



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Juho Ruuska

KNL-mittaus kunnossapidon työkaluna parantamassa tehtaan kokonais- tehokkuutta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Insinöörityö

28.11.2020

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Juho Ruuska KNL-mittaus kunnossapidon työkaluna parantamassa tehtaan kokonaistehokkuutta 37 sivua + 1 liitettä 28.11.2020 <div style="text-align: right;">Tiivistelmä</div>
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Konetekniikka
Ammatillinen pääaine	Valmistus- ja tuotantotekniikka
Ohjaajat	Lehtori Markku Saarnio Yksikönpäällikkö Matti Pekkarinen, Konecranes
<p>Tämän insinööriyön tilaajana oli Konecranes Oyj. Työn tavoitteena oli kehittää Lean-filosofiaa noudattavaa työkalua, jonka avulla parannetaan tuotantotehtaan kokonaistehokkuutta sekä edistetään ennakoivaa kunnossapitoa. Projektin lähtökohtana oli perehtyä tuotantotehtaan digitaalisen visualisoinnin hyötyihin, tarkastella tieto- ja viestintätekniikan hyödyntämistä kunnossapidon ja tuotannon johtamisen työkaluna sekä parantaa tuotantotehtaan kokonaistehokkuutta näitä hyödyntäen.</p> <p>Konecranesilla suunniteltiin tapoja, miten KNL-mittausta voidaan hyödyntää konkreettisesti päivittäisessä tuotantotehtaan kokonaistehokkuuden kehitystyössä. Työn piloteissa käytettiin Process Geniuksen kanssa yhteistyössä luotua visuaalista 3D-tehdasnäkymää.</p> <p>Tässä insinööriyössä saatiin luotua toimiva pohja visuaaliselle KNL-järjestelmälle ja kehitettyä visuaalista kunnossapidon sekä tuotannon kehitysjärjestelmää pisteeseen, josta sitä on helppo jatkokehittää ja hyödyntää pilottien lisäksi laajemmin yrityksessä.</p> <p>Insinööriyön olennaisia tuloksia olivat reaaliaikaisen, tuotantosolun tehokkuuden visualisoinnin hyötyjen, kehittäminen osaksi ennakoivaa kunnossapitosuunnitelmaa ja toimivan työkalun luominen tehtaan kokonaistehokkuuden parantamiseksi.</p>	
Avainsanat	KNL, Smart factory, kunnossapito, kokonaistehokkuus

Author Title	Juho Ruuska OEE Measurement as a Maintenance Tool to Improve the Overall Efficiency of the Factory	Abstract
Number of Pages Date	37 pages + 1 appendix 28 November 2020	
Degree	Bachelor of Engineering	
Degree Programme	Mechanical Engineering	
Professional Major	Production and Manufacturing Engineering	
Instructors	Markku Saarnio, Senior Lecturer Matti Pekkarinen, Branch Manager	
<p>This Bachelor's thesis was commissioned by Konecranes Plc. The aim of the thesis was to develop a tool that follows the Lean philosophy, which is used to improve the overall efficiency of the production plant and to promote proactive maintenance. The starting point of the project was to get acquainted with the benefits of digital visualization in a production plant, to examine the utilization of information and communication technology as a tool for maintenance and production management, and to improve the overall efficiency of a production plant by utilizing these technologies.</p> <p>Konecranes devised ways to concretely utilize OEE measurement in the day-to-day development of overall plant efficiency. A 3D factory view was used in the pilots of the thesis that were created in collaboration with Process Genius.</p> <p>In this thesis, a functional basis for a visual OEE system was created and a visual maintenance and production development system was developed to a point where it can be easily developed further and utilized not only for the pilots but also more widely in the company.</p> <p>The essential results of the thesis were the development of real-time benefits of visualizing the efficiency of the production cell as part of a proactive maintenance plan, and the creation of a functional tool to improve the overall efficiency of the plant.</p>		
Keywords	OEE, overall equipment effectiveness, Smart factory, maintenance	

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Konecranes Oyj:n yritysesittely	3
	2.1 Konecranes MTS	3
	2.2 Tuottavan kunnossapidon ratkaisut Konecranesilla	5
	2.3 Tuottavan kunnossapidon vaikutukset	5
	2.4 Vikojen ja vikaantumisien selvittäminen kunnossapidon toimintona	6
3	KNL-mittaaminen ja Smart factory	8
	3.1 KNL-laskenta	8
	3.2 Smart Factoryn kehittäminen 5G-teknologiaa hyödyntäen	9
	3.3 Tuotantohävikin kolme tekijää	11
	3.4 Tuotannon kuuden suuren hukkatekijän eliminointi KNL:n avulla	12
	3.5 KNL-mittarin tunnuslukuja	14
	3.6 KNL:n digitaalinen mittaaminen	16
4	Kunnossapito	17
	4.1 Kunnossapidon tehokkuus	17
	4.2 Kunnossapidon mittarien hyödyntäminen	18
	4.3 Kunnossapidon seuranta tunnusluvuilla	23
	4.4 TPM (Total Productive Maintenance)	24
	4.5 Tuottavan kunnossapidon ideologian kokonaisuus	25
	4.6 TPM-roolit	26
5	Projektin hyödyt	27
	5.1 Yleistä	27
	5.2 Projektin hyödyt tehtaan tuotannossa	28
	5.3 Projektin hyödyt tehtaan kunnossapidossa	29
	5.4 Projektin hyödyt tehtaan kokonaistehokkuuden parantamisessa	31
6	Kustannukset	33
7	Pohdintaa	34
8	Yhteenveto ja tulevaisuuden näkymät	36

Liitteet

Liite 1. Vuorokohtainen KNL-näkymä koneesta: Fastems

Liite 2. Reaaliaikainen sekuntinäkö KNL-mittarista

KNL	Tuottavuusmittari käytettävyys, nopeus ja Laatu, engl. Overall equipment effectiveness, tuotannon tehokkuuden mittaustapa ja tunnusluku
OEE	Overall equipment effectiveness, tunnusluku, jonka avulla tuotantoprosessien tehokkuutta voidaan seurata ja parantaa
TPM	Total Productive Maintenance, suom. tuottava kunnossapito
PSK	PSK Standardisointi, teollisuuden ja teollisuutta palvelevien yritysten yhteinen kehitysyksikkö
MDT	Mean Down Time, suom. laitteen seisonta-aika
MTTR	Mean time to repair, suom. keskimääräinen korjausaika
MTBF	Mean Time Between Failures, suom. keskimääräinen vikaantumisväli
MWT	Mean Waiting Time, suom. keskimääräinen odotusaika
MTS	Machine Tool Service, tuotanto- ja työstökonehuolto
PG	Process Genius, suomalainen ohjelmistoyhtiö, joka tuottaa käyttöliittymä-ratkaisuja teollisuuden prosesseihin
Lean	Japanilainen johtamisfilosofia
CPPS	Cyber Physical Production Systems, suom. kyberfyysinen tuotantojärjestelmä

1 Johdanto

Globalisaatio on muuttanut viimeisen 30 vuoden aikana myös kone- ja metalliteollisuuden valmistusketjujen dynamiikan täydellisesti. Tuotteet tuotetaan siellä, missä ne pystytään valmistamaan edullisimmin ottaen samalla huomioon myös toimitusaikoihin ja toimitusvarmuuteen sekä viime vuosina etenevissä määrin myös ympäristöön ja vastuullisuuteen liittyvät tekijät. Nykyään jokaisen valmistavan tehtaan on kehitettävä jatkuvasti kokonaistehokkuuttaan ja kustannuskilpailukykyään pysyäkseen kilpailussa mukana. Yksinkertaista kokonaistehokkuuden parantamisessa puhutaan tehtaan optimaalisen virtauksen suunnittelusta ja matkan varrella tapahtuvan hukan vähentämisestä Lean-filosofian periaatteiden mukaisesti. Yleisimmin tehtaan kokonaistehokkuuden mittaukseen käytetään niin sanottua KNL-mittausta.

Teoriatasolla tehtaan kokonaistehokkuuden parantamisen periaatteet ovat vielä kohtalaisen yksinkertaisia. Valmistava tehdas ei kuitenkaan ole koskaan itsenäinen, muusta ympäristöstä erillinen saareke. Päinvastoin nykyään tehdas on sanan mitä suurimmassa määrin ”yhteinen työmaa”, jossa työskentelee päivittäin helposti kymmeniä tehtaan ulkopuolisia tahoja, kuten tavarantoimittajia, siivoajia ja koneiden kunnossapidosta vastaavia tahoja. Haasteena on, kuinka nämä lukuisat eri toimijat sisäistävät ja sitoutuvat kehittämään tehtaan kokonaistehokkuutta samaan suuntaan. Oleellista on myös se, mitä edellä mainittua tavoitetta tukevia viestintämahdollisuuksia on käytettävissä nykypäivän maailmassa.

Viestintä- ja informaatioteknologian kehitys ja viimeisimpänä 5G:n tulo markkinoille on tuonut meidät tilanteeseen, jossa tiedonsiirron suorituskyky ja kustannus ei ole enää este tehokkaalle ja jopa reaaliaikaiselle viestinnälle. Tehtaan eri koneista ja järjestelmistä tuleva tieto voidaan tuoda nyt reaaliaikaisesti kaikkien toimijoiden nähtäville. Tämä ei sinällään vielä itsessään luo lisäarvoa ja kasvava bittimäärä saattaa luoda myös ”tietoahkyä”. Mielenkiintoinen kysymys tehtaiden tulevaisuuden kilpailukyvyn kannalta on, millä tavoin tämä parantunut tiedonsiirtokapasiteetti jalostetaan kehittämään tehtaan kokonaistehokkuutta.

Tässä työssä keskitytään edellä mainittuun haasteeseen tehtaan tuotantokoneiden kunnossapito-organisaation näkökulmasta. Pyritään luomaan toimiva konsepti, jossa kunnossapidon tehokkuutta parannetaan koneista saatavan reaaliaikaisen datan (esim. KNL-mittaus) avulla. Samalla pyritään tuomaan näkyväksi, kuinka reaaliaikaisen KNL-mittauksen avulla pystytään parantamaan viestintää tehtaalla toimivien tahojen välillä ja sitä kautta parantamaan kaikkein tärkeintä eli tehtaan tuotannon kokonaistehokkuutta.

Työssä tarkastellaan ensin lyhyesti kirjallisuuskatsauksen omaisesti tehtaan kokonaistehokkuuteen, kunnossapitoon ja tiedonsiirtoteknologiaan liittyviä periaatteita. Kokeellisessa osuudessa Konecranesin Hyvinkään tuotantolaitoksen erääseen tuotantosoluun luodaan hahmotellun konseptin mukainen ”pilottijärjestely”, jossa yksittäisistä koneista saatavan KNL-mittauksen avulla luodaan reaaliaikainen näkymä tuotantosolun tehokkuudesta. Tätä näkymää pystytään viestimään eri toimijoille. Pilotti toteutettiin kustannustehokkaita kaupallisia ratkaisuja hyödyntäen.

2 Konecranes Oyj:n yritysesitys

Konecranes on yksi maailman johtavista nostolaittevalmistajista. Asiakkaina yrityksellä ovat muun muassa telakat, konepaja- ja prosessiteollisuus, satamat ja terminaalit. Konecranes tarjoaa toimintaa tehostavia huoltopalveluja ja nostolaiteratkaisuja. Konecranesin liiketoiminta on jaettu kolmeen liiketoiminta-alueeseen: kunnossapitoon, teollisuuslaitteisiin ja satamaratkaisuihin. (Konecranes lyhyesti n.d). Vuonna 2019 Konecranes-konsernilla oli 18 tuhatta työntekijää 50 maassa ja liikevaihto oli yhteensä 3,33 miljardia euroa. Konecranesin strategiassa olennaisena tulee esiin kyky seurata reaaliaikaisesti miljoonien nostolaitteiden toimintaa. Yritys käyttää tätä tietoa kellon ympäri parantaakseen asiakkaisen toimintojen tuottavuutta ja turvallisuutta. (Vuosikatsaus 2019.)

