

MAANALAISEN KESKUSPUMPPAAMON AUTOMAATIO-
JA SÄHKÖLAITTEIDEN HUOLTOSUUNNITELMAN LAATI-
MINEN

Lampela Miikka

Opinnäytetyö
Tekniikka ja liikenne
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööri (AMK)

2019

Tekniikka ja liikenne
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Miikka Lampela	Vuosi	2019
Ohjaaja	DI Matti Paaso		
Toimeksiantaja	Agnico Eagle Finland Oy		
Työn nimi	Sähkökunnossapitoinsinööri Erkki Nevanperä Maanalaisen keskuspumppaamon automaatio- ja sähkölaitteiden huoltosuunnitelman laatiminen		
Sivu- ja liitesivumäärä	38 + 1		

Tämän opinnäytetyön aiheena oli laatia huoltosuunnitelma maanalaisen keskuspumppaamon automaatio- ja sähkölaitteille. Työ on tehty Agnico Eagle Finland Oy:n Kittilän kaivokselle. Työtä lähestyttiin turvallisuuden ja toimintavarmuuden näkökulmasta eli turvallisuus ja laitteiston toimintahäiriöiden minimointi olivat etusijalla. Työssä keskityttiin automaation kentälaitteisiin, mutta työssä sivutaan myös sähkölaitteita, kuten taajuusmuuttajia ja jäähdytyslaitteita.

Työssä käytettiin kansainvälisesti ja kansallisesti standardisoituja riskianalyysimenetelmiä ja kriittisyysluokittelun menetelmiä ja pohdittiin yhdessä kunnossapidon asiantuntijoiden ja laitevalmistajien kanssa huoltosuunnitelmaan liittyviä haasteita. Joihinkin työn osiin ei ole olemassa yhtä oikeaa menetelmää, esimerkiksi laitteiston olosuhteiden vaikutuksen arviointiin. Tällöin täytyi tyytyä omaan ja muun henkilöstön harkintakykyyn ja historiatietoihin.

Tuloksiksi saatiin yksittäisten laitteiden huolto-ohjeet ja huoltosuunnitelmasta laadittu taulukkodokumentti, jonka pohjalta suunnitelma tullaan siirtämään kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmään. Muita hyödynnettäviä tuloksia ovat laitteiden kriittisyysluokittelu ja laitteiden elinkaarien arvioinnin tulokset.

Avainsanat

kaivosteollisuus, pumppaamot, automaatio, kunnossapito, huolto

Technology, Communication and Transport
Electrical and Automation Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Miikka Lampela	Year	2019
Supervisor	Matti Paaso, MSc (Tech.)		
Commissioned by	Agnico Eagle Finland Oy		
Subject of thesis	Electrical General Supervisor, Erkki Nevanperä Making a maintenance plan for automation and electricity devices in an underground central pumping station		
Number of pages	38 + 1		

The subject of this thesis was to make a maintenance plan for automation and electricity devices in an underground central pumping station. This thesis was made for Kittilä mine owned by Agnico Eagle Finland Oy. This study was approached from a safety and reliability point of view so safety and minimizing malfunctions were prioritized. The main emphasis of this study was on automation instruments, but it also touches electrical devices like frequency converters and cooling devices.

This study utilizes international and national standards for risk analysis and criticality classification methods. Different challenges were also discussed and resolved with maintenance experts and device manufacturers. For some parts of the study there is not one single correct method, for example for evaluating the impact of the devices surrounding conditions. During this kind of work, you have to settle in your own and your colleagues' judgement and data history.

The main results of this study were the service instructions for the instruments and the maintenance plan document that is used to transfer the plan itself to the enterprise resource planning (ERP) software. Other useful results were the criticality classification and the life cycle assessment results of devices.

Key words mining, pumping stations, automation, maintenance, service

SISÄLLYS	
1	JOHDANTO.....7
1.1	Työn taustaa.....7
1.2	Työn tavoitteet.....8
1.3	Työn rajaus.....8
2	AGNICO EAGLE FINLAND OY.....9
2.1	Kittilän kaivos.....9
2.2	Maanalainen kaivos.....10
2.3	Rikastamo.....11
3	KUNNOSSAPITO.....13
3.1	Kunnossapidon lajit.....13
3.1.1	Ehkäisevä kunnossapito.....14
3.1.2	Korjaava kunnossapito.....15
3.1.3	Parantava kunnossapito.....15
3.2	Standardit.....16
4	KESKUSPUMPPAAMO.....17
5	RISKIANALYYSI.....20
5.1	Perinteinen riskianalyysi.....20
5.2	Vika- ja vaikutusanalyysi.....22
5.3	Poikkeamatarkastelu.....23
6	HUOLTOSUUNNITELMAN LAATIMINEN.....24
6.1	Kriittisyysluokittelu.....25
6.2	Huoltovälien määrittäminen.....27
6.3	Laitteiden elinkaaren hallinta.....29
6.4	Huolto-ohjeiden laatiminen.....30
6.4.1	Huoltotoimenpiteiden määrittäminen.....30
6.4.2	0-energiatilan katselmointi.....32
7	POHDINTA.....34
	LÄHTEET.....36
	LIITTEET.....38

ALKUSANAT

Haluaisin kiittää sähkökunnossapitoinsinööri Erkki Nevanperää, automaatioinsinööri Taru Sieppiä ja koko Kittilän kaivoksen kunnossapito-osastoa opinnäytetyöni aiheesta, työn ohjaamisesta ja kaikesta saamastani avusta. Haluaisin kiittää myös työtäni ohjannutta opettajaa DI Matti Paasoa.

Kittilässä 22.5.2019

Miikka Lampela

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

CIL	Carbon in Leach
CCD	Vastavirtaan dekantointi (engl. Counter Current Decantation)
HAZOP	Poikkeamatarkastelu (engl. Hazard and Operability Study) on yksi riskianalyysin menetelmä
VVA	Vika- ja vaikutusanalyysi
VVKA	Vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi
LIP	Liejuperä eli maanalaisessa kaivoksessa sijaitseva pieni vesiallas. Se on osa kaivoksen vedenpoistoa
ERP	Toiminnanohjausjärjestelmä (engl. Enterprise Resource Planning)

1 JOHDANTO

Ehkäisevän kunnossapidon määrä kasvaa, kun kunnossapidon tavoite siirtyy enemmän korjaamisesta laitteiston häiriöttömän toiminnan takaamiseen. Ennakko- huoltojen määrä teollisuudessa kasvaa tasaisesti ja näin ollen myös erilaisten ennakko- huoltosuunnitelmien tarve ja kunnossapidon suunnittelu tulee lisääntymään.

Tämän opinnäytetyön aiheena on laatia maanalaisen kaivoksen keskus- pumppaamon automaatio- ja sähkölaitteistolle huoltosuunnitelma. Teollisuuden kun- nossapito siirtyy enemmän ehkäisevän ja ennakoivan kunnossapidon suuntaan, joten työ on myös siinä mielessä ajankohtainen. Työ tehdään Agnico Eagle Fin- land Oy:n Kittilän kaivokselle keväällä vuonna 2019.

1.1 Työn taustaa

Maanalaisen kaivoksen keskus- pumppaamo on osa kaivoksen vedenpoistoa, jonka tarkoituksena on pitää maanlainen kaivos kuivana ja ohjata vettä hallitusti haluttuihin paikkoihin. Alati laajentuvaan kaivokseen tulee enemmän vettä, joten vedenpoiston tarvittavan kapasiteetin saavuttamiseksi kaivokseen rakennetaan uusi keskus- pumppaamo. Keskus- pumppaamosta tulee kaivoksen veden poiston keskeinen osa ja sinne tullaan ohjaamaan suuri määrä kaivoksen kuivatus- vettä.

Keskus- pumppaamo ohjataan automaatiojärjestelmällä, joten siihen liittyy run- saasti erilaisia automaation kenttälaitteita. Keskus- pumppaamon turvallisuuden, taloudellisuuden, käyttövarmuuden ja tehokkaan toiminnan varmistamiseksi lait- teiston on toimittava niiltä vaaditulla tavalla. Tästä johtuen laitteistolle laaditaan huoltosuunnitelma pumppaamon automaatio- ja sähkölaitteiden kunnossapidon helpottamiseksi.

1.2 Työn tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on laatia Kittilän kaivoksen sähkö- ja automaatiokunnossapidon käyttöön maanalaisen keskuspumppaamon automaatio- ja sähkölaitteistolle mahdollisimman kattava huoltosuunnitelma, joka olisi kuitenkin realistisesti toteutettavissa. Huoltosuunnitelmasta on tarkoitus tehdä dokumentti, jossa huollettava kohde ja huoltovälit olisi esitetty selkeästi ja josta suunnitelma olisi helppo siirtää kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmään.

Työn tavoitteena on kartoittaa laitteiden kriittisyys, huollon tarve sekä huoltoväli ja elinkaariarvio. Myös laitteille suoritettavat huoltotoimenpiteet tulee määrittää ja tehdä laitteille huolto-ohje. Näistä tiedoista on tarkoitus laatia kokonaisuus, joka on mahdollista suorittaa kunnossapidon muiden työtehtävien ohessa mahdollisimman sujuvasti. Tavoitteena on myös tehdä alustavaa niin sanottua 0-energiatilan katselmointia keskuspumppaamon laitteille.

1.3 Työn rajaus

Tätä työtä rajattiin siten, että huoltosuunnitelman pääpaino on keskuspumppaamon automaation kenttälaitteissa. Sähkönjakelun kannalta sähkökeskuksille, muuntamoille ja keskijännitekojeistoille on jo olemassa huoltosuunnitelma, joten ne eivät sisälly tähän työhön. Keskuspumppaamoon kuuluu ala- ja yläpumppaamo, niihin liittyvät altaat, putkistot, sähkötilat, muuntamotilat sekä maanpäällinen putkilinja.

Moottoreita ohjaavat taajuusmuuttajat ja sähkötilan ilmanvaihtojärjestelmään liittyvät laitteet sisältyvät työhön. Työssä tehdään myös laitteille elinkaaren arviointia sekä laitekohtainen 0-energiatilan katselmointi, joka sisällytetään tarvittaessa huolto-ohjeisiin. Laitteille tehdään myös kriittisyysluokittelu, jonka tuloksia voidaan hyödyntää muissakin asioissa.

2 AGNICO EAGLE FINLAND OY

Agnico Eagle Mines Limited on kanadalainen kaivosyhtiö, joka on tuottanut jalometalleja jo vuodesta 1957. Yhtiöllä on kaivoksia Kanadassa, Meksikossa ja Suomessa. Yhtiöllä on myös malminetsintää edellä mainituiden maiden lisäksi Yhdysvalloissa ja Ruotsissa. (Agnico Eagle Mines 2019a.) Agnico Eagle Mines Limited tuotti vuonna 2018 noin 1.6 miljoonaa unssia kultaa (Agnico Eagle Mines 2019c).

Agnico Eagle Finland Oy on kanadalaisen kaivosyhtiön Agnico Eagle Mines Limitedin tytäryhtiö. Agnico Eagle Finland Oy omistaa Suomen Lapissa sijaitsevan Kittilän kaivoksen ja harjoittaa myös aktiivista malminetsintää Suomessa ja muissa Pohjoismaissa. Yhtiön toiminnan keskipiste on Kittilän kaivos. (Agnico Eagle Finland 2019.)

