



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Kaisa Huhtala

Ennakoiva huoltosuunnitelma päänäyt- tämöiden esitystekniikalle

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

25.5.2021

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Kaisa Huhtala Ennakoiva huoltosuunnitelma päänäyttämöiden esitystekniikalle 39 sivua 25.5.2021
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	Automaatiotekniikka
Ohjaajat	lehtori Kristian Junno näyttämöosaston päällikkö Olli Koskelo
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli luoda ennakoiva huoltosuunnitelma Helsingin kaupunginteatterin päänäyttämöiden (suuri näyttämö ja pieni näyttämö) esitystekniikan koneistolle perustuen Total Productive Maintenance (TPM) -filosofiaan. Työssä tarkasteltavat koneistot ovat tankonostimet, pistenostimet, pyörivän näyttämön koneistot, ohjausjärjestelmän fyysiset yksiköt, liikeohjaimet ja anturit. Työssä tarkastellaan myös tuuletinsuodattimien vaihtovälin kartoittamista.</p> <p>Opinnäytetyön teoriaosuus sisältää tietoa Helsingin kaupunginteatterista, näyttämötekniikasta, kunnossapidosta ja kunnossapitosuunnitelman laatimisesta. Työssä käsitellään myös 5S- ja 6S-menetelmiä, TPM-filosofiaa ja Lean-menetelmiin perustuvia ongelman ratkaisu- ja kehitysmenetelmiä.</p> <p>Huoltotoimenpiteitä kartoitettiin tekemällä vikatilojen data-analyysi, keskustelemalla henkilökunnan kanssa ja perehtymällä laitevalmistajien laite-manuaaleihin sekä laitevalmistajien Helsingin kaupunginteatterille luovuttamaan aineistoon. Työssä käytettiin Lean-filosofiaan perustuvia menetelmiä, kuten Gembaa ja 5 x Miksi -menetelmää. Lean-menetelmillä etsittiin juurisyytä tuuletinsuodattimien kontaminoitumiseen.</p> <p>Opinnäytetyössä saavutettiin sille asetetut tavoitteet. Tuloksena saatiin ennakkohuoltosuunnitelma ja määräaikaishuoltosuunnitelma päänäyttämöiden laitteille sekä tuuletinsuodattimien tarkastus- ja vaihtovälin määrittely. TPM-ohjelmaa ei kaikilta osin voitu soveltaa teatteriympäristössä. 5S-menetelmä soveltui hyvin toteutettavaksi teatteriympäristössä.</p>	
Avainsanat	TPM, 5S, 6S, kunnossapito, näyttämötekniikka

Author Title Number of Pages Date	Kaisa Huhtala Preventive Maintenance Plan for Theater Stage Automation Machinery 39 pages 25 May 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Automation engineering
Instructors	Kristian Junno, Senior Lecturer Olli Koskelo, Head of Stage Department
<p>The purpose of this thesis work was to create a preventive maintenance plan for the stage automation machinery of the Helsinki City Theater's main stages (Big stage and Small stage) based on the Total Productive Maintenance (TPM) philosophy. The stage machinery considered in the work were bar hoists, point hoists, rotating stage machines, operating control units, motion controllers and sensors. The thesis work also examines the fan filter change intervals.</p> <p>The theoretical part of this thesis contains information about the Helsinki City Theater, stage technology, maintenance, and preparation of a maintenance plan. The theoretical part contains also information about 5S and 6S methods, TPM and problem-solving tools based on Lean methods, as well as Plan, Do, Check, Act (PDCA) development method.</p> <p>The preventive maintenance plan was made based on data analysis of the fault conditions, by interviewing the staff, studying information from the vendor manuals and from the material provided by the stage machinery manufacturer to the Helsinki City Theater. Methods based on Lean philosophy, such as Gemba and 5 x Why method, were used in the work. Lean methods were used to find the root cause of the fan filter contamination.</p> <p>The main objectives of this thesis work were achieved. As a result, preventive maintenance plan and scheduled maintenance plan were created for the main stage machinery. Also, the inspection and replacement interval for the fan filters were determined. The TPM program was not fully applied to the theater environment. The 5S and 6S methods are well suited for a theater environment.</p> <p>Even if the TPM program cannot be fully applied to the theater environment, there are many improvements that can be made by following the 6S methods. The visual controls of the TPM autonomous maintenance are also well suited for the theater environment.</p>	
Keywords	TPM, 5S, 6S, maintenance, Stage Automation

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Helsingin kaupunginteatteri	2
3	Kunnossapito	5
3.1	Kunnossapidon määritelmä	5
3.2	Kunnossapidon lajit	6
3.3	Kunnossapitosuunnitelma	8
4	Tuottava kunnossapito (TPM)	8
4.1	TPM:n käyttöönotto	9
4.2	TPM-peruspilarit, 5S- ja 6S-menetelmät	11
4.3	Itsenäinen kunnossapito	13
4.4	KNL-luku	15
4.5	Kuusi suurta hävikkiä	16
5	Kunnossapito-ohjelman suunnittelu	17
5.1	Vika	17
5.2	Vian kehittyminen	18
5.3	Vikojen syiden luokittelu	19
5.4	Vika-vaikutusanalyysi	20
5.5	Kunnossapidon toimenpiteiden määrittely	21
6	Laadun kehittämismenetelmät	22
6.1	Kalanruotokaavio	22
6.2	5 x Miksi -menetelmä	23
6.3	Gemba	24
6.4	PDCA-kehittämismenetelmä	24
7	Nykytila	25

8	Huoltotoimenpiteiden kartoitus ja huoltotoimenpiteet	28
8.1	Huoltotoimenpiteiden määrittely	28
8.2	5 x Miksi	28
8.3	Huoltotoimenpiteet	29
9	Yhteenveto	35
	Lähteet	38
	Liitteet	
	Liite 1. Liitteen nimi	

Lyhenteet

CAT	<i>Computer Aided Theatre</i> . Tietokoneavusteinen teatteri.
FMEA	<i>Failure Mode Effects Analysis</i> . Vika-vaikutusanalyysi.
HKT	Helsingin kaupunginteatteri.
HMI	<i>A Human Machine Interface</i> . Ihmisen ja ohjelmoitavan logiikan välisessä kommunikaatiossa käytettävä käyttöliittymä.
KNL	Käytettävyys Nopeus Tehokkuus. Tuotannon kokonaistehokkuutta kuvaava tunnusluku (OEE-luku).
LCC	<i>Life Cycle Costing</i> . Elinkaarikustannuslaskelma.
Lean	Nykyaikainen johtamisfilosofia, jolla pyritään toiminnan järkevöittämiseen ja turhuuden poistamiseen.
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> . Tuotannon kokonaistehokkuutta kuvaava tunnusluku (KNL-luku).
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i> . Suunnittele, toteuta, tarkista, standardisoi.
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i> . Ohjelmoitava logiikka.
PLe	<i>Performance level e</i> . Suoritustaso e.
PN	Pieni näyttämö.
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i> . Ennakoiva huoltosuunnitelma.
SIL	<i>Safety Integrity Level</i> . Turvallisuuden eheystaso.
SN	Suuri näyttämö.

VVA

Vika-vaikutusanalyysi.

1 Johdanto

Tämän insinööriyön tarkoituksena on suunnitella Helsingin kaupunginteatterin (HKT) näyttämötekniikalle huoltosuunnitelma. Työssä käsitellään suuren näyttämön (SN) ja pienen näyttämön (PN) koneistojen ennakoivan huoltosuunnitelman laatimista. Ennakohuoltosuunnitelman laatimisessa sovelletaan Total Productive Maintenance (TPM) -filosofiaa. Työssä käsitellään myös tuuletinsuodattimien tarkastus- ja vaihtoväin määrittämistä. Teatteriympäristössä käytetään paljon kontaminaatiota aiheuttavia tehosteita, kuten pyrotekniikkaa ja savukonetta, joiden aiheuttama kontaminaatio kerääntyy herkästi näyttämötekniikan koneistojen tuulettimien suodattimiin.

Tässä insinööriyössä laadittavaan huoltosuunnitelmaan sisältyy päänäyttämöiden (suuri näyttämö ja pieni näyttämö) näyttämötekniikan koneistot. Tarkasteltavat koneistot ovat tanko- ja pistenostimet, pyörivän näyttämön koneistot, ohjausjärjestelmän fyysiset yksiköt, liikeohjaimet ja anturit. Suurella näyttämöllä on 53 kappaletta tankonostimia ja 22 kappaletta pistenostimia. Pienellä näyttämöllä on 8 kappaletta tankonostimia ja 49 kappaletta pistenostimia. Insinööriyössä suunnitellaan myös tuuletinsuodattimien tarkastus- ja vaihtoväli. Audiovisuaalinen tekniikka ei kuulu insinööriyön alueeseen.

Toisessa luvussa kerrotaan tietoa Helsingin kaupunginteatterista, tutustutaan näyttämötekniikkaan ja esitellään lyhyesti päänäyttämöiden ohjausjärjestelmät. Kolmannessa luvussa esitellään kunnossapidon standardi ja kunnossapidon lajit sekä ennakoivan huoltosuunnitelman määrittelmä. Neljännessä luvussa käsitellään TPM-kunnossapitoa ja sen käyttöönottoa sekä selostetaan 5S-menetelmän käyttöönoton vaiheet. Viidennessä luvussa kerrotaan, miten vikaantuminen määritellään ja kerrotaan kunnossapito-ohjelman toimenpiteiden laadinnassa käytettävistä menetelmistä. Kuudennessa luvussa selostetaan Lean-filosofian ongelmanratkaisu- ja kehittämismenetelmiä. Seitsemännessä luvussa kerrotaan nykytilan kartoituksen tulokset. Kahdeksannessa luvussa selostetaan, kuinka huoltotoimenpiteet kartoitettiin ja kerrotaan TPM-ohjelman valmistumisesta sekä esitellään valmistuneita huoltosuunnitelmia. Viimeisessä luvussa kerrotaan yhteenveto tuloksista.

2 Helsingin kaupunginteatteri

Helsingin kaupunginteatteri on Suomen suurin ja monipuolisin ammattiteatteri, jonka ohjelmistotarjontaan kuuluu kotimaiset ja ulkomaiset puhenäytelmät, komediat, musiikkiteatteri, oman tanssiryhmän tuotannot, lastenesitykset ja ruotsinkieliset esitykset. Vuodessa ohjelmistossa on yli 30 eri tuotantoa. Teatterissa käy vuosittain noin 300 000 katsojaa. Toimintaa on viidellä eri näyttämöllä (suuri näyttämö, pieni näyttämö, Lilla Teatern, Arena-näyttämö ja Studio Pasila) sekä lämpiöissä. Suuren näyttämön paikkamäärä on 923 ja pienen näyttämön paikkamäärä on 274. [1.]

Teatterissa työskentelee noin 240 vakituista henkilöä. Lisäksi tilapäistä henkilökuntaa on noin 100. Taiteellisen henkilöstön osuus on noin 42 %, teknisen noin 43 % ja hallinnollisen noin 15 %. [1.]

Helsingin kaupunginteatteria ylläpitää Helsingin teatterisäätiö (vuodesta 1965 alkaen), jonka hallituksen Helsingin kaupunginhallituksen konsernijohto nimittää. Teatterinjohtajana toimii Kari Arffman (vuodesta 2017 alkaen). HKT:n liikevaihto on noin 10 miljoonaa euroa ja vuosittainen budjetti on noin 29 miljoonaa euroa. [1.]

Helsingin kaupunginteatteri perustettiin vuonna 1965, jolloin Kansallisteatteri-Työväenteatteri muuttui Helsingin kaupunginteatteriksi. Teatteritalo rakennettiin vuonna 1967. Teatteritaloa laajennettiin vuonna 1989, jolloin lisärakennus Elsa valmistui. Teatteritalo peruskorjattiin vuosina 2015–2017. Peruskorjauksessa teatterikeskuksen talotekniikka päivitettiin ja henkilökunnan ja yleisön tilat entisöitiin. [1.]

Näyttämötekniikka

Näyttämötekniikan tarkoituksena on luoda hyvät ja monipuoliset mahdollisuudet taiteelliselle toiminnalle. Näyttämötekniikan välineillä ja menetelmillä voidaan toteuttaa taiteelliset ideat ja näyttämön käyttö voidaan toteuttaa joustavasti ja taloudellisesti. [2, s. 23.]

