

Valtteri Manninen

Maanalaisen louhintakaluston kunnossapito työntekijöiden näkökulmasta



Insinööri (YAMK)

Teknologiaosaamisen
johtaminen

Syksy 2021



KAJAANIN
AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tiivistelmä

Tekijä(t): Valtteri Manninen

Työn nimi: Maanalaisen louhintakaluston kunnossapito työntekijän näkökulmasta.

Tutkintonimike: insinööri (YAMK), Teknologiaosaamisen johtaminen

Asiasanat: kunnossapito, tuotanto-omaisuuden hallinta, kunnossapitotyö, kunnossapidon johtaminen, kaivos

Tässä tutkimuksessa tutkittiin Pyhäsalmi Mine Oy:n louhintakaluston kunnossapitotyöntekijöiden näkökulmaa reaktiivisen, ehkäisevän, ennustavan sekä proaktiivisen kunnossapidon merkityksestä loppuvan kaivoksen kunnossapidossa. Tutkimus on laadullinen, jossa haastateltiin viittä kunnossapitotyöntekijää, joista kolme oli kunnossapitoasentajia ja kaksi sähkö- ja automaatioasentajaa.

Tässä tutkimuksessa käydään läpi kunnossapidon teoriaa suomalaisesta, mutta myös kansainvälisestä näkökulmasta. Leen (2008) jaottelu kunnossapidosta toimii tutkimuksen teoreettisena viitekehyksenä. Lee jaottelee kunnossapidon reaktiiviseen, ehkäisevään, ennustavaan ja proaktiiviseen kunnossapitoon. Tutkimuskysymyksen ”Millä tavoin kunnossapidon eri kehitysasteet näkyvät kunnossapitotoiminnassa työntekijöiden näkökulmasta?” avulla tarkasteltiin työntekijöiden näkökulmaa kunnossapidon nykytilasta sekä painopisteistä käytännön työssä. Tutkimusaineisto analysoitiin sisällönanalyysin periaatteita mukailien.

Tulosten mukaan reaktiivinen kunnossapito tiivistyi haastatteluissa *tuotannon keskeyttäväksi häiriöiksi*. Niitä olivat letkurikot sekä sähköviat, jotka useimmin tarkennettiin erilaisiksi liitinviokoiksi. Osaltaan häiriöihin sisältyi myös komuvauriot, joita tulee, kun katosta tai seinältä tippuu irtokiviä koneen päälle sekä käyttövirheet. Näihin reaktiivisiin toimiin arvioitiin kuluvan noin neljäsosa kokonaisyöajasta. Ehkäisevä kunnossapito keskittyi *huolto paikalla tehtäviin toimiin*. Siihen rajautui tuntiperusteiset toimet kuten huollot, kulutusosien vaihdot sekä turvallisuustarkastukset. Ennustavaan kunnossapitoon liittyväksi pääluokaksi muodostui *laitteen kuntoon perustuvat toimenpiteet*. Näihin toimenpiteisiin kuuluvat tarkastukset, tarkkailu ja kunnon ylläpito ja arviointi. Näissä puututaan vikaantumisen juurisyihin ja kyseenalaistetaan käyttötunteihin perustuvia komponenttien vaihtoja. Siihen sisältyy painemittauksia, kuntoarvioita, vertaisarvioita ja tulevien tarpeiden arviointia ja vaatimuksia. Proaktiivista kunnossapitoa ei haastattelujen perusteella ole löydettävissä, mutta analyysin pohjalta yhdeksi pääluokaksi muodostettiin *työntekijöiden toiminta, kokemus ja tietotaito osana kunnossapitoa*. Työntekijöiden rooli näyttäytyi merkittäväksi linkiksi kehityksen ja kehittyneiden toimintojen käyttöönotossa. Haastattelukysymyksissä ei viitattu operaattoreihin, mutta vastauksissa nousi useasti esille ammattitaitoisen operaattorin positiivinen vaikutus kunnossapitoon.

Työ antaa hyvän kokonaiskuvan kunnossapitotyöstä louhintakaluston kunnossapidossa työntekijän näkökulmasta. Tutkimusta voidaan käyttää pohjana arvioitaessa kunnossapidon toimintaa sekä muutosta. Tämän avulla pystymme panostamaan johtamisessa oikeisiin asioihin ja kysymään oikeita kysymyksiä, jotta tuotantoa saadaan ajettua onnistuneesti kaivoksen loppuun saakka.

Abstract

Author(s): Manninen Valtteri

Title of the Publication: Maintenance of Underground Mining Equipment from the Employee's Perspective

Degree Title: Master of Engineering, Technology Competence Management

Keywords: maintenance, maintenance work, asset management, mine

This Master's thesis examined the perspective of Pyhäsalmi Mine Oy's mining equipment maintenance employees on the importance of reactive, preventive, predictive and proactive maintenance in mine maintenance. The study is qualitative, interviewing five maintenance workers, three of whom were technicians and two electricians.

This study examines the theory of maintenance from a Finnish, but also from an international perspective. The theoretical frame of reference was set by development stages of maintenance, which was further divided into reactive, preventive, predictive, and proactive maintenance. The research question "How are the different development stages reflected in maintenance activities from the perspective of employees?" examined the employees' perspective on the current state of maintenance as well as the priorities in practical work. The research material was analyzed according to the principles of content analysis.

According to the results, reactive maintenance was condensed in the interviews as *production interruptions*. These included hose failures as well as electrical failures, which were most often specified as various connector failures. In part, the disturbances also included damage that occurs when rockfall drips from the roof or wall onto the machine, as well as operating errors. These reactive actions were estimated to take about a quarter of the total working time. Preventive maintenance focused on *actions at the service site*. It was limited to hourly activities such as maintenance, replacement of consumables and safety inspections. The main category related to predictive maintenance was *measures based on the condition of the device*. These measures include inspections, monitoring and maintenance and evaluation. These address the root causes of failure and question component-based path changes based on operating hours. It includes pressure measurements, fitness assessments, peer reviews, future needs assessments and requirements. Proactive maintenance cannot be found on the basis of the interviews, but on the basis of the analysis, the activities, *experience and know-how of the employees were formed into one main section as part of the maintenance*. The role of employees appeared to be an important link in the development and implementation of advanced functions. The interview questions did not refer to operators, but the responses often highlighted the positive impact of a skilled operator on maintenance.

The work gives a good overview of the maintenance work in the maintenance of the mining equipment from the employee's point of view. The study can be used as a basis for evaluating maintenance activities and change. This allows the management to invest in the right things and ask the right questions so that production can run successfully until the end of the mine.

Sisällys

1	JOHDANTO	1
2	KUNNOSSAPITO JA SEN KEHITTÄMISASTEET	5
2.1	Kunnossapito yrityksessä	7
2.2	Liikkuvan kaluston eli louhintakaluston kunnossapito	8
2.3	Kunnossapidon kustannukset	9
2.4	Kunnossapidon tunnusluvut	10
2.5	Kunnossapitostrategiat	11
2.6	Kunnossapitoasentajan työ	12
2.7	Teollisuuden ja kunnossapidon tulevaisuus	14
2.8	Kunnossapidon kehittämisasteet	15
2.8.1	Ei kunnossapitoa	16
2.8.2	Reaktiivinen kunnossapito	17
2.8.3	Ehkäisevä kunnossapito	17
2.8.4	Ennustava kunnossapito	18
2.8.5	Proaktiivinen kunnossapito	18
2.8.6	Laitteen itsenäinen kunnossapito	19
3	TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN	20
3.1	Tutkimuksen taustat ja suunnitelma	20
3.2	Laadullinen tutkimus lähtökohtana	22
3.3	Aineiston keruu haastatteluilla	22
3.4	Aineiston analyysi	23
4	TULOKSET	25
4.1	Tuotannon keskeyttävät häiriöt	26
4.2	Huoltopaikalla tapahtuva toiminta	27
4.3	Laitteen kuntoon perustuvia toimenpiteitä	28
4.4	Työntekijöiden toiminta, kokemus ja tietotaito osana kunnossapitoa	29
4.4.1	Operaattoreiden vaikutukset kunnossapitoon	29
4.4.2	Asentajien kokemuksen vaikutus kunnossapitoon	30
5	POHDINTA	33
5.1	Tuotannon keskeyttävät häiriöt ja reaktiivinen kunnossapito	34
5.2	Huoltopaikalla tapahtuva toiminta ja ehkäisevä kunnossapito	34
5.3	Laitteen kuntoon perustuvat toimenpiteet ja ennustava kunnossapito	35

5.4	Työntekijät osana kunnossapidon tulevaisuutta ja proaktiivinen kunnossapito.....	36
5.5	Muita huomioita.....	38
	Lähteet.....	40
	Liitteet.....	43

Symboliluettelo

Diagnostiikka – nykyhetken analysointia.

Prognostiikka – tulevan tilanteen analysointia, ennustamista.

M2M – koneiden välinen kommunikaatio

IoT – Internet of Things, asioiden internet.

BSC – Balanced scorecard

ROI – pääoman tuotto

OEE – laitteen kokonaistehokkus

MWT – Mean Waiting Time, keskimääräinen laitteen odotusaika.

MTBF – Mean Time Between Failures, laitteen vikaantumisväli.

MTTR – Mean Time To Repair, keskimääräinen korjausaika.

Ennakointiasteprosentti – ennakoitujen töiden suhde ennakoimattomiin.

1 JOHDANTO

Maanalaisen liikkuvan kaluston kunnossapito on jollain tavalla oma taiteenlajinsa. Siinä toimitaan, kuten millä tahansa raskaskonekorjaamolla, mutta olosuhteet ovat kaivoksissa koneille raskaat. Paikallisissa olosuhteissa korostuu rikki-pöly, lämpö, kosteus ja hapan vesi. Lisäksi paikallinen malmi on raskasta. Yhdeksän kuutiometrin kauhaan on mahdollisuus saada paikoittain lähes 40 tonnin kuorma.

Tutkimuksen toimeksiantaja on Pyhäsalmi Mine Oy, jonka omistavaa First Quantum Minerals LTD:n konserni. First Quantum Minerals Ltd. on perustettu 1983 ja se osti maaliskuussa 2013 Inmet Mining -konsernin, jonka mukana tuli myös Pyhäsalmi Mine Oy. Se oli maailman kuudenneksi suurin kuparintuottaja vuonna 2020 (Statista, 2021). First Quantum Mineralsilla on tällä hetkellä kahdeksan kaivosta tuotannossa ja kolme kaivos-hanketta; Sambiassa, Perussa ja Chillessä. Työntekijöitä konsernilla on yli 20 000 ympäri maailman. Suurin osa työntekijöistä, noin 13 000, on Kansashissa, Sambiassa. (FQML, 2020.)

Pyhäsalmen kaivos tuottaa asiakkailleen kupari-, sinkki- ja pyriittirikastetta. Se aloitti toimintansa 1.3.1962 Outokumpu Oy:n toimesta avolouhoksena. Vuonna 1985 valmistui Olinkuilu, jonka syvyys oli 730 metriä. 840-taso saavutettiin vuonna 1992. Viimeisin syvennys aloitettiin 1998, jolloin tuotantoon otettiin 1050 metrin alapuolella olevat varannot. Malmi kuljetettiin vuoteen 2001 asti 1250-tasolta 660-tasolla olevalle murskalle seitsemällä dumpperilla, koska hissiä ei ollut. (Luukkonen, Lähteenmäki & Mäki 2012, 134.)

Timonkuilu ja sen hissi avattiin vuonna 2001, jolloin pohja yletyi 1440 metriin. Malmi ja henkilöstö kuljetettiin siitä lähtien hissillä. Louhinta suoritetaan tänä päivänä pääosin 1050-tason alapuolella. Päätaso sijaitsee 1410 metrin syvyydessä. Sieltä löytyy muun muassa maanalaisen liikkuvan kaluston kunnossapitotilat, varasto, henkilöstön ruokailutilat, sauna sekä työnjohdon toimisto. (Luukkonen ym. 2012, 134.)

Oma historiani Pyhäsalmen kaivoksella alkoi vuonna 2012, jolloin pääsin kesätöihin Pyhäsalmi Mine Oy:n palvelukseen. Toimin kolme kuukautta harjoittelijana maanalaisessa kalustokorjaamossa. Työnkuvaani kuului vanhempien asentajien kanssa erilaiset työt huoltoihin ja korjauksiin liittyen. Harjoittelu oli järjestetty siten järkevästi, että sain olla aina viikon kerrallaan yhden asentajan mukana, jolloin tutustuin käytännössä koko korjaamoporukkaan, ja näin heti alusta alkaen erilaisia toimintamalleja. Aika nopeasti pääsin teke-

mään myös itsenäisesti koneiden huoltoja sekä pikkuhiljaa luottamuksen kasvaessa korjaustöitä. Ammattikorkeakoulun aikana tein tuurauksia syyslomien, hiihtolomien sekä joululomien aikana. Tämä onnistui helposti, koska ne olivat suosittu lomaviikot myös kaivoksessa. Olin vuonna 2013 samalla kuviolla mukana. Pääsin kesäksi töihin neljäksi kuukaudeksi ja tein lisäksi perinteiset lomaviikot.

Vuonna 2014 olin insinööriopiskelujeni osalta viettämässä viimeistä vuotta ja opinnot rupesivat olemaan opinnäytetyötä vaille paketissa. Aloitin helmikuussa 2014 opinnäytetyön tekemisen kunnossapidon varastointiin liittyen, minkä olin havainnut olevan ongelma. Aktiivisesti käytettyjä työkoneita oli yli kolmekymmentä, jotka olivat kaikki jollain tavalla erilaisia. Vaihtokoneita ei ollut, joten jokainen täytyi aina saada kuntoon mahdollisimman nopeasti. Varaosia täytyi siis olla varastossa paljon, mutta oli mahdottomuus pitää kaikkia varaosia hyllyssä. Kirjanpitoa ei ollut kaikista varaosista ja välivarastoja oli siellä täällä. Opinnäytetyön avulla saimme otettua monta kehitysaskelta varastoinnissa eteenpäin ja pystyimme selkeyttämään järjestelyitä.

Toukokuussa valmistumiseni jälkeen työsopimukseni oli katkeamassa, kunnes minua kysyttiin töihin työnjohtajaksi. Pääsin aloittamaan kunnossapidontyönjohtajana kesäkuun alusta maanalaisessa kunnossapidossa. Aika on ollut opettavaista. Oppia on tullut henkilöstöasioista, kunnossapidon kehittämisestä sekä kunnossapidon arkisesta pyörittämisestä sekä suunnittelusta. Työnjohtajalla on ollut kaivoksessa iso rooli kunnossapidon varmistamisessa suunnittelijan kanssa. Suuressa roolissa on ollut edelleen varaosien hankkiminen ja niiden tarpeen arviointi, juurisyiden selvittäminen erilaisille vikaantumismalleille sekä niihin puuttuminen. Henkilöstöasioiden hoitaminen on myös ollut merkittävässä roolissa työajan käytössä.

Vuonna 2020 vastuualueisiini liitettiin kaivoksen pelastusryhmä sekä kunnossapidon suunnittelijan tehtävät suunnittelijan vaihdettua työnantajaa. Lisäksi vuonna 2019 kaksi alaistani kävi esimiestyön peruskurssin, jonka takia olen päässyt kouluttamaan itselleni kaksi varamiestä. Kunnossapitoon on vaikuttanut huomattavasti se, että maanalainen kaivostoiminta oltiin lopettamassa vuonna 2019 ja se oli meidän alkuperäinen määränpää kunnossapidossa. Sitä pidettiin tähtäimenä koneiden kestävyuden kanssa. Vuonna 2018 suunnitelmat kuitenkin elivät ja erilaisista projekteista tuli välillä tietoa, esimerkiksi mahdollinen jatkoaika seuraavalle kahdelle vuodelle eli 2019-2021. Sen projektin tiimoilta ruvettiin laittamaan kalustoa kuntoon uudella innolla, koska vuodet tulisivat olemaan taloudellisesti haastavia, vaikka toiminta jatkuisikin.

Sittemmin kuitenkin vuoden 2019 alkupuolella toimitusjohtaja tiedotti, että myynnin epävarmuuden takia toiminta tulee loppumaan maanalaisessa kaivoksessa vuoden 2019 lopussa eikä jatkoaikaa tule. Tämän seurauksena suuremmat kunnostukset keskeytettiin ja siirryttiin tukemaan tuotantoa vanhalla tähtäimellä. Kuitenkin jo kesäkuussa vuonna 2019 tuli uusi tiedote, jonka mukaan toimintaa jatketaan vuoteen 2021, mutta vuodesta 2020 alkaen tuotantoa tullaan supistamaan. Tämän seurauksena jouduimme tarkastelemaan konekantaamme taas uusin silmin siten, että arvioimme kaivososaston kanssa tuotantokoneiden tarpeen ja sen seurauksena kunnossapidon suunnitelman viimeisille vuosille.