2.1 Kittilän kaivos

Kittilän kaivos on Agnico Eagle Mines Limitedin ensimmäinen kaivos Kanadan ulkopuolella ja se on myös Euroopan suurin kultakaivos. Kaivoksen arvioitu toiminta-aika on vuodesta 2009 vuoteen 2035. Maanalainen louhinta aloitettiin vuonna 2010 ja avolouhostoiminta päättyi vuonna 2012, joten louhinta tapahtuu tällä hetkellä kokonaan maanalaisessa kaivoksessa. (Agnico Eagle Finland 2019.)

Kittilän kaivoksella louhitaan vuodessa noin 1,6 miljoonaa tonnia malmia, ja se tuottaa vuodessa noin 6 000 kg kultaa. Vuonna 2018 kaivos työllisti 494 omaa henkilöstöä ja 452 urakoitsijaa työllistäen yhteensä 946 henkilöä. (Agnico Eagle Finland 2017a.) Vuonna 2018 Kittilän kaivos aloitti rikastamon laajennuksen ja kaivoksen nostokuilun rakentamisen, jotka valmistuessaan kasvattavat kaivoksen ja rikastamon tuotantokapasiteettia (Agnico Eagle Mines 2019b).

2.2 Maanalainen kaivos

Maanalaisessa kaivoksessa tasot merkitään sen mukaan millä alueella ne ovat (X, S, E, R tai Y) ja kuinka syvällä taso on. Esimerkiksi taso X333 on alueella X ja 333 metriä maan pinnan alapuolella. Maanalainen kaivos saavutti kilometrin syvyyden kesällä 2018 ja uutta tunnelia louhitaan noin 20 km vuodessa. (Agnico Eagle Finland 2018a.) Maanalaisessa kaivoksessa käytetään välitasolouhintaa. Välitasolouhinnassa malmi jaetaan louhoksiin eri tasoilla ja louhinta etenee yksitellen alhaalta ylöspäin. Louhokset täytetään pastalla tai sivukivellä louhoksen lujittamiseksi, jotta viereinenkin louhos voidaan louhia turvallisesti. Malmi nostetaan maanalta rikastamolle ramppinostona eli louhittu malmi lastataan kuorma-autoihin ja ajetaan vinotunnelia pitkin maanpäälliseen murskaamoon ja siitä rikastamolle käsittelyyn. (Pöyry Finland Oy 2015, 26–27.)

Maanalaista kaivosta tuuletetaan jatkuvasti ja sen tarkoituksena on pitää kaivoksen ilma riittävän happipitoisena ja poistaa epäpuhtauksia. Epäpuhtauksia ovat esimerkiksi siellä työskentelevien työkoneiden pakokaasut, räjähdyskaasut, pöly, kallioperän kaasut ja muut kaasut. Ilmaa vaihdetaan ilmanvaihtonousuja pitkin. Ilmaa viedään pinnalta maan alle raitisilmanousuilla, jossa sitä ohjataan tuotantotasoille paikallispuhaltimilla, tuuletusovilla ja sulkupelleillä. Ilma poistuu poistoilmanousua tai vinotunnelia pitkin maan pinnalle. Tuuletusta ohjataan automaattisesti. Tuuletusilmaa lämmitetään, jotta ilmanvaihtonousut eivät pääse jäätymään. Lämmitykseen käytetään rikastamon ja happilaitosten prosesseista talteen otettua hukkalämpöä, kaukolämpöä sekä nestekaasua ja polttoöljyä. Maanalaisen kaivoksen tuuletus on yksi kaivoksen suurimmista energian kuluttajista. (Peuraniemi 2019.)

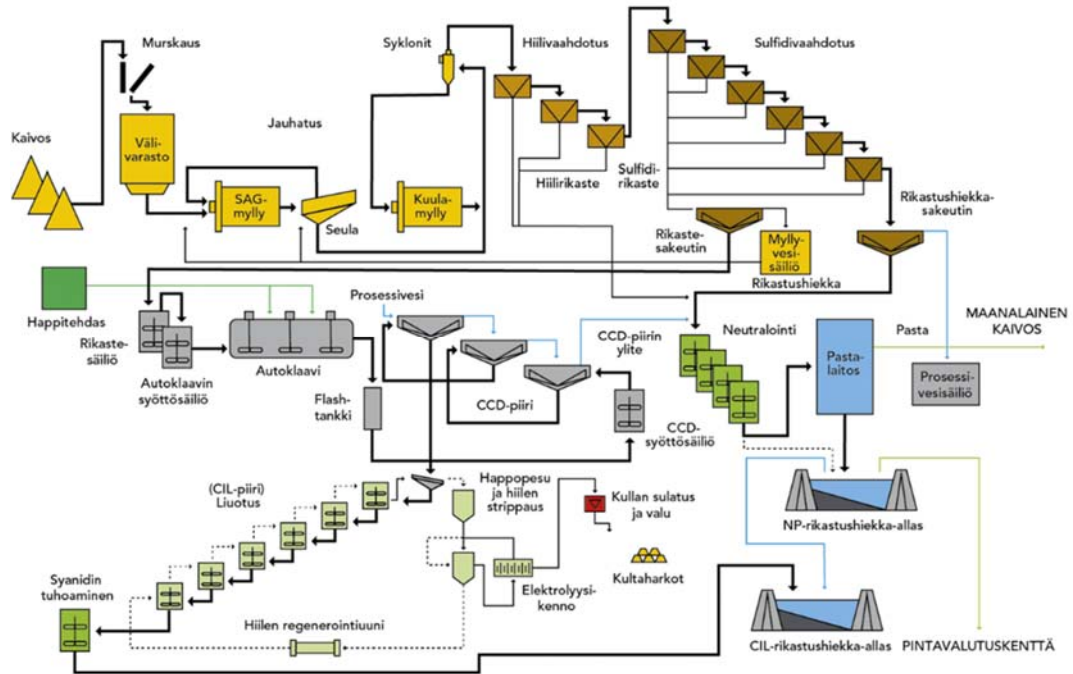
Maanalaiseen kaivokseen kertyy vettä maanpäältä, kallioruhjeista ja tuotannosta, ja tätä kertynyttä vettä ohjataan hallitusti ja poistetaan kaivoksesta. Vedet ohjataan ojilla, uppo- ja moduulipumpuilla, lipeillä eli pienillä vesialtailla ja vesirei'illä pääpumppaamoille, joista vettä pumpataan ylemmällä tasolla olevalle pumppaamolle tai suoraan pinnalle. Pumppaamot muodostavat ketjun pystysuunnassa siten, että pumppaamoita on 200 metrin välein ja vettä pumpataan alemmalta pumppaamolta ylemmälle, kunnes ketjun ylin pumppaamo pumppaa veden

maanpäälliseen selkeytsaltaaseen. Selkeytsaltaasta vesi ohjataan pintavalutuskentän läpi Seurujokeen. (Agnico Eagle Finland 2018b.)

2.3 Rikastamo

Rikastusprosessi alkaa malmin murskauksella. Malmia syötetään leukamurskaimeen, jossa malmi murskataan haluttuun raekokoon, jonka jälkeen murskattu malmi kuljetetaan kuljetinjärjestelmällä varastosiilon tai välivaraston kautta jauhatukseen. Kaksivaiheisessa jauhatuksessa malmi hienonnetaan sopivaksi jatkokäsittelyä varten. Tämän jälkeen malmi siirtyy vaahdotukseen, josta tuotteena saadaan kultapitoista sulfidimineraalirikastetta ja rikastushiekkaa. Prosessissa syntyvästä rikastushiekasta osa hyödynnetään louhostäytössä ja loput kuljetetaan rikastushiekka-altaille. (Pöyry Finland Oy 2015, 27–33.)

Sulfidirikaste pestään ja sakeutetaan ennen kuin se syötetään autoklaaviin painehapetukseen. Painehapetuksessa käytettävä happi tuotetaan kahdella happitehtaalla, jotka sijaitsevat kaivosalueella. Hapan liete poistuu autoklaavista ja se pestään syöpyneistä kiinteistä jäämistä CCD-piirissä. Rikasteen kulta liuotetaan CIL-piirissä ja se absorboidaan aktiivihieleen. Tämän jälkeen kulta erotetaan aktiivihielestä ns. strippauspiirissä, jonka jälkeen kulta erotetaan elektrolyttisesti rikastuskennossa. Lopuksi kulta sulatetaan ja valetaan harkoiksi. Kuviossa 1 on esitetty rikastamon prosessikaavio. (Pöyry Finland Oy 2015, 27–33.)



Kuvio 1. Rikastamon prosessikaavio (Agnico Eagle Finland 2017a).

3 KUNNOSSAPITO

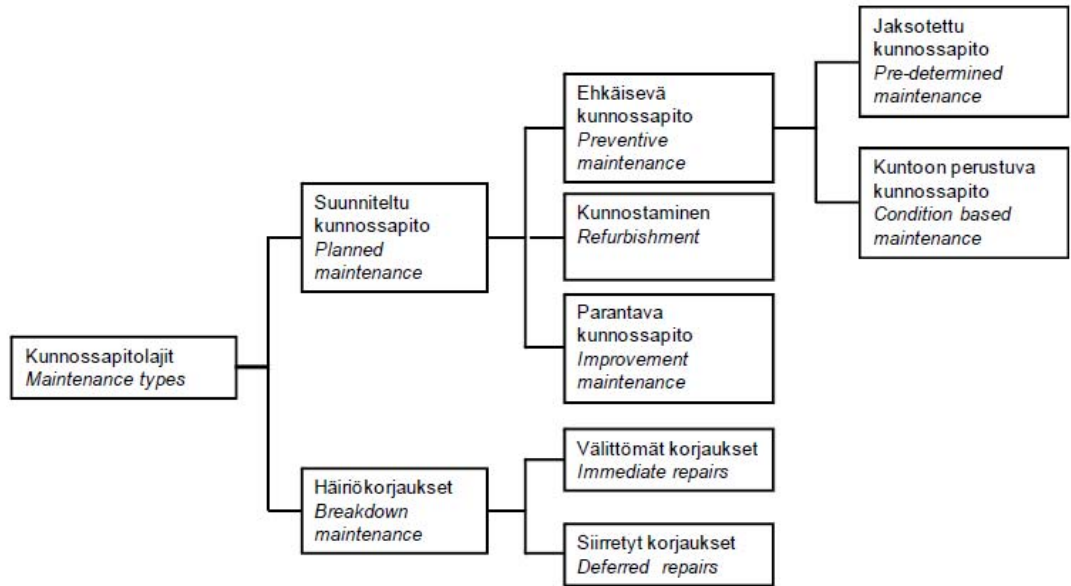
Kunnossapito on merkittävä liiketoiminta ja työllistäjä Suomessa. Suomen kunnossapitoalan tunnuslukuja tutkittiin kattavasti 2000-luvun vaihteessa ja sen perusteella teollisuuden arvioitiin käyttävän noin 3,5 miljardia euroa vuodessa kunnossapitoon. Teollisuuden kunnossapidon työllistävän vaikutuksen arvioitiin olevan noin 50 000 henkilötyövuotta. Jos kunnossapitoa pidettäisiin omana toimialana, Suomessa se olisi kolmanneksi suurin toimiala. (Promaint-lehti 2016.) SFS-EN 13306:2017 standardi määrittelee kunnossapidon seuraavasti:

Kaikki koneen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikejohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoitus on ylläpitää tai palauttaa koneen toimintakyky sellaiseksi, että kone pystyy suorittamaan halutun toiminnon (SFS-EN 13306, 2017).

