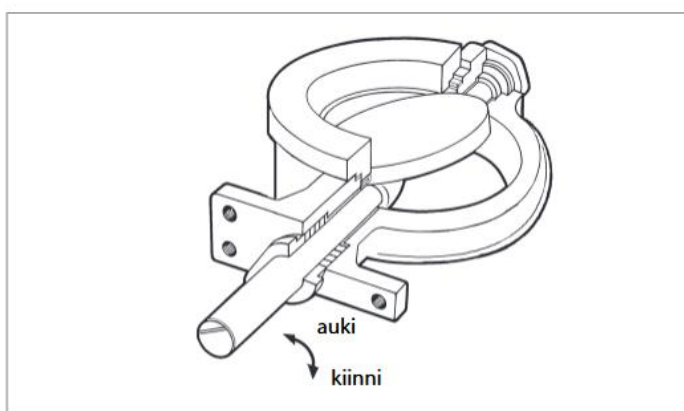
Kuva 4. Neles FL-sarjan kiertoistukkaventtiili. (Neles, 2021a, 3.)

Kuvassa 5 on esitetty Neleksen Globe-sarjan venttiili. GU-sarjan globe edustaa tasapainotamatonta istukkaventtiiliä, jonka rakenteessa ei tasapainoteta venttiilin sulkuelintä tulovirtauksen avulla. Venttiilin sulkuelin toimii tulppana virtausta rajoitettaessa. Säättökäyttöön tarkoitettuihin globe-venttiileihin on valittavissa erilaisia vaihtoehtoja sulkuelimen virtausaukolle, jolloin säätöominaisuuksia voidaan yksilöidä vaatimusten mukaisiksi. (Neles, 2020c, 3.)

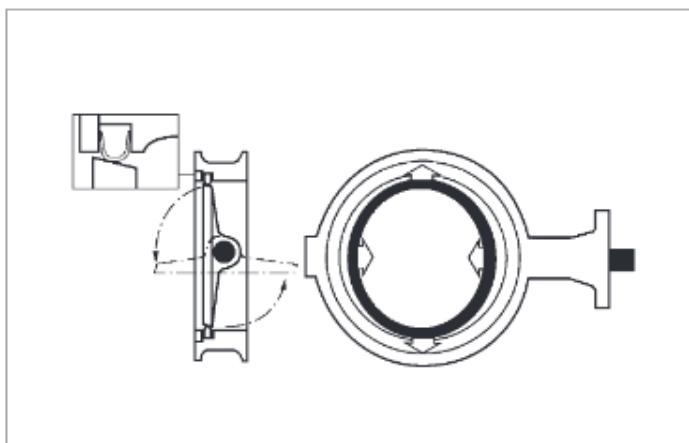


Kuva 5. Neleksen GU-sarjan lineaarinen istukkaventtiili. (Neles, 2020c, 3.)

Kuvassa 6 on esitetty Neleksen läppäventtiili. Venttiilin sulkuelin eli läppä on kolmoisepä-keskeisesti laakeroitu ja venttiilin poikkileikkaus elliptinen. Venttiilin rakenteen avulla läpän sulkeutuessa tiivisterengas pyrkii kutistumaan akselien suunnassa sisään päin, ja toisaalta kohtisuorassa suunnassa levittymään. Venttiilin tiivisterengas pystyy liikkumaan säteittäisessä tiivistepesässä, kun venttiili sulkeutuu ja auetessa palautumaan takaisin alkupe-
räiseen asemaan. Kuvassa 7 on esitetty tiivisteiden toimintaperiaate. LW-sarjan läppäventtiilit ovat metallitiivisteisiä. (Neles, 2021b, 3.)



Kuva 6. Neleksen läppäventtiilin rakenne ja toiminta. (Neles, 2021b, 11.)



Kuva 7. Läppäventtiilin tiivisteiden toimintaperiaate. (Neles, 2021b, 1.)

2 VENTTIILIHUOLTO

Venttiilihuolto käsittää usein varsinaisen venttiilin lisäksi toimilaitteen ja venttiiliohjaimen tai rajakytkimen huoltoa. Venttiilihuolto aloitetaan huoltosuunnittelulla, sillä usein jo laitteen käyttäytymisestä ja lähtötiedoista voidaan saada irti paljon käyttökelpoista tietoa huollon kannalta. Laitteessa tunnistettu vika tai käyttäytyminen yleensä paljastaa mitä on syytä ottaa huomioon tulevassa huollossa. Tässä vaiheessa myös laitteiden tunnustiedot, väliaine ja käyttötarkoitus kartoitetaan. Laitteen käyttöään - ja kohteen perusteella tehdään yleensä kokemukseen perustuva arvio poikkeavista huolto-osista, jotka olisi syytä korvata uusilla.

Neleksen tuotteiden huolto-ohjeissa on määritelty varaosille kategoriat, joita valmistaja suosittelee erilaisten huoltojen yhteydessä käyttämään. Nämä kategoriat helpottavat myös huoltosuunnittelua, mutta eivät luonnollisesti ota huomioon kaikkia mahdollisia ongelmia huoltoon liittyen. Neleksen tarjoamissa asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeissa on annettu myös ohjeistuksia vianmääritykseen sekä kerrottu tarvittavat työkalut huollon toteuttamiseksi. Liitteissä I ja II on esitetty osaluettelo sekä vianmääritystaulukko segmenttiventtiilille RA. Vastaanoton jälkeen venttiiliyhdistelmä puretaan osakomponentteihin ja komponenteille tehdään kuntoanalyysi.

Kuntoanalyysissä venttiili puretaan osiin ja tarkastetaan toiminnan kannalta tärkeimpien osien kunto. Venttiilityypistä riippuen analyysin keskeisimpiä tarkastuskohteita ovat;

- Sulkuelin
- Tiivisteet
- Laakerit
- Akselit
- Laipat

Lisäksi itse venttiilirungon, tiivistepintojen sekä jakotason tarkastus ovat erittäin tärkeitä vaiheita, sillä pahimmassa tapauksessa laite on hylättävä sekä korvattava uudella.

Kun laitteen kunto on selvitetty, voidaan itse huolto aloittaa, jolloin kuluneet ja vioittuneet osat korvataan uusilla tai mahdollisesti tehdaskunnostetuilla osilla. Laitteen kokoonpanon jälkeen venttiili koe ponnistetaan, jotta varmistetaan, että tuote vastaa valmistajan asettamia vaatimuksia.

Toimilaitteiden huolto etenee vastaavalla menetelmällä kuntoanalyysistä varsinaiseen huoltotyöhön, jolloin vialliset osat korvataan uusilla ja laitteen toiminta tarkastetaan huollettuna. Venttiiliohjaimien kohdalla voidaan huoltoon saada apua laitediagnostiikasta. Nykyaikaiset, digitaaliset venttiiliohjaimet keräävät paljon erilaista dataa prosessin olosuhteista sekä venttiilin liikkeistä. Kunnanvalvontaohjelmiston avulla on mahdollista saada ulos raportteja, joita voidaan hyödyntää ennakoivaan kunnossapitoon tai nykyisen kunnan arvioimiseksi. Tämä avulla laitteiden vaurioihin on mahdollista varautua paremmin etukäteen.

2.1 Vikaantumismekanismit

Useat venttiilit ovat jatkuvassa käytössä tuotantolaitoksilla ja tehtailla. Jatkuvatoiminen käyttö asettaa korkeita vaatimuksia venttiileiden toimintakyvylle. Oikean kokoinen, sopivilla materiaaleilla ja kohteeseen soveltuva venttiilityyppi vähentävät vikaantumisen mahdollisuutta. Tästä huolimatta ajan saatossa venttiilit kuluvat käytössä, mutta erilaiset vikaantumismekanismit nopeuttavat laitteen kulumista ja kasvattavat vikaantumisen mahdollisuutta.

2.1.1 Kuluminen

Sulkuelimen tai tiivisteiden kuluminen on yleisimpiä vaurioita huoltoon palautuvissa venttiileissä. Edestakainen liike rasittaa tiivistäviä komponentteja, jolloin kuluminen voi edetä lopulta niin, että pinta vaurioituu. Usein tiivistävien pintojen kuluminen ilmenee läpivuotona, joka saattaa aiheuttaa ongelmia prosessissa. Kuvassa 8 on esitetty tiiviste, jonka pinnoite on kulunut, ja kuvassa 9 on esitetty sulkuelin, jonka pinnoite on jo osittain hävinnyt kulumisesta.



Kuva 8. Kulunut palloventtiilin tiiviste.



Kuva 9. Kulunut sulkuelin.

Erilaiset epäpuhtaudet väliaineessa aiheuttavat voimakasta kulumista. Tyypillisenä esimerkkinä metsäteollisuuden tuotantolaitoksista mainittakoon puuhakkeen seassa olevat kivet tai teräskappaleet, jotka aiheuttavat poikkeuksetta vahinkoa sulkuelimelle tai tiivisteille. Kuvassa 10 on esitetty pahoin vaurioitunut sulkuelin, jonka vauriot ovat todennäköisesti syntyneet, jonkin epäpuhtauden kuluttavasta vaikutuksesta.



Kuva 10. Epäpuhtauden aiheuttamat mekaaniset vauriot palloventtiilissä.

2.1.2 Jumiutuminen

Venttiilin jumiutuminen on tyypillistä linjoissa, joissa väliaine on kiteytyvää tai sisältää runsaasti epäpuhtauksia. Pakkautuneen väliaineen aiheuttama kasvanut kitka jumittaa venttiilin niin, että sulkuelin ei pysty kääntymään tai operointiliike on vajaata. Kuvassa 11 on venttiilin välitila täyttynyt osittain väliaineesta. Akselilaakereiden kuluminen voi myös osaltaan kasvattaa venttiilin kitkoja ja pahimmassa tapauksessa pysäyttää venttiilin liikkeen.



Kuva 11. Puuhakemassa on täyttänyt venttiilin välitilan.

2.1.3 Korroosio ja eroosio

Happamat ja emäksiset olosuhteet kuluttavat venttiilin sulkuelimiä, tiivisteitä sekä runkoa. Teräksen sisältämä rauta reagoi kosketuksessa olevan hapon kanssa, jolloin rakenteiden pinnasta häviää materiaalia. Hapon aiheuttama korroosio on voimakkaasti riippuvainen hapon vahvuudesta sekä käytetystä materiaalista. Erityisesti hiiliteräkset ovat alttiita hapon aiheuttamalle korroosiolle. (Panossian et al. 2012, 2.)

Suuri virtausnopeus on myös joissain tapauksissa syynä voimakkaalle eroosiolle, sillä suuret paineen pudotukset aiheuttavat paineiskuja rakenteille. Suuri virtausnopeus voi olla myös syynä teräksen passivoivan pinnoitteen kulumiselle. Väliaineen sisältämät epäpuhtaudet myös lisäävät kuluttavaa vaikutusta. Kirmanen et al; on esittänyt kirjassaan seuraavat ohjearvot puhtaiden nesteiden virtausnopeuksille venttiilityypeittäin. (Kirmanen et al. 2011, 65.)

1. Pallo-, segmentti-, lineaariset ja kiertyvät istukkaventtiilit
 - Tulopuolen virtausnopeus ≤ 10 m/s, kun kyseessä on jatkuva virtaus
 - Tulopuolen virtausnopeus ≤ 12 m/s, kun kyseessä on epäsäännöllinen virtaus
2. Läppäventtiilit
 - Tulopuolen virtausnopeus ≤ 7 m/s, kun kyseessä on jatkuva virtaus
 - Tulopuolen virtausnopeus $\leq 8,5$ m/s, kun kyseessä on epäsäännöllinen virtaus

Kuvassa 12 on esitetty eroosion aiheuttamaa kulumista happamissa olosuhteissa.



Kuva 12. Happaman väliaineen aiheuttamat vauriot palloventtiilin sulkuelimessä.

2.1.4 Kavitaatio

Heti venttiilin auetessa, venttiilin sulkuaukon jälkeen on virtauksen pienin poikkipinta-ala, jolloin virtaus on kuristunutta. Virtauksen kuristaminen aiheuttaa painehäviöitä ja virtaavan nesteen paine laskee. Tällöin venttiilin kohdalla sijaitsee nestevirtauksen pienin poikkipinta-ala, jolloin nesteen virtausnopeus kasvaa jatkuvuusyhtälön mukaisesti. (Kirmanen et al. 2011, 48.)

Kavitaatio ilmentyy kahdessa vaiheessa. Kun nesteen paine laskee alle höyrystymispaineen, muodostuu ensin kuplia virtaukseen. Höyrykuplat alkavat muodostua ensin virtauksen rajapinnassa, josta hyvin pienet kiinteät partikkelit ja kaasukuplat kulkeutuvat virtauksen mukaan. Tämän jälkeen virtauksen paine palautuu yli nesteen höyrystymispaineen, höyrykuplat romahtavat. (Kirmanen et al. 2011, 48.)

Höyrykuplien romahtamisen aiheuttama paineisku vastaa lähellä seinämää jopa 100 000 bariin shokkiaaltoja. Tästä aiheutuu melua sekä mekaanista vahinkoa teräsrakenteisiin.

Paineiskut tai mikrosuihkut vaurioittavat metallin pintaa, joka ilmenee virtauksen jättöpuolella huokoisina vaurioalueina. Kavitaation aiheuttama melu muistuttaa kuin soraa kulkisi venttiilin lävitse. Yksi kavitaation piirteistä on myös voimakas värinä. (Crabtree, 2018, 17.)

Kavitointi ilmenee yleensä eroosion ja korroosion muodossa. Kavitoinnin aiheuttama korroosio johtuu teräksen passivoivan kerroksen häviämisen seurauksesta. Passivoiva kerros pyrkii monissa tapauksissa palautumaan jatkuvasti, mutta materiaalikerroksen paksuus pienenee niin ikään jatkuvasti. Kavitoinnin aiheuttaman eroosion vaikutukset ovat merkittävästi riippuvaisia virtausnopeudesta. Yhtälössä 1 on esitetty materiaalihäviöiden ja virtausnopeuden yhteys. Materiaalihäviöt riippuvat merkittävästi myös käytetystä materiaalista, sillä hiili-teräs on ruostumatonta terästä herkempi vaurioille. (Kirmanen et al. 2011, 49.)

$$\varepsilon = C \cdot v^n \quad (1)$$

missä,

ε	Materiaalihäviö
C	Vakio (1–7, riippuen kavitaation merkitsevyydestä)
v	Virtausnopeus
n	Kulumisen eksponentti (tavanomaisen eroosioon tapauksessa 2,5)

Jos kavitaatio jatkuu pitkään, venttiilin tiiveys heikkenee olennaisesti. Myöhemmin kun venttiilin säätötarkkuus heikkenee tarpeeksi, venttiili vaihtaa asentoa jatkuvasti säätääkseen oikein. Kuvassa 13 on esitetty virtauksen kavitoinnin aiheuttamat vahingot venttiilirungossa.

Kavitoivaa olosuhdetta voidaan ehkäistä vaiheistamalla paineen tippumista venttiilissä. Tämä voidaan saada aikaan valitsemalla olosuhteeseen soveltua sulkuelin. Lisäksi virtausnopeuden laskeminen ja vahvistettu materiaali vähentävät syntyviä vaurioita. (Kirmanen et al. 2011, 50.)



Kuva 13. Kavitoinnin vauriot venttiilirungossa.

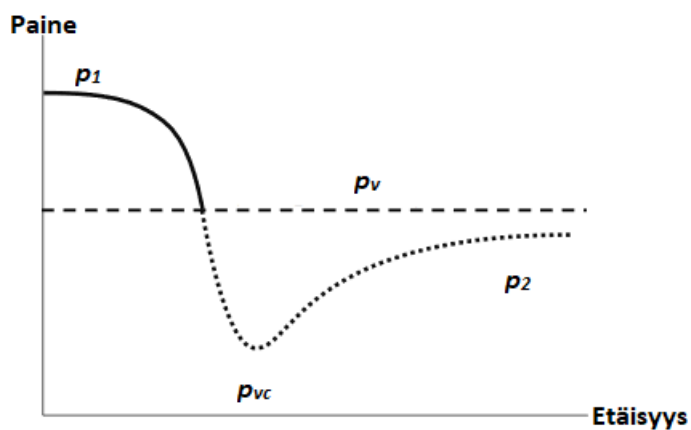
2.1.5 Flashing

Kun venttiilissä virtaavan nesteen paine on höyrystymispaineen p_v alapuolella virtaukseen, muodostuu höyrykuplia. Nesteen höyrystyminen aiheuttaa merkittävän tilavuuden kasvun, joka toisaalta aiheuttaa kasvavan nopeuden nestevirtaukselle. Mikäli nesteen paine p_2 ei palaudu höyrystymispaineen yläpuolelle venttiilin jättöpuolella, nestevirtaukseen muodostuneet höyrykuplat eivät romahda. Venttiilin jälkeen virtaus kehittyy kaksifaasiseksi ja virtaus on kuristunutta.

Flashing-olosuhteissa virtaus voi aiheuttaa mekaanisia vaurioita eroosion ja värinän muodoissa. Toisin kuin kavitoivassa virtauksessa, vauriot selittyvät kaksifaasisen virtauksen suuresta virtausnopeudesta (Kirmanen et al. 2011, 53.). Flashing-olosuhteet toteutuvat usein suurimman virtausnopeuden pisteessä, lähellä tiivistysaluetta. Flashing-ilmiö tapahtuu kahdessa vaiheessa, ensiksi erosoiva filmi muodostuu rakenteen pintaan, jota nopeasti virtaava nestevirtaus pyyhkii mukaansa. Tämä kierre uusiutuu jatkuvana syklinä. Melu on myös

keskeinen merkki tästä ilmiöstä, joka kuulostaa kuin hiekkaa kulkisi venttiilin lävitse. (Crabtree, 2018, 15.)

Kuvassa 14 on esitetty paineen vaihtelu venttiilin lävitse, jossa p_v on virtaavan fluidin höyrinpaine.



Kuva 14. Paineen vaihtelu venttiilin lävitse flashing-olosuhteissa. (Muokattu lähteestä Crabtree, 2018, 15.)

Höyryn osuus virtauksessa voidaan ratkaista yhtälön 2 mukaisesti entalpian muutoksen perusteella faasimuutoksessa. (Kirmanen et al. 2011, 53.)

$$x_v = \frac{h_{f1} - h_{f2}}{h_{fg2}} \quad (2)$$

missä,

x_v	Höyryn osuus nestevirtauksessa [-]
h_{f1}	Tulovirtauksen kylläisen nesteen entalpia [J/kg]
h_{f2}	Jättövirtauksen kylläisen nesteen entalpia [J/kg]
h_{fg2}	Höyrystymispisteen entalpia jättöpuolen paineessa [J/kg]

Jättöpuolen kaksifaasisen virtauksen nopeus voidaan ratkaista yhtälön 3 mukaisesti. (Kirmanen et al. 2011, 54.)

$$v_{fg2} = \frac{C}{d^2} \cdot q_m \cdot \left[\frac{1-x_v}{\rho_{f2}} + \frac{x_v}{\rho_{g2}} \right] \quad (3)$$

missä,

C	Vakio (353,9)
v_{fg2}	Jättöpuolen virtausnopeus kaksifaasiselle virtaukselle[m/s]
q_m	Massavirtaus [kg/h]
d	Venttiilin jättöpuolen halkaisija[mm]
ρ_{g2}	Kaasun jättöpuolen tiheys[kg/m ³]
ρ_{f2}	Nesteen jättöpuolen tiheys [kg/m ³]

Esimerkkinä lasketaan neste-höyryvirtauksen nopeus venttiilin jättöpuolella. Tulopuolen paine p_1 on 82,7 baria, ja jättöpuolella paine p_2 on 34,7 baria. Lisäksi virtauksen massavirta q_m tiedetään olevan 40 kg/s ja venttiilin virtausaukko on DN200.