Vuonna 2019 Pyhäsalmen kaivoksen liikevaihto oli 84 miljoonaa euroa ja liikevoittoprosentti 47,9 (FQML, 2021). Tämän hetkisen näkemyksen mukaan malmivarantojen Pyhäsalmen kaivoksessa on laskettu riittävän vuoden 2021 loppuun. Henkilöstömäärää ja tuotantoa on vähennetty. Viimeisinä vuosina louhintamäärää on pudotettu asteittain 1,4 miljoonasta tonnista vuoden 2021 tavoitteen ollessa n. 450 000 tonnia. Työntekijämäärä putoaa jatkuvasti ollen vuoden 2020 lopussa 124 henkilöä (intranet, kaivoksenjohtajan katsaus).

Tällä hetkellä elämme vuoden 2021 alkua ja viimeinen vuosi on taas menossa. Kalustoa käytetään suppeammin, johtuen tuotannon mahdollistavan tunnelin tekemisen eli peränajon loppumisesta, koska väylät loppuvuoden tuotantotasolle ovat jo pääosin tehty. Lisäksi tuotantomäärä on sen verran vähäisempi, että konekannassa on ylikapasiteettia. Huonokuntoisimpia koneita pystytään jättämään varalle tai varaosiksi. Kunnossapitoon käytettävä aika on nyt joustavampaa, mutta henkilömäärän pienentyessä sekä taloudellisen tilanteen tiukentuessa, pyrimme keskittymään ylimääräisen kunnossapidon leikkaamiseen sekä entistä tarkempaan ennustamiseen.

Kunnossapidon tavoitteena on olla tuotantoa aina hieman edellä. Se tekee toiminnasta johdonmukaisempaa, tarkempaa ja harkitumpaa. Pyrimme löytämään vikaantumisista merkkejä entistä aikaisemmin, jotta voimme arvioida toimenpiteitä sekä niiden kannattavuutta mahdollisimman tarkasti. Toisinaan pyrimme suorittamaan välittömän kunnostamisen, joka useasti on helpompaa sekä halvempaa, kun vikaantuminen on tunnistettu ajallaan. Kun vikaantuminen on tunnistettu ja sen juurisyyt ja vaikutukset selvitetty, on helppompaa tehdä päätös toimenpiteistä ja aikatauluista. Henkilöstömäärä on vähentynyt ja vähenee kvartaaleittain.

Kunnossapitoa voidaan jaotella usealla eri tavalla. Tutkimuksen lähestymistavaksi valittiin Jay Leen vuonna 2008 esiin tuoman jaotelma kunnossapidon kehitymisasteista. Siinä jaetaan kehitymisasteet reaktiiviseen, ehkäisevään, ennustavaan sekä proaktiiviseen

kunnossapitoon. Lisäksi maininnat ovat myös laitteen itsenäisesti suorittamasta kunnossapidosta sekä täysin ilman toimenpiteitä hoidettavasta kunnossapidosta. Viimeksi mainitut jätin tutkimusvaiheesta pois, koska ne eivät näyttäyty liikkuvan kaluston kunnossapidossa tällä hetkellä. Tutkimuskysymyksenä oli ”Millä tavoin kunnossapidon eri kehitystasot näkyvät kunnossapitotoiminnassa työntekijöiden näkökulmasta?”

Tutkimusmenetelmänä oli laadullinen eli kvalitatiivinen, ja sen aineisto kerättiin haastatteluiden avulla. Haastateltavina oli viisi kunnossapidon työntekijää. Näistä kaksi toimii sähkö- ja automaatioasentajina ja kolme raskaskoneasentajina. Haastattelut litteroitiin ja käsiteltiin sisällönanalyysin periaatteiden mukaan.

Tutkimuksen lähtökohtana oli tuoda kunnossapitotyöntekijöiden näkökulman kunnossapidon jaotteluun, koska aihe on mielenkiintoinen ja vastaavaa tutkimusta en löytänyt. Oli tärkeää saada esille kunnossapidon toiminnoista juuri työntekijöiden näkemyksiä, joita pystytään tarvittaessa käyttämään kehityksen ja kunnossapidon johtamisen tukena. Tämä työ lisää ymmärrystä louhintakaluston kunnossapidon toimintaa kohtaan ja antaa osaltaan vastauksia siihen, miten asioita tällä hetkellä hoidetaan ja millä tavalla toimintaa voidaan kehittää tai ylläpitää. Tutkimuksen aikana saatiin myös mielenkiintoinen näkökulma operaattorin merkityksestä kunnossapidon toimintaan, mikä ei juuri tule esille kunnossapidon vanhemmissa tutkimuksissa.

Olen käyttänyt työssäni otteita aikaisemmasta opinnäytetyöstäni kohdassa 3.1 Kunnossapito yrityksessä sekä 3.5 Kunnossapitostrategiat.

2 KUNNOSSAPITO JA SEN KEHITTÄMISASTEET

Suomalainen teollisuuden standardi PSK 6201:2011 muotoilee kunnossapidon olevan kokonaisuus toimenpiteitä, joilla pystytään pitämään tai palauttamaan laitteen toimintakyky sellaiseksi, että se pystyy suoriutumaan siltä vaadituista toiminnoista koko sen suunnitellun elinjakson ajan. Eurooppalainen standardi SFS-EN 13306:2017 erittelee tähän liittyviä toimenpiteitä vielä teknisiin, hallinnollisiin sekä liikkeenjohdollisiin toimiin.

Pintelon ja Parodi-Herz totesivat (2008, 21), että historiassa kunnossapidon rooli oli vain väistämätön osa tuotantoa, kun nykypäivänä se on tärkeä strateginen elementti liiketoiminnan tavoitteiden täyttämiseksi. Kun kovan kilpailun vuoksi organisaatiot pyrkivät tuottamaan enemmän lyhyemmässä ajassa ja vähemmällä resursseilla, nousee fyysisen omaisuuden hallinta merkittäväksi (Pintelon & Parodi-Herz 2008, 21). Järviö toteaaakin (2017, 27), että kunnossapito muodostaa teollisuusyritysten suurimman hallitsemattoman kuluerän, jonka vuoksi hyvin johdetun yrityksen merkki on se, että kunnossapidon hallintaan on kohdistettu resursseja.

Kunnossapito-organisaation ensisijainen tehtävä ja tärkein päämäärä on vähentää kunnossapitoa. Vasta toiseksi tärkeimpänä tehtävänä on kunnossapidon tekeminen tehokkaasti. (Järviö & Lehtiö 2017, 76.)

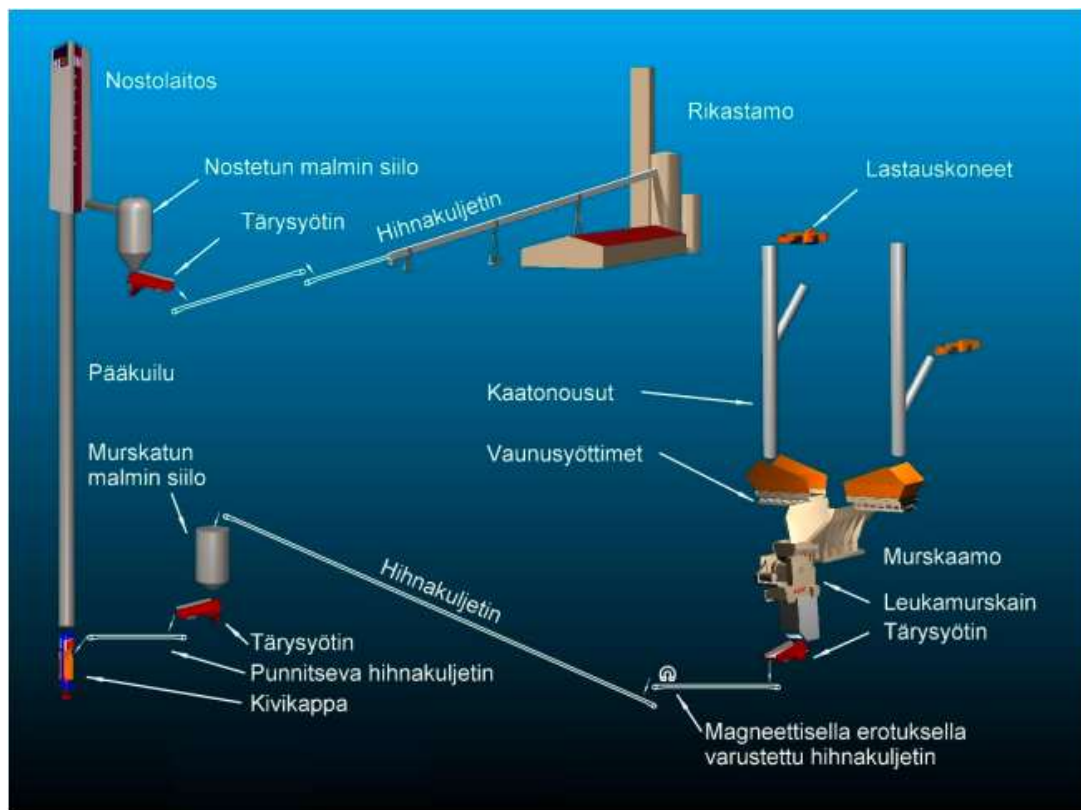
Ensimmäiset kirjalliset maininnat Suomen kaivostoiminnasta löytyvät 1300-luvulta. Maininta löytyy Turun tuomiokirkon Mustasta Kirjasta, jossa eräs kirje on päivätty 12.6.1329, jossa kolme talonpoikaa lahjoittaa Krakanes-nimisen kalkkivuoren kirkolle sielunsa pelastukseksi. (Hakapää & Lappalainen 2011, 13.)

Kaivostoiminta on osa kaivainnaisteollisuutta. Se perustuu jonkin mineraalin louhintaan. Kaivos voi toimia avolouhoksena maan päällä tai maanalaisena kaivoksena maan alla. Maanalla tapahtuva louhinta on monimutkaisempaa, koska sinne tarvitaan laajempi infrastruktuuri. Lisäksi maanalaisessa toiminnassa tyhjennetyt louhokset täytyy täyttää. Se vakuuttaa kalliooperää ja mahdollista täysimääräisen louhinnan. Maanalaisessa kaivostoiminnassa seurataan tuotettuja tonneja mutta myös tyhjän tilan määrää, joka täytyy pitää mahdollisimman pienenä. (Hakapää & Lappalainen 2011.)

Maanalaisen kaivoksen tuotanto kiertää tiettyä kiertokulkua, kun tuotantosuunnitelmat on tehty. Mittausten jälkeen tehdään tunneli louhinta-alueelle. Se tehdään yleensä ensin poraamalla reiät panostusta varten ja räjäyttämällä noin 5 metriä kerrallaan. Räjäytyksen jälkeen louheet kastellaan pölyämisen estämiseksi, jonka jälkeen lastauskone kuljettaa

ns. peräkivet pois, paikan turvallisuus varmistetaan poistamalla irtokivet eli komut seinistä ja katosta. Tämän jälkeen kyseinen osuus lujitetaan. Lujitus tehdään injektoiduilla pulteilla kiinnitetyillä teräsverkoilla, injektoidulla vaijerilla sekä ruiskubetonilla. Lujituksen laajuus riippuu kohteesta. Nämä toiminnot tehdään koneellisesti siten, ettei ihmisen tarvitse mennä lujittamattomalle alueelle. Lujituksen jälkeen voidaan taas mitata ja porata reiät panostusta varten. (Nevalainen 2021.)

Itse tuotantolouhinta tapahtuu Pyhäsalmen maanalaisessa kaivoksessa pengerlouhintaan. Se aloitetaan poraamalla pitkäreikäporakoneilla louhoksen avaus aikaisemmin tehdystä tunnelista eli perästä käsin. Avauksen jälkeen pystytään poraamaan porausviuhkat, joita yleensä räjäytetään lastausten välissä 1-3 kerrallaan. Louhoksen korkeus on yleensä maanalaisessa toiminnassa Pyhäsalmi Mine Oy:ssä 25 metriä porattujen reikien pituuden vaihdellen 5-40 metriin riippuen kulmasta. Panostuksen jälkeen suoritetaan räjäytys, jonka jälkeen tila tuuletetaan, kastellaan ja lastataan. Lastauskoneet ajavat malmin kaatonousuihin, joista ne valuvat murskalle, josta taas eri vaiheiden jälkeen kuvan 1 mukaan pintaan rikastamolle, jossa louheista erotellaan tarvittavat mineraalit. (Nevalainen 2021.)



Kuva 1. Louheen siirto lastauskoneen kauhasta rikastamolle. (Huuskonen, Karjalainen, Pekkala 2008, 8.)

2.1 Kunnossapito yrityksessä

Niin kauan, kun ihminen on rakentanut ja käyttänyt koneita, on myös kunnossapitotoimintaa harjoitettu (Järviö & Lehtiö 2017, 21). Kunnossapito on määritelty standardissa SFS-EN 13306:2017. Sen mukaan kunnossapito on ”yhdistelmä kaikkia koneen elinjakson aikaisia teknisiä, hallinnollisia ja liikkeenjohdollisia toimia, joilla pyritään ylläpitämään tai palauttamaan laitteen toimintakyky sellaiseksi, että se kykenee suorittamaan siltä vaaditun toiminnan.” (SFS-EN 13306, 2017)

Kehityksen alussa yritysten kunnossapitotoiminta oli pääosin kahdennettua varmistamista. Siinä tuotannolle tärkeät kohteet oli varmistettu – esimerkiksi pumppauslinjassa oli kaksi rinnakkaista pumppua, jolloin toisen vikaantuessa toinen vielä jatkaa pumppausta. Perinteisesti ajatellaan, että kunnossapito on vikojen korjausta, mutta tämä ajatus on vanhentunut. Kunnossapito hoitaa tuotanto-omaisuutta. Ensimmäisen kehitysasteen kunnossapidossa korjattiin vikoja vasta, kun ne keskeyttivät tuotannon. Huollon tärkeimpänä tehtävänä oli huoltokohteiden rasvaus. Ennakoivasta kunnossapidosta ei vielä muuten tiedetty. (Järviö & Lehtiö 2017, 21.)

Kunnossapidon tehtävä on tuottaa kaivokselle laadukkaat kunnossapidon palvelut. Se pyrkii mahdollistamaan koneiden ja laitteiden häiriöttömän toiminnan, käyttövarmuuden ja laadukkaan tuotannon ennalta ehkäisevällä, suunnitelmallisella ja systemaattisella kunnossapidolla. On myös huomattava, että koneiden käyttäjät vaikuttavat omalta osaltaan tuotantokoneiden luotettavuuteen. Kun käyttö on oikeaoppista ja konetta seurataan aktiivisesti, voidaan osa seisokeista ennakoida, eikä yllätyksiä pääse tulemaan. Kunnossapito kaivoksessa jakaantuu kolmeen osa-alueeseen: liikkuvan kaluston-, kiinteiden prosessikoneiden- ja tehdasalueen kunnossapitoon. (Hakapää & Lappalainen 2011, 329.)

Kunnossapidon laadukkuuteen vaikuttaa koko ajan enemmän myös turvallisuusaspekti. Työntekijöitä ei saa altistaa tapaturmille, jolloin kunnossapidossa täytyy ottaa huomioon myös töiden turvallinen suorittaminen. Yleensä rikkiäinen kone on vaarallinen ja sen kanssa joudutaan tekemään sellaisia toimenpiteitä, joita ei ole voitu harjoitella tai joihin ei ole voitu varautua. Tällä hetkellä kehitys on huolestuttava, koska tapaturmia sattuu kunnossapitoseisakeissa koko ajan enemmän. (Järviö & Lehtiö 2017, 26.)

Työturvallisuuden lisäksi myös ympäristöystävällisyyteen kiinnitetään enemmän huomiota. Viranomaiset ja media seuraavat yritysten ympäristöystävällisyyttä kriittisesti. Viranomaiset pystyvät lopettamaan yrityksen toiminnan, jos niiden määräyksiä ympäristöön liittyen ei täytetä. Toisaalta jos asiakkaiden ympäristövaatimuksia ei pystytä toteuttamaan,

jonka seurauksena asiakaskunta häviää, joutuu yritys silloinkin lopettamaan toimintansa. Osaltaan nämä saattavat myös monimutkaistaa prosesseja, jolloin vikaantumista voi ilmetä enemmän, (Järviö & Lehtiö 2017, 26.)

2.2 Liikkuvan kaluston eli louhintakaluston kunnossapito

Kaivoksen liikkuvasta kalustosta käytetään myös nimeä louhintakalusto. Louhintatyössä koneet käyvät työmailla tietyssä järjestyksessä. Usein myös työkohteita on useampia. Tämän takia kalustolle on ominaista, että yhden koneen särkyessä tuotanto ei pysähdy. Koneiden kriittisyys määritellään useasti kaivoskohtaisesti, mutta usein lastauskoneet ovat kriittisimpiä. Tämä johtuu siitä, että välitön tuotantoteho laskee, jos lastauskonekapasiteetti pienenee ja se voi aiheuttaa tuotannossa menetyksiä. (Torvi & Kempainen 2014, 103-104.)