Näyttämötekniikan koneistot ovat yleensä teollisuuskäyttöön suunniteltujen ja tarkoitettujen laitteistojen sovelluksia. Näyttämökoneistukselle voidaan määrittää yleisinä vaatimuksina

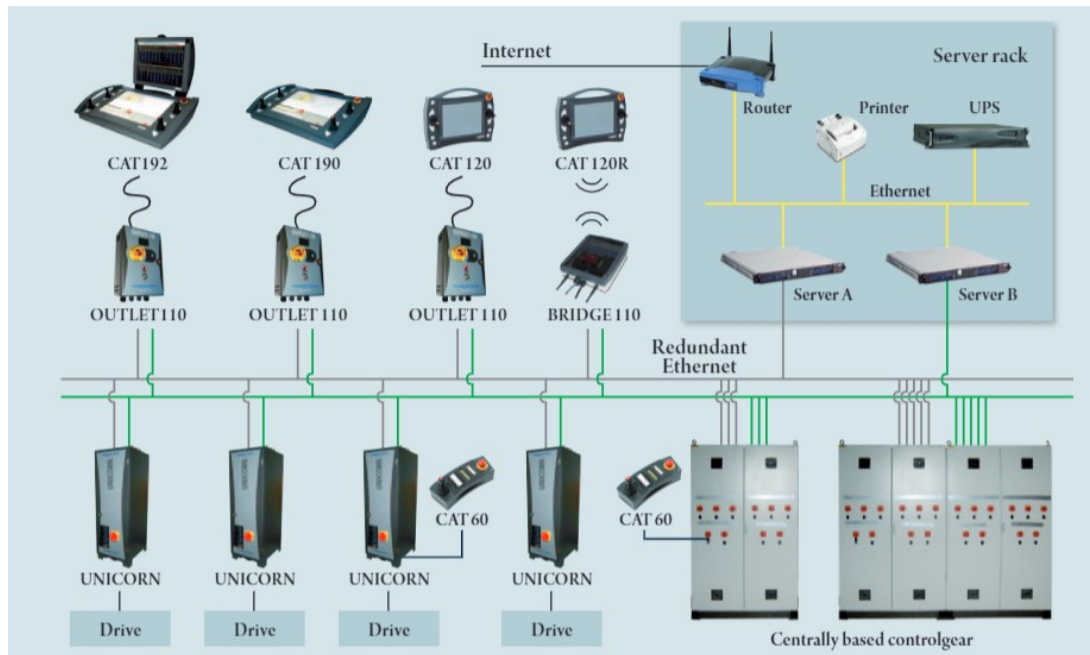
- monipuolisuus ja joustavuus
- muunneltavuus
- oikea mitoitus kokoon ja kuormitukseen nähden
- riittävä liikenopeus ja sen säädettävyys
- äänettömyys
- taloudellisuus energiaan ja työntövoimaan nähden. [2, s. 24.]

Näyttämötekniikan laitteistot jaotellaan niiden sijaintinsa mukaisesti alakoneistoon ja yläkoneistoon. Yläkoneistoon kuuluvat tanko- ja pistenostimet, esiriput, taustat ja valaistusansaat. Alakoneistoon kuuluvat pyörönäyttämöt, orkesterinostimet ja tasonostimet. [2, s. 24.]

Suuren näyttämön ohjausjärjestelmä

Suuren näyttämön ohjausjärjestelmä on tietokoneavusteinen käyttöjärjestelmä (englanniksi Computer Aided Theatre, CAT). CAT-järjestelmä on Linux-käyttöjärjestelmään perustuva ohjelmistokokonaisuus (kuva 1), joka sallii usean käyttäjän samanaikaisen käytön. Laitteiston valmistaja on Waagner Biro. Järjestelmä koostuu ohjausyksiköistä (kiinteät ohjauspöydät, liikuteltavat ohjauspöydät ja langattomat yksiköt), hätäohjausyksiköistä, turvallisuustoimintojen valvontayksiköistä (AXIO), yksilöllisistä ohjauspaneeleista ja -näytöistä, ohjauskaapeista (UNICORN) ja redundanttipalvelimesta. Redundanttiverkon tehtävä on säilyttää järjestelmän toimintavarmuus vikaantumisen jälkeen. Järjestelmällä on turvallisuuden eheystaso 3/suoritustaso e (SIL3/PLe) -turvallisuusluokitus. Järjestelmän komponentit on yhdistetty toisiinsa Ethernet-verkossa. Ethernet-verkko mahdollistaa järjestelmässä nopean tiedonsiirron. [3.]

Näyttämöoperaattori ohjelmoi käyttöliittymässä haluamansa toiminnot ja tallentaa laatimansa ohjelman myöhempää käyttöä varten. Näyttämöoperaattori määrittelee ohjelmaan esimerkiksi liikuteltavan yksikön kiihdytys- ja hidastusnopeudet, siirtonopeuden ja pysähtymispisteen. [3.]



Kuva 1. CAT-järjestelmän arkkitehtuuri. [4, s. 5.]

Pienen näyttämön ohjausjärjestelmä

Pienen näyttämön ohjausjärjestelmä on toteutettu Programmable Logic Controller (PLC) -järjestelmällä. Laitteiston on toimittanut Insta Group Oy. Laitteiston ohjaus tapahtuu kiinteillä tai langattomilla Human Machine Interface (HMI) -yksiköillä. [5.]

Pienen näyttämön automaatio on jaettu kolmeen osakokonaisuuteen: mekaniikkaa ohjaaviin sähkölaitteisiin, sähkölaitteita ohjaaviin logiikoihin ja logiikoita ohjaaviin käyttöliittymiin (kuva 2). Tietokone ei ohjaa logiikoita vaan antaa logiikalle toimintojen parametrit ja valinnat. Tietokannassa on tallennettuna laitteiden parametrit ja oletusparametrit, mistä ne haetaan ladattavaksi logiikoihin käyttöliittymän avulla. Laitteistoa ohjaava operaattori asettaa logiikan ohjaukset päälle ohjaussauvan avulla. Parametreja ja valintoja voidaan syöttää myös kosketusnäyttöpaneelilla Whisper-käyttöliittymästä. [6, s. 5.]

Kuva 2. Pienen näyttämön ohjausjärjestelmä. [5.]

Järjestelmässä on käytössä yksi ohjelmoitava logiikka ja toinen täysin identtinen varalogiikka. Tiedonvälitys ja tiedonsiirto tapahtuvat Ethernet-verkossa. Järjestelmässä on kuusi Ethernet-kytkintä, joiden välille on asennettu valokuitukaapelit. Kytkimet muodostavat keskenään rengasverkon. Kytkimen vikatilanteessa tai yhteyden katketessa kytkinten välillä järjestelmä tunnistaa vikatilanteen ja liikennöintisuunta vaihtuu. Tällöin verkko jatkaa toimintaansa kuten ennen vikatilannetta. [6, s. 7.]

3 Kunnossapito

3.1 Kunnossapidon määritelmä

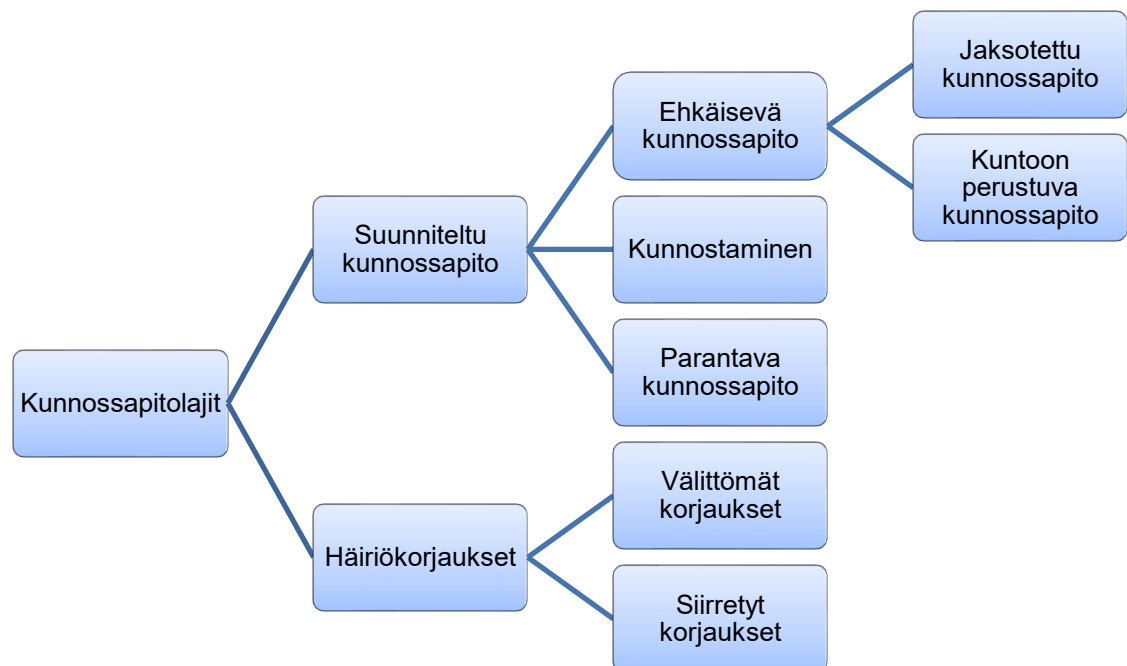
Standardissa PSK 6201 määritellään kunnossapito seuraavasti:

Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana. [7, s. 2.]

Hyvin suunniteltu kunnossapito luo edellytykset tuotannon kokonaistehokkuudelle (KNL) ja hyvälle käyttövarmuudelle. Hyvä käyttövarmuus koostuu toimintavarmuudesta, kunnossapitovarmuudesta ja kunnossapidettävyydestä. [7, s. 4.]

3.2 Kunnossapidon lajit

Kunnossapidon lajit jaetaan standardissa PSK 6201 suunniteltuun kunnossapitoon ja häiriökorjauksiin (kuva 3). Suunniteltu kunnossapito jakautuu ehkäisevään kunnossapitoon, kunnostamiseen ja parantavaan kunnossapitoon. Ehkäisevä kunnossapito voi olla jaksotettua kunnossapitoa tai kuntoon perustuvaa kunnossapitoa. Häiriökorjaukset sisältävät välittömät korjaukset ja siirretyt korjaukset. [7, s. 22.]



Kuva 3. Standardin PSK 6201 määrittelemät kunnossapidon lajit. [7, s.22.]

TPM-kunnossapidon tehtävänä on pyrkiä kehittämään koneiden, laitteiden ja prosessien kokonaistehokkuutta. TPM-kunnossapidon lajeja ovat akuutti kunnossapito, ehkäisevä kunnossapito, palauttava kunnossapito, parantava kunnossapito, kuntoon perustuva kunnossapito ja käyttäjäkunnossapito. [8, s. 85–91.]

Akuutti kunnossapito

Akuutti kunnossapito on ennalta odottamattoman vian korjaamista. Laitteeseen saatetaan käyttökuntoon ilman ennalta suunniteltua korjausaikaa. Laitteen on voitu jo odottaa pysähtyvän tai laite pysähtyy odottamatta, mutta korjaamiselle ei ole ollut aikaa. [8, s. 87.]

Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevä kunnossapito tähtää siihen, että akuutteja korjaustarpeita ei syntyisi. Ehkäisevää kunnossapidon tarvetta voidaan määrittää esimerkiksi kuuntelemalla ja katsomalla, kuuluuko laitteesta epänormaaleja ääniä tai voidaanko katsomalla havaita laitteen käynnissä puutteita. Ehkäisevään kunnossapitoon kuuluvat esimerkiksi puhdistus, voitelu, osien vaihtaminen, tarkastaminen, vikaantumistietojen analysointi, kunnonvalvonta, testaaminen ja toimintakunnon toteaminen. [8, s. 88.]

Palauttava kunnossapito

Palauttavan kunnossapidon tarkoitus on palauttaa kone suunniteltuun toimintakuntoonsa. Laakerin tai suodattimen vaihto ovat tyypillisiä palauttavan kunnossapidon tehtäviä. Palauttavan kunnossapidon tehtävät voidaan suunnitella ehkäisevän kunnossapidon havaintojen perusteella. [8, s. 89.]

Parantava kunnossapito

Parantavan kunnossapidon tehtävä on pyrkiä poistamaan ja pienentämään kunnossapidon tarvetta. Parantavassa kunnossapidossa koneen suorituskykyä ei muuteta, mutta osia vaihtamalla vähennetään huoltotarvetta. Esimerkiksi lisäsuojien asentaminen laitteeseen vaikuttaa puhdistustarpeeseen. Parantavalla kunnossapidolla parannetaan laitteen luotettavuutta ja lisätään sen suorituskykyä tekemällä muutoksia. Kone voidaan myös modernisoida siten, että vältetään laitteen romuttamiselta. [8, s. 90.]

Kuntoon perustuva kunnossapito

Kuntoon perustuvalla kunnossapidolla tarkoitetaan säännöllisin väliajoin tehtäviä kuluvi-
vien osien vaihtoja. Kuluvi-
vien osien vaihtoajat perustuvat käyttöaikaan tai mittausten
osoittaessa osan vaihdon tarpeellisuuden. Vaihto voi perustua

- lämpötilaan
- epätasapainoon
- paineeseen
- kulumaan
- öljyn analysointiin
- värinän mittaukseen. [8, s. 91.]

Kuntoon perustuva osien vaihto pitää olla tarkoin suunniteltu, jotta osan vaihto tehdään
oikea-aikaisesti ja kustannustehokkaasti. Maksimaalisen hyödyn saavuttamiseksi täytyy
tähdätä siihen, että osien vaihdon ei pidä tapahtua liian aikaisin eikä liian myöhään. [8,
s. 91.]

