

ENNAKKOHUOLTO-OHJELMAN PÄIVITTÄMINEN

Boliden Kevitsa Mining Oy:n sähkökunnossapito-osasto

Rytkönen Hanna

Opinnäytetyö
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööri (AMK)

2021

Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Hanna Rytönen	Vuosi	2021
Ohjaaja	Ins. (YAMK) Aila Petäjäjärvi		
Toimeksiantaja	Boliden Kevitsa Mining Oy Juho Välitalo		
Työn nimi	Ennakkohuolto-ohjelman päivittäminen. Boliden Kevitsa Mining Oy:n sähkökunnossapito-osasto		
Sivu- ja liitesivumäärä	40		

Opinnäytetyön tavoitteena oli päivittää Boliden Kevitsa Mining Oy:n sähkökunnossapito-osaston ennakkohuolto-ohjelma vastaamaan paremmin nykyhetken tilannetta. Työhön sisältyi olemassa olevien ennakkohuoltotöiden tarkastelu ja päivitys sekä puuttuvien prosessialueiden ennakkohuoltotöiden suunnittelu ja luominen.

Työn suorituksen aikana perehdyttiin sähköalaan liittyviin lakeihin ja standardeihin sekä voimassa oleviin huolto- ja kunnossapitokäytäntöihin. Näihin sisältyi myös laitevalmistajien ohjeistukset laitteiden huollolle ja kunnossapidolle. Opinnäytetyössä käsiteltiin kunnossapidon teoriaa yleisellä tasolla sekä hieman tarkemmin sähkökunnossapidon ja ennakkohuoltotöiden osalta. Lisäksi työhön tehtiin selvitys sähkökunnossapito-osaston olemassa olevista ennakkohuoltotoista sekä töistä, jotka opinnäytetyön suorituksen aikana on tarkoitus luoda.

Työn suorittaminen vaati laajamittaista tutustumista kaivoksen prosessin vaiheisiin ja laitteisiin. Tarvittavat tiedot kerättiin sijoituspiirustuksista, ALMA-suunnitteluohjelmistosta ja Siemensin Simatic WinCC-visualisointiohjelmistosta sekä lisäksi suullisesti kaivoksen henkilökunnalta.

Opinnäytetyön aikana sähkökunnossapidon työtehtäviin kuuluvat ennakkohuoltotyöt käytiin kattavasti läpi, päivitettiin olemassa olevat työt tarpeellisin osin, sekä luotiin järjestelmään puuttuvat, ennalta määritellyt ennakkohuoltotyöt. Työn tuloksena syntyneisiin ennakkohuoltotöihin viitataan opinnäytetyössä yleisellä tasolla, mutta itse työt määriteltiin salassa pidettäviksi, eikä niitä julkaista työn liitteenä.

Avainsanat

sähkö, kaivosteollisuus, prosessiteollisuus,
kunnossapito, ennakkohuolto

Electrical and Automation
Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Hanna Rytönen	Year	2021
Supervisor	Aila Petäjäjärvi, M.Sc.		
Commissioned by	Boliden Kevitsa Mining Oy Juho Väitalo		
Subject of thesis	Updating the Preventive Maintenance Program. Electrical Maintenance Department of Boliden Kevitsa Mining Oy		
Number of pages	40		

The objective of this thesis was to update the preventive maintenance program of the electrical maintenance department of Boliden Kevitsa Mining Oy. The thesis included reviewing and updating the existing maintenance jobs along with designing and creating new ones for the lacking parts of the process.

Execution of the thesis included familiarising with the laws and standards related to the electrical industry as well as the valid service and maintenance practices. These also included manufacturers' instructions for equipment service and maintenance. The thesis included review of maintenance at a general level and a little closer look at electrical maintenance and preventive maintenance work. In addition, the thesis included a study of the electrical maintenance department's existing preventive maintenance work and the work that is to be created during the completion of the thesis.

The completion of the thesis required extensive familiarisation with the stages and equipment of the mining process. The necessary information was collected from layout pictures, ALMA planning program and Siemens Simatic WinCC visualization program as well as verbally from the mine personnel.

During the thesis, the preventive maintenance work included in the electrical maintenance work was thoroughly reviewed, the existing work was updated as necessary, and the missing, pre-defined preventive maintenance work was created in the system. The preventive maintenance work resulting from the work is referred to in the thesis on a general level but the work itself is not published as an appendix to the document.

Key words electricity, mining industry, process industry,
maintenance, preventive maintenance

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	BOLIDEN KEVITSA MINING OY	9
2.1	Kevitsan kaivos	9
2.2	Rikastusprosessi	10
2.3	Organisaatio	11
3	KUNNOSSAPITO	13
3.1	Perusteet	13
3.2	Kunnossapidon tyypit	14
3.2.1	Korjaava kunnossapito	16
3.2.2	Parantava kunnossapito	17
3.2.3	Ennakoiva kunnossapito	17
3.3	Kunnossapitostrategiat	19
3.3.1	TPM	19
3.3.2	RCM	19
3.3.3	Asset Management	19
3.3.4	Six Sigma	20
3.4	Sähkökunnossapito	20
4	LAITTEET	23
4.1	Moottorit	23
4.1.1	Oikosulkumoottori	23
4.1.2	Liukurengasmoottori	24
4.1.3	Tahtimoottori	25
4.1.4	Kunnossapito	25
4.2	Taajuusmuuttajat	26
4.2.1	Kunnossapito	27
4.3	Valaistus	28
4.4	Vikavirtasuojakytkimet	29
4.4.1	Kunnossapito	30
5	SÄHKÖKUNNOSSAPITO KEVITSAN KAIVOKSELLA	31
5.1	Kunnossapitostrategia	31
5.2	Ennakkohuolto-ohjelma	32

6 TYÖN TOTEUTUS	34
7 POHDINTA	36
LÄHTEET	37

ALKUSANAT

Haluan kiittää Boliden Kevitsa Mining Oy:ta mahdollisuudesta opinnäytetyön suoritukseen. Kiitokset kaikille opinnäytetyön suorittamiseen vaikuttaneille henkilöstön jäsenille sekä erityiskiitos Juho Välitalolle mielenkiintoisesta aiheesta ja avusta opinnäytetyön suorittamisessa. Kiitän myös Lapin ammattikorkeakoulun opettajaa ja opinnäytetyön ohjaajaa Aila Petäjäjärveä opeista ja ohjeista opinnäytetyötä ajatellen. Lisäksi haluan kiittää läheisiäni tuesta ja kannustuksesta opinnäytetyön suorituksen aikana.

Sallassa 26.11.2021

Hanna Rytönen

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

SFS	Suomen Standardisoimisliitto
RTF	Run to failure
OTF	Operate to failure
TPM	Total Productive Maintenance
RCM	Reliability Centered Maintenance
LED	Light Emitting Diode
UPS	Uninterruptible Power Supply

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on päivittää sähkökunnossapito-osaston ennakkohuolto-ohjelma Boliden AB:n omistamalle Kevitsan kaivokselle. Päivityksellä pyritään saamaan ennakkohuolto-ohjelma vastaamaan nykyhetken tilannetta, jolloin se palvelisi työnantajaa paremmin ja ennakkohuoltotöiden suorittaminen olisi myös asentajille mielekkäämpää.

Työn tavoitteena on tarkastella ja päivittää olemassa olevia ennakkohuoltotöitä sekä suunnitella ja laatia puuttuvat ennakkohuoltotyöt kaivoksen käyttämään kunnossapitojärjestelmään. Työn suorituksessa keskitytään lähinnä ennakkohuoltotöihin sisältyviin moottori-, taajuusmuuttaja- ja valaistustarkastuksiin sekä säännöllisesti suoritettaviin vikavirtasuojakytkinten tarkastuksiin ja jauhinmyllyjen keskijännitemoottoreiden liukurengasyksiköiden huoltoon. Sekä olemassa olevien ennakkohuoltotöiden tarkasteluun että uusien ennakkohuoltotöiden luomiseen sisällytetään työsuunnitelman, suoritussyklin sekä reitin tarkastelu. Työsuunnitelmien ja suoritussykliin päivityksessä ja luomisessa huomioidaan käyttökokemuksesta ja huoltotarpeista kertynyttä tietoa sekä käydään lisäksi läpi laitevalmistajien huolto-ohjeita. Reitin tarkastelussa kiinnitetään erityistä huomiota eri prosessialueiden laitteistoihin.

Työn ulkopuolelle rajataan reittien ja laitteiden fyysinen tarkastelu kentällä, sillä se olisi aikataulullisesti haastavaa. Työn suorittamisen kannalta riittävät tiedot löytyvät tietokonejärjestelmistä sekä kaivoksen henkilöstöltä.

Työn keskeisenä tavoitteena on päivittää kaivoksen sähkökunnossapito-osaston ennakkohuolto-ohjelma vastaamaan paremmin nykyhetken tarpeita. Työn konkreettisenä tuloksena nähdään päivitettyt sekä luodut ennakkohuoltotyöt kaivoksen käyttämässä kunnossapitojärjestelmässä.

2 BOLIDEN KEVITSA MINING OY

2.1 Kevitsan kaivos

Boliden Kevitsa Mining Oy on ruotsalaisen Boliden AB:n omistuksessa oleva monimetallikaivos Sodankylän Kevitsassa. Kevitsan esiintymä, yksi Suomen suurimmista mineraalilöydöistä, löydettiin vuonna 1987. Kaivoksen toiminta alkoi vuonna 2012, kanadalaisen First Quantum Minerals Ltd:n omistuksessa. Vuonna 2016 kaivos vaihtoi omistajaa, kun Boliden AB osti kaivoksen. (Boliden 2021.)

Boliden Kevitsa on tuotantomäärältään Suomen suurin avolouhos, jonka päätuotteina ovat nikkeli ja kupari. Näiden lisäksi kaivos tuottaa myös merkittäviä määriä platinaa, palladiumia ja kultaa sekä lisäksi pieniä määriä kobolttia. (Boliden 2021.)

Kuva 1 nähdään Kevitsan kaivoksen rikastamo kokonaisuudessaan.



Kuva 1. Kevitsan kaivoksen rikastamo (Boliden/Tomas Westermarck 2016).

Kaivos toimii tällä hetkellä avolouhoksena ja lupa kaivaukselle on 500 metriin saakka. Kun 500 metrin syvyys on saavutettu, arvioidaan uudelleen, kannattaako kaivoksella jatkaa maanalaista louhintaa (Kevitsan Kaivoksen laajennus, Sodankylä YVA-ohjelma 2010, 17). Vuonna 2016 on kaivoksen jäljellä olevan eliniän arvioitu olevan 15–20 vuotta ja edelleen vuonna 2021 arvioksi annetaan noin 13 vuotta (Kaivosvastuu 2016, Boliden 2021).