Kylläisen nesteen entalpia h_{f1} on tulopuolen paineessa 1330 kJ/kg, ja jättöpuolen paineessa h_{f2} on 1048 kJ/kg. Jättöpuolen paineessa höyrystymispisteen entalpia h_{fg2} on 1755 kJ/kg. Näin saadaan höyryn osuudeksi virtauksessa.

$$x_v = \frac{1330 \text{ kJ/kg} - 1048 \text{ kJ/kg}}{1755 \text{ kJ/kg}} = 0,16$$

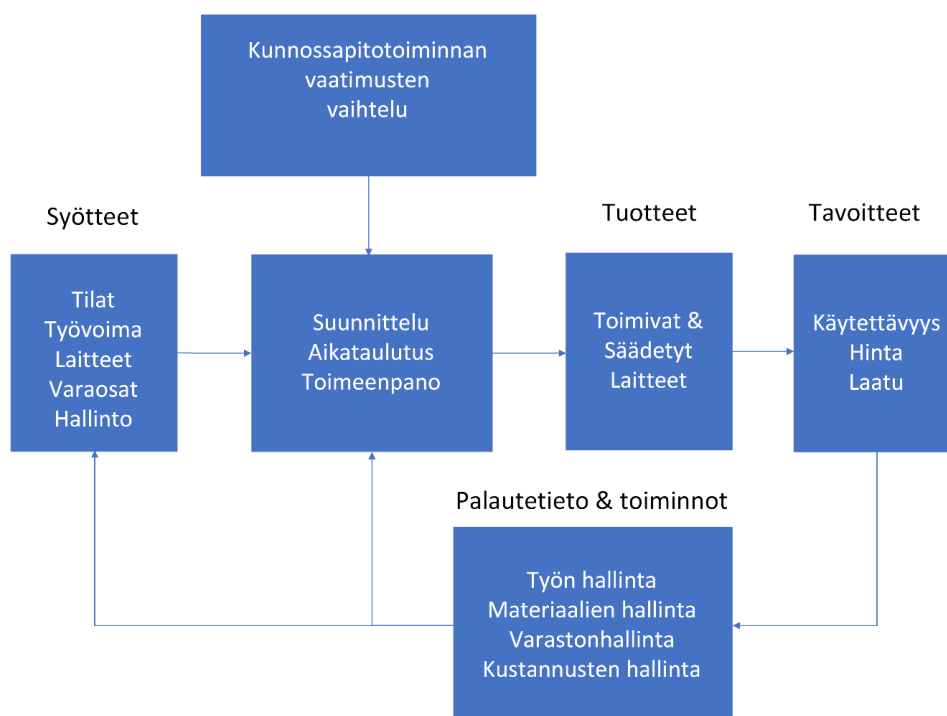
Nesteen tiheys jättöpuolella ρ_{f2} on 810 kg/m³ ja kaasun tiheys ρ_{g2} on 18 kg/m³. Jättöpuolen kaksifaasisen virtauksen nopeudeksi v_{fg2} saadaan.

$$v_{fg2} = \frac{353,9}{(200 \text{ mm})^2} \cdot 144000 \text{ kg/h} \cdot \left[\frac{1 - 0,16}{810 \text{ kg/m}^3} + \frac{0,16}{18 \text{ kg/m}^3} \right] = 13 \text{ m/s}$$

3 KUNNOSSAPITO

Kunnossapidoksi määritellään toiminta, jonka tavoitteena on yrityksen fyysisen tai virtuaalisen omaisuuden ylläpitäminen. Omaisuudeksi tyypillisesti ajatellaan mikä tahansa tuotantoon liittyvä laite tai kone. Omaisuuden tarkoituksena on usein tuottaa etua omistajalleen, kunnes se ei enää pysty suoriutumaan sille määritellyistä suoritteista. Vikaantumiseksi kutsutaan tilannetta, jossa laite ei enää suoriudu sille määritellyistä tehtävistä. (Kaikko Juha, 2019)

Kunnossapitotoiminta voidaan ajatella yksikertaisesti prosessina, jonne syötetään elementtejä kuten työvoima, vikaantuneet laitteet, materiaalit, varaosat sekä työkalut. Toimivat ja hyvin säädetyt laitteet ovat toisaalta tämän prosessin tuotteita, jotta tuotantolaitos toimii suunnitellusti. Kunnossapitotoimintaa rakentuu suunnittelusta, aikataulutuksesta, toimeenpanosta sekä hallinnoinnista. Kunnossapito on tavoitteellista toimintaa, jota ohjaa kunnossattavien laitteiden käytettävyys, hinta ja laatu. Kuvassa 15 on esitetty kunnossapitotoiminnan rakenne ja osaprosessien merkitykset. (Ben-Daya et al. 2009, 93–94.)



Kuva 15. Kunnossapitotoiminnan rakenne ja prosessit (Muokattu lähteestä Ben-Daya et al. 2009, 94.)

3.1 Kunnossapitostrategia

Kunnossapitostrategian tarkoituksena on ylläpitää tuotantolaitteiston toimintakuntoa. Kunnossapitostrategia vaihtelee riippuen tuotantoprosessin luonteesta ja ympäristöstä. Kunnossapitostrategia pitää sisällään vianselvityksen ja laitehuollon perustuen vian laajuuteen. Lisäksi vikaantuneiden osien korvaaminen uusilla sekä laitekohtaisen kunnossapitosuunnitelman arvioiminen muodostavat hyvät perusteet kunnossapitostrategian luomiselle yhteistyössä olevien sidosryhmien kanssa. Kunnossapitostrategia selittää esiintymien kuten laiterikon, viiveen, toiminnan- sekä kunnossapitotavan kuten vianetsintä, huolto ja laitteen korvaamisen välisen yhteyden. Jatkuvat toimistien ja tuotantointensiivisen laitoksen käytettävyys määrittelee suurelta osin kunnossapitostrategian ja parhaat toimintatavat muodostetaan yhdistelemällä kokonaisvaltaisen tuottavan kunnossapidon (engl. Total Productive Maintenance), luotettavuuskeskeisen kunnossapidon (engl. Reliability-Centered Maintenance) sekä kokonaisvaltaisen laadunhallinnan (engl. Total Quality Management) keinoja. (Velmurugan & Dhingra, 2021, 5.)

Nykyaikainen kunnossapitostrategia sisällyttää omaisuuden tekniset sekä toiminnalliset yksityiskohdat kokonaisuuden kannalta. Omaisuutta on syytä käsitellä sen koko käyttöiän kaaren mukaisesti, jotta käytettävyys voidaan optimoida. Kunnonvalvonta hyödyntää esimerkiksi käyttö- ja huoltohistoriaa, laitteen kuntoisuuden määrittämiseksi. Tuotantolaitteiston muutokset ja päivitykset muokkaavat prosessia, joten parhaimman kunnossapitokeinojen löytämiseksi strategiaa tulee päivittää myös aika ajoin. Tietokoneavusteiset kunnossapitoa ohjaavat työkalut kuten laitekannat, toiminnanohjausjärjestelmät avustavat kunnossapidon kokonaisuuden käsittelyä. Ennen kaikkea, kunnossapitostrategian tulisi vastata tuotannollisia vaatimuksia ja liiketoiminnan tavoitteita. (Velmurugan & Dhingra, 2021, 6–7.)

3.1.1 Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito

Kokonaisvaltaisen tuottavan kunnossapidon käsite syntyi 1960 Japanissa, kun valmistusta tekevät yritykset halusivat parantaa tuottavuutta henkilöstön motivaatiota kehittämällä. Tämän käsitteen avulla pyritään samaan synergiahyötyä yhtiöstä jatkuvan kehittämisen

muodossa ja yhtenä tärkeimpänä seikkana on koko henkilöstön sitouttaminen yhteisiin tavoitteisiin. Kokonaisvaltainen kunnossapito sisältää korjaavan, ennakoivan ja kuntoon perustuvan kunnossapidon keinoja, jotta taloudellinen tehokkuus ja tuottavuus voidaan maksimoida. (Manzini et al. 2010, 88–89.) Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito perustuu seitsemään perusajatukseen, (Manzini et al. 2010, 74–75.)

1) Ajan hukkaaminen

- a. Laiterikkojen ehkäiseminen edellyttää korjaavia toimenpiteitä ja varalaitteiden hyödyntämistä
- b. Alustustoimenpiteet ottavat aikaa ennen kuin tuotannossa saavutetaan haluttu laadun ja nopeuden taso

2) Nopeutta hukataan

- a. Lyhytkestoiset tuotantokatkot, jotka johtuvat osaprosessin vikaantumisesta tai joutokäynnistä
- b. Tuotannon hidastukset, jotka aiheutuvat mekanismien tai laadun ongelmista.

3) Heikennykset

- a. Määräajoin tehtävät korjauksen, pitkäaikaiset tuotannonpysäytykset, lomajat, tauot
- b. Laadun menetykset, jotka aiheutuvat huonon työn jäljestä

4) Automatisoidun kunnossapidon ohjelma

- a. Tuotannon henkilöstö suorittaa yksinkertaisia kunnossapitotöitä ja vaativat työt suoritetaan osaavan kunnossapitohenkilöstön toimesta
- b. Tuotannon henkilöstö on vastuussa laitteiden ylläpidosta

5) Ennakoivan ja kuntoon perustuvan kunnossapidon ohjelma

- a. Kunnossapidon henkilöstöä hyödynnetään myös kehittävässä ja tuotantoon liittyvässä tehtävässä, jotta laitteiden luotettavuus ja turvallisuutta voidaan parantaa

6) Kunnossapidon kehittäminen

- a. Koulutustoiminnan kehittäminen on tärkeätä, jotta henkilöstöä voidaan hyödyntää haastavimmissa kunnossapitotöissä
- b. Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito pyrkii luomaan moniosaajia ja motivoituneita työntekijöitä

- c. Jatkuva koulutuksen kehittäminen on tärkeää, jotta henkilöstö selviää tehtävistään tehokkaasti ja itsenäisesti
- 7) Laitteiden hallintajärjestelmä
- a. Tuotantolaitteita tulee hallita useista näkökulmista
 - b. Varaosat, laitemuutokset ja jatkuva kehitys tulee määritellä
 - c. Tuotanto- ja kunnossapito-osastot tulee sitouttaa kehittämään toimintaa systemaattisesti

Kokonaisvaltaisen tuottavan kunnossapidon työkaluna hyödynnetään laitekannan tehokkuutta (engl. Overall equipment effectiveness), joka voidaan määritellä käytettävyyden A , tuotantotehokkuuden PE sekä laatutason RQ avulla yhtälön 4 mukaisesti.

$$OEE = A \times PE \times RQ \quad (4)$$

Missä,

$$A = \frac{\textit{käyttöaika}}{\textit{käyttöaika} + \textit{seisonta-aika}}$$

$$PE = \frac{\textit{teoreettinen kiertoaika}}{\textit{todellinen kiertoaika}}$$

$$RQ = \frac{\textit{tuotantomäärä} - \textit{laatu poikkeamat}}{\textit{tuotantomäärä}}$$

3.1.2 Luotettavuuskeskeinen kunnossapito

Ennen kehittyneempiä kunnossapitotekniikoita oli vahva uskomus, että monimutkaisten teknologioiden toiminnallisuuden perustana on täydellinen huolto, joka kattaa käytännössä kaikkien osien korvaamisen. 1978 Yhdysvalloissa United Airlines-yhtiössä tämä teoria halettiin kyseenalaistaa, sillä toimintamallia ei nähty taloudellisesti kannattavana. Tutkimustyön perusteella huomattiin, että teknisen kokonaisuuden luotettavuuden kannalta täydellisellä huollolla ei saavutettu suurta vaikutusta, ellei laite ollut kokonaisvaltaisesti vikaantunut. Ainoastaan 11 %:ssa varaosia ilmeni vaurioita, jotka olisivat lopulta johtaneet vikaantumiseen. Huolto-ohjelma päivitettiin tutkimuksen myötä, jotta vain perustellut osat tulevat vaihdetuksi. Luotettavuuskeskeistä kunnossapidon peruseriaatteet ovat, (Ben-Daya et al. 2009, 398.)

- 1) **Systeemin toiminnallisuuden ylläpitäminen.**
 - a. Systeemin käyttäytyminen tulee ymmärtää
 - b. Kuinka voidaan ylläpitää systeemin käytettävyys, jotta systeemi käyttäytyy halutulla tavalla?

- 2) **Vikaantumismekanismien yksilöinti**
 - a. Toiminnallisen vikaantumisen syyt tulee määritellä

- 3) **Todennäköisimpien vikaantumismallien priorisointi**
 - a. Panostusta tehdään kokonaisuuden kannalta kriittisimpien osasysteemien käytettävyyden parantamiseksi
 - b. Perusajatuksena on kustannustehokkuus välttämällä odottamattomat huolto-seisakit

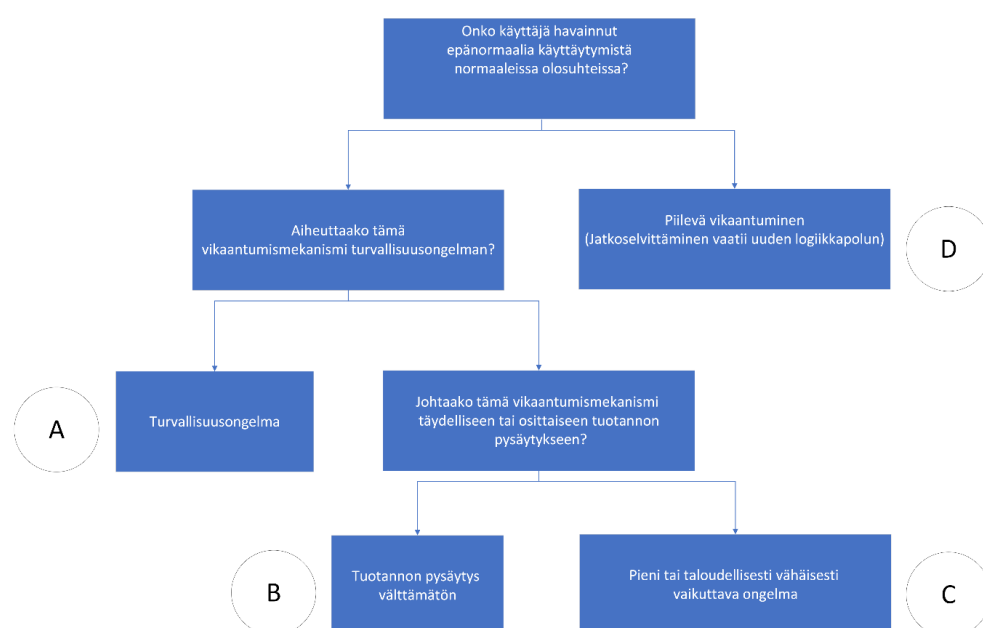
- 4) **Käyttökelpoisimmat ja tehokkaimmat keinot kriittisten systeemien ylläpitämiseksi**

Ensimmäinen toimintavaihe luotettavuuskeskeistä kunnossapitoa sovellettaessa on määrittellä omaisuuden toiminnot sille määritellyssä ympäristössä. Laitteelta odotettua suorituskykyä peilataan myös tässä arvioinnissa. Tämän jälkeen jokainen toiminnallinen vikaantuminen tunnistetaan ja yksilöidään syyt vikaantumiselle. Vikaantumisen syy-yhteyksiä kutsutaan vikaantumismekanismeiksi. Viimeisenä vaiheena listataan vikaantumismekanismit ja yhdistetään näihin vikaantumisen vaikutukset yksittäisen laitteen ja kokonaisuuden tasoilla. Vaikutukset jaotellaan neljään ryhmään, piilevän vikaantumisen, turvallisuuteen ja ympäristöön liittyviin, toiminnallisiin sekä ei-toiminnallisiin vaikutuksiin. Vaikutusten yksilöinnin tarkoituksena on helpottaa vikaantumismekanismien priorisointia. (Ben-Daya et al. 2009, 398.)

Yllä kerrotun toimintavan mukaisesti on tuotettavissa reilusti tietoa, kuinka kohteena oleva systeemi toimii ja kuinka se voi vikaantua. Tämän jälkeen valikoidaan sopivat kunnossapitotehtävät vastaamaan määräävimpiä vikaantumisen syitä. Toimintamallin avulla on mahdollista toteuttaa kustannustehokasta ennakoivaa kunnossapitoa tärkeimmille laitteille.

Luotattavuuskeskinen kunnossapito-ohjelma ohjaa vaadittavaan laitteiston luotettavuuden tasoon, pienimmillä mahdollisilla kustannuksilla. Ohjelma huomioi lisäksi turvallisuuden sekä ympäristöön liittyvät kysymykset. (Ben-Daya et al. 2009, 401.)

Luotettavuuskeskeisen kunnossapito-ohjelman yksi työkaluista vikaantumismekanismien määrittämiseen on loogisen valinnanteon analyysi (engl. logic decision tree analysis). Kuvassa 16 on esitetty periaate vikaantumiskategorioinnille tasoihin A, B, C ja D.



Kuva 16. Loogisen analyysin valintapolku. (Muokattu lähteestä Ben-Daya et al. 2009, 412.)

Jokaiselle vikaantumismekanismille tehdään loogisen valinnanteon polku, jotta jokaisen mekanismin vaikutus kokonaisuuden kannalta on määriteltävissä. Jokaisessa valinnan vaiheessa vastaus on yksinkertainen, kyllä tai ei. Tämän myötä ennakoivan kunnossapidon toimet voidaan kohdistaa alkaen A:sta D:hen. Ennakoivan kunnossapidon tehtävät valikoidaan parhaan tuntemuksen ja käyttökelpoisimman tavan löytämiseksi. Keinojen tulisi tehokkaasti ennaltaehkäistä vikaantumista ja löytää kustannustehokkain strategia. (Ben-Daya et al. 2009, 411.)

3.2 Omaisuuden hallinnan strategia

Yrityksen omaisuuden hallinta jakautuu viiteen eri alaosaan, jotka ovat henkilöstön osaaaminen, omaisuuden käytettävyys, prosessin ominaisuudet, valmistajien suositukset sekä kunnossapitostrategia.

Kunnossapitohenkilöstön kokemus on merkittävässä asemassa valittaessa prosessin laitteistolle kunnossapitokeinoja. Organisaation koko, vahvuudet ja kulttuuri vaikuttavat sopivan kunnossapitostrategian valitsemiseksi. Henkilöstöllä saattaa olla lisäksi hiljaista tietoa prosessista, joka on syytä huomioida strategiaa laatiessa. (Velmurugan & Dhingra, 2021, 66.)

Omaisuuden käytettävyys ja kriittisyys jäävät vähälle huomiolle, sillä tuotantokeskeisessä teollisuudessa luokitusta perustellaan tuotannollisesta näkökulmasta, tuotteen laadun tai tuotantokustannusten pohjalta. Tämän huomioiden, kriittisyysluokittelu tulisi perustua laitekohdaisesti historiatietoihin, keskimääräiseen vikaantumisen ilmaantumiseen, vikaantumisen todennäköisyyteen tai varaosien saatavuuteen. Näiden tietojen pohjalta voidaan muodostaa painotettu arvio yhdessä kunnossapidon vaatimusten ja strategian kanssa. (Velmurugan & Dhingra, 2021, 66.)

Prosessin ominaisuudet määrittelevät suurelta osin riskit ja suorituskyvyn haasteet. Monimutkainen prosessi sisältää useita haasteita, jotka voivat johtaa prosessin käytettävyyden ongelmiin, prosessin hidastumiseen ja lopulta heikentämään kannattavuutta. Laitteistoa käyttää huipputeholla, kuitenkin unohtamatta laitteistoon liittyviä riskejä kuten maksimi lämpötila- ja painerajoituksia. Turvallisuutta ja ympäristöä koskevat säädökset määrittelevät rajat toiminnalle, mutta tuotantoprosessi on syytä varustella sisäisillä ajureilla, jotka rajoittavat yliteholla käyttöä. (Velmurugan & Dhingra, 2021, 66.)

Laittevalmistajien suosituksiin on syytä perehtyä, kun laitetta ollaan valitsemassa prosessiin. Suositukset on hyvä poimia osaksi kunnossapitotoimia, jotta huoltoa voidaan toteuttaa ennakoivasti. Näin voidaan varmistua laitteiston soveltuvasta käytöstä ja pidentää käyttöikä. (Velmurugan & Dhingra, 2021, 66.)

Kunnossapidon osalta toteutettava strategia on keskeisessä osassa tuotantoprosessin luotettavuutta. Strategian varmistaa sen, että laitteet ovat luotettavia ja käyttövalmiita huollon jäljiltä. Laadukas huolto takaa myös sen, että laite ei äkillisesti rikkoudu ja vikoja ei ilmene kohtuullisen käyttöajan puitteissa. Tämän myötä laitteiston ylläpitokustannukset jäävät pieniksi ja varaosa- ja varalaittevarasto hallittavan kokoiseksi. (Velmurugan & Dhingra, 2021, 66.)