3.3 Kunnossapitosuunnitelma

Kunnossapitosuunnitelma on koneen tai laitteen hankinnan yhteydessä tehtävä suunni-
telma. Kunnossapitosuunnitelma sisältää suunnitellun kunnossapidon ja häiriökorjauk-
sen suunnitelman. Kunnossapitosuunnitelmaa päivitetään tarvittaessa. Kunnossapito-
suunnitelman tulee sisältää huolto-ohjeet, varaosasuositukset sekä huoltojaksot ja -kri-
teerit. [7, s. 17.]

4 Tuottava kunnossapito (TPM)

TPM on Japanissa kehittynyt järjestelmällinen tapa kehittää yhdessä henkilöstön kanssa
häiriötön tuotanto, mikä laskee kustannuksia ja nostaa taloudellista tehokkuutta. Tuotta-
valla kunnossapidolla pyritään saamaan aikaan parannuksia laadussa, toimituksissa, ta-
loudessa, tuottavuudessa, ihmisläheisyydessä ja ympäristössä. [8, s. 8–9.]

Tuottavalla kunnossapidolla pyritään eliminoimaan tuotannon häiriötekijöitä. Tuotannon häiriötekijät luokitellaan

- seisokkihäviöön (vikaantumisesta aiheutuvat laitteiden seisokit, säädöt ja asetukset)
- nopeushäviöön (vajaakäynti ja pienet pysähdykset, alentunut tuotantopeus)
- laatuhäviöön (prosessipuutteet, prosessin käynnistäminen). [9.]

4.1 TPM:n käyttöönotto

TPM:n käyttöönotto alkaa johdon päätöksellä TPM:n käyttöönotosta. Tuottavan kunnossapidon kehityssuunnitelma toteutetaan 12-portaisen suunnitelman mukaisesti (taulukko 1). Koko henkilöstön on sitouduttava tuottavan kunnossapidon periaatteeseen. Tämä tarkoittaa kunnossapidon ottamista huomioon kaikissa yrityksen toiminnassa. Jokaiselle laitteelle luodaan kattava ennakoivan kunnossapidon järjestelmä. [10, s. 53–55.]

Yrityksen johdon tulee ymmärtää TPM:n merkitykset ja tavoitteet. Ilman johdon ymmärrystä ja sitoutumista TPM-ohjelmaan on turha odottaa työntekijöiden sitoutuvan kehitystyöhön. Liikejohdon järjestelmien kehittämisessä ei ole yhtä ainoaa oikeaa mallia. Sama pätee TPM-filosofian mukaista käynnissäpidon johtamismallia. Parhaan tavan valintaan vaikuttavat yrityksen tila ja yrityskulttuuri. [11, s. 65–71.]

TPM:n kehittämisen tyypillisimpiä esteitä ovat muun muassa henkilöstön asenteelliset esteet, tekniset ja käytännön esteet, tiedoista ja osaamisesta johtuvat esteet ja aikaisempien kokemusten kautta tulevat esteet. Asenteellisia esteitä voivat olla muun muassa tuntemukset, että ennen kaikki oli paremmin, eivät asiat muuttamalla parane tai voihan se muille sopia, mutta meillä on niin omaleimainen toiminta, ettei se meille sovi. [11, s. 75.]

Taulukko 1. Tuottavan kunnossapidon 12-portaisen kehityssuunnitelman päätoimenpiteet. [10, s. 55.]

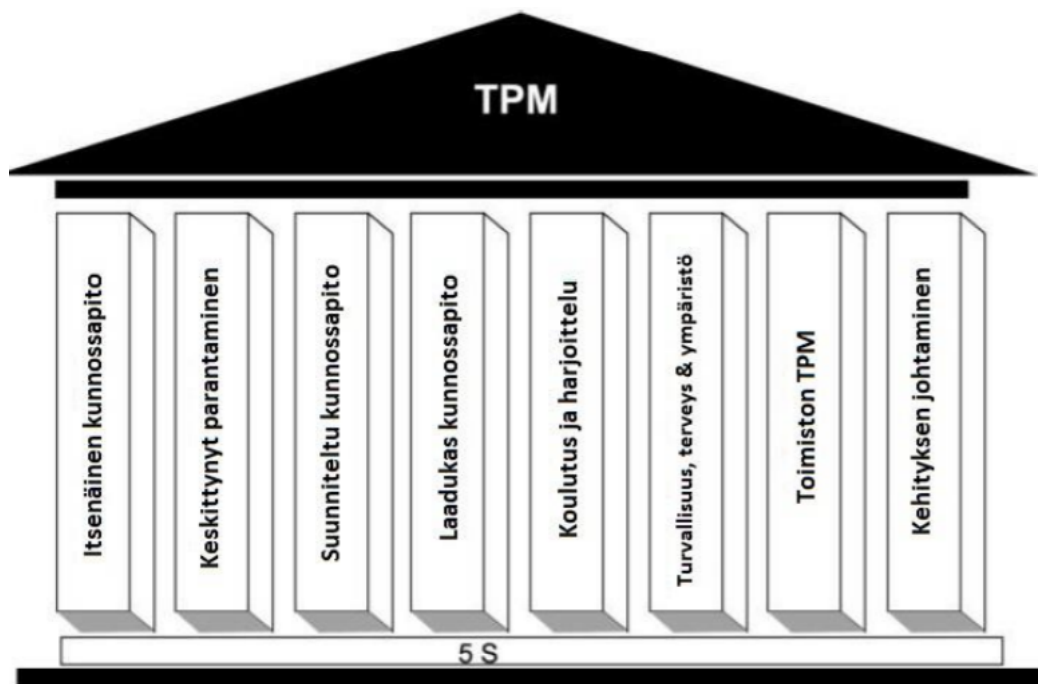
Kehitysaste	Taso	Kuvaus
Valmistautuminen	1. Ylimmän johdon päätös TPM:n käyttöönotosta	Virallinen ilmoitus TPM:n käyttöönotosta; artikkelia yrityksen lehdessä
	2. Aloita koulutuksen ja TPM:n esittely	Johto: seminaarit Työntekijä: Luennot
	3. Perusta TPM:n tukiorganisaatio	Jokaiselle organisaatiolle perustetaan TPM:n työryhmä; perustetaan keskitetty johtoryhmä
	4. Määrittele toteutussuunnitelma ja tavoitteet	Nykytilanneanalyysi; tavoitteiden asettaminen
	5. Laadi kirjallinen "Mastersuunnitelma" TPM:n käynnistämiseksi	Laaditaan yksityiskohtainen käynnistymissuunnitelma
Toteutuksen valmistelu	6. Käynnistä TPM-projekti	Projekti esitellään sidosryhmille: asiakkaat, alihankkijat, tytäryritykset
Toteutus	7. Paranna yksittäisten laitteiden tehokkuutta	Valitaan pilottilaitteet; muodostetaan projektiryhmä
	8. Luo kunnossapito-ohjelma käyttöhenkilöstölle	Käynnistetään seitsemän askeleen menetelmä; koulutetaan käyttöhenkilöstöä
	9. Luo aikataulutettu huolto-ohjelma kunnossapito-osastolle	Otetaan huomioon määräaikainen ja ennakoiva kunnossapito, kunnossapidon ohjaus, varaosat, työkalut, piirustukset ja työohjeet
	10. Jatka käyttö- ja kunnossapitotaitojen kehittämistä	Vaihdetaan kokemuksia eri alueiden koulutusvastaavien kesken
	11. Ota kunnossapito huomioon hankintavaiheessa, luo hankintaohje	Kunnossapitotarpeen ennakointi; luo vastaanottotarkastukset, LCC analyysit
Vakiinnuttaminen	12. Täydennä TPM:n käyttöönotto ja tason korottaminen	Asetetaan korkeammat tavoitteet

4.2 TPM-peruspilarit, 5S- ja 6S-menetelmät

Siisteyden ja järjestyksen ylläpitäminen on yksi TPM:n perustyökalu (kuva 4). Siisteys ja järjestys ovat perusedellytyksiä TPM:n soveltamisen onnistumiselle. Tarpeettomien tavaroiden ja materiaalien varastointi aiheuttaa muun muassa seuraavia hankaluuksia:

- Lika ja pöly vaurioittavat koneita ja laitteita.
- Tapaturmat lisääntyvät.
- Kulku ja työskentely hankaloituu, kun tavaroita sijoitetaan kulkuväylille.
- Tavarat ja materiaalit vaurioituvat sekalaisissa ja ahtaissa tiloissa.
- Tarpeellisia tavaroita on vaikea löytää.
- Tarpeelliset tavarat ja käyttökelpoinen materiaali hukkuvat jätteiden joukkoon.
- Tilantarve kasvaa tarpeettomasti. [11, s. 81.]

Vaikka TPM-ohjelmaa ei muuten sovellettaisiakaan, siisteyden ja järjestyksen ylläpitämisellä voidaan merkittävästi parantaa tuotantolaitoksen toimintaa. 5S on edullinen ja helppo tapa tehostaa tuottavuutta ja työviihtyvyyttä. [11, s. 81.]



Kuva 4. TPM-peruspilarien pohjalla on 5S-laaturjestelmä. [12, s. 15.]

5S on Japanissa kehitetty työympäristön organisointimenetelmä, jonka avulla oma työpiste organisoidaan toimivaksi. 5S-nimitys tulee japaninkielisistä sanoista Seiri (lajittelu), Seiton (järjestäminen), Seiso (puhdistaminen), Seiketsu (standardointi) ja Shitsuke (sioutuminen). [13.]

5S-prosessi aloitetaan lajittelemalla tavarat ja poistamalla kaikki tarpeeton. 5S-prosessin toisessa vaiheessa mietitään työpisteessä tarvittaville tavaroille sopivat sijoituspaikat. Seuraavassa vaiheessa keskitytään pitämään työympäristö puhtaana ja siistinä. Neljännessä vaiheessa vakiinnutetaan opitut asiat ja tehdään tarkastuksia säännöllisesti, kunnes kaikki toimintatavat ovat vakiintuneet. Viimeisessä vaiheessa ylläpidetään saavutettua siisteyden ja järjestyksen tasoa. [11, s. 83–84.]

Ensimmäisen S-kirjaimen toteutuksen aikana lajitellaan ja erotellaan työssä tarvittavat tavarat. Mietitään, mitä tarvitaan työn tekemisessä päivittäin, viikoittain, kuukausittain ja harvemmin. Siirretään siivuun kaikki mitä työn tekemisessä ei tarvita. Lopuksi käydään läpi siivuun siirretyt tavarat ja poistetaan kaikki ne, joita ei oikeasti tarvita. [11, s. 83–84.]

Toisen S-kirjaimen toteutusvaiheessa järjestetään jäljelle jääneet tavarat ja määritellään tavaroille sijainti. Kaikille työpisteeseen jätettäville välineille, tarvikkeille ja materiaaleille mietitään yhdessä sopivat sijoituspaikat. Lähelle sijoitetaan sellaiset tavarat, joita tarvitaan useimmin. Harvemmin tarvittavat tavarat voidaan sijoittaa kauemmaksi. [11, s. 83–84.]

Kolmannessa S-kirjaimen vaiheessa opetellaan pitämään työympäristö puhtaana ja siistinä. Tunnistetaan likaantumisen aiheuttajat ja pyritään mahdollisuuksien mukaan eliminoimaan ne. [11, s. 83–84.]

Neljäs S-kirjain tarkoittaa standardoimisvaihetta. Tässä vaiheessa vakiinnutetaan kolmen ensimmäisten S-kirjainten aikana opitut asiat. Tarkastuskierrokset ovat hyvä tapa saada selville, ovatko toimintatavat vakiintuneet käyttöön. [11, s. 83–84.]

Viidennessä S-kirjaimen vaiheessa ylläpidetään järjestystä ja pidetään kiinni sovituista säännöistä. Ylläpitoa auttavat visuaaliset merkinnät, selkeät visuaaliset kuvalliset ohjeet

ja visuaalinen valvontamenettely. Kouluta, viesti, herätä, vastuuta, kierrätä ja seuraa ovat hyviä asioita toteutettavaksi tässä vaiheessa. [11, s. 83–84.]

Kuudes S-kirjain tarkoittaa turvallisuutta (safety). 5S-menetelmää, mihin on lisätty kuudes S-kirjain, kutsutaan 6S-menetelmäksi. Siisteys ja järjestys sekä työympäristön vakiointi lisäävät työympäristön ja toiminnan turvallisuutta. Turvallisuuden S-kirjaimen lisääminen edellyttää, että toimintatavan ja työpisteiden suunnittelun yhteydessä tehdään tai hyödynnetään vaaratekijöiden tunnistamista tai toiminnan riskien arviointia. [14, s. 18–19.]

Kuvassa 5 on esimerkki 5S-menetelmän käytöstä käytännössä. Vasemmanpuoleisessa kuvassa on tilanne ennen 5S-muutosta ja oikeanpuoleisessa kuvassa on tilanne 5S-muutoksen jälkeen. [14, s. 19.]



