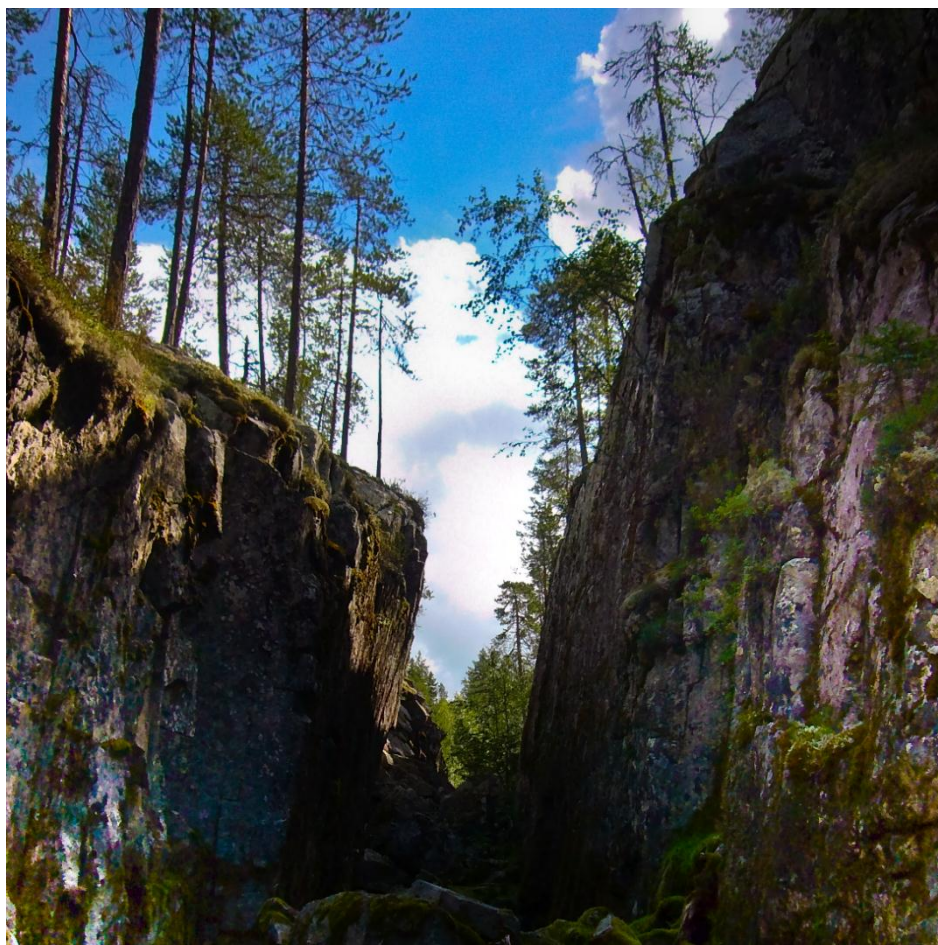


B

Kimmo Kemppainen

Käyttövarmuuden kehittäminen kaivoksen rikastamolla



**KAJAANIN
AMMATTIKORKEAKOULU**
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Kajaanin Ammattikorkeakoulu Oy
KAMK University of Applied Sciences

Kimmo Kemppainen

Käyttövarmuuden kehittäminen kaivoksen rikastamolla

Kajaanin ammattikorkeakoulun julkaisusarja B
Raportteja ja selvityksiä 20

Projektin rahoittajat:

Euroopan unioni, Euroopan aluekehitysrahasto

Tekes

Kajaanin ammattikorkeakoulu

Talvivaaran kaivososakeyhtiö Oyj

Sandvik Mining and Construction Oy

Pyhäsalmen kaivos Oy

MIP Electronics Oy



Projektin tukijat:

Sotkamo Silver Oy

SKF Oy



Sandvik Mining and Construction



Yhteystiedot:

Kajaanin Ammattikorkeakoulu Oy

PL 52

87101 KAJAANI

Puh. (08) 618 991

www.kamk.fi

ISBN 978-952-9853-52-6

ISSN 1458-9141

Juvenesprint, Oulu 2014

KÄYTTÖVARMUUDEN KEHITTÄMINEN KAIVOKSEN RIKASTAMOLLA

Kirjoittaja

Kimmo Kemppainen

Organisaatio

Kajaanin Ammattikorkeakoulu Oy

Projektin nimi

DEVICO

Tiivistelmä

Työn tavoitteena on tuottaa kunnossapidon hyväksi koettuja käytänteitä ja oppeja kaivoksen rikastamon kunnossapidon suunnitelmaan. Työssä selvitettiin kaivosten rikastamoiden kunnossapidon käytänteitä First Quantum Minerals -konsernin, Pyhäsalmi Mine Oy:n ja Altona Mining Ltd Luikonlahden rikastamoilta sekä Sotkamo Silver Oy:n Taivaljärven kaivosprojektin suunnitelmista haastattelututkimuksen keinoin. Tulokset ovat dokumentoituina käytettävissä minkä tahansa aloittavan kaivoksen kunnossapidon suunnittelun ja toteutuksen ohjeeksi, sekä toimenpiteiksi suunnitellun käyttövarmuuden saavuttamiseksi.

Kunnossapidossa onnistuminen on tutkimuksen mukaan merkittävä kaivoksen kannattavuuteen vaikuttava tekijä. Kunnossapidon tärkeyden ymmärtäminen nostaa selvästi kunnossapidollisten asioiden toiminnan tasoa. Tutkimuksen tuloksena selvisi, ettei valmiin määritellyn organisaatiomallin ajamista kunnossapidon käytänteeksi koettu tärkeänä haastatelluissa kunnossapito-organisaatioissa. Tärkeintä on luoda kunnossapidolle hyvät työn edellytykset. Nämä saavutetaan kunnossapitoasioiden huomioonottamisella laitossuunnittelussa. Tilattujen laitteiden valmistuksen laadun sekä toimintakunnon varmistaminen koettiin tärkeäksi. Kunnonvalvonnan tärkeys sekä onnistunut ennakkohuollon suunnittelu varmistavat koneiden pitkän käyttöiän. Tärkeimmässä osassa kuitenkin on toimintojen oikea-aikaisuus. Tavoiteltuun käyttövarmuustavoitteeseen ja toimiviin käytänteisiin on päästävä tuotannon taloudellisuuden varmistamiseksi nopeasti.

ESIPUHE

Tämä julkaisu on Development of production integrated condition-based maintenance model for mining (DEVICO) – projektin tuotos. Projekti toteutettiin kaksiosaisena, joista toisesta osasta vastasi Kajaanin Ammattikorkeakoulu Oy ja toisesta osasta Oulun yliopisto. Tähän julkaisuun on kerätty Kajaanin ammattikorkeakoulun osan keskeisimmät tulokset rikastamon kunnossapidon kehittämistä koskien.

Työn teoriaosuus sisältää kaivoksen rikastamon toimintaan ja sen kunnossapitoon liittyviä keskeisintä kirjallisuustietoa. Teoriaosuuden tiedonvalinta mukaillee rikastamoiden kunnossapidosta vastaavien henkilöiden haastatteluissa keskeisimpinä esille tulleita asioita. Teoriaan kootussa tiedossa on pyritty pitämään mukana tiedon ajankohtaisuus ja käytännön läheisyys.

Työn tutkimusosuus koostuu haastatteluissa esille nousseista käytännön seikoista, joilla katsotaan olevan osuutta rikastamon hyvän käytettävyyden saavuttamiseksi. Haastatteluissa esiin nousseet tiedot on pyritty koostamaan ja järjestelemään loogisiin aihekokonaisuuksiin. Myös asioiden tärkeyteen kunnossapidon onnistumisen ja taloudellisen kaivostoiminnan käynnistämiseksi otetaan kantaa.

Kajaanissa 6.5.2014

Kimmo Kemppainen
projekti-insinööri

Sisällys

1	JOHDANTO	1
2	TYÖN TAVOITTEET	2
2.1	DEVICO-projekti.....	2
2.2	Rikastamon käyttövarmuuden kehittäminen	3
2.3	Työn rajaus	3
2.4	Työn rakenne.....	4
3	KUNNOSSAPITO JA KUNNONVALVONTA	5
3.1	Kunnossapidon määrittely	5
3.2	Keskeiset kunnossapitoon liittyvät standardit	6
3.3	Kunnossapidon tavoitteet	8
3.4	Kunnossapidon taloudellinen merkitys.....	10
3.5	Kunnossapito ja käynnissäpito	11
3.6	Kunnossapidon kehittyminen	12
3.7	Ehkäisevä kunnossapito	16
3.8	Kunnonvalvonnan määrittely.....	21
3.9	Kunnossapidon ja kunnonvalvonnan yhteys.....	24
3.10	Käyttäjäkunnossapito.....	27
4	KAIVOSTEOLLISUUDEN ERITYISPIIRTEET	29
4.1	Kaivoksen elinkaari.....	29
4.2	Kaivosteollisuuden kunnossapidon erityispiirteet	30
4.3	Kunnossapitokustannukset kaivosteollisuudessa	33
4.4	Kaivoksen Rikastamo.....	33
5	KUNNOSSAPIDON SUUNNITTELU KAIVOSTEOLLISUUDESSA	42
5.1	Käytettävyystavoitteet ja käyttövarmuussuunnittelu.....	43

5.2	Kunnossapitostrategian luominen	44
5.3	Kunnossapidon suunnittelun työkalut	51
6	KUNNOSSAPIDON JOHTAMINEN.....	58
6.1	Kunnossapidon toimintamallit	59
6.2	Strategioiden vertailua.....	64
6.3	Tuotannon toiminnallinen tehokkuus ja tehokas kunnossapito.....	65
6.4	Tiedonhallinta kunnossapidossa ja kunnossapitojärjestelmät	73
6.5	Kunnossapidon tehokkuus ja sen mittaaminen	76
7	HAASTATTELUTUTKIMUS	81
7.1	Tutkimuksen suoritus	81
7.2	Tutkimuskysymykset	82
7.3	Pyhäsalmen kaivoksen rikastamo	82
7.4	Luikonlahden rikastamo	92
7.5	Sotkamo Silver, Taivaljärven hopeakaivosprojekti.....	99
8	EROANALYYSI	111
9	TOIMENPIDE-EHDOTUKSET INVESTOINTIVAIHEESEEN.....	113
10	KÄYTTÖVARMUUDEN NOPEA KEHITYS	121
11	YHTEENVETO	127
12	LÄHTEET	129

KÄSITTEITÄ JA MÄÄRITELMIÄ

CMMS	(Computerized maintenance management system), tietoteknologiaan perustuva kunnossapidon hallinnan työkalu.
FFT	(Fast Fourier Transform) -analysointimenetelmä, jossa analoginen värähtelysignaali muutetaan digitaaliseen muotoon, mahdollistaen älykkäät jälkianalysoinnit.
EH	Ennakkohuolto. Joissain läheissä termiä käytetään tarkoittamaan yleisesti ehkäisevää kunnossapitoa. Epäloogisuudesta johtuen tätä käsitettä ei suositella käytettäväksi.
IM	(Improvement maintenance), parantava kunnossapito.
HAZOP	(Hazard and operability study), poikkeamatarkastelu. Alun perin kemian teollisuuteen kehitetty turvallisuus- ja riskianalyysimenetelmä.
JSA	(Job Safety Analysis), työturvallisuusanalyysi.
JIT, JOT	(Just-In-Time), (Juuri Oikeaan Tarpeeseen), on logistinen varastohallinta- ja tuotannonohjausstrategia, jonka idea perustuu valmistaa tuote tilauksia vastaan mahdollisimman tehokkaasti.
LCP	(Life Cycle Profit), elinkaarituetto, on laajennettu elinkaarikustannuksesta (LCC, Life Cycle Loss), ja pitää sisällään kaikki tuotteen tai laitteen ostamisesta, käyttämisestä ja kunnossapidosta aiheutuneet kulut.
ODR	(Operator Driven Reliability), käyttäjäkunnossapito.
O&M	(Operations and Maintenance), käynnissäpito.
OOE, KNL	(Overall Equipment Effectiveness), (Käytettävyyden, nopeuden, laatu), on tuotantolinjojen tehokkuuden (käytön tehokkuuden) mittaus-tapa ja tunnusluku.
PM	(Preventive maintenance), ennalta ehkäisevä kunnossapito.

RCM	(Reliability Centered Maintenance), luotettavuuskeskeinen kunnossapito.
RMS	(Root Mean Square), RMS-arvolla ilmoitetaan kokonaisvärähtelyn tehollinen arvo neliöllisinä keskiarvona.
ROCE-%	(Return on capital employed), sijoitetun pääoman tuotto prosentti kuvaa millaista tuottoa yritys on saanut aikaan sen sijoitetulle pääomalle, eli omalle pääomalle ja korolliselle vieraalle pääomalle.
RPN	Riskiluku. Muodostetaan VVA ja VVKA tuloksista jokaiselle vika-muodolle.
RTF	(Run to failure), ajetaan vikaan asti, on toimintatapa jossa laite ajetaan loppuun ja korvataan uudella.
SPM	(Shock Pulse Method), kunnonvalvontaan kuuluva iskusysäysmenetelmä.
TAC	(Total Asset Care, Asset Management), tuotanto-omaisuuden hallinta -kunnossapidon toimintamalli.
TPM	(Total Productive Maintenance), kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito.
VVA, FMEA	(Vika- ja Vaikutusanalyysi), (Failure Mode and Effects Analysis), on systemaattinen tapa tunnistaa tapoja ja menetelmiä, joiden mukaan tuote tai prosessi voi epäonnistua ja suunnitella tältä pohjalta ennaltaehkäiseviä toimenpiteitä.
VVKA, FMECA	(Vika-Vaikutus- ja Kriittisyysanalyysi), (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis), on VVA:n laajennus, johon kuuluu vioittumistapojen kriittisyyden ja esiintymistodennäköisyyden arviointi. Kriittisyydellä kuvataan vian seurausten vakavuutta.

1 JOHDANTO

Suomessa kaivosteollisuus on kasvanut viime vuosikymmenen aikana voimakkaasti alan parin edellisen vuosikymmenen mittaisen hiljaiselon jälkeen. Viimeisten vuosien aikana ovat toimintansa aloittaneet useat kaivokset ympäri Suomea, ja talouden taantumuksesta huolimatta on useita projekteja edelleen selvitysvaiheessa.

Aloittelevat kaivokset ja kaivosten laajennusprojektit ovat usein tuotantovetoisia. Kaivosprojekteja vetävät usein geologin tai kaivosinsinöörin koulutuksen saaneet henkilöt, mikä on välttämätöntä esiintymien kannattavuuden arvioimisen, ja niiden arvon kehittämisen kannalta. Kunnossapitoon kohdistettavat taloudelliset sekä henkilöstöresurssit ovat niukat ja näin ollen kunnossapitoon ja laitteiden kunnossapidettävyyteen kiinnitetään valitettavan vähän huomiota investointien suunnittelu-, rakennus- ja tuotannon aloitusvaiheessa.

Tuotanto-olosuhteet ovat kaivoksilla usein erittäin kuluttavat ja nostavat vikaantumisen riskiä. Ympäristövaikutukset on kuitenkin minimoitava. Hyvin hoidetulla ennakoivalla kunnossapidolla voitaisiin ehkäistä lähes kaikki äkilliset tuotantokatkokset, ja siten ehkäistä näistä aiheutuvia päästöjä sekä raaka-aineiden menetyksiä.

Aloittelevan kaivoksen tai kaivosyhtiön tulorahoituksen varmistuminen vie aikaa suhteessa investoinnin suuruuteen, joten on investoitava vain välttämättömään. Tällöin kunnossapitoa ja hyvään kunnossapidettävyyttä kehittävät asiat siirtyvät entistä kauemmaksi tulevaisuuteen. Lisäksi nykyiset ennakoivan kunnossapidon järjestelmät ovat kalliita, ja niiden käyttöönotto vaatii resursseja jo valmiiksi ylikuormitetulta organisaatiolta. Pienten ja keskisuurien aloittavien kaivosyritysten käytettävät resurssit on kohdistettava tuotannon aloituksen kannalta ajallisesti ensisijaisiin asioihin. Ajatellaan helposti, että keskitytään sitten kunnossapidon asioihin tuonnempana. Edellä mainituista asioista seuraa tarve kevyellä organisaatiolla toteutettavalle, kaivannaisteollisuutta varten kehitetylle ja tuotantoon integroidulle ennakoivan kunnossapidon toimintamallille. Kaivoksen aloitusvaiheessa on paneuduttava oleellisesti tärkeisiin hyvää käytettävyyttä tukeviin seikkoihin. Tämä on tehtävä suunnitelmallisesti siten, että aikajana tehokkaan kunnossapidon toteuttamiseen on mahdollisimman lyhyt.

2 TYÖN TAVOITTEET

2.1 DEVICO-projekti

Aloittavien kaivosyhtiöiden kunnossapito-organisaation tuloksellisen toiminnan aloitukseen liittyvät kehitystarpeet on tunnustettu. Tämän tarpeen tyydyttämiseksi on käynnistetty TEKES -rahoitteinen, Green mining -ohjelmaan kuuluva DEVICO-projekti (Development of production integrated condition-based maintenance model for mining industry). Projektin päätavoitteena on tuotantoon integroidun kuntoon perustuvan kunnossapidon toimintamallin kehittäminen ja kuvaaminen kaivosteollisuudelle, josta saatuja oppeja voidaan helposti soveltaa myös muihin alkaviin pieniin ja keskisuuriin kaivosyhtiöihin. Toimintamalli huomioi kaivoksen elinkaaren, on toteutettavissa kevyellä kunnossapito-organisaatiolla ja mahdollistaa kunnossapidon ulkoistamisen. Mallissa on helppo soveltaa ennakoivaa prognostiikkaa, kunto-pohjaisissa valvonta teknologiaa ja käyttötarkoitusta palvelevaa kevyttä kunnossapito-ohjelmistoa. Tavoitteena on myös luoda uutta tietoa kunnossapidon tiedonhallintaratkaisuisista.

Projekti on jaettu kahteen pääosaan; kunnossapitomalli (prosessit) ja kunnonvalvontaan perustuva tutkimus toiminta (teknologia). Tavoitteena on ennakoiva kunnossapidon toimintamalli, jonka

- uudet ja lyhyen toiminta-ajan kaivokset voivat ottaa vaivatta käyttöön,
- käyttöönotto ei vaadi suuria investointeja eikä raskaita järjestelmiä,
- kunnossapito on mahdollista integroida osaksi tuotanto-organisaatiota,
- kunnossapidon ulkoistaminen mahdollista osittain tai kokonaan.

Projektin tuloksena kaivosyhtiöiden kunnossapitotoiminnot kehittyvät ja ennakoivan kunnossapidon toimintamalli vahvistuu. Kunnossapidon kehitystyön tuloksena,

1. koneiden ja laitteiden elinkaaret pitenevät,
2. prosessien toimintavarmuus lisääntyy ja ympäristöriskit pienenevät,
3. kaivosten materiaali- ja energiatehokkuus paranee.

2.2 Käyttövarmuuden kehittäminen kaivoksen rikastamolla

Käyttövarmuuden kehittäminen kaivoksen rikastamolla -kehitystehtävä kuuluu yhtenä osatehtävänä edellä esitettyyn DEVICO-projektiin. Kehitystehtävän tavoitteena on dokumentoida oikeita hyväksi havaittuja käytänteitä ja oppeja rikastamon kunnossapidon toteutukseen. Haastattelukohteina ovat First Quantum Minerals -konsernin, Pyhäsalmi Mine Oy:n ja Altona Mining Ltd. Luikonlahden rikastamoiden kunnossapito sekä Sotkamo Silver Oy:n Taivaljärven kaivosprojektin kunnossapidon suunnittelemisesta vastaavat henkilöt. Kehitystehtävässä tutustutaan Pyhäsalmen ja Luikonlahden rikastamoiden kunnossapidon organisointiin ja toimintaan, Taivaljärven kaivosprojektin suunnitelmiin sekä dokumentoidaan hyväksi koettuja käytänteitä ja oppeja aloittavan kaivoksen tarpeeseen. Haastatteluiden tuloksista haetaan oikeista toimenpiteistä käyttövarmuuden saavuttamiseksi.

Kehitystehtävässä on keskeisessä osassa kunnossapitostrategian ja kevyen toimintamallin kuvaaminen aloittavalle kaivokselle. Saatuja oppeja voidaan helposti soveltaa myös muihin pieniin ja keskisuuriin kaivoksiin. Toimintamallissa huomioidaan kaivoksien prosessien erikoispiirteet, kaivoksen elinkaari ja sijainnista johtuvat hankaluudet palvelujen saatavuuteen.

Työssä on keskeisessä osassa rikastamon käytettävyyden kehittyminen ja kehityksen mahdollistaneet syyt/toiminnot. Työssä tarkastellaan ja otetaan kantaa kunnossapidon toteutukseen liittyviin seikkoihin, niin että suunniteltu tuotanto saavutetaan mahdollisimman nopeasti käyttövarmuussuunnittelun keinoin.

2.3 Työn rajaus

Kunnossapidon kehitystehtävän tarkoituksena on antaa ideoita ja hyviä käytänteitä kaivoksen rikastamon suunnitteluun ja toteutukseen, jotta kunnossapitonäkökohdat tulevat tarpeeksi kattavasti huomioiduksi. Kunnossapitostrategian ja toimintatavan tekninen toteutus ja implementointi on rajattu työn ulkopuolelle. Täten kunnossapidon käytännön toteutus ja sen johtaminen rajautuu myös työn ulkopuolelle.

Kehitystehtävä rajautuu alueellisesti kaivoksen rikastamon kunnossapitoon. Työn kannalta keskeistä tarkastella ja ottaa kantaa kunnossapidon toteutukseen

liittyviin seikkoihin, huomioiden kaivosteollisuuden ja rikastamon erityispiirteen, kaivoksen sijainti ja palvelujen saatavuus alueella.

Työssä haetaan vastausta kysymyksiin:

- Minkälainen on hyvä ja toimiva kunnossapito ja minkälaiset ovat sen toimintatavat?
- Mitä kunnossapitopalveluita on alueella saatavilla, mitkä toiminnot kannattaa pitää itsellä?
- Mitkä ovat oikeat toimenpiteet käytettävyystavoitteen saavuttamiseksi?

Työn tulokset on nähtävissä onnistuneena tuotannon käynninaikaisena toimintana. Ydinajatuksena on, että suunniteltu tuotanto saavutetaan mahdollisimman nopeasti. Esitetyt hyvät käytänteet perustuvat teoriaan ja haastatteluissa saatuihin tietoihin.

2.4 Työn rakenne

Työ jakaantuu neljään kokonaisuuteen: johdantoon, teoriaosaan, haastatteluosaan ja yhteenvetoon hyvistä kunnossapidon käytänteistä. Työn alussa on esitetty myös kehitystehtävän tausta, -tavoite, -rajaus, ja -rakenne.

Teoriaosassa käydään läpi työn aiheeseen oleellisesti liittyvää teoriaa, joka koostuu aiheen rajauksen mukaisista kunnossapidon ja kunnonvalvonnan määrittelystä, kaivosteollisuuden erityispiirteistä sekä kunnossapidon suunnittelu ja johtaminen -kappaleista. Myös kunnossapidon toimintamallit, tiedonhallinta ja tehokkuuden mittaaminen esitetään tässä osiossa.

Haastatteluosan alussa käydään läpi haastattelututkimuksen suoritukseen liittyvät asiat. Tämän jälkeen on auki kirjoitettuna haastattelujen keskeisimmät tulokset eri kaivosrikastamokohteisiin jaoteltuina. Tutkimusosan lopussa on kunnossapidon käytänteiden siirtäminen, missä käydään läpi haastatteluissa eri kohteissa esille nousseet painotuserot taustoineen sekä toimenpide-ehdotukset, missä esitellään hyvän käyttövarmuuden kannalta keskeisimmät tulokset. Tutkimusosan lopussa on myös perustelut käyttövarmuuden nopean kehityksen tarpeellisuudesta ja yhteenveto.

3 KUNNOSSAPITO JA KUNNONVALVONTA

3.1 Kunnossapidon määrittely

Kunnossapito määritellään SFS-EN 13306 standardissa seuraavasti:

Kunnossapito koostuu kaikista kohteen elinajan aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnan.

Standardin määritelmä on kaiken kattava, mutta sen perusteella esimerkiksi toimintasuunnitelman laatiminen on vaikeaa. Paljon maanläheisempi ja konkreettisempi määritelmä kunnossapidolle on edesmenneen John Moubrayn esittämä (Järviö 2008):

Tavoitteena tuotantovälineiden toiminnan varmistamiseksi niiden koko elinkaaren aikana ovat:

- ✓ *Varmistaa omistajien, käyttäjien ja yhteiskunnan tyytyväisyys.*
- ✓ *Valita ja käyttää kaikkein sopivimpia kunnossapidon menetelmiä, joilla hallitaan tuotantovälineiden vikaantumista ja vikaantumisen seurauksia.*
- ✓ *Saada kaikkien kunnossapitoon vaikuttavien ihmisten aktiivinen tuki kunnossapidon toimille.*

Moubray toteaa selvästi, vaikkakin epäsuorasti, että toiminnan tavoitteena on varmistaa myös omistajien, käyttäjien ja yhteiskunnan tyytyväisyys. Näillä hän tarkoittaa mm. liiketaloudellista järkevyyttä, hyvää työilmapiiriä, turvallisuutta sekä ympäristön huomioimista. (Järviö 2008)

Yllä olevat määritelmät on laadittu viime vuosituhanella. Nykyisen ajattelun mukaan määritelmä voidaan kuitenkin kirjata muotoon (Järviö 2008):

Kunnossapidon menetelmin hallitaan tuotantoprosessin toimintaa ja sen luotettavuutta.

Tämä määritelmä kattaa kaikki tekniset, liiketaloudelliset sekä lainsäädännölliset näkökulmat. Se myös sallii kunnossapidon käyttämisen liikkeenjohtamisen välineenä (Järviö 2008).

Kunnossapidon keskeisimpinä tavoitteina ovat korkea tuotannon kokonaistehokkuus sekä hyvä käyttövarmuus. Oikein hoidettuna nämä luovat mahdollisuuden hyvätasoiseen käytettävyyteen ja käyttöasteeseen. Hyvä käyttövarmuus merkitsee myös toiminnan luotettavuutta. (Järviö & Lehtiö 2012, 59)

Kunnossapito käsitteenä on alettu viime aikana korvata käsitteellä tuotantomaisuuden hallinta. Perinteisesti yritykset ovat huolehtineet valmistusprosessin toimintakunnosta tekemällä kunnossapitoa. Nykyään on ymmärretty, että: (Järviö & Lehtiö 2012, 13–14)

- kunnossapito ei ole ainoastaan korjaamista, vaan vikojen ja vikaantumisen hallintaa ja estämistä,
- koneiden tehokas käyttäminen ja toiminnan luotettavuus ei riipu yksinomaan kunnossapitäjästä, vaan myös koneiden käyttäjästä,
- kunnossapidolla ja asianmukaisella käyttämisellä on hyvin paljon päällekkäisiä toimintoja, joten tiukkoja tehtävien rajoituksia ei voida tehdä, mikäli tavoitteena on käyttää koneita tehokkaasti ja järkevästi,
- Tuotantolaitoksen luotettavuus ja toiminnallinen tehokkuus ovat osa suurempaa kokonaisuutta.

Tätä kokonaisuutta nimitetään englanninkielessä käsitteellä Asset Management (Järviö & Lehtiö 2012, 14).

3.2 Keskeiset kunnossapitoon liittyvät standardit

Standardit luovat yhteisen kielen, joihin viittaamalla kaikki osapuolet tietävät, mitä tarkoitetaan. Keskeisimmät kunnossapidon standardit ovat eurooppalaisen standardisointijärjestön (CEN) standardit. EU -jäsenmaat ovat sitoutuneet vahvistamaan EN-standardit kansallisiksi standardeiksi, sekä samalla kumoamaan ristiriitaiset omat aiemmat kansalliset standardit. Kansallisten standardien on oltava harmoniassa EN-standardien kanssa. (Järviö & Lehtiö 2012, 39)

PSK Standardointi laatii Suomessa standardeja lähinnä prosessiteollisuuden tarpeisiin. PSK -standardit ovat harmoniassa EN-standardien kanssa pyrkien täydentämään niitä. Usein PSK-standardit ilmestyvät ennen vastaavia EN -standardeja. (Järviö 2012)

Kunnossapidon terminologiaa ja tunnuslukuja käsittelevät standardit voidaan jakaa kahteen pääryhmään.

Ensimmäiseen ryhmään kuuluvat standardit, jotka käsittelevät käsitteitä ja määritelmiä. Sähkötekniikan sanasto SFS-IEC 60050–191:1990 on käsitteistandardeista vanhin, ja sen laati sähköalan teollisuuden järjestö IEC (International Electrotechnical Commission). Tästä standardista heijastuu jonkin verran mm. vikaan ja vikaantumisiin sekä luotettavuuteen ja palvelun laatuun liittyviä termejä myöhempiin standardeihin. Uudemmat puhtaasti kunnossapitoa käsittelevät ja tunnetuimmat standardit ovat EN 13306:2010 kunnossapito ja kunnossapidon terminologia ja kansallinen standardimme PSK 6201:2011 kunnossapito, käsitteet ja määritelmät. (Järviö 2012, Järviö & Lehtiö 2012, 38)

Toinen ryhmä muodostuu tunnusluku standardeista SFS-EN 15341:2007 kunnossapito, kunnossapidon avainluvut ja PSK 7501:2010 prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. Nämä standardit määrittelevät kunnossapitotoimintaa mittaavia tunnuslukuja, antavat ohjeet niiden laskemiseksi sekä suosituksia tunnuslukujen käytöstä. Standardien tarkoitus on yhdenmukaistaa tunnuslukujen laskeminen ja niiden käyttö. Näin mahdollistetaan yritysten välinen suorituskyky vertailu (benchmarking). PSK 7501 on teollisuudessamme yleisesti käytetty ja se täydentää standardissa SFS-EN 15341 esitettyjä tunnuslukuja. (Järviö 2012)

Muita keskeisiä kunnossapitoon liittyviä standardeja ovat (Järviö & Lehtiö 2012, 38):

- PSK 6202 Prosessiteollisuuden kuntokartoitus
- PSK 6501 Teollisuuden tavaroiden nimikeohjeet
- PSK 7201 Vaihteiden ja tuotantokoneiden sekä niiden voiteluaineiden puhtaus
- PSK 7202 Teollisuuden voiteluaineet. Ryhmittely, käyttö ja ominaisuudet
- PSK 7502 Logistiikan tunnusluvut. Materiaalitoiminnot
- PSK 7901 Teollisuuden kunnossapito. Palvelusopimus
- PSK-Käsikirja 3 Kunnonvalvonnan värähtelymittaus
- PSK-käsikirja 5 Kunnonvalvonnan sähköiset menetelmät
- SFS-ISO 2041 Mekaaninen värähtely, isku ja kunnonvalvonta. Sanasto
- SFS-ISO 13372 Koneiden kunnonvalvonta ja diagnostiikka. Sanasto.

Kunnossapidon alueelta löytyy myös joukko normeja, jotka ovat paikoitellen laitekohtaisia, ja määrittelevät kunnossapitoon liittyviä asioita. Tarkemmin seurattavia ovat erilaisten kansainvälisten organisaatioiden julkaisemat normit (esim.

IEC, ISO, FEM, BS, DIN). Näiden normien noudattaminen on vapaaehtoista. (Järviö & Lehtiö 2012, 39)

EU:n alueella on myös voimassa direktiiviä ja viranomais määräyksiä, joilla on vaikutusta kunnossapidon tekemiseen ja määrättyjen laitteiden tarkastamiseen. Nämä määräykset määräävät käyttöönotosta ja käytön aikana suoritettavista määräaikaistarkastuksista. Hyvänä esimerkkinä nostureita koskevat määräykset. (Järviö & Lehtiö 2012, 39)

Standardeista ilmenee että ne liikkuvat korjaavan kunnossapidon liittyvän käsitteistön piirissä. Tämä ymmärtämys on nykyaikaisessa globaalissa yhteiskunnassa aivan liian suppea. Kunnossapito on osa tuotanto-omaisuuden hallintaa ja niemensä mukaisesti tuotanto-omaisuuden tuottokyvyn ylläpitämistä, säätämistä, säilyttämistä ja kehittämistä. Yritys on hankkinut koneet suorittamaan jotain halluttua tehtävää. Tämä ”suorittaminen” on juuri se, jonka varmistamista kunnossapitajilta odotetaan. (Järviö & Lehtiö 2012, 19)

3.3 Kunnossapidon tavoitteet

Markkinataloudessa toimivalla kaivoksella on joukko vaatimuksia toiminnan kannattavuuden suhteen. Kaivos tuottaa raaka-ainetta teollisuudelle. Tätä varten se tarvitsee käyttöomaisuutta, joka määritellään yrityksen käyttöön tarkoitetuksi omaisuudeksi, tuotanto-omaisuudeksi. Liiketoiminnan tuloksellisuuden kannalta oleellista on, että tuotanto-omaisuus on mitoitettu oikein ja sen käyttö optimaalista ja hallittua. Mitoitus ja käytön optimaalisuus tarkoittaa sitä, että koneita käytetään mahdollisimman tehokkaasti ja suurella käyttöasteella. Näin saadaan investoinnille mahdollisimman suuri tuotto. Hallittavuus tarkoittaa sitä, että toiminta on luotettavaa. Kireässä kilpailutilanteessa tuotantotavoitteisiin on päästävää. Aikaisempi käsitys on ollut, että kunnossapidon tavoite on mahdollisimman suuri luotettavuus tai tuotantokyky. Uudempi käsitys on se että luotettavuuden tulee olla sopiva ja hallittu. Sopivuuden määrää markkinat. Tarkemmin sanottuna, miten paljon ja mihin hintaan tuotetta ovat markkinat valmiit ostamaan minäkin ajanhetkenä. (Järviö ym. 2007, 12)

Tuotanto-omaisuuden käytön tehokkuus vaikuttaa suoraan tuotanto-omaisuuteen tehtyjen investointien tuottoon ja edelleen yrityksen kannattavuuteen, eli katetuottoon. Tuotanto-omaisuuden hoitamista ovat oikea käyttötapa, vikaan-

tumisen hallinta ja vikojen ehkäisy, huolto sekä tarvittaessa kunnossapito ja korjaaminen. (Järviö & Lehtiö 2012, 14–15) Kunnossapidon keskeisin tavoite on tuotannon kokonaistehokkuuden parantaminen.

Yrityksen tuotanto-omaisuuden käytön tehokkuus on oleellinen tekijä, joka vaikuttaa yrityksen kannattavuuteen ja tätä kautta kilpailukykyyn. Tehokkuus vaikuttaa seuraavasti (Järviö ym. 2007, 13):

- Investointitarve pienenee, mitä tehokkaampaa tuotantovälineiden käyttö on, sitä pienemmällä investoinneilla yritys pystyy toimimaan. Yritys pystyy tuottamaan pienemmällä konekannalla tehokkaammin kuin kilpailija isommilla.
- Yrityksen kannattavuus ja kilpailukyky paranevat, mitä tehokkaammin konetta käytetään, sitä paremmin tehty investointi tuottaa.

Kunnossapidon perinteisesti on ymmärretty olevan vikojen korjausta. Tämä ymmärrys on nykyaikaisessa yhteiskunnassa aivan liian suppea. Kunnossapito onkin nimensä mukaisesti käyttöomaisuuden tuottokyvyn ylläpitämistä, säästämistä ja säilyttämistä, siis toisin ilmaistuna käynnissäpitoa. (Järviö ym. 2007, 12)

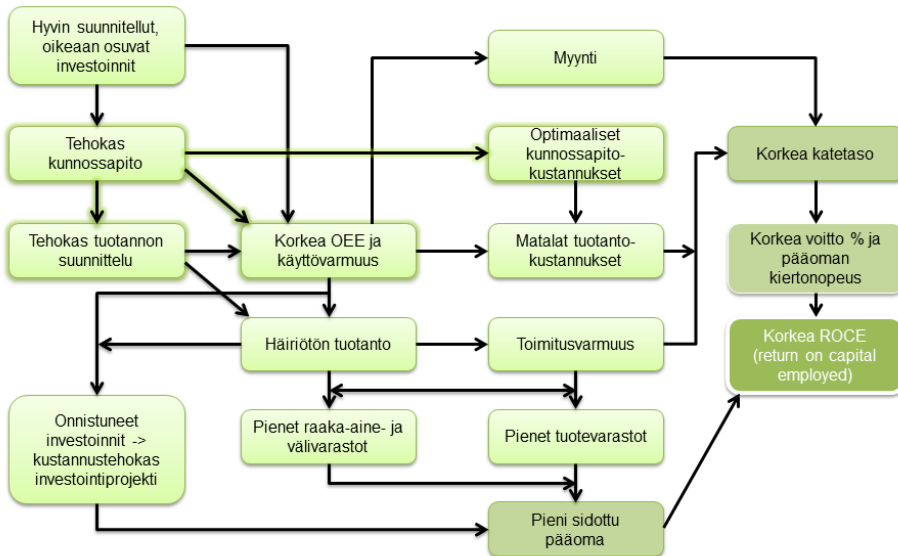
Kunnossapitotoiminnan tavoite muuttuu vikojen ennaltaehkäisyyn, tai tarkemmin sanottuna vikojen seurausten minimointiin. Vikaantumista ei voida poistaa, koska se on läsnä kaikessa toiminnassa, jossa on mekaanista liikettä, kosketusta ja liikkeen aiheuttamaa kitkaa. Vikaantumista ja sen seurauksia kuitenkin voidaan ennustaa. Jokaiselle vialle on olemassa syntymä ja kehitysmekanismi.

Vikojen syntyä ja niiden kehittymistä ei ole huomioitu tarpeeksi. Näiden asioiden ymmärtäminen on kuitenkin kunnossapidon ehkä tärkein osa-alue. Tämän päivän kunnossapidossa on tärkeämpää estää vikaantuminen, kuin korjata vikoja tehokkaasti. Kunnossapito-organisaation tärkein tehtävä on vikojen vähentäminen. Kunnossapidon operatiivinen tehokkuus on vasta toisella sijalla. (Järviö ym. 2007, 53) Usein myös vian aiheuttama epäkäytettävyys, ts. tuotannon menetys on suurempi kuin vian estämisestä aiheutuva kustannus (Järviö & Lehtiö 2012, 15).

3.4 Kunnossapidon taloudellinen merkitys

Kunnossapito on merkittävä tuotannontekijä eri teollisuuden aloilla ja sen merkitys koko kansantaloudelle on monilla eri mittareilla mitattuna huomattava. Kunnossapito ei ole oma toimiala, vaan se on läsnä kaikessa teollisuudessa, joten sen taloudellisen merkityksen mittaamiseen ei ole olemassa selkeää kansallista tai kansainvälistä mittarointia. Kunnossapidon taloudellista merkitystä on totuttu arvioimaan kustannusten ja kunnossapidosta johtuvien tuotannonmenetyksien kautta. Molempien edellä mainittujen tekijöiden vaikutus tulokseen on negatiivinen, joka osaltaan on laskenut kunnossapidon arvostusta. Kunnossapito on merkittävää liiketoimintaa laitevalmistajille, kunnossapidon komponentti-, laite- ja järjestelmätoimittajille. Nämä arvioivat taloudellisen merkityksen normaalein liiketaloudellisin mittarein, kuten liikevaihdin, tuloksen tai markkinaosuuksien kautta. (Mikkonen 2009, 38)

Kunnossapito on yksi suurimmista yrityksen kustannuksista pääoma ja raaka-ainekustannusten jälkeen (Järviö ym. 2007). Kaivosteollisuudessa kunnossapitokustannusten osuus on erityisen suuri. Eteenkin kaivoksen rikastamoilla, joissa kunnossapitokustannuksien osuus voi olla jopa 35 – 40 % tuotantokustannuksista (Vuolukka 2011). On tärkeä ymmärtää, että kunnossapito on ylivoimaisesti suurin yrityksen kontrolloimaton kuluerä. Kunnossapidon vaikutus yrityksen tulokseen on välillinen. Tämän vaikutusmekanismin (kuva 1.) tunteminen on välttämätöntä, jotta pystytään selvittämään kunnossapitopanosten tuotot. Hyvään kunnossapidon johtamiseen kuuluu, että kunnossapito saadaan hallintaan ja kustannukset kontrolliin. (Mikkonen 2009, 38) Kuvassa 1 on nähtävissä, kuinka tehokkaasti toteutetun kunnossapidon tulokset jalkautuvat kannattavuuteen (ROCE), korkean käytön tehokkuuden (OEE), optimaalisten kunnossapitokustannusten ja lyhyiden oikein ajoitettujen seisokkien (tehokas tuotannosuunnittelu) kautta. Kunnossapitostrategiaa kehitettäessä on tavoiteltavaa päästä kustannuksissa tasapainoon.



Kuva 1. Kunnossapidon vaikutus kannattavuuteen (mukailien Siekkinen 1998, Komonen 2009).

3.5 Kunnossapito ja käynnissäpito

Kunnossapidolla tarkoitetaan toimia ja toimenpiteitä, joiden tarkoituksena on pitää laitteet käyttökunnossa, tai saada laitteet käyttökuntoon vaurioitumisen tai pitkän seisontakauden jälkeen (Heinonkoski 1993). Kunnossapito on myös materiaalin, yksittäisen laitteen, laitteiston tai järjestelmän tekniseen kuntoon kohdistuvaa, koko elinjakson kestäväää suunnitelmallista huolto- ja korjaustoimintaa (Komonen 2004). Kunnossapito voidaan jakaa neljään osa-alueeseen: korjataan, ehkäisevään, mittaavaan ja parantavaan (Malinen 1996) (kuva 3). Termi Käynnissäpito voidaan määritellä sisältävän koneiden käytön ja kunnossapidon.

PSK 6201:2011 määrittelee asian seuraavasti:

Käyttö

Tarkoitetaan tuotannon toteutumisen välittömiä toimenpiteitä, kuten prosessiohjaus ja koneiden käyttö. Käyttöön voi kuulua myös tuotteen, prosessin, tms. vaatimat kytkentöjen muutokset, vaihtoyksiköiden, komponenttien ja työkalujen vaihdokset.

Käynnissäpito

Käytön lisäksi käyttöhenkilöstön tehtäviin voi sisältyä kohteen käyttökuntoon liittyviä tehtäviä kuten, puhdistukset, voitelu, asetukset, tuotantokoneiden korjauksia sekä kunnonvalvontaa ja tuotantokyvyn seurantaa.

Kunnossapito on tärkeä osa käynnissäpitoa (Koskinen 2011). Käynnissäpito sisältää siis sekä kunnossapidon että käytön suorittamia tuotantolaitteiston tuotantokyvyn vaikuttavia toimenpiteitä (Komonen 2004).

Käynnissäpidossa vastuu koneen toiminnasta siirtyy enemmän käyttäjille, joilta vaaditaan enemmän osaamista ja monitaitoisuutta. Käyttäjän on ymmärrettävä koneen toiminta ja hallittava sen käyttö erilaisissa virhe- ja häiriötilanteissa. Ilman tuotannon ja kunnossapidon uudenlaista yhteistyötä ei muutosprosessia saada toteutettua eikä uutta vastuun- ja työnjakoa toimivaksi. (Malinen 1996)

Käynnissäpidon merkitystä painotetaan voimakkaasti johtamisen ja taloudellisen ohjaamisen välineenä ja korostetaan perinteisen kunnossapitotoiminnon ja käytön sekä talousjohtamisen yhteistyötä. Käynnissäpidon merkitys korostuu tulevaisuudessa kun investointien määrä vähenee ja painopiste siirtyy olemassa olevien tehtaiden ja koneiden ylläpitoon. (Hagberg 1996)

Käynnissäpidon tavoitteena on saavuttaa korkea tuotantolaitteiston käytettävyyttä, käyttöaste ja hyvä tuotannon saanto eli pääoman tuottoasteeseen ja tuotavuutta voidaan parantaa onnistuneen käynnissäpidon avulla. Käynnissäpitoon vaikuttaa lisäksi operatiivinen tuotannonohjaus. Nykyisin on alettu kiinnittämään enemmän huomiota operatiivisen toiminnan ja kunnossapidon suunnitteluun ja toteuttamiseen kokonaisuutena. Tätä ajattelua heijastaa englanninkielinen termi Operations and Maintenance (O&M), jonka suomenokseksi on usein valittu käynnissäpito. O&M toiminnan kehittäminen on ensisijaisesti organisatorinen asia, mutta myös tietojärjestelmien integraatiota tarvitaan. (Koskinen 2011)

3.6 Kunnossapidon kehittyminen

Kunnossapitotoimintaa on ollut yhtä kauan, kuin ihminen on rakentanut ja käyttänyt koneita. Aivan viime vuosiin asti on kunnossapito ollut tuotantolaitoskohtaista. Kunnossapitajien keskinäinen yhteydenpito on hyvin nuorta. Suomessa toiminnan voidaan katsoa alkaneen vasta 1980 -luvun lopulla, kun nykyiseltä ni-

meltään Kunnossapitoyhdistys Promaint ry. perustettiin. Kunnossapidon paikallisuus on vaikeuttanut kunnossapidon tutkimus ja kehityshankkeita. Erityisesti ongelmia on esiintynyt yrityksissä, jotka ovat kasvaneet yritysostoin. Jokaisella ostetulla laitoksella on ollut oma kunnossapitokulttuuri, josta on ollut vaikea luopua käytäntöjen yhtenäistämistarkoituksessa. Vuonna 2012 tarkasteltuna kunnossapito on muuttumassa korjaavasta toiminnasta tuotanto-omaisuuden hoitamiseksi. Tästä kehityksestä voidaan erottaa neljä sukupolvea. (Järviö & Lehtiö 2012, 21)

Kunnossapidon ensimmäinen vaihe voidaan tunnistaa 1930-luvulta toiseen maailmansotaa, jolloin teollisuus ei ollut vielä kovin koneellistettua. Laitteet olivat yksinkertaisia, josta johtuen vian määrittäminen ja korjaaminen oli helppoa. Toiminnan ydinajatuksena oli koneen pysähtyessä vian nopea korjaaminen. (Järviö 2007, 11) Koneiden integraatioaste oli pieni ja vikaantuneita koneita voitiin pitää seisokissa. Koneet olivat mitoituksen laskennallisen epätarkkuuden johdosta runsain varmuuskertoimien ylimitoitettuja, ja siitä seuraten kestivät enemmän. (Järviö & Lehtiö 2012, 21) Koneiden käyttöasteet olivat alhaisia, joten systemaattiselle kunnonvalvonnalle ei ollut tarvetta. Tuohon aikaan riitti, että koneita puhdistettiin, rasvattiin sekä korjattiin jos jotain meni rikki. Tarvittava osaamistaso oli alhaista. Käytettävät toiminnot olivat määräaikainen huolto ja vikojen korjaaminen. (Järviö 2007, 11)

Toinen maailmansota muutti tilanteen aiheuttaen teollisuudelle valtavan tilauksen valmistaa sotatarvikkeita, samalla vieden kokeneet käyttäjät sotarintamalle (Järviö & Lehtiö 2012, 21). Käynnistyi kunnossapidon toinen sukupolvi, kun työvoimaa alettiin korvaamaan koneilla, laitteista suunniteltiin monimutkaisempia ja käyttöasteita nostettiin. Riippuvuus koneisiin kasvoi ja ajatus siitä, että laiterikkoja voidaan ehkäistä, sai alkunsa. Koneille alettiin sen myötä tekemään määräaikaishuoltoja tasaisin väliajoin. Tämä johti kunnossapitokustannusten kasvuun ja seuraava tavoite oli maksimoida koneiden elinkaari ja samanaikaisesti minimoida kunnossapitokustannukset. (Järviö 2007, 11)

Kilpailutilanteen kiristyessä yrityksen kannattavuus riippui lisääntyvässä määrin koneiden käytön tehokkuudesta. Tällöin käynnistettiin joukko laatuhankeita, joilla valmistettavien tuotteiden tasalaatuisuus pyrittiin varmistamaan työvoiman määrän ja osaamistason vaihdellessa voimakkaasti (Järviö & Lehtiö 2012, 22).