3.2.1 Varastonhallinta

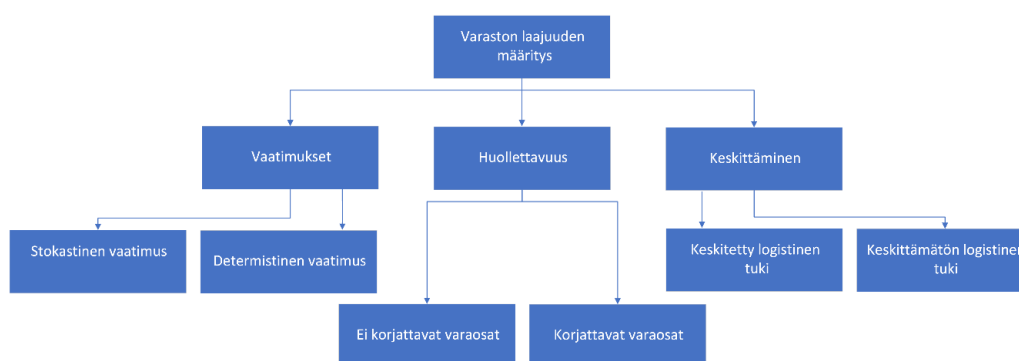
Kunnossapidon strategian tavoitteena on vähentää huoltoseisakkien taajuutta sekä kestoja, ja toisaalta toimia tietyn budjetin, tilojen ja henkilöstön puitteissa. Laitteiston käyttöikä ja korjauskustannukset ohjaavat näin ollen huoltoseisakkien toiminnan kustannuksia ja ajallista kestoja. Varaosa- ja varalaittevarastojen avulla on mahdollista turvata tuotantolaitteiden pitkäkestoisia huoltoseisakkeja. Mikäli varaosia ei ole kuitenkaan saatavilla tarvittaessa, tuotannonpysäytys voi edetä hyvinkin pitkäksi osien toimitusajan myötä. Varaosavarastosta koituu myös kustannuksia, joten kaikkien mahdollisten varaosien ylläpitäminen on kallista ja hankalaa. (Ben-Daya et al. 2009, 191.)

Kunnossapitomateriaalien toimitusketjua ja varaosahallintaa on mahdollista toteuttaa sisäisesti sekä ulkoisen toimijan kautta. Ulkoistetun varastonhallinnan etuna on monissa tapauksissa tehokkaampi varaosien saatavuusketju sekä tehostunut ajankäyttö. Useat organisaatiot pyrkivät näiden kahden toteutustavan yhdistämiseen, parhaimman lopputuloksen saavuttamiseksi. Materiaalinhallinta on useassa tapauksessa tasapainottelua materiaalikustannusten ja varaston tehokkaan hyödyntämisen välillä. (Velmurugan & Dhingra, 2021, 77.)

Varaosat ovat usein suunniteltu yksilöityihin käyttökohteisiin ja varaosien kuluminen on keskimäärin satunnaista. Varaosat voivat myös saavuttaa viimeisen käyttöpäivänsä tai mennä epäkuntoon huolimattomasti varastoituna. Tämän takia on syytä kehittää toimintatapa, jonka perusteella varaosat valikoituvat varastoon. Laitevalmistajat tarjoavat usein suosituksia tarvittavista varaosista, joiden tarpeellisuuden kyseenalaistaminen vaatii syvällistä perehtymistä laitteisiin, joka ei ole välttämättä mahdollista. (Ben-Daya et al. 2009, 192.)

Varaosien saatavuus, laitteiden kriittisyysluokitus ja vikaantumisanalyysit tarjoavat hyödyllistä tietoa tärkeimpien varaosien tunnistamiseksi. Jokaisen laitteen varaosien lista perustetaan tarvittavien varaosien määrän ja laitteen teknistaloudellinen käyttöikä huomioiden. Prosessilaitteiden käyttäjien kokemukset ja vastaavien laitteiden käyttötiedot antavat hyviä arvioita siitä, kuinka paljon varaosia tulisi varastoida kerralla. Nämä tiedot edesauttavat myös varastonmuodostusta, mikäli historiatietoa ei ole saatavilla. (Ben-Daya et al. 2009, 193.)

Varaosien varastonhallinta on pääomasidonnainen investointi, joten valinnat varaston määrittämiseksi tulisivat olla niin tarkkoja kuin mahdollista. Syntyvien kustannusten suhdetta riskiin, että laitteet seisovat jonkin varaosan puuttuessa varastosta tulisi käyttää harkintaa. Erilaisen luonteen varastoitaville tuotteille muodostavat myös korjauskelpoiset varaosat. Näiden osalta varaosien varastoitava määrän arviointi muodostaa haasteen, sillä käyttökeloisten osien palautumismäärä ei ole välttämättä vakio. Cavalieri et al; on esittänyt kolmen ohjaavan ajurin mallia kuvassa 17, varastonimikkeiden määrän hallitsemiseksi. (Cavalieri et al. 2008, 387.)



Kuva 17. Varastonhallinnan kolmen ajurin malli (Muokattu lähteestä Cavalieri et al. 2008, 388.)

Varaosien riittävyyden määrittämiseksi usein ajatellaan varaosien vikaantumisen nopeuden olevan vakio. Kun varaosan käyttöikä on päättymässä, varaosa pyritään uusimaan säännönmukaisesti. Stokastisen vaatimuksen ajatuksena on muodostaa säännönmukainen tilauskanta myös korjattaville varaosille ja määrittää optimaalinen määrä ei korjattavien varaosien tilalle. Usein korjattavissa olevien varaosien määrä pystytään melko hyvällä tarkkuudella määrittämään kokemukseräisesti. (Cavalieri et al. 2008, 388.)

Deterministisen vaatimuksen mukainen varastonhallinta käsittää vain tiettyjen nopeasti liikkuvien varaosien määrittämiseksi, joilla on säännöllinen kulutus. Tästä ajatuksesta on kehitetty optimiostoerän malli, jonka tavoitteena määritellä optimaalinen ostoerän suuruus. Optimiostoerän avulla yrityksen on mahdollista saavuttaa kustannussäästöjä tilaus- sekä varastointitoiminnasta. Tehokkaasti toteutettuna varaosat ovat saatavilla aina tarvittaessa ja toisaalta tilaukset tapahtuvat keskitetysti. (Cavalieri et al. 2008, 389.)

Kun yritykset muodostavat keskitetyn, yhteisen varaston on selkeänä hyötynä nähtävissä varastointikustannuksien väheneminen. Varastoinnin kokonaiskustannusten pieneneminen selittyy yritysten tarpeiden tasoittumisella, kun nämä toimivat keskitetysti. Huomioitavaa on vaikka kustannukset varastoinnista pienenevät, varastointinimikkeiden lukumäärä ei pienene keskittämisen myötä. (Ben-Daya et al. 2009, 215.)

Taulukossa 1 on esitetty keinoja, joilla on mahdollista optimoida varastointitoiminnoista syntyviä kustannuksia.

Taulukko 1. Varastoinnin kustannukset optimointitekniikat (Muokattu lähteestä Ben-Daya et al. 2009, 217.)

Kustannus	Määritelmä	Kustannusten optimointikeinot
Tilaukuskustannukset	Käsittää ennako-valmistelut, tilauksen luomisen, seurannan sekä vastaanoton	<ul style="list-style-type: none"> • Tilauksien määrän järjeistämisen ja yhdistämisen • Tilauksien hallinnointi ja seuranta tietoteknisten työkalujen avulla • Yhteistyösopimukset (Keskitetty varastointi) • Kehittää yhteistyötä muiden käyttäjien kanssa
Hankintakustannus	Tuotteen hankinnasta syntyvä muuttuva kustannus	<ul style="list-style-type: none"> • Tuotetilausten ryhmittäminen, jotta tilausmäärästä voidaan saada etua • Vaihtuvien tarjouksien hyödyntäminen ja seuranta • Jatkuva uusien toimittajien etsintä ja kilpailuttaminen • Kunnostettavien varaosien hyödyntäminen
Ylläpitokustannus	Fyysisen varaston ylläpitoon liittyvät kustannukset (vuokra, vakuutus, verot, palkat)	<ul style="list-style-type: none"> • Vähentämällä varastoitavien nimikkeiden lukumäärää keskittämällä • Varastointiajankohdan jaksottaminen • Kunnostettavien varaosien hyödyntäminen
Puutteista johtuvat kustannukset	Tuotannonmenetykset, paikkaukset, asiakkaiden menettäminen, hätätoimitukset	<ul style="list-style-type: none"> • Ylläpidä hätätilauksille rahdintoimittajaa • Pienennä toimitusaikoja (varaosien tilaaminen verkkokaupasta, varaosien nopeutetulle työstölle toimittaja) • Varaosien vaihdettavuus ja yhdisteltävyys
Kunnossapitokustannus	Laitteiden kunnossapitoon liittyvät kustannukset	<ul style="list-style-type: none"> • Kehitä työntekijöiden osaamista koulutuksin • Valmiste ja organisoi toimintaa järjestelmän avulla • Yhdistä toiminnanohjausjärjestelmä tietojen arkistoinnin kanssa • Hanki laitetoimittajan tukipalvelu (kunnonvalvonta, sähköinen tietokanta)

4 HUOLTOSEISAKKIPROSESSI

Huoltoseisakilla tarkoitetaan suunniteltua tuotannon pysäytystä, jonka tavoitteena on palauttaa tuotantolaitteiston toimintakyky tarvittavalle tasolle. Suunniteltu tuotannon pysäytys tarjoaa poikkeuksellisia mahdollisuuksia toteuttaa ennakoivaa kunnossapitoa, sillä joidenkin toimintojen pysäyttäminen ei ole välttämättä mahdollista tuotantolaitoksen ollessa tuotannossa. Huoltoseisakin merkitys on usein moniulotteinen, sillä lähtökohtaisesti tuotantolaitteilla pyritään saavuttamaan korkein mahdollinen toiminta-aika, jotta käyttökustannus olisi pienin mahdollinen. Tämän takia huoltoseisakin aikana tulisi pyrkiä tekemään kaikki tarpeelliset työt jatkuvuuden ylläpitämiseksi, mutta toisaalta tuotannon seisominen vie aikaa tuotannosta ja aiheuttaa näin välittömiä sekä välillisiä kustannuksia. Tämä kiteyttää hyvin sen, että huoltoseisakeissa on usein kysymys kompromissista, joka tehdään tekniikan ja taloudellisuuden ehdoilla. Tom Lenahan on kirjassaan listannut kysymyksiä, jotka ohjaavat huoltoseisakkitöiden tarpeellisuuden kartoitusta (Lenahan, 2006, 9.)

- Yhtiön lakisääteiset vaatimukset?
- Laitteiden valmistajien määrittelemät, vaadittavat huoltotarpeet?
- Krooniset ongelmakohdat, joiden juurisyytä ei ole koskaan tutkittu?
- Perinteeseen perustuvat työt, jotka ovat tarpeettomia?
- Prosessin väliaineiden aiheuttama pintojen kuluminen?
- Suunnittelusta, hankinnoista tai käyttöönnotosta johtuvat vastoinkäymiset?
- Epäpätevät laitteiden toimintaohjeet?
- Epäpätevä laitteiston ajotapa?
- Puutteellinen ympäristön suojaaminen?
- Puutteet osaamisessa liittyen käyttöön tai kunnossapitoon?
- Riittämätön aikaisempi ennakoiva kunnossapito?
- Epärealistiset tavoitteet tuotantokyvylle, toisin sanoen laitteiden ylikuormittaminen?

Huoltoseisakin kustannukset koostavat jopa yli 30 % osuuden vuotuisesta kunnossapitobudjetista ja tuotannon myöhästymisen voi aiheuttaa seisakkiakin suuremmat tappiot liikevoiton muodossa (Sahoo, 2014, 3.). Huoltoseisakin kustannukset muodostuvat odotettua suuremmiksi, jos huomioidaan vain välittömät kustannukset. Käytettävien resurssien lisääminen,

huolellinen suunnittelu ja aikataulutukset sekä hallittu laitoksen ylös ajo lyhentävät laitoksen tuottamatonta aikaa.

Huoltoseisakin laajuus määrittelee usein, kuinka arvokkaaksi seisakki muodostuu. Tärkein tapa suorittaa huoltoseisakki kustannustehokkaasti olisi valmistella toimiva suunnitelma ja seurata tätä niin tarkasti kuin on mahdollista. Mikäli joitakin osa-alueita unohdetaan suunnitella voivat kustannukset koostua suuriksi. (Lenahan, 2006, 10.) Levitt on kirjassaan järjestänyt prosessiteollisuuden huoltoseisakkityypit laajuuden perusteella, ja taulukossa 2 on esitetty erilaiset seisakkivaihtoehdot. Huoltoseisakin kokonaiskustannukset muodostuvat tuotantotappiosta, kunnossapidon materiaalikustannuksista sekä työvoimakustannuksista.

Aikaisessa vaiheessa tehty kustannusarvio antaa yleensä jo seisakin suunnitteluorganisaatiolle käsityksen huoltoseisakin laajuudesta. Huoltoseisakin kustannusten suuruus riippuu olennaisesti tuotantolaitoksen tyypistä, iästä sekä kunnossapitostrategiasta. Tarkasta suunnittelusta huolimatta viimehetken kiiretyötä voi syntyä huoltoseisakissa, mutta normaali arvo ylimääräisille töille on 5–10 % kokonaiskustannuksista.

Johtuen suuresta määrästä suunnittelutyötä on tavanomaista, että huoltoseisakkeja suunnittelee eri henkilö kuin päivittäistä kunnossapitoa. Työvoiman optimointi on joissain tapauksissa ajanut kunnossapitohenkilökunnan vähiin, jonka seurauksena ennakoivaa kunnossapitoa ei pystytä tekemään normaaleissa olosuhteissa. Tämä voi aiheuttaa ketjureaktion, jonka seurauksena huoltoseisakeissa yritetään paikata näitä laiminlyöntejä.

Taulukko 2. Huoltoseisakkien kategoriat laajuuden mukaan. (Muokattu lähteestä Levitt, 2004)

Huoltoseisakin laajuus	Seisakin kustannus [k€]	Läpivientiaika	Ajallinen kesto	Toimittajien käyttöosuus
Pieni	< 200	Viikkoja	Tunteja	Vähäinen
Pieni/keskisuuri	200–1 250	Kuukausia	Osan päivää	Keskikertainen
Keskisuuri/suuri	1250–8300	Kuukausia–vuosi	Päiviä	Suuri
Suuri	>8300	Vuosia	Viikkoja	Erittäin suuri

Pahimmassa tapauksessa huoltoseisakin resurssit ohjautuvat pois kriittisistä töistä ja tuotannon käynnistäminen viivästyy. Huoltoseisakeissa tulisi suorittaa vain ja ainoastaan töitä, joita ei voida tehdä muina aikoina.

Huoltoseisakin jälkeen tuotantolaitteiden tulisi toimia yhtä hyvin tai jopa paremmin kuin ennen seisakkia. Mikäli tämä ei toteudu on syytä kyseenalaistaa huoltoseisakin järkipärisyyttä. Ideaalitulanteessa huoltoseisakkien tulisi kehittyä kustannuksiltaan vähenevästi, sillä kasvanut ammattitaito, kehittyvä teknologia ja organisaation osaamisen kasvaminen tulisi johtaa kerta toisena jälkeen parempiin tuloksiin. Tämä kuitenkin vaatii asiantuntijoita, ammattitaitoa sekä toimivaa johtoa.

4.1 Huoltoseisakin suunnittelu

Huoltoseisakki voidaan toimintojen mukaan jakaa vaiheisiin, jotka Sahoo on kirjassaan määritellyt seuraavasti (Sahoo, 2014, 14.);

- Aloitusvaihe
- Suunnitteluvaihe
- Toimeenpanovaihe
- Hallinnointivaihe
- Päätösvaihe

4.1.1 Aloitusvaihe

Aloitusvaiheessa on tarkoitus määrittää ja perustella huollon tarve. Merkittävimmät työvaiheet määritellään sekä seisakkiin osallistuvat työskentelyryhmät koostetaan. Aloitusvaiheen lähtötietoina ovat tärkeimmät työtehtävät, lähestymisstrategia ja kriteerit, joiden mukaan toimittajat valikoidaan sekä historiatiedot. Jos kyseessä on suuri ja monimutkainen tuotantolaitos, aloitusvaihe voi alkaa jopa vuosia ennen varsinaista tapahtumaa. (Sahoo, 2014, 21.)

Tyypillisesti huoltoseisakki alkaa suunnittelupalaverilla, johon kutsutaan merkittävimmät toimihenkilöt. Palaverin tarkoituksena on käsitellä huoltoseisakin laajuutta teknisestä sekä taloudellisesta näkökulmasta. Muita käsiteltäviä asioita ovat tavoitteet sekä mahdolliset rajoitteet ja oletukset, joita suunnittelussa tehdään. Suunnittelupalaverissa on syytä nimetä seisakin koordinaattori, joka hallinnoi kokonaisuutta. Muiden osallistujien rooli ja vastualueet on myös määritettävä ennen varsinaista suunnittelutyötä. (Sahoo, 2014, 31.)

Jotta toiminnan etenemistä olisi helpompi seurata, on seisakkiin määriteltävä selkeät ja mitattavat tavoitteet. Levitt ja Lenahan määrittelevät molemmat kirjoissaan, että huoltoseisakista suoriutumista voidaan arvioida viidellä mittarilla; (Lenahan, 2006, 22–23.), (Levitt, 2004, 7.)

- Budjetointi, kuinka paljon budjetoitu ja toteutuneet kustannukset erosivat toisistaan?
- Aika, kuinka hyvin aikamääreissä pysytään ja miten seisakki oli aikataulutettu?
- Laadukkuus, Mikä on pienin mahdollinen miehitys, jolla seisakki voidaan suorittaa? Mikä on saadun hyödyn suhde panostuksiin?
- Laajuus, Kuinka paljon työtä tullaan tekemään?
- Turvallisuus, Kuinka paljon onnettomuuksia on hyväksyttävä määrä?

4.1.2 Suunnitteluvaihe

Seisakin suunnittelu aloitetaan tarvittavien töiden määrittämisellä sekä optimaalisen työjärjestyksen muodostuksella. Tärkein tavoite suunnittelussa on ohjata oikeat henkilöt, oikeaan paikkaan tekemään oikeaa työtä (Lenahan, 2006, 75.). Huoltoseisakin suunnittelutyö edellyttää usean eri tahon yhteistyötä, jotta kaikki tarvittavat osa-alueet tulevat huomioiduksi. Aikataulutuksessa sekä budjetoinnissa voidaan käyttää arvioita, jotta saadaan käsitys siitä, milloin tuotanto voidaan käynnistää. Suunnitteluvaihe pääsääntöisesti kestää huoltoseisakin vaiheista pisimpään, sillä kaikki tulevat toiminnon rakentuvat suunnitelman ympärille. Huoltoseisakin suunnitteluvaiheen lopputuloksena muodostuu suunnitelma, jonka päävaiheet on esitetty kuvassa 18.



Kuva 18. Seisakkisuunnitelman päävaiheet (Muokattu lähteestä Lenahan, 2006, 76.)