Kuva 5. Esimerkki 5S-menetelmän käytöstä. [14, s.19.]

4.3 Itsenäinen kunnossapito

Itsenäinen kunnossapito on yksi TPM-konseptin keskeisin idea. Laitetta käyttävät operaattorit tuntevat käyttämänsä laitteistot ja osaavat reagoida niissä ilmenneisiin vikoihin. Operaattoreilla on kykyä havaita poikkeavuudet laitetta käyttäessään. Operaattoreilla on kykyä ryhtyä nopeasti korjaaviin toimenpiteisiin poikkeavuuksien ilmaantuessa. Operaattoreiden tehtävänä on suorittaa rutiinitoimenpiteet, kuten tarkastukset, puhdistukset ja voitelut. [15.]

TPM:n ylläpitäminen visuaalisien kontrollien avulla helpottaa poikkeavuuksien havaitsemista. Sijoittamalla visuaalisia kontrolleja laitteiston kriittisiin kohtiin lyhennetään myös vianetsintään käytettyä aikaa. Esimerkiksi kiinnityksen kiristyksen löystyminen on helpposti ja nopeasti havaittavissa merkintöjen liikkuaessa erilleen (kuva 6). [16.]



Kuva 6. Kiristyksen löystyminen on helppo havaita visuaalisesti merkintöjen liikkuaessa erilleen. [16.]

Laitteisiin kiinnitettävät visuaaliset merkinnät helpottavat ja nopeuttavat poikkeamien havaitsemista. Seinään kiinnitetystä merkinnästä voidaan nopeasti havaita ketjun oikea kireys (kuva 7). [16.]



Kuva 7. Ketjun oikea kireys on helppo havaita nopeasti. [17.]

4.4 KNL-luku

KNL-luvun avulla seurataan ja mitataan tuotannon kokonaistehokkuutta. Lyhenne KNL (käytettävyys, tehokkuus ja laatu) tulee englanninkielisistä sanoista Overall Equipment Effectiveness (OEE). KNL-luku on yksi TPM-konseptin seurantaan kehitetty mittari. KNL on yksi osa TPM-ajattelutapaa, jolla pyritään saavuttamaan mahdollisimman täydellinen tuotanto ilman pysähdyksiä, hidastuksia tai vikoja. [11, s. 20–28.]

KNL-luvun laskemiseen käytetään kaavaa:

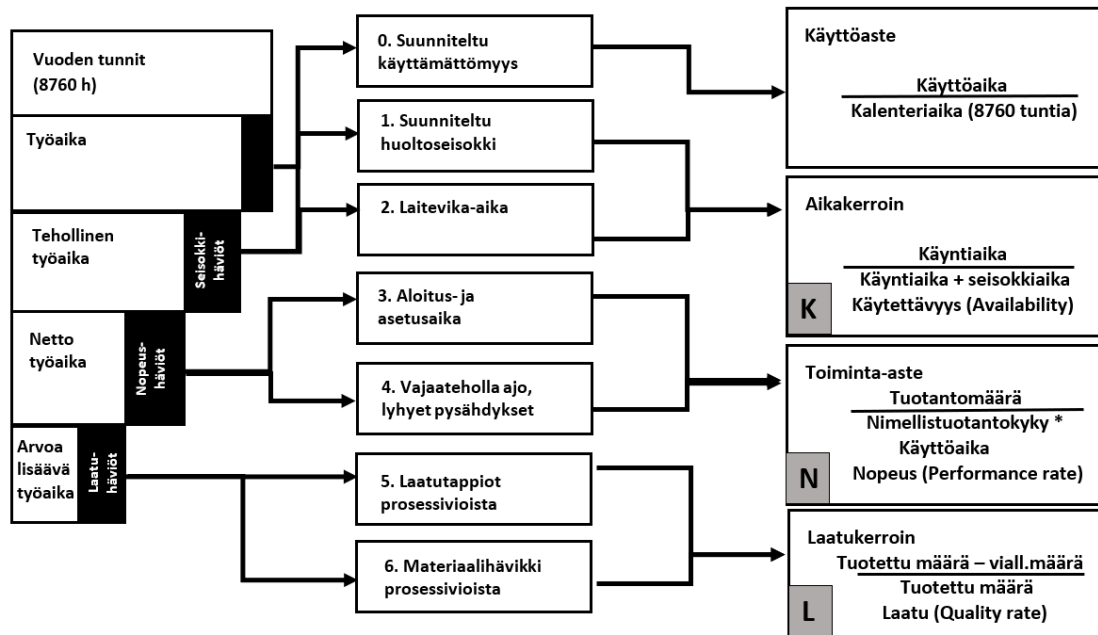
$$KNL = K \times N \times L \quad (1)$$

K on käytettävyys

N on nopeus

L on laatu. [11, s. 20–28.]

KNL-luvun osatekijät (K, N ja L) määritellään erikseen laskemalla aikakerroin, toiminta-aste ja laatukerroin (kuva 8). Korkea KNL-luku kertoo täydellisestä tuotannosta. Japan Institute of Plan Maintenance on esittänyt, että KNL-luvun tulisi olla 85 %. [11, s. 20–28.]



Kuva 8. KNL-luvun laskennan periaatteet. [11, s. 20.]

4.5 Kuusi suurta hävikkiä

Tuotantoprosessin kuusi suurta hävikkiä saadaan KNL-kaaviosta. Hävikit näkyvät konkreettisesti mittaustuloksissa. Hävikkien vastainen taistelu ja hävikkitarkastelu ovat viime vuosina korostuneet Lean-ajattelussa. Kuusi suurta hävikkiä ovat

- seisokit
- laitevika-aika
- aloitusaika ja asetusaika
- vajaalla teholla ajaminen ja lyhyet pysäytykset
- prosessioista johtuvat laatutappiot
- prosessioista johtuva materiaalihävikki. [11, s. 24–26.]

Tuottavan kunnossapidon keskeisin tavoite on hävikkien pienentäminen. TPM-periaatteen mukaiset taloudelliset tavoitteet saavutetaan pienentämällä kunnossapidon hävikkiä. Vikaseisokit katsotaan johtuvan epäonnistuneesta huollosta. Vikaseisokit tulisi pyrkiä poistamaan kokonaan, jos se on taloudellisesti kannattavaa. [11, s. 48–49.]

Lean-johtamisfilosofia (Lean Management) on otettu viime vuosina käyttöön useissa organisaatioissa. Lean Management -filosofia pohjautuu pitkälti TPM:ään, mutta laajentaa sitä merkittävästi käynnissäpidon ulkopuolelle. Hävikit, joita vastaan Lean Management -malli pyrkii taistelemaan, ovat ylituotanto, siirto, varasto, toimintaprosessi, odotus, korjaaminen ja liikkuminen (taulukko 2). [11, s. 48–49.]

Taulukko 2. Lean Management -mallin mukaiset hävikit. [11, s. 49.]

Hävikin tyyppi	Kuvaus
ylituotanto	prosessi tuottaa enemmän, aikaisemmin tai nopeammin kuin seuraava prosessi tarvitsee
siirto	jokainen siirto, joka ei lisää tuotteen arvoa
varasto	liian suuren varaston tai välivaraston hallinta
toimintaprosessi	tehdään enemmän töitä kuin on välttämätöntä sujuvan toiminnan saavuttamiseksi
odotus	ihmisten odottaminen ja säätöaika
korjaaminen	kaikki korjaukset ja ehostukset, jotka tehdään tuotteelle, jotta se täyttäisi asiakkaan vaatimukset
liikkuminen	kaikki liikkuminen osia tai työkaluja noutamaan

5 Kunnossapito-ohjelman suunnittelu

5.1 Vika

Vika on toiminto, jonka seurauksena kohteen kyky suorittaa vaadittuja toimintoja päättyy. Standardi PSK 6201 määrittelee vian seuraavasti:

Vika on tila, jossa kohde ei kykene suorittamaan vaadittuja toimintoja täydellisesti pois lukien ehkäisevän kunnossapidon, jonkin muun suunnitellun toimenpiteen tai ulkoisten resurssien puutteesta johtuvan toimintakyvyn takia. [7, s.15.]

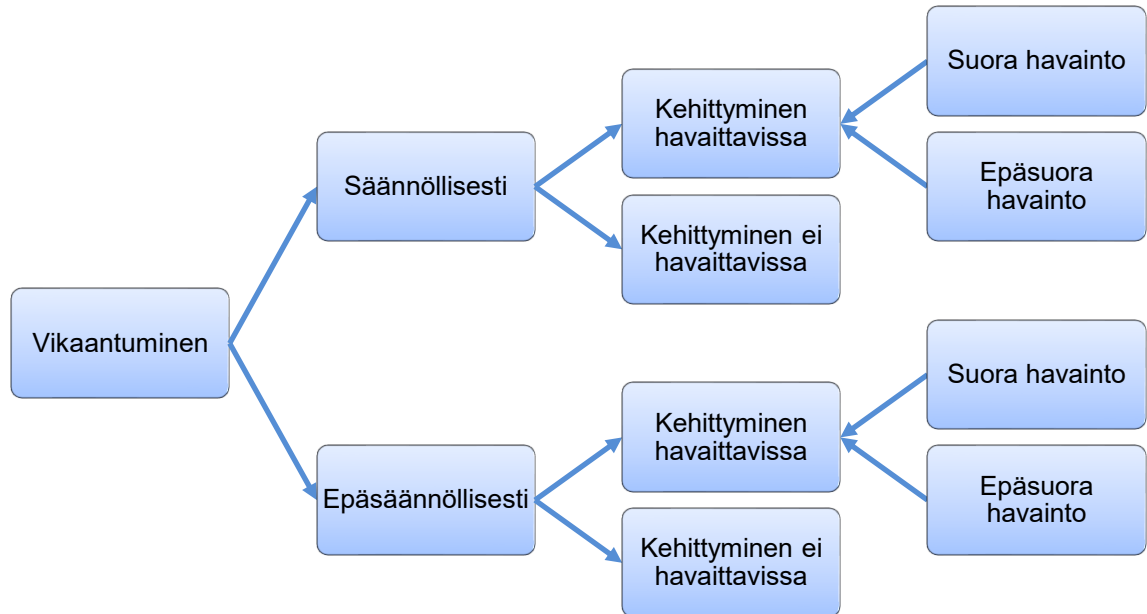
Vikaantumisella on useita muotoja (taulukko 3). Vikamuoto ilmaisee tavan, jolla kohde on kykenemätön suorittamaan toiminnan. Vikaantumisen käynnistävä heräte on nimeltään juurisyy. Vikaantuminen voi johtua esimerkiksi käyttövirheestä tai inhimillisestä erehdyksestä. [7, s. 15–16.]

Taulukko 3. Vikaantumiseen liittyviä käsitteitä ja termejä. [7, s. 15–16.]

Vikaantumisen käsite tai termi	Selite
vaurio	vikaantumisen seuraus
häiriö	vaatii välittömän korjaustarpeen, aiheuttaa tuotannon menetyksiä
vikamuoto	ilmaisee tavan, jolla kohde on kykenemätön suorittamaan toiminnan
vikaantumismekanismi	ilmaisee kohteen tavan, miten kohde on kykenemätön suorittamaan vaaditun toiminnon
vikaantumissy	vikaantumiseen johtanut syy
juurisyy	vikatoiminnon käynnistävä heräte
äkkivikaantuminen	vikaantuminen, jota ei osattu ennakoida etukäteen tarkastuksella tai valvonnalla
vähittäisvikaantuminen	ajan myötä tapahtuva asteittainen muutos kohteessa, vähittäisvikaantumista voidaan ehkäistä ja jopa välttää ehkäisevällä kunnossapidolla
kriittinen vika	todennäköisesti johtaa henkilöiden loukkaantumiseen, merkittäviin aineellisiin vahinkoihin, tuotannollisiin menetyksiin tai muihin vakaviin seurauksiin
vakava vika	vaikuttaa kohteen tärkeäksi arvioituihin toimintoihin
lievä vika	ei vaikuta mihinkään kohteen tärkeäksi määriteltyyn toimintoon
piilevä vika	havaitsematon vika kohteessa
käyttövirhe, inhimillinen erehdys	ihmisen suorittama toimenpide, jonka lopputulos ei ole aikeiden mukainen
varmennus	useamman kuin yhden toteutustavan olemassaolo tietyllä hetkellä vaaditun toiminnon suorittamiseksi
virheikäytön esto	laitteiden virheellisen käytön tai vaaran aiheuttamisen estävä järjestelmän toiminto tai tekninen ominaisuus

5.2 Vian kehittyminen

Vian kehittyminen voi tapahtua säännöllisesti tai epäsäännöllisesti. Vikapuussa (kuva 9) on esitetty vikojen kehittymismalli. Vian kehittymisen voi havaita suorasti tai epäsuorasti. Epäsuorasti havaittu vika havaitaan esimerkiksi tuotteista tai seuraavilta tuotantokoneilta. Vika voi myös kehittyä siten, ettei sen kehittyminen ole havaittavissa. [11, s. 140.]



Kuva 9. Vikapuu. [11, s. 140.]