1970-luvulla kolmannen sukupolven käynnistyttyä, koneiden käytettävyys ja luotettavuus tulivat yhä tärkeämmiksi ja automaatio lisäsi laitteiden kunnossapitovaatimuksia. Tämän muutoksen aiheutti amerikkalaisten avaruusprojektien konseptien ja innovaatioiden jalkautuminen teollisuuteen. Käyttövarmuusvaatimukset voitiin asettaa aivan uudelle tasolle. Tutkimus loi uusia työkaluja, tekniikoita ja lähestymistapoja. Nopeutuneesta teknologian kehityksestä johtuen kyvystä uusiutua ja hallita uusinta teknologiaa tuli yritysten kriittinen menestystekijä. Tuotteita alettiin valmistaa tilauksia vastaan JIT -toimintamallin mukaisesti ja kilpailu muuttui maailmanlaajuiseksi. Teollisuus muuttui entistä enemmän pääomavaltaiseksi kohonneen valmistusteknologian kustannusten myötä. Koneiden kehitys toi uusia vikaantumismalleja ja tämä aiheutti uusia haasteita kunnossapidon suunnitteluun. Aikaisemmin suunnittelu perustui koneiden yksinkertaisuudesta johtuen oletukseen, että vikaantuminen olisi yhteydessä koneen käytön määrään ja koneen rasitettavuuteen. (Järviö & Lehtiö 2012, 22)

Samaan aikaan myös laitteiden koko kasvoi ja turvallisuus sekä ympäristöasiat tulivat ajankohtaisiksi. Tällöin huomattiin että laitteiden vikaantuminen ei johdu pelkästään laitteiston iästä vaan myös muista tekijöistä kuten käyttäjistä johtuvista syistä. Näihin aikoihin keksittiin vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi (VVKA), riskianalyytit, perussyysanalyytit, kunnonvalvonta ja kunnossapidon ja luotettavuuden huomiointi konetta suunnitellessa. (Järviö 2007, 17,19)

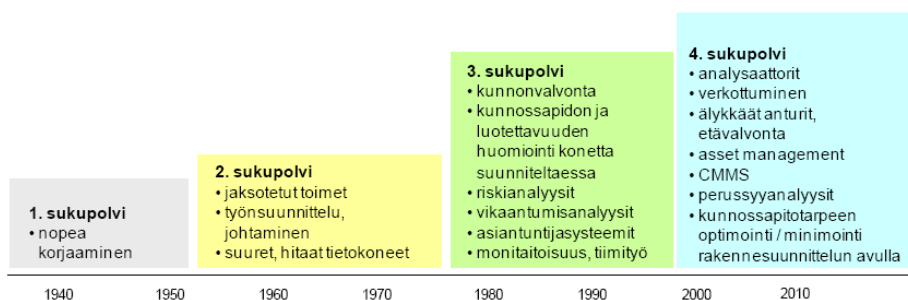
Huoltotoimet olivat määräaikaaisuuteen perustuvia. Koneiden määräaikaissvaihtoja tehtiin paljon, eli saatettiin pahimmassa tapauksessa korjata kohde turhaan ja samalla aiheuttaa vaikkapa asennusvirhe kohteeseen. Ensimmäiset analogiset kunnonvalvonnan työkalut tulivat markkinoille ja aloitettiin kuntoon perustuvaa kunnonvalvonnan soveltaminen. 1980 -luvulla Tietotekniikka tuli mukaan muuttamaan toimintatapoja. Siirryttiin tietokonepohjaisiin kunnossapito-ohjelmistoihin, jotka integroituvat yrityksen toiminnanohjaukseen. Tapahtui kunnonvalvonnan läpilyönti. (Hakonen 2012)

Neljäs vaihe kunnossapidossa käynnistyi 1990-luvun lopulla tietotekniikan saatuttuessa kypsyytensä ja mikroelektroniikan sekä sulautettujen järjestelmien tehdessä läpimurtonsa. Nykyisin kunnossapidolle on tyypillistä, että se ei kohdistu vain mekaanisille laitteille, vaan kasvavassa määrin myös ohjelmistoille, antureille ja kaapeleille. Laitteiden etävalvontamahdollisuudet ja on-line mittauk-

set ovat yleistyneet. Kunnossapidon tarvitsemien työkalujen kuten testauslaitteiden hankintahinnat ja tarvittavien laitteiden määrät sekä niiden vaatima osaaminen ovat kasvaneet kustannuksiltaan sille tasolle, ettei niiden hallinta ole täydessä mittakaavassa yrityksen sisällä enää taloudellisesti järkevää. Verkostoituminen ja palvelumyynti ovat muuttaneet toimintatapoja ja ajattelumalleja. Valmistusprosessien integraation ja automaation lisääntyminen on nostanut tuotantokoneiden ja tuotannon hintoja, jolloin puutekustannukset (toteutumaton kate) ovat nousseet selvästi ohi kunnossapito ja korjauskustannusten. Kunnossapito aletaan ymmärtää olevan vain osa tuotanto-omaisuuden hallintaa. Luotettavuus ja suorituskyky eivät rakennu nopean korjaamisen periaatteelle, vaan se perustuu koneiden asianmukainen käyttöön ja käyttäjien osallistumiseen luotettavuuden ja tehokkuuden vaalimiseen. (Järviö & Lehtiö 2012, 23–24)

1990 -luvulla kunnossapitoyritykset erikoistuivat ja kunnossapitoa ulkoistettiin. Ulkoistamista alettiin toteuttaa joko kokonaan tai osittain. Uusina termeinä nousivat vahvasti esille käyttäjäkunnossapito sekä käyttäjävetoinen kunnonvalvonta. Tällöin kokeiltiin käytön ja kunnossapidon yhdistämistä, jolloin varsinaiset kunnossapito-osastot lopetettiin ja kunnossapito siirrettiin käyttöorganisaation alle. Tätä kokeilua kesti muutaman vuoden, ja sitten on palattu takaisin omiin kunnossapito-organisaatioihin. Yhteydenpito parani, koska matkapuhelimet yleistyivät. Kunnossapitojärjestelmät tulivat kaikkien käytettäviksi. Ajan henkeä oli työntekijämäärän vähentäminen sekä tuotannosta että kunnossapidosta ja sitä kautta moniosaamiseen panostaminen. (Hakonen 2012)

Kuvassa 2. on sijoitettu aikajanalle kunnossapidon 4. sukupolvea sekä niiden sisältämät kunnossapidon kehityksen keskeisimmät kehitysaskeleet.



Kuva 2. Kunnossapidon kehitysaskeleet (Järviö 2007, 11).

3.7 Ehkäisevä kunnossapito

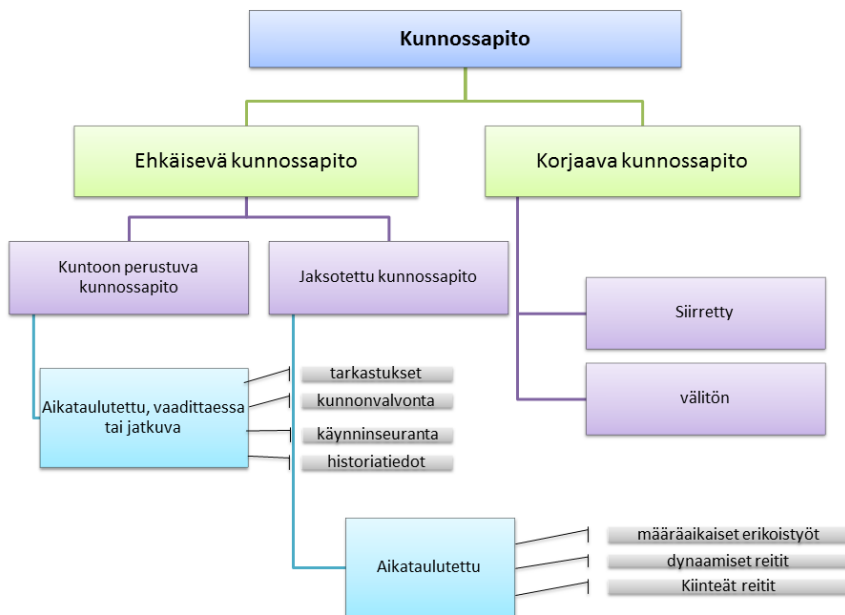
SFS-EN 13306:2010 määrittelee ehkäisevän kunnossapidon seuraavasti:

Ehkäisevää kunnossapitoa tehdään säännöllisin välein tai asetettujen kriteerien täytyessä. Tavoitteena on vähentää laitteen rikkoontumisen mahdollisuutta tai toimintakyvyn heikkenemistä.

PSK 6201:2011 määrittelee ehkäisevän kunnossapidon:

Ehkäisevällä kunnossapidolla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntyminen

Määritelmä on melko karkea ja aiheuttaa sen, että ehkäisevään kunnossapitoon voidaan sisällyttää kaikki kunnossapidon lajit, joita tehdään ennen kuin vika on pysäyttänyt koneen (kuva 3). Ehkäisevä kunnossapito onkin jonkinlainen kollektiivikäsite (sateenvarjo) eikä niinkään oma, erillinen toiminta, miksi se käytännössä usein mielletään. (Järviö 2008).



Kuva 3. Kunnossapitolajit SFS-EN 13306:2010.

Systemaattista ehkäisevää kunnossapitoa tehdään, jotta koneelta saataisiin luotettava häiriötön toiminta, ja jotta kone kykenee suorittamaan halutut toiminnot suunnitelmallisesti (Järviö & Lehtiö 2012, 97). Ehkäisevää kunnossapitoa tehdään siis taloudellisista syistä. Nykyisin tähän on tullut lisämerkitystä rajusti koho- neesta energian hinnasta sen kasvaneen verotuksen myötä. Huonosti hoidettu tuotantoprosessi saattaa käyttää 5 - 15 % enemmän energiaa kuin hyvin hoi- dettu. Nykyhinnoilla säästö on merkittävä. Vanhaa sanontaa ”sitä saat mitä mit- taat” soveltaen myös ehkäisevää kunnossapitoa ja sen aikaansaannoksia tulee mitata taloudellisin mittarein. Nykyisin mitataan usein Ennakkohuolto (EH) -oh- jelmien kattavuutta (montako laitetta mittauksen piirissä) tai laajuutta (kuinka monta mittaus- tms. toimintopistettä). Nämä mittarit mittaavat väärää asioita eikä niillä ole juurikaan ohjaavaa vaikutusta. Tehokkaat mittarit mittaavat EH - toimenpiteiden tuloksia eli EH:n tehokkuutta (Järviö 2008). Ennakkohuollon ope- ratiivista toimintaa on helppo mitata kustannusten seurannalla.

Tehokkuuden viittä tärkeintä suoritusarvoa on kuitenkin vaikeampi todentaa. Nämä ovat 1.) vikojen vähentäminen, ja sitä kautta 2.) kohonnut käyttövarmuus sekä 3.) tuotanto-omaisuuden kohonnutta elinikä. Myös 4.) kohonnut tuotanto- tasoa ja 5.) tuotteen laatu kuuluvat vaikean todennettavuuden piiriin, koska ver- tailuarvona ei ole tätä vertailutilannetta ilman hyvän EH:n läsnäoloa. Tämä hei- kompi tilanne olisi hyvä kuitenkin hahmottaa, jotta voimme arvioida EH:n todel- lista taloudellista merkitystä.

Yrityksen kunnossapito koostuu siis korjaavasta ja ehkäisevästä kunnossapidosta (kuva 3.). Ehkäisevä kunnossapito käsittää seuraavat toimenpiteet (Järviö 2008):

- vikaantumisen suhteiden havainnointi ja tarkkailu
- kaikki ne toimenpiteet, joita suoritetaan, jotta kone pystyisi toimimaan suunnitellulla tavalla, kuten mm. voiteluhuollon suorittaminen, koneen rakenteen ylläpito, sekä koneen toimintaympäristön siistinä pitäminen
- alkaneen vikaantumisen havaitseminen ja korjaaminen ennen kuin vika pysäyttää koneen, sisältäen myös suunniteltu korjaava kunnossapito eli kunnostaminen
- parantavat kunnossapitotoimenpiteet ts. modernisaatiot
- tutkiva kunnossapito, joka tutkii vikaantumisia (perussyyanalyysit) ja vi- katilastoja, joiden mukaan kunnossapidon toimia pystytään kohdenta- maan oikein.

Ehkäisevään ja kuntoon perustuvaan kunnossapitoon kuuluu jokaiselle laitteelle erikseen suunniteltuja ja aikataulutettuja mittaus-, tarkastus-, ja huoltotoimenpiteitä. Näiden toimintojen suunnittelussa pitää hyödyntää käytön, kunnossapidon ja kunnonvalvonnan asiantuntemusta sekä laitevalmistajan teknistä ja suunnittelun kautta syntynyttä tietoa. Se millainen kunnossapidon toimintatapa mil- lekin laitteelle on määritetty, perustuu laitoksen koneiden ja laitteiden kriittisyy- teen, todennäköisten vikaantumismekanismien tunnistamiseen ja vikaantumis- mekanismien ehkäisemiseen. Kriittisyysmenetelmiä käytetään kunnossapito- suunnitelmien lähtötietojen tuottamiseen. Kunnossapito-ohjelmassa määritel- lään, millainen kunnossapidon taso ja toimintatavat ovat kullekin laitteelle te- hokkaimpia. Kun vikaantumismallit ja vikojen seuraukset tunnetaan, on mahdol- lista luoda kunnossapito-ohjelma, jolla mahdollisimman tehokkaasti pidetään lai- tos kunnossa. (Alen & Kautto 2012)

Ehkäisevän kuntoon perustuvan kunnossapidossa onnistumista määrittävät kolme minimireunaehto, joiden kaikkien on täytyttävä, mikäli tähtäimenä on laadullinen kunnossapitotoiminta (Järviö 2008):

Taloudelliset reunaehdot

EH:n käyttäminen selvitetään kohteittain määrittelemällä EH:n kustannukset ja vertaamalla niitä aikaansaatuun säästöpotentiaaliin. Jos säästöt ovat suuremmat kuin aiheutuvat kustannukset, EH:n tekeminen on perusteltua. Tarkastelussa luonnollisesti huomioidaan yrityksen tuottovaatimukset.

Tekniikkaan liittyvät reunaehdot

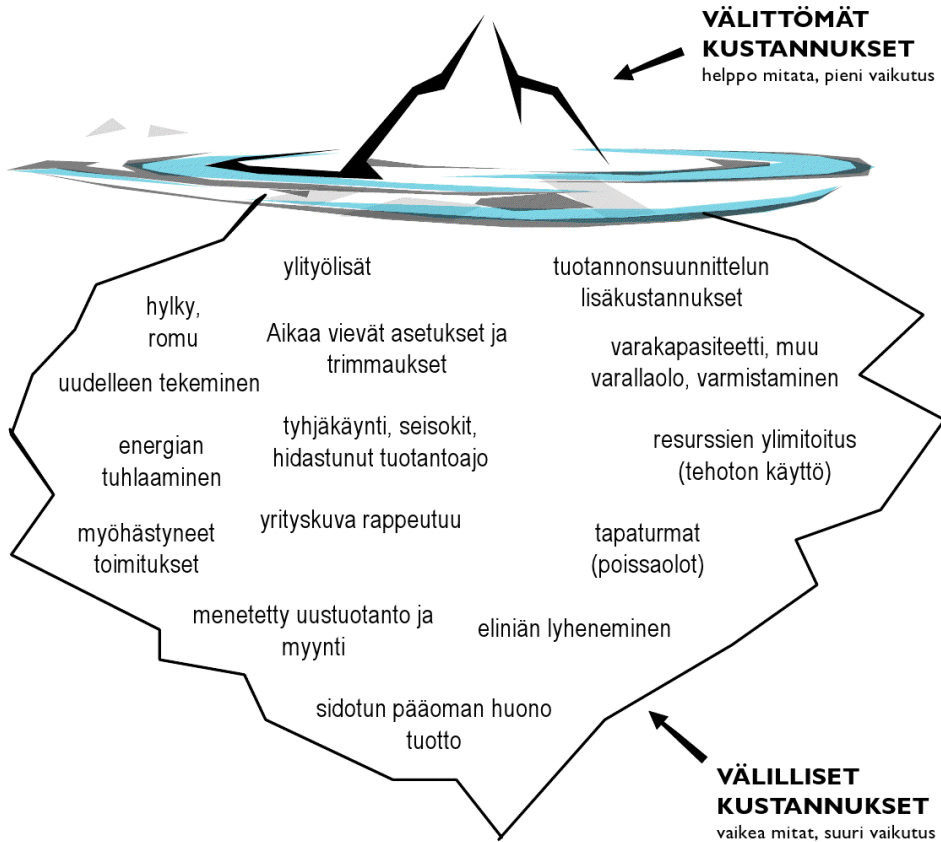
Valitun menetelmän on oltava tehokas, eli se oikeasti mittaa sitä, mitä ollaan mittaamassa. Usein näin ei kuitenkaan ole. On tärkeää että ehkäisevän kunnos-apidon tulokset raportoidaan rehellisesti liittyen siihen mitä kustannuksia on ai- heutunut ja minkälaisia säästöjä on saatu. Ehkäisevän kunnossapidon (kunnon- valvonnan) taloudellista tulosta ei yleensä onnistuta mittaamaan ja raportoi- maan, koska tulos koostuu vaikeasti mitattavasta käyttövarmuudesta. Suorat toi- minnasta aiheutuneet tulokset ovat helposti mitattavia vrt. kuvassa 4. esitetty jäävuorimalli.

Osaamiseen liittyvät reunaehdot

Mittaajalla on oltava riittävä osaaminen, jotta hän tietää, mitä on tekemässä. Mittaajan on kyettävä suorittamaan mittauksen ja tulosten analysointi oikein. Lisäksi menetelmää on käytettävä riittävän usein, jotta osaaminen ei unohdu.

3.7.1 Epäkäytettävyyuskustannukset

Ehkäisevää kunnossapitoa käytettäessä törmätään uuteen käsitteeseen Epäkäytettävyyuskustannukset. Ne ovat kustannuksia, jotka jäävät ns. kustannusjäävuoressa (kuva 4) näkymättömiin pinnan alle. Epäkäytettävyyuskustannus koostuu suoranaيسista kustannuksista sekä menetetyistä tuotoista. Materiaali- ja lisäarvotekijät huomioidaan, mikäli tuote joudutaan hylkäämään, eikä käytettyjä raaka-aineita voida hyödyntää. Jäävuoresta nähdään noin kolmasosa, eli pinnan päällä oleva osuus. Loput ovat ylimääräisiä kustannuksia, lisiä, toteutumattomia tuottoja ja tekijöitä, jotka vaikuttavat yrityskuvaan ja/tai sen markkina-arvoon (maine, luotettavuus toimittajana, ympäristöystävällisyys, brändi jne.). (Järviö 2008).



Kuva 4. Kunnossapidon kustannusjäävuori (Järviö 2008).

Pinnalla olevia kustannuksia on helppo mitata, mutta niillä on suhteellisen pieni vaikutus. Pinnan alla olevia kustannuksia on vaikeaa mitata, mutta niillä on suuri vaikutus tulokseen. Epäkäytettävyyuskustannuksia laskettaessa on vaikea arvioida kunkin kustannuserän kohdalla kunnossapidon, käytön ja käyttötavan vaikutus. Jos tällaista vaikutusta ei ole tai se on vähäinen, EH:lla ei ole vaikutusta. (Järviö 2008)

Ehkäisevään kunnossapitoon sisältyy toimintoja, jotka ovat varsin arvokkaita. Tällaisia toimintoja ovat esimerkiksi toiminnanohjausjärjestelmät, erikoisvälinein tapahtuva kunnonvalvonta, isommat modernisaatiot ja vikahistorioiden analysoinnit. Nämä kustannukset on kuitenkin helppo laskea. Kalliita mittauslaitteita

ei välttämättä kannata hankkia, vaan toiminnot voi ulkoistaa alihankkijoille. (Järviö 2008)

3.8 Kunnonvalvonnan määrittely

Kunnonvalvonta on olennainen osa kuntoon perustuvaa kunnossapitoa ja sitä kautta kuuluu ehkäisevään kunnossapitoon (Kuva 3). Kuntoon perustuvan kunnossapidon termi viittaa toimintatapoihin, joista hyvin usein puhutaan käsitteellä kunnonvalvonta. Tämä määritelmä ei ota kantaa siihen, millä menetelmillä tai parametreilla kohdetta seurataan. Kunnossapidon ja kunnonvalvonnan kannalta merkittävää kuitenkin on, että käytetään niitä menetelmiä, joilla voidaan havaita laitoksen käyttökunnossa tapahtuvat muutokset luotettavasti. Käytettävillä kunnonvalvontamenetelmillä tulee pystyä seuraamaan käyttökunnon kehitystä ja vielä ennustamaan tulevaisuuttakin. (Kautto 2011)

Kunnonvalvonta on kunnossapitoa ohjaava toiminto, ei päinvastoin. Kaikista pahin uhkaskenaario on se, että kunnonvalvontaa karsitaan tai vähennetään suunnittelemattomasti esimerkiksi säästösyistä. Saavutetaanko kunnonvalvonnan vähentämisellä oikeasti säästöjä? Kokemus on osoittanut, että missään tapauksessa kunnonvalvontaa ei saisi karsia ilman riskitietoista harkintaa. (Kautto 2011)

Tärkeimmät syyt mittaavan kunnonvalvonnan käyttöön ovat (Nohynek & Lumme 2004, 13):

- Tuotantolinjoja rakennetaan ilman varakoneita, jolloin yksittäisen koneen käynti tulee kriittisemmäksi koko tehtaan kannalta.
- Tuotantomäärien kohoaminen on aiheuttanut sen, että seisokkituntien hinnat ovat nousseet.
- Pyörimisnopeuksien kasvun myötä vikojen kehittyminen tapahtuu nopeammin.
- Koneiden rakenteiden keventäminen on tuonut tärinävalvonnan rakenteiden keston kannalta yhä tärkeämmäksi.
- Prosessien säädön muuttuessa yhä enemmän kierroslukusäätöiseksi vaihtelee koneiden tärinäkäyttäytyminen huomattavasti eri kierroslukueilla.
- Koska huolto- ja käyttöhenkilökuntaa on vähennetty, säännöllinen aisti-varainen valvonta koneiden luona on myös vähentynyt.

- Aistienvaraisista huomioista ei saada kirjattua tunnuslukuja, joiden avulla voitaisiin koneiden kuntoa valvoa
- Keräilevien mittalaitteiden kehittyminen on madalluttanut niiden käyttöönottokynnystä
- Meluisa, vaarallinen tai muuten epämiellyttävä ympäristö on antanut aiheen siirtyä käyttämään mittauksia aistihavaintojen sijasta.

3.8.1 Kunnonvalvonnan historia

Jonkinlaista ”maalaisjärkeen” käyvää kunnonvalvontaa on suoritettu niin kauan kuin on ollut koneita. Ennen kunnonvalvontaa suoritettiin pääasiassa aistien avulla, esimerkiksi kuuntelemalla puukepin avulla laakereita, kokeilemalla koneenosien lämpöä ja tunnustelemalla jaloilla tai kädellä koneen tärinää. Koneiden kuntoa voitiin arvioida myös seuraamalla lopputuotteen laatua. Nämä menetelmät ovat edelleen käyttökelpoisia eikä niitä pidä aliarvioida tänäkään päivänä, mutta niitä korvaamaan ja täydentämään on ryhdytty käyttämään yhä enemmän erilaisia mittausmenetelmiä. (Nohynek & Lumme 2004)

Aikaisemmin kunnossapitostrategia oli reagoivaa (RTF, Run-To-Failure) eli koneet ajettiin ns. ”loppuun”, jonka jälkeen mietittiin, mitä tehtäisiin. Sammutettiin tulipaloja, elettiin kädestä suuhun eli toteutettiin korjaavaa kunnossapitoa, jonka toteutuksesta vastattiin pääsääntöisesti itse. Kunnossapitohenkilöstöä oli paljon ja työt olivat eriytyneet organisaatiossa kapeille sektoreille. Käytön ja kunnossapidon välillä oli suuria ristiriitoja. ”Oli paljon ylitöitä ja isot päivystysringit prosessiteollisuudessa. Suurin sankari oli se, jolla oli ylityöt ”tapissa” ennen Vappua. Joku kierteli vierintälaakerikohteita mittaamassa jollakin vehkeellä, kun muilta töiltä jäi aikaa. Silloin ei puhuttu kunnonvalvojasta vaan Mikki Hiirestä, joka aiheuttaa kunnossapidolle lisätöitä.” (Hakonen 2012)

Mittaava kunnonvalvonta tuli kuvioihin 1970 -luvulla. SPM – menetelmä (Shock Pulse Method, Iskusysäysmenetelmä) oli melko yleinen kunnonvalvonnan työkalu niissä yrityksissä, joissa kunnonvalvontaa yleensä harrastettiin. Spektrianalyysaattoreita tai vastaavia jonkintasoiseen taajuusanalyysiin kykeneviä laitteita oli käytössä joillain isoilla yrityksillä ja korkeakouluilla. Nämä vaativat melkoista perehtyneisyyttä, eikä niillä ollut mahdollisuutta järkeillä resursseilla suuren ko-

nemäärän rutiininomaiseen valvontaan. Ensimmäiset laakerien kunnonvalvonnan mittalaitteet tulivat käyttöön 70-luvun puolivälissä. Varsinaista kuntoon perustuvaa kunnossapitoa tehtiin ani harvassa laitoksessa. (Hakonen 2012)

1980-luvun alkupuolella tapahtui kunnonvalvonnan läpilyönti, sillä tietotekniikka tuli mukaan muuttamaan toimintatapoja. Se heijastui monin eri tavoin. Siirryttiin tietokonepohjaisiin ohjelmistoihin ja tietokoneesta tuli kunnonvalvonnan perustyökalu. Markkinoille tuli helppokäyttöisiä (Hakonen 2012):

1. kannettavia tiedonkerääjä-spektrianalysointilaitteita, ja niihin liittyvät tietokannanhallintaohjelmit,
2. edistyskellisiä trouble shooting -työkaluja, mm. monikanavaisia kone- ja rakenneanalysointilaitteisiin tehtyjä erikoislaitteita ns. moodianalysointilaitteita,
3. edistyskellisiä värähtelymittalaitteita, jotka mahdollistivat kunnonvalvonnalliset värähtelymittaukset, seurannan, historiatiedot ja suojaustoiminnot. analogiset analysointilaitteet korvattiin FFT – analysointilaittein,
4. erityismittalaitteet, kuten lämpökuvauslaitteet, öljyanalysointilaitteet, ultraäänimittauslaitteet jne.

Edistyskellisen kunnonvalvonnan piiriin voitiin ottaa entistä suurempi määrä koneita kohtuullisilla resursseilla. Tällaisen teknologia käyttöönotto ei voinut olla vaikuttamatta koko kunnossapidon toimintatapoihin. Kunnonvalvonnasta alkoi tulla kunnossapitoa ohjaava toiminta. 80-luvulla koulutettiin ja sovellettiin myös tulosjohtamista ja tavoitejohtamista. Tuottavan kunnossapidon eli TPM tuli myös käyttöön. (Hakonen 2012)

1990 -luvulla tietotekniikka alkoi olla kypsää ns. asiantuntijajärjestelmille, eli automaattiselle kunnonvalvonnan mittausdatan analysoinnille ja diagnosoinnille. Nämä järjestelmät pystyvät seulomaan selkeiden sääntöjen ja opetusdatan perusteella poikkeamat ja tavallisimmat viat automaattisesti. Kunnonvalvontalaitteiden käytettävyyks parani ja hinnat laskivat huomattavasti. Kiinteät kunnonvalvontajärjestelmät kehittyivät ja perustamiskustannukset halpenivat. Myös neuroverkkokokeiluihin viannäärityksessä eri suureiden ja riippuvuussuhteiden ja korrelaatioiden määrittelyssä. (Hakonen 2012)

2000 -luvuilla tapahtuneista muutoksista kärjistään voitaneen sanoa, että kunnonvalvonnan kannalta muutokset ovat suorituskyvyn kehitystä ja ominaisuuksien hienosäätöä. Käyttömukavuuden ja kannettavuuden kehitys on ollut suurin muutos. Merkittävät periaatteelliset innovaatiot ja linjanvedot oli tehty jo aiemmin. (Hakonen 2012)

3.9 Kunnossapidon ja kunnonvalvonnan yhteys

Kunnonvalvonnan tehtäväksi voidaan määrittää tietojen tuottaminen, joiden avulla koneita ja laitteita voidaan käyttää keskeytyksettä suunnitellun käyttöjakson ja suorittaa oikea-aikaisesti korjaukset, huollot sekä parannukset. Mitä aikaisemmin kunnonvalvonnan avulla havaitaan koneen kunnossa tapahtuneet muutokset, sitä enemmän aikaa on käytettävissä kunnossapitotöiden suunnitteluun. (Nohynek ym. 2004, 43)

Kokemusten perusteella on huomattu, että koneiden kunnossapitoon tarvittavat tiedot voidaan ilmaista hyvin yksikäsitteisesti (Nohynek ym. 2004, 43):

- ✓ *nopeasti kehittyvien vikojen ilmoittaminen (hälytys)*
- ✓ *kehittyvien vikojen havaitseminen ja tunnistaminen (diagnoosi)*
- ✓ *jäljellä olevan käyttöajan arviointi (prognoosi)*
- ✓ *korjaavien toimenpiteiden suunnittelu.*

Hälytystieto syntyy yleensä automaattisesti ja viesti kulkee suoraan käyttö- ja kunnossapitohenkilökunnalle.

Kunnonvalvonta itse tarvitsee palautetietona:

- ✓ *tiedot koneen rakenteesta ja käyntiolosuhteista (nopeus, kuormitus)*
- ✓ *tiedot suoritetuista korjauksista, huolloista tai parannuksista.*

Edellisen perusteella voidaan esittää toimintamalli kunnonvalvonnan ja kunnossapidon tietojärjestelmien välille. Oleellinen seikka on havaittava, että kunnonvalvonta on ohjaava toimenpide, ei ohjattava. Useissa kunnonvalvontajärjestelmissä on jo sisään rakennettu itseohjaus. (Nohynek & Lumme 2004, 43)

Viimeisimpänä suuntauksena on ollut käyttöhenkilökunnan ottaminen mukaan kunnonvalvontatoimintaan, jolloin puhutaan käyttäjäkunnossapidosta (ODR, Operator Driven Reliability). Perinteisesti kunnonvalvonta on ollut kunnossapidon tehtävää. Kunnonvalvonnan eriasteinen tiedonhallinnan ulkoistaminen, ns.

pilvipalvelut, lienee seuraava trendi. Kunnonvalvontaan liittyvän tietotekniikan rauta ja softat, ja jopa kunnonvalvonnan datan analysointi ostetaan ulkopuolisen toimijoiden palveluna. Kunnonvalvonnan rooli kunnossapitoa ohjaavana toimijana näin ollen vahvistuu. (Hakonen 2012)

Tavoitteena on, että käytön ja kunnossapidon yhteistyö paranee ja tehostuu käyttäjäkunnossapidon myötä. Tämän toteutus asettaa haasteita johtamiselle. Tekniikka tulee varmasti kehittymään siihen suuntaan, että valtavasta informaatimäärästä saadaan tietoa yhdistettyä järjestelmien avulla päätöksen tekoa varten. Laitteet osaavat pian itse kertoa, mikä niitä vaivaa. (Hakonen 2012)

3.9.1 Kunnonvalvonnalla rooli heti hankintavaiheessa

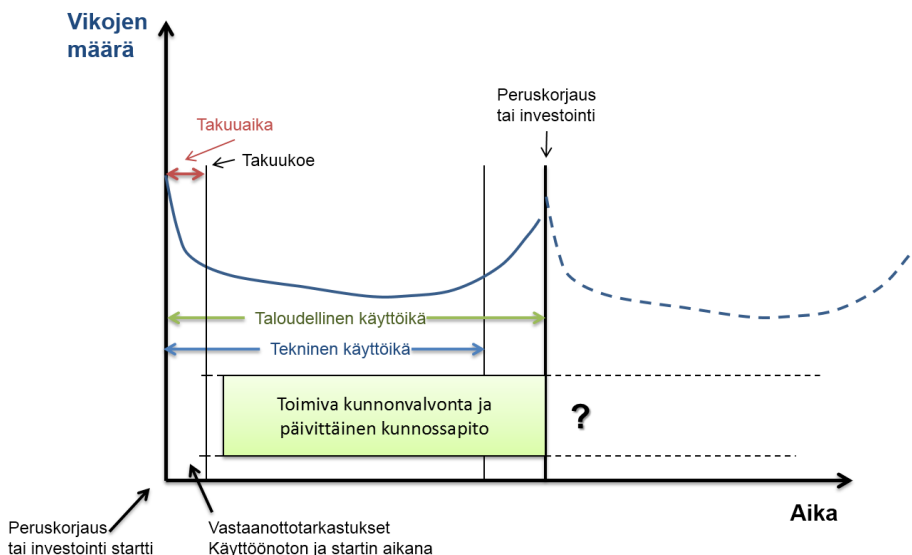
Tuotantolaitoksen toimintoja arvioidaan liiketoiminnan asettamien tavoitteiden kautta. Tämä johtaa useasti päätöksiin, jotka ovat ristiriidassa kunnossapitoa suorittavien henkilöiden ”kunnossapitäjien” ajatusmaailman kanssa. Haasteeksi on noussut tuotantokapasiteetin elinaikaisten kustannusten ja tuottojen optimointi. Tuotantokapasiteetin ylläpito- kehittämistoimenpiteitä ja projekteja siirretään tuonemmaksi, tuotantokyvyn ylläpitäviä tarpeellisia hankkeita perutaan, selkeitä parannustoimenpiteitä ei toteuteta ja ongelmat kasautuvat kunnossapidon riesaksi. Laitoksen eliniän optimointi ja pitkäntähtäimen suunnitelmat ovat unohtuneet, vaikka samalla puhutaan elinkaaren aikaisista tuotoista ja kustannuksista. Yleisesti ottaen kuitenkin, varsin pienillä satsauksilla on saavutettu tuloksia laitoksen käyttökunnan ja käytettävyyden paranemisena.

Kunnonvalvonnassa on joissain tapauksissa myös otettu takapakkia. Kun ongelmia ei ole ilmennyt ja koneet ovat hyvässä kunnossa, on lähdetty karsimaan kunnonvalvontatoimintoja turhina ja kalliina, eikä ole tunnustettu nykyisen tilanteen seuraantumista juuri hyvän kunnonvalvonnan avulla. ”kunnonvalvonta ei usein ole kustannustekijä, koska seisokkipäivän hinta määrittää kunnonvalvonnan kannattavuuden. Yksi estetty suunnittelemaan alasajo maksaa koko toiminnan kustannukset takaisin monen vuoden ajalta” (Kautto 2011).

Kunnonvalvonnalla ja sen suunnittelulla on merkittävä rooli jo hankintavaiheessa, kun määritellään, millä käyttöönotossa tehtävillä toimenpiteillä ja kriteereillä kone tai laite tullaan hyväksymään pitkäaikaiseen tuotantokäyttöön. Kunnonvalvonnan tulisi olla valmis toimimaan jo heti uuden laitoksen tai laitteen

käyttöönotossa. Ollaan auttamattomasti jälkijunassa, jos kunnossapitoa ja kunnonvalvontaa aletaan suunnitella vasta laitoksen käyttöönoton jälkeen. Laitoksen tai laitteen hankinnan suunnitteluvaiheessa tulee määrittää, millä käyttöönotossa tehtävillä toimenpiteillä ja kriteereillä laitos tai laite tullaan hyväksymään pitkäaikaiseen tuotantokäyttöön. Näillä samoilla toimenpiteillä, menetelmillä ja kriteereillä laitoksen käyttökunnon seuranta hoidetaan myös jatkossa. Kuvassa 5 on esitetty kunnonvalvonnan rooleja elinkaaren eri vaiheissa. (Kautto 2011, Alen & Kautto 2012)

Yhä vieläkin käy niin, että esimerkiksi kunnonvalvonta pääsee mukaan suunnitteluprosessiin vasta, kun laitosta ollaan käyttöönottamassa ja joku muistaa, että miten näiden vastaanottomittausten laita on? Vastaanottokeet, niiden tulokset ja tehdyt havainnot on huomioitava ja raportoitava käytössä ja kunnossapidossa erittäin tarkasti. Tämä on tärkeää, koska kaikki ne ongelmat ja mahdolliset vikapaikat, jotka jäävät huomiotta konetta vastaanotettaessa, ovat laitoksen käytön ja kunnossapidon riesana tulevaisuudessa ja vaikeuttamassa tavoitteiden saavuttamista. (Alen & Kautto 2012, Kautto 2011)



Kuva 5. Kunnonvalvonnan rooleja elinkaaren eri vaiheissa (mukailten, Kautto 2011).

Tärkeässä roolissa ovat perinteisen kunnonvalvonnan lisäksi myös suorituskyvyn, energiatehokkuuden ja käyttötalouden seuranta sekä erilaiset prosessissa tehtävät mittaukset ja niiden seuranta. (Alen & Kautto 2012)

3.10 Käyttäjäkunnossapito

Käyttäjäkunnossapidon (ODR) peruseriaatteena on, että koneiden käyttäjät eli työn suorittajat itse huolehtivat koneensa toimivuudesta ilman kunnossapidon välitöntä osallistumista. Käyttäjäkunnossapidon tavoitteena on sekä koneiden että laitteiden toimivuuden parantaminen, että niitä käyttävien henkilöiden ammattitaidon lisääminen. Koneen käyttäjät, prosessimiehet syventävät ja monipuolistavat ammattitaitoaan ja ottavat vastuun sovitusta päivittäisistä kunnossapidon tehtävistä. Samalla vapautetaan kunnossapidon aikaa vaativimpiin kunnossapitotöihin sekä koneiden jatkuvan parantamisen tehtäviin. (Tuominen 2010, 66)

Käyttäjäkunnossapidon kaksi pääosa-aluetta ovat 1.) Koneiden kunnossapito sekä 2.) Koneiden parantamiseen tähtäävät toimenpiteet. Kohdan 2. vaatimuksena on hyvin toteutunut käyttäjäkunnossapito -malli, jolloin koneen käyttäjä on kiinnostunut työkoneestaan ja pyrkii aktiivisesti pitämään toimintakuntoa yllä sekä kehittämään sitä. (Tuominen 2010, 66)

Tyypillisiä käyttäjäkunnossapitoon liittyviä tehtäviä ovat 1.) päivittäinen koneen kunnon tarkastaminen, 2.) voitelut, 3.) koneen osien vaihdot, 4.) pienet korjaukset, 5.) käyntikunnon ja 6.) työtuloksen (laadun) tarkastukset (Tuominen 2010, 66).

Käyttäjäkunnossapitotoiminnan aloittaminen organisaatioissa alkaa käyttäjäkunnossapidon tavoitteiden ja periaatteen määrittämisellä. Aluksi suunnitellaan eri henkilöstöryhmien työnjako ja ammattivaatimukset. Suunnittelu ja toteutus tehdään yhteistyönä eri henkilöstöryhmien edustajien kanssa. Koneiden käyttäjille annetaan ammattitaitovaatimusmääritysten mukaista koulutusta. (Tuominen 2010, 65)

Käyttäjäkunnossapitotoiminnan aloittaminen uuteen rakenteilla olevaan laitokseen on helpompaa, kuin totutuksi tulleiden käytäntöjen muuttaminen olemassa olevalla laitoksella. Mikäli kunnossapito ja koneiden käyttö ovat vahvasti organisoituneet kauas toisistaan, on käyttäjäkunnossapidon ajaminen haasteellista tai

jopa mahdotonta yrityksen hyvän taloudellisen kannattavuuden aikaan. Käyttäjäkunnossapito koetaan helposti uhkana eri henkilöstöryhmän työn tekemiseksi, henkilöstön vähentämisen uhaksi ja saavutettujen etujen menetykseksi. Uuteen laitokseen käyttäjäkunnossapito voidaan sisällyttää työkuvauskiin. Työhaastattelussa on hyvä kysyä sitoutuneisuutta käyttäjäkunnossapidon. Samoin työsopimukseen voidaan jo sisällyttää kyseisten tehtävien hoito. Koko prosessin aikana on hyvä seurata käyttäjäkunnossapito mallin edistymistä sekä ennen kaikkea prosessissa toteutuneita työkäytänteitä.

4 KAIVOSTEOLLISUUDEN ERITYISPIIRTEET

Kuten johdannossa on jo todettua, on Suomessa kaivosteollisuus kasvanut viime vuosien aikana voimakkaasti. Suomen kaivosala on kuitenkin muuttunut verrattuna parin vuosikymmenen takaiseen toimintaympäristöön. Alaa eivät enää hallitse valtioyhtiöt Outokumpu ja Rautaruukki, vaan ulkomaiset kaivosalan yritykset sekä lukuisat pienet junior-yhtiöt. Kaivosala on luonteeltaan hyvin suhdanneherkkä toimiala. Lisäksi kaivostoiminnan yhtenä erityispiirteenä on malmiesiintymän rajallisuus ja sitä kautta myös tuotannon ajallisesti ja määrällisesti rajattu kokonaisvolyymi. Näistä seikoista johtuen kaivosyhtiöt toimivat usein lyhytjännitteisesti. Useinkaan ei panosteta tarpeeksi ennakoivaan kunnossapitoon vaan toimitaan lähinnä korjaavan kunnossapidon menetelmin. Tästä seuraa ylimääräisiä riskejä ympäristölle ja yrityksen taloudelle. Ympäristöasiat ovat nousseet suuren julkisuuden saattamana merkittävimpään osaan kaivoskeskustelussa. Tuotantohäiriöt aiheuttavat haitallisia ja jopa vaarallisia ympäristöpäästöjä. Tuotantohäiriöiden yhteydessä aiheutuu arvomineraalien ja -metallien menetyksiä jätteesseen ja sitä kautta raaka-aine hukkaa sekä mahdollisesti myös ympäristöongelmia.