3.1 Kunnossapidon lajit

Kunnossapito voidaan jakaa lajeihin usealla eri tavalla. Standardi SFS-EN 13306:2017 jakaa kunnossapitotoimenpiteet vian havaitsemisen mukaan eli havaittiinko vika ennen vai jälkeen kun se pysäyttää komponentin toiminnan. Jos vika havaittiin ennen kun se pysäyttää komponentin toiminnan, toimenpiteet lajitellaan ehkäiseväksi kunnossapidoksi. Jos vika havaitaan vasta kun se on jo pysäyttänyt komponentin toiminnan, toimenpiteet lajitellaan korjaavan kunnossapidon alle. (Järvio & Lehtiö 2017, 46.)

PSK 6201:2011 jakaa kunnossapitotoimenpiteet sen mukaan, ovatko ne suunniteltuja vai aiheuttavatko ne häiriön tuotannossa. Suunniteltuun kunnossapitoon kuuluu ehkäisevä kunnossapito, kunnostaminen ja parantava kunnossapito. Häiriökorjauksiin eli korjaavaan kunnossapitoon kuuluu välittömät korjaukset ja siirretyt korjaukset. Kuviossa 2 on esitetty PSK 6201:2011 standardin mukainen kunnossapitolajien jako. (Järvio & Lehtiö 2017, 46.)



Kuvio 2. Kunnossapitolajit (PSK 6201, 2011).

3.1.1 Ehkäisevä kunnossapito

PSK 6201:2011 standardin mukaan ”ehkäisevällä kunnossapidolla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntyminen” (PSK 6201, 2011). Ehkäisevän kunnossapidon keinoin tarkkaillaan siis kohteen suorituskykyä ja päällimmäisenä tavoitteena on pienentää vian syntymisen todennäköisyyttä tai vähentää koneen toimintakyvyn heikkenemistä. Ehkäisevä kunnossapito voi olla säännöllistä ja aikataulutettua tai sitä voidaan tehdä tarvittaessa. (Järvio & Lehtiö 2017, 50.)

Ehkäisevään kunnossapitoon katsotaan kuuluvan tarkastaminen, kuntoon perustuva kunnossapito esimerkiksi kunnonvalvonta, määräystenmukaisuuden toteaminen, testaaminen, toimintakunnon toteaminen, käynninvalvonta ja vikaantumistietojen analysointi. Kunnonvalvontaa tehdään koneen toiminnan aikana esimerkiksi värähtely- ja lämpötilamittauksilla tai seisokin aikana. Kunnonvalvonalla voidaan havaita ja ennustaa alkavia vikoja tai todeta kohteen olevan toimintakunnossa. (Järvio & Lehtiö 2017, 50.)

3.1.2 Korjaava kunnossapito

SFS-EN 13306:2017 määrittelee korjaavan kunnossapidon seuraavasti. ”Korjaava kunnossapito on kunnossapitoa, jota tehdään vian havaitsemisen jälkeen tavoitteena saada kohde tilaan, jossa se voi toteuttaa vaaditun toiminnon” (SFS-EN 13306, 2017). Korjaavalla kunnossapidolla vikaantuvaksi todettu tai vikaantunut osa palautetaan käyttökuntoon. Korjaava kunnossapito voi olla joko häiriökorjausta tai kunnostamista. Häiriökorjaus on suunnittelematonta ja kunnostus suunniteltua. Korjaavan kunnossapidon toimenpiteiden aikaväleillä on mahdollista arvioida laitteen tai komponentin elinikää. (Järvio & Lehtiö 2017, 51.)

Korjaavaan kunnossapitoon katsotaan sisältyvän vianmääritys, vian tunnistaminen, vian paikallistaminen, korjaus ja toimintakunnon palauttaminen. Korjaava kunnossapito voi olla siirrettyä korjaavaa kunnossapitoa eli sitä ei suoriteta välittömästi. Korjaavan kunnossapidon toimenpidettä siirretään yleensä silloin kun vika ei aiheuta merkittävää haittaa, mutta korjaaminen vaatisi seisokin. Välitön korjaava kunnossapito suoritetaan välittömästi vikaantumisen jälkeen, jotta vältyttäisiin kohtuuttomilta seurauksilta. (Järvio & Lehtiö 2017, 53.)

3.1.3 Parantava kunnossapito

Parantavan kunnossapidon tavoitteena on parantaa kohteen luotettavuutta ja/tai kunnossapidettävyyttä ilman, että kohteen toiminto muuttuu (PSK 6201, 2011). Parantavalla kunnossapidolla voidaan myös parantaa turvallisuutta, käytettävyyttä tai jotain muuta kohteen ominaisuutta. Sillä voidaan myös pyrkiä poistamaan esimerkiksi suunnitteluvirheestä johtuvat ongelmatapaukset tai vikojen tiedossa olevat perussyyt ja näin ollen vähentää kunnossapidon tarvetta. (Järvio & Lehtiö 2017, 51–52.)

Parantavan kunnossapidon toimenpiteitä on useita. Yksi näistä on esimerkiksi kohteen muuttaminen käyttämällä uusia komponentteja alkuperäisten tilalla, kuten DC-käyttöjen vaihtaminen taajuusohjattuihin oikosulkumoottoreihin. Toinen keino on kohteen uudelleensuunnittelu ja korjaus siten, että kohteen toiminta

muuttuu luotettavammaksi. Kolmas keino on ns. modernisaatiot, joilla pyritään kasvattamaan kohteen suorituskykyä. (Järvio & Lehtiö 2017, 51.)

3.2 Standardit

EU-standardi SFS-EN 13306 määrittelee yleisiä termejä ja käsitteitä kunnossapidon teknisille, hallinnollisille ja johtamisen alueille. SFS-EN 13306 on voimassa koko EU:n alueella. Tämän standardin sisältämät termit osoittavat, että kunnossapito ei rajoitu pelkästään teknisiin toimiin vaan siihen sisältyy muitakin toimia kuten suunnittelu ja dokumentinhallinta. (SFS-EN 13306, 2017, 6-8.)

Suomessa toimiva PSK Standardisointi luo standardeja teollisuuden tarpeisiin Suomessa. PSK:n laatimat standardit pohjautuvat eurooppalaisiin ja kansainvälisiin standardeihin. (PSK Standardisointi 2018.) Standardissa PSK 6201 on esitetty teollisuuden kunnossapidon yleiset käsitteet ja määritelmät, joita käytetään kunnossapidon toimien rajaamiseen ja tarkentamiseen sekä kunnossapidon teknisten järjestelmien ja tietojärjestelmien suunnitteluun. (PSK 6201, 2011, 2-3.)

Muita kunnossapitoon liittyviä standardeja ovat EU-standardi SFS-EN 15431, jossa määritetään avaintunnuslukuja kunnossapitotoiminnan suorituskykyyn vaikuttavien näkökohtien mittaamiseen, sekä PSK 7501 joka täydentää edellä mainitun standardin sisältöä. Näiden molempien standardien tunnuslukuja voidaan käyttää kaikessa teollisuudessa, vaikkakin niitä yleisimmin on käytetty prosessi-teollisuudessa. (SFS-EN 15431, 2007, 6-8; PSK 7501, 2010, 32.)

4 KESKUSPUMPPAAMO

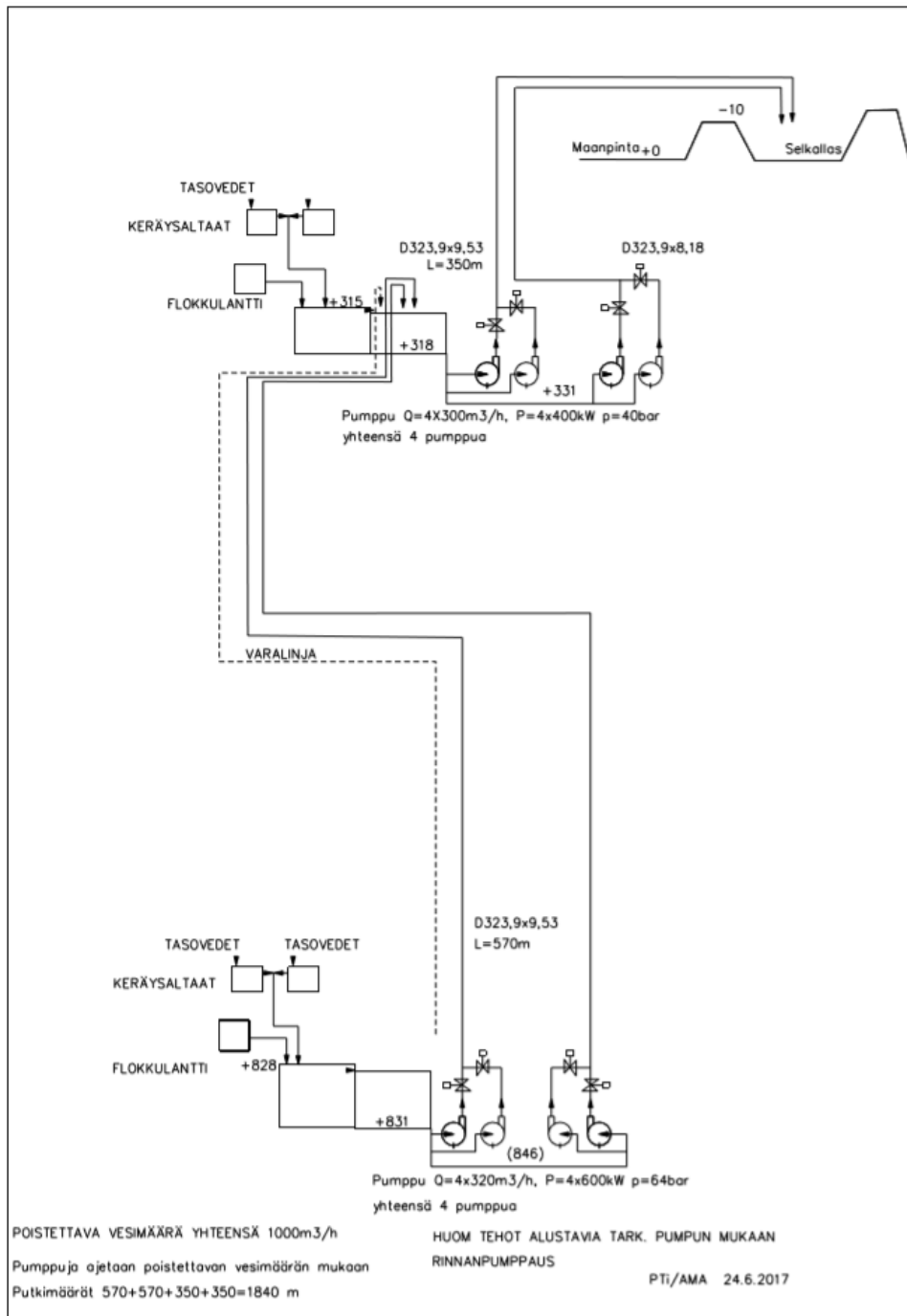
Keskuspumppaamo on osa maanalaisen kaivoksen vedenpoistoa. Maanalaisen toiminnan alettua kuivatusveden määrä on kasvanut vuosi vuodelta. Vedenpoiston kapasiteetti uhkasi jäädä riittämättömäksi ja vaikeutti muun muassa pumppaamoiden kunnossapitoa. Keskuspumppaamon tavoite on nostaa vedenpoiston kapasiteetti tulevaisuuden tarpeille riittäväksi ja turvata tuotanto. Tällä hetkellä keskuspumppaamolla voitaisiin tarvittaessa poistaa koko kaivoksen kuivatusvedet. (Agnico Eagle Finland 2017b.)