Kun huoltoseisakissa tehtävä kunnossapitotyö on yksilöity, tulee työlista suodattaa, sillä tehtävien töiden listalle joutuu usein myös sinne kuulumattomia töitä. Validoinniksi kutsutaan huoltoseisakkiin esitettävien töiden tutkintaa. Huoltoseisakissa ei ole järkevää suorittaa kunnossapitoa, joka on mahdollista tehdä muuna aikana, sillä huoltoseisakissa käytetty aika on pääsääntöisesti kallista intensiivisyyden takia. Kunnossapitotyöt saattavat monistua toisten töiden osana, joten töiden massasta on löydettävä mahdolliset toistot. Myös työohjeeseen kirjoitetun sisällön tulisi olla yksiselitteistä, jotta epäselvyyksiltä ja turhalta työltä vältyttäisiin. Rutiininomaiset ja perinteisesti tehdyt työt on syytä kyseenalaistaa, mikäli toiminnalle ei ole kunnollista perustetta. (Levitt, 2004, 56–57.) Huoltoseisakin työt voidaan jakaa kolmeen eri alaosiin;

- Päätyöt
- Vähäiset työt
- Massatyöt

Päätoiksi lukeutuvat vaaralliset, monimutkaiset sekä pitkäkestoiset työt. Tämänkaltaiset työt vaativat myös usein erikoisasiantuntijan apua tai erityistä työkalustoa. Päätyöt ovat keskeisessä osassa, sillä yleensä jokin päätöistä määrittää koko seisakin aikajanan. Mikäli päätyön aikataulun suunnittelu epäonnistuu koko seisakin aikataulu saattaa viivästyä. Tällaisessa tapauksessa seisakin kriittinen polku vaarantuu. (Sahoo, 2014, 34.) Vähäiset työt eivät päätöiden tavoin tarvitse erikoisammattilaista, mutta kokenut suunnittelija osaa ottaa huomioon ongelmakohdat. Vähäisiksi töiksi lukeutuvat erilaiset kuntotutkimukset sekä puhdistustyöt. Vähäiset työt voivat valmistaa kohdetta myöhemmin seisakissa tehtäviä töitä varten, joten aikaikkuna voi olla hyvinkin intensiivinen. (Lenahan, 2006, 78.) Massatyöt koostuvat suuresta määrästä samankaltaisia, toistettavia töitä eri kohteissa. Työt ovat yksiselitteisiä ja ne eivät tarvitse erillistä suunnitelmaa työsuorituksesta. Yksittäisillä, lyhyillä työtehtävillä voidaan täyttää myös aukkoja aikataulun suunnittelussa. Näin voidaan vähentää resurssien tyhjäkäyntiä. (Lenahan, 2006, 85.)

Merkittävä osuus huoltoseisakkien suunnittelutyötä on tuotteiden, varaosien sekä materiaalien järjestäminen laitokselle ennen huoltoseisakin alkua. Useat laitteet ovat kookkaita, erittäin kriittisiä tai mahdollisesti valmistettu hyvinkin erikoisista materiaaleista. Erityistuotteet vaativat yleensä pitkän toimitusajan, joka voi olla jopa useita kymmeniä viikkoja. Jotta pitkiin toimitusaikoihin voidaan varautua, tulisi tulevien töiden lista käydä lävitse mahdollisimman ajoissa. Tämän lisäksi myös laitetoimittajan tilausjärjestelyt aiheuttavat viivettä toimitukseen. (Lenahan, 2006, 58.)

Joissakin tapauksissa yritykset ovat ulkoistaneet varastointitoiminnan esimerkiksi laitetoimittajalle. Toimittajavarastointikonseptissa asiakasyritys ja laitetoimittaja voivat yhdessä määrittää varastoitavat tuotteet. Tällöin asiakkaalla on mahdollisuus perustaa hätävarasto erittäin kriittisille tai pitkän toimitusajan omaaville laitteille. Kyseinen menettely edesauttaa asiakkaan materiaalihallintaa sekä voi säästää asiakkaan varoja häiriötiloissa. (Velmurugan & Dhingra, 2021, 77.)

Kun on tiedossa, että huoltoseisakki sisältää töitä, jotka edellyttävät pitkän toimitusajan tuotteita tulisi noudattaa seuraavaa toimintaketjua (Lenahan, 2006, 59.);

1. Tee listaus tuotteista
2. Selvitä mitkä näistä tuotteista on jo tilattu
3. Jos ei, ota selvää kuka vastaa hankinnasta ja ohjeista häntä seuraavasti
 - a. Tarkasta luvattu toimitusajankohta ja vertaa tätä seisakin ajankohtaan. (Pyydä myös ilmoittamaan, mikäli tuotteen toimitusajankohta osuu huoltoseisakin ajalle)
 - b. Käy jatkuvaa keskustelua prosessin etenemisestä ja mahdollisista haasteista
 - c. Jos mahdollista varmista toimittajan lupaamasta toimitusajasta, sekä tarkasta tuotteet
4. Kerää toimitetut tuotteet sekä tarkasta, että tuotteet on suojattu ja/tai huollettu
5. Kerää vikaantuneet ja väärät tuotteet sekä ole yhteydessä laitetoimittajaan
6. Jos tuote ei ehdi ennen huoltoseisakin alkua, laske milloin laite on valmiudessa asennettavaksi.
7. Raportoi ongelmista eteenpäin, jos toimitusaika uhkaa pidentää huoltoseisakkia.

4.1.3 Toimeenpano- ja hallinnointivaihe

Toimeenpanovaihe on huoltoseisakkiprosessin vaiheista kaikkein tärkein. Tässä vaiheessa suuri määrä tehtäviä jalkautetaan eri tekijöille. Tällöin suunnittelutyöhön tehty panostus punnitaan ja koko seisakkiorganisaation yhteinen potentiaali mitataan. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että huoltoseisakin johto-organisaatio voisi vetäytyä seuramaan sivusta, kuinka työt etenevät. Vähintäänkin suunnittelua yhtä tärkeässä roolissa on töiden toimeenpanon hallinta ja valvonta. Huoltoseisakin rakenne on usein hyvin hauras ja takaiskut voivat pahimmassa tapauksessa vesittää hyvänkin suunnitelman. (Sahoo, 2014, 99.)

Huoltoseisakissa on usein tarve jakaa suuri määrä tärkeää tietoa eri toimioille. Levitt esittää kirjassaan käyttökelpoiseksi tavaksi luomalla verkkosivuston tai palstan. Tämän menetelmän selkeänä etuna on tiedon päivitettävyyden, sillä monesti seisakkien suunnitelmiin ja ohjeistuksiin saattaa jäädä virheitä. Toisaalta myös nopeat muutokset ovat tyypillisiä haasteita seisakin tiedonvälityksessä. Huoltoseisakin tiedonvälitys tulisi tapahtua sujuvasti sekä ohjeistusten tulisi olla selattavissa myös jälkikäteen. Näin suuresta määrästä tietoa on tarvittaessa etsittävässä nopeasti jokin tarvittava yksityiskohta. (Levitt, 2004, 194.)

Useat lähteet mainitsevat keskeiseksi asiaksi työrutiinin. Hyvin jäsenneilty työprosessi on jaettu rakenteisiin, jotta töiden vaiheet ovat rajattu selkeästi. Näin voidaan paremmin mitata kokonaisuuden etenemistä ja toisaalta työskentelylle rakentuu ajallaan rutiini. Hyväksi tavaksi on koettu päivittäisen aikataulun luominen. Tämä on kuitenkin hyvä pitää erillään huoltoseisakin varsinaisesta aikataulusta. Jokaisena huoltoseisakin aamuna on syytä saada selvyys seuraavista asioista, (Sahoo, 2014, 101–102.)

1. Viivästykset ja ongelmat, jotka ovat nousseet esille aikaisempina päivinä.
2. Mitkä ongelmista on saatu ratkottua ja mitä odottavat selvittämistä.
3. Muutokset henkilöstössä.
4. Työvaiheiden valmiuden taso.
5. Arvio työvaiheiden vaatimasta ajasta.

Huoltoseisakki on monimutkainen kokonaisuus, joten ongelmia on mahdollista ilmaantua kesken seisakin huolimatta siitä, onko näitä ongelmia tunnistettu etukäteen vai ei. Ongelmia varten tulisi olla valmistautunut ja niihin olisi syytä reagoida mahdollisimman nopeasti niin, että negatiivinen vaikutus jäisi mahdollisimman pieneksi (Lenahan, 2006, 169.). Erilaisten tekijöiden vaikutusta seisakkiprosessiin tulisi miettiä etukäteen. Tällaisia tekijöitä ovat esimerkiksi aikataulun viivästyminen suunnitellusta. Todennäköisten muutoksien varalle olisi syytä muodostaa vaihtoehtoinen suunnitelma ja rakentaa edellytykset sille, mikäli alkupe- räisestä rakenteesta poiketaan. (Levitt, 2004, 194.)

Laadunvalvonta on keskeinen tehtävä huoltoseisakin aikana. Tyypillisimpiä huoltoseisakin laadun mittareina voidaan pitää turvallisuutta, varmuutta sekä kustannusten hallintaa (Levitt, 2004, 194.). Näiden pohjalta myös koko seisakkisuunnitelman tulisi rakentua. Työskentely- turvallisuutta on syytä seurata koko huoltoseisakin ajan. Kun useat toimijat työskentelevät jopa samanaikaisesti, samoilla osastoilla, joten mahdollisuus työskentelyn häiriintymiselle on suuri (Sahoo, 2014, 101.). Huoltoseisakin kustannusten seuranta on tärkeää, jotta pysytään selvillä siitä, kuinka budjetointi on onnistunut. Kustannukset olisi myös syytä julkaista huoltoseisakin organisaatiolle nähtäväksi sekä päivittää seisakin edetessä (Sahoo, 2014, 103.). Huoltotöiden laadukkuus näkyy varmuutena lopputuloksessa. Usein työn jäljen perusteella ansaistaan arvostus huoltohenkilöstön sekä esimiesten keskuudessa. Työn jäljen laadun mittaaminen on hankalaa, sillä usein huoltoseisakeissa on kyse suurista kokonaisuuksista. Aina ei myöskään ole helposti nähtävillä päältä, mitä huoltotoimenpiteitä on tehty. Kuitenkin turvallinen työskentelytapa sekä toimiva lopputulos ovat merkkejä laadukkaasta huolto- suorituksesta. (Levitt, 2004, 195.)

4.1.4 Päätösvaihe

Huoltoseisakin päätösvaihe on seuraavan huoltoseisakin aloitusvaihe. Päätösvaihe sisältää henkilöstön vapauttamisen muihin tehtäviin, siivoustyöt sekä käytetyn tavaran hävityksen, raportoinnit järjestelmiin sekä huoltoseisakin tietokannan päivityksen. Kustannusten käsittely sekä huoltoseisakin kehityskohteiden yksilöinti kuuluvat myös tähän vaiheeseen.

Päätösvaihe saattaa huoltoseisakin laajuudesta riippuen kestää jopa viikkoja. (Sahoo, 2014, 219.)

Huoltoseisakissa henkilöstö tulisi vapauttaa aina sitä mukaan, kun työskentelevä henkilöstö on saanut osansa tehdyksi. Ylimääräiseksi jääneet materiaalit tulisi käsitellä sekä hävittää asiaan kuuluvalla tavalla. Tarvikkeet sekä erikoistyökalut tulisi vastaavasti kuin henkilöstö vapauttaa niin pian kuin mahdollista. Huoltotöiden lopuksi seisakin alueet tulisi siivota huolellisesti sekä palauttaa entiselleen. (Lenahan, 2006, 187–188.)

Huoltoseisakin toiminnot tulisi koekäyttää ennen käyttöönottoa. Koekäytössä on kiinnitettävä erityishuomiota työskentelyturvallisuuteen, sillä lopetusvaiheessa voi olla jopa tuhansia huomioitavia yksityiskohtia (Levitt, 2004, 220.). Huoltoseisakin lopuksi alueella tulisi suorittaa lopputarkastus, jossa todetaan sovitut työt tehdyksi. Alueen tulee olla siisti ja jäljet huoltoseisakista on poistettu sekä vauriot, jotka ovat syntyneet huoltoseisakissa on korjattu. Kaikista virheistä ja puutteista tulisi huomauttaa ja raportoida. Kun kaikki huoltoseisakin osapuolet ovat tyytyväisiä lopputulokseen voidaan huoltoseisakissa ollut laitos palauttaa käytettäväksi. (Lenahan, 2006, 188.)

Hallinnollisten asioiden päätös luo pohjaa tulevien seisakkien läpiviemiselle. Tämä sisältää toimijoiden sekä tavarantoimittajien laskujen maksatuksen, seisakin laatumittarien analysoinnin sekä laitedokumenttien ja tietojen päivityksen järjestelmiin. Kustannustietojen perusteella luodaan myös viimeinen vedos huoltoseisakin budjetista. (Levitt, 2004, 220.)

Kun kaikki vaiheet on tehty, huoltoseisakin lopputuloksesta ja toiminnasta tulisi muodostaa raportti. Raportin tarkoituksena on mitata päämäärän saavuttamista suhteessa suunnitellun toteutuksen, budjetin, aikataulun sekä turvallisuuden näkökulmista. Loppuarviossa voidaan käsitellä esimerkiksi seuraavia kysymyksiä, (Sahoo, 2014, 222.)

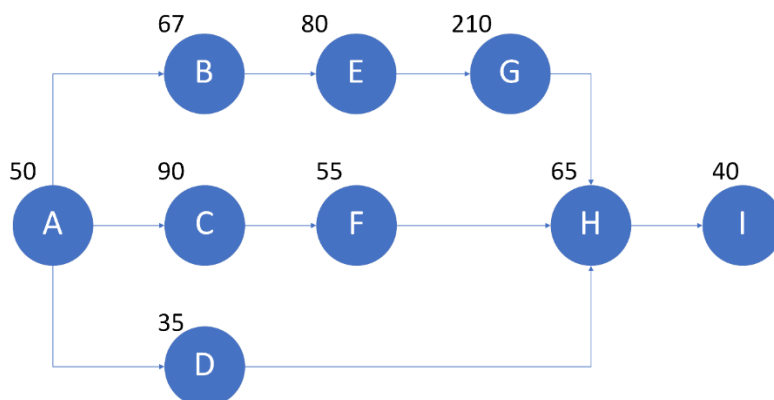
1. Saavutettiinkö päämäärä?
 - a. Saiko suorittava osasto tehtävänsä tehdyksi?
 - b. Saiko johtava osasto tehtävänsä tehdyksi?
2. Tehtiinkö työt aikataulussa? Oliko kustannukset arvioitu oikein? Mitä haasteita huoltoseisakissa oli ajankäytön, kustannusten, asiakkaan vaatimusten tai resurssien osalta? Kuinka vaatimukset vastasivat käytössä olevaa budjettia ja aikataulua?

3. Saavuttiko huoltoseisakki tarkoituksensa tavoitteet?
4. Mitä huoltoseisakin läpivieminen opetti?
5. Mikä huoltoseisakissa toimi? Mikä ei toiminut?

Pian huoltoseisakin päättymisen jälkeen on syytä järjestää palautekeskustelu. Palautekeskuksen tarkoituksena on tuoda ilmi haasteet sekä onnistumiset eri osastojen osalta. Palautteen tulisi olla rakentavaa kritiikkiä, jotka huomioidaan tulevissa huoltoseisakeissa. (Sahoo, 2014, 222.)

4.2 Kriittisen polun metodi

Kriittinen polku on lyhin mahdollinen aika, joka tarvitaan kaikkien työvaiheiden läpikäymiseksi projektissa. Tämä suunnittelumallin tunnistaminen on ollut käännteentekevä projektihallinnan saralla. Kun hallinnoidaan kriittistä polkua ja huomioidaan vastaantulevat ongelmat lopputuloksena, projekti etenee tehokkaimmalla mahdollisella tavalla. Puolestaan viivästymiset polulla aiheuttavat projektin myöhästymisen. (Levitt, 2004, 119.) Kuvassa 19 on havainnollistettu kriittisen polulla olevien työvaiheiden muodostamaa ketjua.



Kuva 19. Kriittisen polun työvaiheiden ketju (Muokattu lähteestä Ben-Daya et al. 2009, 225.)

Kriittisen polun metodissa yksittäiset työtehtävät, jotka muodostavat aikaa eniten vievän työjonon hallinnoivat koko projektin kulkua. Kun kriittiset työtehtävät voidaan tunnistaa ja määrittää vastuuhenkilöt töille, voidaan resursseja ohjata tärkeimpiin tehtäviin projektin onnistumisen kannalta. Seisakin työvaiheista voidaan muodostaa kaavio seuraavasti; (Levitt, 2004, 119–120.)

1. Syötä hyväksytyjen töiden lista tehtäväjärjestyksessä
2. Lisää arvioidut kestot jokaiselle työlle. Työryhmien koko tulisi sovittaa sopivaksi.
3. Yhdistä työt toisiinsa ja lisää tehtävien väliset riippuvuudet.
4. Kirjaa käytettävät resurssit jokaiselle työlle. Resursseiksi lukeutuvat niin henkilö- kuin materiaaliressit.
5. Kun seisakin aloitusajankohta on tiedossa, tehtäväpolku tulee arvioida uudelleen.

Huoltoseisakkiprojektit saattavat sisältää satoja tai jopa tuhansia eri työvaiheita. Työsuoritusten kokonaisuuden hahmottamista saattaa hankaloittaa töiden suoritusjärjestys. Yksinkertaisesti jokaisen työvaiheen järjestämisessä tulisi kysyä kysymys, mikä työvaihe edeltää tätä kyseistä tehtävää? Näin seisakin kokonaisuus alkaa rakentua pala palalta verkostoksi, joka kuvastaa työvaiheiden riippuvuudet toisiinsa. (Levitt, 2004, 120.)

Kriittisen polun laskeminen aloitetaan määrittelemällä työvaiheille aloitusajankohta ES_i ja lopetusajankohta EF_i . Aloitusajankohta toiminnolle i on aikaisin mahdollinen ajankohta, jolloin kyseinen työvaihe voidaan aloittaa. Seuraavan työvaiheen aloitus on riippuvainen siitä, milloin edellinen vaihe on suoritettu ja kokonaisaika määrittelee kriittisen polun pituuden. Taulukossa 3 on havainnollistettu aloitusajankohtien ja lopetusajankohtien riippuvuutta. (Ben-Daya et al. 2009, 256.)

Taulukko 3. Työvaiheiden i aikaisimmat aloitus- ja lopetusajankohdat (Muokattu lähteestä Ben-Daya et al. 2009, 256.)

Työvaihe [i]	Riippuvuus	Aloitusaika [ES_i]	Kestoaika [t_{oi}]	Lopetusaika [EF_i]
A	-	0	50	50
B	A	50	67	117
C	A	50	90	140
D	A	50	35	85
E	A-B	117	80	197
F	A-C	140	55	195
G	A-B-E	152	210	362
H	A-B-E-G	362	65	427
I	A-B-E-G-H	427	40	467

Seuraavaksi muodostetaan käänteinen taulukko, jossa projektin läpimenoaika t_{cp} on aikaisin mahdollinen lopetusajankohta EF_i aikaisemmalle työvaiheelle. Tässä taulukossa lopetusajankohta LF_i ja aloitusajankohta LS_i määritellään erikseen jokaiselle työvaiheelle. Lopetusajankohta LF_i on viimeinen mahdollinen ajankohta, jotta projekti pysyisi aikataulussa. Taulukossa 4 on havainnollistettu aloitusajankohdan laskenta. (Ben-Daya et al. 2009, 256.)

Taulukko 4. Työvaiheiden i viimeisimmät lopetus- ja aloitusajankohdat (Muokattu lähteestä Ben-Daya et al. 2009, 257.)