4.1 Kaivoksen elinkaari

Kaivostoiminta Suomessa käsittää metallimalmi- ja teollisuusmineraaliesiintymien louhinnan ja rikastamisen. Suomessa kaivostoimintaan kuuluvat kaivoskivennäiset on määritelty kaivoslaissa (Kaivoslaki 503/1965). Ne jaetaan hyötyaineen perusteella neljään ryhmään: 1) metalliset kaivoskivennäiset, 2) teollisuusmineraalit, 3) jalokivet ja 4) marmori ja vuolukivi. Luonnonkivituotannosta ainoastaan marmori ja vuolukivi ovat kaivoslain soveltamisalaan kuuluvia kaivoskivennäisiä. Muiden luonnonkivien hyödyntäminen kuuluu maa-aineslain (MAL 555/1981) piiriin. (Heikkinen, Noras ym. 2005, 11)

Kaivostoiminnan elinkaari voidaan jakaa neljään päävaiheeseen: malminetsintään, kaivoksen rakentamiseen, tuotantoon ja kaivoksen jälkihoitoon (Heikkinen, Noras ym. 2005, 11). Kaivoksen rahoittaminen tapahtuu yleensä useassa eri vaiheessa. Kaivostoiminnalle on tyypillistä, että pienet ”junior” -yhtiöt etsivät lupavia mineraaliesiintymiä ja niitä kohti kaivostoimintaa. Kun projekti ja esiintymä

on todettu kannattavaksi muuttuvat junior-yhtiö joko kaivosyhtiöksi tai jo olemassa oleva kaivosyhtiö ostaa sen ja tekee tarvittavat investoinnit kaivostoiminnan käynnistä. Esimerkiksi Suomessa on tällä hetkellä lähes 50 kaivoskehityshanketta. Näistä todennäköisesti vain muutama etenee tuotantoa harjoittavaksi kaivokseksi. (Hernesniemi ym. 2011 19 - 22, 139)

Ongelmana on erityisesti kaivoshankkeen alkuvaiheen rahoitus. Tässä vaiheessa esiintymän suuruutta ja ominaisuuksia ei tunneta kokonaan ja esiintymän louhittavuus sekä rikastettavuus voivat osoittautua oletettua haastavammaksi. Rahoittajan kannalta kaivoshanke on siis alussa erittäin riskipitoinen. Toisaalta onnistuneen hankkeen tuotot voivat olla suuret jos osaa sijoittaa siihen tarpeeksi varhaisessa vaiheessa. Suomessa sijoittajat ja rahoituksen järjestäjät eivät ole tottuneet arvioimaan kaivoshankkeiden kannattavuutta ja riskejä joten rahoituksella asetetaan ylimitoitettuja ehtoja joihin taasen kehitysyhtiöiden ei ole mahdollista suostua. Pankit haluavat palkata myös asiantuntijoita arvioimaan sijoitustensa riskejä ja tuottoja, mutta se lisää rahoituspaketin järjestämisen kustannuksia niin paljon, että pieniä rahoituspaketteja ei kannata edes tutkia. (Hernesniemi ym. 2011 139 - 140)

Esiintymästä riippuen malmia voidaan hyödyntää joko avolouhintana tai maanalaisena louhintana. Erityisesti maanalaisen louhinnan valmistelu voi kaivoksen perustamisvaiheessa vaatia suuria pääomia ja aikaa useita vuosia. Malmi voi sijaita syvällä kallioperässä, jolloin sen hyödyntäminen edellyttää suhteellisen suurimittaista vinotunneleiden, tasoperien ja huoltotilojen louhimista ennen tuotannon aloittamista. Toiminnan valmistelun sekä varsinaisen toiminnan aikana joudutaan louhimaan suuria määriä sivukiveä. (Heikkinen, Noras ym. 2005, 12)

4.2 Kaivosteollisuuden kunnossapidon erityispiirteet

Kunnossapito-ongelmat alkavat kasaantua usein jo kaluston hankintavaiheissa. Tyypillisimmin ongelmia aiheuttaa konekannan kirjavuus, hankitun konekannan alimitoitus, heikko dokumentointi sekä se seikka, että varaosia ei ole tilattu koneen mukana saati turvattu niiden saantia. Ongelmia on luvassa, mikäli kunnossapidollisia näkökulmia laitteiden asennuksesta ja huollosta ei ole huomioitu, jolloin laittein luokse on hankala päästä. On tärkeää ottaa huomioon, että käytetyt metalliseokset ja erityisesti sähkölaitteet ovat sopivia kaivosolosuhteisiin. (Rissanen 2011, 61)

Kulutusta kestävien materiaalien käyttö kaivosteollisuudessa on kulutusosien kestävyyskannalta ehto. Käyttökohteita ovat mm. lastauskoneiden kauhat, dumperien lavat sekä kuljettimien, syöttimien, seulojen ja murskainten kulutusosat, eli kaikki kohteet mitkä ovat fyysisessä kosketuksessa kiveen. Käytetyt materiaalit ovat yleensä kulutuskumit tai kulutusta kestävä teräks, kuten mangaaniteräs sekä karkaistut mikroraeteräks. Jonkin verran käytetään myös ke-raamisia kulutusmateriaaleja ja kovettuvia kulutusta kestäviä erikoismassoja. (Hakapää & Lappalainen 2009, 340)

Kulutuspumppuina kumit soveltuvat käytettäväksi lähes kaikissa kohteissa ja ovat oikein valittuina hyvinkin pitkäikäisiä materiaaleja. Verrattuna kulutusteräksseen ne ovat helpommin asennettavissa ja niiden ylläpitokustannukset ovat melko pienet. Kumipinnoitukset eivät kuitenkaan ole korjattavissa, vaan ne tulee korvata uudella materiaalilla. Kulutusmateriaalina kumia käytetään yleisesti seula-verkkoina, rikastamon lietepumppujen ja jauhinmyllyjen vuorauksissa sekä liikkuvan kaluston laivojen vuorauksissa. (Hakapää & Lappalainen 2009, 340)

Kulutuspumppuina valintaa suorittaessa on tunnettava kulutusmekanismi. Abrasiivinen kuluminen eli mekaaninen hankautuminen on tavallisin kulumismekanismi. Tähän mekaniikkiin vaikuttaa ensisijaisesti käsittelymekaaninen suunnittelu, joka tarkoittaa sitä missä kulumassa, millä nopeudella käsiteltävä materiaali kohtaa kulutuspinnaa sekä mikä on hankaavan voiman vaikutus kulutuspinnaan. Toissijaisesti kulutusmekaniikkiin vaikuttaa käsiteltävän kiven kovuus, pinnaa karheus ja muut materiaalitekniiset ominaisuudet. Myös kaikki muut fyysikaaliset ja kemialliset olosuhteet vaikuttavat kulutusmekanismiin. Kulutusmekanismien tunteminen ja parhaiden ratkaisujen sekä materiaalien valitseminen on haasteellista, eikä useinkaan onnistuta ensimmäisellä kerralla valitsemaan parasta ratkaisua. Esimerkiksi pumppujen vuoraukseen käytettävät materiaalit (kumi, metallit) vaihtelevat eri kaivosten rikastamoissa laajasti, samoin mielipiteet oikeista materiaalivalinnoista.

Toimiva ratkaisu kaivosten kulutuskustannusten pienentämiseen on niin sanottu autogeenivuoraus. Tässä ratkaisussa prosessia käsiteltävä materiaali muodostaa itse kulutusta kestävä kerroks, materiaalipatjan. (Hakapää & Lappalainen 2009, 340) Autogeenivuorauksa käytetään nimensä mukaisesti autogeenimyl-

lyissä sekä hyödyntämällä toimintaperiaatetta pudotusluiskien, syöttimien ja siilojen rakenteissa ja ajomalleissa. Tällöin liikkuvan, hankaavan tai putoavan kiven aiheuttama voima ja rasitus kohdistuvat toiseen kiveen.

Kaivosteollisuuden suurissa päälaitteissa on laakerityypeistä melko yleisesti käytössä yhä liukulaakerointi, jota käytetään pääasiallisesti niveltapeissa, jauhatusmyllyjen kannatuslaakereina, kartio- ja karamurskainten pallolaakereina sekä epäkeskon ja karan holkkeina. Kuitenkin liukulaakereiden käyttö koneenrakennuksessa on vähentynyt ja vierintälaakereiden käyttö lisääntynyt (Hakapää & Lappalainen 2009, 340). Liukulaakerit vaativat jatkuvan voitelun toimiakseen ja ovat erityisen herkkiä voitelun häiriöille ja epäpuhtauksille. Laakeroitavien pintojen väliin tulee kulumisesta sekä voiteluaineen likaisuuden myötä myös vääjäämättä epäpuhtauksia. Kivipölyä aiheuttaa kaivosteollisuudessa erityishaasteen laakereille.

Kaivoksen kunnossapidon piiriin kuuluu suuri määrä erilaisia vaihtotoimenpiteitä, jotka johtuvat sekä lakisäänteisistä velvoitteista, että kulumisesta syntyvistä turvallisuusriskeistä. Nostokuilun laitteisto kuuluu kaivoksen kriittisimpiin ja lakisäänteisesti säännöstelyimpiin laitteisiin, sillä sitä pitkin malmi nostetaan syötteeksi rikastamolle. Säännöllisin väliajoin tehtävä köysien vaihto, jopa tuhansia metrejä syvään kuiluun on kunnossapidollisesti vaativa työ. Muita kriittisiä laitekokonaisuuksia ovat erilaiset hihnakuljettimet, joita kaivoksissa voi olla useiden kilometrien pituudelta. Yleisimmin automatisoitujen kuljettimien häiriöt johtuvat materiaalin tippumisesta väärään paikkaan, ylikuormittumisesta tai ne kuluvat epänormaalilla tavalla sinne kuulumattomien partikkeleiden hankaavasta tai leikaavasta vaikutuksesta. Jo suunnitteluvaiheessa tulisi huomioida laitteiden huollettavuus siten, että niiden ympärille jätettäisiin tarpeeksi tilaa ja rakennettaisiin asianmukaisia huoltotasoja. (Rissanen 2011, 62)

Kylmä ilma aiheuttaa ongelmia kaivoksella oleville lukuisille laitteille. Kylmä talvi on erityisesti avolouhoksien ongelma. Jää sekä veden, lumen tai kuuran jäätyminen muodostavat suurimmat kylmän ilman aiheuttamat ongelmat. Talvella kosteus tiivistyy rakennuksiin, kuten nostotorniin, aiheuttaen raja-antureiden jäätymistä ja näin ollen myös ongelmia mekaanisessa toiminnassa. Kuljettimet kuljettavat materiaalia sisä- ja ulkotilojen välillä, jolloin lämmin ja kostea materiaali jäätyy hihnaan kiinni. Kostean materiaalin jäätyminen on ongelmana myös va-

rastoinnin ja kuljetuksen aikana, jonka vuoksi rikasteet pyritään saamaan mahdollisimman kuiviksi. Myös metallien lujuudet laskevat pakkasen vaikutuksesta. (Rissanen 2011, 62)

4.3 Kunnossapitokustannukset kaivosteollisuudessa

Komonen (1998) toteaa väitöskirjassaan kunnossapitoyhdistyksen 1990 -luvulla keräämään aineistoon perustuen kaivostoiminnan kunnossapitokustannukset korkeimmaksi kaikista teollisuuden aloista. Kustannukset olivat silloin 13,5 % liikevaihdosta.

Kaivosten käyttökustannuksista pelkästään kunnossapitokustannukset voivat olla 20–30 %, joista rikastamoiden osuus on jopa 51 % (Hakapää & Lappalainen 2009, 330). Vuolakka (2011) toteaa että Kemin kaivoksen rikastamon kunnossapitokustannuksien osuus (sisältäen palkat) rikastamon tuotantokustannuksista on ollut 35 - 40 %. Raikisto (2013) toteaa kunnossapidosta kaivosteollisuudesta, että Kunnossapitokustannukset ovat korkeat sisältäen 20 - 30 % kaikista kaivoksen kustannuksista. Kunnossapitokustannukset jakaantuvat karkeasti siten, että 40 % menee itse kaivokseen, 50 % rikastamoon ja vajaat 10 % muiden osastojen kunnossapitokustannuksiin (geologia, osto/varastot, laboratoriot, suojele). Rahallisesti tämä tarkoittaa esim. Talvivaaran, Kittilän Suurkuusikon kaivoksen ja Kevitsan osalta noin reilun 100 miljoonan osuutta vuosibudjetista.

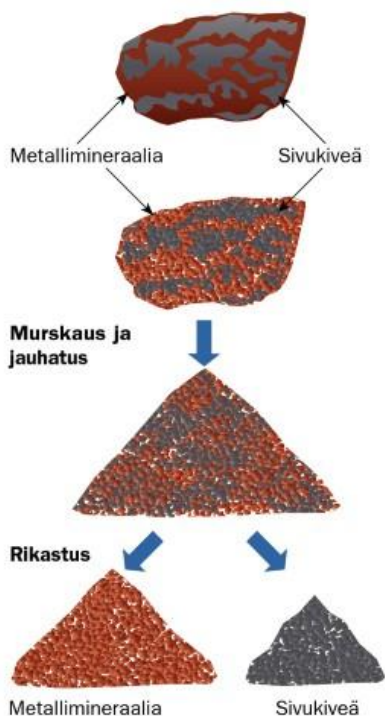
Jo näihin rajallisiin suomalaisesta kirjallisuudesta löytyviin kustannustietoihin vedoten voidaan todeta, että kunnossapitokustannusten osuus kaivoksen kokonaiskustannuksista on merkittävä. Lisäksi rikastamo osuus laitoksena on suuri ja useissa tapauksissa se suurin.

4.4 Kaivoksen rikastamo

4.4.1 Rikastusprosessi

Rikastuksen tavoitteena on nostaa kaivoksesta louhitusta raaka-aineesta (malmi) eli syöttestä saatavan tuotteen arvoainepitoisuutta. Rikastusprosessissa malmista erotetaan arvoaineita sisältävät mineraalit arvottomista mineraaleista (Kauppila, Räisänen & Myllyoja 2011, 26). Malmi sisältää metalli- ja sivukivi- eli harmemineraaleja. Usein louhitun malmin metallipitoisuus on merkittävästi pienempi kuin malmikiven sisältämien puhtaiden mineraalien. Tällöin malmi rikas-

tusta varten murskataan ja jauhetaan sellaiseen hienouteen, että metalli- ja sivukivimineraalirakeet ovat erillään toisistaan. Tämän jälkeen suoritetaan kuvassa 6 esitetty metalli- ja sivukivimineraalien erotus. (Teknologiateollisuus 2013) Rikastuksen tuotetta sanotaan rikasteeksi, jota käytetään mineraalin tai metallin jatkojalostuksen raaka-aineena.



Kuva 6. Rikastusprosessin periaate (Teknologiateollisuus 2013).

Malmin hienonnutusprosessi koostuu murskaus-, jauhatus- ja luokitusvaiheista. Kombinaatioprosesseissa hienonnutus- ja erotusprosessivaiheet ovat monivaiheisia ja voivat käyttää eri menetelmiä. On olemassa tyypillisiä rikastusprosesseja ja ainutkertaisia tietyille malmeille erikseen kehitettyjä. (Mörsky 2011). Rikastusprosesseja voidaan käyttää erillisinä yksittäisinä käsittelymenetelminä, mutta usein menetelmiä yhdistetään keskenään (Kauppila ym. 2011, 26). Matalapitoisille malmeille on yleensä kehitettävä omat rikastus- ja metallurgiset pro-

sessit ja niiden yhdistelmät verrattuna korkeamineraalipitoisiin malmeihin. Rikastusmenetelmät perustuvat hyödynnettävän malmin mineralogiaan. (Mörsky 2011)

Rikastusprosessi koostuu hienonnuks- ja erotusvaiheista ja märkäprosesseissa vedenpoisto vaiheesta. Sovellettava tekniikka määräytyy sekä arvo- että jätemineraalien perusteella. Hienonnuksessa ja erotuksessa voidaan kombinaatioprosesseissa käyttää useita eri menetelmiä, mutta jokainen malmi vaatii yleensä kehitettävän oman yksilöllisen prosessointitavan. (Mörsky 2011)

4.4.2 Rikastusmenetelmät

Kaivosteollisuudessa rikastuksella tarkoitetaan arvomineraalien erotusprosessia malmista, jossa aineen rikastusastetta jonkin sisältämänsä komponentin suhteen nostetaan. Erotusmenetelmät voivat perustua mineraalien eroihin pintaominaisuuksissa, magneettisiin ominaisuuksiin, sähköisiin ominaisuuksiin tai ominaispainoeroihin. (Mörsky 2011)

Tyypillisimmät rikastusmenetelmät ovat (Teknologiateollisuus 2013, Mörsky 2011, Kauppila ym. 2011):

- 1. Vaahdotus - perustuu mineraalien pintaominaisuuksien eroihin lietteessä, hydrofobisuus ja /tai hydrofiilisyy -ominaisuuksiin.**

Vaahdotus on hienojakoisten malmien tärkeimpiä rikastusmenetelmiä. Vaahdotus tapahtuu malmilietteellä täytetyissä vaahdotuskennoissa. Sopivan lisäaineen avulla säädetään lietteen sähkökemialliset olosuhteet sopiviksi. Näin saadaan tietyt malmirakeet kiinnittymään ilmakehään ja kohoamaan pinnalle, josta ne kuoritaan pois. Rakeet, jotka eivät ko. olosuhteissa kiinnity ilmakehään, laskeutuvat kennon pohjalle ja poistetaan kennosta lietteenä pois. Vaahdotus tehdään useammassa vaiheessa riittävän saannon ja lopullisen rikasteen puhtauden varmistamiseksi.

- 2. Tiheyseroihin perustuva rikastus - perustuu mineraalien ominaispainoeroihin.**

Ominaispainoerotus perustuu malmi- ja harmerakeet eri ominaispainosta johtuviin vajoamisnopeuseroihin nesteessä. Menetelmä sopii malmeille, joissa arvomineraalin ominaispaino on huomattavasti suurempi kuin arvottomien mineraalien ominaispaino. Väliaineen tiheyttä voidaan vielä säätää tekemällä siitä liete,

jonka tiheys on malmimineraalin ja harmemineraalin välillä. Tällaista menetelmää kutsutaan raskasväliaine-erotukseksi. Tiheyseroja käytetään Sink float -tyyppisessä erotuksessa, joihin lukeutuvat mm. sykloni-/kartioerotin-, rumpuerotin-, ruuvierotin-, tärypöytä- ja kierukkarikastus sekä hytkyttimillä toteutettu rikastusprosessi.

3. Magneettierotus - perustuu mineraalien magneettisten ominaisuuksien eroihin.

Erotus tehdään joko kuivana tai märkäerotuksena lietteestä. Magneettierotusta käytetään yleisemmin rauta- ja kromimalmien käsittelyssä.

4. Poiminta - perustuu mineraalien optisten tai analyyttisten ominaisuuksien eroihin.

Poimintaa on aiemmin suoritettu käsinlajitteluna, mutta nykyisin teknologinen kehitys on korvannut ihmistyönä suoritettua poimintaa täysin. Esimerkiksi timantteja poimitaan materiaalivirrasta puhaltamalla ne paineilmalla keräilyyn timantin optisiin ominaisuuksiin perustuvan mittauksen perusteella.

5. Elektrostaattinen erotus - perustuu mineraalien erilaisiin pintavarauks- ja sähköjohtavuusominaisuuksiin.

Elektrostaattisessa ts. sähköstaattisessa rikastuksessa käytetään hyväksi mineraalien erilaisia sähköisiä konduktanssiin, influenssiin ja ionisaatioon perustuvia sähköisiä ominaisuuksia. Onnistumiseen vaikuttaa mineraalin permittiivisyys, tiheys, raekoko ym. ominaisuustekijät.

6. Liuotus - perustuu mineraalien erilaisiin liukoisuusominaisuuksiin.

Liuotusta käytetään yleensä helposti liukenevien malmien käsittelyyn tai mineralogisesti vaikeammin esim. vaahdottamalla rikastettavien malmien käsittelyssä. Liuotuksessa arvometallit erotetaan malmista erilaisilla liuottimilla, kuten hapoilla tai syanidilla. Liuotusta käytetään myös saannon parantamiseen. Metallimalmien liuotusta tehdään joko tankki- tai kasaliuotuksena. Liuotusta voidaan tarvittaessa tehostaa bakteereilla tai liuotus voi perustua bakteeritoimintaan (esim. Talvivaaran bioliuotus).

7. Biotekniikka - perustuu bakteereiden käyttämiseen suoraan rikastusmenetelmänä tai rikastuksen apuna.

Biotekniikkaa voidaan käyttää apuna liuotuksessa, vaahdotuksessa ja flokkulaatioissa. Yksi biotekniikan sovellutus on bioliuotus. Bakteeritoiminnan aiheuttama metallien liukenemistä tapahtuu jokaisessa sopivassa malmiossa, sillä niitä kasvaa kaikissa sulfidimalmeissa luonnostaan. Teollisesti prosessia nopeutetaan huomattavasti säätämällä olosuhteet bakteereille sopiviksi sekä kasvattamalla malmin pinta-alaa murskaamalla. Bioliuotuksella saadaan talteen kultaa, kuparia, sinkkiä ja Suomessa myös nikkeliä (Talvivaaran biokasaliuotus). Alhaisten operointikustannusten vuoksi menetelmä on kannattava myös sellaisilla esiintymillä, joilla metallipitoisuus on alhainen.

4.4.3 Rikastamon suunnittelun lähtökohdat

Jokainen rikastamo on erityinen, koska louhittava malmi on yksilöllinen jokaisessa kohteessa. Samoin rikastusprosessit eroavat toisistaan suuresti. Rikastamon prosessinsuunnittelu lähtee tarpeesta rikastaa louhitusta malmista halutut mineraalit taloudellisesti kannattavimpaan rikastusasteeseen. Taloudellisesti kannattavan rikastusasteen määrää jatkojalostusprosessin asettamat vaatimukset sekä kuljetuskustannukset jatkojalostusprosessiin. Rikastamo suunnitellaan louhitun malmin ja halutun rikastustuloksen ehdoilla.

Uuden malmin prosessin ja laitoksen suunnittelu alkaa malmin ominaisuuksien määrittelyllä. Ensimmäisenä askeleena määritellään malmin geologiset ominaisuudet, kuten malmityyppi, halutun mineraalitekien jakautuminen ja koko syötössä, yksityiskohtainen mineralogia, malmityypit ja muut esiintymän ominaisuudet. Lisäksi on selvítettävä malmi- ja sivukivimineraalit sekä suoritettava syötteen kemialliset analyysit. (Mörsky 2011)

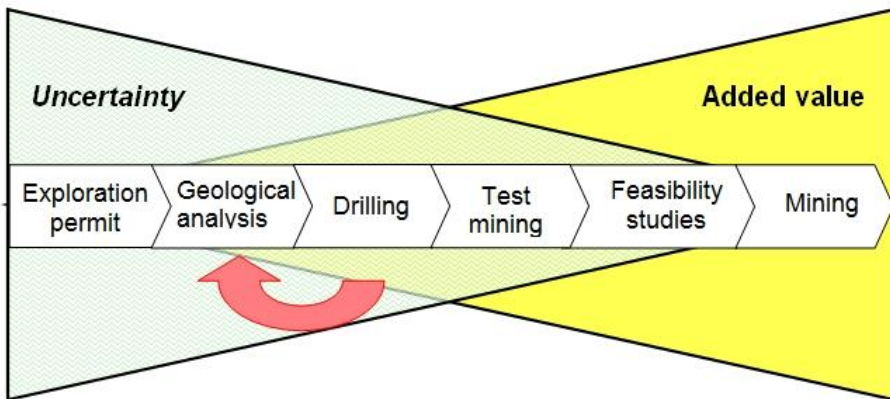
Toisena askeleena on määrittellä malmin louhintaominaisuudet. On määritettävä eri malmityyppien louhintatavat. Käytetäänkö Avoulouhos- vai maanalaista louhintaa. Suunnitteluvaiheessa on erityisen tärkeää tietää rikastamolle syötteenä saapuvan louhittavan malmin koko, sivukivilaimennus ja mahdollisuudet sekoittaa louhittavia malmityyppejä. Toisin sanoen on suoritettava rikastamon syötteen estimointi mahdollisimman tarkasti, mahdolliset estimoinnin virheet huomioon ottaen. (Mörsky 2011)

Kolmas askel on määrittää malmin rikastettavuusominaisuudet. Pohjatietona tähän käytetään malmin mineralogisia tietoja sekä malmin kemiallisten analyysien tuloksia. Malmin rikastettavuusominaisuudet tutkitaan useissa kokeellisissa eri

mittakaavan testeissä. On suoritettava laboratoriotestejä, mini-pilot -tutkimuksia testilaboratorioissa sekä lopuksi tuotantomittakaavaiset pilot -tutkimukset tarkoitukseen sopivalla toisen kaivoksen rikastamalla. Rikastettavuusominaisuustesteissä tutkitaan eri rikastus teknologiat sekä testataan vaihtoehtoiset hienonnu- ja erotusmenetelmät. (Mörsky 2011)

4.4.4 Rikastamon toteutuksen lähtökohdat

Rikastamon suunnittelu on osa koko kaivostoiminnan suunnitteluprosessia. Kuvassa 7 on esitetty pääpiirteet kaivostoimintaan tähtäävän arvoketjun päävaiheet.

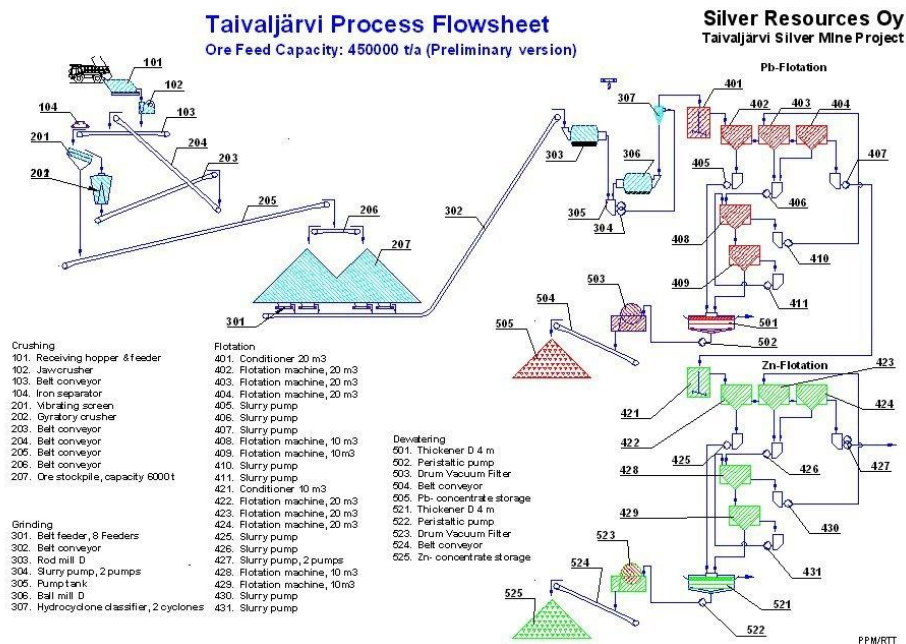


Kuva 7. Arvoketju malmitutkimuksesta kaivokseksi (Sotkamo Silver Oy B 2013).

Ennen varsinaisten rikastusprosessin suunnitteluiden käynnistämistä tehdään Prefeasibility studies ja Basic engineering -selvitys. Joissakin projekteissa tarvitaan suunnittelun ja päätösten tueksi vielä yhdessä tai useammassa kohteessa suoritettavia täyden mittakaavan rikastustestejä. (Mörsky 2011) Onnistunut prosessisuunnittelu pohjautuu eri puolilta malmiesiintymää otettujen edustavien näytteiden monipuoliseen testaukseen ja tulosten luotettavan tulkintaan (SRK Consulting 2013). Näiden selvitysten pohjalta tehdään bankable feasibility studies, joka sisältää kaivostoiminnan taloudellisen kannattavuuden laskelmat sekä tarpeelliset toiminnan rahoituksen saamiseen. Mikäli kaivostoiminnan käynnistäminen näyttää näiden selvitysten jälkeenkin taloudellisesti kannattavalta, aloitetaan kaivoksen ja rikastamon yksityiskohtainen suunnittelu eli detail engineering. (Mörsky 2011)

4.4.5 Rikastamon suunnittelun lähtöarvot

Basic engineering -selvityksessä suunnitellaan rikastuslaitoksen pääkohdat. Rikastamon suunniteltu ulostulokapasiteetti ja rikastustestien tukosten perusteella luodaan rikastusprosessikaavio (Kuva 8) sekä määritellään prosessin virtaukset (Mörsky 2011). Mitoituksen lähtöarvona on laitoksen ulostulokapasiteetti. Rikastamon mitoituksen tärkeänä lähtöarvona on onnistunut massataselaskennasta. On huomattava, että eri syöttökapasiteeteille tarvitaan eri laskelmat. Rikastusprosessi on mallinnettava oikeilla malmin lähtö- ja lopputuotearvoilla. Mallinnusta on myös haarukoitava poikkeavilla arvoilla, koska prosessi- ja tuotearviot vaihtelevat ja sisältävät epätarkkuutta.



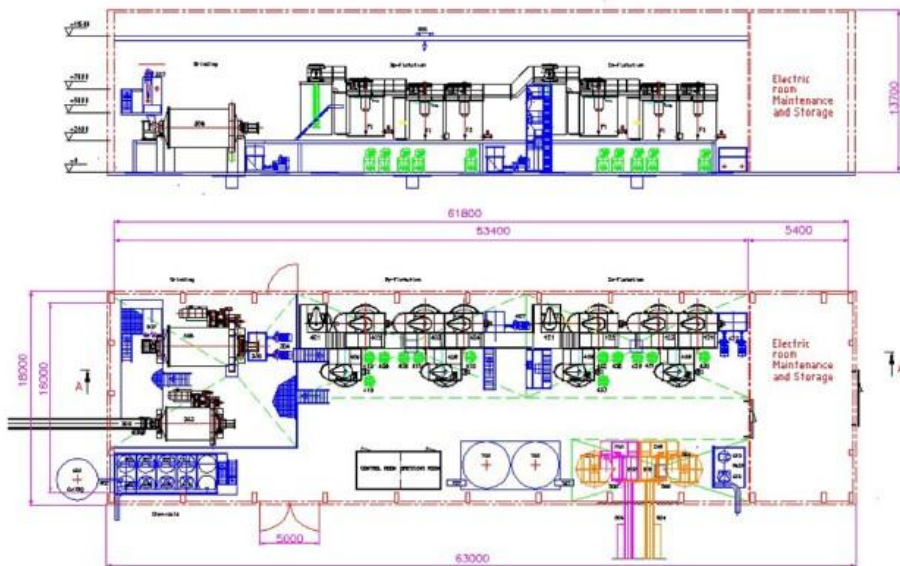
Kuva 8. Taivaljärven rikastamon suunniteltu prosessikaavio (Sotkamo Silver 2013).

Rikastamon mallinnuksen alkutoimenpiteenä määritellään parametrit metallurgisen prosessilaitoksen mallin suunnittelua varten. Mallipohja sisältää kaikki prosessointia koskevat ja metallurgiset malliparametrit sekä yksittäisten laitteiden

ja laitoksen eri alueiden käynnissä oloajat ja toiminta-alueet sekä realistiset mitoitusmarginaalit. Kaikki reagenssi- ja kulutushyödykedarpeet määritellään selvästi ja huomioidaan käyttökustannusten arvioinnissa. (SRK Consulting 2013)

Näitä parametreja käyttämällä varmistetaan suunnitellulle laitokselle oikea massa- ja metallurginen tasapaino, josta todetaan tonnimäärien ja materiaalivirtojen nopeuksien vaihteluvälit eri puolilla piiriä. Tietojen perusteella mitoitetaan laitoksen tarvitsemat yksittäiset laitteet ja määritellään niiden tekniset vaatimukset. Tämän jälkeen pyydetään yleisesti tunnetuilta laitetoimittajilta detaljitiedot laitteista ja niiden käyttökustannuksista. (SRK Consulting 2013)

Rikastamon laitteiden detaljitietojen pohjalta lasketaan tarvittava Laitteistojen määrä ja niiden koko sekä suunnitellaan samalla laitoksen layout (kuva 9). Tässä vaiheessa selvitetään myös investointikustannukset ja pyydetään budjetin mukaiset tarjoukset laitevalmistajilta. (Mörsky 2011). Kun laitetiedot ovat käytettävissä, laaditaan luettelo sähkökuormituksista valittujen laitteiden ja käynnissä oloaikojen perusteella, josta lasketaan laitoksen sähköntarve ja arvioidaan laitoksen käyttävän sähkön kustannukset. (SRK Consulting 2013) Kustannuksiin lasketaan myös asennuskustannukset sekä arvioidaan laitoksen muut käyttökustannukset, jotka koostuvat mm. tarvittavasta henkilöstöstä ja sen kustannuksesta, prosessikemikaaleista sekä tarveainekustannuksista, kunnossapitokustannuksista ja analyysikustannuksista. Myös ulkopuolisen työn, urakoitsijoiden, kustannukset on muistettava laskea käyttökustannuksiin (Mörsky 2011).



Kuva 9. Rikastamon layout esimerkki (Mörsky 2011).

Rikastuskaavioiden perusteella kehitetään edelleen putkisto- ja instrumentointikaaviot käyttämällä massatasetta putkiston ja venttiilien koon määrittämiseen. Instrumentointisuunnittelussa on otettava huomioon paikalliset olosuhteet ja alan normien mukaisesti laitoksen toiminnalliset kuvaukset sekä instrumentointiprosessin tekniset erittelyt. (SRK Consulting 2013)

Rikastamon tekniseen suunnitteluun kuuluu myös erinäisiä teknisiä detaljisuunnitelmia, kuten teräsrakenteita koskevat vaatimukset, tie- ja vesirakennus- ja betonityöt, sähkötyöt, valvontajärjestelmät. (SRK Consulting 2013) Myös tarvittavan infrastruktuurin investointikustannukset laitoksen sijaintipaikkaan selvitetään mahdollisimman kattavasti (Mörsky 2011). Mitä suurempi tarkkuus, sitä enemmän vaaditaan teknistä suunnittelua (SRK Consulting 2013).

5 KUNNOSSAPIDON SUUNNITTELU KAIVOSTEOLLISUUDESSA

Kilpailu Euroopan talousalueella on tällä hetkellä kovaa. Vuosituhannen vaihtumisen jälkeen voimistunut globalisaatio on johtanut tilanteeseen, jossa teollisuuden valmistuskapasiteettia siirretään pois EU:n alueelta. Uutta valmistuskapasiteettia rakennetaan suuressa määrin kasvaville talousalueille Brasiliaan, Venäjälle, Intiaan ja Kiinaan. Näissä talouskasvu on hyvin voimakasta ja lisäksi raaka-aine, työvoima ja energia ovat yleisesti ottaen halvempaa kuin EU:n alueella. Tämän talouskasvun painopisteen siirtymisen seurauksena entisten kolmannen maailman maiden yritykset ovat osittain jo ottaneet ja ottavat edelleen kiinni huippuosaamistamme.

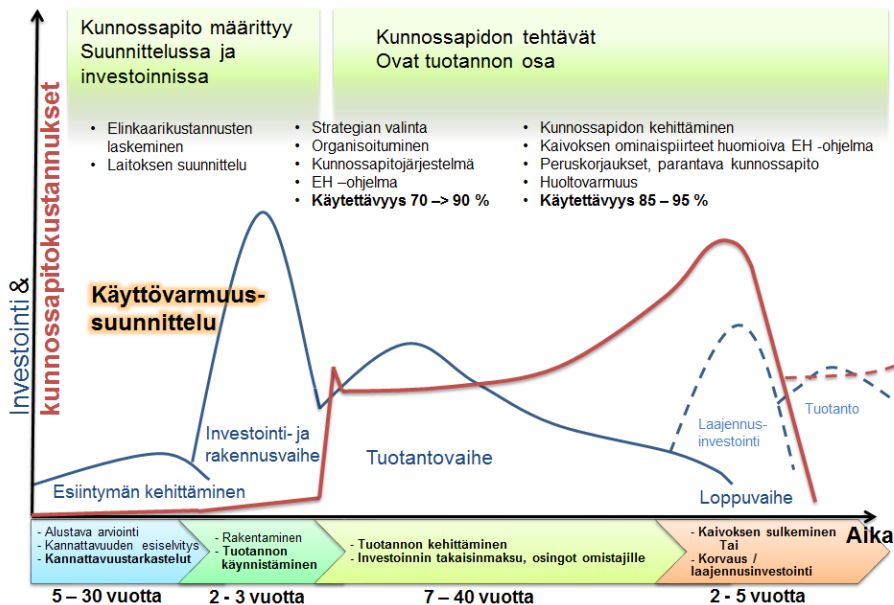
Tapahtuneen murroksen seurauksena joudutaan tekemään uudelleenjärjestelyitä. Pääomavaltaisessa teollisuudessa ja infrastruktuuri-investoinneissa käyttöomaisuuden tuottavuudelle on asetettava tulevaisuudessa entistä enemmän painoa. Kiristynyt kilpailu ja yritysten pääomantuotto- ja käyttökattavuus edellyttävät pääoman kiertonopeuden nousua entisestään. Oma tuotantokapasiteettiä on pakko sopeuttaa. Tämä merkitsee edelleen sitä, että teollisuuden tulosodotusten vähyydestä johtuen investointiaste pysyy alhaisena. Jotta muuttuneesta tilanteesta selvitään pitää teollisuuden käyttövarmuuden ja käyttöasteen nousta. Koska uudet, valtavat ja nopeasti kehittyvät markkina-alueet imevät maailmanlaajuisesti valtaosan investoinneista ja kehityspanoksista, on EU:n ja Suomen kyettävä olemaan maailman markkinoilla kilpailukykyinen ikääntyvällä koneistolla. Kunnossapidolle yleensä tämä on erittäin haasteellinen paikka.

Jotta kunnossapito toiminnan riittävä taso pystytään määrittelemään ja toteuttamaan, on kunnossapidon suunnittelussa ja toteutuksessa onnistuttava hyvin. Tähän onnistumiseen vaikuttaa oma ja ulkopuolelta hankittu osaaminen, sekä laitoksen kunnossapito-organisaation rooli eri tehtävissä. Tarvittavat kunnossapitostrategiat tulee valita ja laitekohtaiset toimenpiteet määrittää laitoksen kunnossapitotoiminnan sisällä. Sen avulla lopullisesti päätetään, millä keinoilla lopullisiin tavoitteisiin päästään. (Alen & Kautto 2012)

5.1 Käytettävyystavoitteet ja käyttövarmuussuunnittelu

Kaivoksen suunnittelu- ja hankintavaiheessa määritetään käytettävyys- ja kunnossapidettävyyss tavoitteet, eli luodaan pohja kunnossapidon roolille (Ojansivu 2012). Tähän haasteeseen on vastattava oikein toteutetulla, oikea-aikaisella käyttövarmuussuunnittelulla (kuva 10).

Kunnossapitosuunnitelmien (käyttövarmuussuunnittelu) tuloksia arvioidaan kuitenkin vasta tuotantovaiheessa, usein liiketoiminnan asettamien tavoitteiden kautta. Tämä asettaa laitoksen käytölle ja kunnossapidolle haasteita, sillä niiden tehtävä on varmistaa, että näin myös tapahtuu. Sama haaste on myös laitetoimittajalla ja sen huolto-organisaatiolla, jonka tavoitteena on, että asiakas saa tavoittelemansa hyödyn kustannustehokkaasti ja on tyytyväinen hankintaansa. Tässä mielessä kaikkien osapuolien tavoitteet ovat yhtenevät. Asetettujen tavoitteiden saavuttaminen tarkoittaa sitä että laitos toimii suunnitellusti, eikä suunnittelemattomia seisokkeja tai tuotantohäiriöitä ilmene. Laitoksen on oltava myös päivitettävissä tuotantotavoitteiden muuttuessa. Täten myös kunnossapidon ja laite- ja prosessikehityksen tavoitteiden on oltava yhteneviä. (Alen & Kautto 2012)



Kuva 10. Käyttövarmuussuunnittelu (mukailten, Ojansivu 2012).

Varsinaisesti laitoksen toiminta-aikana (kuva 10) kunnossapito keskittyy ehkäisevään- ja parantavaan kunnossapitoon, häiriökorjauksiin sekä kunnossapitovarmuuden ylläpitoon ja kehittämiseen (Alen & Kautto 2012). Toiminnan alussa ajetaan kunnossapito-organisaatiota käyntiin sekä luodaan toiminnan käytänteet. Ennakkohuolto on toteutettu pääsääntöisesti laitetoimittajien toimittaman ennakkohuolto-ohjelman mukaan. Käyttövarmuuden kehittyminen on kytköksessä koko kunnossapidon toiminnoiden kehittymiseen. Tähän kuuluvat mm. kaivoksen ominaispiirteiden huomioiminen laitteiden ennakkohuolto-ohjelmissa, Kunnossapidon toimintamallien vakiinnuttaminen, hyvien käytänteiden vakiinnuttaminen, prosessin hallinta, historia- ja hiljaisen tiedon hyödyntäminen, kuntoon perustuvan kunnossapidon ja ennakoivan kunnossapidon osuuden lisääminen sekä laitteiden elinkaaren pidentäminen parantavalla kunnossapidolla.

5.2 Kunnossapitostrategian luominen

Strategia on työkalu vision toteuttamiseksi. Myös tulevaisuuden kuva vaikuttaa strategian valintaan. Ne asiat mitkä otaksutaan olevan nyt ja jatkossa nousevia trendejä vaikuttavat valintaan. Trendit on tunnistettava. Samoin on onnistuttava tunnistamaan tai luomaan se strategia joilla visio on saavutettavissa.

Kaikkiin toimenpiteisiin, jotka tähtäävät kilpailuetua ja kannattavuutta nostaviin päämääriin tuotantoa harjoittavassa yrityksessä, kuuluu olennaisena osana vaatimus tuotannon ehdottomasta luotettavuudesta ja korkeasta tehokkuudesta. Kysymys: ”Onko koneiden luotettavuus ja tehokkuus mahdollista vasta, kun yritys on saavuttanut tietyn kehitystason? Vai ovatko ne välttämättömiä edellytyksiä korkean tason saavuttamiseksi” antaa kumminkin päin kysyttynä vastauksen kannattavuuden ja luotettavuuden riippuvuussuhteen. (Tuomien 2010, 4)

Standardin PSK 620:2011 mukaan kunnossapitostrategia määrittelee kunnossapidon valinnat, joilla saavutetaan asetetut liiketoiminnalliset tavoitteet. Kunnossapitosuunnitelma vastaavasti määrittelee yksityiskohtaiset toimenpiteet, joilla kunnossapitostrategia toteutetaan.

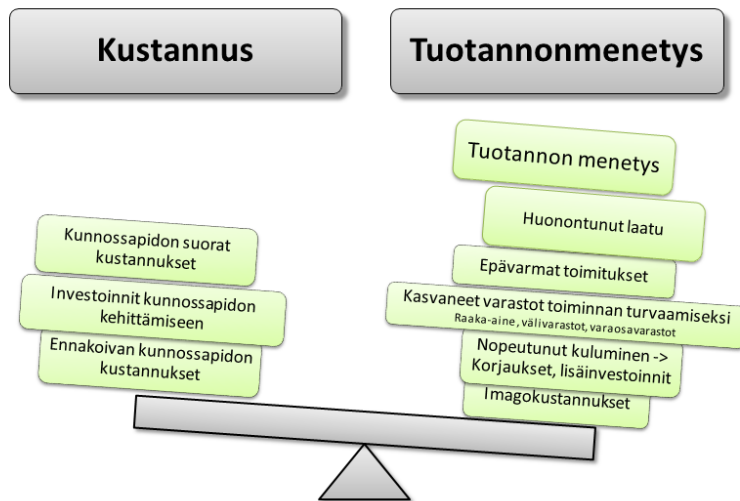
Kunnossapitostrategiasta merkittävän osan muodostaa kuntoon perustuva kunnossapito. Kunnossapitostrategia määrittelee miten, ja millaisin edellytyksin ja tavoittein yrityksen kunnossapito toimii. Kunnossapidon strategisia valintoja ohjaa ja määrittää liiketoiminnalliset tavoitteet. Näin liiketoiminnalliset tavoitteet

määrittävät myös miten laitoksen kunnossapitoa hoidetaan, miten kuntoon perustuva kunnossapito ja kunnonvalvonta hoidetaan. Näin ollen myös yrityksen operatiiviselle johdolle tulee perustason ymmärrys, miten eri kunnossapidon toimintamallit vaikuttavat kokonaiskustannuksiin ja tuottoihin sekä tuotannon toteutumiseen. Ilman tätä on vaarana että kunnossapidolle asetetut tavoitteet ja käytettävät resurssit ovat ristiriidassa. (Mikkonen ym. 2009, 103)

Monet suoraan kunnossapitostrategiaan ja strategian luomiseen liittyvät asiat reunaehtoineen määritellään kunnossapito-osaston ulkopuolella. Tällaisia ovat henkilöstölinjaukset, toimintojen ulkoistukseen ja palveluiden hankintaan liittyvät asiat sekä pääosa tietojärjestelmiin liittyvistä asioista. (Mikkonen ym. 2009, 103) Osto-, varasto-, prosessinohjaus- ja tuotannonohjausjärjestelmien yhteensovittaminen kunnossapitojärjestelmän kanssa on onnistuneen yrityksen tietojärjestelmäintegraation ehto. Toteutuvasta järjestelmäpaletista, järjestelmäintegraatiosta pitää olla kokonaiskuva ennen ensimmäisen tietojärjestelmäosan hankintaa.

Myös prosessilaitteiden viimekäden hankintapäätökset ja -päätösten linjaukset tehdään yrityksen tuotannon- ja liiketoiminnan johtamisen johtotasolla. Yksi kunnossapidon johdon tärkeistä velvollisuuksista on kommunikoida liikkeen johdolle faktat oikein, niin että päätöksissä huomioidaan kunnossapitonäkökohdat ja että kunnossapito saa tarvitsemansa resurssit. Toimiva kunnossapito- ja tuotannonjohdon vuoropuhelu on avain asemassa kunnossapito-organisaation luontvaiheessa ja sitä edelleen kehitettäessä. (Mikkonen ym. 2009, 103)

Kunnossapitostrategiaa kehitettäessä on päästävä kustannuksissa tasapainoon (kuva 11). On ymmärrettävä että kunnossapidettävyyteen, kunnossapitovarmuuteen ja käyttövarmuuteen sijoitetuilla kustannuksilla ostetaan häiriötön tuotanto ja sitä kautta korkea käyntiaste. Häiriöttömyys on myös laadun tae sillä tuotantoprosessin parhaan laadun saavuttaminen vie aina prosessin käynnistyksen jälkeen oman aikansa. Häiriöttömyys on myös sitä, että prosessia voidaan ajaa optimiteholla kaikkien laitteiden ollessa kunnossa. Käyttövarmuus on myös tuotantovarmuutta ja sitä kautta myös toimitusvarmuutta. Prosessin häiriöttömyys heijastuu paremmin hallittuna ja pienempänä ympäristökuormana sekä parempana työturvallisuutena, koska ”tulipalon sammutusta” on vähemmän. Nämä heijastuvat tänä päivänä nopeasti yrityksen imagoon.



Kuva 11. Kunnossapidon kustannusten tasapainottaminen (EDU.fi 2013).

Viimeisen parin vuosikymmenen aikana kunnossapidon johtamiseen on kehitetty runsaasti erilaisia toimintakehyksiä eli toimintamalleja. Usein kunnossapidon toimintamalleja esiteltäessä pidetään omaa toimintamallia ”ainoana oikeana” ja tähän siirryttäessä jokaisessa kohteessa tehokkuutta nostavana uutena ”aatteenä”. Monesti näin onkin, koska uudempi on yleensä parempi ja tehokkaampi. Toisaalta on ymmärrettävä, että siirtyminen tähän ”uuteen” palvelee lähes poikkeuksetta esittäjänsä intressejä. (Järviö & Lehtiö 2012, 112)

Toimintamallit voidaan jakaa kolmeen kategoriaan (Järviö ym. 2007, 85):

- Laatujohtannaiset toimintamallit, jotka keskittyvät työtehtävien suoritamiseen kerralla oikein. Tähän kuuluu mm. Six Sigma.
- Jatkuvan parantamisen toimintamallit, jotka keskittyvät kannustamaan kaikkia yhteiseen aktiiviseen toimintaan, jatkuvaan kehittämiseen ja motivoivat käyttäjää rakentamaan yhteistyötä yritysten muiden osastojen kanssa sekä huolehtimaan koneistaan. Tähän kuuluu mm. TPM (Total Productive Maintenance) ja Lean, jonka johdannainen TPM itse asiassa on.

- Tehokkaan kunnossapito strategiat, jotka keskittyvät tehokkaiden kunnossapitotoimintojen valintaan, kuten RCM (Reability Centered Maintenance) ja edellisestä johdettu kevyempi, ”virtaviivaistettu” SRCM (Streamlined Reliability Centred Maintenance) sekä näitä laajentaen Asset Management (käyttöomaisuuden hallinta), joka huomioi kunnossapitotarpeiden muutokset yrityksen sopeuttaessa käyttöastettaan eri markkinatilanteessa kysynnän ja tarjonnan vaihdellessa.