Keskuspumppaamon yläpumppaamo sijoittuu Rimpi-tuotantoalueelle ja alapumppaamo lähelle Sisar-malmiota. Se koostuu kahdesta erillisestä pumppaamosta, joihin molempiin kuuluu omat selkeytys-, keräily- ja imualtaat, pumppaamotilat, sähkötilat ja putkilinjat. Alempi pumppaamo sijoittuu tasolle VT-TUT 847 ja ylempi pumppaamo tasolle X333. (Agnico Eagle Finland 2017b.)

Ala- ja yläpumppaamoilla kuivatusvedet ohjataan jakotukin kautta kahteen erilliseen keräilyaltaaseen. Keräilyaltaista vesi virtaa ylivuotona putkia pitkin yhteiseen jakosäiliöön. Jakosäiliöön virtaavan veden määrää mitataan ja tätä tietoa käytetään poistopumppauksen ohjaukseen. Jakosäiliöön syötetään flokkulanttia sinne kulkeutuneen kiintoaineen laskeutumisen tehostamiseksi. Jakosäiliöstä lähtee kaksi poistolinjaa joilla vesi ohjataan liejuperiin. Liejuperiä on kaksi ja niitä voidaan käyttää vuorotellen, jotta toinen allas voidaan tyhjentää pumppaamon ollessa edelleen toimintakykyinen. (Etteplan Design Center Oy 2018.)

Liejuperistä selkeytynyt vesi valuu ylivuotona kahteen imualtaaseen, jotka on erotettu toisistaan väliseinämällä. Väliseinässä on vedenpinnan alapuolella venttiili, joka mahdollistaa vesien ohjailun altaiden välillä. Imualtaissa on pinnanmittaukset ja – säädöt sekä kiintoaineen ja johtokyvyn mittaukset. Mittauksilla ohjataan poistopumppuja ja varmistetaan, etteivät pumpput käy jos veden laatu on huono tai jos vettä ei ole tarpeeksi. Imualtaista vesi ohjataan poistoputkia pitkin yhteiseen imulinjaan. Yhteisestä imulinjasta lähtee jokaiselle neljälle poistopumpulle omat imulinjat. Poistopumpuista kaksi pumppaa rinnakkain samaan painelinjaan, joita taas lähtee kaksi rinnakkain pintaa kohti. Näin varmistetaan pumppaamon toimintakyky yhden tai useamman pumpun vikaantuessa. Kuviossa 3 on esitetty

havainnollistava kuva keskuspumppaamon toiminnasta. (Etteplan Design Center Oy 2018.)



Kuvio 3. Keskuspumppaamon prosessikaavio (Agnico Eagle Finland 2017b).

Alapumppaamolle on arvioitu tulevan käsiteltäviä vesiä maksimissaan 1000 m³/h, joten se on mitoitettu 1000 m³/h kuivatusvesimäärälle. Alapumppaamon pumput ovat neljävaiheisia ja teholtaan noin 710 kW. Yhden pumpun minimivirtausmäärä on noin 95 m³/h maksimikapasiteetti noin 320 m³/h. Kahden samaan linjaan pumppaavan pumpun maksimikapasiteetti on kuitenkin 500 m³/h, joten koko alapumppaamon maksimikapasiteetti on 1000 m³/h. (Etteplan Design Center Oy 2018.)

Pumppujen jälkeisissä painelinjoissa on molemmissa kaksi paineentasausakkuja, joiden tarkoitus on tasata painelinjaan kohdistuvia paineiskuja, joita pumppujen sammuminen ja venttiilien nopea sulkeutuminen saattaa aiheuttaa. Paineakkujen jälkeen painelinjat nousevat pystysuoraan pintaa kohti 525 metriä ja päättyvät yläpumppaamon imualtaaseen. (Etteplan Design Center Oy 2018.)

Yläpumppaamolle on arvioitu tulevan maksimissaan 200 m³/h, joten vesien keräys on mitoitettu 200 m³/h kuivatusvesimäärille. Tämän lisäksi alapumppaamon kuivatusvedet ohjataan yläpumppaamon imualtaaseen ja sen mitoitus on 1000 m³/h, joten yläpumppaamon pumppauskapasiteetti on mitoitettu 1200 m³/h kuivatusvesimäärille. Yläpumppaamon pumput ovat kolmevaiheisia ja teholtaan noin 450–500 kW. Yhden pumpun minimivirtausmäärä on noin 87 m³/h ja maksimikapasiteetti noin 320 m³/h. Kahden samaan linjaan pumppaavan pumpun maksimikapasiteetti on 600 m³/h, joten koko yläpumppaamon maksimikapasiteetti on 1200 m³/h. (Etteplan Design Center Oy 2018.)

Pumppujen jälkeisissä painelinjoissa on molemmissa yksi paineentasausakku. Paineakkujen jälkeen painelinjat nousevat pystysuoraan maanpäälle keskuspumppaamon suojarakennuksen sisälle. Suojarakennukselta linjat jatkavat kailolle, jossa vedet pystytään ohjamaan vanhaan selkeytsaltaaseen tai uuteen suunnitteilla olevaan selkeytsaltaaseen. (Etteplan Design Center Oy 2018.)

5 RISKIANALYYSI

Riskianalyysi on yksi riskienhallinnan osa, joka toimii apuvälineenä kohteen riskien tunnistamisessa ja epäedullisten tapahtumien ennakoinnissa. Riskienhallinnan tavoitteena on valvoa, ehkäistä tai minimoida menetyksiä epäedullisessa tapahtumassa. Riskianalyysillä selvitetään riskien kohteet, niiden todennäköisyydet, seuraukset, laajuudet ja luonteet. Riskin suuruutta arvioidaan kunnossapidossa yleensä vikaantumisen vaikutuksen ja vikaantumisen todennäköisyyden perusteella. Riskianalyysiä helpottamaan ja tehostamaan on kehitetty useita erilaisia menetelmiä. (PSK 6800, 2003, 2–4.) Erilaisten riskianalyysien tuloksia kuten vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysin tuloksia voidaan käyttää hyödyksi esimerkiksi kunnossapidon suunnittelussa (Ramentor Oy 2011, 3).

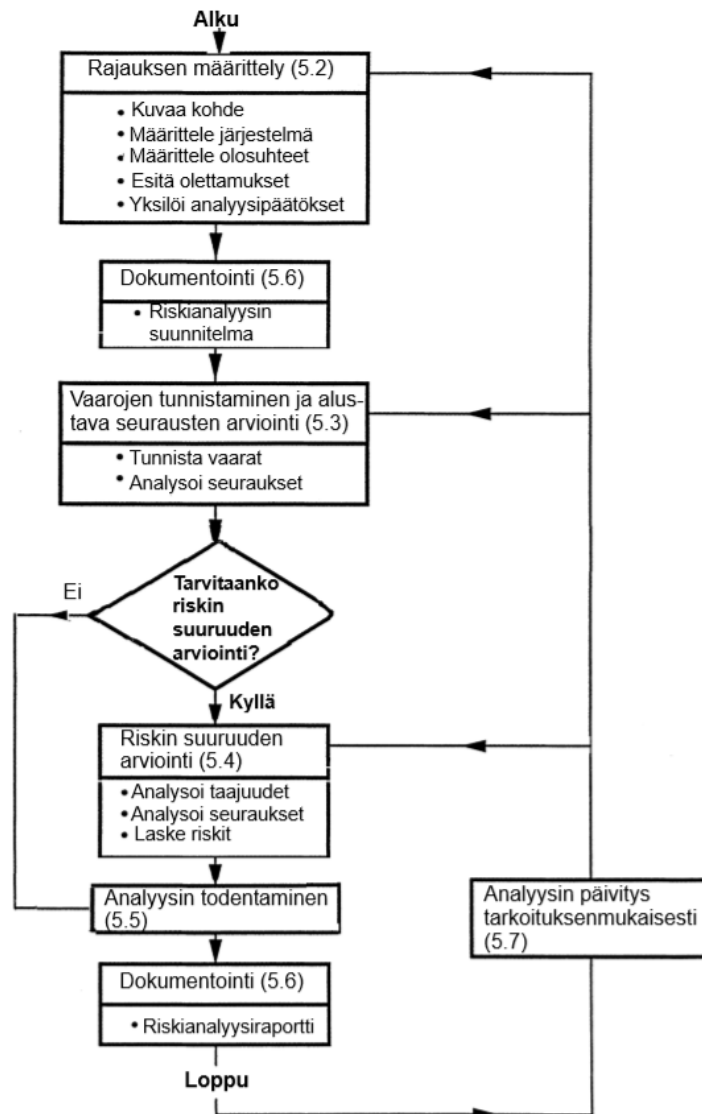
Riskianalyysijä on mahdollista tehdä eri näkökulmista, siten että analyysin lähtökohdiana voi olla turvallisuus, ympäristönsuojelu tai taloudelliset näkökulmat. Taloudelliseen näkökulmaan voi sisältyä useita eri kohtia, esimerkiksi vikaantuneen laitteen korjauskustannukset, vikaantuneen laitteen aiheuttama tuotannon keskeytys tai vikaantuneen laitteen aiheuttama laatuvirhe. (SFS-IEC 60300-3-9, 2000, 10–15.)

5.1 Perinteinen riskianalyysi

Perinteiseen riskianalyysiprosessiin kuuluu prosessin alussa analyysin rajojen määrittely, dokumentointi ja analyysin päivittäminen tarpeen tullen. Itse analyysin ensimmäinen vaihe on riskejä aiheuttavien vaarojen tunnistaminen. Riskejä aiheuttavien vaarojen tunnistamisen yhteydessä tulisi tunnistaa myös vaarojen mahdolliset toteutumistavat. Kun vaarat ja niiden mahdolliset toteutumistavat tunnetaan, voidaan aloittaa riskin suuruuden arviointi. (SFS-IEC 60300-3-9, 2000, 10–15.)