Louhintakalustossa laitevalmistajat ovat toimittaneet yleensä maailmalle useita koneita, eivätkä koneet ole niin sanotusti uniikkeja. Tämä takia kaikkiin koneisiin löytyy suhteellisen tarkka huolto-ohjelma. Se ei kuitenkaan ota huomioon kaikkia asioita ja toisaalta toimenpiteet huolto-ohjelmissa ovat ylimitoitettuja. Olosuhteet ovat kuitenkin paikallisia ja huolto-ohjelmissa ei tätä voi ottaa huomioon. Lisäksi huolto-ohjelmat saattavat päivittyä, kun valmistaja huomaavat päivitystarvetta, mutta yleensä siinä vaiheessa kentällä tähän on jo herätty ja päivitys koskettaa uudempia vähemmän käytettyjä koneita. (Torvi & Kempainen 2014, 87.)

Mekaaninen kunnossapito on yleisesti hallinnassa hyvin. Mekaaniset viat on useasti helppo paikallistaa jo silmämääräisesti tai yksinkertaisesti toimintojen tarkistamisella. Yleensä vioittunut komponentti on helppo korjata tai vaihtaa. (Torvi & Kempainen 2014, 104.)

Sähkö- ja automaatioviat laskevat kuitenkin uusissa koneissa helposti käytettävyyttä, koska ne ovat useasti haasteellisempia paikallistaa. Yksi anturi voi rikkoutua usealla tavalla ja sähkö- sekä väyläkaapeleissa oleva vika voi näyttäytyä vain hetkittäin eikä vikaa löydetä nopeasti. Uusimmat väyläohjaustekniikat kuitenkin parantavat laitteiden seuraimista ja kunnonvalvontaa koko ajan paremmin ja koneiden ohjelmistot mahdollistavat vian alustavan rajauksen suhteellisen tarkasti. (Torvi & Kempainen 2014, 104.)

Pora-alustoissa eli poravaunuissa yksi tärkeimpiä komponentteja on iskuvasara. Tästä syystä iskuvasaran ajanmukainen huolto ja seuranta on tärkeää. Yleensä poraus- ja kaivosyrityksillä on varastossa varalla vasara huoltojen ja ennakoimattomien vikojen aiheuttamien seisokkiaikojen pienentämisen takia. (Torvi & Kemppainen 2014, 104.)

Lastaus- ja kuljetuskalustossa suurimpia kuluja aiheuttavat renkaat. Rengas voi maksaa yli 10 000 € ja suurimpiin kiviautoihin jopa 100 000 euroa. Kalliista hinnasta johtuen niiden varastomääriä halutaan pitää kohtuullisena. Yleiset kaivosalan suhdanteet vaikuttavat saatavuuteen ja se voi välillä muodostua ongelmaksi. Renkaiden kunnonseuranta kuuluu olennaisena osana huolto-ohjelmiin. Renkaiden kuntoa voi tuotannossa valvoa helposti paine- ja lämpötila-antureilla sekä lämpökameralla, joka paljastaa renkaassa olevia pieniä viiltoja. Pienet viillot voidaan korjata ennen kuin rengas menee käyttökelvottomaksi. (Torvi & Kemppainen 2014, 105.) Lastauskoneiden rengaskustannuksiin vaikuttaa omalta osaltaan renkaiden ilmanpaine, operaattorin ammattitaito sekä lastauspaikan sekä ajoväylien kunto (Hakapää 2011, 344).

Lastauskalustossa ennakoimattomia seisokkeja voivat aiheuttaa ratkeamiset puomeissa, sylintereiden rikkoontumiset tai moottorivauriot. Yleisesti kauhojen kulumisen seuraaminen maksaa itsensä nopeasti takaisin. Erilaisia materiaaleja ja muotoja kannattaa kokeilla, jotta kustannustehokkain ratkaisu löytyy. Maanalaisen louhintakaluston yleisimmin vikaantuvat komponentit ovat kohtuullisen pieniä, jonka takia toimitusajat ovat lyhyitä verrattuna esimerkiksi avolouhoksilla käytettävien lastaus- sekä kuljetuskaluston komponenttien kokoon. (Torvi & Kemppainen 2014, 104-105.)

2.3 Kunnossapidon kustannukset

Kunnossapidosta laskettavissa kannattavuusanalyyseissä on haasteena useasti se, että kustannuslaskelmista ei suoraan saada selvitettyä kunnossapitotoimenpiteistä saatavaa hyötyä. Välittömien kunnossapitotoimenpiteiden sekä aputoimenpiteiden laskelmat ovat helposti tehtävissä. Tuotannon kasvu sekä laadun parantuminen pystytään todentamaan perinteisillä taloudellisilla laskelmilla. Parantuneen toimintavarmuuden mahdollistamaa markkinaosuuden kasvua on kuitenkin haastavaa ottaa huomioon vertailulaskelmissa, joissa yksikkönä on pelkkä raha. (Asp, Tuominen, Hyppönen 2012.)

Perinteisesti kunnossapidon suorat kustannukset jaotellaan työtehtävän, kustannuspaikan, kohteen, kustannuslajin ja työlajin mukaan. Esimerkiksi Pyhäsalmen kaivoksessa luokitellaan kustannuspaikaksi Lastaus 66500, jonka alle luokitellaan työnumeroksi

LK611 eli yksi lastauskoneista, jonka jälkeen luokitellaan vielä kustannuslaji/työlaji esimerkiksi korjaustyössä tarvittaville tarveaineille 30262033.

Perinteistä kirjanpitolohjaista kustannusjakoa toteutetaan yleensä kustannuslajeittain tehdyssä jaottelussa. Siinä erotellaan palkat ja ylityökustannukset, kunnossapitotilat sekä työkalut, tarveaineet, ostetut palvelut sekä muut hallintokustannukset. (Asp ym. 2012.)

Kun kustannuslajeja halutaan käyttää kunnossapitotoimenpiteiden tehokkaampaan seurantaan, tulisi ne jaotella vähintään käyttäjän suorittamaan käyttöseurantaan, kunnonvalvontaan, jaksotettuihin huoltoihin, vikaantumisen seurauksena tehtäviin korjauksiin, kunnonvalvonnan perusteella tehtäviin korjauksiin, modifiointeihin, perusparannuksiin sekä käytöstä poistoon. Tätä kaavaa pystytään tarkentamaan ja parantamaan yrityskohtaisesti palvelemaan asiansa mahdollisimman hyvin. (Asp ym. 2012.)

2.4 Kunnossapidon tunnusluvut

Kunnossapidon tunnuslukuja käytetään eri yrityksissä eri tavoin. Päämääränä niillä kuitenkin on antaa vastauksia kunnossapidon tilasta ja antaa erilaisia työkaluja kunnossapidon kehittämiseen. Kunnossapidon kehittäminen antaa taas yritykselle mahdollisuuden lisätä tuotantoa, parantaa laatua sekä lisätä kannattavuutta. (Asp ym. 2012.)

Tunnuslukujärjestelmiä voidaan rakentaa kolmella eri tavalla. Hierarkkinen järjestelmä rakennetaan yrityksen tuloksesta, pääoman tuottoasteesta (ROI) tuotannon kokonaistehokkuudesta (KNL) ja tuotantokoneiston käytettävyydestä. Nämä osat jaetaan hierarkkisesti eri osatekijöihin, joita kuvataan tunnusluvuilla. Kun valitaan kunnossapidon avainalueet ja määritellään eri tunnusluvut avainalueille, päästään standardisointiin ”Kunnossapidon tunnusluvut” –standardin sekä CEN 15341:n määrittelemään periaatteeseen. Nämä kaksi edellä mainittua periaatetta yhdistämällä saadaan kunnossapidon tärkeimmät luvut hierarkkisesti luokiteltua. (Mikkonen, 49-51.) Kuvassa 2 on esitetty Komosen (1999), mukaan tehty tunnuslukujen jakaminen kuuteen luokkaan:



Kuva 2. Tunnuslukujärjestelmien jakaminen Komosen (1999) mukaan.

2.5 Kunnossapitostrategiat

Yksi tunnettu kunnossapitostrategia on alun perin japanilainen TPM. TPM eli total productive maintenance, tunnetaan Suomessa nimellä kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito. Sen karkeana perustana toimii viisi lähtökohtaa. Lähtökohtina on laitteiden kokonaisvaltaisen tehokkuuden sekä vaikuttavuuden parantaminen, korjaavan kunnossapidon ennalta ehkäisy, kaikkien asianosaisten taitojen parantaminen koulutuksen avulla sekä operaattoreiden päivittäin suorittama kunnossapito. (Wireman 2004, 30.) Siirtyminen TPM-

oppien mukaiseen täydelliseen toimintaan vie noin 10 vuotta. Prosessi on pitkä ja monivaiheinen, mutta sen hallinnasta on markkinoilla lyömätöntä etua. Tästä on esimerkkinä Toyota, joka on autonvalmistajista tehokkain niin kustannuksilla kuin laadulla mitattuna. (Järviö & Lehtiö, 147-151.)

Toinen merkittävä kunnossapitostrategia tunnetaan lyhenteellä RCM, joka tulee englanninkielisistä sanoista reliability centered maintenance ja tunnetaan Suomessa yleisesti luotettavuuskeskeisenä kunnossapitona. Sen periaatteet määriteltiin jo 1950-luvulla, mutta varsinainen kehitystyö alkoi vasta kymmenkunta vuotta myöhemmin Yhdysvaltain ilmailuviraston toimesta. Se määrittä työryhmän tutkimaan lentokoneisiin soveltuvaa ennakkoivaa kunnossapitoa. Sen avulla pystymme priorisoimaan ja keskittämään ehkäisevän kunnossapidon kohteet ja toiminnat sinne, missä ne ovat taloudellisesti ja kunnossapidollisesti yrityksen kannalta tärkeimpiä. (Järviö & Lehtiö 2017, 166–167.)

RCM puuttuu ylimääräiseen ehkäisevään kunnossapitoon. Sen avulla asetetaan kunnossapidon kohteet tärkeysjärjestykseen ja luodaan niille kunnossapitosuunnitelma. Se on raskas aloittaa, mutta pitkällä tähtäimellä maksaa itsensä takaisin. Yksinkertaisesti selitettynä strategia aloitetaan valitsemalla tuotannon kannalta tärkein laite. Sitten käydään läpi sen tekemä prosessi ja kartoitetaan kaikki mahdolliset viat ja vikaantumismallit sekä niiden seuraukset. Tämän jälkeen käydään läpi vanha kunnossapitosuunnitelma ja -työkalut sekä tarkastetaan niiden järkevyyt. Sitten tehdään kokonaan uusi kunnossapitosuunnitelma tai päivitetään vanha. Tämän jälkeen siirrytään seuraavaksi tärkeimpään koneeseen ja käydään se läpi. Lopuksi voidaan tarkastaa ja päivittää varaosavarasto, jotta se vastaa suunnitelmaa ja että sieltä löytyvät kaikki tärkeimmät varaosat. Varaosavarastosta tulee löytyä esimerkiksi sellaiset varaosat, mitkä pysäyttävät tuotannon välittömästi. (Järviö & Lehtiö 2017, 165–173.)

2.6 Kunnossapitoasentajan työ

Valtion teknillinen tutkimuskeskus VTT Oy tutki kunnossapitoasentajan kenttätöitä luoden vision tulevaisuuden kenttäkunnossapidon tietämyksenhallinnan ratkaisuihin julkaisussa Mobile Service Technician 4.0 – Knowledge-Sharing Solutions for Industrial Field Maintenance 2018. Tutkimuksessa nimetään tulevaisuuden asentajan ammattinimikkeeksi ”Mobile Service Technician 4.0”, viitaten teollisuuden neljänteen vallankumoukseen ”Industry

4.0". Samalla tutkittiin kenttätasolta, mitkä ovat perinteisen kunnossapidon asentajien tietämyksenhallinnan haasteet ja esitettiin niihin ratkaisuja. Tämä kenttätason tutkimus on joiltain osin verrannollinen maanalaisessa kaivostyössä tapahtuvalle kunnossapitotyölle.

Kunnossapitoasentajan täytyy työssään hallita erilaisia kunnossapitokohteita, joihin liittyy useita erilaisia työkaluja ja huoltolaitteita. Hänen pitää käyttää erilaisia järjestelmiä ja raportoida niistä. (Kaasinen, Aromaa, Väätänen, Mäkelä, Hakulinen, Keskinen, Elo, Silta-
nen, Rauhala, Aaltonen, Hella, Honkamaa, Leppä, Niemelä, Parviainen, Saarinen, Turu-
nen, Törnqvist, Valtonen & Woodward 2019, 11.) Asentajan tärkeimpiä tehtäviä on via-
netsintä ja tarvittavan materiaalin määrittely. Tämän tärkeys korostuu korjaavassa kun-
nossapidossa, mutta on myös suunnitellun kunnossapidon kulmakiviä. On tärkeää pystyä
määrittelemään vikaantumisen ja siihen liittyvät varaosat mahdollisimman tarkasti, jotta
ylimääräisiä viiveitä väärin osien vaihtamisesta ja tilaamisesta ei tulisi. Jos järjestelmän
toiminta on hieman epäselvää, voi vian määrittely epäonnistua ja juurisyy jäädä selvittä-
mättä. (Piispa 2007, 207.)

Normaalisti asentajat etsivät huolto-ohjeita koneen painetuista huoltokirjoista tai tietokan-
noista. Tietokannoissa huolto- ja korjausohjeet ovat useasti pdf-tiedostona tai jonain
muuna formaattina, mitä ei ole tarkoitettu mobiilikäyttöön. Lisäksi kaikkea tietoa ei aina
löydy välittömästi käytössä olevista materiaaleista, jolloin tietoa pitää etsiä muualta tai
vaihtoehtoisesti täytyy pystyä tekemään omia johtopäätöksiä omien tutkimusten pohjalta.
Joissakin tapauksissa asiakirjat ladataan paikallisesti, eikä niihin ole saatu liitettyä uusim-
pia muutoksia tai päivityksiä. On myös tilanteita, että tietojärjestelmiin päästään vain toi-
mistosta käsin tai vain internetin välityksellä. Lisäksi kunnossapitoasentajan täytyy pystyä
keskustelemaan kollegoidensa sekä asiakkaiden kanssa, kun vikadiagnoosia tehdään,
jotta vian rajaaminen onnistuu mahdollisimman hyvin. Samalla keskustelu tuo useasti myös
toisen näkökannan asiaan, jolloin mahdollinen virhepäätelmä tulee huomioitua. Työssä
oppiminen korostuu ammattitaitoisten kollegoiden ohella. (Kaasinen ym. 2019, 11-12.)

Kunnossapidon asentajan työhön liittyy muuttuvia tekijöitä, jotka luovat omat haasteensa
työskentelylle. Kaasinen ym. (2019, 11-12) mainitsevat, että kasvokkain puhuminen on
useasti mahdotonta kaivoksessa ja puhelimen välityksellä on vaikea kertoa, mikä on
tarkka tilanne. Monimutkaiset viat ja ongelmat on useasti ratkaistava tietyn ajan sisällä.
Olosuhteet kentällä vaihtelevat. Useasti niissä on rasitteina korkea melu, kosteus, lämpö-
tilat, suljetut tilat, likaiset ja rasvaiset pinnat sekä huono valaistus. Nämä olosuhteet rajoit-
tavat kunnossapitoon käytettävä tekniikkaa ja vaikuttavat useasti työergonomiaan. (Kaa-
sinen ym. 2019, 11-12.)

2.7 Teollisuuden ja kunnossapidon tulevaisuus

Industry 4.0 eli Teollisuuden neljäs vallankumous etenee ja kehittyy jatkuvasti. Siitä puhutaan, kun perinteinen valmistaminen sekä teollisuuden alustat laitetaan toimimaan viimeisimmällä älykkäällä teknologialla. Sen pääpainopiste on koneiden välisessä keskustelussa (M2M) sekä esineiden internetissä (IoT), joiden tavoitteena on saada laitteet ja järjestelmät toimimaan mahdollisimman pitkälle ilman ihmisen väliintuloa. Kunnossapitoon tämä vaikuttaa monella tavalla. Perinteiset komponenttien vaihdot pysyvät samoina, niin kuin mekaaniset viatkin, mutta diagnostiikka ja kunnonvalvonta on helpompaa ja useisiin asioihin pystytään puuttumaan jo ennen kuin tuotanto pysähtyy (Moore, 2019.).

Itseoppivat eli autonomisesti työskentelevät koneet eivät vielä ole täysin valmiita käyttöön ottoon teollisuudessa. Avoinna on useita perustavanlaatuisia kysymyksiä. Nämä voidaan jakaa seuraaviin viiteen kategoriaan 1) operaattoreiden ja johtajien vuorovaikutus, 2) konekanta, 3) tuotannon ja prosessin laatu, 4) massadata ja verkkotallennus ja 5) anturi- ja säädinverkko. (Lee, Kao, Yang 2014, 3-4.)