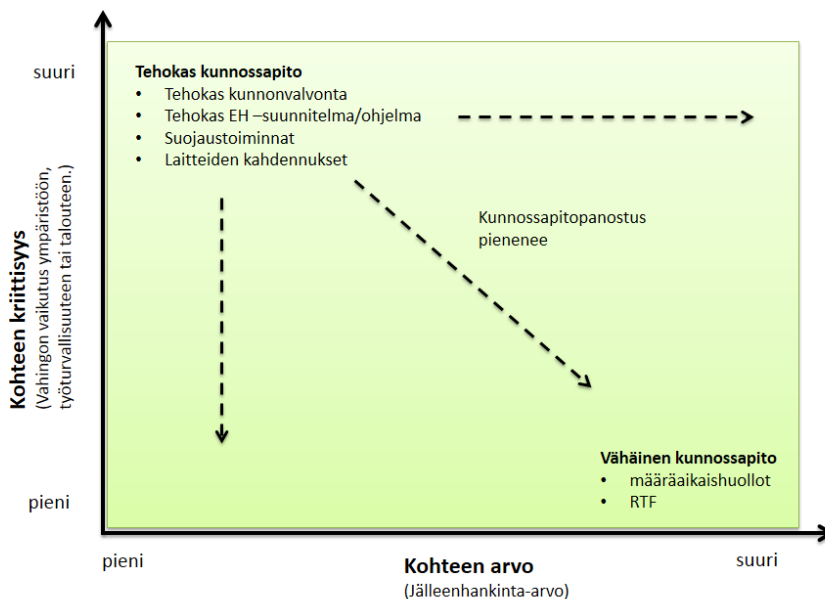
Hyödyntäen eri kunnossapidollisia toimintamalleja ja soveltamalla niiden teorioita saadaan yritykselle kehitettyä kunnossapitostrategia. Kunnossapitostrategian valitseminen ei ole täysin yksiselitteinen asia. Strategiaa suunniteltaessa on oltava kunnossapidollinen visio, johon strategialla tähdätään. Strategiatyökaluja valitessa on kiinnitettävä huomiota mm. prosessin ominaisuuksiin, henkilöstö- ja talousresursseihin. Strategia ei saa olla vain kunnossapitopäällikön tiedossa, vaan jokainen yrityksessä tietää päämäärän mihin tavoitellaan. (Hakonen 2012)

Kunnossapitostrategian valintaa ohjaa prosessin laitteiden (koneiden) kokoluokka, hankinta ja ylläpitokustannukset sekä vikaantumisen seuraukset (kriittisyys). On esitetty että teollisuudessa käytettävistä koneista vain 10 % on prosessin kannalta niin kriittisiä ja/tai kalliita, että niiden kunnossapito-ohjelma kannattaa laatia kallista ja aikaa vievää RCM -työkalua käyttäen. SRCM:ää on järkevä käyttää noin 1/3 koneista. Lopuille laitteille kannattaa laatia toimintaohjeet, joissa varaudutaan vain laitteen rikkoontumiseen (RTF, Run to Failure). Kun vaatimukset kasvavat (lentokoneteollisuus, ydinvoimalat), painopiste siirtyy kohti luotettavuuskeskeistä (RCM) kunnossapitoa. (Järviö & Lehtiö 2012, 112)

Nyrkkisääntö ehkäisevään kunnossapitoon tähtäävää strategiaa luotaessa on huomio, jonka mukaan 80 % vioista aiheutuu 20 % syistä. Kunnossapidon onnistumisen kannalta on oleellista, että nämä ”kuumat” laitteet pystytään löytämään. Valmistajien ennakkohuolto- ja kunnossapito-ohjelmia ei välttämättä kannata noudattaa turhan sokeasti, ellei ohjeita ole räätälöity juuri omaan käyttöön. Usein EH-ohjelmia uusittaessa valtaosa tehtävistä joudutaan hylkäämään, yleensä ylimitoituksen tai tehottomuuden johdosta. EH-ohjelman laatimista helpottaa, jos käytettävissä on hyvä ja luotettava laite-/vikahistoria, josta selviää, miten laitteet voivat rikkoontua. Valitettavan usein käytössä olevat tiedot ovat kuitenkin niin epäluotettavia, että suunnittelu on parempi ja helpompaa aloittaa

ns. puhtaalta pöydältä. Varsinaiset EH -strategioiden laatimistyökalut ovat melko uusia ja vielä vähän käytettyjä. (Järviö 2008)

Ehkäisevän kunnossapidon toimintamenetelmiä määritettäessä on hyvä noudattaa kuvan 12 periaatetta:



Kuva 12. Kunnossapitolajien valinta (Järviö ym. 2007, 86 mukailten).

Yksi perinteisen kunnossapidon perusongelma on epäonnistuminen laitoksen ehkäisevän kunnossapidon suunnittelussa. Koska yhtenäisiä ja tehokkaita menetelmiä sekä työkaluja ei ole ollut, on kunnossapito-ohjelmat suunniteltu koneiden valmistajien ohjeistuksen ja omien kokemusten perusteella. (Järviö & Lehtiö 2012, 159) Usein myös tuotannon suunnittelun, rakentamisen ja käynnistysvaiheen kiireet ovat ajaneet kunnossapidon suunnittelun perusteettomasti takalalle. Helposti ajatellaan, että ehkä myöhemmin kunnossapidon suunnitteluun on paremmin aikaa. Kuitenkin kunnossapitosuunnittelun sisällyttäminen prosessisuunnittelun osaksi on jo yleisesti nähty olevan elintärkeää onnistuneen käytövarmuuden toteutumiselle.

Nykyisin kaikilta suurilta laitevalmistajilta löytyy valmiit ennakkohuolto-ohjelmat koneille ja laitteille. Aloittavan laitoksen on kiusallisen helppoa lähteä liikkeelle näiden huolto-ohjelmien avulla. Laitevalmistajien ennakkohuolto-ohjelmat ovat usein ylimitoitettu. Ylimitoittamisesta on hyötyä laitevalmistajille, koska tällöin niiden riski takuukysymyksissä pienenee ja varaosamyynti kasvaa. Toisaalta kaivoksen kiven ominaisuuksien (kovuus, kuluttavuus) tai sääolosuhteiden (kylmyys, kosteus) takia ennakkohuolto-ohjelma voi olla kohteesta ja olosuhteesta riippuen myös alimitoitettu. Laitevalmistajan ohjeistus on laadittu yleisiä käyttökohteita ja ehkä jossain täysin toisenlaisissa sääolosuhteissa toimivaa referenssiä silmällä pitäen. Tämän vuoksi kaivoksen tulisikin pyrkiä räätälöimään ja optimoimaan ennakkohuolto-ohjelmat sellaisiksi, että ne ottavat kaivoksen ominaispiirteet ja paikalliset olosuhteet huomioon. RCM, SRCM ja Asset Management -strategioista löytyy jo työkaluja näihin tarkoituksiin.

Mikäli EH -suunnittelu toteutetaan laitevalmistajien ohjeistuksen pohjalta, on vaarana että kunnossapitoa tehdään merkittävästi liikaa. Englantilainen arvostettu kunnossapidon tutkija John Moubroy totesi Suomessa pitämässään seminaarissa, että suunnitellusta/ehkäisevästä kunnossapidosta jopa 40 % on tarpeetonta. Tyypillisiä esimerkkejä tästä on (Järviö & Lehtiö 2012, 159):

- Koneita avataan ja puretaan EH -ohjeistuksen mukaisesti toimintakunnonhavaitsemiseksi usein täysin turhaan. Tarpeettomilla purkamisilla lisätään helposti vikaantumisen todennäköisyyttä. Tyypillisiä tällaisia laiteryhmiä ovat sähkökoneet ja vaihteistot, joidenka toimintakunnon toteaminen tämän päivän tekniikoilla onnistuu parhaiden laitteiden käytössä. Onneksi tällaista toimintaa tehdään nykyään vähemmän.
- Kunnossapito kohdennetaan väärin tarpeettomiin kohteisiin. Perinteisessä kunnossapidossa sentit ja eurot kylvetään ilman selkeitä tuottovaatimuksia toivoen, että tulosta tulisi. Kilpailu kuitenkin pakottaa kunnossapitäjän panostamaan niihin kohteisiin, joista saavutetaan suurin tuotto (paras käyttövarmuus) ja jättämään muut kohteet vähemmälle.
- Ehkäisevää kunnossapitoa tehdään, koska sitä kuulemma pitää tehdä. Suunnitelmallisuuden puutteessa käytetään kuitenkin tehottomia ja jopa väärinä metodeja, joka taas laskee tekemisen motivaatiota entisestään.

- Koneiden ikääntyessä, valmistettavan tuotteen laadun tai tuotantomäärän muuttuessa tai valmistusprosessin muuttuessa alkuperäiset EH -ohjeet eivät enää vastaa todellista kunnossapitotarvetta. Mikäli EH -suunnitelmia ei ole alun perinkään tehty laitoksen omaan konekantaan suunnitellusti, laitoksen omalla asiantuntemuksella, on todennäköistä että niitä ei myöskään päivitetä ajan kuluessa. Tässä tarkoitetaan pääasiassa juuri laitetoimittajien EH-ohjelmia ilman omaa soveltamista.

Kunnossapitostrategian luomisessa määräävässä asemassa on yrityksen johdon asettamat päämäärät sekä johdon asettamat toteuttamisen edellytykset eli määritellyt resurssit. Nämä määräävät ja asettavat tavoitteet ja onnistumisen mittarit.

Kunnossapitostrategian luomisessa on erotettavissa 4. pääkysymystä, joidenka hahmottaminen on keskeisessä osassa valittaessa kunnossapitotoiminnan tasoa.

1. Tuotantostrategia kysymys
 - Mikä on prosessin käytettävyystavoite?
 - Millaiset tuotantokatkokset prosessi sietää ilman että tuotantotavoite vaarantuu?
2. Tuotantoprosessin kokonaisluotettavuus
 - Tuotantoprosessin osien yhteistoiminta siten, että koko prosessi tuotanto ei vaarannu. Tällä tarkoitetaan osaprosessien vikaherkkyttä sekä -kriittisyyttä.
3. Tuotantoprosessin välivarastopolitiikka
 - Millaiset tavoitteet on asetettu tuotteen/välituotteen välivarastomäärille prosessissa. Tämä asettaa tätä kautta myös vasteajat kunnossapidolle.
4. Yhdistetty varaosavarasto- ja kunnonvalvontapolitiikka
 - Mitkä kriittiset osat löytyvät omasta varastosta, mitkä osat saatavissa varaosasopimisten kautta ja mitkä prosessilaitteet ovat ”vain” aktiivisen kunnonvalvonnan piirissä.

5.3 Kunnossapidon suunnittelun työkalut

Toimintansa aloittavan kaivoksen käynnistysprojektin alkuvaiheessa suunnitellaan toimiva organisaatio, valitaan avainhenkilöt ja osoitetaan riittävät määrärahat kunnossapitotoiminnan käynnistämiseksi. Laaditussa kunnossapitosuunnitelmassa määritellään oman kunnossapito-organisaation tehtävät sekä mahdolliset yhteistyörajapinnat ulkoisen palvelutarjoajan kanssa ja myös tämän yli. Samoin valitaan kunnossapitokonsepti (toimintastrategiat), kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmä (CMMS), dokumentaation hallinta, informaatiojärjestelmä (johdon työkalut), osto-, varaosien- ja tarvikkeiden hallintajärjestelmä yms. (Järviö & Lehtiö 2012, 114)

Toimivan kunnossapitosuunnitelman laatiminen vaatii työkaluja suunnittelun avuksi. Tilannetta (suorituskykyä) on kyettävä myös mittaamaan ja seuraamaan. Samoin toiminnan mittaamisen on jalkauduttava yrityksen talouden seurantajärjestelmiin (kustannuslaskenta ja budjetti). Kaiken kunnossapitotoiminnan on oltava myös raportoitavissa (sisäinen- ja ulkoinen raportointi). Lisäksi hyvät käytänteet on kyettävä niiden valmistuessaan vakiinnuttamaan (standardointi). (Järviö & Lehtiö 2012, 114) Työkaluja on monia, joista tässä kappaleessa esitetään vain muutamia, lähinnä kehitystehtävän haastatteluissa esille tulleita keskeisiä suunnittelun työkaluja.

5.3.1 Kunnossapito-ohjelman luomiset työkalu (RCM)

Kunnossapitostrategia työkaluista vanhin on RCM eli luotettavuuskeskeinen kunnossapito. Nimi johtaa hieman harhaan, sillä RCM on vain työkalu, jolla laaditaan kunnossapito-ohjelma. (Järviö 2008)

RCM:n kehitystyö lähti liikkeelle 1960-luvulla kun Yhdysvaltain ilmailuvirasto perusti työryhmän kehittämään lentokoneisiin soveltuvaa ennakoivaa kunnossapitoa, jossa tarvittiin systemaattinen menetelmä koneiden käyttövarmuuden lisäämiseksi. Siinä pyritään tekemään mahdollisimman vähän kunnossapitoa vaarantamatta kuitenkaan laitteen tai laitoksen toimintaa. Varsinaisen kunnossapitotoiminnan suorittamisen lisäksi yhtä tärkeänä tekijänä pidetään laitteiden suunnittelua ja sen kehittämistä kunnossapidettävyyden ja käyttövarmuuden lisäämiseksi. Tarkoituksena on harjoittaa systemaattista kunnossapitoa, joka mahdollistaa kaiken turhan pois jättämisen ja keskittymisen oleelliseen. (Mikkonen ym. 2009) Työryhmä kehitti huolto-ohjelmat, jotka perustuivat olettamukseen, että

vikaantuminen on ajasta riippuva tapahtuma. Projekti ei kuitenkaan saavuttanut toivottuja tuloksia ja perusteellisten testien tuloksena huomattiin, että ennakoivalla kunnossapidolla ei ollut juurikaan vaikutusta monimutkaisten laitteiden luotettavuuteen, ellei laitteella ollut yhtä selvästi tunnistettavaa vikaantumistapa. Toinen havainto oli että lentokoneissa oli paljon sellaisia osia, joille ei ollut olemassa tehokasta ennakoivan kunnossapidon ohjelmaa. Tämän seurauksena lentokoneiden huolto-ohjelma uusittiin. Ohjelma oli onnistunut ja vuonna 1974 Yhdysvaltain puolustusministeriö pyysi United Airlines -lentoyhtiötä valmistamaan raportin, jossa esitetään ne suuntaviivat, joiden mukaan siviililentokoneiden huolto-ohjelmat suunnitellaan. Raportti tehtiin ja sen nimeksi annettiin Reliability Centered Maintenance. (Järviö 2004)

Tämän jälkeen RCM -metodia on sovellettu ydinvoimaloissa, öljynjalostuksessa ja muussa teollisuudessa. RCM -metodi on raskas ja kallis käyttää, koska kunnossapidon suunnittelu aloitetaan puhtaalta pöydältä ja kaikki asiat tutkitaan perusteellisesti. Tulokset ovat kuitenkin olleet luotettavia. (Järviö 2004, Järviö 2008)

RCM on työkalumainen toimintamalli, jota apuna käyttäen kehitetään koneelle tai sen osalle kunnossapito-ohjelma. Oleellisinta on tuntee prosessi ja laitteet siten, että jokaiselle komponentille osataan rakentaa oikea kunnossapidon strategia. Kunnossapito suunnitellaan siten, että epäluotettavuuden riski poistetaan tai minimoidaan. RCM -menetelmää käyttäen kunnossapito voidaan suunnitella niin, että se toimii kustannustehokkaasti myös tavanomaisissa teollisuuslaitoksissa. (Järviö & Lehtiö 2012, 161)

RCM:n merkittävimmät päämäärät ovat (Mikkonen ym. 2009):

1. olla kurinalainen strategioiden ja menetelmien analysointityökalu, joka keskittyy oikean kunnossapitosuunnitelman laatimiseen.
2. priorisoida prosessiin kuuluvat laitteet ja näin kohdistaa kunnossapito sellaisiin laitteisiin, joissa sitä eniten tarvitaan. Tavanomaisimmat priorisointikriteerit ovat turvallisuus, kustannukset, ympäristövaatimukset sekä laatu
3. selvittää laitteiden vikaantumismekanismit. Näin luodaan pohja oikeiden ja tehokkaiden kunnossapitomenetelmien käytölle
4. kunnossapidon piiriin liitetään myös sellaiset raja ja turvalaitteet, jotka prosessin toimiessa ovat passiivisia

5. laatia sellaisille laitteille valmiit toimintaohjeet käytettäväksi vikaantumisen ilmettyä, joille ei löydy tehokkaita ehkäisevän kunnossapidon menetelmiä
6. käyttöhenkilökunta oppii seuraamaan kriittisten komponenttien toimintaa.

RCM -ohjelman raskaudesta johtuen markkinoille on kehitetty kevennetty versio SCRMM (Streamlined Reliability Centered Maintenance), joka on huomattavasti nopeampi ja helpompi käyttää. Erot verrattuna RCM:ään on suoraviivaistettu Kunnossapito-ohjelman laatimistyö, joissa strategioiden valinta on "vapaampi" kuin RCM-menetelmässä. SRCM:llä laadittu kunnossapito-ohjelma on hyvä ja luotettavuus riittävä, ellei luotettavuusvaatimus ole korostunut (kohteena esimerkiksi lentokone, ydinvoimala, off-shore sovellus, tms.). (Järviö 2004, Järviö 2008)

Käyttöomaisuuden hallintaohjelmat (Asset Management) sisältävät myös työkaluja kunnossapito-ohjelman laatimiseksi. Ohjelmissa määritellään ensin laitteistojen prioriteetit ja tämän mukaan kohdistetaan kunnossapito (taulukko 1). Six Sigma -menetelmä on myös käyttökelpoinen, mutta RCM:n lailla hidas ja kallis käyttää. (Järviö 2008)

Taulukko 1. Kunnossapito-ohjelman laatimismatriisi (© SmS Oy, lainattu Järviö 2008).

KRIITTISYYS	LAITTEEN KRIITTISYYS TAI ARVO (JHA)				
	1 TURVALLISUUS, YMPÄRISTÖ	2 YLI 100 k€	3 10–100 k€	4 1–10 k€	5 ALLE 1 k€
SUURI Epäkäytettävyys- kustannus yli 100 k€	Jatkuva seuranta Kunnonvalvonta Jäljellä olevan toiminta-ajan arviointi Huolto Monitorointi	Jatkuva seuranta Kunnonvalvonta Jäljellä olevan toiminta-ajan arviointi Huolto	Kunnonvalvonta Tarkastus Huolto Jäljellä olevan toiminta-ajan arviointi	Huolto Tarkastus Aikataulutettu vaihto	Huolto Tarkastus
KESKINKERTAINEN Epäkäytettävyys- kustannus 10–100 k€	Kunnonvalvonta Jäljellä olevan toiminta-ajan arviointi Huolto	Kunnonvalvonta Jäljellä olevan toiminta-ajan arviointi Huolto	Kunnonvalvonta Tarkastus Huolto	Tarkastus Huolto	Käyttö huoltaa RTF
MATALA Epäkäytettävyys- kustannus 1–10 k€	Kunnonvalvonta Huolto Tarkastus Suunniteltu korjaaminen	Kunnonvalvonta Huolto Tarkastus Suunniteltu korjaaminen	Huolto Tarkastus Kunnonvalvonta	Käyttö huoltaa RTF	Käyttö huoltaa RTF
EI-KRIITTINEN Epäkäytettävyys- kustannus alle 1 k€	Kunnonvalvonta Huolto Tarkastus Aikataulutettu korjaus	Kunnonvalvonta Huolto Tarkastus Aikataulutettu korjaus	Kunnonvalvonta Huolto Tarkastus	Käyttö huoltaa RTF	Käyttö huoltaa RTF

5.3.2 Vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi (FMEA)

Yksi tärkeimmistä onnistuneen kunnossapidon suunnittelun ja toteutuksen työkaluista on tehdä laitteille vika- vaikutus- ja kriittisyysanalyysi tarkastelemalla esimerkiksi vikaantumisen todennäköisyyttä, materiaalivahinkojen suuruutta, tuotantomenetyksiä, henkilöstö- ja ympäristöuhkaa sekä varalaitteiden saatavuutta (Järviö 2008).

Standardi SFS 5438 määrittää vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysin, englanninkieliseltä nimeltään FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) seuraavalla tavalla. Vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi eli VVKA on toimintavarmuuden analysointimenetelmä, joka tutkii potentiaalisia vikatiloja tuotteesta, prosessista tai organisaatiosta. Tarkoituksena on tunnistaa järjestelmän sellaiset viat, joiden seurauksilla on merkittävä vaikutus tarkasteltavan järjestelmän suorituskykyyn. Vika- ja vaikutusanalyysi (VVA) kohdistuu laitteeseen tai suoritukseen ja sillä tun-

nistetaan yksittäiset laiteviat ja selvitetään niiden vaikutus järjestelmään. Analyysiä voidaan soveltaa erilaisista tekniikoista ja niiden yhdistelmistä koostuviin järjestelmiin, sekä myös ohjelmistojen ja inhimillisten tekijöiden tutkimiseen. VVKA on VVA:n laajennus, johon kuuluu vioittumistapojen kriittisyyden ja esiintymistodennäköisyyden arviointi. Kriittisyydellä kuvataan vian seurausten vakaavuutta. (Järviö 2000, 32, SFS 5438).

VVA ja VVKA -analyysien tarkoituksena on (SFS 5438):

- Tunnistaa jokaisen komponentin vioittumistavan aiheuttama vaikutus ja arvioida tapahtumaketju prosessin/järjestelmän usealla eri toiminnallisella tasolla.
- Vioittumistapojen merkittävyyden ja kriittisyyden määrittäminen verrattuna järjestelmän virheettömään toimintaan, sekä suorituskyvyn- ja vaikutuksen selvittäminen kyseisen prosessin toimintavarmuuteen ja turvallisuuteen.
- Tunnistetut vioittumistavat luokitellaan tunnistettavuuden, määriteltävyyden, testattavuuden, yksikön korvattavuuden, huollettavuuteen liittyvien toimenpiteiden (korjaus, huolto ja huoltojärjestelmä jne.) ja muiden tärkeiden tunnuslukujen suhteen.
- Vian merkittävyyden ja vian todennäköisyyden arviointi kaikkia käytettävissä olevia tietoja hyödyksi käyttäen.

VVA ja VVKA työkaluja luotettava ja tuloksellinen käyttö vaatii järjestelmän rakenteen ja sen toiminnan syvällisen tuntemisen. On myös tunnettava järjestelmän luotettavan toiminnan vaatimukset. Analyysit suoritetaan jokaiselle järjestelmän osalle ja komponentille. Kuitenkin alkumäärittäyksissä kriittisiksi luokitelluiden kohteiden analyysit on tehtävä erityisen huolellisesti. Jokaisen komponentin toiminnot tunnistetaan ja jokaiselle komponentille määritetään sen viat ja vikamuodot, joita voi olla useita. VVA määrittää jokaiselle toiminnolle viat ja niissä vaikuttavat vikamuodot ja tutkii niiden vaikutuksia ja sitä, mitä vaikutuksia vialla on osaan, laitteeseen ja prosessiin. Vaikka vikamuotoja on useita, on niiden vaikutus useasti samantapainen. Myös vikojen kriittisyyden analysointi kannattaa suorittaa samalla (VVKA). (Järviö 2000, 32, SFS 5438)

VVKA:n tuloksista tehdään arvioit vioittumistapojen vaikutuksista ja päätetään, mitä pitäisi tehdä tilanteen ennakoinniseksi, tunnistamiseksi, estämiseksi tai korjaamiseksi. Kunnossapidon ja kunnonvalvonnan tehtävien valinta, priorisointi ja kunnossapitotoiminnan johtaminen tapahtuu pääasiassa vioittumistapojen tuntemuksen pohjalta. (SFS 5438)

Yksi tärkeimmistä VVKA:n soveltamisista on varaosien kriittisyystarkastelu. Kriittisyystarkastelun pohjalta tehdään varaosavarasto suunnittelu. Korkeimpien riskilukujen (RPN) laitteiden varaosat täytyy löytyä varastosta, tai on oltava selkeä suunnitelma, mistä varaosat löytyvät ja missä ajassa (varaosa- ja kaupinta sopimukset). Toimintaa aloittavalla tuotantolaitoksella pitää jo investointivaiheessa varata rahaa varaosien ostoon. (SFS 5438)

VVKA:ssa selvitetään myös aiheuttavatko seuraukset vaaraa ihmisten turvallisuudelle tai ympäristölle. Mikäli jokin vioittumistapa aiheuttaa hengenvaaraa tai vaaraa terveydelle tai ympäristölle, myös nämä seuraukset tulee ottaa huomioon analyysissä. (SFS 5438)

5.3.3 Poikkeamatarkastelu (HAZOP)

Poikkeamatarkastelun tavoitteena on löytää prosessin häiriöistä aiheutuvat vaarat. Tarkastelun periaatteena on tunnistaa prosessihäiriöt, prosessihäiriöihin johtavat onnettomuustekijät ja niistä aiheutuvat vaaralliset seuraukset prosessiparametrien oletettujen muutosten pohjalta. (VTT 2011a). Lähtökohtana poikkeamatarkastelussa on järjestelmä, joka on normaalitilassaan turvallinen. Järjestelmään voi syntyä suunnitellusta poikkeavia tiloja, jolloin järjestelmän laatu, turvallisuus tai luotettavuus heikkenee. (Kivistö-Rahnasto & Vuori 2000)

Menetelmää voi käyttää kemiallisiin prosesseihin, materiaalivirtojen tarkasteluun, tuotteiden analysointiin sekä ihmisten toimintaprosesseihin, joissa mahdollisilla laitteilla tai koneilla on vain toissijainen osuus. Poikkeamatarkastelu on prosessiteollisuudessa eniten käytetty tunnistamismenetelmä. Sitä pidetään hyvänä yleismenetelmänä, jonka avulla tunnistetaan prosessijärjestelmien vaarat tekijöitä. Poikkeamatarkastelun rajoituksena on suuri resurssitarve. Teollisuudessa poikkeamatarkasteluita voidaan tehdä PI -kaavioiden, instrumentointikuvien ja prosessikaavioiden perusteella. Poikkeamatarkastelu ei kata kaikkia riskityyppejä. (VTT 2011)

Poikkeamatarkastelussa tarkasteltavasta järjestelmästä etsitään tilanteita, joissa toimintasuureet voivat poiketa normaaliarvoistaan. Keskeisiä suureita ovat virtaus, lämpötila, paine, pH, kemiallinen koostumus. Tarkastelu suoritetaan erityisesti avainsanoista ja toimintasuureista muodostettujen poikkeamien avulla, esimerkiksi: korkea paine, ei virtausta, matala pinta jne. Tuloksena löydetään prosessihäiriöistä aiheutuvat vaarat. Tarkastelutaso voidaan valita kohteen ja tavoitteen mukaan ja sitä voidaan muuttaa analyysin kuluessa. (VTT 2011)

Poikkeamatarkastelun laadinnassa on otettava huomioon kohteen laajuus ja monimutkaisuus. Kohteen systemaattisessa tarkastelussa vaaditaan merkittävää työpanosta ja hyvää ammattitaitoa. Nämä asiat huomioiden tarkastelu tuottaa luotettavia tuloksia sekä voi parantaa laitoksen turvallisuutta ja käyttövarmuutta. Poikkeamatarkastelujen pohjana voidaan käyttää erilaisia karttoja tai kuvaajia tarkasteltavasta kohteesta. Poikkeamatarkastelu tehdään eri alojen asiantuntijoiden ryhmätyönä. (VTT 2011)

5.3.4 Job Safety Analysis (JSA)

Työpaikan turvallisuusanalyysi (JSA) tunnetaan myös nimellä Job Hazard Analysis (JHA) sekä Job Risk Analysis (JRA). Työpaikan turvallisuusanalyysi (JSA) on erinomainen työkalu vaaran tunnistamisen apuna. Analyysin tarkoituksena on löytää työtehtävään tai tekniseen järjestelmään liittyvät tapaturmavaarat. Toiminnan periaatteena on jakaa rajattu työtehtävä toimintoihin, tunnistaa kuhunkin toimintoon liittyviä välittömiä tapaturmavaaroja sekä niiden syitä ja seurauksia. Analyysijä varten on laadittu valmiita lomakkeita. Työtehtävät jaetaan lomakkeella useisiin eri tekijöihin. Kukin työvaihe analysoidaan erikseen. Jos vaara tunnistetaan, mietitään menetelmät vaaran poistamiseksi, eristämiseksi tai henkilön suojaamiseksi, tässä nimenomaisessa järjestyksessä. (VTT 2011)

6 KUNNOSSAPIDON JOHTAMINEN

Teollisuudessa on kehitetty viimeisten vuosikymmenten aikana erilaisia kunnossapitostrategioita ja johtamismalleja. Kunnossapidon työkalut (strategiat, toimintamallit) tarjoavat keinoja joilla kyseiset kriittiset prosessit voidaan tunnistaa ja valita siten sopivimmat kunnossapitomenetelmät. Menetelmät ovat kehitetty sellaisia prosesseja varten, joissa epäluotettavuus aiheuttaa riskejä, jotka eivät ole hyväksyttävissä. Näiden prosessien kunnossapito on suunniteltavissa siten, että riskitilanteisiin ei edes jouduta. (Järviä & Lehtiö 2012,161)

Strategiat ovat yleisesti lähtöisin suurista kulutushyödykkeitä valmistavasta teollisuudesta. Osat toimintatavoista ovat jalkautuneet voimakkaista turvallisuusvaatimuksista, jolloin kehitysympäristöinä ovat toimineet avaruusohjelmat ja lentokoneteollisuus (RCM). Tästä huolimatta hyvät käytänteet ovat geneerisiä, joten samoja strategioita ja toimintamalleja voidaan hyödyntää myös perusteollisuudessa kuten kaivoksilla. Kaivostoiminta on hyvin pääomavaltaista, joten investointikustannusten minimoimiseksi ja pääoman tuottoasteen kasvattamiseksi kunnossapidolla on erittäin suuri ja teknologian edelleen kehittyessä kasvava rooli kaivostoiminnan. Tuotantokoneiden on toimittava maksimaalisen luotettavasti minimaalisilla seisokkijaajoilla. Tähän ei enää päästä pelkästään korjaavalla kunnossapidolla.

Strategiat yleisesti mielletään toimiviksi työkaluiksi, sisältäen monia tutkittua tietoa sisältäviä hyviksi koettuja käytänteitä, joihin siirtymisellä on saavutettu raportoitua taloudellista hyötyä. Tästä huolimatta olemassa olevaan kunnossapitoorganisaatioon ulkoa tuodun hyväksi koetun strategian ajaminen koetaan haasteellisenä ja usein kovaa muutosvastarintaa aiheuttavana. Syynä voi olla se, että uusi toimintatapa koetaan uhkana. Uhka realisoituu pelkona uuden toimintatavan tuovana toiminnan uudelleen organisoimiseen ja oman henkilöstön vähentämiseen tähtäävän toiminnan esinäytäntönä. Toisaalta muutosvastarinnan syynä voi olla myös se, että nykyiset toiminnot pitävät jo sisällään niin paljon eri strategioista poimittuja hyviä käytänteitä, että muutos uuteen on vain muutos, sisältämättä toiminnan tehostumista. Olemassa oleva tilanne on tunnistettava ensin hyvin, vasta sitten on muutoksen arvioinnin aika.

6.1 Kunnossapidon toimintamallit

Kunnossapidon toimintamalli voidaan käsittää ylimmäksi kunnossapidon toimintaohjeeksi, eli kansanomaisesti ”periaatteeksi” kuinka kunnossapitotöitä tehdään. Toimintamalli määrittää kunnossapidon organisoitumisen. Kunnossapidon toimintatapa voi nojautua täysin kirjallisuuden määrittämiin toimintamalleihin tai se voi olla organisaation itsensä luoma parhaita käytänteitä yhdistellen ja muotoillen. Se voi olla myös kaikkea muuta näiden väliltä. Tässä kappaleessa esitellään lyhyesti keskeisimmät kirjallisuudessa esiintyvät kunnossapidon toimintamallit.

6.1.1 *Asset Management - Tuotanto-omaisuuden hoitaminen (TAC)*

- ✓ *Tuotannon varmistaminen kustannustehokkaasti*
- ✓ *Häiriöiden ennaltaehkäisy*

Tuotanto-omaisuuden hoitaminen on systemaattinen lähestymistapa, jonka tavoitteena on kokonaisvaltaisesti optimoida prosesseja ottaen huomioon teknologian, ympäristön tavoitteet ja taloudelliset lainalaisuudet (Mikkonen ym. 2009). Tuotanto-omaisuuden hoitamisen tavoitteena on hoitaa laitoksen tuotantolaitteiden toimintaa niin, että yritys saavuttaa liiketoiminnalliset tavoitteet kokonaiskustannukset minimoiden. Jotta tähän päästäisiin, täytyy kaikkien tuotanto-omaisuuden hoitamisen osa-alueiden, kuten päivittäisten kunnossapitotöiden- ja ehkäisevän kunnossapidon hallinta sekä käytön, kunnossapidon että osastojen välinen saumaton yhteistyö olla kunnossa. (Järviö & Lehtiö 2012, 122)

Teollisuudessa käytetään joskus myös englanninkielistä käsitettä ”Total Asset Care” (TAC) termin ”Asset Management” sijaan kuvaamaan tuotanto-omaisuuden hallintaa. Toimintamallin periaate on yksinkertainen. Ensin selvitetään mikä on laitoksen tuotantotavoite. Sen pohjalta lasketaan tarvittava luotettavuustaso, käyttövarmuustavoite. tämän jälkeen suunnitellaan kunnossapito siten, että kustannukset minimoiden tuotantotavoitteet saavutetaan ja varmistetaan.

Tuotanto-omaisuuden hallinta -toimintamallin yksi osa alue käsittää kunnossapidolliset toiminnot. Muut toiminnalliset kokonaisuudet ovat tuotanto ja investoinnit. Toimintamallissa otetaan kantaa yrityksen liiketoiminnan kaikkiin osa-alueisiin niin, että saadaan yrityksen käytössä oleva pääoma tuottamaan mahdollisimman kustannustehokkaasti. Toiminnalla pyritään tehostamaan yrityksen

tuotantokapasiteettia. Tuotantokapasiteetin tehostaminen vaatii päätöksiä, joilla vaikutetaan laitteiston tuottokyvyn ylläpitämiseen ja parantamiseen. Lisäksi päätöksillä pyritään säilyttämään ja optimoimaan omaisuuden arvo. Turvalisuus- ja ympäristönäkökohdat tulee huomioida kaikessa toiminnassa, jotka vaikuttavat omaisuuden elinkaareen. Se tarkoittaa usein tuotantokapasiteetin käytöasteen nostamista ja tuottokyvyn parantamista. Lisäksi päätöksillä pyritään säilyttämään ja optimoimaan omaisuuden arvo. (Komonen 2009)

Yritys tarvitsee suoritteidensa tuottamiseen resursseja, joista käytetään nimitystä tuotanto-omaisuus. Tuotanto-omaisuuteen kuuluvat koneet ja laitteet, kiinteistöt ja maa-alueet. Näille resursseille on yhteistä, että niitä saadakseen yrityksen on investoitava. Tuotanto-omaisuuden käytön tehokkuus vaikuttaa tuotannon tehokkuuden kautta yrityksen tulokseen. Näin käytön tehokkuus vaikuttaa suoraan tuotanto-omaisuuteen tehtyjen investointien tuottoon ja edelleen yrityksen kannattavuuteen ts. katetuottoon. Toimintamallin Asset management voisi kääntää tuotanto-omaisuuden hallinnaksi tai vapaammin tuotantotehokkuuden hallinnaksi. Tätä käsitettä ei ole määritetty tai edes mainittu maamme voimassa olevissa standardeissa. Käsite on mielekäs, koska se korostaa kaikkien tuotantoprosessiin osallistuvien ihmisten roolia tuotannon koneiden ja laitteiden toimintakunnosta huolehtimisesta. Asset management ei tarkoita vain sitä, että käyttöomaisuudesta pidetään hyvää huolta, vaan myös kyky säätää tuotantolaitoksen tehoa siten, että suhdanteiden vaihdellessa käyttökustannukset ovat aina optimaaliset. (Järviö & Lehtiö 2012, 13, 28, 29)

Tuotanto-omaisuuden hallinnan (Asset Management) päätavoitteena on teollisuuden näkökulmasta ainakin neljä osatavoitetta (Järviö & Lehtiö 2012, 14):

1. tuotantokapasiteetin kehittäminen ja käytön johtaminen,
2. tuotanto-omaisuuden hoitaminen,
3. ympäristö- ja työturvallisuus,
4. logistiikan hallinta.

Liiketoiminnan tuloksellisuuden kannalta oleellista on, että tuotanto-omaisuus on mitoitettu oikein ja tuotanto-omaisuuden käytön on oltava optimaalisesti hallittua. Tuotanto-omaisuuden hoitamisessa yhdistyvät oikea käyttötapa, vikaantumisen hallinta, huolto sekä kunnossapito. (Järviö & Lehtiö 2012, 15)

Toimivuuden parantamiseen kuuluvat olennaisina osina Kunnossapidettävyyden- ja luotettavuuden parantaminen. Toimintakunnosta huolehtimiseen kuuluvat oikea päivittäinen käyttäminen, kunnonvalvonta, ennakoiva- ja ehkäisevä kunnossapito sekä korjaava kunnossapito. Edellisistä korjaavaa kunnossapitoa lukuun ottamatta kaikki muut ovat proaktiivisia. Proaktiivisia toimia voidaan suunnitella ja aikatauluttaa ts. johtaa. Korjaavan kunnossapidon johtaminen on käytännössä mahdotonta. Lisäksi korjaava kunnossapito on kokonaiskustannuksiltaan jopa yli kymmenenkertainen kuin proaktiivisuuteen rakentuva tuotantomaisuuden hoitaminen. Usein kunnossapito-organisaation tärkein tavoite on suorittaa korjaukset mahdollisimman nopeasti. Tavoite on hyvä, mutta on paljon tärkeämpää pyrkiä vikaantumisen välttämiseen. Usein vian aiheuttama Epäkäytettävyyuskustannus (tuotannon menetys) on paljon suurempi kuin vian estämisen kustannus. (Järviö & Lehtiö 2012, 15)

6.1.2 *Six Sigma – Tilastoihin perustuva toimintamalli*

- ✓ *Systemaattinen prosessien tuotoksen laadun parantaminen*
- ✓ *Vikojen tunnistaminen ja niiden eliminointi*

Sigma (σ) on kreikkalainen kirjain, jolla tilastomatematiikassa kuvataan standardipoikkeamaa.

Six Sigma on Laatu työkalu, joka rakentuu laatujohtamisen periaatteille ja käyttää sen työkaluja. Työkalun tavoitteena on laatuohjelmien yleisen tavoitteiden mukaisesti vähentää yrityksen virhetoimintoja ja/tai virheellisiä tuotteita.

Six Sigma -ohjelma tähtää prosessin ja tuotteiden stabilointiin eliminoimalla vaihtelut eli virheet. Ohjelman keinoin hallitaan prosessin eri parametreja siten, että prosessin tulos olisi mahdollisimman tasalaatuinen. Six Sigma on vaativa menetelmä, joka vaatii ammattitaitoa ja aikaa. Ohjelma sisältää toista sataa erilaista työkalua, joidenka hallina vaatii koulutusta. Six Sigma -projektiorganisaatiossa vaaditaan seuraavia rooleja (Järviö & Lehtiö 2012, 129 - 130):

- Projektin sponsori – omistaa projektin, huolehtii resursseista
- Champion black belt – projektin johtaja ja laatutekijöiden määrittäjä
- Master black belt – ohjaa six sigma -ryhmiä
- Black belt – ohjaa ongelmanratkaisuryhmää
- Green belt – perustaso, joka antaa valmiudet ryhmätyöskentelyyn.

Six Sigma on levinnyt teknisesti vaativiin teollisuuksiin, eteenkin elektroniikkateollisuuteen (Motorola, General Electrics, Nokia Oyj). Six Sigman käyttäjät eivät juuri informoi projekteistaan. Ehkä ei haluta jakaa kalliisti hankittua tietoa ja oppia ilmaiseksi muille. Suomessa toimii joitakin yrityksiä, joissa Six Sigma on viety myös kunnossapito-osastoille. Voidaan olettaa, että lähivuosina menetelmästä on kehittymässä merkittävä kunnossapidon työkalu. (Järviö & Lehtiö 2012, 131)

6.1.3 Total Productive Maintenance – Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito (TPM)

- ✓ *Kaikkien osallistuminen*
- ✓ *Aktiivisuus, jatkuva parantaminen*

Parantaakseen laitteiden kunnossapitoa toisen maailmansodan jälkeen, Japaniin tuotiin Yhdysvalloista ennaltaehkäisevä kunnossapito (PM=Preventive Maintenance). Tästä kehittyi ajansaatossa tuottavan kunnossapidon (myös PM=Productive Maintenance) kautta Japanin teollisuuteen paremmin soveltuva TPM (Total Productive Maintenance), jossa ohjelmaan osallistuu koko organisaatio linjatyöntekijöistä johtoportaan. (Nakajima 1989)

Pääinnovaatio TPM:ssä on se, että tuotantohenkilöstö tekee peruskunnossapitoa omilla välineillään. Tuotantohenkilöstö ylläpitää koneiden kuntoa ja kehittää siinä samalla kyvyn huomata mahdolliset viat ennen koneen rikkoutumista. Se tarkoittaa myös tiedon siirtämistä jokaiselle. TPM laajentaa tuotanto- ja kunnossapitohenkilöstön tietopohjaa ja tekee heistä yhteistyökykyisen tiimin joka tehostaa PM:n toimia. (Nakajima 1989)

TPM -filosofiassa lähtökohtana on, että luodaan tuotannon koneille optimaaliset toimintaolosuhteet ja ylläpidetään ne (Järviö ym. 2007). TPM -filosofiassa on merkille pantavaa, että vaikka puhumme kunnossapitofilosofiasta, niin TPM on kokonaisvaltainen strategia jonka tavoitteena on maksimoida tuotannon tehokkuus ja laatu. Tämän vuoksi on siis kyseessä lähtökohtaisesti tuotanto- eikä kunnossapitostrategia. TPM pohjautuu osin myös laatuajatteluun. TPM:lle on ominaista, että kaikkien on tehtävä kaikkensa tuotantovarmuuden jatkuvalla kehittämiselle. TPM:lle ominaispiirteistä on jatkuva panostus perusasioiden, kuten siisteyden ja järjestyksen jatkuvaan huolelliseen ylläpitämiseen sekä käyttöhenkilöstön koneiden tuotantokunnosta huolehtimiseen ja osallistumiseen kunnos-

sapitotöihin. TPM -järjestelmä on pohjana kunnossapitotoimintojen mittaamisessa käytettyyn tuotannon kokonaistehokkuuden (KNL, OEE) mittaukselle. TPM on palvellut ja palvelee tällä hetkelläkin monessa teollisuusyrityksessä kunnossapidon tarpeita. (Mikkonen ym. 2009, 70,79)

TPM:n pääperiaatteet ovat (Mikkonen ym. 2009, 80):

1. jatkuva pyrkimys vähentää laiterikkoja,
2. pitää koneet jatkuvasti huippukuntoisina,
3. tehdä koneiden "huolenpidosta" osa päivittäistä rutiinia,
4. kehittää henkilöstön taitoja jatkuvasti, jotta laitteita pystytään huoltamaan ja käyttämään mahdollisimman tehokkaasti,
5. suunnitella ja kehittää tuotantoprosessia ja laitteita siten, että ne ovat turvallisia, helppokäyttöisiä ja vaativat vähän kunnossapitoa.

Kunnossapito nähdään usein pelkkänä kustannuksena. Tämä on TPM -filosofian mukaan täysin väärä lähestymistapa. Kunnossapito ei ole kustannus, vaan se on tuottoja tuova panostus.

Kustannusten sijaan tulisi kiinnittää huomiota siihen miten kunnossapidolla luodaan toivottu tuotantovarmuus. Tavoitteena ei ole kustannusten minimoiminen (halvalla ostaminen) vaan tuottojen maksimointi. TPM korostaa kunnossapidon merkitystä välineistön eliniän optimoinnissa. Kunnossapito yhdistetään usein pelkästään tekniseen osaamiseen. Tuottava kunnossapito on kuitenkin laajempi käsite, sillä se pitää sisällään teknisten asioiden lisäksi organisatorisia ja hallinnollisia kysymyksiä. Kunnossapidossa on siis kyse kokonaisvaltaisen kunnossapitotoiminnan rakentamisesta tuotannon esittäminen tarpeiden pohjalta. (Hagberg 1996) Tuottava kunnossapito on koko yritystä koskeva asia, ja sitä voidaan hyödyntää parhaiten kun koko yritys sitoutuu siihen. Kunnossapitoa painotetaan suhteessa yrityksen tuloihin ja menoihin koko yrityksessä. (Heinonkoski 1993)

Kunnossapidon panostuksen on mitoitettava kokonaisvaltaisesti ja arvioitava niiden kokonaistaloudellinen vaikutus yrityksen toimintaan. Tämä ajatus on peruslähtökohta LCP (life cycle profit) -konseptissa optimoimalla kunnossapidon resurssit laitoksen koko eliniän ajan, saavutetaan paras mahdollinen kannattavuus. (Hagberg 1996)

Käytettävyytstappioista (epäkäytettävyydestä) aiheutuu valtavia taloudellisia tuotannon menetyksiä. Pienenkin vian takia koko tuotantoketju voi olla seisokissa. Kunnossapidon parannustoimenpiteet ovat nopeampi ja joustavampi keino lisätä kapasiteettia kuin uusinvestoinnit.

Kunnossapitokysymyksiä on tarkasteltava mahdollisimman aikaisin hankintojen ja kunnostusten yhteydessä. Life Cycle Cost ja Life Cycle Profit ovat menetelmiä joilla tarkastellaan koneen tai laitteen elinikätaloutta. LCC kattaa kaikki kustannukset tuotteen ostamisesta, käyttämisestä ja kunnossapidosta aiheutuneet käyttäjän kustannukset. Tällä tavoin päästään eroon yleisestä tavasta vertailla ainoastaan koneiden hankintahintoja. Pelkkä elinkaarikustannusten laskeminen ei aina riitä yrityksissä vaan tärkeämpi asioita ovat tuotot. Tätä varten on luotu LCP-malli, joka laskee tuottojen ja kustannusten erotuksen laitteen elinkaaren ajalta.