Riskin suuruuden arviointi koostuu taajuusanalyysistä ja seurausanalyysistä. Taajuusanalyysillä pyritään selvittämään, kuinka usein epäedullinen tapahtuma voi tapahtua eli arvioidaan sen todennäköisyyttä. Taajuusanalyysissä voidaan

käyttää hyödyksi esimerkiksi asiaan liittyvää historiatietoa, analyyttisiä ja simulointi tekniikoita ja asiantuntijoiden tietämystä. Seurausanalyysillä arvioidaan epäedullisen tapahtuman todennäköisiä vaikutuksia ja seuraamuksia. Seurausanalyysin tulee perustua tunnistettuihin epäedullisiin tapahtumiin, kuvata kaikkien seuraukset, tarkastella välittömiä seurauksia sekä sellaisia seurauksia, jotka voivat ilmetä myöhemmässä vaiheessa ja tarkastella myös niitä seurauksia, jotka liittyvät vaikka esimerkiksi viereisiin laitteistoihin. Seurausanalyysissä tulisi myös ottaa huomioon olemassa olevat seurauksia pienentävät varautumiskeinot. (SFS-IEC 60300-3-9, 2000, 16–18.)



Kuvio 4. Riskianalyysiprosessi (SFS-IEC 60300-3-9, 2000, 30).

Kun riskit ja niiden taajuus ja seuraukset on arvioitu mahdollisimman kattavasti, tulee riskin suuruus ilmaista tarkoituksenmukaisella tavalla. Riskianalyysinprosessin havainnollistava kuva on esitetty kuviossa 4. (SFS-IEC 60300-3-9, 2000, 16–18.) Jos riskin suuruus on sietämättömän korkea, on ryhdyttävä toimenpiteisiin riskin tason laskemiseksi siedettävälle tasolle. On myös huomiotava, että lisääkö suunniteltu riskin tasoa laskeva toimenpide muita vaaroja tai suurentaako se muita jo tunnettuja vaaroja. (SFS-EN ISO 12100, 2010, 42–52.)

5.2 Vika- ja vaikutusanalyysi

Vika- ja vaikutusanalyysi (VVA) on yksi riskianalyysin tekniikoista, jolla voidaan tunnistaa järjestelmällisesti yksittäisen komponentin tai laitteen yksittäisten vikamuotojen seuraukset ja vaikutukset. VVA on ns. induktiivinen tekniikka eli yksittäisistä havainnoista muodostetaan johtopäätös. VVA perustuu kysymykseen ”mitä tapahtuu, jos...?” ja yksi tämän tekniikan olennaisista piirteistä on sen keskittymien yksittäiseen komponenttiin. Vika- ja vaikutusanalyysissä tarkastellaan järjestelmän kutakin pääosaa tai komponenttia, miten se vioittuu ja mitä vikaantumisesta seuraa järjestelmälle. (SFS-IEC 60300-3-9, 2000, 38.)

VVA voidaan myös laajentaa vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysiksi (VVKA), jossa tunnistetuille vioille määritellään luokka vian seurausten vakavuuden ja vian todennäköisyyden perusteella. Näiden menetelmien tuloksia voidaan käyttää muissa menetelmissä ja analyyseissä, kuten vikapuuanalyysissä. VVA- ja VVKA-menetelmiä on mahdollista käyttää myös muuhun kuin järjestelmien tarkasteluun, kuten inhimillisen virheen tarkasteluun. (SFS-IEC 60300-3-9, 2000, 38.)

5.3 Poikkeamatarkastelu

Poikkeamatarkastelu eli HAZOP-analyysi on yksi vika- ja vaikutusanalyysin (VVA) muodoista. Se on alun perin kehitetty käytettäväksi kemian teollisuuteen. HAZOP on järjestelmällinen menetelmä erilaisten vaarojen ja ongelmien tunnistamiseen koko järjestelmässä. Erityisesti HAZOP-menetelmä tunnistaa ennalta tuntemattomia vaaroja, jotka on saattanut jäädä huomaamatta suunnittelussa esimerkiksi puutteellisen tiedon takia tai prosessin muuttuneiden olosuhteiden ja käyttötapojen takia. HAZOP-menetelmän päätavoitteet ovat:

- tuottaa laitteistosta tai prosessista kokonainen ja perusteellinen kuvaus, sisältäen suunnitteluperusteet
- tarkastella laitteiston tai prosessin jokainen osa erikseen perusteellisesti, jotta saadaan selville miten poikkeamat voivat sattua
- tuottaa päätös siitä, voivatko nämä poikkeamat aiheuttaa vaaraa tai toimintaongelmia.

Tätä menetelmää voidaan soveltaa jo käynnissä oleviin tai suunnitteluvaiheessa oleviin prosesseihin. HAZOP voi tuottaa suunnitteluvaiheessa tehtynä ohjeita ja ideoita turvallisempaan suunnitteluun. Yleisimmin HAZOP suoritetaan yksityiskohtaisen suunnittelun vaiheessa. Tällöin menetelmää kutsutaan nimellä "HAZOP II". (SFS-IEC 60300-3-9, 2000, 36.)

HAZOP-menetelmässä koko prosessi jaetaan ensin osiin, jonka jälkeen taulukossa 1 esitettyjä avainsanoja käytetään jokaisen osan prosessimuuttujille kuten virtaus, paine, lämpö jne. Avainsanojen on tarkoitus herättää työryhmässä keskustelua ja antaa ajattelulle "suuntaa" siitä minkälaisia vaaroja näihin prosessin osiin liittyy. Näin pystytään tunnistamaan mahdollisimman moni prosessin vaaroista ja päästään pohtimaan näiden riskien suuruutta, mahdollisia syitä ja mahdollisia toimenpiteitä niiden poistamiseksi tai pienentämiseksi. (SFS-IEC 60300-3-9, 2000, 36.)

Taulukko 1. HAZOP-menetelmän avainsanat (SFS-IEC 60300-3-9, 2000, 36).

Avainsana	Määritelmä
Ei tai ei mitään	Ei edes osaa toivotusta tuloksesta saavuteta (esim. virtaus)
Enemmän	Määrällinen lisäys (esim. korkea paine)
Vähemmän	Määrällinen väheneminen (esim. matala paine)
Lisäksi, sekä että	Laadullinen lisäys (esim. ylimääräistä materiaalia)
Osittain	Laadullinen väheneminen (esim. vain yksi tai kaksi komponenttia seoksessa)
Päinvastoin	Vastakkainen toiminta (esim. virtaus takaperin)
Muu kuin	Edes osaa tarkoituksesta ei saavuteta, tapahtuu jotain täysin muuta (esim. väärän materiaalin virtaus)

6 HUOLTOSUUNNITELMAN LAATIMINEN

Huoltosuunnitelman laatimisessa on monia vaiheita ja sen suunnitteluun vaikuttavat useat eri tekijät. Työ alkoi tiedon keräämisellä ja kohteeseen tutustumalla. Tarpeellisia dokumentteja ovat esimerkiksi kohteen toimintaselostus, PI-kaavio, laiteluettelo ja laitevalmistajien käyttöohjeet. Tarpeellista tietoa on esimerkiksi laitoksen käytännöt asiaan liittyen, minkälainen ympäristö kohteessa vallitsee, kunnossapidon resurssit (henkilöstö) ja yleiset hyvät käytännöt. Seuraavaksi tehtiin automaatiopiireille kriittisyysanalyysi, jonka perusteella laitteet luokitellaan niiden kriittisyyden mukaan. Kriittisyysluokittelun tuloksia voidaan hyödyntää monessa asiassa, mutta tässä työssä sitä käytettiin pääasiassa huoltovälien määrittelyyn.

Tämän jälkeen tehtiin huoltovälien määrittäminen, jossa käytettiin apuna valmistajien suosituksia ja kriittisyysluokittelua. Joillekin piireille huoltoväli määritettiin erikseen laitteiden olosuhteista ja käytöstä johtuen. Huoltovälien määrittämisen lisäksi tehtiin laitteille elinkaaren arviointi, jonka tulosten avulla määritetään, milloin laite kannattaa vaihtaa kokonaisuudessaan huoltamisen sijasta. Laite voidaan vaihtaa kokonaan huollon sijasta jos sen oletetaan rikkoutuvan lähiaikoina tai sen korvaa uudempi malli ja/tai varaosia ei enää ole saatavilla. Kun kaikki lähtötiedot huoltoväleille sekä huollettavat laitteet olivat tiedossa, laadittiin taulukko mistä näkee piirikohtaisesti milloin se huolletaan ja mitä laitteita piiriin kuuluu.

Seuraavaksi laadittiin piirikohtainen huolto-ohje, jossa on esitetty piirin tiedot, piiriin kuuluvat laitteet, laitetiedot, laitepositio, tarvittaessa parametrit sekä laitteille suoritettavat huoltotoimenpiteet. Huolto-ohjeisiin on sisällytetty tarvittaessa myös ohje 0-energiatila käytäntöön liittyen. Lopuksi kun kokonaisuudesta oli saatu selkeä dokumentti ja kaikille piireille ja laitteille on laadittu huolto-ohje, voidaan huoltosuunnitelma siirtää kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmään.

6.1 Kriittisyysluokittelu

Kriittisyys on laitteen tai kokoonpanon ominaisuus, joka kuvaa kohteeseen liittyvän riskin suuruutta. Kriittisyysluokittelu on työkalu, jota voidaan käyttää järjestelmän laitteiden ja toimintojen kriittisyyden arvioimisessa. Kriittisyysluokittelusta saadaan lähtötietoja esimerkiksi suunnittelun, hankinnan ja kunnossapidon tarpeisiin. Kriittisyysluokittelu ohjaa kunnossapidon toimintaa siten, että voidaan tunnistaa kriittiset laitteet ja toiminnot ja varautua kyseisten laitteiden vikaantumiseen. Kriittisen laitteen vikaantumiseen voidaan varautua esimerkiksi pitämällä varastossa kyseisen laitteen varaosia tai samanlaista laitetta itsessään. Varautua voi myös lyhentämällä laitteen huoltovälejä huoltosuunnitelmassa. (Hyypiä 2015, 44.)

Kittilän kaivoksella osalle rikastamon laitteille on tehty kriittisyysluokittelua, mutta maanalaisessa kaivoksessa sijaitseville laitteille ei ole tehty. Kriittisyysluokitteluun käytettiin standardin PSK 6800 esittämää menetelmää ja tulokset varmennettiin kunnossapito henkilöstön toimesta. Standardin menetelmää käytetään nimenomaan kunnossapitosuunnittelun lähtötiedon tuottamiseen, jonka lisäksi sitä voidaan myös käyttää hankintavaiheen tukena. Tässä menetelmässä arvioidaan laitekohtaisesti viittä eri kriittisyyden tekijää sekä vikaantumisväliä. Nämä kriittisyyden tekijät ovat turvallisuusriskit, ympäristöriskit, tuotannon menetys, laatu-kustannus ja korjaus- tai seurauskustannus.