Kuva 2 on nähtävissä Kevitsan kaivoksen avolouhos vuonna 2016.



Kuva 2. Kevitsan kaivoksen avolouhos (Boliden/Tomas Westermark 2016).

Kaivoksen louhintamäärät ovat olleet aikaisempina vuosina 6–8 miljoonaa tonnia malmia, kun vuonna 2020 määrä nousi lähes 9,2 miljoonaan tonniin (Boliden 2020, 144). Yhtenä suurena syynä tuotannon nousulle on yrityksen vuonna 2019 investoima uusi malmimylly (Torikka 2019). Kaivos pyrkii kasvattamaan tuotantoaan, ja samalla alentamaan päästöjä, myös uusien sähköistettyjen kaivoskuorma-autojen avulla (Ruokangas 2019). Sähkökuorma-autoille tarkoitettu testirata valmistui syksyn 2021 aikana ja se on testikäytössä.

Kevitsan kaivos työllistää suoraan noin 560 työntekijää (Boliden 2021), sekä välillisesti 300–400 työntekijää urakoitsijoiden kautta (Kaivosvastuu 2019). Esimerkiksi vuonna 2019 lähes 90 prosentilla kaivoksen omista työntekijöistä pääasiallinen asuinkunta oli Lapissa (Kaivosvastuu 2019). Kaivos on siis hyvin merkittävä työnantaja Suomen Lapissa.

2.2 Rikastusprosessi

Kaivoksen rikastusprosessi lähtee liikkeelle louhitun malmin kuljetuksesta murskaukseen. Murskauksen jälkeen malmimurske seulotaan, jonka jälkeen se

kuljetetaan joko välivarastoon odottamaan jauhatusta tai tarvittaessa uudelleen murskattavaksi. (Turvallisuustiedote Boliden Kevitsa 2021.)

Välivarastoinnin jälkeen malmi jauhetaan veden kanssa massaksi, joka jatkaa matkaansa kohti vaahdotusta. Vaahdotuksen aikana arvomineraalit erotetaan eri rikasteiksi vaahdottamalla. Eri mineraalien vaahdotus tehdään tietyssä järjestyksessä, jonka jälkeen ne sakeutetaan ja suodatetaan. Tämän jälkeen rikasteet ovat valmiita kuljetettavaksi jatkojalostukseen. (Turvallisuustiedote Boliden Kevitsa 2021.)

Kaivoksen rikastusprosessista tuleva malmirikaste toimitetaan rekkojen avulla Kemin satamaan, josta rikaste jatkaa matkaa Bolidenin omille sulatoille, Suomessa Harjavaltaan sekä Ruotsissa Rönnskäriin. (Boliden 2021.)

Rikastusprosessista yli jäävä hyödyntämätön rikastushiekka varastoidaan kaivoksen alueella sijaitseviin rikastushiekka-altaisiin (Turvallisuustiedote Boliden Kevitsa 2021.)

2.3 Organisaatio

Kevitsan kaivoksen organisaatio koostuu ympäristö-, louhos-, rikastamo-, geologia-, talous-, projekti-, tieto- ja viestintä- sekä suunnittelu- ja kunnossapito-osastoista.

Suunnittelu- ja kunnossapito-osastoon sisältyy ennakoivan kunnossapidon, liikkuvan kaluston, mekaanisen sekä sähkö- ja automaatiokunnossapidon osastot. Lisäksi kunnossapito-osastoon kuuluu yhtiön toimitusketju.

Ennakoivan kunnossapidon työtehtäviin kuuluu kunnonvalvonta- sekä muut ennakoivan kunnossapidon työt. Mekaaniselle kunnossapidolle kuuluu prosessilaitteiden mekaanisten, kuluvien osien huoltotyöt. Liikkuvan kaluston kunnossapito huoltaa niin louhoksen isot työkoneet, kuin kaivoksen alueella liikkumiseen tarkoitettut kevyemmätkin ajoneuvot. Toimitusketjuun puolestaan kuuluu ostajat sekä varaston työntekijät, jotka takaavat varaosien saatavuuden.

Sähkö- ja automaatiokunnossapito on jakautunut vielä omiin ryhmiin, joilla on omat suunnittelijansa, työnjohtajansa sekä asentajansa ja molemmilla ryhmillä

on omat vastualueensa. Nämä ryhmät tekevät kuitenkin tiivistä yhteistyötä päivittäin.

Sähkökunnossapidolle kuuluu sähköön liittyvät käyttö- sekä ylläpitotehtävät, joilla varmistetaan sähkön saatavuus niin prosessin kuin louhoksenkin tarpeisiin. Sähkökunnossapidon tehtävänä on myös omilla toimillaan varmistaa sähkön turvallinen käyttö kaivoksella.

Automaatiokunnossapidolle kuuluu koko kaivoksen automaatiojärjestelmän suunnittelu-, asennus- ja kunnossapitotyöt. Automatisoinnilla saadaan tehostettua kaivoksen tuotantoa hallinta- ja valvontajärjestelmien avulla sekä parannettua turvallisuutta erilaisten turvajärjestelmien avulla. Näiden järjestelmien ylläpito on automaatiokunnossapidon vastuualuetta.

3 KUNNOSSAPITO

3.1 Perusteet

Suomen Standardisoimisliitto (SFS) sekä PSK-standardit määrittelevät kunnossapidon yhteneväisesti: kunnossapidolla tarkoitetaan kaikkia niitä toimia, joiden avulla laite tai kokonaisuus saadaan pidettyä toimintakuntoisena tai palautettua toimintakuntoiseksi sen koko elinjakson ajan. Vaikka määrittelyt eroavat kielellisesti hieman toisistaan, merkitys on kuitenkin selkeä. (SFS-EN-13306 2017, 5; PSK 6201 2011, 2.)

Opetushallituksen laatimassa aineistossa, Kunnossapidon perusteet, on verrattu kunnossapitoa tekniikan terveydenhoidoksi (Kunnossapito: Perusteet 2021). Sitähän kunnossapito onkin: seurataan tiiviisti laitteiston kuntoa, suoritetaan ennakoivia huoltoja ennen mahdollisten vikojen ilmenemistä sekä suoritetaan korjaavaa kunnossapitoa vikojen ilmetessä. Näillä keinoilla saadaan tuottavuus pysymään korkeana ja vikaantumisista aiheutuvat suorat sekä välilliset kustannukset alhaisina.

Nykyaikana prosessilaitosten tuotannon halutaan pysyvän jatkuvasti käynnissä ilman suunnittelemattomia keskeytyksiä. Nykyaikaisilla kunnossapidon keinoilla pyritään pitämään huolta siitä, että tuottavuus pysyy korkeana, kuitenkaan alentamatta turvallisuutta tai laatua sekä aiheuttamatta ympäristölle haittaa. (ABB 2000.)

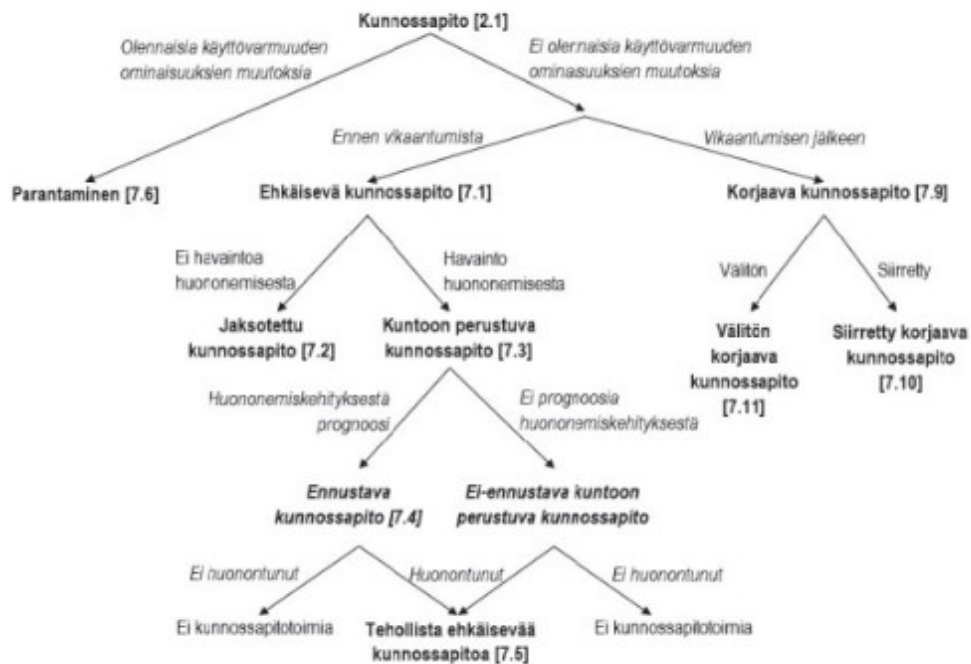
Kunnossapito mielletään edelleenkin usein korjaaviksi toimenpiteiksi, vaikka tätä ajatusta halutaan korjata Järviön käyttämää tuotanto-omaisuuden hoito – käsitettä kohti. Toki korjaava kunnossapito on edelleen tärkeä osa kunnossapitoa, sillä laitteiden äkillistä vikaantumista voidaan harvoin täysin estää. Käsitteen pääajatus onkin, että kunnossapitoon sisällytetään korjaavien toimenpiteiden lisäksi ennakoivaa ja ehkäisevää kunnossapitoa, kuten kunnonvalvontaa ja huoltoja. Lisäksi voidaan erinäisillä menetelmillä pyrkiä selvittämään vikojen ja vikaantumisten syitä, jolloin voidaan paremmin ennakoivan kunnossapidon toimilla ehkäistä niitä. (Järviö & Lehtiö 2012, 14–15.)

Järviö painottaa myös kirjassaan käyttöhenkilöstön toimintaa osana kunnossapitoa, vaikka yleisesti ajatellaan, että kunnossapidollisia tehtäviä suorittaisi vain kunnossapitoon erikoistunut henkilöstö. Toki kunnossapito-osasto vastaa laitteille suoritettavista kunnossapidollisista toimista, mutta on yhtä tärkeää, että käyttöhenkilöstö huolehtii laitteiden asianmukaisesta käytöstä sekä niiden toimintakunnon valvomisesta. (Järviö & Lehtiö 2012, 17.)