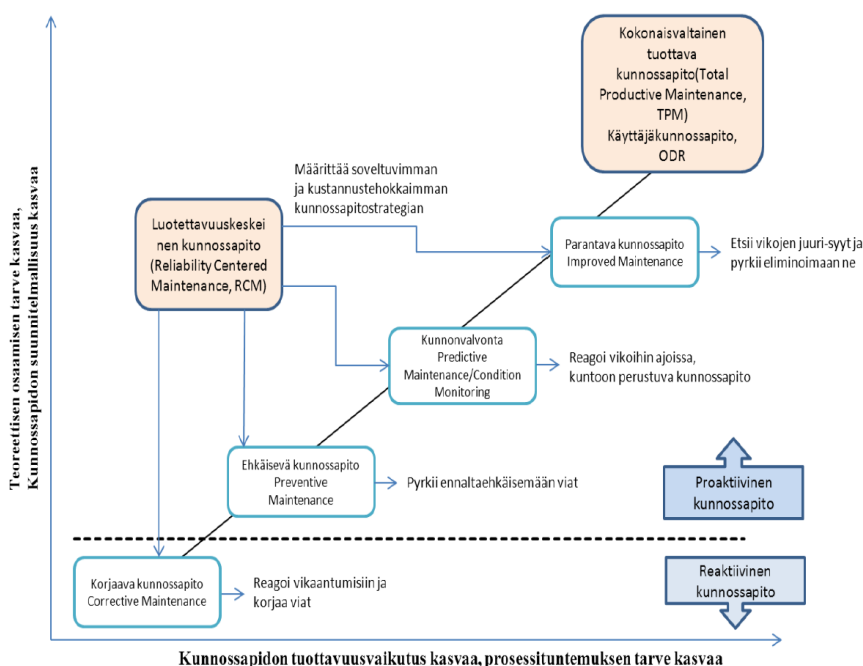
6.2 Strategioiden vertailua

TPM -menetelmässä kunnossapidon strategian aloituskohtaksi valitaan kunnossapidollisesti vaikein kohde, joka hoidetaan ensin kuntoon. Seuraavaksi valitaan toiseksi vaikein kohta, jne. Kierrosta jatketaan niin pitkään kunnes parannusta ei enää syntynyt käytettyyn panostukseen nähden riittävästi. RCM -menetelmässä tutkitaan ensin kaikki prosessit, niiden kriittisyydet sekä näiden pohjautuen kunnossapidon tarve. Vasta tämän määrittämisvaiheen jälkeen siirrytään toimintaan. Molemmissa menetelmissä aloitetaan toiminta suppeasta kohteesta siirtyen siten laajemmin muihin kohteisiin. (Järviö & Lehtiö 2012, 161)

TPM sisältää runsaasti aineksia tiimityöskentelystä sekä kunnossapidon ja käytön yhteistyöstä. RCM:ssä näitä ei ole, vaan menetelmä rajautuu kunnossapitotarpeen määrittämiseen ja kunnossapitotehtävien valinnan työkaluksi. Tätä puolestaan TPM ei ole, joten tässä suhteessa menetelmät täydentävät toisiaan. (Järviö & Lehtiö 2012, 161)

Kun yritys kehitetään omaa kunnossapitostrategiaa, on järkevää hyödyntää eri kunnossapidollisia toimintamalleja ja soveltamalla niiden eri teorioita ajan henkeen ja yritykseen sopivalla tavalla. Kunnossapitostrategian valitseminen tai kehittäminen ei ole täysin yksiselitteinen asia. Strategiaa suunniteltaessa on oltava kunnossapidollinen visio, johon strategialla tähdätään. Strategiatyökaluja valitessa kannattaa kiinnittää huomiota mm. prosessin eri ominaisuuksiin, toimialan

ominaispiirteisiin, toimipaikan sijaintiin, palveluiden saatavuuteen sekä omaan henkilöstö- ja talousresursseihin. Kunnossapidon tehokkuudelle voidaan asettaa tasoja. Lähtötasolta nouseminen tavoitetasolle ei tapahdu yhdessä vuodessa vaan se vaatii useiden vuosien jatkuvaa kehittämisen toimintamallia sekä systemaattista ja pitkäjänteistä kehitystoimintaa. Alla olevassa kuvassa 13 on kuvattu kunnossapidon kehityksen strategisia tasoja. Jokaisella teollisuuden alalla ei ole itseisarvoisesti tärkeää pyrkiä kohti minkään valmiin strategian määrittelemää sapluunaan asetettua kunnossapitotoimintaa, vaan on kehitettävä oma tehokain ja toimivin kunnossapidollinen toimintamalli, jolla tavoitteet saavutetaan.



Kuva 13. Kunnossapidon strategiset tasot (Mäki 2009).

6.3 Tuotannon toiminnallinen tehokkuus ja tehokas kunnossapito

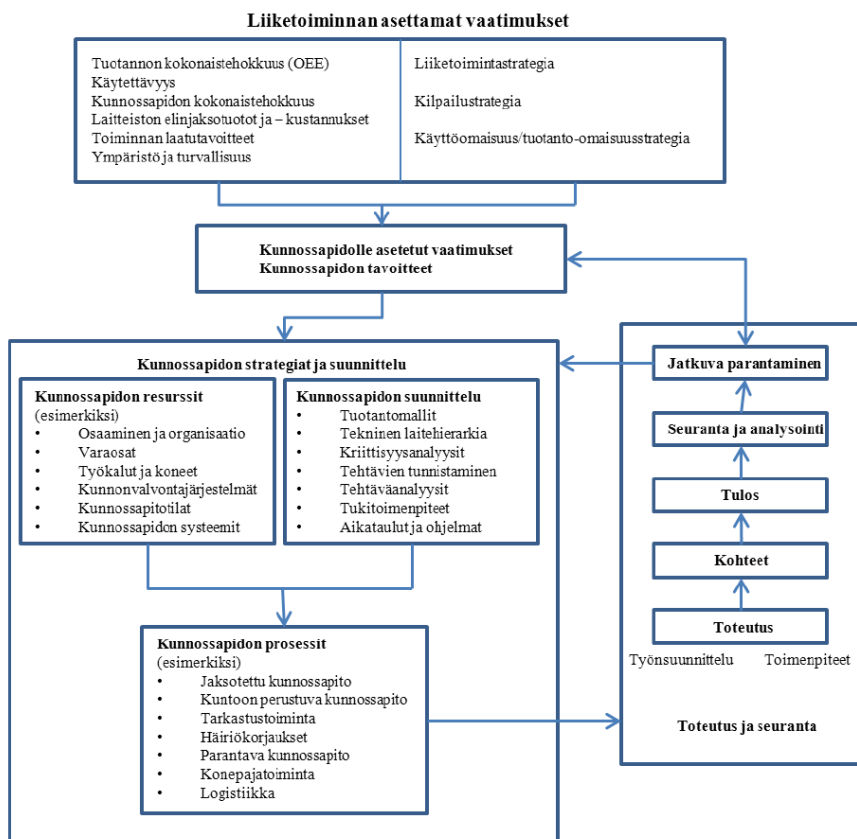
Tuotantovälineiden tehokas käyttö koostuu tehokkaasta kunnossapidosta ja tehokkaasta käytöstä. Nämä yhdessä muodostavat perustan tuotannon toiminnalliselle tehokkuudelle.

Tehokas kunnossapito tarkoittaa, että kunnossapitäjät osaavat laatia koneelle mahdollisimman järkevän kunnossapitostrategian ja toteuttaa ne siten, että koneiden suorituskyky säilyy mahdollisimman hyvänä. Kunnossapidon tärkein tavoite onkin osaltaan optimoida prosessin tehokkuus. Vaikka oman toiminnan tehokkuus on tärkeää, niin se on tähän verraten vasta toisella sijalla. Tehokas käyttö tarkoittaa sitä, että käyttäjät käyttävät koneita tehokkaasti ja asianmukaisesti. (Järviö ym. 2007)

Kunnossapidon toimintamallien kehittämisen taustalla ovat usein seuraavanlaiset ongelmat (Smith 1993):

- Vähäinen ennakoivan kunnossapidon määrä
- Suurin osa vioista on luonteeltaan toistuvia
- Inhimilliset virheet kunnossapidossa
- Ennakkohuolloille ei ole selkeitä perusteita, joten ne ovat väärin ajoitettuja tai jopa tarpeettomia
- Kunnossapidon historiatietoja ei dokumentoida sähköisiin järjestelmiin, vaan ne ovat ainoastaan työntekijöiden muistissa
- Laitavalmistajien huolto-ohjeet ovat ylimitoitettuja, koska takuukysymyksissä halutaan pelata varman päälle
- Ennakkohuolto-ohjelmat on kopioitu laitteelta toiselle, eivätkä ne ota huomioon toimintaympäristöä
- Kunnonvalvonnan tarjoamia mahdollisuuksia ei hyödynnetä.

Kunnossapidon strategian luontiin vaikuttaa yrityksen koko, liiketoimiala-alue ja liiketoimintamalli. Kuvassa 14 on esitetty kunnossapidon kokonaiskenttä yrityksen johtamisen näkökulmasta. Liiketoiminnan johdosta tulee tuotantostrategia sekä strategiaa tukevat mittarit, joilla kunnossapitotoimintaa analysoidaan. Liiketoimintavaatimusten perusteella laaditun strategian pohjalta suunnitellaan tarvittavat kunnossapidon resurssit ja toimintamallit, sekä asetetaan tuotantotavoitteenmukainen käytettävyyksivaatimus. Kunnossapidon johto ottaa vastattavakseen käytettävyyksivaatimuksen toteuttamisen. Toiminnan laatua analysoidaan, ennalta asetettujen toimintaa kuvaavien mittareiden avulla. (Komonen 2009).



Kuva 14. Kunnossapito johtamisen näkökulmasta (Komonen 2009).

6.3.1 Kunnossapidon organisointi

Organisaatioille on ominaista se, että joukko ihmisiä on järjestäytynyt sosiaalisesti yksiköksi – organisaatioksi - joka on olemassa jotain tarkoitusta ja päämäärää varten (Järviö & Lehtiö 2012, 208).

Keskeisen strateginen päätös kunnossapidossa on organisaatiomallista päättäminen. Mikäli yritys sijaitsee suuren teollisuusalueen läheisyydessä, voidaan kunnossapidossa mahdollisesti hyödyntää keskusten yhteisiä toimintoja ja ostaa kunnossapito palveluita. Toisaalta jos yritys haluaa kehittää kilpailuetua kilpailijoiden verrattuna, on oma tietotaito tärkeää myös kunnossapidossa. Ympäristönsuojelu asettaa omat vaatimuksensa yrityksen toiminnalle. Ilman riittäviä kunnossapito resursseja yrityksen toimintavarmuus vaarantaa ja puolestaan liian

suuria henkilömääriä voi viedä yritykseltä kilpailukyvyyn etenkin laskusuhdanteiden aikana. Kunnossapidon tarve vaihtelee luontaisesti seisakkien ja päiväkunnossapidon osalta jolloin kunnossapitoressurssien tulisi olla riittävän joustavia. Investointeja tehtäessä tulee arvioida uusi kunnossapitotarve. Korvausinvestointi voi laskea kunnossapitotarvetta, mutta tuotannon laajennus kasvattaa resurssitarvetta. Laitteiden ja koneiden kehittyessä tulee työntekijöitä jatko- ja uudelleen kouluttaa. (Heinonkoski 1993)

Kunnossapidon organisointitapaan vaikuttaa 1.) Kunnossapidon kuormitus ja sen vaihtelut, 2.) häätätoiden määrä, 3.) seisokkikustannukset, 4.) tuotantolaitoksen sijainti, 5.) tuotanto-organisaatio ja 6.) kunnossapitoressurit (Kelly 1984).

Kunnossapidon organisoinnissa on kaksi päälinjaa 1.) Miten oma kunnossapito organisoidaan ja 2.) Mitä tehdään itse ja mitä alihankintana, eli ns. make or buy -ratkaisu (Kelly 1984).

6.3.2 Keskitetty vai hajautettu organisaatio

Yksi peruskysymys kunnossapidon organisoimisessa on valinta keskitetyn ja hajautetun kunnossapito-organisaation välillä. Keskitetyssä organisaatiossa yrityksellä on omat kunnossapitoon keskitetyt resurssit, jolloin tuotanto ja kunnossapito ovat erillisiä osastoja. Heinonkosken (1993) mukaan keskitettyä organisaatiota pidetään vanhanaikaisena ja ammattiyhdistyksellisesti ongelmallisina, koska niissä ammattien monimuotoisuus häviää ja syntyy erikoistuneita ammattimiesryhmiä.

Hajautetun organisaation peruslähtökohtana on, että tuotantohenkilöstö on viime kädessä vastuussa omista koneistaan ja sen tulee itse vastata huollosta ja kustannuksista. Hajautetussa organisaatiossa kunnossapidon henkilöstö on sijoitettu tuotannon alaisuuteen ja tuotantovälineiden välittömään läheisyyteen. Hajautetun organisaation etuja ovat sen keveys ja edullisuus, tietoisuus tuotannosta, yleisammattilaisuus ja nopea päätöksenteko. Mahdollisia haittoja ovat hajallaan oleva varastointi ja työntekijöiden heikko motivaatio tiettyihin sekatoihin. (Heinonkoski 1993)

6.3.3 Työnjako ja kuormitussuunnittelu

Kunnossapidossa suunniteltujen- ja suunnittelemattomien töiden määrä voi vaihdella paljon. Keskimäärin kunnossapitotöistä 60–80 % käytetään suunniteltuihin töihin. Yli 90 %:n kuormitus on harvinaista eikä silloin jää riittävästi aikaa häiriötöille. Koska kuormitus vaihtelee paljon, on töitä pyrittävä tarvittaessa jakamaan seuraaville päiville ja viikoille. Häiriötöiden osuus on pidettävä mahdollisimman pienenä, esimerkiksi suunniteltujen seisokkikorjausten, ennakkohuoltojen, valvovan kunnossapidon ja mittaaman kunnossapidon avulla. (Heinonkoski 1993)

6.3.4 Kunnossapidon ostaminen ja myyminen

Kun lähtökohtana on korkeampi tuottavuus ja parempi taloudellinen tulos, kunnossapidon ostamisen perustavoitteena on pidettävä aina kokonaistehokkuuden (OEE:n) parantamista. Ostopäätökset tehdään ensisijassa sen perusteella, mikä valittavina olevista ratkaisuista tuottaa korkeimman kokonaistehokkuuden. Vasta sen jälkeen tarkastellaan ostohintaa, jos suunnilleen samantasoiseen kokonaistehokkuuteen päästään useammalla eri ratkaisuvaihtoehdolla.

Kunnossapidon ostaminen voidaan jakaa kolmeen toimintatapaan: voimakas vuorovaikutteinen yhteistyö, vuorovaikutteinen tukea antava yhteistyö ja perinteinen funktionaalinen ostopalvelu. Kunnossapidon myyjällä tulee olla resursseja toteuttaa kokonaisuus, joka kohdistuu tietylle koneelle tai laitteelle. Kunnossapitopalveluiden toimitusprosessin on oltava suora ja lyhyt, eikä se saa takerrella hierarkioiden koukeroissa. (Hagberg 1996)

Ostajan on oltava koko ajan selvillä tuotantolaitteistonsa tilasta sekä tavoitetilasta. Tällä tavoin voidaan arvioida mille tasolle kunnossapitotoiminta asetetaan. Tässä vaiheessa tulee myös tarkastella, mihin asioihin ja toimintoihin oman henkilökunnan kannattaa keskittyä, ja mitä taas on järkevää ostaa ulkopuoliselta kunnossapidon toimittajalta. Mikäli kunnossapitopalveluiden myyjä haluaa kehittää toimintaansa ja kasvaa, tulee sillä olla resursseja joilla se voisi huolehtia myös niistä kunnossapitotoiminnoista, jotka ovat tällä hetkellä asiakkaan omassa hoidossa. Tarkkojen kriteerien saamiseksi ostaja ja myyjä voivat käydä yhteistyössä läpi kunnossapidettävät laitteet komponenteittain niiden kulumis- ja viikaantumismekanismien selvittämiseksi, ja miettiä millä kunnossapitotoimilla näihin vastataan ja mikä on haluttu kunnossapitotaso. (Hagberg 1996)

Ostetun kunnossapitopalvelun laadun mittaaminen on tärkeässä roolissa. Mittaamalla ja arvioimalla palvelutuotantoa palvelun tuottaja ja asiakas pystyvät arvioimaan palvelun vaikuttavuutta, laatua ja palvelun saatavuutta. Lisäksi mittamista voidaan käyttää palvelun tuottaman asiakasarvon todentamiseen esimerkiksi elinjaksolaskelman avulla. On huomattava, että elinjaksolaskelma voi yhtälailla tarjota myyntiargumentin laitevalmistajalle, kuin ostoimpulssin asiakkaalle. Mielenkiintoisia ovat tilanteet, joissa palvelun tarjoaja ja asiakas yhdessä hakevat elinkaarimallilla simuloiden tarkoituksenmukaisinta sekä taloudellisinta hankinta- ja palvelukokonaisuutta koko kaivoksen elinkaaren ajalle. (Kärri ym. 2012) Kilpailun kiristyessä ja kustannustietoisuuden lisääntyessä asiakkaat ovat alkaneet kasvavassa määrin kyseenalaistaa palvelun kiinteää hinnoittelua, ja kiinnostua ostamansa kunnossapitopalvelun ”arvontuottokyvystä”. Tällaisessa palvelusuuntautuneessa ajattelussa korostetaan palvelusta asiakkaan käytössä syntyvää arvoa - value-in-use, pelkän palvelutuotoksen nimellisen arvon - value-in-exchange sijaan. Palvelun arvopohjainen hinnoittelu on haasteellinen palvelun tuottajalle, sillä palvelun arvon elementit voivat vaihdella paljon asiakasyrityksestä toiseen ja voivat sisältää myös riskielementtejä. Tämä korostaa tarvetta tilanteen jatkuvalle seuraamiselle, jotta eri osapuolten palvelusta saavuttama arvo ja riski saadaan jaettua oikeudenmukaisesti. (Vargo ym. 2008, 145 - 146)

Kunnossapidon ostamisen suunnittelun pohjana tulee olla strateginen päätös siitä, mitä yritys edellyttää toimivalta kunnossapidolta ja on oltava tietoa siitä, mitä siis itse asiassa ostamme. Asiaa voidaan tarkastella seuraavista näkökulmista (Laine 2011):

1. Ostammeko kilpailukykyä? Silloin on pohdittava, miten kunnossapidolla voidaan parantaa yrityksen kilpailukykyä.
2. Ostammeko laatua? Joissakin tuotantojärjestelmissä huolellisella kunnossapidolla voidaan merkittävästi parantaa tuotteiden laatua. Jos samanaikaisesti laatu on tärkeä kilpailukykytekijä, on toimittajan laadun- tuottokykyyn kiinnitettävä kunnossapidon ostamisessa erityistä huomiota.
3. Ostammeko tuotantolinjojen korkeaa käyttöastetta? Jos yrityksen tuotteiden kysyntä ja hinta on korkea, kunnossapidon lähtökohtana tulee olla linjojen korkea käyttöaste, jotta volyymiedut pystytään hyödyntämään.

4. Ostammeko tuottavuutta? Silloin on keskeistä määritellä, mitä tuloksia kunnossapidolla on saatava aikaiseksi, jotta tuotantolinjoista saadaan paras mahdollinen suorituskyky. Tämä osatekijä korostuu tilanteessa, jolloin tuotettu tuote vaatii paljon energiaa, ja yrityksen kilpailuetu on energiatehokas tuotanto.
5. Ostammeko toimitustäsmällisyyttä omille asiakkaillemme? Joillakin liiketoiminnanalueilla toimitusajat ovat hyvin lyhyitä, eikä tuotteita tehdä varastoon. Silloin jokainen laitehäiriö alentaa toimitustäsmällisyyttä välittömästi.
6. Ostammeko alhaisia kunnossapitokustannuksia, eli halpoja työtunteja ja varaosia? Kaikkeaa on mahdoton saada samassa paketissa. Jos halutaan ostaa halpaa ja hyvää tuotetta, tai palvelua, pitää ostaa kaksi, se halpa ja se hyvä.

Strateginen ratkaisu siis on, mitä ostamme. Kun se ratkaisu on tehty, ryhdytään tutkimaan, miten ja kenen tekemänä kunnossapito täyttää parhaiten asetetut strategiset reunaehdot. (Laine 2011)

Jos lähtökohdaksi asetetaan halvat kustannukset, kuten kustannuksia karsivissa säästökampanjoissa yleensä tehdään, on ehkä syytä käydä läpi siitä seuraava ajatuskulku. Kustannusten minimointi kunnossapidonkeskeisimpänä strategiana voisi toimia, jos seuraavat edellytykset tai ainakin osa niistä täyttyy (Laine 2011):

1. Asiakkaiden on pidettävä isoja varastoja, eikä toimitusaikojen pitävyys ole heille tärkeää.
2. Tuotantolaitoksella on oltava merkittävästi ylikapasiteettia, ja laitoksen on käytävä koko ajan pienellä teholla.
3. Kilpailun on oltava heikkoa, jolloin tuotantolaitos pystyy hinnoittelemaan tuotteensa melko vapaasti. Silloin heikko tuottavuus voidaan korvata hintoja korottamalla.
4. Tuotantolaitos pitää myös isoja varastoja kohtuullisentoimitusvarmuuden turvaamiseksi

Seuraava kysymys sitten on, onko kenelläkään enää varaa tällaiseen liiketoimintaan millään toimialalla (Laine 2011)?

6.3.5 Laitetoimittajan tarjoamat palvelut - ratkaisuliiketoiminta

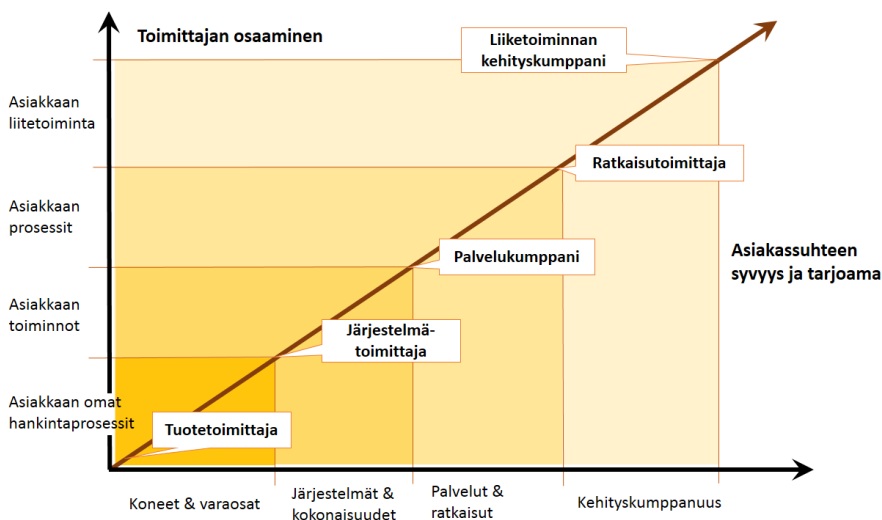
Yhä lisääntyneen automaation, virtaviivaistetun tuotannon ja kiristyvän kilpailun myötä, yrityksen tuotantolaitteiden käytettävyyden merkitys liiketoiminnalle on korostunut. Tämä on merkinnyt teollisten palveluiden tarjonnan nopeaa monipuolistumista. Palveluliiketoiminnasta onkin muodostunut yhä kasvava osa globaalia kilpailukykyämme. Useat laitetoimittajat ovat pyrkineet kasvattamaan omaa liiketoimintaansa suuntaamalla panostuksiaan kunnossapitopalveluiden kehittämiseen. Laaja asennettu laitekanta tarjoaa usealle laitetoimittajalle kattavan pohjan rakentaa palveluliiketoimintaansa erityisesti kunnossapidon saralla. Laitetoimittaja myy laitteidensa arvonlisänä käyttövarmuutta. (Kärri ym. 2012)

Laittevalmistajat pyrkivät kehittämään organisaatioitaan ja toimintaansa tuote-toimittajasta kohti ratkaisuliiketoimintaa. Ratkaisuliiketoiminnassa asiakkaan liiketoiminnan kehittäminen edellyttää usein ratkaisuntarjoajan ja asiakkaan tiivistä ja pitkäaikaista yhteistyötä sekä kokonaisvaltaista ymmärrystä asiakkaan prosesseista. Ratkaisuliiketoiminnassa keskitytään asiakkaan liiketoimintatavoitteiden edistämiseen, tuotteen ja sen ominaisuuksien argumentoinnin sijaan. Liiketoimintatavoitteiden lähtökohdat sijaitsevat asiakasyrityksen tai -toimialan ulkoisessa ympäristössä ja asiakasyrityksen omassa tilassa. Liiketoimintatavoitteet voivat olla erilaisia eri liiketoimintayksiköissä ja eri päätöksentekotasolla. (Kärri ym. 2012) Palvelutaso, ja se missä määrin yritykset ottavat osaa teollisuuden ratkaisupalveluliiketoimintaa voi tietenkin vaihdella. Lähteestä riippuen, on tunnistettavissa 4-5 eri osallistumisen tasoa tuotteen (toimitetun laitteen) palvelutasosta, aina liiketoiminnan kehityskumppaniksi. Kuvassa 15. on nähtävissä teollisuuden kunnossapidon yrityspalvelun eri palvelutasot. (Kalliokoski 2003). Ratkaisuliiketoimintaan kuuluu läheisesti laajennetun tuotteen käsite. Tämä käsite laajentaa fyysisen tuotteen (koneen), tuotteen elinkaaren aikaisilla tukipalvelut (kunnossapito palvelut).

Ratkaisunmyynnin menestystekijät ovat (Talonen 2005):

- Toimialalogiikan ja asiakkaiden keskeisten liiketoimintahaasteiden ymmärtäminen
- Omien ratkaisujen ymmärtäminen liiketoiminnallisen lisäarvon tuottajana
- Luottamuksen rakentaminen asiakaskunnan liiketoimintajohtoon

- Oman ratkaisun lisäarvon uskottava ja konkreettinen argumentointi
- Pysyvän yhteistyön rakentaminen asiakkaan kanssa – kumppanuus.



Kuva 15. Kunnossapidon palvelutasot (Kalliokoski 2003).

Ratkaisuliiketoimintaan suorittavan yrityksen tulee muistaa, että asiakas maksaa koko toiminnan kustannukset palveluyrityksen katteineen, joten asiakkaan pitää saada palveluista riittävästi hyötyä (lisäarvoa), jotta hän yleensä ostaisi niitä. Palvelu voidaan tuottaa osittain tänä päivänä verkostossa sekä erinäisissä tietojärjestelmissä, mutta asiakkaaseen päin pitää olla vain yksi tahon, joka vastaa palvelusta ja sen laadusta. Mahdollistavaa teknologiaa ja menetelmiä löytyy yleisesti markkinoilta. Ne ovat vain harvoin pullonkauloja, mikäli palveluun liittyvä ansaintalogiikka on kunnossa. (Koskinen 2011)

6.4 Tiedonhallinta kunnossapidossa ja kunnossapitojärjestelmät

Markkinoilta löytyy useita erilaisia järjestelmiä, joilla on mahdollista toteuttaa kaivoksen kunnossapitojärjestelmä. Yksinkertaisimmillaan järjestelmän pohjana voi käyttää Excel- ja Access -ohjelmistoja. Laajimmat järjestelmän sisältävät kaiken talouden- ja tuotannon toiminnoista, mitä suuren konsernin toiminnot vaativat toimiakseen. Aloittavan kaivosyhtiön on tehtävä valinta minkä tasoinen järjestelmä tukee tuotannon tarpeita parhaiten nyt ja tulevaisuudessa.

Tärkeimpiä valintakriteereitä ovat:

1. Hankinta- ja ylläpitokustannukset suhteessa järjestelmästä saatuun hyötyyn,
2. nyt ja tulevaisuudessa tarvittavien järjestelmien yhteensopivuus,
3. tuotannon kasvun ja tuotannon muutoksen sovittaminen järjestelmään,
4. järjestelmätuki ja päivitysmahdollisuudet.

6.4.1 Kunnossapitojärjestelmä

Kunnossapitojärjestelmän tarkoituksena on ohjata kunnossapitotöiden ja huoltojen suunnittelua. Kunnossapitotöiden hallinta on kunnossapitojärjestelmän tärkein osa-alue. Töidenhallintaan kuuluvat töiden tekninen suunnittelu, kunnossapito-organisaation ohjaus, laite- ja työhistorian hyödyntäminen sekä kunnossapidon kehitystoiminnan kannalta tarpeellisen tiedon hallinta.

Terminologia vaihtelee jonkin verran riippuen teollisuuden alasta, mutta yleisimmät termit ovat ”kunnossapidon tietojärjestelmä” ja ”kunnossapitojärjestelmä”. Vastaava englannin-kielinen termi on CMMS (Computerized Maintenance Management System), sekä uudempia vastaavia termejä ovat EAMS (Enterprise Asset Management System) sekä MIS (Management Information System). (Järviö ym. 2007)

Terminologiasta ja toiminnallisesta laajuudesta riippumatta yleisimmät toiminnallisuudet ovat (Järviö ym. 2007):

- laitepaikkojen ja laiteyksilöiden perustiedot
- materiaalihallinta (varaosat, raaka-aineet)
- vika- ja häiriöilmoitusjärjestelmä
- työmääräinjärjestelmä
- ennakkohuoltojärjestelmä
- ostotilausjärjestelmä
- palvelun myynti ja laskutus
- dokumenttien hallinta
- yhteystietorekisteri
- resurssihallinta
- työtuntien kirjaus palkkahallinnon pohjaksi
- projekti/seisokkihallinta.

6.4.2 *Kunnonvalvonnan mittalaitteet*

Kunnonvalvonta liittyy monella tavalla yrityksen kunnossapitoa ohjaaviin toimintoihin. Kunnonvalvonta tuottaa tehdaslaitoksen investointien, käytön ja kunnossapidon kannalta oleellisia tietoja. Lisäksi kunnonvalvonnan avulla voidaan vaikuttaa yrityksen kannattavuuteen kohonneen käyttövarmuuden kautta. Viimeisten vuosikymmenien teknologinen kehitys on kasvattanut kunnonvalvonnan merkitystä.

Yksinkertaisimmillaan kunnonvalvonnan käsimitalaitteet ovat värähtelykyniä, joko yhtä mittausrvoa osoittavalla näytöllä tai mittaustuloksen tallennusmahdollisuutena. Peruslaitteilla mitattavia tunnuslukuja on värähtelyn nopeuden kokonaisarvo eli värähtelyrasitus, mutta myös verhoikäyrän arvoa, akustisen emission mittausta ja iskusysäysmittausta toteuttavia laitteita löytyy markkinoilta. Näillä mittalaitteilla arvioidaan laitteen yleiskuntoa, ja tarkempaan analyysiin tarvitaan yleensä kehittyneempiä mittaustalaitteita, joilla mittaustulosta voidaan tarkastella taajuustasossa. (Mikkonen 2009, 259)

Yleisemmin kunnonvalvontakierroksien käyttöön valitaan kannettavia tiedonkeruulaitteita ja analysointilaitteita. Näillä laitteilla on yleensä mahdollista tehdä jo edistyneitä spektrianalyyskejä ja muita analyysejä. Yleensä kannettavia laitteita käytetään mittaussignaalin tallentamiseen ja varsinaisen signaalin käsittely ja analysointi suoritetaan työpisteellä tietokoneen ääressä. Tietokoneohjelmat kykenevät edistyneisiin spektri- ja aikatasotulkintoihin. (Mikkonen 2009, 260) Vaikeasti lähestyttävissä kohteissa käytetään yleisesti kiinteää anturointia, siitäkin huolimatta vaikka mittaussignaali kerätään kannettavilla laitteilla. Kiinteällä anturoinnilla saavutetaan myös parempi mittauksen toistettavuus, koska anturin sijainti ja tartunta kohteeseen eivät muutu.

Vaikeimmissa värähtelyongelmissa on usein tarpeellista tehdä monikanavaisia mittauksia. Näiden suorittamiseen on markkinoilla edistyneempiä monikanavaisia FFT-analysointilaitteita ja PC-pohjaisia mittausratkaisuja. Kanavien määrä on näissä yleensä 8-64, yhdistettynä erittäin nopeisiin monipuolisiin mitaustalaitteiden-, analyysi- ja signaalinkäsittelytoimintoihin. Tällaisten laitteiden käyttäminen vaatii ammattitaitoa ja hyvää teoriaosaamista. (Mikkonen 2009, 261)

Kokonaan oman osa-alueensa muodostavat kiinteästi asennettavat on-line tiedonkeruu ja analyysilaitteet. Kiinteää kunnonvalvontaa käytetään kohteissa, joissa mittaustarve on suuri ja jatkuva. Tällaisia kohteita ovat kovassa rasituksessa olevat ja suuria moottoritehoja sisältävät koneet. Sellaisissa laitteissa, joissa vikaantuminen voi olla vaaraksi tai aiheuttaa huomattavia kustannuksia, käytetään reaaliaikaista mittausta tekevää automaattista suojausjärjestelmää. Tällainen järjestelmä sulkee laitteen ennalta määrätyn raja-arvon ylityksen seurauksena ja estää suuremman vahingon. Kaivosten rikastamoiden karkeamurskaimet ja jauhinmyllyt ovat yleensä kahdentamattomia laitteita. Tästä johtuen, edellä mainitut ovat yleensä tehostetun kunnonvalvonnan piirissä, joka usein toteutetaan kiinteällä kunnonvalvontaratkaisulla. (Mikkonen 2009, 261 - 262)

Kunnonvalvontajärjestelmän valinnassa on erotettavissa neljä päävaihetta, jotka ovat:

1. Valitaan mitattavan kohteen tilaa parhaiten mittaavat tunnussuureet,
2. valituille tunnussuureille määritellään mittauksen suoritustaajuudet ja hälytysrajat,
3. luodaan mittauksen suoritusjärjestelmä sekä tulosten tulkinta- ja tallointijärjestelmä,
4. luodaan hälytys ja toteutusjärjestelmä mittaustulosten vaatimille päätöksille ja toimenpiteille.

6.5 Kunnossapidon tehokkuus ja sen mittaaminen

Kunnossapidon tehokkuutta voidaan arvioida perinteisillä mittareilla, eli kustannustehokkuudella, epäkäytettävyyuskustannuksilla, käytettävyydellä, tuotannon kokonaistehokkuudella, oman ja alihankintatyön tehokkuudella sekä materiaalin kulutuksella. (Järviö & Lehtiö 2012, 64)

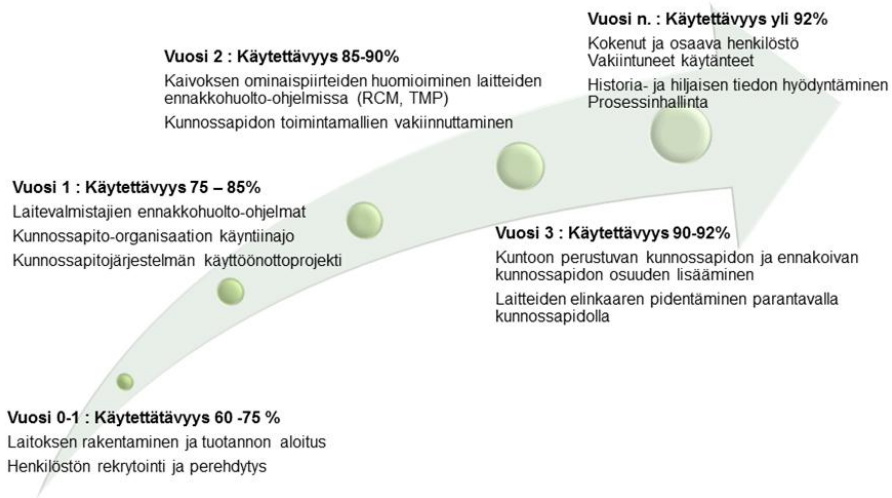
Kunnossapidon keskeisimmät tavoitteet ovat korkea tuotannon kokonaistehokkuus (OEE) sekä hyvä käyttövarmuus. Toteutuessaan nämä luovat mahdollisuuden hyvään käytettävyyteen ja käyttöasteeseen sekä luovat pohjan toiminnan luotettavuudelle. Tärkeimmät kunnossapidon tunnusluvut laskentakaavoineen on esitetty standardissa PSK 7501:2010. Luotettavuus ja käyttövarmuus osatekijöineen on kuvattu tarkemmin standardissa SFS-IEC 50 (191). (Järviö & Lehtiö 2012, 59)

6.5.1 Käytettävyys ja käyttövarmuus

Käytettävyys on järjestelmän laatutekijä käyttäjän näkökulmasta käsin. standardin SFS-EN 13306:2010 määrittymisen mukaan käytettävyys on kohteen kyky olla tilassa, jossa se kykenee tarvittaessa suorittamaan vaaditun toiminnon tietyissä olosuhteissa olettaen, että vaadittavat ulkoiset resurssit ovat saatavilla.

Käytettävyys ja luotettavuus kuuluvat käsitteinä läheisesti käyttövarmuuteen. Kunnossapidollisesti käytettävyys on todennäköisyys, että kohde on ehjä satunnaisella hetkellä sitä tarkistaessa. Käytettävyyden voidaan näin ollen ajatella olevan synonyymi käyttövarmuudelle. Luotettavuus taas tarkoittaa yllä esitetyssä käyttövarmuuden kahtiajaossa kohteen ominaiskykyä toimia vikaantumatta. Tarkemmin sanottuna luotettavuus on todennäköisyys, jolla kohde ei vikaannu määrättyyn ajanhetkeen mennessä kertaakaan, eli tällä tarkoitetaan kohteen toimintavarmuutta. Käyttövarmuuden käsitteeseen kuuluu myös kohteen palautettavuus käyttökuntoon sen vikaannuttua. Näin ollen huoltovarmuus eli kunnossapitovarmuus kuuluvat läheisesti käyttövarmuuteen.

Rikastamon suunnitteluvaiheessa laitokselle on jo määritelty haluttu käyttövarmuus. Vaadittu käyttövarmuustaso määräytyy kaivoksen kannattavuuslaskelmista. Laskelmat eivät kuitenkaan välttämättä ota huomioon tarpeeksi kuvassa 16 esitettyä käytettävyyden kehityspolkua. Ensimmäisinä tuotantovuosina käytettävyytaso ei todennäköisesti ole yhtä hyvä kuin usean vuoden tuotannon jälkeen. Jokainen kaivos poikkeaa malmin koostumukselta ja käsittelyprosessiltaan, joten kaikkia ongelmia ei voida etukäteen ottaa huomioon. Myös rikastamon käyttö- ja kunnossapidon henkilöiden osaamistason kehitys on rikastamon startti vaiheessa kehityspolun alussa. Tämän takia ensimmäisinä tuotantovuosina ei ole järkevää pyrkiä heti jonkun useita vuosia toimineen referenssikohteen tasolla, vaan hyväksyä alkuvuosien alentunut käytettävyysaste. Tämä pitää ottaa huomioon kassavirtalaskelmissa. (Tolonen 2009)



Kuva 16. Käyttövarmuuden kehitys kaivoksella (mukaillen, Tolonen 2009).

Rikastettavasta kivimateriaalista, prosessista ja tuotantolaitoksen luonteesta johtuen määräytyy tietty järkevä maksimaalinen käytettävyytensä. Tämän tason ylittäminen on tietenkin haluttua, mutta ylittämisen aiheuttavat kustannukset kasvavat suhteettomiksi. Malmin murskaus- ja rikastusprosessit sisältävät suuria kiven murskaukseen ja jauhatukseen käytettäviä koneita, joidenka kulutusosia vaihdetaan määrä välein ja joidenka kahdentaminen ei ole kustannussyistä järkevää. Määräaikaan seisokissa suoritettavat huollot ja kiven kanssa tekemisissä olevien kulutusosien vaihdot asettavat käytettävyydelle maksimiarvon. Tätä arvoa laskevat alaspäin ennakoimattomat vikaantumiset, joita on aina jonkin verran. Lisäksi tuotantoprosessia muutetaan tuotannon modernisointi- ja laajenusinvestoinneissa. Jatkuvasti lisääntyvät elektroniset ohjaus-, automaatio- ja tietojärjestelmät lisäävät laitteiden vikaantumisherkkyttä vaativissa rikastamolosuhteissa.

6.5.2 Käyttöaste ja käyntiaste

Prosessin käyntiasteella ja käyttöastella tarkoitetaan toteutuneen tuotannon osuutta ennalta määritetystä maksimituotannosta. Käyttöaste- % tarkoittaa sitä tuotantokyvyn kapasiteetin osaa, mikä tehtaalla kulloinkin on käytössään. Käyntiaste- % tarkoittaa käyntiaikaosuutta käyntiaikamaksimissa. Käyntiasteen laskentaan sisältyy prosessi ja yrityskohtaisia eroja. Yleisesti on käytössä raja, jossa tuotannon on ylitettävä 50 %:n raja tuotantokapasiteetista, jotta lasketaan tuotannon olevan käynnissä.

6.5.3 Viat TOP 10

Viat TOP 10 tarkoittaa laitos-, prosessi- tai konekotaisesti vikahistoriatietoihin kirjattujen vikojen 10:n määrällisesti tai kustannuksellisesti yleisimmän vian järjestystä. Vikojen ryhmittely on laitoskohtainen, kuten myös ryhmittelysääntö kustannus- ja määräperusteisuuteen. Mikäli laitoksen vikakirjaukset on hoidettu oikein, on vikojen kohdistuminen helposti haettavissa kunnossapitojärjestelmästä halutulle ajanjaksolle. Kustannusten kannalta yleisimpien vikojen seuramine on erittäin tärkeää kunnossapidon kohdentamisen ja -kehityksen kannalta.

6.5.4 Kokonaistehokkuus, OEE

OEE-luku, (Overall Equipment Effectiveness) tai suomalaisittain KNL, kokonaistehokkuus on kolmen osatekijän, käytettävyyden (K), toiminta-asteen (N) ja laatu-kertoimen (L) tulo. Tunnusluku kertoo tehtaan tai sen koneiden käytön tehokkuudesta. Käytön tehokkuutta vähentävät pitkät asetussajat, tauot, epäselvyydet dokumenteissa, käyttäjän virheet, koneen rikkoutumiset jne. Tehokkuutta vähentävät tekijät jäävät usein analysoimatta, koska niihin ei helposti päästä käsiksi.

Tehtaan, kaivoksen tai vaikkapa rikastamon tuotantokoneiden tehokkuus on mitattavissa automaattisen, esimerkiksi ohjausjärjestelmässä toteutetun koneseurannan avulla. Sen avulla saadaan esiin ja arvioitavaksi ongelmia, joita ei ehkä muuten havaittaisi.

Koneiden ja kokonaisten tuotantolinjojen käyntitiedot ja muut koneparametrit, kuten mittaustiedot voidaan poimia suoraan koneiden ohjauksista, jolloin kustannukset pysyvät hallinnassa. Tiedonkeruun avulla koneiden todelliset käynti- ja häiriöajat kirjautuvat automaattisesti järjestelmään. Kerätyn tiedon avulla on

helppo havaita ja poistaa pullonkauloja, joiden paikallistaminen olisi muutoin vaikeaa. Järjestelmän keräämän tiedon pitää olla luotettavaa, jotta voidaan tehdä oikeita toimia tuotannon kehittämiseksi.

7 HAASTATTELUTUTKIMUS

Jokaisella tutkimuksella on jokin tarkoitus tai tehtävä, joka ohjaa tutkimuksen strategisia valintoja (Hirsjärvi ym. 2003, 127 - 128). Tutkimuksen yleisenä lähtökohtana ovat tutkimusongelma, tutkimuksen tavoitteet sekä tutkimuksessa tarvittavaa uuden informaation kerääminen. Tutkimukseen kuuluu myös tiedon käsittely ja loppupäätelmät. Aluksi on tiedostettava tutkimuksen lähtökohdat, päämäärä sekä tehtävä tutkimuksen rajaus tarkasti sekä hahmotettava näiden perusteella määräytyvä infotarve, uuden kerättävän tiedon tarve.

Yrityksen toimintoihin kohdistuvan haastattelututkimuksen yleisin toteutustapa on tehdä vierailu siihen organisaatioon, jonka toimintaa halutaan tutustua. Etukäteen on hyvä ottaa selvää kyseisestä yrityksestä etsimällä tietoa parhaista käytännöistä eri lehtiartikkeleista ja internetistä. Internetissä voi lähteinä käyttää mm. uutisia ja yritysten kotisivuja. Parhaat käytännöt voidaan löytää esimerkiksi vertailemalla eri organisaatioiden tunnuslukuja (mittareita) ja täten löytää ne, joiden toimintaan halutaan perehtyä paremmin.

Ennen haastatteluja laaditaan tutkimuksen kannalta parhaat keskeisimmät kysymykset, parhaimman mahdollisen tuloksen aikaansaamiseksi. Kysymykset on oltava tarpeeksi väljiä, jotta saadaan tarpeeksi tilaa keskusteluille. Parhaat neuvot ja käytänteet löytyvät avoimen keskusteluna kautta.

7.1 Tutkimuksen suoritus

Tutkimuksessa tutustutaan First Quantum Minerals konsernin omistaman Pyhäsalmi Mine Oy:n sekä Altona Mining:n Luikonlahden kaivosten rikastamoiden kunnossapidon organisointiin ja toimintaan sekä Sotkamo Silver Oy:n Taivaljärven kaivosprojektin kunnossapidon toteutuksen suunnitelmiin. Haastatteluiden tuloksista dokumentoidaan hyväksi koettuja käytänteitä ja oppeja aloittavan kaivoksen tarpeisiin. Kunnossapidon käytänteiden siirtäminen -kappaleessa verrataan Pyhäsalmen ja Luikonlahden rikastamoiden haastatteluiden tuloksia oikeista toimenpiteistä käyttövarmuuden saavuttamiseksi Sotkamo Silver Oy:n Taivaljärven kaivoksen rikastamon kunnossapidon toteutuksen suunnitelmaan. Kappaleessa otetaan kantaa kaivoksien kokoluokan ja -suunnittelun ajankohdan eron tuomiin asioiden painotuseroihin.

Tutkimuksen keskeisessä osassa on hyvien kunnossapitokäytänteiden ja kunnossapitonäkökohtien kuvaaminen aloittavan kaivoksen kunnossapito-organisaation muodostamisen työkaluksi. Näitä dokumentoituja käytänteitä voidaan helpposti soveltaa myös muihin pieniin ja keskisuuriin kaivoksiin. Käytänteitä dokumentoitaessa huomioidaan kaivoksien prosessien erikoispiirteet, kaivoksen elinkaari ja sijainnista johtuvat hankaluudet palvelujen saatavuuteen.