Työvaihe [i]	Riippuvuus	Pisimmän vaiheen pituus	Lopetusaika [LF_i] ($t_{cp}=467$)	Kesto aika [t_{ai}]	Aloitusaika [LS_i]
I	-	0	467	40	427
H	I	40	427	65	362
G	I-H	105	362	210	152
F	I-H	105	362	55	307
E	I-H-G	315	197	80	117
D	I-H	105	362	35	327
C	I-H-F	160	362	90	272
B	I-H-G-E	350	117	67	50
A	I-H-G-E-B	417	50	50	0

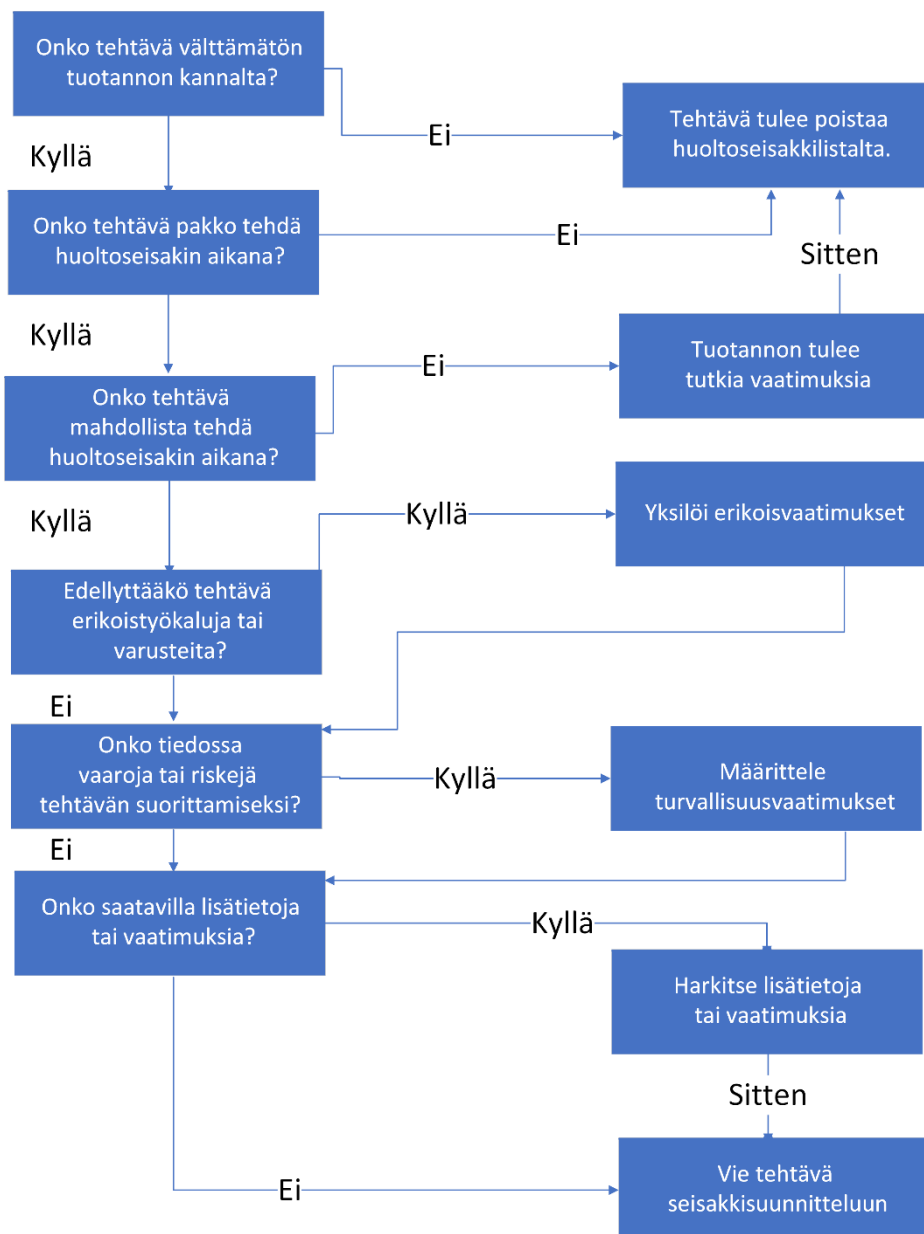
Lopuksi voidaan ratkaista väliajat S_i jokaiselle työvaiheelle i . Väliajat saadaan ratkaistuksi viimeisimmän ja aikaisimman aloitusajankohdat erotuksena. Taulukossa 4 on laskettu väliajat. Taulukosta 5 voidaan huomata, että kriittisellä polulla olevat työvaiheet (A-B-E-G-H-I) eivät sisällä väliaikaa. Työvaiheet, jotka sisältävät väliaikaa voivat myöhästyä lasketun ajan verran vaikuttamatta projektin läpimenoaikaan. (Ben-Daya et al. 2009, 256.)

Taulukko 5. Työvaiheiden i väliajat (Muokattu lähteestä Ben-Daya et al. 2009, 257.)

Työvaihe [i]	LS_i	ES_i	LF_i	EF_i	S_i
A	0	0	50	50	0
B	50	50	117	117	0
C	272	50	362	140	222
D	327	50	362	85	277
E	117	117	197	197	0
F	307	140	362	195	167
G	152	152	362	362	0
H	362	362	427	427	0
I	427	427	467	467	0

4.3 Tehtäväsuunnittelu

Huoltoseisakin tehtäville on hyvä suorittaa validointiprosessi, jonka perusteella arvioidaan ovatko suunniteltavana olevat työt välttämättömiä luotettavuuden kannalta ja näin pakollisia tehtäviä seisakissa. Kuvassa 20 on esitetty kaavio huoltotöiden validointimenetelmästä.



Kuva 20. Huoltoseisakkitöiden validointimenetelmä. (Muokattu lähteestä Lenahan, 2006)

Tehokas huoltoseisakkisuunnittelu edellyttää riittävän luotettavaa tietoa seisakin tarpeista. Aikaisempien huoltoseisakkien historiatiedot ovat tässä tapauksessa erittäin hyödyllinen apu, sillä se tehostaa suunnittelua vähentämällä selvitystyötä, joidenkin töiden ja tarpeiden osalta. Huoltoseisakin työsuunnittelua varten tarvitaan ainakin seuraavia tietoja, (Sahoo, 2014, 51.)

- Huoltoseisakin työt ja priorisointijärjestys
- Tarvittavat työkalut ja tarvikkeet
- Materiaalit
- Aikataulu
- Henkilöresurssit
- Edellytykset turvalliselle työskentelylle
- Edellytykset laadukkaalle lopputulokselle
- Kustannukset

Huoltotöiden listan laatiminen on syytä aloittaa hyvissä ajoin ennen varsinaista huoltoseisakia. Parhaimmassa tapauksessa seuraavan huoltoseisakin työsuunnittelu aloitetaan edellisen päätyttyä. Työt on hyvä järjestää aikataululliseen järjestykseen, jonka jälkeen selvitetään mitkä töistä on mahdollista suorittaa etukäteen tai huoltoseisakin jälkeen. Tällä tavoin saadaan mahdollisesti lyhennettyä huoltoseisakin kestoa ja pienennettyä tuotantotappioita. (Sahoo, 2014, 52.)

Huoltotöiden luonne määrittelee sen, minkälaisia työkaluja ja tarvikkeita huoltoseisakissa tarvitaan. Huolellinen varautuminen on tarpeen, sillä työkalujen ja tarvikkeiden saatavuus vaikuttaa usein huoltoseisakin aikatauluun, kustannuksiin sekä resurssointiin. Huomioitavaa on myös huoltoseisakin aikana työkalujen hajoaminen tai särkyminen. Tällaisessa tapauksessa tulisi olla varasuunnitelma huoltotöiden loppuun saattamiseksi, jotta huoltoseisakin aikataulu ei viivästy. (Sahoo, 2014, 52.)

Jokaista huoltotyötä varten on suunniteltava listaus materiaaleista. Näiden materiaalien määrittämistä varten on hyvä käyttää aikaisempia, vastaavia huoltotöitä pohjana.

Jotta työsuunnittelu voidaan suorittaa tehokkaasti, tehtäväjärjestys laitoksen alasajon ja käynnistyksen välissä on tunnettava. Näin voidaan varmistua, että suunniteltu aikataulutus sopii todellisen tehtäväjärjestyksen mukaisesti. Huoltotöissä tarvittavien materiaalien hankinnat on syytä aloittaa mahdollisimman pian, kun töiden suorittaminen huoltoseisakissa on vahvistunut. (Sahoo, 2014, 52.)

Huoltotöiden aikataulua on hyvä lähteä arvioimaan aikaisempien työsuunnitelmien perusteella. Arviot huoltotöiden aikatauluista poikkeavat usein todellisesta suoritusajasta riippuen käytössä olevista resursseista sekä työkaluista. Näin ollen aikatauluarvioihin on syytä suhtautua varauksella. Henkilöstöressurssien osalta työntekijät jakautuvat sisäisiin sekä ulkoisiin toimijoihin. Ulkoisten toimijoiden käyttö edellyttää erityisiä huomioitavia asioita työturvallisuuden ja käytettävyyden kannalta. (Sahoo, 2014, 52.)

Työturvallisuus on yhtä keskeinen osio suunnittelua kuin varsinainen työsuunnittelu. Edellytykset turvalliselle työskentelylle tulee pystyä järjestämään toimintatapojen ja varusteiden muodossa. Turvallisen työskentely on syytä huomioida myös aikatauluissa. (Sahoo, 2014, 53.)

Laadukas lopputulos huoltotöiden osalta on tärkeää, joten töiden laadunvalvontaa varten on määriteltävä vähimmäisvaatimukset ja koekäytön edellytykset. Koekäyttö ja minimivaatimukset lisäävät myös turvallisuutta loppukäytössä. Näin voidaan myös vähentää ongelmia huoltoseisakin loppuvaiheen tarkastuksissa ja välttyä jopa monikertaiselta työltä. (Sahoo, 2014, 53.)

Edellä mainitut huoltotöihin vaikuttavat tiedot antavat perusteet arvioituille kustannuksille. Huoltotöiden todelliset kustannukset jakautuvat välillisiin sekä välittömiin kustannuksiin, jotka tulisi hahmottaa kokonaisuutta suunniteltaessa. Huolellinen suunnittelu ja aikataulutus voi kuitenkin vähentää merkittävästi lopullisia kustannuksia. (Sahoo, 2014, 53.)

4.4 Resurssien hallinta

Levitt jakaa resurssit kahteen eri kategoriaan aikaan perustuviin resursseihin sekä määrällisiin resursseihin. Aikaan perustuvia resursseja ovat henkilö- ja käyttöresurssit, määrällisiä resurssit edustavat varaosat ja materiaalit. Kaikki resurssit ovat hankittavissa etukäteen ja lisäksi sisältävät omanlaisena haasteensa. Määrällisten resurssien haasteena on etukäteen haalittavien materiaalien riittävyys seisakissa niin, että hankinnat eivät ole ylimitoitettuja. Jos materiaalit ovat pilaantuvia tulee oikea ajoitus yhä tärkeämmäksi. Täsmällinen määrä materiaalia on oltava saatavilla tietyssä työvaiheessa, ja puutteet viivästyttävät pahimmassa tapauksessa koko seisakkia. Aikaan perustuvien resurssien osalta on varauduttava riittävyyteen tarpeen huipputilanteissa sekä mahdollisuuden irrottaa resursseja käytöstä, kun tarve loppuu. Vuorottelulla voidaan saavuttaa etua raskaiden laitteiden, henkilöiden sekä kalliiden toimintojen käytössä, jolloin huipputarpeen ajankohtaa voidaan muuttaa, mutta kokonais-tuntien määrä ei kasva. (Levitt, 2004, 131–132.)

Budjetointia varten on syytä muodostaa karkea arvio käytettävistä työtunneista. Tällöin on helposti nähtävissä, paljonko omia resursseja on käytössä sekä kuinka paljon lisätyötunteja tarvitsee ostaa ulkopuolelta. Resursseja tarvitaan epäsäännöllisesti koko seisakin ajan ja toisaalta on otettava huomioon, että kaikkia resursseja ei välttämättä tarvita tiettyinä hetkinä. Vaikka seisakin läpiviennissä on ajateltava kriittistä polkua sekä kustannusten minimointia, resurssien muutoksia on harkittava tarkasti, jotta projektin onnistuminen ei vaarannu. (Levitt, 2004, 134.) Levitt on kirjassaan kuvaillut huoltoseisakin keskeisimpinä resursseja ja taulukossa 6 on esitetty nämä resurssit.

Taulukko 6. Keskeisimmät resurssit (Muokattu lähteestä Levitt, 2004)

Resurssi	Kommentti
Työaika	Työajan suunnittelussa tulisi ottaa huomioon henkilöstön taitotaso ja jakaa erityisosaaminen tasaisesti ryhmiin. Ryhmien koko tulisi pysyä tasamääräisenä.
Varaosat	Suuret ja kalliit osat, joilla on pitkä toimitusaika ovat yleensä huomioituna. Seisakin aikataulu voi rakentua näiden osien saatavuuden mukaan. Varastointiin tulisi kiinnittää huomiota, jotta osat säilyvät käyttökelpoisina. Pienten osien tärkeyttä ei voi väheksyä, sillä monesti seisakeissa ollaan vailla laakereita tai liittimiä. Monesti näitä osia tarvitsevat myös toiset, vastaavat tuotantolaitokset ja saatavuus voi tämän takia olla heikko.
Materiaalit ja tarvikkeet	Puutteet käyttötarvikkeissa voivat aiheuttaa sopimattomassa tilanteessa suurin kuluera. Saatavuus saattaa aiheuttaa haasteita, mikäli tuotantolaitos sijaitsee vaikeakulkuisessa paikassa.
Suuret laitteet	Suurten laitteiden käsittelyssä voi aiheutua ongelmia, kun useat työryhmät tarvitsevat samaa kalustoa. Toisen ongelman saattaa muodostaa kaluston palautusaikataulu.
Työkalut	Työkalujen saatavuus saattaa koitua pullonkaulaksi joissain tapauksissa. Monesti kunnossapitosuunnitelma ei ota kantaa tämän tason haasteisiin. Työkalut resurssina ovat riippuvaisia henkilöstöresursseista.
Henkilökohtaiset suojavarusteet	Henkilökohtaisten suojavarusteiden laiminlyönti saattaa olla hengenvaarallista. Jokaista työtä varten on määritettävä tarvittavat suojavarusteet. Vuorottelu voi parantaa tietynlaisten suojavarusteiden käytettävyyttä.

4.4.1 Aikaan perustuvien resurssien suunnittelu

Resurssien käytön suunnittelu on erittäin monimutkainen ja aikaa vievä prosessi huoltoseisakin suunnittelussa. Vaikka tehtävät työt olisi arvioitu ja suunniteltu tarkasti, töihin käytettävät resurssit ovat käytettävissä vain tietynä ajankohtana. Tietyn kaluston tarve saattaa olla seisakin aikana useassa kohteessa, joten toimintojen järjestys on suunniteltava käytettävissä olevan kaluston mukaisesti. Lisäksi on otettava huomioon, riippuuko jonkin toisen kohteen työn eteneminen tämän kaluston käytettävyydestä. Jotta kriittinen polku on määritettävissä, tulee tehtävät toiminnot ja resurssien käyttöä priorisoida aikataulussa. Määrittele resurssien käytettävyys seuraavasti; (Sahoo, 2014, 34.)

- Mitkä resurssit tullaan tarvitsemaan?
- Kuinka paljon resursseja tarvitaan?
- Milloin resurssit tullaan tarvitsemaan? Vain seisakissa vai myös ylösajossa? vain arkipäivinä? päivin vai myös öisin?
- Ovatko resurssien vaatimukset kohtuulliset? Pystyvätkö urakoitsijat aloittamaan työt ajallaan? Onko kaluston käytettävyys vaatimusten mukainen?
- Kuinka kauan huoltoseisakki kestää?
 - sisältääkö ajanjakso valmistelu- ja jälkityöt?
 - Milloin on oikea aika vähentää huoltoresursseja?

Kun resurssien aikataulu on tiedossa, tulee tehtävät käydä lävitse sekä priorisoida aikataulun kärkeen. Kun tärkeimmät työtehtävät alkavat löytämään paikkansa, aikataulutusta tulee arvioida uudelleen. Tavoitteena käytön suunnittelussa on löytää optimaalinen ja realistinen käytettävyys henkilö- ja laiteresursseille.

4.5 Kustannusten arviointi

Huoltoseisakkiprojektin kustannusarvion luominen on itsessään melko suoraviivainen luoda, mikäli työmäärä ja laajuus on tiedossa. Tällöin tarvittavat materiaali, henkilöresurssit ja tarvikkeet on oltava myös tiedossa. Huoltoseisakin kustannusarvion luomista vaikeuttaa kuitenkin aikataulun tai laajuuden muutokset sekä mahdolliset piilokustannukset. Luotettavan kustannusarvion luominen edellyttää harjaantunutta kokemusta huoltotöiden käsittelystä sekä historiatietojen tuntemusta. (Lenahan, 2006, 128.)

Karkean kustannusarvion luomiseksi käytetään tiedettyä huoltotyölistaa. Lista töistä olisi hyvä olla valmiina noin puoli vuotta ennen varsinaista huoltoseisakkeita. Huoltoseisakin kustannusarviota luodessa on hyvä muistaa, että tiedot perustuvat aluksi oletuksiin, joten mitään yksityiskohtaa ei ole vielä kiveen hakattu. (Sahoo, 2014, 58.)

Monet huoltoseisakeissa esiintyvät työt toistuvat jälkikäteen seuraavissa seisakeissa. huoltotöiden kestojen ja kustannusten arviointiin kannattaa hyödyntää historiatietoja. Usein näiden töiden pohjalta tehty arvio on riittävän hyvällä tarkkuudella. Tarvittaessa aikaisemman tiedon soveltaminen toisenlaiseen työhön on myös käyttökelpoinen keino.

Jos huoltoseisakki sisältää erikoista tai uutta teknologiaa organisaatiolle, on syytä kääntyä asiantuntevan yhteistyökumppanin puoleen. Joissain tapauksissa ammattitaitoista asiantuntijaa ei välttämättä löydy paikallisesti. On siis suositeltavaa käyttää kaikkia yhteistyökumppaneita hyödyksi, jotta käytävissä oleva tieto olisi mahdollisimman luotettavaa (Sahoo, 2014, 59.). Nopean ja yksinkertaisen kustannusarvion luomiseksi Lenahan ehdottaa seuraavaa lähestymistapaa, (Lenahan, 2006, 130–131.)

1. Hanki osaksi ryhmää kokeneimmat osaajat, joilla on aiempaa kokemusta huoltoseisakeista.
2. Tee arvio jokaiselle päätyölle tarvittavista henkilöstöresursseista sekä töiden kestosta. Arvio voi perustua aikaisempiin kokemuksiin sekä yksinkertaiseen laskentaan henkilöstömäärä arvioimiseksi.

3. Tee arvio jokaiselle vähäiselle työlle tarvittavista henkilöstöresursseista sekä töiden kestosta. Arvio voi perustua aikaisempiin kokemuksiin sekä yksinkertaiseen laskentaan henkilöstömäärä arvioimiseksi.
4. Tee arvio massatöille tarvittavista henkilöstöresursseista sekä töiden kestosta. Arvio voi perustua aikaisempiin kokemuksiin sekä yksinkertaiseen laskentaan henkilöstömäärä arvioimiseksi.
5. Yhdistä ylempien vaiheiden vaatimat henkilöstöresurssit.
6. Kerro henkilöstöresurssien kokonaistyöaika tehokkuustekijällä. Tehokkuustekijän tarkoituksena on kuvastaa epätehokkaiden työtuntien vaikutusta. Tekijä on suuruudeltaan 1,4–2,0 väliltä riippuen työnjohdon läsnäolosta.
7. Tee arvio keskituntihinnasta työtunnille.
8. Kerro henkilöstöresurssien kokonaistyöaika keskituntihinnalla. Näin saadaan hinta työvoimakustannukselle.
9. Kerro työvoimakustannus tekijällä 3,3 (tai muulla sopivalla arvolla). Tällä tavoin saadaan arvio huoltoseisakin kokonaiskustannuksista. Työvoiman osuus on tyypillisesti noin kolmanneksen seisakin kokonaiskustannuksista.
10. Arvioi pahin mahdollinen tilanne ja tee arvio kustannuksista, jotka tämä tilanne aiheuttaisi.
11. Arvioi paras mahdollinen tilanne ja tee arvio kustannuksista, mikäli kaikki menevät täysin suunnitellusti.
12. Arvioi kustannusten muutosta vaiheiden 10. ja 11. tilanteissa aikaisempien vaiheiden mukaisesti.

Tarkemman kustannusarvion luomiseksi on suositeltavaa käyttää huoltoseisakkihallintaan soveltuvaa tietokoneohjelmistoa. Ohjelmiston apuna käyttö yleensä helpottaa ja nopeuttaa kustannusten arviointia (Sahoo, 2014, 61.). Edistyneemmän kustannusarviolla pyritään ± 5 prosentin tarkkuuteen, ja se suositellaan tehtäväksi pari kuukautta ennen varsinaisen huoltoseisakin alkamista. (Lenahan, 2006, 131.)

5 HUOLTOSEISAKKI VENTTIILIHUOLLOSSA

Tässä luvussa käsitellään huoltoseisakkiprosessin etenemistä kohdeyrityksen sisäisen ohjeistuksen mukaisesti. Kohdeyrityksessä on aikaisemmin tehty kansainvälisessä projektimyynnin-osastolla tutkimusta huoltoseisakkiprosessiin liittyvistä käytännöistä sekä ohjeita huoltoseisakin läpiviemiseksi.