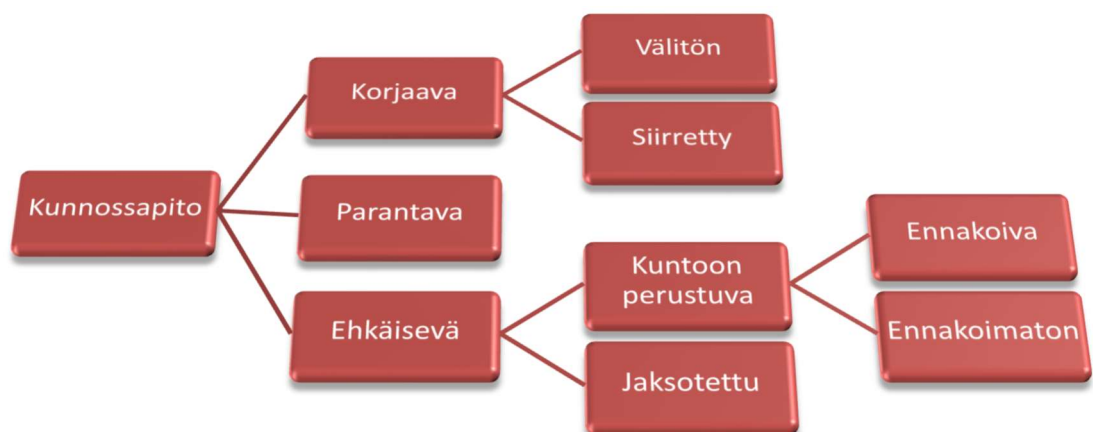
- 1) *Operaattoreiden ja johtajien vuorovaikutus:* Operaattorit ohjaavat koneita ja johtajat suunnittelevat logistiikan ja aikataulun. Koneet ovat suorittamassa vain ohjattuja tehtäviä. Vaikka nämä toiminnot ovat usein optimoituja ja automatisoituja, eivät ne ota huomioon esimerkiksi koneen laitteiston kuntoa. (Lee ym. 2014, 3.)
- 2) *Konekanta:* On yleistä, että samanlaiset koneet altistuvat erilaisille olosuhteille. Monet ennustavat ja kuntoa arvioivat järjestelmät ovat luotu toimimaan yhdelle tai rajatulle määrälle koneita ja olosuhteita, eivätkä ne osaa hyödyntää eri olosuhteissa toimivien identtisten laitteiden tietämystä. (Lee ym. 2014, 3-4.)
- 3) *Tuotannon ja prosessin laatu.* Lopputuotteen laatu tarjoaa paljon tietoa koneen kunnosta ja sitä voitaisiin käyttää palautteena koneen ohjaukseen, jotta kone pystyisi korjaamaan toimintaansa ja ajoitusta autonomisesti (Lee ym. 2014, 4). Tällaisia autonomisia laskentamenetelmiä, jotka hyödyntävät palautesilmukoita, on jo pystytty jossain tilanteissa hyödyntämään (Martinetti, Demichela & Singh 2020, 52).
- 4) *Massadata ja verkkotallennus:* Tiedonhallinta ja jakelu massadataympäristössä, on kriittinen itseoppivien koneiden toiminnassa. Se tarvitsee laskentatehoa ja vivutusta ominaisuuksiin ja joustavuuteen, jotta prognostiikka- ja kunnonvalvonta-algoritmit saadaan tehokkaaseen käyttöön (Lee ym. 2014, 4.)

- 5) *Anturi- ja säädinverkko*. Anturit ovat koneelle väylä tuntee fyysinen ympäristö. Kun joku anturi rikkoutuu tai sen toimintatarkkuus heikkenee, saattaa se päästää läpi väärää ja epätarkkaa tietoa, jonka seurauksena päätöksiä tekevät algoritmit saattavat tuottaa väärä valintoja (Lee ym. 2014, 4.)

Jotta tuotannon määrä ja laatu voitaisiin maksimoida, pitäisi älykkäämpien koneiden pystyä hoitamaan tehtävät ja säätää parametrit itse (Lee ym. 2014, 4).

2.8 Kunnossapidon kehittämisasteet

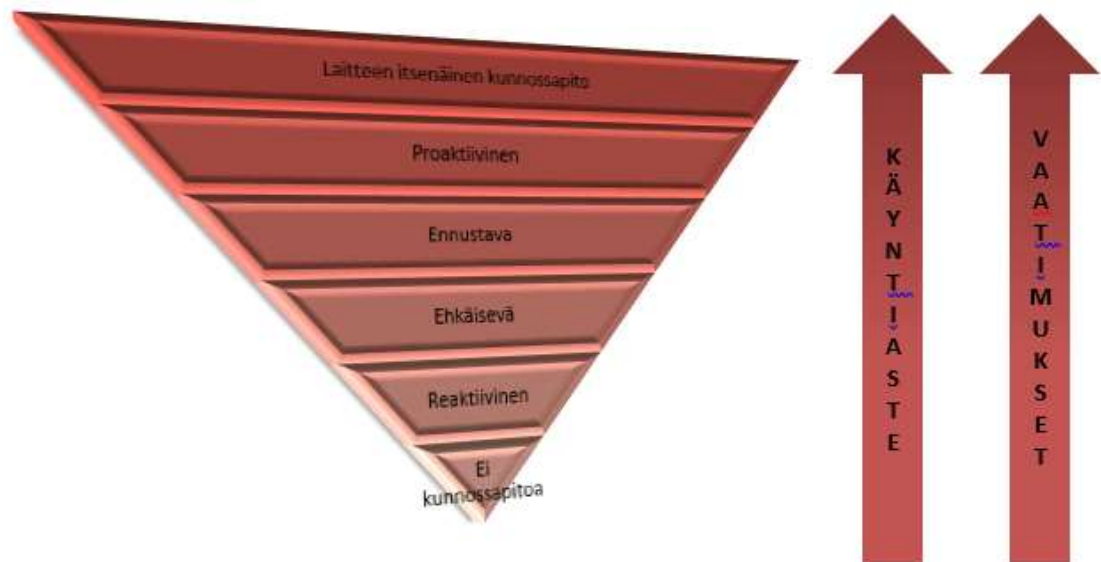
Kunnossapitotoimenpiteet jaetaan SFS-EN 13306:2017 standardin mukaan vian havaitsemisen perusteella. Viat, jotka havaitaan ennen kuin ne pysäyttävät koneen, kuuluvat ehkäisevään kunnossapitoon. Koneen äkillisesti pysäyttävät viat kuuluvat korjaavaan kunnossapitoon. Kunnossapitostandardeissa luokittelu jää useasti hieman auki eikä niitä voida tulkita täysin yhdeltä kantilta. Ne on kuitenkin hyvä pitää mielessä ja pitää suunnittelun perustana, mihin ne onkin tarkoitettu. Seuraava kuvio avaa kansainvälisen standardin mukaista kunnossapitotoimenpiteiden jaottelua. (SFS-EN 13306:2017.)



Kuva 3. Kunnossapidon jaottelu mukailleen SFS-EN 13306:2017-standardia.

Kunnossapidon ajattelutavat ja suuntaus voidaan jaotella Leen ja Wangin (2008, 2) mukaan kuuteen eri kehitystasoon, kuva 4. Jokaiselle tasolle on oma paikkansa. Ne ovat

luokiteltu kehitysasteittain, joka kuvastaa sitä, kuinka päästään laitteiston suorituskyvyssä ja käytettävyydessä mahdollisimman hyviin tuloksiin. (Lee & Wang 2008, 2.)



Kuva 4. Kunnossapitolajien jaottelu kehityksen sekä tuotantokyvyn mukaan. Käyntiajan parantaminen tarvitsee vaativampia kunnossapitoteknologioita. (Lee & Wang 2008, 2.)

Tässä opinnäytetyössä pohjaan tutkimuksen Leen ja Wangin (2008) jaotelmaan, jonka perusteita avataan seuraavissa kappaleissa.

2.8.1 Ei kunnossapitoa

Tätä kunnossapitotekniikkaa käytetään tilanteissa, joissa ei ole korjausmahdollisuutta tai se ei ole taloudellista. Kone voi olla kehitysasteeltaan sen verran uusi, ettei siihen ole vielä kunnossapidollisia ratkaisuita, se voi olla suunniteltu kertakäyttöiseksi tai sitten uuden ostaminen on vain kokonaistaloudellisesti järkevämpää. (Lee & Wang, 2008, 2-3.)

Kyseessä voisi olla yksinkertainen pumppu tai monimutkaisempi elektroninen ohjauslaite, jonka kunnan seuraamiseen ei ole järkevää käyttää resursseja tai menetelmiä ei yksinkertaisesti vielä tunneta.

2.8.2 Reaktiivinen kunnossapito

Kansainvälisen standardin SFS-EN 13306:2017 mukainen korjaava kunnossapito vastaa Leen ym. (2008, 51) mukaista reaktiivista kunnossapitoa, jossa kone korjataan vasta sitten, kun se särkyä. Reaktiivisen kunnossapidon käyttö vähentyy vuosi vuodelta kilpailun lisääntyessä. Tällaisessa perinteisessä kunnossapitomenetelmässä on kuitenkin perusteltua pitäytyä, kun kyseessä ei ole kriittinen laite, ja sen yllättävä hajoaminen ei aiheuta suhteessa suuria taloudellisia tappioita tai ympäristövahinkoja. (Lee & Wang. 2008, 2.)

Korjaava kunnossapito jaetaan kahteen luokkaan. Siirrettyyn ja välittömään. Siirrettyä se on silloin, kun korjaustyötä voidaan tai täytyy siirtää. Tässä tapauksessa käytetään myös termiä viivästetty korjaava kunnossapito, joka kuvaa hieman paremmin siirrettyä kunnossapitoa. Korjaavan kunnossapidon viivästyksen perusteet riippuvat PSK 6201:2011-standardin mukaan kohteesta, tuotannosta tai organisaation tilasta. Välitön korjaava kunnossapito on selkeää. Korjaavat toimenpiteet aloitetaan välittömästi ja pyritään palauttamaan laitteisto aikaisempaan toimintakuntoonsa niin nopeasti kuin mahdollista. (Järviö & Lehtiö. 2017, 51.)

2.8.3 Ehkäisevä kunnossapito

Leen ja Wangin (2008, 3) mukaan ehkäisevä kunnossapito keskittyy komponenttien vaihtoon ja kunnostamiseen aikaperusteisesti. Ajoitettu komponentin hylkäys ja uusiminen voi johtaa siihen, että laitteita hylätään, vaikka ne olisivat vielä tyydyttävässä toimintakunnossa. Muun muassa helikopterin vaihdelaatikoista lähes puolet hylätään, vaikka ne olisivat vielä tyydyttävässä kunnossa. Vaihtoväli ei perustu komponentin sen hetken kuntoon, vaan aikaisemmin todettuun keskimääräiseen tai lyhimpään mahdolliseen rikkoutumisväliin. (Lee & Wang. 2008, 3.)

Ehkäisevän kunnossapidon tavoite on vähentää rikkoutumisen mahdollisuutta. Siihen lasjetaan toimenpiteet, jotka pyrkivät ehkäisemään koneen pysähtymisen vian seurauksena. Ehkäisevänä kunnossapitona on tarkastukset, kuntoon perustuvat toimenpiteet, määräysten mukaisuuden toteamiset, toimintakunnon toteaminen, käynninvalvonta ja historiatietojen analysointi. (Järviö & Lehtiö 2017, 50.)

2.8.4 Ennustava kunnossapito

Ennustava kunnossapito perustuu erilaisten tekijöiden tarkkailemiseen sekä analysointiin, joilla pyritään havainnoimaan kohteen mahdollista suorituskyvyn heikkenemistä (Järviö & Lehtiö 2017, 53). Ennustavassa kunnossapidossa hyödynnetään mm. kunnossapidon historiaa, käyntitietoja sekä operaattoreiden huomioita. Näillä toimilla pystytään määrittämään tärkeimmät ja kriittisimmät toimenpiteet ja kunnossapidon vaatimukset. Ennustavassa kunnossapidossa hyödynnetään sekä teknologiaa että ihmisen tietotaitoa. Tällä tavoin pyritään kartoittamaan ja löytämään mahdollisia ongelmakohtia ennen kuin vika ilmaantuu. Perustana ennustavassa kunnossapidossa on syvä tietoisuus vikaantumisten juurisyistä. (Lee & Wang 2008, 3.)

Hashemian (2011, 266) mukaan vanhin tunnettu ennustavan kunnossapidon menetelmä on kohteen visuaalinen tarkastus. Se on edelleen yksi tehokkaimmista ja laajimmin käytetyistä menetelmistä. Rikkoutumassa olevaa laitetta pystytään havainnoimaan ihmisen eri aisteilla ja kokemuksella. Lisäksi tähän tarkoitukseen on nykyään erilaisia antureita ja teknologiaa ihmisen apuna. Ennustavan kunnossapidon kehittymisestä huolimatta on vielä paljon teollisuutta, jossa sitä ei hyödynnetä. (Hashemian 2011, 266.)

Ennustavaa kunnossapitoa on myös ajantasainen valvonta (on-line monitoring), kuntoon perustuva kunnossapito (condition based maintenance) tai riskipohjainen kunnossapito (risk-based maintenance) (Hashemian 2011, 266). Kansainvälisessä standardissa SFS-EN 13306:2010 (Järviö & Lehtiö 2017, 53) tarkennetaan termiä 'kuntoon perustuva kunnossapito' siten, että se voi kuulua joko ennustavaan tai ehkäisevään kunnossapitoon. Ennustavaksi katsotaan kunnossapito, joka perustuu mitattavien tekijöiden analysointiin, joiden avulla pystytään kuvaamaan kohteen suorituskyvyn heikkenemistä. Ehkäiseväksi luokitellaan kuntoon perustuva kunnossapito silloin, kun seurataan parametrejä ja suorituskykyä ja tehdään kunnossapitoa näiden havaintojen mukaan. Tämä voidaan tehdä aikataulutetusti, jatkuvasti tai tarpeen mukaan. (Järviö & Lehtiö 2017, 53.)

2.8.5 Proaktiivinen kunnossapito

Proaktiivinen kunnossapito on tuoreimpia kunnossapitotekniikoita. Se keskittyy vikojen mahdollisimman tarkkaan tutkimiseen ja niiden syiden ymmärtämiseen. Proaktiivisen kunnossapidon avulla päästään käytännössä koneiden korkeimpaan toimintavarmuuteen (mikäli laitteen itsenäisesti hoitamaa kunnossapitoa ei oteta huomioon). Tämän tekniikan

avulla laitteen toimintakunto pitäisi pystyä ilmaisemaan trendinä, eikä tarkasteltavan hetken tilanteena. Proaktiivinen kunnossapito on oikeiden asioiden reaaliaikaisen mittaamisen mahdollistama kunnossapitotekniikka, jonka avulla pystytään koko laitteiston kunnosta piirtämään trendiviiva, joka voidaan pilkkoa sitten pienempiin palasiin. Tavoitteena olisi päästä siihen, että yrityksen tuottavuudessa ei keskityttäisi pelkästään tuotantomääriin vaan tuotanto-omaisuuden käyttöasteeseen. (Lee & Wang 2008, 4.)

Järviö (2017, 15) mainitsee tuotanto-omaisuuden hoitamisessa proaktiivisten toimenpiteiden olevan kunnossapidossa johdettavia eli ennakoivia toimenpiteitä. Tällä luokittelulla laitteiston toimintakunnosta huolehtiminen jaetaan kahteen osa-alueeseen. Korjaavaan eli reaktiiviseen sekä proaktiivisuuteen perustuvaan, eli ennakoivaan tuotanto-omaisuuden hoitamiseen. (Järviö & Lehtiö 2017, 15.)

2.8.6 Laitteen itsenäinen kunnossapito

Laitteen itsenäinen kunnossapito perustuu siihen, että laitteisto osaa tulkita omaa käyttäytymistään, osaa määrätä itselleen erilaisia kunnossapitotoimenpiteitä sekä pystyy suorittamaan tarvittavat toimenpiteet. Laitteisto tekee arvion omalla käytönvalvonnalla sekä laitteen kunnan ennustavilla mittauksilla, ja laukaisee mahdollisen huoltopyynnön ennen rikkoutumista. Laitteiston olisi mahdollista itseoppia, huoltaa, arvioida, diagnosoida ja monitoroida omaa toimintaa ja laatua ja tarvittaessa hälyttää kunnossapitoryhmää paikalle. (Lee & Wang 2008, 4.)

Kunnossapidon kehittyminen vaatii työkaluja ja menetelmiä ennustettavuuden arvioimiseen ja parantamiseen, jolloin tietoa voidaan systemaattisesti prosessoida luomaan selityksiä ”selittämättömille” päätöksille. Näitä menetelmiä ja työkaluja voidaan hyödyntää esimerkiksi alkavien vikojen tunnistamisessa, vaikka ihminen ei niitä vielä edes tunnistaisi. Nämä työkalut pohjaavat ennustavaan kunnossapitoon, jonka muuttujat on saatu luotua yhdeksi ihmisestä riippumattomaksi järjestelmäksi. Näin järjestelmät saadaan suojelemaan omaa toimintaa, opettamaan itseään ja mittaamaan omaa suorituskykyä sekä kunnossapidon tarvetta autonomisesti. (Martinetti ym. 2020, 52.)