7.2 Haastattelukysymykset

Työssä haetaan vastausta kahteen pääkysymykseen:

1. Mitkä ovat oikeat toimenpiteet käytettävyystavoitteen saavuttamiseksi?
2. Minkälainen on kunnossapito-organisaatio (tai minkälainen sen pitäisi olla) ja mitkä ovat sen toimintatavat, kun otetaan huomioon:
 - kaivostoiminnan/ kiven /rikastamon erityispiirteet,
 - kaivoksen sijainnin vaikutus,
 - mitä palveluita saatavilla, mitkä toiminnot kannattaa pitää itsellä,
 - kriittiset huollot, kriittiset huoltokohteet, ongelmat,
 - taloudellisen varaosaohjauksen kehittäminen.

Keskustelussa esiin tulevia asioita (alikäysymykset):

- Kunnossapitostrategioiden soveltuminen,
- kunnossapidon taso, toimintatavat ja taloudelliset vaikutukset,
- kunnossapidon johtaminen ja kehittäminen,
- kunnossapito-organisaatio, miesvahvuus (oma/ulkoistettu),
- kunnossapito-organisaation toteutus,
- seurattavat tunnusluvut (mittarit),
- kunnonvalvonta näkökohdat ja kunnonvalvonnan rooli,
- tilapäinen ulkoisen työvoiman käyttö (hyödyt/haitat),
- toimiva käytön ja kunnossapidon yhteistyö.

7.3 Pyhäsalmen kaivoksen rikastamo

Pyhäsalmen kaivos (kuva 17) sijaitsee Pyhäjärven kaupungissa Pohjois-Pohjanmaan eteläosassa Oulun läänissä. Kaivos on Suomen suurin ja Euroopan syvin toimiva perusmetallikaivos. Malmista hyödynnetään sinkkiä, kuparia ja pyriittiä (CUPP.fi 2013). Malmi löytyi vuonna 1958 paikallisen maanviljelijän tehdessä pi-

halleen kaivoa. Outokumpu Oy:lle toimitettu näyte osoittautui rikkaaksi rikki-kiisumalmiksi, joten Outokumpu aloitti välittömästi perusteelliset geologiset tutkimukset. Päätös kaivoksen avaamiseksi tehtiin jo 1959. Kaivos aloitti toimintansa 1962. Tuotanto tapahtui pelkästään avolouhintana vuoteen 1967, jolloin myös maanalainen louhinta alkoi. Avolouhinta päättyi 1975. (Inmet 2006). Pyhäsalmen louhinnan vuosituotanto on noussut alkuperäisestä suunnitellusta 600 000 tonnista 1 384 000 tonniin (1963–2012). Vuonna 2012 Pyhäsalmi työllisti 233 henkilöä ja 65 urakoitsijaa. Kaivos on ollut kanadalaisen monikansallisen kaivosyhtiön Inmet Miningin omistuksessa vuodesta 2002 ja siirtyi First Quantum Minerals konsernin omistukseen 2013. (First Quantum Minerals 2013)



Kuva 17. Pyhäsalmen kaivos (GTK.fi).

Pyhäsalmen rikastamon malmin rikastus sisältää seulonta, jauhatus, vaahdotus, vedenpoisto ja rikastushiekan käsittelyprosessit. Jauhatushienous on noin 65 % - 0,074 mm ja tässä partikkelikoossa yksittäiset rakeet sisältävät vain yhtä mineraalia. Rikastustekniikkana käytetään vaahdotusta. Vaahdotuksessa kemikaalien ja ilmakuplien avulla saadaan halutut mineraalit nousemaan vaahdon mukana

pintaan. Selektiivisen vaahdotuksen ensimmäisessä vaiheessa vaahdotetaan lietteestä kuparikiisu kuparirikasteeksi. Toisessa vaiheessa vaahdotetaan sinkkikiisu sinkkirikasteeksi ja viimeisessä vaiheessa rikkikiisu pyriittirikasteeksi. Kupari ja sinkkirikasteet kuljetetaan kotimaisille sulatoille jatkojalostettavaksi. Pyriittirikasteet myydään kansainvälisillä markkinoilla. (Inmet 2006)

Pyhäsalmen kunnossapito jakautuu liikkuvan kaluston ja kiinteiden prosessikoneiden sekä tehdasalueen kunnossapitoon. Liikkuvan kaluston kunnossapidossa pääpaino on ehkäisevässä kunnossapidossa. Kalusto huolletaan ja korjataan maanalaisella korjaamolla tasolla +1410. Siellä on myös tarvittavat komponentti- ja materiaalipalvelut. Prosessin kiinteiden ja koneiden ja tehdasalueen kunnossapidon keskuksena ovat maan pinnalla olevat korjaustilat, joista käsin hoidetaan kone-, sähkö-, instrumentti-, LVI -materiaali ja energiapalvelut. Tehdaspalvelun tehtävänä on turvata suunniteltu tuotanto tuottamalla laadukkaat kunnossapito-, osto- ja varasto sekä IT -palvelut tuotanto-osastoille ja hallinnolle. (Inmet 2006)

Haastattelu 10.6.2013. Haastateltava oli Pyhäsalmen tehdaspalvelun kunnossapitoinsinööri.

Pyhäsalmen rikastamon käytettävyys on kehittynyt ns. ”maailmanluokan”-käytettävyudeksi, ylittäen parhaimmillaan 96 % ilman seisokkeja. Luku on korkea kun ottaa huomioon sen, että rikastamo on suunniteltu ja rakennettu 1960-luvun alussa, ja että sen koneet ja laitteet ovat pääosiltaan vielä alkuperäisiä. Rikastamon jauhinmyllyjen kumipalkkien ja vuorauksien vaihto dominoi seisokkisuunnittelua. Jauhimien kulutusosien takia tarvitaan vuosittain neljä seisokkia. Seisokin kesto on kolme päivää sisältäen n. 3000 miestyötuntia. Käytettävyys seisokit mukaan laskettuna ylittää kuitenkin parhaimmillaan 95 %.

Pyhäsalmen kaivos on saanut kunnossapitoyhdistys ry:n Tuottavan käynnissäpidon palkinnon vuonna 2004 Suomen parhaasta käynnissäpidosta. Perusteluina oli, että Pyhäsalmi Mine Oy on edelläkävijä uusien kunnossapito- ja kunnonvalvontatekniikoiden käyttöönotossa ja hyödyntämisessä. Näiden ansiosta vikaantumistiheys on vähentynyt ja kaivoksen käyttöaste on kansainvälisesti huippuluokkaa. Samalla kunnossapito- ja muita tuotantokustannuksia on kuitenkin voitu pudottaa.

7.3.1 Erityispiirteet Pyhäsalmeilla.

Rikastusprosessin kannalta kriittisimmät laitteet Pyhäsalmen rikastamolla ovat lohkaremylly ja vaahdotusilmapuhallin. Vikaan pysähtyessään edellä mainitut laitteet pysäyttävät koko rikastamon tuotannon. Vaahdotusilmapuhaltimen kriittisyyden poistamiseksi sille on suunnitteilla varalaitte. Lohkaremyllylle ei ole suunnitteilla varalaitetta. Kummallekin laitteelle on ollut lähimenneisyydessä tuotannon pysäyttävä vika. Jäljestäpäin on analysoitu, ettei näitä kumpaakaan vikaa olisi kyetty ennustamaan. Tuotannon pysäyttävät viat ovat edellä mainituissa laitteissa kuitenkin äärimmäisen harvinaisia. Kyseiset laitteet ovat aktiivisen kunnonvalvonnan alla, eikä kunnonvalvonnan lisäyksellä enää ole parannettavissa laitteiden luotettavuutta.

Pääsääntöisesti tuotannon isompia päälaitteita ei ole kahdennettu. Rikastamon prosessissa pääosalle laitteista löytyy rinnakkainen laite. Kriittisille pumpuille on aina oltava rinnalla varapumput. Ei kriittisille pumpuille, jotka ei pysäytä tuotantoa, on kunnonvalvonta pääasiassa resurssin haaskausta.

Pyhäsalmen malmin prosessointi on laitteille erittäin kuluttavaa. Malmille on ominaista, että kumivuoraukset eivät kestä jauhinmyllyissä ja pumpuissa. Nykyinen seisokkiväli neljä seisokkia vuodessa määräytyy täten jauhimien kumipalkkien ja -vuorauksien kulumisen mukaan, ja on seisokkivälinä ehdoton minimi. Pyhäsalmeilla on ollut aiemmin kuusi seisokkia vuodessa.

Noin 2-3 viikkoa ennen seisokkia pidetään seisokin esisuunnittelupalaveri. Seisokkipalaveri pidetään viikkoa ennen seisokkia ja seisokin jälkeen on seisokin jälkipuolipalaveri. Nämä palaverit ovat osoittautuneet hyvin tärkeiksi seisokkien onnistumisen kannalta.

Kunnossapitostrategioista ei ole Pyhäsalmeilla valittu tietoisesti puhtaasti mitään ideologiaa – kunnossapidon toimintamallia, eikä sellaiseen ole haluakaan ”sortua”. Kunnossapidon toimintatapana sekä johtoajatuksena on ennakoiva ja mittaava kunnossapito, joten Pyhäsalmeilla ei tyydytä korjaavaan kunnossapito toiminta-ajatukseseen. Jollain tavalla toiminnassa on RCM:än keskeisimpiä piirteitä, vaikkakin RCM:ää ei ole sovellettu kunnossapito-ohjelman laadinnassa ”oppikirjan omaisesti”. Kunnossapito on alana kaottinen, joten yleisesti strategiat kuten

TPM, TAC soveltuvat puhtaana toimintamallina paremmin teolliseen sarjatuotantoon. Strategioiden peruseriaatteet ovat kuitenkin hyviä, ja nämä on hyvä tiedostaa ja tarpeen tullen soveltaa käytäntöön.

Pyhäsalmele on hankittu ensimmäiset kannettavat värähtelyanalysaattorit kunnonvalvontaan jo 1980-luvulla. Kannettavien analysaattoreiden käyttö kunnonvalvontakierroksilla on rutiinia. Pyhäsalmen kaivoksen laitekannasta on on-line kunnonvalvonnan piirissä runsaasti laitteita verraten muuhun kaivosteollisuuteen. Kunnonvalvonta on toteutettu useammilla eri ratkaisuilla, käyttäen niitä laitetoimittajia, joitten laitteilla kohteen toteutus on onnistunut kustannustehokkaimmin. Kiinteät kunnonvalvontakohteet ovat myös mittauskierron kohteina. Kaikista kunnonvalvontakierroksen kohteista on jo 30 % kiinteän kunnonvalvonnan piirissä.

Pyhäsalmelella on kaikki prosessin pysäyttävät päälaitteet jatkuvan kunnonvalvonnan piirissä. Tärkeissä kohteissa on toteutettu myös suojausjärjestelmien tyyppisiä ratkaisuja kokonaisvärähtely antureita (RMS) ja prosessinohjausjärjestelmää hyväksi käyttäen. Nämä suojausjärjestelmät ovat todennetusti jo tuoneet merkittävät kustannussäästöt etupäässä pumpuissa (kaivosvesipumput) katkaissamalla laitteen toiminnan värähtelyn noustessa määritellyn rajan yli. Eteenkin pumpuissa on tyyppillistä, että jokin prosessihäiriö aiheuttaa värähtelytason nousun. Tällöin suojausjärjestelmä pysäyttää pumppauksen, estäen näin pumpun rikkoontumisen. Yleisesti kunnonvalvonta- sekä suojausratkaisuissa korostuu turhan paljon laakerivaurioiden osuus. Kunnonvalvonta laitteet ja ohjelmistot keskittyvät juuri näiden vikatyypien analysointiin. Laakerivauriot eivät kuitenkaan ole todellisuudessa näin merkittävässä osassa. Myös akustiseen emissioon perustuviin ratkaisuihin on tutustuttu, ja yhdessä kohteessa toimintaa on testattu. Tällaisen ratkaisun hankintapäätöstä ei kuitenkaan ole tehty. Kokonaisuutena talosta löytyy osaamista toteuttaa kunnonvalvontaratkaisua omatoimisesti.

Pyhäsalmelella johtoajatuksena on käyttäjävetoinen kunnossapito (ODR). Käyttöhenkilöstölle on käynnissäpitoon painotettu aistinvaraisten toimintojen käyttöönottoa kenttäkierroksilla, sillä nämä keinot on todettu hyvin toimiviksi. Nykyisin suurin osa vikailmoituksista kunnossapitojärjestelmään tulee käyttöhenkilöstöltä. Käyttöhenkilöstö osallistuu myös joihinkin kunnossapitotoihin, kuten seisokissa jauhinmyllyjen vuoraukseen.

Pyhäsalmen kunnossapidon tärkeimpinä tunnuslukuina seurataan:

- Viat TOP 10
- Kuukausiraporteista kustannukset kustannuspaikoittain
- Rikastamon käyntiaste %.

7.3.2 Minkälainen on kunnossapito-organisaation toteutus, minkälaiset toimintatavat

Kaivosala on hyvin kunnossapitointensiivinen ala. Kokonaiskustannuksista kunnossapitokustannukset näyttelevät suurta osaa. Pyhäsalmeilla on noin 210 työntekijää, joista noin 60 työskentelee kunnossapidon parissa. Osastoilla on oma päivittäinen kunnossapito arkena aamu- ja iltavuorossa. Osastoilla suoritetaan kunnonvalvontaa, mutta niissä ei ole nimettyä kunnonvalvontahenkilöä. Liikkuvan kaluston kunnossapito kuuluu kaivososastolle.

Pyhäsalmeilla tehdaspalveluosasto vastaa komponenttikorjauksesta, kunnonvalvonnasta, kone-, sähkö-, automaatiosuunnittelusta, sähkö- ja instrumenttikorjauksista, kunnossapidon ostotoiminnasta, varaosavarastosta, IT-teknologiahankinnoista ja urakoitsijoiden valvonnasta. Prosesseina tehdaspalveluosastolle kuuluu myös raakaveden syöttö, kaivostuuletus ja kaivosveden pumppaus. Tehdaspalveluosasto toimii myös osastojen apuna tietyissä määrättyissä kunnossapitotöissä.

Ulkoistetusta kunnossapidosta on tehty aikoinaan tarjouspyynnöt suurimmille kunnossapitopalveluita tarjoaville toimijoille. Tarjouspyynnöt eivät kuitenkaan johtaneet vakavasti harkittaviin tarjouksiin, joten ulkoisen kunnossapitotyövoiman käyttöä on toteutettu pääasiassa vain seisokeissa. Siivouksia, raakkukiven louhintaa, nostoja sekä tavarakuljetuksia maan alle on toteutettu myös ulkoista työvoimaa käyttäen. Pyhäsalmen porttien sisäpuolella toimii yksi metallialan yritys ja nostoalan yritys.

Pyhäsalmen kaivoksen ERP-järjestelmänä on KaTTi -32 ERP, josta löytyy kaikki kunnossapitotehtävien hoidossa tarvittava tieto. Tämä kaivoksille suunnattu kaivoksen tuotannon ja talouden tietojärjestelmä on ”älykäs kaivos” -hankkeen tulosta. Työkulku on perinteinen kunnossapitojärjestelmän mukainen, sisältäen kalenteripohjaisten tarkastuskohteiden hälytykset. Järjestelmään ole ei näkymää yhdelläkään ulkoisella toimijalla.

Kunnossapito-ohjelman toimivuuden kannalta on erityisen tärkeää, että työsuunnittelusta on linkki varastojärjestelmään. Seisokkeihin on muistettava tilata varaosat, vaikka varaosia olisi varastossa tarvittava määrä (muistettava varaston hälytysrajat). Työsuunnitelman tekovaiheessa varataan tarvittavat osat varastosta, ja jo tässä vaiheessa varastotavarasta lähtee tilaus, mikäli varastotavaralle määritetty hälytysluku alittuu. Jos varaosa ei ole varastotavarana, niin se tilataan erillisesti sieltä mistä saadaan edullisimmin.

Taloudellisen varaosaohjauksen kehittämisen, ja siinä onnistumisen kannalta, jokaiselle varaosalle on tekninen vastuuyhteyshenkilö. Vastuuyhteyshenkilö määritetään jokaiselle varaosalle, joka on varastojärjestelmän varastolistalla. Muut tilatut tuotteet ovat kauttakulku tuotteita. Varastotuotteille on määritetty hälytysluvut varastojärjestelmään. Jokaisesta varaosasta lähtee vuosittain lista vastuuyhteyshenkilölle. Näistä listoista katsotaan onko hälytysrajat järkevät, ja mikäli nähdään tarpeelliseksi, niin tehdään muutokset järjestelmään. Varaosien kriittisyys on määritetty kriittisyystarkastelun pohjalta kategorioihin: 1.) massatuote, 2.) tärkeä tuote, 3.) kriittinen tuote (joka pysäyttää tuotannon). Varaosan saatavuus ei vaikuta varaosan kriittisyyteen.

Seisokkityölistojen hallinta ja töiden erillä pitäminen käynninaikaisista töistä on tärkeää. Samoin työmääräimien aika-arvioiden todenperäisyys (seuranta toteutumisiin). Seisokkityöhön lisätään 15 %:n yllätysvara. Vara on käytössä todettu hyväksi, koska kun koneet ja laitteet avataan vasta seisokissa, niin yleensä tällöin löytyy myös lisäyllätyksiä. Tällöin työtä on ennakoitua suunnitelmaa enemmän, joten tähän on varauduttava.

7.3.3 Aloittavan kaivoksen suunnittelun lähtökohdat

Suunnittelun tärkeimpinä lähtöarvoina ovat suunniteltu vuosituotanto – kokonaisvolyymi sekä vuosituotannon vaihtelut. On myös osattava ennakoida tulevaa kasvua. Esimerkiksi Pyhäsalmen rikastamo suunniteltiin 1960-luvulla 300 - 500 000 tonnina vuosituotannolle. Tällä hetkellä tuotanto on noin 1,4 miljoonaa tonnia. Rikastamo laajennettiin 1970-luvulla. On tärkeää, että rikastamosta tehdään tiloiltaan mahdollisimman laaja tulevaa ennakoitua- tai ennakoiमतonta tuotannonlaajennusta varten.

Tuotannon määrittelyvaiheessa pitää hahmottaa, mikä materiaali (esimerkiksi metalli vai kumi) käy kulutusosissa malmille parhaiten mihinkin prosessiosaan ja

-laitteeseen. Kuka tämän määrittelyn tekee? Kuka ymmärtää sen, minkälainen on malmin aiheuttama kulutusmekanismi eri prosessivaiheissa ja eri laiteosille? Näitä asioita ei tiedä ulkomainen laitevalmistaja tai geologi. Nämä kysymykset voisi tietää ”rikastusprosessia ymmärtävä ihminen, joka on työskennellyt kenttäolosuhteissa ja nähnyt kulumiseen vaikuttavat tekijät”. Kulumisprosessin ymmärtämiseen tarvitaan kokenut kaivosalan ammattilainen.

Aloittavalla kaivoksella on tärkeää ajaa heti alusta käyttäjävetoinen kunnossapidon malli (ODR). Jälkikäteen mallin ujuttaminen käyttö- ja kunnossapito-organisaatioon on hankalaa ja kaatuu helposti muutosvastarintaan. Työ haastattelussa varmistettava muutamalla hyvällä kysymyksellä, onko perillä mitä käyttäjävetoisella kunnossapidolla tarkoitetaan, ja mikä on haastateltavan asenne tähän. Työntekijöiden asenne on tärkeä oikeanlaisen organisaatiokulttuurin luomisessa.

Varaosavaraston toiminta, varaston oikea mitoitus ja varaosasopimukset ovat onnistumisen kannalta tärkeässä roolissa. Kriittisyystarkastelun tulokset on jalkauduttava varastosuunnitteluun. Varaston optimoiminen säästöihin nojaten taloushallinnon laskentaperustein pieneksi, ei ole toimiva ratkaisu. On muistettava, että myöskään laitetoimittajilla ei ole varastossa heidän myymien laitteiden osia, koska varastot minimoidaan tänä päivänä joka puolella. Kaikki kulutusosat on löydyttävä varastosta. Pitää hyväksyä se tosiasia, että laitteita/varaosia seisoo varastossa.

7.3.4 Oikeat toimenpiteet käytettävyytavoitteen saavuttamiseksi

Pyhäsalmeella uusittiin tuotantoa vuosille 1998 – 2001 sijoittuneessa ”Uusi kaivos” -kaivosprojektissa. Projektin pääpaino oli turvallisuudessa sekä tehokkuudessa. Projektissa perustettiin uusi maanalainen kaivos tasovälille +1050 - +1445. Uusi malminnostokuilu ulottuu 1441 m syvyyteen. Rikastamon tuotantolaitteet ovat kuitenkin pysyneet valtaosin alkuperäisinä. Kaivosprojektissa syntyi tekijöilensä uusi kaivos, johon ollaan yleisesti tyytyväisiä. ”Syntyi sellainen kaivos, jossa halutaan olla töissä, ja uskalletaan olla”.

Projektissa on tärkeää, että projektiorganisaatio ymmärtää laitteiden kunnossapidon ja kunnossapidettävyyden merkityksen. On myös ymmärrettävä toimivan varaosahuollon ja teknisen tuen merkitys. Vaikka laitteistoinvestointiin laitetaan enemmän rahaa, niin tilannetta on hyvä tarkastella katemenetyksiä vasten. Pitää olla selvää paljonko maksaa yksi seisokki tunti/päivä. Projektiorganisaation olisi

koostuttava osittain tai kokonaan tuotannon henkilöistä. Bonuksen kustannussäästöistä on projektiorganisaatiolle vaarallinen kannustustapa. Pitää olla tarkkoja siitä, että ei palkita huonosta työstä, mikä tässä tapauksessa tarkoittaa väärää, kustannussyistä hankittuja kaikkein edullisimpia laiteratkaisuja.

On tärkeää, että ostaja/osto-osasto ei saa yksin määritellä mitä laitteita otetaan, vaan määrityksen pääasiassa suorittavat laitteiden käyttäjät. Teollisuudessa on nähty paljon sellaista, että osto määrittää laitteet kustannuksiin vedoten ottamatta huomioon kunnossapidettävyyttä. On muistettava, että tuotantolaitteen elinkaarikustannuksesta hankintahinta on useissa tapauksissa marginaalinen.

Laitehankinnoissa on laitetoimittajan kanssa sovittava vastaanottotarkastuksista seuraavaa.

1.) Laitteiden toiminta mitataan jo tehtaalla ennen toimitusta. Laitetoimittaja koeajaa laitteet omissa tiloissaan tehtaalla ennen asennusta, jolloin laitteen käyntivärähtelyt (tärinä/kiihtyvyys) voidaan mitata. Näistä koeajoista on saatava mittausdata myöhempään käyttöön. Kaikkein parasta olisi, jos kaivoksen oma kunnonvalvonta suorittaa mittaukset.

2.) Kun laitteet asennetaan tuotantotilaan, niiden käyntitieto mitataan välittömästi. Laitetoimittajat suostuvat huonosti näihin ehtoihin. He väittävät helposti, että tilanne ei ole sama kuin prosessissa. Kuitenkin jo tehdasmittausdatasta on löydettävissä vialliset laakeriasennukset. Toive on ollut, että laitetoimittaja suorittaa mittaukset. Kuitenkin on menetelty niin, että laitoksen oma kunnonvalvonta käy suorittamassa mittaukset tehtaalla.

Jos rakennetaan nykykäytännön mukaisesti laitteita teräsrakenteisien tasojen tai rautapalkkien päälle, on rakennesuunnittelu koko rakenteelle tärkeää. Ilman rakennesuunnittelua saadaan lähes varmasti värähtelevä rakenne. Tämä aiheuttaa ylimääräistä kuormitusta mm. laakereille, puhumattakaan koko rakenteen kestämisestä. Jauhinmyllyt on kannakoitava kunnolla peruskallioon. Jos kannakointi on huono, niin silloin saadaan helposti syntymään jatkuva resonanssivärähtely koko rakenteelle tai jopa laitokselle. Tämä saattaa olla laitoksen rakenteiden kestävyydelle vaarallinen. Jauhinmyllyt voivat tahdistua huterassa rakenteessa, jolloin ongelma moninkertaistuu. Rakennesuunnittelu on ulotettava myös putkistolinjoihin.

Kriittisille pumpuille on aina oltava varapumput. Varapumpun omaaviin pumpujen kunnonvalvontaan ei kannata käyttää aikaa, koska ne eivät vikaantuessaan pysäytä tuotantoa. Käyttöiän ja käyntituntien mittaaminen on järkevää ainoastaan prosessin päälaitteista. Pienemmissä laitteissa, pumpuissa ja vuorausosissa se on pääsääntöisesti ajan tuhlausta. Vuorausosan kulumisnopeus (kulumismekanismi) on kuitenkin tiedettävä.

Eräissä jo 1960-luvulla hankituista Pyhäsalmen jauhinmyllyissä on vielä alkupe-
räiset vierintälaakerit. Koneiden ja ennen kaikkea laakereiden pitkän keston taustalla on onnistunut voiteluhuolto. Asiantuntevan suunnitelmallisen kunnossapidon insinöörin palkka palautuu takaisin koneiden pitkänä käyttöikänä.

Hyvän käytettävyyden takaamiseksi kaivoksella on oltava oma kunnossapito ja kunnonvalvonta. Näin säilytetään kokonaisymmärrys laitoksen kunnossapidosta. Kunnonvalvonnan täytyy ansaita oma arvostuksensa. Kunnonvalvonnan rooli ei ole uudessa laitoksessa heti ansaittua, eikä se saakaan olla, sillä uudesta laitoksesta ei vikoja pitäisi löytyä. Kunnonvalvonnan rooli on kehittynyt oikeaksi silloin, kun mittaustulokset otetaan huomioon seisokkisunnittelussa, ja yleensäkin otetaan mittaustulokset vakavasti. Kokenut kunnonvalvonnan ammattilainen löytää mittausdatasta myös prosessihäiriöitä. Ansaittu arvostus on todellista arvostusta. Kunnonvalvonnan virheet muistetaan helposti, mutta tilanteet, jossa kunnonvalvonta on aiheuttanut 10 000 € säästöt unohtuvat. Tämän takia on tärkeää, että kunnonvalvonnan tulokset raportoidaan rehellisesti, mitä kunnonvalvonta on kokonaisuudessaan maksanut ja minkälaisia säästöjä on saatu aikaan. Kunnonvalvonnan taloudellisen tuloksen raportoinnissa on kuitenkin usein puutteita. Tämä voi johtaa kohtalokkaiisiin säästöihin kunnonvalvonnasta.

Tuotantolaitokselle on aina oltava heti alusta ennakko-ohjelma. Jos tuotannon aloitusvaiheessa on resurssit vähissä, niin luodaan ohjelma alussa kevyemmin. EH-ohjelma on laadittava vaikka Excel-pohjaisesti. Tärkeintä kuitenkin on, että EH-työlle löytyy vastuuhenkilö eli osaava ennakko-ohjelmies. Jälkeenpäin EH-ohjelman laatiminen on todella haasteellinen ja hankala. Lisäksi on saatettu aiheuttaa taloudellisia menetyksiä väärin suoritettuna tai laiminlyödyn ennakko-ohjelman takia.

Laitoksen piirustuksista pitää luoda omat dokumenttinumerot ja laittaa vaikka Excel-pohja toimittajalle. On tärkeää ettei laitetoimittajan omia piirustusnumeroita oteta käyttöön ilman harkintaa tai kiireeseen vedoten sellaisenaan, sillä kuvien numerointi ja -nimeäminen noudattaa eri periaatetta. Niistä on myöhemmin vaikea ottaa selkoa. ”Miesmuistiin” ei kannata luottaa missään asioissa, sillä asiat eivät pysy oikeina muistissa.

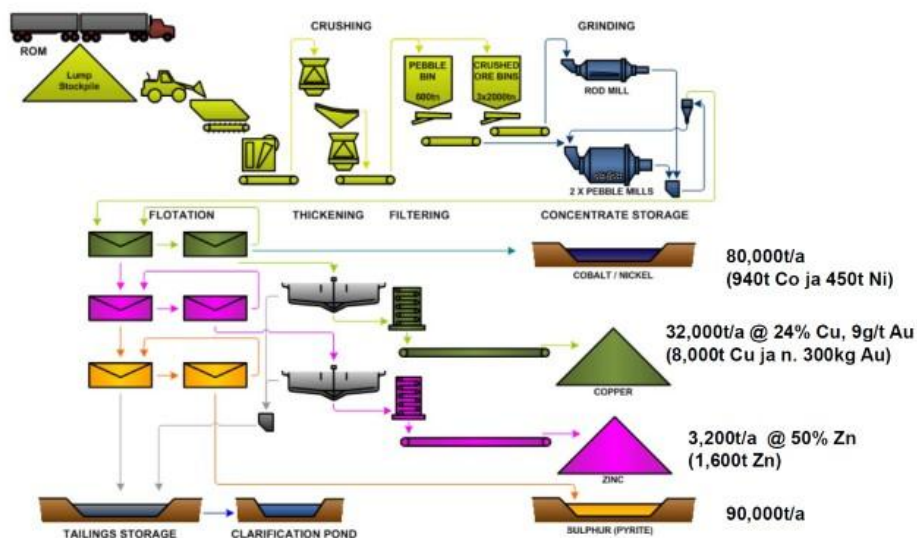
7.4 Luikonlahden rikastamo

Luikonlahden rikastamo (kuva 18) on osa australialaisen Altona Mining Ltd:n ja sen suomalaisen tytäryhtiön Kylylahti Copper Oy:n kaivostoimintaa. Kylylahti Copper Oy on avannut vuonna 2012 kylylahden kaivoksen Polvijärvellä, josta louhittava malmi kuljetetaan rikastettavaksi Kaavin Luikonlahden rikastamolle Pohjois-Savossa. Yhtiö hankki rikastamon omistukseensa vuonna 2010. Malmi sisältää mm. kuparia, kobolttia, nikkeliä, kultaa ja sinkkiä. Luikonlahden rikastamon voimassaolevan ympäristölupapäätöksen mukaisesti Luikonlahdessa voidaan rikastaa Kylylahden kupari-koboltti-malmia 550 000 tonnia vuodessa. Malmin lastaus ja nosto kaivoksesta toteutetaan urakoitsijan toimesta kuorma-autokalustolla. Malmi kuljetetaan läjityksen jälkeen kuorma-autoilla Luikonlahteen. (Janhunen, Lappalainen & Karjalainen 2011)



Kuva 18. Luikonlahden rikastamo (Fonecta.fi).

Tuotantona syntyy (kuva 19) kuparirikastetta 32,000t/a, sinkkirikastetta 3,200t/a, koboltti-nikkelirikastetta välivarastoon jatkokäyttöä varten 80,000t/a ja rikkirikastetta välivarastoon. 90,000t/a (Vesanto 2011).



Kuva 19. Luikonlahden rikastuskaavio (Vesanto 2011).

Luikonlahdella louhittiin ja rikastettiin vuosina 1968–1983 Cu-Co-Ni-Zn -malmia, jolloin malmi oli hyvin samanlaista kuin nykyisen Kylylahden malmin rikastuksessa. Vuosina 1979 – 2006 rikastamossa rikastettiin talkkimalmia, josta saatiin sivutuotteena myös nikkelikastetta. Tuotantoinfrastruktuuri ja rikastusprosessi ovat pysyneet samanlaisena läpi eri tuotantovaiheiden, joten uusi prosessikaavio muistuttaa Luikonlahden alkuperäistä kaaviota. Rikastamolla toteutettiin mittava kunnostus projekti vuonna 2011. Rikastamon sähköistys, automatisointi, rikastushiekka-altaan laajennus ja Co-Ni rikastealtaan rakentaminen olivat suurimmat yksittäiset kustannuserät. Kylylahden kaivos työllistää noin 40 kaivosyhtiön henkilöä ja 30 urakoitsijan henkilöä. Luikonlahden rikastamolla työskentelee yhteensä noin 40 henkilöä. (Vesanto 2011)

Haastattelu 17.6.2013. Haastateltavana oli Luikonlahden rikastamon kunnossapitopäällikkö.

Rikastamo käynnistyi vuonna 2012. Rikastamo käy keskeytymättömässä kolmi-vuorossa kaikkina päivinä. Luikonlahden rikastamolla on mekaanisessa kunnossapidossa kunnossapitopäällikkö ja 5 asentajaa. Sähköpuolella on sähkö- ja automaatioinsinööri sekä 3 asentajaa. Muutostyöt ja muut palvelut ostetaan ulkopuolelta. Iltavuorossa on yksi mekaaninen kunnossapitomiehen ja yksi sähkömies. Nämä tekevät vian sattua työtillatukset Artturi nimiseen kunnossapito-ohjelmaan, sekä mahdollisesti myös avaavat ja suorittavat kyseiset kunnossapitotyöt. Yövuorossa on vain päivystys. Tuotannaikainen kunnossapitotyö toteutetaan pääsääntöisesti kokonaan omalla kunnossapitoväellä.

Rikastamolla on vuorossa 3 käyttöhenkilöä. Käyttömiehet avustavat tuotannon käydessä iltavuorossa työskentelevää kunnossapitomiestä eri kunnossapitotehtävissä, esimerkiksi kiilahihnojen vaihdossa. Seisokeissa käyttöhenkilöstö osallistuu laajemmin kunnossapitotöihin. Käyttöhenkilöille on annettu perustehtäviin lyhyt kunnossapitokoulutus, vaikka he eivät suorita juurikaan tätä suuremmissa määrin kunnossapitotehtäviä.

7.4.1 Erityispiirteiden Luikonlahdella

Luikonlahden rikastamolla ei sovelleta mitään valmista ja määriteltyä kunnossapidon toimintamallia. Rikastamon tuotantoprosessi kaikille laitteille ja prosessijärjestelmille on tehty kattava poikkeamatarkastelu (Hazard and Operability Study -analyysi eli HAZOP). Tarkastelussa käytiin läpi laitoksen eri riskitekijöitä, ja tarkastelun tarkoituksena oli riskitekijöiden minimoiminen. Samalla suoritettiin myös ennen 2012 tapahtunutta tuotannon käynnistystä onnistunut tuotantolaitteiden kriittisyystarkastelu. Erittäin kriittiset laitteet on analyysin perusteella kahdennettu. Suuria tuotantolaitteita, kuten murskaamon murskaimia ei ole suureen laitekokoon ja investointikustannuksiin perustuen kahdennettu. Näille laitteille on tarkka ennakkohuolto ja kunnonvalvonta. Rikastamossa on rinnakkain tankomylly ja kaksi kuulamylyä. Myllyt ovat myös tarkka ennakkohuollon ja seurannan alla.

Murskaimen huolto on suurin yksittäinen säännöllinen huoltotyö - ”sillä kivi kuluttaa”. Murskaamossa esimurskaimena on suuri leukamurskain, jonka huoltoväli on 10–11 viikkoa. Tämän lisäksi on välimurskain ja hienomurskain, jotka ovat

keskenään samanlaisia kartiomurskaimia. Väli- ja hienomurskaimella on huolto 650 käyttötunnin välein, eli murskainhuolto tulee noin 325 tunnin välein. Väli- ja hienomurskaimen huoltotyö kestää noin 10 tuntia, jossa murskain aukaistaan, puhdistetaan ja huolletaan. Kun murskaamot (esi- ja hienomurskaus) pysähtyy, niin tuotantoa varten on välivarastossa maksimissaan 3 vuorokautta murskattua malmia. Ainoastaan rikastusprosessin pysähtyessä tuotanto pysähtyy.

Luikonlahdella ei ole varsinaista tuotannonohjausjärjestelmää, vaan ABB:n prosessinohjausjärjestelmään on toteutettu tuotannon seurausjärjestelmä.

Luikonlahdella kunnossapidollisina mittareina on:

- Määritetyt määrälliset ja laadulliset mittaukset, kuten esim. kuparin pitoisuudet (toteutus automaatiojärjestelmässä),
- käyntiaste -%,
- kunnossapidon kokonaiskustannukset kuukausittain,
- kustannusten jakautuminen osasto/laiteluokkiin,
- työlajit kuukausittain %:na kustannuksista.

Työturvallisuusasiat ovat Altona Mining Ltd:n tuotantolaitoksissa kaikki kaikessa. Kaikista kunnossapitotöistä tehdään omistajatahon vaatimuksesta aina ennen työn aloitusta turvallisuusarvio. Tästä arviosta saadaan suoritettavalle kunnossapitotyölle työn riskiluokka. Turvallisuusarvion riskiluokitukset ovat korkea-, keskimääräinen-, vähäinen- tai alhainen riski. Jos riski on vähäinen tai alhainen, niin tietyt turvallisuusnäkökohdat huomioiden kunnossapitotyöt voidaan aloittaa. Mikäli turvallisuusarvion tuloksena on keskimääräinen riski, niin silloin tehdään työn turvallisuusanalyysi, JSA (Job Safety Analysis). Analyysin tuloksena saadaan kunnossapitotyölle riskin suuruutta kuvaavat pisteet (numeroarvo). Pisteytyksen mukaan joudutaan työn suorittamiseksi tekemään lisäohjeistuksia tai jatkotoimenpiteitä turvallisuusriskin pienentämiseksi. Jos työlle joudutaan tekemään ohjeistus, niin työ ohjeistetaan yhdessä työtä suorittavan työntekijän kanssa pyrkien luomaan työtapa, jolla on vähäinen- tai alhainen riski. Tietyn ennalta määrätyn yläpistemäärän saavuttavaa työtä ei saa suorittaa, vaan on tehtävä muutoksia suunnitelmaan ja tehtävä uusi tarkastelu uusituilla työturvallisuustoimenpiteillä.

Turvallisuusarvion jälkeen kunnossapitotöihin käydään aina valvomon kautta. Työt kirjataan ja tuotantoa ohjaava prosessimies erottaa laitteen ja asentaa kohteen turvakytkimeen ensimmäisenä nimikkolukon. Tämän jälkeen kunnossapitoa suorittavat henkilöt lukitsee myös kohteen omalla nimikkolukollaan.

7.4.2 Minkälainen on kunnossapito-organisaation toteutus, minkälaiset toimintatavat

Luikonlahdella tehtiin ennen tuotannon alkamista kriittisyystarkasteluun perustuva kriittisyysluokittelu. Tarkastelun tuloksen perusteella ostettiin varastoon varaosia ennen tuotannon aloitusta, ja tähän oli varattuna jo valmiiksi rahoitus. Kriittisyystarkastelussa ja varaston hankinnassa onnistuttiin varsin hyvin.

Luikonlahdella on Artturi -niminen kunnossapitojärjestelmä. Kunnossapitojärjestelmän käyttöönottoprojektissa onnistuttiin myös hyvin. Järjestelmän käytettävyyttä työn suunnitteluun ja kustannusten seurantaan lisää se, että työmiesten palkanmaksun peruste on oikein suoritettut tuntikirjaukset.

Kunnossapitojärjestelmässä on:

- tuotannon ja kunnossapidon yhteinen päiväkirja,
- töiden hallinta, vikailmoitus, työtilaus ja töiden hallinta,
- työohjeistus,
- ennakkohoolto, johon suunnitellut ennakkohoultolistat tulevat järjestelmästä automaattisesti viikoittain kunnossapidon esimiehille, joka kuormittaa töitä miestasolla,
- tuntien kirjaukset, josta tunnit menevät järjestelmästä hyväksyttynä suoraan palkanlaskentaan. Jokaiselle työlle on kirjattava oikea kustannuspaikka. Palkka maksetaan vain järjestelmään tehtyjen kirjausten perusteella,
- varaosajärjestelmä,
- dokumenttien hallinta.

Ostojärjestelmä on erillinen, ja oli hankittu ennen kunnossapito-ohjelmistoa. Tällä hetkellä on kuitenkin menossa ohjelmien integrointi, jonka jälkeen Artturin tilaukset menevät osto-järjestelmään. Tämän jälkeen saadaan myös kustannukset siirtymään ohjelmien välillä.

Luikonlahdella tuotanto tekee lähes kaikki vikailmoitukset. Pääsääntöisesti kunnossapidon esimies tekee työsuunnittelun ja -tilauksen, sekä suunnittelee työkuormituksen järkeväksi. Viikonloppuisin, kun esimiestä ei ole paikalla, kunnossapitomiehet tekevät tuotannon häiriön aiheuttavista vioista työtilauksen Arturiin. Ilman työmääräystä ei tehdä mitään kunnossapitotöitä.

Häiriöilmoituksessa määritellään häiriön vaikutus tuotantoon, ja vaatiiko korjauksen suoritus seisokin. Vuorokauden kestäviä seisokkeja on noin 8 viikon välein. Seisokkijankohdat ovat tiedossa noin 2-3 kuukautta eteenpäin. Ulkoisen työvoiman saatavuudessa seisokkeihin ei ole ollut mitään ongelmia. Seisokkeihin ostetaan yhteistyökumppaneilta tilanteesta riippuen 2-8 miestä. Kiinteitä kunnossapitosopimuksia ei ole.

Luikonlahdella on suunnitelmassa hankkia kunnonvalvonta ostopalveluna. Yksi ulkoistusvaihtoehto on parhaillaan testauksessa. Toteutusvaihtoehtona on, että ulkoinen toimija sijoittaa prosessilaitteisiin omat anturit. Anturimäärä ja -sijoitukset määräytyvät kriittisyystarkastelun pohjalta. Antureiden kokonaismäärä on 36 kappaletta, ja ne kierretään tiedonkeruulaitteella kerran viikossa tai vaihtoehtoisesti joka toinen viikko. Anturit ovat passiivisia, joten kunnonvalvontatietona tallennetaan tiedonkeruun aikana ainoastaan lyhyt pätkä. Kierroksen jälkeen mittausdata ladataan palvelimen kautta analyysiin, jonka suorittaa kunnonvalvontapalvelun tarjoaja. Mittaustietona kerätään värähtelyn koko spektri, josta etsitään impulssien kerrannaiset. Mittausdatasta käy selville esimerkiksi onko kyseessä koneen epätasapaino vai laakerivika. On-line mittausratkaisuille ei ole nähty tässä vaiheessa tarvetta. Kunnonvalvontakierroksen spektritiedot on tarkasteltavissa omallakin kunnossapidon henkilöstölle, mutta analysointiprosessi on päätetty siirtää kokonaan ulkoiselle toimijalle. Kunnonvalvontana suoritettiin tätä ennen värähtelyn kokonaistason mittauksia, mutta sen käyttö ei aktivoitunut.

Viikkohuolloissa on visuaalinen tarkastuskierros, jossa on apuna lämpökamera. Isot vaihdelaatikot kuvataan lämpökameralla viikoittain. Sähkökeskukset ovat myöskin kuvauskierroksissa, joskin harvemmalla kuvausvälillä.

Kulutusosissa on tehty sopimus kulutusosia valmistavan yrityksen kanssa kaupintavarastoperiaatteella. Kaupintavarastossa on syöttimien-, murskainten- ja myllyjen kulutusosat, käsittäen sekä teräksiset ja kumiset kulutusosat.

7.4.3 Oikeat toimenpiteet käytettävyystavoitteen saavuttamiseksi

Luikonlahdella on otettu uudestaan käyttöön jo käytössä oleva rikastamo. Tuotannon käynnistys onnistui, ja pahoilta ongelmilta vältyttiin. Ainoastaan jonkin laitteen suorituskyky ei ollut sitä, mitä oli suunniteltu ja laskettu. Käyntiastetaivoite oli asetettu 92,5 %:n, joka on saavutettu ja ylitetty. Käyntiaste lasketaan vain siltä ajalta, kun kiveä kulkee tankomyllyyn syöttävällä hihnalla automaatiojärjestelmä laskennan mukaan yli 50 % asetusravosta. Esimerkiksi, jos syöttötaso on 80 tonnia/h, ja jos syöttötaso on pudonnut alle 40 tonnia/h, niin laskennallisesti on kyseessä tuotantokatkos.

Rikastamon suunnittelun alkuarvoina on tärkeää, että lähtöaineisto ja lähtötiedot ovat oikeita. Prosessin on oltava oikein laskettu ja mitoitettu. Massataselaskennassa ei saa olla virheitä. Nämä ovat tärkeitä tietoja laitekannan valinnan ja mitoituksen tueksi. Mitoituksen lähtöarvona on laitoksen ulostulokapasiteetti. Tämän jälkeen aloitetaan prosessin mitoitus. Rikastusprosessi on mallinnettava oikein malmin oikeilla lähtö- ja lopputuotearvoilla.

- Murskauksessa on oltava oikeat murskaussuhteet ja murskausvaiheiden määrät, jotta voidaan toteuttaa oikea ja onnistunut murskaus- ja seulontapiiriin suunnittelu. Murskauksen ja seulonnan kapasiteetin varmistaminen on erittäin tärkeää.
- Jauhatuksen suunnittelussa on oleellista se, montako rinnakkaista jauhinmyllyä on ja minkälaisia myllyt ovat. Malmin laatu ja jauhetun mineraalin vaadittu partikkelikoko ovat määrävässä asemassa.
- Vaahdotuksessa pumppauskapasiteettia on oltava tarpeeksi. Jos lähtötiedot ovat vähänkään virheelliset, esimerkiksi virhettä vaahtokertomissa, niin prosessiin aiheutetaan helposti heiluriliike, joka heijastuu koko rikastusprosessin kapasiteettiin ja laatuun.

Laitteistosuunnittelussa on käytettävä mahdollisimman paljon samoja, saman laitetoimittajan ratkaisuja. Tällöin säästetään varaosavarastossa. Tämä seikka on tärkeä ottaa huomioon eteenkin pumppujen valinnoissa.

Kunnossapidon onnistumisen kannalta on tärkeää, että työkalut on oikein valitut. Toimiva kunnossapitojärjestelmä on välttämätön ehto esimerkiksi laitteiden huoltojen aikataulutusten kanalta. Kukaan ei tee suunnitelmia ja aikataulutuksia

enää Exceliin tai ruutupaperille. Oikeanlaisesti toteutetusta kunnossapitojärjestelmästä saadaan niin paljon hyötyjä ulos, että järjestelmä maksaa nopeasti itsensä takaisin. Järjestelmä on hankittava viimeistään tuotantolaitteiden hankintavaiheessa, ja järjestelmän valintaan ja käyttöönottoon on panostettava.

Investointiprojektissa kunnossapidollisiin asioihin on varattava osaavia henkilöitä, jotka samanaikaisesti rakentaa hierarkian ja laitekannan valmiiksi kunnossapitojärjestelmään. Laitepositiot ja niiden lainalaisuudet pitää olla hyvin mietittynä. Jos laitehierarkia ei ole kunnossa, ei kunnossapitojärjestelmästä ole mitään hyötyä. Kunnossapitojärjestelmässä pitää olla myös tarvetta palvelevat kustannuspaikkaluokitukset. Kustannuspaikkanumerot ja/tai kustannuspaikkaluokituksen syöttö pitää myös olla vaatimuksena kunnossapitotyön etenemiselle järjestelmässä. Kustannuskohdistus on tärkeä oikein toteutuneen kustannuseuran ja kunnossapidon kehitystoiminnan suunnittelun lähtötiedoiksi. Kunnossapitojärjestelmässä pitää olla myös investointien kustannusnumerot. Näin kustannukset kohdistuvat oikein, kun esimerkiksi talon omat kunnossapitohenkilöt tekevät töitä esim. muutosinvestoinnille.