Vian määrittelyn tietolähteinä voidaan käyttää käyttäjien kokemuksia, vikaistoriatietoja, varaosien kulutustietoja, kunnossapito- ja käyttöhenkilöstön kokemuksia, palveluntoimitajan kokemuksia ja laitetarkastuksien tarkastusmuistioista löytyviä tietoja. [11, s. 140.]

5.3 Vikojen syiden luokittelu

Vika aiheutuu tavallisimmin useasta eri syystä. Vikaantumisen päämekanismi on yleensä havaittavissa. Vikojen syiden kirjaaminen ja syiden tunteminen helpottavat vikaantumisen torjuntakeinojen paremman hallinnan. Taulukossa 4 on esitetty vikaantumisen periaatteellisia syitä. [18.]

Taulukko 4. Vikaantumisen periaatteelliset syyt. [18.]

Vikaantumisen syy	Selitys
Onnettomuus	Ulkoisista syistä johtuva törmäys, kastuminen, kemikaaleille altistuminen tms. Voi aiheuttaa joko välittömän vikaantumisen, tai voi olla tapahtuessaan täysin huomaamaton ja vaarattoman tuntuinen ja aiheuttaa kuitenkin vian alun.
Ylikuormitus	Kohteelle määrättyjen suoritusarvojen ylittäminen. Ylikuormitus voi olla mekaanista rasitusta, lämpötila, tehonsiirtoa, jännitettä, sähkövirtaa tai kemiallisia pitoisuuksia tms.
Korroosio	Useita esiintymismuotoja. Kaikessa kunnossapidossa keskeisesti esillä.
Väsyminen	Materiaalin väsyminen, joka johtuu joko kuormitusvaihtelusta tai lämpötilan vaihtelusta. Perustuu kappaleessa olevasta virheestä liikkeelle lähtevän särön kasvuun. Esimerkiksi kulkuneuvot, voimansiirto ja nostolaitteet.
Kuluminen	Seurausta kahden toisiinsa kosketuksissa olevan pinnan liukumisesta toisiinsa nähden. Esimerkiksi laakeripinnat, johteet tai saranat.
Abraasio	Pintaa naarmuttaa ja siitä hioo materiaalia pois kappale, jolla on suurempi kovuus. Esimerkiksi voitelemattomat tai ylikuormitetut laakeripinnat.
Eroosio	Pintaa kuluttavat suurella nopeudella virtaavassa nesteessä olevat kiinteät partikkelit.
Inhimillinen virhe	Voi aiheuta taitamattomuudesta eli koulutuksen puutteesta, välinpitämättömyydestä tai jopa tahallisesta tuottamuksesta.
Komponenttien "vanheneminen"	Voi johtua kemiallista tai muista syistä. Esimerkiksi kumituotteet, jotkin muovit tai paristot.

5.4 Vika-vaikutusanalyysi

Vika-vaikutusanalyysi (VVA) tutkii millaisia vikoja laitteeseen voi tulla, miten ne ilmenevät, mistä ne johtuvat ja mitä seurauksia niistä on koko tuotantolinjan toiminnalle. VVA-analyysin englanninkielinen termi on Failure Mode Effects Analysis (FMEA). VVA:lla pyritään tunnistamaan potentiaalisia vikaantumisia sekä niiden vaikutuksia ja seurauksia laitteiden ja järjestelmän toimintaan. Analyysissä selvitetään:

- Mitä laitteen ja sen osien kuuluu tehdä?
- Miten laite voi vikaantua toiminnallisesti?
- Kuinka vioittuminen tapahtuu?
- Miten kukin vika vaikuttaa toimintaan ja mitä seurauksia siitä on?
- Mitä voidaan tehdä vikaantumisen ehkäisemiseksi tai ennakoinniseksi? [11, s. 127–128.]

Taulukossa 5 on esitetty yksinkertainen VVA-malli. Monimutkaisempiakin VVA-malleja on löydettävissä kirjallisuudesta. Vian vaikutuksien seurauksien perusteella määritellään korjaavia toimenpide-ehdotuksia, joilla ennakoidaan, ehkäistään tai korjataan vikaantuminen. [11, s. 129.]

Taulukko 5. Mallipohja VVA-analyysin tekemiseen. [11, s. 129.]

Kone/Tuotantolinja:								
Toiminto	Laite	Osa	Kriittisyys	Laitteen tai osan toiminta: miten pitää toimia	Vikatilanne: miten toiminta poikkeaa tarkoituksesta	Vioittumistapa: kuinka vioittuminen tapahtuu, mistä johtuu	Vian vaikutukset	Vian seuraukset

5.5 Kunnossapidon toimenpiteiden määrittely

Kunnossapidon toimenpiteet määritellään kerättyjen vikatietojen perusteella. Toimenpiteet jaotellaan kolmeen ryhmään, jotka ovat tarkastus, huolto ja puhdistus. Taulukossa 6 on esitetty, minkälaiset toimenpiteet eri vikaantumisprosesseista todennäköisimmin tulevat käyttöön. Kunnossapito-ohjelman toimenpiteitä päätettäessä kaikkia mahdollisia toimenpiteitä ei aina kannata ottaa käyttöön. Halvan ja helposti vaihdettavan osan vikaantumisen mittaaminen voi vaatia hankalia toimenpiteitä tai viedä paljon aikaa ja jos vikaantuminen on säännöllistä, kannattaa osa vaihtaa määräajoin riittävän usein sen kunnosta riippumatta. Kalliimpien ja suuren korjaustyön vaativien osien kohdalla kannattaa panostaa mittaavaan ja tarkastavaan kunnossapitoon. [11, s. 141.]

Kunnossapidon toimenpiteiden määrittelyn jälkeen on päätettävä, suoritetaanko toimenpide käynnin vai seisokin aikana. Kunnossapidon suorittamiseen käytettävä aika on hyvä kirjata ylös ja hyödyntää tietoa kunnossapidon resurssien suunnittelussa. Kaikista kunnossapidon toimenpiteistä määritellään myös suoritusajaväli (käyttötunteina tai kalenteriaikana). [11, s. 141.]

Taulukko 6. Kunnossapidon toimenpiteiden valinta. [11, s. 141.]

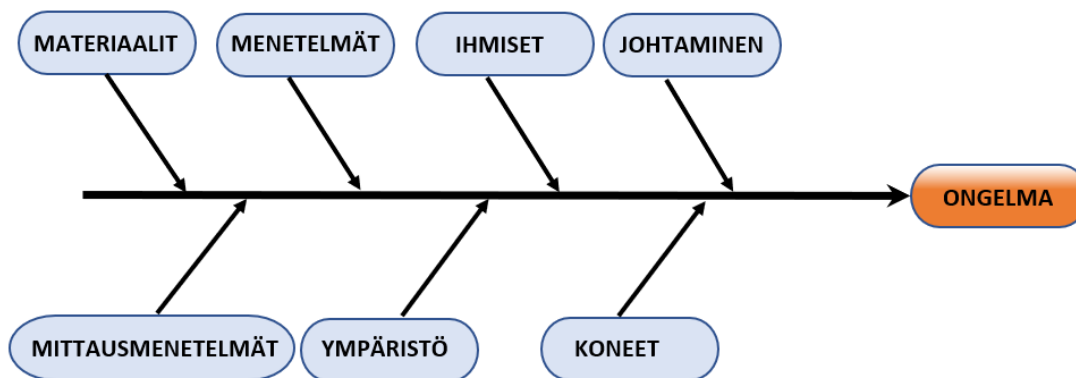
Vian kehittyminen	Kunnossapidon toimenpiteet	Tarvittavat laitteet
Säännöllinen, kehittyminen havaittavissa	Jatkuvaan osan kunnon mittaukseen perustuva seuranta tai järjestelmälliset puhdistukset, tarkastukset ja huollot (toimenpiteiden jaksotus määriteltävä).	Mitä mittaus- ym. laitteita tarvitaan kunnon seurantaan?
Säännöllinen, vian kehitys ei havaittavissa	Määräaikaiset osan vaihdot. Määräaikojen tulee perustua kokemuksiin vikaantumisesta. Vaihnettavien osien kuntoa on tarkastettava säännöllisesti.	
Epäsäännöllinen, kehittyminen havaittavissa	Jatkuvaan osan kunnon mittaukseen perustuva seuranta tai järjestelmälliset puhdistukset, tarkastukset ja huollot. Vikaantumisen epäsäännöllisyys on otettava huomioon seurantatiehyttä määriteltäessä.	Mitä mittaus- ym. laitteita tarvitaan kunnon seurantaan?
Epäsäännöllinen, kehittyminen ei havaittavissa	Käytetään, kunnes osa rikkoontuu. Osan nopea saanti ja vaihdettavuus on varmistettava.	

6 Laadun kehittämismenetelmät

Laadun kehittämiseen käytettäviä menetelmiä ovat esimerkiksi kalanruotokaavio, 5 x Miksi -menetelmä ja Gemba. Menetelmiä käytetään poikkeamien juurisyiden selvittämiseen. Suunnittele, toteuta, tarkista ja standardisoi (PDCA) -kehittämismenetelmällä vakiinnutetaan käyttöön sovitut toimenpiteet. Yksi Lean-filosofian keskeisimmistä tavoitteista on hukan vähentäminen. Käytännössä tämä ei aina ole helppoa toteuttaa. Haasteena on myös pyrkimys ratkaista poikkeamat tavalla, joka varmistaa, ettei poikkeama enää toistu. [19.]

6.1 Kalanruotokaavio

Kalanruotokaaviota (kuva 10) käytetään ongelmien ratkaisuun tai asioiden luokitteluun. Kalanruotokaavio tunnetaan myös nimellä syy- ja seurauskaavio tai Ishikawa-diagrammi. Kaavio on Kaoru Ishikawan 1960-luvulla kehittämä menetelmä, mikä mahdollistaa tiimille mahdollisten syiden tunnistamisen, tutkimuksen ja graafisen esittämisen. [20.]



Kuva 10. Kalanruotokaavio. [19, s. 323.]

Kalanruotokaavion täyttäminen aloitetaan kirjaamalla tutkittava ongelma kaavion pätyyn. Selkäruodosta lähteviin haaroihin kirjataan ongelman aiheuttajat ja syyt. Kaavion yleisenä rakenteena käytetään niin sanottua kuuden M:n kategoriaa: menetelmät (methods), henkilöstö (man), koneet (machines), materiaalit (materials), mittaussysteemi (measurement) ja ympäristö (mother nature). Uudistetummassa kategorisoinnissa käytetään ryhmittelyä: laitteet, prosessit, ihmiset, materiaalit, ympäristö ja johtaminen. [20.]

6.2 5 x Miksi -menetelmä

5 x Miksi -menetelmässä kysytään viisi kertaa miksi. Menetelmän avulla pyritään löytämään havaitun ongelman todellinen syy eli juurisyy. 5 x Miksi -menetelmällä pystytään analysoimaan vain tarkasti yksilöityjä, yksittäisiä poikkeamia. Yleensä tarvitaan paljon käytännön harjoittelua, jotta menetelmän käyttämisessä tulisi hyväksi. [19, s. 319–322.]

5 x Miksi -menetelmässä päästään jokaisella kysymyksellä lähemmäksi poikkeaman juurisyytä. Ensimmäinen kysymys on yleensä helppo muodostaa. Kun ensimmäiseen kysymykseen on löydetty vastaus, esitetään toinen kysymys. Toiselle kysymykselle etsitään uusi vastaus, jonka jälkeen esitetään jälleen uusi kysymys. Tätä toistetaan, kunnes päästään viidenteen kysymykseen. Mitä pidemmälle kysymyksissä edetään, sitä vaikeampaa on löytää oikeaan suuntaan vieviä kysymyksiä. Viidennen kysymyksen kohdalla saadaan selville juurisyy, eli korjattava asia. [19, s. 319–322.]

6.3 Gemba

Gemba (kirjoitetaan joskus myös Genba) on japania, ja se tarkoittaa ”todellista paikkaa”, eli paikkaa, missä työ tapahtuu ja arvoa luodaan. Näkemällä ja arvioimalla asiat paikan päällä pystytään muodostamaan yhdessä omat ratkaisut. [19, s. 121.]