Strategiassaan Konecranes pyrkii kunnossapidon reaaliaikaisuuteen, koko elinkaaren kestävään huoltoon, kunnossapitopalveluja kaikentyyppisille ja -merkkisille nostimille ja nostureille, maailmanlaajuisen huoltoverkostoon sekä asiakkaan toimintojen turvallisuuden ja tuottavuuden parantamiseen (Vuosikatsaus 2018).

2.1 Konecranes MTS

Opinnäytetyössä keskitytään KNL-mittaukseen erityisesti Konecranesin työstökonehuollon näkökulmasta, lyhennettynä "MTS" (Machine Tool Service).

Konecranesin työstökonehuolto tarjoaa kunnossapitopalveluja yksittäisille koneille ja kokonaisille prosesseille. Yritys voi räätälöidä asiakkaan tarpeisiin sopivan kunnossapito-ohjelman ennakoivasta kunnossapidosta työstökoneen täydelliseen kunnonvalvontaan. (Työstökoneiden kunnossapito n.d).

Kuvassa 1 esitetään Konecranesin MTS-palveluja. Konecranesin valikoimasta löytyy monipuolisia huolto- ja korjausvaihtoehtoja, joita ovat vikakorjaukset ja suunnitellut korjaukset, sähköiset vianmääritykset ja korjaukset, mekaaniset vianmääritykset ja korjaukset,

polttoleikkauskoneiden huolto ja korjaus, plasmaleikkauskoneiden huolto ja korjaus, hitsauskonehuolto, sähkömoottorien korjaukset ja huollot sekä kulmapäiden ja karojen huolto. (Työstökoneiden kunnossapito n.d).



Kuva 1. MTS-palvelut. (Posintra-metallitalitapaaminen 2014).

2.2 Tuottavan kunnossapidon ratkaisut Konecranesilla

Tuottavassa kunnossapidossa oikeisiin ratkaisuihin panostaminen, suunnitelmien valitseminen ja kokonaisuuden ymmärtäminen ovat tärkeässä osassa. Konecranes käyttää tuottavan kunnossapidon ratkaisuihin kokonaisuutta, johon kuuluu tuottavan kunnossapidon vaikutukset, kunnossapidon pilarit (House of tpm), kunnossapitoprosessit, asiakkaan rooli kunnossapitoratkaisuissa, laitteen kokonaistehokkuuden mittaaminen KNL, 6 suurta hävikkiä, tuotantolaitoksen parannus ja käynnissäpidon kustannukset. (Tuottava kunnossapito 2014.)

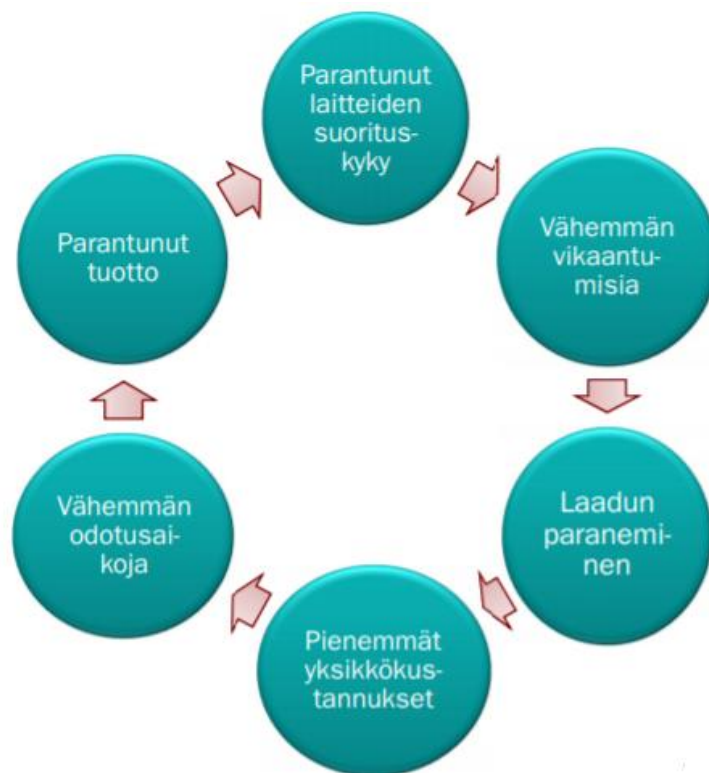
2.3 Tuottavan kunnossapidon vaikutukset

Tuottavan kunnossapidon vaikutusten havainnollistamiseen Konecranes käyttää kuusijakoista vaikutusympyrää (kuva 2). Ympyrässä näytetään tuottavan kunnossapidon vaikutus, joka jatkuu ympyrästä seuraavaan, ja kierto toistuu.

Tuottavan kunnossapidon vaikutuksia ympyröissä ovat esimerkiksi seuraavat:

- parantuneessa tuotossa: Tuottavuuden nousua, samat laitteet ja henkilöstö sekä parempi kokonaistehokkuus
- parantuneessa laitteiden suorituskyvyssä: Kokonaistehokkuus, laaduntuottokyky ja suorituskyky
- vähemmän vikaantumisia: Varaosien saatavuus, käyttövarmuuden paraneminen ja suunnitelmallinen kunnossapito
- laadun paranemisessa: Geometriamittaukset, hitsauskoneiden validointi ja laatujärjestelmät
- pienemmissä yksikkökustannuksissa: Suuremmat tuotantomäärät samalla henkilöstöllä ja koneilla, suunniteltu kunnossapito ja laaduntuottokyky.

> Vähemmissä odotusajoissa: Tuotannon virtaus nopeus, tuotannon prosessit ja pullonkaulat sekä seisokkisyiden vähentäminen. (Työstökonehuolto TPM prosessi 2014.)



Kuva 2. Tuottavan kunnossapidon vaikutukset kuvaaja. (Työstökonehuolto TPM prosessi 2014).

2.4 Vikojen ja vikaantumisien selvittäminen kunnossapidon toimintona

Vikojen ja vikaantumisien selvittämistä ei ole toistaiseksi mielletty kunnossapidon toiminoiksi. Niiden tärkeys ymmärretään, mutta harvassa yrityksessä näiden asioiden tekeminen on systemaattista. Standardeissa ei ole käsitelty vikojen ja vikaantumisien selvittämistä. Asiantuntijoiden mielestä vikahistorioiden ja riskianalyyysien käyttö muodostavat yhden tärkeimmän kunnossapitoa ohjaavista toimista.

Vikojen ja vikaantumisien tarkastelulla voidaan selvittää vian perussyö sekä vikaantumisprosessi. Näillä tarkasteluilla ja selvityksillä voidaan tulosten perusteella estää vastaavan vahingon uusiutumisen erilaisilla ehkäisevillä toimenpiteillä. Analyysien suorittaminen vaatii erikoisosaamista ja aivan jokaista vikaantumista ei ole kannattavaa analysoida.

Tärkeimmät sekä tavallisimmat menetelmät vikojen selvittämiseen ovat

- vika-analyysi
- vikaantumispotentiaalin kartoitus
- suunnittelun analyysi
- materiaalien analyysit
- perussyyn selvitys
- mallintaminen
- vikaantumisen selvittäminen ja simulointi.

(Järviö ym. 2011: 51–52).

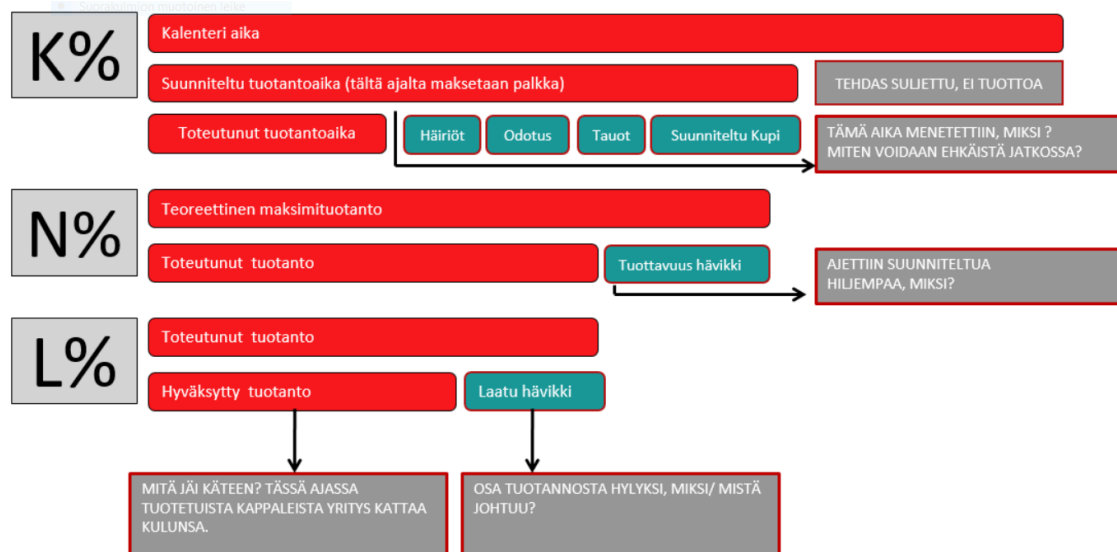
3 KNL-mittaaminen ja Smart factory

KNL (käytettävyys, nopeus ja laatu) engl. OEE, (overall equipment effectiveness) on tunnusluku, jonka avulla tuotantoprosessien tehokkuutta voidaan seurata ja parantaa. KNL:n kohteita ovat esimerkiksi tuotantokoneet ja -linjat, tuotantovälineet, tehtaat ja osastot. (Törnroos n.d: 6).

3.1 KNL-laskenta

KNL:n tavoitteena on minimoida tuotannon hukkaa. Hukkaa minimoimalla vapautetaan tuotannon kapasiteettia tehokkaampaan käyttöön. Tuotannon tehokkuutta voidaan myös kasvattaa kustannustehokkaammaksi KNL:n avulla, kun vaihtoehtoina ovat muun muassa uudet toimitilat, tuotannonulkoistaminen, uudet laitteet ja ylityötunnit. (Törnroos n.d: 7).

KNL:n laskenta koostuu kolmesta tekijästä: käytettävyys, nopeus ja laatu. KNL on kokonaisluku, jota lasketaan kaavalla $KNL = \text{käytettävyys} \times \text{nopeus} \times \text{laatu}$. 100 %:n käytettävyys tarkoittaa, ettei tuotannossa tapahdu yhtään tuotantoseisokkeja. 100 %:n nopeudella tarkoitetaan koko käyntiaikaa, jossa tuotannon kulku toimii teoreettisesti korkeimmalla mahdollisella nopeudella. Jaksoajassa ihanteellisin jakson aika on lyhyin mahdollinen joka tuotantoprosessilla voi olla. Tämän käänteisarvoa kutsutaan nimellä nimellistuotantokyky. Nimellistuotantokyky riippuu usein tuotteesta, jota valmistetaan, ja tämän takia sen laskennassa täytyy huomioida mahdolliset tuotekohtaiset erot. 100 %:n laatu taas tarkoittaa, ettei yhtään tuotantoerää tai tuotetta ole jatkokäsitelty tai hylätty. (Törnroos n.d: 15–16.)



Kuva 3. Tehtaan kokonaistehokkuus ja KNL. (Posintra-metallitali tapaaminen2014).