Kriittiset varaosat on löydettävä omasta varastosta. Muutamissa prosessilaitteissa on sovittu hankintavaiheessa, että toimittaja pitää määrätyt osat Suomen varaosavarastossa. Nämä asiat on helppo sopia kaupanteon yhteydessä. Tosi asia on, että esimerkiksi Euroopan varastosta tuotteen saapuminen Pohjois-Suomeen kestää 1,5 – 3 vuorokautta. Varastonarvon saa minimoida ainoastaan kaupintasopimuksien kautta, mutta on muistettava, että kaupinnalla on aina myös oma hintansa.

7.5 Sotkamo Silver, Taivaljärven hopeakaivosprojekti

Sotkamo Silver koostuu Sotkamo Silver AB -emoyhtiöstä, ja sen täysin omistetusta tytäryhtiöstä Sotkamo Silver Oy:stä. Sotkamo Silver AB:n pääkonttori sijaitsee Tukholmassa, Ruotsissa. Oulussa on paikallistoimisto sekä Sotkamossa kenttätoimisto. (Sotkamo Silver AB 2013).

Sotkamo Silver kehittää hopea- kulta- ja sinkkiesiintymiä Pohjoismaissa. Päämääränä on lisätä yhtiön mineraalivarantoja ja malmivaroja malmitutkimuksella, malmioiden kehittämällä ja niiden hankinnalla sekä kumppanuussuhteilla. Yhtiöllä on pitkälle viety hopeakaivosprojekti Taivaljärvellä Itä-Suomessa. Projektin toteutettavuus- ja kannattavuus selvitys (feasibility study) on tehty. Kaivos sai

ympäristöluvan huhtikuussa 2013 ja yksityiskohtainen tekninen kaivossuunnitelu on käynnissä. Lisäksi yhtiö hallitsee kahta kultaesintymää: Harnäs, joka on aiemmin käytössä ollut pienehkö kultakaivos Ruotsissa, sekä Hopeavuoren kultaesintymä Tampereen lähistöllä Suomessa. (Sotkamo Silver AB 2013)

Taivaljärven esiintymä sijaitsee Itä-Suomessa, Sotkamon kunnassa. Sotkamo Silver on jo alkanut suunnitella kaivosalueen alustavaa infrastruktuuria, päämääränään kaivostoiminnan aloittaminen. GTK on osana toteutettavuusprosessia tehnyt Sotkamo Silverille metallurgisen minipilot-tutkimuksen kevään 2011 aikana. Käsitellyt näytteet edustavat jalostukseen tulevan malmin normaalia pitoisuutta. GTK:n mukaan Taivaljärven malmi on yleisesti ottaen helppoa rikastaa, joten yksinkertaisella prosessilla ja kohtuullisella reagenssin kulutuksella voidaan hyödyntää keskinkertaisia malmipitoisuuksia ja päästä vielä tyydyttävään saantiin. Vuotuisen louhittavan kallion määrän on tällä hetkellä arvioitu olevan 350 000-450 000 tonnia. Kaivoksen toiminnan aikana malmin louhitaan sekä avolouhosesta että maanalaisesta kaivoksesta. Avolouhosvaihe kestää kuudesta kahtentoista kuukautta, ja sen jälkeen toiminta jatkuu maan alla. Käytettävä louhintamenetelmä tulee olemaan välitasollinen pengerlouhinta jälkitäytöllä. (Sotkamo Silver OY, C 2014)

Suunniteltu rikastusmenetelmä on tavanomainen vaahdotusprosessi, joka tuottaa kahta tyyppiä rikastetta: sinkki ja lyijy-hopea. Vuotuinen arvioitu rikastetuotanto on 4000 - 5000 tonnia. Suunniteltu kaivosalue tulee käsittämään kaikki olennaiset laitokset ja rakennukset, joita tarvitaan kaivostoimintaan. Nämä tulevat olemaan rikastamo, rikasteen varasto, huolto- ja työpaja-alueet, toimistot, pysäköinti, muuntaja-asema ja urakoitsijan varasto. (Sotkamo Silver OY, C 2014)

Haastattelu 15.10.2013. Haastateltava olivat Taivaljärven kaivoksen projektipäällikkö sekä projektin kunnossapidon asiantuntija, Taivalvaaran hopeakaivosprojektista.

7.5.1 Erityispiirteet Taivaljärvellä

Taivaljärven kaivoksen toteutus suunnitelmia on, että kaivoksen louhintaa ja murskausta suorittaa ulkoinen urakoitsija. Sopimusrajapinta sijaitsee murskeen välivarastossa, josta rikastamo saa syötteen. Malmin syöttö rikastamoon on oltaava häiriötön, eikä sen ole sallittua katketa yhtään kertaa. Tämä on yhdistetty

välivarastomitoitus sekä urakoitsijan toiminnan luotettavuusasia. Prosessi ei sisällä muita kiven ja mineraalimateriaalin välivarastoja. Rikastusprosessi on herkkä häiriöille. Laitteiden ohitusmahdollisuus on vain pitempiaikaisissa häiriöissä. Tällaiset toteutukset mietitään tapauskohtaisesti, koska tilapäisratkaisut vaikuttavat rikastettavan tuotteen ja toiminnan laatuun.

Malmin rikastuksen pilot-kokeet ovat osoittaneet, että kivi on murskautuvaa, joten rikastusprosessin osalta ei varsinaisesti pitäisi olla mitään erikoisia ongelmia odotettavissa. Prosessin kannalta ei myöskään uskota, että olisi tulossa mitään erityisen vaikeaa, joten prosessisuunnittelussa mennään perinteisten hyväksi todettujen käytänteiden mukaan.

Alueellisesti kaivos sijaitsee kolmen kuntarajan muodostaman kolmion keskellä, eli kunnossapitopalveluita on saatavissa Kuhmosta, Sotkamosta ja Kajaanista. Talvivaaran kaivoksen myötä on Kajaaniin tullut paljon kunnossapito-osaamista ja kunnossapitopalveluita myyviä yrityksiä, joten alan erityisosaamista löytyy alueelta. Tämä vähentää itse ylläpidettävää erityisosaamista.

Taivaljärven rikastamolle on suunnitteilla kaksi sarjaan kytkettyä jauhinmyllyä (kuva 8). Primäärijauhatuspiirissä on vaihtoyksiköitä, joten huoltotoimenpiteitä ja kulutusosien vaihtoa voidaan tehdä tuotannon aikana. Vaahdotuksen alkupään piirit on kahdennettu. Kaikille vaahdotuspumpuille ei ole kahdennusta, mutta kaikki koko rikastamon pysäyttävät muut pumpput on kahdennettu (esim. raakavesipumput ja jätevesipumput). Suunnittelun periaatteena on pumppujen osalta, että yksikään pumppu ei saa pitää rikastamoa pitkään pysäyksissä. Maksimi aika on noin 4 tuntia, joten esimerkiksi pienemmän pumpun juoksupyörä vaihtuu tässä ajassa.

Pumppujen vuorausmateriaaleja ei ole vielä valittu. Valintaan on useita eri perinteisiä vaihtoehtoja ja uusia on kehitetty paljon. Tyypillisimpiä ovat kumi- vuoraukset, joita voitaisiin kutsua jo perusvuorauksiksi. Taivaljärven rikastamolla on alustavasti suunniteltu vuorauksiin kovavuorauksia. Pumpputoimittajat antavat vuorausasioihin erilaisia suosituksia ja käyttöaikatakuita, jotka ovat mineraalimateriaalin kovuuslukuihin kytkettyjä. Takuut ja hinta ovat ratkaisevissa osissa valintaa suoritettaessa.

Ensimmäiseen kulutuskertaan kannattaa valita investoinnin rahoitussyistä ja kokemuksen kartuttamismielessä edullisempi vaihtoehto, jolloin myöhemmin hankitaan lopullinen ja ehkä hankintakustannuksiltaan kalliimpi vaihtoehto, mikäli alkuperäisen valinnan muutokseen nähdään tarvetta. Uusia kulutusmateriaaleja on testeissä ympäri maailmaa eri kaivoksilla, ja tähän perustuen pumpputoimitajaan kannatta luottaa materiaalin valinnassa. Taivaljärven malmi on mineraalikoostumukseltaan sen verran erityinen, joten pumpun kuluvuuskokemusta tähän mineraalikoostumukseen ei ole hankittavissa. Ensimmäisiä kulutusosia on seurattava erityisen tarkasti, jotta kulutusmekanismi ja sen nopeus opitaan.

7.5.2 Minkälainen on tuleva kunnossapito-organisaatio

Kunnossapitotoiminta jaetaan omaan ja ostettavaan palveluun. Kokonaisuus ja toimintamalleista sopiminen ratkaisee sen, minkälaiseen ratkaisuun päädytään. Useilla eri toteutusratkaisuilla päästään hyvään kokonaisratkaisuun. Ulkoisena ostopalveluna saadaan hyviä laitteita sekä hyviä sitoutuneita työmiehiä. Kunnossapitopalvelun laadun on katsottu olevan alueella hyvää. Toteutusta ohjaava suure kaivoksen aloitusvaiheessa on se, että sidottu pääoma pitää pyrkiä pitämään mahdollisimman pienenä.

Ostettujen palvelujen määritysvaiheessa on toimivan yhteistyön varmistamiseksi tärkeää määritellä tavoitteet halutuksi ja realistisiksi. Tavoitteet on myös määriteltävä selkeästi ja aukottomasti. Tähän lisäten myös tavoitteiden savuttamattomuudesta johtuvat sanktiot on asetettava oikein.

Omasta osaamisesta tärkeimpänä nähdään kunnossapidon johto ja -suunnittelu sekä ennakkohuolto (EH), vaikkakin näihin löytyy osaamista myös ostopalveluna. Kunnonvalvonta on läheisesti sidoksissa EH:n ja kunnossapidon suunnitteluun, joten tähän seikkaan nojaten se lähtöarvoisesti kannattaa pitää itsellä. Kunnonvalvonnan suorittamisen pitämisenä omana työnä puolustaa myös oman osaamisen kehittäminen, vaikka myös kunnonvalvontapalvelua löytyy lähialueelta. Ratkaisematon kysymys on vielä se, mikä on tahtotilan suuruus verrattuna kustannuksiin pitää kunnonvalvontatyö kokonaan itsellä. Toteutusvaihtoehtoja ja variaatioita on vielä monia.

Omaa kunnossapito-osaamista pitää joka tapauksessa olla jonkin verran päivävuorossa. Ostopalveluna hankittavaksi kunnossapitopalveluksi sopii parhaiden toteuttavasta työstä se osuus, joka ei vaadi erityisosaamista eli ns. ryskätyö ja

suuremmat seisokkityöt. Myös vuorokunnossapidon hankintamahdollisuutta ostopalveluna tutkitaan.

Kunnossapidon suuria verstaskoneistuslaitteita (sorvit, jyrsimet) ei ole tarkoitus hankkia itselle. Tämä resurssien hankinta maksaa kustannuksensa hitaasti takaisin. Matkat palveluntarjoajien verstaspalveluihin eivät ole ylitsepääsemättömän kriittisiä. Kiinteitä kunnonvalvontalaitteita ei myöskään hankita. Suunnitelmissa on toteuttaa kunnonvalvonta kenttätyönä kannettavin kunnonvalvontaratkaisuin. Rikastamon laitteissa on pienet pyörintänopeudet, joten kannettavilla laitteilla uskotaan pärjättävän. Kannettaviin ratkaisuihin päätyminen on puhdas kustannuskysymys. Mikäli yksittäisissä tapauksissa ilmenee tarvetta käynnin seuraamiseen esimerkiksi kiihtyvyyssanturein, niin asiaa voidaan myöhemmin harkita. Esimerkiksi ohjausjärjestelmään kytketty käynninvalvontaratkaisu voi tulla kysymykseen, mikäli toteutuksen hyöty verrattuna kustannuksiin on positiivinen.

Varaosavaraston suunnittelu lähtee vika- vaikutus- ja kriittisyysanalyysin pohjalta (VVKA). Kriittisten osien varasto on harkittava hyvin tarkkaan. Varaosavaraston vaatimuksia sanelevat myös vakuutusyhtiöt vakuutusehtojensa kautta. Laitetoimittaja yrittää myydä liikaa varaosavarastoa, joten oman harkinnan osuus korostuu. Varaosavarasto on oltava kriittisten osien suhteen valmis tuotannon alkaessa.

Taivaljärven kaivoksella ei ole tarkoitus ottaa käyttöön mitään oppikirjanomaista kunnossapito strategiaa tai -toimintamallia. Strategioiden oppeja ja hyviä käytänteitä kuitenkin sovelletaan. Sovellettavan strategian pohjana pidetään ”Tamperealainen järkevyyt”. On myös tiedostettava vaara tehdä kunnossapito-organisaatio liian hyväksi, koska silloin se tulee helposti myös ylimitoitetuksi, ja se saattaa maksaa liika tuotannon aloitusvaiheelle.

Käytön ja kunnossapidon yhteistyö nähdään tärkeäksi. Rikastamon käytöllä ja kunnossapidolla on yhteinen johto, eli molemmat toiminnat ovat rikastamon päällikön alaisuudessa. Näin ollen toiminnasta voidaan puhua termillä käynnissäpito. Kunnossapitoa johtaa kunnossapidon esimies, joka toimii myös työsuunnittelijana. Käyttömiehet veloitetaan kunnossapitotehtäviin, eli Taivaljärvellä sovelletaan käyttäjäkunnossapito (ORD) -filosofiaa. Tämä seikka on otettava huomioon rekrytointivaiheessa luodessa uutta organisaatiota.

Kunnossapidon mittaristoja ei ole vielä suunniteltu. Lopulliset toimintaa ohjaavat mittarit on hyvä määritellä työn kautta. Tämä tarkoittaa sitä, että tekeminen itse määrittää onnistumista kuvaavat suureet. Mittareista onnistunutta tuotantoa kuvaavat käytettävyys ja OEE ovat ainakin valittuina.

Kunnossapito-ohjelman tärkeys ymmärretään, ja sellainen myös tullaan hankkimaan. Ohjelman merkki sekä toimittaja eivät ole vielä tiedossa. Ohjelmista valittaessa on tiedostettava, että nykyisin koneosat, komponentit ja instrumentit sisältävät paljon älyä ja erinäistä laskentaa. Ohjausjärjestelmää suunnitellessa ja valittaessa on mietittävä, miten tämä informaatio saadaan järjestelmään ja järjestelmästä ulos palvelemaan kunnonvalvontaa ja kunnossapidon suunnittelua ja kehitystoimintaa.

Koska rahoitusasiat ovat ensisijaisia, ei rikastamon kunnossapitoasioista ole ehditty vielä suunnitella yksityiskohtaisesti. Tämän seurauksesta on laitevalintojen loppumetreillä käytävä kunnossapidolliset asiat vielä kertaalleen läpi, ennen kuin tilaus sovitaan. Pitää vaatia mahdollisimmat hyvät tunnusluvut laitteisiin sekä sellaiset varaosasuositukset, joilla päästään haluttuun lopputulokseen. Varaosasuositukset ovat tärkeitä ja perustuvat laitetoimittajan kokemukseen.

7.5.3 Aloittavan kaivoksen suunnittelun lähtökohdat

Tuotantotavoitteet jalkautuvat tuotantostrategiaan, joka määrittelee käytettävyystavoitteen. Käytettävyyteen vaikuttaa myös se, että vuosien myötä opitaan laitoksen ominaispiirteet.

Rikastamon käytettävyyssuunnittelun lähtökohtana on käytettävyystavoite, joka asetetaan yksittäiselle laitteelle ja laitokselle. Laitetoimittaja sitoutuu tähän ja miettii varaosakuviot ja materiaalit, joilla luvattuun tavoitteeseen päästään. Toimittaja tekee kaikkensa päästäkseen sovittuun tavoitteeseen, sillä onnistumisen tavoite on kaikille osapuolille yhteinen. Sanktioiden koko on mietittävä tarkkaan, vaikkakin ne ovat tuotannonmenetyksiksi verraten yleensä kuitenkin lähinnä kosmeettisia. On kuitenkin yleisesti tiedostettua, että sanktioiden laukeaminen on laitetoimittajalle häpeällistä, sillä maine on tärkeässä osassa tulevien kauppojen suhteen. Laitetoimittajat antavat takuut vain toimittamalle laitteelle. Jos toimituskokonaisuus on suurempi, niin laitetoimittaja katsoo ja vastaa samalla suuremman osakokonaisuutensa. On muistettava, että osakokonaisuus-

den käytettävyys on aina eri kuin koko laitoksen käytettävyys. Kokonaiskäytettävyys muodostuu osakokonaisuuksien käytettävyyksien kertomasta. Laitoksen suunnittelussa asetetaan koko laitoksen käytettävyys, jonka jälkeen ostaja palastelee hankinnan ja asettaa koko laitoksen käytettävyyteen perustuvan yksittäisten laitteiden käytettävyyden niin, että kokonaisuuden käytettävyys täyttyy. Yksittäisellä laitteella on oltava aina suurempi käytettävyys kuin kokonaisuudella, jotta yhtälö toteutuu. Toisin sanoen, palasten toimittajilta vaaditaan kokonaiskäytettävyyttä korkeammat käytettävyydet.

Varaosamäärä on noin 2-3 % laitoksen hankintahinnasta. Tämä matematiikka on ajan kuluessa todettu oikeaksi kaivosalalla. Kulutustavarat ja kulutusosat eivät kuulu tähän, joten ne tarkastellaan erikseen. Laitetoimittajat yrittävät kytkeä omaan toimitukseen kulutusosapaketteja. Niitä harvoin otetaan, koska yleensä saadaan halvemmalla muualta.

Hankintavaiheessa suoritetaan käyttövarmuuden arviointi ja hinnoittelu. Hinnoittelu on tässä vaiheessa haasteellista, koska toimitaan arvailujen varassa ja tunnusluvut ovat hyvin lähellä toisiaan. Tässä vaiheessa on etsittävä ja vertailtava tunnettuja referenssejä siitä, mitä ja minne on toimitettu mitäkin tuotantolaitteita. Hankintavaiheessa on kysyttävä itseltään jokaisen laitetoimittajan kohdalla kysymys, että onko tämä nimenomainen toimittaja luotettava.

Suunnittelu suoritetaan kahdessa vaiheessa 1. layout-taso ja sitten 2. detaljitaso. Käytännön kunnossapidettävyyssuunnittelu mietitään viimeistään detaljitasolla, jossa jo viimeistään on oltava kunnossapidon edustus mukana.

Taivaljärven rikastamon suunnitelmat eivät ole vielä detalji-tasolla, mutta suunnittelusta vastaavien henkilöiden vanhasta kokemuksesta voidaan jo puhua, miten asiat pääpiirteessään tulisi olla. Suunnitelmissa keskitytään tällä hetkellä isomman luokan kysymyksiin. Detalji-tasoisten suunnitelmien on oltava valmiit kuitenkin silloin, kun laitekantaa ryhdytään asentamaan. Useinhan käy valitettavasti niin, että laitteet hankitaan, asennetaan ja laitetaan käyntiin ja vasta sitten ryhdytään suunnittelemaan, kuinka näiden kunnossapito järjestetään. Tällöin ollaan jo auttamattomasti myöhässä, mikäli puhutaan käyttövarmuudesta.

Päälaitetoimittajan esittämä layout-suunnitelma on ehdotus päälaitteiden sijoittelun osalta. Yleensä tähän layout-ehdotukseen on tullut se vuosien kokemus,

mitä aikaisemmin heidän toimestaan on tehty ja opittu. Tässä suunnitelmassa on jo hyvin pitkälle mietitty eri suunnitelmallisia näkökohtia.

Detalji-suunnittelussa on mietittävä vielä tarkemmin uudestaan kunnossapitoasioita. Yleensä suunnitelmissa määräävässä asemassa on prosessitekniset asiat, kuten pumppausmatkat. Nämä eivät saa olla turhan pitkiä, eikä edestakaista pumppausta enää sallita. Tärkeintä on yksinkertainen ja suoraviivainen prosessi. Tähän suunnitelmaan sitten mietitään kunnossapidettävyyttä, luokse pääsevyyttä ja työasennot. Eli suunnittelun marsijärjestys on, että ensin energiatehokkuus, sitten kunnossapidettävyyden näkökohdat.

Laitosta ei saa olla suunniteltu liian ahtaaksi. Nosturilla, trukilla tai vähintään pumppukärryllä on päästävä toimimaan kaikkien laitteiden lähelle. Jokaisen laitteen huolto ja vaihto tulee käydä ajatustasolla läpi viimeistään detalji-suunnitteluvaiheessa. Sähkömoottoreille, isoille pumpuille ja vaihdelaatikoille on laadittava vaihtosuunnitelma, jossa selvitetään laitteen siirtoreitti koneella tai nosturilla.

Taivaljärven tulevan rikastamon kohdalla on tavoitteena, että kun laitevalmistaja ja laitteet valitaan, mietitään samalla miten hoidetaan laitteiden kunnossapito. Laitetoimittajilla on maasta ja yrityskulttuurista riippuen erilaisia käytönteitä ja tapoja hoitaa asiakassuhteita. Laitetoimittaja ei yleensä ota varsinaista vastuuta kunnossapidon kokonaishallintaan liittyvistä asioista, jos niistä ei heille siitä erikseen makseta. Jokaisessa yksittäisessä laitteessa on tiedettävä, miten siihen saa varaosat ja miten varaosahuolto ja tukitoiminnot toimii. Kunnossapitoon kuuluu myös selvittää ja tarvittaessa käyttää laitevalmistajan valmiudet antaa tukea ja tehdä etähuoltoa. Laitevalmistajilta löytyy tänä päivänä jo yleisesti vika- vaikutus ja kriittisyysanalyysi (VVKA) laitteitaan ja laitekokonaisuuksiaan koskien. Nämä asiat ovat keskeisesti laitetoimittajien valintakriteereissä mukana. Kunnossapidon on oltava aidosti mukana hankintavaiheessa ja kunnossapidon vaateet ja kriteerit on otettava huomioon valintaperusteissa.

Kun laite on tilattu, niin valmistaja antaa laitteeseensa suositukset oikeasta käytöstä ja kunnossapito-ohjeet. Näihin ohjeisiin ei kannata pelkästään luottaa, vaan on käytettävä omaa harkintaa. Kunnossapitohenkilöiden on oltava mukana myös tässä tarkasteluvaiheessa.

Kaivannaisteollisuudessa on selkeät periaatteet ja selkeät kohteet, joissa tuotantolaitteet kahdennetaan, mikäli se on taloudellisesti kannattavaa. Rikastusprosessia koskevat riskit ovat tunnettuja, ja karkealla tasolla suunnittelun periaatteet ovat jo yleisesti tiedossa. Taivaljärven kohteessa malmi on kohtuullisen helposti murskattavaa, mutta jauhatuksessa ja pumppauksessa on vaikeutena kulluttavaa kvartsimineraali. Vaahdotuksen pumppauksissa on tietyissä kohteissa pumpput kahdennettava. Prosessin alkupäässä mineraaliainees on karkeampaa, ja näin ollen kuluttavampaa. Erikoiskohteissa on jouduttu uudelleen ja tarkemmin miettimään, niiltä osin kun prosessi poikkeaa olennaisesti alalla totutusta.

Esimurskaimia ja jauhinmyllyjä ei laitteiden suurten investointikustannuksista johtuen ole järkevää, eikä usein taloudellisesti mahdollistakaan kahdentaa. Näissä kohteissa on kunnonvalvonta, varaosaketju varmistaminen ja vaihdettavat kulutusosat (esim. karkeamurskaimen kara) erityisen tärkeässä osassa. Myllyn kulutusosien (vuorauksen) kuntoa seurataan koko ajan, ja vaihto suoritetaan suunnitellun vaihto-ohjelman mukaan. Tällöin seisokkisuunnittelussa on mietitty ja ohjeistettu selkeästi, että esimerkiksi vaihdetaanko syöttöpään kuluvampi sektori tai koko myllyn vuoraus kerralla. Jauhinmyllyjen kulutusosien vaihto dominoi rikastamon seisokkisuunnittelua ja käyttöä ja näin ollen myös dominoi rikastamon käytettävyyttä. Kiven (mineraalin) ominaisuudet määräävät näissä merkittävän paljon.

7.5.4 Oikeat toimienpiteet käytettävyyden kehityksen varmistamiseksi

Oikeaoppisesti toteutetussa investoinnissa on kunnossapidon edustus mukaan (kone-, sähkö- ja automaation asiantuntijat). Näin menetellen saadaan sitoutettua henkilöstöä investoinnin ja käytön onnistuneeseen toteutumiseen. Suunnitteluvaiheessa on otettava myös asentajia mukaan.

Hyvää toteutusratkaisua etsittäessä on ymmärrettävä, että se vaatii paljon keskustelua, jaksamista ja haettuja kompromisseja oikeiden asioiden suhteen. Tämä vaihe kannattaa kuitenkin tehdä huolella, vaikka se vaatii paljon voimavaroja. Asioiden sanotaan olevan helposti tuttuja, mutta on huomattu, että aina on löydetty asioita läpikäytäessä parempia ratkaisuja. Kirjanopillinen ”oikeaoppinen hankinta kunnossapitonäkökohdat huomioiden” on uuden laitoksen suunnittelussa lähes mahdoton käytännössä toteuttaa käytössä olevin resurssein. Jos hankintavaiheessa olisi kunnossapito-organisaatio olemassa, niin ne henkilöt olisivat

suunnittelussa mukana. Todellisuudessa sitä organisaatiota ei siinä vaiheessa vielä ole muodostettu. ”Oikeaoppisen hankintatoteutuksen minimisuoritus” on sitä, että viimeistään ennen sopimusten allekirjoitusta on kunnossapidon asiantuntijoiden katsottava ja todettava, että kunnossapidolliset asiat on otettu huomioon. Tähän vaiheeseen kannattaa ottaa ulkoinen konsultti, jos omaa organisaatiota ei ole vielä muodostettu.

Hankintavaihetta seuraa toimitusvalvonta, jossa seuraamassa laitteen kehitystä, valmistusta tai rakentamista. Toimitusvalvonnassa varmistetaan laitteen oikea rakentamistapa, sekä suoritetaan vaaditut kriittiset valmistusaikaiset mittaukset ja tarkastetaan valmistuspöytäkirjat. Toiminnan tarkoituksena on varmistaa, että laite on todella sellainen, mikä on haluttu tilata. Riippuen valmistusaikataulusta ja laitteesta laitetoimittajan luona käydään 3-4 kertaa. Esimerkiksi jauhinmyllyn valmistus kestää 12 kuukautta. Tarkoituksena on olla mukana kriittisissä valmistusvaiheissa. Toimitusvalvonta on tärkeää hyvän käyttövarmuuden saavuttamiseksi. Mikäli oma aika ei riitä, tai etäisyys valmistajaan on liian pitkä, niin toimitusvalvonta kannattaa tilata luotettavalta toimitusvalvontaa suorittavalta yritykseltä.

Laitteen valmistumisen jälkeen laitetoimittaja koeajaa laitteen omissa tiloissaan. Tällöin on ensiarvoisen tärkeää olla mukana. Mittaustulokset (kunnonvalvontadata) on saatava mukaan näistä ajoista. Jos on jo olemassa omaa kunnonvalvontaosaamista, niin olisi hyvä, että oma kunnonvalvonta osaaja suorittaa vaaditut mittaukset. Näin koneessa havaitut erityisominaisuudet tulevat paremmin seurantaan.

Laitteiden asennusvaiheessa asennusvalvonnan tehtävänä on varmistaa, että laitteet asennetaan niin kuin kuuluu. Asennusvalvonnan tehtävänä on myös varmistaa, että työt dokumentoidaan sovitusti tilaajan kannalta, ja dokumentointi täyttää viranomaisvaatimukset.

Tuotantolaitoksen koneet ja laitteet ostetaan käyteenotettuna. Tähän kuuluu myös sopimus, että laitetoimittajan miehistö on varmistamassa koneiden oikean käytön tuotannon alkuvaiheessa. Laitoksen käyttöönotoissa on oltava mukana laitetoimittajan ohjaus, jolla on tässä vaiheessa vastuu laitteen tai laitoksen oikeasta käytöstä. Laitoksen toimintaa mitataan, eli seurataan päästäänkö ennalta

sovittuun käytettävyystavoitteeseen. Käyttöönnotossa seurataan kaikkien yksittäisten koneiden kuntoa, tehdään EH-toimenpiteet ja seurataan tarkkaan kulutusosien kulumista. Kulutusosien kohdalla mikään osa ei saa päästä kulumaan loppuun, ja näin ollen kuluminen ei ala syödä koneen runkoa. Tämä on ehdottoman tärkeää toteuttaa huolella, koska ei ole vielä hankittua kokemusta kulumismekanismista ja sen nopeudesta.

Käyttöönottoon on varattava resurssia, koska seuraaminen vaatii paljon kenttätöitä. Heikoista kohteista on ennako- ja kokemustietoa, mutta siitä huolimatta on kuitenkin aina yllätyksiä. Käytettävyyteen liittyvät asiat on muistettava myös raportoida. Näitä ovat mm. kunnonvalvonnan tuloksena saatu tieto, koneiden kunnon kehitys, EH-toimenpiteet ja kulutusosien sekä laitteiden kulutuskäyttämisen.

Käyttöönoton antamat indikaatiot (tunnusluvut) ovat tärkeitä verrattaessa toteutumaa laitetoimittajan antamiin suorituskykytakuisiin. Nämä ovat kuitenkin vain mittaustuloksia, eivätkä vielä yksin ratkaise käytettävyystavoitteiden saavuttamista. Laitoksen toiminnan seuraaminen on tärkeää, joten sen toteutumisen mahdollistaminen on varmistettava riittäväillä resursseilla seurata kaikkia edellä kuvattuja vaiheita. On tunnettua, että hankintavaiheessa on kiireitä ja organisaatio on vielä tässä vaiheessa ohut. Niinpä on tehtävä valintoja ja roolijaakoja, sillä jokainen ei kerkeä jokaiseen palaveriin. Realistisempaa on ajatella, että tehtävänkuvan mukaisesti yksi henkilö tarkastelee ja on läsnä vastualueensa asioista, sillä liiallinen konsensuksen haku syö vähäisiä resursseja. Laitoksen käyttövarmuuden kannalta on minimissään valittava kriittiset laitteet, joidenka seuranta on tehostettua.

Mikäli päädytään kustannusmielessä hankkimaan koneita, laitteita tai koneen osia ns. ”kolmannen maailman maista”, kuten esimerkiksi jauhinmyllyjä Kiinasta, asettaa laatukriteereiden varmistaminen haasteita. Onneksi tämä on jo nykyisin koettua ja luotettavaa toimintaa. Laatukriteereiden varmistamiseen löytyy luotettavia yrityksiä, jotka tekevät esimerkiksi Kiinassa laatuvarmistustehtävät. Kaikkien koneita valmistavien yritysten takuuseen ei voi luottaa, vaan laadunvarmistus on vietävä koko valmistusprosessin laadun valvontaan. Laadunvarmistusyritys käy katsomassa tilatun koneen tai laitteen valmistusta. Koska esimerkiksi Kiinassa on paljon edullisempaa suurten valukappaleiden tekeminen, sieltä tila-

taan paljon jauhinmyllyjä ympäri maailmaa. Näin on siellä myös laadunvalvonnasta tullut jo rutiini. Markkinoilta löytyy tunnettuja ja luotettavia laadunvalvontaa suorittavia yrityksiä. Laadunvalvonta on yksi osa kunnossapitoa, sillä se on käytettävyyden varmistamista.

Järkevää kustannustietoisuutta ja laadunhallintaa on kombinaatio, jossa suuri teräsvalu osa (jauhinmyllyn runko) hankitaan Kiinasta, mutta kaikki voimansiirrosta eteenpäin (vaihdelaatikot, moottorit) toimittavat tunnetut eurooppalaiset toimittajat. Kun koneeseen tai laitteeseen tilataan varaosia, tiedostetaan vaihtoehto, että samaan laitteeseen voidaan ostaa varaosia monelta eri toimittajalta. Varaosan laadunvarmistaminen ja laadun hinta ovat tärkeitä asioita (vrt. auton varaosat).

8 KUNNOSSAPIDON KÄYTÄNTEIDEN SIIRTÄMINEN

Tasa-arvoista vertailua kahden toiminnassa olevan kaivoksen rikastamoiden (Pyhäsalmi, Luikonlahti) haastatteluiden tuloksista aloittavan kaivoksen (Taivaljärvi) kunnossapidon toteutussuunnitelmaan ei voida suorittaa, koska Taivaljärven rikastamo ei ole, eikä tätä kautta myöskään kaivos- ja kunnossapitotoimintaa. Näin myös yksityiskohtaiset kunnossapitosuunnitelmat puuttuvat, eikä kunnossapidosta ole saatavissa minkäänlaista informaatiota. Kuitenkin tutkimuksen tuomien hyvien käytänteiden siirtäminen käynnissä olevilta kaivoksilta kunnossapidon toteutussuunnitelmiin näin varhaisessa vaiheessa palvelee aloittavan kaivoksen tarpeita.

Kaikissa kolmessa kohteessa oli haastatteluiden tuloksista nähtävissä kunnossapidon korkea asiantuntevuus. Kaivokset eivät eroa olennaisesti toisistaan rikastusprosessiltaan, ainoastaan prosessin kokoluokka ja rikastusprosessin suunnittelu- ja toteutusajat eroavat. Suurimmat esiin nousseet erot kaivosten rikastamoiden välillä aiheutuivat erilaisesta kokoluokasta, investoinnin eriaikaisuudesta johtuvasta asenteiden muuttumisesta (muuttunut maailma), rikastusteknologian ja investointiajankohdan erilaisen maailmanmarkkina tilanteen ja tietoteknisen- ja yleinen teknologian kehityksen johdosta.

Kokoluokassa Pyhäsalmen kaivos on kooltaan huomattavasti isompi Kylylahden kaivoksen ja Luikonlahden rikastamon muodostamaa kokonaisuutta sekä Taivaljärven suunniteltuun kaivokseen verrattuna. Tämä tuo suuren eron siihen, millaista kunnossapidon organisaatiota on taloudellisesti järkevä pitää yllä. Pyhäsalmen kunnossapidossa on oma kunnossapito-organisaatio kaivoksella ja rikastamolla, joiden lisäksi on kokonaisuutta palveleva tehdaspalvelu. Luikonlahdella ja Taivaljärven suunnitelmissa näkyy selvemmin ohuemman organisaation tuomat kunnossapidon ja käytön yhdistetyt toiminnot, jota käynnissäpidoksi kutsutaan.

Erityisosaaminen ja kyky sen ylläpitoon ovat Pyhäsalrella suurempi kuin Luikonlahdella ja Taivaljärvellä. Kajaaniin on tullut paljon kunnossapito-osaamista ja kunnossapitopalveluita myyviä yrityksiä, joten alan erityisosaamista löytyy alueelta. Tämä vähentää osaltaan välttämättömästi itse ylläpidettävän erityisosaamisen tarvetta Taivaljärvellä.

Taivaljärven rikastamon oikeiden kulutusosien suunnittelun kriteereissä oli hahmotettavissa nykyajan tuomaa muutosta entiseen. Laitetoimittajat antavat vuorausasioihin suosituksia ja käyttöaikatakuita. Takuut ja sen hinta ovat ratkaisevissa osissa valintaa suoritettaessa. Ensimmäiseen kulutuskertaan voi olla investointikuluihin vedoten perusteltavissa valita edullisempi vaihtoehto. Uusia kulumateriaaleja on testattu jo enemmän ympäri maailmaa eri kaivoksilla, ja näin ollen laitetoimittajaan on ehkä jo parempi luottamus materiaalin valinnassa.

Haastatteluissa kävi ilmi, että prosessinohjaus- ja kunnossapidon ohjelmia valittaessa on tiedostettava, että nykyisin koneosat, komponentit ja instrumentit sisältävät paljon älyä ja erinäistä laskentaa. Järjestelmäratkaisua suunnitellessa ja valittaessa on mietittävä, miten tämä informaatio saadaan järjestelmään ja järjestelmästä ulos palvelemaan kunnonvalvontaa ja kunnossapidon suunnittelua ja kehitystoimintaa. Tietokonejärjestelmät keskustelevat paremmin keskenään ja ohjelmistot kehittyvät.

Nykykaikaiseen laitehankintaan kuuluu toimitusvalvonta, jossa seuraamassa laitteen koko valmistusprosessi tuotantolaitokseen asennukseen asti. Prosessissa varmistetaan, että laite on todella sellainen, mikä on haluttu tilata. Taivaljärven haastattelussa kävi ilmi, että nykyisin markkinoilta löytyy myös toimitusvalvontaa suorittavia yrityksiä, joiden palveluiden käyttämisestä kannattaa harkita, koska investointiprojektissa aika on todellakin kortilla.

Taivaljärven haastattelussa paneuduttiin syvemmin investoinnin aikaisien toimintojen tärkeysjärjestyksiin. Tämä on ymmärrettävää, koska nämä asiat ovat kaivosprojektin suunnittelu ja aloitusvaiheessa ajankohtaisia. Rahoitusasiat ja prosessin suunnittelu ovat ensisijaisia, joten kunnossapidon toteutukseen liittyvät asiat jäävät väistämättä taka-alalle. Detalji-suunnittelun marssijärjestyksessä tulee ensin energiatehokkuus ja vasta sitten kunnossapidettävyyssnäkökohdat. Hyvää toteutusratkaisua etsittäessä on myös ymmärrettävä, että se vaatii todella paljon neuvotteluja ja haettuja kompromisseja. Suunnittelun kokonaisprosessi vaatii paljon voimavaroja ja tämä on tärkeä tiedostaa. Oppikirjanomainen uuden laitoksen kunnossapidon onnistunut suunnittelu on lähes mahdoton toteuttaa yleisesti investointivaiheessa käytössä olevin resurssein. Mikäli kunnossapito-organisaatio ei ole valmis investointiprojektin aikaan, niin ”realistinen minimisuoritus” on ennen sopimusten allekirjoitusta ulkoisena palveluna hankittujen kunnossapidon asiantuntijoiden kunnossapidollisten asioiden katselmuksena.

9 TOIMENPIDE-EHDOTUKSET INVESTOINTIVAIHEESEEN

Edellisessä kappaleessa esiteltiin haastatteluissa esiin tulleiden käytänteiden painotuksiin liittyvät erot. Tässä kappaleessa on esitetty toimenpide-ehdotuksina keskeisimmät haastattelujen tuloksina esille tulleet hyvät käytänteet otettavaksi huomioon investointivaiheen kunnossapitosuunnitteluun.

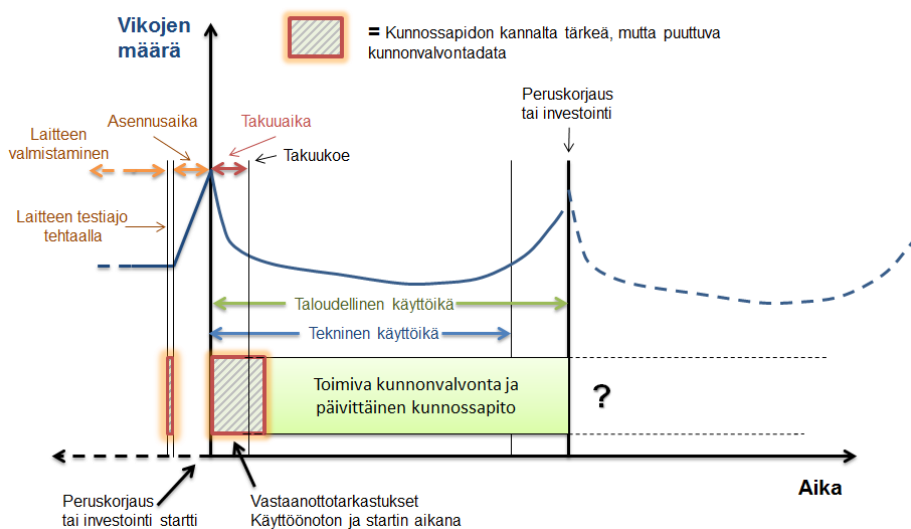
Laitetoimittajien suhteen on useampia riskejä koskien rikastamon laitteiden hankintaa. Tuotantolaitoksen koneet ja laitteet ostetaan käytteenotettuna, johon kuuluu sopimus, että laitetoimittajan miehistö on varmistamassa koneiden oikean käytön tuotannon alkuvaiheessa. Näin ollen laitoksen käyttöönotoissa on oltava mukana laitetoimittajan ohjaus, jolla on vastuu oikeasta käytöstä. Tuotannon alkuvaiheessa laitoksen toimintaa mitataan, eli seurataan päästäänkö käytettävyytavoitteeseen. Käyttöönoton antamat indikaatiot (tunnusluvut) ovat tärkeitä verrattaessa toteutunutta laitetoimittajan antamiin suorituskykytakuuihin.

Tiedettyä on, että hankintavaiheessa on kiireitä ja organisaatio on vielä ohut. Niinpä on tehtävä valintoja ja roolijakoja. Jokainen ei kerkeä jokaiseen palaveriin, joten on realistisempaa ajatella, että tehtävänkuvan mukaisesti yksi henkilö tarkastelee ja on läsnä vastuualueensa asioista. Liiallinen konsensuksen haku syö vähäisiä resursseja. Tässä vaiheessa laitoksen toiminnan seuraaminen on elintärkeää, joten sen toteutumisen mahdollistaminen on varmistettava riittävillä resursseilla seurata kaikkia edellä kuvattuja vaiheita tehostetusti siihen asti, kunnes tyytyväisyys sekä yhteisymmärrys laitetoimittajan kanssa koneiden käytettävyydestä on saavutettu. Resurssipulassa laitoksen käyttövarmuuden kannalta on minimissään valittava ne kriittiset laitteet, joidenka seuranta on tehostettua. Tärkeää on, että laitoksen todellinen suorituskyky varmistetaan, ja verrattava tätä mitta-arvoa laitetoimittajan takuuarvoon. Tässä asiassa ei saa luistaa.

Onnistuneen uuden laitoksen käyttöönoton sekä tulevan kunnossapidon onnistumisen kannalta on tärkeää, että kunnonvalvonnan toteutusta on lähdetty suunnittelemaan jo laitossuunnittelun yhteydessä. Onnistuneessa ratkaisussa kunnonvalvontadataa on käytettävissä heti laitehankinnoissa ja tuotannon alku-

metreiltä. Valitettavasti usein on tilanne, että kunnossapitoasioita aletaan miettiä vasta sitten, kun laitoksen tuotanto on käynnistynyt. Näin menetellessä kunnonvalvontadataa on saatavissa vasta, kun kunnonvalvontatoiminnot on saatu käyntiin (vihreä alue, kuva 20). Pahin tilanne on silloin, kun kunnonvalvonta alkaa hyvän aikaa takuukoeajon jälkeen. Hyvin tunnettua on, että koneen ja koko tuotantolaitoksen vioittuvuus eri elinkaaren vaiheissa noudattaa ns. ”kylpyamme-käyrää” (sininen viiva, kuva 20), joten tuotannon aloitus on ns. ”lastentautien” aikaa.

Laitoksen laitteiden tilausvaiheessa on hyvä määrittää tarvittavat kunnonvalvontamittaukset. Laitetoimittajan kanssa on sovittava vastaanottotarkastuksista niin, että laitteiden toiminta mitataan jo tehtaalla ennen toimitusta ja ennen kun laitteet asennetaan tuotantotiloihin. Laitetoimittajat kuitenkin koeajavat laitteet omissa tiloissaan, jolloin laitteiden käyntivärähtelyt (tärinä/kiihtyvyys) voidaan mitata joko oman miehistön tai laitetoimittajan toimesta. Mittausten suoritus olisi mittaustietojen luotettavuuden varmistamiseksi kuitenkin hyvä olla paikan päällä varmistamassa. Näistä mittauksista saatu data on tärkeää. Tehdasmittaustietojen avulla on löydettävissä vialliset laakeriasennukset. Testeissä havaitut viat voidaan korjata jo ennen laitteiden asennusta. Yhtä tärkeässä osassa on myös ennen takuukoetta kerätty data. Vian ilmetyä myöhemmin jo käyttöön otetussa laitteessa on vian alkamisajankohta helpompi jäljittää, kun mittausdataa on koneen ensimmäisistä käynneistä lähtien (kuva 20). Näin päästään jäljittämään vian syntymekanismi.



Kuva 20. Kunnonvalvonnan rooli hankintaprojektissa (Mukaiillen, Kautto 2011).

Mikäli päädytään suunnitellusti kustannusmielessä hankkimaan koneita, laitteita tai koneen osia ns. ”kolmannen maailman maista” esimerkiksi jauhinmyllyjä Kiinasta, pitää laatukriteereiden varmistaminen panostaa. Laatukriteereiden varmistamiseen löytyy luotettavia yrityksiä, jotka tekevät esimerkiksi Kiinassa laatuvarmistustehtävät. Kaikkien laitteita toimittavien yritysten takuuseen ei voi luottaa, vaan omien (tilaajan) laatukriteereiden varmistaminen on vietävä koko valmistusprosessin laadunvalvontaan. Laadunvarmistusyritys käy katsomassa tilatun tuotteen valmistusta. Tämä on jo koestettu ja luotettavaa toimintaa, koska esimerkiksi Kiinasta tilataan Eurooppaan ja ympäri maailmaa tänä päivänä paljon koneita. Laadunvalvonta on yksi osa riskienhallintaa, sillä se on myös tuotannon tuloksellisuuden ja sitä kautta taloudellisuuden varmistamista.

Rikastamon suunnittelu

Rikastamon suunnittelun tärkeimpinä lähtöarvoina ovat suunniteltu vuosituotanto sekä sen vaihtelut. Rikastamon suunnittelu lähtee tuotantosuunnitelmasta määräytyvästä rikastamon ulostulokapasiteetistä. Onnistumisen kannalta on tärkeää, että käytettävissä on tarkkaan tutkittu ja varmistettu lähtöaineisto, sekä oikein mitoitettu ja laskettu prosessi. Massataselaskentaan ei saa tulla virheitä.