3.2 Kunnossapidon tyypit

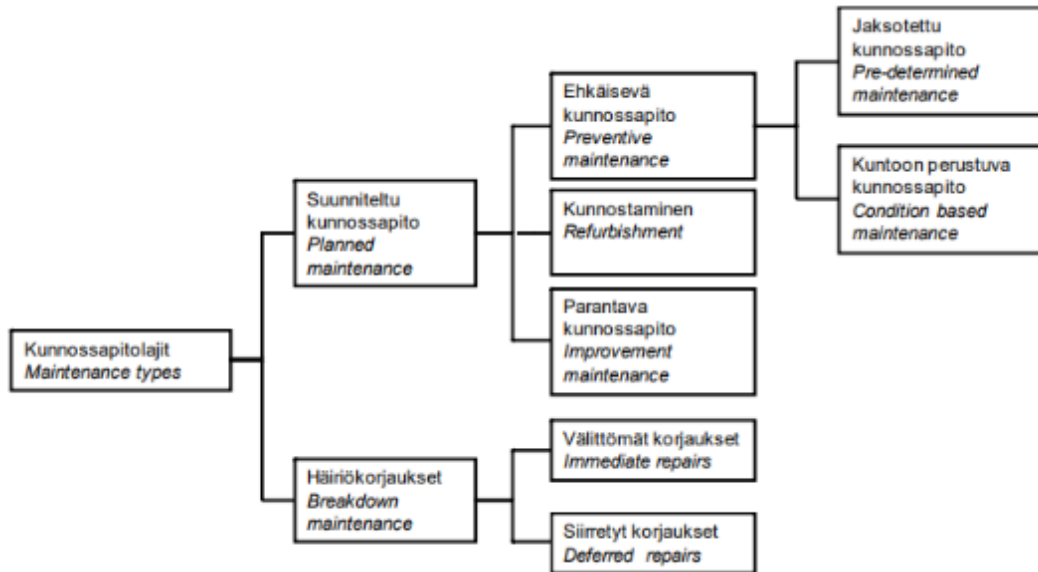
Eri instanssit lajittelevat kunnossapidon hieman eri tavalla, mutta pääpiirteittäin jaottelut vastaavat toisiaan. Erilaisia jaotteluita ovat määritelleet muun muassa SFS ry standardiin SFS-EN 13306:2017 ja PSK-standardit standardiin PSK 6201:2011.

SFS-EN 13306:2017 standardissa kunnossapito on jaoteltu parantavaan kunnossapitoon, korjaavaan kunnossapitoon sekä ehkäisevään kunnossapitoon. Korjaava kunnossapito on jaettu lisäksi vielä välittömään sekä siirrettyyn korjaavaan kunnossapitoon. Ehkäisevä kunnossapito on jaettu kuntoon perustuvaan kunnossapitoon, joka voi olla aikataulutettua, jatkuvaa tai vaadittaessa tapahtuvaa kunnossapitoa sekä jaksoitettuun kunnossapitoon, joka on aina aikataulutettua. Kuvio 1 nähdään standardin SFS-EN 13306:2017 määrittämä jaottelu kunnossapidosta. (SFS-EN 13306:2017, 22).



Kuvio 1. Kunnossapitolajit standardin SFS-EN 13306:2017 mukaan (SFS-EN 13306:2017, 22).

Siinä missä SFS-EN 13306:2017 kunnossapito jaetaan ennakoivaan ja reagoivaan toimintaan, PSK-standardit jakavat kunnossapidon lajeihin sen mukaisesti, onko kunnossapitotyö suunniteltua vai tuotantohäiriön korjausta. Häiriökorjaukset on jaettu välittömiin ja siirrettyihin korjauksiin niiden kriittisyyden perusteella. Suunniteltu kunnossapito on jaettu standardin SFS-EN 13306:2017 kaltaisesti parantavaan, kunnostavaan sekä ehkäisevään kunnossapitoon. Myös PSK-standardeissa ehkäisevä kunnossapito on jaettu edelleen jaksotettuun sekä kuntoon perustuvaan kunnossapitoon. Kuvio 2 on havainnollistettu standardin PSK 6201:2011 mukaista kunnossapidon lajittelua. (PSK 6201:2011, 22).



Kuvio 2. Kunnossapitolajit standardin PSK 6201:2011 mukaan (PSK 6201:2011, 22).

Seuraavissa luvuissa on käsitelty kunnossapitolajeja tarkemmin lähinnä standardin SFS-EN 13306:2017 jaottelun mukaisesti.

3.2.1 Korjaava kunnossapito

Korjaavalla kunnossapidolla tarkoitetaan toimenpiteitä, joita suoritetaan vikaantumistilanteissa. Vikaantuminen voi olla kohteen kannalta kokonaisvaltainen, jolloin se estää koko kohteen toiminnan tai se voi olla osittainen, jolloin kohde voi olla vielä osittain käyttökuntoinen. Korjaava kunnossapito onkin jaettu standardissa SFS-EN 13306:2017 välittömään ja siirrettyyn korjaavaan kunnossapitoon. Välitön korjaava kunnossapito suoritetaan välittömästi vian havaitsemisen jälkeen, jotta vältetään haitallisilta seurauksilta. Tapauksissa, joissa kohde ei esimerkiksi ole toiminnan kannalta kriittinen, voidaan korjaavan kunnossapidon toimenpiteitä siirtää tilanteen mukaan. (SFS-EN- 13306:2017, 14–15; Edu 2021.)

Kun puhutaan korjaavasta kunnossapidosta, voidaan puhua myös lyhenteistä RTF (run to failure) tai OTF (operate to failure) jotka tarkoittavat englannin kielestä vapaasti käännettynä sitä, että laitetta käytetään rikkoontumiseen saakka. Laite ei ole välttämättä lainkaan ehkäisevän kunnossapidon piirissä vaan

se korjataan tai vaihdetaan tarvittaessa. Tällaisia kohteita on tuotantolaitoksissa paljon ja niihin voidaan usein lukea esimerkiksi valaisimet. Laitteet eivät ole tuotannon kannalta kriittisiä eivätkä ne vaikuta muiden laitteiden toimintaan. Tällaisille laitteille riittää korjaavan kunnossapidon toimenpiteet. (Järviö 2012, 48.)

Korjaavan kunnossapidon huonona puolena on prosessin mahdollinen katkeaminen ja siitä johtuvat tuotannonmenetykset. Usein panostamalla kunnolliseen ennakoivaan kunnossapitoon saadaan korjaavan kunnossapidon osuutta vähennettyä ja täten pienennettyä vikaantumisista aiheutuvia kustannuksia. (Edu, 2021)

3.2.2 Parantava kunnossapito

SFS-EN 13306:2017 määrittelee parantavan kunnossapidon yhdistelmäksi teknisiä, hallinnollisia sekä liikkeenjohdollisia toimenpiteitä, joilla pyritään parantamaan kohteen toimintavarmuutta, kunnossapidettävyyttä ja turvallisuutta, kuitenkin alkuperäistä toimintoa olennaisesti muuttamatta. (SFS-EN 13306:2017, 14.)

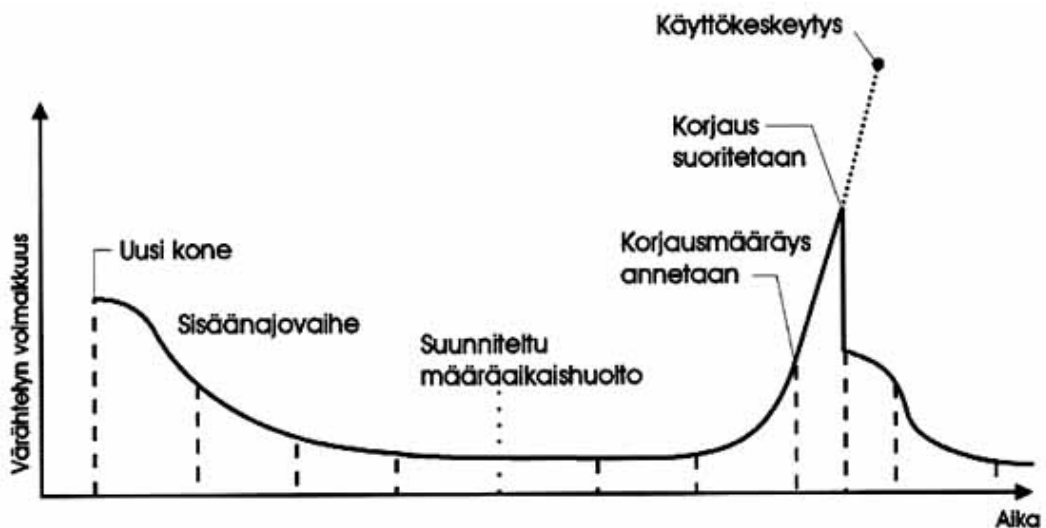
Parantavalla kunnossapidolla tarkoitetaan toimintaa, jolla pyritään vähentämään ja jopa poistamaan ongelmatapausten ja rikkoontumisien syitä ja siten vähentämään kunnossapidon tarvetta. Tällä toiminnalla koetetaan parantaa laitteiden suorituskykyä, käytettävyyttä ja turvallisuutta. (ABB TTT-käsikirja 2000-07, 3.)

3.2.3 Ennakoiva kunnossapito

Ennakoivan kunnossapidon tavoitteena on pyrkiä ehkäisemään mahdolliset vikatilanteet jo etukäteen välttämällä näin korjaavasta kunnossapidosta aiheutuvia kustannuksia. Ennakoivaan kunnossapitoon sisältyy usein säännöllisesti suoritettavia tarkastus- ja huoltotoimenpiteitä, laitteiden käyttäjien suorittamaa käyttöseurainta sekä käytön aikana toteutettavaa mittaustoimintaa, jota kutsutaan kunnonvalvonnaksi. (ABB TTT-käsikirja 2000-07, 3.)

Käyttöseuranta tapahtuu laitteiden käyttäjien toimesta. Siihen sisältyy jatkuvaa normaalin käytön ohessa tapahtuvaa aistinvaraista tarkkailua sekä hoitoa ja huoltoa. Vaikka laitteiden kunnonvalvonta lisääntyy jatkuvasti kehittyvän automaation myötä, on käytön yhteydessä suoritettava aistinvarainen tarkastelu edelleen tarpeellista. (Edu 2021.)