Standardin esittämä menetelmä alkaa tarkastelun laajuuden määrittämisellä. Tässä tapauksessa kriittisyyden arviointi tehdään ala- ja yläpumppaamon automaatiopiireille sekä sähkötilojen jäähdytyslaitteiston automaatiopiireille. Pump-

puja ohjaaville taajuusmuuttajille ei tehty kriittisyydenarviointia, koska ne ovat lähtökohtaisesti kriittisiä ja niitä huolletaan valmistajan huoltosuunnitelman mukaan. Kun tarkastelun laajuus on määritetty, määritetään tuotannon menetyksen painoarvo. Koska keskuspumppaamon toiminta ei välittömästi vaikuta tuotantoon, laskettiin tuotannon painoarvoa standardin ohjeellisesta lukuarvosta ja arvioitiin tuotannon menetyksen sijaan kauanko yksittäinen linja tai pumppaamo on pysähdyksissä viasta johtuen. Muuten pisteytys tässä osassa pysyy samana.

Seuraavaksi arvioidaan sopivatko muiden tekijöiden painoarvot sovellettavaan kohteeseen. Tässä tapauksessa muut painoarvot annettiin olla ennallaan. Tämän jälkeen standardin liitteenä tulleeseen taulukkolaskentapohjaan lisätään tarkasteltavat laitteet ja asetetaan halutut painoarvot. Seuraavaksi jokainen piiri arvioidaan kaikkien tekijöiden suhteen, niille annetaan kertoimet ja laskentapohja laskee piirille kriittisyysindeksin ja osaindeksit.

Lopuksi piirit luokiteltiin neljään luokkaan kriittisyysindeksin perusteella. Tuloksena saatiin kriittisyysluokkaan A noin 16 % piireistä, luokkaan B noin 24 % piireistä, luokkaan C noin 29 % piireistä ja luokkaan D noin 31 % piireistä. Luokka A on kriittisin ja luokka D vähiten kriittinen. Liitteessä 1 on esimerkkejä laitteille lasketuista kriittisyyksistä ja taulukossa 2 on esitetty painoarvot ja kertoimet, joiden perusteella tarkasteltavat laitteet pisteytetään.

Taulukko 2. Laitetason kriittisyyden tekijät (PSK 6800. 2008, 7).

Kohde	Painoarvo [W]	Vikaantumisväli [p]	Kerroin [M]	Valintakriteeri
Turvallisuus- ja ympäristövaikutukset	Turvallisuusriskit $W_s = 30$		$M_s = 0$	Ei turvallisuusriskiä
			$M_s = 2$	Vähäinen turvallisuusriski
			$M_s = 4$	Kohtalainen turvallisuusriski
			$M_s = 8$	Merkittävä turvallisuusriski
			$M_s = 16$	Vakava turvallisuusriski
	Ympäristöriskit $W_e = 20$		$M_e = 0$	Ei ympäristöriskiä
			$M_e = 2$	Vähäinen ympäristöriski
			$M_e = 4$	Kohtalainen ympäristöriski
			$M_e = 8$	Merkittävä ympäristöriski
			$M_e = 16$	Vakava ympäristöriski
Tuotantovaikutukset	Tuotannon menetykset $W_p = 0 \dots 100$	1 = Pitkä vikaantumisväli esimerkiksi yli 5 vuotta 2 = Pitkähkö vikaantumisväli esimerkiksi 2 – 5 vuotta 4 = Lyhyehkö vikaantumisväli esimerkiksi 0,5 – 2 vuotta 8 = Lyhyt vikaantumisväli esimerkiksi 0 – 0,5 vuotta	$M_p = 0$	Laitteen toimimattomuudella ei merkitystä osaprosessille tai osastolle
			$M_p = 1$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston hetkeksi (esimerkiksi ≤ 3 h)
			$M_p = 2$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi (esimerkiksi ≤ 10 h)
			$M_p = 3$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston merkittäväksi ajaksi (esimerkiksi 10 - 24 h)
			$M_p = 4$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston pitkäksi ajaksi (esimerkiksi > 24 h)
	Laatukustannus $W_q = 30$		$M_q = 0$	Laitteen toimimattomuus ei aiheuta lopputuotteen laatukustannuksia.
			$M_q = 1$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 1 h)
			$M_q = 2$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 3 h)
			$M_q = 3$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 3-8 h)
			$M_q = 4$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi > 8 h)
Korjaus- tai seurauskustannukset	Korjaus- tai seurauskustannus $W_r = 20$	$M_r = 0$	Korjauskustannuksilla tai seurauskustannuksilla ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin.	
		$M_r = 1$	Vähäiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 2 h)	
		$M_r = 2$	Keskinkertaiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 10 h)	
		$M_r = 3$	Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 10-24 h)	
		$M_r = 4$	Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi > 24 h)	

6.2 Huoltovälien määrittäminen

Huoltovälien määrittämisessä tulee ottaa huomioon laitteiden kriittisyys, huollettavien laitteiden määrä, kunnossapito henkilöstön resurssit ja laitteiden ympäristö. Useimmissa järjestelmissä tulee myös huomioida, mitkä laitteet voidaan huoltaa käynnin aikana ja mitkä laitteet tulee huoltaa seisakin aikana. (Hyypiä 2015, 45–47.) Koska molemmilla ala- ja yläpumpulla on kaksi rinnakkaista linjaa, laitteita voidaan huoltaa toisen linjan ollessa yhä toimintakykyinen. Niiden laitteiden osalta, jotka ei vaadi kovinkaan erityisiä huoltotoimenpiteitä, päätimme suorittaa huollot taulukon 3 mukaisesti kriittisyysluokkien perusteella.

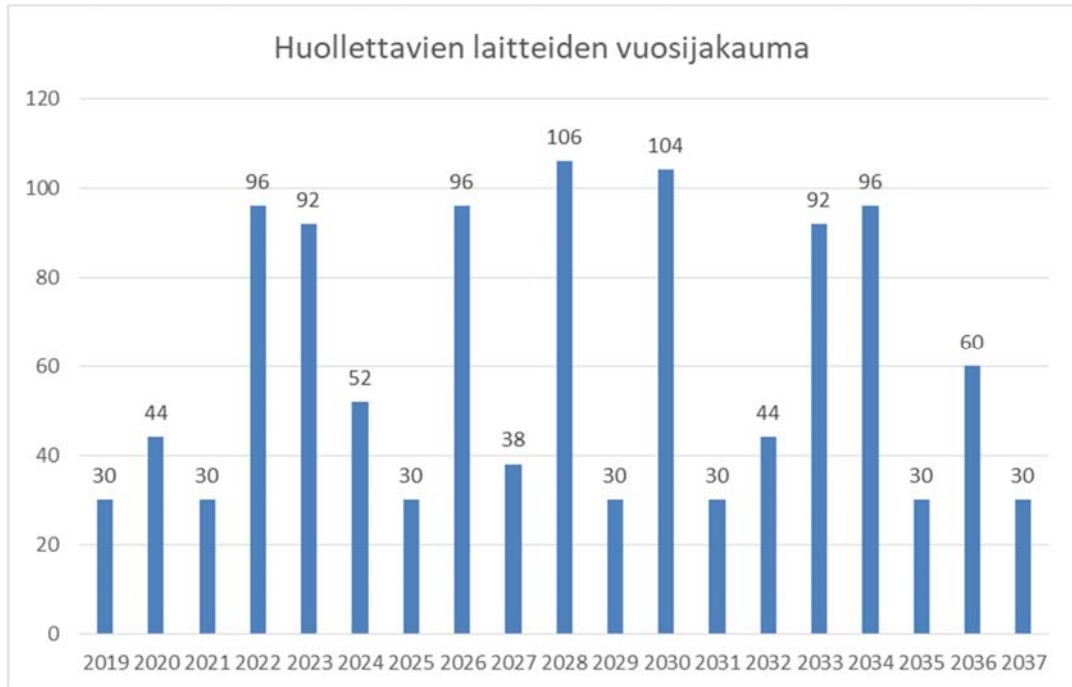
Joitain laitteita päätettiin huoltaa erikseen omalla huoltovälillä. Näitä laitteita ovat liejuperien analyysimittaukset, taajuusmuuttajat ja venttiilien sähköiset toimilaitteet. Huoltovälejä määriteltäessä tulee huomioida myös kriittisyysluokkiin kuuluvien laitteiden määrä, jottei joillekin vuosille tule liian suurta määrää huoltotyötä. Näillä huoltoväleillä huoltotyöt tasoittuvat mahdollisimman tasaisesti kaivoksen arvioidun eliniän ajalle siten, että kiireisin huoltovuosi sijoittuu kaivoksen jäljellä olevan eliniän keskivaiheille. Kiireisimpänä vuonna huollettavia laitteita olisi 106 kappaletta ja näiden lisäksi viikoittaiset analyysimittausten puhdistukset. Huoltotyöt tullaan levittämään joka vuosi koko vuodelle mahdollisimman tasaisesti. Kuviossa 5 on esitetty huollettavien laitteiden määrä vuosittain.

Taulukko 3. Huoltovälit kriittisyysluokittain.

Kriittisyysluokka	Huoltoväli
Kriittisyysluokka A	Huolletaan vikaantuessa tai vähintään 2 vuoden välein
Kriittisyysluokka B	Huolletaan vikaantuessa tai vähintään 4 vuoden välein
Kriittisyysluokka C	Huolletaan vikaantuessa tai vähintään 5 vuoden välein
Kriittisyysluokka D	Huolletaan/vaihdetaan vikaantuessa

Liejuperissä sijaitsevat analyysimittaukset eli kiintoaine- ja johtokyky mittaukset päätettiin puhdistaa ja tarkastaa joka toinen viikko. Näitä antureita päätettiin puhdistaa tiheään sen takia, koska toimiakseen näiden anturien mittapäät upotetaan veteen ja näin ollen ne tulevat keräämään likaa nopeasti. Varsinkin kiintoainean-turin puhdistus on tärkeää, koska sen mittaaman liejuperän kiintoainepitoisuuden korkea arvo toimii lukituksena pumpuille. Jaottelu tapahtuu siten, että yläpump-paamon analyysimittaukset puhdistetaan aina parittomina viikkoina ja alapump-paamon parillisina. Myös venttiilien toimilaitteet päätettiin huoltaa poiketen muista. Putkistoon kohdistuvista paineiskuista aiheutuva tärinä ja louhinnasta syntyvästä tärinästä johtuen toimilaitteet päätettiin huoltaa vuoden välein. Myös

valmistaja suosittelee tarkastamaan ja huoltamaan laitteen vuoden välein. Taa-juusmuuttajille tehdään huollot valmistajan mukaan. Pienempi huolto tehdään vuoden välein ja hieman laajemmat huollot 6 vuoden välein käyttöönotosta ja 9 vuoden välein käyttöönotosta.



Kuvio 5. Huollettavien laitteiden määrä vuosittain.

6.3 Laitteiden elinkaaren hallinta

Ehkäisevän kunnossapidon lisääntyessä myös erilaiset elinkaari palvelut lisääntyvät. Useat laitevalmistajat ovat alkaneet tarjota laitteillaan elinkaaren hallintaan liittyviä palveluita. Kunnossapidon suunnittelussa elinkaaren hallinnan kannalta tärkeitä asioita ovat laitteen arvioitu elinikä sekä varaosien, huollon ja kalibroinnin saatavuus. Kun laite on saapunut elinkaarensa päähän, laitteelle ei enää ole välttämättä saatavilla varaosia eikä tukipalveluita. Valmistajat yleensä ilmoittavat missä elinkaaren vaiheessa heidän tuotteensa ovat, milloin varaosien ja tukipalveluiden saatavuus loppuu ja mitkä tuotteet korvaavat poistuvat tuotteet.