Huoltoseisakkien suunnittelulle ja läpiviemiselle ei ollut kohdeyrityksen huoltokeskuksessa valmista ohjeistusta tai toimintatapaa. Vakiintuneena käytäntönä oli omaksuttu tapa vastaanottaa huoltoseisakkiin liittyvät asiakastilaukset ja luoda näiden pohjalta Excel-lista, jota seurata huoltoseisakkiin valmistautuessa sekä seisakin aikana. Lappeenrannan huoltokeskuksessa venttiiliomaisuuden hallintajärjestelmänä on käytössä Salesforce ServiceMax.

5.1 Salesforce

Salesforce on 1999 ensimmäisten yritysten joukossa aloittanut kehittämään pilvipohjaista CRM-ohjelmistoa eri alan yrityksille. CRM on lyhenne englannin kielen sanoista Customer, Relationship ja Management. Ohjelmiston tarkoituksena on pitää yrityksen asiakassuhteisiin liittyvät asiat kuten kontaktit, myynnit sekä näiden asioiden mittauksen hallinnassa. Alun perin ohjelmisto on käsittänyt vain asiakkaiden yhteystietoluettelon, mutta järjestelmä tarjoaa nykyään apua asiakaspalvelun, liiketoiminnan kehittämiseksi, markkinointiin sekä rekrytointeihin. Perusideana on, että tieto on helposti kaikkien saatavilla. (Salesforce, 2021)

Pilvipalvelun rakenne on helposti räätälöitävissä asiakkaan tarpeiden mukaan, jotta liiketoiminnan tavoitteet ja niiden eteneminen olisi helposti seurattavissa. Palveluun kerätään myynnin tueksi tärkeitä asioita kuten ostohistoria, tilauksien tila sekä mahdolliset ongelmat asiakaspalveluun liittyen. Palveluun on saatavilla lisäosia, jolloin tiedot ovat jaettavissa kaikkien palveluiden kesken. ServiceMax on huoltopalveluille tarkoitettu lisäosa SalesForcen, jonka tarjoaa apua huoltotöiden hallitsemiseen, aikataulutukseen sekä laitteiden asennuskannan ylläpitoon.

5.2 Projekti

Diplomityön tekemisen aikaan kohdeyrityksen huollon projektimyynnin toiminnoissa oli käynnissä kehitysprojekti huoltoseisakkien hallinnoimisen kehittämiseksi. Huoltotoiminnan sekä myynnin tueksi on aloitettu kehittämään mallia huoltoseisakkien hallinnoimiseksi vuodesta 2016, sillä huoltoseisakkien merkitys venttiilihuollon liiketoimintalinjalla on kasvanut merkittävästi. Vuoden 2019 aikana Neles oli mukana 250 merkittävässä huoltoseisakissa ympäri maailmaa (Anderson, 2020).

Markkina-alueet ja liiketoimintalinjat ovat kohdanneet useita haasteita huoltoseisakkiprosessin läpivientiin liittyen. Vähentyneet resurssit, useiden osastojen osallistuminen, sopiva ajoitus suunnittelun aloittamiselle ja tiukat aikataulut tuottavat ongelman huoltoseisakkiprosessin läpiviemiseksi menestyksekkäästi. Hyvä huoltoseisakin hallinnointi edellyttää ymmärrystä liiketoiminnan olosuhteista, loppukäyttäjän ja ryhmän suorituskyvyn tunnistamista sekä paikallista taustatietoa. Paikalliset sopimukset, aikaisemmat projektit sekä hinnoittelutaso ovat keskeistä tietoa seisakkitoiminnan ohjaamiseksi. (Anderson, 2020)

Huoltoseisakkiprojekti perustuu myös vahvasti yhteistyötä tekevien henkilöiden assosiaatioon. Asiakkuuksien luottamus Nelekseen luotettavana kumppanina rakentuu ammattitaitoisen henkilöstön sekä vankan osaamisen pohjalta. Tämä vaatii myös keskusteluyhteyttä oikeisiin henkilöihin, kykyä myydä ja sovittaa huoltoprojektit vastaamaan asiakkaan tarvetta ja aikataulua huoltoseisakissa. Asiakkuuksille on tarvittaessa varauduttava tarjoamaan validatio siitä, että yhteistyö huoltoseisakissa tarjoaa selkeää etua kokonaisuuden hallitsemiseksi. (Anderson, 2020)

5.2.1 Huoltoseisakin alustus

Huoltoseisakin yksityiskohdat määrittävät pitkälle sen, millaisia ongelmia huoltoseisakin aikana ilmenee. Monet haasteet ovat lähtöisin puutteellisista tiedoista tai huonosta vastuualueiden määrittämisestä. Päätöksentekoa ei tulisi toteuttaa intuitiivisen tai valistuneen arvauksen perusteella, sillä ainoastaan faktatietoon voidaan nojautua ja toimia sen mukaisesti. Henkilökohtaisia ennakkoluuloja tulisi välttää, sillä kaikki mahdolliset vaihtoehdot tulisi ottaa huomioon. Tiimin jäsenet muodostavat kokonaisuuden, jossa jokaisen henkilökohtainen osaaminen on merkitsevää. (Anderson, 2020)

Huoltoseisakin aikana ei tulisi keskittyä liikaa varsinaiseen prosessiin, vaan katse pitäisi pitää kaukana horisontissa siintävässä lopputuloksessa. Laatikkomaiset varmistelulistat ovat oiva apuväline suunnitteluun, mutta eivät takaa onnistumista. Kankea prosessimainen ajattelu ei ole välttämättä toimivin tapa, koska huoltoseisakit ovat kaikki erilaisia. Virheetöntä suoritusta ei pidä odottaa, vaan virheistä tulisi ottaa oppia ja olla toistamatta tulevaisuudessa. Tavoitteisiin päästessä on hyvä myös palkita itsensä. (Anderson, 2020)

5.2.2 Käytännöt aloituksessa

Kaikkien huoltoseisakiprojektiin osallistuvien osapuolten hyväksi olisi aloittaa suunnittelutyö jo kaksi vuotta ennen seisakin alkua öljynjalostusteollisuuden ja vuoden ennen paperi- ja selluloosateollisuuslaitosten kohdalla. Huoltoseisakin läpiviemisen onnistuminen on yhteispeliä ja verrattain yhtä riippuvainen asiakkaan avainhenkilöiden asiantuntijuudesta kuin toimittajankin. Tämän vuoksi on erittäin tärkeää avata keskustelu mahdollisimman aikaisin luotettavuus-, kunnossapito- ja seisakkihallinnon päätöksentekijöiden kanssa. Yhtä tärkeää on myös ajatella kuinka loppukäyttäjä saisi parhaan mahdollisen tuen toimittajan organisaatiosta. Näin voidaan kasvattaa toimitettavaa palvelulaajuutta. (Anderson, 2020)

Toimittajan on tunnettava asiakkaan kunnossapitotoiminnan rakenne, jotta valinnat ja päätökset tukevat lähestymistapaamme. Näin toimittaja voi tarjota kattavasti tukea seisakin suunnitteluun sekä prosessin läpivientiin. Tämä tarjoaa mahdollisuuksia myös

huoltoseisakkien välissä tapahtuvaan kunnossapidon toiminnan tukemiseksi. Jatkuva-, suunniteltu-, ennakoiva- sekä kuntoon perustuva kunnossapito tarjoavat mahdollisuuksia diagnostiikan ja suorituskyvyn seurannan hyödyntämiselle. Jotta laajat huoltoseisakit olisivat hallittavissa tulisi lähestymistavan olla projektityötä muistuttava, jossa suuri määrä tehtäviä koordinoidaan huolellisesti ja lopuksi dokumentoidaan. (Anderson, 2020) Anderson on muodostanut listan asioista, joita tulisi ottaa huomioon projektin alustuksessa.

1. Paikallisen myyntikonttorin tulisi johtaa tiedon keruuta huoltoseisakista sekä aikatauluista.
2. Tarkastettava, että Salesforceen on luotu 'Service project' ja kaikki projektiryhmän jäsenet ovat osa ryhmää.
3. Luotava yksityiset keskustelualustat Teams-palveluun ja kutsu Neleksen henkilöt suoraan näihin työryhmiin. Projektin edetessä ryhmiin voidaan lisätä henkilöitä. Keskustelualustan tiedostot voidaan jakaa suoraan Sharepointin kautta alaryhmälle.
4. Kerättävä keskeiset tiedot paikalliset myyntikonttorilta sekä huoltokeskukselta. Tarvittaessa alueen huoltopäällikkö auttaa selvittämään ketkä Neleksen henkilöt työskentelevät paikallisen asiakkaan yhteyshenkilöiden kanssa.
5. Kirjata tiivistelmä pääkohdista ja jakaa tämä työryhmien kanssa. Tässä vaiheessa projektia tulisi olla käsitys aikataulusta, odotetusta laajuudesta, huollettavien venttiilien lukumäärästä sekä budjetista.
6. Yksilöitävä kuinka luotettavaa laitekannan tiedot ovat perustuen viimeiseen asiakasvierailuun. Muodosta suunnitelma kuinka puutteelliset tiedot saadaan loppukäyttäjältä. Määriteltävä potentiaalinen arvo tiedolle, joka voitaisiin saada auditoinnilla. Auditointi voi tarjota mahdollisuuksia palvelukokonaisuuteen seuraavassa huoltoseisakissa.
7. Käsiteltävä tiedot, joita on edellisestä huoltoseisakista saatavilla. Kerättävä tiedot huoltosuosituksista, huoltotoista seisakkien välillä sekä edellisestä seisakista opituista asioista.
8. Yksilöitävä ja selvitettävä tiedot alueiden ja prosessien yksityiskohdista. Määriteltävä kriittisimmät venttiilit.
9. Muodostettava käsitys loppukäyttäjän seisakkiorganisaatiosta ja listata osastojen yhteyshenkilöt. Listan tulisi olla suurempi kuin normaalit yhteyshenkilöt laitokselta.

10. Yhdisteltävä kaikki tiedetyt huoltohistoriatiedot Neleksellä. Sisällytä jos mahdollista myös loppukäyttäjän ja kolmannen osapuolen suorittamat huollot. Kerää kaikki mahdollinen tieto, joka voisi kiinnostaa myös loppukäyttäjää.
11. Luonnosteltava, kuinka toisten seisakkien onnistumiset ja ratkaisutavat voisivat toimia tällä alueella soveltuvien osin. Voidaanko suunniteltuja töitä toteuttaa toisella, paremmalla tavalla kuten pienempien venttiilien tapauksessa, suoraan korvata uudella laitteella huollon sijaan. Tämä esimerkiksi perustuen kustannusten merkityksettömyyden eroon. Pyri rakentamaan kokonaisvaltainen ratkaisu eri osastojen kanssa huoltoseisakin suunnittelun, huollon, laitteiden päivittämisen, laitteiden korvaamisen ja ohjelmistopalveluiden kautta.
12. Tarvittaessa on vierailtava ja arvioitava paikallisen huoltokeskuksen kapasiteetti sekä tämänhetkiset rajoitteet.
13. Päivitettävä tiivistelmä seisakin pääkohdista sekä jakaa tiedot työryhmien kesken.
14. Järjestettävä sisäinen projektin aloituspalaveri ja dokumentoitava asiat.
15. Kirjataan ylös ainakin,
 - a. Huoltoseisakkisuunnitelma
 - b. Arvio kustannuksista
 - c. Työvaiheiden rakenne ja määrittele tekijöiden roolit
 - d. Kirjaa tekijöiden osaamistaustat
 - e. Seisakin välietapit
 - f. Gantt-kaavio
 - g. Arvio projektin riskeistä sekä toinen dokumentti, joka helpottaa projektin etenemistä. Kaikki tiedostot tulee jakaa työryhmien kesken.
16. Yhteydenpito loppukäyttäjän yhteyshenkilöihin ja hankittava puuttuvat laitekantatiedot.
17. Aikataulun luominen laitekannan auditoinnille ja suorita visuaaliset tarkastukset laitteiden kunnosta.
18. Päivitettävä laitekantatiedot järjestelmään.
19. Kirjata aikaisemmat keskustelut loppukäyttäjän tuotanto-, luotettavuus-, kunnossapito- sekä turvallisuusorganisaatioiden kanssa. Loppukäyttäjän strategian ja tarpeet tuntemalla voidaan luoda pohja yhteistyölle.

20. Yhteistyötoiminta muiden Neleksen osastojen kanssa ja hankia tietoa onnistumisista muiden seisakkien osalta.

5.2.3 Käytännöt suunnittelussa

Huoltoseisakin käytännön asioiden käsittelyä varten tulisi aikatauluttaa kokouksia loppukäyttäjän kanssa. Loppukäyttäjän organisaatiosta tulisi löytää avainhenkilöt eri osastoilta tapaamisia varten. Loppukäyttäjän lisäksi sisäisessä organisaatiossa tulisi löytää keskusteluyhteys muihin osastoihin kuten suorituskyvyn ratkaisujen, tuotehallinnan, prosessiosaamisen, varaosien ja suunnitteluosastojen kanssa. Tapaamisia tulisi olla viikoittain ja niiden etenemistä tulisi seurata huoltoseisakin aikataulun puitteissa. (Anderson, 2020)

Pienempien venttiilien kohdalla tulisi suorittaa arviointia kustannuksista huollon ja korvaamisen välillä. Huoltotöiden tarkentuessa tulisi muodostaa lista huoltoseisakin kokonaisuuden osalta varaosista, korvautumisista, resursseista, työkaluista, osaamisesta sekä tarvittavista toiminnoista. Ennen tarjouksien tekemistä tulisi selvittää tarkat toimitusajat, jotta tuotteet ovat toimitettavissa aikataulun puitteissa. (Anderson, 2020)

5.2.4 Käytännöt tarjousvaiheessa

Huoltoseisakissa tarvittavat varaosat tulisi olla vähintään kaksi viikkoa ennen seisakin alkua huoltokeskuksessa. Tämän toteutumiseksi huoltotarjouksia tekevän osaston tulisi olla tarjousvaiheen aikana vuorovaikutuksessa loppukäyttäjän seisakkisuunnittelijoihin sekä ostajiin, jotta tarkka laajuus seisakista on nähtävissä mahdollisimman aikaisin. Kun huollettavien tuotteiden lista on tiedossa, tarjoukset tulisi luoda mahdollisimman pian, jotta sisäiset apupyynnöt varaosien saatavuuden tai muiden epäselvyyksien osalta saadaan ajoissa tehdyksi. (Anderson, 2020)

Puuttuvat piirustukset, varaosaluettelot, yksityiskohdat sekä ohjeet tulisi etsiä, jotta varaosien tukiryhmä pystyy aloittamaan työnsä hyvissä ajoin. Tarvittavien osastojen esimiehiä

tulisi tiedottaa lähestyvistä huoltoseisakista hyvissä ajoin, jotta he voivat osalta varautua ja priorisoida työtä. Puuttuvien varaosien, hintatietojen sekä toimitusaikojen osalta tulisi konsultoida varaosien tukiryhmää. Tuotteiden osalta, jotka ovat elinkaartiltaan vanhentuneita tulisi yhteydessä tuotetukeen tai suunnitteluosastoon, joka pystyy selvittämään parhaan tarjolla olevan korvaavan ratkaisun. (Anderson, 2020)

Erityispiirteiden osalta tulisi varmistua, että koeistus-, puhdistus- ja operointivaatimukset on otettu huomioon huoltotarjouksissa. Loppuasiakkaiden kanssa tehtyihin sopimuksiin tulisi tutustua huolella ja ole tarvittaessa yhteydessä sopimus ja lakitekniiseen osastoon. Sharepoint tulisi päivittää töiden etenemisen mukaisesti ja jakaa tarvittavat dokumentit sisäisesti. (Anderson, 2020)

5.2.5 Tilauksen käsittely, valmistuksen sekä toimituksen käytännöt

Paikallinen myyntikonttori sekä tuotetehtaan tulisi käsitellä tilaukset välittömästi. Tehtaan tulisi ratkaista ensi tilassa ongelmat, jotka vaikeuttavat tuotetoimituksia. Tehtaan tulisi suunnitella huolellisesti resurssit, materiaalit sekä kaluston käyttö. (Anderson, 2020)

Valmistavan osaston tulisi jatkuvasti seurata tuotteiden valmistuksen etenemistä ja etsiä ratkaisut, mikäli ongelmia ilmenee. Jos ongelmat aiheuttavat viivästyksiä tulisi niistä olla yhteydessä välittömästi myynti- ja huolto-osastoon. Viivästymisten kohdalla asioista tulisi tiedottaa myös loppuasiakasta, joka tekee päätöksen lykkäyksestä tai peruutuksesta. Vahvistukset toimituksista tulisi tehdä seisakkiorganisaatiolle hyvissä ajoin. (Anderson, 2020)

5.2.6 Käytännöt huoltokeskuksissa

Huoltokeskuksen varautuessa seisakkiin tulisi huomioida ainakin seuraavat asiat, (Anderson, 2020)

1. Muodostettava yhteenveto sovituista huoltokeskuksessa ja loppukäyttäjän tiloissa tehtävistä huoltotöistä. Tähän tulisi olla kirjattuna myös erityisvaatimukset, huomioitavat yksityiskohdat sekä päivittää listaa aina huoltoseisakin aikataulun lähestyessä.
2. Tehtävä arvio tarvittavasta kalustosta sekä työkaluista. Erityisesti on huomioitava venttiilien purkamiseen ja toisaalta tiivisteiden lukintaan tarvittavat erikoistyökalut. Laitteiden koestukseen tarvittava kalusto tulisi myös arvioida, kuten tarvittavat koeponnistuslaipat ja koeponnistuslaitteisto kaasulla tehtäviin koeistuksiin.
3. Määriteltävä huoltoseisakin yhteyshenkilöt loppukäyttäjän sekä huoltokeskuksen henkilöstöstä.
4. Suunniteltava resurssien käyttö, työkalut, logistiikka sekä työluvit huoltokeskuksessa tehtäville töille.
5. Huomioitava tarvikkeiden riittävyys myös aliurakoitsijoille kuten maalaus-, hiekkapuhallus-, pesu- sekä instrumentointitarvikkeet. Erityshuomiota tarvitsevat myös suojaimet ja turvallisen työskentelyyn tarvittavat varusteet.
6. Etsittävä sopivat huoltotyöntekijät tarpeen mukaisesti.
7. Etsittävä sopivat aliurakoitsijat tarpeen mukaisesti.
8. Suunniteltava töiden jaksotus niin, että työkuorma jakautuisi optimaalisesti koko seisakin ajan.
9. Huoltoseisakin koordinaattorin tulisi järjestää aikatauluun joustovaraa, sillä huoltoseisakin aikataulu muuttuu usein kesken seisakin.
10. Suunniteltava resurssien käyttö, työkalut, logistiikka sekä työluvit loppukäyttäjän tiloissa tehtävälle työlle.
11. Käytävä loppukäyttäjän kanssa lävitse pelisäännöt kuten, mitä töitä voidaan seisakin aikana suorittaa sekä kuinka poikkeamatilanteissa toimitaan (Mikäli esimerkiksi varaosia tarvitaan suunniteltua enemmän).

12. Arvioitava mahdolliset pullonkaulat (esimerkiksi tuotteiden vastaanotossa).
13. Pidettävä tasaisin väliajoin huoltoseisakin suunnittelupalavereja henkilöstön kanssa, jotta kaikki osallistujat pysyvät mukana projektin etenemisestä.
14. Tehtävä valmistelut etukäteen ServiceMaxiin kuten avaamalla huoltotyöt ja luonnostelemalla huoltoraporttien laajuus.
15. Aikataulutettava koulutukset ulkopuoliselle henkilöstölle laitteista sekä työturvallisuudesta.
16. Etsittävä tarvittavat asennus-, käyttö- sekä huolto-ohjeet aliurakoitsijoille.
17. Toisen sopimusasiakkaan pyytäessä avustusta lyhyellä varoitusaajalla, yritettävä ratkaista ongelma ulkopuolisen työvoiman avulla. Kompromissin tekeminen huoltoseisakin onnistumisen kustannuksella ei ole mahdollista.
18. Otettava vastaan ja käy lävitse saapuvat varaosat, kirjaa puutteet sekä merkitse saapuneet varaosat laitepaikkatunnuksella.
19. Koordinoitava viime hetken valmistelut ja ole tarvittaessa yhteydessä varaosien tukiryhmään.
20. Ilmoitettava valmiudesta loppukäyttäjän seisakkiorganisaatiolle.
21. Täydennettävä Sharepoint tiedostojen ja etenemisen mukaisesti.

5.2.7 Projektin päätöksen käytännöt

Jokainen huoltoraportti tulisi käsitellä ja tarkastaa ennen loppukäyttäjälle lähetystä. ServiceMaxiin tulisi kirjata huomiot tulevaisuuden kunnossapitotarpeista. Lopuksi huolletusta laitekannasta olisi hyväksi laatia yhteenveto, josta olisi helposti saatavissa kokonaiskäsitys kuntoisuudesta. Laitekantatiedot tulisi käydä uudelleen lävitse ja tarvittaessa oikaista väärät tiedot. Huoltoraportit olisi syytä lähettää muutaman viikon sisällä seisakin päättymisestä. (Anderson, 2020)

Huoltoseisakin päätöspalaveri tulisi pitää 1–2 kuukautta huoltoseisakin päättymisessä loppukäyttäjän kanssa. Huoltoseisakin aikana olisi hyvä kerätä ongelmakohtia sekä tehdä arviointia huoltokeskuksen suorituskyvystä. Huoltoseisakin lopuksi olisi syytä pitää sisäisen seisakkiorganisaation kanssa purkutilaisuus, jossa käsitellään onnistumiset, kehitettävät asiat

sekä työturvallisuusnäkökohdat seisakin osalta. Tarvittaessa olisi hyväksi tehdä jälkiauditointi loppuasiakkaan kanssa, ja käsitellä huollettujen laitteiden toiminta.

Huoltoseisakin jälkeen tulisi raporttien lisäksi tulisi pitää kirjaa lähetetyistä laskuista. Mikäli toimitettujen tuotteiden osalta ilmenee ongelmia, reklamaatiot tulisi käsitellä tuotehallintaosasto kanssa. Vuotuinen asiakastytyväisyyskyselyn palaute tulisi käsitellä ja huomioida mahdolliset puutteet. Puutteiden osalta tulisi lähteä kehittämään huoltoseisakkitoimintaa jatkoa ajattelen. (Anderson, 2020)

5.3 Kyselytutkimus

Neleksen Rauman ja Kemin huoltokeskusten päälliköille toteutettiin kyselytutkimus, kuinka huoltoseisakkeja toteutetaan ja minkälainen prosessi huoltoseisakki on näissä huoltokeskuksissa. Huoltoseisakkien käytännöt vaihtelivat suuresti eri huoltokeskuksissa. Keskeisinä huomioina havaittiin, että huoltoseisakkien seuranta toteutettiin muualla myös Excel-pohjaisten listojen avulla, sillä ServiceMaxia ei ole otettu käyttöön toistaiseksi muualla kuin Lappeenrannassa. Paperisten listan hyötyinä nähtiin nopeasti käsillä olevan tiedon selvittäminen ja seuranta, mutta toisaalta muutokset aiheuttavat haasteen päivittämisen kanssa. Huolto- ja myyntiorganisaation osallistuminen huoltoseisakin toteutukseen vaihteli myös kovasti. Käytännössä Kemissä myynti ei osallistu huoltoseisakin käsittelyyn kuin vain huoltoseisakissa asennettavien projektitoimitusten osalta. Rauman huoltokeskuksessa myynti tekee tarjoukset vakioina pysyvien laitteiden ennakkohuolloista. Huoltokeskuksessa toimiva päällikkö vastaa näissä huoltoseisakeissa kokonaiskuvasta ja vaiheiden etenemisestä.

Jokseenkin yhteneväinen käytäntö huomattiin olevan auditoinnissa, joka toteutetaan seisakkiin valmistautumisessa. Kemissä suoritetaan kartoituskierron asiakkaan laitoksella, kun seisakin alustava laajuus on selvillä. Tällöin on mahdollista käydä keskustelua myös loppukäyttäjän lisätarpeista, mikäli uusia huoltokohteita on ilmennyt. Vastaavasti Raumalla on käytössä asiakastehdaskohtainen vastuuasentaja tai insinööri, joka tekee työtä asiakkaan kanssa laitekannan oikeellisuuden ylläpitämiseksi. Auditoinnin nähtiin olevan yksi

merkittävimmistä työvaiheista seisakkiin valmistautumisessa, jotta perustavalaatuisilta ongelmilta vältyttäisiin.

Huoltoseisakkien toteutuksen pääpaino on ennakkohuolloissa, jotka tarjotaan ja suoritetaan ennen varsinaista huoltoseisakia. Ennakkohuoltona pyritään huoltamaan loppukäyttäjän varalaitte ennen varsinaista huoltoseisakia. Näin vältytään sudenkuopilta, joita kiire ja piilevät viat aiheuttavat. Asiakkaan kanssa pyritään pääsemään seisakin laajuudesta viimeistään 6–4 kk ennen varsinaista tapahtumaa, jolloin tilauksien tulisi olla kirjattuna tilauskantaa. Huoltotarpeita esiintyy myös tämän ajan jälkeen, mutta tällöin toimitusajat aiheuttavat usein haasteita toimituksen onnistumiseksi.

Kommunikointi asiakkaiden kanssa toteutetaan asiakaskohtaisesti. Osan asiakkaiden kanssa järjestetään systemaattisesti palavereja huoltokeskuksen palvelutoimintaan liittyen, jolloin on mahdollista keskustella myös tulevista huoltoseisakeista. Sähköpostikeskusteltu sekä puhelut ovat myös paljon käytetty kommunikointitapa. Huoltoseisakin töistä sopiminen pyritään tekemään kirjallisesti, jotta myöhemmässä vaiheessa toteutusta ei päädytä ongelmatilanteeseen. Suuremmin asiakkaan kanssa ei käydä palautekeskusteluja huoltoseisakin onnistumisesta.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Huoltoseisakkien merkitys on jatkuvasti kasvanut kohdeyrityksen liiketoiminnassa ja yritys tarjoaa laitetoimitusten lisäksi myös huolto- ja diagnostiikkapalveluja. Huoltoseisakit tarjoavat mahdollisuuden tiivistää yhteistyötä tarjoamalla loppukäyttäjille parasta mahdollista asiantuntemusta tuotteista. Huoltoseisakit tarjoavat myös uudenlaisia liiketoimintamahdollisuuksia, pelkkien varaosien ja laitteiden toimitusten lisäksi.

6.1 Avaintekijät huoltoseisakkiprosessissa

Selvitystyön perusteella huoltoseisakkiin valmistautuminen tulisi aloittaa hyvissä ajoin ennen varsinaista tapahtumaa ja parhaimmassa tapauksessa juuri edellisen seisakin päättymisen jälkeen. Paperi- ja selluloosateollisuuden tuotantolaitosten huoltoseisakkien sykli on usein puolitoista vuotta, joten seisakkiin valmistautuminen olisi syytä aloittaa viimeistään 12 kk ennen tapahtumaa. Tällä hetkellä loppukäyttäjän kanssa yhteinen seisakkisuunnittelu aloitetaan liian myöhään tai vasta kun loppukäyttäjän avainhenkilöstö on yhteydessä myyntiin tai huoltoon.

Ennen varsinaista suunnittelutyötä tulisi järjestää aloituspalaveri, jossa käsitellään tulevan seisakin laajuutta sekä yksityiskohtia. Samassa yhteydessä tulisi käsitellä edellisessä seisakissa mahdollisesti tekemättä jääneet työt ja tarjota apua laitediagnostiikan analysoimisessa. Alusta alkaen yhteistyön loppukäyttäjien avainhenkilöiden kanssa tulisi olla nykyistä tiiviimpää. Aikaisempien huoltotöiden raporttien huoltosuositukset antavat myös lisätietoa mahdollisista huoltoon tarvitsevista kohteista. Mikäli kunnossapidon osalta on tuotannon aikana jäänyt huoltotehtäviä tekemättä, voidaan niiden siirtämistä huoltoseisakkiin suunnitella yhdessä yhteyshenkilöiden kanssa. Seisakkisuunnittelun tulisi koostua myös useasta seurantalaverista, joissa päivitetään tietoja tapahtuman lähestyessä. Kunnossapidon tekemättömille töille tulisi muodostaa keräyslista, josta toteutumattomat työt olisivat helposti löydettävissä. Tämän avulla huoltoseisakin laatua voidaan parantaa entisestään ja pystytään tarjoamaan kattavampaa palvelua loppukäyttäjille.

Huoltoseisakin suunnittelun pohjana on luotettavat lähtötiedot, joten tarvittavilta osin olisi syytä suorittaa määräajoin auditointeja laitoksilla, jotta laitekantatiedot pysyvät ajantasaisina. Tuotantolaitosten auditoinnit voivat tarjota myös uusia liiketoimintamahdollisuuksia kunnossapitoon liittyen. Loppukäyttäjille voitaisiin huoltoseisakkien yhteydessä tarjota apua myös projektien haasteiden selvittämiseksi, sillä usein kehitysprojekteja saatetaan toteuttaa huoltoseisakkien kanssa samanaikaisesti. Paikallisella myyntiosastolla on merkittävä rooli huoltoseisakin suunnittelussa ja koko projektin onnistumisessa.

Kun huoltoseisakin laajuus on selvillä, voidaan huoltoseisakin suunnittelu aloittaa. Huoltoseisakin suunnittelu on syytä aloittaa huoltoseisakin ohjausryhmän muodostuksella. Suunnittelupalaverissa tulisi nimetä huoltoseisakin pääkoordinaattori sekä ryhmän jäsenet. Seisakkiorganisaation jäsenten vastuut ja tehtävät tulisi määrittellä selkeästi, jotta välttyään epäselvyyksiltä. Suunnittelupalaverissa tulisi käydä lävitse huoltoseisakin tavoitteet, alustava aikataulu sekä laajuus. Keskeistä on myös dokumentoida alusta alkaen huoltoseisakin kannalta kaikki olennainen tieto, jotta se on vapaasti suunnittelijoiden käytettävissä.

Huoltoseisakin töiden suunnittelu on aloitettava töiden validoinnilla. Validoinnissa pyritään suodatamaan tehtävälista, jotta vain välttämättömät työt tehdään huoltoseisakin aikana. Neleksen myynti- ja huolto-osastojen tulisi toimia enemmän loppukäyttäjän apuna validointiprosessissa. Validointi aloitetaan kriittisimpien laitteiden määrittelyllä ja huoltoseisakin aikataulun muodostuminen näiden laitteiden perusteella. Huollettavien laitteiden varaosien toimitusajat tulee selvittää ja järjestää tarvittavat tiedot kuten piirustukset, huolto-ohjeet sekä varautumiset ennen tarjousvaihetta. Toimitusaikojen varmistumiseksi on kehitettävä järjestelmä, sillä epätietoisuus aiheuttaa mittavia ongelmia myynnille sekä koko toimitusketjulle. Mikäli laitteiden varaosien saatavuus ei ole mahdollista aikataulun puitteissa tulisi miettiä vaihtoehtoisia tapoja ongelman ratkaisemiseksi. Tähän voidaan joissain puitteissa saada apua huoltokeskuksista, mutta suunnittelussa on syytä huomioida resurssien riittävyys.

Seisakin työsuunnittelijan tulisi vertailla laitehuoltojen kustannustehokkuutta, sillä varsinkin pienempien laitteiden kohdalla huollot eivät välttämättä ole kustannustehokasta. Ennakkosuunnittelulla voidaan vähentää varsinaisen huoltoseisakin työkuormaa ja väljentää

aikataulua. Huoltotöiden sekä aikataulun perusteella tehtävät voidaan jakaa eri kategorioihin (päätyöt, vähäiset työt, massatyöt). Näin huoltotyöt jäsentyvät kokonaisuuksiksi, joiden etenemistä on helpompi seurata. Päätöiden osalta on syytä tehdä tarkempi työsuunnitelma, jossa otetaan huomioon erityisvarautumiset, turvallinen työskentely sekä arvioidaan mahdolliset riskit. Huoltoseisakin suunnitteluvaiheeseen olisi syytä sitouttaa myös toimintaa tukevat osastot kuten valmistus sekä tuotetuki. Yhteistyön avulla saadaan ajantasaisimmat sekä luotettavimmat tiedot suunnittelun tueksi ja tarjotaan paras mahdollinen palvelukokonaisuus loppukäyttäjälle.

Huoltotyöt on mahdollista resursoida, kun alustava suunnitelma on valmis. Resurssien suunnittelussa on tärkeää saada kokemusperäistä tietoa osaamisen tai historiatietojen avulla. Kustannusten arviointia varten on muodostettava arvio työtunneista ja kuinka paljon työvoimaa on hankittava ulkopuolisena työvoimana. Ulkoisen työvoiman hankintaa tulisi pystyä kehittämään, jotta henkilöstön riittävyys voidaan taata tulevaisuuden seisakeissa. Nykyisin käytössä olevien urakoitsijoiden määrä on hyvin rajallinen ja henkilöstön riittävyys karsii seisakkien laajuutta.

Nykyinen huoltotöiden suunnittelun rakenne koetaan työlääksi. Huoltoon tarvittavat varaosat on nykyisin kategorioitu 1–3 tasoihin, joissa varaosat kattavat sulkuelimen tai tiivistys-elementtien vaihdon. Huolto-ohjeet eivät määrittele huollon tarvetta yksityiskohtaisesti vaan huollon tarpeellisuus perustellaan aikaisemman kokemuksen avulla. Huoltojen suunnitteluun käytettävien huolto-ohjeissa listatut varaosat saattavat vanhimpien venttiileiden kohdalla olla virheellisiä. Varaosat saattavat olla korvautuneet toisella nimikkeellä tai pahimmassa tapauksessa niiden valmistuksesta on luovuttu. Suunnitteluun käytettävien tietojen ajantasaisuutta tulisi parantaa ja tuotannosta poistettujen tuotteiden korvaamiselle tulisi muodostaa käytännöt. Tuotetukea tulisi myös nykyistä aktiivisemmin hyödyntää apuna vanhimpien tuotteiden tarjousmenettelyissä. Tarjottavien tilausten toimitusaikojen eteneminen tulisi olla paremmin seurattavissa, jotta loppuasiakkaan kanssa voidaan kommunikoida paremmin. Mahdollisista viivästyksistä tulisi siirtyä tieto koko organisaatioketjun lävitse, jotta loppuasiakasta voidaan tiedotta mahdollisimman nopeasti.

Huoltoihin liittyvien varaosien tulisi olla huoltokeskuksessa vähintään kaksi viikkoa ennen tapahtumaa. Varaosat on käytävä huolella lävitse niiden saapuessa huoltoon sekä järjestettävä laitepaikkakohtaisesti varastoon, jotta huoltoseisakin aikana näitä ei tarvitse etsiä. Seisakissa huollettavien laitteiden mukaan tulisi olla kartoitettu tarvittavat erikoistyökalut kuten tiivisteiden irrotukseen ja lukitukseen tarvittavat työkalut. Venttiileiden koestukseen tarvittavat työkalut ja käytännöt on järjestettävä etukäteen ennen huoltojen aloittamista. Ulkopuolinen työvoima tulee hyvissä ajoin perehdyttää työpisteeseen ja työkaluihin, jotta työskentely voidaan aloittaa turvallisesti ja varmasti.

Huoltoseisakin toimintaa tulisi enemmän arvioida mahdollisten riskien näkökulmasta. Etukäteen tulisi olla mietittynä vaihtoehtoiset toimintatavat tilanteissa, joissa asennettava varaosa tai tarvittava työkalu rikkoutuu. Erityistä varautumista tarvitaan, jos joudutaan toimimaan vaarallisten ja haitallisten väliaineiden kanssa. Vaadittaviin turvavälineeseen ja käyttöturvätiedotteisiin on syytä perehtyä hyvissä ajoin, ja ohjeistaa työntekijät etukäteen. Käyttöturvätiedotteet ja ohjeet tulee olla helposti otettavissa käyttöön myös huoltoseisakin aikana.

Ennen seisakin toteutusta asiakkaan kanssa tulisi käydä yksityiskohtaisesti seisakin kulku ja toimintatavat, jotta kaikki osapuolet ovat yksityiskohdista samaa mieltä. Yhteiset pelisäännöt on syytä tarkentaa, jotta vältetään epäselvyyksiltä laskutuksessa ja raportoinnissa. Loppukäyttäjän yhteyshenkilöiden kanssa tulee etukäteen selvittää, millaisia töitä huoltokeskuksessa voidaan tehdä sekä kuinka on syytä toimia, jos huollot paisuvat ennakoituja suuremmiksi. Tätä riskiä voidaan vähentää myös huolellisella valmistautumisella sekä audittoimalla huollettavat laitteet etukäteen asiantuntevan teknikon toimesta. Neuvotteluissa on syytä myös selvittää seisakin aikataulun muutosten vaikutusta huoltojen aikatauluihin.

Jokainen huollossa käynyt venttiili tulee tarkastaa lopuksi, jotta kaikki tarvittavat tiedot ovat syötettynä ServiceMaxiin. Tämä helpottaa raportointivaihetta, jotta puuttuvat tiedot saadaan kiinni, ennen tuotteiden lähetetystä asiakkaille. Venttiilituotteet voitaisiin loppukäyttäjän kanssa yhteistyössä koekäyttää myös tehtaalla. Näin välttyttäisiin asennuksessa syntyviltä ongelmilta ja voitaisiin tarjota tukea tuotteiden asennukseen sekä viritukseen.

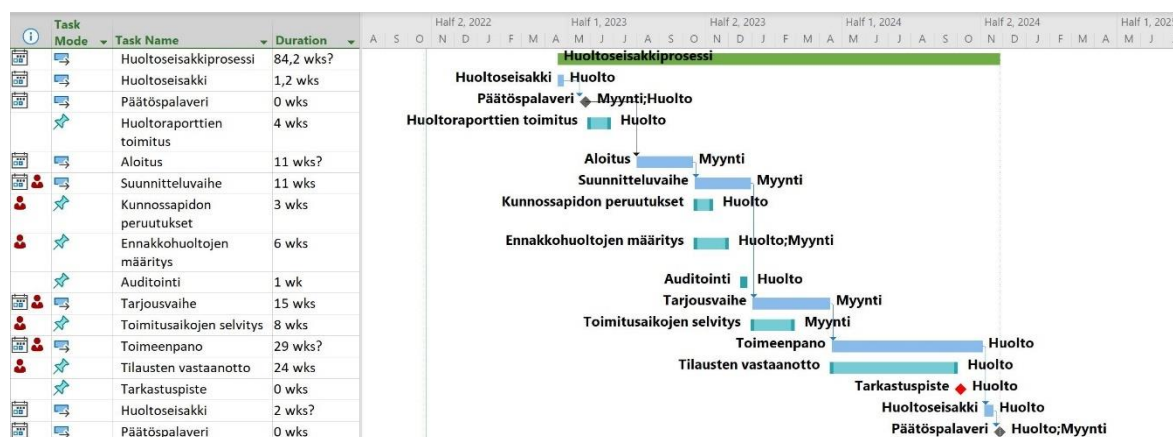
Huoltoseisakin päätökseen liittyvät tehtävät tulisi aloittaa heti seisakin päätyttyä, ja päätöspalaverin ajankohta tulisi olla korkeintaan muutaman viikon päässä seisakin lopetuksesta. Huoltoseisakin aikana olisi hyväksi kerätä tietoa ongelmakohdista ja pullonkauloista, jotta näitä voitaisiin käydä lävitse päätöspalaverissa. Loppukäyttäjän kanssa tulisi purkaa seisakin onnistumiset sekä kehityskohteet. Päätöspalaverien pitäminen olisi suositeltavaa, jotta seisakkitoimintaa voidaan tarkastella jatkuvan parantamisen näkökulmasta. Huoltoseisakin aikana huollettujen venttiilien raportoinnista tulisi sopia loppukäyttäjien yhteyshenkilöiden kanssa. Raportit olisi hyvä toimittaa viimeistään muutaman kuukauden kuluessa, jotta kaikki olennaiset asiat saadaan kirjattua. Seuraavan seisakin suunnittelusta olisi syytä aloittaa hyvissä ajoin, aiemman seisakin pohjalta.

6.2 Päätelmät

Aikaisemmin huoltokeskuksessa luotiin Excel-pohjainen listaus huoltoseisakin töistä. Tämä menetelmä oli kuitenkin työläs, koska Excel ja Salesforce eivät ainakaan toistaiseksi kommunikoi keskenään, joten kaikki tiedonkeruu tapahtui aikaisemmin käsin tehtynä. Huoltoseisakin hallitsemista varten Salesforceen luotiin raporttipohja, jonne on mahdollista lisätä huoltoseisakin töitä. Raporttipohja kerää ServiceMaxiin avatuille huoltotöille kirjatut tiedot, jotka auttavat kokonaistilanteen hahmottamista seisakin etenemisen kannalta. Keskeisimpinä tietoina raporttipohjaan lisättiin väliainetiedot, tilauksen numerotiedot sekä huollettavien laitteiden yksityiskohtaiset tiedot. Nämä tiedot olivat tyypillisesti aikaisempien Excel-listojen sisältöä ja helpottavat seisakkiin valmistautumisen suunnittelua, kun huollettavien laitteiden kokonaisuus on nähtävillä yhdellä sivulla. Uusi raporttipohja tarjoaa myös entistä paremman mahdollisuuden seisakkitöiden tarkempaan hallintaan, koska raportille päivittyvät tiedot töiden tilasta, varaosien saatavuudesta sekä muistiinpanot erikoistyökalujen tarpeesta. Huoltoseisakin päätösvaiheen yhteenvetoa on pyritty helpottamaan tilaustietojen, lähetyssajankohdan sekä töille merkittyjen työtuntien keräämisellä. Raporttipohja on mahdollista muokata erilaisia tarpeita vastaavaksi ja sen jatkokehittäminen on mahdollista. Liitteessä III on esitetty diplomityön aikana luotu huoltoseisakit -raporttipohja. Raporttipohjan myötä huoltoseisakkien dokumentaatio on myös pysyvämmässä muodossa, jotta tietoja voidaan

peilata tulevien seisakkien laajuuden määrittämiseen. Sähköisen laitekannan avulla tiedot säilyvät ja ovat käytettävissä koska tahansa.

Huoltoseisakin systemaattisella suunnittelulla voidaan saavuttaa paremmin hallittavissa oleva kokonaisuus. Tällöin myös tehtävien jäsentyminen projektin eri vaiheisiin auttaa parantamaan näkemystä siitä, kuinka pitkällä ja missä vaiheessa huoltoseisakkiprosessi etenee. Huoltoseisakkiprosessin rakenne on käyttökelpoinen myös muita vastaavia palveluja tarjoavien laitetoimittajien käytössä. Huoltoseisakkirakenne ei sisällä mitään venttiilihuollon luonteeseen erityistä vaihetta, vaan rakenne on yleisluontoinen huoltotoimintaa ajatellen. Kuvassa 21 on esitetty hahmotelma huoltoseisakkiprosessista.



Kuva 21. Hahmotelma huoltoseisakin aikataulusta ja rakenteesta

7 YHTEENVETO

Nykyaikaiset prosessiteollisuuden laitteet sisältävät pitkälle kehittyntä teknologiaa, ja monet tuotantolaitokset toimivat jatkuvatoimisesti. Jatkuvatoimisessa prosessissa laitteiden kuluminen on ilmeistä, joten hallitut tuotannon pysäytykset laitteiden huoltamiseksi ovat ehdottoman tärkeitä. Huoltoseisakissa suuri määrä laitteita pyritään kunnostamaan, jotta tuotantolaitoksen tehokkuus ja luotettavuus pysyy hyvällä tasolla. Huoltoseisakin aikana on tarkoitus huoltaa laitteita, joiden huolto ei muussa ajankohdassa ole mahdollista. Prosessiventtiilit ovat keskeisessä osassa virtausohjauksen myötä prosessiteollisuuden tuotantolaitosta.

Huoltoseisakkiprosessin läpivienti on moniosainen projekti, joka koostuu viidestä päävaiheesta aloitus-, suunnittelu-, toimeenpano-, hallinnointi- sekä päätösvaiheesta. Huoltoseisakin jokainen vaihe muodostaa pohjan seuraavalle vaiheelle, jotta lopputuloksena rakentuu selkeä kuva seisakin kokonaisuudesta. Onnistunut lopputulos perustuu riittävälle varautumiselle sekä huolelliselle suunnittelutyölle.

Tutkimustyössä käsitellään Neleksen Lappeenrannan venttiilihuollon seisakkiprosessin kehittämistä. Huoltoseisakkiprosessin rakenteen muodostaminen ja tämänhetkisten toimintamallien kehittäminen ovat tärkeimmät työstä saatavat kokonaisuudet. Tutkimustyössä peilattiin kirjallisuuden huoltoseisakkiprosessin työvaiheiden toteutumista käytössä olevissa toimintamalleissa sekä kokemusperäisissä tiedoissa. Käytetty sisäinen aineisto on kansainvälisen projektinmyynnin tutkimustyön lopputulosta.

Diplomityön lopputuloksena tunnistettiin keskeisimpinä kehityskohteina huoltoseisakkiprosessin aloittamisessa muodostuvat haasteet, tekniset ongelmat, ennakoitavat asiat sekä koulutus. Huoltoseisakin suunnittelun aloituksen viivästyminen aiheuttaa merkittäviä puutteita ja ongelmia projektin myöhemmissä vaiheissa. Huoltoseisakkiprosessin kannalta oikea ajoitus ja riittävä ennakointi ovat kriittisiä tekijöitä, jotta lopputulos on halutunlainen. Tekniset ongelmat aiheuttivat joissain työvaiheissa haasteita, jotka olisivat kuitenkin korjattavissa työprosesseja jalostamalla. Osana teknisiä ongelmia on myös eri osastojen tehokkaampi yhteensovittaminen, koska huoltoseisakin lopputulos on olennaisesti riippuvainen osallistuvien

osastojen yhteistyöstä. Työssä käsitellään useita huoltoseisakissa ennakoitavia asioita, jotka tulisi ottaa huomioon etukäteen suunnittelussa. Keskeistä olisi kuitenkin ylläpitää keskustelua loppukäyttäjän ja palveluntarjoajan välillä, jotta piileviltä ongelmilta vältyttäisiin. Henkilöstön ja urakoitsijoiden koulutuksen parantaminen on myös suositeltava, sillä näin voidaan ohjata paremmin resursseja tarvittuihin toimintoihin. Koulutusta kehittämällä saataisiin etua koko huoltopalvelun tehostumisen myötä.

Tulevaisuudessa toteutettavat tutkimuksen voivat keskittyä näiden teemojen ympärille. Kuinka olisi parasta kehittää aloitusvaihetta, jotta se ei aiheuttaisi haasteita tulevissa vaiheissa? Kuinka tekniset haasteet ja osastojen yhteensovittaminen olisi parasta toteuttaa? Millä tavoin voidaan avata loppukäyttäjän kanssa seisakkiprojekti ja kuinka sovitaan yhteisistä pelisäännöistä? Kuinka voidaan kehittää työntekijöiden osaamista halutulle tasolle?

Työssä ei oteta yksityiskohtaisesti kantaa turvallisuuteen, kustannusten arviointiin tai yksittäisiin huoltotöihin, vaan tarkoituksena on tuottaa kokonaisuutta kuvaava toimintamalli. Työssä käsiteltävä huoltoseisakkiprosessi on suunniteltu ensisijaisesti Lappeenrannan huoltokeskuksen tarpeisiin ja tarkoitettu huoltoseisakkisuunnittelua tekevien tueksi.

LÄHTEET

Al-Turki Umar, Duffuaa Salih, M. Bendaya, 2017, Trends in turnaround maintenance planning: literature review, Dhahran, Saudi Arabia, Emerald publishing Limited, Vol. 25 No. 2, pp. 253–271

Cavaliere S. Garetti M. Macchi M. Pinto R. 2008, A Decision-making framework for managing maintenance spare parts. Taylor & Francis Group, *Production Planning & Control* Vol.19. 379-396. ISSN: 1366-5871

Crabtree Michael, 2018, The Concise valve handbook. Volume 1: Sizing and Construction, New York: Momentum Press, LLC, ISBN: 1-947083-67-8

David Anderson, 2020, Shutdown end-to-end project management model, Sisäinen koulutusmateriaali. VSE102

Kaikko Juha, 2019, BH50A1300, Maintenance Management, Lappeenranta University of Technology

Kirmanen Jari et al. 2011, Flow Control Manual, 6th Edition, Vantaa, Metso Automation Inc. ISBN: 952-9773-12-9

Koskinen Jouko, 2003, Neles – Nelimarkan oivalluksista maailmanmaineeseen, Metso Automation Oy, Jyväskylä, Gummerus kirjapaino Oy, ISBN: 951–20–6540–1

Lenahan Tom, 2006, Turnaround, Shutdown and Outage Management – Effective Planning and Step-by-Step Execution of Planned Maintenance Operations, Elsevier, ISBN: 978-0-7506-6787-6

Levitt Joel, 2004, Managing Maintenance Shutdowns and Outages, Industrial Press, ISBN: 978-0-8311-3173-9

Manzini Riccardo, Regattieri Aalberto, Pham Hoang, Ferrari Emilio, 2010, Maintenance for Industrial Systems, Springer-Verlag London Limited. ISBN: 978-1-84882-574-1

Mohammed Ben-Daya, Salih O. Duffuaa, Abdul Raouf, Jezdimir Knezevic, Daoud Ait-Kadi, 2009, Handbook of Maintenance Management and Engineering, Springer Dordrecht Heidelberg London New York, ISBN: 978-1-84882-471-3

Neles, 2020a, Vuosikertomus, [verkkoaineisto]. [viitattu 2021-05-07]. Saatavissa: <https://www.neles.com/siteassets/documents/2020/annual-report/neles-vuosikertomus-2020.pdf>

Neles, 2020b, Ball valve, MBV Series M1, M2; Installation, Maintenance and Operating Instructions, [verkkoaineisto]. [viitattu 2021-11-20]. Saatavissa: <https://valveproducts.neles.com/documents/neles/IMOs/en/1M70en.pdf>

Neles, 2020c, Top-Guided globe valve Series GU, Installation, Maintenance and Operating Instructions, [verkkoaineisto]. [viitattu 2021-11-20]. Saatavissa: <https://valveproducts.neles.com/documents/neles/IMOs/en/4GV71en.pdf>

Neles, 2021a, Finetrol™ Epäkeskeinen kiertoistukkaventtiili, Asennus-, Huolto- ja Käyttöohjeet, [verkkoaineisto]. [viitattu 2021-11-20]. Saatavissa: <https://valveproducts.neles.com/documents/neles/IMOs/fi/5FT70fi.pdf>

Neles, 2021b, Neldisc™ Metallitiivisteinen kolmoisepäkeskeinen läppäventtiili Sarjat LW, LG, Asennus-, Huolto- ja Käyttöohjeet, [verkkoaineisto]. [viitattu 2021-11-20]. Saatavissa: <https://valveproducts.neles.com/documents/neles/IMOs/fi/2LW70fi.pdf>

Sahoo Trinath, 2014, Process Plants – Shutdown and Turnaround Management, Taylor & Francis Group; LLC, ISBN: 978-1-4665-1734-9

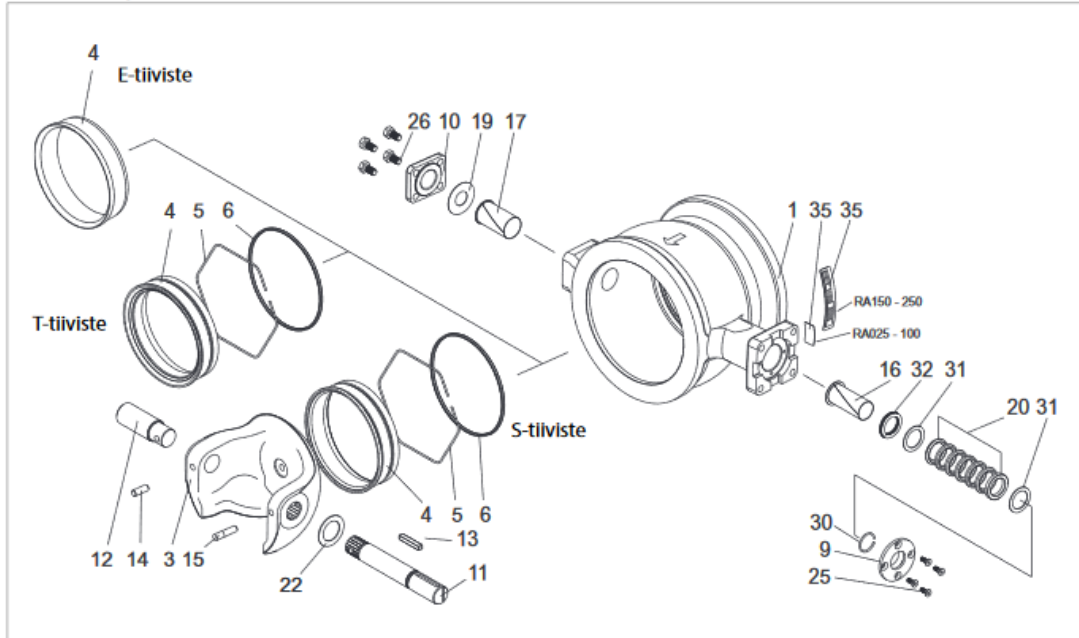
Salesforce, 2021, [verkkoaineisto]. [viitattu 2021-07-07]. Saatavissa: Who we are - Salesforce EMEA, Polku: www.salesforce.com, Company, About us, Our Story

Velmurugan Rama Srinivasan, Dhingra Tarun, 2021, Asset Maintenance Management in Industry. A Comprehensive Guide to Strategies, Practices and Benchmarking. Volume 310. International Series in Operations Research & Management Science. Springer Nature Switzerland AG. ISBN: 978-3-030-74153-2

Zehbour Panossian et al. 2012, Corrosion of carbon steel pipes and tanks by concentrated sulfur acid: A review, Corrosion and protection laboratory, Institute for Technological Research of São Paulo State, *Science Direct Ltd*, 1–11

11 RÄJÄYTYSKUVAT JA OSALUETTELOT

11.1 Sarja RA



Osa	Määrä	Nimitys	Varaosaluokka
1	1	Pesä	
3	1	Segmentti	3
4	1	Tiiviste	2
5	1	Lukkojousi	2
6	1	Takatiiviste	2
9	1	Kiristysholkki	
10	1	Umpilaippa	
11	1	Käyttöakseli	3
12	1	Akseli	3
13	1	Kiila	3
14	1	Lieriösokka	3 (Luokka 2 koot 01"-02")
15	1	Lieriösokka	3 (Luokka 2 koot 01"-02")
16	1	Laakeri	3
17	1	Laakeri	3
19	1-2	Tiivistelevy	1
20	1	Akselitiiviste	1
22	1	Täyterengas (vain pienen C _v -n versioissa)	
25	2-4	Kuusiokoloruuvi	
26	4	Kuusioruuvi	
30	2	Pidätin rengas	
31	2	Levyrengas	
32	1	Jousisarja	
33	1	Tukirengas	
35	1	Konekilpi	

Varaosasarjan luokka: Suositeltavat pehmeät osat. Nämä tarvitaan aina venttiiliä huollettaessa. Toimitetaan sarjana.

Varaosaluokka 2: Osat segmentin tiivisteiden vaihtoon.

Varaosaluokka 3: Osat segmentin vaihtoon.

Osat täyshuoltoa varten: Kaikki osat luokista 1, 2 ja 3.

8 VIANMÄÄRITYSTAULUKKO

Taulukossa 6 luetellaan toimintahäiriöt, joita voi ilmetä pitkäaikaisen käytön jälkeen.

Taulukko 4 Vianmäärittystaulukko

Oire	Mahdollinen vika	Suosittelava toimenpide
Suljetun venttiilin läpivuoto	Toimilaitteen pysäytysruuvien säätö väärin	Säädä sulkuruuvi suljettuun asentoon
	Asennoittimen virheellinen nolla-asetus	Säädä asennoitin
	Vaurioitunut tiiviste	Vaihda tiiviste
	Vaurioitunut sulkuelin	Vaihda sulkuelin
	Sulkuelin väärässä asennossa toimilaitteen suhteen	Valitse akselille oikea kiilaura toimilaitteessa
Vuoto jakotason kautta	Vaurioitunut jakotasontiiviste	Vaihda tiiviste
	Jakotaso on löysällä	Kiristä mutterit tai ruuvit
Epäsäännölliset venttiiliiliikkeet	Toimilaitteen tai asennoittimen toimintahäiriö	Tarkista toimilaitteen ja asennoittimen toiminta
	Tiivistuspintaan kertynyt väliainetta	Puhdista tiivistepinnat
	Sulkuelin tai tiiviste vaurioitunut	Vaihda sulkuelin tai istuin
	Kiteytyvä väliaine päässyt laakeritiloihin	Huuhtelee laakeritilat
Tiivisteholkki vuotaa	Tiivisteholkki tiiviste kulunut tai vaurioitunut	Vaihda tiivisteholkki
	Tiivisteholkki löysällä	Kiristä tiivistemutterit

9 TYÖKALUT

Vakio työkalujen lisäksi, suosittelemme hankkimaan seuraavia työkaluja helpottamaan huoltoa.

- Toimilaitteen irrottamiseen vaadittavat työkalut:

Koko:	Koodi:
B1C/B1J 6	303821
B1C 8-11 / B1J 8-10	8546-1
B1C 12-17 / B1J 12-16	8546-2
B1C/B1J 20	8546-3
B1C/B1J 25	8546-4
B1C/B1J 32	8546-5
B1C 40 / B1J 322	8546-6
B1C 50	8546-7
B1C 502	8546-8

- Tiivisteiden irrottamiseen vaadittavat työkalut:

Koko:	Koodi:
DN 01	273336
DN 015	273337
DN 02	273338
DN 03	273339
DN 04	273340
DN 06	273341
DN 08	273342
DN 10	273343
DN 12	273344

- Akselin asennon tarkistus
 - tulkki H069563 (sarja RA)
 - tulkki H069564 (sarjat RE, RE1)
 Saatavilla valmistajalta.

10 VARAOSIEN TILAAMINEN

HUOMIO:

Käytä ainoastaan alkuperäisiä varaosia. Näin varmistat, että venttiili toimii tarkoitetulla tavalla.

Varaosatilauksessa on ilmoitettava seuraavat tiedot:

- Tyypimerkintä, valmistusnumero, sarjanumero (leimattu pesään)
- Osaluettelon numero, osan numero, nimitys ja lukumäärä

Nämä tiedot löytyvät konekilvestä tai dokumenteista.

Total Records: 10
Total All Parts Received?: 10
Total All Parts Available: 2
Total Invoiced Created: 0
Total Time Spent on Work Order: 0.00000

Sum of Invoiced Created

0

Account	Scope of Service	Work Order / Work Order Number	Location	Safety Datasheet Number	Received Products	Order Status	All parts received?	All parts available	Needed tools checked	Invoice Created	Time Spent on Work Order	Sales Order Number	Site report	Shipped	
Account	Top work only (2)	WC-01010446		Valkoipaa	ECOpen asennus ohjeita	Quoted	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.0000	0.0000	0001821928 (0001821721 oppila)			
		WC-01010362		Kansientilit	Kansientilit, taino asoskiki	Quoted	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.0000	0.0000	0001833392			
	Maintenance (2)	WC-01010310		-H1098	Koordinoidut	RT080TT	Quoted	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.0000	0.0000	0001810334		
		WC-01010339		-H1096	Koordinoidut	RT080TT	Quoted	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.0000	0.0000	0001810333		
		WC-01010025		-33412	NA	M1M1A150A27A	Cancelled	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.0000	0.0000	0001714034		
	Top work only (4)	WC-00097189		NA			Quoted	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.0000	0.0000	0001771119		
		WC-00097188		NA			Quoted	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.0000	0.0000	0001771123		
		WC-00097187		NA			Quoted	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.0000	0.0000	0001771130		
		Maintenance (2)	WC-01010045		-33412	NA	M1M1A150A27A, venttili (parasta ja kaksikomistetaan	Quoted	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.0000	0.0000	0001714034		
			WC-00098319		-42243	NA	QA-T31080444035	Quoted	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.0000	0.0000	0001719355		
Total (10)						10	2	0	0.00000						