Kunnonvalvonnan tarkoituksena on pyrkiä havaitsemaan alkavan vikaantumisen aiheuttama muutos mitattavana suureena. Kunnonvalvontamittaukset voidaan luokitella aistinvaraisiin tarkistuksiin, fysikaalisiin ja sähköisiin perussuureisiin liittyviin mittauksiin, ainetta rikkomattomiin mittauksiin, öljyanalyyseihin sekä värähtely- ja äänimittauksiin. Kuvio 3 nähdään esimerkkinä laakerin värähtelyvoimakkuuden mittauksen perusteella esitetty ennakoivan kunnossapidon toteutusperiaate. (Edu 2021.)



Kuvio 3. Ennakoivan kunnossapidon perusperiaate.

Ennakkohuollot ovat suunniteltuja, usein määräaikaaisia tarkastus- ja huoltotoimenpiteitä. Ennakkohuolloissa tulee ottaa huomioon sekä laitevalmistajien ohjeet että käyttäjäperäiset kokemukset. Huoltotoimenpiteet voidaan jaksottaa esimerkiksi säännöllisin aikaväleihin, käyttöajan- tai määrän mukaan, käyttötilanteen tai kunnonvalvonnan tuloksien perusteella. (Edu 2021.)

3.3 Kunnossapitostrategiat

Kunnossapitoon on viimeisten vuosikymmenien aikana kehitetty monia erilaisia toimintamalleja. Seuraavissa luvuissa on esitelty muutamia niistä.

3.3.1 TPM

TPM eli kokonaisvaltainen kunnossapito on Japanissa kehitetty toimintamalli, jossa pyritään koko laitoksen henkilöstön avulla saavuttamaan häiriötön tuotto, jolloin kustannustehokkuus saadaan huippuunsa. TPM:n päätarkoituksena on luoda tuotannon koneille optimaaliset toimintaolosuhteet ja ylläpitää niiden toimintaa koko suunnitellun käyttöiän ajan. Prosessin pyrkimyksenä on pitää kaikki tuotannon kannalta kriittiset laitteet optimissa kunnossa ja sekä niiden suorituskyky maksimaalisena. Tämä edellyttää sitä, että osa laitteiden kunnossapitoon liittyvistä tehtävistä siirtyy käyttöhenkilöstön tehtäviksi. (Järviö & Lehtiö 2012, 143-158; Edu 2021.)

3.3.2 RCM

RCM eli luottavuuskeskeinen kunnossapito on toimintamalli, jonka avulla voidaan kehittää tuotantolaitoksen ennakoivaa kunnossapitoa. Kunnossapidon suunnittelu aloitetaan kyseisessä toimintamallissa selvittämällä prosessin osiot ja asettamalla ne tärkeysjärjestykseen tuotannon kannalta. Sen jälkeen selvitetään, millaisia koneita ja laitteita prosessissa on, niiden vikaantumismekanismit ja vikaantumisista aiheutuvat seuraukset tuotantoon. Priorisoimalla prosessin laitteet kunnossapito saadaan kohdistettua niihin laitteisiin, joissa sitä tarvitaan eniten. Oleellisinta luottavuuskeskeisen kunnossapidon toimintamallissa on, että prosessi ja sen laitteet tunnetaan kattavasti, jolloin niihin voidaan kohdistaa sopivimmat kunnossapitomenetelmät. Myös RCM-metodissa pyritään jakamaan kunnossapidollisia vastuita myös laitteiden käyttöhenkilöstölle. (Järviö & Lehtiö 2012, 159-178.)

3.3.3 Asset Management

Asset Management -toimintamallilla eli tuotanto-omaisuuden hoitamisella pyritään hoitamaan tuotantolaitoksen laitteiden toimintaa siten, että yritys

saavuttaa liiketoiminnalleen asettamansa tavoitteet minimoiden kustannukset. Kyseisen toimintamallin toteutumisen kannalta on olennaista, että kaikki tuotanto-omaisuuden hoitamisen osa-alueet ovat kunnossa. Näihin osa-alueisiin kuuluu muun muassa päivittäisen työskentelyn hallinta, ehkäisevän kunnossapidon hallinta, saumaton yhteistyö yrityksen eri osastojen kesken sekä koneiden luotettava toiminta. RCM:stä poiketen Asset Managementin toteutuksessa ei edellytetä perinpohjaista tuotantolaitteiston analysointia, vaan kaikkein kriittisimpien laitteiden kunnossapito on osana kokonaisvaltaista tuotanto-omaisuuden hoitamista. (Järviö & Lehtiö 2012, 122-128.)

3.3.4 Six Sigma

Six Sigma -ohjelmalla pyritään vakauttamaan prosessi ja sen tuotteet poistamalla vaihtelut. Toimintaparametrien riittävällä vakioinnilla saadaan prosessi stabilisoitua, jolloin voidaan saavuttaa haluttu laatutaso. Ohjelmalla pyritään vähentämään yrityksen virhetoimintoja sekä virheellisiä tuotteita muun muassa määrittelemällä yksittäisille prosesseille selkeät ja mitattavissa olevat ylä- ja alavalvontarajat, joiden vaatimuksiin tuote sopii. Menetelmään kuuluu huomattavan paljon erilaisia työkaluja, joiden avulla sitä voidaan toteuttaa. Näiden työkalujen hallitseminen vaatii kouluttautumista, joka on jaettu eri tasoihin. (Järviö & Lehtiö 2012, 129-131.)

3.4 Sähkökunnossapito

Sähköjärjestelmät eivät pysy kunnossa itsestään. Sähkölaitteet ja –komponentit vanhenevat ja tulevat lopulta tiensä päähän. Esimerkiksi rikkiiniset sähkölaitteet, löystyneet liitokset ja laitteiden pölyisyys voivat aiheuttaa vaaraa kiinteistöille ja niiden käyttäjille. Tästä syystä sähkölaitteiden kuntoa tulee tarkkailla jatkuvasti ja suorittaa niille tarvittavat huoltotoimenpiteet ajoissa. Sähkölaitteistojen riittävästä kunnossapidosta on säädetty sähköturvallisuuslaissa. (Tukes 2021.)

Sähköturvallisuuslain mukaan (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 1:6.1 §) ”sähkölaitteet ja –laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin, sekä niitä on huollettava ja käytettävä käyttötarkoituksena mukaisesti niin, että

- 1) niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa;
- 2) niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä;
- 3) niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti.”

Myös ”sähkölaitteen suojaus on varmistettava laitteen aiheuttamien vaarojen varalta ja sellaisten vaarojen varalta, jotka voivat aiheutua ulkoisten tekijöiden vaikutuksesta sähkölaitteeseen.” (Säköturvallisuuslaki 1135/2016, 2:12.1 §.)

Sähkölaitteiston turvallisuudesta ja huollosta on vastuussa sähkölaitteiston haltija. Sähkölaitteiston haltijan tulee pitää huoli siitä, että sähkölaitteisto on turvallinen, sen kunnossapidosta huolehditaan ja se täyttää kaikki lain vaatimukset. Sähkölaitteistojen kunnossapitoon sisältyy laitteen kunnan ja turvallisuuden tarkkailu sekä vikojen ja puutteiden korjaus riittävän nopealla aikataululla. (Säköturvallisuuslaki 1135/2016, 3:47.1-2 §.)

Sähkölaitteistot on jaoteltu säköturvallisuuslaissa niille suoritettavien tarkastusten sekä kunnossapito-ohjelmien mukaisesti omiin luokkiinsa. Luokan 1 sähkölaitteistoihin sisältyy sähkölaitteistot asuinrakennuksissa, joissa on enemmän kuin kaksi asuinhuoneistoa. Niihin sisältyy myös muut kuin asuinrakennusten sähkölaitteistot, joiden suojalaitteena toimivan ylivirtasuojan nimellisvirta on yli 35 ampeeria ja joka ei kuulu luokkiin 2 tai 3. Sähkölaitteistot, joihin kuuluu yli 1000 voltin nimellisjännitteellisiä osia, kuitenkin lukuun ottamatta sellaisia sähkölaitteistoja, joihin kuuluu vain enintään 1000 voltin nimellisjännitteellä syötettyjä yli 1000 voltin sähkölaitteita tai niihin verrattavia laitteistoja, on luokiteltu luokan 2 sähkölaitteistoiksi. Niihin luetaan myös sähkölaitteistot, joiden liittymistehot, joilla tarkoitetaan sähkölaitteiston haltijan kiinteistölle tai yhtenäiselle kiinteistöryhmälle rakennettujen liittymien liittymistehojen summaa, ovat yli 1600 kilovoltiampeeria. Luokan 3 sähkölaitteistoihin kuuluu verkonhaltijan jakelu-, siirto- ja muu vastaavat sähköverkot. (Säköturvallisuuslaki 1135/2016, 3:44.1 §.)

Säköturvallisuuslain mukaan luokkien 2 ja 3 sähkölaitteistoille on laadittava säköturvallisuuden ylläpitävä kunnossapito-ohjelma ja sähkölaitteiston haltija on vastuussa siitä, että ohjelmaa noudatetaan. Laadittaessa kunnossapito-ohjelmaa on otettava huomioon myös sähkölaitteiston käyttöympäristö ja siitä riippuvat

erityiset tarpeet. Laissa on myös linjattu, että muiden sähkölaitteistojen kohdalla voidaan kunnossapito-ohjelma korvata laitevalmistajien käyttö- ja huolto-ohjeilla. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 3:48.1-2 §.)

Lisäksi sähköturvallisuuslain mukaan sähkölaitteistoille on suoritettava määräaikaistarkastus luokan 2 tapauksessa kymmenen vuoden välein ja luokan 3 kohdalla viiden vuoden välein. Kunnossapidon osalta määräaikaistarkastuksessa pyritään varmistumaan siitä, että sähkölaitteistolle on tehty kunnossapito-ohjelman mukaiset toimenpiteet, ja että kunnossapito on riittävää turvallisuuden ylläpitämiseksi. Määräaikaistarkastuksen saa suorittaa vain valtuutettu laitos tai tarkastaja ja sen suorittamisesta huolehtii niin ikään sähkölaitteiston haltija. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 3:49.1-4 §.)

4 LAITTEET

4.1 Moottorit

Sähkömoottoreiden avulla saadaan sähköenergiaa muutettua mekaaniseksi energiaksi esimerkiksi teollisuuden tarpeisiin. Muutos voidaan toteuttaa tasa- tai vaihtosähkömoottoreilla. Tasasähkömoottori on pysynyt tärkeänä teollisuuden moottorina sen pyörimisnopeuden säätöominaisuuksien vuoksi, mutta nykyään pyörimisnopeuden säätö on helppoa toteuttaa myös vaihtosähkömoottoreille taajuusmuuttajien avulla. (Aura & Tonteri 1996, 304-305.)