6.4 PDCA-kehittämismenetelmä

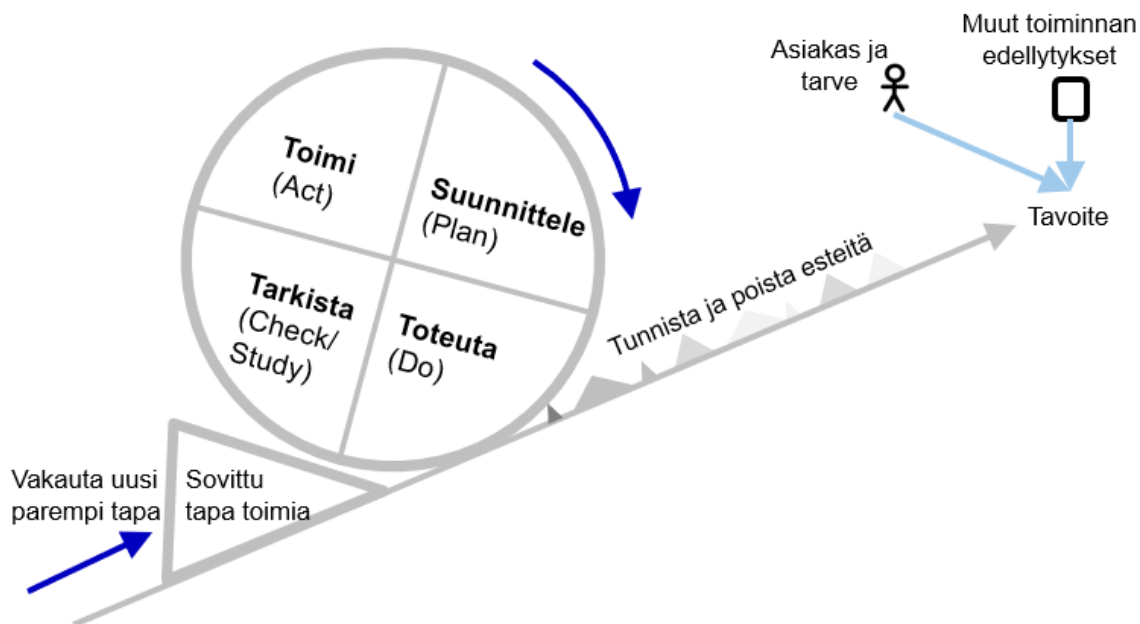
PDCA on järjestelmällinen kehittämistyön menetelmä. PDCA-syklissä tehdään jatkuvasti pieniä parannuksia. Lyhenne PDCA tulee englanninkielisten sanojen alkukirjaimista

- plan (suunnittele)
- do (toteuta)
- check (tarkista)
- act (käyttöönotto). [21.]

Suunnitteluvaiheessa asetetaan tavoite ja tehdään suunnitelma tarvittavista toimenpiteistä. PDCA-syklissä suunnitteluvaihe vie tavallisesti eniten aikaa. Suunnitteluvaiheessa määritellään selkeästi juurisyy, eli mitä ollaan parantamassa. Viestintä on tärkeä osa suunnitteluvaihetta, jotta kaikki osallistujat saavat tarvittavat tiedot ja sen myötä mahdollisuuden vaikuttaa kehittämistyöhön. [19, s. 177–180.]

Kun suunnitteluvaihe on tehty ja kaikki tietävät, miten tulee toimia, aloitetaan toimimaan suunnitelman mukaisesti. Tarkastusvaiheessa arvioidaan, mikä uudessa toimintatavassa toimii hyvin, saatiinko juurisyyllä korjaava toimenpide käyttöön ja mitä opittiin tulevien kehityssuunnitelmien kannalta. [19, s. 177–180.]

Käyttöönottovaiheessa vakiinnutetaan uusi käytäntö. Jotta uusi sovittu taso saadaan säilytettyä, sitoutuvat kaikki noudattamaan uutta sovittua toimintatapaa (kuva 11). Tämän jälkeen PDCA-ympyrä sulkeutuu ja kehitys jatkuu uuden poikkeaman tunnistamiseen jälkeensä uuteen suunnitteluvaiheeseen. [19, s. 177–180.]



Kuva 11. PDCA-menetelmällä otetaan uusi sovittu toimintatapa pysyvästi käyttöön. [21.]

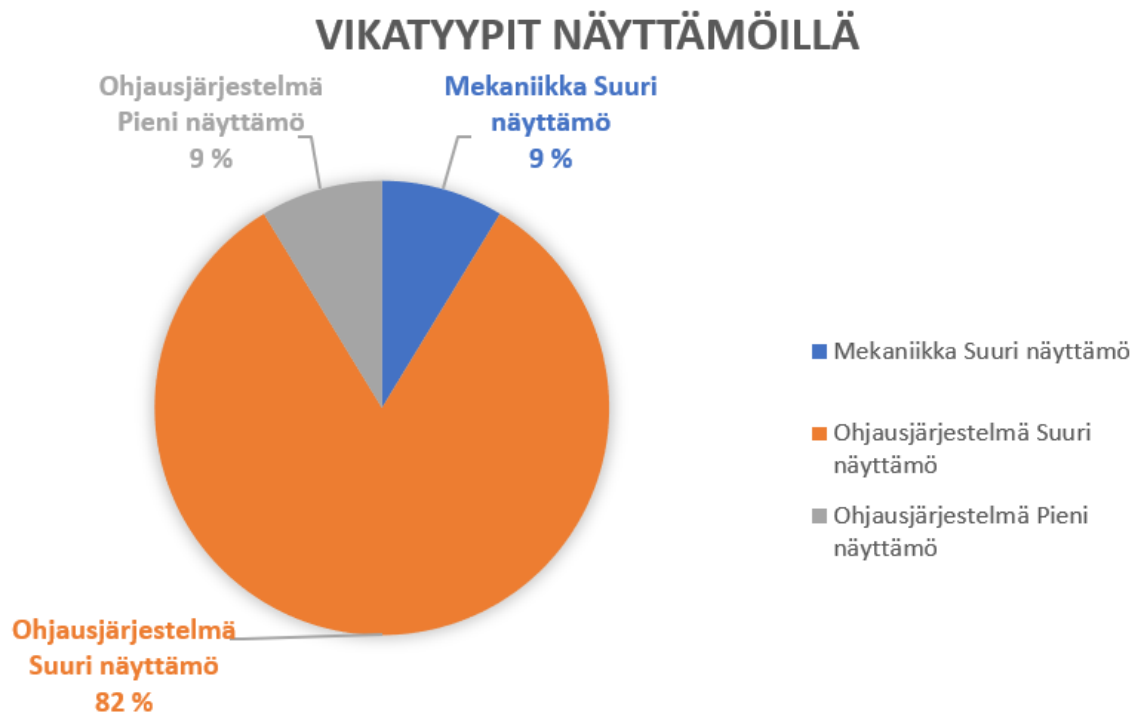
7 Nykytila

Nykytilan kartoitus tehtiin haastattelemalla henkilöstöä ja tutustumalla laitteistojen toimintaan sekä analysoimalla vikatietohistoriaa. Kartoituksen aikana tutustuttiin myös aikaisempien vuosien huoltoraportteihin ja laitevalmistajien HKT:lle toimittamiin materiaaleihin.

Vuosihuollot tilattiin ulkopuoliselta toimittajalta. Ulkoistettujen huoltojen toimittajia olivat Waagner Biro, Insta ja Ypäjän Metall. Vuosihuoltojen lisäksi näyttämötekniikalle suoritettavat korjaustoimenpiteet rajoituivat lähinnä akuuttiin kunnossapitoon. Operaattorit suorittivat säännöllistä kunnonvalvontaa näyttämötekniikan vuokralaitteistolle. Omille laitteistoille ei suoritettu säännöllistä kunnonvalvontaa.

Laitteistojen vikatilanteista oli kerätty suppea vikatietohistoria. Järjestelmällinen tapa kerätä vikatietoja puuttui kokonaan. Vikatietohistorian perusteella laitteistossa esiintyvistä vioista 91 % oli ohjauksjärjestelmän vikoja ja 9 % mekaniikkavikoja. Viat jakautuivat

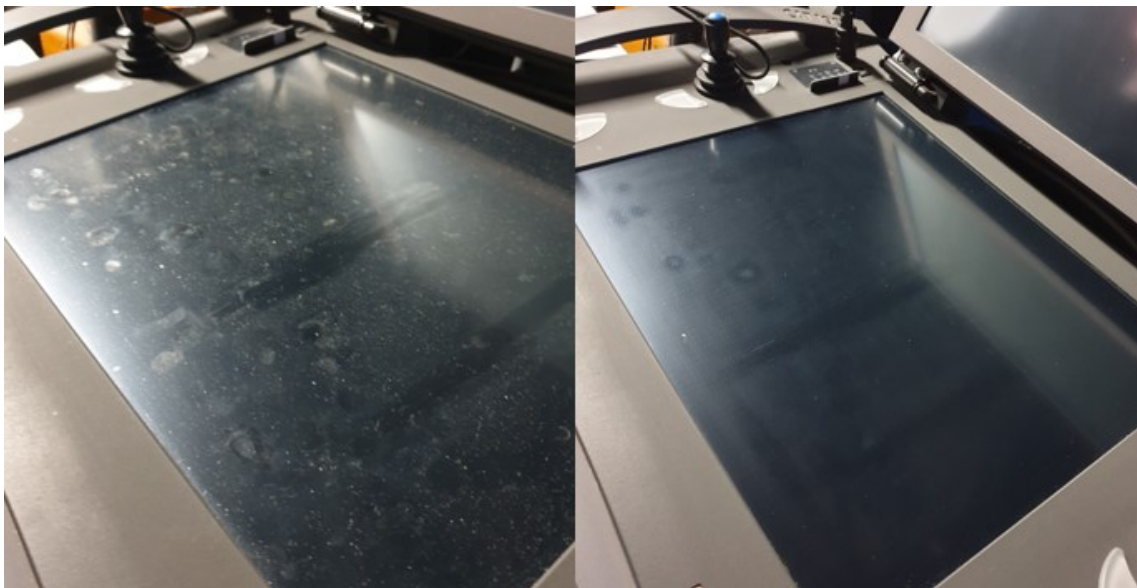
näyttämöiden välillä siten, että 82 % oli SN-ohjausjärjestelmän vikoja, 9 % oli SN-mekaanikkavikoja ja 9 % oli PN-ohjausjärjestelmän vikoja (kuva 12).



Kuva 12. Vikatyytit näyttämöillä.

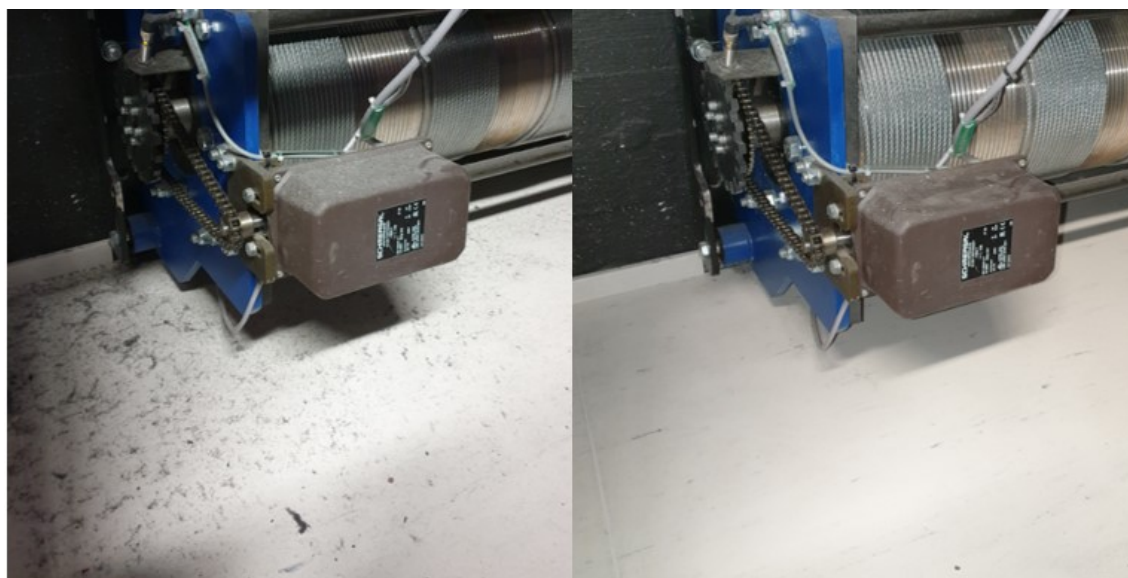
Laitteistojen puhdistustoimenpiteitä suoritettiin satunnaisesti tai ei ollenkaan. Näyttämöiden alustan ja tuuletinsuodattimien puhdistus suoritettiin määräajoin. Tuulettimien suodattimia vaihdettiin suunnittelemattomasti. Puhdistustoimenpiteiden suorittamisajankoh-
tia ja suoritettuja toimenpiteitä ei kirjattu järjestelmällisesti muistiin.

Nykytilan kartoituksen aikana suoritettiin pienimuotoisia siivoustoimenpiteitä. Kuvassa 13 on esitetty esimerkki kosketusnäytön puhdistuksesta. 5S-menetelmän noudattaminen HKT:llä vaatii vielä ponnisteluja ja sitoutumista tuottaakseen tuloksia. 5S-menetelmän puutteellinen noudattaminen hankaloitti TPM-kunnossapidon toteuttamista.



Kuva 13. Vasemmanpuoleisessa kuvassa on kosketusnäyttö ennen puhdistusta ja oikeanpuoleisessa kuvassa puhdistuksen jälkeen.

Siivouspalveluiden piiriin kuulumattomissa tiloissa ei suoritettu säännöllistä siivousta (esimerkiksi konehuoneet). Kuvassa 14 on esitetty esimerkki nykytilan kartoituksen yhteydessä tehdystä konehuoneen lattian puhdistamisesta.