Laitteen itsenäiseen kunnossapitoon tarjotaan englannin kielistä termiä ”prescriptive maintenance”, joka voidaan ymmärtää ohjautuvana tai valmiiksi pureskeltuna autonomisena kunnossapitoteknologiana, joka ottaa huomioon ympäristön, liiketavoitteet, turvallisuusstandardit, erilaiset päätösketjut sekä kunnossapidon kontekstin. (Martinetti ym. 2020, 52.)

3 TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN

Tutkimus on toteutettu ensin teoriaan tutustuen, erityisenä kiinnostuksen kohteena olivat kunnossapidon toteutuksen haasteet. Leen ja Wangin (2008) kunnossapidon jaottelu toimii tutkimuksen pohjateorian ja suuntaviivana, jonka pohjalta tutkimusta on lähdetty toteuttamaan. Tässä tutkimuksessa on haluttu saada työntekijöiden ääni kuuluviin, jonka vuoksi aineisto on kerätty haastattelemalla ja alalle poikkeuksellisella tavalla käsitelty laadullisen sisällönanalyysin menetelmin. Haastattelurunko muodostettiin Leen ja Wangin (2008) jaottelun pohjalta ja näiden pohjalta tuloksiin muodostettiin sisällönanalyysin keinoin työntekijöiden vastauksista alaotsikot ja niihin on koottu tieto reaktiivisen, ehkäisevän, ennustavan ja proaktiivisen kunnossapidon näkökulmasta.

3.1 Tutkimuksen taustat ja suunnitelma

Oma historiani työnjohtajana sai minut ajattelemaan, että yritykselle olisi hyödyllistä saada tietää, millä tavalla kunnossapidon työntekijät näkevät kunnossapitolajit ja pystyvätkö he tunnistamaan omassa toiminnassaan niitä. Kun työnjohtajat saavat parempaa ymmärrystä työntekijöiden näkökulmasta, on heidän helpompi kehittää ja painottaa heidän tekemisessään oikeita asioita.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia työntekijän näkökulmasta maanalaisen louhintakaluston kunnossapitoa ja sitä, miten se heille näyttäytyy. Paljon puhutaan erilaisista menetelmistä ja strategioista, mutta useasti käytäntö ei korreloi suunnitelmien kanssa. Kuten Järviö (2017) kirjoittaa, kunnossapidon toteutumisessa on paljon kyse siitä, että asentajat tietävät, minkä takia asioita tehdään. Harva haluaa tehdä turhaa työtä, vaikka siitä palkka maksetaan. Laatu heikkenee ja teho heikkenee verrattuna siihen, että asia kiinnostaa.

Olen työssäni huomannut, että korjaaminen on useasti helppoa, kun vian pystyy toteamaan välittömästi ja varaosia on saatavilla. Tällainen kunnossapito ei vaadi ohjaamista eikä suunnittelua, mutta se vaatii nopeaa reagoimista varaosien toimituksiin ja töiden priorisointiin. Myönnän, toimin myös itse paineen alla tehokkaammin, mutta siinä se tärkein oppi taitaakin olla. Tuotanto kiittää, kun kunnossapitoa ei tarvitse kutsua paikalle kesken työnteon.

Näen tämän haastattelututkimuksen parantavan tuotannon kannattavuutta vielä viimeisille kuukausille, varsinkin nyt, kun talous on paljon tiukemmalla ja kunnossapidoltakin

odotetaan hyvää suoriutumista pienemmällä henkilömäärällä. Tutkimuksen pohjalta pystymme panostamaan oikeisiin asioihin, kysymään oikeita kysymyksiä. Uskon tämän myös vaikuttavan työmotivaatioon ja siihen, että jokainen tietää, minkä takia ja miten asioita tehdään. Lisäksi mahdollisuutena on saada kiinni epäkohtia, joita ei olla ajateltu edes olevan.

Pyhäsalmen kaivoksella kunnossapitotiimi on suhteellisen pieni. Tällä hetkellä siihen kuuluu yhdeksän työntekijää ja parhaimmillaankin 16 kahdessa vuorossa. Louhintapuolella työntekijöitä on reilu 30. Tieto on liikkunut, mutta se on vaatinut tekemistä. Henkilöstömäärä on sen verran pieni, että pienempien asioiden kirjaaminen on tuntunut turhalta. Kuitenkin operaattoreiden kokemukset koneiden eri toiminnoista poikkeavat suuresti eri henkilöiden välillä. Yksi tuntee koneensa toiminnan syvällisemmin, toinen on muuten tarkempi, kolmas taas ei välttämättä huomaa, vaikka lastauskoneesta puuttuisi kauha.

Välinpitämättömyys aiheuttaa turhia kuluja, jonka takia yritykselle on merkitystä, millä asenteella kunnossapitoa ja tuotantoa hoidetaan. Operaattorit, jotka ilmoittavat pienistäkin muutoksista koneen toiminnassa, ovat kuitenkin niitä, joiden koneissa pystytään puuttumaan suurempiinkin vikaantumisiin useasti hyvissä ajoin. Pitkällä tähtäimellä tällä on yritykselle suurta merkitystä ja sen takia on virhe olettaa, että toiset operaattorit valittavat vain valittamisen ilosta. Kunnossapitoryhmän pitäisi pystyä ottamaan aina haasteena ongelma, jonka operaattori esittää, mutta siihen ei suoraan pystytä vastaamaan tai testausmenetelmää ei ole vielä keksitty. Jos kone kuitenkin toimii vielä, täytyy tehdä arvio, voidaanko koneella jatkaa turvallisesti siihen asti, että tuotannolla ja kunnossapidolla on mahdollista tutkia vikaa syvällisemmin. Välillä ongelmiin löytyy syy olosuhdemuuttujista, välillä syy löytyy rikkoutuneesta vaihdelaatikon toisen vaihteen modulointiventtiin jousesta.

Tutkimus rakentuu kunnossapitolajien ympärille, joista louhintakaluston kunnossapidossa ei suoranaisesti olla puhuttu. Ne ovat olleet vaikuttamassa kunnossapidon suunnitteluun ja johtamiseen. Kvalitatiivinen tutkimus sekä tiedonkeruumenetelmänä puolistrukturoitu haastattelulomake palvelee tätä tilannetta hyvin. Yksi tutkimuksen eduista voi myös olla kunnossapidon näkökulman huomioiminen kaivoksen tuotannon loppuun saattamisessa. Yrityksen johdolla on hyvä mahdollisuus saada tästä eväitä saattaa toiminta kunnialla päätökseen.

3.2 Laadullinen tutkimus lähtökohtana

Laadullisen eli kvalitatiivisen tutkimuksen perusta on ymmärtää tutkimuskohdetta. Lähtökohtana tutkimuksessa onkin todellisen elämän kuvaaminen. Siihen päästäkseen tutkijan on tutustuttava tarkasti aiheeseen ja on pyrittävä kartoittamaan tutkimuskenttä. Kvalitatiivisen tutkimuksen tavoitteena on löytää tai paljastaa tosiasioita enemmän kuin todentaa olemassa olevia väittämiä. Kvalitatiivisen tutkimuksen aineisto voi olla hankittu haastatteleamalla ja se voi muodostua yhden henkilön haastattelusta tai useista eri henkilöiden kanssa käydyistä ryhmä- tai yksilöhaastatteluista. (Hirsjärvi ym. 2008, 157, 176.)

Tutkimus toteutettiin laadullisena haastattelututkimuksena. Tavoitteena oli kartoittaa työntekijöiden näkemystä kunnossapitolajeista käytännössä, jonka vuoksi tutkimukseen valittiin laadullinen ote.

3.3 Aineiston keruu haastatteluilla

Kuten Robson (1995, 227) toteaa, ”Kun tutkitaan ihmisiä, miksi ei käytettäisi hyväksi sitä etua, että tutkittavat itse voivat kertoa itseään koskevia asioita”. Aineisto kerättiin tässä tutkimuksessa haastatteluilla, joiden pohjana käytettiin puolistrukturoituja haastattelulomakkeita, haastatteluja voidaan kutsua siis myös teemahaastatteluksi. Haastattelut toteutettiin siten, että pääkysymykset oli mietitty etukäteen, mutta haastattelun edetessä kysymysten järjestystä pystyttiin vaihtamaan tai esittämään tarkentavia kysymyksiä, riippuen siitä, kuinka haastattelu eteni.

Teemahaastattelu antaa haastattelijalle sekä haastateltavalle enemmän vapautta, kuin strukturoitu lomakehaastattelu. Haastattelukysymykset on päätetty etukäteen, mutta haastattelijan on mahdollista esittää tarkentavia kysymyksiä ja syventää haastattelua haastateltavan mukaan. Haastattelijalla on myös vapaus miettiä, kysytäänkö kaikilta haastateltavilta samat kysymykset, vai vain valikoidut kysymykset. (Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2018, 87-88.)

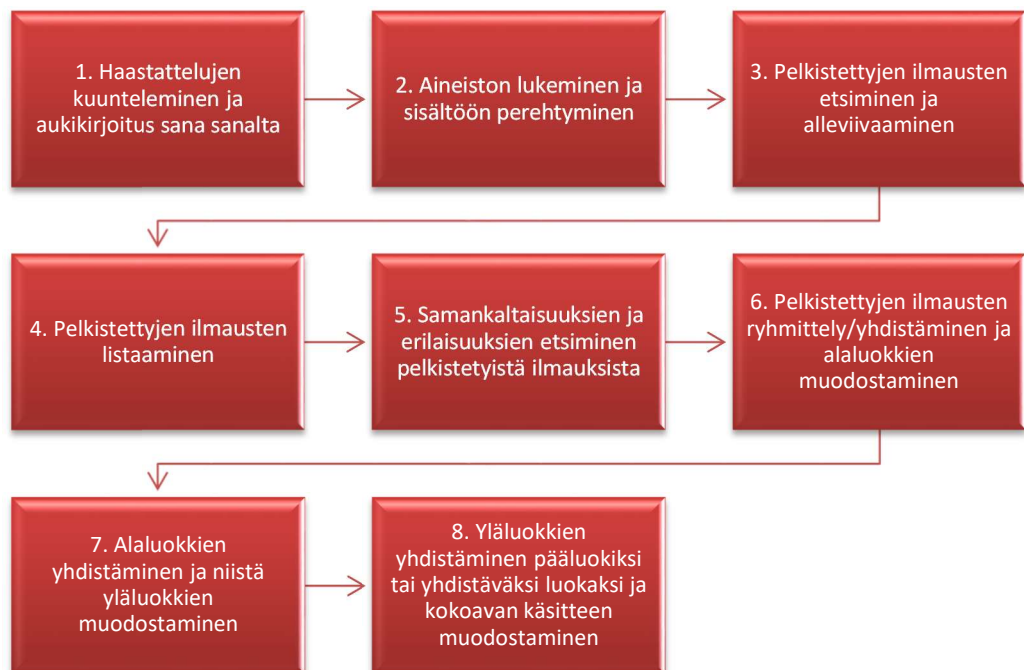
Haastattelurunko muodostettiin siten, että se kattaisi mahdollisimman monipuolisesti kunnossapitotyöntekijöiden työnkuvaa sekä perusteita, minkä takia mitäkin työtä tehdään. Tarkoituksena oli saada materiaali, jonka pohjalta pystyttiin jakamaan työt kunnossapitolajeihin Leen ja Wangin (2008) mukaan. Haastattelut tehtiin viidelle henkilölle ja pääkysy-

mykset olivat samanlaisia kaikille. Jokaisessa haastattelussa esitettiin tarkentavia kysymyksiä, jonka kautta lopulliset vastaukset muotoutuivat syvällisemmiksi ja paremmin tarkoitustaan kuvaaviksi.

3.4 Aineiston analyysi

Tässä tutkimuksessa aineistoa analysoitiin sisällönanalyysin periaatteiden mukaisesti. Tuomen ja Sarajärven (2018) mukaan sisällönanalyysi jakautuu karkeasti kolmeen eri vaiheeseen. Ensimmäisenä aineisto pelkistetään eli käytännössä materiaalista otetaan kaikki tutkimuksen kannalta epäolennainen pois. Sen jälkeen ryhmitellään aineisto. Siinä aineisto jaetaan samankaltaisten tai samaa tarkoittavien asioiden perusteella. Luokittelun pitää pohjata tutkittavaan ilmiöön. Teorialähtöisessä sisällönanalyysissä luokittelun pohjalla käytetään jotain teoriaa tai mallia, josta pääteemat otetaan. Asiat määritetään alaluokkiin, jonka jälkeen ne vielä yhdistetään ja muodostetaan yläluokkia. (Tuomi & Sarajärvi, 2018, 121-127.)

Tutkimuksen analyysi eteni mukaillen Tuomi ja Sarajärven (2018, 123) kuviota 15:



Kuva 5. Sisällönanalyysin eteneminen mukaillen Tuomi ja Sarajärvi (2018)

Tutkimuksen aineisto koostui viidestä haastattelusta, joiden yhteenlaskettu kesto oli 4 tuntia ja 30 minuuttia. Analyysin ensimmäinen vaihe oli kuvion mukaisesti haastattelujen

kuunteleminen sekä aukikirjoittaminen sana sanalta. Litteroitua aineistoa kertyi 28 sivua. Tämän jälkeen litteroidusta aineistosta maalattiin (2.& 3. vaihe) Leen ja Wangin (2008) teoriaan pohjaten korjaavaan, ehkäisevään, ennustavaan ja proaktiiviseen kunnossapitoon liittyvät ilmaukset. Nämä ilmaukset pelkistettiin sekä listattiin (4. vaihe) edellä mainittujen kategorioiden alle. Viidennessä vaiheessa pelkistetyistä ilmauksista etsittiin samankaltaisuuksia ja eroavaisuuksia ja yhdistettiin ilmauksia sopiviin alaluokkiin (6. vaihe). Alaluokat tehtiin jokaisen kategorian alle. Viimeisessä vaiheessa (7. & 8. vaihe) eri kategorioiden olemille alaluokille muodostettiin yläluokkia yhdistävien ja kokoavien käsitteiden alle.

4 TULOKSET

Kunnossapito Pyhäsalmi Mine Oy:n kaivoksella on kehittynyt haastattelujen mukaan paljon vuodesta 1997, jolloin kokenein haastateltava on nykyisen työnsä aloittanut. Työolosuhteet olivat tuolloin heikot. Kunnossapitotilat olivat pienet ja pimeät ja ne olivat aivan vinotunnelin vieressä, jota malminkuljetusajoneuvot ajoivat edestakaisin, koska hissiä ei vielä ollut. Pakokaasut tulivat suoraan huoltopaikalle. 2000-luvulla saatiin uudet tilat käyttöön ja sen jälkeen ne ovat olleet isot ja hyvin valaistut, eikä ohikulkevaa liikennettä enää ole ollut. Työkoneissa ei vielä ollut moduuleita eikä näyttöjä. Laitteet ovat kehittyneet paljon ja niiden mukana vianhakujärjestelmät.

Kunnossapito louhintakaluston osalta, oli käytännössä välitöntä ja siirrettyä korjaamista kunnes 2000-luvun alkupuolella otettiin käyttöön viikkohuollot sekä määräaikaishuollot ensimmäistä kertaa. Ennen sitä koneet ajettiin tai hinattiin maanpinnalle suurempia korjaustöitä varten. Mielikuva haastateltavalla oli, että kustannussäästöjä tuli ”ihan älytön” määrä, kun muutama vuosi oli ennakoivalla huolto-ohjelmalla menty. Se vaikutti huomattavasti koneiden käyttöasteisiin ja vikaantumisriskiin. Tämä oli louhintakaluston kunnossapidossa Pyhäsalmen kaivoksella herätys ehkäisevän kunnossapidon sekä säännöllisesti käyttömäärään tai olosuhteisiin perustuvan kunnossapidon hyödyistä. Järviö ja Lehtiö (2017, 49) mainitsevat, että huoltojen avulla pystytään pitämään koneen edellytykset ja toimintaympäristö mahdollisimman hyvänä ja ehkäisevällä kunnossapidolla vähennetään tuotantohäiriöitä tunteihin perustuvilla tarkastuksilla ja komponenttien vaihdoilla.

Automaatiolastaus tuli mukaan vuonna 2008. Järjestelmät ja laitteet ovat kehittyneet siitä huomattavasti. Alkuun kaikki elektroniikka oli koneiden päällä ilman suojakoteloita. Se aiheutti paljon erilaisia häiriöitä, lämpötilaongelmia ja kestävyysongelmia. Viikkohuolto sekä päivittäiset huoltotoimenpiteet automaatiolaitteistolle ovat tulleet myöhemmin mukaan ja sen seurauksena toiminta on mennyt toimintavarmempaan suuntaan. Kaikki kehitys ei ole mennyt välttämättä eteenpäin, vanhemmat järjestelmät koettiin varmempina, ilman ylimääräisiä hienouksia.