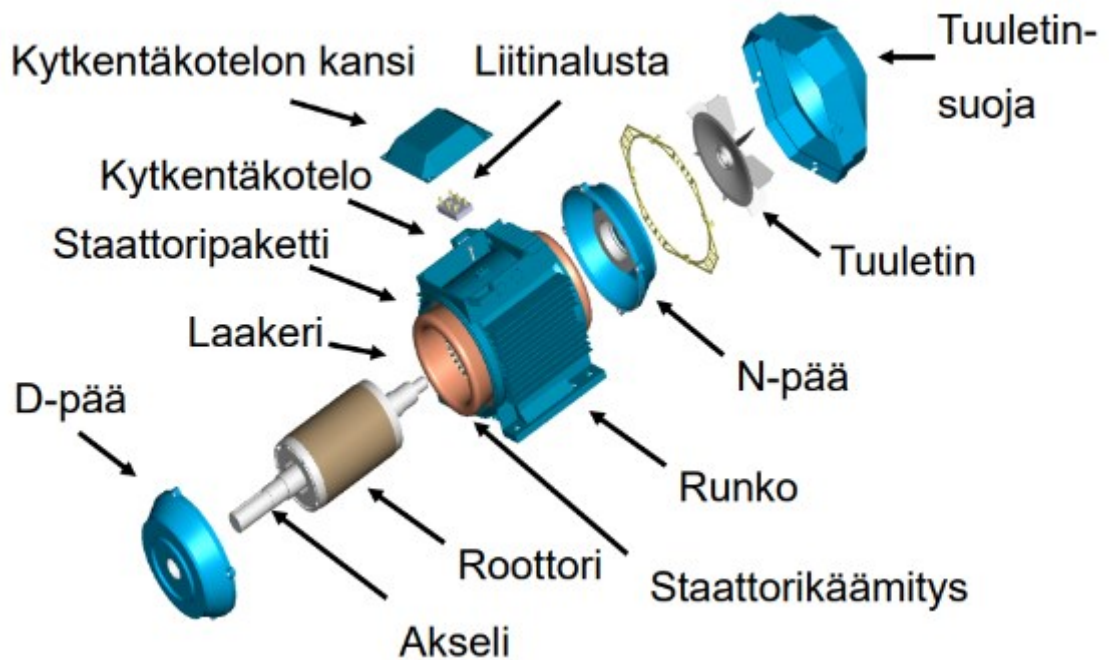
Teollisuudessa yleisesti käytettäviin vaihtosähkökoneisiin kuuluvien epätahti- ja tahtimoottoreiden toiminta perustuu pyörivään magneettikenttään. Epätahtikoneen roottori pyörii nimensä mukaisesti eri tahdissa magneettikentän kanssa, kun taas tahtikoneessa ne pyörivät samalla nopeudella. (Aura & Tonteri 1996, 305.)

Seuraavissa luvuissa on käsitelty tarkemmin oikosulku- ja liukurengasmootoreita sekä niiden kunnossapitoa.

4.1.1 Oikosulkumoottori

Oikosulkumoottori on eräänlainen epätahtikone. Se on yksinkertaisen rakenteensa vuoksi edullinen valmistaa ja hankkia. Oikosulkumoottorit ovat myös kestäviä ja niitä saa useissa eri teholuokissa. Näiden seikkojen takia se on yleisin teollisuudessa käytetty moottorityyppi. (Hietalahti 2013, 34.)

Oikosulkumoottorin tärkeimpiä, eli aktiivisia osia, ovat staattori sekä roottori käämityksineen. Moottorin muut, passiiviset osat, pitävät aktiiviset osat paikoillaan, johtavat sähköä koneeseen ja välittävät pyörivän liikkeen moottorista työkoneseen. Oikosulkumoottorin rakenne on nähtävissä Kuvio 4. (Tuotteet, tekniikka ja hyötysuhteet 2012.)



Kuvio 4. Sähkömoottorin rakenne (Tuotteet, tekniikka ja hyötysuhteet 2012).

Oikosulkumoottorissa on paikallaan pysyvä staattorikäämitys, johon johdetun sähkövirran avulla muodostuva, pyörivä magneettikenttä aiheuttaa staattorin keskellä olevan roottorin käämitykseen oikosulkuvirran, joka pyrkii vastustamaan tätä pyörivää liikettä. Mikäli syntyvä vääntömomentti on suurempi kuin pyörimistä vastustava kuormitusmomentti, alkaa roottori pyöriä. Roottorin pyörimisnopeuden kasvaessa staattorikentän ja roottorisauvojen välinen leikkausnopeus pienenee, jolloin myös roottorin sähköinen vääntömomentti pienenee. Roottorin pyörimisnopeus on aina lähes staattorin magneettikentän pyörimisnopeuden suuruinen. Jos nämä pyörimisnopeudet olisivat samansuuruiset, roottoriin ei syntyisi lainkaan sähkömotorista voimaa tai vääntömomenttia, sillä magneettikenttä pysyisi roottorin suhteen paikallaan, eikä vuoleikkausta tapahtuisi. (Hietalahti 2013, 34-35.)

4.1.2 Liukurengasmoottori

Liukurengasmoottorit ovat epätahtikoneita, joiden roottorikäämitystä ei ole oikosuljettu, vaan sen toisen pään johtimet on tuotu ulos liukurenkaiden avulla. Näin roottoriin voidaan kytkeä vastus, jonka avulla voidaan säädellä käynnistyvän moottorin käynnistysmomenttia. Kun vastuksen arvoa muutetaan

sopivalla rytmillä käynnistyksen aikana, saadaan koneen tuottama momentti pidettyä korkeana koko käynnistyksen ajan. Toiminnaltaan ja muilta ominaisuuksiltaan liukurengasmoottori on samankaltainen kuin oikosulkumoottori. (Hietalahti 2013, 50.)

4.1.3 Tahtimoottori

Epätahtikoneen kaltaisesti, tahtikoneessa on kolmivaiheisella käämillä varustettu staattori, sekä sen sisällä pyörivä roottori. Staattori on periaatteeltaan samanlainen kuin oikosulkumoottorissa, mutta roottorissa on oikosuljetun häkkikäämityksen sijaan ulkoisella tasasähkölähteellä magnetoitu naparakenne. Tahtikoneet jaetaan roottorirakennetkaisuun mukaisesti umpinapakoneisiin ja avonapakoneisiin. Avonapakoneen roottorin rakenne ei ole sylinterimäinen, vaan roottori koostuu erillisistä avonavoista, joiden ympärille magnetointikääditys on käämitty. Epätahtikoneesta eroten tahtikoneen roottori pyörii tahdissa verkon määräämän kiertokentän nopeuden kanssa. (Hietalahti 2013, 56-57.)

Tahtikoneita käytetään yleensä generaattoreina, mutta suurta mekaanista tehoa tarvittaessa niitä käytetään myös moottoreina. Kestomagneeteilla varustettujen tahtikoneiden käyttö kuitenkin lisääntyy myös keski- ja pientehoisissa moottorikäytöissä. (Hietalahti 2013, 87.)

4.1.4 Kunnossapito

Kaivoksella on käytössä muun muassa WEG:n, VEM:n sekä ABB:n valmistamia moottoreita. Moottorikäyttöjä on yhteensä noin 600 kappaletta, ja moottoreiden tehot vaihtelevat 0,18 kW:sta 7000 kW:iin saakka. Suurin osa moottoreista on pienjännitemoottoreita, mutta kaivoksella on käytössä myös muutamia keskijännitemoottoreita, muun muassa jauhinmyllyillä, sekä louhoksen puolella sähkötoimisilla kaivinkoneilla sekä poravaunuilla. Suurin osa laitoksen sähkömoottorikäytöistä on toteutettu oikosulkumootoreilla, kolme jauhinmyllyjen moottoreista on liukurengasmootoreita sekä uusimman jauhinmyllyn käyttö on toteutettu tahtimoottoreiden avulla.

WEG ohjeistaa sähkömoottoreille suoritettavan säännöllisesti kunnossapidollisia toimenpiteitä. Näihin toimenpiteisiin sisältyy tiivisteiden, kiinnityspulttien sekä

laakereiden tarkastus, tärinän ja äänenvoimakkuuden tarkastus, tyhjennysten toiminta sekä ilman vapaan virtauksen varmistus. Voiteluväli on ilmaistu moottorin arvokilvissä. (Matala- ja korkeajännitesähkömoottorit, sähkömoottorien asennus-, käyttö- ja huolto-ohjekäsikirja 2017, 5.)

VEM:n moottoreiden huolto-ohjeessa kehoitetaan suorittamaan sen valmistamille moottoreille säännöllisesti mahdollisen liukukosketinjärjestelmän tarkastus, kondenssiveden tyhjennys, moottorin kaikkien osien, erityisesti tuuletusaukkojen ja -ripojen välien, puhdistus. (Asennus-, käyttö- ja huolto-ohje, 4-6.)

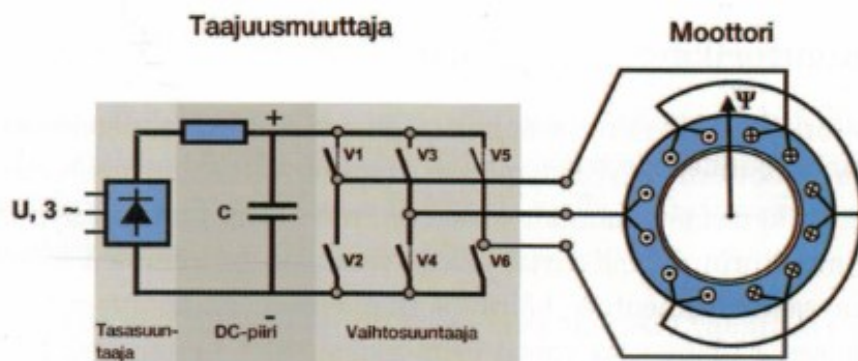
ABB on antanut kattavat ohjeen pienjännitemoottoreiden huoltoa ja kunnossapitoa ajatellen. Niissä kehoitetaan tarkastamaan moottori säännöllisin väliajoin, riippuen kosteustasosta sekä paikallisista sääolosuhteista. Moottorit tulee pitää puhtaina ja jäähdytysilman vapaasta kulusta on huolehdittava. Tarvittaessa tuuletusjärjestelmä on puhdistettava säännöllisesti. Akselitiivisteiden kuntoa tulisi seurata ja uusia ne tarvittaessa. KytKentöjen ja kiinnitysruuvien kuntoa tulisi seurata. Laakereiden kuntoa tulisi tarkkailla muun muassa kuuntelemalla laakeriääniä tai mittaamalla laakereiden tärinää tai lämpötilaa. Ohjeissa kehoitetaan myös varmistamaan, että mahdollinen kondensoitunut vesi pääsee poistumaan moottorista. Oppaassa on myös kattavat ohjeet moottorin laakereiden voitelua varten. (Pienjännitemoottorit, asennus-, käyttö-, kunnossapito- ja turvallisuusohje 2016, 14-17.)