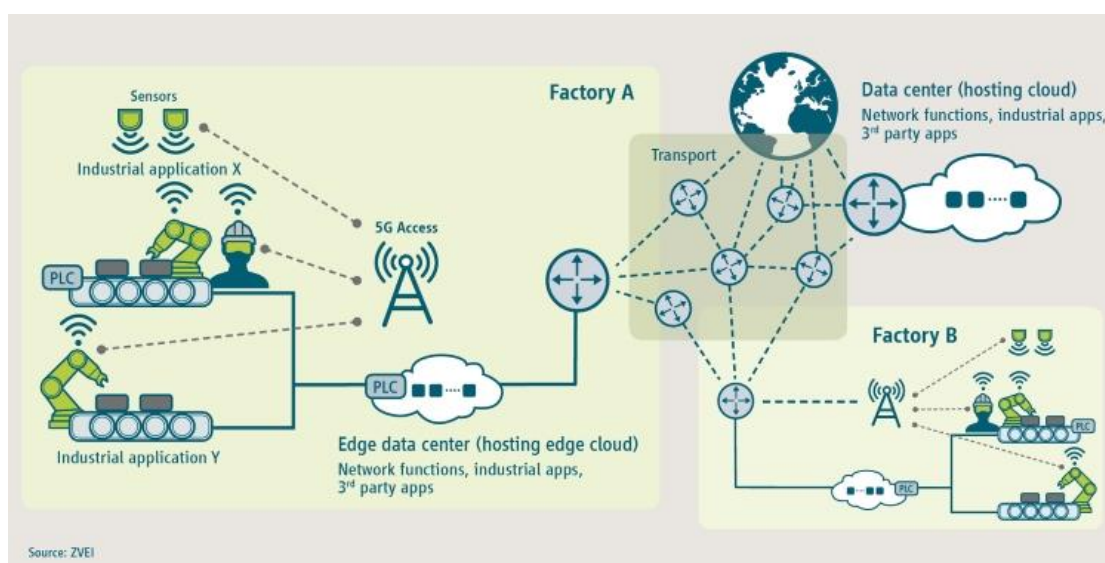
3.2 Smart Factoryn kehittäminen 5G-tekniikkaa hyödyntäen

Termi Smart factory, suom. älykäs tehdas, kuvaa runsaasti digitalisoitua ja yhdistettyä ympäristöä, jonka sisällä koneet ja laitteet pystyvät parantamaan prosesseja automaation ja itsensä optimoinnin avulla. Smart factoryn edut ulottuvat fyysisestä tuotannosta suunnitteluun, toimitukseen, suunnitteluun ja tuotekehitykseen. Kaikki nämä tuotannon osat voidaan liittää internetillä ja näin mahdollistavat valmistusprosessien aikana tapahtuvien havaintojen tekemisen, mittaamisen, ohjaamisen ja viestinnän. Smart factoryn keskeinen osa on tiedonkeruun mahdollistava tekniikka. Näitä tekniikan osia ovat älykkäät anturit, moottorit ja robotiikka, jotka ovat läsnä tuotannossa ja kokoonpanolinjoilla, joita Smart factory käyttää. (What is the Smart Factory and its impact on manufacturing? 2019.)

Visuaalisen monitoroinnin avulla saatua tietoa voidaan hyödyntää Smart factoryssa monin tavoin. Kaikki saatavilla oleva tarvittava tieto ja siitä muodostetut raportit kootaan yhteen näkymään. Kun reaaliaikainen data on saatavilla, pystytään tehostamaan nykyistä toimintaa uudelle tasolle. Virtuaalisen monitoroinnin tuottaman tiedon arvo syntyy

sen jakamisesta ja hyödyntämisestä. Tämä tieto on kaikkien tahojen käytettävissä ja valittuja kiinnostuksen kohteita voidaan korostaa, jonka avulla voidaan tehokkaasti keskittyä juuri halutun oikean toimialueen asioihin. (Smart Factory Management tuo selkeyttä johtamiseen n.d.)

Niin sanottu neljäs teollinen vallankumous ajaa digitaalista muutosta älykkäissä tehtaissa yhdistämällä laskentatehoa kone- ja anturiteknologioihin. 5G- eli viidennen sukupolven matkapuhelinverkko mahdollistaa tämän muutoksen; 5G tuo nopeammat nopeudet, pienentää viivettä ja parantaa tietojenkäsittelyominaisuuksia. Tulevaisuuden 5G auttaa tuomaan merkittäviä parannuksia Smart factoryyn massiivisista laiteliitännöistä ja innovatiivisista teknologiakokemuksista lähes reaaliaikaiseen automaatioon ja verkon joustavuuteen. (5 Ways 5G will power the smart factory of the future n.d.) Kuvassa 4 esitetään miten 5G:n avulla mahdollistetaan datan nopea siirtäminen datapilven kautta tehtaasta A tehtaaseen B ja näin mahdollistetaan nopea ja helppo tehtaiden välinen automaattinen kommunikointi.



Kuva 4. Datan siirtäminen tehtaiden välillä 5 G:n avulla (Making industry 4.0 happen n.d.).

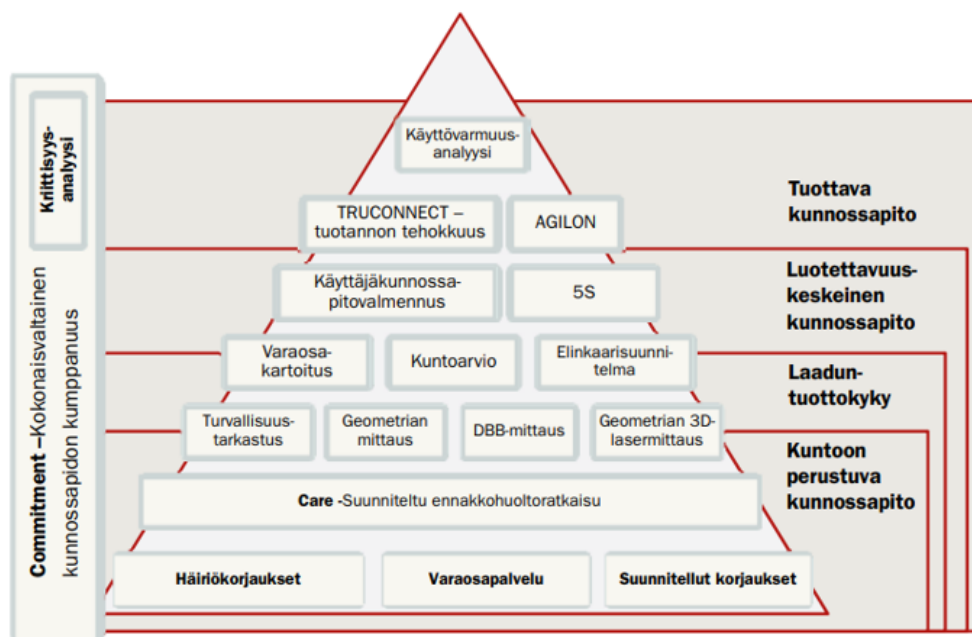
Älykkäistä tehtaista puhuttaessa kuullaan myös paljon sanoja kuten ”digitaalinen tehdas” tai ”virtuaalinen tehdas”. Kaikki nämä nimet viestivät samaa ideaa kuin Smart factory.

Digitaalisessa tehtaassa hyödynnetään ihmisten saatavilla olevaa suurta määrää digitaalista tietoa, tiedon hallintaa ja tietoon perustuvaa suunnittelua. CPPS (Cyber Physical Production Systems), suom. kyberfyysinen tuotantojärjestelmä, toimii avainasemassa tuotannon seuranta- ja ohjaustoiminnoissa. CPPS tukee insinöörien päätöksentekoa kerätyllä tiedolla. Tämä mahdollistaa paremman kunnossapitosuunnittelun ja aikaisemmat varoitukset vioista tuotannossa sekä hälyttää nopeammin johdon vikaantumistilanteesta. Reaaliaikainen tiedonkulku laitteiden sekä ihmisten välillä on ensiarvoisen tärkeää varmistettaessa digitaalisen datan ja digitaalisen tuotannon prosessien hyödyntäminen fyysisten koneiden kanssa. (Bedo ym. 2015: 8–10.)

3.3 Tuotantohävikin kolme tekijää

KNL ottaa huomioon useimmat tuotantohävikin syyt ja jakaa ne kolmeen tekijään, jotka ovat laatutekijä, käytettävyystekijä ja nopeustekijä. Laatutekijä kertoo tuotantohävikin, jonka syynä on huono laatu ja joiksi kaikki laatukriteerit täyttämätön tuotanto lasketaan. Käytettävyystekijä kertoo tuotantohävikin, joka aiheutuu seisokeista. Seisokeiksi määritellään tapahtumat, jotka pysäyttävät tuotannon pidemmäksi ajaksi. Nopeustekijä puolestaan kertoo tuotantohävikin, joka aiheutuu nopeushäviöistä. Nopeushäviöitä ovat kaikki maksiminopeutta alhaisemmat nopeudet. (Törnroos n.d.)

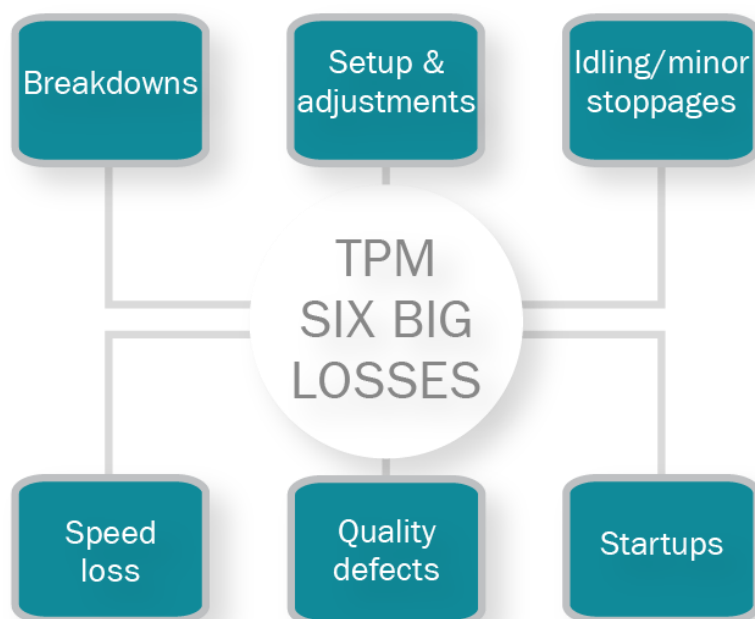
Konecranesin tuottavan kunnossapidon suunnitelmassa tarkastellaan Lean-filosofiaa laajasti, miten kunnossapitopalveluiden kehitys on ollut, on nykyisillään ja tulee olemaan tulevaisuudessa. Ennen kunnossapito on ollut reaktiivista, nykyään ennakoivaa ja tulevaisuuden näkymänä reaaliaikaista. Konecranesin TPM-kunnossapitoprosessit voidaan esittää alla olevalla pyramidikuvalla (kuva 5). Kunnossapitoprosessit jakautuvat neljään osaan: tuottava kunnossapito, luotettavuuskeskeinen kunnossapito, laadun tuottokykyyn ja kuntoon perustuvaan kunnossapitoon. (Tuottava kunnossapito 2014.)



Kuva 5. Tuottava kunnossapito pyramidi (Tuottava kunnossapito 2014).

3.4 Tuotannon kuuden suuren hukatekijän eliminointi KNL:n avulla

KNL:n hyödyt työskentelevät suoraan kuutta suurta hävikkiä vastaan. KNL:n avulla voidaan varmistaa koneiden ja laitteiden käytön täydellä kapasiteetilla. Tuotantoprosessin kokonaiskuvan saaminen ja sen ymmärtäminen. Ongelmien ymmärtämisellä mahdollistetaan niihin puuttuminen ja prosessien kehittäminen. KNL:n hyödyt mahdollistavat yrityksen kilpailukyvyyn lisäämisen markkinoilla ja laadun sekä prosessien parantamisen. Laadun ja prosessien parantaminen säästää yritykseltä rahaa ja aikaa sekä parantaa asiakastytyvyyttä. Rahan säästäminen kunnossapidossa näkyy koneiden huolto- ja korjauskustannuksissa, kun ne ovat ennakoitavissa. KNL:n ansiosta ennakoivat huollot pystytään paremmin suunniteltua ja aikataulutettua. (Törnroos n.d: 8.)



Kuva 6. TPM Six Big Losses (Explanation of" Six Big Losses n.d).

KNL kertoo kolmella mittarilla, miten tuotannossa menee. Toisin sanoen se on kokonaisluku tuotannontehokkuudesta. Sitä voidaan mitata päivittäishetkessä, nykyhetkessä ja pidemmän aikavälin suunnittelussa. Nykyhetkessä KNL antaa näkymän, mitä tehtaassa tapahtuu juuri tällä hetkellä. Tuotantoa voidaan tarkastella ja seurata reaaliaikaisesti päivittyviltä näytöiltä. Päivittäishetkessä KNL mittareiden avulla voidaan tarkastella edellisten päivien ja viikkojen tuotantoa. Päivittäishetken tarkastelussa voidaan miettiä esimerkiksi: miksi ei olla saavutettu tavoitetta, millaisia ongelmia toiminnassa on ollut, ja miten voidaan estää jatkossa näiden ongelmien syntyminen. KNL järjestelmän luotettava data antaa pohjan, josta päätökset ovat helpompia ja nopeampia tehdä. Pidemmän aikavälin suunnitteluun on helppo paneutua, kun nähdään, kuinka kokonaistehokkuus on muuttunut ja miten tehdyt toimenpiteet ovat vaikuttaneet KNL-lukuun. (Törnroos n.d: 9–10.)