2010-luvulla haastateltavien mukaan työntekijöiden kohdennettu kouluttaminen on vähentynyt, tietotaito lisääntynyt ja tehokkuus parantunut. Näitä voidaan osittain selittää sillä, että uutta kunnossapidettavaa kalustoa ei käytännössä ole tullut vuoden 2015 jälkeen.

4.1 Tuotannon keskeyttävät häiriöt

Järviön ja Lehtiön (2017, 53) mukaan välittömässä korjaavassa kunnossapidossa koneiden kunnostus aloitetaan välittömästi ja ne pyritään saamaan mahdollisimman nopeasti alkuperäiseen kuntoon. Haastatteluissa työntekijät arvioivat, että tällaiseen välittömään korjaavaan kunnossapitoon kunnossapitoajasta kuluu keskimäärin yksi neljäsosa. Nämä kunnostukset ovat pääosin ns. keikkahommia eli häiriökorjauksia. Reaktiivisen kunnossapidon yleisimmäksi häiriöksi mainittiin useassa haastattelussa letkurikot. Ne ovat todennäköisin syy tuotannon keskeyttävänä häiriönä. Sähkömiehiä puolestaan työllistävät erilaiset sähköviat, yleensä liittimiin liittyvä, joissa vian aiheuttajaksi on arvioitu rikkiöly sekä vesi. Tärkeänä välittömästi korjattavana asiana mainittiin turvallisuuteen vaikuttavat asiat. Niiden kunnostusta ei siirretä, vaan tehdään turvallisuuden palauttavat toimenpiteet välittömästi.

Kun korjaustyötä siirretään tuonnemmaksi, puhutaan siirretystä kunnossapidosta (Järviö & Lehtiö 2017, 53). Tutkittavien mukaan siirrettyä häiriökorjausta tehdään tilanteissa, jossa vika on havaittu, mutta tarkemmassa vika-analysissä todetaan, että toiminta mahdollistaa tuotannon jatkumisen ilman toimenpiteitä. Tällöinkin on käytävä paikan päällä varmistamassa tilanne ja tehtävä arvio siitä, ettei korjauksen siirtäminen aiheuta lisäkustannuksia. Useasti näissä mainittiin myös tuotannon kiire. Näissä tilanteissa korjaus suoritetaan yleensä työvuoron lopussa, kun kone saapuu huoltopaikalle, toisen vuoron alussa tai seuraavassa huollossa.

Harvinaisemmin sattuvia tuotannon keskeyttäviä häiriöitä haastattelussa ilmeni monipuolisesti. Niitä yhdisti hankala tai mahdoton havainnointi ja tarkastus. Näitä olivat rakenteiden väsymisestä aiheutuvat ratkeamat, johtosarjaviat, rakenteiden sisällä kulkevien letkujen ja kaapelien vaurioituminen. Osa näistä on sellaisia, että niiden elinikään liittyy niin monta muuttujaa, ettei sitä voida järkevästi arvioida tai toisaalta niiden aiheuttamat keskeytykset ovat niin harvinaisia ja riskittömiä, että välitöntä tarvetta puuttua niihin ei ole. Tarpeen vaatiessa, nämä kuitenkin haastattelujen mukaan pystyttäisiin ottamaan täysin hallintaan, mutta se tuntuisi resurssien ja varojen haaskaukselta. Myös Lee ja Wang (2008, 2) mainitsevat, että perinteiset kunnossapidon menetelmät ovat perusteltuja silloin, kun laitteen ennakoimattomasta hajoamisesta ei seuraa suhteessa suuria ympäristövahtia tai taloudellisia tappioita. Ennen kuin vahvistettuja akselistoja saatiin toimittajalta, saattoi ennakoimattoman tuotantokatkoksen aiheuttaa napa-akselin katkeaminen tietyn merkisessä akselistossa (kuva 6.)



Kuva 6. Lastauskoneen taka-akseliston tumppiakselin katkeaminen. Myöhemmin valmistaja sai vahvistettua akselistoja ja vikaantumiset loppuivat.

Olosuhteet kaivoksella ovat haastavat, on lämmintä, pölyistä ja kosteaa. Lisäksi rikkihöly ja hapan kaivosvesi ovat omiaan kuluttamaan koneita. Kuitenkaan nämä eivät juuri tulleet esille haastattelussa, muuten kuin sähköliitinten osalta. Mainintaa tuotannon keskeyttävistä häiriöistä kuitenkin tuli siitä, kun kiviä tulee koneen päälle. Yleensä niitä tulee louhoksesta lastauskoneen päälle, mutta satunnaisesti myös muihin koneisiin. Näitä sattuu harvoin, mutta kuormittavat helposti ja varoittamatta kunnossapitoa. Yleensä niistä seuraa yleisimpiä häiriöitä eli letkurikkoja, kaapelivikoja sekä rakenteiden pettämistä.

4.2 Huoltopaikalla tapahtuva toiminta

Ehkäisevän kunnossapidon sekä huollon tehtävät limittyvät keskenään Järviön (2017, 50) mukaan. Työntekijöiden näkökulma on vastaava. Haastateltavien mukaan olennaisin vikaantumista ehkäisevä toiminto on huolto. Huoltojen tärkeimmiksi tarkistuskohdiksi määritettiin nesteet, kuluvat osat, testaukset sekä paineiden tarkistukset. Huollon aikana tarkkaillaan kuluvien osien lisäksi erityisesti letkuja, kaapeleita ja liittimiä, koska ne aiheuttavat todennäköisimmin tuotantokatkoksen. Huoltojen yhteydessä tehdään suurin osa havainnoista, joiden avulla pystytään ehkäisemään vikaantumisia ja tuotantokatkoja.

Huoltopaikka on kuin mikä tahansa raskaskonekorjaamo. Siellä huolletaan ja korjataan noin kolmeakymmentä erilaista maanalaiseen louhintaan liittyvää työkonetta. Huollot perustuvat pääosin tuntimääriin, joko dieselmoottorin tai poravasaran iskutunteihin. Joitakin vähemmällä käytöllä olevia koneita huolletaan kalenteriaikaan perustuen. Erilaisia turvallisuuteen liittyviä tarkastuksia tehdään kerran kuussa, kerran puolessa vuodessa tai kerran vuodessa. Aina ennen huoltoa koneet on pestävä.

Huoltojen lisäksi huoltopaikalla hoidetaan suurin osa louhintakaluston kunnossapitotoiminnoista. Pääosin näitä ovat siirretyt häiriökorjaukset, kulutusosien vaihdot sekä kunnostukset ja suuremmat kunnossapitotyöt. Tuotantoalueelta on useasti matkaa huoltopaikalle jopa kilometri, mutta heikot työskentelyolosuhteet johtavat useasti siihen, että kone saatetaan korjata tuotantoalueella vain väliaikaisesti siihen kuntoon, että kyseinen työmaa saadaan valmiiksi, jonka jälkeen kone ajetaan huoltopaikalle ja tehdään kunnan korjaus. Vakavamman vian kohdalla, esimerkiksi akselistovaurion tai rengasrikon seurauksena, kone saatetaan mahdollisimman turvalliseen siirtokuntoon ja siirretään hallitusti huoltopaikalle kunnostettavaksi.

4.3 Laitteen kuntoon perustuvia toimenpiteitä

Pääosin louhintakaluston kunnossapito Pyhäsalmi Mine Oy:ssä perustuu nykyisen kunnan ylläpitoon ja sen arviointiin. Tavoitteena on vikaantumisten ehkäisy, käyttötunteihin perustuvien komponenttien vaihtojen muuttaminen kuntoon perustuviksi sekä muihin komponentin elinkaarta pidentäviin toimenpiteisiin.

Ennustavassa kunnossapidossa hyödynnetään sekä teknologiaa että ihmisen tietotaitoa (Lee & Wang 2008, 3). Mainintoja tuli esimerkiksi lastauskoneen kauhan elinajan pidentämisestä, kun sen kuluneisuutta seurataan aktiivisesti mittaamalla sekä arvioimalla. Tällöin sitä pystytään vahvistamaan pienillä toimenpiteillä siten, että sen elinikä pitenee. Lisäksi aikaisemmin suoritettuihin perustuvat lastauskoneiden dieselmoottorien ahtimien vaihdot ruvettiin tekemään kuntoon perustuen silmämääräisellä arviolla, aikaisemman historian perusteella sekä mittaamalla arvoja verraten niitä valmistajan antamiin arvoihin.

Koneiden kuntoon perustuvien päätösten ja ennusteiden riskinä nähtiin komponentin särkyminen aikaisemmin kuin on arvioitu. Tällainen tilanne voi haastattelujen mukaan tulla myös silloin, kun komponentin vaihdolle ei yksinkertaisesti ole ollut aikaa silloin, kun se olisi alun perin suunniteltu.

Haastatteluissa tuli ilmi, että tällä hetkellä puuttumiskynnys vikaantumisiin on matala, koska suunnittelemattomia kunnossapitotoita pyritään välttämään varsinkin suurempien komponenttien osalta. Kunnossapitokulttuuri tuntuu tukevan sitä ajatusta, että puututaan, ennen kuin tilanne etenee hallitsemattomaksi. Tätä ajatusta tukevat kommentit, joiden mukaan yllätyksiä tulee erittäin harvoin ja koetaan, että viat ja vikaantumiset ovat vähentyneet.

Ylimääräisiä laitteen suorituskyvyn mittauksia ei tehdä. Tässä asiassa luotetaan pitkälti operaattoreiden kokemukseen. Mittauksia tehdään usein vasta sitten, kun jotain ilmenee. Tässä on monesti diagnoosia nopeuttavana menetelmänä suorituskyvyn mittaustulosten vertailu vastaaviin koneisiin, jos sellaisia on. Jos sellaisia ei ole, suorituskyvyn mittaukset voivat olla haastavia, riippuen siitä kuinka selkeästi oire pystytään todentamaan tilanteessa, jossa suorituskykyä ei ole tarvinnut mitata aikaisemmin. Jos jonkin komponentin suorituskykyä on tarvinnut aikaisemmin mitata, löytyy luotettavat menetelmät nopeasti sekä mahdolliset vertailuarvot.

4.4 Työntekijöiden toiminta, kokemus ja tietotaito osana kunnossapitoa

Pyhäsalmi Mine Oy:ssä on selkeä roolijako operaattoreiden ja kunnossapitoasentajien välillä. Operaattorit keskittyvät pääosin louhintakoneilla operointiin ja muihin kaivostöihin ja kunnossapito keskittyy louhintakaluston kunnossapitotoimenpiteisiin. Tämän perinteisen tavan arvona on ollut se, että jokainen pystyy keskittymään parhaiten oman tehtävänsä suorittamiseen ja toiminta on kokonaisvaltaisempaa. On kuitenkin tärkeää, että operaattorit ymmärtävät mahdollisimman paljon kunnossapidosta sekä kunnossapitoasentajat operaattoreiden työstä.

4.4.1 Operaattoreiden vaikutukset kunnossapitoon

Operaattorit eli koneita operoivat työntekijät ovat merkittävässä roolissa koneiden kunnan ylläpitämisessä, vikaantumisten ennalta ehkäisemisessä, kunnanvalvonnassa sekä vika-diagnoosin onnistumisessa. Lisäksi heiltä saadaan arvokasta tietoa erityisesti suorituskyvyn liittyvissä kysymyksissä. Haastattelukysymyksissä ei viitattu operaattoriin missään vaiheessa, vaan operaattorien merkitys tuli ilmi vastauksissa.

Haastattelujen mukaan hyvä operaattori on kiinnostunut työkoneestaan. Hän silmäilee ja tarkastaa koneensa aloittaessaan työvuoron sekä päättyessään sen. Vuoron aikana hän seuraa laitteen toimintaa visuaalisesti, äänen sekä tuntuman osalta. Hän pystyy tunnistamaan suorituskäytössä tapahtuvat muutokset ja osaa verrata suorituskäytön liittyvien arvojen muutoksia ja raportoi matalalla kynnyksellä kunnossapitoa.

Toisinaan operaattori pystyy havaitsemaan vikaantumisen jo ennen, kuin koneen toiminta itsessään katkaisee tuotannon. Useasti tämä jouduttaa korjausta, mutta vähentää myös korjaustyön määrää. Monimutkaisemman vian kohdalla hyvä operaattori pystyy tarkoin kuvaamaan laitteen poikkeavat toiminnot ja pystyy rajaamaan vian tai oireen tarkkaan. Nämä tiedot auttavat kunnossapitoa kohdistamaan tutkimukset oikeisiin kohteisiin. Lisäksi pienemmätkin huomiot ja epäilykset välitetään kunnossapitotiimille. Yleensä nämä asiat vaativat operaattorilta syvällistä tuntemusta koneestaan sekä vallitsevista olosuhteista.

Kaikki operaattorit eivät ole kunnossapitoasentajien näkökulmasta niin hyviä. Toisinaan se näkyy kokemattomuutena, välinpitämättömyytenä tai ymmärtämättömyytenä. Kunnossapidossa asiat näkyvät usein korjaustöinä, jotka olisi pystytty välttämään, häiriöinä, joiden muodostuminen on tunnetusti hidasta, vikaantumisina, joita ei oikeanlaisella käytöllä olisi edes tullut tai vikoina, jotka eivät olleetkaan vikoja. Esimerkkeinä liian paksun massan tekeminen lujitustöissä, josta aiheutuu tunne pumpun tehottomuudesta, polttoaineen loppuminen, vaikka mittarit toimivat tai sitten ihan koneen seinään ajamiset, jonka seurauksena letkuja on rikkoutunut ja palkkeja vääntynyt.

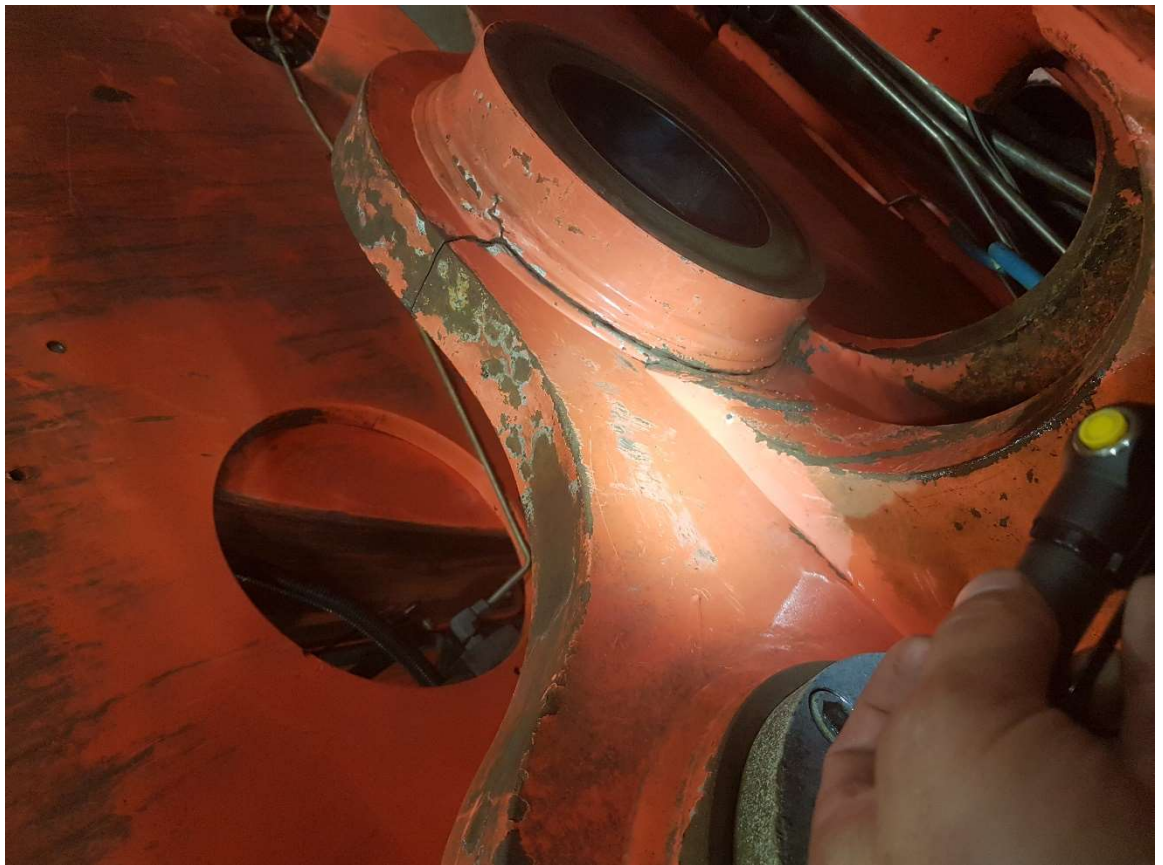
Yksistään hyvän operaattorin havainnotkaan eivät riitä, vaan kunnossapito kokee vastuuta huolehtia huoltojen onnistumisesta sekä mahdollisten tulevien vikojen havaitsemisesta ennen kuin operaattori niistä mainitsee. Useat vikaantumiset eivät näy eikä tunnu käytössä millään tavalla ennen lopullista rikkoutumista, vaan siihen tarvitaan oikein kohdennettuja tarkastuksia tai mittauksia.