ABB on antanut yleiset ohjeet myös liukurengasyksiköiden huollolle. Hiiliharjojen kulumista tulee seurata ja vaihtaa ne ennen kuin kulumisraja on saavutettu. Tulee myös varmistaa, että harjat eivät kipinöi. Liukurenkaan pinnan tulee olla sileä, ja mikäli näin ei ole, tulee ne tasoittaa sorvaamalla. Liukurengaskotelon täytyy olla tiivis, jotta sinne ei pääse vettä rasvaa, öljyä tai pölyä. (Induktiomoottoreiden ja generaattoreiden käyttöohje, 57.)

4.2 Taajuusmuuttajat

Taajuusmuuttajaa voidaan käyttää ohjaamaan moottorin toimintaa, sekä suojaamaan sitä erilaisilta vikatilanteilta, kuten ylikuormitukselta tai jumiutumiselta. Taajuusmuuttaja koostuu tasasuuntaajasta, välipiiristä, sekä vaihtosuuntaajasta. Taajuusmuuttajalla muutetaan vaihtovirran taajuutta, jonka

avulla taas saadaan muutettua moottorin pyörimisnopeutta hyvinkin laajalla alueella. Taajuusmuuttajan avulla moottori voidaan käynnistää pehmeästi pienellä käynnistysvirralla ja ohjata sitä valitun sovelluksen mukaisesti. Taajuusmuuttajalla voidaan tarvittaessa myös hidastaa moottorin pyörimisnopeutta ja auttaa moottorin pysäyttämässä luonnollista pysähtymisaikaa nopeammin. Näillä keinoilla moottorin avulla suoritettavaa prosessia saadaan tehostettua ja usein myös vähennettyä virrankulutusta. Kuvio 5 on kuvattu taajuusmuuttajan rakennetta. (Hietalahti 2013, 75; Orrberg, Ylinen & Kauppila 2017, 35; Keinänen & Sumujärvi 2019, 239-240.)



Kuvio 5. Taajuusmuuttajan rakenne (Orrberg, Ylinen & Kauppila 2017, 35).

4.2.1 Kunnossapito

Taajuusmuuttajakäyttöjä kaivoksella on noin 300 kappaletta ja suurin osa taajuusmuuttajista on Vacon-merkkisiä. Kaivokselta löytyy myös muutamia ABB:n valmistamia taajuusmuuttajia keskijännitesovelluksiin. Vaconin vanhempia NX-mallin taajuusmuuttajia on vaihdettu niiden käyttöään päättymisen jälkeen uudempiin 100-sarjan malleihin ja kaikki uudisasennukset tehdään uudemmilla 100-sarjan malleilla.

Sekä Vaconin vanhemman NX-sarjan että nykyaikaisemman 100-sarjan taajuusmuuttajien säännöllisiin huolto-ohjeisiin sisältyy liittimien kiristysmomenttien tarkastus, jäähdytys-elementtien puhdistus, liittimien tarkastus, jäähdytystunnelin tarkastus, puhaltimen toiminnan tarkastus, liittimien, kokoojakiskojen sekä muiden pintojen tarkastus korroosion varalta sekä

ovisuodattimien tarkastus, mikäli laite on asennettu kaappiin. Huoltotoimenpiteiden suoritusväliksi on annettu 6-24 kuukautta, riippuen olosuhteista, joissa taajuusmuuttajia käytetään. (Vacon NXS/P taajuusmuuttajat, käyttöohje 2017; Vacon 100 seinään kiinnitettävät taajuusmuuttajat, käyttöopas 2019.)

4.3 Valaistus

Kaivoksen alue on laaja ja siellä on lukuisia eri kohteita ja rakennuksia, joissa tarvitaan valaistusta. Suurin osa kaivoksen tuotantotiloista on valaistu teollisuusvalaisimilla, joissa osassa on käytössä kaasupurkauslamppuja. Toimistoissa ja oleskelutiloissa on käytössä tyypilliset loisteputkivalaisimet. Ulkovalaistus on toteutettu seinä- ja katuvalaisimilla, joissa on käytössä kaasupurkaus- ja led-lamppuja. Valaistusta on muutettu modernimpaan ja energiatehokkaampaan suuntaan vaihtamalla sekä valonlähteitä, että valaisimia led-tekniikkaan.

Teollisuuden olosuhteissa täytyy valaistuksen suunnittelussa ottaa huomioon pöly, kemikaalit, kosteus, vaihtelevat lämpötilat sekä särkymisvaara. Lisäksi tällaisissa tiloissa valaisimet ovat yleensä korkealla tai muuten hankalasti saavutettavissa paikoissa, joten myös niiden kunnossapito täytyy ottaa suunnittelussa huomioon. Vaikka valaistusta ei usein pidetäkään yhtenä teollisuuslaitoksen kriittisimpänä kunnossapidon kohteena, on sen toimivuus kuitenkin tärkeää. Kunnollisella valaistuksella taataan turvallinen liikkuminen ja työskentely tuotantotiloissa. Lisäksi sillä voidaan vaikuttaa myös työntekijöiden työtehokkuuteen. (Greenled 2021.)

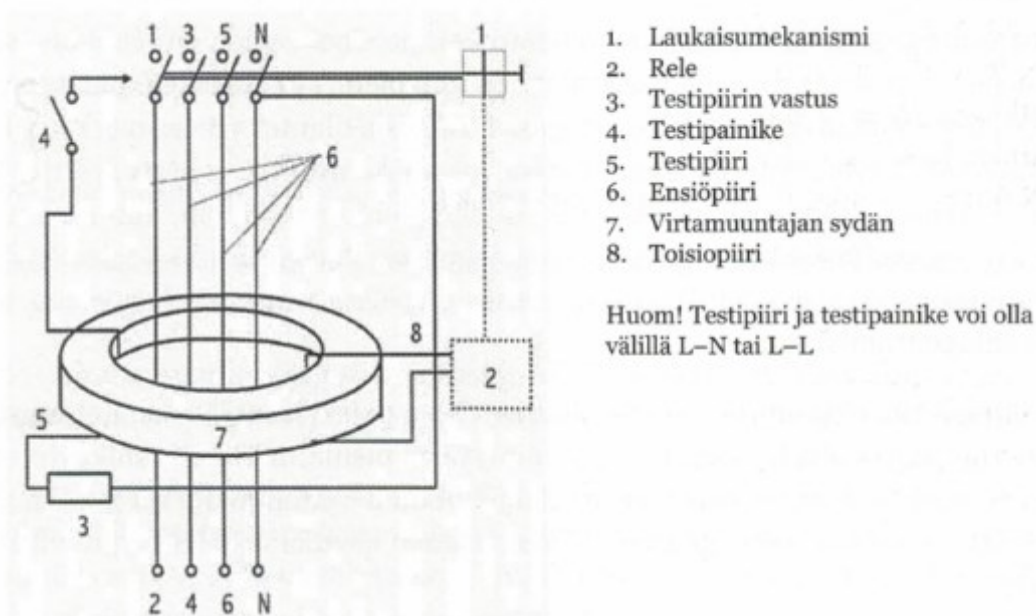
Valaistuksen huoltovälit ja -toimenpiteet tulee suunnitella huolellisesti jo etukäteen. Huoltotarpeisiin vaikuttaa valaistustila ja sen olosuhteet, sekä valaisimen omat omaisuudet. Valaisimien huolto-ohjelmaan tulisi kuulua niiden puhdistaminen sekä rikkoontuneiden osien vaihto- ja korjaustyöt. Myöskään ohjausjärjestelmien huoltoa ei sovi unohtaa. Myös liike- ja läsnäolotunnistimien sekä muiden ohjauslaitteiden huollolla pidetään huolta valaistusjärjestelmien toiminnasta. Huoltotoimenpiteisiin tulisi kuulua myös valaistuksen suorituskyvyn

tarkkailua, jolla pienennetään vikaantumisen todennäköisyyttä sekä vähennetään toimintakyvyn heikkenemistä. (Valaistustieto 2021.)

4.4 Vikavirtasuojajytkimet

Vikavirtasuojajytkin on herkkä suojalaite, joka suojaa käyttäjiään sähköiskuilta ja jopa tulipalolta. Sitä käytetään täydentämään sulakkeen antamaa suojausta. (Tukes 2015).

Vikavirtasuoja sisältää summavirtamuuntajan, joka mittaa sen kautta kulkevien vaihejohtimien ja nollajohtimen summavirtaa. Normaalitylanteessa näiden johtimien summavirta on nolla. Mikäli summavirtamuuntaja havaitsee vikavirtasuojan toiminta-arvon ylittävän virtamäärän, sen toisiokäämiin indusoituu jännite, jolloin laukaisurele laukeaa. Releen avulla toimiva laukaisumekanismi aukaisee vikavirtasuojan koskettimet ja katkaisee virtapiirin, estäen näin mahdollisen vaaratilanteen. Vikavirtasuojan rakenne on nähtävissä Kuvio 6. (Tukes 2015, 12; Käsikirja rakennusten sähköasennuksista 2017, 255.)



Kuvio 6. Vikavirtasuojan rakenne (Saastamoinen 2019, 127).

Pienjännitesähköasennusten standardissa (SFS 6000-4-41:2018, 9) on linjattu laitteet, jotka tulee lisäsuojata mitoitusvirraltaan enintään 30 mA vikavirtasuojalla. Näihin kuuluvat

- vaihtosähköllä toimivat yleiseen käyttöön tarkoitetut mitoitusvirraltaan enintään 32 A pistorasiat, joita todennäköisesti käyttävät maallikot
- vaihtosähköllä toimivat ulkona käytettävät mitoitusvirraltaan enintään 32 A siirrettävät laitteet
- asunnoissa ja asuntoihin liittyvillä piha-alueilla vaihtosähköllä toimivat valaisimia syöttävät ryhmäjohdot.