3.5 KNL-mittarin tunnuslukuja

KNL-mittarilla mitataan tuotantolaitteistojen tehokkuutta. Seuraavaksi esitellään kaksi vaihtoehtoista laskutapaa laskea kyseisen mittarin arvo käyttämällä hyväksi tuotannon koneiden tahtiaikoja, vikaantumistiheyksiä, korjausaikoja ja vikaantumisvälejä tai laskeamalla suoraan käytettävyyssasteesta, laatukertoimesta ja toiminta-asteesta kertomalla nämä keskenään.

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

missä K on käytettävyys

N on nopeus eli toiminta-aste

L on laatu.

Käytettävyys K voidaan laskea teoreettisemmin seuraavalla tavalla:

$$K = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (2)$$

MTBF (mean time between failures), suom. keskimääräinen vikaantumisväli, on suure, jolla kuvataan jonkin laitteen luottavuutta. MTTR (mean time to repair), suom. keskimääräinen korjausaika. (Aalto 2019.)

1. **Keskimääräinen vikaantumisväli (MTBF)** saadaan seuraavasti (Nicholas 2018: 179).

$$MTBF = \frac{\text{Laitteiden kokonaiskäyttöaika}}{\text{Vikojen määrä}} \quad (3)$$

2. **Keskimääräinen korjausaika** (MTTR) lasketaan seuraavasti (Nicholas 2018: 177).

$$MTTR = \frac{\text{Korjausaikojen summa}}{\text{Vikojen määrä}} \quad (4)$$

Käytettävyyden määritelmä voidaan laskea kaavasta

$$K = \frac{\text{Käytettävissä oleva tuotantoaika} - \text{Suunniteltu huoltoaika}}{\text{Käytettävissä oleva tuotantoaika}} \quad (5)$$

Toiminta-aste eli nopeus lasketaan kaavalla

$$N = \frac{\text{Tuotantoaika} - \text{seisontaaika}}{\text{Tuotantoaika}} \quad (6)$$

Kyseistä kaavaa käytetään etenkin, kun koneen tahtiaika ei ole tiedossa tai sitä ei pystytä määrittelemään tai koneella tehdään eri tuotteita eri tahtiajoilla. Kun koneen tahtiaika on tiedossa, toiminta-aste voidaan määritellä seuraavalla kaavalla:

$$N = \frac{\text{Tuotantomäärä} \times \text{Jaksoaika}}{\text{Tuotantoaika}} \quad (7)$$

Kaavassa 7 tuotantoaika saadaan vähentämällä käytettävissä olevasta maksimikapasiteetista suunnitellut huollot ja suunnittelemattomat seisokit.

Laatukerroin L määritellään kaavalla:

$$L = \frac{\text{Valmistettujen tuotteiden määrä} - \text{Hylättyjen tuotteiden määrä}}{\text{Valmistettujen tuotteiden määrä}} \quad (8)$$

(Nicholas 2018: 177–179.)

3.6 KNL:n digitaalinen mittaaminen

Digitalisaation ansiosta tuotannon tehokkuuden mittaamiseen on saatu uusia mahdollisuuksia. Kyseiset mahdollisuudet parantavat mittaamisen tehokkuutta, nopeutta ja tarkkuutta. Manuaalisella mittaamisella tulokset eivät ole välttämättä tarpeeksi tarkkoja tuotannon tutkimisessa. Manuaalisessa mittaamisessa käytettävyyssiato määräytyy henkilön valistuneimman arvauksen mukaan. Manuaalisesti tuotantokoneiden nopeuden mittaaminen ei ole tällöin reaaliaikaista, eikä manuaalisen mittaamiseen tarvittava henkilömäärä ole yritykselle usein ihanteellinen.

KNL:n mittaamisessa nykyään voidaan hyödyntää siihen suunniteltua ohjelmistoa ja mitauslaitteita. Näin saadaan yhtenäistettyä mittaus- ja merkintäkäytännöt, jolloin dataan ei jää tulkinnan varaa riippuen mittarista tai merkitsijästä. Sähköisesti kerätty data on reaaliaikaista, ja sen monitorointi sekä hyödyntäminen mahdollistavat nopean reagoinnin poikkeamiin. Monitoroinnin avulla saadaan visualisoitua informaatio ja sen sisältäminen onnistuu tällöin nopealla silmäyksellä. (Mittaroi OEE-tunnuslukua oikein 2016: 15–16.)

4 Kunnossapito

Kirjallisuudessa kunnossapito määritellään useilla eritavoilla. Eri standardit mainitsevat kunnossapidon määrittelyssä käytön, käynnissäpidon, logistiikan, parannuksen, muutoksen, tehdaspalvelun ja esim. kunnossapidon suorituskyvyn.

SFS-EN 13306:2010 -standardi määrittelee kunnossapidon näin:

Kunnossapito

Kaikki koneen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa koneen toimintakyky sellaiseksi, että kone pystyy suorittamaan halutun toiminnon. (SFS-EN 13306:2010.)

4.1 Kunnossapidon tehokkuus

Tuotanto-omaisuuden hallinnan yksi tärkeimmistä tehtävistä on mitata toimivan koneen toiminnan tehokkuutta. Jos tehokkuus eroaa koneen nimellisuorituskyvystä, niin jotain on vialla. KNL-menetelmää hyödyntäen voidaan tunnistaa tuotannon kuusi suurta hävikkiä. Hävikit eivät suinkaan tarkoita, että kone olisi perinteisellä tavalla rikki, vaan siitä, että erilaisten tekijöiden takia koneen suorituskyky ei ole maksimaalinen. Häiriöiden poistaminen/korjaaminen yleensä korjautuu prosessia muuttamalla. (Järviö & Lehtiö 2012: 132.)

Kunnossapidon tehokkuus on korostunut viime aikoina. Toiminnallinen luotettavuus perustuu osittain siihen, että koneen kunto on moitteeton. Koneen kunnan moitteettomuudella pienennetään ns. dominoefektin esiintymisien syntymistä. Jos kunnossapito ei ole tehokasta, syntyvät viat kiihdyttävät uusien vikojen syntymistä. (Järviö & Lehtiö 2012: 26.) Täydellisessä tuotannossa tuotantokoneet toimivat pysähtymättä, koneet käyvät maksiminopeudella eikä laatuhäviöitä synny. Tällöin KNL-luku on 100 %. Maailmanlaa-

juisten tutkimusten perusteella voidaan todeta, että valmistavan teollisuuden keskimääräinen KNL on vain noin 60 %. Yritykset, joiden KNL-luku ylittää yli 85 %:n, pidetään erittäin tehokkaina toimijoina. (5 Tärkeää kunnossapidon mittaria 2018: 3.)

4.2 Kunnossapidon mittarien hyödyntäminen

Organisaatiolle kunnossapidon mittaamiseen ja kehittämiseen on tarpeellista hyödyntää oikeita tunnuslukuja ja mittareita. Organisaatio valitsee tarpeeseensa ja vaatimuksiinsa sopivat mittarit. Näiden mittarien tavoitteena on analysoida, ohjata ja verrata kunnossapidon toimintaa. Käytännössä tunnusluvut toimivat tiedolla johtamisessa vakaana tukipilarina ja ovat oleellinen osa toimivaa kunnossapidon johtamista. (5 Tärkeää kunnossapidon mittaria 2018: 3).

Kunnossapidossa tärkeiksi mittareiksi voidaan katsoa erityisesti 5 mittaria, joita aktiivisesti seuraamalla päästään käsiksi kunnossapitotoiminnan kehittämiseen. Näiksi viideksi mittariksi luokitellaan seuraavat: Työmäärät tiloittain, Ennakoivan ja reaktiivisen kunnossapidon suhde, kunnossapitokustannukset, aikaan perustuvat mittarit ja TOP 10 -laiteraportit. (5 Tärkeää kunnossapidon mittaria 2018: 6–7).

Työmäärät tiloittain

Mittarilla työmäärät tiloittain tai työt tiloittain mitataan kunnossapito-organisaation suoriutumista sille osoitetuista työtehtävistä. Yksinkertaisemmin sanottuna käytännössä tällä mittarilla mitataan töiden jättämää, jolla tarkoitetaan jättämää, jonka työt ovat jääneet keskeneräiseksi tai aloittamattomiksi. Työmäärät tiloittain mittarin seuranta on erityisen tärkeää kunnossapidon töiden suunnittelun kannalta. Esimerkkinä, jos jokin työlistalla oleva työtehtävä on ollut aloittamattomana yli kuukauden, niin tämä työtehtävä täytyisi siirtyä uudelleenarvioitavaksi kunnossapidon suunnittelijalle. Tehtävän uudelleenarvioinnissa tarkastellaan, laitetaanko tehtävä peruutettu tai hylätty tilaan vai aikataulutetaanko työ uudelleen. Töiden seuranta tiloittain luo töiden raportointia ja dokumentointia kun-

nossapitojärjestelmään. Tätä arvokasta historiadataa voidaan hyödyntää kunnossapidon kehittämisessä pidemmällä aikavälillä. (5 Tärkeää kunnossapidon mittaria 2018: 8-9.)

Ennakoivan ja reaktiivisen kunnossapidon suhde

Kunnossapidossa yllättävien vikaantumisien tapahtuminen osoittautuu usein kalliiksi teollisuudenalasta riippumatta. Jatkuva tuotannon tehostaminen ja läpimenoajan lyhentäminen korostavat häiriöttömän tuotannon tärkeyttä enemmän ja enemmän. Ennakoivan kunnossapidon ja korjaavan kunnossapidon välillä oleva optimaalinen suhde on välillä haastavaa löytää. Tavoitetasona näiden välillä tyypillisesti pidetään 80/20-suhdelukua. Suhdeluvulla ilmaistaan, että suurin osa kunnossapitotöistä pitäisi olla ennakoivaa ja vain 20 % reaktiivista kunnossapitoa. Käytännössä reaktiivisen ja ennakoivan kunnossapidon suhteen laskeminen alkaa kaikkien kunnossapitotöiden määrittämisellä. Määrittämisellä lasketaan, mitkä työlajit lasketaan korjattaviksi kunnossapitotöiksi ja mitkä ennakoitaviksi. Tyypillisesti kuntoon perustuva ja jaksotettu kunnossapito lasketaan ennakoiviksi, kun taas selvät vikakorjaukset lasketaan reaktiivisiksi toimenpiteiksi. (5 Tärkeää kunnossapidon mittaria: 10-11.)

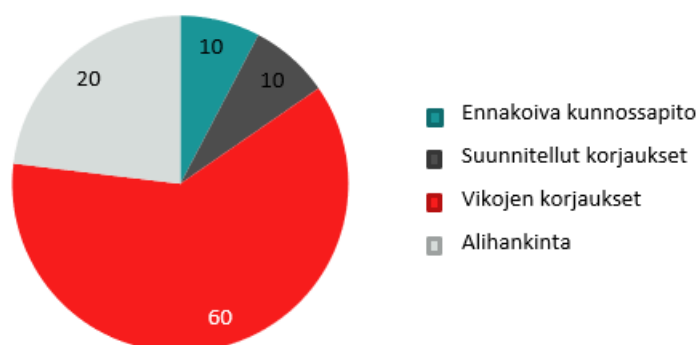
Kunnossapitokustannukset

Kunnossapitokustannusten osuus valmistavan teollisuuden yritysten liikevaihtoon vaihtelee usein noin 2–20 %:n välillä. Kunnossapitokustannukset ovat merkittävä kustannustekijä, minkä takia kustannuksia sekä kunnossapidon vaikutusta yritysten tuottavuuteen ja kassavirtaan on syytä miettiä. Kunnossapidon kokonaiskustannukset muodostuvat neljästä eri osa-alueesta: seisontakustannukset, jotka kertovat, kauanko kone on ollut pois tuotannosta vian tai kunnossapitotyön aikana. Seisontakustannus-mittaria varten tarvitsee selvittää laitteen keskimääräinen tuntihinta. Työnkustannukset, jotka kertovat kunnossapidon työntekijän vian korjaustöihin käyttämän ajan ja hinnan. Näihin kustannuksiin lasketaan mukaan ulkopuolisten resurssien suorittamat työt sekä myös ylityöt. Materiaalikustannukset ovat käytännössä työssä käytettävien varaosien tuottamat kustannukset ja varastossa olevien varaosien arvo.