4.4.2 Asentajien kokemuksen vaikutus kunnossapitoon

Reaktiivisessa kunnossapidossa asentajien kokemus näyttäytyy nopeana vian löytymisenä, luotettavana vikadiagnoosin tekemisenä sekä sitä kautta oikeiden korjaustoimenpiteiden suorittamisena. Usein kokemus myös auttaa korjausarvion tekemisessä ja aikataulutusessa.

Kokemus ja tietotaito auttavat tekemään oikeita päätöksiä. Sen avulla tiedetään, mitä esimerkiksi kannattaa vaihtaa ennakoivasti, vaikka ulkoiset merkit tai mitattavat suureet eivät vaihtotarvetta pystyisi osoittamaan. Haastatteluissa ilmeni, että osalle asentajista oli vaikea kertoa ja kuvailla tarkemmin, minkälaisia havaintoja, arvioita he tekevät samalla, kun esimerkiksi huoltavat koneita. Siihen sisältyi useita pieniä asioita. Termeinä näille ajatuksille oli ”iskostunut päähän”, että asioihin puututaan tai sitten ”sellainen perussilmä näihin koneisiin”, että pystytään havaitsemaan erilaisia koneen kunnosta kertovia asioita.

Yksi hyvä esimerkki tilanteesta on alla olevassa kuvassa 7, jossa asentaja kiinnitti huomion koneen rasvauksen yhteydessä havaittuun poikkeavaan rasvan pursuamiseen ja rupesi tutkimaan sitä. Kohteeseen laitetaan rasva noin metrin päässä olevasta nipasta, eikä itse kohteeseen näe kuin pienestä välistä. Tämä rasvauksen yhteydessä tapahtunut tarkkailu ja reagointi vähensi tarvittavan korjaustyön määrää ja ennalta ehkäisi lastauskoneen eturungon vaurioitumisen korjauskelvottomaksi.



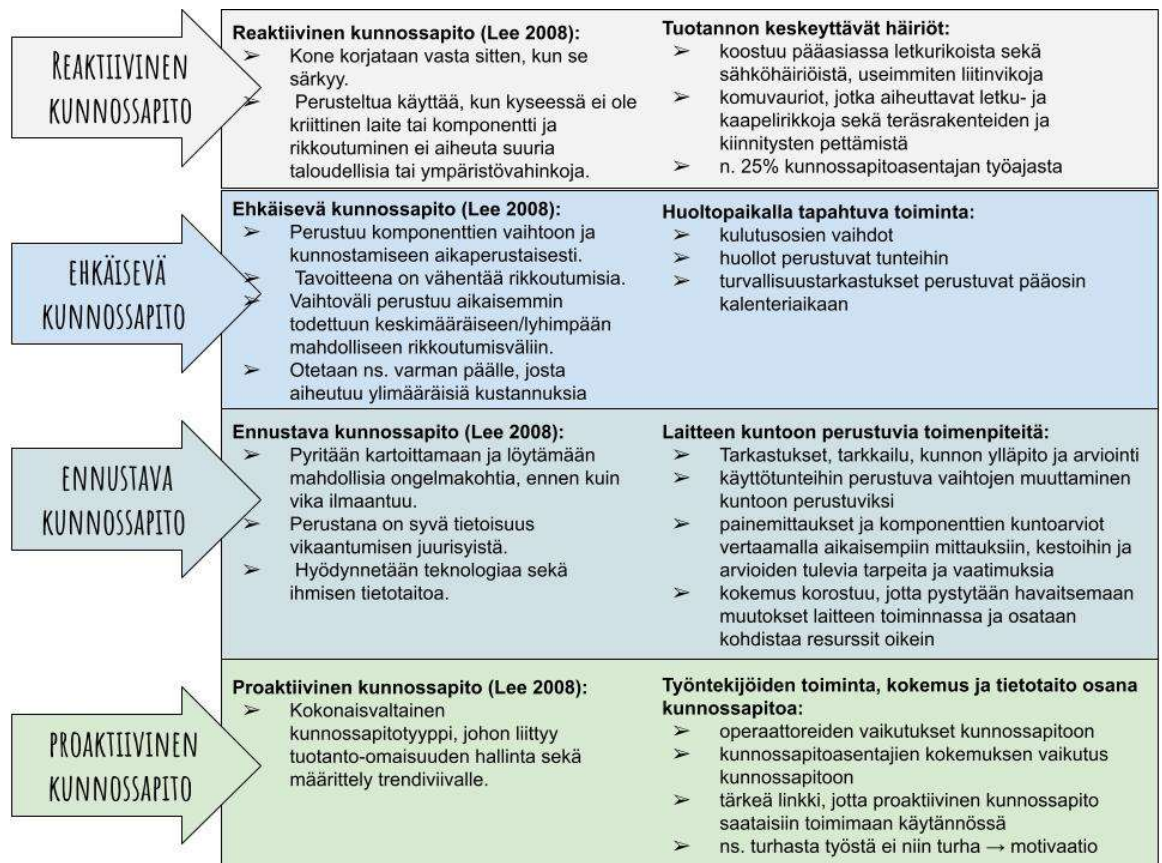
Kuva 7. Lastauskoneen eturungossa olevan korvakon ratkeaminen havaittiin huollossa, kun voitelurasvaa tuli poikkeavasta kohtaa. Kuvassa kohde pesty ja kaatosylinteri poistettu edestä.

Kun asentajalla on kokemusta koneista, hän pystyy aistein havainnoimaan ja kiinnittämään epäkohtiin ja poikkeavuuksiin huomioita, mitä ei välttämättä muuten havaittaisi. Haastatteluissa tuli usein esille se, että jatkuvalla havainnoinnilla on suuri merkitys aikaisen vaiheen puuttumiseen. Kokemuksen ja tietotaidon avulla vikaantumisesta pystytään tekemään syvällisempi analyysi, jolloin on mahdollista päästä tekemään luotettavampia ennusteita. Sen avulla pystytään myös välttämään turhia komponenttien vaihtoja, kun ymmärretään, miten eri komponentit toimivat ja miten ne vaikuttavat toisiinsa.

Kokemuksella on myös haittapuolensa, varsinkin jatkuvan kehittymisen puolella. Kokemus saattaa aiheuttaa asennetta, että näin tämä on aina ollut, eikä ajatella syytä minkä takia näin tapahtuu. Lisäksi pelkästään omaan kokemukseen perustuvat päätökset saattavat johtaa virheellisiin päätelmiin. Tämän takia on tärkeää ymmärtää pientenkin asioiden merkitys ennusteeseen, jotka voivat olla osa isompaa kokonaisuutta.

5 POHDINTA

Työn tavoitteena oli tutkia työntekijöiden näkökulmasta Leen ja Wangin (2008) luokittelujen kunnossapitolajien toteutumista Pyhäsalmi Mine Oy:n louhintakaluston kunnossapitotiimissä. Työ toteutettiin haastatteleamalla kunnossapidon työntekijöitä sekä raskaskone-että sähköautomaatioasentajia. Leen ja Wangin (2008) kunnossapidon kehitysasteista tämän tutkimuksen osalta tärkeimmät olivat reaktiivinen kunnossapito, ehkäisevä kunnossapito sekä ennustava kunnossapito. Louhintakaluston kunnossapidossa kokonaisvaltaista proaktiivista kunnossapitoa ei Leen ja Wangin (2008) mukailen ole Pyhäsalmi Mine Oy:ssä käytössä. Täytyy kuitenkin muistaa, että kansainvälisesti termit eivät ole aivan vertailukelpoisia. Järviön (2017, 15) mukaan tuotanto-omaisuuden hoitaminen jaetaan reaktiiviin sekä proaktiiviin toimiin, jolloin kaikki ennakoiva ja ehkäisevä toiminta on proaktiivista. Alla olevassa kuviossa on kuvattu Leen (2008) kunnossapidon lajeja (vasen sarake) suhteessa sisällönanalyysin avulla muodostettuihin pääluokkiin (oikea sarake).



Kuva 8. Tutkimuksen tulosten pääluokat suhteessa Leen (2008) kunnossapitoluokitteluun.

5.1 Tuotannon keskeyttävät häiriöt ja reaktiivinen kunnossapito

Reaktiivinen kunnossapito tunnetaan Suomessa enemmän korjaavana kunnossapitona. Käytännössä Leen (2008) mukaan se on koneiden kunnostamista vasta sitten, kun ne keskeyttävät tuotannon. Suomessa tämä tunnetaan yleisesti korjaavana kunnossapitona. Haastattelujen perusteella tämä on vielä arkipäivää louhintakaluston kunnossapidossa, mutta korjaavan kunnossapidon osuus olisi alle 25% työajan käyttöön suhteuttaen. Oulun yliopiston Devico-projektissa tekemän tutkimuksen mukaan maanalaisessa lastauskoneessa korjaavan kunnossapidon osuus on 55-70% ja ennakoivan kunnossapidon osuus 30-45% (Torvi & Kemppainen 2014, 106).

Ero voi selittyä monella tavalla, mutta uskon haastattelututkimuksen tuloksen olevan lähellä todellista vuoden 2021 tilannetta, vaikka se koskettaakin koko louhintakalustoa. Lastauskoneita pidetään toimintavarmimpina koneina Pyhäsalmen kaivoksella. Lisäksi tällaisissa tutkimuksissa merkitsee korjaavan ja ennakoivan kunnossapidon luokittelu, ja vertaillaanko kustannuksia vai toteutunutta työmäärää. Pyhäsalmi Mine Oy:ssä on luokiteltu erikseen vain huoltotyöt, korjaustyöt, rengastyöt, kauhatyöt sekä sähkö- ja instrumentointityöt. Huoltotöihin on merkattu vain huoltolistaan merkittyjen kohteiden työt. Korjaustöihin siis sisältyy kirjanpidossa paljon ennakoivaa kunnossapitotyötä. Tämä on asia, mihin olisi seurannan takia tärkeä puuttua.

Korjaavien kunnossapitotoimintojen tärkein elementti on oppiminen. Kun tuotanto keskeytyy koneen rikkoutumisen takia, kiinnostavinta siinä on selvittää, olisiko tähän pystytty puuttumaan ennen rikkoutumista. Työnjohtajaa harmittaa, jos rikkoutuminen on selkeästi sellainen, jonka olisi voinut havaita hyvissä ajoin nopealla vilkaisulla. Työsuunnittelijaa harmittaa rikkoutuminen, jos sen tarkkailua ei ole merkitty mihinkään ennakoivaan tarkastukseen.

5.2 Huoltopaikalla tapahtuva toiminta ja ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevässä kunnossapidossa Leen ja Wangin (2008) luokittelu oli huomattavasti tiukempi kuin Järviön ja Lehtiön (2017). Lee kirjoitti ehkäisevän kunnossapidon olevan pääosin aikaperusteisesti tehtävää komponenttien vaihtoa, kun taas Järviö ja Lehtiö (2017) toteavat sen olevan jollakin asteella lähes kaikkea muuta paitsi häiriökorjausta.

Leen ja Wangin (2017) luokittelman ehkäisevän kunnossapidon osalta haastatteluissa mainittiin vain huolloissa ja tarkastuksissa vaihdettavat komponentit, jotka on määritelty etukäteen. Pyhäsalmen kaivoksessa tuotanto on loppumassa vuoden 2021 lopussa ja kustannusten suhde liikevaihtoon on noussut tuotannon pienentyessä. Tämän takia määrävälein vaihdettavia osia on enää hyvin vähän, jos ollenkaan. Vaihdot perustuvat havaintoihin ja kuntoon. Edullisemmat komponentit menevät vaihtoon herkästi, mutta kalliimmissa komponenteissa turvaudutaan tarkempaan tutkintaan ja vaihtokomponenttien käyttöön.

Aikanaan määrävälein vaihdettavien osien kohdalla on myös tarkistettu komponentin kunto, jolloin on pystytty muodostamaan käsitys siitä, kuinka suurta vaihtelua esimerkiksi olosuhteiden takia on komponenttien kunnossa. Osaltaan näiden arvioiden takia on pystytty jättämään komponenttien vaihtoja pois määrävälein tehtävien vaihtojen listalta.

5.3 Laitteen kuntoon perustuvat toimenpiteet ja ennustava kunnossapito

Komponenttien kuntoa arvioidaan pääosin huollossa. Vaihdot, jotka pohjautuvat sen hetken tietoon ja mittauksiin lasketaan ehkäiseviksi toimenpiteiksi. Muut suunnitellut komponenttien vaihdot ovat ennustavaa, jolloin vaihtoperusteena käytetään kyseisen komponentin ennustetta, joka perustuu kokemukseen, historiatietoon, operaattoreilta saatuun tietoon ja kokemukseen sekä muihin ei tuntiperusteisiin syihin komponentin vaihdolle. Lisäksi tähän vaikuttaa seuraavien kuukausien tuleva tuotantotilanne. Asentaja siis tekee itsenäisesti tai yhdessä työnjohdon/suunnittelun kanssa ennusteen siitä, ettei komponentti tule kestävään seuraavaan mahdolliseen huoltoon/tarkastukseen tai sitten siihen pyritään tilanteesta riippuen keksimään elinaikaa pidentäviä luotettavia ratkaisuita.

Tällä hetkellä Pyhäsalmi Mine Oy:ssä louhintakaluston kunnossapito perustuu huoltoihin ja tarkastuksiin, korjaavaan kunnossapitoon sekä laitteen kuntoon perustuvaan kunnossapitoon. Komponentteja ei vaihdeta määrävälein vaan vaihtopäätökset ja kunnossapitotoimet perustuvat todelliseen arvioituun kuntoon tai rikkoutumiseen.

Ajan saatossa on pyritty ottamaan kiinni ajatuksia siitä, että käytetään aikaa tilanearvion ja oikeiden päätelmien tekoon. Toisaalta keskustellaan lyhyesti myös muutaman sadan euron komponentin vaihdosta, mutta pääpainoa on pyritty siirtämään suurempien ja kalliimpien komponenttien kunnan arviointiin ja tarkastuksiin. Olosuhteet aiheuttavat kuitenkin suorituskykyyn suuria muuttujia eikä meillä ole täysin luotettavia mittareita jatkuvaan

mittaukseen, joten usein tehtävillä visuaalisilla tarkastuksilla sekä operaattorikommenteilla pyritään saamaan luotettava arvio tilanteen kehittymisestä.

Olosuhteiden vaikutuksilla suorituskyykyyn tarkoitan esimerkiksi porauksissa vaihtelevaa kiven laatua ja rikkoutuneisuutta. Lisäksi poraussuunta vaikuttaa, että porataanko alaspäin vai ylöspäin. Loppuaikana on tiedossa, että louhosporaukset tehdään käytännössä ylöspäin poraten eli yläkätisinä. Normaalisti suurin osa louhoksista on porattu alaspäin, jonka takia kokemukset ja aikaisemmat arviot kaluston kunnosta ja kestävyydestä eivät ole täysin luotettavia. Näitä ei ole eritelty vielä millään tavalla kunnossapidon toiminnoissa. Todennäköisesti ei eritelläkään, mutta viimeisinä kuukausina tullaan tarkkailemaan porakoneen ja syöttölaitteistojen kuntoa korostetusti. Muita olosuhdemuuttujia on lämpötila, pöly, louhintakiven koostumus sekä yleinen alueen kunto ja luotettavuus. Olosuhdemuuttujaksi voidaan luokitella myös kaivoksen henkilöstön kuormitustilanne, joka voi vaihdella päivittäin.

5.4 Työntekijät osana kunnossapidon tulevaisuutta ja proaktiivinen kunnossapito

Leen (2008) proaktiivista kunnossapitoa työntekijöiden näkökulmasta ei tällä hetkellä tehdä. Kuitenkin jotkut toimenpiteet perustuvat proaktiivisuuteen eli reaaliaikaisesti oikein kohdennettuihin mittauksiin. Nämä ovat esimerkiksi porakoneen suorituskyykyyn perustuvia tuotanto-olosuhteissa tehtyjä jatkuvia mittauksia. Mitattavat parametrit ovat porakoneen syötön, -iskun ja pyöriksen paine sekä etenemä. Näiden seuranta on tällä hetkellä operaattoreiden vastuulla. Kunnossapito varmistaa mittaukset ja tekee diagnoosin, kun operaattorilta tulee viestiä jostain aiheeseen liittyvästä ongelmasta. Muita muuttujia on lukuisa määrä, jotka voivat vaikuttaa tilanteeseen. Esimerkiksi porattavan kiven laatu, poranterän kunto sekä muu kaluston kunto-, merkki- ja laatuominaisuudet sekä operaattorin henkilökohtainen osaaminen ja kokemus.