Aiemmin vikavirtasuojan käyttöä on vaadittu ainoastaan tiloihin, joissa sähkön käyttöolosuhteet ovat tavanomaista riskialttiimmat, kuten esimerkiksi kylpyhuoneessa tai ulkona. Viimeisen kymmenen vuoden aikana tämä vaatimus on kuitenkin laajentunut edellä mainittuihin kohteisiin. Vikavirtasuojaus voidaan kuitenkin jättää pois jääkaapin ja pakastimen pistorasioilta, mikäli niihin ei voi sijaintinsa tai opaskilven takia liittää muita laitteita. (Tukes 2015, 12.)

Yleensä vikavirtasuoja asennetaan sähkökeskuksen DIN-kiskoon ja asennuksia varten on olemassa myös johdonsuojakatkaisijan ja vikavirtasuojan muodostamia yhdistelmälaitteita. Lisäksi on olemassa myös siirrettäviä pistorasioihin kytkettäviä vikavirtasuojia sekä pistorasiamalleja, joissa vikavirtasuoja on kiinteästi asennettuna. Kyseisiä laitteita asentamalla voidaan vanhempienkin asennusten turvallisuutta parantaa. (Tukes 2015, 12.)

4.4.1 Kunnossapito

Vikavirtasuojien toiminta tulisi testata säännöllisesti, esimerkiksi neljännesvuosittain, puolen vuoden tai vuoden välein. Vikavirtasuojan rakenne on johdonsuojakatkaisijaa monimutkaisempi rakenteeltaan, joten sen mekanismi voi helposti jäykistyä ilman käyttöä. Vikavirtasuojakytkimessä on testipainike, jota painamalla sen toiminta testataan. Painiketta painamalla vikavirtasuojakytkin laukeaa, jos se toimii oikein. Testauksen jälkeen laite saatetaan takaisin toimintaan kääntämällä kytkin I-asentoon. Mikäli laite ei reagoi mitenkään testipainikkeen painamiseen tai jännite ei katkea vikavirtasuojan suojaamasta piiristä, on laite vikaantunut ja se tulee vaihtaa uuteen. (Tukes 2015; STEK 2021.)

5 SÄHKÖKUNNOSSAPITO KEVITSAN KAIVOKSELLA

5.1 Kunnossapitostrategia

Kaivoksen laitteet on luokiteltu kriittisyysluokittelun mukaisesti. Tähän luokitteluun sisältyy muun muassa laitteen ja sen toimivuuden vaikutus tuotantoon sekä turvallisuuteen. Laitteille suoritetaan tämän kriittisyysluokittelun mukaisesti jatkuvaa, säännöllistä sekä tarpeen mukaan tapahtuvaa kunnonvalvontaa. Kunnonvalvonnan kehitys on ollut viime vuosina huomattavaa. Muutaman vuoden sisään suurin osa kriittiseksi luokitelluista päälaitteista on liitetty jatkuvan kunnonvalvonnan piiriin muun muassa värähtelymittausten muodossa. (Seppälä 2021.)

Esimerkiksi moottoreille suoritetaan erinäisiä käynninaikaisia mittauksia. Moottoreista mitataan lähinnä laakereiden värähtelyä, minkä avulla voidaan alkavat viat havaita jo hyvin varhaisessa vaiheessa. Näin vältetään odottamattomilta pysähdyksiltä, ehditään varautua tarvittaviin huoltotoimenpiteisiin ja saadaan sisällytettyä nämä huoltotoimenpiteet suunniteltuihin seisakkeihin. (Seppälä 2021.)

Moottoreille, joissa on käytössä öljyvoitelu, tehdään niistä otettavien näytteiden avulla öljyanalyseja. Näin voidaan tarkkailla moottorin kuntoa myös öljyn seasta löytyvien epäpuhtauksien tai sen laadun heikkenemisen varalta. Osassa päälaitteiden moottoreista on käytössä myös käynninaikaista öljyn kunnonvalvontaa. (Seppälä 2021.)

Sähkölaitteiden kunnonvalvontaan sisältyy myös lämpökuvauksia. Tällä hetkellä laitteiden lämpöseurantaa toteutetaan ennakkohuoltotöiden ohessa lähinnä aistinvaraisesti ja varsinaisia lämpökuvauksia suoritetaan yleensä aistinvaraisten havaintojen perusteella tai vikojen ilmetessä. Systemaattisten lämpökuvauksen sisällyttämistä sähkölaitteille suoritettavien ennakkohuoltotöiden työsuunnitelmaan voitaisiin pitää yhtenä mahdollisena kehitysaskelena. (Seppälä 2021.)

5.2 Ennakkohuolto-ohjelma

Pohjoisen olosuhteissa Kevitsan kaivos on poikkeuksellisissa oloissa moniin muihin teollisuuden laitoksiin verrattuna. Näissä olosuhteissa laitteet eivät altistu ainoastaan kosteudelle tai tärinälle, vaan lisäksi myös äärimmäisille lämpötiloille ja niiden vaihteluille. Pohjoisessa yhtenä suurena häirttekijänä on myös suuren osan vuodesta jatkuva pimeä aika. Näiden seikkojen takia niin tuotannon laitteiden, kuin valaistuksenkin kunnossapidon tarve korostuu.

Ennen opinnäytetyön aloittamista kunnossapitojärjestelmässä oli 32 sähkökunnossapidon työtehtäviin kuuluvaa, säännöllisesti suoritettavaa ennakkohuoltotyötä. Niihin sisältyy moottoreiden, taajuusmuuttajien, valaistusten, kytkinlaitosten sekä muuntajien tarkastuskierroksia. Lisäksi listalla on vuosittain suoritettavat UPS-laitteistojen vuosihuolto sekä jännitetyösuojaimien tarkastus.

Säännöllisesti suoritettavat ennakkohuoltotyöt koostuvat reitistä, työsuunnitelmasta sekä syklistä. Reitissä on määritetty kaikki kyseiseen ennakkohuoltotyöhön liittyvät, tietyllä alueella sijaitsevat tarkastettavat laitteet. Reitin sisällyttämisellä varmistutaan siitä, että kaikki kohteet tulee tarkastettua säännöllisesti. Työsuunnitelmaan on sisällytetty kaikki tarkastuksen kohteille suoritettavat toimenpiteet. Tarkastuksille on määritetty myös syklit, eli aikavälit, joiden välein tarkastukset suoritetaan.

Laitoksen pienjännitemoottoreille on luotu yhtenäistetyt työsuunnitelmat. Kohteista tarkastetaan jäähdytuselementtien puhtaus, kaapeliläpivientien tiiveys, paikalliskäyttökotelon sekä kaapeleiden ja hyllyjen kunto. Lisäksi moottorin käyntiäänäni sekä pintalämpötila tarkastetaan visuaalisesti. Moottoreiden ennakkohuoltotöitä suoritetaan kahden ja kolmen kuukauden välein, kohteiden kriittisyysluokittelun mukaisesti.

Liukurengaskoneille ei ole ollut kunnossapitojärjestelmässä säännöllisesti toteutettavaa ennakkohuoltotyötä, mutta niiden tarkastukset ja huollot on suoritettu huoltoseisakkien aikana. Huollolle on olemassa laitevalmistajalta saatu yksityiskohtainen huolto-ohje, jonka mukaisesti huollot on suoritettu.

Taajuusmuuttajien työsuunnitelmat koostuvat nykyisellään jäähdytysripojen puhdistuksesta, tuulettimen toiminnan tarkastuksesta ja puhdistamisesta, liittimien, kokoojakiskojen sekä muiden pintojen tarkastuksesta korroosion varalta, visuaalisesta tarkastuksesta, vikahistorian tarkastuksesta sekä parametrien varmuuskopioinnista, mikäli niihin tehdään muutoksia. Taajuusmuuttajien ennakkohuoltotarkastusten aikaväliksi on valikoitunut kokemusten perusteella laitevalmistajan suositusta lyhyempi, neljän kuukauden sykli. Taajuusmuuttajat ovat paikoin hyvin pölyisissä paikoissa ja ne ovat kovalla rasituksella, joten on todettu tarpeelliseksi suorittaa kunnossapitotoimenpiteitä hieman tiheämmällä aikavälillä.

Valaistuksen ennakkohuoltotyöt on jaoteltu eri rakennusten mukaisesti. Ennakkohuoltotöihin sisältyy itse kohteena olevan rakennuksen, rakennuksen sisällä mahdollisesti sijaisevien iv-konehuoneiden, varastojen ja sähkötilojen sekä rakennuksiin liittyvien kuljetintunneleiden valaistuksien tarkastus. Valaistustarkastukset suoritetaan koko kaivoksen alueella kuukauden välein ja tarvittavat korjaustoimenpiteet suoritetaan mahdollisimman pian. Vaativimmat korjaustyöt suoritetaan sopivien seisakkien aikana.

6 TYÖN TOTEUTUS

Opinnäytetyön toteutus aloitettiin riittävän teoreettisen pohjan keräämisellä. Ensimmäisenä tutkittiin kirjallisuutta sekä internetistä löytyvää informaatiota kunnossapitoon sekä sen kohteena oleviin laitteisiin liittyen. Tässä vaiheessa tutustuttiin myös työn aiheeseen liittyvien laitteiden valmistajien käyttö- ja huolto-ohjeisiin, joista löytyi kattavasti tietoa laitteille suositelluista kunnossapidollisista toimista. Teoriaosuuden täydentäminen jatkui koko opinnäytetyön suorittamisen ajan.

Työn suorittaminen vaati myös kattavaa tutustumista laitoksen prosesseihin sekä ennakkohuoltotöiden kohteena oleviin laitteisiin. Ennen varsinaisten ennakkohuoltotöiden luomista tuli puuttuvat laitteet ja sijainnit luoda yrityksen käyttämään kunnossapitojärjestelmään. Tämä vaihe vei kohtuullisen paljon aikaa, mutta oli myös välttämätön ennakkohuoltotöiden luomisen kannalta. Vaiheen aikana tutustuttiin kattavasti koko laitoksen laitekantaan, ja osaltaan tämä auttoi laitoksen toiminnan kokonaiskuvan hahmottamisessa.

Laitteiden lisäämisen jälkeen olemassa olevat ennakkohuoltotyöt käytiin läpi ja tehtiin tarvittavat päivitykset niiden reitteihin, työsuunnitelmiin sekä sykleihin. Vanhojen ennakkohuoltotöiden läpikäymisestä oli hyötyä myös uusien töiden suunnittelussa ja luomisessa, koska töiden pohjia ja tietoja pystyttiin hyödyntämään myös luotavissa töissä.