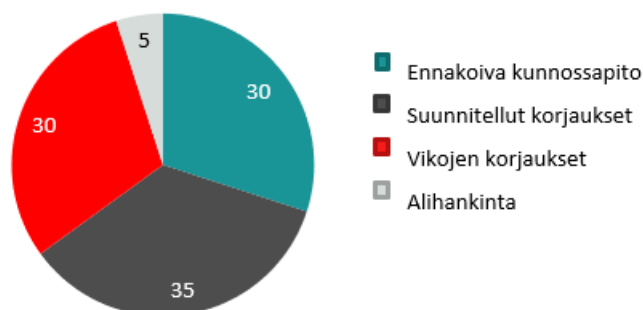
Kunnossapitokustannuksia voidaan seurata sekä yksittäisen työn tai esimerkiksi linjan näkökulmasta ja yksittäisen laitteen vuosikustannusten kautta. Kunnossapidon kustannukset muodostuvat useasta eri osa-alueesta, ja sen takia on tärkeää, että kunnossapidon päälliköllä on ajantasaista tietoa kustannusten kehittymisestä. Kunnossapidon kokonaiskustannuksia voidaan pienentää estämällä toissijaisia vahinkoja, mikä tapahtuu kasvattamalla ennakoivaa ja hallittua kunnossapitoa suhteessa reaktiiviseen. Näin myös koneiden toimintakelvottomuusaika lyhenee. (5 Tärkeää kunnossapidon mittaria 2018: 12-13.)

Kuvassa 7 näkyy esimerkitapaus Konecranesin kunnossapitosopimuksen hyödyistä. Ennakoivalla kunnossapidolla on saatu puolitettua ilmaantuvien vikojen korjausten määrä muutamassa vuodessa. (Tuottava kunnossapito 2014). Luvussa 3.3 ”Tuotannon kuuden suuren hukcatekijän eliminointi KNL:n avulla” on mainittu ennakoivan huollon hyödyt KNL-mittarien hyödyntämisen avulla. Kyseisessä luvussa kerrotaan KNL:n hyötyjä ennakoivan kunnossapidon huoltojen suunnittelun ja ajoittamisen helpommin, mikä heijastuu suoraan yrityksen kunnossapidon kustannuksiin.

Alkutilanne



Todelliset luvut 2-3 vuoden jälkeen



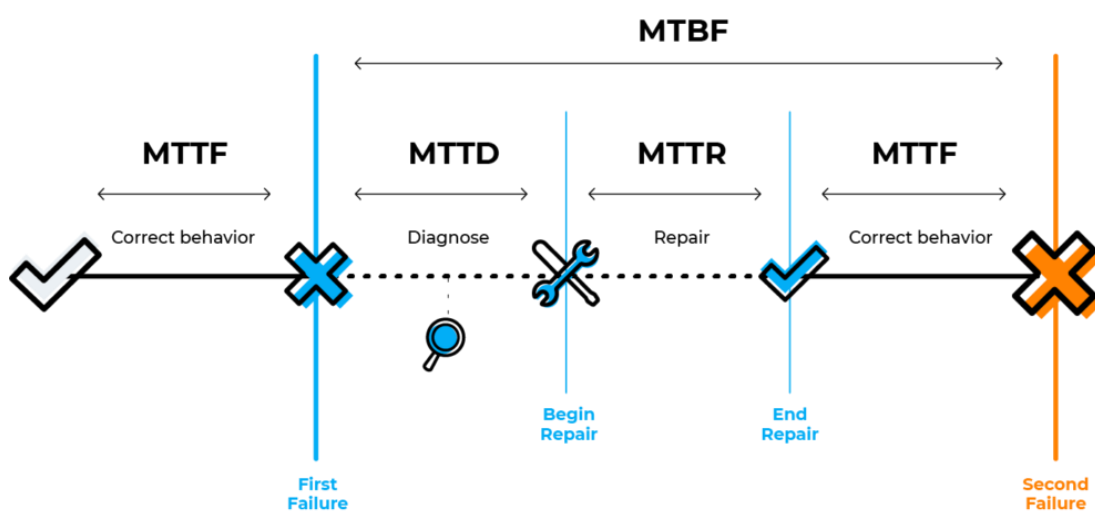
Kuva 7. Esimerkki kunnossapitosopimuksen eduista. (Posintra-metallitalitapaaminen 2014).

Aikaan perustuvat mittarit

Kunnossapidon seurantaan on käytössä myös aikaan sidonnaisia mittareita. Aikaan perustuvien tunnuslukujen seuranta helpottaa, jos jokaisella seurattavalla koneella tai laitteella on kriittisyysluokka-arviointi. Kunnossapidon systemaattinen seuranta ja mittaaminen aikaan perustuvien tunnuslukujen avulla vaikuttavat tuotannon työntekijöiden tapaan toimia. Yksinkertaisuudessa jokaisen työpyyntöä kirjaavan tulee määritellä, miten kiireellinen työpyyntö on. Tällä tavalla asetetaan vaatimuksia myös järjestelmätasolla. Kriittisyysluokkien tulee olla mahdollisimman yksinkertaisia ja selkokieleisiä sekä työpyynnöt

helppoja täyttää, jottei tule epäselvyyksiä ja näin järjestelmä ohjaisi aktiivisesti tekemistä. (5 Tärkeää kunnossapidon mittaria 2018: 14.)

Aikaan perustuvia kunnossapidon mittareita on monia, mutta yleisimpiä käytössä olevia ovat MWT, MTTR, MDT ja MTBF. Kyseisiä mittareita merkitään tyypillisesti kuvaajalla, jossa ovat kohdat: Vika alkoi, korjaus alkoi, korjaus valmis ja seuraava vika alkaa. (5 Tärkeää kunnossapidon mittaria 2018: 15–18).



Kuva 8. MTTR vs. MTBF vs. MTTF (Failure Metrics in Depth: MTTR vs. MTBF vs. MTTF n.d).

TOP 10 -laiteraportit

Tuotannon laitteita ja koneita on mahdollista tarkastella kunnossapidon näkökulmasta monella tavalla. Jotta saadaan aidosti selville suurimmat rahalliset kustannukset ja ongelmien ytimet, täytyy kunnossapitojärjestelmästä saada helposti eri TOP 10 -raportteja, joita ovat esimerkiksi TOP 10 -työtapahtumat, TOP 10 -korjaustunnit, TOP 10 -seisonta-

aika ja TOP 10 -kunnossapitokustannukset. (5 Tärkeää kunnossapidon mittaria 2018: 19.)

4.3 Kunnossapidon seuranta tunnusluvuilla

Tunnusluvut ovat muodostuneet vakiintuneeksi seurantatyökaluksi kunnossapidossa. Tunnusluvut toimivat yrityksen informaatiojärjestelmään kerätyn tiedon indikaattoreina. Näillä kunnossapidon indikaattoreilla voidaan tarkastella, miten hyvin asetetut suoritus-tavoitteet saavutetaan. Kunnossapidon mittaaminen ei ole helppoa, sillä osa sen tulok-sesta muodostuu epäsuorista vaikutuksista. Epäsuoriksi vaikutuksiksi voidaan luokitella esimerkiksi tuotannon menetykset, toimitusajat ja tuotannon ei-toivotut ongelmat. Valit-tujen tunnuslukujen on oltava mahdollisimman konkreettisia, jotta organisaation kaikilla tasoilla voidaan nähdä oman työpanoksen vaikutus mitattuihin tuloksiin. Yksi tunnusluku ei anna riittävää kokonaiskuvaa kunnossapidon toiminnallisesta tehokkuudesta tai kun-nossapidon kustannustehokkuudesta. Siihen tarvitaan usean tunnusluvun samanai-kaista tarkastelua ja hyödyntämistä. (Aalto 1994.)

Tunnusluvuilla on mahdollista mitata kunnossapidon merkitystä yrityksen liiketoimin-nassa pääoman avulla. Suuremmalla painoarvolla tuotannon koneilla ja laitteilla on liike-toiminnassa, myös suurempi kunnossapidon merkitys. Esimerkkinä alla olevia tunnuslu-kuja käytetään kunnossapidon toimintojen kehittämiseksi. Kunnossapidon panostusta li-säämällä voidaan parantaa kokonaissuorituskykyä. (PSK 7501 2010).

Tunnus	Nimi	Yksikkö	Laskentakaava tai määrittely
Code	Name	Unit	Calculation formula or definition
M511.1	Liiketoiminnan pääomavaltaisuus	%	<u>Tuotantokoneet</u> Liikevaihto
	<i>Capital intensity of plant</i>		<i>Production machinery</i> Turnover
M511.2	Oman jalostustoiminnan pääomavaltaisuus	%	<u>Tuotantokoneet</u> Jalostusarvo
	<i>Capital intensity of own value added production</i>		<i>Production machinery</i> Value added
M511.3	Integraatioaste	euro/kpl euro/pcs	<u>Tuotantokoneet</u> Käytön vakanssit
	<i>Integration level</i>		<i>Production machinery</i> Number of operator vacancies
M511.4	Vuotuiset laitepääoman kustannukset	euro	Kunnossapitokustannukset + Poistot + Korot
	<i>Annual costs of production machinery</i>		<i>Maintenance costs + Depreciations + Interests</i>
M511.5	Kunnossapidon laitekeskeisyys	%	<u>Kunnossapidon laitteiden pääomakustannukset</u> Kunnossapitokustannukset
	<i>Capital intensity of maintenance</i>		<i>Maintenance equipment capital costs</i> Maintenance costs

Kuva 9. Tuotantojärjestelmän tehokkuus tunnuslukuja (PSK 7501 2010).

4.4 TPM (Total Productive Maintenance)

Tuottava kunnossapito, joka tunnetaan myös nimellä TPM (suom. kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito) on eräs yrityksen toiminnot kattava kunnossapitostrategia. Tuottavan kunnossapidon ideologia perustuu viiteen periaateosan muodostamaan kokonaisuuteen. (Aalto 1994.)

TPM-filosofialla on lähtökohtana luoda tuotannon koneille optimaaliset toimintaolosuhteet ja niiden ylläpitäminen. Malli on peräisin laatuguru J. M. Juranin toteamuksesta, että luotettavuuden vähentyminen johtuu toimintaolosuhteiden hitaasta muuttumisesta epäedulliseen suuntaan. Näin ollen tuottavuuden nostoon vaaditaan näiden olosuhteiden parantamista. (Järviö & Lehtiö 2012: 142.)

4.5 Tuottavan kunnossapidon ideologian kokonaisuus

Tuottavan kunnossapidon ideologiaa voidaan tarkastella kokonaisuutena, joka koostuu viidestä periaateosasta. Periaateosat ovat seuraavat:

- kunnossapidon laaja käsitys. Koko henkilökunnan sitoutuminen ylimmästä johdosta suorittaviin työntekijöihin tuottavan kunnossapidon periaatteisiin.
- kokonaisvaltainen henkilöstön osallistuminen, jolla tarkoitetaan kunnossapidon huomioon ottamista kaikissa yrityksen toiminnoissa.
- kehittämistoiminta toteutuminen itsenäisten pienryhmien kautta.
- pienryhmät kehittävät omia työtehtäviään kuuden päähäiriön ja niiden lähteiden eliminoinniseksi.
- jokaiselle laitteelle luodaan täydellinen, laitteen eliniän kattava ennakoivan kunnossapidon järjestelmä. (Aalto 1994.)

Laitteen kokonaistehokkuuden parantaminen

Koneen suorituskykyä parannettaessa törmätään ensimmäisenä piileviin vikoihin ja näiden vikojen aiheuttamiin kroonisiin häviöihin. Kyseiset viat eivät pysäytä konetta, mutta huonontavat sitä. Krooniset häviöt vaihtelevat voimakkaasti, mikä heikentää koneen toiminnan luotettavuutta. KNL-mittarilla voidaan arvioida krooniset häviöt ja ryhtyä korjauviin toimiin. Välillä esiintyvät käyntihäiriöt voivat pysäyttää koneen ja näin aiheuttavat häviöitä, joista TPM käyttää nimeä kuusi suurta häviötä. (Saarnio 2018.)

4.6 TPM-roolit

Vuonna 1971 Seiichi Nakajima kehitti tuotannon kuusi suurta hukkatekijää (eng. Six Big Losses) osaksi TPM-menetelmää. Kuusi suurta hukkatekijää sisältää kolme roolia: johtaja, valvoja ja käyttäjä. Johtaja määrittelee, miten dataa kerätään, sekä standardit, joilla luodaan ideaalinen sykli aika. Lisäksi johtaja asettaa ja seuraa parannustavoitteita ja tunnistaa strategiset parannusaloitteet. Valvoja vahvistaa ihanteelliset sykliajat sekä tarkistaa häviöt joka työvuoron alussa tunnistaakseen ja määrittääkseen parannustoimet. Käyttäjä ottaa kaikkien ei-suunniteltujen ja suunniteltujen pysähdysten syykoodit haltuun sekä ehdottaa parannuksia ja toimia tarkastelujen perusteella. (Six Big Losses n.d.)

5 Projektin hyödyt

5.1 Yleistä

Projektin piloteissa on tarkoitus näyttää reaaliaikaista tuotannon täydellistä tilannekuvaa työstökoneista. Tehtaan layout näytetään 3D-mallinna, ja koneet näyttävät mallissa automaattisesti KNL-luvun sekä kohdan, josta voidaan avata tarkempia reaaliaikaisia tietoja koneesta. Ohjelmalla voidaan tarkastella KNL-mittarin hyötyjä tuotannon ja kunnossapidon kannalta.

Luvussa 2.4 ”vikojen ja vikaantumisen selvittäminen kunnossapidon toimintana”, kerrottiin, miten vikojen selvittäminen tunnistetaan tärkeäksi osaksi ennakoivaa kunnossapitoa, mutta sitä ei ole käsitelty standardeissa tai useimmiten tehdä monissakaan yrityksissä. KNL-mittaus ennakoivan kunnossapidon työkaluna vastaa samalla tähän ongelmaan. KNL-mittauksella voidaan havaita esimerkiksi vika aina juuri tietyssä jaksossa. Tämä mahdollistaa nopean reagoinnin vikaan, ja vian juurisyyanalysoinnin avulla vika pyritään poistamaan pysyvästi. Näin saavutetaan ihanteellinen tilanne, jossa vika ei vain toistu tuntemattomana ajankohtana. Vika voidaan näin ennakoida ja eliminoida tehokkaasti hidastamatta tuotantoa enempää kuin välttämätöntä.

KNL-mittaus projektissa tuo myös loistavan parin kunnossapidon vikahistorioiden läpikäymiselle. KNL-mittauksen tuoma jatkuva dataan käsiksi pääsy ja vikahistoriaraporttien toimiminen käsi kädessä luo varmuutta ja mahdollisuuden kehittää kunnossapitoa.

Luvussa 4.6 mainitut kolme roolia, johtaja, valvoja ja käyttäjä, tulevat suuresti projektissa mukaan. Projektin tavoitteena on saada jokainen rooli sitoutumaan visuaaliseen KNL-järjestelmään. Johtaja asettaa tavoitteet, pitää huolen, että valvoja ja käyttäjä ovat orientoituneet ja sitoutuneet KNL-järjestelmään sekä kehittää jatkuvasti KNL-järjestelmän avulla kunnossapitoa ja tehtaan tuotantoa. Valvoja pitää KNL-järjestelmää yllä, vahvistaa ihanteelliset syklijat, hyödyntää dataa tunnistaakseen ja parantaakseen kokonaistehokkuutta, lisää ja valvoo kunnossapitotoimenpiteitä ja tuotannon tavoitteita päivittäisestä tasosta vuosittaiseen tasoon, pitää huolen, että käyttäjät hyödyntävät järjestelmää, raportoivat ja näin luovat hyödyllistä dataa, joka kehittää tehtaan toimintaa. Käyttäjä ottaa

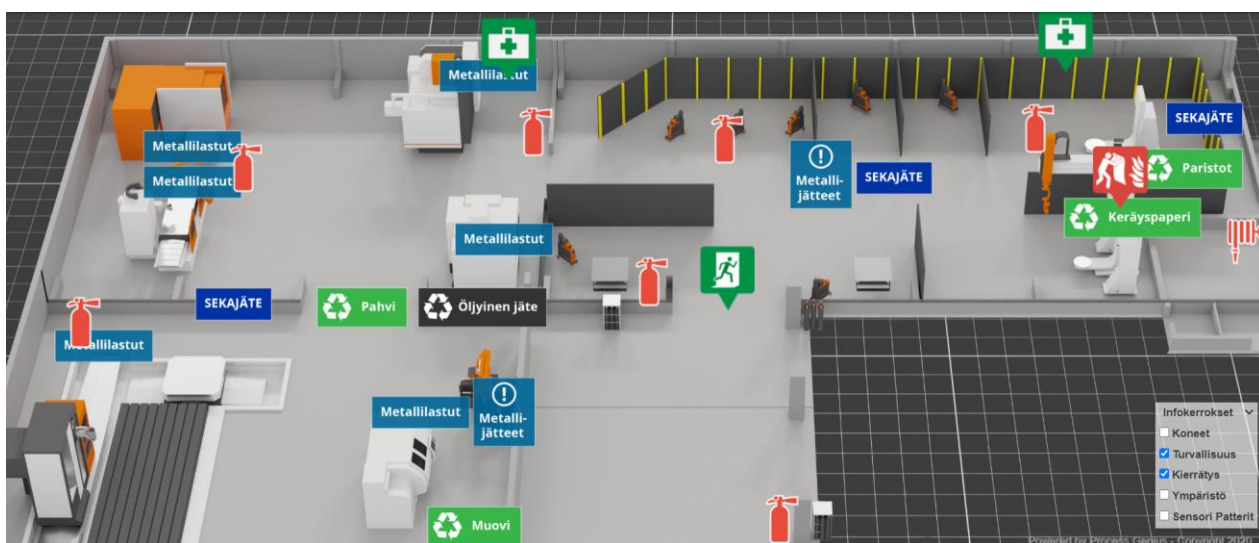
haltuun KNL-järjestelmän, järjestelmän avulla saa reaaliaikaista tietoa huolloista ja tavoitteista sekä osallistamalla luo jatkuvasti reaaliaikaista dataa, jonka avulla tuotantoa, kunnossapitoa ja kokonaistehokkuutta saadaan kehitettyä tulevaisuudessa.

5.2 Projektin hyödyt tehtaan tuotannossa

Tuotannon näkökulmasta ohjelmassa näytettävä 3D-layoutmallinnus on tuotannon tarkastelun suurimpia etuja. Tehtaan layoutmallissa näkyvät koneiden tarkka sijainti, hätäuloskäynnit, käsiammuttimet, ensiapupisteet ja silmienhuuhtelupisteet. Tuotannonjohdolla on siis helppo johtaa ja kehittää tuotantoa, seurata ja parantaa työturvallisuutta, jatkuvasti kehittää tuotannon koneiden KNL-lukua sekä asettaa tuotannon koneille läpimenoaikatavoitteet ja tarkastella näiden tavoitteiden toteutusta päivittäin. Yksinkertaisesti sanottuna tuotantokapasiteetin optimointi ja monitorointi onnistuvat helposti ja tiedot ovat aina saatavilla.

Reaaliaikaisen KNL-ohjelman avulla voidaan seurata muita ylläpidettäviä tuotannon tietoja, tuotannon ja kunnossapidon dokumentaatioita sekä sisältöjä, kone- tai linjakohtaisen käyttöasteen seurantaa, tuotannon poikkeamaraportointia, työturvallisuuden auditointia ja olosuhdetietoja. Tuotannon tehokkuuden kehityksen seurantaa voidaan tehostaa sekä saada sitä läpinäkyväksi automaattisen datan keräämisen ansiosta. Jatkuva datan kerääminen koneista näyttää jo lyhyen ajan sisällä koneiden ongelmakohtia, mahdollisia aikoja tuotannossa, jolloin koneet eivät käy maksimitehoillaan ja syitä näihin puutteisiin sekä hidastuksiin. Samalla tuotannonjohto voi tehdä näiden datan perusteella tärkeitä päätöksiä koneiden kunnossapidon tehostamiseksi koneiden tuotannon ajoittamiseen ja mitata tarkemmin mahdollisten konesijoitusten tarpeellisuutta tuotannossa.

Kuvassa 10 esitetään 3D-mallina tehtaan layout ja tarkastellaan erityisesti turvallisuutta ja kierrätystä. Mallin avulla voidaan tarkastella ja kehittää työpisteiden jätteiden kierrätystä sekä samalla pitää layout yksinkertaisena, turvallisena ja järjestelmällisenä. Turvallisuuden ja kierrätyksen visualisoiminen reaaliaikaiseen malliin luo myös henkistä varmuutta, joka auttaa tuotannonjohtoa pitämään tehtaan järjestys yksinkertaisella ja toimivalla tasolla.

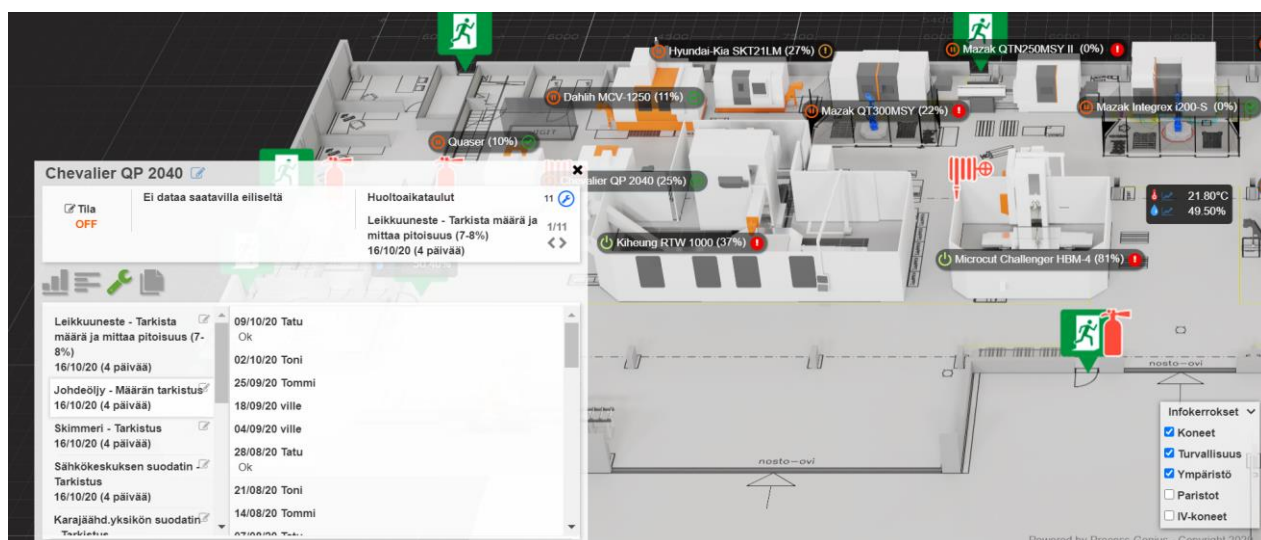


Kuva 10. Turvallisuus ja kierrätys -näkömä.

5.3 Projektin hyödyt tehtaan kunnossapidossa

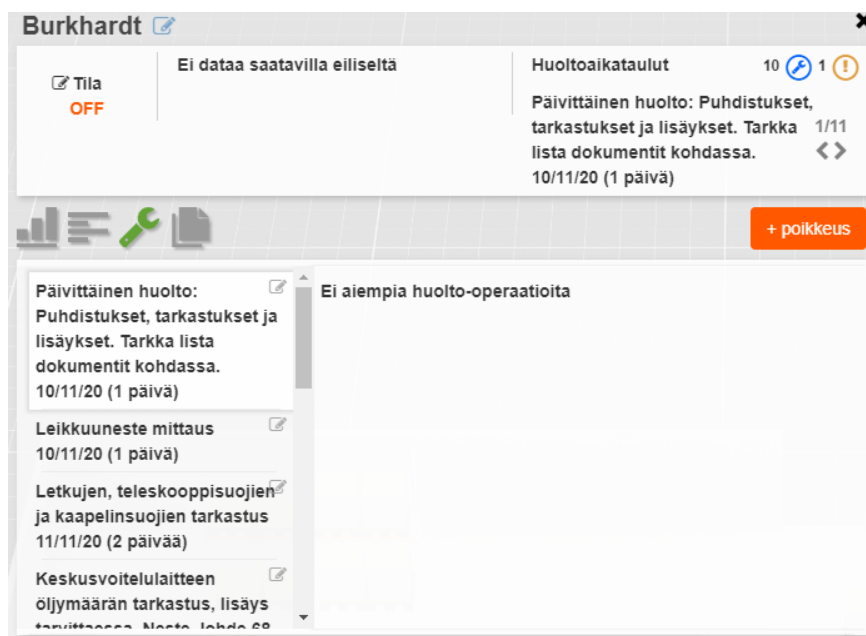
Konecranesilla projektin KNL-pilotissa hyödyt näkyvät suuresti tuotannon hyötyjen lisäksi myös kunnossapidossa. Kunnossapidossa automaattisella KNL-mittaamisella voidaan havaita ja eliminoida toistuvat ongelmat, vähentää odottamattomia seisokkeja ja reagoida ongelmatilanteisiin nopeasti. Kunnossapidon kommunikointia voidaan suoraviivaistaa tai jopa automatisoida konekohtaisesti. Ihanteellisessa tilanteessa voitaisiin lähettää kunnossapidolle järjestelmän kautta automaattisesti viesti, kun koneesta saatava data on normaalien raja-arvojen alapuolella. Näillä tavoilla mahdollistetaan nopea päätöksenteko ja vähennetään epätietoisuutta. Oleellisena esimerkkinä Konecranesilla ovat työstökoneissa työkalunvaihtojen takia syntyvät hidastukset sekä ongelmat, joissa työkalu ei välttämättä mene vaihdon aikana takaisin paikalleen tai työkalu ei löydy koneelta määrättyltä kohdalta. Vastaavat tapahtumat voivat synnyttää tuotannossa hidastuksia, sekä vikoja koneeseen. Näihin vikoihin kunnossapidon täytyy pystyä reagoimaan nopeasti sekä tarkasti.

Kuvassa 11 esitetty 3D-malli näyttää reaaliaikaista dataa koneista, turvallisuuden ja ympäristön. Malliin avatussa ikkunassa näkyy työstökoneesta näkymä, johon on merkittynä huoltoaikataulut, työstökonehuollon asentajat ja tarkistuslista. Kyseinen näkymä mahdollistaa digitaalisen huollonseurannan, jonka ansiosta voidaan jatkuvasti seurata huoltojen etenemistä, kommentteja, raportteja ja kuittauksia, minkä lisäksi työstä jää helposti jäljitettävää dataa, jota voidaan käyttää jatkokehitykseen.



Kuva 11. Koneet, turvallisuus ja layout näkymä.

Kuvassa 12 näkyy koneesta kunnossapitolistanäkymä. Projektin yksi tärkeimmistä hyödyistä on reaaliaikainen kunnossapitolistan seuraaminen, päivitys ja kunnossapitotöiden lisäys. KNL-järjestelmään on lisätty helppokäyttöinen raportointiosio, johon voidaan lisätä ennakoivia kunnossapitotehtäviä, asettaa niille tarkennuksia, lisätä ohjeliitteitä ja asettaa automaattinen toistuvuus ennakkohuolloille. Jokaisella koneella näkyy jatkuvasti koneen omat tulevat kunnossapitotehtävät, jotka asentaja kuittaa järjestelmään ne tehtyään. Valvoja ja johtaja voivat tarkastella jatkuvasti kunnossapitotöiden etenemistä ja näin tiedostavat jatkuvasti tehtaan tilanteen.



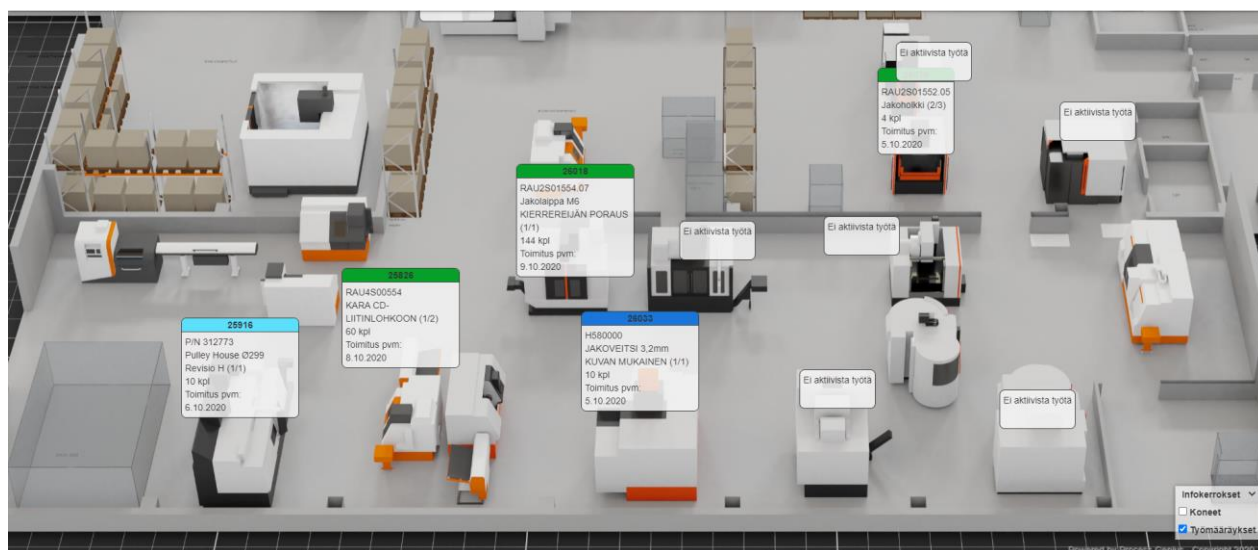
Kuva 12. Kunnossapitolista näkymä

5.4 Projektin hyödyt tehtaan kokonaistehokkuuden parantamisessa

Kuvassa 13 esitetty 3D-malli esittää yksinkertaisella tavalla tehtaan koneiden layoutin. Kuvaan on merkittynä konekohtaiset työmääräykset ja kuvan näkymällä tuotannonjohto voi seurata reaaliaikaisesti tuotannon tavoitteiden toteutumista. Samalla voidaan arvioida muiden näkymien avulla päivittäisellä, viikoittaisella, kuukausittaisella ja vuosittaisella tasolla tuotannon jättämän luomia ongelmia tai mahdollista tuotannon tehostamista. Kyseisellä menetelmällä voidaan myös koneen vikaantuessa nopeasti reagoida tuotannon kokonaistehokkuuden hidastumiseen ja mahdollisesti siirtää vikaantuneen koneen työtehtävä toiselle vapaana olevalle koneelle. Tuotannon työmääräysten visualisoinnilla avataan monia vaihtoehtoja tuotannon nopeaan kehittämiseen, ja näin reaktioaika pysyy jatkuvasti samalla tasolla eikä tuotannossa tule suuria odottamattomia seisauksia.

Tekninen käytettävyys on onnistuttu mittamaan jo parin kymmenen vuoden ajan. Sen mittaaminen ei kuitenkaan kerro, ajetaanko koneella suunniteltua/haluttua nopeutta. Nopeustekijän mukaan ottaminen ja seuranta on selkeä edistysaskel. Tämä onnistuu vertaamalla esimerkiksi työvuoron aikana työstettyjen kappaleiden lukumäärää tuotannon suunnittelun määrittelemään tavoitearvoon. Jos todellinen työstettyjen kappaleiden lukumäärä jää alle tavoitearvon, on koneella syystä tai toisesta ajettu alennetulla nopeudella. Nyt asiaan päästään heti kiinni ja kunnossapito pystyy välittömästi selvittämään juurisyitä koneenkäyttäjän kanssa. Toisena vaihtoehtona on myös mahdollisuus, että tavoitearvot ovat suunnittelun puolelta liian optimistiset suhteutettuna koneen suorituskykyyn. Näinkin voi joskus olla ja tämän tapahtuessa on tärkeää kommunikoida asia tuotannon suunnitteluun ilman viiveitä.

Kuvassa 13 esitetyssä 3-D mallissa solun työtieto (ERP) mahdollistaa tuotannon käytettävyyden mittaamisen yksinkertaisella tasolla. Käytettävyyden ja nopeuden kehittämisessä ERP näkymä tuotannon työkaluna helpottaa prosentuaalisen tavoitteen asettamista tuotannolle ja edistää näiden tavoitteiden saavuttamista.



Kuva 13. Työmääräykset.

6 Kustannukset

Tässä opinnäytetyössä KNL-mittauksen kokonaistehokkuuden parantaminen on käsikädessä yrityksen kunnossapidon ja tuotannon kulujen hallinnan kanssa. Kuten johdannossa on mainittu valmistavan tehtaan kustannuskilpailukyvyyn kehityksestä, Konecranes ei ole poikkeus. Viestintä- ja informaatioteknologian kehityksen, 5G:n tuomien mahdollisuuksien, ennakoivan kunnossapidon ja visuaalisen johtamisen ansiosta kustannuskartoituksesta on Konecranesilla selkeä suunnitelma, eikä projektin jatko ja laajennus tule yritykselle siksi kalliiksi.

Alihankintapajoissa noin 15-20 koneen kalustaminen maksaa, nykyisillä markkinahinnoilla, yritykselle noin 25 000-35 000 euroa. Asennuskustannukset ovat siis tulleet merkittävästi alas muutaman viimevuoden aikana. Sama pätee myös käytönaikaisiin ylläpitokustannuksiin. Tässä opinnäytetyössä käytetyssä järjestelmässä jatkuvat käytönaikaiset kustannukset (15-20 koneelle) mitataan sadoissa euroissa per kuukausi, kun muutamia vuosia sitten puhuttiin hehtaarista tuhat euroa tai enemmän. Suurimpia etuja kyseisessä kustannusmallissa on, ettei koneiden lukumäärä käytännössä vaikuta kuukausittaisiin kustannuksiin. Arvio opinnäytetyössä käsiteltyjen pilottien käyttöasteseurannan kokonaistuottavuuden parantumisesta on noin 5-20%. Muutaman prosentin nousu kokonaistuottavuudessa säästää jo Konecranesin Hyvinkään tehtaan tapauksessa merkittäviä summia vuositasolla.

7 Pohdintaa

Projektin tehtaan mallinnuksen jokainen kohta ja kerros tehdään tarkaksi sekä luotettavaksi, jonka takia näkymän kehitys vaatii enemmän aikaa. Alla oleva kuva 14 on reaaliaikainen 3D-kuva, josta näkee tämänhetkisen kehityksen. Kuvassa on auki työstökoneen Burkhardt KNL-näkymä, ja datan visualisoinnissa eri väriset pylväät merkitsevät prosenttilukua eri työvuorojen ajalta.

Projektin KNL-järjestelmästä tuli mielestäni toimiva ja luotettava tuotantotehtaan kokonaistehokkuuden parantamiseen. Huomioitavaa kuitenkin on, että tällä hetkellä sen tehokkaaseen tulkitsemiseen ja kokonaistehokkuuden kehittämiseen vaaditaan jonkin verran järjestelmään perehtymistä. Tavoitteena olisi saada järjestelmästä vielä helppolukuisempi ja kehittää järjestelmän datan hallintaa tehokkaammaksi. Opinnäytetyössä saatiin näitä kehitysideoita tehtyä ja ne tulevat käyttöön Konecranesilla vuoden 2021 aikana.