Koska elinkaaren pituutta on vaikea arvioida tarkasti, päätimme arvioida, kuinka pitkä elinkaari voisi olla minimissään. Tämän perusteella tarkoitus on tarkastaa elinkaaren tila ajoittain. Päätimme, että laitteilleen elinkaaritietoja tarjoavien valmistajien laitteet käydään läpi kymmenen vuoden välein ja tarkistetaan elinkaaren tila. Näin pysytään ajan tasalla laitteiden elinkaaresta ja voidaan toimia sen mukaisesti. Toinen vaihtoehto olisi ollut tilata elinkaaren hallinta palveluita näitä tarjoavilta valmistajilta, mutta koska laitteita ei loppujen lopuksi ole mahdollotoman paljon ja kaivoksen elinikä on rajallinen, päätimme suorittaa nämä tarkastelut itse.

6.4 Huolto-ohjeiden laatiminen

Jokaiselle huollettavalle piirille laadittiin huolto-ohje, jossa tulee esille piirin tiedot, mitä laitteita piireihin kuuluu, piirin laitteiden tiedot, laitteille suoritettavat huolto-toimenpiteet ja tarvittaessa 0-energiatila käytännön ohje. Huolto-ohje tulee toiminnanohjausjärjestelmän generoiman työmääräimen mukana asentajalle käytettäväksi.

Vaikka pumppaamoilla on paljon samanlaisia automaatiopiirejä samanlaisilla toimenpiteillä ja ohjeilla, joka piirille päätettiin tehdä oma huolto-ohje. Tämä siitä syystä, että piirien mitta-alueet ja hälytysrajat voivat olla erilaiset sekä sellainen asentaja, joka ei ole ennen kyseistä piiriä huoltanut saa huolto-ohjeen oli kyse mistä piiristä tahansa. Tämä myös auttaa näkemään tulevaisuudessa, että mille laitteille on jo määritelty huoltotoimenpiteet ja huolto-ohje ja mille laitteille se tulee vielä tehdä jos pumppaamolle lisätään tai vaihdetaan laitteita.

6.4.1 Huoltotoimenpiteiden määrittäminen

Huoltotoimenpiteiden määrittämisessä tulee laitteiden ympäristön olosuhteet olla tiedossa. Koska laitteet sijaitsevat maanalaisessa kaivoksessa on laitteiden ympäristö haastava. Laitteen ympäristössä ongelmia voi aiheuttaa esimerkiksi pöly, noki ja muu lika, kosteus, valuva vesi, tärinä ja räjähdyskaasut eli louhintaan liittyvistä räjähdyksistä syntyvät kaasut. Päätimme siis, että kaikkiin huollettaviin

laitteisiin tehtäisiin valmistajan suositusten mukaiset huoltotoimenpiteet ja lisäksi laitekohtaisesti määritellään muiden huoltotoimenpiteiden tarve haastavasta ympäristöstä, kriittisyydestä, runsaasta käytöstä tai käyttötavasta johtuen.

Taulukossa 4 on esitetty, minkälaisia huoltotoimenpiteitä eri laitteille päätettiin suorittaa. Näiden toimien lisäksi jos pumppaamoilla suoritetaan pitempiä normaalia poikkeavia huoltoja, voidaan laitteille erikseen pohtia muita suoritettavia toimenpiteitä. Esimerkiksi jos keräilyaltaan ja jakosäiliön välinen linja tyhjennetään pidemmäksi aikaa, voidaan miettiä niissä sijaitsevien magneettiputkien irrottamista puhdistusta ja tarkastusta varten tai koko anturin vaihtoa.

Taulukko 4. Huoltotoimenpiteet.

Huollettava laite	Toimenpiteet
Painelähetin/paine-erolähetin	Puhdistus ja tarkastus
Lämpötila-anturi	Tarkastus
Lähetin	Tarkastus ja ruuviliitosten kiristys
Virtauskytkin	Tarkastus ja toiminnan testaus
Toimilaite	Tarkastus, voitelurasvan lisäys ja liitosten kiristys
Virtausanturi	Tarkastus
Johtokykyanturi	Puhdistus ja tarkastus
Kiintoaineanturi	Puhdistus ja tarkastus
Pinnankorkeuslähetin	Puhdistus ja tarkastus

Taajuusmuuttajien kohdalla päätettiin noudattaa valmistajan valmiiksi laatimaa huoltosuunnitelmaa ja lisäksi suorittaa valmistajan suosittelemat vuosittaiset toimenpiteet. Taajuusmuuttajille tuli siis vuosittainen huolto ja huollot kuuden vuoden ja yhdeksän vuoden välein käyttöönotosta. Vuosittaisessa huollossa tehtäviä toimenpiteitä ovat

- jäähdyttimien ja ilmäteiden puhdistus
- ruuviliittimien kiristys
- ilmansuodattimien vaihto
- yleinen tarkastus.

Kuuden vuoden välein suoritetaan vuosittaisen huollon lisäksi seuraavat toimenpiteet:

- LCL suotimen puhaltimen vaihto
- syöttö- ja invertterimoduulin piirilevytilan puhaltimen vaihto
- kaapin muiden puhaltimien vaihto
- ohjausyksikön pariston vaihto.

Yhdeksän vuoden välein suoritettavassa huollossa vaihdetaan syöttö- ja invertterimoduulin jäähdytyspuhallin ja ohjauspaneelin paristo vuosittaisten huoltotoimenpiteiden lisäksi.

6.4.2 0-energiatilan katselmointi

0-energiatila käytäntö on Kittilän kaivoksella käytössä oleva toimintatapa, jolla varmistetaan, että työskentelyn kohteena oleva laite on eristetty ja lukittu kaikista energianlähteistä, kuten sähköenergia ja liike-energia. Käytännöllä myös varmistetaan, että irtikytkentää ja lukitusta ei voida poistaa yksittäisen henkilön toimesta vaan jokaisen kohteessa tai sen ympäristössä työskentelevän tulee poistaa oma

lukituksensa itse. Esimerkiksi sähkömoottorin turvakytin käännetään auki-asettoon ja jokainen moottorin lähettyvillä työskentelevä lukitsee sen henkilökohtaisella lukollaan laitteen oman lukon lisäksi. Tämän jälkeen suoritetaan koekäynnistys. Näin saadaan varmuus, että moottori ei käynnisty odottamattomasti ja jokaisen koneen lähettyvillä työskentelevän on turvallista suorittaa työnsä. 0-energiatila ei ole vielä käytössä maanalaisessa kaivoksessa, mutta se tullaan ottamaan käyttöön lähivuosina. Tästä johtuen on suotavaa tehdä 0-energiatilan katselmointia jo huollon suunnitteluvaiheessa.

Käytännössä 0-energiatila käytäntö ei ole tarpeellista kuin ainoastaan taajuusmuuttajissa, automaattiventtileiden toimilaitteissa ja isommissa huolloissa. Taajuusmuuttajien huollossa tullaan käyttämään sähköisen irtikytkennän käytäntöä, joten niihin on jo olemassa ohjeistus. Toimilaitteille pohdittiin sopivat toimenpiteet käytännön toteutumiseksi. Isommissa huolloissa, esimerkiksi jos painelinja tehdään paineettomaksi jonkin huollon vuoksi, voidaan laitteille tehdä kattavampi huolto tai niitä voidaan vaihtaa. Tällöin tulee ohjeistuksesta tulla selville, mitkä venttiilit tulee käydä myös laitetta huoltavan asentajan lukitsemassa henkilökohtaisella lukollaan.

7 POHDINTA

Huoltosuunnitelman laatiminen on monivaiheinen tehtävä ja siihen liittyy useita tekijöitä ja näkökulmia. Koska näkökulmia ja menetelmiä on useita, on syytä tutustua laitoksen käytäntöihin ja kunnossapitostrategiaan ja pohtia mikä menetelmä sopisi parhaiten juuri kyseiseen kohteeseen. Koska kaikki prosessit eivät ole samanlaisia eri menetelmät voivat soveltua paremmin eri prosesseille. Kattavan ja toimivan huoltosuunnitelman laatiminen vaatii paljon tiedonhakuja ja perinpohjaista perehtymistä kohteen prosessiin ja ympäristöön. Kun jostain kohteesta vaaditaan paljon tietämystä, on joskus viisainta kääntyä kyseisen kohteen parissa työskentelevien puoleen. Esimerkiksi riskianalyysin ja kriittisyysluokittelun tekeminen ei onnistu ilman asiantuntijoiden apua.

Vaikka kunnossapidon suunnittelun helpottamiseksi on kehitetty monia työkaluja, työ määrä on silti suuri, koska yleensä jokainen laite tai piiri tulee arvioida erikseen. Useat laitevalmistajatkin ovat huomanneet ehkäisevän ja ennakoivan kunnossapidon kasvun ja ovat alkaneet tarjota näihin liittyviä palveluita, kuten elinkaaren hallintaan liittyviä palveluita. Nämä palvelut ovat varmasti varteenotettavia vaihtoehtoja, sillä tuntevathan valmistajat laitteensa parhaiten. Laitevalmistajat useimmiten myös mielellään neuvovat ja tarjoavat työkaluja ja tietoa kunnossapidon suunnitteluun.

Työ on opettanut minulle paljon muun muassa kunnossapidon perusteista, riskianalyseista, kriittisyysluokittelusta ja ennen kaikkea opin tuntemaan työn kohteen prosessin. Huoltosuunnitelman laatiminen vaatii niin syvällistä perehtymistä kohteen prosessiin ja toimintaan, että siinä väkisinkin oppii tuntemaan prosessin hyvin. Opin myös tuntemaan paremmin eri valmistajien laitteita ja tuotesarjoja. Työ myös opetti, ettei aina ole kannattavaa tai edes mahdollista perehtyä kaikkeen itse, vaan kannattaa tehdä yhteistyötä eri osastojen henkilöstön kanssa. Työ myös herätti kiinnostusta aiheeseen siinä mielessä, että miten tämä asia on toteutettu muualla ja millaisia tuloksia se on tuottanut.

Haasteina työssä olivat kriittisyysluokittelu ja huoltovälien määrittely. Kriittisyysluokitteluun haasteita toi sopivan analyysimenetelmän löytäminen ja tietysti laitekohtainen kriittisyyden arviointi. Joissakin tapauksissa on vaikea arvioida millaisia

vaikutuksia kyseisen laitteen toimintakyvyttömyys aiheuttaa ja jotkin vaikutukset voivat olla yllättäviä. Huoltovälien määrittelyyn taas vaikuttaa ympäristö, laitteen käytön määrä ja käyttötapa. Näiden vaikutusten arviointi tuotti haasteita. Uskon että täydelliset huoltovälit vain aika näyttää, mutta myös kokeneen kunnossapitohenkilöstön tietämys on tässä suuri apu.