Puuttuville prosessialueille luotiin moottoreiden, taajuusmuuttajien sekä valaistusten ennakkohuoltotyöt. Töille luotiin reitit, joissa listattiin kaikki työn kohteena olevat laitteet ja sijainnit. Niille luotiin myös työsuunnitelmat, joissa määriteltiin laitteille suoritettavat työtehtävät. Ennakkohuoltotöiden suorittamiselle määritettiin myös kuhunkin kohteeseen sopiva aikaväli.

Jauhinmyllyjen liukurengaskoneille oli jo olemassa työsuunnitelma, jonka perusteella niille suoritettiin huoltoja tarvittaessa. Nyt niille luotiin oma säännöllisesti suoritettava ennakkohuoltotyö, joka toteutetaan jatkossa seisokkiaikataulujen mukaisesti.

Ennakkohuoltoihin lisättiin myös vikavirtasuojakytkinten säännölliset testaukset. Vikavirtasuojakytkimiä sisältävät keskuksat jaoteltiin eri rakennusten mukaisesti ryhmiin, joista tehtiin omat ennakkohuoltotyönsä. Valmistajien ohjeiden tutkimisen jälkeen testausten suoritusväliksi päädyttiin asettamaan yksi vuosi.

Kun kaikki tarvittavat työt oli luotu kunnossapitojärjestelmään, ne käytiin vielä kertaalleen läpi virheiden varalta. Tarkastuksen jälkeen luodut ennakkohuoltotyöt otettiin käyttöön muiden töiden tapaan. Kattavan päivityksen jälkeen ennakkohuoltotöihin on helppo tehdä muutoksia tarpeen mukaan.

Kun ennen opinnäytetyön aloitusta kunnossapitojärjestelmässä oli 32 kappaletta sähkökunnossapidon työtehtäviin kuuluvaa ennakkohuoltotyötä, opinnäytetyön suorituksen myötä ennakkohuoltotöiden määrä nousi 49 kappaleeseen.

7 POHDINTA

Aihe oli mielenkiintoinen ja siihen liittyen löytyi runsaasti materiaalia. Olikin vaikea tehtävä rajata opinnäytetyöhön vain kaikki oleellinen tieto. Työn suoritus vaati kattavaa tutustumista kaivoksen toimintaan ja prosesseihin, ja siihen saatiin apua kaivoksen henkilöstöltä.

Työn suorituksen aikana käytiin laitoksen toimintaa kattavasti läpi. Sen aikana syntyi valtavasti tietämystä niin teoreettisesti kuin käytännön osaltakin teollisuuslaitoksen ja eritoten kaivoksen toimintaan ja laitteiden kunnossapitoon liittyen. Koulun aikana oli kertynyt jonkin verran teoreettista tietoa kunnossapitoon liittyen, mutta työn suorituksen aikana nämä tiedot ovat täydentyneet myös käytännön osalta. Työn suorittaminen vaati myös kaivoksen käyttämien tietokonejärjestelmien käyttöä. Ohjelmat eivät olleet ennalta tuttuja, joten myös niiden käytön opettelemiseen meni osaltaan aikaa.

Ennakkohuolto-ohjelman päivityksellä pyrittiin parantamaan laitoksen turvallisuutta, edistämään katkeamatonta tuotantoa vähentämällä laitteiden vikaantumisten määrää sekä helpottamaan ennakkohuoltotöitä suorittavan henkilöstön työskentelyä. Ennakkohuolto-ohjelmasta puuttui isoja prosessialueita, joten sen päivittäminen alkoi olla jo hyvin ajankohtaista. Kun ohjelma on päivitetty suurempien kokonaisuuksien osalta, on sitä helppo muokata ja kehittää myös jatkossa.

Opinnäytetyön suorittaminen oli prosessina mielestäni sopivan vaativa ja asetettu tavoite saavutettiin hyvin aikataulussa. Työn tuloksena syntyi ennalta määritellyt, kunnossapitojärjestelmästä puuttuvat ennakkohuoltotyöt sekä vanhojen ennakkohuoltotöiden päivitettyt versiot.

LÄHTEET

Asennus-, käyttö- ja huolto-ohje 2018. VEM motors GmbH. Viitattu 5.11.2021.
http://www.vem.fi/wp-content/uploads/2018/03/buw_fi.pdf.

Aura, L. & Tonteri, A. 1996. Teoreettinen sähkötekniikka ja sähkökoneiden perusteet. 2. uudistettu painos. Helsinki: WSOY.

Boliden 2020. Annual and Sustainability Report 2020. Viitattu 21.9.2021.
<https://vp217.alertir.com/afw/files/press/boliden/202103096361-1.pdf>.

Boliden 2021. Boliden Kevitsa. Viitattu 14.9.2021.
<https://www.boliden.com/fi/operations/mines/boliden-kevitsa>.

Greenled 2021. Teollisuusvalaistus. Viitattu 26.11.2021.
<https://greenled.fi/valaistusratkaisut/teollisuusvalaistus/>.

Hietalahti, L. 2013. Teollisuuden sähkökäytöt. 1. painos. Tampere: Amk-Kustannus Oy Tammertekniikka.

Induktiomootoreiden ja generaattoreiden käyttöohje. ABB. Viitattu 26.11.2021.
<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3BFP000060R0105&LanguageCode=fi&DocumentPartId=&Action=Launch>.

Järviö, J. & Lehtiö, T. 2012. Kunnossapito: tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 5. uudistettu painos. Helsinki: KP-Media Oy.

Kaivosvastuu 2019. Boliden Kevitsa Mining Oy. Viitattu 14.9.2021.
<https://www.kaivosvastuu.fi/yrityskortti/boliden-kevitsa-mining-oy-2-2-2/>.

Kaivosvastuu 2021. Boliden Kevitsa Mining Oy. Viitattu 14.9.2021
<https://www.kaivosvastuu.fi/yrityskortti/fqm-kevitsa-mining-oy/>.

Keinänen, T. & Sumujärvi, M. 2019. Automaatiotekniikka. 1. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Kevitsan Kaivoksen laajennus, Sodankylä, YVA-ohjelma 2010. Oulu: Pöyry Finland Oy. Viitattu 1.10.2021.
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2a>

hUKEwi-

gaLjrjzAhWKnYsKHVTQDMYQFnoECAIQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.ymparisto.fi%2Fdownload%2Fnoname%2F%257B077261ED-B8AC-4D5B-A42E-C356A5480C01%257D%2F76829&usg=AOvVaw06Y8eH08HJxi0sPxP_S8TB.

Kunnonvalvonta ja huolto 2000. ABB TTT-käsikirja 2000-07. Viitattu 1.10.2021.
http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/23_Kunnonvalvonta%20ja%20huolto.pdf.

Matala- ja korkeajännitesähkömoottorit, sähkömoottorien asennus-, käyttö- ja huolto-ohjekäsikirja 2017. WEG. Viitattu 5.11.2021.
<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h22/ha3/WEG-matala-ja-koorkeajannitesahkomoottorit-13880278-manual-finnish-web.pdf>.

Opetushallitus 2021. Kunnossapidon perusteet. Viitattu 14.9.2021
<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet.html>.

Orrberg, M., Ylinen, T. & Kauppila, J. 2017. Sähköasennukset 3. 4. uudistettu painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

Pienjännitemoottorit, asennus-, käyttö-, kunnossapito- ja turvallisuusohje 2016. ABB.

https://library.e.abb.com/public/058798821a234a3eb5292853e6a8b54b/Standard_Manual_LV_Motors_FI_revG%20web.pdf.

Ruokangas, P. 2019. Kaivosyhtiö ostaa sähkökäyttöisiä kaivoskoneita. Yle 24.10.2019. Viitattu 21.9.2021. <https://yle.fi/uutiset/3-11034650>.

Saastamoinen, A. 2009. Sähköasennukset 2. Espoo: Sähköinfo Oy.

SFS 6000-4-41 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-41: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta. Suomen Standardoimisliitto 18.8.2018.

SFS-EN 13306 2017. Kunnossapidon terminologia. Suomen Standardisoimisliitto 8.12.2017.

Seppälä S. 2021. Boliden Kevitsa Mining Oy. Kunnonvalvonta-asiantuntijan haastattelu 08.09.2021.

STEK 2021. Vikavirtasuojan testaus. Viitattu 5.11.2021.
<https://stek.fi/sahkoturvallisuus/sallitut-sahkotyot/vikavirtasuojan-testaus/>.

Sähköturvallisuuslaki 1135/2016. Finlex 15.8.2018. Viitattu 14.9.2021
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135>.

Torikka, R. 2019. Suomen toiseksi suurin kaivos nostaa tuotantoaan 150 miljoonan investoinneilla – päästötkin pienenevät, kiitos sähköisten kaivosautojen. Yle 20.11.2019. Viitattu 14.9.2021 <https://yle.fi/uutiset/3-11075635>.

Tukes 2015. Kodin sähköturvallisuusopas. Viitattu 28.10.2021.
<https://tukes.fi/documents/5470659/6406815/Kodin+s%C3%A4hk%C3%B6turvallisuus/ff40eb43-a4e5-4a71-afd7-666f941483da?version=1.1>.

Tukes 2017. Kevitsa kuulutus. Viitattu 15.9.2021.
<https://tukes.fi/documents/5470659/16013346/KEVITSAnettikuulutus.pdf/a0375a6f-5c45-b954-ba26-d7bcaf077cdd/KEVITSAnettikuulutus.pdf?t=1571580843000>.

Tuotteet, tekniikka ja hyötysuhteet 2012. ABB:n pienjännitemoottorit. Viitattu 26.11.2021.

Turvallisuustiedote Boliden Kevitsa 2021. Viitattu 15.09.2021.
<https://www.boliden.com/globalassets/operations/mines/kevitsa/documents/turvallisuustiedote-boliden-kevitsa.pdf>.

Vacon 100, seinään kiinnitettävät taajuusmuuttajat, käyttöopas. Danfoss 2019. Viitattu 26.10.2021. <https://files.danfoss.com/download/Drives/Vacon-100-Wall-Mounted-Drives-DPD01714H-FI.pdf>.

Vacon NXS/P taajuusmuuttajat, käyttöohje. Vacon 2017. Viitattu 26.10.2021.
<https://files.danfoss.com/download/Drives/Vacon-NXS-NXP-User-Manual-DPD01218F-FI.pdf>.

Valaistustieto 2021. Huolto. Viitattu 26.11.2021. <https://valaistustieto.fi/>.