Jatkuva datan kerääminen tulee auttamaan tuotannonjohtoa ja tuotannonkehitystä sekä kunnossapitoa suuresti sekä lyhyellä että vuosittaisella aikavälillä. Projektissa datan keräämisvaiheessa jatkuvien kehitysideoiden sekä datan hyödyntämisen ideointi kiihtyy jatkuvasti. Kun dataa päästiin lukemaan, niin sen pohjalta saatiin hyviä kehitysideoita päivittäisellä ja viikoittaisella tasolla. Projekti tulee jatkumaan opinnäytetyön jälkeen Konecranesin ja PG:n (Process Genius) yhteistyössä, jonka tavoitteena on saada näkymät koko tehtaan työstökoneista ja luoda toimiva älykäs tehdas.



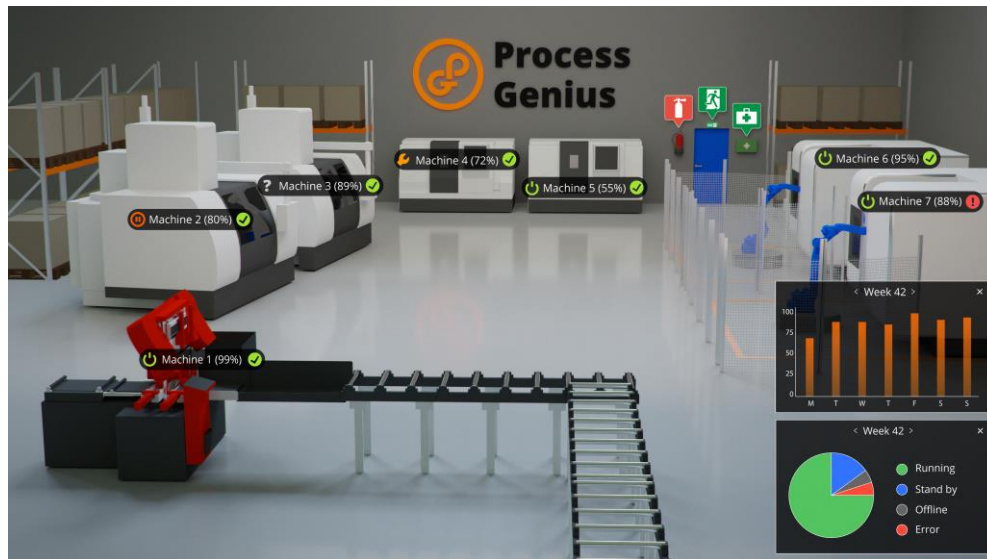
Kuva 14. Datan visualisointi päivätasolla: Työstökone: Fastems.

8 Yhteenveto ja tulevaisuuden näkymät

Projektista saadut hyödyt näkyvät Konecranesilla kokonaistehokkuuden kehityksessä. Projektin avulla jo pitkällä oleva Konecranesin ennakkohuolto kehittyi entisestään, ja suuren tehtaan datan kerääminen sekä tulkitseminen on helpottunut huomattavasti. Projekti on tullut tärkeäksi Lean-filosofiaa noudattavaksi työkaluksi. Projektissa täytyy muistaa, että kehitysprojektit vievät aina aikansa eikä työ välttämättä koskaan tunnu täysin valmiilta. Henkilökohtaisesti minusta projektin aihe oli erittäin mielenkiintoinen, innovatiivinen ja toi uutta arvoa yritykselle sekä tekniikan alalle. Uskon, että seuraavien vuosien aikana vastaavanlainen teknologia tulee ottamaan teknologia- ja teollisuusaloilla suuren osan kehitystyössä.

Projekti on hyvin vauhdissa, ja hyödyt kehitystyössä sekä päivittäisessä kunnossapidon kehityksessä näkyvät jo. Process Genius ja Konecranes jatkavat projektin kehitystä sekä laajentavat sitä tehtaalla useampiin koneisiin vuoden 2021 aikana. Seuraavat askeleet projektissa ovat reaaliaikaisen visuaalisen 3D-kuvan kehitys eri kerroksilla:

- tuotannon tavoite kappalemäärien asettaminen, niiden seuraaminen
- KNL-luvun kehityksen seuranta
- projektin hyödyntäminen laajasti päivittäisjohtamisessa ja kehitystyössä
- KNL-mittarien asentaminen useampiin tehtaan koneisiin sekä muuta anturointia eri tarpeille, jotka voidaan lisätä KNL-järjestelmään
- tehtaan visualisointiin lisätään erilaisia turvallisuustekijöitä ja niitä kehitetään jatkuvasti vastaamaan tehtaan tarpeita
- tehtaan koneille, joihin projektissa käytetty järjestelmä lisätään, asennetaan näyttöjä, jossa reaaliaikainen 3-D näkymä on esillä.



Kuva 15. KNL-layoutkuva (CNC-machining OY:ssä tuotannon pitkäaikaiskuormitus halutaan tietää – ei arvata 2020).

Lähteet

5 Tärkeää kunnossapidon mittaria. 2018. Verkkoaineisto. Pinja. Tieto-opas. <https://blogi.arroweng.fi/hubfs/Docs/5%20t%C3%A4rke%C3%A4%C3%A4%20kunnossapidon%20mittaria.pdf?utm_campaign=Kunnossapidon%20mittarit&utm_medium=email&_hsmi=62839900&_hsenc=p2ANqtz-8qQSVOpzQokxqFJQ3TdX9B8kN2Y2x3H-kT4PFJNwtst8ucDdO1du61irLdY27oO9DxCYgpZ80fjNgLieLbmxhMF1mjFyn-FOP2bWThfsxKYk1NSiYg&utm_content=62839900&utm_source=hs_automation>. Luettu 27.10.2020.

5 Ways 5G will power the smart factory of the future. NED. Verkkoaineisto. <<https://www.newequipment.com/industry-trends/article/22060208/5-ways-5g-will-power-the-smart-factory-of-the-future>>. Luettu 16.9.2020.

Aalto, Heikki 1994. Kunnossapidon perusteet. Verkkoaineisto. <http://www03.edu.fi/op-pimateriaalit/kunnossapito/perusteet_5-4_tuottava_kunnossapito.html>. Luettu 29.7.2020.

Bedo, Jean-Sebastian; Strinati, Emilio Calvanese; Castellvi, Silvia; Cherif, Tahar; Frascolla, Valerio; Haerick, Wouter; Korthals, Isabelle; Lazaro, Oscar; Sutedjo, Edwin; Usatorre, Luis & Wollschlaeger, Martin. 5G and the Factories of the Future. Verkkodokumentti. <<https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2014/02/5G-PPP-White-Paper-on-Factories-of-the-Future-Vertical-Sector.pdf>>. Luettu 3.11.2020.

CNC-machining OY:ssä tuotannon pitkäaikaiskuormitus halutaan tietää – ei arvata. 2020. Verkkoaineisto. Process Genius. <<https://www.processgenius.fi/fi/case-cnc>>. Luettu 16.11.2020.

Explanation of "Six Big Losses". Novotek. Verkkoaineisto. <<https://www.novotek.com/uk/solutions/overall-equipment-effectiveness/explanation-of-the-six-big-losses/>>. Luettu 27.10.2020.

Failure Metrics in Depth: MTTR vs. MTBF vs. MTTF. Plutora. Verkkoaineisto. <<https://www.plutora.com/blog/failure-metrics-mtr-vs-mtbf-vs-mttf>>. Luettu 27.10.2020.

Nicholas, John M. 2018. Lean production for competitive advantage. A comprehensive guide to lean methodologies and management practices. 2nd edition. Verkkodokumentti. <<https://irp-cdn.multiscreensite.com/d7b9796b/files/uploaded/Nicholas%2C%20John%20M%20-%20Lean%20production%20for%20competitive%20ad->

vantage%20a%20comprehensive%20guide%20to%20lean%20met-
hods%20and%20management%20practices-Taylor%20%26%20Fran-
cis%2C%20CRC%20Press%20%282018%29.pdf>. Luettu 27.10.2020.

Järviö, Jorma & Lehtiö, Taina. 2012. Tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 5., uudistettu painos. Helsinki: Promaint.

Järviö, Jorma–Piispa, Taina–Parantainen, Timo & Åström, Thomas 2011. Kunnossapito. 4., uudistettu painos. Kunnossapitoyhdistys ry. Helsinki.

Konecranes lyhyesti. Verkkoaineisto. Konecranes.
<<https://investors.konecranes.com/fi/konecranes-lyhyesti>>. Luettu: 28.7.2020.

Konecranes sijoituskohteena. Konecranes. Verkkoaineisto.
<<https://investors.konecranes.com/fi/konecranes-sijoituskohteena>>. Luettu: 28.7.2020.

Making Industry 4.0 happen. Verkkodoaineisto. 5G Acia.
<<https://www.5g-acia.org/5g-for-industry/>>. Luettu: 27.10.2020.

Mittaroi OEE-tunnuslukua oikein. 2016. Pinja. Tieto-opas.
<https://blogi.arroweng.fi/hubfs/Mittaroi%20OEE-tunnuslukua%20oikein%20-%20ja%20v%C3%A4lt%C3%A4%20ainakin%20n%C3%A4m%C3%A4%20sudenkuoppaa.pdf?utm_campaign=OEE-mittaroinnin%20virheet%20opas&utm_medium=email&_hsmi=65822616&_hsenc=p2ANqtz-91MfwClzT0iAPgzlgBDciZZSc6napLoZDJGK_Si-V4TsozFN6SKbEb5fgwjNLUzUTY-qyZReklZBBsrkNy6ljDBHQVMRUHzIU2LJENLF9gkJ0SPo&utm_content=65822616&utm_source=hs_automation>. Luettu: 27.10.2020.

Posintra-metallitalitapaaminen. 2014. Konecranes. Diaesitys.

PSK (7501). 2010. PSK Standardisointiyhdistys. 2. painos.
<<https://docplayer.fi/69726242-Psk-standardisointi-standardi-psk-7501-psk-standards-association-2-painos-2-nd-edition.html>>.

Saarnio, Markku 2018. Kunnossapito, kunnossapidon tehokkuus. Metropolia. Aineistodiat.

SFS-EN 13306:2010. Maintenance. Maintenance terminology. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

Six Big Losses. Vorne. Verkkoaineisto. <<https://www.vorne.com/tools/six-big-losses.htm>>. Luettu 30.7.2020.

Smart Factory Management tuo selkeyttä johtamiseen. Elisa. Verkkoaineisto. <<https://yriyksille.elisa.fi/virtuaalinen-monitorointi>>. Luettu 16.9.2020.

Tuottava kunnossapito. 2014. Verkkoaineisto. Konecranes. Luettu 20.10.2020.

Työstökoneiden kunnossapito. Verkkoaineisto. Konecranes. <<https://www.konecranes.com/fi/huolto/tyostokonehuolto/tyostokoneiden-kunnossapito>>. Luettu: 9.9.2020.

Työstökonehuolto TPM prosessi. 2014. Konecranes. Diaesitys.

Törnroos, Sami. Miten saada tuotannosta enemmän irti. Verkkoaineisto. Novotek. <[OEE-opas.pdf](#)>. Luettu 29.7.2020.

Törnroos, Sami. Tuotannon Six Big -hukkatekijöiden eliminointi OEE:n avulla. Verkkoaineisto. <<https://www.novotek.com/fi/blogi/3574-tuotannon-six-big-hukkatekijoiden-eliminointi-oeen-avulla/>>. Luettu 29.9.2020.

Vuosikatsaus. 2018. Verkkoaineisto. Konecranes. <<https://www.konecranes.com/sites/default/files/2019-03/Konecranes-Vuosikatsaus-2018.pdf>> Luettu 20.10.2020.

Vuosikatsaus. 2019. Konecranes. Verkkoaineisto. <https://investors.konecranes.com/sites/default/files/2020-03/vuosikatsaus_2019.pdf?v2>. Luettu 20.10.2020.

What is the Smart Factory and its impact on manufacturing? 2019. Verkkoaineisto. OTTO MOTORS. <<https://ottomotors.com/blog/what-is-the-smart-factory-manufacturing>>. Luettu 16.9.2020.

Visualisoituja KNL-näkymiä