Kuva 14. Vasemmanpuoleisessa kuvassa on konehuoneen lattia ennen siivousta ja oikeanpuoleisessa kuvassa siivouksen jälkeen.

Helsingin kaupunginteatterin näyttämötekniikan laitteiston kunnossapidon toiminnasta puuttui selkeät toimintaohjeet, vastuuhenkilöt sekä suunnitelmalliset tavat toimia. Säännöllisten huoltopäivien puuttuminen koettiin hankaloittavan näyttämötekniikan kunnossapitoa ja kunnossapitotehtävien suunnittelua sekä huoltotehtävien suorittamista.

8 Huoltotoimenpiteiden kartoitus ja huoltotoimenpiteet

8.1 Huoltotoimenpiteiden määrittely

Huoltotoimenpiteiden määrittely tehtiin etsimällä tiedot laitevalmistajien materiaaleista ja laitevalmistajien HKT:lle toimittamista luovutusaineistoista. Henkilökunnan haastatte- luista sekä edellisten vuosien huoltoraporteista selvisi puhdistusta ja tarkastusta vaativat kohteet. Vikatietohistorian perusteella ei voitu määrittellä huoltotoimenpiteitä, koska vika- tietohistorian kerääminen ei ole ollut säännöllistä. Tuuletinsuodattimien vaihto- ja puh- distusvälin määrittelyyn käytettiin 5 x Miksi -menetelmää ja järjestettiin Gemba. Tuuletin- suodattimien vaihto- ja puhdistusvälin määrittelyssä käytettiin apuna myös käyttäjän ai- kaisempia kokemuksia.

8.2 5 x Miksi

5 x Miksi -menetelmällä etsittiin syitä konehuoneiden ja pyörivän näyttämön tuuletin- suodattimien kontaminoitumiseen. Kaikissa tiloissa, joissa tuuletinsuodattimia sijait- si, ei saatu juurisyytä selville 5 x Miksi -menetelmällä. Gemba-kävelyn aikana todettiin, että kaikki tuuletinsuodattimet eivät tukkeudu. Lisäksi todettiin, että osa tuuletinsuodattimista ei tarvitse normaalia tiheämpää vaihtoväliä ja pystyttiin määrittelemään tieämmin vaih- dettavat suodattimet. Gemba-kävelyllä todettiin, että jatkuvasti päällä olevien tuuletti- mien suodattimet tukkeutuivat nopeammin kuin vähällä käytöllä olevien tuulettimien suo- dattimet. Savukoneen ja pyrotekniikan aiheuttama kontaminaatio koettiin ongelmaksi ja todennäköiseksi syyksi köysiullakon ja pyörivän näyttämön tuuletinsuodattimien konta- minoitumiseen.

Pienen näyttämön konehuoneiden osalta 5 x Miksi -menetelmällä päästiin viidenteen kysymykseen asti (taulukko 7). Korjaavaksi toimenpiteeksi määriteltiin kertaluontoinen pölyn poisto. Lisäksi määriteltiin suoritettavaksi säännöllisiä ylläpitosiivoustehtäviä.

Taulukko 7. PN (konehuone 310a) 5 x Miksi -kysymykset ja vastaukset.

5 x Miksi?	Kysymys	Vastaus
Ensimmäinen miksi?	Miksi suodattimia joudutaan vaihtamaan useammin kuin 2–3 vuoden välein?	Koska suodattimet tukkeutuvat enenaikaisesti.
Toinen miksi?	Miksi suodattimet tukkeutuvat enenaikaisesti?	Koska konehuoneessa on paljon pölyä.
Kolmas miksi?	Miksi konehuoneessa on paljon pölyä?	Koska konehuoneessa ei ole siivottu.
Neljäs miksi?	Miksi konehuoneessa ei ole siivottu?	Koska siivooja ei ole käynyt siivoamassa.
Viides miksi?	Miksi siivooja ei ole käynyt siivoamassa?	Koska huoneen siivous ei kuulu siivoojan siivousalueeseen.

8.3 Huoltotoimenpiteet

Tässä luvussa kerrotaan nykytilan kartoituksen perusteella esimerkkejä ehdotetuiksi enakkohuoltotoimenpiteiksi ja huoltotoimenpiteiden suoritusväleiksi. Määräaikaishuoltojen tehtävät ja suoritusvälit perustuvat laitevalmistajien materiaaleihin. Huoltotoimenpiteet saa suorittaa vain ammattihenkilö.

TPM-tarkastuslistat

Operaattoreiden tehtäviksi määritellyt 6S-tehtävät ja tarkastustoimenpiteet (taulukko 8) määriteltiin suoritettavaksi päivittäin ja viikoittain.

Taulukko 8. Operaattoreiden tehtävälista ja suoritusvälit.

Tehtävä	Suoritusväli	
	1 x pv	1 x vko
kosketusnäyttöjen puhdistus	x	
näyttämön alatilan imurointi ja turvareunojen puhdistus, jos likaantumisriski on olemassa	x	
kaikkien liikkuvien osien vapaan liikkuvuuden tarkastus	x	
löytykö irronneita tai törmänneitä osia	x	
konehuoneen lattian puhdistus		x
löytykö 6S-poikkeamia		x

Taulukossa 9 on esitetty tarkastuskierroksen kysymyslista. Tarkastuskierros määriteltiin suoritettavaksi kerran kuukaudessa.

Taulukko 9. Tarkastuskierroksen kysymyslista.

Tehtävä	Kyllä	Ei	Huomiot
Löytyykö epätavallista pölyä tai likaa?			
Löytyykö vuotoja (esim. öljyvuotoja)?			
Löytyykö löysiä tai irronneita osia?			
Löytyykö ruostetta?			
Löytyykö törmänneitä osia?			
Kuuluuko epätavallisia ääniä?			
Tuntuuko tai kuuluuko epätavallista tärinää?			
Löytyykö epämuodostumia?			
Löytyykö tavallisuudesta poikkeavaa?			
Löytyykö epätavallisia kulumia?			
Löytyykö puuttuvia osia?			
Löytyykö väärin kohdistettuja tai asennettuja osia?			
Näkyykö tai tuntuuko heilumista?			

Ohjausjärjestelmän fyysiset yksiköt

Ohjausjärjestelmän huoltotoimenpiteet ja suoritusvälit on esitetty taulukossa 10. Huolto-toimenpiteet saa suorittaa vain ammattihenkilö. Ohjausjärjestelmän toiminnallisiin tarkastuksiin kuuluu muun muassa ohituskytkinten ja ajonsallintapainikkeiden tarkastus sekä korkeusantureiden lukemien tarkastus ja kalibrointi. Ohjauspöydistä tulee tarkastaa huollon yhteydessä ulkoiset sähköliitännät ja mekaaniset osat. Huoltoon kuuluu myös puhdistus, silmämääräinen tarkastus ja toimintatesti.

Taulukko 10. Ohjausjärjestelmän huoltotoimenpiteet ja suoritusvälit.

Tehtävä	Suoritusväli			
	1 x pv	1 x v	1 x 2 v	1 x 5 v
kosketusnäyttöjen puhdistus	x			
kaikkien liikkuvien osien vapaan liikkuvuuden tarkastus	x			
PC:n keskusyksiköiden puhdistus		x		
UPS-yksiköiden puhdistus			x	
suodatintuulettimien puhdistus ja vaihto tarvittaessa		x		
logiikkayksiköiden puhdistus				x
UPS-akustoiden vaihto				x
logiikan paristojen vaihto				x
turvapiirien toiminnan tarkastukset			x	
ohjausjärjestelmän toiminnalliset tarkastukset		x		
varataajuusmuuttajan tarkastus			x	
palvelimien A ja B vuosihuolto		x		
ohjauskaappien kunnon tarkastus		x		
sähkökaapin kunnon tarkastus		x		
vara-AXIO:n toiminnan testaus		x		
ohjauspöytien huolto ja toiminnan testaus		x		

HMI-kosketusnäyttöjen puhdistus

HMI-laitteistot on suunniteltu vähän huoltoa tarvitseviksi laitteiksi. Kosketusnäyttö tulee puhdistaa säännöllisin väliajoin. Kosketusnäyttöä ei tule painaa terävillä esineillä, eikä näyttöön tule aiheuttaa painetta millään kovalla esineellä. Kosketusnäyttöä tulee painaa vain sormella tai kosketusnäytön operoimiseen tarkoitettulla kynällä. [22, s. 105.]

Paineilman tai höyryn käyttö puhdistusmenetelmänä vaurioittaa näyttöä. Vahvat pesuliuokset ja hankausaineet vahingoittavat näyttöä. [22, s. 236.]

HMI-näytön puhdistusohje suoritetaan laitevalmistajan suosituksen mukaisesti:

- Sammuta HMI-yksikkö tai lukitse näyttö.
- Suihkuta puhdistusainetta puhdistusliinaan. Älä suihkuta puhdistusainetta suoraan näytölle.
- Puhdista HMI-näyttö pyyhkimällä näyttö Z-kirjaimen muotoisella liikkeellä.
- Kuivaa näyttö kuivalla liinalla poistaaksesi ylimääräiset puhdistusaineen jäämät. [23].

Pistenostimet

Pistenostimien huoltotoimenpiteitä ja suoritusvälejä on esitetty taulukossa 11. Huoltotoimenpiteet saa suorittaa vain ammattihenkilö.

Taulukko 11. Pistenostimien huoltotoimenpiteet ja suoritusvälit.

Tehtävä	Suoritusväli		
	1 x v	1 x 4 v	1 x 10 v
jarrujen tarkastus	x		
koneiston kiinnitysten tarkastus	x		
vaijereiden kunnon ja kiinnitysten tarkastus	x		
öljymäärän tarkastus ja öljyvuojojen tarkastus	x		
laakereiden kunnon tarkastus ja voitelu	x		
laakeriyksiköiden voitelu			x
kelautumisvahdin toiminnan tarkastus ja välyksen säätö tarvittaessa	x		
rajakytkimien kiinnityksien ja toiminnan tarkastus	x		
absoluutti-, inkrementti- ja vaaka-anturin kiinnitysten tarkastus	x		
taittopyörästäön kunnon tarkastus	x		
nostimen koekuormitus ja jarrujen pidätyskyvyn tai momentin tarkastus		x	
nostimen koekuormitus ja jarrujen pidätyskyvyn tai momentin tarkastus eniten käytetyille laitteille			x
vaihteen öljynvaihto			x
hammashihnojen kireyden ja kuluneisuuden tarkastus	x		
hammashihnojen vaurioiden ja likaantumisen tarkastus	x		
köysirattaiden tarkastus	x		
köysirumpujen vaijereiden kiinnityksien kiristys	x		
köysirumpujen kelautumisen tarkastus	x		
vaijereiden kiinnityksien ja kulumien tarkastus	x		
vaihteiston kunnon tarkastus	x		
rajakytkimien kunnon tarkastus	x		

Tankonostimet

Tankonostimien huoltotoimenpiteitä on esitetty taulukossa 12. Huoltotoimenpiteet saa suorittaa vain ammattihenkilö. Vaihteen öljynvaihtoväli (7 tai 10 vuotta) suoritetaan käytetyn öljyalaadun mukaisesti.

Taulukko 12. Tankonostimien huoltotoimenpiteet ja suoritusväli.

Tehtävä	Suoritusväli			
	1 x v	1 x 4 v	1 x 7 v	1 x 10 v
jarrujen tarkastus	x			
koneiston kiinnitysten tarkastus	x			
vaijereiden kunnon ja kiinnitysten tarkastus	x			
öljymäärän tarkastus ja öljyvuootojen tarkastus	x			
laakereiden kunnon tarkastus ja voitelu	x			
trapetsiruuvin ja -mutterin kiinnityksen tarkastus	x			
kelautumisvahdin toiminnan tarkastus ja vällyksen säätö tarvittaessa	x			
vaihteistorajakytkimen kiinnityksen ja toiminnan tarkastus	x			
absoluutti-, inkrementti- ja vaaka-anturin kiinnitysten tarkastus	x			
taittopyörästäön kunnon tarkastus	x			
tangon kiinnityksien kiristys ja tangon suoristus tarvittaessa	x			
nostimen koekuormitus ja jarrujen pidätyskyvyn tai momentin tarkastus		x		
nostimen koekuormitus ja jarrujen pidätyskyvyn tai momentin tarkastus eniten käytetyille laitteille				x
vaihteen öljynvaihto (käytetyn öljyn mukaisesti)				x
vaihteen öljynvaihto (käytetyn öljyn mukaisesti)			x	
vaijerin kelautumisen tarkastus	x			
moottorin toiminnan tarkastus	x			
vaihteiston käyntiäänien tarkastus	x			
löysän köyden valvonnan tarkastus	x			
taajuusmuuttajien sähkö- ja elektroniikkalaitteiden visuaalinen tarkastus	x			
koekäyttö	x			
vastapainojen kunnon tarkastus	x			
kiinteiden ja liikkuvien teräsrakenteiden tarkastus	x			
johteen tarkastus tangon päistä	x			

Pyörivän näyttämön koneistot

Taulukoissa 13 ja 14 esitetään pyörivän näyttämön ja lattianostimen huoltotoimenpiteitä sekä suoritusvälit. Huoltotoimenpiteet saa suorittaa vain ammattihenkilö.

Taulukko 13. Pyörivän näyttämön huoltotoimenpiteet ja suoritusvälit.

Tehtävä	Suoritusväli			
	1 x pv	1 x v	1 x 4 v	1 x 10 v
turvareunojen puhdistus, jos likaantumisriski on olemassa	x			
pyörivän näyttämön alustan puhdistus		x		
jarrujen tarkastus		x		
koneiston kiinnitysten tarkastus		x		
öljymäärän tarkastus ja öljyvuotojen tarkastus		x		
turvalaitteiden toiminnan tarkastus		x		
paikoitusanturin kiinnityksen ja toiminnan tarkastus		x		
liukurengaspakan toiminnan tarkastus		x		
kulkupyörästäön kunnon tarkastus		x		
keskilaakerin tarkastus ja voitelu			x	
vaihteen öljynvaihto				x

Taulukko 14. Lattianostimen huoltotoimenpiteet ja suoritusvälit.

Tehtävä	Suoritusväli		
	1 x v	1 x 4 v	1 x 10 v
jarrujen tarkastus	x		
koneiston kiinnityksen tarkastus	x		
öljymäärän tarkastus ja öljyvuotojen tarkastus	x		
kardaaniakselin tarkastus ja voitelu	x		
turvalaitteiden toiminnan tarkastus	x		
vaihteistorajakytkimen kiinnityksen ja toiminnan tarkastus	x		
absoluutti- ja inkrementtianturin kiinnityksen tarkastus	x		
serapid-keijujen tarkastus ja rasvaus	x		
nostimen koekuormitus ja jarrujen pidätyskyvyn- tai momentin tarkastus		x	
nostimen koekuormitus ja jarrujen pidätyskyvyn- tai momentin tarkastus eniten käytetyille laitteille			x

Anturit

Anturit ovat valmistajien mukaan lähes huoltovapaita. Huoltotoimenpiteet saa suorittaa vain ammattihenkilö. Vuosittain suoritettavat huoltotoimenpiteet ovat:

- Rajakytkimille suoritetaan vuosittain puhdistus ja kiinnityksen tarkastus sekä toiminnan testaus.
- Pulssiantureille ja absoluuttiantureille suoritetaan kiinnityksen tarkastus ja toiminnan testaus.
- Turva-antureiden kiinnityksen tarkastus. Tarkastetaan, että antureita ei ole käyty peukaloimassa.

Tuulettimet ja suodattimet

Tuulettimien ja suodattimien ennakkohuoltotoimenpiteet on esitetty taulukossa 15. Kaikissa tuulettimissa ei ole vaihdettavaa suodatinta. Tuulettimille, missä ei ole vaihdettavia suodattimia tulee suorittaa puhdistus säännöllisesti. Puhdistus- ja tarkastusajankohdat, toimenpiteiden suorittajat sekä suoritusajankohdat tulee kirjata muistiin.

Taulukko 15. Tuuletinsuodattimien ennakkohuoltotoimenpiteet ja suoritusvälit.

Tehtävä	Suoritusväli		
	1 x kk	2 x v	1 x v
siivous niille tiloille, mitkä eivät kuulu siivoussopimukseen	x		
tuulettimien toiminnan tarkastus (kaikki kohteet, missä on tuulettimia)		x	
tuuletinsuodattimien puhdistus (köysiullakon sivuseinän tankonostimet)		x	
konehuoneen pölyn poisto		x	
tuuletinsuodattimien kunnon tarkastus, vaihto tarvittaessa			x

9 Yhteenveto

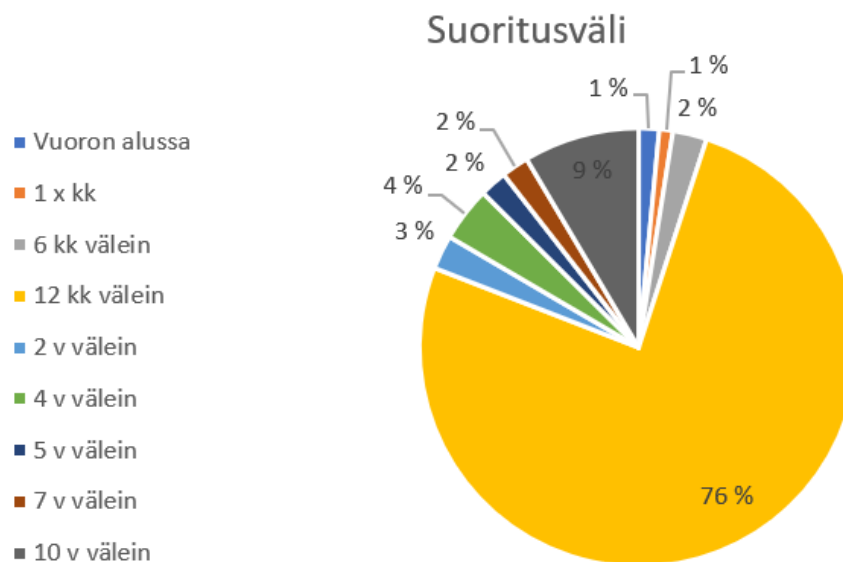
Insinööriyössä laadittiin ennakkohuoltosuunnitelma Helsingin kaupunginteatterin päänäyttämöiden näyttämötekniikalle perustuen TPM-filosofiaan. Ennakkohuoltosuunnitelma soveltuu HKT:n tämänhetkisten näyttämötekniikan laitteiden huoltosuunnitelmaksi. Huoltosuunnitelma sisältää ennakkohuoltotehtäviä ja määräaikaishuoltotehtäviä.

Huoltotehtävät ovat ammattitaitoa vaativia tehtäviä. Huoltotehtävät saa suorittaa vain ammattihenkilö.

Työn alussa tehtiin nykytilan kartoitus ja data-analyysi. Työssä esitetty data-analyysi perustuu käyttäjien manuaalisesti keräämään suppeaan vikatietohistoriaan, jonka vuoksi data-analyysin tuloksia ei voida pitää luotettavina. Laitteistojen keräämän lokitietojen puuttuminen hankaloitti data-analyysin suorittamista, eikä perusteellista data-analyysiä pystytty suorittamaan. Koska data-analyysin tulokset eivät olleet luotettavia, vikatietohistoriaa ei käytetty huoltotoimenpiteiden määrittelyn lähteenä.

Huoltotoimenpiteiden laadinnassa käytettiin apuna aikaisempien vuosien huoltoraportteja, laitevalmistajien manuaaleja, laitevalmistajien Helsingin kaupunginteatterille luovutettavia materiaaleja ja Lean-filosofiaan perustuvia kehittämismenetelmiä, kuten Gemba ja 5 x Miksi -menetelmiä. 5 x Miksi -menetelmä soveltui hyvin PN-konehuoneen tuuletin-suodattimien kontaminaatio-ongelman selvittelyssä ja juurisyy saatiin selville.

Insinööriyössä laadittu huoltosuunnitelma oli laaja ja kattava. Huoltosuunnitelman huoltotoimenpiteet jakautuivat siten, että 76 % huoltotoimenpiteistä määriteltiin suoritettavaksi kerran vuodessa (kuva 15).



Kuva 15. Huoltosuunnitelman tehtävien suoritusvälien jakautuminen.

Loput huoltotoimenpiteistä (24 %) määriteltiin suoritettavaksi kerran päivässä (vuoron alussa) tai kerran kuukaudessa, kahdesti vuodessa, kahden, neljän, viiden, seitsemän tai kymmenen vuoden välein.

Teatteriympäristössä esiintyy erilaisia kontaminaation lähteitä. Teatterissa käytetään paljon tekstiilejä, joista irtoaa pölyä. Savukoneen ja pyrotekniikan aiheuttamalta kontaminaatiolta ei voida teatteriympäristössä välttyä. Vaikka TPM-ohjelmaa sovellettaisiinkin vain osittain, voidaan 5S- ja 6S-menetelmän ylläpitämisellä saada merkittäviä parannuksia laitteistojen toimintaan.

Lähteet

- 1 Tietoa teatterista. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunginteatteri. <<https://hkt.fi/tietoa-teatterista/>>. Luettu 28.2.2021.
- 2 Grönholm, Birger. 1988. Tekniikkaa näyttämöllä. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- 3 Stage systems. Verkkoaineisto. Waagner Biro. <<https://www.waagner-biro-stage.com/en/solutions/>>. Luettu 12.5.2021.
- 4 Stage Systems. 2013. Verkkoaineisto. Waagner Biro. <<http://docplayer.net/41418845-Waagner-systems-biro-stage-systems-stage-control.html>>. Luettu 7.3.2021.
- 5 HKT luovutusaineisto. 303179-201.pdf. 2018. Yrityksen sisäinen dokumentti. Helsingin kaupunginteatteri.
- 6 HKT luovutusaineisto. Whisper_kayttoohje. 2017. Yrityksen sisäinen dokumentti. Helsingin kaupunginteatteri.
- 7 PSK 6201. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 2011. PSK Standardisointiryhdistys ry.
- 8 Tuominen, Kari. 2010. Lean Tehoa ja laatua kunnossapidon kehittämiseen. Helsinki: Readme.fi.
- 9 Tuottava kunnossapito. Verkkoaineisto. Opetushallitus. <http://www03.edu.fi/opimateriaalit/kunnossapito/perusteet_5-4_tuottava_kunnossapito.html>. Luettu 8.2.2021.
- 10 Nakajima, Seiichi. 1988. Introduction to TPM. Portland: Productivity Press.
- 11 Laine, Hannu S. 2010. Tehokas kunnossapito tuottavuutta käynnissäpidolla. Ke-rava: Savion Kirjapaino Oy.
- 12 Paajanen, Juho. 2015. PUUNJALOSTUSKONSERNIN TEHTAIDEN KÄYTTÄJÄ-KUNNOSSAPIDON NYKYTILANTEEN SELVITYS- JA KEHITYSTYÖ. Insinööri-työ. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. LUTPup-julkaisuarkisto.
- 13 Väisänen, Jouni. 2013. Viiden ässän kehitystyökalu. Verkkoaineisto. SIX sigma. <<http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/viiden-aessaen-kehitystyökalu/>>. Luettu 28.2.2021.

- 14 Korteljärvi, Pertti. 2018. Lean Safety Työkirja. Verkkoaineisto. Työturvallisuuskeskus. <Lean_Safety_Työkirja_201804.pdf>. Luettu. 4.4.2021.
- 15 Autonomous Maintenance: the Basic Approach. Verkkoaineisto. Leanmanufacturing.online. <https://leanmanufacturing.online/chapter-5-autonomous-maintenance-part-1/>. Autonomous Maintenance Instructor Training TPM. Päivitetty 30.11.2020. Luettu 4.4.2021.
- 16 Autonomous maintenance Step 4. Fasteners training module for operators. Verkkoaineisto. Leanmanufacturing.online. <https://leanmanufacturing.online/autonomous-maintenance-fasteners-training-module-operators/>. Autonomous Maintenance Blog. Päivitetty 18.9.2018. Luettu 4.4.2021.
- 17 What is Total Productive maintenance? Verkkoaineisto. Brady. <https://www.bradyid.com/applications/lean-visual-workplace/lean-visual-workplace-tpm>. Luettu 17.2.2021.
- 18 Vikojen analysointi. Verkkoaineisto. Opetushallitus. <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_6-1_vikojen_analysointi.html>. Luettu 25.4.2021.
- 19 Peterson, Per; Olsson, Björn; Lundström, Thomas; Johansson, Ola; Broman, Martin; Blücher & Alsterman, Henric. 2018. Lean muuta poikkeamat menestykseksi. 1. suomenkielinen painos. Latvia: Jelgavas tipogrāfija.
- 20 Karjalainen, Tanja. 2007. Aivoriihellä luovuutta ryhmätyöskentelyyn. Verkkoaineisto. Quality knowhow Karjalainen Oy. <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/luova-ajattelu/>. Päivitetty 1.11.2007. Luettu 1.5.2021.
- 21 PDCA-sykli on menetelmä ongelmien ratkaisuun. 2021. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki. <https://kehmet.hel.fi/metetelmalaari/pdca-sykli/>. Luettu 3.5.2021.
- 22 SIMATIC HMI Operating instructions. Verkkoaineisto. Siemens. <https://cache.industry.siemens.com/dl/files/038/41916038/att_79970/v1/hmi_mobile_277f_iwlan_v2_rfid_operating_instructions_en-US_en-US.pdf>. Luettu 15.3.2021.
- 23 SIMATIC HMI Panels: Screen Cleaning and Care. Verkkoaineisto. Siemens. <https://www.seawi.com/wp-content/uploads/2020/06/Siemens-HMI-Cleaning-Flyer.pdf>. Luettu 15.3.2021.