Louhintakalustossa siirtyminen täydelliseen proaktiiviseen kunnossapitoon vaatii laitteiden kehittymistä sekä niiden toimintojen kokonaisvaltaistamista. Kun kaikkea tietoa pystytään keräämään luotettavasti, voitaisiin ajatella, että kun porausalustalle on annettu kohde sekä poraussuunnitelma, se pystyisi vertaamaan ja arvioimaan tulevaa porausta aikaisempien leikkausten poraustiedoilla ja täydentämään niitä työn edetessä. Tieto liikkuisi koneiden välillä, jos kone työmaalla vaihtuisi. Samalla kokonaisvaltainen järjestelmä antaisi suunnittelijalle suunnitteluvaiheessa sekä työn edetessä tietoa esimerkiksi reikien

toteutuneista pituuksista sekä laskisi arvion poraukseen kuluvasta todellisesta ajasta. Samalla järjestelmään tulisi arvio, esimerkiksi rikkoutuneen kiven vyöhykkeistä sekä poikkeavan materiaalin vyöhykkeistä automaattisesti mallina, joka tarkentuisi jokaisella porauksella perustuen porauksen aikana tapahtuviin mittauksiin ja toimintoihin. Haastavista paikoista olisi viitteitä myös koneen vikaherkkyydestä kyseisessä paikassa.

Operaattoreiden ja kunnossapidon yhteistyö on tärkeää kokonaisuuden kannalta. Operaattorit ovat ammattilaisia siinä mitä tekevät. He pystyvät suorittamaan jatkuvaa kunnonvalvontaa työn ohessa. Leena Parkkila (2015) tutki käytön ja kunnossapidon yhdistämistä käynnissäpito-organisaatioksi eräässä teollisuuslaitoksessa. Tutkimuksessa oli kerätty laajasti aineistoa käytön ja kunnossapidon yhdistämisen hyvistä ja huonoista puolista. Hyviä puolia yrityksen kannalta olivat kommunikointi, yhteistyö, yhteishengen lisääntyminen, ajansäästö ja kustannustehokkuus. Muutos vaatii siihen suunnitellut järjestelmät, hyvän suunnitelman ja jalkautuksen. Käynnissäpidon eduksi laskettiin myös nopeampi reagointi prosessihäiriö- ja vikatilanteisiin sekä parempi ongelmanratkaisukyky. (PARKKILA 2015, 60)

On selvää, että käyttäjien eli operaattorien tietämys kunnossapidosta parantaa toimintaa, kuten myös kunnossapitäjien tietämys käytöstä. Maanalaisessa kaivostyössä tätä on pienessä mittakaavassa harrastettu. Ennen operaattorit olivat mukana oman koneensa huolloissa ja korjauksissa, mutta nykyään painopiste on kääntynyt enemmän siihen, että kunnossapitäjät ovat töissä tuotannossa.

Maanalaisen louhinnan voi olettaa tulevaisuudessa muuttuvan siten, että operaattoreiden merkitys vähenee ja kunnossapidon työtehtävät helpottuvat, kuten usealla muullakin tekniikan alalla. Laitteiden automatiikka ja itseoppiminen tulee vähentämään operaattorin sekä kunnossapidon työmäärää. Ohjelmistot estävät koneita tekemästä sellaisia asioita, mitkä kuormittavat tai aiheuttavat sille ennen aikaisen rikkoutumisen. Todennäköisesti kehittymisen seurauksena henkilöstömäärää pystytään pitämään pienempänä. Samalla käytännön työn ymmärtäminen voi vaikeutua, kun koneen automatiikka hoitaa suuren osan asioista sekä auttaa käytännön toteutuksessa. Ymmärrys koneen toiminnasta on selkeää entistä pienemmälle ryhmälle. Kuten haastatteluissakin tuli ilmi, vanhat ja tutut koneet saatetaan työntekijöiden keskuudessa kokea paremmiksi, koska niiden käyttäytyminen ja toiminta tunnetaan, ne ovat yksinkertaisempia ja niitä osataan paremmin korjata ja huoltaa. Tämän seurauksena yhä teknisempien laitteiden laitteiston vikaantumisista ja niiden ratkaisuista entistä suurempi osa tulee siirtymään laitevalmistajien harteille.

Monet tutkimukset kunnossapidosta ja kaivoksista perustuvat lukuihin, mutta käytäntö poikkeaa monesti siitä, mitä lukujen takana on. Mitä paremmin ylempi johto tietää miten

käytännössä toimitaan, ja minkälaisista töistä esimerkiksi kunnossapito tai tuotanto koostuu, sitä paremmin se pystyy tukemaan ja ohjaamaan toimintaa. Toisaalta sillä pystytään vähentämään henkilöriippuvaisia selvityksiä tilanteista, jotka saattavat aiheuttaa yleensä turhia epäilyksiä toiminnan tehokkuudesta. Tällä hetkellä meillä ei esimerkiksi ole järjestelmää, jolla pystyttäisiin aukottomasti seuraamaan tai todistamaan kunnossapidon toiminnan tehokkuutta ja ratkaisujen vaikutuksia.

5.5 Muita huomioita

Työntekijöiden eli operaattoreiden ja kunnossapitäjien koulutuksen pitäisi olla jatkuvaa erityisesti vikaantumisten ennakoinnissa ja koneen toiminnan ymmärtämisessä. Tämä tuli haastatteluissa ilmi, mutta se on myös käytännössä havaittavissa. Laitteet ovat monimutkaisia ja suuri osa toiminnasta opitaan työn kautta. Kuitenkin syyt ja ymmärrys laitteen toimintaan joissakin erityistilanteissa ovat esillä tietyin väliajoin. Laitteiden ohjekirjoissa on sivuja tuhansia. Siitä saa hyvät mittasuhteet, kun vielä voidaan todeta, että koneet ovat enemmän tai vähemmän erilaisia keskenään ja vanhempaan kalustoon on tullut komponenttivaihdoksia sekä ohjelmistomuutoksia, joista on saattanut tulla erilaisia ohjeita.

Toisaalta laitteiden kehittyminen on nopeaa ja osa koulutuksista meillä on epäonnistunut sen takia, että meillä on koettu olevan enemmän tietoa kuin kouluttajalla. Tämän takia koulutukset pitäisi pystyä rajaamaan tarpeeksi kapeasti, jotta pystyisimme saamaan aina parhaan kouluttajan paikan päälle. Yleensä parhaat kouluttajat ovat kiireisiä myös työnsä puolesta, koska ymmärtävät laitteista niin paljon, että heidät kannattaa pitää muissa töissä.

Haastatteluissa kysyin lopuksi ajatuksia siitä, minkälaisia erityisiä haasteita tuotannon loppuun saattaminen saattaa aiheuttaa haastateltavien mielestä kunnossapidolle. Haasteet painottuivat varaosien saatavuuteen, johtuen varaosapuskureiden vähenemisestä sekä automaatiopuolen vanhasta tekniikasta sekä henkilöstön vähäisyyteen. Henkilöstömäärä on jo tällä hetkellä niin suppea, että ennakoivia töitä on jouduttu vähentämään ja huoltovälejä on täytynyt pidentää. Lisäksi koneiden yleisen kunnon heikkeneminen sekä haastavat louhintaympäristöt koettiin merkittäviksi muuttujiksi, jotka todennäköisesti tulevat kuormittamaan kunnossapitoa. Kuitenkin pääpiirteittäin uskottiin siihen, että turvallisuudesta ei tarvitse tinkiä ja se pystytään pitämään etusijalla.

Haastateltavissa ja vastauksissa näkyi kiinnostus työtä kohtaan sekä oman ammattitaidon kehittämisen tärkeys. Haastateltavat olivat keski-ikäisiä miehiä, joilla oli työkokemusta Pyhäsalmi Mine Oy:ssä vaihteluvälillä viidestä vuodesta 24 vuoteen. Jos haastattelut olisi tehty neljä vuotta sitten, olisi tuloksissa ollut varmasti enemmän laajuutta, koska viimeisten vuosien aikana henkilöstöstä on lähtenyt nuoria, jotka ovat aloittaneet ensimmäisen vakituisen työnsä kaivoksella 2015 jälkeen ja toisaalta vanhempia asentajia, jotka olivat aloittaneet työnsä Pyhäsalmen kaivoksella 1970-luvulla.

Lähteet

Asp, R., Tuominen, T., Hyppönen, H., 2012. Kunnossapito, Menestystekijä. Opetushallitus: Haettu 19.4.2021 osoitteesta: <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet-3-2-kunnossapidon-tuotot-ja-kustannukset.html>

Beudert, R, Juergensen, L & Weiland, J. (2018). Understanding Smart Machines: How They Will Shape the Future. Haettu 4.12.2020 osoitteesta: <https://www.techbriefs.com/component/content/article/tb/features/technology-leaders/28863>

Finder. (2020). Tulostiedot 2019. Haettu 3.4.2020 osoitteesta: http://www.finder.fi/Louhintaliikkeit%C3%A4/Pyh%C3%A4salmi%20Min_e%20Oy/PYH%C3%84KUMPU/taloustiedot/161629

First Quantum Minerals LTD. Hankkeet 2020. Haettu 6.12.2020 osoitteesta: <https://www.first-quantum.com/English/our-operations/default.aspx>

Hakapää, A. & Lappalainen, P. (2011). Kaivos- ja louhintatekniikka. Helsinki: Opetushallitus.

Hashemian, H.M. (2011) Transactions on instrumentation and measurement, VOL. 60, NO. 1. IEEE.

Heinonkoski, R. (2004). Koneautomaation kunnossapito. Helsinki: Opetushallitus.

Huuskonen, J., Karjalainen, H., Pekkala, T. (2008). Pyhäsalmi Mine Oy Rikastusprosessi. Pyhäjärvi. Ei saatavilla

Järviö, J. Lehtiö, T. (2017). Kunnossapito - Tuotanto-omaisuuden hoitaminen. Kerava: Promaint ry

Kaasinen, J., Aromaa, S., Väättänen, A., Mäkelä, V., Hakulinen, J., Keskinen, T., Elo, J., Siltanen, S., Rauhala, V., Aaltonen, I., Hella, J., Honkamaa, P., Leppä, M., Niemelä, A., Parviainen, J., Saarinen, S., Turunen, P., Törnqvist, J., Valtonen, J. & Woodward, C. (2019). Mobile Service Technician 4.0 – Knowledge – Sharing Solutions for Industrial Field Maintenance. Haettu 4.12.2020 osoitteesta: http://www.mifav.uniroma2.it/inevent/events/idea2010/doc/38_1.pdf

Komonen K. & Siekkinen, V. 1999. Kunnossapidon suorituskykyvertailun tunnuslukuja ja työkaluja. Kunnossapidon tuottavuuden kehittäminen –tutkimusprojekti. Tutkimusraportti 3, Tampereen teknillinen korkeakoulu.

Lee, J. Kao, H. Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment. *Service_innovation_and_smart_analytics_f.pdf* Haettu 1.1.2021 osoitteesta:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827114000857>

Lee, J. Wang, H. (2008). New Technologies for Maintenance - julkaisussa Complex System Maintenance Handbook Haettu 1.2.2021 osoitteesta:
https://www.researchgate.net/publication/226471338_New_Technologies_for_Maintenance

Luukkonen, K., Lähteenmäki, S. & Mäki, T. (2012). Pyhäsalmen kaivos 1962–2012. Saarijärvi: Saarijärven Offset Oy.

Manninen, V. (2014) Maanalaisen liikkuvan kaluston kunnossapidon varaosien varastoinnin kehittäminen. Karelia-Ammattikorkeakoulu

Martinetti, A., Demichela, M., Singh, S. (2020). Applications and Challenges of Maintenance and Safety Engineering in Industry 4.0. Engineering Science Reference.

Mikkonen, H. (2009). Kuntoon perustuva kunnossapito, Kunnossapidon julkaisusarja – n:o 13. Kerava: KP-media Oy

Moore, M, (2019). What is Industry 4.0? Everything you need to know. Haettu 4.12.2020
<https://www.techradar.com/news/what-is-industry-40-everything-you-need-to-know>

Nevalainen, T. (2021). Keskustelu 2.8.2021

Parkkila, L (2015). Käytön ja kunnossapidon yhdistäminen käynnissäpidoksi. Lapin ammattikorkeakoulu. ISBN 978-952-316-110-8

Piispa, T. 2007. Kunnossapidon materiaalilogistiikka. Teoksessa Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T & Åström, T. (toim.) Kunnossapito. Helsinki: KP-Media Oy. Julkaisusarja 10. 197–219.

Pintelon, L. & Parodi-Herz,A. (2008.) Chapter 3: Maintenance: An Evolutionary Perspective. In: Complex System Maintenance Handbook, pp. 21-48. Springer –Verlag London

PSK Standardintyhdistys ry. (2011). PSK 6201. PSK Standardintyhdistys ry.

Robson, C. (1995). Real world research. A resource for social scientists and practitioner-researchers. 5.painos. Oxford: Blackwell.

Statista, 2021. Leading copper miners worldwide in 2020, by production output. Haettu 19.4.2021 osoitteesta:

<https://www.statista.com/statistics/281023/leading-copper-producers-worldwide-by-output/>

Suomen Standardoimisliitto SFS ry. (2017). SFS-EN 13306:2017. Maintenance. Maintenance terminology. Suomen Standardoimisliitto SFS ry.

Torvi, J. Kempainen, K. (2014). Kaivoksen kunnossapidon johtaminen - Maintenance Management in Mining. (Ed.), Kajaanin Ammattikorkeakoulu Oy. ISBN:978-952-9853-53-3

Tuikka, A. Kaivoksenjohtajan katsaus, 25.2.2021. Intranet.

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. (2018). Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi: Uudistettu laitos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi

Wang, H. (2002.) A survey of maintenance policies of deteriorating systems. European Journal of Operational Research, vol. 139, no. 3, pp. 469–489.

Wireman, T. (2004). Total Productive Maintenance. New York: Industrial Press Inc

Haastattelukysymykset

Kuinka pitkään olet työskennellyt kaivoksen kunnossapidossa?

- a. (Kysymyksen tarkoitus saada ajallinen suhteuttaminen, sekä mahdollinen vaikutus vastauksiin)
2. **Minkälaisiin töihin jakaisit louhintakaluston kunnossapitotyöt**
 - a. (Avaava kysymys aiheeseen, tästä pyrin saamaan keskustelua ja ajatuksia. Operaattoreiden tekemät, kupin tekemät, sähkö, säätö, korjaava, suunniteltu, suunnittelematon, valmistelu, huolto)
3. **Arvioi ajankäyttöäsi prosentuaalisesti seuraavien toimintojen välillä viimeisen viikon ajalta?**
 - a. **Huollot ja tarkastukset**
 - b. **muut suunnitellut kunnossapitotyöt**
 - c. **vikakorjaukset, keikkatyöt**
 - d. **muuta, mitä?**
4. **Minkälaiset koneiden vikaantumiset keskeyttävät tuotannon**
 - a. **Olisiko näitä mahdollisuus havaita ennen töiden keskeytymistä**
 - b. **Minkälaisia vikaantumisia ei pystytä havaitsemaan etukäteen? Miksi?**
 - c. **Puututaanko vikaantumisiin, jos ne havaitaan ennen laitteen rikkoutumista? Miksi ei? Miksi kyllä?**
5. **Kuinka hyvin laitteiston oma diagnostiikka toimii esimerkiksi lastauskoneissa?**
 - a. **Suorituskyvyn mittauksissa ja ylläpidossa/seurannassa?**
 - b. **Poikkeavuuksien ilmoittamisessa, vikaantumisista**
 - c. **Vian etsinnässä ja tutkinnassa?**
6. **Millä tavoin pidätte koneet kunnossa?**
 - a. **Huollot tuntiperusteisesti**
 - b. **tarkastukset kalenteriin pohjautuen**
 - c. **kuntoon perustuen – tarkastusten pohjalta, muulta pohjalta?**
i. syöttövaijerit, liuku- ja kulutuspalat, renkaat, kauhat, kaapelit, sylinterit
 - d. **kokemukseen perustuen**
7. **Minkälaiseen tietoon perustuu päätökset koneen kuntoon perustuvien toimenpiteiden osalta? Operaattorilta, kunnossapitojärjestelmistä, laitteen omista järjestelmistä, visuaalisten tarkastusten, turvallisuuteen, mittauksiin?**
8. **Mitä suorituskykyyn vaikuttavia muuttujia mitataan? Milloin?**
 - a. **paineet, vastusmittaukset, moottori, automaatioon liittyvät anturit,**
 - b. **miten muuttujia voidaan hyödyntää.**
 - c. **olosuhteet**
9. **Millä tavalla kunnossapito on kehittynyt kaivoksella sinun urasi aikana, millä tavalla toiminta on muuttunut?**
10. **Millaisena näet louhintakaluston kunnossapitotyön kahdenkymmenen vuoden päästä?**
11. **Minkälaisia haasteita kaivoksen tuotannon loppuun saattaminen voi aiheuttaa kunnossapidolle?**
 - a. **Tuotannon väheneminen, käytön keskittyminen tiettyihin koneisiin, ylläpidettävien koneiden käytön väheneminen, mutta kuitenkin kunnossa ja turvallisena pitäminen,**