LÄHTEET

- Agnico Eagle Finland 2017a. AEF esittelymateriaali. Sisäinen intranet.
- Agnico Eagle Finland 2017b. Underground mine central pumping station. Sisäinen intranet.
- Agnico Eagle Finland 2018a. Maanalainen kaivos. Sisäinen intranet.
- Agnico Eagle Finland 2018b. Water management. Sisäinen intranet.
- Agnico Eagle Finland 2019. Tietoa meistä. Viitattu 8.2.2019.
<http://agnicoeagle.fi/fi/tietoa-meista/>
- Agnico Eagle Mines 2019a. About Agnico. Viitattu 8.2.2019.
<https://www.agnicoeagle.com/English/about-agnico/>
- Agnico Eagle Mines 2019b. Operations & Development Projects. Viitattu 30.4.2019. <https://www.agnicoeagle.com/English/operations-and-development-projects/operations/kittila/default.aspx>
- Agnico Eagle Mines 2019c. Q4 2018 Summary. Viitattu 19.2.2019.
<https://www.agnicoeagle.com/English/investor-relations/financial-information/quarterly-summary/default.aspx>
- Etteplan Design Center Oy 2018. Keskuspumppaamon toimintakuvaus ja ajotapaselostus. Sisäinen intranet.
- Hyypiä, T. 2015. Automaatiopiirien ennakkohuolto-ohjelman laatiminen Sunilan sulfaattiselutehtaan kuitulinjalle. Diplomityö.
- Järvio, J & Lehtiö, T. 2017. Kunnossapito. Tuotanto-omaisuuden hoitaminen. Helsinki: Promaint ry.
- Peuraniemi, T. 2019. Ventilation Kittilä mine. Sisäinen intranet.
- Promaint-lehti 2016. Kunnossapito liiketoiminnan osana. Viitattu 10.4.2019.
<https://promaintlehti.fi/Tuotantotehokkuuden-kehittaminen/Kunnossapito-liiketoiminnan-osana>
- PSK 6201, 2011. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. Helsinki: PSK Standardisointi. Viitattu 11.3.2019. <https://psk-standardisointi.fi/standardit/>
- PSK 6800, 2008. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. Helsinki: PSK Standardisointi. Viitattu 8.4.2019. <https://psk-standardisointi.fi/standardit/>
- PSK 7501, 2010. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. Helsinki: PSK Standardisointi. Viitattu 12.4.2019. <https://psk-standardisointi.fi/standardit/>
- PSK Standardisointi 2018. Teollisuuden standardisointia 45 vuotta. Viitattu 12.4.2019. <https://psk-standardisointi.fi/wp-content/uploads/PSK-esitys-2018.pptx>

Pöyry Finland Oy 2015. Rikastamon syötemäärän sekä rikastushiekan varastointikapasiteetin kasvattaminen Kittilän kultakaivoksella. YVA-selostus. Sivut 1-61. Ympäristöhallinto. Viitattu 19.2.2019. https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Ymparistovaikutusten_arviointi/YVAhankkeet/Suurikuusikon_kaivoksen_tuotanto_ja_varastointimaaran_kasvattaminen

Ramentor Oy 2011. ELMAS 4 – Vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi. Viitattu 9.4.2019. <http://www.ramentor.com/>

SFS-EN ISO 12100, 2010. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskien arviointi ja riskien pienentäminen. Helsinki: SFS.

SFS-EN 13306, 2017. Maintenance. Maintenance terminology. Helsinki: SFS.

SFS-EN 15431, 2007. Kunnossapito. Kunnossapidon avaintunnusluvut. Helsinki; SFS.

SFS-IEC 60300-3-9, 2000. Luotettavuusjohtaminen osa 3: Käyttöopas. Luku 9: Teknisten järjestelmien riskianalyysi. Helsinki: SFS.

LIITTEET

Liite 1. Esimerkkejä kriittisyysluokittelun tuloksista

Laitos
Kriittisyysluokittelun kohde
Tekijät
Versio
Päiväys

Kriittisyyden raja-arvo 100
Tuotannon menetyksen painoarvokerroin Wp 50

Toimintopaikan tunnistus	Toimintopaikan nimitys	Vikaantumisväli (1...8)	Turvallisuus (0...16)	Ympäristö 0...16	Tuotannon menetys (0...4)	Loppu-tuotteen laatukustannus (0...4)	Korjauskustannus (0...4)	Kriittisyysindeksi	Kriittisyyden osaindeksit				
		Painoarvot W -->	30	20	50	30	20	K	Ks	Ke	Kp	Kq	Kr
LI-17717	Imuallas 1 pinta	1	0	0	2	0	1	120	0	0	100	0	20
LI-17718	Imuallas 2 pinta	1	0	0	2	0	1	120	0	0	100	0	20
PI-17726	Jakotukin paine	1	0	0	2	0	1	120	0	0	100	0	20
PI-17735	Painelinjan 1 ja 2 paine	1	0	0	2	0	1	120	0	0	100	0	20
FI-17737	Painelinjan 1 ja 2 virtaus	1	0	0	2	0	1	120	0	0	100	0	20
PI-17748	Painelinjan 3 ja 4 paine	1	0	0	2	0	1	120	0	0	100	0	20
FI-17750	Painelinjan 3 ja 4 virtaus	1	0	0	2	0	1	120	0	0	100	0	20
LI-17617	Imuallas 1 pinta	1	0	0	2	0	1	120	0	0	100	0	20
LI-17618	Imuallas 2 pinta	1	0	0	2	0	1	120	0	0	100	0	20
PI-17626	Jakotukin paine	1	0	0	2	0	1	120	0	0	100	0	20
FI-17637	Painelinjan 1 ja 2 virtaus	1	0	0	2	0	1	120	0	0	100	0	20
PI-17639	Painelinjan 1 ja 2 paine	1	0	0	2	0	1	120	0	0	100	0	20
PI-17648	Painelinjan 3 ja 4 paine	1	0	0	2	0	1	120	0	0	100	0	20
FI-17650	Painelinjan 3 ja 4 virtaus	1	0	0	2	0	1	120	0	0	100	0	20
HV-17708	Keräilyaltaan 1 sulkuventtiili	1	2	0	0	0	1	80	60	0	0	0	20
HV-17709	Keräilyaltaan 2 sulkuventtiili	1	2	0	0	0	1	80	60	0	0	0	20
QIT-17719	Imuallaiden analysimitaukset	1	0	0	1	0	2	90	0	0	50	0	40
QI-17719A	Imuallas 1 kiintoaine	1	0	0	1	0	2	90	0	0	50	0	40
QI-17719C	Imuallas 2 kiintoaine	1	0	0	1	0	2	90	0	0	50	0	40
HV-17721	Imuallaiden sulkuventtiili 1	2	0	0	1	0	1	140	0	0	100	0	40
HV-17722	Imuallaiden sulkuventtiili 2	2	0	0	1	0	1	140	0	0	100	0	40
HV-17727	Imulinjan 1 sulkuventtiili 1	1	2	0	0	0	1	80	60	0	0	0	20
PI-17729	Painelinjan 1 paine	1	0	0	1	0	1	70	0	0	50	0	20
HV-17730	Painelinjan 1 sulkuventtiili	2	0	0	1	0	1	140	0	0	100	0	40
HV-17731	Imulinjan 2 sulkuventtiili 1	1	2	0	0	0	1	80	60	0	0	0	20
PI-17733	Painelinjan 2 paine	1	0	0	1	0	1	70	0	0	50	0	20
HV-17734	Painelinjan 2 sulkuventtiili	2	0	0	1	0	1	140	0	0	100	0	40
HV-17738	Painelinjojen 1 ja 2 tyhjennys sulkuventtiili	1	2	0	0	0	1	80	60	0	0	0	20
PI-17739	Painelinjan 1 ja 2 paine	1	0	0	1	0	1	70	0	0	50	0	20
HV-17740	Imulinjan 3 sulkuventtiili 1	1	2	0	0	0	1	80	60	0	0	0	20
PI-17742	Painelinjan 3 paine	1	0	0	1	0	1	70	0	0	50	0	20
HV-17743	Painelinjan 3 sulkuventtiili	2	0	0	1	0	1	140	0	0	100	0	40
HV-17744	Imulinjan 4 sulkuventtiili 1	1	2	0	0	0	1	80	60	0	0	0	20
PI-17746	Painelinjan 4 paine	1	0	0	1	0	1	70	0	0	50	0	20
HV-17747	Painelinjan 4 sulkuventtiili	2	0	0	1	0	1	140	0	0	100	0	40
HV-17751	Painelinjojen 3 ja 4 tyhjennys sulkuventtiili	1	2	0	0	0	1	80	60	0	0	0	20
PI-17752	Painelinjan 3 ja 4 paine	1	0	0	1	0	1	70	0	0	50	0	20
HV-17770	Painelinjojen 1 ja 2 sulkuventtiili	1	2	0	0	0	1	80	60	0	0	0	20
HV-17771	Paineakku 1 sulkuventtiili	1	2	0	0	0	1	80	60	0	0	0	20
HV-17772	Painelinjojen 3 ja 4 sulkuventtiili	1	2	0	0	0	1	80	60	0	0	0	20
HV-17773	Paineakku 2 sulkuventtiili	1	2	0	0	0	1	80	60	0	0	0	20
HV-17608	Keräilyaltaan 1 sulkuventtiili	1	2	0	0	0	1	80	60	0	0	0	20
HV-17609	Keräilyaltaan 2 sulkuventtiili	1	2	0	0	0	1	80	60	0	0	0	20
FI-17610	Keräilyaltaan 1 virtaus jakosäiliöön	1	0	0	1	0	2	90	0	0	50	0	40
FI-17611	Keräilyaltaan 2 virtaus jakosäiliöön	1	0	0	1	0	2	90	0	0	50	0	40
QIT-17619	Imuallaiden analysimitaukset	1	0	0	1	0	2	90	0	0	50	0	40
QI-17619A	Imuallas 1 kiintoaine	1	0	0	1	0	2	90	0	0	50	0	40
QI-17619C	Imuallas 2 kiintoaine	1	0	0	1	0	2	90	0	0	50	0	40
HV-17621	Imuallaiden sulkuventtiili 1	2	0	0	1	0	1	140	0	0	100	0	40
HV-17622	Imuallaiden sulkuventtiili 2	2	0	0	1	0	1	140	0	0	100	0	40
HV-17627	Imulinjan 1 sulkuventtiili 1	1	2	0	0	0	1	80	60	0	0	0	20
PI-17629	Painelinjan 1 paine	1	0	0	1	0	1	70	0	0	50	0	20
HV-17630	Painelinjan 1 sulkuventtiili	2	0	0	1	0	1	140	0	0	100	0	40
HV-17631	Imulinjan 2 sulkuventtiili 1	1	2	0	0	0	1	80	60	0	0	0	20
PI-17633	Painelinjan 2 paine	1	0	0	1	0	1	70	0	0	50	0	20
HV-17634	Painelinjan 2 sulkuventtiili	2	0	0	1	0	1	140	0	0	100	0	40
PI-17635	Painelinjan 1 ja 2 paine	1	0	0	1	0	1	70	0	0	50	0	20
HV-17638	Painelinjojen 1 ja 2 tyhjennys sulkuventtiili	1	2	0	0	0	1	80	60	0	0	0	20
HV-17640	Imulinjan 3 sulkuventtiili 1	1	2	0	0	0	1	80	60	0	0	0	20