Tämä on varmistettava mallintamalla prosessi useammalla tavoin. Mallinnus tulee tehdä oikeilla lähtö- ja lopputuotearvoilla sekä näiden eri variaatioilla. Laitteistosuunnittelussa tulee suosia samoja, samanlaisia ja saman laitetoimittajan ratkaisuja. Tällöin saavutetaan säästöjä varaosavarastossa sekä helpompi tuotantoprosessin hallinta prosessin ajettavuuden kannalta.

Tuotantotiloista (rikastamosta) kannattaa tehdä tiloiltaan mahdollisimman laaja tulevaa jo ennakoitua- tai ennakoimatonta tuotannonlaajennusta varten. Kun rakennetaan nykykäytännön mukaisesti laitteita teräsrakenteisten tasojen- tai rautapalkkien päälle, on rakennesuunnittelu koko rakenteelle välttämätön. Ilman rakennesuunnittelua saadaan lähes varmasti värähtelevä rakenne. Tämä aiheuttaa ylimääräistä kuormitusta mm. laakereille puhumattakaan koko rakenteen kestämisestä. Rakennesuunnittelu on ulotettava myös putkistolinjoihin.

Kulutusosat

Tuotannon määrittelyvaiheessa on tärkeää hahmottaa mikä materiaali (metalli vai kumi) käy kulutusosissa malmille parhaiten mihinkin prosessiosaan ja – laitteeseen. On tärkeä hahmottaa 1.) kuka tämän määrittelyn tekee (insinööri, geologi vai laitetoimittaja), 2.) kuka ymmärtää minkälainen on malmin aiheuttama kulutusmekanismi eri prosessivaiheissa eri koneosille ja 3.) onko referenssejä muista kaivoskohteista.

Jos varmaa tietoa ei ole kyseisen mineraalin aiheuttamasta kulutusmekanismista, niin ensimmäiseen kulutuskertaan kannattaa valita edullisempi kulutusosa vaihtoehto (metalli, kumi) ja myöhemmin päättää lopullinen valinta. Kulutusmateriaaleja on laitetoimittajalla testeissä eri kaivoksilla eri maissa, ja näin ollen heillä on myös tietoa materiaalien oikeista valinnoista. Aloittavalla kaivoksella puuttuu omakohtaisesti hankittu kokemus kulumismekanismista, joten tällöin laitetoimittajan antaman takuun merkitys korostuu.

Projektiorganisaation on ymmärrettävä kunnossapidettävyyden merkitys sekä toimivan varaosahuollon ja teknisen tuen merkitys. Suunnittelussa eri vaihtoehtoja kannattaa tarkastella katetuottomenetyksiä vasten. Pitää selvittää paljonko maksaa yksi seisokkipäivä. Tätä tietoa vasten tarkastellaan eri laitevaihtoehtojen hankintahintaeroja. Laitteiden määrittelyyn tulee käyttää käytön- ja kunnossapitoon asiantuntemusta. Kustannussäästöt laitteiden hankintavaiheessa ei saa

houkutella liikaa. Teollisuudessa on nähty paljon sellaista, että osto-osasto määrittää laitteet, ottamatta huomioon kunnossapidettävyyttä. On muistettava että tuotantolaitteen elinkaarikustannuksesta hankintahinta on useissa tapauksissa marginaalinen.

Tuotantolaitteiden kriittisyys

Tuotantolaitteille tehdään aina vika- vaikutus- ja kriittisyystarkastelu (VVKA). Tänä päivänä laitetoimittajalta jo pääsääntöisesti löytyy sellainen. Prosessin pysäyttävät päälaitteet on oltava jatkuvan kunnonvalvonnan piirissä ja eteenkin silloin, jos laitetta ei ole kahdennettu. Tärkeissä kohteissa tarvitaan myös häiriöstä laitteen pysäyttäviä suojausjärjestelmiä (esim. kaivosvesipumput). Jossain kohteissa suojausjärjestelmä voi pelastaa laitteen vikaantumiselta prosessihäiriö tilanteessa. Nämä seikat on myös tarkasteltava VVKA:ssa. Erittäin kriittiset laitteet kahdennetaan aina, mikäli se on investointikustannusten kannalta ajatellen mahdollista, eli kriittisille pumpulle on oltava aina varapumppu. Varapumpun omaavien pumppujen, kuten lietepumppujen järjestelmällinen kunnonvalvonta ei ole kannattavaa, kun ne eivät vikaantuessaan pysäytä tuotantoa. Käyttöiän ja käyntituntien mittaaminen on järkevää ainoastaan päälaitteista.

Varaosien kriittisyysluokittelu luodaan kriittisyystarkastelun pohjalta. Varaosien kriittisyys on määritetty kriittisyystarkastelun pohjalta esimerkiksi kategorioihin: 1.) kriittinen tuote (tuote, jonka puute pysäyttää tuotannon), 2.) tärkeä tuote, 3.) massatuote. Varaosan saatavuus ei saa vaikuttaa kriittisyysluokittelun kriittisyysarvoon. Saatavuus on kokonaan toisen tarkastelun kohde, ja näin ollen otetaan huomioon varastosuunnittelun kautta. Kriittisyysluokittelun perusteella hankitaan varastoon varaosia jo ennen tuotannon aloitusta. Tähän on varattava rahaa, joka on rikastamon ollessa kyseessä noin 2-3 % tuotantolaitteiden kokonaisarvosta. Kriittiset varaosat on aina löydettävä omasta- tai laitetoimittajan Suomen varaosavarastossa. Varastonarvon saa minimoida ainoastaan kaupintasopimusten kautta. Tälläkin ratkaisulla on tietenkin myös oma hintansa.

Ennakkohuolto-ohjelma

Tuotannon aloitusvaiheessa olisi hyvä olla jo heti alusta oma erityispiirteet huomioiva EH-ohjelma. Resurssipulassa sellainen kannattaa luoda alussa kevyemmin ja vaikka vain tuotannon kannalta kriittisimmille laitteille. Muulta osin käytetään laitetoimittajan tarjoamaa mallia. Tärkeintä on, että EH-työlle löytyy vastuuhenkilö eli osaava ennakkohuoltomies. Jälkeenpäin EH-ohjelman laatiminen on todella haasteellinen ja hankala. Lisäksi on jo saatettu aiheuttaa taloudellisia menetyksiä väärin suoritettun tai kokonaan laiminlyödyn ennakkohuollon takia.

Oman kunnossapito-osaamisen merkitys

Hyvän käytettävyyden takaamiseksi kaivoksella on oltava oma kunnossapito ja kunnonvalvonta, jolloin säilytetään kokonaisymmärrys laitoksen kunnossapidosta. Kokonaistaloudellinen oikea kunnossapito ja/tai kunnonvalvonta voi olla myös osittain tai kokonaan ulkoistettu, ja tämä voi myös olla taloudellisin tapapäästä ”riittävään” käytettävyyteen. On kuitenkin muistettava, että käytettävyyden menettämisen riski on lähes mahdoton ulkoistaa. Asiaa voidaan sanktioida, mutta sanktiot eivät koskaan korvaa tuotannonmenetyksen kustannuksia. Näin menetysten riski tuotannonmenetysten kautta kuitenkin jää aina itselle.

Aloittavalla kaivoksella on tärkeää ajaa heti alusta organisaatioon käyttäjävetoisen kunnossapidon toimintamalli (ODR). Käyttöhenkilöiden saaminen mukaan kunnossapitotehtäviin voi kaatua muutosvastarintaan, mikäli asiaa ei ole otettu huomioon rekrytoinnissa. Työtarjoukseen kirjataan vaatimuksena kunnossapito-osaaminen, joka työhaastattelussa varmistetaan. Käyttäjäkunnossapitoa käyntiin ajaessa kannatta korostaa aistinvaraiset toimintojen tärkeyttä. Kunnonvalvontakierroksille hankitut tieto keräävät mittalaitteet sekä lämpökamerat maksavat oikein käytettynä itsensä takaisin vikojen ennakoitavuuden kautta.

Kunnonvalvonnan tulokset

Kunnossapidon kannalta paras tilanne saavutetaan, kun laitoksen kunnonvalvonta on itse ansainnut oman arvostuksensa. Toimivassa kunnossapito-organisaatiossa tämä on myös yksi toiminnan hyvyttä kuvaava suure. Kunnonvalvonnan rooli on oikea silloin, kun mittaustuloksiin perustuva prognoosi otetaan huomioon tuotannon- ja seisokkisuunnittelussa. Kunnonvalvonnan rooli ei ole uudessa laitoksessa heti oikea, eikä arvostus kunnonvalvontaa kohtaan ole yleensä

vielä ansaittua. Oikein suoritetun toiminnan myötä pitää toiminnan tulokset kuitenkin nousta esille. Kokenut kunnonvalvonnan ammattilainen löytää mittausdatasta myös prosessihäiriöitä. Kunnonvalvonta arvioi tietyin indikaatioin koneiden kuntoa. Toiminnan virheet helposti muistetaan, mutta helposti ne tilanteet, jossa kunnonvalvonta on aiheuttanut merkittävät kustannussäästöt unohtuvat. Tämän takia on tärkeää, että kunnonvalvonnan tulokset raportoidaan rehellisesti, eli mitä kunnonvalvontatoiminta on maksanut ja minkälaisia säästöjä on toiminnalla saavutettu. Valitettavasti kuitenkin kunnonvalvonnan taloudellista tulosta ei yleensä raportoida, mikä vaikeuttaa kunnonvalvonnan arvostuksen tunnistamista. On muistettava, että ansaittu arvostus on todellista arvostusta.

Rikastamon laitteiden kunnonvalvonnalla on keskeinen osuus hyvän käyttövarmuuden saavuttamisissa. Kunnonvalvonnan rooli on olla kunnossapitoa ohjaava toiminto eikä missään nimessä päinvastoin (Kautto 2011). Päinvastaisesti vaarana on, että kunnonvalvonnasta haetaan säästöjä ilman riskitietoista harkintaa. Pahimmassa tapauksessa riskejä ei edes tunnisteta.

Seisokit

Hyvin suunnitellut oikea-aikaiset seisokit takaavat seisokkiminimin ja sitä kautta korkeamman käytettävyyden. Viime kädessä kulutusosien vaihdot kahdentamattomissa laitteissa (murskaus ja jauhatus) ovat määräävä tekijä laitoksen seisokkiminimiin. Kun seisokkiminimi on saavutettu, on myös käytettävyyden kehittäminen tätä kautta kaluttu loppuun. Seisokkityölistojen hallinta sekä töiden erillä pitäminen käynninaikaisista töistä on tärkeää. Samoin on työmääräisten aika-arvioiden todenperäisyys, eli seuranta toteutumiin tärkeää oppimisen kannalta. Seisokkityöhön lisätään noin 15 %:n yllätysvara, koska kun kone avataan seisokissa, niin yleensä löytyy myös yllätyksiä. Tällöin työtä on ennakoitua suunnitelmaa enemmän.

Hallintajärjestelmät

Nykyaikaisessa rikastusprosessissa, kuten kaikissa teollisissa prosesseissa on tärkeäksi muodostunut hyvä keskenään integroituvat hallintajärjestelmät. Hallintajärjestelmät käsittävät prosessinohjaus- tuotannonohjaus-, tuotannonseurausjärjestelmät, jotka voivat olla osittain prosessiohjausjärjestelmään toteutettuja. Lisäksi tarvitaan osto- ja varastojärjestelmät, ym. konsernin sisäiset järjestelmät. Tärkeänä hankintaperusteena tulee olla käytettävyys ja ohjelmien keskinäinen

toiminta ja tiedonkulku (integroitavuus). Hallintajärjestelmien valinnassa pitää olla mukana niiden tulevia käyttäjiä eli tuotannon ja kunnossapidon edustajia. Kun kaikki tarvittavat ohjelmat valitaan samanaikaisesti, niin samalla on helpompi varmistaa yhteensopivuusasiat.

Kunnossapitojärjestelmä on hankittava viimeistään tuotantolaitteiden hankintavaiheessa, ja mielellään samalla hankitaan myös osto- ja varastojärjestelmä samalta toimittajalta. Näiden järjestelmien yhteensopivuus on elinehto. Järjestelmän valintaan ja käyttöönottoon on panostettava, sillä oikein toimiva järjestelmä maksaa nopeasti itsensä takaisin.

Hierarkian ja laitekannan kannattaa tehdä kerralla valmiiksi kunnossapitojärjestelmään ennen tuotannon aloitusta. Laitepositiot ja niiden lainalaisuudet pitää olla hyvin mietittynä ja sovitettuna laitoksen omaan toimintaan. Piirustuksista pitää luoda omat dokumenttinumerot, eikä laitetoimittajan numerointia saa päästää laitokseen. Järjestelmään on luotava tarvetta palvelevat kustannuspaikkaluokitukset, joidenka syöttö pitää määritellä ehdoksi kunnossapitotyön etenemiselle ohjelmaprosessissa sekä ehdoksi palkan maksulle. Näin järjestelmä pysyy aina ajan tasalla ja kustannukset kohdistuvat oikein.

Työsuunnittelusta on oltava linkki varastojärjestelmään. Työsuunnitelman teko- vaiheessa varataan tarvittavat osat varastosta. Jokaiselle varastolistan varaosalle on oltava varaosajärjestelmään määritetty tekninen vastuuyhteyshenkilö, joka tarkastaa vuosittain onko varaosa tarpeellinen ja hälytysrajat järkevät, ja tekee tarvittavat muutokset järjestelmään. Seisokkeihin on muistettava tilata varaosat, vaikka varaosia on varastossa tarvittava määrä. Tämä toteutuu automaattisesti, mikäli työsuunnitelmassa tehdään varastotavarasta tilaus ja järjestelmä muuten toimii suunnitellusti. Investointivaiheessa hyvin suunniteltu ja valmiiksi toteutettu toimiva kunnossapitotietojärjestelmä (kunnossapito-ohjelmisto) maksaa varmasti toteutukseen käytetyn panoksen takaisin sekä mahdollistaa käyttövarmuuden nopean kehityksen tuotannon alkuvaiheessa paremman organisoinnin ja hyvän toimintakulttuurin pysyväisvaikutuksen kautta. Toimintakulttuurin pysyväisvaikutuksella tässä tarkoitetaan toimivan työ- ja kulttuurin työntekijöihinsä ”aiheuttamaa” sisäistä motivaatiota – työn iloa.

10 KÄYTTÖVARMUUDEN NOPEA KEHITYS

Tutkimustyön tuloksena nousi keskeisimpänä esille tuotannon käynnistysvaiheessa tapahtuvien tuotannonmenetysten suuri merkitys. Tuotannon alkuvaiheessa mahdollisimman aikainen positiivisen kassavirran on elintärkeää koko kaivostoiminnan jatkon kannalta. Rikastamon kunnossapidolla on tähän asiaan erityisen suuri merkitys.

Rikastamon käytettävyyden suurinta mahdollista arvoa määrittää kolme reunaehto, joista ensimmäisen määrittää prosessoitava mineraalimateriaali, toisen tuotannon taloudellisuus ja kolmannen satunnaisuudesta heijastuva reunaehto. Malmin murskaus- ja rikastusprosessit sisältävät suuria kiven murskaukseen ja jauhatukseen käytettäviä koneita, joiden 1.) kulutusosia vaihdetaan määrä välein ja joiden 2.) kahdentaminen ei ole kustannussyistä järkevää. Tietty murskaukseen ja jauhatukseen käytettävät koneet ovat investointikustannuksiltaan niin korkeita, että niiden on järkevän takaisinmaksun toteutumisen kannalta käytävä kaiken aikaa. Määräaikaan seisokissa suoritettavat huollot ja kiven kanssa tekemisissä olevien kulutusosien vaihdot asettavat käytettävyydelle maksimiaron. Tätä arvoa laskee vielä alaspäin 3.) ennakkoimattomat vikaantumiset, joita on aina läsnä jonkin verran. Rikastettavasta kivimateriaalista, prosessista ja tuotantolaitoksen luonteesta johtuen määräytyy tietty järkevä maksimaalinen käytettävyytaso. Se on tasoltaan prosessista ja prosessoitavasta materiaalista riippuen 92 – 98 %. Kun käytettävyys on 96 – 98 % puhutaan yleisesti ”maailmanluokan käytettävyydestä”. Tämän tason ylittäminen on tietenkin haluttua, mutta ylittämisen aiheuttamat kustannukset kasvavat suhteettomiksi.

Tekninen kehitys on tuonut uusia työkaluja käytettävyyden parantamiseksi. Kilpailukyvyn ylläpitämiseksi tuotantoprosessia muutetaan tuotannon modernisointi- ja laajennusinvestoinneissa. Jatkuvasti lisääntyvät elektroniset ohjaus-, automaatio- ja tietojärjestelmät lisäävät laitteiden monimutkaisuutta ja vikaantumisherkkyttä vaativissa kaivoksen tuotanto-olosuhteissa. Teknisen kehityksen rooli on näin ollen käytettävyyssmielessä kaksijakoinen.

Käyttövarmuussuunnittelussa on keskeisintä suunnitelmien oikea-aikaisuus. Oikeat kunnossapidolliset päätökset varmistavat laitoksen hyvän käytettävyyden. Laitoksen (rikastamon) suunnitteluvaiheessa laitokselle on jo määritelty haluttu käytettävyytaso. Vaadittu käytettävyytaso määräytyy kaivoksen alustavista

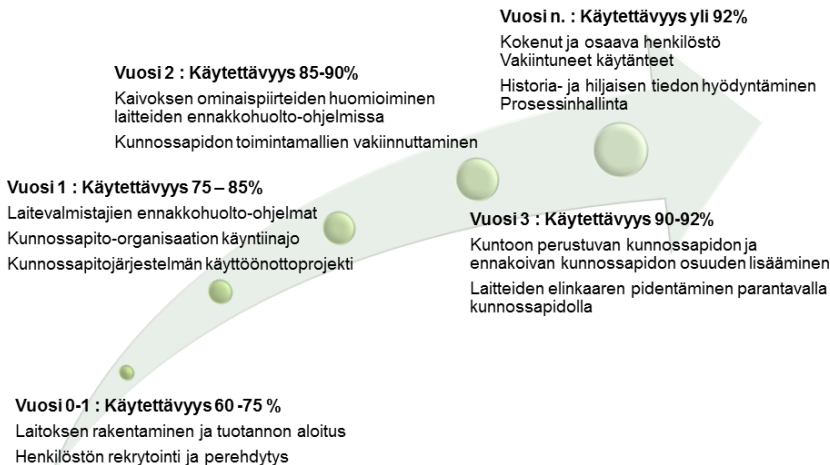
kannattavuuslaskelmista. Näissä laskelmissa määräytyy tuotantostrategia, joka taas jalkautuu tuotannon tuotantotavoitteeksi. Kun prosessin layout on hahmoteltu sekä prosessin karkea suunnitelma luotu, on käytettävyystavoite laskettavissa. Kannattavuuslaskelmat eivät kuitenkaan välttämättä ota huomioon tarpeeksi käytettävyyden kehityspolkua. Olennainen kysymys on siinä millainen käytettävyys on ollut mukana tuotannon ensimmäisten vuosien laskelmissa, ja mitä sijoittajille on näihin laskelmiin nojaten luvattu.

Kaivosteollisuudessa on tyypillinen tilanne, jossa kaivoksella on pitkäaikaiset sopimukset sulattojen kanssa, ja tuotantoa voidaan ajaa täydellä kapasiteetilla läpi vuoden (Tolonen 2009). Tämä tilanne on omiaan korostamaan tuotannon pulonkaulat ja asettaa haasteet tuotannolle jatkuvana käytntivaatimuksena.

Kuten kappaleessa 5.10.2. on jo todettua, käyttövarmuuden kehittyminen on sidoksessa kunnossapidon kehittymiseen (kuva 21). Perinteisesti on ollut hyväksytty ajatus, että tuotantostrategian mukainen käyttövarmuus kehittyy uudessa laitoksessa pitemmällä ajan jaksolla, jopa vasta vuosien kuluttua. Alkuvuodet kuuluvat laitoksen oikeiden teknisten ratkaisujen (oikeat kulutusosat, laiteparametrit) löytämiseen sekä oikeiden kunnossapitokäytänteiden (kunnonvalvontatapa, ennakkohoolto, järjestäytyminen ym.) sisäänajo.

Käyttövarmuuden kehittyminen

- Perinteisesti -



Kuva 21. Käyttövarmuuden kehittyminen perinteisesti (mukaillen, Tolonen 2009).

Nopea käytettävyyshyöty

Varhainen suunnittelu ja päätösten tekeminen sekä niiden varhainen jalkauttaminen kentälle varmistaa nopean käytettävyyshyötyksen (kuva 22). Kunnossapidolliset asiat olisi oltava mukana jo prosessisuunnittelussa. Viimeistään siinä vaiheessa, kun prosessisuunnittelu on edennyt laitevaihtoehtojen kartoitukseen, täytyy kunnossapidon asiantuntemusta ottaa mukaan suunnitteluun. Paras tilanne saavutetaan, kun kunnossapidon asiantuntija on palkattu kaivoksen projektiorganisaatioon hyvissä ajoin suunnittelemaan tulevan laitoksen kunnossapitoa sekä varmistamaan hyvien kunnossapidollisten näkökohtien toteutuminen laitossuunnitteluvaiheessa. Ennen tuotannon aloitusta tehty kunnossapidon onnistumiseen tähtäävä työ vapauttaa resursseja tuotannon kannalta kriittiseen tuotannon aloitusvaiheeseen. Kunnossapito kannattaa tehdä mahdollisimman valmiiksi ennen tuotannon aloitusta.

Laitoksen suunnitteluvaiheessa toteutettu kunnossapito-organisaation toiminnan suunnittelu sisältää mm. 1.) kunnossapito-organisaation ja -toimintojen suunnittelun, 2.) kunnossapito-ohjelman määrittelyn ja hankinnan, 3.) kaivoksen omat ominaispiirteet huomioon ottavan EH-suunnittelun, 4.) järkevän laitospoliittisen käytännön ja numeroinnin toteutuksen, 5.) oikeiden kulutusosien valinta ja niiden vaihdon suunnittelun ja 6.) kaiken muiden kunnossapidon käytänteisiin kuuluvien asioiden huomioonottamisen.

Laitossuunnittelusta tuotannon aloitukseen on projektille palkatulla kunnossapidon asiantuntijalle varmasti töitä kokopäiväisesti. Jo tässä vaiheessa tehty rekrytointi maksaa varmasti itsensä takaisin nopeammin saavutettuna käyttövarmuutena (kuva 22). Lisäarvoa tuo myös se, että kunnossapitohenkilöitä rekrytoitaessa sekä ulkoista kunnossapidon osaamista kartoittaessa, on tuotannon aloitusvaiheessa käytettävissä laitoksen tunteva kunnossapidon esimies, joka on tehnyt kunnossapidon organisoimisen tulevaa tehtäväänsä silmällä pitäen (sydänverellä luotu). Mikäli projektiorganisaatio ei sisällä kokenutta kunnossapidon asiantuntijaa tai tulevaa laitoksen kunnossapidon esimiestä ei palkata kaivoksen toteutussuunnitelma vaiheessa projektiorganisaatioon, niin tällöin on minimissään käytettävä ulkoista asiantuntijaa (konsulttia).

Käyttövarmuuden kehittäminen

- kunnossapitonäkökohdat huomioon alussa -

Vuosi 3 : Käytettävyys 92 %

- Kuntoon perustuvan kunnossapidon ja ennakoidun kunnossapidon osuuden lisääminen
- Laitteiden elinkaaren pidentäminen parantavalla kunnossapidolla

Vuosi 2 : Käytettävyys 90-92 %

- Kunnossapidon toimintamallien tarkastelu ja vakiinnuttaminen
- Kertyneellä ammattitaidolla tarkastetut ennakkohoito-ohjelmat

Vuosi 0-1 : Käytettävyys 80 – 90 %

- **Tuotannon- ja kunnossapidon käyntiajot**

Vuosi < 0 : Käyttövarmuussuunnittelu

- Kunnossapidon suunnittelu laitossuunnittelun yhteydessä
- Toimintatavan ja kaivoksen ominaispiirteet huomioivat ennakkohoito-ohjelmat
- Kunnossapito-ohjelmiston hankinta ja käyttöönotto yhdessä muiden hallintajärjestelmien kanssa.
- Käyttäjäkunnossapidon huomioiminen rekrytoinnissa

Vuosi n. : Käytettävyys yli 92 %

- Kokenut ja osaava henkilöstö
- Vakiintuneet käytänteet
- Historia- ja hiljaisen tiedon hyödyntäminen
- Prosessinhallinta

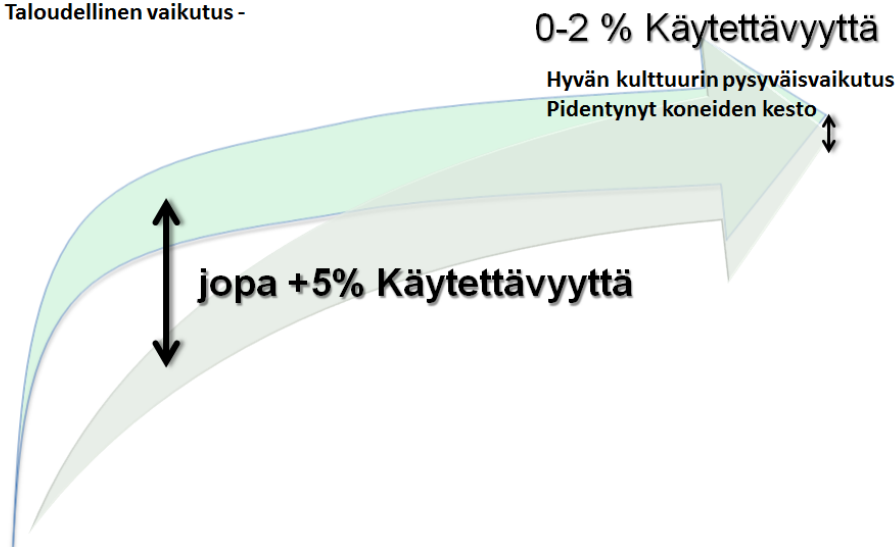
Kuva 22. Käyttövarmuuden kehittäminen.

Käytettävyyskehityksen kustannukset

Kaivoksilla on usein tilanne, jossa tuotanto on myyty pitkäaikaisin sopimuksin surlattojen kanssa vuosiksi eteenpäin. Tämän takia tuotantoa ajetaan täydellä kapasiteetilla läpi vuoden, joten tätä tietoa vasten käyttövarmuussuunnittelun yhteydessä voidaan laskea karkea kustannusarvio käytettävyyden kehitystoimenpiteille. Näin saadaan hinta jokaiselle käytettävyydelle. On täysin mahdollista, että tuotannon kahden ensimmäisen vuoden aikana nopeasti jalkautettu hyvät kunnossapidolliset käytänteet voivat tarkoittaa jopa +5 % käytettävyyttä suhteessa tilanteeseen, jossa kunnossapidolliset seikat eivät ole olleet mukana projektin suunnittelu- ja/tai toteutusvaiheessa (kuva 23). Kaivoksen koosta riippuen 1 % rikastamon käytettävyyttä tarkoittaa 0,2 – 2 M€ kaivostoiminnan tuloista. Rikastamo on useissa tapauksissa tuotannon suuruuden määrittävä tekijä eli ns. tuotannon ”pullonkaula”. Tämä tarkoittaa helposti miljoona euroa saavutettuja tai menetettyjä tuloja. Tämä kassavirta tai sen menetys kohdistuu vielä kaikkein kriittisimpään vaiheeseen, tuotannon aloitukseen, jolloin rahasta on eniten pulaa ja jolloin positiivisen kassavirran näyttäminen myös sijoittajille on elintärkeää.

Käyttövarmuuden kehittyminen/ kehittämien

- Taloudellinen vaikutus -



Kuva 23. Käyttövarmuuskehityksen taloudellinen vaikutus.

Nopeasti käyttöönotetut kunnossapidon oikeat käytänteet mahdollistavat nopeamman kunnossapitotoimintojen kehitystoimintoihin panostamisen, kun aikaa vapautuu varhaisemmi kunnossapito-organisaation käyntiinajosta sekä päivittäisestä kunnossapitotoiminnasta. Näin kunnossapito siirtyy nopeammin reagoivasta toiminnasta proaktiiviseen ennakoivaan ja ehkäisevään kunnossapitotoon. Hyvien käytänteiden varhainen käyttöönotto ”juurruttaa” käytänteet organisaatioon, joten oikeat käytänteet tulevat kerralla tavaksi, eikä väärää toimintatapaa tarvitse ”poisoppia”. Poisoppiminen saattaa olla vastassa, mikäli kunnossapitotoimintojen kehittäminen jää vuosien päähän (vrt. kuvat 21 ja 22). Näistä elementeistä koostuu ”hyvän kulttuurin pysyväisvaikutus” (kuva 23), joka saattaa olla jopa +2 % (arvio) rikastamon käytettävyyttä tuleville vuosille. Oikeat kunnossapidolliset toimenpiteet heijastuvat myös koneiden pidentyneenä kestona sekä häiriöttömän prosessin kautta myös parempana tuotannon laatuna.

Tieto prosessista sekä laitteiden ja malmin yhteiskäyttäytymisestä on tärkeä käytettävyyden kannalta. Kun nämä asiat opitaan, niin käytettävyys paranee (käytettävyydenkehitys). Tuotantoa suunnitellessa on kysyttävä itseltä kysymys, mikä on hyväksyttävä tavoitellun käytettävyyden oppiaika. Onko esimerkiksi 3

vuotta hyväksyttävää? Tavoiteltu käytettävyys on pyrittävä saavuttamaan mahdollisimman nopeasti. Oikeilla laitevalinnoilla päästään jo ensimmäisen vuoden aikana mahdollisimman korkealle. Oikeat laitevalintapäätökset, vuorauksien valinnat, prosessivalinnat ovat ensiarvoisen tärkeässä asemassa käytettävyyden suhteen. Yleensä päätöksiä tehtäessä, kunnossapidettävyyttä ei pidetä ensisijaisesti merkittävässä osassa. Esille tulee ensimmäiseksi se, minkä hintainen laite on ja mikä on sen kapasiteetti. Kunnossapidettävyys asiat nousevat valitettavasti esille vasta toisena.

On tärkeää muista, että oikeilla laitevalinnoilla tehdään myös kunnossapidettävyyden kautta todella hyvää jälkeä. Kunnossapidettävämpi laiteratkaisu ei ole yleensä se investointikustannuksiltaan edullisin ratkaisu. On tärkeää hahmottaa, kuinka nopeasti laitteiden hintaero palautuu takaisin kohentuneena käytettävyytenä. On myös osattava laskea käytettävyys investointina.

11 YHTEENVETO

Tutkimuksessa kartoitettiin haastattelun keinoin kahden toimivan kaivoksen rikastamon (Pyhäsalmi, Luikonlahti) kunnossapidon käytänteitä, joita verrattiin Taivaljärven kaivosprojektin kunnossapidon suunnitelmiin. Kunnossapitonäkökohtien väliltä löytyi ainoastaan painotuseroja, joten vertailua toimivan kunnossapito-organisaation ja suunnitteluvaiheessa olevan rikastamon kunnossapidon suunnitelmien välillä ei voitu suorittaa.

Rikastamo on tuotannon pullonkaula perinteisessä kaivoksessa, ja näin ollen sen toiminnan luotettavuus on avainasemassa. Kaikissa kolmessa tutkimuskohteessa ymmärrettiin toimivan kunnossapidon tärkeys ja sen vaikutus käytettävyyden kannalta kaivoksen tulokseen. Toiminnan tärkeyden ymmärtäminen nostaa selvästi kunnossapidollisten asioiden toiminnan tasoa. Kaikissa kolmessa kohteessa edusti haastateltavien vastaukset alan terävintä tietämystä.

Haastattelukysymykset olivat hyvin väljät. Näin keskustelun aiheet ajautuivat toimivien kaivosten suhteen juuri niihin asioihin, minkä ratkaiseminen oli oleellista laitoksen korkean käytettävyyden saavuttamiseksi haastattelukohteessa. Haastatteluissa käydyissä keskusteluissa kuvastui kaivostoiminnalle tyypillinen elinkaari (kuva 10), joka näkyi Taivaljärven tapauksessa kunnossapidon suunnittelun painotuksena, ja toisaalta Pyhäsalmen haastattelusta kuvastui jo pitkän toiminnan kokemus. Kuitenkin myös aloittavat kaivoksen (Taivaljärvi) kohdalla näkyi suunnittelun mukana oleva kunnossapitoasioiden asiantuntevuus. Myös kunnossapitotoiminnan tason vertailua toimivien kunnossapito-organisaatioiden välillä sekä suunnittelussa olevan kaivoksen välillä ei voinut suorittaa, koska kaikki keskusteluissa olevat asiat ja opit edustivat juuri kohteeseen sopivia hyviä käytänteitä. Näin ollen tutkimuksen tarkoituksiksi nousi hyvien käytänteiden dokumentointi.

Rikastamon käytettävyyssuunnittelun lähtökohtana on käytettävyystavoite, joka on tavoitteena yhteinen kaikille investointiprojektissa oleville osapuolille. Hyvään käytettävyyteen päästään onnistuneen kaivoksen tuotantoprojektin tuloksena – yhteistyönä. Käytettävyyteen vaikuttaa myös se, että vuosien myötä opitaan laitoksen ominaispiirteet.

Uuden laitoksen suunnitteluvaiheessa onnistutaan harvoin toteuttamaan ”oikeaoppista hankintaa”, jossa hankintavaiheessa on kunnossapitoasiat mukana. Jos hankintavaiheessa olisi kunnossapito-organisaatio olemassa, niin ne henkilöt ehkä olisivat suunnittelussa mukana. Todellisuudessa sitä organisaation osaa ei siinä vaiheessa vielä ole.

”Oikeaoppisen hankintatoteutuksen minimisuoritus” on sitä, että viimeistään enne sopimusten allekirjoitusta kunnossapidon asiantuntijoiden katsottava, että kunnossapidolliset asiat on otettu huomioon. Tässä vaiheessa kannattaa viimeistään ottaa mukaan ulkoinen asiantuntevuus, jos omaa kunnossapito-organisaatiota ei ole vielä muodostettu.

Tuotantovälineiden tehokas käyttö koostuu tehokkaasta kunnossapidosta ja tehokkaasta käytöstä. Nämä yhdessä muodostavat perustan tuotannon toiminnalliselle tehokkuudelle. Kun otetaan huomioon rikastamon kunnossapidossa onnistumisen suorat vaikutukset kaivoksen taloudelliseen tulokseen, niin on selvää, että kunnossapito on kaivoksen ja erityisesti kaivoksen rikastamon ydinosamista.

12 LÄHTEET

- Alen H. & Kautto. J. 2012. Kuntoon perustuva kunnossapito artikkeli. Promaint -lehti 7, 2012 ss. 25 – 27
- CUPP.fi 2013. Centre for Underground Physics in Pyhäsalmi. Internet –sivut. http://www.cupp.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=3&Itemid=41&lang=fi. Lainattu 16.7.2013.
- EDU.fi 2013. 3.2. Kunnossapidon tuotot ja kustannukset. Opetusmateriaali, EDU.fi. http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_3-2_kunnossapidon_tuotot_ja_kustannukset.html. Lainattu 1.8.2013.
- First Quantum Minerals 2013. First Quantum Minerals Ltd konsernin Internet -sivut. <http://www.first-quantum.com/Our-Business/operating-mines/Pyhasalmi/default.aspx>. Lainattu 2.9.2013.
- Hagberg, L. 1996. Käynnissäpidon johtaminen ja talous. Scandinavian Center for Maintenance Management Ry. Painoyhtymä Oy, Loviisa.
- Hakapää, A. & Lappalainen, P. 2009. Kaivos- ja louhintatekniikka, Kaivannaisteollisuus ry. Opetushallitus.
- Hakonen, K. 2012. NDT:n historia Suomessa -artikkeli. Promaint -lehti 8, 2012.
- Heikkinen, P. & Noras, P (toim.) 2005. Kaivoksen sulkemisen käsikirja. Kaivostöinnän ympäristötekniikka. Vammalan Kirjapaino Oy
- Heinonkoski, R. 1993. Koneautomaation kunnossapito. Opetushallitus. Painatuskeskus Oy, Helsinki
- Hernesniemi, H., Ber-Andersson, B., Rantala, O. & Suni, P. 2011. Kalliosta kullaksi, kummusta klusteriksi – Suomen mineraaliklusterin vaikuttavuusselvitys. Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos ETLA. Taloustieto Oy. Unigrafia Oy, Helsinki.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2003. Tutki ja kirjoita. Tammi, Helsinki
- Inmet Mining Corporation. 2006. Pyhäsalmen Kaivos -esite.

- Janhunen, K., Lappalainen, J. & Karjalainen, N. 2011. Luikonlahden rikastamon rikastuskapasiteetin lisääminen – Ympäristövaikutusten arviointiohjelma. Kylahti Copper Oy. <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BAAE09492-22C1-4469-9173-477B03E5ECCB%7D/56582>
Lainattu 16.9.2013.
- Järviö, J. 2000. RCM Luotettavuuskeskeinen kunnossapito, Kunnossapitoyhdistys ry
- Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T. & Åström, T. 2007. Kunnossapito. 4. uudistettu painos, elokuu 2007. KP-Media Oy, Oy Kotkan Kirjapaino Ab, Hamina.
- Järviö, J. 2007. Strateginen kunnossapito. Compus Maintenance, Osaprojekti 2, Tekninen raportti nro 1. Kemi-Tornio AMK, Service Management Solutions SMS Oy, 2007.
- Järviö, J. 2008. Ehkäisevä kunnossapito ja sen suunnittelu 1/2 artikkeli, Promaint-lehti 3, 2008 Kunnossapito koulu 101 liite ss. 14 – 18.
- Järviö, J. 2012. Kunnossapidon terminologia artikkeli, Promaint-lehti 7, 2012 Kunnossapito koulu 101 liite ss. 1-5
- Järviö, J. & Lehtiö, T. 2012. Kunnossapito – tuotanto-omaisuuden hoitaminen, KP-Media Oy 2012.
- Kaivoslaki (503/1965). Suomen sähköinen säädöskokoelma, www.finlex.fi. Lainattu 12.8.2013
- Kalliokoski, P., Andersson, G., Salminen, V. & Hemilä, J. 2003. BestServ feasibility study final report. Teknologiateollisuus ry, Helsinki, Finland. 61 p.
- Kautto, J. 2011. Kunnonvalvonta haasteiden edessä artikkeli. Promaint-lehti 1, 2011 ss. 12 – 15.
- Kauppila, P., Räisänen, M-L. & Myllyoja, S. 2011. Metallimalmikaivostoiminnan parhaat ympäristökäytännöt. Suomen ympäristö 29, 2011. Suomen ympäristökeskus. Helsinki
- Kelly, A. 1984. Maintenance Planning and Control, Cambridge, Butterworth-Heinemann Ltd

- Kivistö-Rahnasto, J. & Vuori, M. 2000. Tuotteen turvallisuuden varmistamisen työkalupakki. <http://www.mattivuori.net/julkaisuluettelo/liitteet/tuote-turva.pdf>. Lainattu 27.7.2013
- Komonen, K. 1998. Teollisuuden kunnossapidon rakenne ja tehokkuus. väitöskirja. Helsinki University of Technology, Department of Industrial Management, Otaniemi
- Komonen, K. 2004. Fyysisen käyttöomaisuuden hallinta – käynnissäpidon vaikutus yrityksen tuottavuuteen. PROGNOS-hankkeen vuosiseminaarin aineisto Joulukuu 2004, VTT
- Komonen, K. 2009. Tuotanto-omaisuus hallintaan -artikkeli, Promaint-lehti 6,2009, s. 8-13.
- Koskinen, K. 2011. Automaatio- ja tietojärjestelmien integroinnista. - Näkökulmana teollisuuden käynnissäpito. Luento TTY:ssa 7.10.2011. Aalto-yliopisto. <http://www.ac.tut.fi/aci/courses/aci-21050/TIJKalvot5S2011.pdf>. Lainattu 25.7.2013.
- Kärri, T., Marttonen, S., Sinkkonen, T. & Ukko, J. 2012. Tunnista, mallinna ja johda arvoa – teolliset kunnossapitopalvelut uudistuvassa yritysverkostossa, Promaint -lehti 7/2012, s. 12–15
- Malinen, P. 1996. Kokonaisvaltainen kunnossapitokonsepti kilpailukyvyyn perustana – Kunnossa- ja käynnissäpito 96, IIR Finland Oy. Helsinki, 12–13.6.1996
- Mikkonen, H., Miettinen, J., Leinonen, P., ym. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito, 1.painos. Kunnossapitoyhdistys Promaint ry. 606 s.
- Mörsky, P. 2011. Rikastustekniikan perusmenetelmät. Opetusmateriaali. Oulun yliopistoton GeoPros PD – täydennyskoulutus 2010–2013.
- Mäki, K. 2009. Luentomateriaali kunnossapidosta. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, teknologia
- Nakajima, S. 1989. TPM Development Program : Implementing Total Productive Maintenance. Productivity Press, 1.10.1989.
- Nohynek, P. & Lumme, V-E. 2004. Kunnonvalvonnan värähtelymittaukset. Kunnossapitoyhdistys Ry. Loviisa: Painoyhtymä, 1996, 2. painos 2004

- Ojansivu, L. 2012. Kunnossapito menestystekijä verkkojulkaisu. http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_1-1_mita_on_kunnossapito.html. Lainattu 18.12.2012
- Raikisto, P. 2013. Kaivosteollisuus mahdollisuutena etelä-savolaiselle yritykselle. Esiselvitys. Management System Oy. 31.10.2013. Esiselvityksen esittelymateriaali saatavissa: <http://www.miktech.fi/getfile.php?file=360> Lainattu 15.12.2013
- Rissanen, T. 2011. Suomen kaivostoiminnan toimialakatsaus 2010. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun julkaisuja, Sarja B. Raportit ja selvitykset 8/2011
- Siekinen, V. 1998. Tuotantolaitoksen kunnossapito. Opintomoniste, opintojakson 24850 oppimateriaali. Tampereen tekninen korkeakoulu, Tampere
- Smith, A. 1993. Reliability centered maintenance. Mcgraw-Hill, New York.
- Sotkamo Silver Oy. 2013. Yhtiön internetsivut. <http://www.silver.fi/sivu/fi/>. Lainattu 22.7.2013.
- Sotkamo Silver Oy B. 2013. Yhtiön internetsivut. http://www.silver.fi/sivu/fi/exploration/from_exploration_to_mine/. Lainattu 12.10.2013.
- Sotkamo Silver Oy C. 2014. Yhtiön internetsivut. http://www.silver.fi/sivu/fi/projects/kaivoksen_suunnittelu/ Lainattu 4.2.2014
- SRK Consulting. 2013. Prosessilaitoksen suunnittelu ja tekniset palvelut. Yrityksen internetsivut. <http://www.srk.se.com/fi/service/se-prosessilaitoksen-suunnittelu-ja-tekniset-palvelut>. Lainattu 12.10.2013.
- Standardi SFS 5438. Järjestelmän luotettavuuden analysointimenetelmät, Vika ja vaikutusanalyysi, Suomen Standardisoimisliitto, 1988
- Standardi PSK 6201:2011. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. PSK Standardointiyhdistys ry.
- Standardi PSK 7501:2010. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. PSK Standardointiyhdistys ry.
- Standardi EN 13306:2010. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia.

- Teknologiateollisuus Ry. 2013. Malmien louhinta ja rikastus. Opetusmateriaali, Teknologiateollisuus Ry:n kotisivut. http://www.teknologiateollisuus.fi/file/7424/E_RAUTAMALMINRIKASTUS.pdf. Lainattu 24.7.2013.
- Talonen, T. 2005. Ratkaisuliiketoiminta Telecom-segmentissä. Business Development Manager Sun Microsystems, Inc.-yrittäjä.
- Tolonen, S. 2009. Kaivosten kunnossapidon kehittäminen artikkeli, Promaint-lehti 4, 2009 Käyttövarmuus ss. 36 - 38.
- Tuominen, K. 2010. Tehoa ja laatua kunnossapidon kehittämiseen. WS Bookwell Oy, Jyväskylä.
- Vargo, S-L & Lusch, R-F. 2008. Service-dominant Logic: Continuing the Evolution. Journal of Academic Marketing Science 36-1: 1-10.
- Vesanto J. 2011. Outokummun kupariprojekti. Polvijärven Kylylahden kaivos & Kaavin Luikonlahden rikastamo. Altona Mining Limited. Power Point esitys. http://www.altonamining.com/static/uploads/documents/Outokummun_Kupariprojekti_15062011.pdf. Lainattu 27.9.2013.
- VTT. 2011. Riskianalyysit – Menetelmät. http://www.vtt.fi/proj/riskianalyysit/riskianalyysit_menetelmat.jsp. Lainattu 17.7.2013.
- Vuolukka, P. 2011. Kemin kaivoksen rikastamon kunnossapidon kehittäminen. Opinnäytetyö, Teknologiaosaamisen johtaminen, YAMK. Kemi 2011.



KAJAANIN
AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Suomessa kaivosteollisuus on kasvanut viime vuosien aikana voimakkaasti. Itse kaivosala on kuitenkin muuttunut verrattuna parin vuosikymmenen takaiseen toimintaympäristöön. Alaa eivät enää hallitse valtionyhtiöt Outokumpu ja Rautaruukki, vaan ulkomaiset kaivosalan yritykset sekä lukuisat pienet junior-yhtiöt. Kaivosala on luonteeltaan hyvin suhdanneherkkä toimiala. Lisäksi kaivostoimin-

KÄYTTÖVARMUUDEN KEHITTÄMINEN KAI- VOKSEN RIKASTA- MOLLA

nan yhtenä erityispiirteenä on malmiesiintymän rajallisuus ja sitä kautta myös tuotannon ajallisesti ja määrällisesti rajattu kokonaisvolyymi. Näistä seikoista johtuen kaivosyhtiöt toimivat usein lyhytjänteisesti. Useinkaan ei panosteta tarpeeksi ennakoivaan kunnossapitoon vaan toimitaan

lähinnä korjaavan kunnossapidon menetelmin. Tästä seuraa ylimääräisiä riskejä ympäristölle ja yrityksen taloudelle. Ympäristöasiat ovat nousseet suuren julkisuuden saattamana merkittävimpään osaan kaivoskeskustelussa. Tuotantohäiriöt aiheuttavat haitallisia ja jopa vaarallisia ympäristöpäästöjä. Tuotantohäiriöiden yhteydessä aiheutuu arvomineraalien ja -metallien menetyksiä jätteeseen ja sitä kautta raaka-ainehukkaa sekä mahdollisesti myös ympäristöongelmia.

ISBN 978-952-9853-52-6

ISSN 1458-9141



Vipuvoimaa
EU:lta

2007-2013



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto